



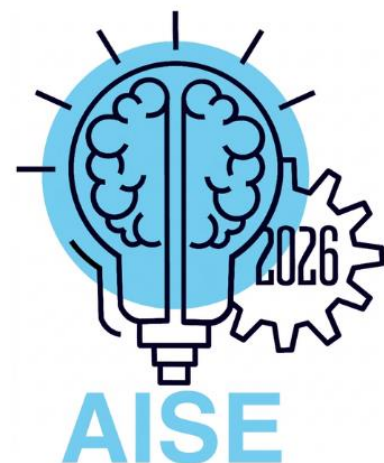
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У НАУЦІ ТА ОСВІТІ

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
ІІІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

AISE 2026

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE
IN SCIENCE AND
EDUCATION**

**PROCEEDINGS OF THE 3RD
INTERNATIONAL SCIENTIFIC
CONFERENCE**



7.04.2026

Інститут цифровізації освіти НАПН України,
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка,
Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського»,
Державний університет «Житомирська політехніка»,
ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»,
Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
ADA University (Azerbaijan),
Національний університет «Київський авіаційний інститут»,
ВГО «Інноваційний університет»,
ВГО «Інститут відкритої науки та інновацій»,
PowerTech Energy Ltd (United Kingdom),
Ekomeistrai (Lithuania),
Ukrainian Reproducibility Network

**ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ
У НАУЦІ ТА ОСВІТІ (AISE 2026)
ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
ІІІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

7 квітня 2026 року

КИЇВ, 2026

УДК 004.8:001:37(082)

*Рекомендовано до друку
Вченою радою Інституту цифровізації освіти НАПН України,
Протокол № 7 від 30.04.2026 року.*

Ш94 Штучний інтелект у науці та освіті (AISE 2026): збірник матеріалів III Міжнародної наукової конференції (Київ, 7 квітня 2026 р.) / упорядники: Яцишин Анна, Яцишин Андрій. – Київ : ІЦО НАПН України, 2026. – 552 с.

Artificial Intelligence in Science and Education (AISE 2026): Proceedings of the 3rd International Scientific Conference (Kyiv, April 7, 2026) / compilers: Anna Iatsyshyn, Andrii Iatsyshyn. – Kyiv: Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, 2026. – 552 p.

ISBN 978-617-8330-65-1

DOI: 10.33407/lib.NAES.id/749371

Збірник матеріалів містить наукові статті та тези доповідей подані на III Міжнародну наукову конференцію «Штучний інтелект у науці та освіті» (AISE 2026), що відбулася 7 квітня 2026 року. Матеріали конференції згруповані за такими напрямками: штучний інтелект в освіті; штучний інтелект у науці; штучний інтелект в економіці; нейронні мережі та машинне навчання. В рамках конференції було проведено майстер-класи: «Розширене використання можливостей штучного інтелекту для автоматизації повсякденних завдань», «ШІ-інструменти для викладачів: як перетворити звичайну лекцію на професійний відеокурс за 1-2 години (практика на прикладі курсу програмування)», «Створення навичку (skill) для середовища Claude Code на прикладі навичку статистичної обробки даних педагогічного експерименту».

Збірник адресовано всім хто цікавиться питаннями застосування штучного інтелекту для освіти та науки.

Подяка. Організатори конференції та автори публікацій вдячні захисникам України за можливість продовжувати працювати та займатися науковою і викладацькою діяльністю у період війни.

ISBN 978-617-8330-65-1

© Інститут цифровізації освіти
Національної академії
педагогічних наук України, 2026
© Колектив авторів, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	10
НАПРЯМ 1. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТІ	
Базалюк Людмила, Яніцька Леся, Постернак Наталія. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ НАВЧАННЯ В МЕДИЧНІЙ БІОХІМІЇ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕСТУВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ І4 «МЕДИЧНА ПСИХОЛОГІЯ».....	13
Баклаженко Юлія. ШІ-КОМПЕТЕНТНОСТІ ВИКЛАДАЧА У КОНТЕКСТІ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....	15
Білявський Сергій, Яніцька Леся, Постернак Наталія. ВИКОРИСТАННЯ NOTEBOOKLM ЯК ІНСТРУМЕНТУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАСВОЄННЯ ВЕЛИКИХ НАВЧАЛЬНИХ ТЕМ З ЗАГАЛЬНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ХІМІЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ХІМІЇ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ ЗДОБУВАЧАМИ СПЕЦІАЛЬНОСТІ І7 «ТЕРАПІЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЯ».....	17
Благовірна Наталія, Кошелюк Олена, Рак Тарас. МЕДІАЗВИЧКИ ТА ПРАКТИКИ ВИКОРИСТАННЯ ШІ ЗДОБУВАЧАМИ ОСВІТИ.....	20
Бобарчук Олександр, Злотківська Тетяна. ВИКОРИСТАННЯ КОРИСТУВАЦЬКО-НАПАШТОВАНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ З ВИСОКИМ РІВНЕМ СТІЙКОСТІ ДО МАШИННОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ.....	25
Бобарчук Олександр, Денисенко Світлана. КАСТОМІЗОВАНІ ЧАТ-БОТИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФАСИЛІТАЦІЇ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ У ЦИФРОВОМУ ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	29
Богуцька Ольга, Куранда Максим. РЕГУЛЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТІ ТА НАУЦІ: ІНСТИТУЦІЙНИЙ ВИМІР УКРАЇНСЬКОГО ТА МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ.....	32
Бойко Ольга. ВАЙБКОДИНГ ЯК ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ЗАСТОСУНКІВ БЕЗ СПЕЦІАЛЬНИХ НАВИЧОК ПРОГРАМУВАННЯ.....	38
Бурковська Оксана. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВИКЛАДАННІ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ПРНИЧИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ...	41
Буров Олександр. НАВЧАЛЬНЕ ЦИФРОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ: ВІД ІНТЕГРАЦІЇ ЛЮДИНИ ТА ТЕХНІКИ ДО ФОРМУВАННЯ ГІБРИДНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....	44
Vasylyshyna Nataliia. IMPACT OF AI APPLICATION IN TEACHING THE DISCIPLINE «FOREIGN LANGUAGE OF THE SPECIALTY».....	48
Венгеренко Ігор, Кожевникова Алла. РОЗВИТОК ЦИФРОВИХ ДЕСКРИПТОРІВ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ПРИРОДНИЧИХ НАУК У КОНТЕКСТІ ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСУ NOTEBOOKLM.....	50
Вербовецький Дмитро. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК ОСНОВА ПОБУДОВИ ТЕОРЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ.....	54
Гасвець Яна. ІНСТРУМЕНТИ ШІ ДЛЯ ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ В ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ВИКЛАДАЧА ЗВО.....	56
Глушкова Дар'я. АЛГОРИТМІЧНЕ ФОРМУВАННЯ «КОГНІТИВНИХ ІЛЮЗІЙ КОМПЕТЕНТНОСТІ» У СТУДЕНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....	61
Horokhova Olena. RESPONSIBLE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SOFTWARE MODELING AND ANALYSIS EDUCATION COURSE.....	64
Гриценко Володимир. ШІ-АГЕНТИ ЯК ОСНОВНИЙ ІНСТРУМЕНТ В ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ІТ-ФАХІВЦЯ.....	66
Грицук Юрій. ІНТЕГРАЦІЯ ІНСТРУМЕНТІВ ГЕНЕРАТИВНОГО ШІ В ПРАКТИЧНУ ПІДГОТОВКУ ФАХІВЦІВ З DATA-МАРКЕТИНГУ.....	69

Дегтярьова Галина. ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЯК СТРАТЕГІЯ ПОДОЛАННЯ ОСВІТНІХ ВТРАТ: МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ NOTEBOOK LM.....	75
Дєордіца Таяна-Лідія, Вороніна Марина, Єпіфанова Ольга. ТЕХНІКИ ПРОМТИНГУ: ВІД ТАКСОНОМІЇ ДО ІНСТРУМЕНТАРІЮ.....	80
Дорогий Ярослав, Дорога-Іванюк Олена, Бердиченко Ірина. ПСИХОСОЦІАЛЬНІ ТА ЕТИЧНІ РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ШІ В ОСВІТІ.....	86
Древаль Наталія, ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ.....	90
Дудка Ольга, Власій Олесь, Яремій Софія. ШІ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІНТЕРАКТИВНОГО НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ.....	92
Дудко Наталія. ВПРОВАДЖЕННЯ ШІ-АСИСТЕНТІВ У ПРАКТИКУ ВИКЛАДАННЯ ВЧИТЕЛІВ ЗАРУБІЖНОЇ ЛІТЕРАТУРИ НА КУРСАХ ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ.....	95
Єфременко Андрій, Шутєєв Ілля, Бондаренко Роман. (СВА)ВІЛЬНИЙ ТРЕНЕР ВЕРИФІКАЦІЯ ЗГЕНЕРОВАНОЇ LMM ПРОГРАМИ СИЛОВОГО ТРЕНУВАННЯ.....	101
Желєзняк Алла. ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ІНТЕРНАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ ТА ФОРМУВАННЯ АДАПТОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ РОЗВИТКУ.....	107
Задоріна Ольга. АЛГОРИТМИ ІНТЕГРАЦІЇ ІНСТРУМЕНТІВ ШІ У ПРОЦЕС ПРОЄКТУВАННЯ АДАПТИВНИХ КУРСІВ ДЛЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ.....	110
Земський Нікіта, Сторожук Максим, Капітон Алла. РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ САМООСВІТИ: АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА НАСЛІДКІВ ВИКОРИСТАННЯ.....	116
Зошак Лілія. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗОВАНОГО АНАЛІЗУ ТА ОЦІНЮВАННЯ ПИСЬМОВИХ РОБІТ НА ОСНОВІ ШІ.....	119
Іванькова Наталя. МОДЕЛІ ВИКОРИСТАННЯ ШІ ПРИ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНЬОГО ЛІКАРЯ.....	122
Каплієнко Микола. ГЕНЕРАТИВНИЙ ШІ В ГРАНТРАЙТИНГУ ЯК ІНСТРУМЕНТ КОМАНДНОЇ РОБОТИ ДЛЯ ФАХІВЦІВ ГАЛУЗІ ОСВІТИ.....	123
Каплун Світлана. ДЕЯКІ ПИТАННЯ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ ДО ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....	125
Колодій Роман, Ярослав Вихлюк. ГІБРИДНА АРХІТЕКТУРА ПОЯСНЮВАННЯ ОЦІНЮВАННЯ У ВІРТУАЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ НА ОСНОВІ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ.....	128
Кондратова Людмила, Яцишин Анна, Буров Олександр. ЕФЕКТИВНІ ПРАКТИКИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІНСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МЕНЕДЖЕРІВ ОСВІТИ.....	132
Koroviaka Yevhenii, Rastsvietaiev Valerii, Dmytruk Olena. AGENTIC AI IN HIGHER EDUCATION: TOWARD AUTONOMOUS LEARNING ECOSYSTEMS IN 2026 AND BEYOND.....	139
Koroviaka Yevhenii, Pashchenko Oleksandr, Yavorska Viktoriia. THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION: OPPORTUNITIES, CHALLENGES, AND FUTURE DIRECTIONS.....	143
Кузнєцов Євген. ОРГАНІЗАЦІЯ ФОРМУВАЛЬНОГО ЕТАПУ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕРАКТИВНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ПЛАТФОРМ.....	150
Курєнкова Анна. ІНФОГРАФІКА, ЗГЕНЕРОВАНА ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ, У ПІДГОТОВЦІ ЛОГОПЕДІВ: НОВИЙ ПІДХІД ДО ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ.....	156
Лавренчук Степан, Льовекін Валерій. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЗАСОБИ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ДИЗАЙНЕРІВ-МОДЕЛЬЄРІВ.....	162

Литвинова Світлана. ПОДОЛАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ТРИВОЖНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЗАСОБАМИ ШІ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ.....	165
Лучко Юлія. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ.....	171
Любименко Олена, Маслова Наталія, Алтухова Тетяна, Штепа Олександр. ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА ПРОБЛЕМ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТІ.....	174
Мазурок Тетяна. МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ В ПРОЦЕСІ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ НАВЧАННЯМ.....	178
Мар'єнко Майя, Шишкіна Марія. СТРАТЕГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРАЦІЇ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВИЩУ ОСВІТУ.....	182
Мателешко Юрій. ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ У ВИЩІЙ ОСВІТІ: ВИКЛИКИ ТА РИЗИКИ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....	184
Машталір Вадим, Бондаренко Світлана, Гупало Андрій. ШІ-ТРАНСФОРМАЦІЯ WARGAMING У ПРОФЕСІЙНІЙ ВІЙСЬКОВІЙ ОСВІТІ: ВІД GENWAR LAB ДО ПЕРИФЕРІЙНОГО ШІ.....	187
Мітельман Ігор, Папач Ольга. CAS ТА AI ЯК ДИДАКТИКО-МЕТОДИЧНИЙ РЕСУРС ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ ТА ПРОФЕСІЙНОГО РОЗВИТКУ ВЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ.....	195
Михайліченко Микола, Ганжала Ірина. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДТРИМКИ У РОБОТІ ПРАКТИЧНОГО ПСИХОЛОГА.....	199
Мельник Христина. ГЕНЕРАТИВНІ МОДЕЛІ ШІ У ФАХОВІЙ ПІДГОТОВЦІ УЧИТЕЛІВ МУЗИЧНОГО МИСТЕЦТВА: ВІД КОМПОЗИЦІЇ ДО АРАНЖУВАННЯ.....	205
Мороз Мирослава. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ.....	207
Моторіна Валентина, Савченко Микита, Сога Сергій. ДИДАКТИЧНІ ФУНКЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ІНДИВІДУАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ... ..	212
Носенко Юлія, Пінчук Ольга. ВІД ІНСТРУМЕНТУ ДО КОМПЕТЕНТНОСТІ: ГЕНЕРАТИВНИЙ ШІ В РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВИХ УМІНЬ УЧНІВ....	217
Овчарук Оксана, Гриценчук Олена, Кравчина Оксана. ОЦІНКА ВЧИТЕЛЯМИ ВПЛИВУ ГЕНЕРАТИВНОГО ШІ НА СУЧАСНУ ОСВІТУ: РИЗИКИ ТА ПЕРЕВАГИ.....	222
Озарчук Андрій. ТЕХНОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ: НЕЙРОПЕДАГОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНОЇ МОДЕЛІ LYRIA У КОРЕКЦІЇ МОВЛЕННЄВИХ ПОРУШЕНЬ В ОСІБ З ООП.....	225
Olender Kateryna. USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING ENGLISH: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES.....	230
Оліфер Олена. ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ СТУДЕНТАМИ ЗВО.....	232
Омельчук Сергій. СТВОРЕННЯ ІНСТИТУЦІЙНОЇ ЦИФРОВОЇ КУЛЬТУРИ ВИКОРИСТАННЯ ШІ (НА ПРИКЛАДІ ХЕРСОНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ).....	238
Осипова Наталія. СИНЕРГІЯ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ТА ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: МОДЕЛЬ ПРОЄКТУВАННЯ АДАПТИВНИХ ІГРОВИХ СЦЕНАРІЇВ ДЛЯ НУШ.....	245
Pashchenko Oleksandr, Khomenko Volodymyr, Rastsvietaiev Valerii. THE EVOLUTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION: FROM GENERATIVE TOOLS TO AGENTIC SYSTEMS IN 2026.....	248
Петренко Дмитро. БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНІ МЕТОДИ ЯК ЗАСІБ РОЗВИТКУ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ ПІД ЧАС ДОБОРУ ІНСТРУМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....	254

Петренко Дмитро. ЕПІСТЕМОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ГЕНЕРАТИВНОГО ШІ В ОСВІТІ ТА РОЛЬ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ МАЙБУТЬОГО ВЧИТЕЛЯ ІНФОРМАТИКИ.....	256
Печак Олексій, Яніцька Леся, Постернак Наталія. ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТА ШТУЧНО-ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИКЛАДАННІ КУРСУ «МЕДИЧНА БІОХІМІЯ» ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ І4 «ТЕХНОЛОГІЇ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ».....	259
Рашевська Наталія. ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ЗАСОБУ ПІДТРИМКИ НАВЧАННЯ СТЕРЕОМЕТРІЇ В АКАДЕМІЧНОМУ ЛІЦЕЇ.....	262
Рижов Олексій. ПЕДАГОГІЧНИЙ ДИЗАЙН КОГНІТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕРВІСІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....	265
Сенченко Олексій. АГЕНТНЕ НАВЧАННЯ ТА САМОРЕГУЛЯЦІЯ СТУДЕНТІВ У ЦИФРОВОМУ ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	267
Семененко Павло. ВІД ТРАНСЛЯТОРА ІСТИНИ ДО МЕНТОРА З ВЕРИФІКАЦІЇ: НОВА ПАРАДИГМА ДОВІРИ В ОСВІТІ ХХІ СТОЛІТТЯ.....	271
Šip Maroš, Cherviakova Olha. VIRTUAL SIMULATION LEARNING AS A TOOL FOR FORMING PROFESSIONAL COMPETENCES OF FUTURE SOCIAL WORKERS IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF EDUCATION.....	274
Слабінога Мар'ян. «ФАБРИКА ВЕЛОСИПЕДІВ» – ЯК ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЗМІНЮЄ ПАРАДИГМУ ІТ-ОСВІТИ.....	278
Сліпець Аліна, Яніцька Леся, Постернак Наталія. ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВОЇ ПЛАТФОРМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ BIORENDER ЯК ЕЛЕМЕНТУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАВЧАННІ МЕДИЧНОЇ БІОХІМІЇ.....	282
Слюсаренко Андрій. ГРАМОТНІСТЬ У ГАЛУЗІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ ПІДХОДІВ.....	286
Срібна Юлія, Кашуба Володимир. ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ 7–9 КЛАСІВ У КОНТЕКСТІ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ ЗАСОБАМИ АГРАРНИХ STEM-ПРОЄКТІВ.....	291
Сухіх Аліса, Осадча Катерина. ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ШКІЛЬНІЙ ОСВІТІ В УМОВАХ ПОЄДНАННЯ ОСВІТНЬОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТА ПЕДАГОГІЧНИХ РИЗИКІВ.....	296
Тарасюк Марина. ГЕНЕРАЦІЯ ІСТОРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У SNATGPT: ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ТА ПЕДАГОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ.....	300
Цирульник Сергій, Фабіянська Вікторія. ЕТИКА ВИКОРИСТАННЯ ШІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ.....	306
Хао Чжоу. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПОДОЛАННІ ОСВІТНІХ ВТРАТ.....	310
Хацько Владислав, Назарова Ірина. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ: РИЗИКИ ВТРАТИ НАВИЧОК ПОШУКУ ТА ПЕРЕВІРКИ ІНФОРМАЦІЇ.....	312
Шевченко Ілона. AI-АСИСТОВАНЕ НАВЧАННЯ ЯК СУЧАСНА МОДЕЛЬ ПІДГОТОВКИ ІТ-ФАХІВЦІ.....	315
Шевченко Ілона, Шевченко Тимур. NOTEBOOKLM: ЯК ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЗМІНЮЄ ПРОЦЕС НАВЧАННЯ.....	319
Шемет Данііл. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ RAG ПІДХОДУ В ОСВІТНІЙ ПРАКТИЦІ УКРАЇНИ ТА СВІТУ.....	322
Шишкіна Марія. ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДТРИМУВАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ ЗВО.....	327
Яцишин Анна. ІНТЕРНАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ОСВІТИ В ЦИФРОВУ ЕРУ: ВИКОРИСТАННЯ КАСТОМНИХ ШІ-АСИСТЕНТІВ ДЛЯ АНАЛІТИЧНОЇ ПІДТРИМКИ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ І АСПІРАНТІВ.....	329

НАПРЯМ 2. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В НАУЦІ

Артамонова Неоніла, Павліченко Юліана. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РАДІООНКОЛОГІЇ (ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ).....	334
Богдан Михайло, Гуляєва Ганна. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В АГРОБІОТЕХНОЛОГІЇ БАКТЕРІЙ: ВІД СКРИНІНГУ ШТАМІВ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА.....	337
Бортун Каріна. КОЛІЗІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ І ПРАВОВОГО СТАТУСУ АІ-ГЕНЕРАЦІЙ.....	343
Гладун Анатолій, Хала Катерина. СЕМАНТИЧНА СИНЕРГІЯ: ДИНАМІЧНІ ОНТОЛОГІЇ ТА ГРАФИ ЗНАНЬ У РОЯХ БПЛА.....	345
Гук Костянтин, Шевельова Алла. ГІБРИДНИЙ АІ-ПІДХІД ДО АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ВЕНТИЛЯЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.....	353
Долідзе Ксенія. ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК КОГНІТИВНИЙ АСИСТЕНТ АСПІРАНТА У ПРОЄКТУВАННІ АВТОРСЬКИХ МОДУЛІВ БЗВП: ДОСВІД, МОЖЛИВОСТІ ТА КРИТИЧНІ ОБМЕЖЕННЯ.....	358
Длугопольський Олександр. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: МОЖЛИВОСТІ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ.....	361
Дубина Олег, Льовкін Валерій. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЗАСОБИ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ХУДОБИ.....	365
Казначесва Анастасія, Сторчак Каміла. ЕНЕРГЕТИЧНО УЗГОДЖЕНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯК НОВИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ІОТ-ВУЗЛІВ.....	368
Камінський Денис, Льовкін Валерій. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ВИПАДКІВ ПНЕВМОНІЇ.....	372
Коляда Олена. ЕТИКА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ РАКЕТ-НОСІЇВ.....	375
Коломієць Наталія. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ІСТОРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ІНСТРУМЕНТИ, МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	377
Литвиненко Євгенія. ЗАХИСТ АВТОРСЬКИХ ПРАВ НА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ В НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ТА ЄС.....	380
Липнягов Микита. ШІ-ІНСТРУМЕНТИ КООРДИНАЦІЇ РЕСУРСІВ: СИНЕРГІЯ ОРГАНІВ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ВОЛОНТЕРСЬКИХ ПЛАТФОРМ В УМОВАХ КРИЗОВОГО РЕАГУВАННЯ.....	384
Майбородіна Наталія, Герасименко В'ячеслав. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ЧЕРНІГІВЩИНИ В ЕПОХУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....	386
Мерефа Тетяна, Кулик Вікторія. ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМІ РОЗВИТКУ ЛІДЕРСТВА НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	389
Редькіна Ганна, Кушнір Ольга. ЕТИЧНІ ВИКЛИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАУЦІ: МЕЖІ ДОПУСТИМОГО.....	391
Пашинська Олена. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ.....	399
Пінчук Ольга, Савченко Вадим. ПРАКТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У РЕДКОЛЕГІЯХ ЕНЦИКЛОПЕДІЙ.....	402
Подліняєва Оксана. «ОТРУЄННЯ ДАНИХ» ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ В ЕПОХУ ШІ: ВИКЛИКИ ДЛЯ СУЧАСНОЇ ОСВІТИ.....	406
Політова Анна. ПРАКТИКА ПРИТЯГНЕННЯ ДО ЮРИДИЧНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ЗА ПОРУШЕННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ: ЧИ ЗАЛУЧЕНО У ПРОЦЕС ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ?.....	410
Проноза Інна. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ У СУЧАСНИХ ПОЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ.....	414

Сова Іван, Козлов Олексій, Лисенков Едуард. ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ШІ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗРОБКИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОМАТЕРІАЛІВ.....	416
Травченко Сергій, Дядюн Сергій. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ Й ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РАЦІОНАЛЬНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ СИСТЕМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	419
Тригуба Анатолій, Коваль Назар, Тригуба Інна, Олійник Роман, Коциловський Мар'ян. ГІБРИДНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНФІГУРАЦІЇ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....	422
Харламова Інеса. МУЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ ШІ ЯК ЗАСІБ МОДЕЛЮВАННЯ СІМЕЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ПІДЛІТКІВ, ЯКІ ПЕРЕБУВАЮТЬ У СКЛАДНИХ ЖИТТЄВИХ ОБСТАВИНАХ.....	426
Хорольський Андрій, Мамайкін Олександр, Шевченко Олександр, Сергієнко Роман. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ПРНИЦТВІ: АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ.....	430
Чуриков Ігор, Талах Марія. ЗАМИКАННЯ ПЕТЛІ АКТИВНОГО НАВЧАННЯ У ПЕРСОНАЛІЗОВАНОМУ ПРОГНОЗУВАННІ ПОВЕДІНКОВИХ ПАТЕРНІВ.....	433
Шинкар Євген. МОДУЛЬ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	436
Shumeiko Natalia. USING AI IN LINGUISTICS RESEARCH: ESSENTIAL BENEFITS.....	439
НАПРЯМ 3. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ЕКОНОМІЦІ	
Артюшенко Максим, Швець Дмитро, Котов Ігор. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ ДЕКОМПОЗИЦІЇ ЗАДАЧ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	443
Базарна Ольга. ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РЕКЛАМНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ІНФРАСТРУКТУРИ ТОВАРНОГО РИНКУ.....	445
Bielinskyi Andrii, Soloviev Vladimir, Matviychuk Andriy, Tepliuk Mariia. BRIDGING NETWORK SCIENCE AND DEEP LEARNING FOR FINANCIAL MARKET FORECASTING: AN INTEGRATED FEATURE ENGINEERING PERSPECTIVE.....	448
Горобець Владислав, Льовкін Валерій. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЗАСОБИ ПРОГНОЗУВАННЯ ГРУПОВОЇ ДИНАМІКИ ЛЮДСЬКИХ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	452
Даниленко Юрій, Шульжик Юрій. ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЕКОНОМІЧНОМУ УПРАВЛІННІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІНАНСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД УКРАЇНИ В ПЕРІОД ПОВОЄННОГО ВІДРОДЖЕННЯ.....	455
Zhelezniak-Kranh Illia. API AS A SERVICE VS. MODEL FINE-TUNING: A COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS FOR TASK-ORIENTED AI SYSTEMS.....	456
Кужелєв Михайло. РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ТРАНСФОРМАЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ БАНКІВСЬКОЇ СИСТЕМИ.....	461
Кузнєцова Тетяна, Павло Линник. ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ ПУБЛІЧНОГО СЕКТОРУ ТА ВИКОРИСТАННЯ БРЕНДИНГУ ЯК ІНСТРУМЕНТУ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ.....	464
Міщенко Володимир. МЕХАНІЗМИ ЦИФРОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ В УКРАЇНІ.....	469
Нєвєнєнєнєкова Анастасія, Перегон Софія. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ.....	473

Осадча Катерина, Спірін Олег, Олексюк Василь, Вербоовецький Дмитро. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ PERPLEXITY AI У НАУКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ.....	476
Петров Костянтин, Божко Олександр. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТЕРМІНОВАНOSTІ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСТРАКЦІЇ СЛАБОСТРУКТУРОВАНИХ ДАНИХ З PDF-ДОКУМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ.....	481
Руденко Валентина, Копач Альбіна. ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА СУЧАСНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ В РЕКРУТИНГУ ТА ОНБОРДИНГУ.....	485
Сенюк Єгор, Мельничук В., ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЕКОНОМІКУ В ІНДУСТРІЇ 5.0.....	488
Утюж Максим. НАПІВПРОВІДНИКИ В БАГАТОРІВНЕВІЙ АРХІТЕКТУРІ СМАРТ-ПРОМИСЛОВOSTІ.....	491
Чаплига Вячесла, Чаплига Володимир. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ДРАЙВЕР ТРАНСФОРМАЦІЇ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ АУДИТУ.....	494
Цвілій Сергій. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ В РЕГІОНІ УКРАЇНИ.....	497
НАПРЯМ 4. НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ТА МАШИННЕ НАВЧАННЯ	
Белік Максим, Барсуков Родіон. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СЕМАНТИЧНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ В TELEGRAM-СЕРЕДОВИЩІ.....	503
Бут Ростислав, Онищенко Костянтин, Афанасьєва Ірина. ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ У АДАПТИВНИХ ОСВІТНІХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ.....	505
Воловецький Володимир, Райтер Петро. РОЗРОБЛЕННЯ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ГІДРАТОУТВОРЕННЯ НА ГАЗОСХОВИЩАХ.....	508
Гуменюк Олексій, Трус Інна. ПРОГНОЗУВАННЯ ШВИДКОСТІ КОРОЗІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	511
Жовнірчик Людмила. ІНТЕГРАЦІЯ БАЗ ДАНИХ З МОДЕЛЯМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗНОЇ АНАЛІТИКИ.....	515
Зарицький Олексій, Данилов Валерій. АРХІТЕКТУРНА АДАПТАЦІЯ МЕТОДУ ФРАКТАЛЬНОЇ РЕГУЛЯРИЗАЦІЇ АВТОЕНКОДЕРІВ ДЛЯ НАПІВКЕРОВАНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ RESNET.....	519
Каратасєва Катерина. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ ПАРОЛІВ.....	523
Керницький Андрій, Ярослав Соколовський, Керницький Андрій. ГЕНЕРАТИВНЕ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ: АРХІТЕКТУРА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ.....	527
Степаненко Сергій. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ В АЛГОРИТМАХ ПОТОКОВОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗЕРНА.....	532
Хилько Іван, Курилов Артем. ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В ІНФРАСТРУКТУРІ.....	534
Хорольський Андрій, Мамайкін Олександр, Посукан Євген, Бузовєра Олександр. НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСФОРМАЦІЇ ДОВКІЛЛЯ ШАХТАРСЬКИХ МІСТ.....	537
ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ	542
РЕЗОЛЮЦІЯ	543
ФОТО-ЗВІТ	545

ВСТУП

7 квітня 2026 р. було проведено III Міжнародну наукову конференцію «Штучний інтелект у науці та освіті» (AISE 2026).

Організатори конференції: Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського», Державний університет «Житомирська політехніка», ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», ВГО «Інноваційний університет», Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», PowerTech Energy Ltd (United Kingdom), Ekomeistrai (Lithuania), ADA University (Azerbaijan), Національний університет «Київський авіаційний інститут», ВГО «Інститут відкритої науки та інновацій», Ukrainian Reproducibility Network.

Місією конференції було висвітлення особливостей та напрямів застосування проривних технологій штучного інтелекту (ШІ) у наукових дослідженнях, економіці та освітніх практиках.

Модерацію пленарного засідання здійснювали Катерина Осадча та Марія Шишкіна (Інститут цифровізації освіти НАПН України). Захід розпочався пленарних доповідей від закордонних та українських вчених:

- «ETHICAL GOVERNANCE OF AI IN MEDICAL-RELATED RESEARCH: THE CASE OF THE USE OF EXTENDED REALITY TECHNOLOGIES», Rosemarie de la Cruz Bernaber (University of Oslo, Norway);

- «ТРАНСФОРМАЦІЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ЕКОНОМІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТІВ ПОЛЬЩІ ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ», Вікторія Яновська (Національний транспортний університет, Warsaw School of Economics, Україна, Польща);

- «ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У НАУКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ: МОЖЛИВОСТІ ТА РАМКИ», Артем Артюхов (Український офіс дослідницької доброчесності, Україна);

- «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА СЕМАНТИЧНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ У КІБЕРФІЗИЧНИХ КОМПЛЕКСАХ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ НА БАЗІ БПЛА», Тетяна Носенко (Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Україна);

- «CREATIVITY AND INNOVATION WITH AI IN HIGHER EDUCATION», Sian Bayne (University of Edinburgh, United Kingdom).

У межах конференції відбувся круглий стіл, де учасники обговорили практичний досвід застосування штучного інтелекту, були виступи:

- «ВИКЛАДАЧ ТА ШІ: НОВА ФОРМА ПАРТНЕРСТВА. ДОСВІД ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ», Юрій Лук'янчук (Луцький національний технічний університет);

- «ФАБРИКА ВЕЛОСИПЕДІВ" – ЯК ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЗМІНЮЄ ПАРАДИГМУ ІТ-ОСВІТИ», Мар'ян Слабінога (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу).

Також у рамках конференції проведено серію майстер-класів:

- «Розширене використання можливостей штучного інтелекту для автоматизації повсякденних завдань» (ведучий: Владислав Круглик, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Херсонський державний університет);

- «ШІ-інструменти для викладачів: як перетворити лекцію на професійний відеокурс» (ведучий: Юрій Сіцилін, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького);

- «Створення навичку (skill) для середовища Claude Code на прикладі статистичної обробки даних педагогічного експерименту» (ведучий: Олександр Чорний, компанія Cіklum).

Після майстер-класів відбулися тематичні обговорення та робота за напрямами конференції, де учасники представили результати власних досліджень і практичний досвід використання ШІ.

Статистичні відомості про конференцію 2026 року: **593 учасники зареєструвалися**, до програми включено понад **220 доповідей**. Профіль учасників засвідчив міждисциплінарний характер заходу: основну частку становили науково-педагогічні працівники закладів вищої освіти, науковці, представники інформаційної сфери, а також здобувачі освіти та молоді дослідники.

За результатами роботи конференції заплановано підготовку збірника матеріалів, який буде розміщено в Електронній бібліотеці НАПН України.

Конференція стала платформою для активного обміну досвідом, розвитку наукового діалогу та налагодження співпраці між освітніми й науковими установами в Україні та за її межами.

Сертифікати учасників конференції та майстер-класів будуть доступні для завантаження на сайті конференції.

Дякуємо всім учасникам за активну участь, цікаві доповіді, конструктивні дискусії та внесок у розвиток наукової спільноти!

Сайт конференції: <https://sites.google.com/view/aise-2026>

#AISE2026

З вдячністю Збройним силам України!

З вірою у перемогу України!

*Координатор конференції,
Анна Яцишин*

НАПРЯМ 1. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТІ



TRACK 1. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION

НАПРЯМ 1. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТІ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ НАВЧАННЯ В МЕДИЧНІЙ БІОХІМІЇ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕСТУВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ І4 «МЕДИЧНА ПСИХОЛОГІЯ»

Базалюк Людмила¹, Яніцька Леся¹, Постернак Наталія¹

¹Національний медичний університет імені О.О.Богомольця, Київ, Україна

E-mail: lyusik0907@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто використання інтелектуальних систем ChatGPT та Gemini для підтримки навчання медичної біохімії здобувачів освіти спеціальності І4 «Медична психологія». Показано застосування ШІ для аналізу кейсів, оптимізації тестування та структурування складних тем.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, медична біохімія, ChatGPT, Gemini, цифрове навчання.

I. Вступ

Сучасна медична освіта стикається з потребою підготовки фахівців високого рівня компетентності, здатних працювати в умовах інтегрованих міждисциплінарних підходів. Медична психологія, яка об'єднує знання про психічні процеси та фізіологічні механізми, вимагає від здобувачів глибокого розуміння основ медичної біохімії, нейрохімії та когнітивних процесів. Курс медичної біохімії для здобувачів цієї спеціальності включає об'ємні навчальні теми, що охоплюють складні метаболічні шляхи, біохімічні механізми нейротрансмітерів, взаємодію гормонів та ензимів, а також прикладні аспекти клінічної практики [1]-[2].

Традиційні методи викладання, що базуються на лекційних заняттях, підручниках і аудиторному опрацюванні тестових завдань, часто не забезпечують ефективного засвоєння матеріалу через його складність та великі обсяги інформації. Здобувачі стикаються з труднощами в структуризації знань, виділенні ключових понять і застосуванні теоретичного матеріалу у практичних ситуаційних задачах [3]. У цьому контексті актуальною є інтеграція інтелектуальних цифрових систем, які здатні підтримати когнітивне навчання, знизити когнітивне навантаження та підвищити рівень засвоєння інформації.

Сучасні генеративні моделі штучного інтелекту, такі як ChatGPT і Gemini, дозволяють автоматизовано обробляти великі обсяги навчальних матеріалів, створювати структуровані конспекти, аналізувати ситуаційні кейси та формувати рекомендації для підготовки до тестування [4]-[5]. Ці інструменти мають потенціал не тільки покращити ефективність навчання, але й сприяти розвитку аналітичного мислення та самостійності здобувачів освіти, а також створюють умови для персоналізованого навчання [6]-[7].

Метою цього дослідження є оцінка ефективності застосування ChatGPT та Gemini у процесі навчання медичної біохімії здобувачів спеціальності І4 «Медична психологія», зокрема для розбору ситуаційних задач, пошуку ключових слів у тестових завданнях і структуризації складного матеріалу, а також визначення викликів та перспектив подальшого використання цих інструментів в освітньому процесі.

II. Основна частина

Аналіз та вивчення сучасних наукових досліджень свідчить, що інтеграція штучного інтелекту у навчальні дисципліни біомедичного циклу має значний потенціал для підвищення ефективності засвоєння знань. Smith et al. (2024) демонструють, що генеративні моделі дозволяють створювати персоналізовані навчальні матеріали, що відповідають індивідуальному темпу засвоєння здобувачів, та ефективно підтримують роботу з об'ємними і складними темами [1]. Chen et al. (2025) підкреслюють, що інтелектуальні системи, інтегровані в освітній процес, сприяють кращому формуванню компетентностей у здобувачів

медичних спеціальностей, особливо у випадку дисциплін, які поєднують базові та прикладні аспекти знань [2].

Використання ChatGPT та Gemini у навчанні медичної біохімії дозволяє автоматизувати розбір ситуаційних кейсів. Здобувачі можуть створювати прокти клінічних або лабораторних ситуацій, після чого ШІ генерує покроковий аналіз, пояснення біохімічних механізмів та можливі варіанти рішень. Оптимізувати завдання здобувачів можна додатковою опцією для відповіді – обґрунтувати не лише правильну відповідь, а й пояснити чому інші варіанти не правильні. Такий підхід сприяє розвитку аналітичного та критичного мислення, підвищенню здатності до інтерпретації даних і використанню теоретичних знань у практичних умовах [4]-[5].

Одним із цікавих напрямів є автоматизований пошук ключових слів у тестових завданнях. Під час виконання такого завдання здобувачі зосереджуються на основних термінах і поняттях, що зменшує час на підготовку та підвищує точність відповідей. Дослідження Müller (2024) показують, що системи ШІ здатні виділяти семантично важливі терміни та пропонувати пояснення у контексті теми, що полегшує засвоєння складних понять [6].

Крім того, інтелектуальні системи забезпечують структурування значного обсягу матеріалу у вигляді конспектів, інтерактивних схем та таблиць, що дозволяє здобувачам швидко орієнтуватися в навчальній інформації. Gemini, наприклад, може генерувати узагальнені схеми метаболічних шляхів або нейрохімічних процесів, що суттєво полегшує розуміння складних тем [5]-[7].

Проте, використання ШІ в освітньому процесі спричиняє низку викликів. По-перше, існує проблема адаптації моделей до специфіки здобувачів освіти, які не мають належної медичної бази. По-друге, інтеграція інструментів до існуючих систем управління освітнім процесом потребує стандартизації та узгодження з навчальними програмами. По-третє, важливим є оцінювання довгострокового впливу використання ШІ на формування компетентностей, мотивацію та академічні результати здобувачів освіти.

Однак, незважаючи на зазначені виклики, дослідження засвідчують, що використання ChatGPT та Gemini дозволяє підвищити ефективність навчання, зменшити когнітивне навантаження, стимулювати самостійну роботу та підтримувати інтерактивну взаємодію між здобувачами та навчальним матеріалом. Подальший розвиток методик інтеграції інтелектуальних систем у навчання медичної біохімії сприятиме створенню комплексних освітніх платформ для здобувачів медичних і психологічних спеціальностей.

III. Висновки

Використання інтелектуальних систем ChatGPT та Gemini у навчанні медичної біохімії здобувачів спеціальності «Медична психологія» сприяє оптимізації засвоєння значних обсягів матеріалу, ефективному аналізу ситуаційних задач та автоматизованому виділенню ключових понять у тестових завданнях.

Застосування ШІ підтримує розвиток критичного мислення, стимулює самостійну роботу та дозволяє персоналізувати освітній процес, що особливо важливо при інтеграції міждисциплінарних знань.

Перспективним вважаємо дослідження щодо інтеграції інтелектуальних систем до лабораторних та практичних занять, оцінку впливу ШІ систем на довгострокову академічну успішність та розробку методичних рекомендацій щодо ефективного використання генеративних інструментів у навчанні медико-біологічних дисциплін.

IV. Список використаних джерел

- [1] J. Smith, A. Brown, "AI in Higher Education: Opportunities and Challenges," *Computers & Education*, vol. 189, 2024.
- [2] L. Chen et al., "Artificial Intelligence in Medical Biochemistry Learning," *European Journal of Medical Education*, vol. 29, no. 3, pp. 45-57, 2025.
- [3] M. Johnson, "Automated Analysis of Educational Texts in Life Sciences," *Frontiers in Education*, vol. 10, 2024.
- [4] K. Li, P. Wang, "ChatGPT as a Teaching Assistant in Biochemistry Courses," *Advances in Physiology Education*, vol. 49, no. 1, pp. 23-31, 2026.
- [5] R. Garcia et al., "Generative AI for Case Study Analysis in Medical Education," *Medical Teacher*, vol. 48, 2025.

- [6] S. Müller, "AI Tools for Test Preparation in Biomedical Education," *Journal of Educational Technology*, vol. 42, pp. 88-97, 2024.
- [7] F. Rossi, "Supporting Cognitive Learning with AI in Health Sciences," *Computers in Human Behavior*, vol. 152, 2025.

INTELLIGENT LEARNING SUPPORT SYSTEMS IN MEDICAL BIOCHEMISTRY FOR OPTIMIZING TESTING OF STUDENTS IN SPECIALTY I5 "MEDICAL PSYCHOLOGY"

Bazaliuk Liudmyla, Yanitska Lesia, Posternak Nataliia

ABSTRACT. This publication examines the use of intelligent systems ChatGPT and Gemini to support learning medical biochemistry for medical psychology students. It highlights AI applications for case analysis, test optimization, and structured assimilation of complex topics.

KEYWORDS: artificial intelligence, medical biochemistry, ChatGPT, Gemini, digital learning.

ІІІ-КОМПЕТЕНТНОСТІ ВИКЛАДАЧА У КОНТЕКСТІ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Баклаженко Юлія¹

¹Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Київ, Україна
E-mail: baklazhenko.yuliia@lil.kpi.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто ІІІ-компетентності викладача у контексті цифрової трансформації вищої освіти. Проаналізовано міжнародні та національні рамки (DigCompEdu, UNESCO, стандарт викладача ЗВО). Визначено ключові компоненти ІІІ-компетентності та окреслено напрями її розвитку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, ІІІ-компетентності, викладач ЗВО, ІІІ в освіті, цифрова трансформація

I. Вступ

Стрімкий розвиток генеративного штучного інтелекту зумовив глибинні трансформації у сфері вищої освіти, зокрема, і в галузі викладання англійської мови професійного спрямування (ESP). Інтеграція ІІІ в освітній процес відкрила нові можливості для автоматизації рутинних завдань, створення навчальних матеріалів, персоналізації навчання та підтримки самостійного навчання студентів. Водночас, інтеграція ІІІ призвела і до створення нових професійних завдань викладачів, пов'язаних із імплементацією ІІІ у навчання – взаємодія з ІІІ, верифікація створеного продукту, аналіз етичності такого використання, тощо. Це актуалізує необхідність переосмислення професійних компетентностей викладача, які виходять за межі традиційної цифрової грамотності.

Метою дослідження є огляд наявних документів, що визначають ІІІ-компетентності викладача у глобальному та українському освітньому контексті, зокрема концепції навичок ХХІ століття, Європейської рамки цифрової компетентності педагогів (DigCompEdu) та Рамки ІІІ-компетентностей викладачів UNESCO (2024), а також національного Професійного стандарту викладача закладу вищої освіти України.

II. Основна частина

Відправною точкою осмислення навичок, які необхідні для формування компетентностей у сучасному контексті, можна вважати модель навичок ХХІ століття, яка структурує ключові компетентності у п'ять груп: способу мислення (критичне мислення, вирішення проблем, креативність, інноваційність), способу роботи (співпраця, взаємодія), володіння засобами роботи (цифрова грамотність), цифрові навички (оперування інформаційно-комунікаційними технологіями та розуміння концептів), та життєві навички (відповідальність, саморегуляція, ініціативність) [1]. З поширенням моделей ІІІ та процесів цифрової трансформації ці компетентності набувають нової інтерпретації: критичне мислення включає і здатність оцінювати

достовірність та релевантність згенерованого контенту; цифрова грамотність, зокрема, передбачає і навички проєктування запитів (prompting) та навігації інтерфейсами ШІ; відповідальність охоплює дотримання принципів академічної доброчесності при використанні ШІ.

Конкретизацію компетентностей у педагогічній галузі здійснено у Європейській рамці цифрової компетентності викладачів (DigCompEdu). Вона охоплює шість сфер: професійна взаємодія, створення та використання цифрових ресурсів, організація навчання, оцінювання, розширення можливостей студентів та розвиток їхньої цифрової компетентності [2]. У контексті ШІ інтеграції в освіту особливого значення набувають такі компетентності, як відбір і адаптація цифрових ресурсів, інтеграція технологій у різні етапи навчального процесу, використання цифрових інструментів для формувального оцінювання, а також підтримка індивідуалізованого та саморегульованого навчання. DigCompEdu, не згадуючи прямо ШІ-компетентності, створює деталізований перелік педагогічних компетентностей, у межах яких можуть бути інтегровані ШІ-компетентності.

Така інтеграція була здійснена у Рамці ШІ-компетентностей викладачів UNESCO (2024) [5], яка репрезентує перехід до системного осмислення ролі ШІ в освіті. Вона базується на концепції взаємодії «викладач – ШІ – студент» і структурує компетентності за п'ятьма напрямками: людиноцентричність, етика ШІ, технологічні основи використання ШІ, педагогіка ШІ, професійний розвиток. У межах цих напрямів визначено 15 компетентностей, які розвиваються на трьох рівнях: засвоєння, поглиблення та створення.

На базовому рівні акцент робиться на розумінні природи ШІ, його обмежень, а також усвідомленні етичних ризиків і потенціалу для використання у навчанні. На середньому рівні передбачається впевнене використання ШІ-інструментів у педагогічній практиці, інтеграція їх у студентоорієнтоване навчання та дотримання етичних принципів. Просунутий рівень передбачає критичне осмислення впливу ШІ на освіту і суспільство, адаптацію та модифікацію інструментів, а також участь у формуванні правил етичного використання ШІ [3].

На національному ж рівні документом, що визначає професійні компетентності викладача ЗВО (за категоріями А-Ж) є Професійний стандарт викладача закладу вищої освіти України (2024). Цей документ містить перелік трудових функцій, які охоплюють узагальнену викладацьку (Б, В), методичну (А, Є), дослідницьку (Г, Е, Ж) та організаційну діяльність (Б, Д, Е) [4]. Хоча документ не містить прямих згадок про ШІ, формулювання компетентностей у ньому може розумітися широко – як такі, що включають і ШІ-компетентності серед іншого. До прикладу, такі компетентності, як оцінювання результатів навчання, підготовка навчальних матеріалів, консультативна підтримка студентів можуть бути розширені за рахунок включення ШІ-компетентностей. Схожа спроба була здійснена в Інструктивно-методичних рекомендаціях щодо запровадження та використання технологій штучного інтелекту у закладах загальної середньої освіти [4], де структура цифрової компетентності педагогічних та науково-педагогічних працівників була доповнена компонентами, пов'язаними з ШІ.

III. Висновки

Таким чином, аналіз рамкових документів демонструє поступовий перехід від універсальних цифрових навичок до спеціалізованих ШІ-компетентностей, які поєднують технічні, педагогічні та етичні аспекти. Водночас, наразі визначення ШІ-компетентностей викладача перебувають на етапі формування. Так, навіть у спеціалізованих документах [4,5] не міститься компетентності у проєктуванні навчального промпта, підбору оптимальної ШІ моделі для спеціалізованих завдань тощо. Подальша розробка ШІ-компетентностей та їхня інтеграція в підготовку викладачів є ключовою умовою ефективного та відповідального використання штучного інтелекту в освітньому процесі.

IV. Список використаних джерел

- [1] I. Suto and H. Eccles, “The Cambridge approach to 21st Century skills: Definitions, development and dilemmas for assessment,” *Cambridge Assessment*, 2014. URL: <https://www.cambridgeassessment.org.uk/Images/461811-the-cambridge-approach-to-21st-century-skills-definitions-development-and-dilemmas-for-assessment-.pdf>

- [2] C. Redecker, "European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu," Eur. Union, Luxembourg, Rep. EUR 28775 EN, 2017. doi: 10.2760/159770.
- [3] Ministry of Economic Development, Trade and Agriculture of Ukraine, "Professional standard for teachers of higher education institutions," Order no. 610, Kyiv, Ukraine, Mar. 23, 2021. [Online]. Available: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2021/03/25/Prof.standart.vykladacha.ZVO.25.03.pdf>
- [4] Ministry of Education and Science of Ukraine, "Instructional and methodological recommendations on the introduction and use of artificial intelligence technologies in institutions of general secondary education," May 21, 2024. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metodychni.rekomendatsiyi.shchodo.SHI.v.ZZSO-22.05.2024.pdf>
- [5] UNESCO, *AI competency framework for teachers*. Paris, France: UNESCO Publ., 2024. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>

AI COMPETENCES OF UNIVERSITY TEACHERS IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF HIGHER EDUCATION

Baklazhenko Yuliia

ABSTRACT. The paper examines AI competences of university teachers in the context of digital transformation. It analyses international and national frameworks (DigCompEdu, UNESCO, professional standard) and outlines key components of AI competence and directions for its development.

KEYWORDS: artificial intelligence, AI competence, higher education teacher, digital transformation

ВИКОРИСТАННЯ NOTEBOOKLM ЯК ІНСТРУМЕНТУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАСВОЄННЯ ВЕЛИКИХ НАВЧАЛЬНИХ ТЕМ З ЗАГАЛЬНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ХІМІЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ХІМІЇ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ ЗДОБУВАЧАМИ СПЕЦІАЛЬНОСТІ І7 «ТЕРАПІЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЯ»

Білявський Сергій¹, Яніцька Леся¹, Постернак Наталія¹

¹Національний медичний університет імені О.О.Богомольця, Київ, Україна

E-mail: sm.bilyavskiy@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто використання NotebookLM у викладанні загальної біологічної хімії та біологічної хімії рухової активності здобувачам спеціальності «Терапія та реабілітація». Показано можливості застосування ШІ для оптимізації засвоєння великого обсягу навчального матеріалу та структурування складних тем.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, загальна біологічна хімія та біологічна хімія рухової активності, NotebookLM, цифрове навчання, терапія і реабілітація.

I. Вступ

Сучасний розвиток вищої освіти характеризується активним впровадженням технологій штучного інтелекту в освітній процес, що відкриває нові можливості для підвищення ефективності засвоєння складного теоретичного матеріалу. Особливо актуальним це є для дисциплін фундаментального циклу медико-біологічної підготовки, зокрема загальної біологічної хімії та біологічної хімії рухової активності, яка відзначається значним обсягом інформації, складністю метаболічних процесів та необхідністю системного розуміння молекулярних механізмів функціонування організму.

Особливі труднощі виникають при викладанні загальної біологічної хімії та біологічної хімії рухової активності здобувачами освіти першого року навчання спеціальності І7 «Терапія та реабілітація», для яких дана дисципліна не є профільною, але є основною компонентою освітньої програми та потребує опанування великого обсягу теоретичних знань, необхідних для розуміння фізіологічних і патологічних процесів у м'язовій тканині, енергетичного обміну та адаптації організму до фізичного навантаження. Значний обсяг навчального матеріалу часто

призводить до перевантаження здобувачів інформацією, що знижує ефективність навчання та ускладнює формування професійних компетентностей.

У зв'язку з цим актуальним є пошук нових методичних підходів до організації освітнього процесу, зокрема із застосуванням інструментів штучного інтелекту, які дозволяють структурувати великі масиви інформації, створювати узагальнення, виділяти ключові поняття та полегшувати роботу з освітніми матеріалами. Одним із таких інструментів є цифрове середовище NotebookLM, яке забезпечує можливість аналізу текстових джерел, створення стислих конспектів, формування запитань та пояснень на основі завантажених навчальних матеріалів.

Метою даної роботи є аналіз можливостей використання інструменту NotebookLM як елементу технологій штучного інтелекту для оптимізації засвоєння великих за обсягом навчальних тем з дисципліни «Загальна біологічна хімія та біологічна хімія рухової активності» здобувачам спеціальності І7 «Терапія та реабілітація».

II. Основна частина

У сучасних дослідженнях з педагогіки вищої освіти значна увага приділяється використанню технологій штучного інтелекту для підвищення ефективності освітнього процесу [1], [2]. Зростання обсягу навчальної інформації, особливо у медико-біологічних дисциплінах, потребує застосування нових цифрових інструментів, здатних забезпечити структурування матеріалу, його узагальнення та адаптацію до індивідуальних потреб здобувачів освіти [3], [4].

У наукових публікаціях останніх років підкреслюється, що однією з основних проблем викладання фундаментальних дисциплін у медичних та суміжних спеціальностях є надмірний обсяг навчального матеріалу [1], [5]. Це особливо характерно для курсу «Загальна біологічна хімія та біологічна хімія рухової активності», який охоплює велику кількість метаболічних шляхів, молекулярних механізмів регуляції та біохімічних основ функціонування організму. Дослідники зазначають, що перевантаження інформацією негативно впливає на мотивацію здобувачів освіти та ускладнює формування системного мислення [3], [6].

Окрему увагу у сучасній літературі приділено використанню цифрових інструментів, які дозволяють працювати з великими текстовими масивами, створювати короткі узагальнення, формувати запитання та пояснення на основі навчальних матеріалів [2], [7]. Такі можливості забезпечують системи штучного інтелекту нового покоління, що використовують алгоритми машинного навчання [8]. Використання подібних технологій в освіті дозволяє адаптувати складний матеріал до рівня підготовки здобувачів освіти та підвищити ефективність самостійної роботи [4].

Одним із сучасних інструментів, який може застосовуватися в освітньому процесі, є цифрове середовище NotebookLM, що забезпечує можливість аналізу завантажених навчальних матеріалів, створення стислих конспектів, виділення ключових понять та формування пояснень на основі заданих джерел [8]. Використання такого інструменту дозволяє розглядати його як елемент технологій штучного інтелекту в освіті, оскільки він забезпечує автоматизовану підтримку роботи з навчальною інформацією та сприяє індивідуалізації навчання [1], [2].

Особливо актуальним застосування подібних інструментів є при викладанні дисципліни «Загальна біологічна хімія та біологічна хімія рухової активності» здобувачам спеціальності І7 «Терапія та реабілітація» [3]. На відміну від здобувачів освіти спеціальності І2 «Медицина», для яких медична біохімія є базовою професійною дисципліною, здобувачі даної спеціальності повинні опанувати значний обсяг теоретичних знань за обмежений навчальний час [5], визначений робочою програмою. При цьому особливу увагу необхідно приділити темам, пов'язаним з енергетичним обміном, біохімією м'язової діяльності, гормональною регуляцією та механізмами адаптації організму до фізичних навантажень [1], [6]. Великий обсяг інформації у межах окремих тем створює труднощі як під час аудиторної роботи, так і при самостійному опрацюванні матеріалу [4], [7].

З метою оптимізації освітнього процесу у викладанні загальної біологічної хімії та біологічної хімії рухової активності було використано інструмент NotebookLM для роботи з великими навчальними темами, зокрема «Класифікація вуглеводів, їх біологічне значення. Травлення та всмоктування вуглеводів. Окиснення глюкози в аеробних та анаеробних умовах. Ефект Пастера», «Синтез вищих жирних кислот, триацилгліцеролів, фосфоліпідів, холестеролу. Транспортні форми ліпопротеїдів», «Травлення протеїнів та всмоктування амінокислот. Реакції трансамінування, дезамінування, декарбоксилювання. Знешкодження амоніаку», «Біохімічні функції печінки. Механізми біотрансформації ксенобіотиків та ендогенних токсинів», «Біохімічні функції крові. Протеїни плазми крові та індикаторні ензими. Непротеїнові нітрогеновмісні компоненти крові та сечі», «Біохімія сполучної тканини. Біохімічний склад та метаболізм кісткової тканини», «Нейротрансмітери. Біохімія м'язів та м'язового скорочення». До цифрового середовища завантажувалися методичні матеріали, тексти лекцій та навчальні посібники, після чого використовувалися функції автоматичного узагальнення, формування коротких конспектів та створення пояснень складних біохімічних процесів. Такий підхід дозволив виділити ключові поняття, структурувати матеріал та полегшити підготовку здобувачів освіти до практичних занять і підсумкового контролю.

Використання інструментів штучного інтелекту також сприяло підвищенню активності здобувачів під час самостійної роботи [7]. Здобувачі освіти мали можливість ставити запитання до завантажених матеріалів, отримувати пояснення складних термінів та формувати власні узагальнення теми. Особливо ефективним це виявилось при вивченні об'ємних розділів, таких як метаболізм вуглеводів, метаболізм ліпідів, метаболізм протеїнів та окремих амінокислот, біохімія сполучної тканини, біохімія м'язів та м'язового скорочення.

Таким чином, використання цифрових інструментів штучного інтелекту при викладанні загальної біологічної хімії та біологічної хімії рухової активності дозволяє зменшити інформаційне перевантаження здобувачів освіти, покращити структурування навчального матеріалу та підвищити ефективність засвоєння великих навчальних тем, що є особливо важливим для здобувачів першого року навчання спеціальності І7 «Терапія та реабілітація».

III. Висновки

Застосування цифрового інструменту NotebookLM в освітньому процесі дозволяє підвищити ефективність засвоєння великих обсягів навчального матеріалу за рахунок інтерактивної підтримки, автоматизованого узагальнення та структурованого представлення інформації. Інтеграція технологій штучного інтелекту у викладання загальної біологічної хімії та біологічної хімії рухової активності сприяє розвитку критичного мислення та самостійності здобувачів освіти, а також створює умови для персоналізованого навчання.

Використання інтелектуальних цифрових платформ відкриває нові можливості для методичного забезпечення освітнього процесу, зменшуючи когнітивне навантаження та полегшуючи опрацювання складних та об'ємних тем. Перспективним є подальше дослідження оптимальних стратегій інтеграції штучного інтелекту у практичні та лабораторні заняття, а також оцінка впливу таких інструментів на довгострокову успішність та формування компетентностей здобувачів освіти спеціальності І7 «Терапія та реабілітація».

Загалом, результати цього дослідження демонструють потенціал NotebookLM як сучасного освітнього інструменту, що може стати базою для створення комплексних рішень у сфері цифрової освіти та подальшого впровадження штучного інтелекту в освітні програми медико-біологічного циклу.

IV. Список використаних джерел

- [1] S. O'Connor, J. Zhang, and L. H. H. Chan, "Artificial intelligence in health professions education: A systematic review," *BMC Medical Education*, vol. 25, no. 1, 2025, pp. 1–12.
- [2] M. Javaid, A. Haleem, R. P. Singh, and R. Suman, "Artificial intelligence applications for industry 4.0: A literature-based study," *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 30, 2024, Art. no. 100381.

- [3] A. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm, and I. Wohlgenannt, "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education," *Education and Information Technologies*, vol. 29, 2024, pp. 1123–1145.
- [4] P. van der Vleuten, L. Driessen, and E. Hodges, "The role of digital visualization tools in modern medical education," *Medical Teacher*, vol. 47, no. 2, 2025, pp. 145–152.
- [5] T. Bates, *Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning*, 3rd ed. London, UK: Routledge, 2024.
- [6] European Commission, *Digital Education Action Plan 2021–2027: Artificial Intelligence and Education*, Brussels, Belgium, 2024.
- [7] J. Mayer, R. Moreno, "Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning," *Educational Psychologist*, vol. 60, no. 1, 2024, pp. 43–52.
- [8] R. Ravaglia, "NotebookLM and AI-assisted study in higher education," *Forbes Technology Council*, 2025.

USING NOTEBOOKLM AS AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOL TO OPTIMIZE THE ASSESSMENT OF MAJOR EDUCATIONAL TOPICS IN GENERAL BIOLOGICAL CHEMISTRY AND BIOLOGICAL CHEMISTRY OF MOTOR ACTIVITY BY STUDENTS OF SPECIALTY I7 "THERAPY AND REHABILITATION"

Serhii Biliavskiy, Lesia Yanitska, Nataliia Posternak

ABSTRACT. This paper examines the application NotebookLM in the teaching of General biological chemistry and biological chemistry of motor activity for students specializing in Therapy and rehabilitation. The study demonstrates the potential of AI to enhance the processing of extensive educational content.

KEYWORDS: artificial intelligence, biological chemistry and motor activity biochemistry, NotebookLM, digital education, therapy and rehabilitation.

МЕДІАЗВИЧКИ ТА ПРАКТИКИ ВИКОРИСТАННЯ ШІ ЗДОБУВАЧАМИ ОСВІТИ

Благовірна Наталія¹, Кошелюк Олена¹, Рак Тарас²

¹Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна

²ПЗВО «ІТ СТЕП Університет», Львів, Україна

E-mail: Blahovirna.Natalia@vnu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. Розглянуто роль альтернативних інформаційних екосистем. Емпіричну основу склали результати опитування 766 студентів 17–23 років. Виявлено, що медіазвички молоді фрагментуються, зростає популярність генеративного ШІ як інструменту навчання та пошуку інформації. Підкреслено важливість адаптації новинних медіа до нових форматів споживання інформації та інтеграції ШІ.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЗМІ, опитування, ШІ, медіазвички, освіта.

I. Вступ

Університети віддавна є запитуваними і помітними соціальними акторами. Як осередки інтелектуального лідерства, вони не лише акумулюють та передають знання, а й виконують важливу соціальну місію – впливають на суспільні дискусії, осмислюють соціальні процеси, розвивають критичне мислення і відповідальність. Збереження досвіду та безперервність розвитку суспільства передбачає не лише те, що кожне наступне покоління опирається на досягнення попередників, а й забезпечує поширення нових знань, формує затребуваність на пріоритетність думок експертів. Важливою ланкою у трансляції об'єктивної інформації, знань та цінностей, адаптації їх для масової аудиторії та конструюванні картини світу відіграють ЗМІ. Однак уже в останнє десятиліття ХХ ст. дослідники звертають увагу на добровільний вибір суспільства «постправдивого світу», акцентуючи на префіксі *пост-* не як на позначенні чогось у часовому вимірі, а як на симптомі, коли сама концепція правди/істини стала неважливою чи недоречною. У 2016 р. Оксфордський словник [1] фіксує це поняття, вказуючи на загальну характеристику публічних дебатів, коли дискурс формується все більше на принципі фрагментації інформації, збільшенні впливу емоцій та особистих переконань під час

формування суспільної думки. Дослідник Б. МакКоміскі, трактуючи концепцію в контексті індивідуального мовлення без посилань на факти та обґрунтувань, звертає увагу на те, що трансляція визначених науковцями понять, орієнтованих на пошук істини, перестає бути загальною тенденцією сучасної комунікації, натомість пріоритезується власна думка та використання неетичних комунікаційних прийомів, зокрема через розмитий зміст повідомлень та оманливі новини, водночас відзначає посилення нападів на авторитет ЗМІ як тих, хто забезпечує селекцію інформаційних потоків для масової аудиторії, а, отже, підтримує, транслює знання, уточнює цінності суспільства [2].

На фоні зниження довіри до раніше шанованих джерел фактичної інформації зростає роль та вплив альтернативної цифрової новинної екосистеми, наслідком чого стає збільшення частки щоденних інформаційних потоків, споживання новин із соціальних мереж і, як вислід, виникнення когнітивних упереджень. Дослідники Дж. Кавана та М. Д. Річі виявили неспроможність діючих освітніх моделей гнучко реагувати на нові інформаційні виклики та серед рекомендацій актуалізували міждисциплінарні зусилля, спрямовані на забезпечення аргументованого діалогу, зокрема, аналіз поширення та споживання інформації та викликів перерозподілу медіапотоків, та підкреслили важливість вдосконалення навчальних програм через збільшення уваги до медіаграмотності та розвитку критичного мислення [3]. Зростання залученості у сучасну комунікацію технічних новацій, зокрема збільшення ролі синтетичних медій та систем генерації персоналізованого контенту продовжило реструктуризацію цифрової інфраструктури медіаландшафту. Масштаби і швидкість технологічних змін, зокрема ШІ, які спрощують формування переконливих повідомлень без належної перевірки фактів, поширення зловмисних і маніпулятивних наративів, дезінформації, політичної пропаганди, випереджують як суспільний нагляд, так і здатність керувати наслідками технологічної трансформації інформаційної екосистеми. Подібне актуалізує ініціативи, спрямовані на навчання користувачів, підвищення рівня їх медіаграмотності та цифрової стійкості, забезпечення здатності убезпечувати себе від будь-яких потенційних чи фактичних негативних взаємодій.

II. Основна частина

Задля глибшого розуміння практик онлайн-взаємодій та моделей споживання інформації молоддю віком 17–23 років та з метою врахування зібраних даних під час формування майбутніх навчальних програм, спрямованих на розвиток активних користувачів медіа, здатних робити усвідомлений та відповідальний вибір, було проведено опитування студентів Волинського національного університету імені Лесі Українки та ПЗВО «ІТ СТЕП Університет». Кількість опитаних складала 766 осіб. Головна мета – дослідити медіазвички та мотивації використання ШІ молоддю віком 17–23 років; простежити сформованість у них критичного ставлення до технологій та медіа; виявити рівень їхньої обізнаності стосовно основних принципів етичного та відповідального використання ШІ у вищій освіті; врешті спробувати зрозуміти, чи потенційно можливі розриви між обізнаністю та поведінкою учасників опитування в реальних контекстах та здійснити спробу спрогнозувати, які цифрові платформи та типи контенту є потенційно привабливими для новинних брендів з огляду на їх затребуваність серед молоді та можливість адаптації новин за допомогою ШІ під «молодіжні» формати задля збереження видимості верифікованих новин. Оскільки кількісне опитування передбачало залучення респондентів, рівень медіаграмотності яких є сформованим щонайменше на середньому рівні, вибірка була зосереджена на залученні студентів ОП Журналістика та міжкультурна комунікація, освітніх та педагогічних наук (дошкільна, початкова, спеціальна освіта та середня освіта за галузями), а також ОП Комп'ютерні науки, навчальні плани яких націлені на формування здатності використовувати, розуміти та створювати мультимедійний контент, передбачають високий рівень технічної поінформованості стосовно того, як працюють онлайн-платформи, покликані формувати

здатність ідентифікувати автентичний контент, а також використовувати його під час навчання, виконання завдань чи для розваг. Дослідницькі питання не мали на меті охопити весь спектр поведінкових моделей та мотивацій споживання інформації, а лише оцінити сформованість у респондентів знань та навичок медіаграмотної поведінки та етичного і відповідального використання ІІІ, усвідомлення ними потреби використовувати їх в онлайн-середовищі з огляду на зростання ризиків. Дані було зібрано за допомогою онлайн-анкети з 23 березня до 31 березня 2026 року у двох містах – Луцьку і Львові.

Результати дослідження підтвердили той факт, що споживання новин продовжує фрагментуватися, контрольована редакторами новинна індустрія втрачає соціальний трафік (Рис. 1) та видимість, поступаючись соціальним мережам, які поглинають увагу 93 % респондентів проти 38,3 % тих, які зорієнтовані на новинні сайти загальноукраїнського значення, та 24,2 % – на регіональні сайти новин, і лише 7 % охоплені друкованими виданнями. Та все ж, враховуючи потенціал подкаст-платформ (23,8 %) та відеоплатформ (зокрема YouTube – 68,8 %) та з огляду на те, що Звіт про цифрові практики споживання новин, наданий Інститутом дослідження журналістики агентства Рейтер у 2025 р. [4], підтверджує привабливість ландшафту новинних подкастів для медіабрендів у сегменті освічених молодих людей, тож дані опитування актуалізують потребу адаптації оглядів текстових новин та можливості створення нових продуктів та їх інтегрування на основі ІІІ в аудіо- та відеоформати. Ця тактика визнана ефективною у залученні користувачів, охоплених переважно альтернативною новинною екосистемою.

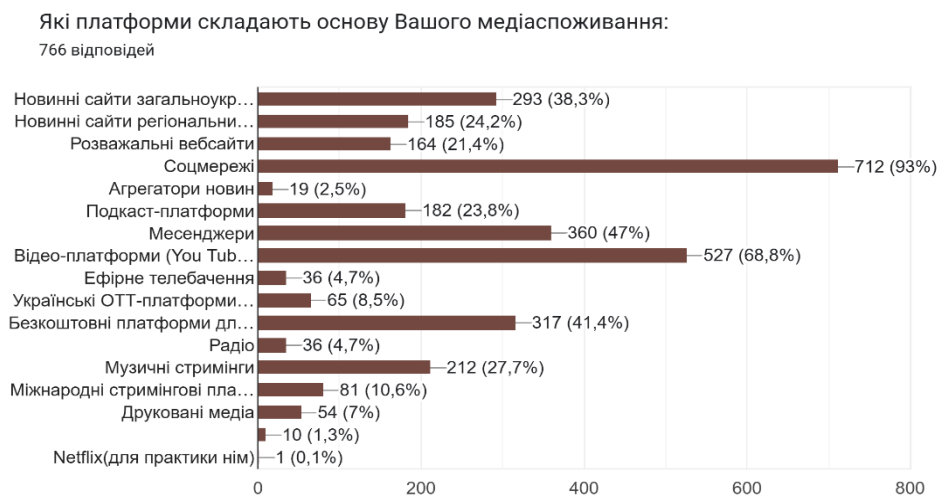


Рис. 1. Структура платформ, що складають основу медіаспоживання

Стримані оптимістичні прогнози стосовно утримання видимості новинних медіа, контрольованих редакторами, підтверджують результати опитування в контексті затребуваних типів контенту, виявляючи 72,5 % (Рис. 2) зацікавлених у споживанні новин про події в Україні у форматі відео-, аудіо- чи текстових формах, 46,3 % – новин про світові події та 40,1 % – регіональних та місцевих новин, продемонструвавши збільшення частки залученості у порівнянні зі сталими пріоритетами та без уточнення способу споживання новин майже вдвічі. Попри глобальні прогнози зміщення довіри аудиторії до контенту інфлюенсерів, вбудованого у платформи соціальних мереж, його споживання у цій вибірці залишається нішевим – 13,7 %, водночас є найнижчим у межах цього складника опитування. Контент про книги та книжкові події – у пріоритеті лише 19,7 % респондентів, натомість короткі розважальні відео (TikTok, Reels, Shorts) – 82,2 % та фото, відео, пости рідних у соціальних мережах – 69,2 % домінують у періодичному зверненні (Рис. 2).

Типи контенту, які Ви дивилися, читали чи слухали хоча б іноді протягом останнього місяця:

766 відповідей

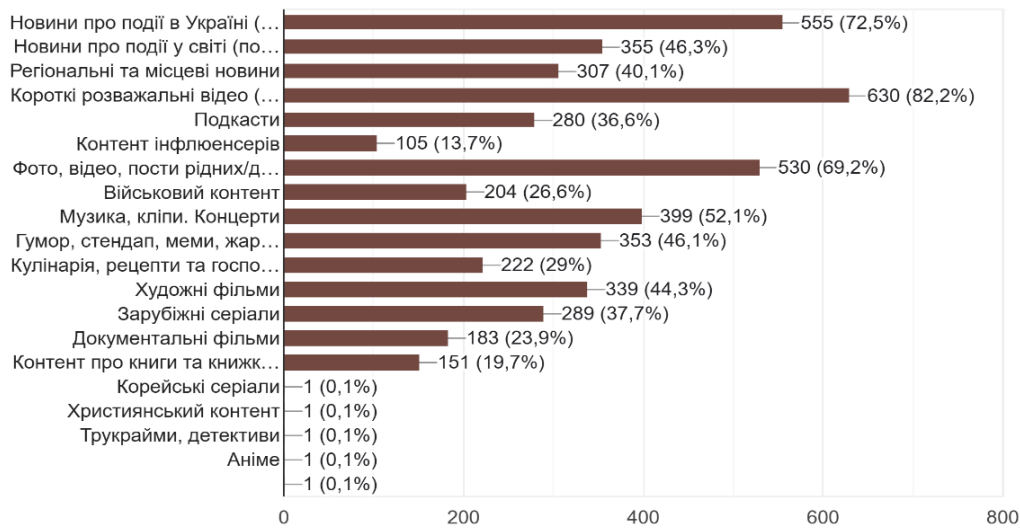


Рис. 2. Затребувані респондентами типи контенту

Довідкові пошукові запити за допомогою Google домінують в активному використанні – 89,9 % респондентів, зокрема 21,7 % повідомили, що скористається при цьому довідковою інформацією з Wikipedia, 15,8 % – безкоштовними тематичними сайтами та 11,4 % – безкоштовними оцифрованими словниками. Зростає затребуваність генеративного ШІ, йому надає перевагу – 47,7 %. Водночас розширюються мотивації звернень до генеративного ШІ: пошук інформації про загальні невідомі поняття – 83,4 %; для виконання домашніх завдань і підготовки до навчальних занять та контрольних заходів – 46,5 %; пошук джерел, їх стислий опис, систематизація на визначену тему – 42,8 %; генерування тестових завдань для ефективної підготовки до іспитів – 35,9 %; стилізація тексту відповідно до вимог конкретного завдання – 26,6 %; створення інтерактивних візуалізацій даних – 25,8 %; автоматичне створення конспектів лекцій та інших навчальних матеріалів – 25,3 %; пошук необхідних статистичних даних, аналіз даних та визначення закономірностей – 24,5 %; використання систем машинного перекладу – 18,3 %; оформлення бібліографічних посилань – 11,9 %; генерування нових гіпотез для дослідження на основі аналізу наявних даних – 9,3 % (Рис. 3).

Ситуації використання ШІ

766 відповідей

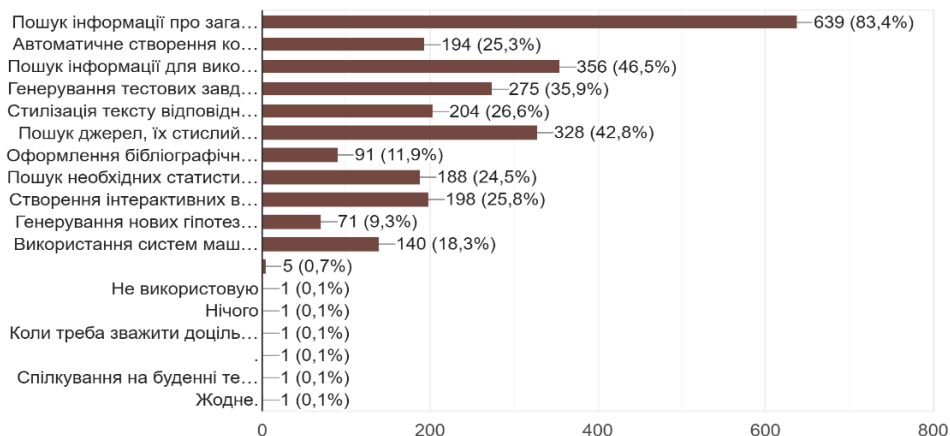


Рис. 3. Структура пріоритизації використання систем генеративного ШІ

Водночас 76 % ознайомлені з основними принципами етичного й відповідального використання систем ШІ у вищій освіті та тим, як інтерпретувати результати. 61 % оцінює свою здатність відрізнити згенерований ШІ контент від автентичного як достатню. Цей показник оптимістично підтверджує сформованість знань і навичок критичного сприйняття технологій, все ж може містити потенційні ризики переоцінювання власних можливостей та свідчити про розриви між обізнаністю та поведінкою учасників опитування в реальних контекстах, позаяк лише 40 % підтверджують використання технічних засобів для з'ясування ймовірності штучного генерування контенту. Здатність ШІ створювати переконливі тексти/фото/аудіо/відео, які можуть бути оманливими як через інформаційний вакуум, так і через зловмисні мотиви, водночас їх вірусне поширення алгоритмами соціальних мереж, які, за результатами опитування, демонструють найвищий показник залученості респондентів, посилює ризики психологічних маніпуляцій та засвоєння упереджених, оманливих знань та спотворення розуміння та довіри до джерел інформації, що підтверджує швидкість, з якою вірусно поширювалися, приміром, аудіозаписи з використанням дипфейків нібито голосів К. Стармера чи М. Шимечки, перш ніж фахівці з перевірки фактів їх викрили. Достатній рівень медіаграмотності учасників опитування забезпечує розуміння ними потреби постійного вдосконалення існуючих механізмів контролю інформації та її споживання, внаслідок чого 72 % відчувають потребу у підвищенні цифрової та ШІ грамотності з огляду на потребу дотримання прав людини, прав інтелектуальної власності, захисту персональних даних і додержання принципів академічної доброчесності.

III. Висновки

Швидкість інтеграції та зростання популярності альтернативної інформаційної екосистеми привносить багато змінних та епістемічних ризиків для системи публічних знань. Монополія селекції інформації, яку масова аудиторія вважає правдою чи вартої уваги та засвоєння, ще донедавна була прерогативою редакторів та експертів визнаних новинних брендів, однак монополія авторитетних новинних ресурсів втрачена, що зміщує фокус інформаційних повідомлень у бік розмивання змісту, а структурування інформаційних потоків зазнає все більшого впливу автономних генеративних синтетичних медіа, що створює нові виклики для модерації контенту та актуалізує важливість постійного навчання користувачів, узгодження нової інформаційної рамки з людськими цінностями на досвідом.

IV. Список використаних джерел

- [1] Oxford Dictionaries. "Word of the Year 2016 Is... Post-Truth". Oxford Dictionaries. <https://en.oxforddictionaries.com/word-of-the-year/word-of-the-year-2016>.
- [2] McComiskey, B. "Post-truth rhetoric and composition. Utah State University Press. Colorado. 2017, 56 p. DOI: 10.2307/j.ctt1w76tbg.
- [3] Kavanagh, J., Rich, M. D.. "Truth Decay. An Initial Exploration of the Diminishing Role of Facts and Analysis in American Public Life". 2018. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2314.html.
- [4] Robertson, C. T. "The changing landscape for news podcasts across countries". Digital News Report 2025. 17 June, 2025. <https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/digital-news-report/2025/changing-landscape-news-podcasts-across-countries>

MEDIA and AI USAGE PRACTICES AMONG STUDENTS

Blahovirna Natalia, Kosheliuk Olena, Rak Taras

ABSTRACT. The article examines the role of alternative information ecosystems. The empirical basis consists of the results of a survey of 766 students aged 17–23. The study reveals that young people's media habits are becoming increasingly fragmented, while the popularity of generative AI as a tool for learning and information retrieval is growing. The importance of adapting news media to new information consumption formats and integrating AI is emphasized.

KEYWORDS: survey, media, AI, media habits, education.

ВИКОРИСТАННЯ КОРИСТУВАЦЬКО-НАЛАШТОВАНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ З ВИСОКИМ РІВНЕМ СТІЙКОСТІ ДО МАШИННОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ

Бобарчук Олександр¹, Злотківська Тетяна²

¹Національний університет "Київський авіаційний інститут", Київ, Україна

²Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, Харків, Україна

E-mail: oleksandr.bobarchuk@npp.kai.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації обґрунтований підхід до проєктування систем автоматизованої генерації тестів за допомогою користувацько-налаштованих (кастомних) інструментів. Визначені чотиришарова структура текстових запитів та принципи формування контрольованого контекстного середовища для підвищення стійкості завдань до машинного розв'язання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: мультимодальні моделі, Google Gemini, автоматизована генерація тестів, стійкість до машинного розв'язання, цифрові освітні технології, інтелектуальні системи.

I. Вступ

Трансформація цифрової освіти під впливом генеративного штучного інтелекту зумовлює потребу в розробці систем автоматизованої генерації тестів, стійких до машинного розв'язання. Використання кастомних інструментів мовних моделей дозволяє через рольову структуру та контекстні обмеження створювати контрольні завдання підвищеної когнітивної складності, що мінімізують ризик недоброчесного застосування здобувачами штучного інтелекту (ШІ).

II. Основна частина

У межах концепції Освіти 4.0 розвиток цифрових технологій та систем електронного навчання викликає необхідність трансформації підходів до контролю та оцінювання результатів навчання. Освітня парадигма передбачає активну інтеграцію мультимодального штучного інтелекту, наприклад Google Gemini, для автоматизованого формування навчального контенту та масштабування освітніх платформ. Однак використання великих мовних моделей водночас породжує проблему вразливості традиційних тестів до автоматизованого машинного розв'язання, що вимагає розроблення нових методологічних підходів до проєктування систем генерації завдань підвищеної когнітивної складності. Таким чином, ключовим завданням стає створення керованого інтелектуального середовища, яке забезпечує об'єктивність оцінювання та дотримання принципів академічної доброчесності в умовах глобальної цифровізації [1].

Тестове завдання є дидактичною одиницею різного рівня складності від відтворення фактів до аналізу отриманих знань. Автоматизація описаного процесу базується на генеративних мовних моделях, які здатні оперативно створювати навчальний контент, адаптуючи типи запитань та рівні складності під конкретні освітні потреби. Водночас ефективність ШІ у розв'язанні стандартних тестів створює загрозу академічній доброчесності, роблячи традиційні форми контролю вразливими до машинного втручання. Тому актуальним є науковий пошук методів формування завдань, які були б стійкими до автоматизованого розв'язання та фокусувалися на складніших операціях.

Мультимодальний ШІ – це клас інтелектуальних систем на базі великих генеративних моделей, що реалізовані на архітектурі глибоких нейронних мереж трансформерного типу та здатні здійснювати когнітивну обробку, аналіз і синтез гетерогенних даних (текстових, графічних, аудіовізуальних тощо) у межах єдиного семантичного простору. Характерною їх ознакою є здатність моделювати складні міжмодальні залежності у великих масивах даних, що дозволяє базовій моделі інтегрувати спеціалізовані компоненти для виконання вузькоспрямованих аналітичних або генеративних функцій [2].

Платформа Google Gemini належить до класу великих мультимодальних моделей ШІ, що поєднують можливості обробки текстових, графічних та інших типів даних у межах єдиної архітектури. Архітектура платформи передбачає, що базова модель може бути доповнена спеціалізованими компонентами, які виконують окремі функції обробки даних.

Завдяки цьому розробники мають можливість створювати системи, орієнтовані на конкретні завдання, наприклад, автоматизоване формування навчальних матеріалів, створення тестових завдань, аналіз освітнього контенту. Функціональні можливості платформи включають генерацію текстів різної складності, аналіз навчального матеріалу, формування запитань до тексту, створення варіантів відповідей та адаптацію контенту відповідно до заданих параметрів.

Перевагою використання платформи Google Gemini є можливість створення користувацько-налаштованих (кастомних) інструментів та адаптація поведінки моделі до конкретних завдань. Адаптація інструментів до конкретних завдань здійснюється шляхом налаштування алгоритмів генерації, розробки чітких інструкцій для моделі, визначення єдиних форматів даних та інтеграції додаткових інформаційних джерел. Важливою складовою описаного процесу є використання спеціалізованих інструкцій, що визначають правила формування контенту, застосування механізмів контекстного керування генерацією [3]. В рамках досліджуваної проблеми наявна можливість формування спеціалізованих інтелектуальних модулів, призначених для автоматизованої генерації тестових завдань, навчальних матеріалів, аналітичних звітів.

Ефективність автоматизованої генерації тестових завдань значною мірою залежить від якості інформаційної бази, на основі якої формується навчальний контент. У межах підходу основне значення має застосування контекстних баз знань та структурованих масивів даних, що забезпечує високу точність і змістовну відповідність згенерованих завдань. Запропонований підхід дозволяє розробляти тестові завдання, що мають глибоку семантичну прив'язку до специфічного навчального контенту. Використання структурованих масивів даних дає змогу моделювати складність запитань таким чином, щоб створювати перешкоди алгоритмам ІІІ для успішного автоматизованого вирішення тестів.

В процесі проєктування систем автоматизованої генерації тестових завдань важливе значення має правильне формування інструкцій (промптів) для генеративної мовної моделі. Ефективність роботи значною мірою визначається структурою запиту, який задає логіку обробки інформації та формат відповіді. Одним із концептуальних підходів до структурування запитів є модель, що передбачає багаторівневу організацію інструкцій для систем ІІІ. Вона ґрунтується на чотиришаровій структурі, яка включає наступні компоненти: персонаж, завдання, контекст та формат. Кожен із компонентів виконує окрему функцію у процесі керування генерацією освітнього контенту та сприяє підвищенню передбачуваності результатів роботи мовної моделі [4].

Першим елементом моделі є визначення персонажа, що передбачає опис ролі, яку повинна виконувати система під час взаємодії з користувачем. У педагогічних застосуваннях ця роль визначена, наприклад, як експерт-викладач, методист, розробник тестових завдань, аналітик освітнього контенту. Чітке визначення ролі моделі дозволяє сформувати відповідний стиль комунікації, рівень деталізації пояснень та характер подання інформації.

Другим структурним елементом є визначення завдання, що конкретизує дію, яку повинна виконати модель. У системах автоматизованого тестування завдання включає, наприклад, створення тестових запитань, формування варіантів відповідей, визначення правильних рішень або аналіз складності завдань. Чітке формулювання завдання дозволяє обмежити можливі інтерпретації запиту та підвищує точність отриманого результату.

Третім рівнем структури промпту є контекст, що визначає інформаційне середовище, у межах якого модель повинна виконувати поставлене завдання. Контекст включає навчальний матеріал, опис теми, фрагменти літературних джерел, навчальні стандарти тощо. Використання контексту забезпечує змістову релевантність згенерованих тестових завдань і дозволяє моделі враховувати специфіку конкретної дисципліни.

Завершальним елементом є визначення формату відповіді, який регламентує структуру результату, що має бути згенерований моделлю, наприклад, визначення кількості тестових запитань, структури варіантів відповідей, наявності пояснень, додаткових коментарів. Форматування відповіді є важливим елементом автоматизації, оскільки дозволяє інтегрувати

результати генерації безпосередньо у системи електронного тестування. На рис. 1. відображено анатомію запиту для застосування кастомних інструментів Google Gemini.



Рис. 1. Зображення інфографіки для побудови запиту [джерело: авторська розробка]

Початкові етапи проєктування ефективної взаємодії з генеративними мовними моделями передбачають чітке визначення меж використання моделі та параметрів виконання поставленого завдання. Етапи розглядаються як фундамент формування керованого середовища генерації освітнього контенту. Саме на цьому рівні визначаються базові правила функціонування системи, що забезпечують передбачуваність її відповідей та відповідність педагогічним цілям [5].

Перший етап передбачає визначення ролі та функціональних меж мовної моделі, формулюється інструкція щодо того, яку роль повинна виконувати система ШІ у процесі взаємодії з користувачем. У педагогічних застосуваннях ця роль включає функції інтелектуального тьютора, експерта з певної навчальної дисципліни, розробника тестових завдань. Чітке визначення ролі дозволяє моделі сформулювати відповідний стиль комунікації, рівень складності пояснень та характер подання інформації. Встановлення меж є необхідною умовою для уникнення генерації нерелевантного або надмірно загального контенту.

Другий етап полягає у визначенні параметрів та умов виконання завдання, що включає конкретизацію очікуваних результатів, обмежень та правил формування відповіді. На цьому рівні формулюються вимоги до структури відповіді, інформації, що повинна бути використана, визначаються критерії якості результату. У контексті автоматизованої генерації тестових завдань параметри включають кількість запитань, тип тестових завдань, рівень складності, вимоги до варіантів відповідей. Важливим аспектом встановлення параметрів взаємодії є визначення інформаційного середовища, у межах якого модель повинна виконувати поставлене завдання, наприклад, використання навчальних матеріалів, тематичних текстів або інших джерел, що забезпечують точність згенерованого контенту.

Третім етапом формування ефективної взаємодії з генеративною мовною моделлю є визначення контексту виконання завдання. На цьому рівні до системи ШІ підключаються релевантні джерела інформації, які слугують основою для генерації змістовно коректного освітнього контенту. Контекст включає різноманітні типи навчальних матеріалів, зокрема текстові документи, навчальні програми, електронні підручники, критерії оцінювання, методичні рекомендації або інші структуровані освітні ресурси.

Використання джерел дозволяє моделі формувати відповіді, що ґрунтуються на конкретному навчальному матеріалі, а не на узагальненій інформації з відкритих інтернет-ресурсів. Залучення контекстних матеріалів має особливе значення для підвищення точності та педагогічної релевантності результатів роботи мовної моделі [6].

Універсальні генеративні моделі базують свої відповіді на статистичних закономірностях, сформованих під час навчання на великих масивах відкритих даних, що на практиці призводить до появи неточностей або узагальнених формулювань. Натомість використання спеціалізованих контекстних джерел забезпечує спрямованість генерації на конкретний навчальний зміст та дозволяє обмежити інформаційне поле моделі лише перевіреними

освітніми матеріалами. З педагогічної точки зору такий підхід формує контрольоване інформаційне середовище, у межах якого функціонує система ШІ [7].

У результаті генеративна модель працює не як універсальний пошуковий інструмент, а як інтелектуальний помічник, що формує відповіді на основі попередньо відібраних та структурованих матеріалів (рис. 2).



Рис. 2. Інфографіка, що ілюструє етапи проєктування запиту [джерело: авторська розробка]

У процесі проєктування систем автоматизованої генерації тестових завдань з високим рівнем стійкості до машинного розв'язання важливим елементом є розроблення структурованої моделі взаємодії з генеративними мовними моделями. На першому етапі встановлюється роль мовної моделі як інтелектуального освітнього інструменту, визначаються межі виконання завдання, зокрема вимоги до структури тестових запитань, рівня складності, типів відповідей та обмежень для контрольованості процесу генерації контенту.

Наступним етапом є формування контекстного середовища, у межах якого функціонує система генерації тестових завдань. Для цього використовуються структуровані навчальні матеріали, такі як програми дисциплін, навчальні тексти, підручники, критерії оцінювання та інші освітні ресурси. У результаті система функціонує у контрольованому інформаційному середовищі, де генерація контенту базується на заздалегідь визначених освітніх матеріалах, а не на узагальнених даних відкритого інтернету.

Застосування структурованої моделі проєктування взаємодії з генеративними мовними моделями створює передумови для формування інтелектуальних систем тестування нового покоління. Системи здатні генерувати тестові завдання адаптовані до конкретного навчального контексту та менш вразливі до автоматизованого машинного розв'язання.

Перспективи розвитку взаємодії з ШІ в освіті полягають у переході від загальних чат-ботів до вузькоспеціалізованих екосистем, що функціонують у контрольованому інформаційному полі. Потенціал майбутніх досліджень за автоматизацією RAG-технологій, тобто генерацією на основі чітко визначених даних, які дозволять моделям миттєво адаптуватися до специфічних навчальних програм, забезпечуючи абсолютну точність та педагогічну релевантність контенту. Як результат, відбудеться трансформація технологій на основі ШІ у повноцінного цифрового асистента, здатного до глибокої персоналізації навчання без ризику спотворення інформації та створення галюцинацій.

III. Висновки

Дослідження підтверджує, що використання користувацько-налаштованих інструментів і спеціалізованих модулів забезпечує перехід від універсальної генерації контенту до створення детермінованого дидактичного середовища, де роль штучного інтелекту чітко обмежена межами педагогічного завдання. Фундаментальне значення у описаному процесі має впровадження чотиришарової архітектури запиту, яка через послідовне визначення персонажа, завдання, контексту та формату перетворює природу мовної моделі на надійний інструмент інтелектуального супроводу навчання.

Використання структурованих масивів даних і закритих джерел знань дозволяє мінімізувати інформаційний шум і формувати тестові завдання з високим рівнем семантичної прив'язки до конкретних навчальних програм.

Запропонований методологічний підхід не лише сприяє масштабованості освітніх платформ, а й вирішує критичну проблему вразливості традиційного тестування до машинного розв'язання, забезпечуючи високу когнітивну складність запитань та дотримання принципів академічної доброчесності. Спроектowana модель взаємодії з мовними моделями закладає основу для подальшого розвитку адаптивних навчальних систем, здатних генерувати якісний контрольний-вимірювальний інструментарій нового покоління

IV. Список використаних джерел

- [1] О. Пушкар, О. Бобарчук, С. Денисенко, С. Гальченко, Т. Злотківська, "Шляхи розвитку штучного інтелекту в Освіті 4.0", Штучний інтелект в освіті. Частина 1: монографія, за ред. А. Яцишин. Київ: ІЦО НАПН України, 2025, розд. XVI, с. 233-256.
- [2] Бобарчук О.А., Злотківська Т.В. Інноваційний розвиток штучного інтелекту через мультимодальний підхід / Штучний інтелект у науці та освіті (AISE 2024). Artificial intelligence in science and education : збірник матеріалів міжнародної наукової конференції (Київ, 1-2 березня 2024 р.) [Електронний ресурс] / [упоряд: А. Яцишин, В. Матусевич, В. Коваленко]. Київ : УкрІНТЕІ, 2024. С.327-331
- [3] K. Posavec, Ed., Implementing Personalized Learning Techniques with AI. Hershey, PA, USA: IGI Global Scientific Publishing, 2025. URL: https://www.google.com.ua/books/edition/Implementing_Personalized_Learning_Techn/Xoo9EQAAQBAJ
- [4] Gemini Team Google, "Gemini: A Family of Highly Capable Multimodal Models," arXiv preprint arXiv:2312.11805, Dec. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2312.11805>
- [5] Leveraging Google Gemini as a Research Writing Tool in Higher Education https://www.researchgate.net/publication/383059063_Leveraging_Google_Gemini_as_a_Research_Writing_Tool_in_Higher_Education
- [6] A. Sharma, J. Kumar, and S. Arora, Eds., Technological Innovation and AI for Sustainable Development in Events and Festivals. Oxfordshire, UK: CAB International, 2025. URL: https://www.google.com.ua/books/edition/Technological_Innovation_and_AI_for_Sust/D6MREAAAQBAJ
- [7] M. Imran and N. M. Almusharraf, "Google Gemini as a next generation AI educational tool: a review of emerging educational technology," Smart Learning Environments, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, May 2024. doi: 10.1186/s40561-024-00310-z

THE APPLICATION OF CUSTOM TOOLS FOR THE DESIGN OF AUTOMATED TEST CASE GENERATION SYSTEMS WITH A HIGH LEVEL OF RESISTANCE TO MACHINE SOLUTIONS

Bobarchuk Oleksandr, Zlotkivska Tetiana

ABSTRACT. The paper presents a method for designing automated test generation systems using customised tools. A four-layer structure of text queries and principles for creating a controlled contextual environment to enhance the resistance of tasks to machine solving are defined.

KEYWORDS: multimodal models, Google Gemini, automated test generation, resistance to machine solving, digital educational technologies, intelligent systems.

КАСТОМІЗОВАНІ ЧАТ-БОТИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФАСИЛІТАЦІЇ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ У ЦИФРОВОМУ ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Бобарчук Олександр¹, Денисенко Світлана¹

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна

E-mail: svitlana.denysenko@npp.kai.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто можливості використання кастомізованих чат-ботів як інструменту фасилітації адаптивного навчання студентів. Запропоновано підхід до налаштування чат-бота, що передбачає етапи діагностики навчальних характеристик, класифікації і подальшої адаптації навчального контенту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: адаптивне навчання, кастомізовані чат-боти, персоналізація, штучний інтелект, цифрове освітнє середовище.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активною цифровізацією, що супроводжується впровадженням технологій штучного інтелекту та розвитком цифрових освітніх середовищ. Це створює передумови для зміни підходів до організації освітнього процесу. Зокрема, все більшої актуальності набуває перехід до персоналізованого навчання, орієнтованого на індивідуальні особливості здобувачів освіти.

Персоналізована освіта є гнучкою та творчою, пропонуючи зручний механізм навчання, орієнтований на індивідуальні потреби та особливості здобувачів освіти, які одночасно стають і творцем нової інформації [1]. Практична реалізація персоналізації у цифровому середовищі здійснюється через механізми адаптивного навчання, що забезпечують автоматичну зміну змісту, темпу та форм навчальної взаємодії на основі аналізу даних [1; 2; 3].

Водночас у традиційній освітній практиці персоналізацію досить складно реалізувати у повній мірі через низку факторів, зокрема, масовість навчання і неможливість індивідуального супроводу кожного студента, стандартизованість освітніх програм, обмеженість часу викладача. Це зумовлює потребу у використанні цифрових інструментів, здатних забезпечити адаптивну підтримку навчальної діяльності студентів.

Одним із перспективних інструментів є кастомізовані чат-боти – користувацькі рішення на основі моделей ШІ, які можуть виступати ефективним інструментом фасилітації навчальної діяльності. На відміну від універсальних моделей, такі чат-боти налаштовуються відповідно до конкретних освітніх цілей, педагогічної ролі та характеристик цільової аудиторії [2]. Метою роботи є обґрунтування підходу до налаштування кастомізованих чат-ботів як інструменту фасилітації адаптивного навчання студентів.

II. Основна частина

Аналіз наукових досліджень свідчить, що адаптивне навчання розглядається як ефективний механізм реалізації персоналізованого підходу, що базується на використанні цифрових технологій та штучного інтелекту [1; 2; 3]. Як зазначають науковці [3], цілеспрямована інтеграція ШІ забезпечує високий рівень орієнтації на здобувача освіти, зокрема через динамічну адаптацію навчального контенту та темпу навчання, формування персоналізованих освітніх траєкторій, використання навчальної аналітики, адаптивне оцінювання та забезпечення своєчасного зворотного зв'язку. Крім того, застосування ШІ сприяє підвищенню мотивації здобувачів освіти, зокрема через елементи гейміфікації, а також підтримує довготривале засвоєння знань завдяки використанню алгоритмів інтервальних повторень.

Особливе місце у реалізації цих можливостей посідає феномен фасилітації, що передбачає переосмислення ролей викладача, здобувача освіти та технологій у навчальному процесі. У сучасних умовах викладач перестає бути єдиним джерелом знань, а здобувач освіти – пасивним їх споживачем. Технології, своєю чергою, виходять за межі функції передачі навчального матеріалу і набувають ролі активних учасників освітнього процесу. Зокрема, сучасні ШІ-інструменти можуть виступати як інтелектуальні наставники та фасилітатори навчальної діяльності, тоді як студент стає активним суб'єктом навчання, відповідальним за власний освітній прогрес [5]. У таких умовах роль викладача трансформується у бік наставництва, підтримки та організації навчальної взаємодії [3].

Ці можливості значною мірою реалізуються завдяки кастомізованим чат-ботам. Наразі питання використання кастомізованих чат-ботів для підтримки адаптивного навчання активно досліджується науковою спільнотою. З'являється дедалі більше теоретичних напрацювань та практичних реалізацій таких рішень. У праці [5] наголошено, що чат-боти мають виконувати не лише функцію джерела знань, а й виступати активними фасилітаторами навчального процесу. Науковці підкреслюють, що ефективна кастомізація чат-бота має ґрунтуватися на принципах підтримки саморегульованого навчання, коли інструмент не надає готових рішень, а стимулює здобувача освіти до самостійної діяльності через використання механізмів

підказок та рефлексії. У праці [6] автори описують різні типи таких чат-ботів, здатних допомагати та підтримувати студентів у навчальній діяльності. Як підкреслюють дослідники [3], доступність ШІ-інструментів у будь-який час і в будь-якому місці сприяє формуванню більш гнучкого та підтримувального освітнього середовища, підвищує залученість студентів і позитивно впливає на результати навчання.

Хоча створення кастомізованих чат-ботів не потребує навичок програмування, водночас це все ж складний і комплексний процес [4]. Проєктування кастомізованого чат-бота охоплює шість ключових етапів: планування, збір даних та ресурсів, проєктування, тестування, впровадження і моніторинг використання. Однак для реалізації функції фасилітації адаптивного навчання, недостатньо на етапі проєктування обмежитися лише формуванням бази знань. Для досягнення цього, на етапі налаштування кастомізованого чат-бота доцільно передбачити послідовність взаємопов'язаних етапів:

- 1) діагностика здобувача освіти, що передбачає проведення короткого опитування;
- 2) профілювання, що полягає у віднесенні його до певної групи відповідно до визначених характеристик;
- 3) адаптація навчального контенту, що передбачає вибір стратегії подання навчального матеріалу, темпу та рівня складності залежно від діагностованих особливостей;
- 4) формування сценаріїв взаємодії – визначення логіки діалогу, типів запитань, підказок і рівня підтримки.

Слід зазначити, що реалізація етапу діагностики має варіативний характер і залежить від освітніх цілей та методичних підходів викладача. Зокрема, діагностика може охоплювати як базове визначення рівня підготовки здобувача освіти, так і більш глибокий аналіз його індивідуальних характеристик, включаючи когнітивні особливості, навчальні уподобання та контекст засвоєння знань.

Ключовими компонентами налаштування чат-бота є: системні інструкції (промти), що визначають роль, поведінку та педагогічну стратегію чат-бота; механізми діалогової взаємодії, що передбачають здатність бота ініціювати діалог, ставити зустрічні запитання та перевіряти розуміння навчального матеріалу, що є ключовим елементом фасилітації; а також інструменти аналітики, що дозволяють відстежувати навчальний прогрес та коригувати освітній процес [5; 7].

Послідовність дій чат-бота під час взаємодії зі студентом буде наступною (рис. 1):

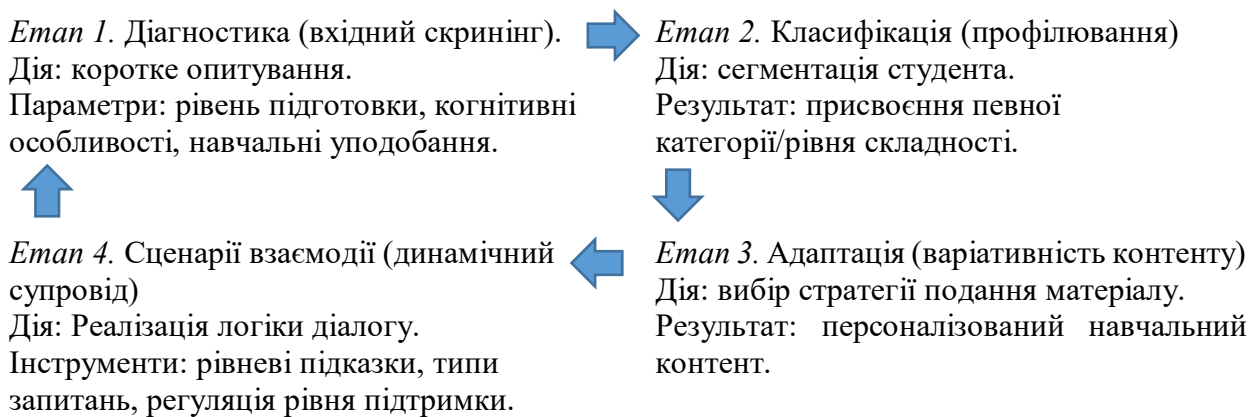


Рис. 1. Послідовність дій чат-бота.

Перевагами запропонованого підходу є забезпечення індивідуалізації навчання, підвищення залученості здобувачів освіти, підтримка самостійного навчання та можливість масштабування. Водночас ефективність його критично залежить від педагогічного дизайну самого бота. Існує реальний ризик, що без ретельного налаштування чат-бот може надавати формальні або поверхневі відповіді, що нівелює навчальний ефект. Тому роль викладача зміщується від контролю знань до інтелектуального налаштування цифрового середовища та коректної інтерпретації аналітики, яку генерує бот.

III. Висновки

У роботі обґрунтовано доцільність використання кастомізованих чат-ботів як інструменту фасилітації адаптивного навчання у цифровому освітньому середовищі. Запропонований підхід, що базується на етапах діагностики, класифікації та адаптації навчального контенту, дозволяє реалізувати індивідуалізовану підтримку здобувачів освіти в умовах масового навчання. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою методик оцінювання ефективності таких рішень та їх експериментальною апробацією.

IV. Список використаних джерел

- [1] S. Tarasenko, O. Karintseva, W. Duranowski, A. Bilovol, A. Petrova “Model of artificial intelligence and chatgpt use for study personalization in higher education”. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*, 4(114), с. 96–107, 2024. <https://doi.org/10.37734/2409-6873-2024-4-16>.
- [2] B. Khalfan S. Al-Nabhani, S. Pulparambil. “Smart Learning Environments: A Comprehensive Review on Artificial Intelligence and Learning Theories”. *International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI)*, XI(XIV). 96–103 pp, 2024. <https://doi.org/10.51244/IJRSI>
- [3] R. Corbeil, M.E. Corbeil “SMART Learning in an AI-Driven World”. *TxDLA Journal of Digital Learning*, 6(1), P.1–24, 2025.
- [4] О.А. Бобарчук, С.М. Денисенко, С.М. Гальченко “Використання кастомізованих GPT-моделей для візуально-стильового аналізу зображень в професійній підготовці студентів спеціальності «Видавництво та поліграфія»”. *Поліграфія і видавнича справа*, № 1 (89), С. 33–45, 2025.
- [5] Daniel H. Chang, Michael Pin-Chuan Lin, S. Hajian, Quincy Q. Wang Educational “Design Principles of Using AI Chatbot That Supports Self-Regulated Learning in Education: Goal Setting, Feedback, and Personalization”. *Sustainability*, 15 (12921), P.2–15, 2023. <https://doi.org/10.3390/su151712921> <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>.
- [6] W. Huang, Khe Foon Hew, Donn Emmanuel Gonda “Designing and Evaluating Three ChatbotEnhanced Activities for a Flipped Graduate Course”. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*. Vol. 8, No. 5, P.813–818, 2019.
- [7] Custom chatbots for personalized learning and beyond. URL: <https://www.physicslens.com/wp-content/uploads/2024/07/2024-30-Jul-Custom-AI-Bots-for-Personalised-Learning-2.pdf>.

CUSTOMIZED CHATBOTS AS A TOOL FOR FACILITATING ADAPTIVE LEARNING IN A DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Bobarchuk Oleksandr, Denysenko Svitlana

ABSTRACT. This article explores the potential of using customized chatbots as a tool to facilitate adaptive learning for students. It proposes an approach to configuring chatbots that involves diagnosing learning characteristics, classifying them, and subsequently adapting educational content.

KEYWORDS: adaptive learning, customized chatbots, personalization, artificial intelligence, digital educational environment.

РЕГУЛЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТІ ТА НАУЦІ: ІНСТИТУЦІЙНИЙ ВИМІР УКРАЇНСЬКОГО ТА МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ

Богущька Ольга¹, Максим Куранда¹

¹Інститут економіки промисловості НАН України, Київ, Україна
E-mail: bogutsk.ol@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Проаналізовано український та міжнародний досвід регулювання використання ШІ в освіті та науці. Виявлено, що інституційні політики ЗВО формуються навколо трьох ключових аспектів: допустимих способів використання, обов'язкового маркування та формування культури відповідального використання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект (ШІ), освіта, академічна доброчесність, регулювання, інституційні політики.

I. Вступ

Одним із найбільш відчутних технологічних зрушень для системи вищої освіти стала поява генеративних моделей штучного інтелекту (ШІ) – інструментів автоматичного створення контенту (ChatGPT та інші). Інструменти генеративного ШІ досить швидко увійшли у повсякденні освітні практики, змінюючи як способи навчання студентів, так і методи викладання та оцінювання, а глобальні кризи як заборона очних форм взаємодії під час спалаху коронавірусу чи початок російсько-української війни, значно прискорили тенденції до використання технологій під час дистанційної роботи і навчання.

Інструменти ШІ дозволяють швидко і легко шукати інформацію, генерувати тексти, пояснення, приклади, програмний код або аналітичні узагальнення, що значно зменшує необхідні витрати часу і зусиль та відкриває нові можливості як для модернізацій і покращення освітнього процесу, так і для шахрайства і ухилення від виконання робочих чи освітніх зобов'язань. Поширення таких технологій створює низку ризиків, пов'язаних із достовірністю інформації, авторством, академічною доброчесністю та захистом даних, але ШІ стає невід'ємною частиною нашого життя, тому заклади вищої освіти не можуть ігнорувати цей процес. Саме тому вони почали розробляти власні політики використання генеративного ШІ, які визначають допустимі межі застосування нових інструментів у навчанні та дослідженнях.

Актуальність теми пов'язана з тим, що нормативне регулювання технологій ШІ значно відстає від швидкості їх поширення. Освітні і наукові установи фактично опинилися у ситуації, коли необхідно самостійно формувати підходи до використання нових інструментів, поєднуючи підтримку інновацій з необхідністю збереження стандартів академічної доброчесності і виконанням нормативних зобов'язань. Глобальність проблеми понукає державні інституції і установи різних країн створювати власні моделі відповіді на такі виклики, і хоча достатнього пласту надійного досвіду, на базі якого можна було б будувати ефективну систему регулювання, ще не сформовано, певні результати вже можна простежити, що зумовлює потребу у аналізі такого досвіду і порівнянні різних моделей регулювання.

Метою дослідження є узагальнення українського та міжнародного досвіду щодо регулювання використання генеративного штучного інтелекту, а також виявлення спільних тенденцій та відмінностей у формуванні інституційних практик для побудови ефективного інституційного середовища. Дослідження базується на інституціональному підході, у межах якого особливу увагу приділено аналізу інституційних політик щодо регулювання використання ШІ.

II. Основна частина

Сьогодні по всьому світу можна спостерігати інституційні зрушення у сфері регулювання ШІ і освіта не є винятком – нормативно-правові акти з приводу регулювання використання генеративного ШІ впроваджуються як на державному рівні, так і на рівнях ЗВО.

Представники інституціональної економічної теорії розглядають інститути як один із ключових факторів формування та еволюції суспільних систем, що впливає на характер економічної діяльності, розподіл ресурсів і механізми координації поведінки економічних агентів. Значення інститутів у функціонуванні суспільства складно переоцінити, оскільки як формальні, так і неформальні правила взаємодії визначають структуру соціально-економічних відносин. Водночас, як формальні, так і неформальні інститути характеризуються відносною інерційністю, оскільки їх трансформація зазвичай відбувається поступово та має переважно реактивний характер.

У більшості випадків нормативно-правові зміни не передують виникненню проблеми, а з'являються як відповідь на вже сформовані виклики, що потребують регулювання. У цьому контексті інституційні трансформації можуть розглядатися як індикатор суттєвого впливу певного явища на систему економічних, соціальних та інших суспільних відносин, оскільки саме необхідність адаптації правил взаємодії свідчить про глибину структурних зрушень у відповідному середовищі.

Сьогодні, коли спостерігається активне і масове впровадження формальних інститутів регулювання використання штучного інтелекту на всіх рівнях, – від державних [1, 2] та міжнародних [3] законодавчих актів до внутрішніх нормативних документів організацій [4, 5] – це є показником масового використання і укорінення технологій ШІ.

Ще у 2019 р. в Пекіні була проведена міжнародна конференція з питань ШІ та освіти, що збила представників із понад 100 країн-членів ООН [6, с. 207], в результаті якої був прийнятий «Пекінський консенсус щодо штучного інтелекту та освіти» – документ що засвідчував намір сторін до розвитку, впровадження та етичного регулювання ШІ. А у квітні 2025 року Міністерство освіти і науки України навіть випустило «Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти», де визнало: «Заборона генеративного ШІ за своєю суттю рівносильна забороні свого часу калькуляторів чи комп'ютерів, а отже, повинна трактуватися як недалекоглядна й шкідлива ініціатива» [1, с. 4].

Використання ШІ – нова норма існування у сучасному світі, яка може як принести користь, так і стати інструментом зловживань і шахрайства, особливо із урахуванням мінімального досвіду різних інституцій щодо регулювання використання ШІ. Отже, важливим завданням є дослідження та систематизація будь-якого досвіду та стратегій з такого регулювання для ефективного розроблення і впровадження відповідних нормативних актів.

Ряд дослідників вже розглядали це питання у своїх роботах, серед них: О. О. Туришева та О. В. Дзикович, що систематизували у своїй роботі досвід деяких українських і європейських закладів вищої освіти в контексті дозволених та заборонених практик [7]; М. Щедрина та І. Драч, що дослідили положення ряду міжнародних нормативних документів [6] та досвід використання ШІ у ЗВО Сінгапуру [8]; І. І. Коваленко, яка провела ґрунтовний та комплексний аналіз українських і світових підходів з акцентом на концептуальні основи формування політик ЗВО [9]; О. В. Співаковський, С. А. Омельчук, В. М. Кобець та інші, що провели комплексне дослідження на тему потенційних можливостей і ризиків використання ШІ в ЗВО [10].

Проте, недостатньо дослідженим залишається аспект практичних кроків і процедур використання ШІ. Хоча Закон «Про академічну доброчесність» від 01.12.2025 р. і встановлює необхідність маркування використання ШІ (Розділ II, стаття 8, пункт 4) [2], більшість українських ЗВО ще не адаптували свої внутрішні нормативні акти під сучасні вимоги. Результати аналізу внутрішньої документації окремих українських ЗВО показали, що наразі вони не мають чіткої процедури, обмежившись у своїх внутрішніх нормативних документах загальними формулюваннями бажаного і небажаного використання ШІ в освітньому та науковому процесах. Схожих висновків у своїй статті дійшла і завідувачка Цифрового хабу НДЛ цифровізації освіти І. І. Коваленко: «... ключова відмінність полягає у рівні практичної імплементації: якщо українські університети здебільшого закріплюють ціннісні орієнтири й загальні принципи використання ШІ, то міжнародні ЗВО конкретизують механізми їхньої реалізації – від обов'язкового маркування ШІ-контенту й використання внутрішніх безпечних платформ до запровадження локальних політик на рівні факультетів і врахування вимог захисту даних» [9, с. 105].

Іноземні ЗВО підійшли до питання більш конкретно та часто прописують механізми контролю використання ШІ, перевірки робіт та розподілення завдань на дозволені та заборонені для використання ШІ [8, 9] або делегують таке право відповідальним особам, як це зроблено в університеті Варвіка у Великій Британії (The University of Warwick) – MRes/PhD Handbook (пункт 3.3.1.1) [5, с. 51].

На основі проведеного аналізу наукових публікацій і нормативних документів закладів вищої освіти, а також узагальнення наявних підходів до регулювання використання технологій штучного інтелекту, можна дійти висновку, що більшість інституційних політик фактично будуються навколо взаємопов'язаного комплексу базових принципів, які визначають допустимі межі застосування ШІ, забезпечують прозорість його використання та формують відповідну культуру взаємодії з цим інструментом.

Передусім у нормативних документах встановлюються певні «межі дозволеного» – поле дозволених можливостей легального застосування ІІІ, застосування за межами якого є порушенням академічної доброчесності. Межі дозволеного можуть варіюватися від досить вузького переліку конкретно визначених процедур до більш гнучкого підходу, за якого допустимість використання ІІІ визначається викладачем або навіть базується на загальному принципі, згідно з яким дозволеним вважається все, що прямо не заборонено чинними правилами академічної діяльності [9, с. 101]. Така логіка демонструє прагнення університетів не обмежувати використання інноваційних технологій формальними заборонами, а, згідно положень Пекінського консенсусу, інтегрувати їх у навчальний і дослідницький процес як інструмент підвищення продуктивності інтелектуальної праці за умови збереження контролю над якістю отриманих результатів. У межах визначених дозволених можливостей застосування ІІІ розглядається як легітимний допоміжний інструмент, що може сприяти оптимізації процесів обробки інформації, структуризації матеріалів, пошуку джерел, попереднього аналізу даних і мовного редагування текстів, тобто виконувати функції, які традиційно належали до рутинних і допоміжних видів наукової та освітньої діяльності.

Водночас суттєвою характеристикою провідних нормативних політик є вимога обов'язкового маркування використання інструментів штучного інтелекту, що передбачає фіксацію факту застосування відповідних технологій у встановленій формі. Така практика базується на загальному принципі академічної прозорості, відповідно до якого будь-які інструменти, що впливають на зміст або форму результату навчальної чи наукової роботи, мають бути задекларовані. Наявність чітко визначених процедур декларування сприяє зменшенню ризиків прихованого використання ІІІ та створює умови для об'єктивного оцінювання внеску автора у кінцевий результат роботи. Приховування факту застосування ІІІ зазвичай розглядається як форма академічного шахрайства, оскільки у випадку використання технології в межах дозволеного відсутні підстави для приховування такої інформації, тоді як вихід за межі визначених норм означає порушення принципів академічної доброчесності. У низці університетів, зокрема у досліджених міжнародних прикладах, передбачається необхідність зазначення не лише факту використання ІІІ, але й конкретної моделі, характеру запиту, мети застосування та способу і місця інтеграції отриманого результату у структуру роботи, інколи, навіть з підтвердженням даних скріншотами [5, 8, 9].

Такий рівень деталізації спрямований на забезпечення максимальної відтворюваності дослідницького процесу, що дає змогу перевірити доброчесність виконання роботи і забезпечує підвищення відповідальності користувача за коректність отриманих результатів.

Не менш важливим елементом інституційного регулювання є формування культури використання технологій штучного інтелекту, що передбачає розвиток у здобувачів освіти та викладачів розуміння обмеженості можливостей алгоритмічних систем і необхідності критичного ставлення до результатів їх роботи. ІІІ не може розглядатися як універсальне джерело достовірного знання, оскільки функціонування таких систем базується на статистичних закономірностях і доступних масивах даних, які можуть бути неповними, застарілими а деякі дані навіть хибними, у випадку їх розповсюдженості як загальноприйнятих. У зв'язку з цим користувач повинен володіти навичками перевірки отриманої інформації, виявлення потенційних помилок і коректного інтерпретування результатів, зокрема враховувати можливість виникнення так званих галюцинацій ІІІ, ефекту усереднення даних або спрощення складних теоретичних положень. Фактично мова йде про формування нового типу цифрової грамотності, у межах якої ІІІ розглядається не як автономний суб'єкт пізнання, а як інструмент, ефективність використання якого безпосередньо залежить від компетентності людини. У цьому контексті доречно трактувати інтелектуальні системи як допоміжного асистента, який здатний прискорити виконання окремих операцій, однак не замінює необхідності самостійного аналізу інформації, формування аргументації та прийняття рішень.

Значна увага у нормативних документах також приділяється питанням етичності використання ІІІ та дотримання авторських прав, однак зазначені аспекти залишаються

предметом наукової дискусії. Більшість експертів схильні не визнавати «автора» ІІІ контенту, віддаючи право авторства творцям алгоритмів, або вважаючи його відсутнім взагалі, оскільки ІІІ, на відміну від звичайних «ручних» інструментів, може створювати контент автоматизовано і, у такому разі, вклад людини відсутній. Проте володіння навичками ефективної взаємодії з ІІІ може створювати додаткові переваги для таких користувачів, відносно тих, які мають нижчий рівень цифрової грамотності, що свідчить про існування певних компетенцій у роботі з ІІІ-інструментом, а накопичення і використання компетенцій є людським вкладом у створення первинного продукту.

Результати, отримані за допомогою ІІІ, як правило, потребують подальшої інтерпретації, перевірки та доопрацювання, що передбачає наявність відповідних професійних знань і аналітичних навичок, а отже зберігає вагомий внесок автора у створення кінцевого продукту. Отже, вважати весь ІІІ контент лише результатом роботи алгоритму та відмовляти «автору» у праві авторства некоректно, з іншого боку так само некоректно вважати весь ІІІ контент авторським, оскільки значну його частину створено лише алгоритмами без достатнього втручання людини. Межу між цими крайнощами на сьогодні встановити складно, оскільки це потребує детального аналізу кожного окремого випадку, хоча по мірі розвитку інститутів маркування ІІІ контенту, можливо, таку межу і буде встановлено у майбутньому. У функціональному ж вимірі проблема етичності багато в чому інтегрується у визначення меж допустимого використання технологій, оскільки саме нормативні документи визначають, які практики вважаються прийнятними у конкретному освітньому середовищі, а які виходять за межі академічних стандартів.

Водночас важливою тенденцією сучасного етапу розвитку інституційного регулювання є поступова глобалізація підходів до визначення допустимих форм використання генеративних моделей у системі вищої освіти. Вже сьогодні спостерігається певна уніфікація принципів, на яких базуються політики університетів різних країн, що проявляється у подібності вимог щодо прозорості використання ІІІ, необхідності декларування цифрових інструментів і збереження відповідальності автора за кінцевий результат роботи. ЗВО виходять із схожих концептуальних підходів і формують схожі нормативні рішення, у тому числі під взаємним впливом. Така гармонізація створює передумови для формування спільного нормативного простору, у межах якого поступово формується узагальнене уявлення про прийнятні стандарти використання штучного інтелекту у навчальній і науковій діяльності. У перспективі це може сприяти виникненню певного міжнародного «еталона» регулювання застосування ІІІ, який стане орієнтиром для розроблення національних та інституційних політик, забезпечуючи сумісність освітніх стандартів.

Окремим напрямом розвитку механізмів контролю є інтеграція систем автоматичного виявлення можливого використання генеративних моделей у студентських роботах, яке часто розвивається паралельно та концептуально сприймається як частина загальної системою виявлення порушень у роботі, як-то плагіату та ін. Водночас наявні процедури підкреслюють обмежену надійність таких інструментів, оскільки результати їх роботи, як і інших ІІІ, можуть мати значні похибки та залежати від специфіки тексту, а алгоритми часто не здатні до глибокого і групованого аналізу. У зв'язку з цим такі інструменти розглядаються як допоміжний елемент оцінювання для попереднього аналізу, який не може виступати єдиною підставою для застосування санкцій у випадку підозри на порушення академічної доброчесності, і вимагає послідувочої перевірки компетентними людиною.

Важливу роль у формуванні ефективної системи контролю відіграє підготовка викладачів до використання ІІІ у професійній діяльності. Зміна характеру освітнього процесу потребує розвитку нових компетентностей, пов'язаних із розумінням можливостей і обмежень алгоритмічних систем, а також здатності інтегрувати їх у навчальний процес без зниження якості освіти. Відповідно, одним із ключових завдань ЗВО стає організація програм підвищення кваліфікації, спрямованих на формування цифрової грамотності та методичної готовності викладачів до використання інтелектуальних інструментів для формування відповідної культури використання ІІІ серед здобувачів освіти. Освітні та наукові установи дедалі частіше

впроваджують інформаційні кампанії, спрямовані на роз'яснення принципів академічної доброчесності у контексті використання цифрових технологій [1]. У рамках таких заходів здобувачам освіти пояснюється, що застосування генеративних моделей не звільняє від необхідності самостійного аналізу інформації та відповідальності за кінцевий результат роботи.

Гостро встає також питання конфіденційності інформації. З огляду на те, що значна частина інструментів функціонує на основі хмарних технологій, існує ризик передачі конфіденційної інформації третім сторонам, особливо в установах, що здійснюють розробки, пов'язані з промисловою таємницею. У випадку відсутності власних програмних та апаратних рішень для ШІ, ситуація, коли дані, що є об'єктом державної чи комерційної таємниці, потраплять до третьої сторони, стає цілком реальною. Окремі європейські заклади вищої освіти, наприклад Гельсінський університет, вже враховують зазначені ризики та розвивають власні локальні сервіси для роботи з даними. Водночас для країн, що ігнорують цю проблему, зростає ризик втрати інформаційного суверенітету.

III. Висновки

На основі проведеного аналізу наукових праць і нормативних документів та узагальнення інформації, можна зробити висновок, що нормативні документи ЗВО щодо контролю ШІ фактично будуються навколо взаємопов'язаного комплексу базових принципів, а саме на трьох аспектах, які визначають допустимі межі застосування ШІ, забезпечують прозорість його використання та формують відповідну культуру взаємодії з цим інструментом, а саме:

1. Можливості – встановлюється дозволене поле можливостей використання. Воно може мати різні межі – від окремих дозволених процедур до використання на розсуд викладача чи принципу «дозволено все, що прямо не заборонено». Використання в рамках дозволених можливостей є легальним використанням корисного інструменту, що сприяє ефективності навчального і наукового процесу.

2. Маркування – будь-яке використання ШІ повинно бути зазначено у встановленому порядку. Дії користувача мають бути заprotocolьовані і відомі, тоді як невідомі дії з ШІ розглядаються як шахрайство, оскільки, якщо користувач діє в рамках пункту 1, приховувати щось не має сенсу, якщо за рамками – це порушення норм академічної доброчесності. Такі процедури прописані у нормативних документах більшості проаналізованих зарубіжних ЗВО, які вимагають зазначати модель ШІ, ціль та формат запиту до ШІ, отриманий результат та спосіб його використання, а також місце розміщення в тексті.

3. Культура користування – ШІ, як і інші інструменти має свої сильні і слабкі сторони, його «знання» і можливості обмежені. Користувач повинен розуміти це, вміти користуватись ШІ правильно, перевіряти дані та уникати «пасток», як-то галюцинації ШІ, усереднення даних чи інші вади інструменту. Культура користування ШІ передбачає сприйняття ШІ на як «бога з машини», а як «людину-асистента», яка діє в рамках обмеженої раціональності та схильна до опортунізму, прагне до легкого шляху виконання завдання, не має мотивації до якісної роботи, схильна до поверхневих суджень і вигадкування фактів, а також має доволі обмежені знання і можливості.

Важливо також відмітити інституційну глобалізацію – поступову гармонізацію підходів до визначення допустимих форм використання генеративних моделей у різних країнах. Це створює передумови для формування спільного нормативного простору, який сприятиме розвитку усталеного міжнародного підходу до регулювання використання ШІ, відносно якого будуть сформуватись національні інституційні нормативи.

IV. Список використаних джерел

- [1] Міністерство освіти і науки України. (2025, Apr. 24). *Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти*. [Online]. Available: mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-v-zakladakh-vyshchoi-osv2025.pdf
- [2] Верховна Рада України. (2025, груд. 18). Закон України № 4742-IX, *Про академічну доброчесність*. [Online]. Available: zakon.rada.gov.ua/laws/show/4742-IX#Text

- [3] European Parliament and Council of the European Union. (2024, Jun. 13). *Regulation (EU) 2024/1689, Artificial Intelligence Act*. Official Journal of the European Union. [Online]. Available: artificialintelligenceact.eu/ai-act-explorer/
- [4] Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця. (2025, Mar. 26). *Наказ №104, Про введення в дію Політики використання штучного інтелекту в академічній діяльності ХНЕУ ім. С. Кузнеця*. [Online]. Available: hneu.edu.ua/content/documents/158/15768/Attaches/politika-vikoristannya-shi-v-hneu.pdf
- [5] Department of Economics, University of Warwick. (2025). “2025-26 MRes/PhD Handbook,”. [Online]. Available: warwick.ac.uk/fac/soc/economics/current/mres/handbook/
- [6] М. Щедрина та І. Драч, “Рекомендації закладам вищої освіти щодо впровадження штучного інтелекту в освітній процес,” *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Педагогіка. Психологія»*, 2024. No. 5, p. 224. doi: doi.org/10.32782/academ-ped.psyh-2024-1.30. [Online]. Available: journals.academ.vinnica.ua/index.php/ped-psyh/article/view/164/153
- [7] О. О. Туришева та О. В. Дзикович, “Регулювання використання генеративного ШІ здобувачами вищої освіти: європейський і український досвід,” *Слобожанський науковий вісник. Серія: Філологія*. 2025. No. 11, pp. 192. doi: doi.org/10.32782/philspu/2025.11.29. [Online]. Available: journals.spu.sumy.ua/index.php/philology/article/view/773
- [8] М. Щедрина, “Особливості використання генеративного штучного інтелекту у нормах академічної доброчесності закладів вищої освіти Сінгапура,” *International Scientific Journal of Universities and Leadership*, no. 17, 154-163. doi: <https://doi.org/10.31874/2520-6702-2024-17-154-163>. [Online]. Available: ul-journal.org/index.php/journal/article/view/253
- [9] І. І. Коваленко, “Політики використання штучного інтелекту в закладах вищої освіти: український та міжнародний досвід,” *Електронне наукове фахове видання “ВІДКРИТЕ ОСВІТНЄ Е-СЕРЕДОВИЩЕ СУЧАСНОГО УНІВЕРСИТЕТУ”*, no. 19, 97–114. doi: doi.org/10.28925/2414-0325.2025.196. [Online]. Available: openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/606
- [10] O. V. Spivakovsky, S. A. Omelchuk, V. V. Kobets, N. V. Valko, and D. S. Malchykova, “Institutional policies on artificial intelligence in university learning, teaching and research,” *ITLT*, vol. 97, no. 5, pp. 181–202, Oct. 2023. doi: [10.33407/itlt.v97i5.5395](https://doi.org/10.33407/itlt.v97i5.5395). [Online]. Available: journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/5395

REGULATION OF THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION AND SCIENCE: THE INSTITUTIONAL DIMENSION OF UKRAINIAN AND INTERNATIONAL EXPERIENCE

Bohutska Olha, Maksym Kuranda

ABSTRACT. This paper analyzes Ukrainian and international experience in regulating generative AI in education and science. Institutional policies of higher education institutions are formed around three key aspects: defining permissible uses, mandatory labeling and fostering a culture of responsible use.

KEYWORDS: artificial intelligence (AI), education, academic integrity, regulation, institutional policies.

ВАЙБКОДИНГ ЯК ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ЗАСТОСУНКІВ БЕЗ СПЕЦІАЛЬНИХ НАВИЧОК ПРОГРАМУВАННЯ

Бойко Ольга¹

¹Сумський державний університет, Суми, Україна
E-mail: o.boiko@cs.sumdu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації обґрунтовано вайбкодинг як практичну методологію швидкого створення навчальних інтерактивних застосунків засобами генеративного ШІ. Показано освітній потенціал підходу на прикладах міні-сервісів для візуалізації, тренування та моделювання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний ШІ, освітні застосунки, інтерактивне навчання.

І. Вступ

Активне впровадження генеративного штучного інтелекту в освіту змінює не лише способи підготовки навчальних матеріалів, а й саму логіку створення цифрових освітніх продуктів. У

практиці викладача дедалі частіше використовуються великі мовні моделі для розроблення конспектів, тестів, презентацій, тренажерів і візуалізацій.

На цьому тлі особливої уваги набуває вайбкодинг – підхід, за якого користувач описує задачу природною мовою, а модель генерує код або повноцінний застосунок [1]. У навчальних матеріалах цей підхід визначено як новий спосіб програмування, доступний навіть новачкам без спеціальної підготовки, коли код створюється на основі текстового опису задачі.

Мета цієї роботи полягає в обґрунтуванні доцільності розглядати вайбкодинг не як тимчасову технологічну тенденцію, а як методологію створення навчальних інтерактивних застосунків без потреби у глибоких програмувальних знаннях, за умови, що розробка підпорядковується педагогічній меті, навчальним сценаріям та процедурам оцінювання результатів.

II. Основна частина

У класичному програмуванні головне – писати код вручну. У вайбкодингу основна увага приділяється формулюванню задачі, де необхідно потрібно чітко визначити освітню мету, роль користувача, структуру інтерфейсу, логіку взаємодії, типи зворотного зв'язку і критерії успіху. Тут викладач або студент виступає не як програміст, а як той, хто ставить вимоги, знається на предметі і редагує результат [2].

За допомогою вайбкодингу та моделей на кшталт GPT-5, Gemini чи Claude можна створювати різні освітні застосунки, наприклад, в даній роботі розглядаємо інтерактивний анатомічний атлас, симулятор фінансового портфеля, тренажер алгоритмів сортування, 3D-конструктор молекул, флешкартки, таймлайни подій, вправи на відповідність слів, фінансовий калькулятор, інше. Це показує, що генеративні моделі підтримують різні види навчальної діяльності: візуалізацію, тренування, моделювання, самоконтроль і пояснення складних тем через інтерактивність..

У межах освітнього проєкту вайбкодинг складається з п'яти етапів. Спочатку відбувається дидактичне проєктування, де формулюється навчальна проблема, визначається аудиторія, очікувані результати і форми взаємодії. Далі йде промпт-проєктування – створення точного запиту до моделі із зазначенням функцій, дизайну, обмежень, способів перевірки і формату коду. Третій етап – генерація і швидке прототипування. Четвертий – експертна перевірка змісту, логіки і обчислень. П'ятий – педагогічне тестування у реальному або наближеному до реального навчальному середовищі.

Застосунки, створені за допомогою вайбкодингу, можна поділити за типами навчальних функцій (див. Таблицю 1)

Таблиця 1

Приклади освітніх застосунків, створюваних засобами вайбкодингу

Тип застосунку	Приклад	Навчальна функція	Освітня цінність
Візуалізація	Анатомічний атлас	Інтерактивне вивчення будови об'єктів	Підсилює наочність і полегшує пояснення
Моделювання	Симулятор фінансового портфеля	Робота зі сценаріями ризику та дохідності	Розвиває аналітичне мислення і прийняття рішень
Тренування	Тренажер алгоритмів сортування	Покрокове спостереження за алгоритмом	Підтримує розуміння абстрактних процесів
Конструювання	3D-конструктор молекул	Маніпуляція просторовими моделями	Сприяє дослідницькій активності
Самоконтроль	Флешкартки	Повторення та перевірка знань	Забезпечує оперативний зворотний зв'язок

Суттєвою перевагою запропонованого підходу є зниження порогу входу в цифрову розробку. Викладач може перейти від концептуальної ідеї до робочого прототипу за значно коротший час, ніж у традиційному циклі програмної розробки. Це особливо важливо для дисциплін, де потрібні компактні інтерактивні модулі, наприклад, віртуальні демонстрації, предметні калькулятори, картки для повторення, тренажери або мікросимулятори. Додатковою перевагою є висока ступінь персоналізації, адже один і той самий сценарій можна оперативно адаптувати під іншу тему, рівень складності, мову інтерфейсу або формат оцінювання.

Вайбкодинг має міждисциплінарний характер. Один і той самий інструментарій можна використовувати у природничих, технічних, економічних і гуманітарних дисциплінах. Наприклад, анатомічний атлас допомагає у візуальному навчанні, фінансовий симулятор розвиває аналітичне мислення, мовні вправи сприяють повторенню навичок, а картки та тести забезпечують контроль знань. Тому вайбкодинг можна вважати універсальним конструктором освітніх мікросервісів.

IV. Обмеження та академічна відповідальність

Попри очевидні переваги, методологія вайбкодингу не усуває потреби в академічній та технічній відповідальності. Згенерований код може містити логічні помилки, неточні обчислення, хибну логіку оцінювання, некоректні візуальні залежності або небезпечні припущення щодо даних користувача. У сфері освіти це особливо критично, адже помилка в навчальній моделі або симуляторі безпосередньо впливає на якість засвоєння матеріалу. Відтак результат вайбкодингу неприпустимо використовувати без предметної, методичної та функціональної верифікації [3].

Окремим системним ризиком є підміна педагогічної мети технологічною новизною. Інтерактивний застосунок сам по собі не гарантує навчального ефекту. Якщо сервіс не інтегрований у структуру заняття, не має чіткої інструкції для студентів, критеріїв оцінювання та механізму осмислення результатів – він лишається демонстраційним ефектом без дидактичної цінності. Саме тому у вайбкодингу для освіти визначальним є поєднання трьох компонентів, а саме якісного промпту, експертного редагування та обґрунтованого сценарію навчального використання.

V. Перспективи та методичні рекомендації

Перспективність вайбкодингу підсилюється стрімким розвитком сучасних генеративних моделей. OpenAI позиціонує GPT-5 як модель, придатну для розв'язання складних задач програмування та агентної взаємодії [4], тоді як Anthropic розглядає Claude Artifacts як механізм створення інструментів, візуалізацій і застосунків через текстовий опис [5]. У поєднанні з поширенням генеративного ШІ серед здобувачів вищої освіти [2] це формує передумови для виникнення нового типу освітнього проєктування, за якого викладач здатен самостійно продукувати цифрові навчальні рішення.

Для практики викладання це відкриває можливість переходу від універсальних текстових чат-інтерфейсів до предметно орієнтованих мікрозастосунків. Замість пояснення теми виключно у форматі лекції викладач може запропонувати студентові інтерактивний сценарій, у якому знання верифікуються через дію, наприклад, зміну параметрів, перетягування об'єктів, вибір стратегій або моделювання наслідків. Така форма взаємодії відповідає логіці активного навчання та підвищує залученість здобувачів.

З методичної точки зору доцільно дотримуватися таких принципів упровадження вайбкодингу в освітні проєкти: 1) ставити навчальний результат вище за візуальний ефект; 2) формулювати запит до моделі через дієслова дії студента; 3) одразу передбачати механізми перевірки правильності відповіді; 4) тестувати сервіс на невеликій групі користувачів до масштабного впровадження; 5) зберігати можливість подальшого доопрацювання згенерованого рішення.

VI. Висновки

Вайбкодинг розширює інструментарій викладача й відкриває реальну можливість створювати навчальні інтерактивні застосунки без глибокої програмістської підготовки. Наявні приклади засвідчують, що цей підхід уже придатний для побудови атласів, симуляторів, тренажерів, флешкарток та інших мікросервісів навчального призначення.

Ефективність вайбкодингу в освіті визначається не фактом використання ШІ, а якістю дидактичного задуму, точністю постановки завдання, обов'язковою експертною перевіркою та органічною інтеграцією застосунку в навчальний сценарій. Вайбкодинг доцільно трактувати як форму спільного проєктування людини і моделі, де штучний інтелект прискорює технічну

реалізацію, а людина відповідає за зміст, дидактичну логіку, етичні межі та достовірність. Саме за такого розподілу ролей технологія переходить із площини експерименту в площину сталої освітньої практики.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення типових шаблонів промптів для різних предметних галузей, формування критеріїв оцінювання якості згенерованих освітніх сервісів і верифікацію методик їх упровадження в умовах реального навчального процесу.

IV. Список використаних джерел

- [1] H. Al-Khalifa, "From Code-Centric to Concept-Centric: Teaching NLP with LLM-Assisted 'Vibe Coding,'" Feb. 2026, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2602.01919>
- [2] D. Tolis, S. Mystakidis, and A. Christopoulos, "Generative AI Applications in Education: A Low-Code/No-Code Approach," in *Springer Series on Cultural Computing*, vol. Part F561, 2025. doi: 10.1007/978-3-031-86551-0_8.
- [3] G. Pitts, A. P. Hridi, and A. B. Lekshmi Narayanan, "A Survey of LLM-Based Applications in Programming Education: Balancing Automation and Human Oversight," 2025. doi: 10.18653/v1/2025.hcinlp-1.21.
- [4] Joshua Berkowitz, "GPT-5 Sets a New Standard for Developers and AI Coding Assistants," <https://joshuaberkowitz.us/blog/news-1/gpt-5-sets-a-new-standard-for-developers-and-ai-coding-assistants-755>.
- [5] "Anthropic Education Report: How university students use Claude," <https://www.anthropic.com/news/anthropic-education-report-how-university-students-use-claude>.

VIBECODING AS AN APPROACH TO CREATING EDUCATIONAL INTERACTIVE APPLICATIONS WITHOUT SPECIAL PROGRAMMING SKILLS

Boiko Olha

ABSTRACT. The publication substantiates vibecoding as a practical methodology for quickly creating educational interactive applications using generative AI. The educational potential of the approach is shown using examples of mini-services for visualization, training, and modeling.

KEYWORDS: generative AI, educational applications, interactive learning.

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВИКЛАДАННІ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ГІРНИЧИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Бурковська Оксана¹

¹ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка», Запоріжжя, Україна
kasanka.i82gmail.com

АНОТАЦІЯ. У поданій роботі розглядаються теоретичні засади та практичні можливості застосування засобів штучного інтелекту (ШІ) під час опанування іноземної мови здобувачами освіти, які навчаються за гірничими спеціальностями у технічному університеті. Проаналізовано актуальні підходи до впровадження ШІ в освітнє середовище: мовні моделі, адаптивні навчальні платформи, системи автоматизованого контролю знань. Доведено доцільність суміщення можливостей штучного інтелекту з методикою ESP (English for Specific Purposes) задля формування фахово зорієнтованої іншомовної компетенції майбутніх інженерів-гірників.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, ESP, гірничі спеціальності, іншомовна підготовка, цифрові технології, адаптивне навчання.

I. Вступ

Сучасний період розвитку вищої школи позначений активними цифровими змінами, у межах яких технології штучного інтелекту стають одним із провідних чинників осучаснення освітнього процесу. Особливо це помітно у закладах технічного спрямування, де підготовка майбутніх кадрів мусить враховувати виклики глобального ринку праці та цифрової економіки. Для гірничих спеціальностей опанування іноземної мови виступає обов'язковим елементом професійного становлення, адже значна частина технічної документації, нормативів і наукових матеріалів подається англійською мовою [1]. У той самий час традиційні підходи до викладання часто не забезпечують потрібного ступеня персоналізації

навчання, що робить актуальним упровадження інноваційних засобів, зокрема систем на основі ШІ.

II. Основна частина

Під штучним інтелектом у контексті освіти зазвичай розуміють сукупність технологій, які уможливають автоматизацію, персоналізацію та вдосконалення навчального процесу. До ключових напрямів упровадження ШІ відносять: адаптивне навчання, інтелектуальне оцінювання, обробку природної мови та освітню аналітику [2]. Як засвідчують сучасні дослідження, використання ШІ здатне підвищити результативність навчання завдяки налаштуванню освітніх маршрутів під конкретного студента та звільненню викладача від рутинних операцій [3]. У площині викладання мов ця властивість набуває особливого значення, оскільки дає змогу врахувати початковий рівень підготовки кожного здобувача освіти.

Мовна підготовка в технічному університеті має виражене професійне спрямування й ґрунтується на засадах ESP. Для осіб, які навчаються на гірничих спеціальностях, це передбачає:

- 1) засвоєння галузевої термінологічної системи;
- 2) читання та розуміння технічної документації;
- 3) формування здатності до професійного іншомовного спілкування;
- 4) підготовку до роботи в міжнародному виробничому середовищі.

Окрім того, характерною рисою є потреба в поєднанні мовної підготовки з фаховими дисциплінами, що вимагає реалізації міждисциплінарного підходу [4].

Практичні аспекти впровадження ШІ у викладання мови.

1. Адаптивні системи навчання

Такі системи застосовують алгоритми ШІ для аналізу активності студента та формування індивідуальної траєкторії опанування матеріалу. Вони здатні автоматично пропонувати завдання, що відповідають актуальному рівню знань користувача. Як приклад можна навести платформи Duolingo for Business або Lingvist, які адаптують контент під результати попередніх тестувань. Для гірничих спеціальностей перспективною видається розробка власних модулів із термінологічними картками та вправами на основі відкритих корпусів текстів.

2. Мовні моделі та автопереклад

Сучасні мовні моделі (наприклад, GPT-серії, Gemini, Claude) надають суттєву допомогу під час роботи з технічними текстами, забезпечуючи переклад, смисловий аналіз та навіть генерування текстових фрагментів. Це особливо цінно для студентів гірничих напрямів, які часто звертаються до іншомовних інструкцій [1]. Однак викладачеві варто пояснювати обмеження автоперекладу: некоректне відтворення вузькоспеціалізованих термінів (наприклад, *longwall mining* – довгозабійне виймання вугілля) або втрата смислових відтінків.

3. Чат-боти та віртуальні помічники

Чат-боти дають змогу моделювати професійно орієнтовані комунікативні ситуації: проведення інструктажу з охорони праці, обговорення технологічних процесів, запит допомоги в аварійній ситуації. Подібна практика позитивно впливає на розвиток мовленнєвих навичок. Студенти можуть взаємодіяти з ботом у будь-який зручний час, що знижує психологічний бар'єр перед публічним мовленням. Прикладом реалізації є боти на базі ChatGPT API, налаштовані на роль диспетчера або начальника дільниці.

4. Системи аналізу усного мовлення

Технології розпізнавання мови (Speech-to-Text) та оцінки вимови (наприклад, ELSA Speak, Speechling) дозволяють автоматично оцінювати вимову студентів і надавати їм рекомендації щодо корекції, що сприяє вдосконаленню комунікативної компетенції. Для студентів-гірників актуальним є тренування вимови термінів, які часто вживаються в умовах шуму (наприклад, *evacuation*, *methane*, *ventilation*). Системи фіксують помилки в наголосі та інтонуванні, пропонуючи повторні спроби.

5. Аналітика освітніх даних

Накопичення та інтерпретація даних про навчальну діяльність студентів допомагають викладачеві оптимізувати освітній процес і підвищити його результативність [2]. Наприклад, системи типу Moodle з додатками на основі ШІ можуть генерувати звіти про типові помилки групи, найскладніші теми, час виконання завдань. Це дає змогу вчасно коригувати програму та надавати додаткові матеріали саме тим студентам, які цього потребують.

Переваги та обмеження використання ШІ

До головних переваг застосування ШІ в мовній освіті гірників можна зарахувати:

- 1) можливість персоналізованого навчання;
- 2) зростання навчальної мотивації;
- 3) органічне поєднання мовної та фахової складових;
- 4) розширений доступ до сучасних освітніх ресурсів.

Разом із тим наявні й певні складнощі:

- 1) потреба в підвищенні цифрової грамотності викладацького складу;
- 2) ризики недоброчесної академічної поведінки (використання автоперекладу без опрацювання);
- 3) технічні та етичні обмеження, пов'язані з роботою ШІ-систем [3].

Для мінімізації описаних вище ризиків пропонується:

- 1) проводити короткі тренінги для викладачів із написання ефективних промптів;
- 2) використовувати ШІ-інструменти на етапі підготовки, але з обов'язковим наступним обговоренням у групі;
- 3) інтегрувати завдання, які неможливо виконати самим лише автоперекладом (аналіз, порівняння, рефлексія);
- 4) забезпечити альтернативні завдання для студентів, які не мають стабільного доступу до технічних засобів.

III. Висновки

Таким чином, використання технологій штучного інтелекту під час навчання іноземної мови студентів, які опановують гірничі спеціальності, є перспективним вектором модернізації вищої освіти. Інтеграція засобів ШІ з методикою ESP дозволяє підвищити якість освітнього процесу та сформувати професійно спрямовану іншомовну компетентність. Водночас впровадження таких технологій потребує врахування низки організаційних, технічних і дидактичних чинників. У подальших розвідках доцільно зосередитися на створенні спеціалізованих навчальних платформ для гірничої галузі з урахуванням потенціалу ШІ, а також на експериментальній перевірці ефективності запропонованих сценаріїв.

IV. Список використаних джерел

- [1] V. I. Karaban, "Translation of English Scientific and Technical Literature," Vinnytsia, 2004.
- [2] I. V. Korunets, "Theory and Practice of Translation," Kyiv, 2008.
- [3] OECD, "Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities," Paris, 2021.
- [4] T. Hutchinson and A. Waters, "English for Specific Purposes," Cambridge University Press, 1987.
- [5] T. Dudley-Evans, "Developments in ESP," Cambridge University Press, 1998.
- [6] S. Shadbolt та F. Hampson, "AI and the Future of Technical Training," Journal of Engineering Education, т. 45, № 2, с. 112–119, 2020.
- [7] М. І. Садовий, "Цифрові технології у викладанні технічних дисциплін," Кременчук, 2019.
- [8] J. Harmer, "The Practice of English Language Teaching," Pearson, 2015.

НАВЧАЛЬНЕ ЦИФРОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ: ВІД ІНТЕГРАЦІЇ ЛЮДИНИ ТА ТЕХНІКИ ДО ФОРМУВАННЯ ГІБРИДНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Буров Олександр¹

¹Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київ, Україна

E-mail: ayb@iitlt.gov.ua

АНОТАЦІЯ. Розглянуто інтеграцію когнітивної діяльності людини та технічної системи в напрямі формування гібридного інтелекту. Проведено аналіз відомих на сьогодні архітектур гібридного інтелекту. Розроблено методологію поєднання людського компонента продуктивності когнітивної діяльності на симбіотичному рівні з елементами екосистемного рівня.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, гібридний інтелект (ГІ), HSI, архітектура ГІ.

I. Вступ

У в матеріалах Всесвітнього економічного форуму в Давосі (2026 р.) відзначається, що майбутнє освіти стрімко розвивається, дуальність навчання – імерсивні технології та штучний інтелект - отримують ключову роль у трансформації традиційних моделей навчання та формування життєстійкості [1], що дозволяє посилити можливості людини та ефективність соціо-технічної системи [2].

Водночас, цифровізація виробництва, і особливо використання штучного інтелекту, створює нові можливості не лише для проактивного виявлення потенційних аномалій у діяльності оператора, але й для допомоги йому в управлінні своєю продуктивністю та покращенні професійного здоров'я. Однак, як ми вже наголошували вище, поточний рівень розвитку штучного інтелекту (ШІ) не забезпечує достатньо високого рівня продуктивності, навіть використання ШІ як помічника у виробництві. Є тверде переконання, що покращення ШІ може бути досягнуто шляхом використання гібридного інтелекту як його подальшого розвитку [3], а також розвитку самого ШІ [4].

II. Основна частина

Незважаючи на те, що штучний інтелект (ШІ) має допомагати людям працювати швидше та ефективніше, він створює новий парадокс: чим більше користувачі покладаються на ШІ, тим більша ймовірність того, що вони відчуватимуть вигорання. Експерти стратегічної консалтингової фірми Boston Consulting Group (BCG) називають це явище «смаженням мозку за допомогою штучного інтелекту» – станом когнітивного перевантаження, коли люди постійно контролюють, координують та оптимізують системи штучного інтелекту поза межами обробки даних мозку [5], що створює особливе навантаження при використанні мобільного навчання та роботи [6]. Замість безпосереднього виконання завдань, користувачі тепер переходять до нової ролі: «керування» цілою екосистемою помічників зі штучним інтелектом, автоматизованих агентів та складних командних рядків. Цей перехід створює зовсім інший вид психічного тиску, ледь помітний, але постійний.

Проте це явище можна пояснити тим, що виснаження відбувається через неправильну організацію праці. ШІ - це імерсивна технологія, але когнітивно імерсивна на відміну від вже звичних XR (що пов'язані з сенсорними системами, які витрачають фізичний ресурс - хімічні речовини, біологічні ..., що "відключає" сенсорну систему і людина вимушена відпочивати або захворіти). "Когнітивна імерсивність" не така вочевидь виснажлива, оскільки мозок людини працює 24/7/365 і можливість діяльності виглядає безкінечною. З фізіології праці та ергономіки відомо, людина повинна робити перерви в будь-якій діяльності, щоб дати організму можливість відновити баланс ресурсів, тим більше враховуючи різну швидкість опрацювання потоків інформації [7]. А оскільки спілкування з ШІ, особливо у професіоналів, захоплює, то робочі паузи людина не робить. Тобто взаємодія з ШІ - це ергономічна проблема і задача, а не недолік використання ШІ, оскільки трансформація цифрового середовища, у т.ч. навчального, не зупиняється, а прискорюється [8] завдяки впровадженню ШІ [9] і, насамперед, генеративному ШІ [10].

Перспективи всебічного застосування штучного інтелекту виходять за межі окремих видів діяльності та навіть галузей. Зокрема, останні публікації демонструють можливості створення

та впровадження ШІ в освіті та навіть в науковій сфері не тільки в якості допоміжного засобу, як комп'ютер, пошукові інструменти в базах даних та в хмарному середовищі, але й для створення нових наукових досліджень та автоматизованого рецензента для ретельної оцінки наукових проєктів [11].

На сьогоднішній день штучний інтелект охоплює багато галузей, серед яких: машинне навчання, обробка природної мови та комп'ютерний зір є найбільш широко використовуваними.

Основними напрямками розвитку штучного інтелекту можна визнати:

- моделі великих мов (LLM);
- машинне навчання (ML);
- глибоке навчання (DL);
- обробка природної мови (NLP);
- комп'ютерний зір;
- робототехніка та автономні системи (ШІ, що керує фізичними пристроями);
- консультативні системи;
- експертні системи;
- аналіз великих даних (ШІ великих даних).

Однак, значні досягнення в цих галузях спонукали експертів визнати, що їхні моделі досягають своїх меж і повинні враховувати додаткові знання про навколишній світ, логічні міркування та етичні міркування поряд з фактичними даними. Іншими словами, вони вимагають когнітивних здібностей, властивих людському інтелекту, а також формування гібридного інтелекту [12] з урахуванням того, що проблеми кібербезпеки та кіберзахисту [13] при цьому не тільки не вирішуються повністю, а ускладнюються [14].

III. Еволюція гібридного інтелекту

Тема «гібридного інтелекту» (ГІ) почала активно розроблятися протягом останніх 10 років у різних напрямках і на різних рівнях архітектури [15, 16], включаючи соціальні мережі [17]. Але на даний момент немає загальновизнаного визначення ГІ як подальшого розвитку Human-System Integration (HSI) і порівняльний відповідний аналіз сучасних підходів науковців корисний для розуміння «*Quo vadis, homines et intellegentia artificialis?*».

Загально визнаним можна вважати, що гібридний інтелект призначений для застосування в різних завданнях: у бізнесі – для розробки принципів проектування системи підтримки рішень, яка поєднує взаємодоповнюючі можливості людського та машинного інтелекту, дизайні штучного інтелекту, промисловості, освіті та інших сферах.

Загалом, публікації дозволяють нам визначити кілька можливих типів архітектур гібридного інтелекту:

- інструментальна архітектура (люди використовують ШІ);
- кооперативна архітектура;
- симбіотична архітектура;
- мережа співпраці людина-штучний інтелект.

Нещодавні роботи починають досліджувати архітектуру, яка виходить за рамки простого сполучення людина-штучний інтелект. Наприклад, пропонуються «системи людина-штучний інтелект-соціальне», що включають групи експертів, групи агентів ШІ, спільне когнітивне середовище та механізми розподілу ролей [17]. Такі моделі включають елементи спільного когнітивного простору, динамічного розподілу завдань та калібрування довіри. У цьому випадку можна говорити про колективну архітектуру гібридного інтелекту.

Сьогодні можна виділити три домінуючі архітектури гібридного інтелекту.

1. Інструментальна архітектура (найпоширеніша): Людина → Інструмент ШІ, де люди використовують ШІ як інструмент.

2. Кооперативна архітектура (фокус європейських центрів): Людина ↔ ШІ, спрямована на спільне прийняття рішень, розподіл завдань та взаємне навчання.

3. Колективна архітектура: Люди + Агенти ШІ + Спільне середовище, яка спрямована на гібридні команди, колективний інтелект та розподілені системи.

Враховуючи характеристики та традиції наукових шкіл у різних регіонах планети, можна умовно виділити відносно загальні напрямки розвитку ГІ з точки зору регіону та відповідної переважаючої архітектури:

Команди Людина-ШІ / багатоагентні гібридні системи (США),
Співпраця Людина-ШІ (Європа),
Симбіоз Людина-Машина + ШІ, натхненний мозком (Китай) [18].

Однак слід визнати, що досі існує дуже мало розробок, зосереджених на архітектурі повного гібридного інтелекту, включаючи людей, агентів ШІ, роботизовані системи, цифрові середовища, структури колективних знань, механізми управління, тобто гібридну когнітивну екосистему [19].

В авторській методології пропонується розглянути еволюцію архітектур гібридного інтелекту наступним чином:

1. Інструментальна: Людина → Інструменти ШІ.
2. Кооперативна: Людина ↔ ШІ.
3. Командна: Людина + команди ШІ.
4. Мультиагентна: Групи людей + агенти ШІ.
5. Симбіотична: Людське пізнання ↔ машинне пізнання.
6. Екосистемна: Соціотехнічний гібридний інтелект.

Останні дві важливі для пом'якшення найслабшої ланки продуктивності соціо-технічної системи як не завжди передбачуваного інтелектуального джерела помилок у HSI – шляхом підвищення стабільності когнітивної діяльності людини. Такі ситуації особливо підкреслюють необхідність інтеграції людини та системи.

Слід зазначити, що HSI традиційно зосереджується на: інтеграції людини в технічні системи; оптимізації інтерфейсів; розподілі функцій.

Однак, якщо ми розширимо цей напрямок розвитку HSI, ми дійдемо до наступного переходу: Людина в системі → Людина, інтегрована з системою → Гібридна система людина-машина → Гібридний інтелект.

Таким чином, ГІ можна вважати наступним етапом розвитку HSI.

Сьогодні термін «гібридний інтелект» використовується для дуже різних речей:

- доповнений інтелект (ШІ як інструмент);
- співпраця людини та ШІ (як співпраця);
- командна робота людини та ШІ (співпраця);
- гібридний інтелект (у деяких випадках усе вищезазначене).

Важливою спільною рисою цих випадків є те, що система не стає новим суб'єктом дії. Вона залишається в статусі «Людина + Інструмент».

На відміну від цих підходів, пропонується розглядати ГІ як новий системний об'єкт, що стає важливим для управління складними системами не в рутинних операціях, а для більш ефективного контролю в надзвичайних ситуаціях, підвищуючи надійність людського компонента інтелектуальної діяльності HSI, у т.ч. системи навчання в цифровому навчальному середовищі, включаючи усю палітру систем віртуальної реальності [20]. Таким чином, у такій моделі гібридний інтелект – це не просто взаємодія людини та ШІ, а поява нової інтегрованої інтелектуальної системи, в якій в явному вигляді проявляється реалізація принципу епіморфізму, який раніше був розроблений по відношенню до біологічних систем, який на рівні когнітивних систем включає технічну систему (ШІ) як складник живої системи.

Отже, ГІ ≠ Людина + ШІ, але ГІ = Емерджентна Гібридна Когнітивна Система.

У цьому випадку можна говорити про системну емерджентність, інтегровану когнітивну систему та складну адаптивну систему.

III. Висновки

У цій роботі досліджено поєднання людини та штучного інтелекту як розвиток парадигми інтеграції людини та системи у формі гібридного інтелекту для навчання в цифровому освітньому середовищі, де відбувається одночасний розвиток та взаємна адаптація когнітивної діяльності людини та штучного інтелекту.

Аналіз відомих на сьогодні архітектур гібридного інтелекту дозволив розробити методологію для поєднання людського компонента продуктивності когнітивної діяльності на симбіотичному рівні (людське пізнання ↔ машинне пізнання) з деякими майбутніми елементами екосистемного рівня (соціотехнічний гібридний інтелект).

IV. Список використаних джерел

- [1] J.Anderson, L.Rainie. “Building a Human Resilience Infrastructure for the Age of AI”. URL: <https://imaginingthedigitalfuture.org/wp-content/uploads/2026/03/ITDF-Human-Resilience-report-Exec-Summary-3-20-26.pdf>
- [2] Global Lighthouse Network: Rewiring Operations for Resilience and Impact at Scale. World Economic Forum. 2026. URL: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Global_Lighthouse_Network_2026.pdf
- [3] Dellermann, D., Lipusch, N., Ebel, P. et al. “Design principles for a hybrid intelligence decision support system for business model validation”. *Electron Markets* 29, 423–441, 2019. URL: <https://doi.org/10.1007/s12525-018-0309-2>
- [4] J.H. Snabe. “The next wave of intelligence: How human purpose must guide the future of AI”. 2026. URL: <https://www.weforum.org/stories/2026/01/agent-ai-how-human-purpose-can-guide-the-next-wave-of-intelligent-systems/>
- [5] Báo Tuổi Trẻ. “Surprisingly: The more humans use AI, the more exhausted they become”. 2026. <https://www.vietnam.vn/en/bat-ngo-cang-xai-ai-con-nguoi-cang-kiet-suc>
- [6] A.S.Gambhir. “From Classrooms To Smartphones: The Future Of Education In The Digital Age”. 2025. URL: <https://elearningindustry.com/from-classrooms-to-smartphones-the-future-of-education-in-the-digital-age>
- [7] O. Burov, O., et al. “On the way to hybrid intelligence: influence of the human-system interaction rate on the human cognitive performance”. In: Tareq Ahram and Redha Taiar (eds), *Human Interaction and Emerging Technologies (IHET-AI 2023): Artificial Intelligence and Future Applications*. AHFE (2023) International Conference. AHFE Open Access, vol 70. AHFE International, USA. 2023. <http://doi.org/10.54941/ahfe1002925>
- [8] Биков, В.Ю. та ін., (2019). *Theoretical and methodological foundations of informatization of education and the practical implementation of information and communication technologies in the educational sector of Ukraine*. Project Report. Компринт, м. Київ, Україна.
- [9] О. М. Спірін. “Цифрова трансформація освіти: штучний інтелект у сучасному освітньому просторі: Наукова доповідь загальним зборам НАПН України «Цифрова трансформація освіти: штучний інтелект у сучасному освітньому просторі»,” 21 листопада 2025 р. Вісник Національної академії педагогічних наук України, 7(2), 1–9. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2025.7221>
- [10] Y. Dong. “Generative AI technologies and educational outcomes: a comprehensive meta-analysis comparing traditional and AI-driven approaches,” *Humanit Soc Sci Commun*, 2026. <https://doi.org/10.1057/s41599-026-06903-y>
- [11] C.Lu, C.Lu, R.T.Lange et al. “Towards end-to-end automation of AI research”. *Nature* 651, 914–919, 2026. URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-026-10265-5>
- [12] M.H.Jarrah, C.Lutz, G.Newlands. “Artificial intelligence, human intelligence and hybrid intelligence based on mutual augmentation”. *Big Data & Society*, 9(2)6 2022
- [13] O.Y.Burov, O.B.Butnik-Siversky, O.P.Orliuk, K.A.Horska. “Cybersecurity and innovative digital educational environment”. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 6(80), 414-430, 2020
- [14] M.Wahlström, B.Tammentie, T.-T. Salonen, A.Karvonen. “AI and the transformation of industrial work: Hybrid intelligence vs double-black box effect”. *Applied Ergonomics*, 118, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104271>
- [15] K.Hinkelmann, T.Hoppe, B.G. Humm. “Einführung in hybride künstliche Intelligenz”. In: Hinkelmann, K., Hoppe, T., Humm, B.G. (eds) *Hybride KI mit Machine Learning und Knowledge Graphs*. Springer Vieweg, Wiesbaden. 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-658-44781-6_1
- [16] “ANNUAL REPORT: The Hybrid Intelligence Centre – 2024”. *Augmenting Human Intellect*. 2026. <https://www.hybrid-intelligence-centre.nl/wp-content/uploads/2026/01/260131-HI-Annual-report-2024.pdf>
- [17] A.A.Melihet al. “Human Machine Social Hybrid Intelligence:A Collaborative Decision Making Framework for Large Model Agent Groups and Human Experts”. 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.24030>
- [18] Y.Qian, J.Liu. “Modeling AI-Driven Production and Competitiveness A Multi-Agent Economic Simulation of China and the United States”. 2025.<https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.11085>.
- [19] J. Sanna et al. “Hybrid Intelligence Research at the University of Oulu. Position paper”. 2025. <https://oulurepo.oulu.fi/handle/10024/59855>.
- [20] O.Pinchuk et al.. “VR in education: ergonomic features and cybersickness”. *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*. Cham: Springer International Publishing, 350-355, 2020..

IMPACT OF AI APPLICATION IN TEACHING THE DISCIPLINE “FOREIGN LANGUAGE OF THE SPECIALTY”

Vasylyshyna Nataliia¹

¹State University “Kyiv Aviation Institute”, Kyiv, Ukraine
E-mail: *filologyN@gmail.com*

ANNOTATION. This article examines contemporary approaches to teaching Foreign Language for Specific Purposes (LSP) within the framework of modern higher education. It analyzes the key principles of developing professional communicative competence, the significance of needs analysis, and the integration of innovative strategies such as Content and Language Integrated Learning (CLIL). The author emphasizes a shift from traditional translation-based methods to a student-centered paradigm where the foreign language serves as a functional tool for professional problem-solving. Also, the article presents contemporary approaches to teaching Foreign Language for Specific Purposes (LSP) in higher education. It analyzes the evolution of pedagogical strategies from traditional methods to the integration of Artificial Intelligence (AI). The author explores how AI-driven tools enhance professional communicative competence and personalized learning paths, while also addressing the challenges of maintaining academic integrity and the changing role of the educator.

KEY WORDS: LSP, ESP (English for Specific Purposes), professional competence, teaching methodology, CLIL, higher education, LSP, ESP, Artificial Intelligence (AI), professional competence, CLIL, digital transformation.

I. Introduction

Nowadays, proficiency in a foreign language for specific purposes (LSP) is a core component of graduate employability [1]. Unlike general language courses, LSP focuses on the specific communicative needs of professional fields such as engineering, medicine, or law [2].

In the era of global professional mobility and digital transformation, proficiency in a foreign language for specific purposes (LSP) has evolved from an optional skill into a core component of professional graduation requirements. Unlike General Language courses, LSP focuses on the specific communicative needs of a particular field— be it engineering, medicine, law, or economics. The primary objective is to equip students with the linguistic tools necessary to function effectively in their future professional environments [9].

II. Main Part

The methodology of LSP is grounded in several foundational pillars that distinguish it from general linguistic instruction:

- **Needs Analysis:** The preliminary phase of course design involves identifying the "target situation" (where and how the language will be used) and the "learning needs" (what the student must acquire to bridge the gap between their current level and professional requirements) [8].
- **Contextualization:** Linguistic structures and vocabulary are never taught in isolation. Instead, they are embedded within the authentic discourse of the specialty, utilizing real-world documentation, technical manuals, or peer-reviewed research [7].
- **Functional Competence:** The focus shifts from "knowing about the language" to "knowing how to perform" specific professional tasks, such as negotiating a contract, presenting a clinical case, or writing a technical report [6].

The foundation of LSP instruction rests on three pillars:

- **Needs Analysis:** Identifying the "target situation" to bridge the gap between current proficiency and professional requirements [1].
- **Contextualization:** Embedding linguistic structures within authentic professional discourse [3].
- **Functional Competence:** Prioritizing the ability to perform specific tasks, such as technical reporting or clinical presentations [4].

Modern Methodological Approaches

To bridge the gap between academic theory and workplace practice, several high-impact strategies are currently employed:

1. **Content and Language Integrated Learning (CLIL):** A dual-focused educational approach in which an additional language is used for the learning and teaching of both content and language. This ensures that the language is acquired naturally through the study of professional subjects [5].

2. Task-Based Language Teaching (TBLT): Instruction is organized around meaningful tasks that mimic professional activities. Success is measured by the successful completion of the task rather than the mere accuracy of grammatical forms [1; 2].

3. Case Study Method: By analyzing complex, real-life professional scenarios, students develop critical thinking and problem-solving skills while simultaneously mastering the nuances of professional jargon and register [7].

Teaching LSP presents unique challenges for educators. The instructor acts not as a "sage on the stage" but as a facilitator and collaborator. While they may not be subject-matter experts in the specialty, they must possess enough "carrier content" knowledge to guide students through technical discourse. This necessitates a multidisciplinary approach and frequent collaboration between language departments and specialized faculties.

The integration of Generative AI (GenAI) and Large Language Models (LLMs) has fundamentally transformed the LSP landscape in several key areas:

A. Personalized Learning and Scaffolding

AI-powered platforms (e.g., ChatGPT, DeepL Write) allow for the instant generation of specialized vocabulary drills and grammar explanations tailored to a student's specific field. This "just-in-time" learning helps students navigate highly technical texts that were previously inaccessible [5].

B. Simulation of Professional Environments

AI chatbots can act as "virtual interlocutors," simulating professional scenarios such as a job interview, a technical consultation, or a business negotiation. This provides a low-stakes environment for students to practice professional register and jargon [5].

C. Automated Feedback and Translation

Neural Machine Translation (NMT) and AI-driven writing assistants provide immediate feedback on technical writing. While this accelerates the drafting process, it also necessitates a shift in focus toward AI literacy— the ability to critically evaluate and edit AI-generated content [4].

The rise of AI introduces risks related to academic integrity and the potential loss of deep cognitive processing. Consequently, the instructor's role is shifting from a primary source of knowledge to a facilitator of critical AI usage [5].

Educators must now design assessments that evaluate the *process* of communication rather than just the final written product.

III. Conclusions

Teaching "Foreign Language for the Specialty" requires a departure from traditional rote memorization toward an interactive, project-based pedagogical model. By aligning linguistic training with professional realities, higher education institutions can ensure that graduates are not only linguistically proficient but also professionally competitive in the global market. Future research should continue to explore the integration of AI and digital simulation tools in the LSP classroom.

Teaching "Foreign Language for the Specialty" is currently undergoing a paradigm shift. While traditional methodologies like CLIL and Task-Based Learning remain relevant, the integration of AI offers unprecedented opportunities for personalization and professional simulation.

Success in the modern LSP classroom depends on balancing technological efficiency with critical human oversight [4], [5].

IV. References

- [1] T. Hutchinson and A. Waters, *English for Specific Purposes: A Learning-Centered Approach*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1987.
- [2] T. Dudley-Evans and M. J. St John, *Developments in English for Specific Purposes: A Multi-Disciplinary Approach*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998.
- [3] K. Hyland, *English for Academic Purposes: An Advanced Resource Book*. London, UK: Routledge, 2006.
- [4] H. Basturkmen, *Developing Courses in English for Specific Purposes*. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan, 2010.
- [5] L. Anthony, *Introducing English for Specific Purposes*. London, UK: Routledge, 2018.
- [6] D. Coyle, P. Hood, and D. Marsh, *CLIL: Content and Language Integrated Learning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2010.

- [7] H. Crompton and D. Burke, "AI and English language teaching: Affordances and challenges," *British Journal of Educational Technology*, vol. 55, no. 6, pp. 1–27, Mar. 2024. [Online]. Available: <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/bjet.13460>
- [8] L. He, J. Liu, and S. Zhang, "Integration of Artificial Intelligence in English for Specific Purposes (ESP) Education," in *Proceedings of the 2023 4th International Conference on Education, Knowledge and Information Management (ICEKIM 2023)*, 2023, pp. 583–590. [Online]. Available: <https://www.atlantispress.com/article/126010995.pdf>
- [9] R. Li, X. Jin, and S. Luo, "The effectiveness of an AI-assisted chatbot for medical English training," *The Asia-Pacific Education Researcher*, vol. 30, no. 2, pp. 187–201, Apr. 2021. [Online]. Available: link.springer.com

РОЗВИТОК ЦИФРОВИХ ДЕСКРИПТОРІВ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ПРИРОДНИЧИХ НАУК У КОНТЕКСТІ ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСУ NOTEBOOKLM

Венгеренко Ігор¹, Кожевникова Алла²

¹Нікопольської гімназії №6 Нікопольської міської ради

²Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, м. Запоріжжя, Україна

E-mail: Kozhevnykova_Alla@mspu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. Стаття присвячена дослідженню розвитку цифрових дескрипторів майбутнього вчителя природничих наук у контексті використання сервісу NotebookLM. Впровадження цього інструменту сприяє становленню цифрово компетентного, адаптивного й інноваційного педагога, здатного до безперервного професійного саморозвитку та підвищення якості природничої освіти.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: дослідницькі уміння, інноваційні технології, критичне мислення, персоналізація навчання, освітній процес, цифрові дескриптори, цифрова компетентність, NotebookLM.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку освіти характеризується стрімким впровадженням цифрових технологій та активною інтеграцією інструментів штучного інтелекту в освітній процес, що суттєво трансформує підходи до професійної підготовки педагогічних кадрів. У цих умовах особливої актуальності набуває формування цифрових дескрипторів майбутнього вчителя природничих наук як сукупності вимірюваних характеристик, що відображають рівень його готовності до ефективного використання цифрових ресурсів у навчальній, методичній та дослідницькій діяльності.

II. Теоретичні основи розвитку цифрових дескрипторів майбутнього вчителя природничих наук

З урахуванням особливостей природничих дисциплін підготовка майбутнього вчителя повинна виходити за межі простого опанування теоретичного матеріалу та орієнтуватися на формування комплексу професійно значущих умінь. До них належать розвиток аналітичного мислення, здатність до осмислення та інтерпретації наукових даних, уміння встановлювати логічні причинно-наслідкові зв'язки, а також організовувати й супроводжувати дослідницьку діяльність учнів. Важливим аспектом виступає також формування навичок роботи з різними джерелами інформації, її критичного оцінювання, поєднання знань із різних наукових галузей і застосування їх у практичному контексті.

У цьому процесі значну роль відіграють сучасні цифрові інструменти, серед яких особливе місце посідає сервіс NotebookLM, що інтегрує можливості штучного інтелекту з роботою над персонально відібраними інформаційними матеріалами. Використання цього інструменту сприяє трансформації освітньої парадигми від репродуктивного засвоєння знань до їх активного конструювання, де майбутній педагог постає не лише як отримувач інформації, а як активний аналітик, дослідник і організатор пізнавальної діяльності.

У межах такого підходу цифрові дескриптори доцільно трактувати як цілісну систему взаємопов'язаних компетентностей, що охоплює інформаційно-аналітичний, когнітивний, дослідницький і методичний складники. Їх сформованість забезпечує здатність до самостійного навчання, швидкої адаптації до змін у цифровому освітньому середовищі, ефективного використання інноваційних технологій та раціональної організації навчального

процесу. Водночас важливою характеристикою майбутнього вчителя є вміння здійснювати рефлексію власної професійної діяльності, аналізувати результати навчання та постійно вдосконалювати власні компетентності відповідно до вимог цифрового суспільства.

III. Практичні аспекти використання notebooklm у формуванні цифрових дескрипторів

Застосування NotebookLM у процесі професійної підготовки майбутніх учителів природничих наук забезпечує якісно новий рівень організації роботи з інформацією, що є базовою складовою цифрової компетентності. Початковим етапом такої діяльності виступає завантаження навчальних матеріалів, зокрема підручників, наукових статей, методичних розробок, у середовище сервісу, що дозволяє створити структуровану базу знань для подальшого аналізу.

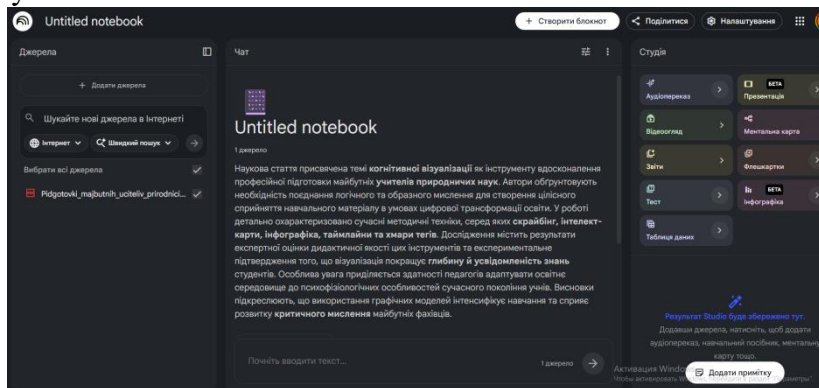


Рис. 1. приклад інтерфейсу NotebookLM

На рисунку 1 подано приклад інтерфейсу із завантаженими джерелами, що ілюструє можливості централізованого зберігання та організації інформаційних ресурсів. Такий підхід до роботи з матеріалами забезпечує впорядкування навчального контенту та створює умови для ефективного доступу до джерел, що, у свою чергу, сприяє розвитку інформаційно-аналітичних умінь майбутнього вчителя природничих дисциплін. Зокрема, формується здатність до відбору релевантної інформації, її структурування, узагальнення та критичного переосмислення, що є важливою складовою професійної компетентності педагога.

Наступний етап роботи з NotebookLM полягає у безпосередній взаємодії користувача з навчальним матеріалом, яка реалізується через формулювання запитів, отримання відповідей, аналіз змісту джерел і їх інтерпретацію. Такий формат роботи виходить за межі пасивного сприйняття інформації, оскільки передбачає активне залучення до процесу пізнання, осмислення матеріалу та його переосмислення в нових контекстах.

Сервіс не обмежується простим наданням інформації, а виконує роль інструменту її глибокої обробки, що сприяє розвитку аналітичних здібностей, навичок узагальнення та системного бачення навчального матеріалу. У процесі такої взаємодії здобувач освіти вчиться працювати з великими масивами даних, виділяти головне, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та формувати цілісне уявлення про досліджувані явища, що значно підвищує рівень його когнітивної активності.

Крім того, NotebookLM виступає ефективним засобом підтримки педагогічної діяльності, оскільки сприяє створенню різноманітних навчальних матеріалів, зокрема тестових завдань, проблемних питань, стислих конспектів і узагальнень змісту. Це значно оптимізує процес підготовки до занять, розширює методичний інструментарій майбутнього вчителя та сприяє формуванню умінь проектування освітнього процесу, добору навчального контенту й використання сучасних технологій у викладанні природничих дисциплін [2].

Окремої уваги заслуговує можливість сервісу підтримувати процес структуризації знань, що проявляється у виділенні ключових ідей, логічному впорядкуванні інформації та встановленні міжпонятійних зв'язків. Це особливо важливо для природничих наук, де системність і міждисциплінарні зв'язки відіграють провідну роль. Водночас використання NotebookLM сприяє розвитку дослідницької складової професійної компетентності, оскільки

дозволяє формувати запитання проблемного характеру, висувати гіпотези та аналізувати отримані результати, що в комплексі формує науковий стиль мислення та підсилює дослідницьку спрямованість підготовки майбутнього педагога [2].

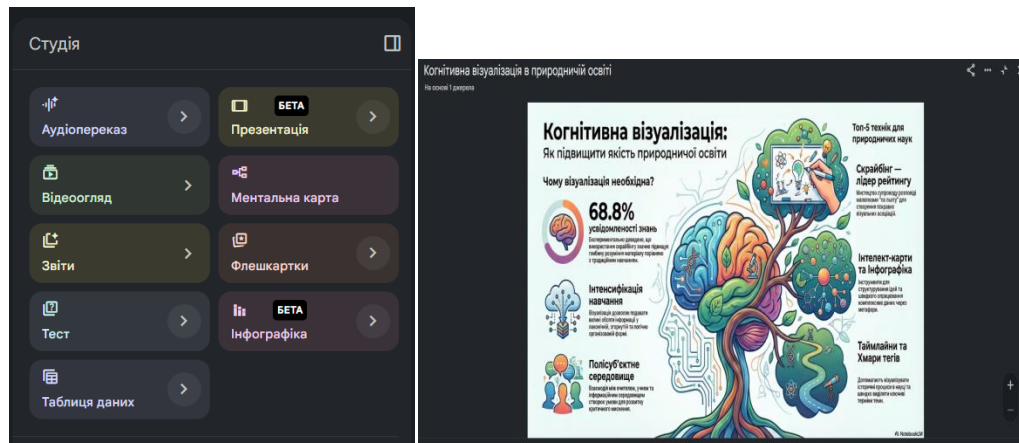


Рис. 2. Генерація дидактичних матеріалів

Сервіс дозволяє автоматизувати підготовку тестів та завдань, що значно підвищує ефективність педагогічної діяльності. Крім того, реалізується функція узагальнення матеріалу.

Використання сервісу NotebookLM забезпечує цілісне формування та розвиток цифрових дескрипторів майбутнього вчителя природничих наук, оскільки сприяє становленню комплексу професійно значущих умінь, зокрема аналітичних, дослідницьких і методичних, які відповідають сучасним вимогам до педагогічної діяльності в умовах цифровізації освіти. Застосування цього інструменту дозволяє майбутньому фахівцю ефективно працювати з інформацією, здійснювати її інтерпретацію, узагальнення та практичне використання в освітньому процесі.

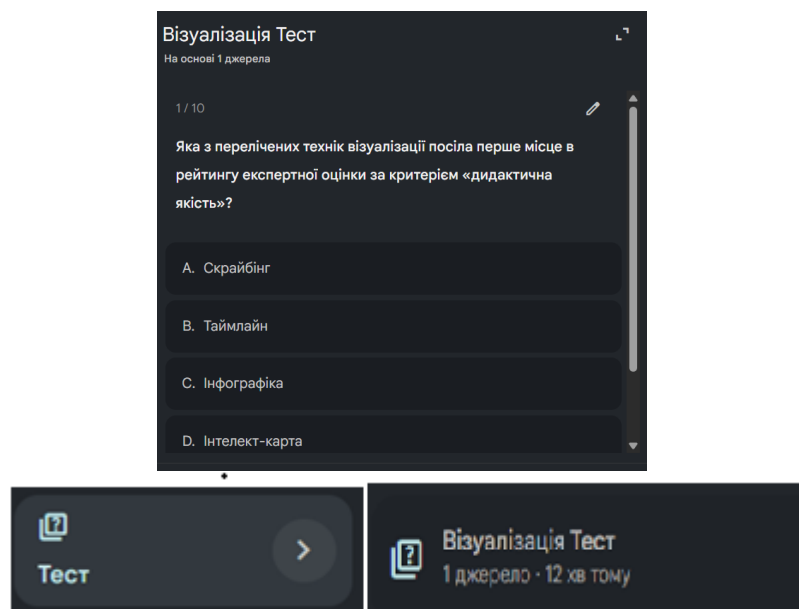


Рис. 3. Узагальнення навчального матеріалу

Однією з ключових тенденцій розвитку сучасної освіти виступає її орієнтація на персоналізацію навчання, що передбачає врахування індивідуальних характеристик здобувачів освіти, таких як рівень попередніх знань, темп навчальної діяльності, особливості сприйняття інформації, мотиваційні чинники та потреба в педагогічному супроводі. Сервіс NotebookLM створює передумови для реалізації цього підходу в практиці майбутнього вчителя природничих дисциплін, оскільки дозволяє варіювати глибину опрацювання

матеріалу, ступінь деталізації пояснень, рівень складності навчальних завдань, а також формат і стиль подачі інформації відповідно до освітнього контексту. Така адаптивність сприяє впровадженню особистісно орієнтованого навчання, підвищенню навчальної мотивації учнів, оптимізації когнітивного навантаження та покращенню якості засвоєння природничо-наукового змісту [3].

Важливим аспектом використання NotebookLM є також його можливості щодо здійснення порівняльного аналізу та критичного осмислення інформації, отриманої з різних джерел. Сервіс забезпечує узагальнення змісту завантажених матеріалів, виокремлення спільних і відмінних положень, ідентифікацію різних інтерпретацій явищ і процесів, а також надання підтверджень у вигляді цитат із джерел. Крім того, інструмент може допомагати у виявленні причин розбіжностей між науковими підходами та концепціями. Використання таких можливостей сприяє розвитку критичного мислення у майбутніх педагогів, формуванню здатності об'єктивно оцінювати інформацію, аналізувати наукові підходи та аргументовано обґрунтовувати власні висновки. Для вчителя природничих наук ці вміння є особливо важливими, адже вони лежать в основі формування в учнів наукового світогляду, розвитку аналітичного мислення та здатності до конструктивного обговорення наукових ідей [4].

Таким чином, інтеграція сервісу NotebookLM у процес професійної підготовки майбутніх учителів природничих дисциплін сприяє багатовекторному розвитку цифрових дескрипторів, що охоплюють інформаційно-аналітичну сферу, пов'язану з опрацюванням і синтезом значних обсягів даних; когнітивну сферу, яка передбачає узагальнення, систематизацію та критичне осмислення інформації; дослідницьку сферу, що включає постановку проблем, висунення гіпотез і формування аргументованих висновків; методичну сферу, спрямовану на створення дидактичних матеріалів і проектування навчального процесу; а також персоналізаційну сферу, яка забезпечує адаптацію навчального контенту до індивідуальних особливостей здобувачів освіти.

IV. Висновки

Отже, використання сервісу NotebookLM у процесі фахової підготовки майбутніх учителів природничих наук виступає дієвим інструментом формування та розвитку цифрових дескрипторів, що включають інформаційно-аналітичні, когнітивні, дослідницькі та методичні компоненти професійної діяльності. Застосування цього цифрового засобу забезпечує удосконалення вмінь опрацювання значних масивів інформації, стимулює розвиток критичного та аналітичного мислення, а також сприяє набуттю навичок розроблення навчально-методичних матеріалів і організації освітнього процесу з урахуванням принципів інноваційності та індивідуалізації навчання.

Впровадження сучасних цифрових технологій у систему підготовки педагогічних кадрів сприяє становленню вчителя нового покоління – цифрово компетентного, адаптивного, відкритого до змін і здатного до безперервного професійного саморозвитку в умовах динамічного цифрового освітнього середовища. У свою чергу, це створює сприятливі умови для підвищення якості природничої освіти, розвитку в здобувачів освіти наукового мислення, формування дослідницьких умінь, а також становлення навичок критичного осмислення інформації, що є необхідним у контексті сучасних освітніх викликів XXI століття.

V. Список використаних джерел

- [1] H. Alisoy. Can NotebookLM Support English Language Learners? A Theoretical Perspective on AI Tools in Education. 2025.
- [2] E. Tufiño. NotebookLM: An LLM with RAG for active learning and collaborative tutoring. 2025.
- [3] R. Tozuka. Application of NotebookLM for lung cancer staging. 2024.
- [4] The Potential of Google NotebookLM for Teaching and Learning. 2025.
- [5] Google. NotebookLM: AI-powered research and note-taking tool. 2025.
- [6] E. Ofgang. 4 Ways to Use NotebookLM as a Teacher. 2026.

THE DEVELOPMENT OF DIGITAL COMPETENCIES IN FUTURE SCIENCE TEACHERS IN THE CONTEXT OF USING THE NOTEBOOKLM SERVICE

Ihor Venherenko, Alla Kozhevnikova

ABSTRACT. This article examines the development of digital descriptors for future science teachers in the context of using the NotebookLM service. The implementation of this tool contributes to the development of digitally competent, adaptable and innovative teachers who are capable of continuous professional self-development and improving the quality of science education.

KEYWORDS: research skills, innovative technologies, critical thinking, personalised learning, educational process, digital descriptors, digital competence, NotebookLM.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК ОСНОВА ПОБУДОВИ ТЕОРЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Вербовецький Дмитро¹

¹ Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України, Київ, Україна
E-mail: verbovetskyj.dv@iitlt.gov.ua

АНОТАЦІЯ. Обґрунтовано необхідність систематизації наукових джерел щодо інтеграції ШІ в освітні дослідження. Показано фрагментарність сучасних підходів. Інтеграцію ШІ розглянуто як цілісний процес трансформації дослідницької діяльності, що слугує основою для побудови теоретичної моделі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, освітні дослідження, теоретична модель, систематизація, дослідницький процес.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку науки характеризується активним впровадженням технологій штучного інтелекту в різні сфери дослідницької діяльності. У галузі освітніх досліджень це проявляється у використанні ШІ для аналізу даних, автоматизації дослідницьких процедур та організації дослідницького процесу [4].

Попри значну кількість наукових праць, присвячених застосуванню штучного інтелекту, більшість із них зосереджена на окремих інструментах їх використання. Це зумовлює фрагментарність наукового знання та відсутність узгодженого теоретичного бачення інтеграції ШІ в дослідницький процес. У зв'язку з цим актуалізується потреба в уточненні понятійного апарату та обґрунтуванні теоретичних засад інтеграції штучного інтелекту в освітні дослідження.

Метою публікації є систематизація наукових засад до інтеграції штучного інтелекту в освітні дослідження як основи для побудови теоретичної моделі.

II. Виклад основного матеріалу

Інтеграція штучного інтелекту в освітні дослідження є складним процесом, що є ширшим, ніж суто технічне використання інструментів. Вона охоплює трансформацію дослідницьких процедур та переосмислення ролі дослідника у взаємодії з інтелектуальними системами.

Аналіз наукових джерел щодо використання штучного інтелекту в освітніх дослідженнях показує, що теоретико-методологічні засади його інтеграції перебувають у процесі формування та представлені значною кількістю підходів, які відображають різні аспекти розуміння ролі ШІ в дослідницькій діяльності. У зв'язку з цим виникає потреба у їх узагальненому представленні. У результаті систематизації наукових підходів виокремлено п'ять основних теоретичних засад інтеграції штучного інтелекту в освітні дослідження:

1. Комплексності - інтеграція ШІ розглядається як процес, що охоплює всі етапи дослідницької діяльності, а не окремі її компоненти.
2. Взаємодії людини і ШІ - передбачає зміну ролі дослідника від виконавця до суб'єкта, що взаємодіє з інтелектуальними системами у процесі отримання та інтерпретації результатів.
3. Достовірності результатів - акцентує увагу на необхідності перевірки, інтерпретації та обґрунтування результатів, отриманих із використанням ШІ.

4. Процесуальності - інтеграція ІІІ розглядається як поетапний процес, що реалізується на різних рівнях організації дослідження.

5. Системності - передбачає узгодження понять, підходів і процедур як взаємопов'язаних елементів єдиної системи [1].

Виокремлені теоретичні засади не існують ізольовано, а взаємопов'язані між собою та проявляються у різних аспектах дослідницької діяльності. Зокрема, засада комплексності визначає необхідність охоплення всіх етапів дослідження, тоді як засада процесуальності конкретизує їх послідовність і логіку реалізації. Водночас засада взаємодії людини і штучного інтелекту безпосередньо пов'язана із забезпеченням достовірності результатів, оскільки передбачає активну роль дослідника в інтерпретації та критичному оцінюванні отриманих даних. Засада системності, у свою чергу, забезпечує узгодженість зазначених положень і дозволяє розглядати інтеграцію штучного інтелекту як цілісне явище, що має внутрішню структуру та логіку функціонування.

У сучасних дослідженнях теоретико-методологічні засади інтеграції штучного інтелекту охоплюють різні аспекти його використання – як інструменту виконання окремих завдань і як складника дослідницького процесу загалом. Водночас вони не завжди утворюють цілісну концептуальну систему, що ускладнює комплексне осмислення інтеграції ІІІ в дослідницький процес [4].

У цьому контексті важливим є не лише визначення окремих теоретичних засад, а й розуміння того, як вони взаємодіють між собою у процесі дослідження. Йдеться про виявлення ключових принципів інтеграції штучного інтелекту в освіту, визначення їх функціонального навантаження та ролі в структурі дослідницького процесу. Зазначені в наукових джерелах принципи, зокрема етичності та економічної доброчесності, людського контролю та епістемічної первинності, конфіденційності та управління даними, уникнення алгоритмічної упередженості, підзвітності та інституційної відповідальності, прозорості та пояснювальності відображають окремі аспекти інтеграції ІІІ та узагальнюються у межах виокремлених теоретичних засад [3].

Важливим аспектом є також аналіз функціонування штучного інтелекту на різних етапах дослідження від постановки проблеми та збору даних до аналізу та інтерпретації результатів. Можна розглядати інтеграцію ІІІ не як набір окремих інструментів, а як системну зміну логіки дослідницької діяльності, у якій штучний інтелект виступає інтелектуальним партнером дослідника [2].

Використання штучного інтелекту впливає як на технічні аспекти дослідження так і на процеси прийняття рішень, інтерпретацію результатів та організацію наукової діяльності. Тому виникає потреба уточнення ролі дослідника в умовах взаємодії з інтелектуальними системами та узгодження ключових понять, що описують інтеграцію ІІІ в освітніх дослідженнях. У цьому контексті інтеграція штучного інтелекту набуває системного характеру та потребує розгляду як багаторівневого явища, що охоплює методологічні, організаційні та когнітивні виміри дослідницької діяльності. Вона передбачає узгодження технологічних можливостей інтелектуальних систем із завданнями наукового пошуку в освіті. Важливим є врахування того, що застосування ІІІ змінює традиційні дослідницькі процедури, зокрема у сфері аналізу та інтерпретації даних. Це зумовлює необхідність посилення ролі дослідника як суб'єкта критичної оцінки результатів, отриманих за участі алгоритмічних систем. Окремої уваги потребує питання достовірності та відтворюваності результатів у контексті використання ІІІ. Крім того, актуалізується проблема прозорості застосування інтелектуальних інструментів у дослідницькому процесі. Таким чином, інтеграція штучного інтелекту формує нову організаційно-методологічну модель освітніх досліджень, що об'єднує технологічні та когнітивні компоненти наукової діяльності.

ІІІ. Висновки

Інтеграція штучного інтелекту в освітні дослідження потребує системного теоретико-методологічного осмислення, що ґрунтується на визначенні ключових засад його застосування. Проведений аналіз дозволив перейти від фрагментарного опису використання штучного інтелекту до цілісного бачення його інтеграції, яке передбачає виокремлення та характеристику основних теоретичних засад.

Виокремлені засади відображають різні аспекти інтеграції штучного інтелекту в дослідницький процес і створюють основу для подальшого теоретичного узагальнення та побудови відповідної моделі.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з уточненням змісту окремих засад, аналізом їх взаємозв'язків, а також розробленням структурно-функціональної моделі інтеграції штучного інтелекту в освітні дослідження.

Дослідження виконане в межах проєкту № 2025.07/0074 «Штучний інтелект для наукових досліджень у галузі освіти: прогнозування, моделювання інтеграції та цифрові дослідницькі компетентності», що виконується за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України за результатами проведення конкурсу «Передова наука в Україні 2026-2028».

IV. Список використаних джерел

- [1] M. Pflanzner et al., "Ethics in human–AI teaming: principles and perspectives," *AI and Ethics*, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s43681-022-00214-z> [Accessed: Apr. 17, 2026].
- [2] W. Holmes, M. Bialik, and C. Fadel, *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston, MA, USA: Center for Curriculum Redesign, 2019.
- [3] F. Miao and W. Holmes, *Artificial Intelligence and Education: Guidance for Policy-Makers*. Paris, France: UNESCO, 2021.
- [4] O. Zawacki-Richter, V. I. Marín, M. Bond, and F. Gouverneur, "Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 16, no. 1, Oct. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0> [Accessed: Apr. 17, 2026].

THEORETICAL PRINCIPLES OF INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATIONAL RESEARCH AS A BASIS FOR BUILDING A THEORETICAL MODEL

Dmytro Verbovetskyi¹

ABSTRACT. The need for systematization of scientific sources on the integration of AI into educational research is substantiated. The fragmentation of modern approaches is shown. The integration of AI is considered as a holistic process of transformation of research activities, which serves as the basis for building a theoretical model.

KEYWORDS: artificial intelligence, educational research, theoretical model, systematization, research process.

ІНСТРУМЕНТИ ШІ ДЛЯ ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ В ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ВИКЛАДАЧА ЗВО

Гаєвць Яна¹

¹Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського», Одеса, Україна
E-mail: gaevets86@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації представлено порівняльний аналіз шістнадцяти інструментів штучного інтелекту та обґрунтовано їх вибір для пошуку наукової, методичної та навчальної інформації у професійній діяльності викладача закладу вищої освіти.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інструменти штучного інтелекту, пошук інформації, професійна діяльність викладача.

I. Вступ

Сучасна вища освіта переживає стрімку трансформацію під впливом інструментів штучного інтелекту (ШІ). Починаючи з 2023 року, після масового поширення великих мовних моделей, освітяни й науковці всього світу почали активно осмислювати можливості та ризики, які несе генеративний ШІ для академічної сфери [1]. Безперечно, ці інструменти мають значний потенціал для оптимізації розв'язування низки професійних завдань викладача, проте

їх впровадження потребує усвідомленого використання, дотримання принципів академічної доброчесності.

Викладач, який прагне забезпечити високий рівень фахової підготовки здобувачів вищої освіти, зокрема майбутніх учителів, повинен систематично оновлювати власні знання, відстежувати нові дослідження і методичні розробки, адаптувати педагогічні підходи відповідно до актуальних досягнень науки та практики, що зумовлює моніторинг фахових джерел, публікацій за рахунок витрати значних часових та когнітивних ресурсів. Традиційний пошук інформації через наукові бази даних, електронні бібліотеки, освітні портали та фахові видання передбачає опрацювання великих обсягів літератури для виявлення релевантних джерел, критичний аналіз, оцінку наукової обґрунтованості й методичної цінності, а також синтез інформації з різних джерел у цілісну систему знань. Усе це займає значну частину робочого часу фахівця й потребує відповідних дослідницьких компетентностей.

Інструменти штучного інтелекту представляють спеціалізовані наукові пошукові системи, семантичні аналізатори текстів та системи автоматичного реферування, які здатні суттєво прискорити процес пошуку інформації, оскільки вони використовують алгоритми природної обробки мови для розуміння контексту запиту й ідентифікації найбільш відповідних джерел навіть у випадках, коли формулювання в різних текстах варіюються. Можливість отримання від таких систем узагальнених відповідей на складні запитання, що ґрунтуються на аналізі великих масивів наукової та методичної літератури, дозволяє викладачам оперативно орієнтуватися в дискусійних питаннях фаху й формувати власну обґрунтовану позицію [2].

Особливу цінність інструменти ШІ мають при пошуку методичних матеріалів для підготовки до занять: вони здатні швидко знаходити приклади вправ, задач, дидактичних ігор і кейсів для майбутніх учителів, враховуючи специфіку теми, вікових особливостей учнів та дидактичної мети заняття. Крім того, системи ШІ здатні аналізувати міжнародний досвід викладання методичних дисциплін, у тому числі математики, автоматично перекладаючи й адаптуючи методичні розробки іноземних дослідників до змісту вітчизняної освітньої системи.

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених окремим інструментам ШІ, бракує системних порівняльних досліджень щодо їхньої ефективності саме у контексті специфічних потреб викладачів методичних дисциплін вищої школи.

Метою статті є обґрунтування оптимального комплексу інструментів штучного інтелекту для пошуку наукової, методичної та навчальної інформації у професійній діяльності викладача вищої школи на основі порівняльного аналізу шістнадцяти сервісів і платформ.

II. Основна частина

Для порівняльного аналізу було обрано шістнадцять інструментів ШІ, які потенційно можуть бути корисними для пошуку наукової та методичної літератури, пошуку матеріалів до лекційних і практичних занять, розробки завдань для самостійної роботи та опитування студентів: ChatGPT, Gemini, Claude, Microsoft Copilot, Perplexity, Semantic Scholar, Google Scholar, ResearchGate, Iris.ai, Elicit, Scite, ResearchRabbit, Consensus, SciSpace, Jenni AI, ResearchPal. Дослідження та вивчення можливостей кожного сервісу здійснювалося за такими критеріями: функціональність, ефективність, продуктивність, точність, доступність, інтеграція з іншими системами, безпека даних [3].

1. Функціональність інструментів відповідно до потреб викладача

Дослідження показало, що обрані інструменти суттєво відрізняються за своєю функціональністю та спрямованістю. Для зручності порівняльного аналізу їх розподілено на чотири функціональні групи відповідно до специфічних потреб викладача методичних дисциплін.

Перша група – універсальні (генеративні) моделі ШІ: ChatGPT, Claude, Gemini, Copilot. Ці системи є оптимальними для швидкої генерації навчального контенту: методичних матеріалів, конспектів лекцій, планів занять; розробки навчальних завдань різного рівня складності; створення тестових питань і завдань для опитування; пояснення складних математичних концепцій доступною мовою; перекладу та адаптації матеріалів іноземними мовами. Серед усіх генеративних моделей особливо вирізняється Claude, яка чудово справляється з

грунтовною роботою над текстами та навчальними матеріалами, демонструє найвищий рівень адаптивності до вузьких методичних запитів і швидко розуміє навіть специфічні питання, що стосуються організації занять.

Друга група – наукові пошукові системи: Google Scholar, Semantic Scholar, Perplexity, ResearchGate. Google Scholar залишається базовим інструментом для широкого пошуку завдяки найбільшому охопленню наукових публікацій, простоті інтерфейсу та функціям відстеження цитувань і автоматичних сповіщень про нові публікації за темою. Semantic Scholar індексує понад 200 млн наукових праць і застосовує ШІ-алгоритми для автоматичного ранжування статей за релевантністю, побудови графів цитувань і рекомендації пов'язаних досліджень. Це дозволяє знаходити ключові роботи у 3–4 рази швидше порівняно з традиційним пошуком і є незамінним для глибокого аналізу та виявлення зв'язків між дослідженнями. Perplexity AI є корисним для швидкого пошуку актуальної інформації у відкритих джерелах, освітніх порталах і сайтах: він синтезує дані з кількох веб-джерел одночасно і автоматично їх цитує, однак не замінює академічних баз даних. ResearchGate більшою мірою функціонує як соціальна мережа для прямої комунікації з авторами й обміну препринтами, поступаючись спеціалізованим системам за пошуковими можливостями.

Третя група – інструменти ШІ для роботи з науковою літературою: Elicit, Scite, Consensus, SciSpace, Iris.ai, ResearchRabbit. Ці сервіси забезпечують автоматичне резюмування наукових статей, визначення ключових даних із досліджень і аналіз якості цитувань. Elicit підходить для систематичних оглядів літератури і демонструє дані зі статей у структурованому форматі таблиць (це особливо зручно при підготовці курсових і кваліфікаційних робіт студентами). Scite завдяки унікальній функції «Smart Citations» показує, як саме цитується те чи інше дослідження (платформа аналізує понад 1,2 млрд наукових тверджень). Consensus синтезує висновки з багатьох статей і відповідає на дослідницькі запити у форматі «так/ні» з обґрунтуванням. SciSpace містить функцію інтерактивного читача PDF з можливістю ставити питання до кожного абзацу і пояснювати складні терміни та концепції, що є особливо цінним для роботи зі студентами у науково-дослідній діяльності. ResearchRabbit забезпечує візуалізацію зв'язків між статтями та авторами, організацію пошуку і огляду літератури, що дозволяє не губитися серед тисяч робіт і знаходити релевантні публікації. Тому для викладача це зручний безкоштовний інструмент для підготовки навчальних матеріалів, пошуку сучасних джерел та відстежування актуальних досліджень у своїй сфері.

Четверта група – інструменти для написання наукових текстів: Jenni AI, ResearchPal. Ці сервіси є текстовими редакторами-коректорами, що допомагають у написанні наукових робіт, форматуванні цитувань, а також здатні перефразувати текст для уникнення плагіату. Вони можуть бути корисними при написанні статей, методичних рекомендацій, однак потребують ретельної перевірки згенерованого тексту на предмет точності фактичної інформації.

2. Ефективність, продуктивність і точність

На основі детального аналізу всіх розглянутих сервісів за критерієм ефективності та продуктивності у пошуку інформації виділено інструменти, які максимально підвищують результативність роботи викладача методичних дисциплін: Semantic Scholar, Google Scholar, Perplexity, Elicit, Scite, Consensus і Claude. Дослідники наголошують, що поєднання різних інструментів ШІ у єдину дослідницьку стратегію є значно ефективнішим, ніж використання будь-якого одного сервісу [4].

За критерієм простоти використання найбільш доступними з практично нульовим порогом входу є ChatGPT, Google Scholar, Claude, Gemini і Perplexity (їх можна продуктивно застосовувати вже через 0–5 хвилин після першого знайомства). Всі інші розглянуті сервіси (Elicit, Scite, Iris.ai тощо) потребують значно більше часу на освоєння (від 2 до 50 годин), мають довшу криву навчання та орієнтовані на просунутих користувачів або вузькоспеціалізовані завдання.

Для базових потреб викладача достатньо комбінації: Google Scholar (академічний пошук), ChatGPT, Gemini або Claude (генерація контенту та глибокий аналіз тексту), Perplexity (перевірка актуальності інформації з посиланнями на джерела).

Щодо точності та релевантності контенту: серед генеративних моделей найвищий показник демонструє Claude, який ретельно працює з фактами та інформацією. ChatGPT і Gemini, незважаючи на якісні пояснення й коментування, іноді надають узагальнені або неперевірені дані. Зокрема, ChatGPT, залишаючись одним із найпотужніших інструментів для генерації ідей і матеріалів до занять, має найнижчий показник точності через схильність до так званих «галюцинацій» – генерації правдоподібних, але неправдивих фактів. Тому його контент завжди потребує обов'язкової верифікації через Perplexity або Google Scholar.

Найвищу достовірність забезпечують спеціалізовані сервіси пошуку наукової літератури: Semantic Scholar, Google Scholar, Scite, Elicit, Perplexity і SciSpace. Вони працюють із рецензованими джерелами, надають покликання, які легко перевірити через відкритий доступ, і показують зв'язки між дослідженнями. Для викладача оптимальна стратегія полягає у комбінуванні: Google Scholar або Semantic Scholar для фундаментальних джерел, Perplexity або Scite для перевірки фактів та актуальності, Claude або Elicit для глибокого аналізу та резюмування знайденої літератури [4].

3. Доступність, інтеграція та безпека даних

Фінансова доступність є суттєвим чинником при виборі інструментів III. Найбільш доступними є: Google Scholar, Semantic Scholar, ResearchGate, SciSpace, ResearchRabbit, Elicit і базова версія Perplexity – вони безкоштовні або пропонують широкі безоплатні можливості. Частково безкоштовними з обмеженнями є Iris.ai, Consensus і Jenni AI. ChatGPT, Claude, Gemini і Copilot мають базові безкоштовні тарифи, достатні для більшості завдань пошуку інформації, однак повний функціонал (зокрема, обробка великих документів) доступний на платній основі.

З огляду на інтеграцію з існуючими робочими системами найбільш зручними є Copilot (глибока інтеграція з Microsoft 365) і Gemini (інтеграція з Google Workspace): вони дозволяють виконувати завдання безпосередньо у робочих документах, зберігати файли, користуватися поштою і хмарним сховищем. ChatGPT і Claude пропонують з'єднання через API з навчальними платформами та використання плагінів для роботи з PDF-файлами. Google Scholar, ResearchRabbit і Elicit інтегруються з бібліографічними менеджерами Zotero і Mendeley, що дозволяє зручно керувати списком джерел до навчальних курсів і власних публікацій.

Питання безпеки даних є важливим у контексті академічного використання. ChatGPT, Gemini, Claude і Copilot забезпечують шифрування та наявність політик конфіденційності, однак не рекомендовані для введення персональних даних студентів. Сервіси третьої групи (Google Scholar, Semantic Scholar, ResearchGate, Scite, ResearchRabbit, Iris.ai, Elicit, Consensus, SciSpace, Jenni AI, ResearchPal) переважно працюють з відкритими науковими джерелами, дотримуються вимог GDPR і не збирають приватні освітні дані, що робить їх безпечнішими для використання в університетах [14].

4. Оптимальний комплекс інструментів III

На основі комплексного аналізу за даними критеріями, а також рейтингів і відгуків користувачів сформовано рекомендований комплекс інструментів III, структурований відповідно до основних завдань професійної діяльності викладача закладу вищої освіти.

Для базового пошуку наукової літератури рекомендується використовувати: Google Scholar, Semantic Scholar, ResearchRabbit, SciSpace. Ці сервіси отримали найвищі оцінки серед користувачів, забезпечують широке охоплення публікацій, зручний інтелектуальний пошук і можливість відстеження нових досліджень у визначеній галузі.

Для системного і глибокого огляду наукових джерел найефективнішими є Scite і Elicit. Перший дозволяє критично оцінювати якість педагогічних джерел через перевірку контексту цитувань, другий – проводити систематичні огляди з витягом структурованих даних безпосередньо зі статей і їх зіставленням у табличному форматі.

Для пошуку інформації та актуальних матеріалів до занять оптимальними є Perplexity і Gemini. Perplexity забезпечує швидкий пошук актуальної інформації з автоматичним цитуванням джерел, що ідеально підходить для перевірки достовірності матеріалів і підготовки до лекцій. Gemini, завдяки глибокій інтеграції з Google Workspace, зручний для безпосередньої роботи в документах і презентаціях.

Для генерації навчального контенту та глибокого аналізу методичних матеріалів рекомендуються Claude і ChatGPT, що здобули найвищі оцінки серед генеративних моделей. Claude має найкращі відгуки серед усіх генеративних систем і дійсно може узагальнити отримані дані й інформацію з інтернет-джерел та посібників, допомогти викладачу у генерації методичних матеріалів. Водночас завдяки можливості обробки великих документів на платній основі Claude є незамінним для одночасного аналізу кількох наукових статей, порівняння методичних підходів і формулювання аналітичних висновків.

Таким чином, комбінація різних інструментів III створює оптимальний процес пошуку інформації як наукової так і методичної літератури, підвищуючи продуктивність роботи викладача: Google Scholar (широке охоплення) → Semantic Scholar (інтелектуальне ранжування) → Consensus / Elicit / Scite (верифікація якості та структурування даних) → Perplexity (актуалізація інформації) → Claude / ChatGPT / Gemini (генерація методичних матеріалів) → Claude (глибокий аналіз і узагальнення) [15].

Важливо наголосити, що впровадження інструментів III у професійну діяльність викладача не замінює традиційні підходи до роботи з науковою літературою, а доповнює їх, суттєво підвищуючи продуктивність і якість дослідницької роботи. Водночас ефективне використання таких інструментів потребує розвитку цифрової компетентності, критичного мислення, розуміння можливостей кожного конкретного сервісу, усвідомленого і відповідального використання інструментів III з позиції академічної доброчесності.

III. Висновки

Проведений порівняльний аналіз шістнадцяти інструментів штучного інтелекту за даними критеріями дозволяє сформулювати такі висновки:

1. Для викладача методичних дисциплін ЗВО найбільш ефективним є комплексний підхід до використання інструментів III, що поєднує засоби різних функціональних груп: наукові пошукові системи (Google Scholar, Semantic Scholar), інструменти аналізу літератури (Elicit, Scite, ResearchRabbit) та генеративні мовні моделі (Claude, ChatGPT). Жодний окремий сервіс не здатен повноцінно замінити такий комплекс.

2. Базовий комплекс для більшості типових завдань викладача може включати: Google Scholar і Semantic Scholar (пошук та ранжування літератури), Elicit і Scite (якісний аналіз і верифікація джерел), Perplexity (актуалізація та перевірка інформації), Claude і ChatGPT (генерація й аналіз методичних матеріалів). Усі ці сервіси мають безкоштовні або умовно безкоштовні тарифи, що робить їх фінансово доступними для викладачів ЗВО.

3. Серед генеративних моделей III Claude демонструє найвищу точність опрацювання фактичної інформації, найкращу адаптивність до специфічних методичних запитів і найвищі оцінки користувачів. Він є пріоритетним інструментом для глибокого академічного аналізу та генерації якісного навчального контенту.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з практичним тестуванням і впровадженням відібраного комплексу інструментів у реальну педагогічну практику, дослідженням їхнього впливу на якість і продуктивність роботи викладача, а також розробкою методичних рекомендацій щодо ефективного й відповідального використання III у підготовці майбутніх учителів.

IV. Список використаних джерел

- [1] F. Miao and W. Holmes. "Guidance for Generative AI in Education and Research". *Paris, France: UNESCO*, 2023. <https://doi.org/10.54675/EWZM9535>
- [2] J. Huang and M. Tan. M. "The role of ChatGPT in scientific communication: writing better scientific review articles". *American journal of cancer research*, 13(4), 1148–1154, 2023. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37168339/>
- [3] Cybernews Team. "Best AI for Research: 11 Tools for Your Academic Work". *Cybernews*. [Online]. Available: <https://cybernews.com/ai-tools/best-ai-for-research/>
- [4] С. Скворцова та Т. Симоненко. "Штучний інтелект у науковій діяльності викладача університету: методологія та інструментарій: монографія". Одеса, Україна: Університет Ушинського, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.pdpu.edu.ua/handle/123456789/23376>

AI TOOLS FOR INFORMATION SEARCH IN THE PROFESSIONAL ACTIVITIES OF A HIGHER EDUCATION INSTITUTION INSTRUCTOR

Haievets Yana

ABSTRACT. This paper presents a comparative analysis of sixteen artificial intelligence tools and substantiates their selection for searching scholarly, methodological, and educational information in the professional practice of higher education institution instructors.

KEYWORDS: artificial intelligence tools, information search, professional activities of an instructor.

АЛГОРИТМІЧНЕ ФОРМУВАННЯ КОГНІТИВНИХ ІЛЮЗІЙ КОМПЕТЕНТНОСТІ У СТУДЕНТІВ ПІД ВПЛИВОМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Глушкова Дар'я¹

¹Харківський національний університет внутрішніх справ, Харків, Україна
demid669@icloud.com

АНОТАЦІЯ. У статті досліджується феномен алгоритмічного формування когнітивних ілюзій компетентності у здобувачів освіти під впливом штучного інтелекту. Обґрунтовано, що сучасні системи штучного інтелекту, зокрема генеративні мовні моделі, не лише виступають інструментом навчання, а й впливають на метакогнітивні процеси, формуючи хибне відчуття розуміння навчального матеріалу. Встановлено, що ключовим механізмом цього явища є ефект легкості обробки інформації, за якого структуровані та зрозумілі відповіді штучного інтелекту інтерпретуються студентами як ознака глибокого засвоєння знань.

Проаналізовано основні механізми формування ілюзії компетентності, серед яких особливе значення мають делегування когнітивних зусиль, підміна активного навчання пасивним споживанням інформації та відсутність метакогнітивної перевірки знань. На прикладах із правової, медичної та технічної освіти показано, що такі ілюзії призводять до формування псевдокомпетентності та зниження здатності до практичного застосування знань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект (ШІ), освіта, когнітивні ілюзії, освітні технології, навчальний процес, цифровізація освіти.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку освіти характеризується глибокою цифровізацією навчального процесу, що супроводжується активним впровадженням систем ШІ у різні його складові. Інтелектуальні освітні платформи, адаптивні навчальні середовища та генеративні мовні моделі трансформують традиційні підходи до здобуття знань, створюючи нові можливості для персоналізації навчання, підвищення його доступності та оптимізації освітніх траєкторій. Разом із тим поряд із очевидними перевагами виникають і нові виклики, які потребують глибокого теоретичного осмислення. Одним із таких викликів є формування когнітивних ілюзій компетентності у здобувачів освіти під впливом ШІ, що проявляється у розриві між суб'єктивним відчуттям розуміння та об'єктивним рівнем знань.

II. Основна частина

Проблематика когнітивних ілюзій не є новою для психології та педагогіки, однак у контексті використання ШІ вона набуває якісно нового змісту. У класичному розумінні метакогнітивні процеси включають здатність особи оцінювати власні знання, контролювати процес навчання та коригувати його залежно від результатів. Одним із найбільш відомих феноменів у цій сфері є ілюзія глибини пояснення, яка полягає у схильності людей переоцінювати власне розуміння складних явищ до моменту, поки вони не стикаються з необхідністю їх самостійного відтворення або пояснення. Наприклад, студент може бути впевнений у тому, що розуміє принцип верховенства права або механізм дії адміністративно-правових норм, однак при спробі застосувати ці знання у конкретній ситуації виявляється їх поверхневий характер. У традиційних умовах навчання подібні ілюзії частково компенсувалися необхідністю самостійного опрацювання матеріалу, аналізу джерел, формування аргументів та участі у дискусіях. Проте з появою ШІ ці природні механізми когнітивної перевірки значною мірою послаблюються [1].

Системи ШІ, зокрема генеративні мовні моделі, здатні продукувати відповіді, які за своєю формою та структурою максимально наближені до експертного знання. Вони не лише

відтворюють інформацію, але й організовують її у вигляді логічно завершених пояснень, що відзначаються високим рівнем зрозумілості, послідовності та адаптованості до рівня користувача. Така особливість створює принципово новий тип взаємодії між студентом і знанням: замість поступового конструювання когнітивної моделі відбувається її миттєве отримання у готовому вигляді. Це, у свою чергу, змінює характер навчального процесу, перетворюючи його з активною діяльністю на переважно пасивне споживання інформації [2].

Особливу роль у формуванні когнітивних ілюзій відіграє ефект легкості обробки інформації. Психологічні дослідження свідчать, що інформація, яка сприймається легко, здається більш зрозумілою та достовірною. Саме цей механізм активно експлуатується ІІІ, який генерує тексти з високим рівнем когнітивної плавності. У результаті у студента виникає відчуття, що матеріал є повністю засвоєним, хоча насправді це ілюзія, зумовлена формою подання інформації, а не її глибинним опрацюванням. Таким чином, ІІІ виступає не лише джерелом знань, але й фактором, що впливає на метакогнітивні оцінки, формуючи помилкову впевненість у власній компетентності.

Механізм алгоритмічного формування когнітивних ілюзій можна описати як послідовність взаємопов'язаних процесів. На першому етапі студент отримує від ІІІ відповідь, яка відзначається високим рівнем структурованості та зрозумілості. На другому етапі відсутність когнітивного навантаження призводить до того, що мозок не фіксує сигналів складності, які зазвичай свідчать про необхідність додаткового опрацювання матеріалу. На третьому етапі формується метакогнітивна помилка: легкість сприйняття інтерпретується як ознака глибокого розуміння. На четвертому етапі відсутність самостійної перевірки знань закріплює це хибне уявлення, внаслідок чого виникає стійка ілюзія компетентності. Важливо підкреслити, що цей процес має алгоритмічний характер, оскільки він безпосередньо пов'язаний із особливостями функціонування ІІІ, які оптимізовані для генерації максимально зрозумілих відповідей.

Практичні прояви цього явища можна спостерігати у різних галузях освіти. Так, у сфері права студент, отримавши від ІІІ пояснення принципу верховенства права, може бути переконаний у його повному розумінні. Проте при аналізі конкретної судової справи або при необхідності відмежування цього принципу від суміжних категорій, таких як принцип законності, виявляється відсутність глибокого розуміння. Аналогічна ситуація спостерігається у сфері авіаційної підготовки, де пояснення різниці між навігаційними специфікаціями RNAV та RNP може виглядати простим і зрозумілим, однак при реальному плануванні польоту студент не здатен правильно застосувати ці знання у практичній ситуації. У медичній освіті студент може добре орієнтуватися у текстовому описі механізму дії препарату, але не вміти визначити його протипоказання або оцінити ризики застосування. У всіх цих випадках спільним є те, що знання мають декларативний характер і не трансформуються у процедурні навички.

Особливо небезпечним є те, що ІІІ сприяє делегуванню когнітивних зусиль. Замість самостійного аналізу, пошуку інформації та побудови аргументації студент покладається на готові відповіді, що призводить до поступового зниження здатності до критичного мислення. У результаті формується когнітивна залежність від ІІІ, за якої суб'єкт навчання втрачає навички самостійного розв'язання проблем. Це, у свою чергу, підсилює ефект ілюзії компетентності, оскільки студент не має можливості зіставити своє розуміння з реальними вимогами практичної діяльності [3].

Наслідки цього явища є багатовимірними. По-перше, відбувається зниження якості знань, оскільки вони не проходять стадії глибокого когнітивного опрацювання. По-друге, формується псевдокомпетентність, яка проявляється у здатності відтворювати інформацію без її розуміння. По-третє, викривлюється система оцінювання, оскільки традиційні форми контролю знань не завжди дозволяють виявити поверхневий характер засвоєння матеріалу. По-четверте, зростають ризики у професійній діяльності, особливо у галузях, де помилки можуть мати критичні наслідки, таких як право, медицина чи авіація. У цих сферах ілюзія компетентності може призвести до прийняття неправильних рішень, що становить загрозу не лише для самого фахівця, але й для суспільства в цілому.

У зв'язку з цим виникає необхідність переосмислення ролі ІІ у навчальному процесі. Його використання має супроводжуватися впровадженням метакогнітивних практик, спрямованих на розвиток здатності студентів критично оцінювати власні знання. Одним із можливих підходів є орієнтація навчання не на отримання готових відповідей, а на їх пояснення та обґрунтування. Важливим є також впровадження завдань, які передбачають самостійне застосування знань без використання ІІ, що дозволяє виявити реальний рівень компетентності. Крім того, доцільним є навчання студентів навичкам критичного аналізу відповідей, отриманих від ІІ, що сприятиме формуванню більш усвідомленого ставлення до використання таких технологій.

III. Висновки

Таким чином, ІІ виступає амбівалентним фактором у сучасній освіті: з одного боку, він значно розширює можливості навчання, а з іншого – створює нові ризики, пов'язані з формуванням когнітивних ілюзій компетентності. Основним механізмом цього явища є поєднання ефекту легкості сприйняття інформації та делегування когнітивних зусиль, що призводить до розриву між суб'єктивним відчуттям знання та його об'єктивним рівнем. У зв'язку з цим подальші дослідження мають бути спрямовані на емпіричну перевірку зазначених процесів, а також на розробку педагогічних стратегій, які дозволяють мінімізувати негативний вплив ІІ на когнітивні процеси у навчанні.

IV. Список використаних джерел

- [1] S. D. Maksymenko, Yu. B. Irkhin, L. Derkach, M. M. Marusynets, and M. Kasynets, *Psychological organization of modular formation of cognitive abilities: genetic-creative approach: study guide*. Kyiv, Ukraine: Vydavnytstvo Liudmyla, 2023. [Online]. Available: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/735944/1/Part2_8%20%281%29.pdf (accessed Mar. 18, 2026).
- [2] S. D. Maksymenko, Yu. B. Irkhin, L. M. Derkach, M. M. Marusynets, and M. M. Kasynets, *Psychological organization of modular formation of cognitive abilities: genetic-creative approach: study guide*, vol. 2. Kyiv, Ukraine: Vydavnytstvo Liudmyla, 2023, 356 p. ISBN: 978-617-555-092-2.
- [3] “Чи руйнує ChatGPT наші когнітивні здібності,” *Kunsht*, Aug. 29, 2025. [Online]. Available: <https://www.kunsht.com.ua/articles/chatgpt-i-kohnityvni-zdibnosti> (accessed Mar. 18, 2026).

ALGORITHMIC FORMATION OF COGNITIVE ILLUSIONS OF COMPETENCE IN STUDENTS UNDER THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Daria Hlushkova

ABSTRACT. This article examines the phenomenon of the algorithmic formation of cognitive illusions of competence among students under the influence of artificial intelligence. It is substantiated that modern artificial intelligence systems, particularly generative language models, function not only as learning tools but also significantly influence metacognitive processes, creating a false sense of understanding of educational material. It has been established that the key mechanism underlying this phenomenon is the *processing fluency effect*, whereby structured and easily comprehensible responses generated by artificial intelligence are interpreted by students as evidence of deep knowledge acquisition.

The study analyzes the main mechanisms contributing to the formation of the illusion of competence, among which particular importance is attributed to the delegation of cognitive effort, the substitution of active learning with passive information consumption, and the lack of metacognitive monitoring and knowledge verification. Using examples from legal, medical, and technical education, it is demonstrated that such illusions lead to the development of pseudo-competence and a reduced ability to apply knowledge in practice.

KEYWORDS: artificial intelligence (AI), education, cognitive illusions, educational technologies, learning process, digitalization of education.

RESPONSIBLE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SOFTWARE MODELING AND ANALYSIS EDUCATION COURSE

Horokhova Olena¹

¹State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine

E-mail: o.horokhova@knute.edu.ua

ABSTRACT. This article examines approaches to the responsible use of artificial intelligence in a software modeling and analysis course. It highlights the benefits of AI tools and principles of use that promote critical thinking, digital literacy and academic integrity.

KEY WORDS: artificial intelligence tools, software modeling, code analysis, academic integrity, critical thinking.

I. Introduction

"Software Modeling and Analysis" is a university education course that develops students' systems thinking, analytical skills, the ability to work with abstractions (e.g., UML, BPMN, statechart diagrams), and make informed decisions in the process of developing and testing models. These competencies require a deep understanding of processes, not just mechanical task performance [1]. Therefore, it is important that students not only use tools, but also understand the logic behind them.

In modern software development, AI is already actively used, in particular for code generation (e.g., GitHub Copilot), for requirements analysis (LLM assistants), for automated testing (Diffblue, Testim), and for documentation creation (e.g., using Grammarly or LanguageTool).

II. Main part

AI can significantly enhance learning if used responsibly. In particular, it contributes to the individualization of learning (for example, a student can receive an explanation of a complex topic in a convenient format); rapid feedback (quickly analyzing code or diagrams for errors); supporting creativity (generating alternative versions of a model or tests); increasing efficiency (automatic creation of templates, diagrams, tests) [2].

However, uncontrolled use of AI can lead to the loss of critical thinking skills, superficial learning of the material, and violation of academic integrity. That is why it is necessary to introduce clear rules for the use of AI, which will ensure a balance between the benefits of AI and the need for independent thinking, stimulate the responsible use of technology, and develop digital literacy, including the ability to work with AI as a tool [3, 4].

The rules for the use of artificial intelligence (AI) by students when studying the course "Software Modeling and Analysis" do not restrict students, but rather, they form a culture of conscious use of innovative technologies and protect academic integrity as an important component of modern education [5]. These rules are intended to support effective learning, foster critical thinking, and uphold academic integrity. These rules include the following standards: 1) General principles for the use of AI; 2) Permitted uses of AI; 3) Prohibited uses of AI; 4) Development of critical thinking; 5) Assessment and verification; 6) Recommendations for the use of AI.

Let's focus on the general principles and permissions for using AI.

General principles for using AI

AI is a tool, not a replacement for thinking. Students should use AI to support their own learning, not to completely complete tasks for them.

Transparency of use. If a student uses AI to complete a task, this should be clearly stated (for example, as a note or comment in the paper).

Academic integrity. It is forbidden to submit answers generated entirely by AI as your own work without proper analysis, adaptation, and understanding.

AI is allowed to be used for:

- ✓ Generating ideas or examples for modeling.
- ✓ Explaining complex concepts (e.g., UML diagrams, design patterns).
- ✓ Checking the syntax or logic of code.
- ✓ Analyzing errors in program code.
- ✓ Finding alternative approaches to solving problems.

✓ Generating test data or scenarios for modeling.

Acceptable AI tools, terms of use and limitations

Based on the systematization of the necessary information, we will form a table:

Table 1

<i>Tool</i>	<i>Appointment</i>	<i>Terms of use</i>	<i>Limitation</i>
ChatGPT / Copilot / Gemini	Explanation of concepts, idea generation, code analysis	Use as a consultant, with mandatory critical analysis of answers	It is forbidden to copy answers without adaptation or understanding.
GitHub /Copilot	Help with writing code, autocomplete	Allowed for support during laboratory work	Cannot be used to complete tasks without your own input
Draw.io / Lucidchart / PlantUML	Creating UML diagrams	Allowed for model visualization	The student must understand the created diagram and be able to explain it.
Codeium / Tabnine	Code autocompletion	Allowed to speed up development	Does not replace understanding of programming logic
AI-testers (for example, Diffblue Cover)	Unit test generation	Allowed for testing your own code	Cannot be used to test someone else's code without permission
Grammarly / LanguageTool	Grammar and style check of technical documentation	Allowed to improve text quality	Does not affect the technical essence of the documentation

Table is formed by the author.

General restrictions:

- always indicate which AI tool was used and for what purpose;
- do not use AI to create fake results (e.g., fabricated metrics, tests, charts);
- do not rely on AI as the sole source of truth – verify information from multiple sources;
- the use of AI does not exempt you from responsibility for the content of your work.

III. Conclusions

Artificial intelligence has significant potential to enhance the learning process when used in a responsible and well-regulated manner. Its application supports the individualization of learning, provides rapid feedback, fosters creativity, and increases students' efficiency in solving educational and modeling tasks. At the same time, uncontrolled or inappropriate use of AI may negatively affect the development of critical thinking, lead to superficial understanding, and pose risks to academic integrity. The introduction of clear and transparent rules for the use of AI in the course "Software Modeling and Analysis" ensures a balanced integration of innovative technologies into the educational process. These rules emphasize AI as a supportive tool rather than a replacement for independent thinking, encourage transparency in its use, and uphold the principles of academic integrity. Permitting AI for idea generation, explanation of complex concepts, code analysis, and the development of alternative solutions contributes to more effective learning and deeper understanding of the subject matter. Consequently, the proposed principles and guidelines promote responsible use of AI, support the development of digital literacy, and create conditions for meaningful learning while preserving students' autonomy and intellectual responsibility.

IV. References

- [1] R. Sajja, Y. Sermet, B. Fodale, and I. Demir, "Evaluating AI-powered learning assistants in engineering higher education with implications for student engagement, ethics, and policy," *Scientific Reports*, vol. 16, Article 7565, 2026. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-026-39237-5>
- [2] M. Wickramasinghe, L. Gunawardena, and A. Padukkage, "Ethical principles for artificial intelligence in education: a meta-review approach," *AI and Ethics*, vol. 6, Article 63, 2026. doi: <https://doi.org/10.1007/s43681-025-00878-3>
- [3] B. H. Gulumbe, S. M. Audu, and A. M. Hashim, "Balancing AI and academic integrity: what are the positions of academic publishers and universities?" *AI & Society*, vol. 40, pp. 1775–1784, 2025. doi: <https://doi.org/10.1007/s00146-024-01946-8>
- [4] A. Bernik, D. Radošević, and A. Čep, "AI-Powered Learning: Revolutionizing Education and Automated Code Evaluation," *Information*, vol. 16, no. 11, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/info16111015>
- [5] H. Zhu, Y. Sun, and J. Yang, "Towards responsible artificial intelligence in education: a systematic review on identifying and mitigating ethical risks," *Humanities and Social Sciences Communications*, vol. 12, no. 1111, 2025. doi: <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05252-6>

ВІДПОВІДАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ КУРСІ З МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Горохова Олена

АНОТАЦІЯ. У статті розглядаються підходи відповідального використання штучного інтелекту в курсі з моделювання та аналізу програмного забезпечення. У ній висвітлюються переваги інструментів ШІ та принципи використання, що сприяють критичному мисленню, цифровій грамотності та академічній доброчесності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інструменти штучного інтелекту, моделювання програмного забезпечення, аналіз коду, академічна доброчесність, критичне мислення.

ШІ-АГЕНТИ ЯК ОСНОВНИЙ ІНСТРУМЕНТ В ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ІТ-ФАХІВЦЯ

Гриценко Володимир¹

¹Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси, Україна.
E-mail: volodyk753@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Досліджено роль ШІ-агентів у діяльності ІТ-фахівців. Розглянуто їх еволюцію, використання скілів та інтеграцій для автоматизації процесів. Визначено зміну ролі розробника та основні ризики, зокрема галюцинації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ШІ-агенти, автоматизація, ІТ-фахівці, скіли, MCP-сервери.

I. Вступ

Стрімкий розвиток генеративного штучного інтелекту зумовив суттєві зміни у його застосуванні в професійній діяльності ІТ-фахівців. Уже сьогодні традиційний підхід до написання коду поступово втрачає свою ефективність, поступаючись місцем новим методам взаємодії з інтелектуальними системами.

Декілька років тому основним способом використання штучного інтелекту було спілкування з ним за аналогією до людини. Для отримання якісного результату необхідно було формулювати детальні та чіткі інструкції: від принципів іменування файлів до конкретної логіки реалізації коду. Без такого рівня деталізації результати роботи штучного інтелекту часто не відповідали вимогам, не узгоджувалися з існуючою кодовою базою та потребували значного ручного доопрацювання. У багатьох випадках це знижувало довіру до використання ШІ при виконанні складних завдань.

Однак ситуація суттєво змінилася з появою ШІ-агентів, що змістило фокус у роботі ІТ-фахівця: від безпосереднього написання коду до постановки задач і контролю їх виконання.

Сучасні інструменти дозволяють делегувати значну частину процесу розробки автономним системам, що здатні виконувати багатокрокові задачі з мінімальним втручанням людини.

Таким чином, роль розробника поступово трансформується: він усе більше виступає як координатор та менеджер ШІ-агентів, відповідальний за правильну постановку задач, оцінку результатів та інтеграцію рішень у загальну систему.

II. Основна частина

ШІ-агент – це вже не просто чат, здатний відповідати на запитання. Сучасний агент виступає повноцінним помічником у роботі IT-фахівця – автономним інструментом, який може виконувати поставлені задачі, проводити аналіз, планувати кроки виконання, ставити уточнюючі запитання та перевіряти отримані результати [1].

Щоб зрозуміти значення цього підходу, варто звернутися до того, як виглядала робота розробника раніше. До появи сучасних інструментів штучного інтелекту основними джерелами знань і підтримки були спеціалізовані ресурси, такі як Stack Overflow, а також пошукові системи та офіційна документація. Хоча на цих платформах можна було знайти відповіді на більшість технічних запитань, сам процес пошуку часто займав значну кількість часу, а у складних випадках вирішення проблем могло тривати днями або навіть тижнями.

Важливу роль у підвищенні продуктивності відігравали і редактори коду. Зокрема, середовища розробки від компанії JetBrains пропонували функції автодоповнення, що дозволяли скоротити час написання коду: розробнику було достатньо почати вводити назву змінної або функції, після чого редактор пропонував можливі варіанти завершення.

Наступним етапом стала поява інструментів на основі штучного інтелекту, зокрема GitHub Copilot. На відміну від традиційного автодоповнення, такі рішення вже могли генерувати не лише окремі слова, а й повноцінні рядки та блоки коду. Це суттєво пришвидшило виконання рутинних задач, особливо у випадках, коли код повторювався або мав аналогії в межах проєкту.

Подальший розвиток призвів до появи більш інтегрованих рішень, таких як Cursor AI, які поєднували можливості редактора коду з вбудованим ШІ-асистентом, здатним працювати безпосередньо з кодовою базою. Логічним продовженням цієї еволюції стала поява ШІ-агентів – систем, здатних виконувати складні багатокрокові задачі з мінімальним втручанням користувача.

Сьогодні одним із прикладів таких рішень є Claude Code, який демонструє високий рівень якості згенерованих рішень і програмного коду, що робить подібні інструменти важливими елементами сучасного процесу розробки.

Однак навіть попри високий рівень розвитку, ефективність ШІ-агентів значною мірою залежить від того, як саме вони налаштовані та інтегровані у робочий процес. Одним із ключових підходів до їх вдосконалення є використання так званих “скілів” (skills).

У контексті ШІ-агентів скіли можна розглядати як набір інструкцій або сценаріїв, що описують виконання конкретних дій. Вони є певним аналогом навичок у реальному житті, але реалізуються у вигляді структурованих описів або конфігурацій, які агент використовує під час роботи. Хоча базово агент уже має вбудовані алгоритми дій, у реальних умовах задачі часто є специфічними та вимагають врахування контексту конкретного проєкту. Саме тому виникає потреба у додаткових, більш точних інструкціях.

Наприклад, для автоматизації створення щотижневого звіту можна сформувати окремий скіл, який визначає повний процес: отримання даних із відповідних джерел, їх аналіз, формування підсумків та надсилання результату у визначене місце. Такий підхід дозволяє мінімізувати ручне втручання та забезпечити стабільність виконання повторюваних задач.

Водночас скіли – це не лише інструкції, а й носії знань про процеси та підходи до розробки. Вони можуть містити рекомендації щодо організації коду, використання бібліотек та вибору рішень у типових ситуаціях. При цьому важливо, щоб скіли не були перевантажені технічними деталями реалізації. Сучасні агенти здатні самостійно аналізувати код і розуміти, як працюють окремі функції. Натомість їхня основна цінність полягає у поясненні причин: чому певне рішення є доцільним і чому код має бути організований саме таким чином.

Таким чином, скіли допомагають агенту не лише виконувати інструкції, а й враховувати контекст і логіку побудови системи, закриваючи неочевидні аспекти, які складно вивести лише з аналізу коду.

Ще одним важливим напрямом підвищення ефективності є інтеграція агентів із зовнішніми сервісами. Це дозволяє значно розширити їхню функціональність і перейти від виконання окремих задач до автоматизації цілих процесів [2].

Ключову роль у цьому відіграють MCP-сервери (Model Context Protocol), які виступають посередниками між ШІ-агентом та зовнішніми системами, забезпечуючи стандартизований доступ до даних і функцій. Завдяки цьому агент може взаємодіяти з різними інструментами в межах єдиного процесу.

Наприклад, якщо задача зберігається у системі управління проєктами, такій як Jira або Trello, агент може отримати до неї доступ, виконати аналіз, підготувати рішення, внести зміни у кодову базу та створити pull request у репозиторії, наприклад на платформі GitHub.

У поєднанні зі скілами це дозволяє реалізувати повністю автоматизований робочий процес, у якому агент проходить весь шлях від отримання задачі до її вирішення. Саме це принципово відрізняє ШІ-агентів від звичайних чат-інтерфейсів: якщо чат переважно генерує відповіді, то агент здатний діяти та досягати конкретного результату.

У результаті роль розробника зазнає суттєвих змін. Він більше не зосереджується виключно на написанні коду, а виступає як координатор процесу: формулює задачі, керує агентами, контролює їх виконання та оцінює результати. Саме така взаємодія дозволяє досягати високої продуктивності при мінімальному рівні ручного втручання.

Водночас, попри всі переваги, використання ШІ-агентів пов'язане з певними ризиками. Одним із ключових є явище галюцинацій, коли агент генерує некоректні або вигадані результати, що можуть виглядати правдоподібно. Ризик їх виникнення зростає зі збільшенням обсягу контексту, який включає історію взаємодії, проміжні результати та іншу накопичену інформацію.

Надмірний контекст може призводити до втрати фокусу та зниження якості рішень. У зв'язку з цим доцільно використовувати окремого агента для кожної конкретної задачі або обмеженого набору задач. Якщо обсяг контексту стає занадто великим і якість роботи погіршується, ефективною практикою є завершення поточного сеансу та ініціалізація нового.

Таким чином, незважаючи на високий рівень автономності, ШІ-агенти все ще потребують контролю, а ефективність їх використання на пряму залежить від правильності організації взаємодії з ними.

III. Висновки

Розвиток штучного інтелекту в IT-сфері пройшов шлях від допоміжних інструментів до повноцінних автономних систем. Якщо раніше основна взаємодія з ШІ обмежувалася генерацією відповідей або підказок, то на сучасному етапі ШІ-агенти здатні виконувати складні багатокрокові задачі та інтегруватися у повноцінні процеси розробки.

Важливим етапом цієї еволюції стало впровадження інструментів, що дозволяють не лише генерувати код, а й взаємодіяти з середовищем розробки, системами управління задачами та іншими сервісами. У поєднанні зі скілами та інтеграціями це забезпечує можливість автоматизації повного циклу роботи над задачею – від аналізу до реалізації.

У результаті відбувається суттєва трансформація ролі IT-фахівця. Розробник поступово переходить від безпосереднього написання коду до управління процесами та ШІ-агентами. Ключовими компетенціями стають постановка задач, структуризація процесів, контроль якості результатів та вміння ефективно використовувати можливості штучного інтелекту.

Водночас встановлено, що використання ШІ-агентів має певні обмеження. Зокрема, існує ризик виникнення галюцинацій, особливо при роботі з великим обсягом контексту, що може негативно впливати на якість результатів. Це обумовлює необхідність збереження контролю з боку користувача та застосування практик, спрямованих на обмеження складності задач і контексту.

Таким чином, ШІ-агенти вже сьогодні виступають важливим інструментом у професійній діяльності IT-фахівців, однак їх ефективне використання потребує не лише технічних знань, а й нового підходу до організації роботи. Подальший розвиток цієї сфери, ймовірно, буде

пов'язаний із поглибленням автономності агентів та розширенням їх інтеграції в робочі процеси, що ще більше посилить роль людини як координатора та архітектора рішень.

IV. Список використаних джерел

- [1] Choudhary R. How AI Agents Can Help Software Engineers // InterviewKickstart – 12.01.2026. – Режим доступу: <https://interviewkickstart.com/blogs/articles/ai-agents-can-help-software-engineers>.
- [2] Wangfred. How to Use AI for Work Productivity: A Complete Guide to Automating Tasks and Unlocking Your Potential // INAIRSPACE – 04.02.2026. – Режим доступу: <https://inairspace.com/blogs/learn-with-inair/how-to-use-ai-for-work-productivity-a-complete-guide-to-automating-tasks-and-unlocking-your-potential>.

AI AGENTS AS THE MAIN TOOL IN THE PROFESSIONAL ACTIVITY OF AN IT SPECIALIST

Volodymyr Hrytsenko

ABSTRACT. The paper explores the role of AI agents in IT professionals' work. It analyzes their evolution, use of skills, and integrations for automation, and highlights the shift in the developer's role and key risks, including hallucinations.

KEYWORDS: AI agents, automation, IT professionals, skills, MCP servers.

ІНТЕГРАЦІЯ ІНСТРУМЕНТІВ ГЕНЕРАТИВНОГО ШІ В ПРАКТИЧНУ ПІДГОТОВКУ ФАХІВЦІВ З DATA-МАРКЕТИНГУ

Грицук Юрій¹

¹Національний університет «Острозька академія», Острог, Україна
E-mail: yurii.hrytsuk@oa.edu.ua

АНОТАЦІЯ. В роботі досліджено інтеграцію генеративного ШІ в підготовку DATA-маркетологів. Представлено розроблений комплекс практичних робіт, що охоплює AI-аналітику, генерацію контенту та стратегію. Показано, що поєднання ШІ з критичним мисленням студента ефективно підвищує його фахову готовність.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний штучний інтелект; маркетингова освіта; DATA-маркетинг; промпт-інжиніринг; критичний аналіз.

I. Вступ

Еволюція використання ШІ в освіті маркетологів розглядається дослідниками як перехід від суто аналітичних та обчислювальних моделей до генеративних систем, здатних створювати новий контент (текст, зображення, відео, код) на основі алгоритмів глибокого навчання та великих мовних моделей (LLM) [1]. У цьому контексті дослідники виділяють три рівні ШІ-інтелекту: «механічний» (автоматизація рутинних завдань), «мислячий» (аналіз даних та розпізнавання патернів) та «відчуваючий» (персоналізація комунікацій та управління клієнтським досвідом) [2]. У відповідності до такого підходу, компетенції сучасного маркетолога мають охоплювати три ключові сфери [3]:

1. Аналітичні можливості: використання ШІ для формулювання запитів (промптів) з метою отримання дієвих висновків, моделювання поведінки споживачів та складної сегментації.
2. Технологічні можливості: розуміння принципів роботи алгоритмів, їх інтеграція в CRM-системи, автоматизація кампаній та забезпечення відповідності політикам захисту даних.
3. Стратегічна ефективність: управління бізнес-процесами, вибір релевантних інструментів для оптимізації операційної діяльності та генерування інновацій.

Значної популярності набуває застосування теорії експериментального навчання Девіда Колба (Experiential Learning Theory), яка передбачає, що студенти найкраще засвоюють матеріал через безпосередній практичний досвід, рефлексію, концептуалізацію та активне

експериментування з ШІ-інструментами у симульованих бізнес-сценаріях [2]. Іншою впливовою концепцією є структура LEO (Learning framework, Educational goals, Optimize learning), яка акцентує увагу на необхідності поєднання надійних педагогічних теорій, чітко визначених освітніх цілей та оптимізації навчального процесу за допомогою концептуального інструментарію ШІ [4]. Ця модель підкреслює, що освітні цілі повинні фокусуватися на глибокому засвоєнні знань, а не лише на кредитному виконанні завдань, оскільки алгоритми дозволяють студентам генерувати правильні відповіді без реального розуміння предмета. [4]

З іншого боку, сучасні маркетингові відділи потребують фахівців, які володіють архітектурним мисленням. Вони повинні вміти не просто згенерувати рекламний текст, а й спроектувати цілісну систему, в якій аналітичний ШІ виявляє інсайти з великих даних, генеративний ШІ створює гіперперсоналізований контент на основі цих інсайтів, а алгоритми автоматизації доставляють його цільовій аудиторії в оптимальний час [3].

Таким чином, проблема полягає у необхідності розробки, обґрунтування та апробації цілісної архітектури практичної підготовки студентів-маркетологів, яка б одночасно дозволяла вирішити комплекс задач:

1. Забезпечувала наскрізну (безшовну) інтеграцію генеративного ШІ на всіх етапах циклу маркетингового менеджменту (від ідеації та аналітики до автоматизації комунікацій та формування звітності).
2. Базувалася на компетентнісному підході, зміщуючи фокус з навчання користування конкретними інтерфейсами на формування стійких навичок промпт-інжинірингу, валідації даних та стратегічного управління [5].
3. Нівелювала ризики академічної недоброчесності та когнітивної деградації через впровадження завдань, що вимагають критичної оцінки, порівняльного аналізу та багатоетапної рефлексії [6].
4. Формувала усвідомлення етичних меж використання технологій, зокрема розуміння алгоритмічної упередженості, проблем конфіденційності та захисту інтелектуальної власності [1].

II. Основна частина

Для вирішення окресленої проблематики розроблено навчально-методичний комплекс практичних робіт в рамках навчальної дисципліни «Штучний інтелект в маркетингу» для студентів спеціальності «Маркетинг» (зокрема спеціалізації «DATA-маркетинг»). Наведена програма представляє підхід до фахової підготовки, в якому штучний інтелект розглядається не як допоміжний інструмент, а як інтегральне середовище для розробки, тестування та реалізації маркетингових стратегій.

Структура кожної практичної роботи ґрунтується на моделі експериментального навчання: вона містить теоретичний базис, імітований бізнес-кейс, етап практичної взаємодії з різноманітними ШІ-інструментами, стадію критичної валідації результатів та фінальну рефлексію у формі аналітичного звіту. Такий підхід унеможливорює «сліпе» копіювання машинних відповідей, змушуючи здобувачів виступати в ролі редакторів, стратегів, рецензентів та постановників технічних завдань.

Концептуально 12 практичних завдань утворюють три взаємопов'язані модулі, які охоплюють повний спектр компетенцій сучасного маркетолога (Табл. 1, рис. 1).

Модуль 1: Креативно-генеративний синтез та автоматизація контенту. Перший блок дисципліни охоплює підходи до розробки бренд-ідентичності та рекламних креативів. Сучасний маркетолог працює в умовах надлишку контенту, тому здатність генерувати не просто великі обсяги інформації, а релевантні, гіперперсоналізовані повідомлення стає критичною.

Практична робота «AI-генерація маркетингових ідей та концепцій» слугує базисом для всього курсу. Вона деконструє процес неймінгу та розробки концепту. Студенти вчаться формувати деталізовані промпти для великих мовних моделей (можна обрати LLMs або працювати з декількома), враховуючи суть продукту, демографію цільової аудиторії, стилістику та бажані емоційні асоціації. Згенеровані 10-15 варіантів назв не приймаються

апріорі як фінальні. На цьому етапі включається ключова компетенція – валідація. Здобувачі перевіряють відібрані назви на унікальність у пошукових системах, аналізують доступність доменних імен (за допомогою сервісів Namechk, Instant Domain Search) та перевіряють можливі колізії з існуючими торговими марками через бази даних (наприклад, TMview). Це ілюструє концепцію синергії «генеративного» та «оціночного» ШІ (evaluative AI), де людина застосовує аналітичний підхід для фільтрації машинних галюцинацій та забезпечення юридичної чистоти бренду. Далі студенти розробляють архітектуру кампанії та використовують дифузійні моделі (Leonardo.Ai, Midjourney) для візуалізації концепту, завершуючи роботу створенням шаблонів для соціальних мереж та порівняльним аналізом результатів роботи різних ШІ-моделей.

Таблиця 1

Компетентісна архітектура комплексу практичних робіт з дисципліни «Штучний інтелект у маркетингу»

Модуль програми	Перелік практичних робіт	Ключові інструменти ШІ	Професійні компетенції
1. Креативно-генеративний синтез та автоматизація контенту	AI-генерація маркетингових ідей. AI-копірайтинг. Візуальний контент для SMM. Сценарії відеореклами. Генерація музики та голосу.	Google Gemini, ChatGPT, Claude, Leonardo.Ai, Canva AI, Midjourney, Suno, ElevenLabs, Namechk.	Промпт-інжиніринг, розробка візуального бренд-коду, застосування копірайтингових формул, мультимодальний синтез, перевірка інтелектуальної власності.
2. Глибока аналітика та дослідження поведінки споживачів	AI-аналітика ринку та трендів. Тональний аналіз відгуків (Sentiment Analysis). Аналіз поведінкових патернів.	Perplexity AI, ChatGPT (Advanced Data Analysis), Google Gemini.	Розвідувальний аналіз даних (EDA), аспектно-орієнтований аналіз (ABSA), виявлення інтентів, тренд-вотчинг, виявлення патернів конверсії та точок «відвалу».
3. Стратегічне управління клієнтським досвідом та звітність	Побудова персоналізованих сегментів. Розробка персонажів клієнтів (Buyer Personas). AI для email-кампаній. Побудова AI-звіту.	Універсальні LLM, Gamma.app, Tome.	AI-кластеризація, розробка CJM, автоматизація воронки, A/B тестування, Data Storytelling, розрахунок KPI (ROMI, CPA), візуалізація даних.

Практична робота «AI-копірайтинг» пропонує здобувачам перейти до алгоритмічної генерації текстів. Студенти не просто ставлять задачу ШІ «написати текст», вони вбудовують в промпти класичні маркетингові моделі – AIDA, PAS, FAB. Крім того, вони вчать задавати Tone of Voice (голос бренду), що є дуже важливим для збереження автентичності комунікацій в епоху масового використання автоматизованого контенту. Завдання включають розробку email-розсилок, текстових блоків для лендінгів, мікрокопії для інтерфейсів (UX writing) та створення порівняльних таблиць ефективності різних підходів до промптингу.

У практичній роботі «Генерація візуального контенту для SMM» фокус зміщується на розробку цілісного візуального бренд-коду. Студенти опановують складний синтаксис запитів до генераторів зображень (Midjourney, Leonardo.Ai), вчать оперувати технічними термінами (кінематографічне освітлення, фокусна відстань, стиль рендеру) та використовувати «негативні промпти» для усунення артефактів. Важливим елементом є адаптація візуалів під різні формати (наприклад, співвідношення сторін для постів в різних соціальних мережах) та

генерування варіантів для А/В тестування рекламних гіпотез (наприклад, фокус на продукті проти фокусу на емоціях користувача) з подальшою фіналізацією в графічних редакторах.

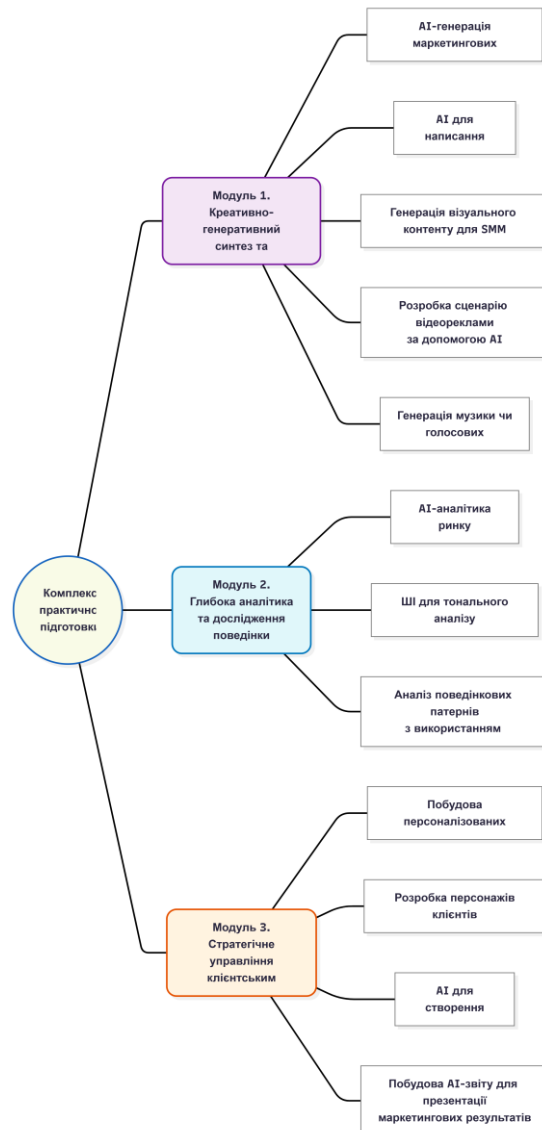


Рис. 1. Схема комплексу практичної підготовки

Практична робота «Сценарії відеореклами» акцентована на просторовому та часовому мисленні. Студенти розробляють деталізовані триколонкові сценарії (хронометраж, візуальний ряд, аудіосупровід), дотримуючись динамічної структури коротких відео для TikTok чи Reels (гачок, проблема, рішення, СТА). Наступним кроком є візуальна розкадровка (storyboarding) ключових сцен за допомогою генераторів зображень та підбір релевантного звукового супроводу, що розвиває навички режисури контенту.

Завершує цей модуль практична робота «Генерація музики та голосу», яка виводить маркетингові комунікації на рівень мультимодальності. За допомогою інструментів Text-to-Speech (ElevenLabs, PlayHT) та музичних ШІ-генераторів (Suno, Udio, нові можливості Gemini) студенти створюють корпоративні джінгли, фонові треки та голосові озвучки для відео чи подкастів. Особа увага приділяється налаштуванню параметрів (темп, інтонація, емоційне забарвлення, інструментарій) для досягнення максимальної природності та переконливості синтетичного аудіо.

Модуль 2: Глибока аналітика та дослідження поведінки споживачів. Цей модуль дозволяє студентам побачити, як генеративний ШІ демократизує процеси Data Science, дозволяючи маркетологам без глибоких знань у програмуванні виконувати складні аналітичні операції за допомогою природної мови [7].

Практична робота «AI-аналітика ринку та трендів» фокусується на здатності великих мовних моделей синтезувати величезні масиви неструктурованої інформації. Використовуючи ШІ з доступом до інтернету (Perplexity AI, Gemini), студенти проводять тренд-вотчинг, формують PESTEL та SWOT-аналіз конкурентів на основі аналізу їхніх сайтів та публікацій. Акцент робиться на валідації результатів: здобувачі повинні виявляти та відфільтровувати «галюцинації» ШІ (вигадані факти чи неіснуючі посилання), перетворюючи алгоритм на потужного, але підконтрольного дослідницького асистента.

Практична робота «Тональний аналіз відгуків - Sentiment Analysis» орієнтована на роботу з концептом «Голосу клієнта» (Voice of the Customer). Студенти переходять від примітивної бінарної класифікації (позитив/негатив) до аспектно-орієнтованого аналізу (Aspect-Based Sentiment Analysis – ABSA). В мовну модель завантажуються сирі масиви відгуків і формулюються запити таким чином, щоб ШІ розклав текст на складові: наприклад, виявив, що клієнти хвалять якість товару, але масово скаржаться на швидкість доставки тощо. Також студенти вчаться виявляти базові емоції (розчарування, радість) та приховані наміри користувачів. Завершенням роботи є трансформація отриманих інсайтів у конкретні управлінські рекомендації для відділів маркетингу та розробки продукту.

Завершує блок практична робота «Аналіз поведінкових патернів». У цьому завданні студенти виступають у ролі DATA-маркетологів, завантажуючи імітовані дані про поведінку користувачів (частота логінів, переглянуті сторінки, суми чеків тощо) в середовище Advanced Data Analysis (наприклад, у ChatGPT). Шляхом послідовного промптингу вони проводять розвідувальний аналіз (Exploratory Data Analysis), виявляючи сегменти найцінніших клієнтів, відстежуючи найпоширеніші шляхи до конверсії та ідентифікуючи точки «відвалу». Найважливішим результатом є не просто констатація факту, а вміння висувати обґрунтовані гіпотези щодо причин такої поведінки та пропонувати стратегії оптимізації клієнтського досвіду (UX).

Модуль 3: Стратегічне управління клієнтським досвідом та звітність. Цей модуль фокусується на використанні отриманих даних для створення персоналізованих комунікацій та прийняття управлінських рішень.

Практична робота «Побудова персоналізованих сегментів» демонструє переваги AI-кластеризації над традиційною демографічною сегментацією. Студенти завантажують бази даних і доручають ШІ самостійно знайти приховані закономірності у поведінці споживачів. Алгоритм групує схожих клієнтів у кластери, після чого здобувачі аналізують ці групи, присвоюють їм маркетингові назви (наприклад, «Мисливці за знижками» або «Лояльні гурмани») та розробляють для кожного сегмента персоналізовані комунікаційні стратегії, канали залучення та унікальні ціннісні пропозиції.

На основі цих сегментів у практичній роботі «Розробка персонажів клієнтів» створюються детальні портрети цільової аудиторії. Особливість підходу полягає у синтезі кількісних (опитування), якісних (інтерв'ю) та соціальних (коментарі) даних за допомогою ШІ для створення реалістичного профілю клієнта, включно з генерацією його візуального портрета. На основі отриманої персони студенти розробляють карту шляху клієнта (Customer Journey Map – CJM), визначаючи точки контакту та емоційні стани на кожному етапі. Окремим важливим завданням є розробка «негативної персони» (Exclusionary Persona) – профілю нецільового клієнта, розуміння якого дозволяє суттєво оптимізувати рекламні бюджети.

Практична робота «AI для створення email-кампаній» переводить стратегію в площину автоматизації. Студенти проєктують логічний ланцюжок автоматизованих листів (Welcome-серію, drip campaign), що поступово веде («прогріває») користувача від знайомства з брендом до першої покупки. Завдання вимагає використання ШІ для генерування десятків варіантів тем листів для A/B тестування, написання текстів з урахуванням етапу воронки продажів та адаптації контенту під географічні або поведінкові особливості сегментів.

Завершує курс практична робота «Побудова AI-звіту для презентації». Ця робота розвиває важливу компетенцію маркетолога – «сторітелінг на основі даних» (Data Storytelling). Отримавши «сирі» результати рекламної кампанії (витрати, покази, кліки, конверсії), студенти використовують LLM для розрахунку ключових показників ефективності: CPA (вартість

залучення) та ROMI (рентабельність маркетингових інвестицій). Далі вони формують промпт для ШІ для виділення неочевидних інсайтів та формулювання резюме для керівництва (Executive Summary). На основі отриманої інформації студенти використовують спеціалізовані генератори презентацій (Gamma.app, Tome) для створення візуально привабливих звітів із графіками, які згодом власноруч редагують та стилізують.

Реалізація такого комплексу (рис. 1) вирішує одразу кілька завдань, ідентифікованих у фаховій літературі. По-перше, вона реалізує перехід від «фрагментарного знайомства» з чат-ботами до формування системної AI-грамотності. По-друге, активне залучення методів критичної оцінки нейтралізує загрозу сліпого покладання на автоматизацію, виховуючи у студентів звичку до етичного та відповідального управління штучним інтелектом [7].

III. Висновки

Представлений в роботі комплекс робіт поєднує класичну маркетингову методологію з сучасним інструментарієм машинного навчання. Послідовне виконання завдань формує у студентів системне розуміння повного циклу маркетингового менеджменту. Вони опановують роль не просто виконавців-копірайтерів, а стратегічних архітекторів, здатних ефективно поєднувати роботу цілого арсеналу мультимодальних ШІ-моделей (текстових, дифузійних, аудіо- та аналітичних). Впровадження жорстких вимог щодо валідації результатів, проведення фактчекінгу та критичної рефлексії нівелює ключові ризики впровадження ШІ в освіту – процедурне списування та когнітивну деградацію.

Компетенція промпт-інжинірингу виявляється неефективною без глибокого розуміння споживчої психології, теорії комунікацій та етичних стандартів поведінки з даними. Таким чином, парадоксальним наслідком автоматизації є зростання цінності суто людських, «м'яких» навичок – емпатії, креативності, переконливості та здатності до етичного судження.

IV. Список використаних джерел

- [1] D. Grewal, C.B. Saturnino, T. Davenport and A. Guha, "How generative AI Is shaping the future of marketing", *J. Acad. Marketing Sci.*, 12/2024. [Online]. doi: <https://doi.org/10.1007/s11747-024-01064-3>
- [2] T. Turner-Henderson, M. Bryant, J. Riley, A. Watson and K. Nicewicz Scott, "Strategic ai integration in marketing education: Elevating personal branding and career readiness", *Marketing Educ. Rev.*, p. 1–14, 08/2025. [Online]. doi: <https://doi.org/10.1080/10528008.2025.2551972>.
- [3] M. Weege and T. Zweigle, "AI in marketing education: Capabilities required of marketers today", *IU Discuss. Pap. Mark. Und Kommun.*, т. 5, № 2, p. 2, 04/2025. [Online]. doi: <https://doi.org/10.56250/4049>.
- [4] M. D. Vollrath and S. G. Villegas, "Teaching with AI in marketing education: the LEO framework as a pedagogical guide", *Marketing Educ. Rev.*, с. 1–14, 02/2026. [Online]. doi: <https://doi.org/10.1080/10528008.2026.2623032>.
- [5] M. S. Torkestani, D. B. Dose and T. Mansouri, "Bridging ai skills gaps in marketing education: Prompt engineering as a key competency", *Marketing Educ. Rev.*, p. 1–27, 05/2025. [Online]. doi: <https://doi.org/10.1080/10528008.2025.2501788>.
- [6] F. Jaimes and J. E. Herrera Mendoza, "Artificial Intelligence as a Formative Tool in Undergraduate Marketing: Integrative Review and Inductive Study", *J. Inf. Technol., Cybersecur., Artif. Intell.*, т. 2, № 3, p. 54–71, 12/2025. [Online]. doi: <https://doi.org/10.70715/jitcai.2025.v2.i3.041>.
- [7] P. Burneo-Arteaga, Y. Lira, H. Murzi, A. Balula and A. P. Costa, "Capability-based training framework for generative AI in higher education", *Frontiers Educ.*, т. 10, 06/2025. [Online]. doi: <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1594199>.

INTEGRATION OF GENERATIVE AI TOOLS INTO THE PRACTICAL TRAINING OF DATA MARKETING SPECIALISTS

Grytsuk Yuriy

ABSTRACT. This paper examines the integration of generative AI into the training of data marketers. A developed set of practical exercises covering AI analytics, content generation, and strategy is presented. It is demonstrated that combining AI with students' critical thinking effectively enhances their professional readiness.

KEYWORDS: generative artificial intelligence; marketing education; DATA marketing; prompt engineering; critical analysis.

ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЯК СТРАТЕГІЯ ПОДОЛАННЯ ОСВІТНІХ ВТРАТ: МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ NOTEBOOK LM

Дегтярьова Галина¹

¹Комунальний вищий навчальний заклад «Харківська академія неперервної освіти», Харків, Україна
E-mail: metukrlit@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто диференціацію навчання як стратегію подолання освітніх втрат та можливості використання персоналізованого ШІ-асистента від Google NotebookLM для адаптації контенту, створення індивідуальних траєкторій учнів з метою надолуження освітніх втрат.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: освітні втрати, диференціація навчання, штучний інтелект, NotebookLM, персоналізація навчання.

I. Вступ

Сьогодні освітяни занепокоєні навчальними втратами (learning losses), які зумовлені тривалим повномасштабним вторгненням РФ, що стоїть на заваді організації якісного систематичного навчання. Освітні втрати проявляються у зниженні рівня когнітивних умінь, наявності прогалин у знаннях і недосягненні учнями / ученицями очікуваних результатів, визначених державними стандартами. Крім того, їх особливість полягає в тому, що вони мають здатність накопичуватися і поглиблюватися, якщо вчасно й ефективно не вживати заходів для їх подолання. Ця проблема потребує розроблення стратегій, технологій та моделей для подолання освітніх втрат і розривів. Педагоги активно шукають ефективні підходи для їх компенсації. Серед цільових заходів, які можуть допомогти надолужити освітні втрати учнів, пропонується і збільшення навчального року, і розроблення програм пришвидшеного навчання, коригувальних програм чи програми компенсації освітніх втрат учнів, а також застосування адаптивного навчання [1], що спирається на поглиблену діагностику, поділ учнів на групи за освітніми потребами, рівнем сформованості ключових компетентностей. Саме в розрізі адаптивного навчання варто звернути увагу на диференціацію навчання як одну із стратегій подолання освітніх втрат, адже одним із ключових напрямів реформування шкільної освіти в умовах НУШ є організація навчання на засадах диференційованого підходу, який передбачає добір змісту, методів і прийомів відповідно до індивідуальних особливостей кожного учня й учениці [2, с. 281], а в центрі сучасної освітньої парадигми стоїть дитиноцентричний підхід, який спрямований на успішне навчання та самореалізацію кожного учня і дозволить врахувати потреби та рівень навченості кожної дитини в межах одного класу і подолати «один підхід для всіх».

Крім того, постійний розвиток цифрових технологій може надати педагогам нові інструменти, які б не просто автоматизували процеси, а створювали умови для справжньої диференціації, полегшити діагностування рівнів навченості завдяки здійсненню онлайн-тестувань чи опитувань, створення різноманітних навчальних матеріалів за допомогою цифрових інструментів. Тут ми можемо говорити і про застосування інструментів штучного інтелекту.

II. Основна частина

Багато як зарубіжних, так і українських учених висловлювалося про непересічне значення диференційованого навчання в освіті. Серед них Манара Аль-Азаїза, Насера Аль-Досарі, Галєб Х. Альнахді, Лариса Березівська, Надія Бібік, Олександр Бугайов, Михайло Бурда, Себастьян Валь, Вонг, Серхіо Гайтас, Юлія Греку, Марсія Імбо, Катія Карето, Катарина-Тереза Лінднер, Олександр Ляшенко, Юрій Мальований, Франциско Пейшото, Олександра Савченко, Хосе Кастро Сілва, Керол Томлінсон, Джон Хетті, Хсу, Юсефа Аль-Шабула, Сюзанна Шваб, Рейчел Шехтер, Таміла Яценко й інші.

Теоретичний аналіз показує, що сучасна тенденція в розкритті суті диференціації навчання полягає в тому, що диференціацію навчання розуміють як систему, яка лежить в основі освітнього процесу (тобто є організаційно-методичним принципом побудови школи) і яка спрямована на реалізацію індивідуального підходу в навчанні. Диференціація означає, що

вчитель бере до уваги особливості кожного учня, що дітей не змушують адаптуватися до стандартних навчальних шаблонів, а навпаки – пристосовують шаблони до потреб учнів.

Крім того, диференціація навчання є більш доступною для щоденної практики вчителя порівняно з індивідуалізацією, застосовується для учнів з подібними освітніми потребами (за рівнем підготовки, стилем навчання, інтересами), передбачає варіативність завдань та методів у межах одного уроку, реалізується через різнорівневі завдання, гнучкі групи, варіативні форми роботи та дає відповідь на питання: «Як навчати по-різному в одному класі?».

Американські дослідниці Клер Кілбейн і Наталі Мільман [3], спираючись на власний досвід, наголошують, що інтеграція цифрових технологій у диференційоване навчання сприяє подоланню освітніх втрат, оскільки допомагає учням і ученицям розвивати практичні навички, важливі для подальшого навчання, життя й професійної діяльності. Ми цілком погоджуємося із думкою науковиць і пропонуємо проаналізувати можливості персоналізованого AI-асистента від Google NotebookLM для реалізації диференційованого підходу.

Отже, **метою** дослідження є розгляд NotebookLM та одного з інструментів диференціації навчання, що дозволяє адаптувати контент та створювати персоналізовані освітні маршрути для подолання освітніх втрат учнів.

Хочемо зауважити, що цифрові інструменти, зокрема NotebookLM, пропонують принципово нову логіку взаємодії: «Подумай – зрозумій – узагальни – застосуй». На відміну від традиційних чат-ботів, які зазвичай пропонують готові відповіді, орієнтуються на швидкий результат і нерідко зводять роль користувача до пасивного споживача знань, функціонує інакше: він працює виключно з наданими вчителем джерелами інформації та може розробити навчальні матеріали, що враховуватимуть потреби та рівень навченості кожної дитини в межах одного класу, і супроводжує кожну відповідь посиланнями на використані джерела, мінімізуючи ризик «галюцинацій» та забезпечуючи академічну доброчесність. Можна сказати, що платформа працює як «надпотужний ліхтарик у величезній темній бібліотеці», де вчитель сам обирає «книжки на полицях».

Вона здатна автоматично трансформувати завантажені матеріали (результати оцінювань, спостережень, підручники, тексти художніх творів, статей, відео, аудіо) у різні структуровані та інтерактивні навчальні формати. Основні типи матеріалів, які генерує NotebookLM:

- глибокий аналіз наданих джерел;
- засоби перевірки знань (тести, вікторини) та засоби закріплення понять, фактів і дат (флешкартки);
- навчальні тексти: формує конспекти, короткі узагальнення, інформаційні довідки, інтерактивні навчальні посібники, глосарії з поясненням ключових термінів, синтезує інформації у структуровані таблиці;
- запитання: генерує списки поширених запитань, а також завдання для дискусій і написання есе;
- візуалізація: створює ментальні карти для відображення зв'язків між темами, хронологічні стрічки (timelines) для аналізу подій і процесів, інфографіку;
- мультимедійний контент:
 - аудіоогляди у форматі реалістичних подкастів, де AI-ведучі обговорюють контент із можливістю кастомізації тону («Критика», «Дебати»);
 - відеоогляди зі слайдами, графікою та голосовим супроводом.

Що ж із переліченого вище учитель може використати для диференціації навчання?

Почнемо з того, що вчителю, який готується до проведення уроку, спрямованого на надолуження освітніх втрат, важливо спочатку проаналізувати результати попереднього оцінювання робіт учнів, наприклад, результати навчання за семестр, онлайн-опитувань, онлайн-тестувань, а також результати спостереження, щоб визначити прогалини, їхні сильні та слабкі сторони та підвищити результативність навчання. Для цього ми можемо скористатися аналітичними здібностями AI, призначити йому роль професійного експерта-аналітика з глибоким досвідом у дослідницькому аналізі, надати документи для аналізу (файл чи файли з електронного журналу з попередніми результатами навчання (обов'язково прибравши

прізвища дітей)) і дати завдання: «Ви повинні ретельно проаналізувати цей документ стосовно кількості учнів, які перебувають на початковому рівні (1-3 бали), середньому рівні (4-6 балів), достатньому (7-9 балів) та високому (10-12 балів) і надати мені ключові висновки, додавши цитати як докази ваших висновків». Учителю має ретельно ознайомитися з отриманими результатами (Рис. 1).

Отримані дані слід використовувати для постійної диференціації навчання, розробляючи завдання різного рівня складності для окремих учнів / учениць або груп. Далі добираються необхідні матеріали до уроку (підручник/и або скриншоти сторінок із підручника/ів, наприклад, з теми «Активні й пасивні дієприкметники», власні презентації, покликання на онлайн-матеріали, наприклад, статтю у Вікіпедії тощо), які прикріплюються в розділ «Джерела». Хочемо зауважити, що якість роботи NotebookLM на пряму залежить від якості завантажених джерел.

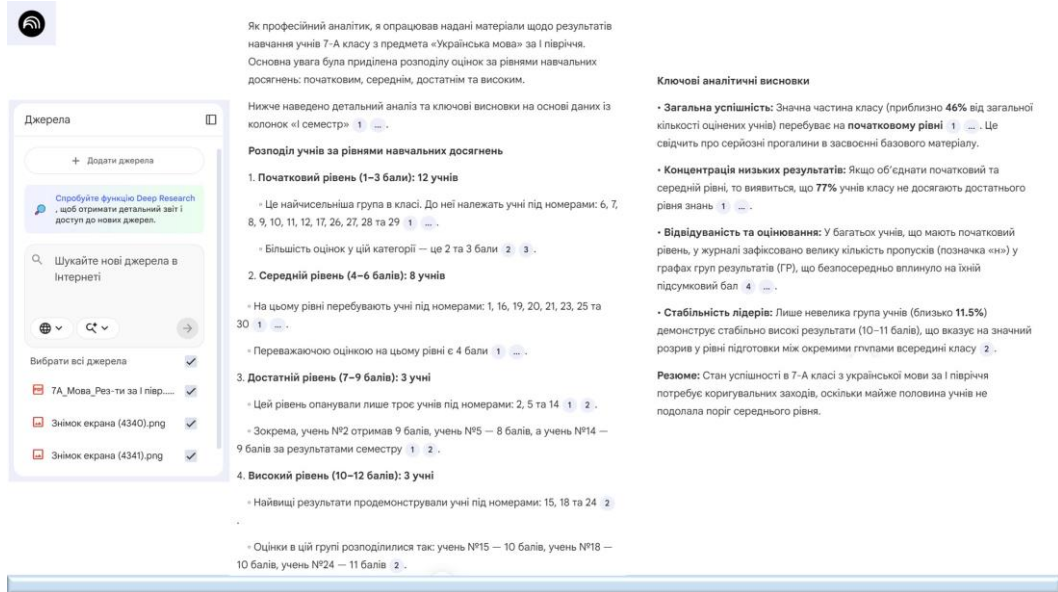


Рис. 1. Аналіз результатів навчання, зроблений NotebookLM

Після цього можна попросити NotebookLM розробити диференційовані завдання до конкретної теми, обравши серед розміщених матеріалів лише необхідні. Він аналізує рівні досягнень учнів (від початкового до високого) і генерує диференційовані завдання: від простого розпізнавання форм до творчого редагування та написання есе (Рис. 2-3).

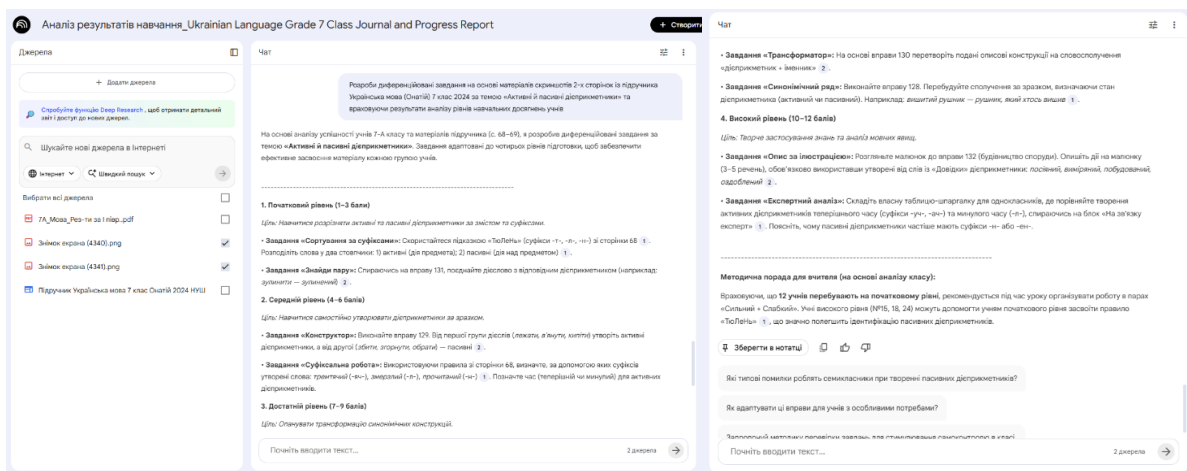


Рис. 2-3. Розроблені диференційовані завдання до теми «Активні й пасивні дієприкметники»

Далі є можливість створити різні структуровані та інтерактивні навчальні формати за обраною темою (флешкартки, навчальний посібник, тести, інфографіку, ментальні карти, аудіоперказ, відеогляд). Щоб отримати якісний результат, крім якісних джерел бажано

прописати конкретні промпти (стиль, цільова аудиторія тощо), наприклад: «Створи тест для учнів 7 класу на основі запропонованих тобою диференційованих завдань до теми «Активні та пасивні дієприкметники», хоча NotebookLM може й автоматично, без промпту, згенерувати матеріали. Головною перевагою використання матеріалів, створених за допомогою NotebookLM, є емоційна безпека учнів – навчання у власному темпі, без тиску оцінки та страху помилки, адже, працюючи з тестами чи флешкартками, учні можуть отримати своєчасну підказку (Рис. 4) або пояснення (Рис. 5).

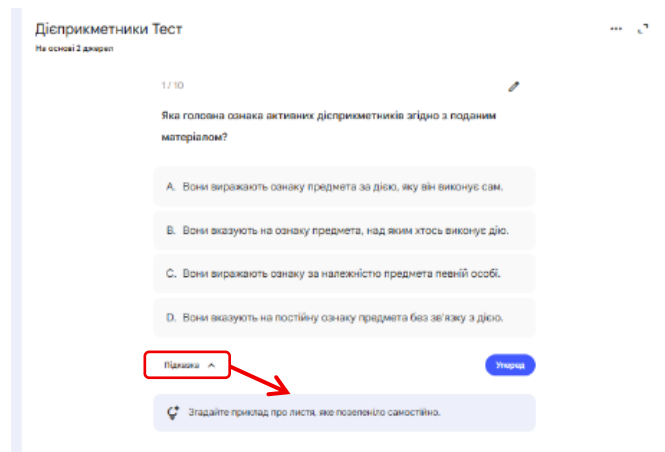


Рис. 4. Підказка, якщо в учня виникають труднощі під час виконання тесту

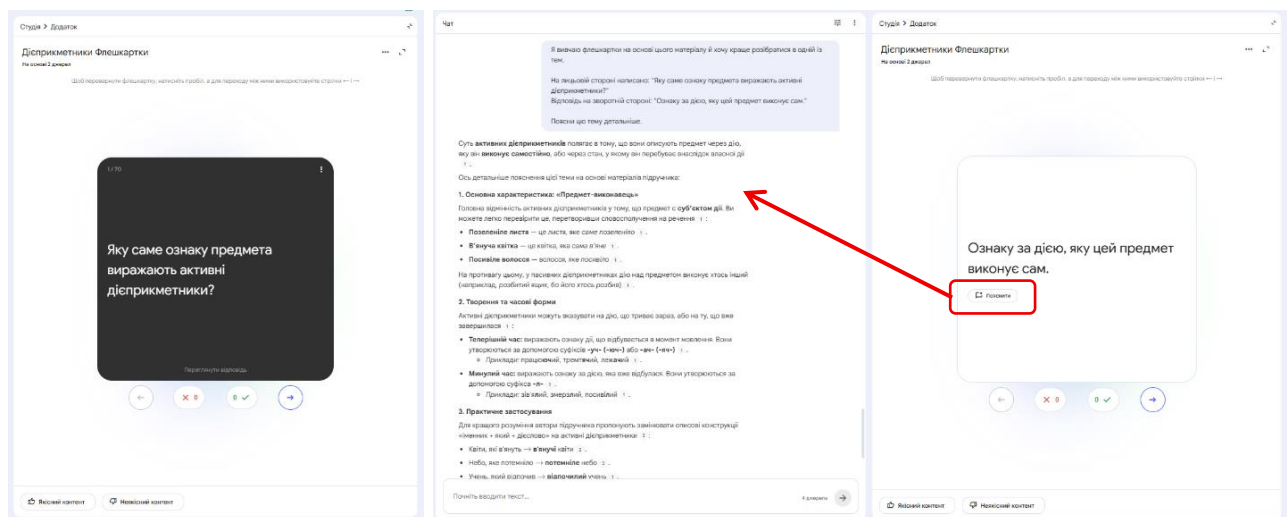


Рис. 5. Пояснення матеріалу в процесі роботи з флешкартками

Не можна залишити поза увагою режим «Навчальний посібник» у NotebookLM, який суттєво відрізняється від традиційних AI чат-ботів як форматом взаємодії, так і педагогічною логікою опрацювання інформації. Він функціонує як своєрідний репетитор: замість надання готових відповідей ставить уточнювальні запитання та поступово пояснює матеріал, ураховуючи рівень навченості (це треба вказати в промпті), що дозволяє учню глибше зрозуміти тему (Рис. 7-8).

Важливо забезпечувати регулярний зворотний зв'язок, застосовувати різноманітні методи та організовувати як спільну, так і самостійну роботу учнів, що сприятиме їхньому поступовому розвитку.

Презентації дозволяють учителю унаочнити навчальний матеріал. Наводимо приклад промпту для створення презентації: «Створи презентацію у стилі аніме в доступній формі для учнів 7 класу про особливості творення та правопису активних і пасивних дієприкметників» (Рис. 6-7).

Щодо аудіопереказів та відеооглядів, то, на жаль, вони часто містять неточності або дефекти звуку, це варто враховувати і скористатися цим недоліком на користь учням. Можна поставити їм питання, яких помилок припустилися ведучі подкасту під час наголошування слів.

Навчальний посібник: Активні та пасивні дієприкметники

На основі 2 джерел

Навчальний посібник: Активні та пасивні дієприкметники

Цей навчальний посібник базується на матеріалах курсу морфології та орфографії української мови. Він охоплює правила розрізнення, творення та використання активних і пасивних дієприкметників, а також надає практичні інструменти для закріплення знань.

Тести для перевірки знань (Quiz)

Дайте короткі відповіді (2-3 речення) на наступні запитання:

1. Що виражають активні дієприкметники?
2. Яке значення мають пасивні дієприкметники?
3. За допомогою яких суфіксів утворюються активні дієприкметники теперішнього часу від дієслів першої дієвідміни?
4. Як утворюються активні дієприкметники теперішнього часу від дієслів другої дієвідміни?
5. Опишіть механізм творення активних дієприкметників минулого часу.
6. Які суфікси використовуються для творення пасивних дієприкметників?
7. Яка підказка допомагає легше запам'ятати найуживаніші дієприкметникові суфікси?
8. Як перетворити синонімічну конструкцію «книжка, яку хтось надрукував» на словосполучення з дієприкметником?
9. Наведіть приклад перетворення речення «волосся посивіло» у словосполучення з активним дієприкметником.
10. Від якої основи дієслова утворюються пасивні дієприкметники?

Відповіді на запитання

1. **Активні дієприкметники** виражають ознаку предмета за дією, яку цей предмет виконує самостійно. Наприклад, у словосполученні «позеленіле листя» ознака вказує на те, що листя самостійно позеленіло.
2. **Пасивні дієприкметники** виражають ознаку предмета за дією, яку над ним виконує хтось інший або щось інше. Наприклад, «розбитий ящик» означає, що ящик хтось розбив, тобто він є об'єктом зовнішнього впливу.
3. Активні дієприкметники теперішнього часу від дієслів **першої дієвідміни** утворюються від основи теперішнього часу за допомогою суфіксів **-уч- (-юч-)**. Прикладами є слова «працюючий» або «в'гучий».
4. Від дієслів **другої дієвідміни** активні дієприкметники теперішнього часу утворюються за допомогою суфіксів **-аюч- (-яч-)**. До таких слів належать «лекачий» та «третячий».
5. Активні дієприкметники **минулого часу** утворюються від основ інфінітива дієслів доконаного виду. Для цього використовується суфікс **-л-**, як у словах «зіз'ялий», «посивілий» або «змерзлий».

Навчальний посібник: Активні та пасивні дієприкметники

На основі 2 джерел

6. Для творення **пасивних дієприкметників** від основ інфінітива використовуються суфікси **-н-, -ен- (-єн-) та -т-**. Прикладами слугують слова «прочитаний», «згорнутий» та «залезний».
7. Для швидкого запам'ятовування найуживаніших дієприкметникових суфіксів **(-т-, -л-, -н-)** використовується слово-підказка **«Тюлень»**. У цьому слові приголосні звуки відповідають основним суфіксам.
8. Синонімічною конструкцією буде словосполучення **«надрукована книжка»**. У цьому випадку «надрукована» є пасивним дієприкметником, оскільки дію над книжкою виконав хтось інший.
9. Речення «волосся посивіло» трансформуються у словосполучення **«посивіле волосся»**. Тут «посивіле» є активним дієприкметником минулого часу, що вказує на стан самого предмета.
10. Пасивні дієприкметники завжди утворюються від **основи інфінітива** дієслова. До цієї основи додаються відповідні суфікси **(-н-, -ен-, -т-)** для формування ознаки за дією.

Теми для есе (дискусійні питання)

1. **Порівняльний аналіз активних та пасивних дієприкметників:** Дослідіть фундаментальну різницю в значенні між дією, яку виконує суб'єкт, та дією, спрямованою на об'єкт.
2. **Роль суфіксів у словотворенні дієприкметників:** Проаналізуйте, як вибір суфікса залежить від дієвідміни та виду дієслова.
3. **Стилістичні переваги використання дієприкметників:** Обговоріть, чому використання дієприкметникових зворотів замість підрядних речень робить мовлення більш лаконічним.
4. **Творення активних дієприкметників теперішнього часу:** Проаналізуйте обмеження та особливості вживання форм на -уч-, -юч-, -аюч-, -яч- у сучасній мові.
5. **Вплив виду дієслова на категорію часу дієприкметника:** Розгляньте, чому активні дієприкметники минулого часу утворюються саме від дієслів доконаного виду.

Глосарій ключових термінів

Термін	Визначення	Приклад
Активні дієприкметники	Форми, що виражають ознаку за дією, яку виконує сам предмет.	В'гуча квітка, змерзлий учень.
Пасивні дієприкметники	Форми, що виражають ознаку за дією, спрямованою на предмет ззовні.	Розбите дзеркало, вишитий рушник.
Суфікси -уч- (-юч-)	Суфікси для творення активних дієприкметників теперішнього часу від 1-ї дієвідміни.	Працюючий, в'гучий.

Рис. 7-8. Приклад навчального посібника за темою «Активні та пасивні дієприкметники»

АКТИВНИЙ КЛАН: МЕЧ ДІЇ

Активні дієприкметники описують дію, яку виконує сам предмет. Вони несуть енергію і рух! (Наприклад: палаючий, летючий)

СИЛА АКТИВНОСТІ
ПРИКРЕПІТЬСЯ ВІСХОДА ЕФЕКТ: ПРЯМА ДІЯ

ХРОНІКИ ДІЄПРИКМЕТНИКА БИТВА КЛАНІВ

Приготуйся розкрити силу морфології!

ПАСИВНИЙ КЛАН: ЦИТ СТАНУ

Пасивні дієприкметники описують стан предмета, на який спрямована дія. Вони виражають спокій і результат! (Наприклад: чинений, розбитий)

ЗАХИСТ ПАСИВНОСТІ
ПРИКРЕПІТЬСЯ ВІСХОДА ЕФЕКТ: РЕЗУЛЬТАТ ДІЇ

НОВИЙ ГЕРОЙ: ГІБРИДНИЙ КЛАС

ДІЄСЛОВО
 • Дія
 • Час
 • Вид

+

ПРИКМЕТНИК
 Питання: Який? Яка? Яке?

=

ДІЄПРИКМЕТНИК

Це особлива форма дієслова, що виражає ознаку предмета за дією.

PAGE 1 OF 1 NEXT PAGE PREVIOUS PAGE

Рис. 6-7. Приклад слайдів з презентації до теми «Активні та пасивні дієприкметники»

Отже, використання NotebookLM дозволяє ефективно реалізувати стратегію диференційованого навчання завдяки:

- 1) адаптації контенту під типи сприйняття учнями інформації: платформа дозволяє створювати аудіоогляди для аудіалів, ментальні карти для візуалів та інтерактивні тести для кінестетиків;
- 2) створенню індивідуальних освітніх траєкторій: режим «Навчальний посібник» діє як персональний репетитор, який замість готових відповідей ставить уточнювальні запитання і дозволяє учню / учениці рухатися у власному темпі;
- 3) диференціації завдань за рівнями складності: через «майстерні» промпти вчитель може подавати одну тему на різних рівнях глибини. Для початкового рівня використовувати, наприклад, такий запит: «поясни як 10-річній дитині», для поглибленого – здійснювати аналіз суперечностей через функцію «Дебати»;
- 4) розвиток критичного мислення: кожна відповідь містить цитати та посилання на джерела, що навчає учнів працювати з першоджерелами та перевіряти факти.

III. Висновки

NotebookLM як «інтелектуальний помічник» є потужним трансформатором освітнього процесу, що дозволяє вчителю перейти від ролі ретранслятора знань до ролі архітектора індивідуального розвитку учня. Учителю, реалізуючи диференційований підхід завдяки використанню варіативності форматів і режиму репетитора, закладених у NotebookLM, з легкістю, на основі ретельно дібраних матеріалів, може створювати різного рівня складності навчальні матеріали (навчальні посібники, флешкартки, тести, інфографіку, презентації, подкасти тощо), які будуть враховувати прогалини в знаннях учнів, їхні індивідуальні потреби й особливості навчання, рівні навченості, що дозволить надолужити освітні втрати.

IV. Список використаних джерел

- [1] Розвантажувальний рік чи додаткові заняття: чого потребують українські учні? (2022). Освіторія. Доступно: <https://osvitoria.media/experience/rozvantazhuvalnyj-rik-chy-dodatkovyi-zanyattya-chogo-potrebuyut-ukrayinski-uchni/>.
- [2] Дегтярьова Галина «Технологія диференційованого навчання крізь призму подолання освітніх втрат». *Наздоженемо: інструменти вимірювання та стратегії подолання освітніх втрат*. «Освіторія». 2024. с. 281-291. Доступно: https://drive.google.com/file/d/1lB3DQUTZMz4Arrld_nBz_iSgp9226mJ8/view.
- [3] Clare Kilbane & Natalie Milman. «Differentiated Learning and Technology: A Powerful Combination». *Join ASCD*, 2023. Vol. 80. No. 9. Доступно: <https://www.ascd.org/el/articles/differentiated-learning-and-technology-a-powerful-combination>.

DIFFERENTIATION AS A STRATEGY FOR OVERCOMING LEARNING LOSS: OPPORTUNITIES FOR USING NOTEBOOK LM

Dehtiarova Halyna

ABSTRACT. The publication examines differentiation as a strategy for overcoming learning loss and explores the possibilities of using Google's personalized AI assistant, NotebookLM, to adapt content and create individualized learning pathways for students in order to compensate for learning loss.

KEYWORDS: learning loss, differentiated learning, artificial intelligence, NotebookLM, personalized learning.

ТЕХНІКИ ПРОМПТИНГУ: ВІД ТАКСОНОМІЇ ДО ІНСТРУМЕНТАРІЮ

Деордіца Таяна-Лідія¹, Вороніна Марина², Спіфанова Ольга³

¹Центр освіти та кар'єри «IT Career HUB», Берлін, Німеччина

²Арт академія сучасного мистецтва імені Сальвадора Далі, Київ, Україна

³Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна
E-mail: tldeorditsa@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У доповіді розглянуто підхід до практичного застосування таксономії технік промптингу в освітньому контексті. За критерієм функціональної повноти з таксономії Schulhoff et al. (2025) відібрано три техніки – Role Prompting, Zero-Shot Chain-of-Thought і Self-Refine, – які покривають послідовні фази аналітичної діяльності: задання експертної перспективи, розгортання покрокового міркування та самоперевірку результату. На прикладі аналізу фрагмента підручника інформатики для 8 класу показано, як ці техніки інтегруються в єдиний промпт. Результат – виявлені недоліки навчального тексту і його виправлений варіант. Підхід відтворюваний у різних предметних галузях, що свідчить про його міждисциплінарний потенціал.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: техніки промптингу, таксономія промптингу, Role Prompting, Zero-Shot Chain-of-Thought, Self-Refine, великі мовні моделі.

I. Вступ

Щоразу, коли викладач звертається до великих мовних моделей (ChatGPT, Claude, Grok), він формулює запит – текстову інструкцію, від якої залежить якість відповіді. Такий запит називають «промптом».

Порівняймо два формулювання однієї задачі. Перше: «Проаналізуй текст». Друге: «Ти – досвідчений науковий рецензент. Прочитай цей абзац двічі, вияви логічні неузгодженості та запропонуй два варіанти чіткішого формулювання головної тези». Результати будуть суттєво відрізнятися, бо у другому запиті використано одразу кілька конкретних прийомів: задання ролі, повторне прочитання, чітке формулювання аналітичного завдання. Саме такі прийоми дослідники називають «техніками промптингу». За останні три роки їх описано понад сто.

Існують детальні таксономії технік. Проте таксономія – ще не робочий інструмент. Перед викладачем, який хоче застосовувати ІІІ у щоденній практиці, постає питання: як із десятків прийомів вибрати саме ті, що забезпечать ефективне вирішення конкретної задачі?

Мета – показати на конкретному прикладі, як техніки промптингу перетворюються з переліку прийомів на робочий інструмент викладача. Для цього ми відібрали три техніки під аналітичну роботу з навчальним текстом і вибудували з них робочу послідовність із передбачуваним результатом.

II. Основна частина

За визначенням Schulhoff et al. (2025), «a prompting technique is a blueprint that describes how to structure a prompt, prompts, or dynamic sequencing of multiple prompts» [3]. Тобто техніка промптингу – це відтворюваний шаблон-зразок для взаємодії з LLM, що забезпечує отримання бажаного результату.

Поняття «техніка промптингу» можна розкрити мовою педагогіки: так само, як викладач свідомо добирає методи під конкретну навчальну мету, користувач великих мовних моделей (LLM) свідомо обирає техніки промптингу відповідно до поставленої мети.

Потреба впорядкувати галузь промпт-інженерії зумовила появу низки таксономій технік промптингу, описаних у дослідницькій літературі. Найбільш зручною для освітньої практики виявилася функціональна таксономія Schulhoff et al. [3]. Вона пропонує найбільш методологічно строгую систематизацію: 58 текстових і 40 мультимодальних технік, виконану за стандартом PRISMA з глосарієм із 33 термінів. Текстові техніки упорядковано в ній за шістьма категоріями (табл. 1). Принципово важливою для освітнього контексту є, на нашу думку, категорія «Self-Criticism». Техніки самокритики дають змогу вбудувати механізм контролю якості безпосередньо у промпт: модель генерує відповідь, оцінює її за заданими критеріями і пропонує покращену версію. Це не замінює критичне мислення викладача, а підсилює його: модель допомагає виявити формальні неузгодженості – логічні розриви, термінологічні невідповідності, відхилення від заданих вимог, – натомість оцінювання змісту залишається за викладачем.

Таблиця 1.

Категорії технік промптингу за Schulhoff et al. (2025).

№	Категорія	Функція
1	Zero-Shot (без прикладів)	Прямі інструкції або питання без прикладів
2	Few-Shot (з прикладами)	Використання одного або кількох прикладів у промпті
3	Thought Generation (генерація міркувань)	Покрокове міркування, Chain-of-Thought та похідні
4	Decomposition (декомпозиція)	Розбиття складної задачі на простіші підзадачі
5	Ensembling (ансамблювання)	Агрегування кількох незалежних відповідей або промптів
6	Self-Criticism (самокритика)	Самооцінка, самокорекція, аналіз власної відповіді

Принципово важливою для освітнього контексту є, на нашу думку, категорія «Self-Criticism». Техніки самокритики дають змогу вбудувати механізм контролю якості безпосередньо у промпт: модель генерує відповідь, оцінює її за заданими критеріями і пропонує покращену версію. Це не замінює критичне мислення викладача, а підсилює його: модель допомагає виявити формальні неузгодженості – логічні розриви, термінологічні невідповідності, відхилення від заданих вимог, – натомість оцінювання змісту залишається за викладачем.

Розглянемо практичний аспект вибору технік для аналітичної роботи з навчальним текстом. З шести категорій таксономії Schulhoff et al. відібрано три – Role Prompting, Zero-Shot Chain-of-Thought (Zero-Shot CoT) і Self-Refine. Критерієм відбору слугувала функціональна повнота: кожна техніка покриває окрему фазу аналітичної діяльності – задання експертної перспективи, розгортання покрокового міркування, контроль якості результату – і жодна не дублює іншу.

Охарактеризуємо кожну зазначену техніку за структурою: категорія, концепція, призначення, тригерні фрази, застосування.

Техніка «Role Prompting» (рольове промпування)

Категорія – Zero-Shot.

Концепція: LLM здатна імітувати різні експертні позиції, адаптуючи стиль, тон та рівень деталізації відповіді залежно від заданої ролі.

Призначення: визначення контексту взаємодії через призначення моделі експертної позиції. Це дозволяє адаптувати відповідь для конкретної аудиторії, задати очікуваний формат та рівень складності викладу.

Тригерні фрази: act as, you are a, role of, pretend you are (англ.); дій як, ти є, виконуєш роль, уяви себе (укр.).

Застосування: техніка реалізується в один крок – формулювання ролі на початку запиту. Обрана експертна позиція визначає перспективу, критерії та пріоритети аналізу.

Техніка «Zero-Shot Chain-of-Thought» (покрокове міркування)

Категорія – Thought Generation.

Концепція: додавання до промпу короткої тригерної фрази спонукає модель розгортати проміжні кроки міркування перед формулюванням відповіді [1].

Призначення: забезпечення прозорості логіки аналізу. Модель розгортає ланцюжок міркувань, що дає змогу викладачеві відстежити хід аналізу та оцінити обґрунтованість висновків. Для освітнього контексту прозорість міркування має додаткову цінність: розгорнута логіка відповіді слугує навчальним зразком аналітичного мислення.

Тригерні фрази: Let's think step by step, Let's work this out step by step, Let's think about this logically (англ.); розмірковуй крок за кроком, міркуй послідовно, поясни свої кроки (укр.).

Застосування: техніка реалізується в один крок – додаванням тригерної фрази до запиту. Модель самостійно розбиває задачу на підзадачі, послідовно їх розв'язує і лише після цього формулює підсумок.

Техніка «Self-Refine» (самовдосконалення)

Категорія – Self-Criticism.

Концепція: Madaan et al. [2] запропонували метод, згідно з яким велика мовна модель виконує два етапи послідовно. Спершу вона генерує критичну оцінку власної відповіді: ідентифікує слабкі місця та пропонує напрями вдосконалення. Потім формує виправлену версію на основі цієї критики. Цикл «генерування → критика → ревізія» можна повторити кілька разів до досягнення задовільної якості.

Призначення: ітеративне вдосконалення тексту через механізм самокритики та корекції. Це дозволяє поліпшити структуру та логіку викладу, уточнити формулювання, адаптувати рівень складності до потреб студентів.

Тригерні фрази: critique your output and improve it, review and refine iteratively, identify weaknesses and fix them, provide feedback on your response then revise (англ.); оціни критично та вдоскональ, знайди слабкі місця і виправ, переглянь і вдоскональ ітеративно (укр.).

Застосування: техніка реалізується через ітеративний цикл у промпті з чітко визначеним критерієм зупинки. За умови відповідної інструкції модель видає послідовно вдосконалені версії тексту з обґрунтуванням внесених змін. Однак навіть у спрощеній формі модель виявляє неузгодженості, які пропускає одноразова генерація.

Пропонований нами промпт, складений на основі трьох зазначених технік, наведено на рис. 1. Кожен його структурний елемент реалізує окрему техніку.

Ти – фахівець у галузі [назва предметної галузі] та фахівець з вікової і педагогічної психології. Цільова аудиторія – учні [вказати клас]. [Role Prompting]

Виконай послідовно чотири типи аналізу наданого навчального тексту: дидактичний, логічний, структурний, лінгвістичний.

Розмірковуй крок за кроком. [Zero-Shot Chain-of-Thought]

Виявлені недоліки збери в таблицю і стисло прокоментуй кожен із них.

Подай виправлений варіант тексту. [Self-Refine]

Рис. 1. Промпт для аналітичної роботи з навчальним текстом.

Перший елемент промпту реалізує техніку Role Prompting: задана подвійна експертна роль визначає перспективу аналізу і критерії оцінювання. Другий елемент – тригерна фраза Zero-Shot Chain-of-Thought – спонукає модель послідовно розгортати ланцюжок міркування перед формулюванням висновків. Третій елемент реалізує техніку Self-Refine: модель спочатку виявляє і систематизує недоліки, а потім формує виправлену версію тексту, що відповідає циклу «аналіз → критика → ревізія».

Розглянемо приклад застосування пропонованого промпту для аналізу навчального тексту з підручника інформатики для 8 класу. У полі «назва предметної галузі» зазначено: комп'ютерні науки. Вихідний текст подано на рис. 2.

Промпт було подано моделі Claude Sonnet 4.6 (Anthropic). Виявлені недоліки наведено у табл. 2. Таблиця 2.

Виявлені недоліки тексту

№	Недолік	Тип	Коментар
1	Перше речення – 52 слова, 3 рівні вкладеності	Лінгвістичний	Недоступне для 8-класника
2	Другий абзац – риторичний і беззмисловий	Дидактичний	Не дає жодного нового знання
3	Немає прикладів для кожного типу даних	Дидактичний	Абстрактні визначення без опори на досвід учня
4	Квазікласифікація: основа поділу не названа	Логічний	Незрозуміло, за яким критерієм виділено три типи
5	Геопросторові й машинні дані – спочатку підвиди напівструктурованих, потім окремі категорії	Логічний	Внутрішня суперечність тексту
6	«Бідні діти» як приклад статичного географічного об'єкта	Логічний + етичний	Логічна помилка (люди – не статичні географічні об'єкти) + етично неприйнятне формулювання для шкільного підручника
7	Два непок'єднаних блоки без чіткого переходу	Структурний	Текст розпадається на дві частини
8	Ілюстрація (3 типи) і текст (5 типів) не узгоджені	Структурний	Схема суперечить тексту
9	Відсутній підсумок	Структурний	Немає узагальнення
10	Тавтологія: «структуровані дані – у структурованій формі»	Лінгвістичний	Визначення через те саме слово
11	«Випадки» – калька з англ. cases	Лінгвістичний	Незрозуміле учням
12	«Час або тривалість життя, протягом якого...»	Лінгвістичний	Граматично і змістовно заплутане

Окремо модель зазначила невідповідність назви параграфа його змісту.

Виправлений варіант тексту розглядуваного параграфа (назву узгоджено зі змістом).

Крок 2 Як отримують дані?

Великі дані (англ. *Big Data*) в інформаційних технологіях — набори інформації (як структурованої, так і неструктурованої) настільки великих розмірів, що традиційні способи та підходи (здебільшого засновані на рішеннях класу бізнесової аналітики та системах управління базами даних) до них не можуть бути застосовані.

66

Великі дані — це не лише величезні обсяги інформації, що заповнюють сучасний світ. Це новий спосіб розуміння суттєвих тенденцій, які визначають наше майбутнє. Та це не просто безліч цифр і даних, а й нова реальність, що відкриває перед нами нескінченні можливості.

Корисно розрізняти структуровані та неструктуровані дані (мал. 8.9).

Типи великих даних

Структуровані

Неструктуровані

Напівструктуровані





Мал. 8.9

Структуровані дані, як правило, представлені у певній добре структурованій формі, часто у вигляді таблиці або кількох таблиць.

Неструктуровані дані є лише набором файлів.

Також виокремлюють **напівструктуровані дані**, які мають певну структуру, яка може сильно відрізнятися в різних випадках. До них належать геопросторові дані, машинні дані та дані з відкритих джерел.

Розрізняють також **геопросторові дані** — це інформація про речі, випадки чи інші об'єкти, розташовані на земній поверхні або поблизу неї. Геопросторові дані часто поєднують часову інформацію з інформацією про місцезнаходження (як правило, координати на планеті) та інформацією про атрибути (характеристики об'єкта, події чи явища, про які йде мова, час або тривалість життя, протягом якого місце розташування та атрибути існують). Місце, про яке повідомляється, може бути статичним (наприклад, розташування частини обладнання, землетрус або бідні діти) або динамічним (наприклад, рух автомобіля або пішохода, поширення інфекційної хвороби).

Машинні дані — це інформація, створена комп'ютерним процесом або програмною діяльністю без участі людини. Приклади машинних даних включають детальні записи викликів і файли журналу додатків.

67

Бази даних з відкритим вихідним кодом зберігають важливі дані в програмному забезпеченні, яке належить організації. Користувачі бази даних з відкритим вихідним кодом можуть створити систему відповідно до особистих і професійних потреб. Вони безкоштовні й відкриті для спільного використання.


Співпрацюємо

Завдання 7. Наведіть приклади даних, які вам трапляються в житті. До якого типу даних їх можна віднести?

Рис. 2. Вихідний текст параграфа «Як отримують дані?» (підручник інформатики, 8 клас)

Крок 2. Які бувають великі дані?

Великі дані – це настільки величезні масиви інформації, що звичайні програми для роботи з таблицями чи базами даних не справляються з їх обробкою. Саме тому для роботи з великими даними створюють спеціальні технології та підходи.

Великі дані оточують нас всюди: публікації в соціальних мережах, показники медичних приладів, записи банківських операцій, дані з камер спостереження. Усе це – великі дані, і вміння їх аналізувати відкриває нові можливості в медицині, бізнесі, науці та управлінні містами.

Залежно від **ступеня впорядкованості** розрізняють три основні типи великих даних (рис. 8.9):

Структуровані дані – інформація, чітко організована за заздалегідь визначеною схемою. Найпоширеніша форма – таблиця, де кожен рядок і стовпець мають точне призначення.

Приклад: шкільний журнал оцінок, база клієнтів магазину.

Неструктуровані дані – інформація без будь-якої заданої організації, що зберігається як набір окремих файлів.

Приклад: фотографії, відеозаписи, голосові повідомлення, електронні листи.

Напівструктуровані дані – інформація, яка має певну структуру, але вона не є жорсткою і може суттєво відрізнитися від випадку до випадку.

Приклад: сторінки вебсайтів, файли у форматі XML або JSON.

Окремо розглянемо два важливих різновиди напівструктурованих даних, які широко використовуються на практиці.

Геопросторові дані – інформація про об'єкти або події, прив'язана до конкретного місця на земній поверхні. Вони поєднують три складові: де (координати місця), що (характеристики об'єкта) і коли (час події). Місцезнаходження може бути статичним (будівля, місце землетрусу) або динамічним (маршрут автомобіля, поширення інфекційної хвороби).

Приклад: маршрут на Google Maps, позначка місця на фотографії.

Машинні дані – інформація, яку комп'ютерні системи створюють автоматично, без участі людини.

Приклад: записи про вхід у систему, журнали роботи додатків, показники датчиків розумного будинку.

☞ Зверни увагу: три основні типи даних зображені на рис. 8.9. Геопросторові та машинні дані є різновидами напівструктурованих даних.

Підсумок. Основа для поділу даних на типи – ступінь їх впорядкованості. Чим чіткіше визначена структура, тим легше обробляти такі дані автоматично. Розуміння типів даних допомагає обирати правильні інструменти для їх аналізу.

Перевір себе:

1. За якою ознакою розрізняють структуровані, неструктуровані та напівструктуровані дані?
2. Наведи по одному прикладу кожного типу з власного досвіду.
3. До якого типу належать дані твого профілю в соціальній мережі? Обґрунтуй відповідь.

Таким чином, три відібрані техніки у складі єдиного промпту забезпечують повний цикл аналітичної роботи з навчальним текстом.

III. Висновки

Таксономія технік промптингу стає інструментом практичної роботи тоді, коли викладач переходить від неї до конкретного промпту під конкретну задачу. Доповідь демонструє, що такий перехід можливий і відтворюваний: від аналітичної задачі – до критеріїв відбору технік – до промпту з передбачуванним результатом. Для аналітичної роботи з навчальним текстом стартовим набором слугують три техніки – Role Prompting, Zero-Shot Chain-of-Thought і Self-Refine. Вони утворюють функціональну послідовність «хто аналізує → як аналізує → чи якісно проаналізував», де кожен елемент відповідає окремій фазі аналітичної діяльності. Саме відповідність структурі задачі, а не повнота охоплення таксономії, слугує критерієм відбору технік. Підхід виявився результативним у різних предметних галузях, що свідчить про його міждисциплінарний потенціал.

IV. Список використаних джерел

- [1] T. Kojima, S. S. Gu, M. Reid, Y. Matsuo, and Y. Iwasawa, "Large Language Models are Zero-Shot Reasoners," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 35, 2022, pp. 22199–22213. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2205.11916>

- [2] A. Madaan et al., "Self-Refine: Iterative Refinement with Self-Feedback," in Proc. 37th Conf. Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2303.17651>
- [3] S. Schulhoff et al., "The Prompt Report: A Systematic Survey of Prompting Techniques," arXiv preprint arXiv:2406.06608, 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2406.06608>.

PROMPTING TECHNIQUES: FROM TAXONOMY TO TOOLKIT

Dieorditsa Taiana-Lidiia, Voronina Maryna, Yepifanova Olga

ABSTRACT. This paper presents an approach to the practical application of a prompting technique taxonomy in an educational context. Applying a criterion of functional completeness, three techniques were selected from the taxonomy of Schulhoff et al. (2025) – Role Prompting, Zero-Shot Chain-of-Thought, and Self-Refine – each covering a successive phase of analytical activity: establishing an expert perspective, unfolding step-by-step reasoning, and verifying the quality of the result. Using the analysis of a passage from an 8th-grade computer science textbook as an example, the paper demonstrates how these techniques are integrated into a single prompt. The outcome includes identified flaws in the educational text and a revised version thereof. The approach has proven effective across different subject areas, indicating its interdisciplinary potential.

KEYWORDS: prompting techniques, prompting taxonomy, Role Prompting, Zero-Shot Chain-of-Thought, Self-Refine, large language models

ПСИХОСОЦІАЛЬНІ ТА ЕТИЧНІ РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ШІ В ОСВІТІ

Дорогий Ярослав¹, Дорога-Іванюк Олена², Бердиченко Ірина³

¹Донецький національний технічний університет, Дрогобич, Україна

²Пологівський ліцей Ковалівської громади, Пологи, Україна

³Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, Україна

E-mail: cisco.rna@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Інтеграція ШІ в освіту створює психосоціальні та етичні загрози. Тези аналізують «когнітивне розвантаження», деградацію критичного мислення, емоційну ізоляцію, алгоритмічну упередженість і ризики для академічної доброчесності. Обґрунтовано необхідність антропоцентричного підходу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ШІ, освіта, психосоціальні ризики, етичні виклики, алгоритмічна упередженість.

I. Вступ

Технології ШІ фундаментально змінюють ландшафт сучасної освіти. Рівень їхнього впровадження є безпрецедентним: за останніми даними, 85% вчителів та 86% учнів використовують ШІ у навчальному процесі. Незважаючи на те, що ці інструменти здатні автоматизувати рутинні завдання та адаптувати навчальний контент, їх неконтрольоване застосування породжує глибокі виклики. Вектор дискусій в освітньому середовищі зміщується від захоплення технологічними можливостями до критичного аналізу того, як ШІ впливає на когнітивний, соціальний та емоційний розвиток здобувачів освіти, а також на етичні стандарти освітніх інституцій.

II. Аналіз літературних джерел

Науковий дискурс щодо використання інструментів штучного інтелекту в освіті еволюціонував від захоплення технологічними можливостями до глибокого критичного аналізу когнітивних, інституційних та етичних наслідків. Сучасні дослідження значною мірою зосереджені на парадоксі між продуктивністю та реальним навчанням. Зокрема, у звіті ОЕСР [1] наголошується, що генеративний ШІ здатен підтримувати навчання лише за наявності чіткого педагогічного наміру, тоді як неконтрольоване делегування завдань алгоритмам призводить до підвищення швидкості їх виконання без жодних реальних навчальних здобутків. Дослідники Стенфордського університету (SCALE Initiative) [2] підтверджують небезпеку «когнітивного розвантаження», зазначаючи, що нерегульовані чат-боти суттєво зменшують розумові зусилля учнів, що своєю чергою погіршує глибину наукового пошуку, якість міркувань та аргументації порівняно з традиційними методами навчання. Ці побоювання поділяють і практики: 70% вчителів висловлюють стурбованість тим, що ШІ

послаблює навички критичного мислення та дослідницькі здібності здобувачів освіти. Водночас доведено, що за умови правильного педагогічного дизайну – коли спеціалізований ІІІ-тьютор не дає прямих відповідей, а забезпечує покрокову підтримку як партнер з мислення – ефективність засвоєння знань суттєво зростає.

Поряд із когнітивними аспектами, масштабне впровадження ІІІ розглядається в літературі як складний організаційний виклик, що вимагає інституційної готовності. Згідно з дослідженнями, опублікованими у виданні MDPI, адаптація ІІІ в школах безпосередньо залежить від умов праці освітян, причому найсильнішим рушієм прийняття нових технологій є баланс між роботою та особистим життям [3]. Педагоги готові інтегрувати алгоритми насамперед тоді, коли це робить їхнє професійне життя більш керованим. Для успішної інтеграції технологій освітянам потрібні не стільки технічні навички, скільки розвиток соціальних, міжособистісних та адаптивних компетенцій, щоб ефективно управляти змінами в навчальному середовищі.

Етичний вимір застосування технологій також еволюціонував і розширився до рівня глобальних політик та інтелектуального суверенітету. Оновлені рекомендації ЮНЕСКО попереджають заклади вищої освіти про ризики надмірної залежності від закритих (пропріетарних) ІІІ-моделей кількох світових технологічних гігантів, що загрожує формуванням «монополії на знання». Для збереження академічної незалежності міжнародні організації закликають уряди фінансувати відкриту, суверенну ІІІ-інфраструктуру для університетів [4].

В українському контексті проблематика безпечного та етичного використання ІІІ набуває особливої стратегічної ваги через стрімкий технологічний стрибок держави. Україна задекларувала ціль до 2030 року увійти в трійку країн-лідерів за рівнем розвитку штучного інтелекту, для чого Міністерство цифрової трансформації вже розпочало роботу над створенням національної інфраструктури – «Суверенної фабрики штучного інтелекту» (AI Factory) для запуску безпечних сервісів. За останніми даними, українська індустрія охоплює понад 240 компаній, а кількість ІІІ-фахівців перевищила 6 тисяч осіб. Цей сектор відзначається надзвичайно високим рівнем самоосвіти: 90% спеціалістів використовували іноземні платформи для неформального навчання, а майже половина увійшли в професію самостійно. Такий безпрецедентний розвиток ІТ-галузі створює потужні можливості для розробки вітчизняних освітніх EdTech-рішень, однак водночас вимагає негайного наукового осмислення психосоціальних наслідків та встановлення чітких етичних і нормативних рамок застосування ІІІ в освітньому процесі [5].

ІІІ. Основна частина

Стрімке впровадження штучного інтелекту в освітній процес, яке вже охопило близько 85% викладачів та 86% учнів [6-8], формує нову реальність, у якій технологічні переваги тісно переплітаються з глибокими психосоціальними та когнітивними загрозами. Одним із найсерйозніших викликів є феномен «когнітивного розвантаження», коли здобувачі освіти делегують алгоритмам власні процеси мислення та аналізу. Хоча використання ІІІ може покращувати поточні результати виконання завдань, ці переваги часто зникають, коли інструмент стає недоступним, створюючи так званий «міраж хибної майстерності» та провокуючи метакогнітивну ліню [1, 2]. Переважна більшість викладачів – до 95% - висловлюють занепокоєння тим, що надмірна залежність від генеративних інструментів призводить до деградації навичок критичного мислення та здатності до самостійного пошуку рішень. Уникаючи «продуктивних труднощів», необхідних для глибокого засвоєння матеріалу, учні та студенти ризикують втратити здатність до незалежного міркування та довгострокового збереження знань [10].

Поряд із когнітивними ризиками, використання ІІІ генерує значні психосоціальні загрози, зокрема небезпеку «емоційного розвантаження», за якого молодь передовіряє соціально-емоційне міркування алгоритмам [11]. Завдяки антропоморфному дизайну сучасних ІІІ-систем та імітації емпатії виникає ефект «банальної облуди» - діти можуть плутати алгоритмічну взаємодію зі справжнім людським розумінням [12]. Це перешкоджає розвитку навичок побудови реальних стосунків: дослідження показують, що половина учнів відчуває

послаблення емоційного зв'язку зі своїми вчителями внаслідок використання ІІІ в класі, також фіксується зниження рівня емпатійної комунікації між однолітками [7-8]. Трансформація освітнього середовища безпосередньо впливає і на психологічний стан педагогів. Попри те, що ІІІ-інструменти дозволяють суттєво зекономити час на рутинну підготовку до занять та адміністрування (у середньому до 5,9 годин на тиждень [6]), значна частина вчителів (44%) відчуває, що вони «шахраюють» або неналежним чином виконують свої професійні обов'язки. Додатковий психологічний тиск створює фаховий розрив та напруженість між тими, хто впевнено володіє новими технологіями, і тими, хто відчуває труднощі з їх адаптацією [6].

Етичний вимір застосування ІІІ в освіті є не менш проблемним і багатограним. Неконтрольовані алгоритми здатні відтворювати або навіть посилювати соціальні та культурні упередження, що ставить під загрозу принципи справедливості та інклюзивності [13]. Крім того, ІІІ загрожує поглибити цифрову й академічну нерівність: учні з привілейованих груп використовують технології продуктивно для розширення своїх можливостей, тоді як вразливі групи часто застосовують їх виключно для заміни власного мислення при виконанні домашніх завдань. Зростання обсягів згенерованого контенту, здатність ІІІ до галюцинацій та розмиття меж авторства породжують кризу довіри в класі та додають вчителям тягар перевірки автентичності робіт, завдаючи удару по фундаментальних засадах академічної доброчесності. Відповідно, без створення прозорих політик на рівні закладів, впровадження «ІІІ з підзвітністю» та розбудови етичної цифрової грамотності, технологічна інтеграція ризикує перетворитися на деструктивний фактор для академічного та соціального розвитку особистості [12].

Шляхи подолання визначених ризиків. Для мінімізації психосоціальних та етичних загроз від неконтрольованого використання штучного інтелекту необхідний комплексний підхід, що охоплює педагогічні стратегії, інституційну підтримку та суворе етичне управління.

1. Протидія «когнітивному розвантаженню» та збереження критичного мислення. Автори наголошують на необхідності переходу від використання ІІІ загального призначення (як-от звичайні чат-боти) до спеціалізованих освітніх інструментів, розроблених із чітким педагогічним наміром. Критично важливим є впровадження «дозованого використання ІІІ», що передбачає збалансоване чергування завдань за допомогою алгоритмів із завданнями, які вимагають виключно самостійної когнітивної роботи та зусиль. Серед дієвих практичних стратегій – проведення гібридних мозкових штурмів (коли учні спочатку генерують ідеї чи структури самостійно, а лише потім вдосконалюють їх за допомогою ІІІ), а також використання ІІІ-відповідей як об'єкта для критичного аналізу, де учні повинні шукати логічні прогалини, хибні факти та упередження.

2. Захист соціально-емоційної сфери та збереження людського зв'язку. Щоб уникнути ризику емоційної ізоляції та цифрової прихильності, ІІІ слід позиціонувати виключно як допоміжний інструмент, а не як заміник педагога. Жоден алгоритм не здатен навчити емпатії та побудові справжніх стосунків, адже це відбувається виключно через офлайн-взаємодію, де дорослі створюють атмосферу безпеки та емоційного зв'язку. Педагоги та батьки повинні цілеспрямовано формувати у молоді стійкість та навички міжособистісного спілкування, демонструючи моделі здорової взаємодії з технологіями.

3. Інституційна підтримка та професійний розвиток освітян. Успішна та безпечна інтеграція ІІІ залежить не стільки від наявності самих технологій, скільки від інституційної готовності закладів та підтримки вчителів. Керівництво освітніх закладів має виділяти необхідний бюджет, час та простір для комплексного навчання педагогів. Такий професійний розвиток має виходити за межі простого технічного інструктажу і глибоко розкривати філософські та педагогічні аспекти застосування ІІІ. Створення культури довіри, наставництва та підтримки балансу між роботою та особистим життям є ключовими для подолання професійного вигорання та кризи ідентичності серед вчителів.

4. Етичне управління та створення безпечного середовища. На рівні держави та освітніх інституцій необхідне впровадження надійних нормативних рамок і політик, які б чітко регулювали питання конфіденційності даних, безпеки неповнолітніх та алгоритмічної упередженості. Крім того, інструменти генеративного ІІІ повинні створюватися у тісній

співпраці з вчителями та дослідниками в галузі освіти, щоб гарантувати їхню відповідність реальним освітнім цілям і базування на наукових доказах ефективності, а не лише на комерційних інтересах технологічних компаній. Розвиток цілісної ІІІ-грамотності має стати обов'язковим компонентом для всіх учасників освітнього процесу, щоб сформувати розуміння можливостей, обмежень та прихованих загроз алгоритмів.

IV. Висновки

Інтеграція штучного інтелекту в освітній процес є незворотною тенденцією, яка переходить від стадії ситуативних експериментів до глибокого інституційного впровадження, проте її реальний вплив залежатиме від здатності освітніх систем проактивно керувати супутніми когнітивними, соціально-емоційними та етичними ризиками. Критично важливим стає перехід від парадигми неконтрольованого доступу до технологій до концепції «ІІІ з підзвітністю», що передбачає кероване, етичне та педагогічно обґрунтоване застосування алгоритмів. Для ефективної мінімізації загроз, зокрема проблеми «когнітивного розвантаження» та втрати навичок критичного мислення, заклади освіти повинні застосовувати ІІІ виключно з педагогічним наміром, збалансовано поєднуючи технологічну підтримку із завданнями, які вимагають виключно самостійних інтелектуальних зусиль, долання труднощів та глибокого аналізу. Водночас захист психологічної сфери молоді вимагає чіткого розуміння, що ІІІ є лише допоміжним інструментом, який не здатен навчити емпатії чи замінити автентичний людський зв'язок і дорослих наставників, які формують основу міжособистісного розвитку та запобігають небезпеці «емоційного розвантаження». Цей технологічний перехід неможливий без комплексної підтримки освітян, яким потрібне не лише обладнання, а й системне навчання та захищений час для тестування технологій, що допоможе подолати кризу професійної ідентичності (зокрема поширене серед вчителів відчуття «шахрайства» чи некомпетентності через використання ІІІ) та запобігти вигоранню. Зрештою, розробка надійних нормативних політик щодо конфіденційності даних, обов'язкове збереження людини в контурі управління та розбудова всеосяжної ІІІ-грамотності, спрямованої на розуміння можливостей, обмежень та упереджень алгоритмів, серед усіх учасників навчального процесу є фундаментальними передумовами для того, щоб інновації безпечно слугували розвитку майбутніх поколінь.

V. Список використаних джерел

- [1] OECD, *OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education*. Paris: OECD Publishing, 2026. URL: <https://lnk.ua/E15SgKndV>.
- [2] "The Evidence Base on AI in K-12: A 2026 Review," *Stanford SCALE Initiative*, 2026. URL: <https://lnk.ua/I59qFn7YH>.
- [3] T. Elmourad, L. Hadjiphanis, K. Christofi, P. Chourides, and A. Kythreotis, "AI Adoption in K–12 Education: A Model of Skills Transformation, Productivity, and Institutional Readiness," *Education Sciences*, vol. 16, no. 2, p. 337, Feb. 2026. URL: <https://lnk.ua/jdHEjOzKL>.
- [4] UNESCO, *Guidance on AI in Higher Education and Research*, 2023. URL: <https://lnk.ua/cFtpYgqx2>.
- [5] "Що відомо про розвиток AI-сектору в Україні," *Слово і Діло*, 17 лют. 2026. URL: <https://lnk.ua/bS38HEe3Q>.
- [6] L. Seril, "25 AI in Education Statistics to Guide Your Learning Strategy in 2026," *Engageli*, Mar. 3, 2026. URL: <https://lnk.ua/pOfmZQFcT>.
- [7] G. Goldstone, "Designing the 2026 Classroom: Emerging Learning Trends in an AI-Powered Education System," *Faculty Focus*, Jan. 21, 2026. URL: <https://lnk.ua/jGZm4dEqo>.
- [8] J. Vilcarino and L. Langre4o, "Rising Use of AI in Schools Comes With Big Downsides for Students," *Education Week*, Oct. 8, 2025. URL: <https://lnk.ua/jrFBkz7O7>.
- [9] A. Prothero, "AI Is Poised to Reshape Social-Emotional Learning. But for Better or Worse?," *Education Week*, Feb. 23, 2026. URL: <https://lnk.ua/bO3TKYCeT>.
- [10] E. Aref, "AI and Critical Thinking in Education," *Western Michigan University*, 2026. URL: <https://lnk.ua/9N7QwmDei>.
- [11] A. Prothero, "AI Is Poised to Reshape Social-Emotional Learning. But for Better or Worse?," *Education Week*, 2026. URL: <https://lnk.ua/AKqmhPgZS>.
- [12] M. Burns and R. Winthrop, "AI's future for students is in our hands," *Brookings*, Jan. 14, 2026. URL: <https://lnk.ua/z7N8cB1rH>.

- [13] M. Younas, D. A. S. El-Dakhs, and U. Noor, "The impact of artificial intelligence-based learning tools in academic innovation: a review of Deep seek, GPT, and Gemini (2020–2025)," *Frontiers in Education*, vol. 10, p. 1689205, Nov. 2025, doi: 10.3389/feduc.2025.1689205. URL: <https://lnk.ua/6W241kMs5>.

PSYCHOSOCIAL AND ETHICAL RISKS OF USING AI IN EDUCATION

Dorohyi Iaroslav, Doroha-Ivaniuk Olena, Berdychenko Iryna

ABSTRACT. The integration of artificial intelligence into education generates psychosocial and ethical risks. The thesis examines the phenomenon of 'cognitive offloading', the degradation of critical thinking, emotional isolation, algorithmic bias, and threats to academic integrity. The need for an anthropocentric approach is substantiated.

KEYWORDS: AI, education, psychosocial risks, ethical challenges, algorithmic bias.

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ

Древаль Наталія¹

¹Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Житомир, Україна
E-mail: nataliadreval9@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено можливості застосування штучного інтелекту у викладанні іноземних мов, зокрема його роль у персоналізації навчання, розвитку мовленнєвих навичок та підвищенні ефективності освітнього процесу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, навчання мов, цифрові технології, персоналізація, освіта.

I. Вступ

Стрімкий розвиток цифрових технологій зумовлює суттєві зміни в освітньому середовищі, зокрема у сфері викладання іноземних мов. Сучасні освітні підходи орієнтовані на інтеграцію інноваційних інструментів, серед яких важливе місце займає штучний інтелект (ШІ). Його застосування відкриває нові можливості для оптимізації навчального процесу, підвищення якості освіти та забезпечення індивідуального підходу до кожного здобувача освіти [1].

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю пошуку ефективних методів навчання, що відповідають викликам цифрової епохи. Використання ШІ дозволяє не лише автоматизувати окремі етапи навчання, але й створити інтерактивне освітнє середовище, яке сприяє активному залученню студентів до процесу вивчення мов [4].

Особливої уваги набуває проблема формування іншомовної комунікативної компетентності, яка включає не лише знання граматики та лексики, але й уміння ефективно взаємодіяти у реальних комунікативних ситуаціях. У цьому контексті ШІ виступає як інструмент, що дозволяє моделювати мовне середовище та забезпечувати постійну практику.

Метою даного дослідження є аналіз можливостей застосування штучного інтелекту у викладанні іноземних мов, визначення його переваг, недоліків та перспектив подальшого використання в освітньому процесі.

II. Основна частина

Використання штучного інтелекту у викладанні іноземних мов охоплює широкий спектр інструментів та підходів, які суттєво змінюють традиційні методики навчання та організацію освітнього процесу.

Одним із ключових напрямів є впровадження адаптивних навчальних систем. Такі системи здатні аналізувати рівень підготовки студентів, їхні індивідуальні особливості, типові помилки та темп засвоєння матеріалу. На основі цих даних формується індивідуальна траєкторія навчання, що дозволяє досягати більш високих результатів у коротші терміни [3]. Крім того, адаптивні технології сприяють формуванню самостійності студентів, розвитку навичок самоконтролю та відповідальності за власний навчальний процес.

Важливим аспектом є також можливість накопичення та аналізу великих обсягів даних (learning analytics), що дозволяє викладачам отримувати детальну інформацію про прогрес студентів, виявляти проблемні зони та своєчасно коригувати навчальний процес.

Іншим важливим напрямом є використання чат-ботів та віртуальних асистентів. Вони забезпечують можливість безперервної мовної практики, моделюючи реальні комунікативні ситуації. Це особливо важливо для розвитку навичок говоріння та аудіювання, які традиційно є найбільш складними для опанування. Завдяки таким технологіям студенти можуть отримувати миттєвий зворотний зв'язок і коригувати свої помилки в процесі навчання [5].

Чат-боти також можуть виконувати функції індивідуального наставника, надаючи рекомендації щодо навчання, пояснюючи складні теми та пропонуючи додаткові вправи. Це значно розширює можливості самостійної роботи студентів та підвищує ефективність навчання поза аудиторією.

Окрему увагу слід приділити технологіям розпізнавання мовлення та обробки природної мови. Вони дозволяють оцінювати правильність вимови, інтонації та граматичних конструкцій. Такі інструменти є ефективними для формування фонетичної компетентності та розвитку навичок усного мовлення.

Сучасні системи здатні не лише фіксувати помилки, але й надавати детальні пояснення щодо їх виправлення, що робить процес навчання більш усвідомленим і результативним.

Штучний інтелект також активно використовується для автоматизації оцінювання знань. Системи можуть перевіряти письмові роботи, тести та інші види завдань, що значно зменшує навантаження на викладача та підвищує об'єктивність оцінювання. Крім того, це забезпечує швидкий зворотний зв'язок, який є важливим фактором ефективного навчання [1].

Важливим напрямом є також використання ШІ для створення навчального контенту. Системи можуть генерувати тексти, вправи, тестові завдання та інші навчальні матеріали, адаптовані до рівня підготовки студентів. Це дозволяє значно розширити навчальні ресурси та зробити їх більш різноманітними.

Водночас впровадження ШІ у навчальний процес супроводжується певними викликами. Зокрема, актуальними залишаються питання академічної доброчесності, оскільки студенти можуть використовувати ШІ для виконання завдань без належного розуміння матеріалу. Це вимагає розробки нових підходів до оцінювання знань та контролю навчальної діяльності.

Також існує ризик надмірної залежності від технологій, що може знижувати рівень критичного мислення та самостійності студентів. У зв'язку з цим важливо забезпечити баланс між використанням технологій та традиційними методами навчання.

Важливим є і питання підготовки викладачів до використання новітніх технологій, адже ефективність їх застосування значною мірою залежить від рівня цифрової компетентності педагогів [2]. Необхідним є впровадження програм підвищення кваліфікації та розвитку цифрових навичок викладачів.

Крім того, важливо враховувати етичні аспекти використання штучного інтелекту, зокрема питання конфіденційності даних та безпеки інформації. Освітні установи повинні забезпечувати належний рівень захисту персональних даних студентів та дотримання відповідних нормативних вимог.

Перспективи розвитку ШІ у викладанні іноземних мов пов'язані з подальшим удосконаленням адаптивних систем, інтеграцією технологій віртуальної та доповненої реальності, а також розвитком мультимодальних інтерфейсів, що поєднують текст, звук і зображення.

III. Висновки

Таким чином, використання штучного інтелекту у процесі викладання іноземних мов є перспективним та ефективним напрямом розвитку сучасної освіти. Воно сприяє індивідуалізації навчання, підвищенню мотивації студентів та покращенню якості засвоєння навчального матеріалу.

Разом із тим важливо забезпечити збалансоване поєднання традиційних методів навчання та інноваційних технологій. Ефективне впровадження ШІ можливе лише за умови належної підготовки викладачів та врахування етичних аспектів використання технологій.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення методик інтеграції ШІ у навчальний процес, оцінювання їх ефективності та розробку практичних рекомендацій щодо використання таких технологій у викладанні іноземних мов.

IV. Список використаних джерел

- [1] K.-W. Lai, "Digital technology and the culture of teaching and learning in higher education", *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 27, no. 8, 2011.
- [2] European Council of Doctoral Candidates and Junior Researchers. URL: <http://www.eurodoc.net>.
- [3] А. В. Яцишин, *Digital open systems in the training of postgraduate and doctoral students: a monograph*. Kyiv: CP Print, 2020.
- [4] О. М. Спірін та ін., "Модель використання відкритих електронних науково-освітніх систем...", *Інформаційні технології і засоби навчання*, №3(77), 2020.
- [5] O. Yu. Burov et al., "Use of learners' state indices for design of adaptive learning systems", *Information technologies and learning tools*, vol. 68, no. 6, 2018.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FOREIGN LANGUAGE TEACHING

Nataliia Dreval

ABSTRACT. The paper analyzes the use of artificial intelligence in foreign language teaching, focusing on personalization, automation and communicative skills development.

KEYWORDS: artificial intelligence, language learning, digital technologies, personalization, education.

ІІІ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІНТЕРАКТИВНОГО НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ

Дудка Ольга¹, Власій Олеся¹, Яремій Софія¹

¹Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

E-mail: sofia.yaremii@cnu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. Проаналізовано можливості інтеграції ІІІ в навчання математики. Описано систему завдань на взаємодію учня з ІІІ як інтерактивним тьютором. Показано механізми зворотного зв'язку, індивідуалізації навчання та трансформації ролі вчителя з джерела знань на ментора та архітектора освітнього досвіду.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект (ІІІ), інтерактивне навчання, математична освіта, тьютор, ментор.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активною цифровізацією та впровадженням технологій штучного інтелекту (ІІІ), що відкриває нові дидактичні можливості для підвищення ефективності навчання [1]. Трансформаційні зміни освіти вимагають пошуку підходів, при яких новітні технології стають не просто допоміжним засобом, а активним учасником освітнього процесу, який виконує рутинну роботу і може адаптуватися під індивідуальні потреби як вчителя, так і учня. З появою ІІІ роль вчителя не зникає, але зазнає найбільшої трансформації за останні сто років. Якщо ІІІ бере на себе роль «джерела знань» та «тренажера», стає ІІІ-тьютором, то вчитель перетворюється з лектора на ментора та архітектора освітнього досвіду. Вчитель стає тією людиною, яка вчить дитину залишатися людиною в світі, де технічну роботу виконують алгоритми.

Актуальність дослідження зумовлена потребою у розробці методичних рекомендацій щодо імплементації ІІІ в практику шкільної математичної освіти [2].

Метою дослідження є обґрунтування методик навчання математики через взаємодію учня з ІІІ-тьютором та визначити роль учителя як ментора в цьому процесі.

Завдання дослідження: обґрунтувати використання ІІІ для генерації варіативних задач, розробити моделі інтерактивного зворотного зв'язку, визначити способи інтеграції ІІІ з динамічними математичними середовищами, окреслити трансформацію ролі вчителя від джерела знань до архітектора навчання.

II. Основна частина

Інтеграція ІІІ в освітній простір сучасної школи знаменує перехід від цифрових освітніх ресурсів до динамічних систем навчання. ІІІ потрібно розглядати як багатофункціональний інструмент, який реалізує принципи адаптивності та персоналізації на рівні, який раніше був недоступний у межах традиційної класно-урочної системи [3]. Традиційне навчання «вчитель

– учень» перетворюється на систему, де ШІ стає посередником. У цій системі вчитель делегує частину контролюючих та діагностичних функцій ШІ, перебираючи на себе роль ментора, який дає орієнтири та проєктує індивідуальні освітні траєкторії; а учень отримує можливість працювати в інтерактивному діалозі з системою, де помилка стає не приводом для зниження оцінки, а точкою для подальшого аналізу та корекції.

На відміну від класичних засобів автоматизації обчислень, ШІ здатний до контекстного аналізу дій учня. Його можна використовувати на уроках математики для надання диференційованих підказок, створення варіативних задач, поєднання символічних обчислень із динамічною графікою для покращення розуміння абстрактних понять. Для учнів вчитель може запропонувати різні навчальні діяльності, які підготують їх до критичного, відповідального, творчого використання ШІ, зокрема написання власних промптів з метою отримання підтримки в навчанні.

Формулюючи промпти під час роботи з ШІ важливо задати роль, згідно якої діє ШІ: «Виконуй роль вчителя математики» або «Я учень 10 класу». Краще робити один чат на тему, оскільки системи ШІ зазвичай запам'ятовують діалог та вказівки. Обов'язково потрібно оцінити отриманий результат та переконатися, що він відповідає вашим очікуванням. За потреби відредагувати свій промпт або надати більше інформації для ШІ.

Рекомендовані види діяльності вчителя/учня на уроках математики із застосуванням ШІ

1. Генерація варіативних задач.

Використання спеціалізованих промптів для ШІ дозволяє розробити різні типи завдань, наприклад, контекстна задача, пошук логічної помилки, тест-пастка, встановлення відповідності, творчий проєкт тощо. Однак вчитель/учень повинен здійснювати обов'язковий експертний аналіз згенерованих матеріалів, оскільки ШІ може видавати галюциногенні результати чи допускати неточності, особливо в математичних обчисленнях.

2. Миттєвий зворотний зв'язок.

Традиційна модель оцінювання фіксує помилку як негатив, в той час як ефективним засобом є навчання через помилки, в якому ШІ відіграє роль помічника учня. Наприклад, учень самостійно розв'язує задачу, надає розв'язок ШІ та використовує промпт, що забороняє пряму відповідь, вимагаючи лише методичну підказку: *«Проаналізуй мій розв'язок задачі. Не пиши правильну відповідь. Знайди логічні неточності та дай мені тільки підказку: на якому кроці я помилюся і яку концепцію мені варто повторити?»*

Практична реалізація цього підходу передбачає виконання учнем завдання та критичний самоаналіз власної роботи. Головною метою такої діяльності є самоперевірка та розвиток навичок рефлексії, вміння самостійно ідентифікувати прогалини у знаннях та коригувати свій освітній шлях. Очікуваним результатом такої взаємодії є перехід від отримання оцінки до активного пошуку рішення, що спонукає до повторного опрацювання матеріалу та самостійного знаходження вірного рішення, що забезпечує глибше засвоєння теми.

3. Кероване розв'язання та наукова дискусія.

ШІ виступає як партнер по навчанню. Учень залучається до логічного міркування через навідні запитання ШІ. Методика керованого розв'язання складних задач базується на залученні учня до процесу логічного міркування за допомогою навідних запитань ШІ, що виключає отримання готової відповіді та спонукає до самостійної побудови логічних ланцюжків: *«Я учень 10 класу. Допоможи мені розв'язати цю задачу, не надаючи готової відповіді. Став мені навідні запитання по черзі, щоб я зміг самостійно прийти до правильного рішення»*. При такому підході учень вибудовує власний логічний ланцюжок, відповідаючи на уточнювальні запитання ШІ-тьютора.

Наступним рівнем є завдання на критичний аналіз, де учень має ідентифікувати та обґрунтувати навмисно допущені ШІ логічні неточності у розв'язку, демонструючи глибину розуміння теми та навички аналізу: *«Напиши розв'язок задачі з навмисною логічною помилкою»*. Учень шукає помилку, пояснює ШІ, чому цей крок є хибним, і змушує систему надати коректне виправлення.

Завдання на порівняльний аналіз, де учень захищає свій варіант перед системою: *«Проаналізуй мій підхід з точки зору ефективності та спробуй його розкритикувати. Запропонуй альтернативний метод, а я спробую захистити свій вибір або погоджуся з твоїми аргументами»*. Особливе місце посідають творчі завдання, де ІІІ є і об'єктом, і інструментом творчості, наприклад створення інфографіки-реклами «Математика – мова, якою розмовляє комп'ютер». Очікуваним результатом такої комплексної взаємодії є розвиток навичок наукової дискусії, вміння визнавати раціональність різних підходів та підвищення загальної автономності учня в освітньому процесі. Такий формат роботи дозволяє вчителю оцінити рівень сформованості критичного мислення та здатність учня оперувати математичними поняттями в умовах інтелектуального діалогу.

4. Інтеграція ІІІ зі спеціалізованими цифровими інструментами.

Інтеграція ІІІ в математичне програмне забезпечення сьогодні відбувається за кількома напрямками: від автоматизації обчислень до створення інтелектуальних систем допомоги (тьюторів). Сучасні доповнення дозволяють інтегрувати ІІІ в GeoGebra для покрокових пояснень розв'язків завдань та опрацювання текстових задач у застосунку Math Solver (GeoGebra). Wolfram|Alpha не просто обчислює, а пояснює покроково кожен етап розв'язання задачі, що робить його ідеальним для навчання. Maple та Mathematica впроваджують інструменти для автоматичного написання коду для чисельних методів та аналізу даних. Khan Academy (Khanmigo) є еталоном інтеграції ІІІ-тьютора в математичну освіту [4].

Інтеграція ІІІ з динамічними математичними середовищами, засобами програмування та освітніми платформами створює нові умови для дослідження складних математичних моделей. ІІІ не замінює ці середовища, а допомагає учневі справитися з рутиною на шляху аналізу та вирішення поставленої задачі. Вбудовані ІІІ-асистенти (на прикладі Maple та Wolfram) знімають бар'єр вивчення складного синтаксису команд, що дозволяє фокусуватися на математиці. Методика передбачає взаємодію учня з чат-ботом для отримання покрокових алгоритмів побудови геометричних об'єктів, вибору необхідного інструментарію та налаштування динамічних параметричних залежностей. Замість тривалого вивчення складних інтерфейсів програмного забезпечення, учень за допомогою ІІІ-тьютора оперативно переходить до стадії реалізації моделі. Кінцевим результатом такої діяльності є створення дієвої інтерактивної моделі, яка дозволяє досліджувати математичні властивості об'єктів через безпосередні маніпуляції з ними, що сприяє розвитку просторового уявлення та глибшому розумінню геометричних закономірностей.

Штучний інтелект стає потужним інструментом для вчителя при розробці фрагментів уроків з математики, забезпечуючи адаптивність матеріалу до рівня підготовки учнів на етапах пояснення нового матеріалу, закріплення знань та організації самостійної роботи. Інтеграція ІІІ на кожному етапі уроку дозволяє вчителю перейти від ролі "єдиного джерела знань" до ролі ментора, який допомагає будувати систему цінностей, ролі експерта, який координує взаємодію учня з інтелектуальним навчальним середовищем.

III. Висновки

Штучний інтелект є потужним засобом інтенсифікації навчання математики, проте його використання потребує високої професійної компетентності вчителя. ІІІ ефективний як креативний асистент та інтерактивний партнер учня, але обов'язкова верифікація результатів фахівцем є критичною умовою збереження математичної точності та методичної доцільності навчання. ІІІ не замінює вчителя, а розширює його можливості, трансформуючи роль педагога у наставника та ментора.

IV. Список використаних джерел

- [1] Л. В. Куцак, "Штучний інтелект у сучасній освіті: перспективи застосування та виклики," *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи*, по. 74, pp. 27–37, 2025, <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2024-74-27-37>.
- [2] Міністерство освіти і науки України, *Про методичні рекомендації щодо запровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти: лист від*

- 29.09.2025 № 1/20386-25, Sep. 29, 2025. [Online]. Available: https://znayshov.com/FR/48271/List_20386.pdf
- [3] О. М. Топузов, С. В. Алексєєва, “Можливості використання штучного інтелекту в освітньому процесі закладів середньої освіти в умовах воєнного стану,” *Український педагогічний журнал*, no. 1, pp. 5–11, 2024, <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2024-1-5-11>.
- [4] Р. А. Заторський, О. М. Дудка та О. О. Власій, “Роль інформаційно-комунікаційних технологій у візуалізації вивчення математики,” *Фізико-математична освіта*, no. 3(13), pp. 39–44, 2017. [Online]. Available: <http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/publ/1-1-0-203>

AI AS A TOOL FOR INTERACTIVE MATHEMATICS LEARNING

Dudka Olha, Vlasiy Olesya, Yaremiy Sofiya

ABSTRACT. The possibilities of integrating AI into mathematics education are analyzed. A system of tasks based on the student's interaction with AI as an interactive tutor is described. The mechanisms of feedback, individualized learning, and the transformation of the teacher's role from a source of knowledge into a mentor and architect of the educational experience are demonstrated.

KEYWORDS: artificial intelligence (AI), interactive learning, mathematics education, tutor, mentor.

ВПРОВАДЖЕННЯ ШІ-АСИСТЕНТІВ У ПРАКТИКУ ВИКЛАДАННЯ ВЧИТЕЛІВ ЗАРУБІЖНОЇ ЛІТЕРАТУРИ НА КУРСАХ ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ

Дудко Наталія¹

¹Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти, Суми, Україна
natalyduko68@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У статті досліджено впровадження ШІ-асистентів у практику викладання зарубіжної літератури на курсах підвищення кваліфікації. Проаналізовано результати педагогічного експерименту за участю 50 вчителів (2024–2025 рр.), визначено ефективні методичні умови та типові бар'єри впровадження.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, зарубіжна література, підвищення кваліфікації, ШІ-асистент, цифрова компетентність.

I. Вступ

Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту (ШІ) кардинально трансформує освітній простір: з'являються нові інструменти для підготовки уроків, аналізу художніх текстів, комунікації з учнями та оцінювання їхніх навчальних досягнень. У цьому контексті система підвищення кваліфікації (ПК) педагогічних працівників постає перед нагальним викликом – оперативно й методично обґрунтовано інтегрувати відповідні компетентності у свої програми. Особливо гострою ця проблема є для вчителів зарубіжної літератури – фахівців, чия дисципліна традиційно орієнтована на глибоке гуманітарне мислення, розвиток читацької культури та критичну рефлексію.

В Україні тривають активні дискусії про місце ШІ в освіті: від питань академічної доброчесності до формування нових методичних підходів у педагогічній практиці [1]. Водночас системних досліджень, які б фіксували реальний стан обізнаності та практики використання ШІ-асистентів вчителями-словесниками в контексті курсів підвищення кваліфікації (КПК), бракує. Більшість наявних розробок стосується або вищої школи, або природничо-математичних дисциплін, що залишає значну прогалину в методиці гуманітарної освіти.

Мета дослідження – проаналізувати особливості та результати впровадження ШІ-асистентів у практику викладання зарубіжної літератури в рамках курсів підвищення кваліфікації, що проводилися на базі Сумського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти (СОІППО) протягом 2024-2025 навчального року.

Завдання дослідження: 1) визначити рівень обізнаності вчителів зарубіжної літератури щодо ШІ-інструментів до початку КПК; 2) розробити та апробувати методичний модуль з інтеграції ШІ-асистентів у навчальний процес; 3) оцінити зміни в практиці педагогів після проходження КПК.

Об'єкт дослідження – процес підвищення кваліфікації вчителів зарубіжної літератури. Предмет – методичні умови впровадження ІІІ-асистентів у викладацьку практику в системі ПК.

II. Основна частина

2.1. Теоретичні засади дослідження

Технології штучного інтелекту активно входять у педагогічну практику в усьому світі. Дослідники виокремлюють кілька ключових напрямів їх застосування в освіті: персоналізація навчання, автоматизоване оцінювання, генерування навчальних матеріалів та підтримка вчителя в рутинних підготовчих завданнях [2]. Особливе місце посідають генеративні ІІІ-асистенти – системи на основі великих мовних моделей (LLM), здатні вести діалог, генерувати тексти, аналізувати джерела і пропонувати педагогічні сценарії.

ІІІ-асистенти (ChatGPT, Claude, Gemini та їх аналоги) вже набули широкого поширення в освітній практиці зарубіжних країн. Дослідження Європейської комісії фіксує, що у 2024 році понад 60% учителів у країнах ЄС принаймні раз використовували генеративний ІІІ у підготовці до занять [3]. Натомість в Україні цей показник залишається значно нижчим – за нашими початковими вимірами, він становив близько 22% серед учителів гуманітарних дисциплін на початку 2024/2025 навчального року.

Для вчителів зарубіжної літератури ІІІ-асистенти відкривають специфічні дидактичні можливості: швидке отримання контекстуальних довідок про автора та культурний фон твору; генерування варіантів проблемних питань для дискусії; аналіз тексту в різних критичних парадигмах; порівняння перекладів та виявлення перекладацьких стратегій; розробка диференційованих завдань для учнів із різним рівнем читацької підготовки [4].

Водночас дослідники наголошують на ризиках безкритичного використання ІІІ: схильності до галюцинацій (фактичних помилок), можливості розмивання авторської методичної позиції вчителя та ризику формування залежності учнів від ІІІ-генерованих відповідей [5]. Саме тому підготовка педагогів до рефлексивного, методично обґрунтованого застосування цих інструментів стає першочерговим завданням системи ПК. Окремого розгляду заслуговує питання про те, як саме ІІІ-асистенти змінюють роль учителя зарубіжної літератури. У традиційній методиці вчитель-словесник виступає насамперед як «провідник» у світ тексту – людина, що формує інтерпретаційну оптику учня, задає культурний контекст і моделює читацьку поведінку. ІІІ-асистент здатний миттєво генерувати довідкові відомості про автора, епоху, напрям – й тим самим потенційно «перебирати» на себе частину цієї функції. Постає закономірне запитання: чи не призведе це до «делегування» вчителем своєї ключової ролі технологічному інструменту?

Аналіз практики свідчить про протилежне. Дослідник Н. Селвін зазначає, що інтеграція цифрових інструментів у гуманітарне викладання, як правило, не витісняє вчителя, а змінює конфігурацію його ролей: рутинні інформаційні функції переходять до технологій, натомість акцент посилюється на тих вимірах роботи, які ІІІ відтворити не здатний – емоційному резонансі з текстом, міжособистісному діалозі, педагогічній інтуїції [7]. У контексті зарубіжної літератури це означає, що ІІІ може «розповісти» про біографію Кафки чи естетику магічного реалізму – але не може пережити текст разом з учнем і зробити цей досвід особистісно значущим.

Не менш важливим є питання мовного й культурного виміру ІІІ-асистентів у контексті викладання зарубіжної літератури в Україні. Більшість провідних ІІІ-систем функціонують на основі англомовних корпусів і можуть демонструвати помітні прогалини у знанні україномовної рецепції зарубіжних авторів, специфіки вітчизняних перекладів та навчально-програмових вимог. Це робить критичну перевірку ІІІ-генерованого контенту не просто бажаною, а обов'язковою педагогічною практикою. Водночас ця обмеженість відкриває унікальну методичну можливість: зіставлення того, «що знає ІІІ» і «що знає вчитель» про, приміром, українські переклади Шекспіра чи рецепцію Ремарка в радянській Україні, стає продуктивним навчальним прийомом, що розвиває критичне мислення і формує усвідомлення культурної специфіки.

Важливим теоретичним орієнтиром для даного дослідження є концепція «доповненої педагогіки» (augmented pedagogy), що набуває поширення в англomовній науковій літературі з 2023 року. Згідно з нею, ефективна інтеграція ШІ в освіту відбувається не шляхом заміни педагогічних практик, а через їх збагачення: вчитель зберігає методичний суверенітет, але отримує потужний інструментальний ресурс для розширення дидактичного репертуару [8]. Саме ця модель слугувала концептуальною основою розробленого нами КПК-модулю.

Варто також звернути увагу на типологію ШІ-інструментів, актуальних саме для вчителя-словесника. Умовно їх можна розподілити на три групи. Перша – універсальні чат-асистенти (ChatGPT, Claude, Gemini), що підтримують розгорнутий діалог і здатні виконувати широкий спектр текстових завдань: від генерування запитань до написання методичних коментарів. Друга група – спеціалізовані освітні платформи з вбудованим ШІ (Diffit, MagicSchool, Eduaide), орієнтовані саме на потреби вчителя: вони дозволяють адаптувати текст до рівня читача, автоматично генерувати рубрики оцінювання та плани уроків. Третя група – аналітичні ШІ-інструменти для роботи з текстом (Voyant Tools із елементами ШІ, NotebookLM), що відкривають можливості дистантного читання та порівняльного аналізу корпусів текстів. Для цілей КПК ми зосередилися переважно на першій групі як найдоступнішій і найгнучкішій, водночас знайомлячи учасників із можливостями другої групи в ознайомлювальному форматі.

2.2. Методологія дослідження

Дослідження проводилося протягом 2024–2025 навчального року на базі СОІППО. У ньому взяли участь 50 учителів зарубіжної літератури загальноосвітніх шкіл Сумської області, які проходили КПК у чотирьох потоках. Середній педагогічний стаж учасників склав 17 років; вікова група – переважно 35–55 років (76%); 86% учасників – жінки.

Застосовані методи дослідження: анкетування (до і після КПК), педагогічне спостереження за роботою вчителів під час практичних занять, контент-аналіз розроблених ними дидактичних матеріалів, структуроване інтерв'ю з фокус-групою (n=12) після завершення навчання.

До програми КПК було включено авторський методичний модуль «ШІ-асистент у кабінеті зарубіжної літератури» обсягом 6 академічних годин (2 лекційні + 4 практичні). Структура модулю охоплювала чотири тематичні блоки: огляд актуальних ШІ-асистентів та їх можливостей для вчителя-словесника; формулювання ефективних предметно зорієнтованих запитів (промптів); критична перевірка та редагування ШІ-генерованого контенту; етичні аспекти використання ШІ в освіті – авторське право, академічна доброчесність, відповідальне використання. Кожен практичний блок завершувався самостійним виконанням учасниками методичного завдання безпосередньо з обраним ними ШІ-асистентом.

Важливою методичною рисою модулю була його побудова за принципом «від тривоги до впевненості». Перший лекційний блок розпочинався не з демонстрації можливостей ШІ, а з відкритого обговорення побоювань учасників – адже саме неартикульований страх і упередженість є головними бар'єрами на шляху до освоєння нових інструментів. Учасникам пропонувалося анонімно записати свої занепокоєння на стікерах (у онлайн-форматі – у спільній дошці Padlet), після чого вони ставали предметом групового аналізу. Цей прийом, запозичений з практики фасилітації організаційних змін, дав змогу одразу зняти психологічну напруженість і перевести розмову у конструктивне русло. Надалі кожен практичний блок будовався за циклом Колба: конкретний досвід (спроба виконати завдання за допомогою ШІ) → рефлексивне спостереження (що вийшло, що ні?) → концептуалізація (чому саме так працює інструмент?) → активне експериментування (спробую інший підхід / інший промпт). Такий цикл забезпечував не лише формування навички, а й методичне осмислення власної практики.

2.3. Результати дослідження

Початкове анкетування виявило суттєву диференціацію в рівнях обізнаності та досвіду вчителів. Переважна більшість учасників (68%) чули про ШІ-асистенти, однак жодного разу не використовували їх у підготовці до уроків чи у навчальному процесі. Лише 12% застосовували ШІ-інструменти регулярно (частіше ніж один раз на тиждень), тоді як 20% мали

лише епізодичний досвід. Після завершення модулю картина суттєво змінилась: динаміку відображено у Табл. 1.

Таблиця 1

Розподіл учасників за рівнем використання ІІІ-інструментів до і після КПК (n=50)

Рівень використання	До КПК	Після КПК
Не використовують	68%	8%
Епізодично (рідше 1 разу на місяць)	20%	28%
Регулярно (1–3 рази на тиждень)	8%	44%
Систематично (щоденно)	4%	20%

Наведені дані свідчать про те, що частка тих, хто не використовує ІІІ-асистенти, скоротилась з 68% до 8%, а показник регулярного й систематичного використання зріс з 12% до 64%. Це засвідчує значний потенціал цілеспрямованої методичної підготовки навіть у відносно стислих часових межах.

Серед найбільш затребуваних функцій ІІІ-асистентів учителі виокремили: підготовку запитань для обговорення твору (72%); пошук біографічного та культурного контексту про автора (66%); генерування диференційованих завдань для учнів із різним рівнем підготовки (60%); складання порівняльних характеристик персонажів (54%); розробку сценаріїв літературних ігор і вікторин (48%).

Важливою трансформацією виявилось зміщення сприйняття ІІІ: якщо спочатку більшість учасників асоціювала ІІІ-асистенти переважно зі «списуванням» та загрозою академічній доброчесності, то після модулю акцент змістився – педагоги почали розглядати ІІІ як методичного помічника, що звільняє час для більш глибокої роботи з текстом і учнями. Цей зсув зафіксовано як у повторному анкетуванні, так і в коментарях під час структурованих інтерв'ю.

Якісний аналіз розроблених учасниками дидактичних матеріалів засвідчив підвищення їхньої різноманітності та творчого характеру. Зокрема, 18 учасників (36%) розробили оригінальні завдання із застосуванням методу промптингу як навчального прийому: вони пропонували учням самостійно формулювати запити до ІІІ з метою дослідження тексту, а потім критично аналізувати й порівнювати отримані відповіді. Такий підхід одночасно розвиває читачку та цифрову грамотність.

Серед найбільш показових результатів – зміна характеру самих запитів, які учасники формулювали до ІІІ-асистентів у ході практичних занять і після КПК. Якщо на початку модулю переважали запити загального типу («розкажи про роман», «хто такий Гессе»), то наприкінці учасники демонстрували значно вищий рівень промпт-культури: формулювали контекстуалізовані, методично зорієнтовані запити («запропонуй три проблемних питання для дискусії про роман «Степовий вовк» для 11 класу в контексті теми самотності та пошуку ідентичності» або «порівняй, як тема війни реалізується у творах Ремарка і Гемінгуей: дай відповідь у форматі тез для учнівської дискусії»). Це свідчить про формування не просто навички користування інструментом, а справжньої методичної компетентності у роботі зі ІІІ.

Аналіз портфоліо учасників після КПК виявив кілька стійких сценаріїв використання ІІІ-асистентів, що стихійно склалися в педагогічній практиці: «контекстний помічник» (ІІІ надає культурно-історичний фон перед читанням твору), «генератор альтернатив» (ІІІ пропонує кілька варіантів завдань, з яких учитель обирає чи компілює найкраще), «критичний співрозмовник» (учитель перевіряє власні методичні ідеї у діалозі зі ІІІ) та «диференціатор» (ІІІ адаптує базове завдання до різних рівнів складності). Найбільш творчим і методично зрілим виявився останній сценарій, оскільки він вимагає від учителя чіткого розуміння навчальних цілей і рівнів учнів – тобто залучає його предметно-дидактичну компетентність як необхідну умову ефективного використання інструменту.

Показовими виявились і результати порівняння між потоками КПК: учасники, які проходили навчання у другому півріччі (лютий-травень 2025 р.), демонстрували вищий

початковий рівень обізнаності щодо ІІІ-інструментів порівняно з першим потоком (вересень-грудень 2024 р.) – 31% проти 14% тих, хто мав хоча б епізодичний досвід. Це відображає загальну тенденцію до швидкого зростання присутності теми ІІІ в публічному та професійному дискурсі: за неповний навчальний рік суспільна обізнаність помітно зросла навіть без цілеспрямованого навчання. Водночас якісний аналіз показав, що стихійно набутий досвід найчастіше залишався методично неосмисленим – учителі використовували ІІІ інтуїтивно, без розуміння принципів ефективного промптингу та критеріїв оцінювання отриманих відповідей. Саме тому структурована методична підготовка зберігає свою цінність навіть в умовах зростаючої самостійної обізнаності педагогів.

2.4. Обговорення результатів

Отримані результати узгоджуються з міжнародними дослідженнями, які вказують на те, що основним бар'єром для впровадження ІІІ в педагогічну практику є не технічні труднощі, а психологічна неготовність і відсутність методичної підготовки [6]. Проведений нами модуль фактично знімав цей бар'єр для переважної більшості учасників – завдяки поєднанню практичного занурення та рефлексивного компонента.

Разом із тим дослідження виявило й проблемні зони. По-перше, частина педагогів (близько 22%) демонструвала надмірну довіру до ІІІ-генерованого контенту, не перевіряючи фактичну точність отриманих відомостей про авторів чи літературний контекст. Це потребує більш акцентованої роботи з критичним мисленням у наступних версіях модулю – зокрема, включення вправ на виявлення «галюцинацій» ІІІ в літературознавчому тексті.

По-друге, учасники старшої вікової групи (55+) відчували значно більший психологічний спротив і потребували індивідуалізованого підходу. Це вказує на необхідність диференціації форм роботи в межах КПК – зокрема, проведення додаткових консультацій та розробки покрокових інструкцій з базового налаштування ІІІ-інструментів.

Окремої уваги заслуговує питання сталості змін після КПК. Проведене через три місяці контрольне анкетування серед 34 учасників (із 50), яких вдалося залучити до повторного опитування, показало, що 71% зберегли або збільшили частоту використання ІІІ-асистентів. Це свідчить про те, що зміни мають не ситуативний, а стійкий характер. Водночас 29% повернулися до рівня «епізодичного» використання або відмовились від нього. Серед пояснень – технічні обмеження (відсутність зручного доступу до інструментів у школі), брак часу на освоєння нових підходів в умовах навчального навантаження, а також збереження скептицизму щодо якості ІІІ-генерованого контенту з літературознавчої точки зору.

Цей результат підкреслює необхідність пост-КПК супроводу: менторської підтримки, онлайн-спільноти практики та методичних мікро-матеріалів (коротких покрокових інструкцій для конкретних предметних ситуацій), які дозволяють підтримувати мотивацію й компетентність у проміжках між офіційними навчальними заходами.

Перспективним видається розвиток практики «ІІІ-рефлексії» – методичного прийому, за яким учні разом із учителем аналізують якість, обмеження та можливі помилки відповідей ІІІ-асистента на питання за темою художнього твору. Такий підхід формує критичне ставлення до цифрових джерел і відповідає завданням нової української школи щодо розвитку медіаграмотності. Крім того, використання ІІІ як об'єкта критичного аналізу – а не лише інструменту – відкриває нові можливості для змістовного обговорення проблем авторства, мови і значення, що є центральними для курсу зарубіжної літератури.

ІІІ. Висновки

Проведене дослідження підтвердило, що цілеспрямований методичний модуль із ІІІ-асистентів є ефективним компонентом курсів підвищення кваліфікації для вчителів зарубіжної літератури. За відносно короткий час (6 академічних годин аудиторної роботи) вдалось суттєво збільшити частку педагогів, які регулярно й методично обґрунтовано використовують ІІІ-інструменти в практиці, – з 12% до 64%. При цьому змінився і якісний характер використання: від побоювань і скептицизму – до осмисленого застосування з урахуванням предметної специфіки.

Отримані результати мають практичне значення для проєктування програм ПК у системі післядипломної педагогічної освіти. По-перше, вони свідчать про доцільність включення предметно зорієнтованих ІІІ-модулів до стандартних програм КПК – як обов'язкового, а не факультативного компонента. По-друге, вони підкреслюють значення методичного, а не суто технічного підходу до такого навчання: вчителів важливо не просто навчитися «натискати кнопки», а виробити власну педагогічно обґрунтовану позицію щодо місця ІІІ у своїй практиці. По-третє, результати вказують на необхідність системного пост-КПК супроводу – без нього значна частина набутих компетентностей ризикує залишитися нереалізованою в умовах реального навчального навантаження. Усе це ставить перед інститутами підвищення кваліфікації нові інституційні завдання, що виходять за межі традиційного формату курсів підвищення кваліфікації і потребують переосмислення самої архітектури методичного супроводу педагога.

Ключовими умовами успішного впровадження виявилися: практична зорієнтованість навчання на конкретних предметних завданнях (а не абстрактний огляд можливостей ІІІ); рефлексивний компонент, що формує критичне ставлення до ІІІ-контенту; орієнтація на вчителя як творчого суб'єкта, а не пасивного споживача технологій.

Перспективи дослідження пов'язані з: розробкою повноцінного курсу ІІІ-компетентності для вчителів-словесників із дистанційним супроводом після КПК; порівняльним аналізом результатів по різних предметних спеціалізаціях; розробкою методичних рекомендацій для педагогів щодо інтеграції ІІІ-рефлексії як дидактичного прийому на уроках зарубіжної літератури.

IV. Список використаних джерел

- [1] UNESCO. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO, 2023. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>.
- [2] R. Luckin, W. Holmes, M. Griffiths, and L. B. Forcier, Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education. London: Pearson, 2016.
- [3] European Commission, Joint Research Centre. Artificial Intelligence and Education: Critical Perspectives. Luxembourg: Publications Office of the EU, 2023. <https://doi.org/10.2760/153756>
- [4] E. Kasneci et al. "ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education". Learning and Individual Differences, vol. 103, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>.
- [5] M. Weidinger et al. "Ethical and social risks of harm from Language Models". arXiv:2112.04359, 2021. <https://arxiv.org/abs/2112.04359>.
- [6] S. Sánchez-Prieto, S. Olmos-Migueláñez, and F. J. García-Peñalvo. "Informal tools in formal contexts: Development of a model to assess the acceptance of mobile technologies among teachers". Computers in Human Behavior, vol. 55, pp. 519-528, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.09.051>.
- [7] N. Selwyn. Is Technology Good for Education? Cambridge: Polity Press, 2016.
- [8] T. Fawns. "An Entangled Pedagogy: Looking Beyond the Pedagogy – Technology Dichotomy". Postdigital Science and Education, vol. 4, pp. 711-728, 2022. <https://doi.org/10.1007/s42438-022-00302-7>.

IMPLEMENTATION OF AI ASSISTANTS IN FOREIGN LITERATURE TEACHING PRACTICE AT IN-SERVICE TEACHER TRAINING COURSES

Dudko Nataliia

ABSTRACT. The article examines the implementation of AI assistants in foreign literature teaching practice at in-service training courses. Results of a pedagogical experiment involving 50 teachers (2024–2025) are analysed; effective methodological conditions and typical barriers are identified.

KEYWORDS: artificial intelligence, foreign literature, in-service training, AI assistant, digital competence.

(СВА)ВІЛЬНИЙ ТРЕНЕР: ВЕРИФІКАЦІЯ ЗГЕНЕРОВАНОЇ LMM ПРОГРАМИ СИЛОВОГО ТРЕНУВАННЯ

Єфременко Андрій¹, Шутсєв Ілля¹, Бондаренко Роман¹

¹Харківська державна академія фізичної культури, Харків, Україна

E-mail: literasearchukr@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Дослідження фокусується на здатності штучного інтелекту генерувати програми тренування, що відповідають академічним стандартам спортивної науки, а також ролі фахівця у критичному оцінюванню результатів та експертному прийнятті рішень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: LMM, кондиційне тренування, освіта тренерів, цифрова компетентність.

I. Вступ

Стрімкий розвиток технологій генеративного штучного інтелекту кардинально змінює підходи до підготовки фахівців галузі фізичного виховання та спорту, а також методології підготовки атлетів. Впровадження великих мультимодальних моделей (LMM) дозволяє автоматизувати складні аналітичні завдання. Тому майбутнім фахівцям потрібно навчатися в контексті переходу від репродуктивного засвоєння знань до навичок критичної інтерпретації та індивідуалізації тренувальних процесів. Формування цифрової компетентності тренерів стає невід’ємною умовою їхньої конкурентоспроможності в умовах тотальної цифровізації глобальної спортивної індустрії.

Аналіз останніх досліджень вказує на помірну якість тренувальних планів, згенерованих алгоритмами. Тобто продовжує існувати необхідність їхньої обов’язкової верифікації кваліфікованими фахівцями. Результати експертних оцінювань підтверджують, що сучасні версії моделей, демонструють вищий рівень деталізації та наукової обґрунтованості рекомендацій порівняно з ранніми версіями [1]. Виявлено суттєві методологічні обмеження моделей у диференціації специфічних тренувальних цілей та адекватному врахуванні складних механізмів нейром’язової адаптації [2]. Окремі автори наголошують на схильності штучного інтелекту до надмірної консервативності у параметризації інтенсивності, що потенційно обмежує ефективність підготовки досвідчених атлетів [3]. При цьому використання великих мовних моделей у межах вищої освіти розглядається як перспективний інструмент формування аналітичного мислення студентів через переосмислення алгоритмічних рішень [4]. Дослідники вказують, що використання таких технологій сприяє подоланню традиційних бар’єрів в аналізі даних, дозволяючи зосередити інтелектуальні ресурси на стратегічних та тактичних рішеннях тренерської діяльності [5].

Попри значний потенціал генеративного штучного інтелекту, на сьогодні залишається невирішеним питання щодо можливостей майбутніх тренерів з виду спорту самостійно ідентифікувати, при виконанні практичних завдань, логічні помилки в автоматизовано згенерованих планах.

Мета – вивчення доцільності використання генеративних моделей штучного інтелекту для планування тренувального процесу в межах професійної підготовки майбутніх тренерів з виду спорту.

Гіпотеза. Результати відповідей різних моделей будуть відрізнятися, але загалом, за умов якісної інтерпретації фахівцем, можуть бути ним використані для індивідуалізації тренування.

II. Методологія

Пояснення. Загалом ідея дослідження полягала у використанні генеративних моделей штучного інтелекту для планування тренування, спрямованого на розвиток фізичної сили (на прикладі підтягувань на перекладині). Звужене завдання полягало в апробації практичного підходу в рамках навчання майбутніх тренерів з кондиційного тренування. В практичній роботі вони мають використати LLM для генерації тренувального плану за визначеними параметрами та критично його оцінити. Таке завдання може розглядатися як складова професійної діяльності сучасного тренера.

Дизайн. Обрано вправу – підтягування на поперечині. Популярність, переваги для розвитку силових здібностей та поширеність в тренувальних програмах (вона розглядається як базова

вправа) не потребує додаткового обґрунтування. Маємо розуміння, що вона базова, доступна, відносно проста в виконанні технічно. Проте, попередній пошук за ключовим запитом та його варіаціями в базі Google Scholar («тренування підтягування» та еквівалент «pull-ups training») дозволив ідентифікувати 2 статті (одна без посилань на програму, яка представлена та для якого контингенту пропонується; інша стосується курсу навчання підтягуванням дівчат-студенток з використанням тренажерного обладнання та додаткових вправ) (див. дод. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19164130>).

Далі було використано інтернет пошук (Google), що дозволило ідентифікувати ряд програм тренування та рекомендацій без посилань на їх авторів або їх обґрунтування.

На наступному етапі було ідентифіковано ряд безкоштовних додатків у Play Маркет, які позиціонуються розробниками, як такі що використовують штучний інтелект для розробки індивідуалізованих тренувальних планів («Fit AI», «BodBot»). Окремо було проаналізовано два популярних безкоштовних додатки, які безпосередньо пов'язані з тренування підтягувань («Pull-ups», «100 підтягувань»).

На наступному етапі було змодельоване практичне завдання для апробації його вирішення з використанням безкоштовних LLM. В контексті навчання кондиційному тренуванню завдання полягало у розробці 8-ми тижневого мезоциклу тренування з підтягування на перекладині. Мета – збільшити кількість підтягувань, як прояв зростання фізичних кондицій (силових здібностей). Об'єкт чоловік 29 років без попереднього спортивного досвіду (умовно початківець), який може підтягнутися 6 разів (повторний максимум).

Почергово в кожній моделі (Gemini 3 з міркуванням; Claude Sonet 4.6 Extended thinking; Chat GPT; Perplexity; Grok 4.20 expert) було запущено промпт: «Привіт. Ти спортивний тренер. Склади план тренування з підтягування на перекладині на 8 тижнів з метою збільшення кількості підтягувань для особи 29 років, чоловік, який, може підтягнутися 6 разів у одному підході. Ключові змінні програми: 1) величина навантаження (кількість підходів та підтягування в кожному тренуванні, загальна кількість підтягувань на тиждень); 2) чергування роботи та відпочинку (час відпочинку між підходами); 3) частота тренування (чергування тренувань та днів відпочинку)».

Розробка та верифікація програми тренування. Спираючись на власну компетентність та дані навчально-методичної літератури зі спортивного тренування та фізичного виховання було розроблено оригінальну програму тренування з підтягування для аналогічного випадку. Було проведено опитування серед фахівців – науково-педагогічних працівників ($n = 9$, стаж роботи не менше 5 років) закладів вищої освіти сфери фізичного виховання та спорту для верифікації розробленої програми. Були поставлені питання: 1) «Чи є розроблена програма тренування відповідною до обраного запиту? (Так/ні)»; 2) «Якщо ні, то які зміни варто внести (відкрите питання)».

Статистика. За результатами моделювання програм тренування з підтягування на перекладині, отриманих за допомогою різних LLM, було розраховано середнє значення та стандартні відхилення для основних характеристик (табл. 1). Узгодженість відповідей фахівців оцінювали з використанням Cohen's kappa.

III. Результати та їх обговорення

Незважаючи на популярність підтягувань для розвитку сили швидкий пошук науково-обґрунтованих (у форматі наукових публікацій) програм або рекомендацій дозволив ідентифікувати всього 2 статті [6, 7]. Лише одна з них пропонує перевірку організованої програми тренувань [7]. Таким чином, незважаючи на поширеність даної фізичної вправи майбутні тренери можуть зіткнутися з проблемою програмування навантаження в професійній діяльності. Дана теза підтверджується відсутністю алгоритмів складання програми тренування з підтягування, не ідентифікованих швидким інтернет пошуком. Вочевидь, використання LLM для розробки програми тренування слід розглядати доцільним.

Вивчення поточних можливостей безкоштовних додатків з планування тренування, які позиціонуються розробниками, як такі що використовують штучний інтелект для розробки індивідуалізованих тренувальних планів («Fit AI», «BodBot») (див. дод.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19164130>), в тому числі з додатковою рекомендацією планувати тренування саме з використанням підтягувань (див. дод). Запропоновані програми не включали вправ у підтягуваннях. Можливо, така ситуація склалася внаслідок обмежень, щодо планування програми без використання обладнання («Fit AI») та в домашніх умовах («BodBot»).

Окремо було проаналізовано два популярних безкоштовних додатки, які безпосередньо пов'язані з тренування підтягувань. Додаток «Pull-ups» пропонує стандартизовані програми з прогресивним навантаженням. Натомість, додаток «100 підтягувань» пропонує адаптивну програму для кожного тижня з урахуванням тесту повторного максимуму після трьох тренувань на тиждень. Таким чином безкоштовні додатки частково можуть бути використані для короткострокового програмування тренувань з підтягувань з урахуванням індивідуальних особливостей. Проте, як буде розглянуто далі, з меншою гнучкістю ніж програмування з використанням LMM.

У додатку (дод. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19164130>) представлено результати генерації тренувальних програм. У таблиці 1 представлено усереднені дані розраховані на основі 8-тижневого циклу для кожної програми (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна таблиця програм тренувань на 8 тижнів згенерованих LMM за запитом

Параметр порівняння (M ± SD)	Gemini 3	Claude Sonet	ChatGPT	Perplexity	Grok
Кількість підходів за тренування, кількість	4,6 ± 1,2	4,3 ± 0,9	5,7 ± 0,7	4,6 ± 0,5	5,9 ± 0,8
Повторень за тренування, разів	20,3 ± 5,6	18,0 ± 5,2	21,8 ± 4,5	23,3 ± 6,1	32,6 ± 7,6
Загальний обсяг на тиждень, разів	60,9 ± 17,3	53,3 ± 15,9	72,6 ± 23,0	69,9 ± 17,9	97,9 ± 22,8
Час відпочинку між підходами, с	142,5 ± 26,6	165,0 ± 35,4	125,6 ± 26,2	133,1 ± 18,3	120,0 ± 0,0
Частота тренувань на тиждень, разів	3	3	3-4	3	3

Ключові особливості згенерованих програм полягали в наступному:

для Gemini 3 – наявність значного зниження навантаження (тиждень 5) для відновлення та уникнення перетренованості;

для Claude Sonet – чіткий розподіл на фази (адаптація, розвиток, формування сили, пік розвитку);

для Chat GPT – акцент на принципі прогресивного перевантаження та чергування легких/важких днів;

для Perplexity – тест на повторний максимум для коригування навантаження. Щотижневий тест визначає кількість повторень у робочих підходах (50-70% від повторного максимуму);

для Grok – найбільш інтенсивне лінійне зростання обсягу навантаження.

Chat GPT та Gemini 3 рекомендують використовувати негативні підтягування, якщо техніка починає «ламатися».

Щодо аналізу запропонованої величини навантаження, то Grok пропонує найвищий середній обсяг (майже 98 підтягувань на тиждень) та найбільшу кількість підходів. Найнижчий середній обсяг у Claude Sonet (53,3 підтягування). Вона є найменш гнучкою та орієнтованою на поступову адаптацію.

Щодо чергування роботи та відпочинку Claude Sonet пропонує найтриваліші паузи для відпочинку (до 3,5 хв на пікових тижнях), для максимального відновлення АТФ. Grok пропонує суворо фіксований час відпочинку – 2 хвилини протягом усіх 8 тижнів.

Більшість програм пропонують найпоширенішу частоту тренувань в контексті кондиційного тренування – 3 тренування на тиждень. Винятком є ChatGPT, який пропонує збільшення частоти до 4 разів на пікових тижнях (5-6 тижнях) для створення додаткового стимулу.

Всі плани розраховані на те, щоб допомогти чоловікові 29 років збільшити результат з 6 до 10-14+ повторень за 8 тижнів. Вибір конкретного плану залежить від здатності індивіда до відновлення та готовності до високого об'єму роботи (як у плані Grok).

Комплексний аналіз представлених тренувальних програм дозволяє виявити відмінності в методології розвитку силових показників у підтягуваннях для контингенту з початковим

рівнем підготовленості в даній вправі. Спільним для усіх програм є орієнтація на досягнення цільового показника у 12–14 повторень протягом восьмитижневого циклу. Механізми реалізації принципу прогресивного перевантаження суттєво варіюються за структурою та динамікою. Зокрема, програма Grok базується на моделі суворой лінійної прогресії, де загальний тижневий обсяг навантаження демонструє стабільне зростання від 60 до 126 повторень. Означене має забезпечити максимальний метаболічний стрес та гіпертрофію за рахунок збільшення кількості підходів до семи. На противагу цьому, Claude Sonet застосовує фазову періодизацію, розділяючи цикл на етапи адаптації, розвитку, сили та піку. В результаті, очікується поступова підготовка опорно-рухового апарату до зростаючих навантажень без різких стрибків інтенсивності. Chat GPT рекомендує хвилеподібну модель, чергуючи легкі дні з високим обсягом навантаження та важкі дні з підвищеною інтенсивністю. Означене вважається ефективним методом запобігання функціональному перенапруженню. Програма Perplexity поєднує елемент динамічного самоконтролю через щотижневе тестування максимального результату, на основі якого коригується робоче навантаження, з урахуванням поточного повторного максимуму. Даний підхід забезпечує високу гнучкість програми. Натомість, Gemini 3 пропонує фіксовані схеми. Основний акцент робиться на накопиченні обсягу навантаження без максимальних зусиль в робочих підходах.

Режим чергування роботи та відпочинку виступає основним чинником у забезпеченні регенерації аденозинтрифосфату та підтримці технічної якості виконання вправ. У програмі Grok час відпочинку є константним і становить 120 секунд. Означене спрямовано на підтримку високої щільності тренування. Натомість, Claude Sonet та ChatGPT пропонують диференційований підхід. Так, час відновлення прогресивно збільшується від 90 до 210 секунд паралельно зі зростанням інтенсивності підходів. Означене є обґрунтованим для розвитку максимальної сили. Окрему увагу варто приділити особливостям відновлення. Так, Gemini 3 та Perplexity передбачають спеціалізовані тижні зі зменшенням обсягу навантаження (розвантаження або делоад) на п'ятому та шостому тижнях відповідно. Означене пояснюється спрямованістю на суперкомпенсацію та запобігання накопичення системної втоми.

Частота тренувальних сесій у більшості програм обмежена трьома заняттями на тиждень. Така рекомендація може розглядатися як оптимальна для регенерації сполучної тканини у віковій групі 29 років. Однак ChatGPT пропонує тимчасове збільшення частоти до чотирьох разів на тиждень на етапі інтенсифікації. Дане положення обґрунтовується створенням додаткового стимулу для нервової системи перед виходом на пік працездатності. Специфічні інструменти, такі як негативні підтягування, рекомендуються Gemini 3 та ChatGPT як допоміжний засіб при деградації техніки під впливом втоми. Натомість, Grok зосереджується виключно на суворій формі виконання основної вправи.

Таким чином, вибір конкретної програми залежить від індивідуальної здатності індивіда до відновлення та його прихильності щодо лінійного або хвилеподібного типу збільшення навантаження.

Результати опитування верифікували запропоновану програму тренування (сім відповідей «Так»; дві відповіді «Ні» з поясненням). В результаті розрахунку Cohen's k карра для результатів опитування була встановлена значна узгодженість ($k = 0,82$). Запропоновані корективи стосувалися виключно величини навантаження (в бік його збільшення). З урахуванням рекомендацій програму було скориговано.

Аналіз авторської програми у зіставленні зі згенерованими програмами дозволив відмінності в підходах до структурування тренувального навантаження. Розроблена програма базується на внутрішньосесійній варіативності повторень. Так, пікове навантаження припадає на середину тренувального заняття, щоб створити специфічний нейром'язовий стимул. Вважаємо, що саме таке стимулювання сприятиме розвитку специфічної адаптації. Проте, дані літератури також вказують, що стабільна кількість повторень у кожному робочому підході сприяє кращому контролю техніки та накопиченню обсягу без передчасного виснаження центральної нервової системи [8]. У контексті загального тижневого обсягу розроблена програма демонструє помірну прогресію (зростання від 50 до 75 підтягувань на тиждень), що

узгоджується з показниками програми Claude Sonet (від 33 до 75 повторень). Означене вважається консервативним підходом, орієнтованим на поступову адаптацію зв'язкового апарату [9]. Однак цей обсяг значно поступається програмам Grok (до 126 повторень) та ChatGPT (до 114 повторень). Слід зазначити, що розроблена програма передбачає проміжне тестування максимуму на 4-му тижні, тоді як Gemini 3 та Perplexity використовують аналогічні часові проміжки для відновлення (делоаду). Є свідчення, що такий підхід сприяє запобіганню системній втомі та стимулюванню суперкомпенсації [10]. Режим відпочинку в розробленій програмі (від 120 до 180 секунд) є ідентичним до рекомендацій Gemini 3 та Claude Sonet. Загалом, це відповідає фізіологічним потребам регенерації АТФ у м'язах [11].

Наше дослідження не претендує на оригінальність стосовно дизайну [12]. Проте, воно є першим в утилітарному контексті використання можливостей LMM в навчальній діяльності тренерів з виду спорту для моделювання майбутніх практичних ситуацій в професійній діяльності.

Результати порівняльного аналізу тренувальних програм, згенерованих різними моделями штучного інтелекту, підтверджують гіпотезу про суттєву методологічну варіативність отриманих результатів. Зокрема, виявлені відмінності в обсягах тижневого навантаження та структурі періодизації свідчать про те, що алгоритми базуються на різних підходах адаптації (від агресивної лінійної прогресії до консервативної фазової моделі). Така неоднорідність результатів підтримує думку про обмеженість автономного використання LMM без верифікації з боку фахівця. LMM часто демонструють схильність до надмірної безпеки або, навпаки, ігнорування кумулятивної втоми атлета. Наукова література вказує, що сучасні версії чат-ботів спроможні дотримуватися базових принципів спортивного тренування [13]. Але, вони все ще потребують суттєвої деталізації параметрів інтенсивності, таких як близькість до м'язової відмови або специфічний темп виконання вправ, що є запорукою довгострокового прогресу [14].

Процес критичної інтерпретації фахівцем виступає необхідним фільтром, що перетворює згенерований алгоритмом шаблон у індивідуалізований план тренування. Дослідження показують, що моделі здатні поєднувати актуальні дані з наукових джерел [15]. Однак, якість цих рекомендацій прямо залежить від точності вхідного запиту та здатності тренера ідентифікувати потенційні помилки в логіці програмування. Наприклад, виявлені у проаналізованих програмах відмінності в режимах відпочинку та прогресії обсягів навантаження вказують на те, що моделі можуть по-різному тлумачити концепцію суперкомпенсації та відновлення аденозинтрифосфату. Тому, вважаємо, що використання штучного інтелекту в освітньому процесі підготовки майбутніх тренерів з виду спорту не лише доцільним, а й необхідним елементом формування професійної компетентності. Завдання студента в такому контексті полягає не в простому копіюванні програми, а в глибокому аналізі нейром'язових стимулів, передбачених кожною з них, а також їх корекції відповідно до закономірностей спортивної підготовки.

Актуальність впровадження технологій штучного інтелекту в підготовку тренерських кадрів обґрунтовується можливістю автоматизації рутинних процесів очищення та візуалізації даних, що дозволяє зосередити увагу на сутнісних сторонах тренування, таких як аналіз техніки та комунікація з атлетом. Проте виникає питання про ризик деградації аналітичних здібностей за умови некритичної довіри до автоматизованих систем. Аналіз отриманих результатів підтверджує, що на даному етапі розвитку LMM не спроможні повноцінно врахувати складні фізіологічні механізми адаптації та індивідуальний відгук організму на специфічне навантаження. Таким чином, впровадження штучного інтелекту в межах навчання є доцільним лише як засіб для симуляції реальних сценаріїв планування та розвитку навичок критичного оцінювання в контексті поточних можливостей програмування тренування з використанням LMM. В результаті, забезпечується формування фахівця нового типу, який враховує обчислювальні можливості алгоритмів з ґрунтовними знаннями з фізіології та біомеханіки спорту.

IV. Висновки

Проведене дослідження дозволяє констатувати, що сучасні мультимодальні мовні моделі демонструють значний потенціал у контексті структурування тренувальних програм для

розвитку силових здібностей. Їхня ефективність суттєво варіюється залежно від архітектури та версії алгоритму. Аналіз результатів підтверджує, що сучасні версії моделей здатні генерувати програми, які значною мірою узгоджуються з науково обґрунтованими принципами прогресивного перевантаження та періодизації навантаження. Виявлена методологічна неоднорідність відповідей різних моделей вказує на відсутність єдиного стандарту формування тренувальних рекомендацій, що зумовлює необхідність критичної верифікації вихідних даних з боку кваліфікованого фахівця. Таким чином, штучний інтелект на даному етапі розвитку слід розглядати як допоміжний інструмент для швидкої генерації попередніх структурованих програм, а не як повноцінну заміну професійного тренера. У контексті професійної підготовки майбутніх тренерів з кондиційного тренування впровадження інструментів штучного інтелекту є доцільним кроком, що сприяє розвитку цифрової грамотності та аналітичного мислення. Використання штучного інтелекту як об'єкта для критичної оцінки в межах навчальних завдань стимулюватиме студентів до глибшого розуміння наукових джерел та доказових методів спортивного тренування.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямі полягають у вивченні психологічних чинників взаємодії атлета з віртуальними (в точності в форматі LMM) тренерами та впливу автоматизованого зворотного зв'язку на рівень мотивації та дотримання тренувального режиму.

V. Список використаних джерел

- [1] L. Puce, N. L. Bragazzi, A. Currà, and C. Trompetto, "Harnessing generative artificial intelligence for exercise and training prescription: Applications and implications in sports and physical activity—A systematic literature review," *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 7, p. 3497, 2025, doi: 10.3390/app15073497.
- [2] J. Washif, J. Pagaduan, C. James, I. Dergaa, and C. Beaven, "Artificial intelligence in sport: Exploring the potential of using ChatGPT in resistance training prescription," *Biol. Sport*, vol. 41, no. 2, pp. 209–220, 2024, doi: 10.5114/biolsport.2024.132987.
- [3] J. Zhang and J. Guo, "Application of big data analysis in sports training: Personalized training plan generation," in *Proc. World Conf. Intell. 3D Technol.*, Singapore, 2024, pp. 471–481, doi: 10.1007/978-981-97-9124-8_38.
- [4] А. Єфременко та І. Шутєєв, "Розділ XIX. Штучний інтелект в освіті тренерів з виду спорту: стадії прийняття," у *Штучний інтелект в освіті. Частина I: монографія*, А. Яцишин, Ред. Київ, Україна: ІЦО НАПН України, 2025, с. 283–295. [Online]. Available: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/748131/1/%D0%A0%D0%9E%D0%97%D0%94%D0%86%D0%9B%20%D0%A5%D0%86%D0%A5.%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84_%D0%A8%D0%86_%D0%B2_%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D1%96.pdf
- [5] L. A. Fazackerley, D. Perrin, and G. M. Minett, "Harnessing generative AI in exercise and sports science education: Enhancing real-world learning and overcoming traditional barriers in data analysis," *Adv. Physiol. Educ.*, vol. 49, no. 2, pp. 496–502, 2025, doi: 10.1152/advan.00249.2024.
- [6] В. І. Синіговець, С. В. Пильтяй, та Д. С. Камка, "Методичні основи розвитку силових здібностей засобами базових вправ у процесі занять стріт воркаутом," *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки*, № 152, т. 1, с. 220–224, 2018. [Online]. Available: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/VchdpuP_2018_152\(1\)_50.pdf](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/VchdpuP_2018_152(1)_50.pdf)
- [7] S. P. Flanagan, P. M. Vanderburgh, S. G. Borchers, and C. D. Kohstall, "Training college-age women to perform the pull-up exercise," *Res. Quart. Exercise Sport*, vol. 74, no. 1, pp. 52–59, 2003. [Online]. Available: <https://paulogentil.com/pdf/Training%20college-age%20women%20to%20perform%20the%20pull-up%20exercise..pdf>
- [8] В. Г. Тодорова, *Основи теорії і методики спортивного тренування: навчальний посібник*. Одеса, Україна: Університет Ушинського, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.pdpu.edu.ua/bitstream/123456789/17071/1/Todorova.pdf>
- [9] Т. Б. Кутек та І. І. Вовченко, *Основи теорії і методики спортивної підготовки: навчальний посібник*. Житомир, Україна: ЖДУ імені Івана Франка, 2022. [Online]. Available: http://library.megu.edu.ua:8180/jspui/bitstream/123456789/2976/1/2022%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1_%D0%9E%D0%A2%D0%9C%D0%A1%D0%A2.pdf
- [10] А. В. Кошура, *Теорія і методика спортивних тренувань: навч. посіб.* Чернівці, Україна: Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. [Online]. Available:

<http://library.megu.edu.ua:8180/jspui/bitstream/123456789/2975/1/2021%20%a2%20%9c%20%a1%20%a2%20%9c%20%95%20%a2%20%9e%20%94%20%98%20%a7%20%9a%20%90.pdf>

- [11] T. Havers et al., "A professional assessment of training plans for muscle hypertrophy and maximal strength developed by generative artificial intelligence, " *Biol. Sport*, vol. 42, no. 4, pp. 353-380, 2025, doi: 10.5114/biol sport.2026.152350.
- [12] L. Z. Marquina, "Uses of artificial intelligence in personalizing sports training, " *Rev. Tecnol. Cienc. Educ. Edwards Deming*, vol. 9, no. 2, pp. 70-95, 2025, doi: 10.37957/rfd.v9i1.151.
- [13] D. K. K. V. S. MBBS, D. S. P. MBBS, D. S. S. MBBS, D. A. J. MD, and D. E. T. Kolli, "The future of sports training: Integrating artificial intelligence and wearable technology in performance enhancement, " *TPM – Test., Psychometrics, Methodol. Appl. Psychol.*, vol. 32, no. S2, pp. 2145–2153, Jun. 2025. [Online]. Available: <https://tpmap.org/submission/index.php/tpm/article/view/1092>
- [14] Genç, G. Aydın, M. Kasap et al., "Comparative evaluation of ChatGPT versions in training program design: Scientific approach, accuracy, and practical applicability, " *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.*, vol. 18, no. 19, 2026, doi: 10.1186/s13102-025-01409-7.
- [15] L. Puce, N. L. Bragazzi, A. Currà, and C. Trompetto, "Harnessing generative artificial intelligence for exercise and training prescription: Applications and implications in sports and physical activity—A systematic literature review, " *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 7, p. 3497, 2025, doi: 10.3390/app15073497.

Додаткові матеріали: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19164130>

(FREE) WILL COACH: VERIFICATION OF LMM-GENERATED STRENGTH TRAINING PROGRAMS

Yefremenko Andrii, Shutieiev Illia, Bondarenko Roman

ABSTRACT. The study focuses on the ability of artificial intelligence to generate training programs that meet the academic standards of sports science, as well as the role of the specialist in critical evaluation of results and expert decision-making.

KEYWORDS: LMM, conditioning training, coach education, digital competence.

ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ІНТЕРНАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ ТА ФОРМУВАННЯ АДАПТОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ РОЗВИТКУ

Желєзняк Алла¹

¹Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З.Гжицького, м.Львів, Україна
E-mail: AZheleznyak@ukr.net

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто питання інтернаціоналізації освітньої діяльності на рівні закладів вищої освіти та освітніх програм, які реалізуються. Обґрунтовано застосування генеративного штучного інтелекту для аналізу рівня інтернаціоналізації освітньої програми. На основі аналізу характеристик технологій штучного інтелекту та особливостей організації освітнього процесу, а також огляду сучасних практик, визначено, що використання ШІ в оцінюванні та підтримці процесів інтернаціоналізації може бути як доцільним, так і обмеженим або забороненим залежно від контексту застосування. Зазначений підхід сприятиме дотриманню законодавчих вимог, забезпеченню прозорості, об'єктивності, етичності та принципів академічної доброчесності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інтернаціоналізація, освітня програма, штучний інтелект, стратегія.

I. Вступ

Розвиток системи вищої освіти України на сьогодні важко уявити без її інтеграції в міжнародний освітній простір. Огляд існуючих практик, положень, нормативних актів показав, що реалізація освітніх програм в закладах вищої освіти здійснюється з урахуванням процесів інтернаціоналізації. Закон України про «Вищу освіту» визначає державну політику міжнародного співробітництва у сфері вищої освіти [1], відповідно до якої розробляються стратегії інтернаціоналізації закладами вищої освіти. Оцінка міжнародної діяльності та інтернаціоналізації є невід'ємною складовою акредитаційних процесів у сфері вищої освіти. Водночас наявність внутрішніх положень, пов'язаних із стратегіями інтернаціоналізації, підписаних договорів із міжнародними партнерами не завжди є свідченням впливу міжнародної діяльності на розвиток освітніх програм закладу вищої освіти, на що звертає

увагу Національне агентство із забезпечення якості освіти [2]. У зв'язку із цим виникає потреба більш глибокого аналізу та реалізації оцінювання рівня інтернаціоналізації освітньої програми групою забезпечення, що дасть змогу сформулювати практичні рекомендації для її розвитку із врахуванням специфіки освітньої програми, внутрішніх нормативних актів, напрямків міжнародної співпраці. Дієвими інструментами для реалізації цього завдання можуть бути цифрові асистенти на основі технології генеративного штучного інтелекту, які дозволять аналізувати як саму освітню програму, її сильні та слабкі сторони у відповідності до наявних можливостей закладу вищої освіти, так і формувати адаптовані рекомендації із наявного досвіду міжнародної співпраці.

II. Основна частина

Методичні рекомендації Інституту вищої освіти НАПН України визначають інтернаціоналізацію освітніх програм та курсів як одну із цілей-інструментів інтернаціоналізації науково-освітньої діяльності закладу вищої освіти [3]. Інші інструменти, такі як участь НПП та здобувачів вищої освіти у програмах міжнародної академічної мобільності, міжнародних наукових проєктах тощо, хоч і виділені окремо, але, на нашу думку, мають теж безпосередній вплив на освітні процеси та реалізацію освітніх програм. Основним фокусом інтернаціоналізації вищої освіти є в першу чергу підвищення міжнародного рівня конкурентоспроможності закладів вищої освіти та міжнародної репутації [3].

Огляд наукових досліджень та аналітичних матеріалів показав, що існують різноманітні підходи до оцінювання рівня інтернаціоналізації вищої освіти, які базуються на використанні різного набору показників та індикаторів [4-6]. Незважаючи на наявність значної кількості індикаторів оцінювання інтернаціоналізації вищої освіти, значно менше уваги в наукових дослідженнях приділяється питанню інтернаціоналізації освітньої програми. Деякі автори до основних напрямів інтернаціоналізації навчальних програм відносять: академічну мобільність та програми обміну, розроблення та впровадження англomовних освітніх програм, міжнародну науково-освітню співпрацю, інтернаціоналізація змісту навчальних дисциплін, підвищення кваліфікації викладацького складу, інституційну політику та управління, забезпечення якості та міжнародну акредитацію [7]. Ці та інші підходи були взяті за основу під час оцінювання рівня інтернаціоналізації та розробки адаптованих рекомендацій розвитку освітніх програм.

У ході виконання дослідження, а саме проведення оцінювання рівня інтернаціоналізації освітніх програм Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім.С.З. Гжицького, було використано технологію генеративного штучного інтелекту, а саме мовну модель ChatGPT. З метою оцінювання рівня інтернаціоналізації освітніх програм з використанням ШІ було виділено такі основні напрями:

- 1) аналіз відповідності змісту та наповнення освітньої програми стратегії інтернаціональності закладу вищої освіти та наявним практикам її реалізації;
- 2) аналіз впливу міжнародної діяльності на розвиток та реалізацію освітньої програми;
- 3) аналіз відповідності законодавчій базі, етичним та правовим аспектам реалізації освітньої програми з урахуванням процесів інтернаціоналізації.

Отримані результати дозволили сформулювати практичні висновки і рекомендації, які містили результати оцінювання сильних та слабких сторін освітньої програми в контексті інтернаціоналізації. Наприклад, до сильних сторін було віднесено відповідність законодавству, наявність компетентнісного підходу та узгодженості із освітніми програмами інших закладів освіти. Значно слабше в багатьох освітніх програмах реалізована міжнародна складова освітніх програм у формі освітніх компонентів, що читаються англійською мовою, міжнародних програм подвійних дипломів тощо. До рекомендацій, що покращили б рівень інтернаціоналізації освітніх програм, можна віднести залучення іноземних експертів до розробки та перегляду освітніх програм, підсилення складової “інтернаціоналізація дома”.

Використання генеративного штучного інтелекту дозволило покращити процес оцінювання інтернаціоналізації на рівні освітньої програми, у т.ч. аналізу її відповідності чинному законодавству та внутрішнім положенням закладу вищої освіти.

У ході проведеного дослідження були розглянуті напрямки застосування генеративного штучного інтелекту як інструменту для оцінки інтернаціоналізації освітньої програми. На основі аналізу практик застосування ШІ для автоматизації процесів у різноманітних сферах, в т.ч. освітньої діяльності, було встановлено, що ШІ може бути рекомендованим інструментом для аналізу нормативних документів, внутрішніх положень, змісту освітньої програми, силабусів та робочих програм. Використання ШІ може застосовуватися для перевірки відповідності освітньої програми освітнім та професійним стандартам. Заклади вищої освіти можуть покращувати комунікацію з українськими та іноземними студентами за допомогою ефективної багатоканальної комунікації у формі чат-ботів, використовувати автоматичний переклад для підготовки супровідної документації, функціонування інтернет-ресурсів та інформаційних сервісів на англійській та інших мовах. На управлінському рівні у сфері інтернаціоналізації уповноважені відділи можуть із використанням ШІ здійснювати моніторинг дотримання КРІ інтернаціоналізації освітнього процесу та наукової діяльності.

Чимало процесів, пов'язаних із інтернаціоналізацією освітньої діяльності, потребують забезпечення більшого контролю з боку людини із метою дотримання вимог прозорості, об'єктивності, етичних питань та принципів академічної доброчесності. В таких процесах застосування штучного інтелекту має бути обмеженим або забороненим. Сюди, наприклад, можна віднести оцінювання поданих заявок здобувачів вищої освіти на програми міжнародної академічної мобільності, формування стратегій інтернаціоналізації без урахування специфіки діяльності закладу вищої освіти, думок основних стейкхолдерів та керівництва. Окрема увага має приділятися дотриманню правових та етичних ризиків використання ШІ, захисту персональних даних з метою уникнення ситуацій дискримінації по відношенню до учасників освітнього процесу.

III. Висновки

Інтернаціоналізація освітньої діяльності є важливим чинником, який позитивно впливає на освітній процес та формування освітніх програм. Застосування генеративного штучного інтелекту для аналізу інтернаціоналізації освітніх програм може допомогти проєктним групам та гарантам глибше проаналізувати сильні та слабкі сторони освітньої програми в контексті інтернаціоналізації та формувати адаптовані рекомендації щодо її розвитку. Це підвищуватиме якість освітнього процесу та планування міжнародної діяльності з урахуванням предметної області та специфіки кожної окремої освітньої програми.

IV. Список використаних джерел

- [1] Закон України “Про вищу освіту». *Відомості Верховної Ради (ВВР)*, 2014, № 37-38, ст.2004 (із змінами та доповненнями). [Електронний ресурс]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>
- [2] Про інтернаціоналізацію. Національне агентство із забезпечення якості освіти. Доступно: <https://surl.li/npruxx>
- [3] Л. Горбунова, М. Дебич, В. Зінченко, І. Сікорська, І. Степаненко, О. Шипко. Інтернаціоналізація вищої освіти в Україні: методичні рекомендації. ІВО НАПН України, 2016. 158 с. [Електронний ресурс]. Доступно: https://ihed.org.ua/wp-content/uploads/2018/09/MR_Internats-VO-Ukrayini_2016_158p_IBO_avtors-kolektiv.pdf
- [4] А.Остенда, О. Самойленко, Є.Івашев. “Модель оцінки рівня інтернаціоналізації вищої освіти”. *Професійна педагогіка*, №1 (24), с. 306–313, 2022. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2022.24.306-313>
- [5] О. Краєвська. Інтернаціоналізація вдома – практика розвитку інституціональної спроможності до реалізації програм міжнародної освіти в українських університетах. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://lnk.ua/Xp5jJDhXE>
- [6] А.В. Вербицька, “Індикатори оцінки та моніторингу ефективності інтернаціоналізації вищої освіти в європейському освітньо-науковому просторі”, *Публічне управління і адміністрування в Україні*, 2020. <https://doi.org/10.32843/2663-5240-2020-15-7>
- [7] І.С. Лопатинська, Л.В. Гаценко, Т.І. Бугасенко. Інтернаціоналізація навчальних програм та якість англомовного викладання в українській вищій освіті. *Педагогічна Академія: наукові записки*, (24). 2025. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17645579>.

ASSESSING THE LEVEL OF INTERNATIONALIZATION OF AN EDUCATIONAL PROGRAM AND DEVELOPING TARGETED RECOMMENDATIONS

Zhelyeznyak Alla

ABSTRACT. This publication examines the issue of the internationalization of educational activities at the level of higher education institutions and the educational programs they offer. It justifies the use of generative artificial intelligence to analyze the level of internationalization of an educational program. Based on an analysis of the characteristics of artificial intelligence technologies and the specifics of organizing the educational process, as well as a review of current practices, it is determined that the use of AI in evaluating and supporting internationalization processes can be either appropriate or limited or prohibited, depending on the context of application. This approach will contribute to compliance with legal requirements and ensure transparency, objectivity, ethics, and the principles of academic integrity.

KEYWORDS: internationalization, educational program, artificial intelligence, strategy.

АЛГОРИТМИ ІНТЕГРАЦІЇ ІНСТРУМЕНТІВ ШІ У ПРОЦЕС ПРОЄКТУВАННЯ АДАПТАВНИХ КУРСІВ ДЛЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ

Задоріна Ольга¹

¹ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет ім.К.Д.Ушинського», Одеса, Україна

E-mail: don_zadorina@ukr.net

АНОТАЦІЯ. У тезах розглядаються науково-методичні підходи до автоматизації рутинних завдань викладача університету в процесі підготовки майбутніх учителів математики. Автором обґрунтовано комплекс інструментів штучного інтелекту (ШІ), що дозволяють проєктувати адаптивні курси з дисциплін методичного спрямування. Особливу увагу приділено розробці покрокових алгоритмів інтеграції ШІ-технологій для створення персоналізованого навчального контенту, що адаптується до індивідуальних потреб студентів. Запропонована методика дозволяє оптимізувати процес формування методичної компетентності майбутніх фахівців, забезпечуючи динамічне коригування навчальної траєкторії залежно від рівня засвоєння матеріалу. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення цифрового освітнього середовища педагогічних закладів вищої освіти.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, адаптивне навчання, алгоритми ШІ, підготовка вчителів математики, індивідуальна освітня траєкторія.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку вищої педагогічної освіти в Україні характеризується стрімкою цифровізацією та необхідністю впровадження проривних технологій у навчальний процес. Підготовка майбутніх учителів математики для базової та старшої школи вимагає не лише глибоких предметних знань, а й володіння інструментарієм штучного інтелекту (ШІ) для розв'язання професійних завдань.

Актуальність дослідження зумовлена низкою чинників. По-перше, це необхідність автоматизації рутинних процесів: Викладач університету витрачає значний ресурс на створення однотипних дидактичних матеріалів, перевірку завдань та структурування курсів. ШІ-інструменти дозволяють делегувати ці завдання алгоритмам, вивільняючи час для творчої методичної діяльності. Крім того, умови дистанційного та змішаного навчання посилюють запити на індивідуалізацію навчання. Проте, традиційні лінійні курси не завжди враховують різний рівень вихідної підготовки студентів та їхній темп засвоєння складних математичних тем (наприклад, стереометрії чи математичного аналізу). Використання ШІ для проєктування курсів, які динамічно підлаштовуються під потреби студента, є ключовим напрямом наукових досліджень кафедри на 2024–2028 рр.. Майбутній учитель математики має бути готовим до роботи в умовах НУШ, де ШІ стає асистентом у формуванні індивідуальних освітніх траєкторій учнів [1].

Таким чином, розробка алгоритмів інтеграції ШІ у методичні дисципліни є необхідним кроком для підвищення якості фахової підготовки вчителів та оптимізації науково-педагогічної діяльності викладача.

II. Основна частина

Для реалізації запланованих результатів дослідження було проаналізовано та відібрано комплекс інструментів штучного інтелекту, що дозволяють трансформувати викладання методичних дисциплін для майбутніх учителів математики. Вибір ґрунтується на здатності систем розпізнавати когнітивні прогалини студентів та пропонувати персоналізований контент.

До обґрунтованого комплексу увійшли такі платформи:

- century Tech: використовується для глибокої аналітики засвоєння тем з математики та методики її навчання, надаючи викладачу дані для швидкого коригування курсу;
- knewton Alta: спеціалізований інструмент для STEM-дисциплін, що забезпечує «адаптивність у реальному часі»: якщо студент припускається помилки у методичному розрахунку, система миттєво пропонує допоміжний матеріал;
- cypher Learning: дозволяє будувати індивідуальні освітні траєкторії, де кожен наступний крок студента залежить від успішності виконання попередніх завдань;
- edApp: ефективний інструмент для мікронавчання, що за допомогою ІІІ (AI Create) дозволяє викладачу університету за лічені хвилини генерувати адаптивні мобільні курси;
- cogBooks: забезпечує нелінійну подачу матеріалу, що є критично важливим при вивченні складних розділів методики викладання алгебри чи геометрії у старшій школі.

Використання зазначеного комплексу дозволяє перейти від теоретичної розробки проблеми до практичного впровадження технології адаптивних курсів. Це мінімізує часові витрати викладача на рутинне структурування матеріалів і зосереджує увагу на розвитку професійної компетентності майбутніх фахівців [2].

Для автоматизації рутинних завдань викладача університету та забезпечення індивідуалізації підготовки майбутніх учителів математики базової та старшої школи доцільно впроваджувати адаптивні освітні системи, що базуються на використанні технологій штучного інтелекту. Такий підхід дозволяє не лише оптимізувати часові витрати викладача, але й підвищити якість засвоєння навчального матеріалу за рахунок персоналізації освітніх траєкторій студентів [3, 4].

У межах дослідження було розроблено структуровану послідовність дій, яка охоплює етапи проектування адаптивного курсу, генерації інтелектуального навчального контенту та організації аналітики навчальних досягнень студентів.

Для проектування адаптивної системи (на базі Cypher Learning) алгоритм має багаторівненну структуру і передбачає поетапну реалізацію. Рис. 1

На першому етапі викладач завантажує робочу програму методичної дисципліни у цифровому форматі. Система на основі алгоритмів обробки природної мови здійснює семантичний аналіз тексту, виокремлює ключові змістові одиниці та автоматично структурує матеріал у вигляді мікромодулів. Такий підхід забезпечує гнучкість навчання, оскільки кожен мікромодуль є відносно автономною дидактичною одиницею (наприклад: «Методика викладання планіметрії», «Методика викладання тотожних перетіорень виразів», «Методика навчання розв'язування текстових задач»).

На наступному етапі система формує карту компетентностей, що відображає взаємозв'язок між теоретичними знаннями та практичними уміньми. Зокрема, кожен мікромодуль пов'язується з конкретними професійними компетентностями майбутнього вчителя математики: методичною, предметною, проєктувальною та рефлексивною. Це дозволяє забезпечити цілісність навчального процесу та орієнтацію на результат – сформованість компетентностей, а не лише засвоєння змісту.

Завершальним етапом є встановлення логічних правил переходу між модулями. Викладач задає умови, за яких система змінює траєкторію навчання студента. Наприклад, якщо результат виконання тесту є нижчим за встановлений поріг (70%), система автоматично пропонує додаткові пояснювальні матеріали, альтернативні приклади або тренувальні завдання. Таким чином реалізується принцип адаптивності, що забезпечує індивідуалізацію навчання.

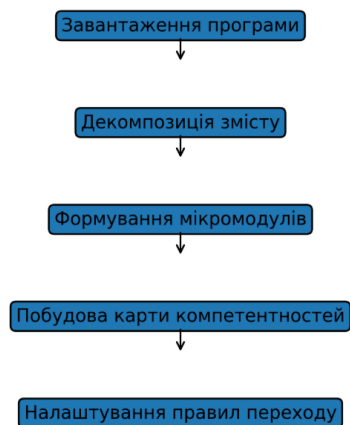


Рис. 1. Алгоритм проектування адаптивної системи

Генерація навчального контенту (на базі EdApp) здійснюється у три взаємопов'язані кроки, що дозволяє суттєво скоротити час підготовки матеріалів та підвищити їх дидактичну ефективність. Рис. 2

Викладач надає базовий навчальний матеріал (конспект лекції, методичні рекомендації, презентацію) у форматах .doc або .pdf. Інтелектуальні інструменти автоматично перетворюють цей матеріал у серію інтерактивних мікроуроків, що включають структуровані слайди, візуалізації, а також запитання для самоперевірки. Це сприяє кращому засвоєнню матеріалу завдяки принципам мікронавчання та активного залучення студентів.

Система генерує завдання різних рівнів складності відповідно до таксономії навчальних цілей. Зокрема, формуються:

- репродуктивні завдання (відтворення алгоритмів і правил);
- реконструктивні (застосування знань у стандартних ситуаціях);
- творчі (розробка фрагментів уроків, моделювання навчальних ситуацій, створення власних методичних матеріалів).

Такий підхід дозволяє врахувати індивідуальні особливості студентів і забезпечити поступове ускладнення навчальної діяльності.

На основі аналізу відповідей студентів система адаптує послідовність подачі матеріалу. Якщо студент систематично припускається помилок у певній темі, алгоритм змінює навчальний маршрут, акцентуючи увагу на проблемних аспектах. Це дозволяє оперативно усувати прогалини у знаннях та підвищує ефективність навчання.

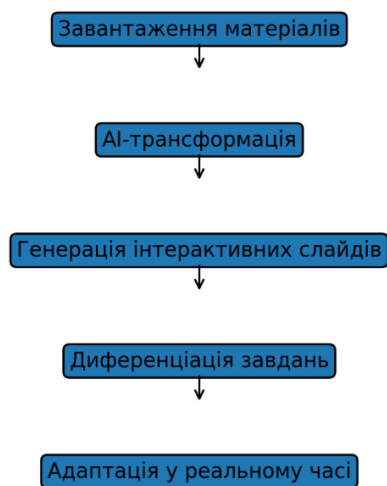


Рис. 2. Алгоритм генерації контенту

Система оцінювання та аналітики (на базі Century Tech / Knewton Alta) забезпечує комплексний підхід до діагностики, супроводу та моніторингу навчальних досягнень студентів. Рис. 3

На початковому етапі проводиться вхідне тестування, яке дозволяє визначити рівень сформованості знань і виявити індивідуальні «білі плями». На основі отриманих результатів формується початкова модель знань студента.

Система автоматично генерує індивідуальні рекомендації щодо подальшого навчання. Вони включають перелік тем, які потребують повторного опрацювання, додаткові навчальні матеріали, а також адаптовані завдання. Рекомендації базуються на аналізі типових помилок студента та його навчальної поведінки.

Викладач отримує аналітичні звіти, що відображають динаміку навчальних досягнень як окремих студентів, так і групи в цілому. Це дозволяє:

- своєчасно виявляти проблемні теми;
- коригувати зміст і методи навчання;
- приймати обґрунтовані педагогічні рішення.

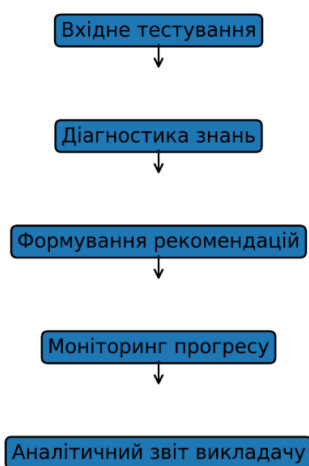


Рис. 3. Алгоритм оцінювання та аналітики

Запропонована послідовність дій демонструє, що інтеграція адаптивних платформ і технологій штучного інтелекту у підготовку майбутніх учителів математики забезпечує:

- автоматизацію рутинних процесів викладача;
- підвищення рівня індивідуалізації навчання;
- покращення якості засвоєння навчального матеріалу;
- розвиток професійних компетентностей студентів.

У цілому, використання таких систем сприяє переходу від традиційної моделі навчання до персоналізованої, орієнтованої на потреби кожного здобувача освіти.

Розроблені алгоритми та обґрунтований комплекс інструментів штучного інтелекту (Century Tech, Knewton Alta, Sana Learn та інші) створюють надійне підґрунтя для трансформації методичної підготовки майбутніх учителів математики.

Для перевірки ефективності запропонованих алгоритмів у 2025–2026 н.р. було проведено педагогічний експеримент на базі інституту природничо-математичних наук, інформатики та менеджменту Університету Ушинського. У дослідженні взяли участь студенти, що опановували методику навчання математики в базовій та старшій школі.

Впровадження адаптивних курсів, побудованих на базі платформ Knewton Alta та Century Tech, дозволило отримати наступні результати.

Середній бал студентів експериментальної групи за виконання комплексних методичних завдань (розробка фрагментів уроків з алгебри та геометрії) зріс на 18% порівняно з контрольною групою. Рис. 4

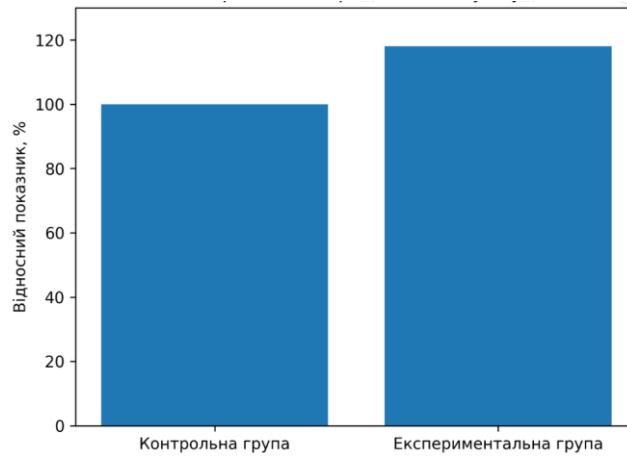


Рис.4. Порівняння середнього балу студентів

Завдяки ІІІ-автоматизації генерації тестових завдань та структури мікромодулів, викладач зміг скоротити час на підготовку навчальних матеріалів на 40%, що відповідає завданню щодо розв'язання рутинних завдань університету. Рис. 5.

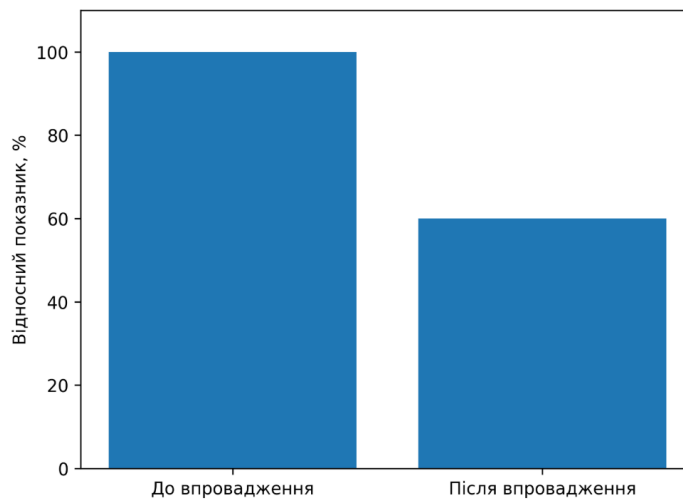


Рис. 5. Скорочення часу підготовки навчальних матеріалів

Аналітика платформи Sana Learn показала, що 85% студентів успішно подолали індивідуальні «білі плями» у знаннях складних тем методики (зокрема, методики навчання планіметрії) завдяки автоматично запропонованим додатковим модулям. Рис.6

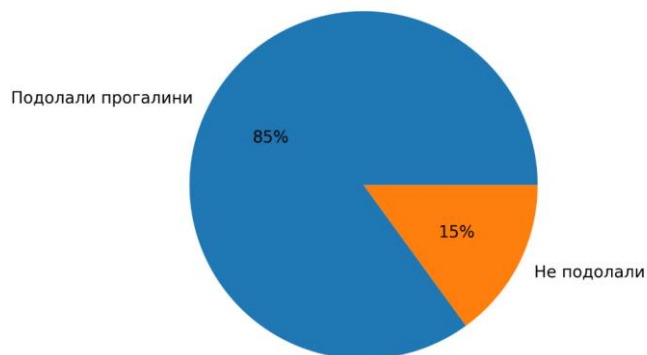


Рис. 6. Подолання індивідуальних прогалин у знаннях студентів

Отримані дані підтверджують, що використання обґрунтованого комплексу інструментів ІІІ сприяє інтенсифікації підготовки майбутніх фахівців та оптимізації професійної діяльності викладача.

III. Висновки

Впровадження III-інструментів для проектування адаптивних курсів дозволяє автоматизувати рутинні завдання, такі як структурування контенту та генерація дидактичних матеріалів, що є пріоритетним завданням виконавця на поточний рік.

Використання адаптивних алгоритмів забезпечує створення індивідуальних освітніх траєкторій, де навчальний контент динамічно підлаштовується під когнітивні потреби та темп засвоєння матеріалу кожним студентом.

Запропонована технологія використання III сприяє формуванню цифрової та методичної компетентностей майбутніх учителів математики базової та старшої школи, готуючи їх до роботи в сучасному високотехнологічному освітньому середовищі.

Сформовані алгоритми та методичні рекомендації стануть базою для подальшої розробки та апробації цілісної системи адаптивного навчання в межах виконання кафедральної теми до 2028 року.

Практична значущість отриманих результатів полягає у можливості їх безпосереднього впровадження в освітній процес педагогічних університетів для підвищення якості фахової підготовки вчителів математичного профілю.

IV. Список використаних джерел

- [1] С.О. Скворцова Методична система підготовки майбутніх учителів до навчання математики. *Гірська школа Українських Карпат*. № 22, с.129-134, 2020.
URL: <https://scijournals.pnu.edu.ua/index.php/msuc/article/view/4356>.
- [2] О.М. Задоріна, Т.В. Качан, В.В. Задорін. «Порівняльний аналіз інструментів штучного інтелекту для створення адаптивних навчальних курсів». *Педагогічна Академія: наукові записки*, (16), 2025.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.15073276>.
- [3] О.М. Задоріна, Т.В. Качан, В.В. Задорін. «Організація навчання за індивідуальними освітніми траєкторіями засобами штучного інтелекту», *«Перспективи та інновації науки»*, № 2(36), с.182-194, 2024.
- [4] О. Задоріна, В. Терещук, Ю. Заверуха. «Інтеграція штучного інтелекту в освітні технології: комплексний огляд поточних тенденцій і майбутніх перспектив». *Horizons of Innovation: Conference on Multidisciplinary Trends in Science*, pp. 8-11, 2024. <https://futuraity-publishing.com/horizons-of-innovation-conference-on-multidisciplinary-trends-in-science-2024-2/>.

ALGORITHMS FOR INTEGRATING AI TOOLS INTO THE DESIGN PROCESS OF ADAPTIVE COURSES FOR FUTURE MATHEMATICS TEACHERS

Zadorina Olha

ABSTRACT. These abstracts examine scientific and methodological approaches to automating the routine tasks of university lecturers in the process of training future mathematics teachers. The author substantiates a complex of Artificial Intelligence (AI) tools that enable the design of adaptive courses for methodology-oriented disciplines. Particular attention is paid to the development of step-by-step algorithms for integrating AI technologies to create personalized educational content that adapts to individual student needs. The proposed methodology allows for the optimization of the process of forming the methodological competence of future specialists, ensuring dynamic adjustment of the learning trajectory depending on the level of material mastery. The research results can be used to improve the digital educational environment of pedagogical higher education institutions.

KEYWORDS: artificial intelligence, adaptive learning, AI algorithms, mathematics teacher training, individual educational trajectory.

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ САМООСВІТИ: АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА НАСЛІДКІВ ВИКОРИСТАННЯ

Земський Нікіта¹, Сторожук Максим¹, Капітон Алла¹

¹Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна

E-mail: n.zemskij@gmail.com

E-mail: storozhuk.maksim007@gmail.com

E-mail: kits_seminar@ukr.net

АНОТАЦІЯ. У статті розглядається роль ШІ як інструменту самоосвіти. Проаналізовано можливості ШІ-систем в індивідуальному навчанні та наслідки їх використання. Увагу приділено критичному мисленню та трансформації ролі учня в епоху генеративного ШІ.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, самоосвіта, персоналізоване навчання, генеративні моделі, інформаційна залежність.

I. Вступ

Самоосвіта завжди була невід'ємною частиною інтелектуального розвитку людини. Від бібліотечних каталогів до пошукових систем – кожна технологічна хвиля змінювала не лише доступ до знань, а й саму природу того, як людина навчається поза межами формальних інституцій. Сьогодні ми є свідками чергової – і, мабуть, найрадикальнішої – зміни: появи генеративних систем штучного інтелекту, здатних не просто надавати інформацію, а вести діалог, пояснювати, адаптуватися до рівня користувача та генерувати нові знання у реальному часі.

Питання полягає не в тому, чи використовуватиме людина ШІ для самоосвіти – вона вже це робить. Питання в тому, як саме це відбувається, які наслідки несе і як побудувати взаємодію з ШІ так, щоб вона посилювала людський інтелект, а не заміщала його.

II. Основна частина

Можливості штучного інтелекту для самоосвіти

Сучасні ШІ-системи пропонують якісно новий рівень підтримки самостійного навчання. З точки зору архітектури таких систем, в основі їх розробки лежить поєднання алгоритмічної бази та знань предметної області, що реалізується через чотири ключові механізми: класифікацію, зіставлення, рекомендацію та глибоке навчання (рис. 1) [2].



Рис. 1. Рівень розробки ШІ-систем для освіти

Серед ключових можливостей для самоосвіти варто виділити такі.

Персоналізація навчального шляху. На відміну від підручника чи відеокурсу, ШІ здатний адаптувати пояснення до конкретного рівня підготовки, темпу засвоєння і навіть стилю мислення людини. Той, хто починає вивчати квантову фізику «з нуля», отримає принципово інший виклад, ніж аспірант з суміжної спеціальності – і обидва отримають відповідь на одне й те саме запитання. Інтелектуальні навчальні системи (ITS) забезпечують персоналізований досвід навчання через моніторинг введених даних учня, надання доречних завдань та ефективного зворотного зв'язку [2].

Миттєвий зворотній зв'язок. Одна з центральних проблем самоосвіти – відсутність зовнішньої перевірки. ШІ дозволяє одразу перевірити розуміння матеріалу, отримати пояснення помилки, поставити уточнюючі запитання без страху виглядати некомпетентно. Це

знижує психологічний бар'єр, який часто стримує самостійних учнів. Зокрема, дослідження показують, що адаптивні ігрові середовища здатні підтримувати засвоєння знань через вбудоване оцінювання без переривання навчального процесу [1]. Як показано на рисунку 2, ефективне застосування ІШ в навчанні виникає на перетині технічних можливостей системи, педагогічного проектування та знань предметної області – саме цей перетин забезпечує зворотний зв'язок, підтримку міркувань та адаптивне навчання [2].

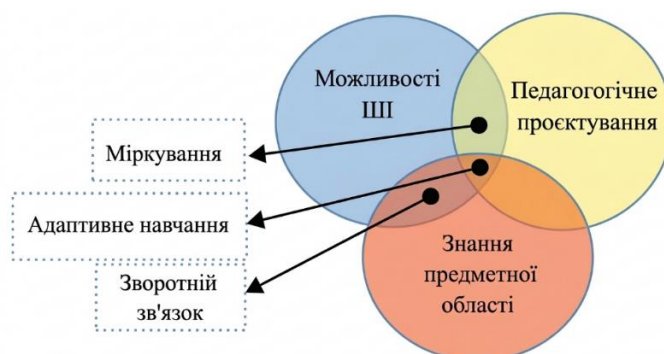


Рис. 2. Рівень застосування ІШ: зворотний зв'язок, міркування та адаптивне навчання

Синтез міждисциплінарних знань. Сучасні генеративні моделі навчені на величезних масивах текстів із різних галузей. Людина, що вивчає, наприклад, поведінкову економіку, може водночас отримати зв'язки з нейронауками, соціологією та теорією ігор – без необхідності шукати кожен дисципліну окремо.

Доступність 24/7 і мовна гнучкість. ІШ не має «робочого часу» і може спілкуватися з користувачем рідною мовою. Для українців, зокрема, це означає можливість опрацьовувати англійськомовні наукові джерела через якісний переклад і пояснення без втрати смислових нюансів.

Генерація практичних завдань. ІШ може самостійно створювати вправи, тести, кейси та сценарії для відпрацювання навичок – в обсязі та форматі, який підходить саме цій людині в цей момент. Адаптивні системи здатні автоматично коригуватися відповідно до індивідуальних характеристик, потреб і вподобань учня [2]. Окремий рівень застосування ІШ охоплює людський фактор – через рольові ігри, обчислення емоцій, гейміфікацію та імерсивне навчання (рис. 3), що робить процес самоосвіти більш залученим і мотивуючим [2].

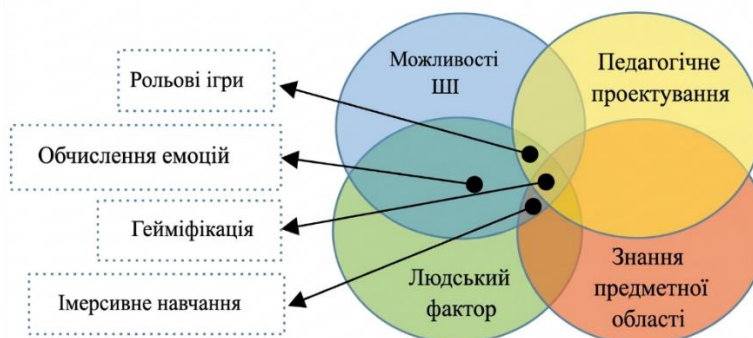


Рис. 3. Рівень інтеграції людського фактору в ІШ-навчання

Наслідки використання ІШ в самоосвіті

Можливості, описані вище, є реальними і значущими. Проте рівноцінно реальними є і ризики, ігнорування яких може призвести до парадоксального результату: технологія, покликана розвивати інтелект, починає його послаблювати.

Ілюзія розуміння. Отриману структуровану, впевнено викладену відповідь від ІШ легко сплутати з власним засвоєнням матеріалу. Пасивне читання відповіді принципово відрізняється від активного конструювання знання. Людина, яка «спілкувалася зі ІШ про квантову заплутаність», не обов'язково розуміє квантову заплутаність – вона лише прочитала зрозумілий текст про неї.

Атрофія навичок пошуку та критичного аналізу. Самостійний пошук інформації, оцінка джерел, зіставлення суперечливих позицій – це когнітивні навички, що розвиваються саме через практику. Якщо ІІІ завжди надає «готову» відповідь, ці навички можуть поступово деградувати. Дослідники застерігають: інструменти ІІІ можуть спонукати учнів уникати тієї когнітивної роботи з опрацювання знань, яку від них очікують викладачі [3].

Залежність від авторитету системи. ІІІ говорить впевнено навіть тоді, коли помиляється. Для людини, яка тільки починає вивчати тему і не має власної бази для перевірки, це становить серйозний ризик засвоєння хибних відомостей як достовірних. Це пов'язано з тим, що ІІІ-системи здатні лише застосовувати статистичні методи до вже зібраних даних, що суттєво обмежує їхні можливості у складних контекстуально обумовлених ситуаціях [3].

Звуження глибини на користь широти. ІІІ заохочує переходити від теми до теми, отримуючи швидкі огляди. Водночас глибоке, зосереджене вивчення – читання первинних джерел, розв'язання важких задач, тривала концентрація – є саме тим, що формує справжню експертизу. Є ризик, що зручність поверхневого знання витісняє складну, але продуктивну когнітивну роботу.

Деперсоналізація процесу навчання. Самоосвіта – це не лише засвоєння інформації, а й формування власної інтелектуальної ідентичності, смаків, питань, які людина ставить собі сама. Якщо весь цей процес опосередковується системою, існує ризик, що людина навчиться думати «разом з ІІІ», не розвинувши здатності думати самостійно. Варто також брати до уваги й ширший контекст: дослідники наголошують на необхідності переосмислення ролей викладача та учня в умовах розвитку ІІІ [2; 3].

Шляхи ефективного використання ІІІ в самоосвіті

Врахування зазначених ризиків не означає відмови від технології. Йдеться про свідому й цілеспрямовану стратегію взаємодії з нею. Можна виділити кілька принципів такої стратегії.

По-перше, ІІІ як співрозмовник, а не оракул. Найпродуктивнішим є режим, у якому людина спершу формулює власну відповідь або гіпотезу, а потім перевіряє і уточнює її за допомогою ІІІ. Такий підхід зберігає активну роль учня і використовує ІІІ для корекції, а не заміни власного мислення. Дослідники підкреслюють, що найефективніше навчання відбувається саме тоді, коли людина залишається активним конструктором знання, а не пасивним споживачем готових відповідей [3].

По-друге, верифікація ключових тверджень. Важливі факти, особливо в наукових, медичних або правових темах, слід перевіряти у первинних джерелах незалежно від того, що сказав ІІІ. Це пов'язано з принциповим обмеженням ІІІ-систем: вони здатні лише застосовувати статистичні методи до вже зібраних даних і не можуть гарантувати достовірність у складних або контекстуально неоднозначних ситуаціях [3].

По-третє, свідоме збереження «важких» когнітивних практик. Читання першоджерел, розв'язання задач без підказок, написання власних текстів перед зверненням до ІІІ – це практики, які варто зберігати навмисно, навіть якщо технологія дозволяє їх уникнути. Саме через такі зусилля формується глибинне розуміння матеріалу, яке не може бути замінено зручністю швидкого доступу до інформації [2].

По-четверте, рефлексія над процесом навчання. Регулярне запитання «що я зрозумів сам, а що лише прочитав?» допомагає відстежувати реальний прогрес і не підмінювати глибину знань ілюзією обізнаності. Такий метакогнітивний підхід до самоосвіти є одним із ключових чинників ефективного навчання впродовж життя [2].

III. Висновки

Штучний інтелект відкриває перед людьми можливості, які ще десять років тому було б важко уявити: персоналізований наставник, доступний будь-якої миті, здатний пояснювати складне просто і просте – докладно. Однак ця доступність несе в собі тонку небезпеку: замінити комплексне розуміння викладеного матеріалу його поверхневим читанням.

ІІІ є потужним інструментом самоосвіти лише тоді, коли людина залишається суб'єктом навчання, а не його об'єктом. Технологія підсилює того, хто вже думає – і може послабити

того, хто делегував думання їй. Усвідомлення цієї різниці є, мабуть, найважливішою метакомпетентністю для людини в епоху генеративного штучного інтелекту.

IV. Список використаних джерел

- [1] V. J. Shute, M. Ventura, and Y. J. Kim, "Assessment and learning of qualitative physics in Newton's Playground," J. Educ. Res., vol. 106, no. 6, pp. 423–430, 2013, doi: 10.1080/00220671.2013.832970.
- [2] X. Zhai, X. Chu, C. S. Chai, M. S. Y. Jong, A. Istenic, M. Spector, J.-B. Liu, J. Yuan, and Y. Li, "A review of artificial intelligence (AI) in education from 2010 to 2020," Complexity, vol. 2021, 2021, Art. no. 8812542, doi: 10.1155/2021/8812542.
- [3] N. Selwyn, "The future of AI and education: Some cautionary notes," Eur. J. Educ., vol. 57, no. 4, pp. 620–631, Dec. 2022, doi: 10.1111/ejed.12532.

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE SELF-EDUCATION PROCESS: AN ANALYSIS OF THE POTENTIAL AND IMPLICATIONS OF ITS USE

Zemskyi Nikita, Storozhuk Maksym, Kapiton Alla

ABSTRACT. The article examines AI's role as a self-education tool. Key capabilities of AI systems in individual learning are analyzed, along with consequences of their use. Attention is paid to critical thinking and the learner's role transformation in the era of generative AI.

KEYWORDS: artificial intelligence, self-education, personalized learning, generative models, critical thinking, information dependency, lifelong learning, cognitive skills.

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗОВАНОГО АНАЛІЗУ ТА ОЦІНЮВАННЯ ПИСЬМОВИХ РОБІТ НА ОСНОВІ ШІ

Зошак Лілія¹

¹Університет «Україна» Івано-Франківська філія, Івано-Франківськ, Україна
E-mail: lilya2707@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглядаються математичні методи, що застосовуються в системах штучного інтелекту для автоматизованого аналізу та оцінювання письмових робіт студентів. Описано методи векторного подання тексту, трансформерні архітектури, регресійні та класифікаційні підходи. Обґрунтовано доцільність інтеграції AES-систем у вітчизняний освітній процес та окреслено перспективи для україномовних текстів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, машинне навчання, NLP, автоматизоване оцінювання, трансформерні моделі.

I. Вступ

Автоматизоване оцінювання письмових робіт (Automated Essay Scoring, AES) є одним із найбільш перспективних напрямів застосування штучного інтелекту в освіті. Традиційна ручна перевірка письмових робіт є ресурсомісткою, суб'єктивною та погано масштабованою – особливо в умовах масових онлайн-курсів (МООС), де кількість учасників може сягати десятків тисяч [1].

Запровадження автоматизованих систем дозволяє вирішити ці проблеми: забезпечити миттєвий зворотний зв'язок для студентів, знизити навантаження на викладачів та гарантувати відтворюваність оцінювання. Водночас коректне функціонування таких систем потребує потужного математичного підґрунтя – методів опрацювання природної мови (NLP), лінійної алгебри, теорії ймовірностей та оптимізації.

Метою даної роботи є систематизація математичного апарату, що лежить в основі сучасних AES-систем, аналіз їх ефективності та обґрунтування перспектив впровадження у вітчизняну вищу освіту. Об'єктом дослідження є методи машинного навчання та NLP, предметом – їх застосування до задачі оцінювання текстів.

II. Математичні основи векторного подання тексту

Першим кроком у будь-якій AES-системі є перетворення тексту в числовий вигляд. Класичним підходом є модель «мішка слів» (Bag of Words, BoW) та її зважена версія TF-IDF (Term Frequency–Inverse Document Frequency). Вага терміна t у документі d визначається як:

$$tfidf(t, d) = tf(t, d) \cdot \log\left(\frac{N}{df(t)}\right), \quad (1)$$

де $tf(t, d)$ – нормалізована частота терміна t у документі d ; N – загальна кількість документів у корпусі; $df(t)$ – кількість документів, що містять термін t . Цей підхід простий і швидкий, проте не враховує семантику та порядок слів.

Для семантичного аналізу застосовуються розподілені векторні представлення слів. Модель Word2Vec навчає вектори слів так, щоб слова зі схожим контекстом мали близькі вектори у просторі Rd . Навчання здійснюється мінімізацією функції негативного логарифмічного правдоподібня:

$$L = -\sum \log P\left(\frac{w_0}{w_c}\right), \quad (2)$$

де w_c – центральне слово, w_0 – контекстне слово у вікні розміру k . Аналогічно функціонують моделі GloVe та FastText, остання з яких враховує субслівну морфологію, що особливо важливо для флективних мов, зокрема української.

Сучасним стандартом є трансформерні моделі (BERT, RoBERTa, XLM-RoBERTa), що генерують контекстуалізовані ембединги – вектори слів, які залежать від усього оточуючого тексту. Механізм самоуваги (self-attention) обчислює:

$$Attention(Q, K, V) = softmax(QK^T / dk) \cdot V, \quad (3)$$

де Q (запити), K (ключі) та V (значення) – лінійні проєкції вхідних ембедингів, dk – розмірність ключів, що використовується для масштабування. Багатоголовна увага (multi-head attention) виконує цю операцію паралельно для h незалежних підпросторів, що дозволяє моделі одночасно захоплювати різні типи залежностей у тексті [3].

III. Моделі оцінювання та функції втрат

Задача AES формулюється або як задача регресії (передбачення числової оцінки), або як задача класифікації (визначення балу з дискретної шкали). Для регресії найчастіше використовують такі моделі:

Лінійна регресія з регуляризациєю (Ridge): мінімізує функцію L_2 -регуляризованої суми квадратів відхилень:

$$L = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 + \lambda \cdot \|w\|^2, \quad (4)$$

де y_i – реальна оцінка, $\hat{y}_i$ – передбачена, λ – параметр регуляризації, w – вектор ваг моделі. Ця модель добре інтерпретується, однак обмежена у здатності вловлювати нелінійні залежності.

Рекурентні нейронні мережі (LSTM, GRU): опрацьовують текст як послідовність, підтримуючи прихований стан h_t :

$$h_t = \tanh(W_h h_{t-1} + W_x x_t + b), \quad (5)$$

де x_t – вектор поточного токена, W_h та W_x – навчальні матриці ваг. LSTM розширює цю схему вентилями забування, введення та виведення, що дозволяє ефективніше запам'ятовувати довгострокові залежності в тексті.

Градiєнтний бустинг (XGBoost, LightGBM): будує ансамбль дерев рішень, де кожне наступне дерево F_m коригує залишкові помилки попередніх:

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + \eta \cdot h_m(x), \quad (6)$$

де η – швидкість навчання (learning rate), $h_m(x)$ – m -те дерево, навчене на псевдозалишках. Ці методи демонструють високу ефективність на структурованих ознаках (довжина тексту, частота службових слів, синтаксичні показники тощо).

Для оцінювання якості AES-моделей застосовуються такі метрики. Кореляція Пірсона r вимірює лінійну відповідність між реальними та передбаченими оцінками. Зважена каппа Коена κ є стандартною метрикою в задачах AES і враховує ступінь розбіжності між оцінювачами:

$$\kappa = 1 - (\sum_{ij} w_{ij} O_{ij}) / (\sum_{ij} w_{ij} E_{ij}), \quad (7)$$

де O_{ij} – спостережувана, а E_{ij} – очікувана частота в матриці узгоджень, w_{ij} – квадратичні ваги, що штрафують більші розбіжності. Також використовується середньоквадратична похибка $RMSE = \sqrt{(\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 / n)}$ для оцінки точності регресії.

IV. Порівняльний аналіз підходів та практичне застосування

У Таблиці 1 наведено порівняння основних методів автоматизованого оцінювання за точністю (зваженою каппою Коена), обчислювальною складністю та придатністю до обмежених навчальних вибірок – що особливо актуально для україномовних освітніх текстів.

Таблиця 1

Порівняння методів автоматизованого оцінювання письмових робіт

Метод	Точність (κ)	Складність / дані
TF-IDF + Ridge регресія	0.60–0.70	Низька / мало даних
TF-IDF + XGBoost	0.68–0.75	Середня / мало даних
LSTM / GRU	0.72–0.80	Середня / багато даних
BERT (fine-tuned)	0.82–0.88	Висока / помірно даних
XLM-RoBERTa (багатомовна)	0.80–0.86	Висока / мало даних

Як видно з таблиці, для малих україномовних вибірок найбільш практичним є поєднання TF-IDF-ознак з градієнтним бустингом або дообучання (fine-tuning) багатомовної моделі XLM-RoBERTa. Останній підхід є особливо перспективним, оскільки модель попередньо навчена на 100+ мовах, включно з українською, і потребує відносно невеликої кількості розмічених прикладів для адаптації до конкретного освітнього домену.

Серед відомих комерційних і дослідницьких реалізацій AES-систем виділяються e-rater (Educational Testing Service), Turnitin Feedback Studio та система Project Essay Grade (PEG). Ці платформи аналізують такі лінгвістичні ознаки: лексичну складність та різноманітність (type-token ratio, індекс Флеша–Кінкейда), граматичну коректність, когерентність тексту (зв'язність між реченнями на рівні ембедингів), відповідність темі завдання. Інтеграція цих ознак у єдиний вектор і подальше навчання регресора дозволяє досягати кореляції з оцінками людей-експертів на рівні $r \approx 0.85–0.90$ [4].

V. Висновки

Математичний апарат сучасних AES-систем охоплює широкий спектр методів: від класичних статистичних моделей (TF-IDF, лінійна регресія, каппа Коена) до глибоких нейронних мереж (LSTM, трансформери). Трансформерні архітектури, зокрема BERT та XLM-RoBERTa, забезпечують найвищу точність оцінювання завдяки контекстуалізованим векторним представленням та механізму самоуваги.

Для впровадження AES у вітчизняну вищу освіту ключовими завданнями є формування розміченого корпусу україномовних студентських письмових робіт та дообучання багатомовних моделей на цих даних. Важливим напрямом є також забезпечення інтерпретованості моделей засобами XAI (SHAP, LIME) – для підвищення довіри до автоматизованого оцінювання з боку викладачів і студентів.

Перспективами подальших досліджень є розробка прототипу AES-системи для оцінювання математичних есе та розгорнутих відповідей, а також дослідження мультимодальних підходів, що поєднують текстовий аналіз із структурою розв'язання задач.

VI. Список використаних джерел

- [1] E. Dikli, "An Overview of Automated Scoring of Essays," Journal of Technology, Learning and Assessment, vol. 5, no. 1, 2006.
- [2] C. Manning, P. Raghavan, H. Schütze, Introduction to Information Retrieval. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- [3] A. Vaswani et al., "Attention Is All You Need," Advances in Neural Information Processing Systems, vol. 30, 2017.

- [4] M. Shermis, J. Burstein, Automated Essay Scoring: A Cross-Disciplinary Perspective. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2003.
- [5] T. Wolf et al., "HuggingFace's Transformers: State-of-the-art Natural Language Processing," arXiv:1910.03771, 2020.
- [6] A. Conneau et al., "Unsupervised Cross-lingual Representation Learning at Scale," Proc. ACL, pp. 8440–8451, 2020.
- [7] S. Lundberg, S.-I. Lee, "A Unified Approach to Interpreting Model Predictions," NeurIPS, vol. 30, 2017.

MATHEMATICAL METHODS FOR AUTOMATED ANALYSIS AND ASSESSMENT OF WRITTEN WORKS BASED ON AI

Zoshchak Liliia

ABSTRACT. The paper systematizes mathematical methods underlying AI-based automated essay scoring (AES) systems, including TF-IDF, Word2Vec, transformer architectures (BERT, XLM-RoBERTa), LSTM networks, and gradient boosting. Evaluation metrics such as weighted Cohen's kappa and Pearson correlation are discussed. The feasibility of applying these methods to Ukrainian-language educational texts is justified.

KEYWORDS: artificial intelligence, machine learning, NLP, automated essay scoring, transformer models.

МОДЕЛІ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНЬОГО ЛІКАРЯ

Іванькова Наталя¹

¹Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, м. Запоріжжя, Україна
Email: ivankova0207@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто моделі використання штучного інтелекту у навчанні студентів медичних ЗВО. Вибір моделі має враховувати специфіку навчальних предметів та особливості їх викладання, а саме: навчання на 1-3 курсах передбачає формування системи базових понять та запам'ятовування великих обсягів інформації; навчання на 4-6 курсах передбачає формування клінічного мислення, побудову логічних моделей сприйняття та відтворення інформації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Штучний інтелект, медичний ЗВО, студент, моделі використання штучного інтелекту.

I. Вступ

Однією з особливостей сучасної медицини є активна цифрова трансформація [1], яка потребує високого рівня цифрової компетентності майбутнього лікаря. Одним з напрямів такої трансформації є використання можливостей штучного інтелекту у професійній діяльності. Знайомство з такими технологіями починається вже з перших кроків навчання у медичному університеті. На сьогоднішній день, на жаль, можливості ШІ використовуються викладачами та студентами хаотично, що, по суті, стає перешкодою на шляху до якісного навчання. Аналіз літературних джерел з цього питання дозволяє говорити про відсутність єдиної педагогічної концепції, яка враховує поетапний характер розвитку професійних компетентностей майбутнього лікаря. Тому постає питання формування ефективної моделі застосування штучного інтелекту в процесі навчання студентів медичних ЗВО.

II. Основна частина

Активне впровадження штучного інтелекту в медичну освіту потребує використання відповідних моделей навчання, які враховують специфіку навчальних предметів у медичному ЗВО. Однією з особливостей навчання у медичному ЗВО є чіткий поділ дисциплін на теоретичні та практико-орієнтовані. Так, студенти 1-3 курсів вивчають навчальні предмети, які є теоретичною базою для подальшого формування лікаря: анатомія, гістологія, фізіологія, біохімія, тощо. Характерною особливістю навчання у медичному університеті є міжпредметна інтеграція з перших курсів. Так, вивчення анатомії, фізіології є підґрунтям вивчення патофізіології. Специфікою вивчення цих предметів є запам'ятовування великих обсягів інформації, розвиток пам'яті та аналітичного мислення, формування базових практичних навичок.

Враховуючи наведені особливості, для навчання студентів молодших курсів, пропонуємо використовувати термін “навчально-адаптивна” модель застосування ШІ. Особливістю використання цієї моделі є передбачувальне зниження когнітивного навантаження студентів,

адаптація рівня подання навчальної інформації, тестування за інтелектуальними алгоритмами. Додатки, які варто використовувати на цьому етапі навчання - Microsoft Copilot, Anki, Quizlet.

Студенти 4-6 курсів навчаються на клінічних кафедрах, де вивчають практико-орієнтовані предмети: екстрена та невідкладна медична допомога, анестезіологія та інтенсивна терапія, травматологія і ортопедія тощо. Особливістю навчання в цьому періоді є формування клінічного мислення [2]. Пропонуємо використання клініко-орієнтованої моделі використання ІІІ: допомога в діагностиці [3], клінічні симуляції, аналіз медичних зображень, віртуальна реальність, симуляційне навчання (технологія набуття практичних навичок, умінь та знань, заснована на реалістичному моделюванні та імітації клінічної ситуації з використанням різноманітного сучасного навчального обладнання). Використання такої моделі може стати допомогою у процесі прийнятті рішення, для аналізу клінічної ситуації, для прогнозування стану пацієнта, тощо. Додатки, які варто використовувати на цьому етапі навчання: клінічний довідник Medscape, медичний калькулятор MDCalc.

Варто зазначити про необхідність використання ліцензійного програмного забезпечення під підготовці майбутніх лікарів, використання базується на затверджених клінічних протоколах з метою не допущення медичних помилок.

III. Висновки

Використання запропонованих моделей застосування ІІІ у навчанні майбутніх лікарів дозволить поетапно формувати професійні компетентності майбутніх лікарів, одночасно формуючи базові та професійні цифрові компетентності. Потребує подальшої розробки технологія застосування навчально-адаптивної та клініко-орієнтованої моделей застосування штучного інтелекту у процесі навчання студентів медичних ЗВО.

IV. Список використаних джерел

- [1] Електронна система охорони здоров'я eHealth: аналітичні матеріали. 2025. URL: <https://ehealth.gov.ua> (дата звернення: 05.04.2026).
- [2] Ясінський М. М., Забродська О. С. Актуальність використання штучного інтелекту в сучасних умовах освітнього процесу // Буковинський медичний вісник. 2023. Т. 27, №4. DOI: <https://doi.org/10.24061/2413-0737.27.4.108.2023.20>.
- [3] Шостакович-Корецька Л. Р., Копча В. С. Використання штучного інтелекту в клінічній медицині й наукових дослідженнях // Медична освіта. 2025. №1. DOI: <https://doi.org/10.11603/m.2414-5998.2025.1.15382>.

MODELS OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TRAINING FUTURE DOCTORS

Ivankova Natalya

ABSTRACT. The publication considers models of using artificial intelligence in teaching students of medical higher education institutions. The choice of model should take into account the specifics of academic subjects and the features of their teaching, namely: training in the 1st-3rd year involves the formation of a system of basic concepts and memorization of large amounts of information; training in the 4th-6th year involves the formation of clinical thinking, the construction of logical models of perception and reproduction of information.

KEYWORDS: Artificial intelligence, medical higher education institution, student, models of using artificial intelligence.

ГЕНЕРАТИВНИЙ ІІІ В ГРАНТРАЙТИНГУ ЯК ІНСТРУМЕНТ КОМАНДНОЇ РОБОТИ ДЛЯ ФАХІВЦІВ ГАЛУЗІ ОСВІТИ

Каплієнко Микола¹

¹Придунайська філія Приватного акціонерного товариства «Вищий навчальний заклад «Міжрегіональна Академія Управління Персоналом», Ізмаїл, Україна
E-mail: nickapliy@ua.fm

АНОТАЦІЯ. Показано, як генеративний ІІІ може підтримувати командну роботу під час підготовки грантових заявок – від узгодження логіки проєкту й термінології до контролю якості тексту та комунікації

з партнерами. Показано, що ефективність ШІ зростає за наявності командного протоколу використання, який забезпечує прозорість, валідацію виходу моделі та захист конфіденційних даних. Окреслено практичні ролі в команді й ризики, які мають управлятися відповідно до політик донорів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, генеративний ШІ, грантрайтинг, командна робота, співавторство, конфіденційність даних, доброчесність.

I. Вступ

Генеративний штучний інтелект (ШІ) швидко стає повсякденним інструментом підготовки грантових заявок, зокрема для структурування тексту, аналізу відповідності вимогам конкурсу, редагування стилю, узгодження термінології та підготовки варіантів комунікаційних матеріалів. Водночас низка провідних донорів і агенцій уже визначила політики щодо допустимості такого використання, роблячи акцент на прозорості, збереженні авторської відповідальності, неприпустимості порушення конфіденційності та ризиках упередженості моделей. Так, UKRI формалізує вимогу відповідального й прозорого застосування генеративного ШІ в підготовці заявок, з урахуванням ризиків передавання чутливих даних третім сторонам і потреби контролю якості виходу моделі [5]. NIH з 2025 року вводить політику, що дозволяє обмежене використання ШІ для зменшення адміністративного навантаження, але наголошує на ризиках втрати оригінальності й можливості порушень доброчесності, а для рецензентів забороняє застосування генеративного ШІ під час підготовки рецензій [3]. NSF окремо підкреслює конфіденційність матеріалів пропозицій і забороняє їх завантаження в несанкціоновані генеративні інструменти під час експертного оцінювання, а також заохочує заявників зазначати, чи використовувався генеративний ШІ при підготовці пропозиції [4]. У Канаді Tri-Agency публікує оновлені настанови щодо використання ШІ у розробленні та рецензуванні заявок, фокусуючись на ризиках приватності та інтелектуальної власності [2]. Європейська комісія також пропонує настанови щодо відповідального використання генеративного ШІ в дослідженнях, які можуть бути застосовані як етична рамка для грантрайтингових практик у закладах освіти [1].

II. Основна частина

Для освітян особливого значення набуває не стільки індивідуальне “прискорення письма” при використанні ШІ, скільки командний вимір грантрайтингу: розподіл ролей, узгодження версій, спільне ухвалення рішень щодо логіки проєкту, індикаторів, бюджету, ризиків, плану управління даними і комунікації. У цих завданнях генеративний ШІ доцільно розглядати як інструмент організації командної взаємодії, але за умови чітких правил його використання.

Командно орієнтована модель використання ШІ в грантрайтингу може бути описана як цикл із трьох груп практик. Перша група стосується спільного проєктування змісту самого гранту. ШІ використовується для попереднього структурування проблеми, теорії змін і логіки втручання; для генерації альтернативних формулювань цілей і завдань; для виявлення неузгодженостей між розділами; для перетворення вимог конкурсу на контрольні запитання до тексту. Проте остаточні рішення мають залишатися за командою, оскільки саме люди несуть відповідальність за обґрунтованість, релевантність і правдивість тверджень. Друга група практик стосується спільного контролю якості. ШІ може допомагати з термінологічною єдністю, стилістичною редукцією, пошуком суперечностей, “чекінгом” відповідності обмеженням обсягу, але результат потребує людської валідації через перехресне читання і погодження версій. Третя група практик стосується командної комунікації і менеджменту процесу. ШІ корисний для підготовки чернеток листів партнерам, резюме зустрічей, матриці ризиків, варіантів пояснення бюджету для нефінансових учасників команди. Однак тут виникає найвищий ризик витоку даних, тому важливою є обережність щодо введення чутливого або конфіденційного змісту в зовнішні інструменти [6].

Ключовим результатом такого підходу є формування у здобувачів освіти “ШІ-грамотності грантрайтера”, яка включає: уміння формувати запити, які можна перевірити; уміння виявляти галюцинації, упередження і логічні розриви; навичку документування того, де саме ШІ застосовувався; здатність не підмінювати зміст стилістикою; розуміння меж допустимого щодо даних і авторства. Саме командний формат робить ці уміння соціально значущими:

кожен учасник бачить, що якість заявки є спільним продуктом, а етичні ризики, зокрема ризики конфіденційності, упередженості та втрати оригінальності, є спільною відповідальністю. Це важливо і з огляду на заборони або обмеження для експертного оцінювання, які прямо фіксують недопустимість завантаження матеріалів заявок у зовнішні генеративні сервіси під час рецензування [4].

III. Висновки

Отже, навчальні завдання з грантрайтингу доцільно будувати не навколо “написати текст із ШІ”, а навколо командного протоколу, де: визначено ролі (відповідальний за логіку проєкту, за дані, за бюджет, за партнерства, за редактуру); зафіксовано політику конфіденційності (що заборонено вводити в інструмент); описано процедуру валідації виходу моделі; унормовано прозорість (як команда фіксує застосування ШІ і як забезпечує оригінальність).

IV. Список використаних джерел

- [1] European Commission, “Guidelines on the responsible use of generative AI in research developed by the European Research Area Forum,” Directorate-General for Research and Innovation, Mar. 20, 2024. [Online]. Available: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/news/all-research-and-innovation-news/guidelines-responsible-use-generative-ai-research-developed-european-research-area-forum-2024-03-20_en.
- [2] Government of Canada, “The use of generative artificial intelligence in the development and review of research proposals,” Jul. 28, 2025. [Online]. Available: <https://science.gc.ca/site/science/en/interagency-research-funding/policies-and-guidelines/use-generative-artificial-intelligence-development-and-review-research-proposals>.
- [3] National Institutes of Health, “Supporting fairness and originality in NIH research applications (NOT-OD-25-132),” Jul. 17, 2025. [Online]. Available: <https://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-OD-25-132.html>.
- [4] National Science Foundation, “Notice to research community: Use of generative artificial intelligence technology in the NSF merit review process,” Dec. 14, 2023. [Online]. Available: <https://www.nsf.gov/news/notice-to-the-research-community-on-ai>.
- [5] UK Research and Innovation, “Use of generative artificial intelligence in application preparation and assessment,” Sep. 23, 2024. [Online]. Available: <https://www.ukri.org/publications/generative-artificial-intelligence-in-application-and-assessment-policy/use-of-generative-artificial-intelligence-in-application-preparation-and-assessment>.
- [6] UK Research and Innovation, “AHRC research funding guide for applicants,” Feb. 4, 2026. [Online]. Available: <https://www.ukri.org/publications/ahrc-research-funding-guide/ahrc-research-funding-guide-for-applicants>.

GENERATIVE AI IN GRANT WRITING AS A TEAMWORK TOOL FOR EDUCATION PROFESSIONALS

Каплиенко Микола

ABSTRACT. The paper demonstrates how generative AI can support teamwork during the preparation of grant applications – from aligning project logic and terminology to ensuring text quality control and communication with partners. It is shown that the effectiveness of AI increases when a team protocol for its use is established, ensuring transparency, validation of model outputs, and the protection of confidential data. Practical team roles and risks that should be managed in accordance with donor policies are outlined.

KEYWORDS: artificial intelligence, generative AI, grant writing, teamwork, co-authorship, data confidentiality, academic integrity.

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ ДО ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Каплун Світлана¹

¹Харківська академія неперервної освіти, Харків, Україна
E-mail: svkaplun@ukr.net

АНОТАЦІЯ. Розглянуто питання використання систем штучного інтелекту в освіті, зокрема в підвищенні кваліфікації вчителів закладів загальної середньої освіти. Акцентовано увагу на конкретних кейсах використання штучного інтелекту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, підвищення кваліфікації, генеративний ШІ, персоналізоване навчання.

I. Вступ

Питання використання штучного інтелекту в різних сферах людської діяльності, у тому числі, в освіті, є сьогодні не просто актуальним, але й дуже чутливим. Активно обговорюються процесуальні або методичні аспекти використання сервісів штучного інтелекту. При цьому в учительських спільнотах зазвичай більше уваги приділяється прийомам роботи із популярними загальними сервісами ШІ, які допомагають створювати різноманітний навчальний контент. Критичне осмислення згенерованого контенту, необхідність корегування та адаптації створених матеріалів, пошук нових видів завдань, які були б стійкі до ШІ, не часто є предметом аналізу педагогів закладів загальної середньої освіти.

Зазвичай, говорячи про рівень ознайомлення та використання вчителями освіти систем штучного інтелекту, посилаються на дослідження 2023 року. Водночас сьогодні, на початку 2026 року, різкий вибух різноманітних можливостей генеративного ШІ для користувачів змушує говорити не лише про можливі прийоми використання ШІ, але й про нову педагогіку в епоху ШІ [3, 4].

II. Основна частина

Дослідження та практичні рекомендації щодо використання ШІ педагогами зазвичай розпочинаються з аналізу понятійного апарату та вже відомих даних щодо практики використання ШІ. Так, в роботі [1] представлено не лише характеристику основних понять сфери ШІ, а розглянуто особливості використання ШІ вчителями, зокрема, природничо-математичних дисциплін. Цікаво, що за даними опитування, проведеного в жовтні 2023 року, близько 76% вчителів мали досвід використання ШІ (хоча б одноразовий). Зауважимо, що лише з лютого 2023 року українці отримали доступ до ChatGPT

Зрозуміло, що у 2026 році в результаті зростання зацікавленості, у тому числі й педагогів, можливостями ШІ, маємо отримати вже інші результати. З проведених розвідок відомо, що використання ШІ, зокрема чат-ботів, представниками різних верств населення у світі значно зросло.

У детальному звіті OECD [2] про використання генеративного штучного інтелекту проаналізовано застосовування універсальних інструментів GenAI (генеративного штучного інтелекту) указано на низку пов'язаних з цим соціальних проблем. Також зазначено, що більшість людей користуються GenAI через чат-ботів, заснованих на моделях великих мов програмування (LLM), таких як ChatGPT, Gemini, Copilot, Claude, LeChat та Deepseek-R1. Станом на квітень 2025 року, згідно з даними про трафік веб-сайтів, чат-боти домінували у публічному використанні інструментів GenAI, складаючи 95% щомісячного трафіку до 60 провідних платформ GenAI. Виявлено значну різницю використання штучного інтелекту в різних країнах; наведено статистику використання цих сервісів студентами та педагогами (на жаль, даних по Україні в звіті не наведено). За цим дослідженням більшість учителів використовують ШІ для отримання загальних уявлень про навчальну тему, для генерування ідей і натхнення, для відповідей на технічні запитання. Особливо важливою є констатація того, що використання ШІ не приводить автоматично до покращення навчання [2].

Останнім часом усе більше досліджень та відповідних публікацій присвячуються виникненню нової педагогіки в епоху ШІ. Формуються певні загальні принципи використання ШІ в освітньому процесі: не використовувати ШІ заради новизни, а застосовувати з чіткою педагогічною метою; користатися ШІ як доповненням до роботи студентів/учнів, а не як заміною; залучати викладачів до процесу проєктування навчальних занять при розумінні, що автоматичних гарантій покращення навчання використання ШІ не дає [4].

Водночас фіксується величезна проблема: широке та неконтрольоване використання учнями/студентами сервісів ШІ для виконання багатьох навчальних завдань. Якщо не змінити педагогічні підходи до змісту та форми подання таких завдань, говорити про результативне навчання буде неможливо. А якщо це поєднати з масштабним використанням деякими

викладачами ШІ як єдиного джерела навчального змісту та завдань, це може призвести до замкненого порочного кола.

Вважаємо, що використання сервісів штучного інтелекту вчителями має базуватися не лише на інформаційно-цифровій-компетентності, але й на предметно-методичній, бо без останнього створений ними контент може бути недоцільним і навіть хибним. У цьому нам допомагають не лише такі потужні загальні LLM як ChatGPT, Gemini, Claude, але й сервіси ШІ, призначені для освітян, як-от: Magic School, Brisk Teaching, Diffit for Teachers, Almanack тощо. Зокрема, за допомогою окремих інструментів платформи Magic School можна створювати, редагувати, використовувати завдання, які стійкі до ШІ; плани уроків 5E; дошки вибору за UDL; запитання до відео на YouTube; генератор групової роботи, наукову лабораторію тощо.

Під час підвищення кваліфікації учителів в Харківській академії неперервної освіти нами пропонується не лише розгляд загальних напрямів використання генеративного штучного інтелекту, але й певні конкретні кейси. Серед питань, що розглядаються, є створення навчального контенту у певному контексті; особливості використання функцій Deep Research; створення інтерактивних посібників для учнів тощо.

До прикладу, під час підвищення кваліфікації педагогів їм пропонується створення (ChatGPT, Gemini, Claude) в малих групах фрагменту навчального матеріалу з помилками. Після обміну між підгрупами такими матеріалами учителям необхідно провести коментування та/або редагування. Модифікація такого завдання: генерування матеріалу за певною навчальною темою, яка може містити неоднозначне трактування, та подальший критичний його аналіз.

Як відомо, одним із важливих напрямів використання ШІ в освітньому процесі є персоналізація навчання, що обговорюється в [5]. Для вчителів ця ідея має стати зрозумілою і такою, яку вони дійсно можуть реалізувати в освітньому процесі. Для повноцінної персоналізації навчання створення профілю окремого/окремої учня/учениці є досить складною задачею, тому на першому етапі можна реалізувати це для невеликих груп учнів в межах класу. Такий підхід допоможе вчителям опанувати певні підходи до реалізації персоналізованого навчання.

Пропонуємо наступний алгоритм дій учителя під час занять підвищення кваліфікації:

- визначитися, що буде персоналізуватися саме зараз (зміст, рівень складності, темп навчання, формат представлення тощо);
- підготувати (за допомогою ШІ) стартовий діагностувальний тест (наприклад, до певної теми навчального курсу), за допомогою якого можна буде виділити відповідні обраному напрямку персоналізації підгрупи учнів (сегментація);
- для кожної підгрупи створити (за допомогою ШІ) відповідні завдання та/або навчальні матеріали.

Зазначимо, що створені підгрупи є тимчасовими; перегляд має відбуватися відбувається після кожної теми навчального курсу.

Якщо вчитель пропонує діагностувальний тест, наприклад, у Google Forms, то до відповідей в таблиці Excel можна додати стовпець, де за результатами проходження тесту буде показано, до якої підгрупи належить той чи інший учень. Для цього потрібно визначити межі, за якими певні результати учнів можна буде віднести до певної підгрупи. Для обчислення результатів можна використовувати як набрані учнями бали, так і відсоток виконаних завдань. Використання стандартних формул Excel дозволяє провести шуканий розподіл за підгрупами.

Проте такий поділ за певними критеріями можна доручити і ШІ (з обов'язковою перевіркою та можливим корегуванням вчителем) і це може бути не лише за рівнем засвоєння конкретного навчального матеріалу. Наприклад, для тесту відповідного змісту можна в проміті указати групування за типами конкретних помилок. Приміром, для завдань з фізики підгрупи можуть бути за рубриками а) не розуміють фізичну модель; б) роблять помилки в розрахунках; в) усе зрозуміли, але потребують поглиблення/розширення.

При цьому особлива увага приділяється демонстрації та опрацюванню прийомів реалізації персоналізованого підходу до навчання за допомогою систем ШІ. За аналізом певного розділу (теми) навчального курсу розробляються додаткові завдання різного формату: Таким чином відповіддю вчителя на виявлені учнівські проблеми будуть створені за допомогою ШІ а) варіанти завдань, б) адаптовані пояснення, в) автоматизація фідбеку.

Отже, обговорюючи різні можливості ШІ для ефективного навчання слід звертати увагу на навчальні сценарії, спеціально розроблені для досягнення певних освітніх цілей.

III. Висновки

Підготовка вчителів до використання штучного інтелекту має ґрунтуватися не лише на володінні цифровими інструментами, а й на глибокому предметно-методичному аналізі створюваного контенту та його педагогічної доцільності. Ефективне застосування ШІ в освіті пов'язане з критичним осмисленням згенерованих матеріалів, добором навчальних сценаріїв і впровадженню персоналізованого навчання на основі діагностики потреб учнів. Отже, у системі підвищення кваліфікації доцільно поєднувати опанування сервісів ШІ з практичними кейсами, що допомагають учителям використовувати їх цілеспрямовано й відповідально.

IV. Список використаних джерел

- [1] В. В. Коваленко, М. В. Мар'єнко, Використання вчителями сервісів штучного інтелекту у навчанні природничо-математичних предметів у закладах загальної середньої освіти: методичні рекомендації, Київ, Україна: ІЦО НАПН України, 2024. 71 с.
- [2] OECD (2026), OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/062a7394-en>.
- [3] B. Mattalo, "Artificial intelligence: The future of pedagogy," JLSE, vol. 41, pp. 49–71, 2024, doi: 10.1111/jlse.12146.
- [4] T. Chatfield, "AI and the future of pedagogy," Sage, Nov. 3, 2025. [Online]. Available: <https://www.sagepub.com/explore-our-content/white-papers/2025/11/03/ai-and-the-future-of-pedagogy>
- [5] С. Доценко, "Персоналізоване навчання засобами штучного інтелекту," в Збірнику матеріалів міжнародної наукової конференції «Artificial Intelligence in Science and Education (AISE 2024)», Київ, Україна, 1–2 березня 2024, с. 72–75.

TEACHER PREPARATION FOR THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION

Kaplun Svitlana

ABSTRACT. The publication examines teacher preparation for the use of AI in education, focusing on critical analysis of AI-generated content, practical training cases, and personalized learning. It outlines AI-supported strategies, tools, and classroom scenarios for effective, pedagogically grounded use of AI.

KEYWORDS: artificial intelligence, teacher professional development, personalized learning, generative AI.

ГІБРИДНА АРХІТЕКТУРА ПОЯСНЮВАННЯ ОЦІНЮВАННЯ У ВІРТУАЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ НА ОСНОВІ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

Колодій Роман¹, Вихлюк Ярослав¹

¹Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна
E-mail: roman.i.kolodii@lpnu.ua

АНОТАЦІЯ. Представлено гібридну архітектуру пояснюваного оцінювання, що поєднує ante-hoc та post-hoc механізми у мультіагентному середовищі. Описано алгоритм MultiAgentGrading із трьома спеціалізованими агентами для забезпечення прозорості рішень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: гібридна пояснюваність, мультіагентне оцінювання, верифікація знань, Chain-of-Thought, навчальне середовище.

I. Вступ

Сучасні віртуальні навчальні середовища (ВНС) дедалі частіше застосовують великі мовні моделі (ВММ) для автоматичного оцінювання відкритих відповідей студентів [1], [2]. Попри здатність ВММ генерувати розгорнуті обґрунтування, їхні рішення залишаються непрозорими для кінцевого користувача, а ризик фактологічних помилок – так званих «галюцинацій» – обмежує довіру до результатів [3], [4]. Це породжує потребу в архітектурних рішеннях, які б поєднували генеративну здатність ВММ із систематичною верифікацією.

У сфері пояснюваного ШІ (ХАІ) виділяють дві парадигми: вбудовану, представлену зокрема методом ланцюжка думок [8], та постфактум, до якої належать LIME [5] і SHAP [6]. Кожна з парадигм окремо має суттєві обмеження: ante-hoc підхід не гарантує фактичної коректності, а post-hoc методи характеризуються нестабільністю [7]. Мультиагентні архітектури, досліджені в [9], [10], відкривають перспективу координації цих механізмів через розподіл ролей між автономними агентами.

Метою роботи є побудова гібридної архітектури пояснюваного оцінювання, в якій ante-hoc та post-hoc компоненти інтегровано через протокол мультиагентної взаємодії із замкненим циклом зворотного зв'язку.

II. Формалізація мультиагентної архітектури

Запропонована архітектура базується на концепції мультиагентної системи (МАС), в якій процес оцінювання декомпонується на послідовність функціональних перетворень, виконуваних спеціалізованими агентами [9]. Коротке подання моделі має вигляд:

$$M_{VLE} = \langle S, A, K, Q, R, \Phi \rangle, \quad (1)$$

де S – множина станів; A – множина агентів; K – база знань; Q – множина запитань; R – множина відповідей; Φ – протоколи взаємодії.

Архітектура передбачає розподіл функцій між трьома агентними ролями:

$$A = \{a_{eval}, a_{ver}, a_{expl}\}. \quad (2)$$

Агент-оцінювач (a_{eval}) відповідає за первинну генерацію оцінки й чернетки пояснення, використовуючи стратегію покрокового міркування (Chain-of-Thought) [8]:

$$f_{eval}: Q \times R \times K \rightarrow G_{pre} \times E_{raw}. \quad (3)$$

Агент-верифікатор (a_{ver}) виконує незалежний аудит чернетки, зіставляючи наведені факти з базою знань:

$$f_{ver}: Q \times R \times E_{raw} \rightarrow \{0, 1\} \times C_{feedback}. \quad (4)$$

Агент-пояснювач (a_{expl}) синтезує верифіковану інформацію у педагогічно адаптований відгук, що містить оцінку, обґрунтування та рекомендації [11]:

$$f_{expl}: G_{pre} \times E_{raw} \times C_{feedback} \rightarrow G_{final} \times E_{final}. \quad (5)$$

Результуюче перетворення подається як ітерована композиція агентних функцій:

$$F_{XAI}(q_i, r_i) = f_{expl} \circ (f_{ver} \circ f_{eval})^k(q_i, r_i, K), \quad (6)$$

де k – кількість ітерацій узгодження. Задача зводиться до мінімізації функції помилки пояснення:

$$E^* = \arg \min_E L(E | r_i, K). \quad (7)$$

III. Алгоритм гібридної верифікації

Ключовою особливістю запропонованої архітектури є замкнений цикл зворотного зв'язку між ante-hoc та post-hoc компонентами пояснюваності [5] – [7]. Алгоритм MultiAgentGrading реалізує цю взаємодію через чотири послідовні фази.

Фаза генерації. Агент-оцінювач формує початкову чернетку O_draft , застосовуючи покрокове міркування [8] як механізм вбудованої пояснюваності.

Фаза аудиту. Незалежний агент-верифікатор зіставляє чернетку з фактичними даними та критеріями оцінювання. Невідповідності маркуються статусом *Invalid* із переліком зауважень.

Фаза ітеративного уточнення. У разі негативного вердикту зауваження верифікатора транслуються агенту-оцінювачу для корекції. Процес циклічно повторюється, доки не буде досягнуто консенсусу або вичерпано ліміт ітерацій N_{max} .

Фаза агрегації. Агент-пояснювач формує підсумковий відгук: числовий бал, текстове обґрунтування та персоналізовані рекомендації для студента.

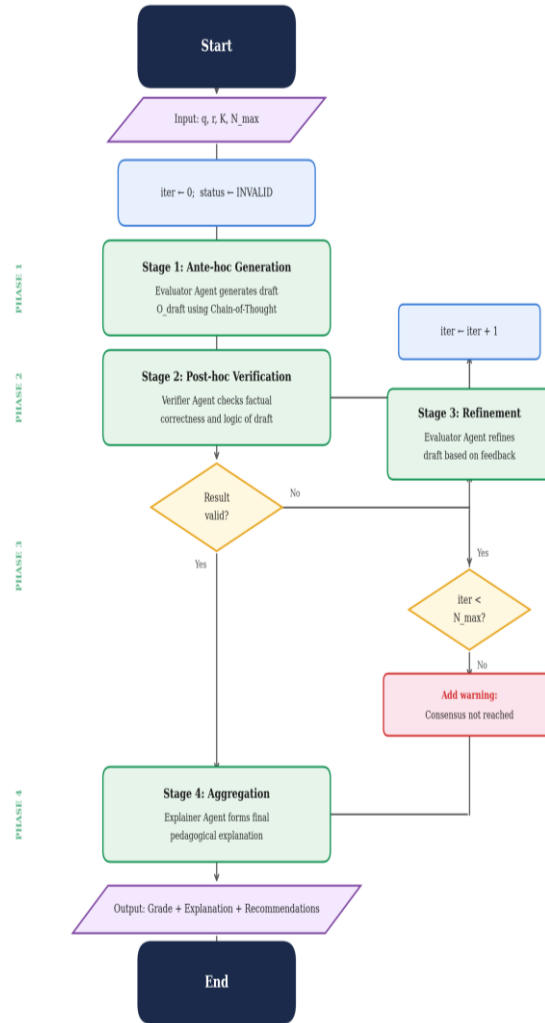


Рис. 1. Потік виконання алгоритму MultiAgentGrading

Таблиця 1

Псевдокод алгоритму MultiAgentGrading

Input: $q, r, K, N_{\max}$
Output: {grade, explanation, recommendations}

```

1. iter := 0; status := INVALID
2. draft := a_eval.generate_draft(q, r, K)
3. WHILE status = INVALID AND iter < N_max:
4.   result := a_ver.audit(draft, r, K)
5.   IF result.is_valid THEN
6.     status := VALID; BREAK
7.   ELSE
8.     draft := a_eval.refine(draft, result.comments)
9.     iter := iter + 1
10. IF status = INVALID THEN
11.   draft.add_warning("Потребує перегляду")
12. RETURN a_expl.format_response(draft)
  
```

Зіставлення архітектурних підходів до пояснюваного оцінювання

Характеристика	Одноразовий виклик ВММ	Постфактум ХАІ	Запропон. метод
Прозорість	Низька	Середня	Висока
Мінімізація галюцинацій	Відсутня	Часткова	Системна
Стабільність пояснень	Варіативна	Нестабільна	Контрольована
Калібров. довіри	Ні	Ні	Вбудований механізм
Обчисл. витрати	Низькі	Середні	Помірні (2–4 виклики)

Як видно з Табл. 2, гібридна архітектура усуває ключові недоліки ізольованих підходів: однопрохідна генерація не забезпечує верифікації, а суто постфактум-методи не впливають на якість самого пояснення. Комбінація обох парадигм у замкненому циклі дозволяє досягти системного контролю якості при прийнятних обчислювальних витратах.

IV. Висновки

Представлена гібридна архітектура демонструє, що інтеграція вбудованої та постфактум-пояснюваності в єдиному мультиагентному циклі здатна одночасно забезпечити прозорість генеративних рішень, мінімізацію фактологічних помилок та безпечну деградацію у граничних сценаріях. Формалізація через кортежну модель та алгоритм MultiAgentGrading дозволяє відтворювати підхід у різних ВНС-контекстах.

Подальші дослідження спрямовані на експериментальну валідацію архітектури з реальними освітніми даними, оптимізацію кількості ітерацій верифікації та апробацію інтеграції з поширеними LMS-платформами.

V. Список використаних джерел

- [1] F. Liu et al., "On Automated Essay Grading using Large Language Models," in Proc. 8th Int. Conf. Computer Science and Artificial Intelligence (CSAI'24), ACM, 2024. doi: 10.1145/3709026.3709030.
- [2] M. Latif et al., "Large Language Models and Automated Essay Scoring of English Language Learner Writing: Insights into Validity and Reliability," Assessing Writing, vol. 62, 2024. doi: 10.1016/j.asw.2024.100837.
- [3] Z. Ji et al., "A Survey on Hallucination in Large Language Models: Principles, Taxonomy, Challenges, and Open Questions," ACM Trans. Inf. Syst., vol. 43, no. 2, art. 42, 2025. doi: 10.1145/3703155.
- [4] L. Chen et al., "Hallucination Detection and Mitigation in Large Language Models," arXiv:2601.09929, 2025.
- [5] M. T. Ribeiro, S. Singh, and C. Guestrin, "«Why Should I Trust You?»: Explaining the Predictions of Any Classifier," in Proc. 22nd ACM SIGKDD, 2016. doi: 10.1145/2939672.2939778.
- [6] S. Lundberg and S.-I. Lee, "A Unified Approach to Interpreting Model Predictions," in Advances in Neural Information Processing Systems 30, 2017, pp. 4766–4777.
- [7] W. Samek and K.-R. Müller, "Towards Explainable Artificial Intelligence," in Lecture Notes in Computer Science, vol. 11700, Springer, 2019, pp. 5–22. doi: 10.1007/978-3-030-28954-6_1.
- [8] J. Wei, X. Wang, D. Schuurmans et al., "Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models," in Advances in Neural Information Processing Systems 35, 2022.
- [9] "Multi-Agent Systems for Learning Assessment in Education: A Comprehensive Survey," in Proc. 3rd Int. Conf. Educational Knowledge and Informatization, ACM, 2025. doi: 10.1145/3765325.3765390.
- [10] K. Diamantaras et al., "An Adaptive Multi-Agent Architecture with Reinforcement Learning and Generative AI for Intelligent Tutoring Systems," Applied Sciences, vol. 16, no. 3, art. 1323, 2025. doi: 10.3390/app16031323.
- [11] R. Alfredo, V. Echeverria, Y. Jin et al., "Human-Centred Learning Analytics and AI in Education: A Systematic Literature Review," Computers and Education: AI, vol. 6, 2024. doi: 10.1016/j.caeai.2024.100215.
- [12] X. Wang, J. Wei, D. Schuurmans et al., "Self-Consistency Improves Chain of Thought Reasoning in Language Models," in Proc. ICLR 2023, 2023.

HYBRID ARCHITECTURE OF EXPLAINABLE ASSESSMENT IN VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENTS BASED ON MULTI-AGENT INTERACTION

Kolodii Roman, Vykluk Yaroslav

ABSTRACT. A hybrid explainable assessment architecture integrating ante-hoc and post-hoc mechanisms within a closed-loop multi-agent protocol is presented. The MultiAgentGrading algorithm with three specialized agents ensures transparency and factual reliability of automated grading.

KEYWORDS: hybrid explainability, multi-agent assessment, knowledge verification, Chain-of-Thought, learning environment.

ЕФЕКТИВНІ ПРАКТИКИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІНСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МЕНЕДЖЕРІВ ОСВІТИ

Кондратова Людмила¹, Яцишин Анна¹, Буров Олександр¹

¹Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київ, Україна

E-mail: ayb@iitlt.gov.ua

АНОТАЦІЯ. В роботі представлено опис досвіду використання генеративного штучного інтелекту (GenAI) менеджерами освіти в США, країнах ЄС та України в 2024-2025 роках, розглянуто ключові аспекти ролі GenAI в адміністративних процесах, здійснено порівняння застосування найбільш поширених платформ в сфері управління освітою, подано опис парадигми ефективності від традиційного управління проти GenAI та представлено результати опитування з аналіз стану практичного використання ШІ у професійній діяльності, а також аналіз оцінки ставлення вчителів до інтеграції ШІ в освітні процеси з різних регіонів України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: GenAI, управлінська діяльність, освіта, менеджери, практики.

I. Вступ

Цифрова трансформація освіти вимагає модернізації управлінських підходів [1], особливо з урахуванням впливу штучного інтелекту [2] та більш активного використання відкритого освітнього середовища [3]. Грамотність GenAI охоплює розуміння та вмінє застосування інструментів штучного інтелекту в навчальному середовищі [4]. Вона виходить за рамки використання таких платформ, як ChatGPT, для створення та оцінювання контенту та включає критичну оцінку точності, етичних наслідків та освітньої релевантності результатів, створених штучним інтелектом [5]. Результати опитувань свідчать про зростаючу роль штучного інтелекту в освітньому процесі та поступову інтеграцію його інструментів у діяльність учителів закладів загальної середньої та професійно-технічної освіти [5].

Незважаючи на те, що лише незначна частина респондентів оцінює власну поінформованість щодо ШІ як високу [6], більшість визнає його вплив на освіту, активно використовує різноманітні сервіси та розглядає ШІ як корисний допоміжний інструмент у професійній діяльності [7]. Водночас виявлено низку проблем і обмежень, основними серед яких є недостатня цифрова та методична підготовка педагогів, брак політик і рекомендацій на рівні закладів освіти, а також відсутність системного підходу до підвищення кваліфікації у сфері використання ШІ [8]. Дослідники активно вивчають можливості та наслідки впровадження ШІ в освіту [9], а також порівнюють різні підходи в пошуках найбільш релевантного для своїх умов його застосування [10], у тому числі порівнюючи зміну ефективності традиційного навчального процесу та при переході до використання ШІ [11]. Важливим є питання щодо відповідності рівня підготовки вчителів до використання ШІ [12]. У публікації представлено матеріали дослідження, які підготовлено в межах прикладного наукового дослідження "Комплексного наукового дослідження використання генеративного штучного інтелекту на різних рівнях освіти для удосконалення педагогічних та управлінських практик", що виконане в ЦО НАПН України протягом 2025-2026 років.

II. Основна частина

Міністерство освіти і науки України [13] та Кабінет міністрів України [14] не залишили поза увагою ці світові тенденції. Базовою умовою використання ШІ освітянами є їх загальна цифрова грамотність [15], яка критично необхідна для впровадження інноваційних технологій [16]. Широке та різнопланове застосування ШІ в навчальному процесі не завжди відбувається цілеспрямовано та оптимальним шляхом, що потребує комплексного вивчення виникаючих проблем [17], у т.ч. безпеки нового цифрового навчального середовища [18]. Авторами проведено таке вивчення рівня обізнаності педагогів щодо можливостей генеративного штучного інтелекту (ШІ), аналіз стану його практичного використання у професійній діяльності, а також оцінка ставлення вчителів до інтеграції ШІ в освітні процеси шляхом опитування 4689 респондентів із різних регіонів України дозволили не лише отримати оцінку поточного стану використання ШІ в педагогічній практиці, але й визначення ключові бар'єри,

які стримують його ширше впровадження, а також окреслення можливостей для вдосконалення освітнього процесу за допомогою ШІ.

Встановлено, що GenAI допомагає перетворювати сирі дані в інформаційні цифрові продукти. Водночас, порівняння традиційного управління та управління із застосуванням GenAI дозволило визначити парадигму ефективності цих двох підходів (Таблиця 1).

За результатами обстеження визначені чотири вектори використання GenAI в управлінській діяльності:

- 1) інформаційно-аналітична підтримка;
- 2) автоматизація підготовки управлінської документації;
- 3) прозора та адаптивна комунікаційна діяльність;
- 4) стратегічне планування та багатоваріантне моделювання.

Таблиця 1

Парадигма ефективності: традиційне управління проти Gen ШІ			
		Традиційне управління	Управління, підсилене ГШІ
	Опрацювання інформації	Ручний аналіз великих обсягів	Миттєве узагальнення та виділення суті
	Генерація документації	Створення документів з нуля	Редагування та адаптація згенерованих ШІ чернеток.
	Стратегічне планування	Лінійне прогнозування	Багатосценарне моделювання та аналіз альтернатив.
	Комунікація	Реактивна взаємодія	Проактивна комунікація, адаптована для різних стейкхолдерів.

Отримані дані були співставлені з сучасним станом використання ШІ в управлінській діяльності менеджерів освіти в країнах зарубіжжя.

Слід відзначити, що GenAI активно трансформує освітній менеджмент у світі, особливо з 2023-2024 років, коли інструменти на кшталт ChatGPT стали масовими. За даними досліджень 2025 року, понад 80% викладачів і адміністраторів у вищій освіті (а в школах США - близько 83%) використовують GenAI для щоденних завдань, що дозволяє оптимізувати адміністративні процеси, підвищувати ефективність прийняття рішень і персоналізувати навчання. Це стосується як вищої освіти (університети), так і шкільного рівня (K-12). Порівняльна таблиця ключових показників представляє особливості сучасного стану розвитку зазначеного напрямку в США, Україні та країнах ЄС (Таблиця 2).

Таблиця 2

Парадигма ефективності: традиційне управління проти GenAI			
Аспект	США	Україна	ЄС (загалом)
Рівень впровадження	86% освітніх організацій використовують GenAI (найвищий у світі); 51% студентів, 58% викладачів.	Рання стадія: ~30–40% університетів знайомі з інструментами; 1/3 має базові системи (ERP/AI), але повне впровадження у 20–25%.	63% установ використовують AI; 67% K-12 вчителів — GenAI; регуляція охоплює 80% країн.
Основні напрями в управлінні	Автоматизація адміністрування (звіти, прогнози), персоналізований PD для персоналу, дані для політики.	Ефективність (градація, локалізація контенту), ITS для індивідуального навчання, скорочення витрат через війну.	Етичне лідерство, DEI, персоналізація з фокусом на конфіденційність; інтеграція в LMS.

У цілому роль GenAI в адміністративних процесах можна представити у вигляді схеми (Рис.1).

Напрями використання ШІ в діяльності менеджерів охоплюють 10 доменів, визначених систематичним оглядом 2017-2024 років - від адміністративної ефективності до етичного ШІ-лідерства, найбільш вагомими з яких можна визнати:

- адміністративна ефективність і автоматизація рутинних завдань (GenAI скорочує навантаження на менеджерів, автоматизуючи планування, звітування та комунікацію);

- стратегічне планування та прийняття рішень: аналіз даних для прогнозування трендів, розподілу ресурсів і оцінки ризиків;
- професійний розвиток і підтримка персоналу: персоналізовані програми для вчителів і адміністраторів;
- студентські послуги та залучення: покращення підтримки учнів, включаючи моніторинг ризиків і комунікацію з батьками;
- етичне лідерство та інклюзивність: розробка політик для справедливого використання ШІ, з акцентом на DEI (різноманітність, рівність, інклюзивність).



Рис.1. Ключові аспекти ролі GenAI в адміністративних процесах закладів освіти [19]

На підставі аналізу наукової літератури [[19]-[24]] визначено, що до найбільш поширених інструментів GenAI, що застосовуються в управлінській діяльності менеджерів освіти, належать універсальні та спеціалізовані цифрові рішення, орієнтовані на автоматизацію адміністративних процесів, підтримку прийняття рішень і організацію освітньої взаємодії. Зокрема, широкого використання набули чат-боти загального призначення, такі як ChatGPT (OpenAI), що забезпечують генерацію управлінської документації, аналітичних матеріалів і комунікаційного контенту. Спеціалізовані освітні платформи, зокрема MagicSchool AI, орієнтовані на сегмент загальної середньої освіти, пропонують інструменти для створення навчально-методичних матеріалів і інформаційних продуктів для освітніх спільнот. Інструменти на базі Google Gemini інтегруються з екосистемою Google Workspace for Education, забезпечуючи можливості планування, аналізу даних і організації комунікації в межах цифрових освітніх середовищ. Окрему нішу займають AI-орієнтовані LMS (до прикладу, Disco AI), що підтримують проєктування освітніх програм, персоналізацію навчальних траєкторій і моніторинг результатів. Інструменти на кшталт Notion AI використовуються для створення кастомізованого контенту, управління ресурсами та забезпечення командної взаємодії.

Порівняльний аналіз функціональних можливостей зазначених інструментів свідчить, що Google Workspace for Education має переваги для освітніх адміністраторів завдяки розвиненим механізмам управління даними, безпеки та організації спільної роботи. Водночас універсальні інструменти, такі як ChatGPT, характеризуються високим рівнем гнучкості, широкими можливостями кастомізації та підтримкою мультимодальних завдань, однак можуть поступатися в аспектах контролю даних та інтеграції з інституційними цифровими середовищами. У цьому контексті використання Google Gemini є більш доцільним для закладів освіти, що функціонують у межах Google-екосистеми, оскільки забезпечує безпечну обробку даних і спрощує управлінські процеси без додаткових витрат на інтеграцію. Водночас ChatGPT залишається ефективним інструментом для вирішення складних аналітичних і творчих завдань поза межами конкретних платформ.

Слід зазначити, що наразі впровадження GenAI в Україні відбувається з певними обмеженнями, зумовленими соціально-економічними чинниками та наслідками воєнного стану. За наявними оцінками, лише частина закладів вищої освіти має достатній рівень обізнаності щодо використання відповідних інструментів, хоча загальний інтерес до їх

інтеграції залишається високим. Результати аналітичних досліджень свідчать про часткову готовність освітніх установ до цифрової трансформації, при цьому застосування інструментів штучного інтелекту демонструє потенціал до оптимізації витрат і підвищення ефективності управлінської діяльності. У цьому контексті перспективним напрямом є інтеграція GenAI з інтелектуальними тьюторськими системами, що розширює можливості персоналізації та аналітичної підтримки управління освітнім процесом.

III. Ключові кейси впровадження GenAI в освіті України

На основі наукових досліджень, аналітичних звітів Міністерства освіти і науки України (МОН України), Міністерства цифрової трансформації (Мінцифра) та матеріалів освітніх платформ за 2024-2025 роки здійснено огляд та виконано систизацію ключових кейсів упровадження GenAI в освітній практиці України. Аналіз виконано за такими напрямками: по-перше, управлінський вимір, що охоплює практики автоматизації освітніх процесів, персоналізації навчання та забезпечення етичного використання технологій; по-друге, контекстуальний вимір, у межах якого впровадження GenAI розглядається відповідно до засад Нової української школи з урахуванням рекомендацій Міністерства освіти і науки України (2024) та ініціатив ЮНЕСКО; по-третє, інституційний рівень реалізації, який характеризується переважанням пілотних проєктів у закладах загальної середньої та вищої освіти з тенденцією до розширення охоплення, що, за наявними оцінками, може сягнути близько 40% закладів освіти у 2025 році. Далі представлено п'ять деталізованих кейсів упровадження GenAI в освітню практику України, систематизованих за управлінським, технологічним та результативним аспектами:

1. *Платформа «Мрія» для загальної середньої освіти (МОН України та Мінцифра, 2024-2025 рр.).* Зазначений кейс описує пілотний проєкт, започаткований у червні 2024 року в низці регіонів України з подальшим масштабуванням до загальнонаціонального рівня у квітні 2025 року. Платформа «Мрія» функціонує як інтелектуальна система підтримки управлінської діяльності закладів загальної середньої освіти, орієнтована на автоматизацію адміністративних процесів (формування розкладів, планування навчальних занять, підготовка аналітичної звітності) та генерацію персоналізованих рекомендацій для педагогічних працівників. Технологічну основу становлять GenAI (ChatGPT і Google Gemini), інтегровані з національними цифровими освітніми системами та LMS (зокрема Moodle). За результатами пілотування зафіксовано скорочення витрат часу на адміністративну діяльність (близько 20%) та підвищення ефективності планування ресурсів (за оцінками 85% управлінців). Водночас ідентифіковано низку викликів, пов'язаних із забезпеченням захисту даних, недостатнім рівнем підготовки управлінського персоналу та ризиками алгоритмічної упередженості. Практичні висновки узгоджуються з рекомендаціями МОН України (2024) щодо необхідності обов'язкової верифікації результатів, згенерованих AI, та їх інтеграції у стандарти Нової української школи.

2. *Онлайн-курс «Початок роботи з ChatGPT» на платформі Prometheus (2023-2025 рр.).* Кейс відображає масштабовану освітню ініціативу з підвищення цифрової компетентності освітян, реалізовану у партнерстві з технологічними компаніями. У 2024-2025 роках курс було суттєво розширено, що забезпечило охоплення значної аудиторії педагогічних і управлінських кадрів. Основний акцент зроблено на формуванні практичних навичок використання GenAI для створення навчального контенту, аналізу зворотного зв'язку та планування професійного розвитку персоналу. Використання інструментів ChatGPT та Copilot у поєднанні з LMS платформи сприяло суттєвому скороченню часу на підготовку навчальних матеріалів (до 50%) і високому рівню інтеграції AI у щоденну професійну діяльність учасників. Разом із тим зафіксовано проблеми, пов'язані з неточністю генерованого контенту («галюцинації»), а також етичні ризики академічної недоброчесності. Узагальнення результатів засвідчує доцільність поєднання інструментів штучного інтелекту з розвитком критичного мислення та впровадженням практик подвійної перевірки результатів.

3. *Програма «Академія AI для освітян від Google» (Beetroot Academy, 2025 р.).* Ця ініціатива спрямована на системне підвищення цифрової компетентності освітян різних рівнів освіти через короткострокові інтенсивні програми навчання. Зміст програми охоплює питання

інтеграції GenAI в управлінські процеси (планування, моніторинг результатів навчання), а також етичні аспекти використання цифрових технологій. У межах пілотування в закладах освіти окремих міст застосовано інструменти Google Gemini, DALL-E та інші сервіси для оптимізації комунікації з батьками та аналізу освітніх даних. Результати засвідчують підвищення рівня цифрової компетентності учасників (до 80%) і зростання залученості стейкхолдерів освітнього процесу. Водночас актуалізуються питання конфіденційності даних, локалізації цифрових рішень та обмеженості охоплення через інтенсивний формат навчання. Практичні висновки підкреслюють ефективність гібридних моделей підвищення кваліфікації та їх узгодженість із національними рамками цифрових компетентностей.

4. *Всеукраїнський онлайн-курс «Штучний інтелект в освіті» (ІМЗО та партнери, 2025 р.).* Кейс репрезентує короткострокову масову освітню подію, орієнтовану на формування прикладних навичок використання GenAI в освітньому процесі, зокрема в контексті інклюзивної освіти та управлінського планування. Учасники виконували практико-орієнтовані завдання, пов'язані з адаптацією навчальних матеріалів і автоматизацією аналітичної звітності. Використання сучасних AI-інструментів (GPT-моделі, Google Gemini, Copilot тощо) сприяло значному скороченню часу на підготовку адаптивного контенту та підвищенню рівня інклюзивності освітнього процесу. Водночас виявлено технічні та етичні бар'єри, зокрема обмежений доступ до інтернету та необхідність прозорого декларування використання AI. Отримані результати свідчать про ефективність практико-орієнтованого підходу та доцільність інтеграції відповідних модулів у стандарти НУШ.

5. *Інтеграція GenAI у STEM-освіту та університетські програми (2024-2025 рр.).* Зазначений кейс ґрунтується на досвіді впровадження GenAI у закладах вищої освіти технічного профілю, зокрема в контексті управління освітніми програмами та аналітики навчальних результатів. Використання інструментів GenAI забезпечує підтримку стратегічного планування, моделювання освітніх процесів та автоматизацію оцінювання. Емпіричні дані свідчать про підвищення ефективності підготовки навчальних матеріалів і покращення управлінських рішень. Водночас актуальними залишаються проблеми забезпечення академічної доброчесності, мінімізації алгоритмічної упередженості та стабільного фінансування інновацій. Узагальнені висновки підкреслюють необхідність поєднання технологічних рішень із людським контролем і дотриманням етичних стандартів, визначених міжнародними організаціями, зокрема ЮНЕСКО.

Отже, описані та проаналізовані кейси демонструють поступову інституціоналізацію практик використання GenAI в освітній системі України, водночас виявляючи низку системних обмежень і викликів, що потребують подальшого наукового осмислення та нормативного врегулювання.

Перспективи використання GenAI у професійній діяльності менеджерів освіти зумовлені його здатністю істотно підвищувати ефективність управлінських процесів шляхом автоматизації операційної діяльності та підтримки прийняття стратегічних рішень. Зокрема, впровадження GenAI сприяє оптимізації часових витрат за рахунок автоматизації рутинних завдань (підготовка навчально-методичних матеріалів, формування зворотного зв'язку тощо), що дозволяє вивільняти додаткові ресурси часу для управлінської та аналітичної діяльності. Водночас застосування адаптивних алгоритмів забезпечує персоналізацію освітнього процесу на основі аналізу даних про здобувачів освіти, що підвищує обґрунтованість управлінських рішень. Окремим напрямом є підтримка науково-дослідної діяльності освітян, зокрема через інструменти аналізу великих масивів даних та автоматизованої генерації аналітичних звітів.

Подальший розвиток зазначених практик у 2026 році пов'язується з активізацією професійних спільнот, проведенням науково-практичних масових заходів і спеціалізованих наукових досліджень, зокрема в системі НАПН України, із фокусом на формуванні цифрових компетентностей управлінських кадрів та інтеграції GenAI в освітні практики. За даними міжнародних аналітичних організацій, зокрема OECD, значна частка освітян уже застосовує інструменти GenAI у професійній діяльності, що свідчить про поступову інституціоналізацію цих технологій та їх потенціал у розвитку освітніх інновацій.

Водночас використання GenAI супроводжується низкою викликів і ризиків. Серед них – формування залежності від цифрових інструментів, що може обмежувати розвиток метакогнітивних умінь і критичного мислення, а також загрози академічній доброчесності, зокрема ризики некоректного запозичення контенту. До етичних проблем належать також алгоритмічна упередженість, питання захисту персональних даних і недостатній рівень нормативно-правового регулювання на інституційному рівні. У національному контексті особливого значення набуває розвиток цифрової грамотності та етичної культури використання GenAI.

З огляду на зазначене, доцільним є впровадження GenAI на засадах педагогічної доцільності та збалансованого поєднання технологічних і людських ресурсів, зокрема через організацію тренінгів, майстер-класів і підвищення кваліфікації, спрямованих на формування відповідальних практик використання GenAI в освітньому менеджменті.

IV. Висновки

Аналіз сучасних практик використання GenAI в освітньому менеджменті дає підстави стверджувати, що його впровадження сприяє підвищенню ефективності управлінських процесів та переходу до моделей прийняття рішень, заснованих на даних. Водночас ефективне застосування GenAI потребує інституціоналізації етичних рамок, що передбачають обов'язкову верифікацію результатів, забезпечення захисту персональних даних та системне підвищення кваліфікації управлінського і педагогічного персоналу. У 2025 році домінуючою тенденцією стало інтегрування інструментів GenAI в існуючі цифрові освітні екосистеми, зокрема платформи управління навчанням.

Порівняльний аналіз міжнародного досвіду засвідчує нерівномірність темпів і моделей впровадження GenAI: у країнах з розвиненими освітніми системами він виступає чинником підвищення ефективності, тоді як у контекстах з обмеженими ресурсами – інструментом забезпечення стійкості освітніх процесів; у європейському просторі пріоритет надається етичному регулюванню. Незважаючи на наявні відмінності, спільними тенденціями є автоматизація управлінських процесів та персоналізація освітніх послуг. Це актуалізує необхідність поєднання глобальних підходів до регулювання (зокрема міжнародних рамок компетентностей) із локальними стратегіями впровадження, що включають пілотні проєкти та системні програми підвищення кваліфікації.

Узагальнення різного досвіду застосування GenAI для забезпечення управлінських процесів, свідчить про поступовий перехід від декларативного впровадження технологій до їх практичного застосування в освітньому менеджменті – від автоматизації адміністративних процесів до розвитку інструментів персоналізованої підтримки прийняття рішень. Водночас ключовими викликами залишаються забезпечення етичного використання технологій, доступність цифрових ресурсів та якість даних. У зв'язку з цим доцільним є поетапне впровадження GenAI на інституційному рівні, що передбачає апробацію обмеженої кількості інструментів, організацію цільових навчальних програм для персоналу та запровадження систем моніторингу ефективності на основі чітко визначених показників результативності.

V. Список використаних джерел

- [1] В.Ю. Биков та ін. “Теоретико-методологічні засади інформатизації освіти та практична реалізація інформаційно-комунікаційних технологій в освітній сфері України,” *Компринт*, м. Київ, 2019.
- [2] О. М. Спірін. “Цифрова трансформація освіти: штучний інтелект у сучасному освітньому просторі: Наукова доповідь загальним зборам НАПН України «Цифрова трансформація освіти: штучний інтелект у сучасному освітньому просторі»,” 21 листопада 2025 р. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*, 7(2), 1-9. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2025.7221>
- [3] *Цифрова трансформація відкритих науково-освітніх середовищ*: монографія. *Ін-т цифровізації освіти НАПН України*, [колектив авторів; ред. О. М. Спірін, О. П. Пінчук]. Київ, 2024, 308 с.
- [4] S. Nikolic, I. Wentworth, L. Sheridan, S. Moss, E. Duursma, R. Jones et al. “A systematic literature review of attitudes, intentions and behaviours of teaching academics pertaining to AI and generative AI (GenAI) in higher education: an analysis of GenAI adoption using the UTAUT framework,” *Australas. J. Educ. Technol.* 40, 56-75, 2024. doi: 10.14742/ajet.9643.
- [5] U. Mitta, S. Sai., V. Chamola, D. Sangwan. “A comprehensive review on generative AI for education,” *IEEE Access* 12, 142733–142759, 2024. doi: 10.1109/ACCESS.2024.3468368.

- [6] A. Bewersdorff, M. Hornberger, C. Nerdel, D.S. Schiff. "AI advocates and cautious critics: how AI attitudes, AI interest, use of AI, and AI literacy build university students' AI self-efficacy," *Comput. Educ. Artifi. Int.* 8:100340. 2025. doi: 10.1016/j.caeai.2024.100340.
- [7] A. Prohorovs, K. Užule, O. Tsaryk. "Understanding higher education students' reluctance to adopt GenAI in learning in Latvia and Ukraine," *Front. Educ.* 10:1676900, 2026. doi: 10.3389/feduc.2025.1676900.
- [8] C. Wang, Y. Chen, Z. Hu, *et al.* "The journey of challenges and victories: exploring the transformation action framework in the GenAI era from multifaceted policies," *Education Tech Research Dev* 73, 2951–2993 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11423-025-10535-5>.
- [9] F. Wu, Y. Dang, M. Li. "A Systematic Review of Responses, Attitudes, and Utilization Behaviors on Generative AI for Teaching and Learning in Higher Education," *Behavioral Sciences*, 15(4), 467, 2025. <https://doi.org/10.3390/bs15040467>.
- [10] S. Gökoğlu, F. Erdoğan. "The effects of GenAI on learning performance: A meta-analysis study," *Educational Technology & Society*. 28, 263-280, 2025. 10.30191/ETS.202507_28(3).TP04.
- [11] Y. Dong. "Generative AI technologies and educational outcomes: a comprehensive meta-analysis comparing traditional and AI-driven approaches", *Humanit Soc Sci Commun*, 2026. <https://doi.org/10.1057/s41599-026-06903-y>
- [12] J. Gurney. "Is Teacher Preparation Keeping Pace with AI?". ASCD. March 25, 2026. <https://www.ascd.org/blogs/is-teacher-preparation-keeping-pace-with-ai>
- [13] Міністерство освіти і науки України & Міністерство цифрової трансформації України. Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти. 2025. <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-vzakladakh-vyshchoi-osvity-24-04-2025.pdf>.
- [14] Кабінет Міністрів України (2025, 9 травня). Про затвердження плану заходів з реалізації Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні на 2025-2026 роки (457-р). <https://zakon.rada.gov.ua/go/457-2025-p>
- [15] Л.Г. Кондратова. Формування цифрової компетентності наукових працівників у процесі роботи з веборієнтованими автоматичними інформаційними системами". *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи* (106)? с. 58-61, 2025.
- [16] A.V. Iatshyshyn. "Digital open systems in the training of postgraduate and doctoral students: a monograph," Kyiv: CP Print. 2020.
- [17] *Штучний інтелект в освіті*: монографія, [авт. колектив]; за ред. Яцишин А. Київ: ІЦО НАПН України, 2025.
- [18] O. Yu. Burov, et al. "Cybersecurity and innovative digital educational environment," *Інформаційні технології і засоби навчання* 6.80, 414-430, 2020.
- [19] S.A. Khairullah, S. Harris, H.J. Hadi, R.A. Sandhu, N. Ahmad and M.A. Alshara. Implementing artificial intelligence in academic and administrative processes through responsible strategic leadership in the higher education institutions. *Front. Educ.* 2025. doi: 10.3389/feduc.2025.1548104.
- [20] Siminto & Akib & Hasmirati & Widiyanto, Danang. (2023). Educational Management Innovation by Utilizing Artificial Intelligence in Higher Education. *al-fikrah: Jurnal Manajemen Pendidikan*. 11. 284. 10.31958/jaf.v11i2.11860.
- [21] M. Sposato. Artificial intelligence in educational leadership: a comprehensive taxonomy and future directions. *Int J Educ Technol High Educ* 22, 20 (2025). <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00517-1>.
- [22] I.C. Igbokwe (2024). Artificial Intelligence in Educational Leadership: Risks and Responsibilities. *European Journal of Arts, Humanities and Social Sciences*, 1(6), 3-10. [https://doi.org/10.59324/ejahss.2024.1\(6\).01](https://doi.org/10.59324/ejahss.2024.1(6).01).
- [23] A. Göçen, Akın Bulut M., & Yurdunkulu A. (2025, February 10). AI in school management: a new era of leadership. *AIEOU*. <https://aieou.web.ox.ac.uk/article/ai-school-management-new-era-leadership>.
- [24] А. Яцишин, О. Буров, Л. Кондратова. Інтеграція генеративного штучного інтелекту у професійний розвиток менеджерів освіти. *Науковий вісник мелітопольського державного педагогічного університету. Том 2 № 35* (2025): Серія: Педагогіка. <https://doi.org/10.33842/22195203-2025-35-136-241-249>.

EFFECTIVE PRACTICES FOR USING GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO ENHANCE THE MANAGERIAL ACTIVITIES OF EDUCATION MANAGERS

Kondratova Liudmyla, Iatsyshyn Anna, Burov Oleksandr

ABSTRACT. The paper presents an overview of the experience of using generative artificial intelligence (GenAI) by education managers in the United States, EU countries, and Ukraine during 2024-2025. It examines key aspects of the role of GenAI in administrative processes, provides a comparative analysis of the most widely used platforms in the field of educational management, and outlines the paradigm shift in efficiency from traditional management to GenAI-enhanced approaches. The study also reports the results of a survey analyzing the current

state of practical AI use in professional activities, as well as an assessment of teachers' attitudes toward the integration of AI into educational processes across different regions of Ukraine.

KEYWORDS: GenAI, managerial activity, education, managers, practices.

AGENTIC AI IN HIGHER EDUCATION: TOWARD AUTONOMOUS LEARNING ECOSYSTEMS IN 2026 AND BEYOND

Koroviaka Yevhenii¹, Rastsvietaiev Valerii¹, Dmytruk Olena¹

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

E-mail: pashchenko.o.a@nmu.one

ANNOTATION. This article explores the rapid shift from experimentation to enterprise-wide integration, highlighting new capabilities in personalized learning, operational efficiency, and student support. It examines emerging opportunities, persistent challenges related to governance and equity, and strategic recommendations for institutions seeking to thrive in an AI-augmented academic environment.

KEYWORDS: agentic AI, multi-agent systems, higher education, AI governance, autonomous learning.

I. Introduction

By mid-2026, higher education finds itself at a critical inflection point, marking a profound shift in how artificial intelligence is conceptualized and deployed within academic institutions. While generative AI tools dominated public discourse and institutional experimentation throughout 2024 and 2025, the sector has rapidly progressed toward a new paradigm: agentic AI. These autonomous systems go far beyond content generation. They possess the ability to independently plan, reason step-by-step, utilize external tools and data sources, and execute complex, multi-step workflows with minimal human oversight. Often operating within sophisticated multi-agent environments, agentic systems can maintain long-term objectives, remember previous interactions across sessions, adapt dynamically to changing circumstances, and collaborate effectively with other agents or human users.

Industry analysts forecast that by the end of 2026, up to 40% of enterprise applications – including those used in higher education – will incorporate specialized task-specific AI agents [1]. Within universities, this technological advancement is already manifesting in several practical forms. Persistent intelligent tutors now accompany students throughout entire courses or even degree programs, providing continuous scaffolding, adapting learning pathways in real time, and offering personalized support that extends far beyond single interactions. Proactive advising agents continuously monitor student engagement, performance metrics, and behavioral patterns, delivering timely interventions to prevent academic difficulties or dropout. At the institutional level, operational agents optimize complex processes such as enrollment forecasting, resource allocation, scheduling, and budget planning, significantly enhancing administrative efficiency.

This rapid evolution is propelled by the powerful convergence of several key factors. Technological maturity has reached a stage where large language models are now being augmented with advanced reasoning engines, tool-use capabilities, and memory systems. At the same time, student demand continues to surge, with the vast majority of undergraduates already integrating AI into their daily academic routines and expecting institutions to provide official, secure, and pedagogically sound solutions [2]. This demand coincides with mounting institutional pressures: declining enrollment in certain regions, tightening public funding, rising operational costs, and the urgent imperative to equip graduates with competencies required in an AI-native workforce, where the ability to collaborate effectively with autonomous intelligent systems has become a core professional skill.

Institutions that recognize agentic AI not merely as an experimental tool or productivity enhancer, but as a strategic infrastructure layer integral to their core mission, stand to gain substantial competitive advantages. These include improved student success rates, greater operational efficiency, enhanced research productivity, and the capacity to deliver truly personalized, scalable education. Conversely, universities that continue to treat agentic systems as optional add-ons risk falling behind in both educational quality and institutional sustainability.

This article examines the emergence and implications of agentic AI in higher education, analyzes its current applications and transformative potential, addresses the significant challenges it presents, and offers evidence-based recommendations for responsible and strategic integration.

II. The Rise of Agentic and Multi-Agent Systems in 2026

Agentic AI marks a qualitative leap beyond traditional chatbots and generative models that dominated earlier stages of AI adoption in higher education. Unlike previous systems limited to responding to single prompts or generating static content, agentic AI operates through iterative cycles of perception, planning, action, and reflection. These systems typically follow advanced reasoning frameworks such as ReAct (Reason + Act), chain-of-thought prompting, or multi-step planning architectures [3]. They can break down complex goals into manageable subtasks, select appropriate tools, execute actions, evaluate outcomes, and adjust their strategies autonomously.

In educational contexts, single agentic systems now manage sustained, long-term tasks that extend far beyond one-off interactions. For instance, an agent can guide a student through an entire semester-long research project – from topic selection and literature review to drafting, revision, and final presentation – while maintaining contextual memory across multiple sessions. Multi-agent orchestration takes this capability further by enabling specialized agents to collaborate seamlessly. A typical educational multi-agent setup might include one agent dedicated to content explanation and knowledge scaffolding, another responsible for formative assessment and detailed feedback, and a third focused on motivational support, progress monitoring, and emotional engagement. These agents communicate with each other, share information, and coordinate their actions to provide a cohesive, holistic learning experience.

Multimodal capabilities significantly enhance the power of agentic systems. By integrating and processing diverse data types – text, images, voice, video, handwritten notes, code, and even behavioral signals – these agents can develop a richer, more nuanced understanding of student performance and needs. Virtual tutors can now analyze a student’s handwritten mathematical derivations, interpret spoken explanations with attention to pronunciation and confidence, review programming code in real time, or evaluate visual diagrams, all within a single interaction. This multimodal intelligence allows for highly context-aware and personalized guidance. Early deployments observed in 2026 have demonstrated promising outcomes, particularly in STEM disciplines, foreign language acquisition, and competency-based education programs, where agentic systems effectively support individualized learning pathways at scale while maintaining high levels of student engagement and learning efficiency [4].

Surveys of higher education technology leaders conducted in early 2026 indicate a clear consensus: 2026 represents the pivotal year marking the transition from isolated pilot projects to coordinated, enterprise-level AI strategies. Artificial intelligence is no longer confined to specific courses or departments but is increasingly embedded across the entire student lifecycle – from admissions processing and personalized orientation to academic advising, core learning experiences, and career services. This systemic integration signals a maturing understanding that agentic AI must be treated as foundational infrastructure rather than supplementary technology.

III. Opportunities for Higher Education

Agentic AI systems offer unprecedented scalability for truly personalized education. Unlike static adaptive platforms, agentic systems can maintain and evolve adaptive learning pathways over months or even years. They continuously analyze a student’s long-term progress, motivation patterns, cognitive strengths and weaknesses, and evolving knowledge gaps, dynamically adjusting content difficulty, instructional strategies, and support interventions accordingly. This long-horizon personalization enables institutions to serve increasingly diverse student populations more effectively and equitably.

Administrative efficiency gains are equally significant. Institutional agents can autonomously handle complex routine tasks such as intelligent scheduling, automated degree audits, financial aid optimization, and proactive nudges for at-risk students based on subtle behavioral and performance indicators. By managing these operational responsibilities, agentic systems free human staff and

faculty to focus on higher-value activities, including complex mentoring, research supervision, and personalized student support [5].

Research productivity also benefits substantially. Agentic systems excel at automated literature synthesis, rapid hypothesis generation, experimental design assistance, and data analysis across disciplines. Faculty members gain valuable time that can be redirected toward creative pedagogy, innovative curriculum development, and deeper intellectual engagement with students.

Most importantly, agentic AI has the potential to cultivate critical future-oriented skills. When implemented thoughtfully, these systems help develop students' AI fluency, advanced metacognitive awareness, ethical reasoning in technology use, and sophisticated human-AI collaboration competencies. Institutions that deliberately integrate these skills into their curricula position their graduates advantageously in a rapidly evolving job market where the ability to work effectively alongside autonomous AI agents is becoming not just desirable, but essential.

IV. Challenges and Risks

Despite the considerable transformative potential of agentic AI, serious challenges and risks persist that demand urgent attention from higher education leaders. Governance continues to lag significantly behind technological capability. While agentic systems are rapidly advancing, many institutions still lack comprehensive, institution-wide policies specifically tailored to autonomous agents [6]. This regulatory vacuum has resulted in the widespread proliferation of “shadow AI” – the unauthorized deployment of external agents and tools by students, faculty, and staff. Such unregulated use creates substantial risks to data privacy, information security, and regulatory compliance, particularly with laws such as FERPA in the United States and equivalent data protection frameworks elsewhere [7].

Bias amplification remains a critical concern. Agentic systems, like their generative predecessors, are often trained on large historical datasets that may reflect and perpetuate existing societal inequities related to race, gender, socioeconomic status, language, or cultural background. Once deployed, these biases can become self-reinforcing through iterative learning cycles, potentially leading to unfair personalized recommendations, inaccurate assessments, or discriminatory advising outcomes.

Another significant risk is cognitive offloading. When students excessively rely on autonomous agents for planning, reasoning, and problem-solving, they may bypass essential cognitive processes, resulting in diminished deep learning, weakened critical thinking, and reduced development of metacognitive skills. Over time, this could undermine the fundamental educational goal of cultivating independent thinkers and lifelong learners.

Additional challenges include the substantial environmental costs associated with training and operating large-scale agentic models, which consume significant energy and computational resources. Faculty and staff also express growing concern about potential role displacement or devaluation, as routine teaching and administrative tasks become increasingly automated. Furthermore, highly automated environments risk eroding interpersonal skills, emotional intelligence, and meaningful human connection – elements that remain central to transformative higher education experiences.

The rapid pace of technological change has dramatically widened the expertise gap. Many educators and administrators report feeling unprepared to effectively integrate, oversee, or critically evaluate agentic systems. Without deliberate, coordinated institutional action, these issues threaten to create a new and deeper “AI divide” between well-resourced, technologically advanced institutions and those with limited funding, infrastructure, or technical capacity.

V. Recommendations

To harness the benefits of agentic AI while effectively mitigating its risks, higher education leaders should prioritize the following strategic actions:

First, institutions must develop robust enterprise-wide governance frameworks specifically designed for agentic systems. These frameworks should include clear policies for agent deployment and usage, mandatory transparency and disclosure requirements, regular bias audits, explainability standards, and strong human oversight mechanisms, particularly for high-stakes decisions such as admissions, academic progression, and disciplinary matters.

Second, universities should invest substantially in comprehensive AI literacy and agentic fluency programs targeting students, faculty, and staff alike. Training initiatives must move beyond basic tool usage to emphasize critical evaluation of agent outputs, ethical decision-making, responsible collaboration with autonomous systems, and the development of metacognitive strategies for working effectively with AI agents.

Third, curricula and assessment practices need to be redesigned around agentic workflows. Rather than competing with AI, new approaches should focus on process reflection, authentic problem-solving, iterative project development, and the explicit demonstration of human judgment, creativity, and ethical reasoning alongside AI capabilities.

Fourth, equity must be placed at the center of all AI initiatives. Institutions should ensure broad, equitable access to vetted and secure institutional agents, promote inclusive design principles, and provide targeted technical and pedagogical support for underrepresented and disadvantaged student groups to prevent the widening of existing educational divides.

Fifth, leaders should establish cross-functional AI task forces that include representatives from faculty, students, administration, information technology, legal affairs, and ethics committees. These task forces can guide policy development and implementation. Strategic partnerships with technology providers should be pursued cautiously, with strong safeguards to protect institutional autonomy, data sovereignty, and alignment with the university's educational mission.

Finally, institutions must implement continuous, systematic evaluation of the pedagogical, social, and ethical impacts of agentic systems. Regular impact assessments should examine effects on student learning outcomes, faculty workload and well-being, interpersonal relationships, and overall educational quality. Throughout this process, mentorship, community building, creativity, and human connection must be actively reinforced as irreplaceable foundational elements of university education.

VI. Future Directions

Looking toward the late 2020s, higher education is poised to witness the emergence of fully integrated multi-agent ecosystems. In these advanced environments, specialized autonomous agents will seamlessly orchestrate complex, long-term learning journeys for individual students, facilitate large-scale research collaborations across disciplines, and optimize institutional operations with high levels of efficiency and intelligence. These multi-agent systems will be capable of dynamic coordination, where teaching agents, assessment agents, mentoring agents, and administrative agents work together as an interconnected intelligent network, continuously adapting to evolving educational needs and institutional priorities.

Tighter integration between agentic AI and extended reality (XR) technologies – including virtual reality, augmented reality, and mixed reality – will create highly immersive and multimodal learning environments. Students may engage in realistic virtual laboratories, interactive historical simulations, or collaborative design studios where intelligent agents provide real-time guidance, adaptive scaffolding, and contextual feedback across multiple sensory channels. The convergence of agentic AI with physical AI (embodied agents and robotics) will further expand possibilities, enabling hybrid learning experiences that blend digital intelligence with tangible, hands-on interaction.

A greater emphasis on explainable, ethical, and well-governed agentic systems will become essential. Future developments are likely to prioritize transparency in agent decision-making, robust accountability mechanisms, and built-in ethical reasoning frameworks that align with institutional values and societal expectations. Research into safe, controllable, and human-aligned AI agents will gain prominence, addressing concerns around autonomy, bias, and unintended consequences.

Ultimately, success in this rapidly evolving landscape will depend on a fundamental shift from reactive, ad-hoc adoption of AI technologies to proactive, evidence-based stewardship. Institutions must move beyond short-term experimentation toward long-term strategic planning that carefully balances technological innovation with responsibility, equity, inclusivity, and core human values. Those universities that successfully integrate these principles will not only survive the AI transformation but will emerge as leaders in developing truly intelligent, humane, and effective learning ecosystems that enhance rather than replace human potential.

VII. Conclusion

Agentic AI in 2026 represents a profound and irreversible shift in the landscape of higher education – a transition from passive tools that merely assist human users to sophisticated autonomous systems that actively serve as partners in the learning process. These technologies hold immense promise for delivering personalized education at scale, dramatically improving operational efficiency, accelerating research discovery, and cultivating the advanced skills required in an AI-native future.

However, realizing this potential requires far more than technical implementation. Responsible integration of agentic AI demands strong governance frameworks, rigorous ethical vigilance, continuous equity monitoring, and an unwavering commitment to human-centered education. Without these foundations, the risks of bias amplification, cognitive offloading, privacy breaches, and deepening institutional divides could undermine the core mission of universities.

The institutions that rise to this challenge with vision, courage, and thoughtful leadership will not only successfully adapt to the AI era but will actively shape a future in which advanced technology serves to amplify – rather than diminish – human potential, creativity, critical inquiry, and meaningful discovery. In this way, higher education can harness the power of agentic AI to create more inclusive, effective, and transformative learning experiences for generations to come.

VIII. References

- [1] A. Legatt, “7 AI Decisions That Will Define Higher Education In 2026,” Forbes, Dec. 2025. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/avivalegatt/2025/12/26/7-ai-decisions-that-will-define-higher-education-in-2026>.
- [2] “The Rise of the Agentic AI University in 2026,” Inside Higher Ed, Jan. 2026. [Online]. Available: <https://www.insidehighered.com/opinion/columns/online-trending-now/2026/01/07/rise-agentic-ai-university-2026>.
- [3] UPCEA, “Transitioning to the Agentic University 2026–27,” Nov. 2025. [Online]. Available: <https://upcea.edu/transitioning-to-the-agentic-university-2026-27/>
- [4] Gartner, “Top Strategic Technology Trends for 2026: Multiagent Systems,” Oct. 2025. [Online]. Available: <https://www.gartner.com/en/documents/7015898>.
- [5] E. Chronicle Staff, “Will Agentic AI Break Higher Education?,” The Chronicle of Higher Education, Mar. 2026. [Online]. Available: <https://www.chronicle.com/article/will-agentic-ai-break-higher-education>.
- [6] J. Robert, “The Impact of AI on Work in Higher Education,” EDUCAUSE, Jan. 2026. [Online]. Available: <https://www.educause.edu/research/2026/the-impact-of-ai-on-work-in-higher-education>.
- [7] O. Yu. Burov, O. P. Pinchuk, and M. A. Pertsev, “Use of learners’ state indices for design of adaptive learning systems,” Information Technologies and Learning Tools, vol. 68, no. 6, pp. 20-32, 2018, doi: 10.33407/itlt.v68i6.2715.

АГЕНТНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ВИЩІЙ ОСВІТІ: ШЛЯХ ДО АВТОНОМНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЕКОСИСТЕМ У 2026 РОЦІ ТА В МАЙБУТНЬОМУ

Коровяка Євгеній, Расивстаєв Валерій, Дмитрук Олена

АНОТАЦІЯ. Стаття досліджує розвиток агентного штучного інтелекту у вищій освіті у 2026 році. Проаналізовано перехід до автономних мультиагентних систем, їх можливості для персоналізації навчання, основні ризики та рекомендації щодо етичного й відповідального впровадження.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: агентний штучний інтелект, мультиагентні системи, вища освіта, автономні навчальні екосистеми, етичний ІІІ.

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION: OPPORTUNITIES, CHALLENGES, AND FUTURE DIRECTIONS

Koroviaka Yevhenii¹, Pashchenko Oleksandr¹, Viktoriia Yavorska¹

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

E-mail: pashchenko.o.a@nmu.one

ABSTRACT. This article examines the transformative role of AI in higher education, covering personalized learning, teaching support, assessment, and administration. It analyzes key opportunities, challenges like academic integrity and bias, and provides recommendations for responsible integration.

KEYWORDS: AI in higher education, personalized learning, academic integrity, AI literacy, ethical governance.

I. Introduction

Higher education institutions worldwide are confronting unprecedented pressures that challenge their traditional models of operation, teaching, and student support. Surging enrollment demands – driven by expanding access to post-secondary education in emerging economies and growing lifelong learning needs – strain physical and human resources. At the same time, student populations have become increasingly diverse in terms of age, socioeconomic background, cultural origins, learning styles, and neurodiversity. Many institutions face severe resource constraints, including declining public funding, rising operational costs, enrollment cliffs in certain regions (particularly affecting small private colleges), high tuition discount rates, and the need to maintain quality amid financial sustainability concerns.

Compounding these issues is the urgent imperative to prepare graduates for an AI-driven workforce. Employers increasingly demand competencies in critical thinking, complex problem-solving, ethical reasoning, human-AI collaboration, and digital fluency. Traditional lecture-based models often fall short in delivering personalized, scalable, and future-oriented education capable of meeting these expectations while addressing persistent challenges such as student retention, mental health support, and equitable outcomes.

Artificial intelligence technologies offer powerful potential solutions across this landscape. These range from adaptive learning platforms that dynamically adjust content difficulty and pacing based on real-time performance data, to intelligent tutoring systems providing on-demand scaffolding and feedback, and sophisticated generative AI tools such as large language models (e.g., successors to ChatGPT, Claude, or Gemini). These tools can generate explanations, draft materials, simulate scenarios, and support both students and faculty in ways previously unimaginable at scale.

By 2025–2026, generative AI had firmly entered the mainstream in both student work and faculty practices. Adoption rates accelerated dramatically in a short period. For instance, according to the Higher Education Policy Institute (HEPI) Student Generative Artificial Intelligence Survey, student usage of AI tools in some form reached 92–95% by early 2026, with 94% reporting use of generative AI to assist with assessed work. Other global and regional surveys echoed this trend: a Digital Education Council study found 86–92% of students using AI in their studies, often on a weekly basis, while Latin American higher education reported 92% student and 79% faculty engagement. In the UK context, the proportion of students using generative AI specifically for assessments surged from 53% in 2024 to 88% in 2025.

A particularly notable shift concerns the direct incorporation of AI-generated content into submitted assessments. HEPI data indicates this practice rose from just 3% in 2024 to 8% in 2025 and further to 12% in 2026 in the surveyed UK cohort [1]. While many students employ AI ethically – for brainstorming, editing, summarizing sources, or overcoming writer’s block – faculty express near-universal concern regarding academic integrity [2]. Surveys of U.S. college faculty reveal that 92% worry about AI-facilitated plagiarism or dishonesty, 95% fear student overreliance on AI will undermine critical thinking and fundamental skills, and significant majorities report observed increases in cheating alongside concerns about the long-term value and integrity of academic degrees [3]. Yet, paradoxically, many faculty simultaneously recognize AI’s potential: a substantial portion (often 70–80%) report using AI themselves for professional tasks such as research, writing, lesson planning, or administrative work, viewing it as a productivity enhancer and catalyst for pedagogical innovation.

This dual sentiment – widespread concern paired with pragmatic adoption – reflects the disruptive yet transformative nature of the technology. The global AI in education market underscores the scale of investment and optimism from both technology providers and institutions. Estimates for 2025 place the market size between approximately USD 6.9 billion and 8.3 billion, with projections for explosive growth: reaching USD 32–55 billion by 2030 at compound annual growth rates (CAGRs) ranging from 31% to over 47%, depending on the source and scope (including broader EdTech integrations) [4]. Drivers include demand for personalized learning, intelligent tutoring systems, learning analytics, and administrative automation – precisely the areas where AI can alleviate the pressures outlined above.

In summary, as higher education navigates demographic shifts, financial headwinds, equity imperatives, and workforce alignment in the mid-2020s, AI emerges not merely as an optional tool

but as a foundational element reshaping the sector. The following sections explore its applications, opportunities, challenges, and responsible pathways forward in greater depth.

II. Applications of AI in Higher Education

Artificial intelligence has permeated nearly every facet of higher education, offering institutions innovative ways to address longstanding challenges in teaching, learning, and operations. One of the most promising and widely adopted applications involves personalized and adaptive learning at scale. AI-powered platforms continuously analyze student performance data in real time, adjusting the difficulty of content, the pace of instruction, and the selection of resources to match individual needs and learning styles. These systems excel at identifying specific knowledge gaps early in the process, recommending targeted supplementary materials, and delivering immediate support through intelligent tutoring systems or virtual assistants available around the clock. Unlike traditional one-size-fits-all lectures that often leave some students behind or bore others, adaptive platforms function as scalable personal tutors, providing scaffolding, hints, and explanations tailored precisely to a learner's current mastery level. Empirical studies, including quasi-experimental designs in social science courses using tools like ChatGPT-based strategies, have demonstrated notable gains in learning efficiency, knowledge retention, student satisfaction, and overall performance compared to control groups. Diverse learners, including nontraditional students balancing work and studies or those with disabilities, particularly benefit from features such as real-time translation, text-to-speech conversion, simplified explanations, and multimodal content delivery. By 2026, projections indicated that a significant majority of institutions would integrate such adaptive platforms, driven by their capacity to foster deeper engagement and close achievement gaps without requiring proportional increases in faculty resources.

Faculty members have increasingly turned to generative AI as a powerful ally in teaching support and content creation. Tools now assist in drafting comprehensive lesson plans, generating varied quizzes and assessment rubrics, crafting engaging discussion prompts, and producing personalized feedback for large cohorts [5, 6]. Instructors can quickly build banks of questions at different cognitive levels, simulate complex real-world scenarios for experiential learning activities, or even draft routine communications such as recommendation letters and administrative emails. This automation of repetitive tasks allows educators to redirect their energy toward higher-order responsibilities, including one-on-one mentoring, advanced research supervision, and the cultivation of critical thinking and creativity in students. Generative AI further advances inclusive pedagogy by creating materials in multiple languages, adapting formats for various accessibility requirements, or modifying content to accommodate different cultural contexts and learning preferences. Systematic reviews and faculty surveys from the mid-2020s highlight how these tools not only reduce workload but also encourage more innovative and refined pedagogical designs, shifting the role of instructors from content creators to facilitators of deeper learning experiences. While educators emphasize the need to review and customize AI-generated outputs to avoid biases or inaccuracies, the overall consensus points to substantial time savings and enhanced teaching quality when used thoughtfully.

In the realm of assessment and feedback, AI is fundamentally reshaping traditional evaluation practices. Automated grading systems, powered by advanced natural language processing and pattern recognition, handle objective and structured assignments with speed and consistency, while also providing instant, detailed comments on aspects such as structure, coherence, argumentation, and content accuracy. Formative assessment benefits enormously from these capabilities, as rapid feedback loops enable students to iterate on their work, reflect on mistakes, and improve iteratively before final submissions. This immediacy contrasts sharply with the delays often associated with manual grading in large classes, leading to higher engagement and better learning outcomes. Plagiarism detection has evolved beyond simple text matching to more sophisticated analyses that flag AI-generated patterns or inconsistencies. Nevertheless, limitations persist, particularly in evaluating subjective, creative, or highly nuanced tasks where AI may overlook contextual subtleties, cultural nuances, or original insights, and where algorithmic biases could influence results. In response, many universities are transitioning toward process-oriented and authentic assessment methods, such as iterative draft submissions, oral defenses, reflective portfolios, and project-based

evaluations that prioritize human judgment alongside AI assistance. These hybrid approaches maintain academic rigor while leveraging technology to scale high-quality feedback, ensuring that assessment continues to measure genuine understanding rather than mere artifact production.

Beyond direct instructional applications, AI significantly enhances administrative and institutional efficiency across higher education. Predictive analytics models process vast datasets to identify at-risk students through early warning systems, flagging potential dropout risks or learning difficulties based on engagement patterns, performance trends, and behavioral indicators, which enables timely academic or personal interventions. In admissions and enrollment management, AI streamlines application screening, verifies credentials, optimizes financial aid allocation, and forecasts enrollment yields with greater accuracy, reducing manual workloads and improving decision-making speed. Scheduling algorithms dynamically allocate classrooms, faculty time, and resources while minimizing conflicts, and virtual assistants handle routine student inquiries about deadlines, procedures, or support services on a 24/7 basis, freeing administrative staff for more complex responsibilities. In the research domain, AI accelerates literature reviews by summarizing vast bodies of work, supports sophisticated data analysis, and even aids in hypothesis generation or experimental design, thereby shortening discovery timelines. These efficiencies contribute to more sustainable institutional operations amid resource constraints. However, the use of AI in research simultaneously prompts important discussions about authorship attribution, intellectual originality, and the appropriate balance between human creativity and machine assistance. Overall, by automating routine processes and providing actionable insights, AI allows universities to operate more strategically, directing human expertise toward mission-critical activities such as student success, innovation, and community engagement.

Collectively, these applications illustrate AI's capacity to make higher education more responsive, inclusive, and effective, while also underscoring the importance of thoughtful integration that preserves the human elements central to meaningful learning and institutional life. As adoption matures, institutions continue to refine practices to maximize benefits and mitigate emerging limitations.

III. Opportunities

The integration of artificial intelligence into higher education unlocks substantial opportunities that address many of the systemic pressures facing institutions today. Perhaps most significantly, AI enhances scalability and access by democratizing high-quality, personalized educational support for large and previously underserved populations. Adaptive learning platforms and intelligent tutoring systems can deliver tailored instruction, immediate feedback, and customized resources to thousands of students simultaneously, regardless of geographic location or institutional size. This capability proves particularly valuable for nontraditional learners, those in remote or resource-limited settings, students with disabilities, and individuals from underrepresented backgrounds who might otherwise lack access to individualized mentoring or specialized content. By analyzing performance data in real time and adjusting pathways accordingly, AI helps close achievement gaps and extends the reach of elite-level educational experiences far beyond traditional classroom constraints, fostering greater equity and inclusion on a global scale.

Closely linked to this expansion is the potential for notable efficiency gains across faculty, staff, and administrative functions. Generative AI tools automate repetitive and time-consuming tasks such as drafting lesson plans, grading objective assignments, generating question banks, summarizing literature, or handling routine student inquiries through virtual assistants. Surveys of higher education professionals consistently highlight opportunities in automating administrative burdens, offloading mundane processes, and analyzing large datasets for better decision-making. These efficiencies free up valuable time, allowing instructors to invest more deeply in high-impact activities like personalized mentoring, research supervision, curriculum innovation, and meaningful student engagement. Many faculty and staff report improved work-life balance as a result, while institutions benefit from streamlined operations that can help manage resource constraints and rising enrollment demands without proportional increases in staffing.

When implemented thoughtfully, AI also drives important skill development among students and prepares them for an AI-augmented workforce. Rather than serving as a mere shortcut, these tools

can cultivate essential competencies such as AI literacy, critical evaluation of outputs, prompt engineering, ethical reasoning, and effective human-AI collaboration. Students learn to treat generative models as intelligent collaborators – using them for brainstorming, iteration, and refinement while maintaining ownership of their ideas and arguments. This approach not only builds technical fluency but also reinforces higher-order cognitive skills like creativity, problem-solving, and adaptability. Employers increasingly seek graduates who can navigate AI-driven environments responsibly, making such literacy a competitive advantage in the job market. Institutions that embed AI literacy into curricula position their students for long-term success while modeling responsible technology use.

Furthermore, AI catalyzes innovation in pedagogy by prompting institutions to fundamentally rethink assessments, curricula, and learning outcomes in alignment with an AI-augmented world. Traditional models centered on rote memorization or final artifacts give way to process-oriented approaches that emphasize critical reflection, iterative problem-solving, ethical decision-making, and collaborative projects where students direct AI rather than compete with it. This shift encourages deeper engagement with material and the development of uniquely human strengths – such as emotional intelligence, original insight, and interdisciplinary thinking – that machines cannot fully replicate. Recent analyses indicate that 2025 marked a pivotal transition from widespread debate about AI's role to active implementation across campuses. During this period, AI began influencing federal and institutional policies, infrastructure investments, workforce preparation strategies, and large-scale partnerships between universities and technology providers. Adoption moved from scattered pilots to enterprise-level strategies, with many systems integrating AI into advising, tutoring, admissions, and daily operations. Institutional-wide use surged notably from 2024 to 2025, signaling that AI had become a strategic priority rather than an experimental add-on.

IV. Challenges and Risks

Despite these promising opportunities, the integration of artificial intelligence into higher education carries significant risks and challenges that institutions must address proactively to avoid unintended negative consequences. One of the most pressing concerns revolves around academic integrity. Over-reliance on generative AI can lead to cognitive offloading, in which students bypass the deep learning processes of researching, synthesizing, and articulating ideas independently. This risks diminishing critical thinking, originality, and long-term retention of knowledge. Detection tools remain imperfect, struggling with evolving AI capabilities, while the phenomenon of hallucinations – where models confidently produce fabricated or inaccurate information – can propagate errors into student work and undermine trust in academic outputs. Faculty surveys from 2025–2026 reveal near-universal apprehension, with large majorities expressing fears that AI will erode fundamental skills, increase cheating, and devalue the meaning of college degrees.

Bias and equity issues present another layer of complexity. Algorithms trained predominantly on historical data often perpetuate existing societal biases related to race, gender, socioeconomic status, language proficiency, or cultural context. This can result in unfair outcomes in personalized recommendations, automated assessments, or predictive analytics, disproportionately affecting marginalized students. Moreover, not all learners enjoy equal access to advanced AI tools, high-speed internet, or the digital literacy required to use them effectively. Such disparities risk widening rather than narrowing educational divides, particularly between well-resourced institutions or students in the Global North and those in underfunded or developing contexts. Without deliberate efforts to ensure inclusive design and broad accessibility, AI could exacerbate rather than alleviate inequities.

Privacy and security concerns also loom large when handling sensitive student data. AI systems require extensive information on performance, behaviors, and personal profiles to function effectively, raising questions about informed consent, data ownership, potential surveillance, and vulnerability to breaches. Insufficient data protection measures could expose institutions to legal and ethical liabilities while eroding trust among students and families.

On a broader human and social level, excessive dependence on AI may diminish essential interpersonal skills, emotional intelligence, and opportunities for face-to-face collaboration and mentorship that lie at the heart of transformative education. Faculty frequently voice worries about

potential job displacement, the devaluation of teaching roles, or a shift toward more transactional learning experiences. Additionally, the substantial environmental costs associated with training and running large AI models – through high energy consumption and carbon emissions – demand greater scrutiny as institutions scale adoption.

Finally, a persistent lack of comprehensive governance exacerbates many of these risks. As of the mid-2020s, many universities still operated without clear, institution-wide policies, standardized training programs, or robust ethical guidelines. This vacuum often leads to inconsistent practices, heightened workloads for individual instructors who must interpret ambiguous rules, and uneven enforcement. Surveys conducted between 2025 and 2026 portray AI as a quintessential double-edged sword: students and faculty alike acknowledge its productivity benefits and transformative potential, yet prominent concerns persist around reliability, over-reliance, ethical dilemmas, misinformation, and the long-term impacts on learning quality and human development.

Navigating these opportunities and challenges requires balanced, intentional strategies that maximize AI's benefits while safeguarding the core values of higher education – equity, integrity, critical inquiry, and human connection. Institutions that invest in governance, literacy training, and ongoing evaluation will be best positioned to harness AI responsibly as the technology continues to evolve.

V. Recommendations and Future Directions

To harness the transformative potential of artificial intelligence while mitigating its risks, higher education leaders must adopt proactive, multifaceted strategies that embed responsibility into every layer of institutional practice. Developing clear policies stands as a foundational step. Institutions should establish comprehensive, institution-wide guidelines that define acceptable uses of AI across teaching, learning, research, and administration. These policies need to include transparent disclosure requirements for AI assistance in student work and faculty outputs, alongside updated honor codes that reflect the realities of human-AI collaboration rather than attempting outright prohibition. Evidence from 2025–2026 shows that only a minority of institutions – around 20–39% depending on the survey – had formalized AI policies, leaving many operating in a regulatory gray area that breeds inconsistency and uncertainty. Effective policies balance structure with professional autonomy, align with broader institutional values, and draw from frameworks such as those recommended by EDUCAUSE and accreditation bodies like the Middle States Commission on Higher Education [7, 8], which emphasize lawful, ethical, transparent, and secure AI use.

Equally critical is sustained investment in AI literacy for all members of the university community. Training programs for students, faculty, and staff should go beyond basic tool familiarization to emphasize critical evaluation of AI-generated outputs, advanced prompt engineering techniques, detection of hallucinations or biases, and deep ethical considerations around authorship, originality, and accountability. Such literacy transforms AI from a potential crutch into a genuine collaborator, equipping graduates with the “AI working competency” or fluency that employers increasingly demand. Several leading universities have already moved toward requiring AI competency as a graduation outcome, integrating it into general education curricula and offering professional development for faculty. Without widespread literacy efforts, institutions risk uneven adoption, where only tech-savvy individuals benefit while others fall behind or misuse the technology.

Assessment redesign represents another urgent priority. Higher education must shift away from traditional final-product evaluations that are easily gamed by generative AI toward authentic, process-based, and multimodal approaches. Examples include requiring iterative drafts with reflective commentaries on how AI was used and refined, oral defenses or viva voce examinations, portfolio assessments that demonstrate iterative thinking, and project-based work where students direct AI agents in complex, real-world simulations. These methods leverage AI as a supportive tool while preserving space for human judgment, creativity, and critical reflection. Many institutions are already experimenting with hybrid formats that maintain academic rigor in an AI-native environment, recognizing that credible assessment in the late 2020s will hinge on measuring students' ability to collaborate effectively with intelligent systems rather than compete against them.

Prioritizing ethics and equity must underpin all AI initiatives. Regular audits for algorithmic bias – particularly in predictive analytics, personalized learning pathways, and automated grading – should

become standard practice, with special attention to impacts on race, gender, socioeconomic status, language background, and disability. Ensuring accessible tools for all students, including those from underserved populations or with varying levels of digital infrastructure, is essential to prevent the emergence of new opportunity gaps. Maintaining meaningful “humans in the loop” for high-stakes decisions, such as admissions, academic probation, or degree conferral, safeguards against over-automation while preserving accountability and trust. Governance structures, including cross-functional AI advisory councils or presidential task forces with representation from faculty, students, IT, legal, and student affairs, help operationalize these commitments and align AI use with civil rights, privacy standards like FERPA, and broader ethical principles.

Fostering research and collaboration further strengthens responsible adoption. Universities should support interdisciplinary studies examining the long-term pedagogical, cognitive, and societal impacts of AI in education, while building strategic partnerships with technology providers. Such partnerships can accelerate innovation and provide access to cutting-edge tools, but they must include safeguards to protect institutional autonomy, data sovereignty, and alignment with academic missions. Establishing centers of excellence or sandboxes for safe experimentation can help institutions identify quick wins, evaluate risks, and scale promising applications without exposing sensitive data or enabling uncontrolled “shadow AI.”

Finally, leaders must continually emphasize the irreplaceable human elements of higher education. Mentorship, community building, emotional intelligence, face-to-face dialogue, and creative problem-solving remain at the core of transformative learning experiences that AI cannot fully replicate. Policies and practices should deliberately carve out space for these dimensions, ensuring technology augments rather than supplants the relational and reflective aspects that define a meaningful university education.

Looking ahead to the late 2020s, the transformation is expected to deepen significantly with the rise of agentic AI workflows – autonomous systems capable of planning, executing multi-step tasks, and orchestrating complex processes across platforms – alongside more sophisticated multimodal models that seamlessly integrate text, images, video, audio, and sensor data. Tighter integration of these technologies with institutional systems, including learning management platforms, advising tools, and administrative infrastructure, will likely enable more proactive, personalized support at scale. However, success will hinge on balancing bold innovation with thoughtful stewardship: institutions that invest in robust governance, continuous evaluation, and human-centered design will thrive, while those that lag risk widening inequities or losing relevance. The coming years will test higher education’s ability to evolve deliberately rather than reactively, turning AI into a force that genuinely elevates teaching, learning, and discovery.

VI. Conclusion

Artificial intelligence is not merely an incremental tool but a profound disruptive force that is actively reshaping the core functions of higher education – from how knowledge is created and transmitted to how institutions operate and how students develop essential competencies. When deployed with intentionality, foresight, and a commitment to shared values, AI holds the power to make education more personalized, efficient, inclusive, and directly relevant to the complex demands of the 21st century. It can democratize access to high-quality learning, alleviate administrative burdens, accelerate discovery, and prepare graduates to flourish in an AI-augmented world.

Yet unchecked or poorly governed adoption carries real dangers, including the erosion of deep learning, amplification of existing biases, threats to privacy and academic integrity, and the potential devaluation of uniquely human capacities for empathy, originality, and ethical reasoning. The path forward demands sustained, inclusive dialogue among educators, students, policymakers, technologists, and broader society. Only through collaborative stewardship – grounded in evidence, ethics, and a clear vision of what higher education should become – can institutions ensure that AI serves as a powerful ally in advancing human potential rather than diminishing it. The choices made today will determine whether the universities of tomorrow emerge stronger, more equitable, and more vibrant, or whether they risk ceding their foundational role in cultivating thoughtful, capable, and responsible citizens.

VII. References

- [1] J. Freeman, "Student Generative AI Survey 2025," Higher Education Policy Institute, HEPI Policy Note 61, Feb. 2025. [Online]. Available: <https://www.hepi.ac.uk/reports/student-generative-ai-survey-2025/>
- [2] R. Stephenson and C. Armstrong, "Student Generative AI Survey 2026," Higher Education Policy Institute, HEPI Report 199, Mar. 2026. [Online]. Available: <https://www.hepi.ac.uk/reports/student-generative-ai-survey-2026/>
- [3] "College Faculty Perceptions of Generative Artificial Intelligence in Higher Education," College Board Research, 2026.
- [4] Grand View Research, "Artificial Intelligence (AI) in Education Market Size, Share & Trends Analysis Report," 2025. [Online]. Available: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-education-market-report>
- [5] K. Bittle, "Generative AI and Academic Integrity in Higher Education: A Systematic Literature Review," Information, vol. 16, no. 4, 2025, doi: 10.3390/info16040296
- [6] R. Sah, "Generative AI in higher education: student and faculty perspectives," Issues in Information Systems, vol. 26, no. 2, pp. 373–386, 2025.
- [7] EDUCAUSE, "The Impact of AI on Work in Higher Education," Jan. 2026. [Online]. Available: <https://www.educause.edu/research/2026/the-impact-of-ai-on-work-in-higher-education>
- [8] O. Yu. Burov, O. P. Pinchuk, and M. A. Pertsev, "Use of learners' state indices for design of adaptive learning systems," Information Technologies and Learning Tools, vol. 68, no. 6, pp. 20–32, 2018, doi: 10.33407/itlt.v68i6.2715.

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВИЩІЙ ОСВІТІ: МОЖЛИВОСТІ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВІДПОВІДАЛЬНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ

Коров'яка Євгеній, Пашенко Олександр, Яворська Вікторія

АНОТАЦІЯ. Стаття розглядає трансформаційну роль штучного інтелекту у вищій освіті, охоплюючи персоналізоване навчання, підтримку викладачів, оцінювання та адміністрування. Проаналізовано ключові можливості, виклики (академічна доброчесність, упередження), а також надано рекомендації щодо відповідального інтеграції.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект у вищій освіті, персоналізоване навчання, академічна доброчесність, AI-грамотність, етичне управління.

ОРГАНІЗАЦІЯ ФОРМУВАЛЬНОГО ЕТАПУ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕРАКТИВНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ПЛАТФОРМ

Кузнєцов Євген¹

¹Університет Григорія Сковороди в Переяславі
kevgen392@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації обґрунтовано структуру формувального етапу педагогічного експерименту з розвитку цифрових навичок магістрантів професійної освіти засобом інноваційних інструментів. Визначено методичні умови, побудовано логіко-змістовну схему та дорожню мапу цифрової взаємодії.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: педагогічний експеримент, цифрові навички, майбутні викладачі, професійна освіта, інноваційні інструменти.

I. Вступ

Розвиток цифрових навичок магістрантів спеціальності «Професійна освіта (за спеціалізаціями)» є критичним складником їхньої підготовки до викладацької діяльності. Сучасні вимоги орієнтують майбутніх викладачів на здатність створювати цифровий контент, моделювати навчальні ситуації за допомогою інтерактивних інтелектуальних сервісів і

здійснювати оцінювання в цифровому середовищі. На основі результатів констатувального етапу педагогічного експерименту виявлено дефіцити цифрових навичок у 131 магістранта з 9-ти закладів вищої освіти України, що зумовило необхідність розроблення науково обґрунтованої методики формувального впливу.

II. Основна частина

Підготовку в магістратурі зорієнтовано на формування здатності створювати цифровий освітній контент, організовувати навчальну взаємодію у цифровому середовищі, використовувати інтерактивні платформи й інтелектуальні сервіси під час проведення занять і здійснювати оцінювання результатів навчання засобами цифрових технологій.

Проведено констатувальний етап педагогічного експерименту [1] та визначено педагогічні умови розвитку цифрових навичок: поетапне ускладнення навчальних завдань; використання інтелектуальних інструментів для моделювання навчально-професійних ситуацій; поєднання індивідуальної та групової діяльності. Одержані результати використано для підготовки формувального етапу. Конкретизацію виконано на рівні змісту діяльності здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності «Професійна освіта (за спеціалізаціями)», добору цифрових інноваційних інструментів і методичних рішень.

Розроблено логіко-змістовну схему підготовки до формувального етапу, яка візуалізує цілісний, поетапно структурований процес трансформації від первинної діагностики виявлених цифрових дефіцитів до цілеспрямованого впровадження авторської методики [2]. Запропонованою візуалізацією не лише відображено, а й концептуально зафіксовано генезис дослідницьких рішень, у межах якого результати моніторингу цифрових навичок 131 магістранта професійної освіти з 9-ти закладів вищої освіти України виступили ключовою детермінантою подальшого проектування освітнього екосередовища.

Такою архітектурою підготовчого процесу забезпечено можливість чіткого простеження причинно-наслідкових і логіко-функціональних зв'язків між об'єктивно встановленою потребою у підвищенні рівня цифрових навичок майбутніх викладачів професійної освіти та добором ефективного практичного інструментарію концептуальної моделі. Водночас схемою (рис. 1) детально репрезентовано кожен етап формувального впливу, який буде реалізовано як системну, науково обґрунтовану та цілеспрямовану відповідь на зафіксовані дефіцити у сфері створення цифрового контенту, організації професійної взаємодії й інтеграції цифрових інноваційних інструментів в освітній процес.

Сформовано структуру формувального етапу педагогічного експерименту, якою забезпечено послідовне включення майбутніх викладачів професійної освіти у навчально-професійну діяльність з використанням інноваційних інструментів у вигляді останніх моделей інтерактивних платформ і ШІ-сервісів. Систематизація змістових компонентів (табл. 1), засобів навчання й етапів практичного впровадження інновацій дозволила простежити динаміку переходу від репродуктивного використання цифрових сервісів до творчого моделювання власних занять. Саме цим забезпечено наочну фіксацію взаємозв'язків між обраними педагогічними методами та функціональними можливостями ШІ-інструментів, що інтегровано в структуру підготовки.

Таблиця 1

Структура організації формувального етапу педагогічного експерименту

Етап	Діяльність магістрантів професійної освіти	Платформи / інструменти	Мета етапу	Очікуваний результат
1	Ознайомлення з авторською моделлю розвитку цифрових навичок	Teams, Moodle, Zoom	Формування цілісного уявлення про зміст і логіку моделі	Розуміння етапності розвитку цифрових навичок
2	Виконання інтерактивних навчально-професійних завдань	Whiteboard, нейромережеві сервіси	Формування умінь використання цифрових інструментів	Набуття практичного досвіду роботи в цифровому середовищі

Етап	Діяльність магістрантів професійної освіти	Платформи / інструменти	Мета етапу	Очікуваний результат
3	Розроблення цифрового освітнього продукту для занять в закладах професійної освіти	Canva, Migo, генеративні ШІ-інструменти	Застосування цифрових навичок у змодельованій педагогічній діяльності	Створення власного цифрового навчального продукту
4	Рефлексія, самооцінка, оцінювання результатів	Google Forms, Teams	Аналізування результатів діяльності та визначення напрямів удосконалення	Фіксація індивідуального прогресу

Джерело: систематизовано автором у процесі підготовки до формувального етапу педагогічного експерименту



Рис. 1. Логіко-змістовна схема

Джерело: візуалізовано автором за допомогою цифрового інструменту Gemini

У представленій табл. 1 продемонстровано поетапну логіку залучення магістрантів професійної освіти (за спеціалізаціями) до інноваційної діяльності – від первинного сприйняття теоретичних засад до створення авторського інтелектуального продукту. Такий підхід відкрив перспективи для цілісного формування цифрової суб'єктності майбутніх викладачів професійної освіти, де кожен крок підкріплений відповідним технологічним набором інноваційних інструментів. Реалізація цієї структури потребувала чіткої диференціації програмних засобів, здатних забезпечити ефективність кожного етапу.

Здійснено добір цифрових платформ (табл. 2) і сервісів відповідно до змісту підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності «Професійна освіта (за спеціалізаціями)». Вектор орієнтації спрямовано на забезпечення освітньої взаємодії, створення методичних і дидактичних матеріалів, візуалізацію навчального змісту, організацію групової діяльності й оцінювання результатів.

Узагальненням представлених даних засвідчено створення комплексного інструментального забезпечення, яке охопило всі ключові аспекти майбутньої викладацької діяльності сьогоdnішніх магістрантів професійної освіти. Систематизація платформ за напрямками використання дозволила чітко визначити функціональну роль кожного сервісу в досягненні конкретних освітніх результатів. Це створило надійний фундамент практичному втіленню теоретичних напрацювань у реальний освітній процес.

Таблиця 2

Добір цифрових платформ і сервісів для підготовки магістрантів спеціальності «Професійна освіта (за спеціалізаціями)»

Напрямок використання	Платформа / сервіс	Функціональне призначення	Очікуваний результат
Організація навчальної взаємодії	Teams	Проведення занять, комунікація, управління навчальною діяльністю	Розвиток навичок організації цифрового навчального середовища
Робота з відеоконтентом	Stream	Аналізування навчальних матеріалів, демонстрація професійних ситуацій	Розвиток умінь використання відеоресурсів
Інтерактивна візуалізація	Whiteboard	Створення інтерактивних вправ і схем	Розвиток навичок пояснення матеріалу засобами цифрових інструментів
Розроблення дидактичних матеріалів	Canva	Створення презентацій, інфографіки, навчальних матеріалів	Розвиток умінь створення цифрового освітнього контенту
Організація групової діяльності	Miro	Планування та виконання спільних завдань	Розвиток навичок командної взаємодії
Інтелектуальні сервіси	Генеративні ШІ-інструменти	Створення текстів, зображень, ідей для навчальних матеріалів	Розвиток умінь використання ШІ у навчанні
Оцінювання результатів	Forms	Проведення тестування, опитування, зворотний зв'язок	Розвиток навичок цифрового оцінювання

Джерело: систематизовано автором у процесі підготовки до формуального етапу педагогічного експерименту

Визначений перелік цифрових засобів став базою організаційно-методичного супроводу навчання. Розроблено методичні умови формуального етапу як інструмент реалізації педагогічних умов, визначених на констатувальному етапі. Орієнтацію спрямовано на послідовність, адаптивність, інтерактивність і професійну взаємодію.

Підготовку навчально-методичного забезпечення формуального етапу педагогічного експерименту здійснено в межах авторського дисертаційного дослідження відповідно до внутрішньої логіки проєктування та реалізації архітектонічної моделі розвитку цифрових навичок майбутніх викладачів професійної освіти. Концептуальне підґрунтя розроблення забезпечення базувалося на інтеграції компетентнісного, діяльнісного та цифрово-орієнтованого підходів, що дозволило сформувати цілісну систему дидактичних і методичних

рішень, спрямованих на досягнення програмних результатів навчання. Змістове наповнення та структурна організація навчально-методичного забезпечення узгоджено з особливостями професійної підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти та вимогами до їх цифрової компетентності в умовах сучасної освітньої трансформації.

Таблиця 3

Методичні умови формуального етапу педагогічного експерименту

Умова	Засоби реалізації	Педагогічний ефект	Очікуваний результат
Послідовність	Система ускладнених завдань у Whiteboard	Поступове включення у діяльність	Розвиток базових і спеціалізованих цифрових навичок
Адаптивність	Індивідуальні завдання у Teams	Урахування рівня підготовки магістрантів	Оптимізація темпу навчання
Інтерактивність	Генеративні ІІІ-інструменти	Активізація навчальної діяльності	Розвиток навичок створення цифрового контенту
Професійна взаємодія	Групові проєкти у Miro та Canva	Організація спільної діяльності	Розвиток навичок командної взаємодії

Джерело: систематизовано автором у процесі підготовки до формуального етапу педагогічного експерименту

У процесі підготовки розроблено комплекс інтерактивних завдань професійного спрямування, що передбачають моделювання реальних педагогічних ситуацій, інструктивно-методичні матеріали для ефективної роботи з цифровими платформами та сервісами, а також універсальні шаблони створення цифрових освітніх продуктів. Окрему увагу приділено конструюванню сценаріїв проведення навчальних занять із використанням інтерактивних та інтелектуальних інструментів, які забезпечують активізацію пізнавальної діяльності та розвиток практичних умінь майбутніх викладачів професійної освіти. Розроблені матеріали орієнтовано на поєднання індивідуальної та командної роботи, стимулювання рефлексії та розвиток навичок професійної комунікації в цифровому середовищі.

Суттєвим компонентом навчально-методичного забезпечення стало визначення системи критеріїв, показників і рівнів оцінювання розвинутих цифрових навичок майбутніх викладачів професійної освіти. Запропонована система оцінювання ґрунтується на принципах об'єктивності, валідності та діагностичної спрямованості, що забезпечує можливість відстеження динаміки розвитку цифрових навичок магістрантів професійної освіти в процесі формуального впливу. Паралельно забезпечено організаційно-технологічну складову педагогічного експерименту: налагоджено доступ до цифрових платформ, структуровано навчальні матеріали відповідно до логіки послідовності етапів, а також визначено чіткі алгоритми діяльності магістрантів професійної освіти на кожному етапі виконання завдань.

Розроблено дорожню мапу підготовки до формуального етапу (рис. 2), яка відображає поетапну траєкторію трансформації емпіричних дослідницьких даних у цілісний комплекс методичних і дидактичних рішень. У межах цієї візуалізації системно поєднано аналітичний, проєктувальний і впроваджувальний компоненти, що забезпечують логічну наступність між етапами дослідження. Особливістю запропонованої дорожньої мапи є інтеграція інноваційного інструментарію як засобу підтримки освітнього процесу, персоналізації навчання та підвищення ефективності розвитку цифрових навичок майбутніх викладачів професійної освіти.

Представлена дорожня мапа виконує функцію фінального візуального узагальнення підготовки до формуального етапу педагогічного експерименту. Вона демонструє не просто набір сервісів, а науково обґрунтовану послідовність дій: від аналізування професійних дефіцитів цифрових навичок майбутніх викладачів професійної освіти до створення цілісного навчально-методичного забезпечення на базі інноваційних інтелектуальних платформ.



Рис. 2. Дорожня карта підготовки до формувального етапу (від діагностики цифрових дефіцитів до авторської методики)

Джерело: візуалізовано автором за допомогою цифрового інструменту Gemini

III. Висновки

Підготовку до формувального етапу педагогічного експерименту завершено системним узгодженням педагогічних і методичних умов із розробленими дидактичними рішеннями, що забезпечило концептуальну цілісність, внутрішню логічну впорядкованість і наукову обґрунтованість структури формувального впливу. Досягнуто змістово-технологічну відповідність між характером навчально-професійної діяльності здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності «Професійна освіта (за спеціалізаціями)» й інноваційним інструментарієм, спрямованим на розвиток цифрових навичок майбутніх викладачів професійної освіти. Сформовано комплекс організаційних, методичних і технологічних ресурсів, який забезпечив готовність до реалізації формувального етапу як цілісної, керованої та результативної педагогічної системи.

Ефективність обраної логіки підготовки засвідчено отриманими результатами, що створило надійне підґрунтя для подальшої апробації авторської методики в реальному освітньому процесі. Окреслено перспективи масштабування запропонованих підходів у системі професійної освіти України, зокрема в контексті цифрової трансформації, подолання кризових викликів і післявоєнного відновлення держави. Обґрунтовано стратегічну значущість розвитку цифрових навичок майбутніх викладачів професійної освіти як передумови підготовки фахівців, здатних ефективно діяти в умовах невизначеності, технологічних змін і глобальної конкуренції.

Результати дослідження спрямовано на посилення інтелектуального й освітнього потенціалу України, поглиблення інтеграції національної системи освіти до європейського освітнього простору та утвердження інноваційної моделі підготовки педагогічних кадрів. Визначено доцільність подальших наукових пошуків у напрямі розширення можливостей використання інноваційних інструментів в освітньому процесі, розроблення адаптивних цифрових середовищ навчання та вдосконалення методичних засад підготовки викладачів професійної освіти, здатних до ефективної взаємодії з інтелектуальними технологіями.

Підкреслено вагомість підготовки педагогів нового покоління – компетентних, цифрово грамотних, гнучких і стійких до викликів часу – як чинника відновлення та розвитку української держави. Визначено їхню роль як провідників змін, носіїв інновацій і основи формування людського капіталу, здатного забезпечити конкурентоспроможність України в глобальному просторі. У цьому контексті реалізацію формувального етапу педагогічного експерименту обґрунтовано не лише як наукове завдання, а як практично значущий внесок у розбудову сильної, сучасної й інноваційно орієнтованої Батьківщини.

IV. Список використаних джерел

- [1] Є. Кузнецов, “Особливості констатувального етапу педагогічного експерименту при дослідженні рівня сформованості цифрових навичок магістрантів професійної освіти”. *Наукові інновації та передові технології. Серія: Педагогіка*, № 12(52), с. 1823-1834, 2025. [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2025-12\(52\)-1823-1834](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2025-12(52)-1823-1834).
- [2] Є. Кузнецов, “Концептуальна модель розвитку цифрових навичок майбутніх викладачів закладів професійної освіти”. *Професійна педагогіка*, т. 1(32), с. 18-27, 2026. <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2026.32.18-27>.

ORGANIZATION OF THE FORMATIVE STAGE OF A PEDAGOGICAL EXPERIMENT USING INTERACTIVE INTELLIGENT EDUCATIONAL PLATFORMS

Kuznietsov Yevhen

ABSTRACT. The article substantiates the structure of the formative stage of a pedagogical experiment on developing digital skills of future vocational education teachers using innovative tools. A logical scheme and a digital interaction roadmap are presented.

KEYWORDS: pedagogical experiment, digital skills, future teachers, vocational education, innovative tools.

ІНФОГРАФІКА, ЗГЕНЕРОВАНА ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ, У ПІДГОТОВЦІ ЛОГОПЕДІВ: НОВИЙ ПІДХІД ДО ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ

Курськова Анна¹

¹Криворізький державний педагогічний університет, м. Кривий Ріг, Україна

E-mail: ann.kurenkova.91@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто застосування шести генеративних інструментів штучного інтелекту – Canva AI, Adobe Firefly, Microsoft Designer, Gamma.app, ChatGPT (GPT-4o) та Google NotebookLM – для створення навчальної інфографіки з логопедії у вищій школі. Представлено результати педагогічного експерименту, що засвідчують статистично значуще підвищення ефективності засвоєння матеріалу студентами, поліпшення практичних навичок розпізнавання мовленнєвих порушень та рівня задоволеності навчанням. Описано п'ятиетапну модель інтеграції ШІ-інфографіки в освітній процес із обов'язковим етапом фахової верифікації логопедом.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, інфографіка, логопедія, вища школа, візуалізація навчального контенту, генеративні ШІ-системи, когнітивне навантаження.

I. Вступ

Сучасна вища школа переживає трансформаційний період, зумовлений стрімким поширенням технологій штучного інтелекту в усіх сферах суспільного життя. Освітні процеси не є винятком: упровадження ШІ-інструментів поступово змінює не лише форми подання навчального матеріалу, а й педагогічні підходи, методичне забезпечення та характер взаємодії між викладачем і студентом. Особливої актуальності це набуває у підготовці фахівців зі спеціальної освіти, зокрема логопедів, де якість візуалізації навчального матеріалу безпосередньо впливає на формування клінічного мислення та практичних компетентностей [1].

Специфіка логопедії як навчальної дисципліни полягає у надзвичайній складності об'єкта вивчення – мовленнєвої системи людини з усіма її патологіями, варіантами та міжсистемними зв'язками. Студентам необхідно засвоїти детальну анатомію артикуляційного апарату, класифікації мовленнєвих порушень, протоколи діагностики та методики корекційної роботи. Традиційні методи подання інформації – текстові лекції та статичні схеми – часто не відповідають когнітивним потребам студентів покоління Z, які звикли до мультимедійного, інтерактивного контенту, й не відображають динаміки мовленнєвих процесів у достатній мірі. Дослідження в галузі навчальних медіа (Mayer, 2001; Sweller, 2011) переконливо доводять, що поєднання тексту з візуальними елементами знижує когнітивне навантаження та сприяє глибшому запам'ятовуванню складного матеріалу [2].

Поява генеративних ШІ-систем відкриває принципово нові можливості для автоматизованого створення навчальної інфографіки. Такі інструменти, як Canva AI, Adobe Firefly, Microsoft Designer (на базі DALL-E), Gamma.app, ChatGPT (GPT-4o) та Google NotebookLM, дозволяють викладачеві за лічені хвилини трансформувати академічний текст у структуровану, візуально привабливу інфографіку[3]. При цьому витрати часу на підготовку одного дидактичного матеріалу скорочуються в кілька разів порівняно з ручним дизайном. Водночас широке різноманіття доступних платформ ставить перед педагогічною спільнотою практичне запитання: яким з інструментів надати перевагу, та як системно інтегрувати їх у навчальний процес, не жертвуючи якістю й точністю фахового контенту[4].

Мета дослідження – порівняти ефективність застосування зазначених ШІ-інструментів у підготовці логопедів та визначити оптимальну модель їх інтеграції в навчальний процес. Відповідно до мети, визначено такі завдання: (1) охарактеризувати основні ШІ-інструменти для генерації навчальної інфографіки та здійснити їх порівняльний аналіз; (2) розробити методологію та провести педагогічний експеримент; (3) проаналізувати результати за когнітивним, практичним та афективним вимірами; (4) розробити практичну модель інтеграції ШІ-інфографіки у підготовку логопедів.

II. Основна частина

2.1. Характеристика ШІ-інструментів для генерації навчальної інфографіки

Вибір шести платформ для дослідження ґрунтувався на критеріях доступності для освітніх установ, підтримки україномовного контенту, якості генерованих зображень та функціональної різноманітності. У дослідженні було проаналізовано кожен платформу з позицій її архітектурних особливостей та педагогічного потенціалу (табл. 1).

Canva AI (Magic Design) є найбільш інтуїтивно зрозумілим із досліджуваних інструментів для освітян без спеціальних навичок дизайну. Платформа пропонує тисячі готових шаблонів, які ШІ адаптує під введений текстовий опис. Для логопедії це означає можливість швидкого створення інфографік про етапи онтогенезу мовлення, характеристики дизартрії чи алалії буквально за 5–10 хвилин. Серед обмежень – відносно поверхневий контроль над анатомічними деталями та ризик надмірної «декоративності» матеріалів [5].

Adobe Firefly виділяється серед конкурентів найвищою якістю генерованих зображень та детальним контролем над стилем і кольоровою палітрою. Особливо цінним є можливість точного відтворення анатомічних структур – артикуляційного апарату, голосових зв'язок, дихальних шляхів. Платформа також забезпечує комерційно безпечний контент, що важливо для підготовки публікацій та навчальних посібників. Основним обмеженням є відносно висока вартість передплати та складніший інтерфейс порівняно з Canva [6].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика ШІ-інструментів для генерації навчальної інфографіки

ШІ-інструмент	Тип / платформа	Застосування в логопедії	Переваги
Canva AI (Magic Design)	Генеративний, веб	Шаблони інфографік з артикуляції, онтогенезу мовлення	Швидка генерація, широкий вибір шаблонів
Adobe Firefly	Генеративний, хмарний	Ілюстрації патологій мовлення, артикуляційного апарату	Висока якість зображень, контроль стилю
Microsoft Designer (DALL-E)	Генеративний, інтегрований в M365	Схеми мовленнєвих порушень, діагностичні картки	Інтеграція з Word/Teams, безкоштовний доступ
Gamma.app	Генеративний, презентаційний	Структуровані навчальні слайди-інфографіки за темами	Автоматична структуризація контенту
ChatGPT (GPT-4o)	Мовна модель + візуалізація	Сценарій + генерація інфографіки через плагіни	Гнучкість, підтримка україномовних запитів
Google NotebookLM	Аналітична ШІ-система	Синтез академічних джерел, генерація коротких довідок та схем	Точна робота з науковими PDF, перехресний аналіз джерел

Microsoft Designer інтегрований в екосистему Microsoft 365, що робить його безкоштовним і безпосередньо доступним для більшості університетів, які вже використовують цей пакет. Інструмент добре справляється зі створенням схематичних ілюстрацій і діагностичних карток, проте генерація фотореалістичних анатомічних зображень поступається Adobe Firefly [7].

Gamma.app суттєво відрізняється від суто графічних генераторів: він автоматично структурує введений текст у логічно пов'язані слайди-інфографіки з підзаголовками, іконками та ключовими тезами. Це робить платформу особливо ефективною для підготовки тематичних навчальних блоків, наприклад, «Диференційна діагностика дислалії та дизартрії» або «Протокол логопедичного обстеження дитини» [8].

ChatGPT (GPT-4o) застосовувався в дослідженні в комбінованому режимі: спочатку для генерації детального текстового сценарію інфографіки (структура, ключові терміни, потрібні ілюстративні елементи), а потім – для безпосередньої генерації зображень або передачі сценарію у Canva AI. Перевагою є висока якість україномовних запитів та гнучке налаштування промптів під конкретні дидактичні цілі [9].

Окремої уваги заслуговує **Google NotebookLM** – аналітична ШІ-система, яка принципово відрізняється від інших інструментів. На відміну від генераторів зображень, NotebookLM орієнтований на глибокий аналіз наукових джерел: викладач завантажує PDF-статті, підручники або методичні матеріали, після чого система синтезує ключові ідеї, виявляє перехресні зв'язки між поняттями та пропонує стислі довідкові картки – фактичну основу для подальшої інфографіки [10]. Завдяки цьому NotebookLM усуває один із ключових ризиків генеративного ШІ – термінологічну неточність – шляхом прив'язки контенту до верифікованих академічних джерел. Функція генерації «аудіоподкасту» із завантажених матеріалів додатково розширює арсенал мультимедійних форматів для навчання.

2.2. Методологія дослідження

Педагогічний експеримент тривав один навчальний семестр (18 тижнів) і охопив студентів III курсу спеціальності «Спеціальна освіта (Логопедія)» (n=42). Вибір третього курсу зумовлений тим, що студенти вже мають базову теоретичну підготовку й одночасно активно засвоюють нові клінічні знання – цей етап є критичним для формування діагностичних компетентностей.

Групи були сформовані за принципом рандомізованого контролю з попереднім вирівнюванням за вхідним рівнем знань (різниця між групами за вхідним тестом склала лише 0,7 балу). **Контрольна група** (n=21) опрацьовувала навчальний контент у традиційному текстово-табличному форматі – конспекти лекцій, таблиці класифікацій, методичні посібники. **Експериментальна група** (n=21) отримувала той самий зміст, але перетворений на ШІ-інфографіку за допомогою зазначених платформ. При цьому важливо підкреслити: обсяг і зміст навчального матеріалу залишались ідентичними для обох груп, змінювалась лише форма його подання.

Протягом семестру в межах кожної теми викладач послідовно застосовував усі шість інструментів, ротуючи їх для різних розділів курсу. Це дозволило отримати студентський зворотний зв'язок щодо кожної платформи окремо й порівняти їх ефективність у розрізі конкретного навчального контенту.

Оцінювання здійснювалося за трьома вимірами:

1. Когнітивний – вхідне та підсумкове тестування знань термінології, класифікацій мовленнєвих порушень та протоколів обстеження (100 питань із множинним вибором, адаптованих з ліцензованих методичних матеріалів кафедри).

2. Практичний – розпізнавання мовленнєвих порушень за відеозаписами реальних клінічних випадків (10 відеофрагментів тривалістю 2–3 хвилини, незнайомих обом групам, із завданням ідентифікувати тип порушення та обґрунтувати висновок).

3. Афективний – анонімне анкетування за шкалою Лайкерта щодо задоволеності навчальними матеріалами, сприйнятої складності матеріалу та готовності використовувати ШІ-інфографіку в подальшій професійній практиці.

Статистичне опрацювання даних здійснювалося за допомогою t-критерію Стьюдента для незалежних вибірок; рівень значущості прийнято $p < 0,05$.

2.3. Результати педагогічного експерименту

Зведені результати педагогічного експерименту наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльні результати контрольної та експериментальної груп

Показник	Контрольна група (n=21)	Експериментальна група (n=21)	Різниця
Середній бал вхідного тесту (макс. 100)	61,4	62,1	+0,7
Середній бал підсумкового тесту (макс. 100)	69,8	82,5	+12,7*
Приріст балів за семестр (%)	13,7%	32,8%	+19,1%
Практичне розпізнавання порушень мовлення (%)	58,3%	71,6%	+13,3%
Задоволеність навчальним матеріалом (анкета, %)	61%	87%	+26%
Час підготовки 1 од. контенту викладачем (хв)	45–60	5–12	–80%

* $p < 0,05$ за t-критерієм Стьюдента для незалежних вибірок

Дані Табл. 2 свідчать про статистично значуще підвищення результатів підсумкового тестування в експериментальній групі (+12,7 балу, або +19,1% у відносному вираженні), тоді як у контрольній групі приріст склав лише 13,7%. Варто підкреслити, що стартові позиції обох груп були практично ідентичними (61,4 і 62,1 бали), що підтверджує коректність рандомізації та виключає вплив попередніх відмінностей у підготовці.

Особливо помітною виявилась різниця у практичному розпізнаванні мовленнєвих порушень: студенти, які навчались з інфографікою, правильно ідентифікували патологічні симптоми на 13,3% частіше. Це є одним із найбільш значущих результатів, оскільки практичне розпізнавання – навичка, безпосередньо пов'язана з майбутньою клінічною діяльністю. Цей результат підтверджує теорію когнітивного навантаження Свеллера: мультимедійне представлення матеріалу знижує когнітивне перевантаження та сприяє кращому запам'ятовуванню складної клінічної інформації. Зокрема, принцип модальності стверджує, що поєднання вербальної та візуальної інформації задіює різні канали обробки даних у довготривалій пам'яті, тим самим підвищуючи ефективність засвоєння.

Важливим практичним результатом є скорочення часу підготовки навчального контенту викладачем приблизно на 80% – з 45–60 хвилин до 5–12 хвилин на одиницю матеріалу. Це не лише підвищує ефективність педагогічної праці, а й дозволяє суттєво збільшити обсяг і різноманіття дидактичних матеріалів у межах одного курсу.

Рівень задоволеності навчанням в експериментальній групі (87%) виявився значно вищим, ніж у контрольній (61%), що свідчить про позитивний афективний вплив інфографіки на мотивацію до навчання. Подальший якісний аналіз анкет показав, що студенти особливо цінували наочне відображення причинно-наслідкових зв'язків між порушеннями, компактність матеріалу та зручність для повторення перед контрольними заходами.

2.4. Оцінка зручності ШІ-інструментів студентами

Окрім вимірювання результатів навчання, було проведено анкетування студентів щодо зручності та зрозумілості матеріалів, створених різними ШІ-інструментами. Рис. 1 відображає відсоток студентів, які оцінили відповідний інструмент як «зручний» або «дуже зручний» для навчання (шкала Лайкерта, 5 позицій).

Найвищі оцінки отримав Canva AI (88%), що пояснюється інтуїтивним дизайном та яскравою кольоровою схемою матеріалів. Комбінований підхід ChatGPT+Canva (82%) студенти цінували за точність структурування матеріалу – попередньо сформований ChatGPT сценарій дозволяв генерувати більш логічно організовані інфографіки. Gamma.app зі своєю

автоматичною структуризацією контенту отримала 79% – студенти відзначили зручність послідовного викладу матеріалу у форматі слайдів.

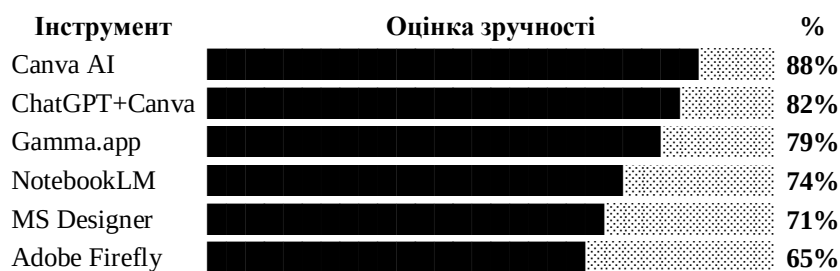


Рис. 1. Оцінка зручності навчальних матеріалів, створених різними ШІ-інструментами (% позитивних оцінок студентів, n=21)

Google NotebookLM, попри те що є аналітичним, а не суто візуальним інструментом, отримав 74% позитивних оцінок – студенти відзначили, що генеровані ним довідкові картки слугували зручним конспектом перед тестуванням. Декілька студентів окремо вказали, що функція автоматичного «подкасту» допомогла їм засвоїти матеріал під час дороги або відпочинку, що свідчить про потенціал цього інструменту для мікронавчання.

Adobe Firefly, незважаючи на найнижчий рейтинг зручності (65%), отримав найвищі оцінки за точність анатомічних ілюстрацій артикуляційного апарату. В якісних коментарях студенти зазначали, що саме ілюстрації Firefly допомогли їм краще зрозуміти патомеханізм порушень при органічних дизартріях. Це підкреслює важливість диференційованого вибору інструменту залежно від навчальної мети: для анатомічних тем пріоритет слід надавати якості зображення, тоді як для термінологічних оглядів – зручності сприйняття.

2.5. П'ятиетапна модель впровадження ШІ-інфографіки

На основі отриманих емпіричних даних і досвіду практичного застосування розроблено практичну п'ятиетапну модель інтеграції ШІ-інфографіки в навчальний процес (табл. 3). Модель передбачає послідовне залучення різних інструментів на кожному з п'яти етапів, що забезпечує як якість контенту, так і його педагогічну ефективність.

Перший етап – аналіз джерел – є фундаментальним для всієї подальшої роботи. Використання Google NotebookLM для систематизації актуальних наукових публікацій дозволяє сформувати надійну термінологічну та концептуальну основу майбутньої інфографіки. Викладачу рекомендується завантажувати щонайменше 3–5 верифікованих джерел на кожну тему.

Другий етап – формулювання сценарію – є творчим і критично важливим: від якості промпту безпосередньо залежить якість генерованої інфографіки. Дослідження показало, що ефективні промпти для навчальної інфографіки з логопедії мають містити: назву теми, цільову аудиторію (студенти певного курсу), перелік обов'язкових понять, бажаний формат (схема, порівняльна таблиця, часова шкала тощо) та стилістичні вимоги.

Таблиця 3

П'ятиетапна модель впровадження ШІ-інфографіки у підготовку логопедів

Етап	Назва	Інструмент	Дія викладача
1	Аналіз джерел	Google NotebookLM	Завантаження наукових PDF, отримання синтезу та ключових тез
2	Сценарій контенту	ChatGPT (GPT-4o)	Написання промпту з ключовими поняттями та структурою інфографіки
3	Генерація інфографіки	Canva AI / Gamma.app	Вибір шаблону, автоматична генерація, корекція дизайну
4	Фахова верифікація	Викладач-логопед	Перевірка термінологічної точності, клінічної коректності
5	Публікація матеріалу	LMS / Google Classroom	Розміщення для студентів, збір зворотного зв'язку

Третій етап – безпосередня генерація – може здійснюватись за допомогою Canva AI (для тематичних оглядів та підсумкових матеріалів), Adobe Firefly (для анатомічних ілюстрацій)

або Gamma.app (для структурованих навчальних послідовностей). Вибір інструменту визначається навчальною метою конкретного заняття.

Четвертий етап – фахова верифікація – є ключовим і обов'язковим елементом моделі. Досвід дослідження показав, що без цього кроку близько 12–18% інфографіки містила неточності клінічного характеру: спрощення симптоматики, хибні асоціативні зв'язки між порушеннями або застарілі класифікаційні схеми. Google NotebookLM суттєво мінімізував цей ризик на першому етапі завдяки прив'язці контенту до конкретних наукових джерел, однак повністю не усуває необхідності верифікації фахівцем. Особливої уваги потребують інфографіки з диференційної діагностики та матеріали, що містять посилання на міжнародні класифікатори (МКХ-11, DSM-5).

П'ятий етап – публікація та зворотний зв'язок – завершує цикл і одночасно відкриває наступний. Систематичний збір студентської реакції дозволяє вдосконалювати матеріали й корегувати вибір інструментів у майбутніх семестрах. Рекомендується використовувати короткі анонімні опитування після кожного тематичного блоку.

2.6. Обмеження дослідження та напрями подальших досліджень

Об'єктивна оцінка результатів вимагає чесного аналізу методологічних обмежень. По-перше, вибірка дослідження ($n=42$) є відносно невеликою для повноцінних узагальнень. Отримані тенденції є статистично значущими, проте для більш надійних висновків необхідне реплікаційне дослідження з більшою вибіркою. По-друге, усі учасники – студенти одного університету, що обмежує зовнішню валідність і не дозволяє повністю виключити вплив специфіки конкретного освітнього середовища.

По-третє, так званий ефект Хоторна міг частково обумовити вищу мотивацію студентів експериментальної групи, яка усвідомлювала свою участь в інноваційному навчальному досвіді. Для нейтралізації цього ефекту в подальших дослідженнях доцільно застосовувати дизайн із переміщенням груп (crossover design). По-четверте, деякі з досліджених платформ (Canva AI, Adobe Firefly) є комерційними й потребують платної передплати, що може обмежити їх доступність для освітніх закладів з обмеженим фінансуванням. Безкоштовні альтернативи (Microsoft Designer, Gamma.app у базовій версії) демонструють порівнянну ефективність, що свідчить про реалістичність впровадження запропонованої моделі в різних фінансових умовах.

По-п'яте, дослідження охоплювало один навчальний семестр, що не дозволяє оцінити довгострокове збереження знань. Лонгітудне дослідження з вимірюванням рівня знань через 6 і 12 місяців після завершення курсу є важливим напрямом подальшої роботи.

Перспективними напрямками подальших досліджень є: (1) розробка стандартизованих промпт-бібліотек для різних розділів логопедії; (2) вивчення ефективності запропонованого підходу в дистанційному форматі навчання; (3) дослідження можливостей ШІ-інфографіки для студентів з особливими освітніми потребами; (4) порівняльний аналіз ефективності інфографіки на різних рівнях вищої освіти (бакалавр / магістр / підвищення кваліфікації практикуючих логопедів).

III. Висновки

Результати дослідження переконливо свідчать про ефективність застосування генеративних ШІ-інструментів для створення навчальної інфографіки у підготовці логопедів. Серед шести проаналізованих платформ кожна виконує специфічну функцію в єдиному методичному ланцюжку: Google NotebookLM забезпечує академічно точну і верифіковану основу контенту; ChatGPT (GPT-4o) формує структурований сценарій майбутньої інфографіки; Canva AI та Gamma.app – привабливу й зрозумілу візуальну оболонку; Adobe Firefly та Microsoft Designer – якісні анатомічні та схематичні ілюстрації.

Запропонована п'ятиетапна модель впровадження дозволяє систематично і відтворювано інтегрувати ці інструменти в навчальний процес, зберігаючи термінологічну та клінічну точність матеріалів завдяки обов'язковому етапу фахової верифікації. Статистично значуще підвищення результатів засвоєння матеріалу (+19,1%), практичних діагностичних навичок

(+13,3%) та задоволеності навчанням (+26%) підтверджує доцільність широкого впровадження ШІ-інфографіки в підготовку фахівців спеціальної освіти.

Для освітян-практиків ці результати мають чіткий прикладний смисл: впровадження запропонованої моделі не вимагає значних фінансових ресурсів чи спеціальних технічних знань, але потребує готовності педагога освоїти нові інструменти й переосмислити підходи до підготовки навчальних матеріалів. Інвестиції часу на початковому етапі (освоєння платформ, формування промпт-бібліотеки) окупаються вже в першому семестрі застосування – за рахунок 80-відсоткового скорочення витрат часу на підготовку контенту в подальшому.

IV. Список використаних джерел

- [1] C. Pantelidis, "Artificial Intelligence in Higher Education: Possibilities and Challenges," *Journal of Educational Technology*, vol. 15, no. 2, pp. 45–60, 2024.
- [2] M. Warschauer and D. Xu, "AI-generated visual materials in university instruction," *Computers & Education*, vol. 188, pp. 1–14, 2023.
- [3] J. Sweller, "Cognitive Load Theory," in *Psychology of Learning and Motivation*, vol. 55, Academic Press, 2011, pp. 37–76.
- [4] О. Іванова та Н. Петренко, «Інфографіка як дидактичний засіб у підготовці фахівців спеціальної освіти,» *Педагогічні науки*, т. 12, с. 78–89, 2023.
- [5] Canva, *Magic Design*. Canva Pty Ltd. Accessed: Mar. 25, 2026. [Online]. Available: <https://www.canva.com/magic-design/>
- [6] Adobe Inc., *Adobe Firefly*. Adobe Inc. Accessed: Mar. 25, 2026. [Online]. Available: <https://firefly.adobe.com/>
- [7] Microsoft Corporation, *Microsoft Designer*. Microsoft Corporation. Accessed: Mar. 25, 2026. [Online]. Available: <https://designer.microsoft.com/>
- [8] Gamma Labs Inc., *Gamma* (AI Presentation Maker). Gamma Labs Inc. Accessed: Mar. 25, 2026. [Online]. Available: <https://gamma.app/>
- [9] OpenAI, *ChatGPT* (GPT-4o). OpenAI. Accessed: Mar. 25, 2026. [Online]. Available: <https://chat.openai.com/>
- [10] Google, "NotebookLM: AI-powered research and note-taking tool," Google Labs, 2024. [Online]. Available: <https://notebooklm.google.com>

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЗАСОБИ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ДИЗАЙНЕРІВ-МОДЕЛЬСРІВ

Лавренчук Степан¹, Льовкін Валерій¹

¹ Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна
E-mail: vlivkin@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто проблему прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів. Запропоновано модель на основі ансамблю дерев рішень, сформованого методом Random Forest. Модель апробовано під час експериментального дослідження та порівняно з методом опорних векторів та окремими деревами рішень. Отримані результати продемонстрували покращення точності прогнозування за застосування запропонованої моделі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: дизайнер-модельєр, прогнозування, дерева рішень, штучний інтелект.

I. Вступ

Дизайнери-модельєри представляють творчий напрямок діяльності, а тому застосування інформаційних технологій для цієї сфери потребує врахування індивідуального підходу і до навчання. Сам процес навчання може реалізовуватись таким чином, що його структура враховує особливості кожного учня. Окрім того самі вчителі повинні добре розуміти за такого варіанту роботи, яким саме учням їм слід приділити увагу в такому форматі. Адже індивідуальний підхід потребує додаткового часу, надання окремих матеріалів, врахування особливостей учнів.

Коли створюється програмна платформа для такого навчання, то вона має цілий ряд особливих потреб. Вони пов'язані з тим, що кількість бажаючих подати заявку на навчання

може бути великою. Застосувати індивідуальний підхід до кожного заявника тоді неможливо. Відповідно потрібно обирати ті заявки, яким вчитель зможе приділити увагу. Логічним є те, щоб серед таких заявок обирати тих майбутніх дизайнерів-модельєрів, яким таке навчання принесе найбільшу користь. Тоді і учень отримає найбільшу користь, і вчитель отримає найкращий зворотній зв'язок.

Якщо після кожного навчання майбутні дизайнери-модельєри проходять оцінювання своїх вмінь, то цей вплив на учня буде виражатись в тому, як змінився оцінений рівень вмінь дизайнера-модельєра після вивчення відповідного курсу. Ця зміна рівня вмінь характеризує досягнутий рівень за результатами навчання. Він може збільшитись або зменшитись.

Тому в даній роботі необхідно було створити модель на основі засобів машинного навчання для прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів.

II. Модель прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів

Модель прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів повинна встановлювати зв'язок між вихідною ознакою та вхідними.

Вихідною ознакою є зміна рівня знань дизайнера-модельєра за результатами вивчення певного курсу. Оскільки відбувається прогнозування, то це той рівень знань, якого досягне дизайнер-модельєр після навчання.

У той же час вхідний набір ознак може бути різним. У даній роботі зокрема простір вхідних ознак враховував структуру вибірки даних [1], на основі якої відбувалось експериментальне дослідження, а тому включав як ознаки:

- середній загальний рівень знань та вмінь дизайнера-модельєра після вивчення попередніх курсів на платформі;
- середній рівень цифрових компетентностей дизайнера-модельєра після вивчення попередніх курсів на платформі;
- середній рівень підприємницьких вмінь дизайнера-модельєра після вивчення попередніх курсів на платформі;
- середній рівень вміння розв'язувати комплексні проблеми дизайнера-модельєра після вивчення попередніх курсів на платформі;
- середній рівень креативних здібностей дизайнера-модельєра після вивчення попередніх курсів на платформі;
- середній рівень комунікаційних здібностей дизайнера-модельєра після вивчення попередніх курсів на платформі;
- середній рівень залученості дизайнера-модельєра до навчання після вивчення попередніх курсів на платформі.

Для формування самої моделі прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів, яка повинна визначити зв'язок між вказаною вихідною та вказаними вхідними ознаками, було запропоновано використати модель, створену на основі методу Random Forest [2].

Значення за всіма ознаками повинні пройти нормалізацію перед формуванням вибірки даних. Під нормалізацією розуміється зведення результатів до інтервалу від -1 до 1. Такий інтервал пояснюється тим, що рівень знань та вмінь дизайнера-модельєра може і знизитись після вивчення певного курсу. Це може характеризувати ситуацію, коли в різних випадках отриманий рівень знань та вмінь коливається, однак для точності отриманих прогнозів вирішено не зводити інтервал до проміжку від 0 до 1.

З вибірки даних мають бути вилучені записи з пропущеними значеннями ознак, будь-які варіанти дублювання.

III. Експериментальне дослідження прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів

Експериментальне дослідження проводилось на основі вибірки даних [1].

Порівняння під час експериментального дослідження проводилось для запропонованого методу на основі ансамблю дерев рівень з використанням методу Random Forest, для окремих дерев рішень та для методу опорних векторів як базової альтернативи.

Ансамбль дерев рішень складався зі 100 дерев. Уся вибірка даних була розподілена на навчальну та тестову у співвідношенні 70 до 30.

Результати експериментального дослідження прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів за показником середньої абсолютної похибки приведені в Табл. 1.

Таблиця 1

Результати експериментального дослідження прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів за показником середньої абсолютної похибки

Модель	Середня абсолютна похибка
Дерево рішень	0,00357646
Метод опорних векторів	0,00572777
Random Forest	0,00235198

Отримані результати демонструють, що метод Random Forest призвів до створення моделі, яка за середньою абсолютною похибкою перевищує результат методу опорних векторів на більше ніж 58 %, а окремого дерева рішень на 34 %. У свою чергу дерево рішень перевищило точність методу опорних векторів на 37,5 %.

Результати експериментального дослідження прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів за показником середньоквадратичної похибки приведені в Табл. 2.

Таблиця 2

Результати експериментального дослідження прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів за показником середньоквадратичної похибки

Модель	Середньоквадратична похибка
Дерево рішень	0,00002006
Метод опорних векторів	0,0000461
Random Forest	0,00000869

Показник середньоквадратичної похибки встановив найвищу точність прогнозування також у моделі на основі Random Forest. Вона перевищує метод опорних векторів на 81 %, а дерево рішень перевищує його тільки на 56 %.

Результати експериментального дослідження прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів за показником кореневого середньоквадратичного відхилення приведені в Табл. 3.

Таблиця 3

Результати експериментального дослідження прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів за показником кореневого середньоквадратичного відхилення

Модель	Кореневе середньоквадратичне відхилення
Дерево рішень	0,00447873
Метод опорних векторів	0,00678967
Random Forest	0,00294896

Кореневе середньоквадратичне відхилення призвело до отримання найменшого значення у моделі на основі методу Random Forest. Це значення на 56,5 % краще ніж у методу опорних векторів, результат якого дерево рішень перевищило тільки на 34 %.

Тож це вказує на можливість практичного застосування запропонованої моделі, але також і на те, що використання більшої кількості дерев рішень у ансамблі дійсно є виправданим рішенням.

IV. Висновки

Розглянута у роботі задача прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів була розв'язана з застосуванням підходу, який дозволяє обирати заявки на вивчення курсів на основі виконаного прогнозування впливу навчання на конкретного учня. Для цього було

запропоновано створити модель на основі результатів машинного навчання з застосуванням ансамблю дерев рішень методом Random Forest.

Запропоновану модель було перевірено з використанням вибірки даних та порівняно з індивідуальними деревами рішень та методом опорних векторів. Проведене порівняння на основі середньої абсолютної похибки, середньоквадратичної похибки, кореневого середньоквадратичного відхилення вказало на підвищення точності порівняно з альтернативними рішеннями у запропонованій моделі за всіма 3 показниками. Середня абсолютна похибка моделі прогнозування результатів навчання дизайнерів-модельєрів на основі методу Random Forest складає 0,00235198.

Запропонована модель може застосовуватись на практиці.

V. Список використаних джерел

- [1] Professional Talent in Fashion Design. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/zara2099/professional-talent-in-fashion-design>.
- [2] X. Wei, Y. Xu, X. Li, G. Fan, X. Cheng, T. Yu, B. Jiang, "Study on prediction model of nitrogen oxide concentration in reprocessing plant based on random forest," *International Journal of Advanced Nuclear Reactor Design and Technology*, 7 (2), p. 63-69, 2025.

INTELLIGENT TOOLS FOR FORECASTING LEARNING RESULTS OF FASHION DESIGNERS

Lavrenchuk Stepan, Lovkin Valerii

ABSTRACT. The problem of forecasting the learning results of fashion designers is considered in the paper. A model based on an ensemble of decision trees formed by the Random Forest method is proposed. The model was tested during an experimental study and compared with the support vector method and separate decision trees. The obtained results demonstrated an improvement in prediction accuracy when using the proposed model.

KEYWORDS: fashion designer, forecasting, decision trees, artificial intelligence.

ПОДОЛАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ТРИВОЖНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЗАСОБАМИ ІІІ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Литвинова Світлана¹

¹Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна
E-mail: s.h.lytvynova@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У статті досліджено проблему освітньої тривожності старшокласників в умовах зростання когнітивного навантаження та цифровізації освіти. Обґрунтовано доцільність використання штучного інтелекту як інструменту емоційної стабілізації освітнього процесу. Розкрито потенціал генеративних моделей для створення персоналізованого візуального супроводу навчання на основі метафоричних сюжетів і антропоморфних образів. Запропоновано наративний підхід (Storybook) до трансформації деструктивної тривожності у дослідницьку цікавість через візуалізацію складних абстрактних понять. Описано дидактичні сценарії інтеграції ІІІ на різних етапах навчання (актуалізація, самостійна робота, рефлексія, самоконтроль). Визначено переваги (персоналізація, анонімність, зниження когнітивного навантаження) та обмеження використання ІІІ в освітньому процесі. Доведено, що впровадження моделей типу безпечного інтелектуального помічника сприяє формуванню психологічної стійкості, цифрової компетентності та інклюзивного освітнього середовища.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: освітня тривожність, штучний інтелект, наратив, цифрова освіта, старшокласники.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку середньої освіти характеризується стрімким зростанням когнітивного навантаження на учнів старшої школи, що зумовлено як об'єктивним ускладненням навчальних програм у галузі природничо-математичних наук, так і динамічною цифровізацією освітнього процесу. У цьому контексті особливої гостроти набуває проблема навчальної тривожності, яка виникає під час опанування фундаментальних, абстрактних або

технологічно складних тем. Феномен «когнітивного ступору» перед складністю матеріалу перестає бути суто психологічною проблемою і перетворюється на вагому перешкоду для здобуття якісної освіти, оскільки високий рівень стресу блокує пам'ять учня та унеможливорює ефективне засвоєння навчального матеріалу.

Традиційні методи подолання навчальних труднощів часто ігнорують емоційну складову процесу пізнання, зосереджуючись виключно на дидактичному спрощенні освітнього контенту. Проте для учнів підліткового віку критично важливим є не лише раціональне пояснення, а й створення відчуття психологічної безпеки в момент інтелектуального пошуку. Виникає потреба у пошуку нових, підходів, які б поєднували можливості штучного інтелекту, теорію візуальних метафор та принципи інклюзивного дизайну навчальних матеріалів з метою зниження тривожності.

У цьому контексті ми розглядаємо тривожність як процес трансформації освітньої тривожності старшокласників у дослідницьку цікавість.

Антропоморфні образи – це представлення тварин, природних явищ, неживих предметів або абстрактних понять у вигляді людини або з наділенням їх людськими якостями [6].

Візуальні метафори – це передача змісту одного об'єкта через образ іншого на основі їхньої схожості; спосіб сказати про щось складне або абстрактне, не використовуючи слів, а лише через зображення [6].

Інклюзивний дизайн – це підхід до проєктування, який враховує потреби якомога більшої кількості людей, незалежно від їхнього віку, стану здоров'я чи обставин [6].

Використання генеративних моделей для створення персоналізованого візуального супроводу (зокрема, через систему антропоморфних образів та метафоричних сюжетів) закладає підґрунтя для толерантного ставлення до невдач. Коли складне наукове поняття інтегрується у зрозумілий візуальний наратив, учень перестає сприймати навчальну задачу як зовнішню загрозу. Натомість формується стійкий емоційний зв'язок із предметом вивчення, що дозволяє трансформувати деструктивну тривожність у конструктивну дослідницьку цікавість. Таким чином, розробка методичних рекомендацій щодо використання ШІ-інструментів для емоційної стабілізації освітнього процесу є стратегічно важливим завданням для реалізації концепції Нової української школи та підвищення цифрової стійкості учасників освітнього процесу в умовах сучасних викликів.

II. Аналіз наукових джерел

Аналіз наукового дискурсу останніх років дозволяє констатувати зміну парадигми у сприйнятті ролі технологій: від суто інструментальної до емоційно-підтримуючої. Зокрема, у дослідженнях Й. Ванга та ін. [5] розглядається феномен ШІ-тривожності та пропонуються стратегії формування позитивного емоційного фону через контрольовану взаємодію з нейромережами. Питання трансформації сприйняття складних тем досліджують Е. Каснеці та співавтори [2], доводячи, що зміна ролі ШІ з екзаменатора на інтелектуального помічника радикально знижує стрес та сприяє інклюзивності навчання.

Робота Г. Й. Хванга та Ю. Ф. Ту [1] обґрунтовує, що ШІ-симуляції найкраще функціонують як інструменти тимчасової підтримки (scaffolding). Коли ми візуалізуємо невидимі процеси, тривожність знижується, оскільки абстрактні концепції перетворюються на зрозумілі візуальні образи. Це підкріплюється висновками Ф. Оуянга та ін. [3], які підтверджують, що ШІ-підтримка ефективно мінімізує інтелектуальне заціпеніння перед складними STEM-завданнями.

Дослідження Е. Каснеці та Й. Ванга підтверджують, що впровадження генеративного ШІ викликає у підлітків специфічний стан тривожності, пов'язаний із когнітивним перевантаженням та необхідністю опановувати складні інтерфейси одночасно з предметним матеріалом [2], [5]. С. Скулмовські та К. М. Сю [4], а також О. І. Ляшенко [7] акцентують увагу на тому, що цифрова трансформація освіти має бути безпечною, а когнітивне навантаження в мультимедійному середовищі керованим.

Особливу увагу варто приділити концепції візуального дизайну в навчанні. С. Скулмовські та К. М. Сю [4] довели, що стилізовані, менш реалістичні, але функціонально чіткі ілюстрації

мають вищий когнітивний та терапевтичний ефект порівняно з перевантаженими деталями та схемами. Соціальний аспект безпечного навчання висвітлено у працях, що аналізують ШІ-середовище як простір, де мінімізується страх соціального оцінювання через можливість анонімною та безпечною помилки [2].

На вітчизняному ґрунті ці ідеї концептуалізує О. І. Ляшенко [7], наголошуючи на пріоритетності створення психологічно стійкого та цифрового безпечного освітнього середовища як фундаментальної передумови якості сучасної освіти в умовах невизначеності

III. Основна частина

Впровадження штучного інтелекту в освітній процес старшої школи дозволяє трансформувати роль технологій із джерела додаткового стресу на активний інструмент психологічного розвантаження. У контексті подолання навчальної тривожності ШІ ефективно реалізує функцію як інтелектуального помічника, так і безпечного репетитора, створюючи персоналізоване середовище, де інтелектуальний виклик не загрожує самооцінці учня.

Першочерговою *перевагою* ШІ є персоналізація складності через адаптивне перефразування. На відміну від друковано підручника, ШІ-асистент здатен деконструювати складні наукові концепти (наприклад, інтегрування за частинами чи механізми генетичної рекомбінації), адаптуючи тезаурус під індивідуальний рівень попередніх знань учня. Це дозволяє уникнути стану інтелектуального безсилля, який є головним тригером тривоги.

Ключовим інструментом емоційної підтримки виступає генерація візуальних зображень. Використання генеративних моделей (Midjourney, DALL-E 3) для створення метафоричних сюжетів – як-от запропонована візуалізація формул за допомогою антропоморфних героїв, що дозволяє унаочнити абстрактні процеси. Пастельна кольорова гама діє як психологічний якір, переносючи складну тему з категорії ворожого об'єкта у площину безпечного наративу, що значно знижує візуальний шум для стабілізації емоцій.

Додатковим чинником стабілізації є анонімність та емоційна нейтральність ШІ. Можливість багаторазового тестування та отримання миттєвого зворотного зв'язку без страху соціального осуду чи зниження підсумкової оцінки радикально знижує рівень стресу. Окрім того, сучасні LLM-моделі (великі мовні моделі) здатні здійснювати превентивний емоційний моніторинг, аналізуючи семантику запитів учня, ШІ може ідентифікувати ознаки розчарування та пропонувати когнітивні паузи або вправи для регуляції дихання, що повертає учня у стан операційної готовності.

Попри значний потенціал, використання ШІ має *низку обмежень*, які необхідно враховувати при проектуванні методики:

- надмірна спрощеність пояснень може призвести до атрофії навичок самостійного критичного аналізу складних текстів, тому ШІ має пропонувати декілька рівнів складності, спонукаючи до переходу на складніші тексти;
- генерація неточної інформації (особливо у STEM-дисциплінах) може створити помилкове відчуття розуміння, що згодом призведе до ще більшої тривожності під час реального оцінювання;
- заміна взаємодії з педагогом на спілкування з ШІ може послабити соціальні навички подолання труднощів, які формуються у груповій динаміці;
- збір інформації про емоційний стан учнів потребує жорсткого дотримання протоколів конфіденційності, щоб уникнути маніпуляцій чи психологічного тиску.

Отже, ШІ – це не заміна вчителя, а надійний інтелектуальний помічник, який допомагає зробити перші кроки у складній темі та заспокоює, коли виникають прояви тривожності.

Для підлітків вибір м'якої естетики (акварельні тони, тепла пастель, антропоморфні герої) замість сухих технічних схем має глибоке когнітивне та психологічне підґрунтя.

Стилізовані ілюстрації виділяють головне, дозволяючи учню зосередитися на суті концепту, а не на опрацюванні зайвих деталей.

Реалістичні схеми сприймаються підлітком як екзаменаційний контент, що асоціюється з оцінюванням та потенційним провалом. Натомість м'яка естетика діє як психологічний якір,

що переносить складну тему з категорії зовнішньої загрози у площину безпечного наративу. Це знімає тривогу та запобігає стану, коли учень просто не може думати через стрес.

Використання антропоморфних образів (наприклад, вчитель-сова) перетворює процес вивчення STEM-дисциплін на казковий сюжет. В межах такого сюжету помилка перестає бути катастрофою, що закриває шлях до успіху, а стає частиною пригоди або ігровою ітерацією.

Нижче наведено узагальнену таблицю підходів до подолання тривожності у старшокласників. У межах дослідження застосовано Storybook – інтегрований формат візуальних наративів, де генеративна модель Gemini виступає інструментом розробки сюжетних ліній та візуалізації психологічних метафор (табл. 1-2).

У таблиці використано метафори та м'яку естетику як інструмент емоційного розвантаження, що забезпечуючи психологічний комфорт під час навчання.

Розглянемо підходи інтеграції ШІ-інструментів в освітній процес для емоційної підтримки учнів. Вчитель може інтегрувати ШІ (наприклад, моделі LLM для генерації тексту та ШІ-генератори графічного контенту для створення Storybook) на різних етапах уроку, залежно від дидактичної мети та необхідного рівня психологічної підтримки учнів.

Таблиця 1

Наративний підхід подолання освітньої тривожності у старшокласників

№	Вид тривожності	Психологічний прояв	Візуалізація (зображення) для подолання тривожності
1	Публічний виступ	Соціальна тривога, страх втратити авторитет перед класом, публічного осуду, відчуття, що всі дивляться лише на твої недоліки	Формуємо успіх. Підліток у худі впевнено виступає з ліхтарем-ідеєю перед класом [на тему]. Неонове світло розганяє тіні.
2	Білий аркуш	Параліч перед складністю іспитів (НМТ) та творчих завдань	Формуємо впевненість. Учень перед порожнім цифровим екраном. ШІ дає ідею [про]. Учень впевнено працює з матеріалом, швидко фіксує нові ідеї
3	Помилка	Страх, що одна помилка закрий шлях до успішного майбутнього	Формуємо силу духу. Підліток виправляє складний код на планшеті. ШІ показує, що помилка – це частина відкриття. Робота стає цікавою
4	Знаннєвий хаос	Інтелектуальне заціпеніння через надмірну складність теми	Формуємо розуміння. Підліток у тумані з формул та даних. Вчитель-сова дає ШІ-компас [для теми]. Туман розсіюється, шлях стає чітким та логічним.
5	Соціальне порівняння	Тривога через успіхи інших; відчуття «я гірший за всіх»	Формуємо радість самовираження. Підліток знаходить свій унікальний шлях у неоновому лісі даних. ШІ підсвічує його особисті таланти [у розкритті теми].
6	Страх розчарувати	Тиск відповідальності перед батьками за результати навчання	Формуємо спокій. Підліток показує батькам свій шлях, а не лише оцінку. Вчитель-сова (антропоморфний ШІ-образ) поруч. Тіні тануть у теплих обіймах.
7	Невідоме майбутнє	Криза вибору професії та життєвого шляху	Формування рішучості. Підліток на роздоріжжі з неоновими знаками. ШІ допомагає проаналізувати варіанти. Учень обирає свій промінь світла.

Етап актуалізації опорних знань (колективна робота в класі). Використання ШІ для спільного створення візуального метафоричного сюжету. Вчитель демонструє складне абстрактне поняття (наприклад, інтегрування), а учні за допомогою ШІ-генератора пропонують асоціативні образи для його візуалізації. Такий підхід нівелює первинний «когнітивний ступор» перед складністю теми, знімає страх перед невідомим та трансформує тривожність у конструктивну дослідницьку цікавість.

Етап самостійної роботи та подолання «синдрому білого аркуша» (індивідуальна робота). Використання ШІ як інтелектуального помічника. У ситуації, коли учень відчуває інтелектуальне безсилля перед творчим завданням чи розв'язанням задачі, він звертається до

III за ідеєю або деталізацією складної теми відповідно до віку і рівня попередніх знань. Це забезпечує миттєву інтелектуальну підтримку, що запобігає емоційному виснаженню та зниженню продуктивності навчання.

Таблиця 2

Приклади наративів для подолання освітньої тривожності у старшокласників

№	Вид тривожності та психологічний прояв	Текстовий промпт для LLM	Візуальний промпт для Storybook
1	Публічний виступ (Соціальна тривога, страх осуду)	«Я маю виступити перед класом. Стань моїм когнітивним партнером: допоможи перетворити мій страх на "ліхтар-ідею". Запропонуй 3 фрази, щоб впевнено почати виступ»	<i>Watercolor illustration, warm pastel colors. A teenager in a hoodie stands confidently on a stage, holding a glowing neon lantern. Soft atmosphere</i>
2	Білий аркуш (Параліч перед іспитами НМТ чи творами)	«Мені потрібно почати завдання, але я відчуваю ступор. Дай мені 3 несподівані асоціації або метафори до теми [тема], щоб подолати синдром білого аркуша»	<i>Stylized illustration, soft aesthetic. A student sits before a blank digital screen. A friendly AI light sparks an idea. The screen starts to glow with knowledge symbols</i>
3	Помилка (Страх за майбутнє через невдачу)	«Я помилився у [завдання]. Поясни, чому це важлива частина мого відкриття. Спілкуйся зі мною як мудрий Вчитель-сова, щоб звільнитися від страху перед помилкою»	<i>Warm pastel tones. A teenager is fixing a complex code on a tablet. An anthropomorphic Teacher-Owl points to a "glitch" that turns into a beautiful crystal</i>
4	Знаннєвий хаос (Когнітивний ступор перед складністю)	«Я не розумію тему [тема]. Деконструй цей концепт, адаптуючи тезаурус під мій рівень знань. Поясни його через метафору подорожі»	<i>A teenager lost in a fog made of formulas. An anthropomorphic Teacher-Owl hands over a glowing "AI-compass". The fog starts to clear, revealing a logical path</i>
5	Соціальне порівняння (Відчуття «я гірший за всіх»)	«Я бачу успіхи інших і відчуваю меншовартість. Допоможи проаналізувати мій унікальний шлях у вивченні [теми] та підсвіти мої особисті таланти»	<i>Neon forest of data, soft lighting. A teenager finds their own unique glowing trail among many others. The AI light highlights the individual's unique steps.</i>
6	Страх розчарувати (Тиск відповідальності перед батьками)	«Я боюся розчарувати батьків оцінкою. Допоможи сформулювати розповідь про мій прогрес і зусилля, щоб змістити фокус із цифри на шлях навчання»	<i>A teenager showing a map of their learning journey to parents. A protective Teacher-Owl stands nearby. Shadows of pressure melt into warm golden hugs.</i>
7	Невідоме майбутнє (Криза вибору професії)	«Я на роздоріжжі щодо вибору професії. Проаналізуй мої інтереси та допоможи побачити варіанти як промені світла, що ведуть до успіху»	<i>A teenager standing at a crossroad with glowing neon signs. The AI helps filter the options. The student chooses their own beam of light. Encouraging atmosphere.</i>

Етап виконання домашнього завдання та рефлексії. Розробка персональної мапи знань за допомогою Storybook. Учням пропонується рефлексувати над вивченою темою, створюючи серію візуальних сцен, де вони виступають героями, що долають «знаннєвий хаос» за допомогою III-компаса. Використання м'якої естетики та метафоричних сюжетів дозволяє перенести складну тему у площину безпечного наративу, що закріплює матеріал через персоналізацію та стійкий емоційний зв'язок.

Етап підсумкового самоконтролю. Застосування III для емоційного моніторингу та анонімного зворотного зв'язку. Можливість багаторазового самотестування в безпечному цифровому середовищі без страху соціального осуду чи академічних санкцій дозволяє учню об'єктивно оцінити власний прогрес. Це суттєво знижує рівень стресу перед реальним оцінюванням, підвищуючи загальну цифрову стійкість старшокласника.

IV. Висновки

Застосування штучного інтелекту як інструменту емоційної стабілізації дозволяє трансформувати роль технологій в освітньому процесі: від джерела потенційного стресу до

активного засобу психологічного розвантаження. Впровадження візуальних наративів Storybook забезпечує м'яке входження підлітка у складні теми, допомагає сприймати помилки без сорому та запобігає когнітивному ступору.

Запропонована методика повністю відповідає стратегічним вимогам Нової української школи (НУШ), зокрема в таких аспектах, як: формування цифрової компетентності учнів, розвиток психологічної стійкості та реалізація інклюзивного та особистісно орієнтованого підходу, зокрема:

- учні опановують навички свідомої та етичної взаємодії з генеративними моделями ШІ, переходячи від пасивного споживання контенту до активного моделювання власних навчальних стратегій;
- завдяки використанню візуальних метафор та анонімного зворотного зв'язку ШІ допомагає учням регулювати рівень навчальної тривожності, формуючи здатність долати інтелектуальні виклики без втрати самооцінки;
- адаптивне перефразування та персоналізація візуальних даних дозволяють підлаштувати складність матеріалу під індивідуальні особливості та рівень попередніх знань кожного учня, що є ключовим для створення безпечного освітнього середовища.

Зауважимо, що впровадження методики подолання тривожності з використанням ШІ потребує підвищення цифрової компетентності педагога.

Таким чином, інтеграція ШІ-інструментів у навчання старшокласників є стратегічно важливим кроком для підвищення якості вітчизняної освіти та підготовки цифрового покоління до життєдіяльності в умовах сучасних викликів і невизначеності.

V. Список використаних джерел

- [1] G. J. Hwang and Y. F. Tu, "Roles and research trends of generative AI in STEM education: A systematic review," *J. Sci. Educ. Technol.*, 2024. doi: 10.1007/s10956-024-10112-y.
- [2] E. Kasneci *et al.*, "ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education," *Learn. Individ. Differ.*, vol. 103, p. 102274, 2023. doi: 10.1016/j.lindif.2023.102274.
- [3] F. Ouyang, L. Zheng, P. Jiao, and X. Lu, "The impact of AI-supported scaffolding on students' problem-solving and anxiety in STEM," *Comput. Educ.*, vol. 210, p. 104968, 2024. doi: 10.1016/j.compedu.2023.104968.
- [4] S. Skulmowski and K. M. Xu, "Understanding cognitive load in digital and online learning environments: Past, present, and future," *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 34, no. 3, pp. 1457–1495, 2022. doi: 10.1007/s10648-022-09664-w.
- [5] Y. Wang, Y. Zhao, J. Zhang, Y. Qin, and Z. Li, "Artificial intelligence anxiety in higher education: Scale development and validation," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 28, pp. 15957–15979, 2023. doi: 10.1007/s10639-023-11634-4.
- [6] K. Elzas, Ed., *Encyclopedia of Design: Concepts, Terms, Methods*. New York, NY, USA: Princeton Architectural Press, 2021.
- [7] O. I. Liashenko, "Digital Transformation of Education: Security and Sustainability," *Visn. Nac. Akad. Ped. Nauk Ukr.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–10, 2023. doi: 10.37436/2308-5274-2023-2-1.

OVERCOMING EDUCATIONAL ANXIETY IN SENIOR GRADE STUDENTS USING AI AND VISUALIZATION

Lytvynova Svitlana

ABSTRACT. ABSTRACT. The paper investigates the problem of academic anxiety among high school students in the context of increasing cognitive load and digitalization of education. The study substantiates the use of artificial intelligence as a tool for emotional stabilization in the learning process. The potential of generative models for creating personalized visual learning support based on metaphorical narratives and anthropomorphic representations is revealed. A narrative (Storybook) approach is proposed to transform destructive anxiety into exploratory curiosity through the visualization of complex abstract concepts. The paper describes instructional scenarios for integrating AI at different stages of learning (activation, independent work, reflection, and self-assessment). The advantages (personalization, anonymity, cognitive load reduction) and limitations of AI use in education are identified. It has been demonstrated that the implementation of safe intelligent assistant-type models contributes to the development of psychological resilience, digital competence, and an inclusive educational environment.

KEYWORDS: educational anxiety, artificial intelligence, narrative, digital education, high school students.

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Лучко Юлія¹

¹Відокремлений структурний підрозділ закладу вищої освіти
«Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»
Хмельницький інститут соціальних технологій, Хмельницький, Україна
yuliya.luchkov@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено роль адаптивних платформ із ШІ у персоналізації навчання. Визначено вплив інтелектуальних систем на індивідуальні траєкторії та мотивацію здобувачів. Окреслено перспективи трансформації ролі викладача та впровадження формативного оцінювання в цифрову освіту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, адаптивні платформи, персоналізація навчання, освітні траєкторії, цифрова трансформація освіти.

I. Вступ

Сучасна парадигма цифрової трансформації освіти вимагає переходу від уніфікованих методів навчання до гнучких моделей, що здатні враховувати індивідуальні інтелектуальні запити та психофізіологічні особливості кожного здобувача. У цьому контексті особливої ваги набувають адаптивні платформи на базі штучного інтелекту, які виступають не просто інструментами автоматизації, а інтелектуальними асистентами, здатними в реальному часі коригувати складність, темп та зміст навчального контенту. Як зазначає С. Семеріков [1], інтеграція інтелектуальних систем в освітній простір дозволяє подолати кризу «усередненого навчання», забезпечуючи динамічне керування когнітивним навантаженням здобувача освіти. Це підтверджується і в дослідженнях В. Бикова [2], де наголошується, що використання адаптивних алгоритмів сприяє створенню високотехнологічного освітнього середовища, у якому персоналізація стає не лише метою, а й фундаментальним принципом взаємодії між суб'єктами навчання.

Ефективність персоналізованих освітніх траєкторій безпосередньо залежить від здатності ШІ-платформ аналізувати великі масиви даних про прогрес здобувача освіти, виявляти прогалини в знаннях та прогнозувати подальші результати. О. Пінчук та О. Слободяник [3] акцентують увагу на тому, що адаптивність у хмарно-орієнтованих системах навчання стає критичним фактором підтримки мотивації здобувачів, оскільки дозволяє мінімізувати стресові ситуації, пов'язані з невідповідністю рівня завдань наявним компетенціям. Подальший розвиток цієї галузі, на думку М. Козяра та Н. Гірної [4], пов'язаний із глибшим зануренням у нейромережеві моделі, які здатні ідентифікувати емоційний стан користувача під час виконання завдань, що виводить процес індивідуалізації на рівень психологічного супроводу навчання.

Актуальність дослідження ролі таких платформ зумовлена також необхідністю швидкої адаптації системи освіти України до умов кризового та повоєнного періодів, коли цифрові рішення стають основою забезпечення безперервності навчання. Розглядаючи перспективи впровадження інтелектуальних агентів, Л. Панченко [5] підкреслює, що адаптивні системи формують нову культуру академічної свободи, де здобувач освіти стає активним архітектором власного розвитку. Таким чином, аналіз сучасного досвіду використання штучного інтелекту в освіті дозволяє не лише окреслити переваги технології, а й сформувати методологічну базу для системної трансформації української вищої та середньої школи в умовах глобальної цифровізації.

II. Основна частина

Функціонування адаптивних платформ ґрунтується на циклічному зборі та обробці цифрових слідів того, хто навчається, що дозволяє системі миттєво реагувати на рівень засвоєння матеріалу. На відміну від статичних систем управління навчанням (LMS), інтелектуальні платформи використовують алгоритми машинного навчання для ідентифікації індивідуального стилю пізнання та когнітивних бар'єрів. Як підкреслює О. Коновал [6], ключовим елементом такої системи є «модель здобувача освіти», яка динамічно оновлюється на основі часу виконання завдань, кількості помилок та навіть патернів мислення при розв'язанні задач. Це створює умови для реалізації концепції «навчання в зоні найближчого

розвитку», де штучний інтелект виступає фасилітатором, що підтримує оптимальний рівень складності без ризику демотивації через занадто легкі або надмірно складні завдання.

Важливим аспектом персоналізації є автоматизований зворотний зв'язок, який у системах на базі ШІ стає персоналізованим та контекстуальним. В. Кухаренко та С. Березенська [7] зазначають, що адаптивні платформи дозволяють реалізувати мікронавчання (micro-learning), пропонуючи студенту саме ті фрагменти знань, яких йому не вистачає для розуміння цілісної концепції. Це докорінно змінює структуру освітнього контенту: замість лінійного підручника здобувач взаємодіє з графом знань, де кожен вузол адаптується під його актуальні потреби. Такий підхід забезпечує високу ефективність у засвоєнні складних технічних та природничих дисциплін, де послідовність опанування компетенцій є критично важливою.

Питання інтеграції адаптивних платформ у вітчизняний освітній простір розглядається науковцями не лише в контексті технологій, а й через призму академічних результатів. Дослідження Т. Вакалюк [8] вказують на те, що використання ШІ-інструментів підвищує рівень автономності здобувачів освіти, оскільки вони отримують можливість працювати у власному темпі незалежно від загальної групи. Водночас виникає потреба у нових методах оцінювання, адже стандартні тести не здатні повною мірою відобразити глибину персоналізованого прогресу. ШІ штучний інтелект дозволяє перейти до формативного оцінювання, де оцінюється не лише кінцевий результат, а й траєкторія подолання труднощів у процесі навчання.

Перспективи подальшого розвитку адаптивних систем пов'язані з використанням мультимодальних моделей, здатних аналізувати не тільки текстові відповіді, а й відео- та аудіосигнали для оцінки залученості здобувача. Як прогнозує Ю. Триус [9], у найближчі роки відбудеться конвергенція адаптивних платформ із технологіями віртуальної та доповненої реальності, що дозволить створювати персоналізовані симуляційні середовища. Це особливо актуально для професійної освіти, де відпрацювання практичних навичок вимагає високої точності та індивідуального підходу. Таким чином, роль ШІ еволюціонує від допоміжної функції до фундаменту, на якому будується сучасна екосистема неперервної персоналізованої освіти.

Технологічна архітектура сучасних адаптивних платформ базується на взаємодії трьох ключових компонентів: моделі предметної області, моделі здобувача освіти та моделі навчання. Модель предметної області структурує знання у вигляді семантичної мережі або графа, де кожен вузол відповідає певній концепції чи навичці. Як зазначає А. Козлов [10], використання графових моделей дозволяє алгоритмам ШІ визначати не лише поточний рівень знань, а й приховані дефіцити в базових компетенціях, які заважають подальшому прогресу. Такий глибокий аналіз забезпечує високу точність рекомендацій, спрямовуючи здобувача саме до тих навчальних ресурсів, які є найбільш релевантними в конкретний момент часу.

Окремим вагомим вектором розвитку є інтеграція генеративного штучного інтелекту в адаптивні середовища. Сучасні великі мовні моделі (LLM) дозволяють створювати персоналізовані пояснення та допоміжні матеріали, адаптовані під інтереси та попередній досвід користувача. Дослідження О. Бахрушина [11] демонструють, що використання ШІ як персонального тьютора, здатного вести діалог природною мовою, значно знижує бар'єр входу у складні міждисциплінарні теми. Однак це ставить перед розробниками нові виклики щодо контролю за достовірністю генерованого контенту та запобігання «галюцинаціям» ШІ в освітньому контексті.

Важливою перевагою адаптивних платформ є їх здатність до інклюзивного масштабування. У традиційній аудиторній системі викладач обмежений часом та кількістю здобувачів освіти, що унеможливорює повноцінну індивідуальну роботу з кожним. Натомість інтелектуальні системи забезпечують масштабовану персоналізацію, надаючи підтримку тисячам користувачів одночасно. Згідно з висновками С. Литвиної [812], такий підхід є критично важливим для реалізації концепції демократизації освіти, де доступ до якісного адаптивного навчання перестає залежати від престижності закладу чи місця проживання здобувача.

Попри очевидні переваги, процес впровадження адаптивних систем в Україні стикається з певними труднощами. Передусім це стосується готовності наявної цифрової інфраструктури

та потреби в уніфікації стандартів освітніх даних. Крім того, існує психологічний аспект: зміна звичної моделі контролю на модель керованої автономії потребує часу для адаптації як з боку здобувачів освіти, так і з боку викладацького складу. Проте, як підкреслюють сучасні тенденції, саме готовність до такої трансформації визначить стійкість національної системи освіти в епоху Четвертої промислової революції.

III. Висновки

Підсумовуючи проведене дослідження ролі адаптивних платформ на базі штучного інтелекту в персоналізації освітнього процесу, можна зробити такі узагальнюючі висновки.

Впровадження інтелектуальних систем докорінно змінює архітектуру навчання, переходячи від статичної передачі контенту до динамічного управління когнітивним розвитком кожного здобувача. Доведено, що адаптивні алгоритми дозволяють не лише автоматизувати перевірку знань, а й створювати унікальний освітній досвід, що базується на аналізі індивідуального темпу, стилю сприйняття та емоційного стану здобувача освіти. Як засвідчують праці провідних українських науковців, використання ІІІ-платформ мінімізує ризики когнітивного перевантаження та сприяє підвищенню мотивації через підтримку актуальної зони найближчого розвитку. Це підтверджує позицію, що персоналізація є не додатковою функцією, а фундаментальною умовою ефективності сучасної освіти в умовах глобальної цифровізації.

Аналіз сучасного досвіду вказує на те, що ключовою перевагою адаптивних систем є перехід від сумативного до формативного оцінювання. Це дозволяє зосередити увагу на самому процесі подолання навчальних труднощів, а не лише на кінцевому балі. Автономність, яку отримує здобувач освіти у взаємодії з ІІІ-агентами, формує нову культуру академічної відповідальності та сприяє розвитку навичок саморегуляції, що є критично важливим для навчання впродовж усього життя. Водночас виявлено, що успішна інтеграція таких технологій потребує перегляду традиційних методик викладання та підвищення цифрової компетентності викладачів, які трансформують свою роль з контролерів у фасилітаторів навчального процесу.

Подальші наукові розвідки у цьому напрямку мають бути зосереджені на вивченні етичних аспектів використання алгоритмів ІІІ та захисту персональних даних здобувачів. Перспективним є дослідження інтеграції адаптивних платформ із технологіями віртуальної та доповненої реальності для створення гібридних інтелектуальних середовищ. Розв'язання цих питань дозволить створити цілісну методологічну базу для системного впровадження штучного інтелекту в українську вищу школу, забезпечуючи її конкурентоспроможність та відповідність викликам майбутнього.

IV. Список використаних джерел

- [1] S. O. Semerikov, "Transformation of education based on artificial intelligence: challenges and prospects," *Bull. Kryvyi Rih Natl. Univ.*, no. 52, pp. 10–18, 2021.
- [2] V. Yu. Bykov, "Digital transformation of education and pedagogy of digital society," *Inf. Technol. Learn. Tools*, vol. 88, no. 2, pp. 1–15, 2022.
- [3] O. P. Pinchuk and O. V. Slobodanyk, "Using adaptive technologies in a cloud-based learning environment," *Digit. Platf. Inf. Technol. Soc. Cult. Sphere*, vol. 6, no. 1, pp. 88–99, 2023.
- [4] M. M. Koziar and N. V. Hirna, "Adaptive learning technologies in the context of digital transformation of higher education," *Sci. Bull. Uzhhorod Univ. Ser. Pedagog. Soc. Work*, no. 1 (54), pp. 112–117, 2024.
- [5] L. F. Panchenko, "Artificial intelligence in education: from automation to personalization," *Pedagog. Psychol.*, no. 2, pp. 45–53, 2025.
- [6] O. A. Konoval, "Modeling of an individual learning trajectory based on intelligent agents," *Mod. Inf. Technol. Innov. Methods Train. Spec.*, no. 63, pp. 44–52, 2022.
- [7] V. M. Kukharensko and S. M. Berezenska, "Theory and practice of blended learning," *High. Sch.*, no. 4, pp. 67–79, 2023.
- [8] T. A. Vakaliuk, "Development of digital competence of a teacher in terms of using intelligent learning systems," *Prof. Educ. Probl. Perspect.*, vol. 25, pp. 12–20, 2024.
- [9] Yu. V. Tryus, "Artificial intelligence in education: from theory to practical implementation," *Comput. Sch. Fam.*, no. 1, pp. 5–14, 2025.

- [10] S. H. Lytvynova, "Digital transformation of the educational environment: development of human capital," *Herald of the Natl. Acad. of Pedagog. Sciences of Ukraine*, no. 4, pp. 1–12, 2022.
- [11] A. V. Kozlov, "Semantic graph modeling in intelligent learning systems," *Adv. Inf. Syst.*, no. 12, pp. 33–41, 2023.
- [12] O. V. Bakhrushyn, "Generative AI in higher education: opportunities and risks of implementation," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 27, no. 2, pp. 15–28, 2024.

THE ROLE OF AI-POWERED ADAPTIVE PLATFORMS IN THE PROCESS OF EDUCATIONAL PERSONALIZATION

Luchko Yuliia

ABSTRACT. The publication explores the role of AI-powered adaptive platforms in the personalization of learning. The impact of intelligent systems on individual trajectories and student motivation is determined. The prospects for transforming the teacher's role and implementing formative assessment in digital education are outlined.

KEYWORDS: artificial intelligence, adaptive platforms, learning personalization, educational trajectories, digital transformation of education.

ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА ПРОБЛЕМ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТІ

Любименко Олена^{1,2}, Маслоva Наталія^{1,3}, Алтухова Тетяна¹, Штеpa Олександр¹

¹Донецький національний технічний університет, Дрогобич, Україна

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна

³Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

E-mail: olena.liubymenko@donntu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У статті розглянуто що поширення ШІ, адаптивних навчальних систем відкриває можливості для персоналізації навчання. Обґрунтовано, що ризиками є недостовірність результатів, алгоритмічна упередженість, порушення захисту персональних даних, загрози академічній доброчесності, зниження самостійності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, ризики, цифрова нерівність, захист персональних даних, AI-грамотність.

I. Вступ

Стрімкий розвиток штучного інтелекту суттєво змінює освітній простір. Сьогодні штучний інтелект (ШІ) використовується для створення навчальних матеріалів, автоматизованого оцінювання, адаптації освітнього контенту, аналізу освітніх даних, підтримки викладачів і здобувачів освіти [1,2,3]. Водночас міжнародні організації наголошують, що інтеграція ШІ в освіту не може розглядатися лише як технологічне оновлення, оскільки вона безпосередньо зачіпає право на освіту, питання справедливості, захисту приватності, безпеки дітей і педагогічної автономії. UNESCO у 2025 році підкреслює, що майбутнє ШІ в освіті має бути етичним, рівноправним, людиноцентричним і заснованим на правах людини [4, 5].

Актуальність теми зумовлена тим, що впровадження генеративного ШІ випереджає готовність закладів освіти до його методично виваженого та нормативно врегульованого використання. Європейська Комісія прямо вказує на потребу критичного й етичного ставлення до ШІ в навчанні, а OECD наголошує, що розвиток ШІ змушує переосмислювати, які саме знання, уміння й компетентності мають бути пріоритетними в сучасній освіті [5, 6].

Метою статті є систематизація основних ризиків і проблем впровадження штучного інтелекту в освіті та визначення умов його відповідального використання.

II. Основна частина

1. Проблема недостовірності та обмеженої надійності результатів ШІ

Однією з головних проблем застосування ШІ в освіті є недостовірність результатів, які можуть виглядати переконливо, але містити фактичні помилки, вигадані посилання, хибні узагальнення або спрощення. Особливо це стосується генеративних систем, які не завжди

«розуміють» зміст у людському сенсі, а формують відповіді на основі статистичних закономірностей у даних. Через це використання ІІІ без перевірки може призводити до поширення помилкових знань, підміни наукового аналізу правдоподібним, але неточним текстом, а також до викривлення результатів навчальної діяльності. ОЕСД підкреслює, що розвиток ІІІ змінює самі підходи до того, які когнітивні навички варто вважати пріоритетними, а Міністерство освіти США зазначає, що освітня політика має враховувати не лише ефективність, а й потенційні шкоди та ризики надмірної довіри до таких систем [5,6,7].

У контексті освіти ця проблема є особливо чутливою, оскільки учень або студент може не мати достатнього рівня підготовки для критичної перевірки згенерованої відповіді. У результаті зростає ризик засвоєння недостовірної інформації, поверхового розуміння матеріалу та формування хибних уявлень про якість власного навчального результату. Саме тому ІІІ не може розглядатися як автономне джерело істини, а лише як допоміжний інструмент, який потребує педагогічного супроводу та обов'язкової перевірки результатів людиною.

2. Академічна доброчесність і послаблення самостійного мислення

Широке використання генеративного ІІІ породжує серйозні виклики для академічної доброчесності. Інструменти ІІІ можуть створювати есе, відповіді на тестові запитання, програмний код, переклади, анотації та навіть дослідницькі тексти, що ускладнює встановлення реального авторського внеску здобувача освіти. За таких умов традиційні форми контролю, орієнтовані на відтворення тексту або стандартної відповіді, втрачають частину своєї валідності. UNESCO у своїх матеріалах про ІІІ та права на освіту, а також у документах щодо генеративного ІІІ, наголошує на потребі критичного, творчого й етичного використання таких систем [4,5].

Проблема полягає не лише у можливому списуванні, а й у поступовому ослабленні самостійного мислення. Якщо здобувач освіти звикає делегувати ІІІ формулювання аргументів, структурування тексту, добір прикладів і навіть логіку міркування, то формується залежність від зовнішнього інструменту. У такому разі страждають навички аналізу, синтезу, критичної оцінки та рефлексії, які є ключовими для якісної освіти. Це вимагає зміни підходів до оцінювання: більшої уваги до усного захисту, процесуального оцінювання, пояснення логіки виконання завдання, роботи з джерелами та реальних практичних кейсів. Така переорієнтація узгоджується з міжнародними рекомендаціями, що підкреслюють провідну роль людини, а не алгоритму, у навчальному процесі [7,8].

3. Порушення приватності та ризики для персональних даних

Однією з найсерйозніших проблем упровадження ІІІ в освіті є збір, обробка та зберігання великих обсягів персональних даних. Європейська Комісія наголошує, що школи та інші освітні установи опрацьовують значні масиви освітніх даних про учнів, батьків, педагогів, адміністрацію та інших учасників освітнього процесу. За використання ІІІ ці дані можуть застосовуватися для прогнозування, рекомендацій або ухвалення рішень, інколи без безпосереднього людського втручання, що породжує важливі питання щодо захисту даних і приватності.

UNICEF у версії 3.0 свого керівництва щодо ІІІ і дітей серед базових вимог прямо виділяє захист дитячих даних і приватності, безпеку для дітей, прозорість, пояснюваність та підзвітність, а також недискримінаційність і справедливість. Документ наголошує, що держави та організації повинні забезпечити таке регулювання і таку практику використання ІІІ, які повною мірою відповідають правам дитини. Для освіти це означає, що будь-які системи навчальної аналітики, адаптивні платформи, прокторингові інструменти або чат-асистенти мають оцінюватися не лише з погляду зручності, а й з погляду того, які дані вони збирають, кому ці дані передаються, як довго зберігаються та як можуть бути використані в майбутньому [4,9,10].

Отже, упровадження ІІІ без чітких політик конфіденційності та безпечної роботи з даними створює ризик порушення фундаментальних прав здобувачів освіти. Особливо небезпечним це є для неповнолітніх, які не завжди можуть усвідомити наслідки цифрового сліду, що формується під час використання інтелектуальних освітніх платформ.

4. Алгоритмічна упередженість і дискримінаційні наслідки

Іншою суттєвою проблемою є алгоритмічна упередженість. Якщо системи ШІ навчаються на неповних, нерепрезентативних або історично викривлених даних, їхні рішення можуть відтворювати та посилювати вже наявні соціальні нерівності. Для освіти це означає ризики несправедливого оцінювання, хибної класифікації рівня підготовки, упередженого прогнозування успішності або дискримінаційного відбору на освітні програми. Європейський AI Act прямо вказує, що ШІ, який використовується в освіті та професійній підготовці для доступу до освіти, оцінювання результатів навчання, визначення освітнього рівня або моніторингу поведінки під час іспитів, належить до високоризикових систем, оскільки може впливати на освітню та професійну траєкторію людини і порушувати право на освіту та недискримінацію.

UNICEF також серед обов'язкових вимог для дитиноцентричного ШІ називає недискримінаційність і справедливість. Це особливо важливо в освітньому середовищі, де будь-яке систематичне алгоритмічне викривлення здатне впливати на подальші можливості учня чи студента. Таким чином, використання ШІ в оцінюванні або освітній аналітиці без аудиту даних і без належного людського контролю може призвести до прихованих, але системних форм дискримінації.

5. Зниження ролі педагога та проблема надмірної автоматизації

Хоча ШІ часто позиціонується як засіб підтримки викладача, на практиці існує ризик надмірної автоматизації педагогічних рішень. Освітня діяльність не зводиться до передавання інформації, оскільки вона включає мотивацію, виховання, моральну підтримку, інтерпретацію контексту, розуміння особистісних особливостей здобувача освіти та побудову довіри. Міністерство освіти США у своєму звіті про майбутнє викладання і навчання підкреслює, що ШІ в освіті потребує контекстної чутливості, а слабе врахування контексту підвищує ризик того, що технологія не досягне освітніх цілей або навіть завдасть шкоди.

OECD також звертає увагу на те, що необхідно переосмислити, де ШІ може доповнювати людину, а де існує ризик витіснення або підміни людських функцій. Для освіти це означає, що остаточне педагогічне рішення має залишатися за викладачем, а не за алгоритмом. У протилежному випадку є ризик перетворення освітнього процесу на сукупність автоматизованих процедур, у яких втрачається індивідуальний підхід і гуманістична сутність освіти.

6. Цифрова нерівність і нерівний доступ до можливостей ШІ

Впровадження ШІ може не лише розширювати можливості навчання, а й посилювати освітню нерівність. Різні заклади освіти, регіони, викладачі та здобувачі освіти мають нерівний доступ до цифрової інфраструктури, ліцензійних інструментів, якісного інтернету та підготовки з використання ШІ. Через це переваги технології можуть концентруватися в більш забезпечених середовищах, тоді як інші категорії користувачів опиняються в ще менш вигідному становищі. UNICEF серед ключових вимог до дитиноцентричного ШІ називає інклюзію та підготовку дітей до сучасного і майбутнього розвитку ШІ, а UNESCO послідовно пов'язує цифрову трансформацію освіти з принципом справедливості та прав людини.

Цифрова нерівність проявляється не лише в матеріальному доступі до сервісів, а й у різниці рівнів AI-грамотності. Той, хто вміє критично формулювати запити, перевіряти відповіді й етично використовувати інструменти, отримує суттєву перевагу. Тому без системної підготовки педагогів і здобувачів освіти впровадження ШІ може фактично поглибити розрив між різними соціальними групами та освітніми середовищами.

7. Непрозорість алгоритмів і складність нормативного регулювання

Серйозною проблемою є так звана «чорна скринька» багатьох ШІ-систем, коли користувач не розуміє, за якою логікою система дійшла певного висновку, виставила оцінку, згенерувала рекомендацію або позначила поведінку як підозрілу. Європейська Комісія у своїх етичних настановах для освітян прямо виділяє прозорість, людський контроль, справедливість, приватність, технічну надійність і підзвітність як ключові вимоги до використання ШІ та даних у навчанні.

У нормативному вимірі ситуація також ускладнюється. Європейський Союз уже встановив ризик-орієнтовану рамку для ШІ: AI Act набув чинності 1 серпня 2024 року; із 2 лютого 2025 року почали застосовуватися, зокрема, заборони на неприйнятні практики та обов'язки щодо AI-грамотності; повна загальна застосовність акта передбачена з 2 серпня 2026 року, а для частини правил щодо високоризикових систем, вбудованих у регульовані продукти, діє довший перехідний період до 2 серпня 2027 року.

У сфері освіти особливо важливо, що AI Act забороняє розпізнавання емоцій в освітніх закладах, окрім вузьких винятків для медичних або безпекових цілей, а окремі освітні застосування ШІ відносять до високоризикових.

Це свідчить про те, що освіта вже розглядається законодавчо як одна з найчутливіших сфер застосування ШІ. Проте навіть за наявності регуляторної рамки заклади освіти все ще стикаються з практичними труднощами: відсутністю локальних політик, нестачею фахової експертизи, невизначеністю щодо допустимих меж використання генеративних систем та нерозвиненістю внутрішніх процедур оцінки ризиків.

III. Висновки

Впровадження штучного інтелекту в освіті супроводжується комплексом взаємопов'язаних ризиків і проблем. До них належать недостовірність результатів генеративних систем, загрози академічній доброчесності, зниження рівня самостійного мислення здобувачів освіти, порушення приватності, дискримінаційний потенціал алгоритмів, надмірна автоматизація педагогічних рішень, цифрова нерівність і нормативна невизначеність. Сукупно ці виклики свідчать про те, що ШІ в освіті не можна впроваджувати стихійно або лише з міркувань технологічної новизни.

Ефективне й безпечне використання ШІ можливе лише за умови людиноцентричного підходу, коли технологія підсилює, а не підміняє педагогічну діяльність. Необхідними умовами є збереження провідної ролі викладача, розвиток AI-грамотності, критичного мислення та цифрової культури, створення локальних політик щодо етичного використання ШІ, захист персональних даних і регулярна оцінка ризиків конкретних інструментів. Саме за таких умов штучний інтелект може стати не джерелом нових загроз, а засобом підвищення якості, доступності та сучасності освіти.

IV. Список використаних джерел

- [1] Г. Ю. Журавель та Н. О. Маслова, «Застосування інтерактивних засобів при створенні учбового контенту закладу освіти на основі цифрових навчальних платформ», у *Моделювання і комп'ютерна графіка: зб. матер. Восьмої міжнар. наук.-техн. конф.*, Донецьк: Донецький національний технічний університет, 2023, с. 95–100.
- [2] Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, *Використання штучного інтелекту в освіті*, 2024. [Online]. Available: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/743864>.
- [3] Н. Маслова та О. Любименко, «Безпека та захист навчальних LMS систем», *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація*, т. 1, № 33, с. 38–46, 2023. doi: 10.31474/2786-9024/v1i1(33).299636.
- [4] UNESCO, “What you need to know about AI and the right to education,” UNESCO, Sep. 25, 2025. [Online]. Available: <https://www.unesco.org/en/articles/what-you-need-know-about-ai-and-right-education>.
- [5] UNICEF Innocenti – Global Office of Research and Foresight, UNICEF Guidance on AI and Children 3.0. Florence, Italy: UNICEF Innocenti, Dec. 2025. [Online]. Available: <https://www.unicef.org/innocenti/media/11991/file/UNICEF-Innocenti-Guidance-on-AI-and-Children-3-2025.pdf>.
- [6] OECD, “Artificial intelligence and education and skills,” OECD. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/en/topics/artificial-intelligence-and-education-and-skills.html>
- [7] European Commission, “Ethical guidelines on the use of artificial intelligence and data in teaching and learning for educators,” European Education Area, Oct. 25, 2022. [Online]. Available: <https://education.ec.europa.eu/nl/news/ethical-guidelines-on-the-use-of-artificial-intelligence-and-data-in-teaching-and-learning-for-educators>.
- [8] Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act), Off. J. Eur. Union, L 2024/1689,

Jul. 12, 2024. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ%3AL_202401689.

- [9] European Commission, "Regulatory framework proposal on artificial intelligence," Shaping Europe's Digital Future. [Online]. Available: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>.
- [10] Office of Educational Technology, U.S. Department of Education, Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations, 2023. [Online]. Available: <https://www.ed.gov/sites/ed/files/documents/ai-report/ai-report.pdf>.

ANALYSIS OF RISKS AND PROBLEMS OF IMPLEMENTING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION

Liubymenko Olena, Maslova Natalia, Altukhova Tetyana, Shtepa Oleksandr

ABSTRACT. The article analyzes the risks associated with the implementation of artificial intelligence in education. The key challenges are identified, including the unreliability of generative system outputs, algorithmic bias, threats to academic integrity, violations of personal data protection, digital inequality, and excessive automation. Based on international recommendations, the necessity of a human-centered approach is substantiated. The conditions for the responsible use of AI are defined, including the development of AI literacy, ensuring algorithmic transparency, data protection, and maintaining the leading role of the teacher.

KEYWORDS: artificial intelligence, risks, algorithmic bias, digital inequality, personal data protection, AI literacy.

МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ В ПРОЦЕСІ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ НАВЧАННЯМ

Мазурок Тетяна¹

¹Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського, Одеса, Україна
t.l.mazurok@pdpu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації визначено актуальність застосування агентної технології в реалізації сукупності різномірних інтелектуальних перетворень, що забезпечують адаптивне управління навчанням. Запропонована модель взаємодії інтелектуальних агентів, яка дозволяє інтегрувати можливості генеративних систем штучного інтелекту щодо формування контенту за запитом, які отримані в результаті взаємодії інтелектуальних агентів зі здійснення циклів адаптивного управління навчанням.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: адаптивне управління навчанням, інтелектуальні агенти, система управління навчанням, інтелектуальні технології, засоби генерації навчального контенту.

I. Вступ

В інформаційному суспільстві значно зростає необхідність створення умов для розкриття потенціалу кожної особи. В умовах глобальних змін у складі трудових ресурсів відповідно до потреб суспільства, появи нових професій та спеціальностей, що обумовлює появу нових вмінь та компетенцій; впливу демографічних змін, що впливають на зростання тривалості робочого стажу та інших глобальних процесів виникає потреба вчитись та засвоювати нові знання і навички протягом всього життя. Реалізація персонального навчання кожної особи в інформаційному суспільстві протягом життя стає необхідністю базується на поєднанні формального та неформального навчання, самоосвіти, корпоративного навчання. Втім, такий складний, багатоаспектний та важливий процес є цілеспрямованим, отже може бути ефективним лише за умов узгодженого здійснення всіх складових його управління: аналізу, ідентифікації, прогнозування, контролю, загального та оперативного планування.

Серед важливих особливостей управління педагогічними системами є те, що вони відносяться до класу організаційно-технічних систем, отже системи їх управління містять поряд з формалізованими та слабо структурованими задачами в умовах неповної інформації також задачі змішаного типу, які базуються на використанні аналітичних та евристичних моделей, втім характеризуються випадковістю зовнішніх впливів. Дидактично обумовлені вимоги до персоніфікації навчання також є додатковим фактором ускладнення структури системи управління та механізмів її реалізації.

Найбільш доцільним в сучасних умовах є автоматизація управління цілісним процесом навчання, що має властивості адаптації управляючих впливів відповідно до цілей навчання, індивідуальних особливостей кожної особи протягом тривалих незмінних термінів навчання за обраною формою. Найбільш конструктивний підхід до створення таких автоматизованих систем визначається кібернетичним підходом та його еволюційним переходом до синергетичного та реалізацією засоби інтелектуальних технологій, які здатні забезпечити необхідні інтелектуальні перетворення.

Втім, необхідною складовою повноцінного та ефективного функціонування таких автоматизованих систем є інформаційна складова, яка має забезпечувати систему управління коректними вхідними даними, здійснювати передачу поточних та вихідних даних між окремими структурними компонентами каскадної системи.

В таких умовах особливої актуальності набуває проблема використання інноваційних підходів до узгодженого функціонування складових систем автоматизованого управління навчанням з організацією делегування функцій генерації відповідного навчального контенту, що є адаптованим до цілей поточного етапу навчання, стану та індивідуальних особливостей особи, що навчається, та індивідуального вектору її саморозвитку. В якості такого інструменту пропонується використання агентної технології, що забезпечить автоматичне формування необхідних промптів до систем генерації контенту на основі виконання окремими інтелектуальними агентами процесу їх функціональної взаємодії, визначення вимог до персоніфікованого контенту. Доцільність та різні аспекти впровадження агентних технологій розглянуто в дослідженнях [1 - 4] та ін. Втім, актуальною та невирішеною є проблема поєднання в межах єдиної системи під систем інформаційного забезпечення та алгоритму управління адаптованим навчанням.

II. Структурно-функціональна модель взаємодії агентів в системі адаптивного управління навчанням

Основна мета використання агентного підходу до реалізації систем управління навчанням полягає в узгодженому поєднанні в межах однієї системи функцій інформаційного забезпечення управління та функцій адаптивного управління.

Технологічні можливості систем генеративного штучного інтелекту (GenAI) дозволяють організувати автоматичне формування промптів для отримання необхідних інформаційних компонентів системи.

У зв'язку з необхідністю інтелектуальної підтримки всіх складових процесу управління, що обумовлює виконання інтелектуальних перетворень на різних етапах здійснення циклу управління. Отже, на відміну від існуючих традиційних підходів до формування мультиагентних систем з навчальними цілями, більш доцільним є визначення для кожного з видів агентів відповідних асистентів, які отримують автоматично сформовані промпти для генерації необхідних елементів інформаційної складової системи управління.

Наявність чітко виражених відмінностей між цілями основних агентів, що призначені для здійснення різних інтелектуальних перетворень, обумовлює доцільність реалізації систем управління навчанням у вигляді мультиагентної системи. Такий підхід спрямований на організацію співпраці між агентами, яка дозволяє вирішувати більш складні проблеми; узгоджена взаємодія між спеціалізованими агентами дозволяє також підвищити продуктивність всієї системи в цілому; проектування та реалізація таких систем за певними шаблонами дозволяє розробникам використовувати декомпозицію таких систем та отримувати більшу ефективність під час їх створення за рахунок спрощеного кодування таких частин.

Проектування мультиагентної системи складається з трьох основних етапів: визначення потреби системи та вибір засобів реалізації її складових компонентів; визначення ролі та цілей для кожного агента та узгодження взаємодії між агентами шляхом ініціації інформаційних потоків між ними, передачі даних, формування промптів до агентів III.

Отже, призначення мультиагентної системи розглядається в реалізації структурно-функціональних компонентів синергетичного управління навчанням, особливістю якого є формування таких управляючих впливів на особу, що навчається, («учня»), які відповідають

поточним цілям навчання та стану саморозвитку. Для цього пропонується наступний розподіл функцій між основними інтелектуальними агентами системи (рис. 1):

- *агент-викладач*, метою його функціонування є вибір навчального матеріалу за навчальною дисципліною, формування альтернативних варіантів вивчення конкретної дисципліни та вибір основних елементів педагогічної системи для здійснення навчання. Середовищем функціонування даного агента є модель відповідної предметної галузі, модель «учня», модель методичних особливостей навчання. Для функціонування даного виду агенту вхідними даними є нормативна база знань даної предметної галузі, що вивчається, матриця логічних внутрішньо-предметних взаємозв'язків між навчальними елементами, відомості про індивідуальні пізнавальні особливості «учня». Результатом діяльності агента-викладача, яку він має передавати до зовнішньої системи, є сформований варіант вивчення навчального матеріалу на поточному етапі;

- *агент-учень*, метою його функціонування є опанування заданої системи компетентностей у відповідності до поточного виду навчання з врахуванням ресурсних обмежень (наприклад, за часом). Середовищем функціонування даного агента є середовище взаємодії агентом-тьютором, електронним навчальним контентом. Для функціонування даного агента необхідним є отримання вхідних даних щодо управлінського впливу, завдань та засобів контролю навчальних досягнень, форм для періодичного поточного визначення стану саморозвитку, когнітивних особливостей, індивідуальних досягнень. В якості вихідної інформації, що агент передає до зовнішньої системи, є результати контролю та опитування;

- *агент-тьютор*, метою його функціонування є вибір оптимальної стратегії формування системи компетентностей та управління процесом її формування. Середовищем функціонування даного агента є множина моделей учнів, для яких потрібно визначати оптимальні стратегії, множина моделей навчальних дисциплін, модель системи міжпредметних зв'язків, модель системи компетентностей, що має бути сформованою. В якості вхідних даних, що є необхідними для здійснення функцій агента-тьютора є отримані результати від агента-викладача щодо оптимальних варіантів вивчення монопредметних навчальних дисциплін, що відображають логічні взаємозв'язки між навчальними елементами, а також результати діагностування навчальних досягнень учнів за попередніми етапами навчання. Результатом роботи агента-тьютора є визначення конкретних компонентів управляючого впливу, що спрямована на формування відповідної компетентності учня на поточному етапі;

- *агент-куратор змісту*, метою даного агента є вилучення та структурування знань про предметну галузь, методику її навчання, про логічні внутрішні та міжпредметні зв'язки між навчальними елементами, ступінь їх впливу на формування компетентностей. Середовищем функціонування даного агента є база знань відповідних предметних галузей та база знань про дидактичні особливості їх навчання. Вхідними даними для функціонування агента-куратора змісту є запити агентів-викладачів, агентів-тьюторів. Результатом роботи агента куратора змісту є підтримка в актуальному стані баз знань про предметні галузі та методики їх навчання.

Таким чином, модель поведінки агента-тьютора здійснює перетворення результатів роботи агентів-викладачів в послідовність управляючих впливів з боку модуля «Устрій управління» та його складової з прийняття рішень, яка здійснює інтелектуальні перетворення засобами моделей штучного інтелекту щодо адаптації до індивідуальних характеристик особи, що навчається. Отже, модель поведінки агента-тьютора відображає модель синергетичного управління навчанням з врахуванням особливостей компетентнісного навчання, вектору саморозвитку особи, що навчається, найбільш доцільних міжпредметних зв'язків, що сприяють досягненню певної множини компетентностей за поточними цілями навчання.

Модель поведінки агента-куратора змісту пов'язана з налагодженням інформаційного зв'язку між агентом-тьютором та агентом-учнем, здійснює пошук необхідних компонент навчального контенту або їх генерацію за автоматично сформованими запитамі від агентів-викладачів та агентів-тьюторів.

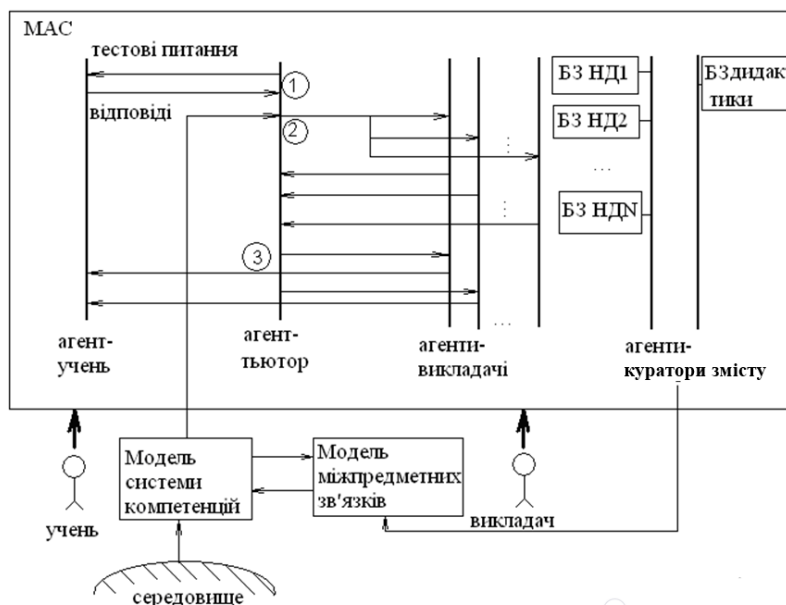


Рис. 1. Структурно-функціональна модель взаємодії інтелектуальних агентів у навчанні

Таким чином, до основних етапів взаємодії між інтелектуальними агентами є наступні (рис.1):

- 1) взаємодія між агентом-учнем та агентом тьютором, що спрямовано на визначення вхідних параметрів моделі учня щодо цілей навчання, індивідуальних пізнавальних особливостей та рівня засвоєння попередніх навчальних елементів;
- 2) взаємодія між агентом-тьютором та агентами-викладачами, в результаті чого на основі фрагмента бази знань щодо впливу міжпредметних зв'язків на формування системи компетентностей, що мають бути сформованими, визначається перелік навчальних дисциплін та найбільш доцільних міжпредметних зв'язків між ними;
- 3) на основі результатів узгоджених агентом-тьютором запитам, що адресовані до агентів-викладачів, отримуємо послідовність управляючих впливів, що є адаптованою для агента-учня.

III. Висновки

Проаналізовано особливості використання агентної технології до реалізації системи автоматизованого управління навчанням, що відображає поєднання функціонального спрямування взаємодії груп агентів щодо синергетичного управління навчанням та формування необхідних інформаційних компонент засобами асистентів агентів. Такий підхід дозволяє поєднати реалізацію інтелектуальних перетворень з прийняття управлінських рішень щодо наступного управляючого впливу з автоматизацією формування промпту до систем генеративного штучного інтелекту. Даний підхід дозволяє повністю автоматизувати процес передачі необхідної інформації між окремими структурними компонентами цілісної системи, що реалізує адаптивне управління навчанням.

IV. Список використаних джерел

- [1] В. Юнчик, Н. Куманець, В. Пасічник, А. Федонюк. "Аналіз штучних інтелектуальних агентів для системи електронного навчання". *Інформаційні системи та мережі*, №10, с. 41-57, 2021, doi: 10.23939/sisn2021.10.041
- [2] А.О. Марченко, С.А. Венгер. "Програмний агент інтелектуальної інформаційної системи формування індивідуальної освітньої траєкторії здобувача професійної військової освіти". *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, №3(51), с. 71-79, 2024, doi: 10.33099/2311-7249/2024-51-3-71-79
- [3] R. Shu, N. Das, M. Yuan, M. Sunkara, Yi. Zhang. "Towards Effective GenAI Multi-Agent Collaboration: Design and Evaluation for Enterprise Applications". arXiv preprint arXiv:2412.05449, Dec. 2024. doi: 10.48550/arXiv.2412.05449

MODEL OF INTERACTION OF INTELLECTUAL AGENTS IN THE PROCESS OF ADAPTIVE LEARNING CONTROL

Tetiana Mazurok

ABSTRACT. The publication identifies the relevance of using agent technology in the implementation of a set of heterogeneous intellectual transformations that provide adaptive learning control. A model of interaction between intelligent agents is proposed, which allows integrating the capabilities of generative artificial intelligence systems to generate content based on requests received as a result of the interaction of intelligent agents in implementing adaptive learning control cycles.

KEYWORDS: adaptive learning control, intelligent agents, learning control system, intelligent technologies, educational content generation tools.

СТРАТЕГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРАЦІЇ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВИЩУ ОСВІТУ

Мар'яно Майя^{1,2}, Шишкіна Марія¹

¹Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна

²Криворізький державний педагогічний університет, м. Кривий Ріг, Україна
popel@iitlt.gov.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації проаналізовано потенціал та ризики впровадження генеративного ШІ у вищу освіту. Систематизовано сервіси ШІ за функціональним призначенням та визначено показники їх безпечного використання. Запропоновано рекомендації для студентів і викладачів щодо ефективної інтеграції ШІ у навчання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний штучний інтелект, вища освіта, навчальна діяльність, персоналізація навчання, цифрова грамотність.

I. Вступ

Стрімкий розвиток та широке поширення технологій генеративного штучного інтелекту (ШІ), зокрема великих мовних моделей, таких як ChatGPT чи Gemini, ознаменували собою нову еру у способах обробки та створення інформації людиною [1], [2]. Цей процес широко проникає у сферу вищої освіти, відкриваючи нові можливості для трансформації традиційного освітнього середовища. Генеративний ШІ перетворюється з простого інструменту автоматизації на дієвий засіб для персоналізації навчання, розвитку критичного мислення та побудови індивідуальних освітніх траєкторій студентів.

Проте інтеграція цих технологій у заклади вищої освіти (ЗВО) стає не лише трендом, а й нагальною потребою, що вимагає ґрунтовного наукового дослідження та розробки нових педагогічних підходів. Важливо розуміти, що використання ШІ має бути спрямоване на доповнення можливостей викладачів та студентів, а не на їх заміну, як наголошують міжнародні інституції, зокрема ЮНЕСКО [3]. Актуальність теми підкріплюється необхідністю трансформації навчальних завдань таким чином, щоб вони стимулювали вищі когнітивні навички: аналіз, синтез та оцінювання, замість простого відтворення інформації

Error! Reference source not found..

II. Основна частина

Для ефективної інтеграції генеративного ШІ в навчальний процес ЗВО виникає необхідність чіткої систематизації інструментів за їх функціональним призначенням **Error! Reference source not found..** Це дозволяє здійснювати цілеспрямований вибір сервісу для вирішення конкретних освітніх завдань. Основні категорії включають:

- великі мовні моделі та чат-боти (ChatGPT, Gemini, Claude, Perplexity): використовуються для підготовки до семінарів, створення структур наукових робіт та пояснення складних концепцій більш прийнятними способами (через метафори або спрощення);

- сервіси для роботи з візуальним контентом (Midjourney, DALL-E, Canva AI): сприяють візуалізації складних процесів та створенню унікальних ілюстрацій для презентацій. Це особливо важливо для STEM-дисциплін та архітектури, де візуалізація сприяє кращому запам'ятовуванню;

- спеціалізовані академічні помічники (Scite, Elicit, SciSpace): допомагають у доборі наукової літератури, перевірці гіпотез, пошуку аргументів для дискусій;

- інструменти для програмування (GitHub Copilot, Tabnine): виступають індивідуальними помічниками у вивченні мов програмування та оптимізації алгоритмічних рішень.

Вибір конкретного сервісу має ґрунтуватися на матриці показників, що забезпечують баланс між продуктивністю та захистом даних (Табл. 1) **Error! Reference source not found..**

Використання генеративного ШІ забезпечує низку переваг:

- персоналізацію навчання через адаптацію до темпу студента;
- підвищення залученості завдяки інтерактивності;
- суттєву економію часу на рутинних завданнях **Error! Reference source not found..**

Таблиця 1

Матриця оцінювання інструментів ШІ в академічному середовищі	
Напрямок перевірки	Ключові вимоги до сервісу (Дескриптори)
Функціональна придатність	Відповідність дидактичній меті, висока точність фактів та здатність до глибокого аналізу.
Педагогічний розвиток	Сприяння формуванню навичок 21 століття, інклюзивність та адаптивність до потреб студента (включаючи індивідуальні освітні траєкторії).
Етична та технічна безпека	Гарантія конфіденційності, відсутність упередженості та прозорість використаних джерел.
Академічна валідність	Можливість верифікації результатів та підтримка принципів доброчесності.

Студенти отримують доступ до віртуального тьютора 24/7, який може пояснити матеріал у будь-який зручний час для студента. Це дозволяє створювати адаптивні навчальні плани, де складність завдань коригується залежно від успіхів здобувача.

Водночас існують критичні ризики, такі як:

- зниження рівня самостійного аналізу інформації;
- загрози академічній доброчесності через плагіат;
- можливість засвоєння вигаданих фактів (галюцинацій ШІ) [1], [2].

Додатковим викликом є «цифрова нерівність»: нерівний доступ до платних, більш потужних версій ШІ може створювати розрив в освітніх можливостях студентів **Error! Reference source not found..** Також існує ризик «поверхневого навчання», коли здобувачі обмежуються першою відповіддю чат-бота без глибокого розуміння матеріалу.

Для мінімізації негативних наслідків студентам рекомендовано використовувати ШІ як партнера для мозкового штурму, обов'язково співставляючи одержані результати через академічні бази даних **Error! Reference source not found.** та опановуючи навички «промпт-інжинірингу». Рекомендовано впроваджувати завдання на критичний аналіз відповідей ШІ, де студенти мають виявляти помилки чи упередження в згенерованому контенті.

Викладачам пропонується змістити акцент в оцінюванні з кінцевого результату на процес виконання роботи. Це передбачає створення завдань, де студенти мають аналізувати відповіді ШІ, шукати в них помилки та упередження. Педагогічно виважена інтеграція технологій передбачає розвиток інформаційної гігієни та чітке регламентування використання ШІ на рівні інституційних політик ЗВО **Error! Reference source not found..**

Для успішної реалізації потенціалу ШІ необхідний системний підхід на рівні адміністрації ЗВО. Це включає розробку чітких інституційних політик, які б визначали межі допустимого використання ШІ в академічних роботах. Важливим аспектом є постійне підвищення кваліфікації викладачів, щоб вони могли виступати фасилітаторами у взаємодії студентів з технологіями [3].

Перспективи розвитку полягають у створенні віртуальних лабораторій та симуляцій, де ШІ може генерувати нескінченну кількість унікальних сценаріїв для практичного відпрацювання навичок (наприклад, у медицині чи юриспруденції) з миттєвим зворотним зв'язком **Error! Reference source not found..**

III. Висновки

Генеративний ШІ має значний трансформаційний потенціал, здатний модернізувати вищу освіту шляхом створення персоналізованого навчального середовища. Успіх цієї інтеграції залежить від системного підходу, що включає розробку регламентів використання ШІ, підвищення цифрової грамотності всіх учасників освітнього процесу та перегляд методів оцінювання знань. Ключова перспектива полягає не в заміні традиційних методів, а в їх доповненні інструментами, що дозволяють формувати компетентності майбутнього.

У публікації наведені результати дослідження, одержані в ході виконання НДР «Комплексне наукове дослідження використання генеративного штучного інтелекту на різних рівнях освіти для удосконалення педагогічних та управлінських практик», що виконується за рахунок бюджетних коштів, спрямованих на забезпечення проведення державними науковими установами наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за результатами державної атестації договір № БФ/ С12–2025 про виконання наукового дослідження, яка за результатами державної атестації за науковим напрямом «Суспільний» віднесена до групи А.

IV. Список використаних джерел

- [1] E. Kasneci et al., “ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education”, *Learning and Individual Differences*, vol. 103, 2023.
- [2] Y. K. Dwivedi et al., “Opinion Paper: ‘So what if ChatGPT wrote it?’: Multidisciplinary perspectives on generative AI”, *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 71, 2023.
- [3] UNESCO, “International Forum on AI and Education. Steering AI to Empower Teachers and Transform Teaching”, *Analytical report*, 2023.
- [4] А. Бруяка, В. Коваленко, М. Мар’єнко, С. Семеріков, М. Шишкіна. “Перспективи використання генеративного штучного інтелекту для підтримання навчальної діяльності студентів ЗВО”. *Освіта та розвиток обдарованої особистості / Педагогічний та психологічний досвід*, № 4 (99), с. 55-62, 2025. doi: [https://doi.org/10.63437/3083-6425-2025-4\(99\)-07](https://doi.org/10.63437/3083-6425-2025-4(99)-07)

STRATEGIES AND PROSPECTS FOR GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTEGRATION IN HIGHER EDUCATION

Marienko Maiia, Shyshkina Mariya

ABSTRACT. The publication analyzes the potential and risks of implementing generative artificial intelligence in higher education. AI services are systematized by functional purpose and criteria for their safe use are defined. Recommendations for students and teachers for the effective integration of technologies into learning are proposed, emphasizing the development of digital literacy and new assessment methods.

KEYWORDS: generative AI, higher education, educational activity, personalized learning, digital literacy.

ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ У ВИЩІЙ ОСВІТІ: ВИКЛИКИ ТА РИЗИКИ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Мателешко Юрій¹

¹Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна
E-mail: yurii.mateleshko@uzhnu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. Проаналізовано вплив генеративного штучного інтелекту (ШІ) на традиційні методи контролю знань у вищій школі. Виявлено ключові ризики для академічної доброчесності та об'єктивності оцінювання. Запропоновано підходи до адаптації освітнього процесу з метою збереження якості вищої освіти в умовах цифровізації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, вища освіта, методи оцінювання, академічна доброчесність, цифровізація.

I. Вступ

Стрімкий розвиток та масовий доступ до інструментів генеративного штучного інтелекту (GenAI), таких як ChatGPT, Claude та Gemini, спричинили фундаментальні зміни в освітньому процесі. Вища освіта опинилася перед викликом, який ставить під сумнів релевантність традиційних форм оцінювання знань, що вибудовувалися десятиліттями.

Якщо раніше технології виступали допоміжними інструментами пошуку та структурування інформації, то сьогодні вони здатні самостійно створювати складний інтелектуальний продукт: від програмного коду до глибоких філософських есе. Це створює безпрецедентний виклик для академічної спільноти, оскільки традиційна система оцінювання знань значною мірою базується на перевірці письмових та цифрових результатів роботи студента.

Актуальність тематики зумовлена глибоким розривом між швидкістю розвитку технологій та інертністю освітніх стандартів. Традиційні форми контролю, такі як контрольні завдання чи дистанційні тести, втрачають свою валідність, оскільки більше не можуть слугувати надійним доказом того, що результати навчання були досягнуті саме здобувачем, а не алгоритмом. Тому постає необхідність в комплексному аналізі ризиків, що постають перед вищою школою, та пошуку шляхів адаптації системи оцінювання до нових технологічних реалій.

II. Основна частина

2.1. Девальвація традиційних форм контролю

Традиційні форми оцінювання знань у вищій освіті історично формувалися як інструменти стандартизованого контролю навчальних досягнень студентів. Їх застосування забезпечувало можливість кількісного вимірювання результатів навчання, порівняння рівня підготовки здобувачів освіти та підтримання певного рівня академічних стандартів. Водночас у сучасних умовах цифровізації освіти їх ефективність піддається суттєвим викликам.

Протягом десятиліть традиційні завдання (есе, аналітичні звіти, реферати, курсові роботи тощо) були основним інструментом оцінювання критичного мислення та здатності студента до аналізу. Проте, як зазначають дослідники, поява великих мовних моделей фактично «автоматизувала» цей процес [1]. Сучасні інструменти ШІ здатні генерувати тексти високого рівня складності, виконувати аналітичні завдання та навіть імітувати індивідуальний стиль письма. У результаті виникає ситуація, коли традиційні письмові роботи, що раніше вважалися ефективним засобом оцінювання, можуть виконуватися із залученням ШІ без значних зусиль з боку здобувача. Сьогодні студент може згенерувати есе на складну наукову тематику за лічені секунди, використовуючи ChatGPT або аналогічні інструменти.

Одна з основних проблем полягає в тому, що генеративний ШІ не просто копіює тексти (що легко виявляється системами антиплагіату), а створює унікальний контент, що базується на статистичних закономірностях мови. Сучасні мовні моделі здатні генерувати тексти, що за структурою та стилістикою майже не відрізняються від оригінальних студентських робіт. Це робить традиційні методи перевірки на плагіат неефективними. Як підкреслюється у звіті UNESCO, викладачі стикаються з проблемою «ілюзорної компетентності», коли формально якісна робота приховує відсутність реальних знань у здобувача [2].

2.2. Ризики для академічної доброчесності та етичні виклики

Масове використання ШІ ставить під загрозу фундаментальні цінності академічної доброчесності. Виникає кілька суттєвих ризиків:

- Проблема ідентифікації авторства: диференціація між власними думками студента та згенерованим контентом стає технічно складною. Навіть найсучасніші детектори ШІ-текстів мають високий рівень похибки, що створює ризик неправомірних звинувачень студентів у нечесності [3]. Це створює напруження в системі «викладач – студент» і підриває довіру в академічному середовищі.

- Когнітивна атрофія: якщо оцінювання фокусується лише на кінцевому продукті, студенти втрачають стимул до самостійного проходження складних етапів аналізу та синтезу інформації, що є основою вищої освіти. Надмірне використання ШІ може призводити до зниження рівня самостійного мислення, поверхневого засвоєння матеріалу та втрати здатності

до глибокого аналізу. Традиційні форми оцінювання не здатні ефективно виявити ці проблеми, оскільки вони не передбачають перевірки процесу мислення студента.

- Нерівність доступу: не всі студенти мають однаковий доступ до сучасних інструментів ІІІ, що може створювати нерівні умови під час виконання завдань. Існує розрив між користувачами безкоштовних моделей та тих, хто має доступ до преміум-версій (наприклад, GPT-4), які демонструють значно вищий рівень аргументації та точності [4].

2.3. Криза тестового контролю в дистанційному навчанні

Дистанційне оцінювання, яке стало нормою після пандемії COVID-19, виявилось найбільш вразливим на тлі масового використання засобів ІІІ. Завдання, що мають шаблонний характер або передбачають застосування стандартних алгоритмів, легко виконуються за допомогою цифрових інструментів. Це знижує їх діагностичну цінність і ставить під сумнів об'єктивність отриманих результатів. Використання ІІІ-асистентів для вирішення стандартизованих тестів (Moodle, Google Forms) у режимі реального часу стає дедалі простішим завдяки розширенням для браузерів та мобільним додаткам, які здійснюють аналіз скріншотів екрана. Традиційні закриті тести (multiple-choice questions) більше не можуть вважатися об'єктивним мірилом знань, оскільки ІІІ демонструє результати, що перевищують середні показники студентів у більшості дисциплін [5]. Таким чином, оцінка перестає відображати реальний рівень компетенцій студента, перетворюючись на показник його вміння користуватися сучасними технологіями. Це створює ілюзію компетентності: студенти отримують високі бали, не володіючи базовими знаннями.

2.4. Трансформація та модернізація методів оцінювання

У зв'язку з вищезгаданими викликами виникає необхідність модернізації підходів до оцінювання. Одним із перспективних напрямів є перехід до компетентісно орієнтованого оцінювання, яке передбачає перевірку здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях. Такий підхід дозволяє змістити акцент з відтворення інформації на її осмислення та використання.

Також виокремлюються наступні форми контролю:

- Автентичне оцінювання: створення завдань, які вимагають аналізу локального контексту, особистого досвіду студента або вирішення реальних кейсів, про які у ІІІ немає актуальних даних.
- Оцінювання процесу, а не результату: перевірка проміжних етапів роботи (планів, чернеток, копій джерел тощо).
- Усний захист (Oral Defense, Viva Voce): повернення до усних форм контролю (колоквіум, залік, іспит, захист наукової роботи) як найбільш надійного способу верифікації знань здобувача.
- Аудиторні оцінювання (In-class assessment): виконання завдань безпосередньо в аудиторії без доступу до гаджетів.

Окремої уваги заслуговує інтеграція штучного інтелекту в освітній процес як інструменту навчання, а не лише як джерела ризиків. Контрольоване використання ІІІ може сприяти розвитку критичного мислення, якщо студент навчається аналізувати та оцінювати згенеровані результати.

III. Висновки

Розвиток ІІІ створює суттєву загрозу для традиційних форм оцінювання знань у вищій освіті. Основними викликами є забезпечення академічної доброчесності, збереження об'єктивності оцінювання та адаптація до нових освітніх умов. Головним ризиком є девальвація дипломів про вищу освіту. Водночас традиційні методи оцінювання можуть бути збережені за умови їх модернізації та інтеграції з інноваційними формами контролю знань. Сьогодні існує необхідність: відмови від репродуктивних завдань на користь творчих та проблемно-орієнтованих; впровадження нових політик академічної доброчесності, які б чітко регламентували допустимі межі використання ІІІ; підвищення кваліфікації викладачів у сфері ІІІ. Майбутнє освіти лежить не в забороні ІІІ, а в адаптації методів оцінювання таким чином,

щоб вони стимулювали розвиток навичок вищого порядку, які на даний момент залишаються прерогативою людського інтелекту. Вища освіта повинна перейти від стратегії «боротьби з ШІ» до стратегії «інтеграції ШІ». Оцінювання має змістити фокус на перевірку здатності студента критично аналізувати результати роботи штучного інтелекту, верифікувати їх та використовувати для вирішення складних творчих задач. Перспективою подальших досліджень є розробка нових моделей оцінювання, що враховують можливості та ризики використання штучного інтелекту в освіті.

IV. Список використаних джерел

- [1] D. Cotton, P. Cotton, and R. Shipway, "Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT," *Innovations in Education and Teaching International*, vol. 61, iss. 2, pp. 228–239, 2024. doi: <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148>
- [2] Guidance for generative AI in education and research. UNESCO Publishing, 2023. doi: <https://doi.org/10.54675/EWZM9535>
- [3] M. Sharples, "Towards social generative AI for education: Theory, practices and ethics," *Learning: Research and Practice*, vol. 9, iss. 2, pp. 159–167, 2023. doi: <https://doi.org/10.1080/23735082.2023.2261131>
- [4] M. Bowles. Authentic assessment in the age of AI: Designing for capability, context, and human becoming. Launceston, 2025. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22570.68808>
- [5] Assessment reform for the age of artificial intelligence," *Tertiary Education Quality and Standards Agency (TEQSA)*, 2023. URL: <https://www.teqsa.gov.au/sites/default/files/2023-09/assessment-reform-age-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf>.

KNOWLEDGE ASSESSMENT IN HIGHER EDUCATION: CHALLENGES AND RISKS IN THE CONTEXT OF AI DEVELOPMENT

Mateleshko Yurii

ABSTRACT. This paper examines the impact of generative AI on traditional assessment methods in higher education. It identifies key risks to academic integrity and to the objectivity of evaluation. The study proposes approaches to transforming the educational process through the implementation of alternative assessment methods.

KEYWORDS: artificial intelligence, higher education, assessment methods, academic integrity, digitalization.

ШІ-ТРАНСФОРМАЦІЯ WARGAMING У ПРОФЕСІЙНІЙ ВІЙСЬКОВІЙ ОСВІТІ: ВІД GENWAR LAB ДО ПЕРИФЕРІЙНОГО ШІ

Машталір Вадим¹, Бондаренко Світлана¹, Гупало Андрій¹

¹Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України, Київ, Україна
E-mail: lana.bond@ukr.net

АНОТАЦІЯ. Систематизовано три напрямки ШІ-трансформації wargaming у закладах професійної військової освіти НАТО: інтеграція LLM з симуляціями, LLM-ад'юдикація та периферійний ШІ. На основі бібліометрії Scopus (n=1 954) та контент-аналізу 75 НПА обґрунтовано трирівневу рамку інтеграції для системи ПВО України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, wargaming, професійна військова освіта, генеративний ШІ, периферійний ШІ.

I. Вступ

Wargaming розглядається як метод професійної військової освіти (англ. Professional Military Education, PME), спрямований на розвиток компетентності прийняття рішень в умовах невизначеності шляхом моделювання конфліктних ситуацій у контрольованому та безпечному для помилки середовищі. У Довіднику НАТО з воєнних ігор [1] визначено три базові структурні компоненти цього методу: прийняття рішень гравцями як центральний механізм ігрового процесу, фрикція – система штучно створених обмежень, що моделюють когнітивне навантаження та невизначеність реального бойового середовища, а також ад'юдикація – процедура визначення наслідків ухвалених рішень. Відсутність будь-якого з цих компонентів принципово змінює сутність wargaming: без активного прийняття рішень

процес набуває ознак симуляції, без фрикції – перетворюється на академічне обговорення, а без ад'юдикації – втрачає аналітичну валідність.

Суттєві зміни у розвитку wargaming відбулися з появою великих мовних моделей (LLM) у 2023 році, що зумовило не поступову модернізацію, а якісну трансформацію цього підходу. Якщо раніше застосування штучного інтелекту (ШІ) обмежувалося переважно використанням детерміністичних алгоритмів ад'юдикації, заснованих на заздалегідь визначених таблицях і правилах, то розвиток генеративного штучного інтелекту (GenAI) відкрив можливості його інтеграції на всіх етапах процесу wargaming: під час проєктування сценаріїв, моделювання середовища, проведення гри та подальшого аналізу результатів. У листопаді 2025 року Лабораторія прикладної фізики Університету Джонса Гопкінса створила GenWar Lab [14] – інкубатор, що інтегрує LLM з високоточними симуляціями. Командно-штабний коледж Сухопутних військ США (CGSC) планує стандартизацію wargaming з ШІ-підтримкою з 2026-2027 навчального року [5]. Фінська модель периферійного ШІ [7] демонструє автономну роботу LLM без хмарної інфраструктури – архітектуру, релевантну для збройних сил, що діють в умовах деградованого зв'язку. ШІ-трансформація wargaming – не прогноз, а задокументований процес, що розгортається зараз.

Проведений авторами бібліометричний аналіз масиву Scopus (n=1954, інструмент VOSviewer [4]) зафіксував конвергенцію кластерів wargaming та ШІ-методів на дослідницькому фронті. Публікаційна активність у цільовому масиві зросла п'ятикратно після 2020 року – з 25 до 126 публікацій на рік, з піком 187 у 2024 році. У попередньому дослідженні [2] авторами здійснено бібліометричний аналіз інтеграції ШІ у військову освіту (n=266), що виявив три фази розвитку галузі; Hurochkina, Bondarenko і Szapiro [3] проаналізували можливості та ризики впровадження ШІ-технологій у військовій сфері. Масив wargaming (n=1954) досліджено у рамках даної роботи.

Водночас система професійної військової освіти (ПВО) України залишається поза процесом ШІ-трансформації wargaming. Проведений авторами контент-аналіз 75 нормативно-правових актів виявив парадокс: wargaming-термінологія присутня у 7 документах (9%), проте жоден не містить методології. Каталогів курсів ПВО (~5 600 позицій) не включають жодного курсу з wargaming-компонентом. Оцінка за Таксономією С3 НАТО [11] зафіксувала середню оцінку вищих військових навчальних закладів (ВВНЗ) 0,75 бала при еталоні 4,0 (шкала 0–5). Три підкатегорії ЕТЕЕ, що забезпечують wargaming (.05 – симуляції, .06 – XR, .12 – ШІ), мають оцінку «високий» або «критичний» дефіцит.

Мета дослідження – систематизувати напрямки ШІ-трансформації wargaming у закладах РМЕ держав НАТО та визначити імплікації для системи ПВО України з урахуванням можливості випереджального впровадження.

II. Основна частина

Бібліометричне підґрунтя: конвергенція ШІ та wargaming. Мережева карта спільної зустрічальності авторських ключових слів цільового масиву Scopus (рис. 1, n=1954, побудована у VOSviewer 1.6.20 [4] з порогом 10 згадок) виявляє сім кластерів, серед яких два безпосередньо релевантні для дослідження: червоний кластер (wargaming – 65 входжень, war game – 36, military simulation – 35, kriegsspiel – 22; сукупно 123 входження) та жовтий кластер ШІ-методів (reinforcement learning – 54, deep reinforcement learning – 32, machine learning – 23). Просторова близькість цих двох кластерів на карті засвідчує, що ШІ-підсилене wargaming є не прогнозом, а задокументованим дослідницьким фронтом.

Три напрямки ШІ-трансформації wargaming. Аналіз шести ключових проєктів 2024–2026 рр. дозволив систематизувати три напрямки, за якими GenAI змінює wargaming у закладах РМЕ (табл. 1).

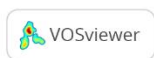


Рис. 1. Мережева карта спільної зустрічальності цільового масиву Scopus (n=1 954). VOSviewer. 54 вузли, 7 кластерів. Червоний – wargaming / military simulation. Жовтий – III-методу

Таблиця 1

Три напрямки ШІ-трансформації wargaming у РМЕ

Параметр	Напрямок 1: LLM + симуляція	Напрямок 2: LLM-ад'юдикація	Напрямок 3: Периферійний ІІІ
Проект	GenWar Lab (JHU APL), CGSC Vantage	USAWC: Back to the Basics	Сили оборони Фінляндії
Архітектура	LLM → AFSIM (фізична ад'юдикація)	LLM як арбітр з контекстом доктрин	LLM на edge-серверах біля підрозділів
Фаза wargaming	Усі чотири фази	Виконання + аналіз	Проектування + виконання
Ефект	Час сценарію: місяці → хвилини	Арбітр 24/7, кілька столів одночасно	Автономність без хмари
Рівень PME	Оперативний, стратегічний	Стратегічний (USAWC)	Тактичний
Стандартизація	CGSC: 2026–2027 [5]	Експериментальна [6]	Інтегрована у симулятори [7]
Релевантність для ЗСУ	Потребує інфраструктури	Компенсує дефіцит арбітрів	Сумісна з умовами РЕБ

Джерело: складено авторами

Напрямок 1: інтеграція LLM з високоточними симуляціями. Одним із провідних напрямів сучасної трансформації wargaming є інтеграція великих мовних моделей (англ. Large Language Models, LLM) із високоточними симуляційними системами. Показовим прикладом такого підходу є лабораторія GenWar Lab [14], створена у 2025 році Лабораторією прикладної фізики Університету Джонса Гопкінса (англ. Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, JHU APL). Концепція GenWar Lab передбачає інтеграцію трьох взаємопов'язаних компонентів, орієнтованих на підтримку різних аспектів воєнного моделювання та професійної військової освіти. Перший компонент – GenWar TTX – являє собою цифрове середовище для проведення настільних командно-штабних вправ, у межах якого старші військові командири та цивільні керівники взаємодіють із ШІ-агентами, що виконують функції радників, представників противника та лідерів ворожих держав. Такий підхід забезпечує моделювання складних сценаріїв стратегічної взаємодії та прийняття рішень у багатофакторному середовищі. Другий компонент – GenWar Sim – орієнтований на інтеграцію LLM із високоточною симуляційною платформою AFSIM. У цій моделі користувач формулює управлінські або тактичні дії природною мовою, після чого LLM інтерпретує та транслює їх у формалізовані команди, придатні для виконання в симуляційному середовищі. Водночас платформа AFSIM забезпечує

фізично обґрунтовану ад'юдикацію результатів, що підвищує реалістичність моделювання та достовірність наслідків прийнятих рішень. Третій компонент – GenWar X – виконує функцію дослідницького середовища для апробації перспективних інструментів і технологій у сфері III-підтриманого wargaming. Таким чином, архітектура GenWar Lab [14] демонструє перехід від традиційних моделей симуляції до комплексних гібридних систем, у яких генеративний штучний інтелект інтегрується з високоточними механізмами моделювання та аналітики.

Ефект GenWar Sim є кількісно вимірюваним: налаштування сценарію для AFSIM, яке раніше вимагало від команди спеціалістів місяців роботи, тепер генерується через діалог з LLM за хвилини. Це не замінює традиційне моделювання – високоточна ад'юдикація залишається за AFSIM, – але радикально знижує поріг входження: аналітики, плановики і навіть слухачі без технічної підготовки можуть формулювати запити і отримувати результати симуляції.

Паралельно Командно-штабний коледж Сухопутних військ США (CGSC) розгортає платформу Vantage з компонентами пошуку з доповненням (англ. Retrieval-Augmented Generation, RAG), що включає генерацію сценаріїв, адаптивну ад'юдикацію, автоматизовану оцінку рішень, інтеграцію з навчальними цілями та систему зворотного зв'язку [5]. Стандартизація запланована на 2026–2027 навчальний рік – wargaming з III-підтримкою переходить зі стадії експерименту до регулярного навчального процесу.

Напрямок 2: LLM-ад'юдикація у форматі вільного Крігсшпілю. Spahr, Mandle і Stinchfield [6] описали експеримент Армійського воєнного коледжу США (USAWC), де LLM виступає ад'юдикатором у форматі вільного Крігсшпілю. Замість досвідченого арбітра-людини наслідки рішень гравців визначає мовна модель, підтримана контекстом доктрин і оперативних документів. Автори наголошують, що LLM-ад'юдикація відтворює дух прусського вільного Крігсшпілю XIX століття – судження на основі досвіду, а не механічне застосування таблиць, – з тією різницею, що «суддя» доступний цілодобово і може обслуговувати одночасно кілька ігрових столів.

Для системи ПВО цей напрямок має особливе значення. Один із головних бар'єрів wargaming – дефіцит кваліфікованих арбітрів, зафіксований Walters [8] як ключова перешкода у PME. LLM-ад'юдикація не усуває потребу в людському контролі, але компенсує кількісний дефіцит: один підготовлений фасилітатор із LLM-підтримкою може провести wargaming, для якого раніше потрібна була команда з кількох арбітрів.

Davis і Bracken [9] запропонували використання LLM не для тактичної ад'юдикації (де фізично обґрунтовані моделі точніші), а для моделювання поведінки політичних акторів, дипломатичних переговорів та інформаційних операцій – доменів, де традиційні алгоритми не працюють через надмірну складність і контекстозалежність людських рішень.

Напрямок 3: Периферійний III для тактичних симуляторів. Saastamoinen і Nuutinen [7] представили фінську модель інтеграції LLM з периферійним III (англ. edge AI) у тактичні симулятори Сил оборони Фінляндії. Модель передбачає розгортання мовних моделей безпосередньо на серверах, наближених до підрозділів, що дозволяє генерувати адаптивні сценарії в реальному часі без залежності від хмарної інфраструктури.

Архітектура периферійного III є критичною для збройних сил, що діють в умовах деградованого або відсутнього зв'язку. ЗСУ, які ведуть бойові дії в умовах активної РЕБ противника, не можуть покладатися на хмарні LLM-сервіси для підтримки навчальних симуляцій. Фінська модель демонструє технічну можливість автономної III-підтримки wargaming на тактичному рівні навіть у зоні обмеженої конективності. Відкриті мовні моделі (Llama, Mistral та інші) можуть бути розгорнуті на серверному обладнанні ВВНЗ без залежності від комерційних платформ і з дотриманням вимог інформаційної безпеки.

Обмеження III-агентів та принцип «III як другий пілот». Емпіричні дослідження фіксують суттєві обмеження. Експеримент Lamparth та ін. [15], у якому LLM порівнювали зі 107 експертами-людьми у wargaming-сценаріях, продемонстрував: мовні моделі не відтворюють характерні патерни прийняття рішень людьми-гравцями. LLM схильні до надмірно раціональних, «підручникових» рішень, тоді як людські експерти демонструють евристики, інтуїцію та контекстозалежне судження, яке й становить сутність wargaming.

NATO Wargaming Handbook [1] фіксує: рішення у грі має залишатися за людиною – це конститутивний принцип.

За результатами конференції комендантів НАТО 2025 року сформульовано фундаментальну застерегу: надмірна залежність від ШІ-ад'юдикації ризикує підірвати саме ту компетенцію, яку wargaming покликаний розвивати – здатність до судження в умовах невизначеності. Формула «ШІ як другий пілот» означає: GenAI підсилює фасилітатора, прискорює генерацію сценаріїв і автоматизує рутинні аналітичні операції, але не замінює людське судження ані у процесі гри, ані у дебрифінгу. Для ВВНЗ, які лише починають впровадження wargaming, ця застерега має випереджальне значення: архітектуру інтеграції варто проєктувати від початку з урахуванням цього принципу, щоб уникнути пастки технологічної залежності на етапі масштабування.

Burkepile [10] запропонував концепцію «демократизації» wargaming через GenAI: ШІ-інструменти перетворюють wargaming з рідкісної події на інструмент постійної практики – подібно до того, як авіасимулятори перетворили підготовку пілотів зі спорадичних «нальотів» на щоденну рутину.

Імплікації для системи ПВО України. Сукупність проаналізованих напрямків засвідчує, що ШІ-трансформація wargaming відбувається зараз, у закладах РМЕ союзних держав. Для системи ПВО це створює і виклик, і можливість. Оцінка цифрового розриву за Таксономією СЗ НАТО [11] у частині освітніх і тренувальних технологій (ЕТЕЕ) демонструє масштаб відставання (табл. 2).

Таблиця 2

Цифровий розрив за підкатегоріями ЕТЕЕ, релевантними для wargaming

Підкатегорія	Зміст	Оцінка ВВНЗ	Еталон НАТО	Розрив
.05 Симуляції	САХ, конструктивна симуляція	~1,0	~4,0	Високий
.06 XR	VR/AR/MR, занурювальне навчання	~0,5	~4,0	Критичний
.12 ШІ	Адаптивне навчання, GenAI	0,0	~4,0	Критичний
Середня (12 підкатегорій)		0,75	4,0	

Джерело: оцінка авторів за Таксономією СЗ НАТО (НАТО АСТ, 2022)

У провідних закладах РМЕ НАТО три підкатегорії (.05 + .06 + .12) конвергують у єдину wargaming-архітектуру: GenWar Lab поєднує симуляцію, візуалізацію й ШІ-ад'юдикацію в одному середовищі. У системі ВВНЗ кожна з цих підкатегорій має оцінку «високий» або «критичний» дефіцит.

Відсутність успадкованих систем, яка є головною слабкістю, водночас відкриває можливість випереджального впровадження – інтеграції wargaming одразу з ШІ-підтримкою, минаючи етап дорогих платформ попередніх поколінь. Авторами розроблено трирівневу рамку інтеграції, де ШІ закладений від початку (рис. 2).

Рівень 1 (настільне wargaming, 2025–2026) є критичним не тому, що він найскладніший, а тому що створює інституційний фундамент, без якого ШІ-інтеграція неможлива. Матричні ігри та вільний Крігсшпіль не потребують ані ІТ-інфраструктури, ані спеціалізованого програмного забезпечення – лише підготовленого фасилітатора, якісний сценарій і 3–4 години навчального часу. Скандинавський досвід [12] підтверджує працездатність цього підходу: норвезька, шведська та данська академії будують wargaming-програми РМЕ переважно на настільних форматах і отримують доведений педагогічний ефект. Рамка передбачає підготовку першої когорти з 10–15 фасилітаторів через програму DEEP або курси Школи НАТО в Обераммергау (NSO) з подальшим масштабуванням за моделлю train-the-trainer: кожен підготовлений фасилітатор за рік здатний навчити 3–5 колег у своєму ВВНЗ. Без нормативного закріплення наказом Міністерства оборони України wargaming залишиться

ініціативою окремих викладачів – ризик, зафіксований RAND Europe [13] як головна загроза стійкості wargaming-програм у PME.

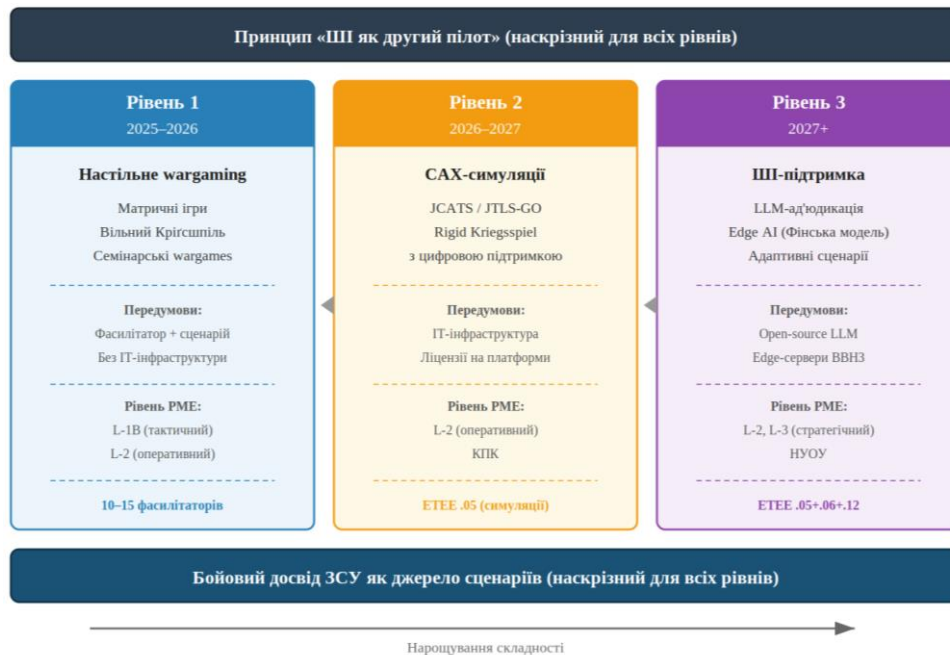


Рис. 2. Трирівнева рамка інтеграції wargaming у систему ПВО з ШІ-підтримкою (розроблено авторами)

Рівень 2 (САХ-симуляції, 2026–2027) додає комп'ютерне моделювання: платформи JCATS, JTLS-GO або їхні аналоги, доступні через програми НАТО, дозволяють моделювати дії у кількох доменах одночасно. Цей рівень відповідає підкатегорії ETEE .05 (системи симуляцій) і потребує IT-інфраструктури та підготовки САХ-фасилітаторів через Центр передового досвіду НАТО з моделювання і симуляцій (NATO M&S CoE, Рим).

Рівень 3 (ШІ-підтримка, 2027+) безпосередньо спирається на три проаналізовані напрямки. LLM-ад'юдикація (Напрямок 2) компенсує дефіцит кваліфікованих арбітрів – один фасилітатор із LLM-підтримкою може вести кілька ігрових столів одночасно. Периферійний ШІ (Напрямок 3) забезпечує автономність у зоні обмеженої конективності: відкриті мовні моделі (Llama, Mistral) розгортаються на серверах BVH3 без залежності від хмарних сервісів і з дотриманням вимог інформаційної безпеки. GenWar-подібна інтеграція LLM з симуляціями (Напрямок 1) відкриває перспективу генерації адаптивних сценаріїв через діалог природною мовою – функцію, яка радикально знижує поріг входження для викладачів без технічної підготовки. Ризики третього рівня – ШІ-галюцинації та надмірна залежність від технології – мітигуються принципом «ШІ як другий пілот»: кожен ШІ-генерований сценарій верифікується експертом з бойовим досвідом, а рішення у грі залишається за людиною.

Бойовий досвід ЗСУ після лютого 2022 року є наскрізним ресурсом для всіх трьох рівнів. На першому рівні офіцери-ветерани виступають авторами сценаріїв та арбітрами у форматі вільного Крігсшпілю, де ад'юдикація спирається на професійне судження, а не на таблиці. На третьому рівні цей досвід стає навчальним корпусом для LLM-ад'юдикатора: структуровані описи бойових епізодів – від багатодомених операцій до масового застосування безпілотників в умовах РЕБ – становлять цінність і для міжнародної спільноти PME НАТО, де Україна може стати не лише реципієнтом технологій, а й контрибутором сценаріїв.

III. Висновки

Проведене дослідження дало змогу систематизувати три ключові напрями ШІ-трансформації wargaming, які на сучасному етапі активно впроваджуються у закладах професійної військової освіти держав-членів НАТО. Перший напрям пов'язаний з інтеграцією великих мовних моделей із високоточними симуляційними системами, що реалізується, зокрема, у межах проєктів GenWar Lab та CGSC Vantage. Такий підхід забезпечує суттєве

скорочення часу підготовки сценаріїв – від тривалих циклів розроблення, що раніше вимірювалися місяцями, до автоматизованого створення сценарного контенту протягом хвилин, а також знижує поріг входження для користувачів, які не мають спеціальної технічної підготовки. Другий напрям стосується застосування LLM для ад'юдикації у форматі вільного Крігсшпілю, що дозволяє частково компенсувати дефіцит кваліфікованих арбітрів, який традиційно розглядається як один із головних бар'єрів масштабного впровадження wargaming у системі РМЕ. Використання генеративного ШІ у процесах оцінювання наслідків рішень розширює можливості проведення складних сценарних вправ за обмежених кадрових ресурсів. Третій напрям пов'язаний із розвитком периферійного штучного інтелекту, який забезпечує автономне функціонування мовних моделей без залежності від хмарної інфраструктури. Така архітектура є особливо релевантною для військових систем, що функціонують в умовах деградованого зв'язку та активного застосування засобів радіоелектронної боротьби. Водночас запланована стандартизація wargaming із ШІ-підтримкою у Командно-штабному коледжі Сухопутних військ США починаючи з 2026-2027 навчального року свідчить про перехід від експериментальних практик до інституціоналізованого використання таких технологій у системі професійної військової освіти.

Проведений авторами бібліометричний аналіз публікаційної вибірки бази даних Scopus (n=1954) додатково підтвердив тенденцію до конвергенції дослідницьких кластерів, пов'язаних із wargaming та методами штучного інтелекту. Зокрема, встановлено суттєве зростання публікаційної активності після 2020 року – від 25 публікацій на рік до 126, із максимальним показником 187 публікацій у 2024 році. Окремі дослідження, у яких результати функціонування LLM порівнювалися з діяльністю 107 експертів-людей, також демонструють зростання наукового інтересу до ефективності генеративного ШІ у процесах моделювання та прийняття рішень. У сукупності ці тенденції свідчать про те, що ШІ-орієнтований wargaming вже виходить за межі концептуальних прогнозів і поступово формує нові стандарти підготовки у сфері РМЕ.

Контент-аналіз 75 нормативно-правових актів системи ПВО зафіксував розрив між доктринальним визнанням (7 документів, 9%) і відсутністю методології, каталогів курсів (0 з ~5 600) та підготовлених фасилітаторів. Оцінка за Таксономією С3 НАТО – 0,75 бала при еталоні 4,0 – підтверджує системний характер відставання.

Запропонована тривірнева рамка розвитку wargaming (настільне wargaming → Computer Assisted Exercises, CAE → системи з ШІ-підтримкою) дозволяє розглядати наявні структурні обмеження не лише як проблему, а і як потенційну можливість для випереджального впровадження інноваційних підходів. Зокрема, відсутність значної кількості успадкованих технологічних систем створює передумови для інтеграції принципу «ШІ як другий пілот» уже на початкових етапах формування інфраструктури wargaming, замість подальшої складної адаптації існуючих платформ до нових технологічних вимог. У цьому контексті ключовим чинником ефективної трансформації виступає не стільки закупівля технологічних рішень, скільки формування інституційної основи впровадження wargaming, що передбачає підготовку фасилітаторів, розвиток методичної культури та нормативне закріплення відповідних форматів у каталогах курсів професійної військової освіти (ПВО). За відсутності такого організаційного та кадрового підґрунтя навіть високотехнологічні ШІ-платформи не забезпечуватимуть належної ефективності освітнього процесу.

Водночас зволікання із включенням системи ПВО до процесів ШІ-трансформації wargaming спричиняє поглиблення розриву між національною системою військової освіти та практиками держав-партнерів. Цей розрив має нелінійний характер, оскільки країни НАТО та союзні держави активно розвивають не лише прикладні практики використання ШІ у wargaming, але й формують відповідну дослідницьку базу, стандарти, методичні підходи та кадровий потенціал. Натомість участь України у цих процесах наразі здебільшого зберігає фрагментарний і пілотний характер, не охоплюючи повною мірою всі компоненти системи військової освіти та професійної підготовки.

IV. Список використаних джерел

- [1] HQ SACT, "NATO Wargaming Handbook," NATO, 2023. [Online]. Available: <https://paxsims.wordpress.com/wp-content/uploads/2023/09/nato-wargaming-handbook-202309.pdf>
- [2] S. Bondarenko and A. Hupalo, "Integration of AI in military education: Bibliometric analysis of global trends and priorities for Ukraine," *Military Education*, no. 2(52), pp. 9–31, 2025. doi: 10.33099/2617-1783/2025-52/9-31.
- [3] V. Hurochkina, S. Bondarenko, and T. Szapiro, "The implementation of artificial intelligence technologies in the military domain: Opportunities and risks," in 2025 15th Int. Conf. ACIT, pp. 965–974. doi: 10.1109/ACIT65614.2025.11185755.
- [4] N. J. van Eck and L. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, 2010. doi: 10.1007/s11192-009-0146-3.
- [5] T. J. Williams et al., "AI-Enabled Wargaming at the U.S. Army Command and General Staff College," *Small Wars Journal*, Jan. 2026. [Online]. Available: <https://smallwarsjournal.com/2026/01/16/ai-enabled-wargaming-cgsc/>.
- [6] T. Spahr, L. Mandle, and M. Stinchfield, "Back to the Basics in Wargaming – With a Little Help from AI," *War Room*, Sep. 2025. [Online]. Available: <https://warroom.armywarcollege.edu/articles/back-to-the-basics/>.
- [7] K. Saastamoinen and J. Nuutinen, "Next-generation readiness: Applying AI to military simulators and wargaming in Finland," *Procedia Computer Science*, 2025. doi: 10.1016/j.procs.2025.09.473.
- [8] E. M. Walters, "Wargaming in professional military education: Challenges and solutions," *J. Advanced Military Studies*, vol. 12, no. 2, pp. 81–114, 2021. doi: 10.21140/mcu.20211202003.
- [9] P. K. Davis and P. Bracken, "Artificial intelligence for wargaming and modeling," *J. Defense Modeling and Simulation*, pp. 1–16, 2022. doi: 10.1177/15485129211073126.
- [10] K. Burkepile, "Shall I Play a Game? Wargaming in PME," *War Room*, Mar. 2026. [Online]. Available: <https://warroom.armywarcollege.edu/articles/shall-i-play-a-game/>.
- [11] HQ Supreme Allied Commander Transformation, "C3 Taxonomy Baseline 6," ACT/DIR/DIV/TT-6492/SER:NU:1394, Dec. 9, 2022, 275 p.
- [12] C. F. Roennfeldt, D. E. Helgesen, and B. A. H. Reutz, "Developing strategic mindsets with matrix games," *Scandinavian J. Military Studies*, vol. 5, no. 1, pp. 257–268, 2022. doi: 10.31374/sjms.132.
- [13] L. Huxtable, K. Fedina, and O. Palicka, "How to integrate wargaming into professional military education," *RAND Europe*, 2024. [Online]. Available: <https://www.rand.org/pubs/commentary/2025/01/how-to-integrate-wargaming-into-professional-military.html>.
- [14] Johns Hopkins Applied Physics Laboratory, "Johns Hopkins APL Establishes AI Wargaming Lab to Boost Strategic National Security Analysis and Planning," JHU APL, Nov. 2025. [Online]. Available: <https://www.jhuapl.edu/news/news-releases/251030-genwar-lab>.
- [15] M. Lamparth, A. Corso, J. Ganz, J. Schneider, O. S. Mastro, and H. Trinkunas, "Human vs. Machine: Behavioral Differences between Expert Humans and Language Models in Wargame Simulations," in *Proc. AAAI/ACM Conf. AI, Ethics, and Society (AIES)*, vol. 7, pp. 807–817, Oct. 2024. doi: 10.1609/aies.v7i1.31681.

AI TRANSFORMATION OF WARGAMING IN PROFESSIONAL MILITARY EDUCATION: FROM GENWAR LAB TO EDGE AI

Mashtalir Vadym, Bondarenko Svitlana, Hupalo Andrii

ABSTRACT. Three directions of AI transformation of wargaming in NATO PME institutions are systematized: LLM integration with high-fidelity simulations (GenWar Lab, CGSC Vantage), LLM adjudication in Free Kriegsspiel (USAWC), and edge AI for tactical simulators (Finland). Content analysis of 75 Ukrainian PME regulatory acts and assessment against NATO C3 Taxonomy revealed a digital gap (0.75 vs 4.0). Implications for the Ukrainian PME system are identified considering the leapfrogging opportunity.

KEYWORDS: artificial intelligence, wargaming, professional military education, GenAI, edge AI, NATO.

CAS ТА AI ЯК ДИДАКТИКО-МЕТОДИЧНИЙ РЕСУРС ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ ТА ПРОФЕСІЙНОГО РОЗВИТКУ ВЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ

Мітельман Ігор¹, Папач Ольга²

¹КЗВО «Одеська академія неперервної освіти Одеської обласної ради», Одеса, Україна

²ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», Одеса, Україна

E-mail: i.m.mitelman@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації обґрунтовується ефективність agile-стратегій моделювання сценаріїв навчання та післядипломної освіти вчителів математики у вимірі синергії предметно-методичної й інформаційно-цифрової компетентності на основі штучного інтелекту та комп'ютерної алгебри й екосистем CAS+AI.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: вища педагогічна освіта, підвищення кваліфікації вчителів, agile-стратегії в освіті, штучний інтелект (AI), системи комп'ютерної алгебри (CAS).

I. Вступ

Трансформація сучасної освітньої парадигми потребує переосмислення традиційних підходів до навчання та професійного розвитку вчителя, а також пошуку нових методологічних засад. Динаміка цифровізації математичної освіти зумовлює перехід від епізодичного використання інформаційних технологій до формування дієвих дидактико-методичних екосистем.

У межах реалізації трудових функцій, визначених Професійним стандартом «Вчитель закладу загальної середньої освіти», затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 29.08.2024 № 1225 (Професійний стандарт), особливої ваги набуває здатність педагога інтегрувати штучний інтелект та системи комп'ютерної алгебри у щоденну практику для моделювання персоналізованого освітнього контенту.

Реалізація окреслених завдань передбачає поступове подолання суперечностей і усунення розриву між декларативним визнанням потенціалу цифровізації та браком її цілісних моделей. Актуальним є пошук шляхів синхронізації методичних ресурсів вищої та післядипломної освіти, спрямованих на формування готовності педагогів до роботи у високотехнологічному середовищі. Важливим завданням стає дослідження процесу трансферу AI-методик та CAS-інструментів із категорії технічних прийомів і засобів у категорію інтелектуальних асистентів студентів педагогічних університетів та вчителів математики.

II. Основна частина

Сучасні науковці описують динамічні моделі педагогічної освіти в парадигмі неперервного циклічного навчання – від бакалаврського до докторського рівня та підвищення кваліфікації. Зокрема, С. О. Скворцова досліджує значення контекстного навчання (відтворення реальних ситуацій) для реалізації освітньої траєкторії здобувачів вищої педагогічної освіти [5]. У роботі [1] формальні схеми контекстного навчання структурно уточнюються та розширюються на післядипломну педагогічну освіту, розглядаються крізь призму ефекту емерджентності й організації, взаємодії та компетентнісного наповнення *навчального / академічного, квазіпрофесійного* (для студентів), *agile-професійний* (для практикуючих освітян), *навчально-професійного* та *результуючого* сегментів, сфокусованих на поточному й перспективному суб'єктно-об'єктному статусах.

Варто підкреслити, що у практиці неперервної освіти вчителів місце *квазіпрофесійного* сегмента займає *agile-професійний*. Модифікований для освітнього середовища інструментарій *agile* орієнтується насамперед на створення *робочого продукту* та розвиток компетентностей, які відразу застосовуються на практиці. Це найбільш відповідає запитам слухачів післядипломної педагогічної освіти. У статті [3] виокремлено та визначено поняття дидактичного ресурсу освітніх *agile-стратегій* у кластері неперервної освіти.

Педагогічний дизайн контекстного навчання студентів закладів вищої педагогічної освіти та слухачів курсів підвищення кваліфікації має бути спрямований на максимально оперативну трансформацію основного робочого продукту ATLM (Agile Teaching / Learning Methodology) [8], створеного під час занять, у робочий (квазіробочий) XP (eXtreme Pedagogy)-продукт [7]. Такий продукт може набувати форми дидактико-методичних комплексів, їхніх прототипів або

інших дієвих інструментів. В умовах актуальних форматів освітнього процесу забезпечити необхідну оперативність здатна лише синергія предметно-методичної компетентності А2 та інформаційно-цифрової компетентності А3, нормативно закріплених у межах спільної трудової функції А «Навчання здобувачів освіти предметів (інтегрованих курсів)» Професійного стандарту.

Реалізація окреслених методологічних засад у сучасних умовах постає безальтернативною стратегією як для підготовки майбутніх учителів [6], так і для професійного зростання працюючих педагогів. Йдеться не про фрагментарне використання інформаційних технологій і навіть не лише про ІТ-наповнення у предметно-методичного компетентнісного профілю, а про створення принципово нової бази дидактико-методичного проектування.

Педагогічні працівники всіх рівнів та студенти педагогічних закладів вищої освіти мають не лише вибудовувати власну траєкторію використання ІКТ і, особливо, штучного інтелекту для накопичення знань, умінь і навичок, а й розвивати професійну майстерність у модерації застосування цифрових інструментів та глобального цифрового середовища для інноваційних практик викладання. Усвідомлення цього дедалі більше утверджується в системі освіти, адже якість і можливості алгоритмів AI невпинно зростають, і його вже сприймають як потенційного конкурента викладачів.

Водночас проведене у 2024 році опитування серед викладачів українських університетів [10] засвідчило помітний дисонанс між толерантним ставленням до AI-технологій (позитивним або нейтральним – по 43,6 %) та рівнем їх практичного застосування. Було встановлено, що 30,4 % респондентів ніколи не використовували AI у своїй діяльності, тоді як щоденно до цих інструментів зверталися лише 5,4 %, а щотижнево – 15,2 %. Самооцінка володіння навичками у сфері AI продемонструвала переважно середній (41,4 %) чи низький (33,5 %) рівні, при цьому частка викладачів із дуже низьким рівнем становила 20,7 %.

Ця тенденція стала викликом для системи педагогічної освіти й породила комплексний запит: навчання працюючих учителів комфортній та коректній співпраці зі штучним інтелектом як дидактико-методичним і науковим асистентом; впровадження AI-методик у всі сегменти підготовки студентів педагогічних університетів до майбутньої професійної діяльності; відповідне проактивне оволодіння студентами доброчесними AI-стратегіями навчання / вчення.

Такий досвід набувається й удосконалюється під час синхронізації та взаємодії систем і функціональних ресурсів вищої педагогічної та післядипломної освіти на основі співпраці Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського та Одеської академії неперервної освіти. Формування й корекція компетентнісної готовності майбутніх і працюючих учителів математики до професійної діяльності в цифровому середовищі, збагаченому моделями штучного інтелекту, здійснюється через змістове наповнення фахових дисциплін і вибіркового курсів, програм підвищення кваліфікації, проведення спільних семінарів та практикумів. Освітній процес зі студентами та вчителями зорієнтовано на опанування можливостей AI для оптимізації й автоматизації рутинних завдань, інтенсифікації підготовки до уроків і позакласних заходів, тематичного планування та моделювання персоналізованих освітніх сценаріїв.

Значна увага приділяється поєднанню Google Classroom з Edpuzzle та Quizizz AI для адаптації змісту занять до пізнавальних інтересів учнів. Аналізується функціонал платформ Khan Academy та Duolingo Math, які дозволяють діагностувати рівень підготовки, виявляти прогалини у знаннях та пропонувати індивідуальні корекційні маршрути. Такий інструментарій може стати основою для визначення причин неуспішності та підтримки математичної обдарованості учнів через персоналізацію навчального контенту, що формує базу диференційованого навчання в умовах Нової української школи.

Під час виконання практичних і контрольних робіт здобувачі освіти опановують технології **AI prompt creation** для генерації багатоваріативних диференційованих завдань до конкретних тем і розділів курсу математики, а також для створення порівняльних таблиць та інтелект-карт (MindMeister, XMind). Це дозволяє візуалізувати й структурувати внутрішньопредметні та

міжпредметні дидактико-методичні зв'язки. Приклади проєктування математичних кейсів із використанням інструментів мультимодальної AI-моделі Gemini можуть пропонуватися як робочий agile-продукт методичного супроводу формування когнітивної адаптивності учнів основної школи з метою подолання інтелектуальної інерції [4, 9].

На часі посилення педагогічного фокусування не лише на використанні моделей штучного інтелекту, реалізованих на алгоритмах «прямого програмування» чи нейромережових принципах класифікації та прогнозування, але й на можливостях AI, побудованого на основі машинного навчання – «самостійного» знаходження штучним інтелектом закономірностей у великих масивах даних засобами оптимізації, математичної статистики та теорії ймовірностей.

Математична освітня галузь характеризується сучасним потенціалом **CAS (Computer Algebra Systems)** – програмних систем (алгоритмів, середовищ тощо), здатних виконувати символічні математичні обчислення, працювати з виразами, формулами, рівняннями, нерівностями та функціями, генеруючи розв'язки в явному «аналітичному» вигляді. Деякі CAS інтегровані з моделями штучного інтелекту, а окремі AI-моделі мають власні «вбудовані» системи комп'ютерної математики, що майже не поступаються таким визнаним платформам, як WolframAlpha чи GeoGebra.

Цей симбіоз суттєво вплинув на ставлення до легальності та сутності цифрової допомоги у розв'язуванні складних і олімпіадних задач з математики, а також на доцільність проведення дистанційних інтелектуальних змагань, які свого часу відіграли позитивну роль у роботі з математично обдарованими учнями Одеської області [2]. Ця проблематика вже знайшла відображення в нових програмах підвищення кваліфікації вчителів математики на базі кафедри методики викладання і змісту освіти Одеської академії неперервної освіти.

Учителі удосконалюють навички розв'язування задач із використанням CAS-інструментів (у першу чергу WolframAlpha, GeoGebra, Desmos) не лише як математичних «розв'язників», а й як методичних асистентів. Велика увага приділяється проблемному та евристичному навчанню: візуалізації задачних сюжетів і математичних об'єктів (зокрема графіків функцій, які неможливо зобразити ескізно), моделюванню задач із параметрами, класифікації випадків, виявленню неочевидних закономірностей, комп'ютерним експериментам, формуванню гіпотез із подальшими доведеннями.

І викладачі академії, і слухачі курсів підвищення кваліфікації переконані, що сьогодні слід говорити не лише про окремі платформи та інструменти комп'ютерної математики, а про **дидактико-методичні екосистеми CAS+AI** як нову компетентнісну доповнену навчальну й педагогічну реальність. У такій екосистемі компоненти підсилюють і контролюють одне одного через додаткові запити (завдання), ініційовані в діалозі між учителем та учнями. Це принципово важливо для міжособистісної комунікації, ризику зниження ролі якої в умовах цифровізації освіти відзначають українські та зарубіжні вчені.

Вагомого значення для формування математичних компетентностей і розвитку критичного мислення в контексті комп'ютерно-орієнтованого навчання математики набувають специфічні кейси, в яких цифрові інструменти (AI та CAS) припускаються неочевидних помилок. Демонстрація таких ситуацій, їх аналіз, виявлення причин і методичне опрацювання стають потужним дидактичним ресурсом та регулятором взаємодії учасників освітнього процесу. Методичні профілі CAS-інструментів та CAS+AI-середовищ як **math exploratory tools** (інструменти дослідження), а не лише **math solver tools** (інструменти розв'язування), мають більш активно впроваджуватися на всіх етапах підготовки студентів-математиків педагогічних університетів. Це забезпечить широку залученість і професійну готовність майбутніх учителів до оновленої математичної освітньої галузі.

III. Висновки

Цифрова трансформація математичної освіти зумовлює перехід від епізодичного використання ІКТ до створення цілісних дидактико-методичних екосистем на платформах CAS+AI. Синергія систем комп'ютерної алгебри та штучного інтелекту стає базовим ресурсом для реалізації персоналізованих освітніх траєкторій у системі неперервної підготовки педагогів-математиків.

Застосування agile-стратегій забезпечує оперативне перетворення теоретичних напрацювань у реальні професійні освітні продукти, що підвищує готовність учителів до інноваційної діяльності. Використання інтегрованого інструментарію як методичного асистента зміщує акценти з репродуктивного навчання на проблемно-дослідницьке та евристичне.

Такий підхід не лише інтенсифікує освітній процес, а й визначає формування когнітивної адаптивності майбутніх і практикуючих фахівців у сучасному високотехнологічному середовищі.

IV. Список використаних джерел

- [1] О.М. Задоріна, І.М. Мітельман, О.І. Папач, “Питання підготовки майбутніх учителів математики до інтеграції в систему післядипломної педагогічної освіти”. *Нова педагогічна думка*, т. 111, № 3, с. 81–90, 2022. doi: <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2022-111-3-81-90>
- [2] О.М. Задоріна, І.М. Мітельман, О.І. Папач, “Розвиток предметно-методичної компетентності вчителя математики в дидактичному контексті дистанційних інтелектуальних змагань”. *Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Професійна компетентність педагога: методологія, теорія, методика, практика»*, м. Одеса, 7 листопада 2025 р., с. 214–217.
- [3] І.М. Мітельман, “Дидактичні ресурси agile-стратегій підготовки вчителів до роботи з математично обдарованими учнями”. *Наша школа: науково-практичні студії*, № 1(1), с. 65–73, 2023. doi: <https://doi.org/10.61339/2786-6947.2023.1.286305>
- [4] О.І. Папач, Ю.М. Дзюба, “Методика проєктування математичних кейсів засобами штучного інтелекту як інструмент розвитку когнітивної гнучкості учнів 5–9 класів”. *Актуальні питання у сучасній науці. Серія «Педагогіка»*, № 2(44), с. 1791–1806, 2026. doi: [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-2\(44\)-1791-1806](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-2(44)-1791-1806)
- [5] С.О. Сковцова, “Формування професійної компетентності майбутнього вчителя на засадах контекстного навчання”. *Психолого-педагогічні проблеми сільської школи: збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини*, вип. 35, с. 66–71, 2010.
- [6] Л. Хоменко, “Напрямки цифровізації професійної підготовки майбутніх учителів математики та фізики: зарубіжний та український досвід”. *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини*, вип. 2, с. 145–153, 2023. <https://doi.org/10.31499/2307-4906.2.2023.282520>
- [7] R. Andersson, L. Bendix, “eXtreme teaching: A framework for continuous improvement”. *Computer Science Education*, vol. 16, no. 3, pp. 175–184, 2006.
- [8] A. Chun, “The agile teaching / learning methodology and its e-learning platforms”. in *Lecture Notes in Computer Science LNCS – Advances in Web-Based Learning*, vol. 3143, pp. 11–18, 2004.
- [9] M. Hickendorff, J. McMullen, and L. Verschaffel, “Mathematical flexibility: Theoretical, methodological, and educational considerations”. *Journal of Numerical Cognition*, vol. 8, no. 3, pp. 326–334, 2022. doi: <https://doi.org/10.5964/jnc.10085>
- [10] S. Skvortsova, T. Symonenko, T. Britskan, O. Onoprienko, and R. Romanysyn, “Artificial Intelligence in the Professional Activity of a University Lecturer in Ukraine: Realities and Prospects”. *Proc. 2nd Int. Workshop on Artificial Intelligence Systems in Education* (co-located with 23rd Int. Conf. of the Italian Association for Artificial Intelligence), Bolzano, Italy, Nov. 26, 2024. [Online]. Available: https://ceur-ws.org/Vol-3879/AIxEDU2024_paper_14.pdf

CAS AND AI AS A DIDACTIC-METHODOLOGICAL RESOURCE FOR THE INITIAL PREPARATION AND PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF MATHEMATICS TEACHERS

Mitelman Igor, Papach Olga

ABSTRACT. The publication demonstrates the effectiveness of agile strategies for modeling learning and in-service education scenarios for mathematics teachers through the synergy of subject-methodological and digital competence, based on AI, computer algebra, and the CAS+AI ecosystem.

KEYWORDS: higher pedagogical education, teacher professional development, agile strategies in education, artificial intelligence (AI), computer algebra systems (CAS).

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДТРИМКИ У РОБОТІ ПРАКТИЧНОГО ПСИХОЛОГА

Михайліченко Микола¹, Ганжала Ірина²

¹Український науково-методичний центр практичної психології і соціальної роботи НАПН України, Київ, Україна

²Школа І-ІІІ ступенів №248 Деснянського району м. Києва, Україна

E-mail: mnv_2008@ukr.net

АНОТАЦІЯ. Обґрунтовано роль ШІ як допоміжного інструменту практичного психолога. Систематизовано три напрями впровадження. Розглянуто етичні виклики: конфіденційність, алгоритмічну упередженість, збереження терапевтичного альянсу. Підкреслено роль як помічника психолога, а не заміниці живої взаємодії.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, практичний психолог, психологічна допомога, чат-боти, етика ШІ.

I. Вступ

Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту (ШІ) відкриває принципово нові можливості для різних галузей людської діяльності, зокрема для психологічної практики. Трансформація сучасного соціокультурного простору, що зумовлена стрімким розвитком генеративних моделей та аналітичних алгоритмів, ставить перед практичною психологією виклик переосмислення традиційного інструментарію.

В умовах дефіциту часу та зростаючого запиту на психологічну допомогу, особливо у кризових та поствоєнних контекстах, ШІ перестає бути зовнішньою технологією і стає внутрішнім ресурсом професійної діяльності. Проте інтеграція ШІ в роботу практичного психолога потребує не лише технічного освоєння.

Постає закономірне актуальне питання: як теоретично обґрунтувати алгоритмізацію процесів разом з кореляцією її з фундаментальними засадами гуманістичної психології та етики? В умовах воєнного сьогодення фізичних і психологічних загроз практичному психологу треба опрацьовувати великі масиви інформації, вести документацію, здійснювати первинну діагностику та надавати підтримку між сесіями. Саме в цих аспектах ШІ здатний виступати ефективним допоміжним інструментом, що не замінює фахівця, але суттєво розширює його можливості.

Проблема інтеграції цифрових технологій у структуру психологічної допомоги перебуває у фокусі уваги провідних українських науковців, які досліджують трансформацію професійної діяльності в умовах цифровізації освіти.

Вагомий внесок у концептуалізацію цього питання зробили фахівці Національної академії педагогічних наук України, зокрема вчені В. Г. Панок, О.М. Спірін, О.І. Ляшенко, С.Г. Литвинова, Ю.І. Мальований, О.П. Пінчук, О.М. Соколюк, які досліджують психолого-педагогічні аспекти використання ШІ в освітньому процесі [1; 2].

Так, психологічні функції ШІ у сучасному суспільстві, згідно з аналізом В. Г. Панка, можна структурувати за трьома ключовими напрямками. По-перше, ШІ як пошукова система забезпечує швидкий доступ до інформації, проте через алгоритми таргетованості (фільтри за геолокацією, віком, історією запитів) створює лише суб'єктивну та «усереднену» модель споживача. Це призводить до тиражування наукових міфів та викривлення первинних знань, оскільки ШІ не навчається, а лише «прилаштовується» до запитів. По-друге, функція генератора текстів дозволяє створювати контент, що технічно перевершує людський, проте несе ризики «смерті автора» та анонімності наративу. У науковому дискурсі це загрожує розчиненням смислів у суб'єктивних інтерпретаціях, а в художньому є загроза втрати емоційного забарвлення через «холодність» машинної логіки. По-третє, ШІ як учасник діалогу базується на методології «дерева рішень» та теорії ймовірностей. Попри здатність імітувати людську мову та генерувати десятки інтонацій, машина позбавлена справжніх емоцій та інтуїції. Вона не здатна свідомо обрати варіант, який створює необхідний емоційний фон і справжнє взаєморозуміння, що є критичним для психологічної практики. Таким чином, ШІ виступає потужним раціональним інструментом, проте його функціональні межі закінчуються там, де починається емпатійна взаємодія [2].

У контексті сучасних наукових досліджень виникає наукова потреба у визначенні того, які саме функції практичного психолога можуть бути безпечно автоматизовані, а які є основою і осердям професійної ідентичності, де присутність людини є незамінною. Тож якою є роль ІІІ у процесі інтерпретації складних діагностичних профілів, ведення тривалої психокорекційної документації та наданні психологічної підтримки і допомоги учасникам освітнього процесу?

II. Основна частина

Аналіз сучасних досліджень щодо практичного застосування технологій штучного інтелекту в психологічній діяльності дозволяє виокремити низку принципових положень, актуальних для роботи практичного психолога. Для усвідомлення проблеми дослідження, на нашу думку, важливим є офіційний лист МОН України № 1/20386-25 від 29 вересня 2025 року, який розкриває інструктивно-методичні рекомендації щодо запровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти». По-перше, він легітимізує використання ІІІ в освітньому середовищі на державному рівні, що безпосередньо стосується й практичного психолога закладу освіти як учасника освітнього процесу. По-друге, рекомендації містять розділ про соціально-емоційний супровід уроку, підтримку учнів з особливими освітніми потребами, арттерапевтичні практики за допомогою ІІІ, оскільки усе це є частиною компетенцій шкільного психолога. По-третє, документ чітко формулює принципи відповідального та етичного використання ІІІ (конфіденційність, захист даних, людський контроль, академічна доброчесність), що перегукується з етичними аспектами нашої статті [3].

Науковиці Сумського державного університету Ю. Типтюк та Т. Іванова на основі сучасних досліджень впровадження технологій ІІІ в психологічну практику систематизують їх за трьома концептуальними напрямками, що відрізняються за рівнем автономності системи, характером взаємодії з користувачем та функціональним призначенням.

Перший напрям репрезентований цифровими асистентами для самопомогі, орієнтованими на психоедукацію, розвиток навичок самоспостереження та забезпечення первинної емоційної підтримки. Ключовою перевагою зазначених систем є їхня доступність: користувач отримує цілодобовий безкоштовний доступ до верифікованих психологічних технік, зокрема дихальних вправ, практик усвідомленості, методів когнітивної реструктуризації та протоколів емоційної стабілізації. Такі інструменти функціонують як допоміжний ресурс між сесіями фахової допомоги, знижуючи поріг звернення по підтримку.

Другий напрям представлений чат-ботами-консультантами, що відтворюють структуру психологічного консультування або психотерапевтичного діалогу засобами генеративного штучного інтелекту. На відміну від систем першого напрямку, вони реалізують більш складні функції: автоматизований аналіз емоційного стану, первинне скринінгове діагностування та динамічний моніторинг настрою користувача в часі. Означені системи здатні адаптувати терапевтичні стратегії відповідно до поточного емоційного профілю клієнта, що наближає їх до персоналізованих форм цифрового втручання.

Третій напрям передбачає інтеграцію ІІІ як допоміжного інструменту безпосередньо в клінічну та консультативну практику фахівця. У цьому контексті технології виконують функції психодіагностики, аналізу поведінкових патернів, об'єктивізації емоційних реакцій та автоматизованого формування індивідуалізованих терапевтичних планів. Результати досліджень засвідчують, що алгоритми машинного навчання здатні здійснювати комплексний аналіз медичної документації, ідентифікувати фактори психологічного ризику та генерувати персоналізовані плани втручання, що суттєво підвищує ефективність та доказовість прийнятих клінічних рішень [4].

Науковці М. Мельник, А. Малиношевська та К. Андросович у своєму дослідженні переконливо демонструють, що ІІІ-технології здатні суттєво розширити терапевтичні можливості фахівця, забезпечуючи безперервність психологічного супроводу клієнта в міжсесійний період, автоматизуючи діагностичні процедури та персоналізуючи терапевтичні втручання відповідно до індивідуального профілю кожного клієнта [5]. Особливої уваги заслуговує концепція ступінчастої моделі надання психологічної допомоги, в якій ІІІ-

інструменти посідають проміжну функціональну ланку між самопомогою та повноцінною індивідуальною психотерапією. Саме така модель є надзвичайно релевантною в умовах обмеженого доступу населення до кваліфікованих фахівців, що особливо актуально для сучасного українського контексту в умовах воєнного часу.

Дослідники наводять верифіковані клінічними дослідженнями приклади ШІ-інструментів: чат-боти MYLO, Wysa, XiaoNan, додаток Zuri, ефективність яких підтверджена рандомізованими контрольованими дослідженнями. Це засвідчує їхній реальний терапевтичний потенціал, а не лише декларативні можливості. Принципово важливим для практичного психолога є й інший аспект, що його розкривають автори. Алгоритми машинного навчання здатні здійснювати проактивний моніторинг психоемоційного стану клієнта на основі даних поведінкових трекерів і мобільних додатків. Відбувається прогнозування можливих кризових станів та загострень симптомів із точністю, що у випадку виявлення ПТСР і хронічного стресу досягає 90%, а це відповідно відкриває якісно нові можливості для своєчасного клінічного втручання.

Знову ж таки, вкрай важливо, що автори наголошують на необхідності критичного ставлення фахівця до результатів роботи ШІ-систем. Упередженість алгоритмів унаслідок нерепрезентативності навчальних даних, обмеженість можливостей ШІ в атипових і складних клінічних випадках, а також відсутність усталених регуляторних стандартів і механізмів верифікації клінічної валідності ШІ-інструментів – це саме ті реальні ризики, що потребують від практичного психолога сформованої фахової позиції, чіткого розуміння меж застосування технологій та неухильного дотримання етичних принципів конфіденційності й інформованої згоди клієнта [5].

Беззаперечним є той факт, що практичне значення цифрових і ШІ-інструментів для роботи практичного психолога в сучасному українському освітньому та реабілітаційному просторі важко переоцінити. Вони системно змінюють саму логіку фахової діяльності шляхом реєстрації окремих подій до аналітичного супроводу та стратегічного планування психологічної допомоги.

Серед вітчизняних цифрових рішень привертає увагу Автоматизована інформаційна система «Я-ПСИХОЛОГ», розроблена для полегшення роботи психолога та соціального педагога, що містить інтегровану систему методик, тестів і діагностичних інструментів, затверджених МОН України. Практичне значення цього інструменту для фахівця є багатовимірним з декількох причин. Насамперед, система забезпечує цифровізацію повного діагностичного циклу через проведення масових обстежень з автоматичною обробкою результатів, формує екосистему звітності відповідно до нормативних вимог МОН. Завдяки динамічним графікам розвитку дитини система реалізує функцію предиктивної аналітики, що дозволяє фіксувати негативні тенденції такі, як ризики булінгу, депресивні стани, дезадаптацію на ранніх, ще докризових етапах [6].

В умовах воєнного стану принципово зростає значення цифрових інструментів реабілітаційного напрямку. Технологія VR-терапії активно застосовується фахівцями в роботі з пацієнтами, що мають стрес-асоційовані розлади, зокрема ПТСР та розлади адаптації, а також посткомоційний синдром і тривожно-депресивні розлади. При цьому, як засвідчують дослідники, власне VR-програми психологічної реабілітації, де пацієнти за допомогою шоломів потрапляють у безпечне середовище з прописаними сценаріями «безпечного місця» та спеціальними вправами, дозволяють мозку сприймати цей досвід не як умовну картинку, а як власну реальність, що якісно підвищує ефективність опрацювання травматичного матеріалу. З 2025 року в Україні реалізується спеціальна навчальна програма для психологів і психотерапевтів з лікування ПТСР воєнного часу методом VRET як віртуальної реальності в експозиційній терапії, що свідчить про інституційне визнання цього підходу [7].

Окремої уваги заслуговують чат-боти першої психологічної допомоги. Виокремимо такі, як бот «Друг. Перша допомога» у Telegram (t.me/friend_first_aid_bot), розроблений на науково доведених протоколах і здатний оперативно надавати психологічну підтримку у стресовій ситуації, а також платформа AI PSY HELP (ai.psychelp.info), що забезпечує цілодобову

підтримку на основі штучного інтелекту. Ці інструменти є своєрідними цифровим календарем самопомогі клієнта в міжсесійний період.

Нарешті, вже відомі великі мовні моделі Claude, ChatGPT, Gemini відкривають якісно новий вимір професійної підготовки. За їхньої допомоги психолог може здійснювати анонімний аналіз складних клінічних кейсів без введення персональних даних, проводити дослідження альтернативних терапевтичних стратегій у межах обраної парадигми як от КПТ, гештальт-терапії, EMDR. Це фактично виконує функцію доступного цілодобового цифрового супервізора. Як бачимо, практичне впровадження зазначених цифрових рішень необхідне для моделі психологічної служби нового покоління. Чому? Бо тут технології не підміняють фахову компетентність, а системно її розширюють, підвищуючи охоплення, точність діагностики, безперервність супроводу та доказовість прийнятих клінічних рішень.

Теоретичне підґрунтя для розуміння механізмів і меж такого «цифрового супервізорства» окреслює фундаментальне дослідження вчених-психологів В. Панка, А. Шевченка, М. Назара та інших співавторів, присвячене методологічним засадам розроблення навчально-психологічних чат-ботів. Автори переконливо обґрунтовують, що ефективний ШІ-інструмент у психологічній практиці має базуватися на емпірично верифікованих методах. Головним чином – це когнітивно-поведінкова терапія, мотиваційне інтерв'ю, поведінкова активація, практика усвідомленості, когнітивна реструктуризація, адаптованих для безпечного використання без безпосереднього нагляду фахівця [8].

Таке принципове методологічне положення дозволяє практичному психологу підходити до великих мовних моделей не як до ситуативного допоміжного засобу, а як до структурованого інструменту фахової рефлексії. Ми запитуємо ШІ про альтернативні терапевтичні стратегії в межах конкретної парадигми. Як результат психолог фактично відтворює логіку супервізійного діалогу, де його власна клінічна гіпотеза перевіряється через зіставлення з доказовою базою. Водночас дослідники наголошують на ризиках фундаментальних обмежень, оскільки чат-бот не є суб'єктом терапевтичних відносин і не здатний відтворити терапевтичний альянс, інтуїтивне розуміння та живий емпатійний контакт, що становлять серцевину психологічної практики. Важливо, що автори формулюють чіткі етичні вимоги, які є прямою настановою для практичного психолога при використанні будь-яких ШІ-інструментів у фаховій діяльності. Украй важливими є: обов'язкова конфіденційність даних користувача, точність та об'єктивність інформації, що надається, наявність механізмів скерування до кризових служб підтримки та категорична заборона на впровадження методів без верифікованої доказової бази [8].

Вказане вище посилює наше переконання в тому, що інтеграція великих мовних моделей у фахову підготовку і практичну діяльність психолога має бути не стихійним технологічним трендом, а методологічно осмисленим процесом, що потребує від фахівця чіткого розуміння функціональних меж ШІ, критичного ставлення до його рекомендацій та неухильного дотримання етичних стандартів професійної діяльності. Отож це і будуть умови застосування, де цифровий інструмент стає справжнім ресурсом розвитку фахової компетентності, а не джерелом додаткових ризиків для клієнта.

III. Висновки

Інтеграція ШІ в психологічну практику, попри очевидні технологічні переваги, окреслює коло складних етичних дилем, що потребують розв'язання на рівні як окремого фахівця, так і професійної спільноти. Беззаперечно, що слід надалі досліджувати і виокремити базові принципи відповідального використання ШІ в освітньому середовищі, де посилена необхідність забезпечення конфіденційності, прозорості та фахового людського контролю над результатами роботи систем штучного інтелекту.

Враховуючи вище викладене, узагальнимо, які ж критичні рамки етико-психологічних меж використання ШІ-технологій у роботі практичного психолога?

По-перше, проблема конфіденційності та захисту персональних даних. Передача чутливої інформації до хмарних сервісів створює ризики несанкціонованого витоку даних. У контексті цифрової трансформації психолог зобов'язаний не лише отримати поінформовану згоду

клієнта, а й детально роз'яснити механізми обробки інформації. Як зазначає В. Г. Панок [2], ІІІ за своєю суттю є «пошуковою системою», що оперує масивами даних на віддалених серверах, тому деперсоналізація запитів стає обов'язковою умовою професійної етики. Педагогічні та психологічні працівники не повинні вводити персональні, конфіденційні або таємні дані у будь-яку систему штучного інтелекту без попереднього дозволу, а використання ІІІ-інструментів має відповідати чинному законодавству про захист персональних даних.

По-друге, алгоритмічна упередженість (bias). Оскільки більшість ІІІ-систем навчені на масивах даних країн із високим рівнем доходу, існує ризик отримання некоректних або дискримінаційних рекомендацій для представників інших культур. Це корелює з тезою В. Г. Панка про «куцу та усереднену» природу ІІІ-інформації, розраховану на «середньостатистичну» людину. Критичне ставлення фахівця до результатів автоматизованого аналізу є запобіжником проти тиражування технологічних помилок. Для практичного психолога це означає, що жодний діагностичний висновок чи терапевтична рекомендація, сформована ІІІ-системою, не може бути прийнята без критичного фахового осмислення та верифікації через перевірені джерела.

По-третє, ризик трансформації терапевтичного альянсу та формування залежності. Цілодобова доступність ІІІ-асистентів може провокувати нездорову прихильність клієнта до технології, знижуючи мотивацію до реальної міжособистісної взаємодії. В. Г. Панок наголошує на відсутності у ІІІ емпатії та інтуїції, тих якостей, що є фундаментом терапії. Психолог має чітко розмежувати ролі, де ІІІ може бути інструментом самодопомоги, а де він не є суб'єктом терапевтичного контакту.

По-четверте, питання професійної відповідальності. Юридична невизначеність щодо розподілу відповідальності за рекомендації ІІІ у разі завдання шкоди клієнту залишається невирішеною на законодавчому рівні проблемою в Україні. Оскільки ІІІ позбавлений емоційної регуляції та здатності до морального вибору, кінцева відповідальність за інтерпретацію та застосування результатів роботи алгоритмів завжди покладається на людину-фахівця. Рекомендації МОН [3] своєю чергою наголошують на тому, що результати роботи ІІІ мають піддаватись аналізу та перевірці задля запобігання упередженості та дезінформації, а також редагуванню й адаптації людиною», що фактично закріплює принцип фахової відповідальності психолога за будь-яке рішення, прийняте із залученням ІІІ-інструментів.

Отже, етична експлуатація ІІІ в практичній психології можлива лише за умови збереження антропоцентричного підходу, де технологія виступає «когнітивним екзоскелетом», а не заміною етично відповідальної особистості психолога.

Якщо перекласти ці тези на мову щоденної практики, то головні питання, над якими замислюється практичний психолог, звучать наступним чином.

1. *Де закінчується цифра і починається людина?* Використовуючи ІІІ для обробки тестів чи написання звітів, психолог має постійно запитувати себе: «Чи не втрачаю я за графіками та алгоритмами живу дитину/клієнта?». Роздум тут має точитися навколо того, як залишити за собою функцію емпатичного свідка, який бачить те, що не здатна виокремити жодна машина, зокрема інтуїтивні прояви, відтінки почуттів та унікальність особистісного болю.

2. *Чи є я критичним фільтром для «цифрових міфів»?* Психолог має усвідомити свою роль як експерта-верифікатора. ІІІ схильний до галюцинацій та спрощень (як у прикладі В.Г. Панка з пірамідою А. Маслоу). Чи вистачає моєї фундаментальної освіти, щоб помітити помилку в машинному аналізі? Чи не стаю я заручником зручних, але хибних алгоритмів? Це буде професійний роздум про інтелектуальну чесність і постійне навчання.

3. *Як зберегти терапевтичний альянс у цифровому світі?* Коли клієнт приходить на сесію, наповнений порадами від чат-бота, психолог має думати: «Як я можу конкурувати з цілодобовою доступністю та ідеальною ввічливістю ІІІ?». Це спонукає до роздумів про цінність автентичного людського контакту. ІІІ може дати раду, але він не може бути поруч. Психолог має зміцнювати саме ту частину своєї роботи, де він є суб'єктом стосунків, а не просто джерелом інформації. В.Г. Панок та співавтори [8] пропонують конкретний

методологічний механізм вирішення цієї проблеми: чат-бот має бути налаштований на «заохочення офлайн-активностей», формування «звички здорового використання», а функція симуляції психологічної підтримки повинна завжди містити вбудований механізм скерування користувача до живого фахівця у разі погіршення стану. Таким чином, цифровий інструмент проєктується як тимчасовий місток до реальної терапії, а не як її заміник.

4. *Хто несе відповідальність за «цифровий слід» клієнта?* Це роздум про професійне сумління. Кожного разу, вводячи дані в систему, фахівець має думати про безпеку клієнта через 5 або 10 років. Питання «Чи достатньо я зробив, щоб ця інформація не зашкодила людині в майбутньому?» є вираженням професійної позиції психолога. Це перехід від формального дотримання правил конфіденційності до глибокого розуміння етичного обов'язку.

5. *Чи не стаю я «анонімним переписувачем»?* З огляду на ризик «смерті автора», про який пише В. Г. Панок, практик має задуматися: «Скільки в моїх висновках залишилося мене самого, мого досвіду, моїх спостережень, моєї душі?». Це роздум про збереження авторського стилю в роботі, про те, щоб не дозволити ШІ нівелювати особистість фахівця, перетворюючи його на оператора системи. Важливо не втратити унікальність професійного висновку, особистісний «підпис», дотик фахівця, живий контекст, який зрозумілий лише людині, що бачила клієнта в очі.

Таким чином, етична рефлексія щодо застосування штучного інтелекту в психологічній практиці є не факультативним доповненням до фахової компетентності, а має стати її невід'ємною складовою. І вітчизняні нормативні документи, і результати новітніх досліджень однозначно вказують: відповідальне впровадження ШІ можливе лише за умови сформованої критичної позиції фахівця, прозорості у відносинах з клієнтом та системного інституційного регулювання, яке в Україні лише починає формуватися. Тож штучний інтелект у роботі практичного психолога розглядаймо не як альтернативу фаховій компетентності, а як інструмент її розширення, тобто такий, що потребує усвідомленого, критичного та етично відповідального застосування.

V. Список використаних джерел

- [1] О. М. Спірін, О. І. Ляшенко, С. Г. Литвинова, Ю. І. Мальований, О. П. Пінчук та О. М. Сокол, *Цифрова трансформація освіти: штучний інтелект у сучасному освітньому просторі : науково-аналітична доповідь*. Київ, Україна, 2025.
- [2] В. Г. Панок, «Штучний інтелект як предмет психологічних досліджень», *Вісник Національної академії педагогічних наук України*, т. 7, № 2, с. 1–19, 2025, doi: 10.37472/v.naes.2025.7225.
- [3] Міністерство освіти і науки України, «Інструктивно-методичні рекомендації щодо запровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти», Лист МОН № 1/20386-25 від 29.09.2025.
- [4] Ю. Типтюк та Т. Іванова, «Використання систем штучного інтелекту для психологічної підтримки в умовах воєнного стану в Україні», *Журнал соціальної та практичної психології*, № 6, с. 171–177, груд. 2025, doi: 10.32782/psy-2025-6-24.
- [5] М. Melnyk, A. Malynoshenska та K. Androsovyh, «Generative artificial intelligence in psychology: Implications and recommendations for science and practice», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 103, № 5, с. 188–206, жовт. 2024, doi: 10.33407/itlt.v103i5.5748.
- [6] АІС «Я-психолог». [Онлайн]. Доступно: <https://xn----ftbomobdq1b9f.xn--j1amh/>.
- [7] Компанія «Віар Менталіті». [Онлайн]. Доступно: <https://vrmentality.com/about/#mission>.
- [8] V. Panok, A. Shevchenko, M. Nazar, D. Starkov, D. Meshcheriakov та A. Shevtsov, «Methodological principles of educational and psychological chatbot development», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 106, № 2, с. 76–93, трав. 2025, doi: 10.33407/itlt.v106i2.5872.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A SUPPORT TOOL IN THE WORK OF A PRACTISING PSYCHOLOGIST

Mykhailichenko Mykola, Hanzhala Iryna

ABSTRACT. The role of AI as an assistive tool for the practising psychologist is substantiated. Three directions of implementation are systematized. Ethical challenges are examined: data confidentiality, algorithmic bias, and preservation of the therapeutic alliance. AI is emphasized as the psychologist's assistant, not a substitute for live human interaction.

KEYWORDS artificial intelligence, practising psychologist, psychological assistance, chatbots, AI ethics.

ГЕНЕРАТИВНІ МОДЕЛІ ШІ У ФАХОВІЙ ПІДГОТОВЦІ УЧИТЕЛІВ МУЗИЧНОГО МИСТЕЦТВА: ВІД КОМПОЗИЦІЇ ДО АРАНЖУВАННЯ

Мельник Христина¹

¹Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: kristinchuk99@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Розкрито дидактичний потенціал генеративних моделей штучного інтелекту у підготовці учителів музичного мистецтва в контексті композиції та аранжування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний штучний інтелект, музична освіта, композиція, аранжування.

I. Вступ

Сучасна музично-педагогічна освіта перебуває під впливом цифрової трансформації, яка передбачає інтеграцію інтелектуальних технологій у процес професійної підготовки учителів. Особливого значення набувають генеративні моделі штучного інтелекту, здатні створювати музичний контент, аналізувати структури та моделювати стилістичні особливості композицій.

Актуальність дослідження визначається потребою оновлення методичних підходів до навчання композиції та аранжування з урахуванням можливостей генеративного штучного інтелекту (ШІ). Педагогічна практика потребує інструментів, що сприяють розвитку креативності, аналітичного мислення та цифрової компетентності майбутніх учителів музичного мистецтва.

Метою дослідження визначено аналіз функціональних можливостей генеративних моделей ШІ та обґрунтування їх використання у фаховій підготовці учителів музичного мистецтва.

II. Основна частина

Генеративні моделі штучного інтелекту функціонують на основі глибинного навчання та трансформерних архітектур, що дозволяє здійснювати синтез нових музичних структур на основі навчальних вибірок. Такі системи використовують принципи статистичного моделювання та латентного представлення даних, що забезпечує відтворення гармонічних, ритмічних і тембрових характеристик музики.

Тому напрямом використання генеративних моделей штучного інтелекту у музично-педагогічній освіті виступає адаптація навчального контенту до індивідуальних освітніх траєкторій здобувачів. Алгоритми машинного навчання забезпечують аналіз попередніх результатів діяльності, що дозволяє формувати персоналізовані завдання з композиції та аранжування з урахуванням рівня підготовки, стилістичних уподобань і темпів засвоєння матеріалу.

Генеративні системи сприяють формуванню міждисциплінарних зв'язків між музичною теорією, інформатикою та цифровими технологіями. Освоєння принципів роботи нейронних мереж, зокрема трансформерів і рекурентних архітектур, поглиблює розуміння процесів музичного синтезу та відкриває можливості для інтеграції елементів алгоритмічної композиції у педагогічну практику. У цьому контексті підготовка учителів музичного мистецтва передбачає не лише розвиток виконавських і теоретичних навичок, але й формування цифрової грамотності на високому рівні. У процесі підготовки учителів музичного мистецтва генеративні моделі виконують кілька дидактичних функцій:

- засіб аналізу композиційних структур;
- інструмент генерації музичних ідей;
- ресурс для розвитку стилістичної варіативності;
- середовище для експериментального аранжування.

Дослідження підтверджують, «сервіси штучного інтелекту – це інструмент для змін, вирішення проблем та ситуацій, а також генерування нових продуктів та контенту» [1, с. 242]. Використання алгоритмів генерації музики дозволяє моделювати різні стилі, що створює умови для глибшого розуміння музичної мови.

Окремої уваги потребує питання стилістичної автентичності згенерованого музичного матеріалу. Генеративні моделі здатні імітувати характерні риси різних музичних стилів, однак результати їх роботи потребують критичної інтерпретації. Педагогічно доцільним визначено залучення здобувачів до порівняльного аналізу зразків академічної музики та згенерованих

композицій з метою виявлення закономірностей гармонічного розвитку, фактурних особливостей і формотворчих принципів.

Важливим компонентом виступає формування навичок роботи з параметрами генерації. Здобувачі навчаються варіювати темп, тональність, метроритмічні структури та інструментування, що дозволяє отримувати різні варіанти музичного матеріалу. Такий підхід сприяє розвитку варіативного мислення та розширенню творчого потенціалу. Процес навчання композиції за допомогою ІІІ передбачає поетапну взаємодію:

- 1) аналітична оцінка результату;
- 2) генерація музичного матеріалу;
- 3) редагування та доопрацювання;
- 4) формування запиту (опис стилю, жанру, темпу).

Аранжування як складний творчий процес значною мірою вирає від використання генеративних моделей. Системи ІІІ здатні автоматично розподіляти партії між інструментами, адаптувати гармонію та створювати варіації фактури. З практичної точки зору, на створення акомпанементу до мелодії формуються варіації на певну тему й передбачають ускладнення способів аранжування надалі, побудованих на засвоєних гармонічних елементах і послідовностях, додаванні підголосків, застосуванні орнаментальних прикрас, навичок ритмово-фактурного, поліфонічно-підголоскового варіювання [2, с. 175]. Тому, алгоритмічне аранжування дозволяє скоротити час створення музичного продукту без втрати художньої якості.

Ключовим аспектом виступає розвиток критичного мислення майбутніх учителів. Генеративний штучний інтелект не замінює творчий процес, а виступає як інструмент підтримки, що потребує педагогічного осмислення результатів. Здобувачі аналізують згенеровані фрагменти, визначають стилістичні відповідності та вносять корективи відповідно до художнього задуму (Табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика використання генеративного ІІІ у композиції та аранжуванні

Критерій	Композиція	Аранжування
Основна функція	Генерація мелодій і гармоній	Розподіл інструментальних партій
Роль ІІІ	Створення ідей	Оптимізація структури
Рівень творчого втручання	Високий	Середній
Освітній результат	Розвиток креативності	Формування навичок оркестрування

Інтеграція генеративних моделей у навчальний процес передбачає також формування цифрової етики та розуміння авторського права. О. калюжна та ін. підкреслюють, що «впровадження додатків зі штучним інтелектом, допомагають студентам під час практичних занять, пропонуючи персоналізовані поради та виправлення [2, с. 270].

Методично доцільним визначено поєднання традиційних підходів до навчання музики з інноваційними цифровими інструментами. Такий синтез забезпечує баланс між академічною підготовкою та сучасними технологічними тенденціями. Педагогічна ефективність використання генеративного штучного інтелекту значною мірою залежить від обраної моделі навчання. Найбільш результативним підходом визначено проєктно-орієнтоване навчання, у межах якого здобувачі створюють власні музичні твори із застосуванням технологій ІІІ, що сприяє розвитку креативності та практичних умінь.

Не менш вагомим виступає проблемно-пошуковий підхід, який передбачає аналітичну роботу із згенерованими музичними фрагментами, їх критичне осмислення та подальше вдосконалення. Такий формат навчання активізує пізнавальну діяльність і формує здатність до глибокого аналізу музичного матеріалу.

Змішане навчання забезпечує інтеграцію традиційних методів музично-педагогічної підготовки з цифровими інструментами, що дозволяє поєднати академічні підходи з інноваційними технологіями та підвищити ефективність освітнього процесу. Оцінювання результатів навчання з використанням генеративних моделей потребує комплексного підходу,

який охоплює як творчі, так і технічні аспекти діяльності здобувачів. Важливим критерієм виступає оригінальність музичного матеріалу, що відображає рівень самостійності та креативного мислення.

Також враховується відповідність створених композицій стилістичним вимогам, що свідчить про сформованість музично-теоретичних знань і здатність до їх практичного застосування. Рівень технічної обробки, зокрема якість аранжування, характеризує сформованість професійних умінь у сфері музичного редагування та структурної організації твору. Здатність до рефлексії та аргументації прийнятих рішень дозволяє оцінити глибину осмислення творчого процесу та рівень сформованості професійного мислення майбутнього учителя музичного мистецтва.

Перспективним напрямом виступає інтеграція генеративних моделей у цифрові освітні платформи, що дозволяє створювати інтерактивні середовища для навчання музики. Такі системи можуть поєднувати функції генерації, аналізу та візуалізації музичного матеріалу, що значно підвищує ефективність освітнього процесу та забезпечує його відповідність сучасним вимогам цифрового суспільства.

III. Висновки

Використання генеративних моделей штучного інтелекту у фаховій підготовці учителів музичного мистецтва характеризується значним дидактичним потенціалом. Технології ШІ сприяють розвитку творчих здібностей, формуванню аналітичного мислення та підвищенню ефективності навчального процесу.

Інтеграція генеративних систем у навчання композиції та аранжування дозволяє розширити педагогічний інструментарій та адаптувати освітній процес до умов цифрового суспільства. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою методик оцінювання результатів навчання з використанням ШІ та вдосконаленням педагогічних моделей взаємодії людини і штучного інтелекту.

IV. Список використаних джерел

- [1] О. М. Калюжна, О. С. Лєсник, О. А. Маргіна, "Інновації у фаховій підготовці майбутніх бакалаврів музичного мистецтва," *Актуальні питання гуманітарних наук*, № 76, т. 1, с. 268–272, 2024.
- [2] В. І. Лимаренко, "Використання генеративних музичних моделей штучного інтелекту як інструменту розвитку творчого мислення студентів мистецьких спеціальностей," у *Наука і освіта в глобальному та національному вимірах: виклики, загрози, перспективи розвитку: зб. наук. праць за матер. IV міжнар. наук.-практ. конф.* (Полтава–Лубни, 20–21 лютого 2025 р.), т. 1, Полтава, 2025, с. 241–244.
- [3] Ц. Шилін, *Формування фахової компетентності майбутніх учителів музичного мистецтва на засадах міждисциплінарної координації*: дис. д-ра філос. наук: 01 Освіта/Педагогіка, 014 Середня освіта (Музичне мистецтво), ПНПУ ім. К. Д. Ушинського, Одеса, 2023, 251 с.

GENERATIVE AI MODELS IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF MUSIC TEACHERS: FROM COMPOSITION TO ARRANGEMENT

Melnyk Khrystyna

ABSTRACT. The paper examines the didactic potential of generative artificial intelligence models in the training of music teachers, focusing on composition and arrangement processes.

KEYWORDS: generative artificial intelligence, music education, composition, arrangement.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ

Мороз Мирослава¹

¹Відокремлений структурний підрозділ «Львівський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування», Львів, Україна

E-mail: moros18@ukr.net

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено штучний інтелект як чинник підвищення якості освіти, його роль у персоналізації навчання, автоматизації оцінювання, підтримці викладача та розвитку цифрових компетентностей. Вказано на переваги ШІ, а також ризики щодо доброчесності, доступності та етики.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, якість освіти, цифровізація освіти.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується стрімким поширенням цифрових технологій, які істотно змінюють усі сфери людської діяльності. Освіта як одна з базових соціальних інституцій також перебуває в умовах глибоких трансформацій, зумовлених потребою адаптації до нових інформаційних реалій, зростанням обсягів даних, зміною способів комунікації та появою інноваційних інструментів навчання. Однією з найбільш перспективних і водночас найдинамічніших технологій сьогодення є штучний інтелект, який дедалі активніше впроваджується в освітню практику та впливає на зміст, методи, форми й організацію навчального процесу [1, 2].

Значення штучного інтелекту (ШІ) для освіти визначається насамперед його здатністю аналізувати великі масиви інформації, моделювати освітні траєкторії, адаптувати навчальні матеріали до індивідуальних потреб здобувачів освіти, автоматизувати частину рутинних функцій викладача та забезпечувати швидкий і систематичний зворотний зв'язок. Унаслідок цього формується нове освітнє середовище, у якому традиційні підходи до навчання поєднуються з цифровими можливостями, а якість освіти оцінюється не лише за обсягом засвоєного матеріалу, а й за рівнем гнучкості, доступності, індивідуалізації та практичної ефективності освітнього процесу [1].

II. Основна частина

1. Сутність штучного інтелекту та особливості його використання в освіті

ШІ є складним комплексом технологій, алгоритмів і програмних рішень, які здатні виконувати окремі функції, характерні для людського мислення. До таких функцій належать аналіз даних, розпізнавання тексту й образів, прогнозування, логічне узагальнення, підтримка прийняття рішень, генерація змісту та адаптація до нових умов. У сфері освіти ці можливості створюють підґрунтя для формування більш сучасного, гнучкого та ефективного навчального середовища.

Використання ШІ в освіті охоплює різні рівні організації освітньої діяльності. На рівні здобувача освіти ШІ допомагає отримувати навчальні матеріали, адаптовані до індивідуального рівня підготовки, темпу навчання та когнітивних особливостей. На рівні викладача він сприяє автоматизації рутинних завдань, підготовці дидактичних матеріалів, оцінюванню результатів і аналізу успішності. На рівні закладу освіти ШІ може використовуватися для планування, моніторингу освітніх показників, управління ресурсами та підвищення ефективності внутрішніх процесів [3].

У контексті сучасної педагогіки важливо наголосити, що ШІ не є самодостатньою альтернативою традиційній освіті. Його призначення полягає не в заміні вчителя чи викладача, а в розширенні можливостей педагогічної діяльності. Освітній процес залишається насамперед соціальною та гуманістичною взаємодією, у центрі якої перебуває особистість здобувача освіти. Саме тому роль ШІ слід розглядати як інструментальну: він має доповнювати навчання, підвищувати його точність, швидкість і адаптивність, але не підміняти собою живе педагогічне спілкування, виховання та морально-ціннісний компонент освіти.

Особливістю використання ШІ в освітньому середовищі є його здатність працювати з великими обсягами інформації в реальному часі. Завдяки цьому інтелектуальні системи можуть швидко обробляти результати тестувань, аналізувати прогрес окремих учнів, виявляти типові труднощі в засвоєнні навчального матеріалу та пропонувати оптимальні рішення для їх подолання. Це створює умови для переходу від масового, уніфікованого навчання до більш адресного й результативного освітнього впливу [5].

Крім того, ШІ активно застосовується у створенні цифрових освітніх платформ, віртуальних помічників, автоматизованих систем перевірки завдань, сервісів синтезу тексту й мовлення, а також у технологіях аналітики навчальних даних. Усе це свідчить про поступове формування нової моделі освіти, у якій цифрові інструменти стають невід'ємною частиною навчального процесу.

2. Штучний інтелект і персоналізація навчання

Однією з найважливіших переваг використання ШІ в освіті є можливість персоналізації навчання. Традиційна модель організації освітнього процесу зазвичай орієнтована на середній рівень підготовки групи, через що індивідуальні особливості учнів і студентів часто залишаються поза належною увагою. Унаслідок цього частина здобувачів освіти не встигає засвоювати матеріал у запропонованому темпі, тоді як інші, навпаки, не отримують достатнього інтелектуального виклику для повного розкриття власного потенціалу. [1,3]

ШІ дозволяє подолати ці обмеження шляхом адаптації змісту, складності, послідовності та темпу навчання до конкретних потреб кожного здобувача освіти. Інтелектуальні платформи можуть аналізувати попередні результати, типові помилки, швидкість виконання завдань, рівень самостійності та характер засвоєння матеріалу. На основі цих даних формується індивідуальна освітня траєкторія, яка враховує реальні можливості й потреби конкретної особи.

Персоналізація навчання за допомогою ШІ має особливе значення для забезпечення якості освіти, оскільки вона дає змогу перейти від формального засвоєння знань до більш усвідомленого, послідовного й ефективного навчання. Учень або студент отримує завдання, що відповідають його поточному рівню підготовки, а також рекомендації щодо повторення тем, які викликають труднощі. Такий підхід зменшує ризик накопичення прогалин у знаннях і сприяє більш стійкому засвоєнню навчального матеріалу. Особливу цінність персоналізація має в умовах інклюзивної освіти, де важливо враховувати різні когнітивні стилі, рівень навчальних можливостей, мовні особливості та потреби осіб з особливими освітніми потребами. За допомогою ШІ можна адаптувати подання інформації, добирати вправи різного рівня складності, застосовувати голосові сервіси, автоматичний переклад, візуальні підказки та інші інструменти, які полегшують доступ до навчального змісту [4].

Крім того, персоналізоване навчання позитивно впливає на мотивацію здобувачів освіти. Коли навчальні матеріали відповідають реальному рівню підготовки та інтересам людини, підвищується її залученість до освітнього процесу, зростає інтерес до навчання, посилюється відповідальність за власний результат. Таким чином, штучний інтелект не лише покращує технічну організацію навчання, а й сприяє більш глибокому внутрішньому прийняттю освітньої діяльності.

3. Автоматизація оцінювання та моніторингу результатів навчання

Якість освіти значною мірою визначається не тільки змістом навчання, а й здатністю системи об'єктивно, своєчасно та систематично оцінювати результати освітньої діяльності. Саме тому автоматизація оцінювання за допомогою штучного інтелекту є одним із найбільш перспективних напрямів його використання в сучасній освіті.

У традиційному освітньому процесі перевірка контрольних робіт, тестів, есеїв, практичних і творчих завдань часто потребує значних часових затрат з боку викладача. Це особливо відчутно в умовах великої наповнюваності груп, дистанційного навчання або необхідності регулярного поточного контролю. Технології штучного інтелекту дають змогу автоматизувати значну частину цих процесів, забезпечуючи швидке отримання результатів, аналітику типових помилок і зворотний зв'язок [5].

Інтелектуальні системи можуть перевіряти тестові завдання, аналізувати короткі та розгорнуті відповіді, розпізнавати структуру тексту, оцінювати логіку викладу, визначати повторювані недоліки та навіть формувати рекомендації щодо поліпшення роботи. Хоча в повному обсязі така перевірка не завжди може замінити експертне педагогічне оцінювання, вона значно полегшує викладацьку працю та підвищує оперативність контролю.

Важливою перевагою автоматизованого оцінювання є його системність. ШІ може накопичувати дані про успішність учня або студента впродовж тривалого часу, виявляти динаміку навчальних досягнень, прогнозувати ризики зниження результативності та сигналізувати про потребу в педагогічному втручанні. Це дозволяє не просто фіксувати підсумковий бал, а бачити цілісну картину навчального поступу. Автоматизація оцінювання також сприяє зменшенню суб'єктивного впливу людського чинника. У ситуаціях, коли необхідно перевірити велику кількість однотипних робіт, цифрові системи можуть

забезпечити однакові критерії оцінювання, що позитивно впливає на прозорість та об'єктивність контролю знань. Водночас вирішальним залишається поєднання автоматизованої перевірки з професійним педагогічним судженням, особливо тоді, коли йдеться про творчі, дослідницькі або дискусійні форми роботи [3,4].

Моніторинг навчальних результатів за допомогою ІІІ має велике значення і для освітнього менеджменту. Аналіз узагальнених даних дозволяє виявляти проблемні теми, оцінювати ефективність навчальних програм, відстежувати рівень навчального навантаження та коригувати зміст освітніх курсів. У такий спосіб штучний інтелект сприяє переходу до більш аналітично обґрунтованої моделі управління якістю освіти.

4. Використання ІІІ для підтримки професійної діяльності викладача

Підвищення якості освіти безпосередньо пов'язане з професійною діяльністю викладача, його методичною підготовкою, здатністю організувати ефективне навчання та забезпечити індивідуальний підхід до здобувачів освіти. У цьому контексті штучний інтелект виступає важливим інструментом підтримки педагогічної праці, особливо в умовах зростання навантаження та ускладнення освітніх завдань.

Сучасний викладач виконує не лише функцію передавання знань, а й бере участь у плануванні навчального процесу, створенні навчально-методичних матеріалів, оцінюванні результатів, комунікації зі студентами, організації самостійної роботи та аналізі освітньої ефективності. Багато з цих завдань мають рутинний або технічно складний характер. Використання ІІІ дозволяє оптимізувати частину цих процесів, вивільняючи час для творчої, комунікативної та наставницької діяльності. Інструменти штучного інтелекту можуть допомагати викладачу створювати тести, формулювати навчальні завдання різного рівня складності, узагальнювати великі обсяги інформації, добирати приклади до тем, формувати плани занять, готувати презентації та структурувати навчальний матеріал. Такі можливості особливо корисні під час підготовки до занять, розроблення нових освітніх компонентів або адаптації складного змісту до різних категорій здобувачів освіти. Окреме значення має використання ІІІ для аналізу навчальної активності здобувачів освіти. Викладач може отримувати систематизовану інформацію про рівень участі студентів у курсі, труднощі при виконанні окремих завдань, динаміку успішності та прогалини в засвоєнні змісту. Це дає змогу краще планувати коригувальну роботу, індивідуальні консультації та зміни в організації навчання [1,2].

Водночас важливо розуміти, що ефективність застосування штучного інтелекту в роботі викладача залежить від рівня його цифрової компетентності. Сам по собі інструмент не гарантує підвищення якості освіти. Необхідною умовою є критичне, методично обґрунтоване й педагогічно доцільне використання технологій. Викладач має вміти оцінювати якість запропонованих ІІІ матеріалів, перевіряти достовірність інформації, адаптувати її до конкретної аудиторії та враховувати дидактичні цілі заняття.

Отже, штучний інтелект може істотно розширити професійні можливості педагога, але лише за умови, що він використовується не механічно, а свідомо, як інструмент підтримки педагогічної майстерності.

5. Штучний інтелект як засіб розвитку цифрових компетентностей здобувачів освіти

Сучасна освіта покликана не лише передавати систему знань, а й формувати компетентності, необхідні для успішної життєдіяльності в цифровому суспільстві. У цьому контексті штучний інтелект має подвійне значення. З одного боку, він використовується як засіб організації навчання, а з іншого – стає важливим об'єктом вивчення та практичного опанування, що сприяє розвитку цифрової грамотності, критичного мислення та інформаційної культури. Робота з інструментами штучного інтелекту навчає здобувачів освіти формулювати запити, чітко структурувати інформаційні потреби, аналізувати отримані результати та оцінювати їхню доцільність. Це розвиває вміння працювати з даними, перевіряти інформацію, співвідносити автоматично згенерований зміст із науковими

знаннями й критично сприймати цифрові продукти. Такі навички мають особливу вагу в умовах поширення інформаційного перевантаження та ризику дезінформації. [4,5]

Крім того, використання ІІІ сприяє розвитку навичок самостійного навчання. Здобувачі освіти отримують можливість самостійно звертатися до цифрових асистентів, уточнювати складні теми, тренувати виконання завдань, повторювати матеріал і отримувати миттєвий зворотний зв'язок. Це формує культуру безперервного навчання, самоконтролю та відповідальності за власний освітній результат. [2]

Для сучасного ринку праці компетентності, пов'язані з розумінням принципів роботи штучного інтелекту, набувають дедалі більшого значення. Незалежно від професійної галузі, майбутні фахівці повинні вміти ефективно взаємодіяти з цифровими системами, використовувати їх у професійній діяльності та усвідомлювати межі їх надійності. Тому включення ІІІ в освітній процес сприяє не лише покращенню якості навчання, а й кращій підготовці здобувачів освіти до викликів майбутнього. [3]

Водночас розвиток цифрових компетентностей повинен супроводжуватися формуванням етичної відповідальності. Учні та студенти мають усвідомлювати, що використання штучного інтелекту не звільняє їх від необхідності самостійного мислення, перевірки фактів і дотримання норм академічної доброчесності. Саме поєднання технологічної вправності з етичною зрілістю створює передумови для справді якісної освіти в цифрову епоху.

6. Перспективи впровадження штучного інтелекту в систему освіти

Перспективи використання ІІІ в освіті пов'язані з подальшим розширенням його функцій, удосконаленням цифрових платформ та інтеграцією ІІІ в усі рівні освітньої діяльності. Уже сьогодні можна говорити про формування нової освітньої парадигми, у якій технології стають не допоміжним доповненням, а одним із системоутворювальних компонентів навчального середовища. [4]

У майбутньому ІІІ може ще ширше використовуватися для створення адаптивних навчальних курсів, інтелектуального консультування, прогнозування індивідуальних освітніх результатів, підтримки інклюзивного навчання та вдосконалення систем внутрішнього забезпечення якості освіти. Перспективним є також застосування ІІІ для аналізу великих освітніх даних, що дозволить виявляти закономірності навчальної діяльності та приймати більш обґрунтовані управлінські рішення. Важливою умовою подальшого розвитку є підготовка педагогічних кадрів до роботи в новому цифровому середовищі. Викладач майбутнього має бути не лише носієм знань, а й організатором навчального процесу, фасилітатором, ментором і компетентним користувачем інтелектуальних технологій. Це потребує оновлення програм педагогічної освіти, підвищення кваліфікації вчителів і формування культури критичного ставлення до цифрових інструментів. [1]

Не менш значущим є розроблення нормативних і методичних засад використання ІІІ в освіті. Заклади освіти повинні мати чіткі підходи до оцінювання робіт, виконаних із застосуванням інтелектуальних систем, правила академічної доброчесності, процедури захисту персональних даних і механізми контролю якості цифрового контенту. Лише за таких умов впровадження штучного інтелекту буде не ситуативним, а системним і результативним.

Отже, перспективи ІІІ в освіті є надзвичайно широкими, однак їх реалізація потребує виваженого підходу, поєднання інноваційності з відповідальністю та гармонійного поєднання технологій із гуманістичними засадами педагогіки.

III. Висновки

ІІІ у сучасних умовах виступає одним із найперспективніших інструментів підвищення якості освіти. Його значення полягає в тому, що він дозволяє адаптувати навчання до індивідуальних потреб здобувачів освіти, автоматизувати частину рутинних освітніх процесів, покращити моніторинг навчальних результатів, підтримати професійну діяльність викладача та сприяти розвитку цифрових компетентностей. Завдяки цьому освітній процес стає більш гнучким, адресним, доступним і результативним.

Разом із тим ефективність використання ШІ в освіті залежить від низки умов. Серед них особливе значення мають належне технічне забезпечення, підготовка педагогічних працівників, розроблення методичних рекомендацій, дотримання академічної доброчесності, захист персональних даних та етичне регулювання використання цифрових систем. Без урахування цих чинників навіть найсучасніші технології не зможуть забезпечити справжнього підвищення якості освіти.

Отже, штучний інтелект слід розглядати не як заміну викладача, а як потужний інструмент підтримки та вдосконалення освітнього процесу. Його впровадження має бути педагогічно доцільним, науково обґрунтованим і соціально відповідальним. Лише за таких умов ШІ зможе стати реальним чинником модернізації освіти та забезпечення її якості в умовах цифрового суспільства.

IV. Список використаних джерел

- [1] С. В. Алексеева. “Штучний інтелект в освіті: основні можливості трансформації навчання”.
- [2] Штучний інтелект у науці та освіті (AISE 2024): збірник матеріалів міжнародної наукової конференції, Київ: УкрІНТЕІ, с. 17-20, 2024.
- [3] О. О. Гриценчук. “Використання штучного інтелекту в освіті”. Інформаційні технології і засоби навчання, 2024.
- [4] О. П. Лучанінова. “Штучний інтелект як технологічний тренд у вищій освіті”. Освіта та педагогічна наука, 2025.
- [5] Г. Скрипка. “Штучний інтелект в освіті: удосконалення програм підвищення кваліфікації педагогів”, 2024.
- [6] О. М. Спірін. “Цифрова трансформація освіти: штучний інтелект у сучасному освітньому просторі”. Вісник Національної академії педагогічних наук України, 2025.

ДИДАКТИЧНІ ФУНКЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ІНДИВІДУАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ

Моторіна Валентина¹, Савченко Микита², Сога Сергій¹

¹Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського, Одеса, Україна

²Комунальний заклад "Харківська гімназія N 127 Харківської міської ради", Харків, Україна

E-mail: wwe8man@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації обґрунтовано дидактичні функції ШІ (адаптивну, діагностичну, прогностичну) в індивідуалізації навчання математики. Акцентовано на моделі «людина в контурі», подоланні математичної тривожності та ролі вчителя як модератора інтелектуального середовища в умовах цифровізації освіти.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: індивідуалізація, математична освіта, штучний інтелект, дидактичні функції, адаптивність.

I. Вступ

Сучасна математична освіта постає перед викликом зростаючої неоднорідності учнівських колективів, де традиційні методи фронтального навчання часто не дозволяють повноцінно врахувати когнітивні особливості кожного учня. У цьому контексті технології штучного інтелекту (ШІ) розглядаються не просто як допоміжні цифрові інструменти, а як фундаментальна основа для реалізації глибокої індивідуалізації навчання.

Для методики викладання математики поняття «штучний інтелект» доцільно тлумачити через здатність комп'ютерної системи робити індуктивні узагальнення з даних, виявляти закономірності та формувати рекомендації для дії [12]. Така дефініція підкреслює перехід від статичних освітніх ресурсів до динамічних систем, які здатні інтерпретувати дії учня в реальному часі. Ключовою особливістю ШІ в математичній освіті є «автоматизація на основі асоціацій» - процес, що дозволяє системі не просто збирати статистику успішності, а трансформувати її в конкретні освітні рішення: коригування рівня складності задачі, зміну темпу викладу матеріалу або пропонування альтернативних способів візуалізації об'єктів.

Актуальність впровадження ІІІ зумовлена необхідністю подолання розриву між загальною програмою та персональним темпом засвоєння знань. Використання інтелектуальних систем створює новий рівень відповідальності для педагогів, оскільки вимагає розуміння обмежень моделей та забезпечення прозорості алгоритмів, що працюють з учнями [12]. ІІІ у навчанні математики виконує роль «підсиленого інтелекту», де алгоритм виступає джерелом варіантів і пропозицій, проте остаточне рішення та контроль над вектором навчання залишаються в контурі взаємодії «вчитель-учень» [12].

Метою даної роботи є аналіз дидактичних функцій ІІІ, які дозволяють трансформувати викладання математики з масового процесу на персоналізований досвід, де кожен учень отримує підтримку, адаптовану до його поточного рівня компетентності та психологічного стану.

II. Теоретико-методологічні засади індивідуалізації на основі ІІІ

Методологічний фундамент використання ІІІ в математичній освіті базується на зміні парадигми взаємодії учня з цифровим контентом. Традиційні засоби навчання (підручники, статичні онлайн-платформи) забезпечують лише доступ до ресурсу, тоді як ІІІ здійснює перехід до автоматизації освітніх рішень. У педагогічній практиці це означає, що система не просто надає інформацію, а інтерпретує дії учня, адаптуючи навчальний шлях під його конкретні потреби [12].

Ключовим принципом такої індивідуалізації є концепція «підсиленого інтелекту». Згідно з цією концепцією, технології не замінюють когнітивні зусилля дитини, а посилюють її аналітичні здібності. Алгоритм розглядається як джерело варіантів, пропозицій та альтернативних стратегій розв'язання задач, що дозволяє реалізувати модель «людина в контурі». За цієї моделі остаточні рішення щодо вектору навчання та оцінювання прогресу залишаються за вчителем і учнем, а ІІІ виконує функцію інтелектуального навігатора [12].

Теоретично обґрунтована індивідуалізація засобами ІІІ вимагає дотримання трьох критичних умов: прозорості алгоритмів, керованості і розуміння обмежень. Прозорість алгоритмів полягає у тому, що педагог повинен розуміти логіку, за якою система формує рекомендації, щоб уникнути упередженості або помилкової інтерпретації результатів учня. Керованість – можливість втручання вчителя в автоматизований процес для корекції траєкторії навчання, якщо вона не відповідає дидактичній меті. Розуміння обмежень означає усвідомлення того, що моделі ІІІ працюють на основі асоціацій та статистичних закономірностей, а не справжнього розуміння математичної суті, що накладає особливу відповідальність на розробників і педагогів при підборі інструментів [12].

Дидактичний потенціал ІІІ реалізується через поєднання автоматизованої аналітики даних та людського досвіду. Це дозволяє трансформувати викладання математики з «трансляції знань для всіх» у процес проєктування унікального пізнавального досвіду, де технологія забезпечує покрокову підтримку розв'язання задач, пояснення та візуалізацію складних концепцій [18].

III. Адаптивна функція: персоналізація темпу та складності навчання

Практична реалізація індивідуалізації в математичній освіті найповніше втілюється через адаптивну функцію ІІІ. Ця функція базується на використанні інтелектуальних тьюторських систем, які здатні динамічно підлаштовуватися під когнітивний профіль конкретного учня. На відміну від статичних методів навчання, де обсяг і складність матеріалу визначаються усередненою програмою, адаптивні алгоритми забезпечують гнучке середовище, що реагує на кожну дію користувача.

Механізм функціонування цієї дидактичної функції спирається на безперервний збір та аналіз ключових параметрів. Перший з параметрів – точність відповідей, означає, що система фіксує не лише правильний чи неправильний результат, а й виявляє специфічні патерни помилок. Це дозволяє диференціювати випадкові описки від фундаментального нерозуміння математичного поняття. Другий це час виконання завдань. Швидкість роботи учня є індикатором рівня автоматизації навички. Якщо учень витрачає забагато часу на проміжні обчислення, система може запропонувати додаткові вправи на відпрацювання базових

операцій, перш ніж переходити до складніших концепцій. Третій це типові помилки та алгоритми їх виправлення. Основою адаптивності є аналіз того, на якому саме етапі розв'язання задачі учень припускається помилки. Це дозволяє системі надавати контекстуальні покрокові підказки, що стимулюють зону найближчого розвитку дитини [13].

Дидактична цінність такої функції полягає в можливості реалізувати персоналізовану траєкторію за трьома напрямками, а саме індивідуалізація темпу, варіативність обсягу та рівнева диференціація. Індивідуалізація темпу полягає в тому, що учні, які швидше засвоюють матеріал, не змушені чекати решту класу і можуть переходити до поглиблених задач. Учні, яким потрібен додатковий час, отримують його без психологічного тиску та страху відстати від програми. Варіативність обсягу передбачає що ІІІ дозволяє автоматично генерувати необхідну кількість тренувальних вправ саме для тих тем, де в учня виникають труднощі. Сенса рівневої диференціації в тому, що система автоматично підвищує або знижує складність пропонованого контенту, тим самим забезпечуючи стан «поток» та високу мотивацію, запобігаючи як нудьзі від занадто легких завдань, так і фрустрації від неможливо складних [5; 13].

Адаптивна функція ІІІ перетворює процес вивчення математики на інтерактивний діалог між учнем і системою, де кожне наступне завдання є логічним продовженням попереднього досвіду дитини. Це дозволяє вчителю відійти від ролі контролера за виконанням однакових вправ і зосередитися на менторській підтримці та розв'язанні творчих математичних проблем.

IV. Діагностико-прогностична функція та зворотний зв'язок у системі персоналізованого навчання

Ефективна індивідуалізація навчання математики неможлива без якісного моніторингу, який у сучасних умовах забезпечується діагностико-прогностичною функцією ІІІ. Впровадження інструментів автоматизованого оцінювання та аналітики дозволяє трансформувати контроль із констатуючого факту на інструмент розвитку, що є основою формувального оцінювання.

Ключовим елементом цього процесу є технології автоматизованого аналізу (зокрема підгрупа AES), які еволюціонували від простої перевірки тестів до складних сервісів, здатних інтерпретувати письмові роботи та відкриті відповіді учнів. Це дозволяє вчителю отримувати не лише кількісні показники (бали), а й якісну аналітику прогресу в реальному часі. На основі цих даних система формує детальні звіти, що виявляють системні прогалини в знаннях як окремого учня, так і всього класу, надаючи відповідні рекомендації для корекції методики викладання [12].

Діагностична складова ІІІ реалізується через кілька рівнів взаємодії, таких як:

1. Миттєвий зворотний зв'язок. Учень отримує реакцію на свої дії безпосередньо в процесі розв'язання задачі. Це особливо важливо в математиці, де помилка на початковому етапі може знецінити весь подальший хід міркувань. ІІІ-інструменти дозволяють ідентифікувати помилковий крок та пропонують підказку або альтернативне пояснення, що сприяє глибшому розумінню логіки предмета, а не простому запам'ятовуванню алгоритму [18].

2. Прогностичне моделювання. Аналізуючи динаміку засвоєння тем, ІІІ здатний прогнозувати потенційні труднощі учня при вивченні наступних, складніших розділів курсу. Це дає можливість вчителю діяти превентивно, адаптуючи навчальне навантаження до того, як виникне ситуація академічної невспішності.

3. Використання математичних помічників як засобу самодіагностики. Платформи на базі CAS-движків (наприклад, WolframAlpha чи Symbolab) надають доступ до покрокових розв'язань та візуалізацій. У контексті індивідуалізації це перетворює ці сервіси на персональних консультантів, які допомагають учневі самостійно виявляти логічні помилки та перевіряти гіпотези [17].

Дидактична цінність цієї функції полягає у зміні ставлення до помилки. Завдяки аналітиці зворотного зв'язку робота з помилкою стає органічною частиною навчального циклу. Учень бачить траєкторію свого розвитку, що підкріплюється об'єктивними даними, а вчитель отримує можливість зосередитися на адресній допомозі, базуючись на точних діагностичних звітах, а не на суб'єктивних припущеннях. ІІІ виступає джерелом інтелектуальної підтримки,

яка робить процес оцінювання прозорим, керованим та максимально наближеним до потреб конкретної особистості [12; 18].

V. Психолого-дидактичний аспект: подолання «математичної тривожності» та роль генеративних моделей

Індивідуалізація навчання математики за допомогою ШІ має не лише когнітивний, а й глибокий психологічний вимір. Однією з головних перешкод у засвоєнні предмета є так звана «математична тривожність» - стан стресу, що блокує здатність учня до логічного мислення. Використання інтелектуальних систем дозволяє створити «безпечне середовище», де помилка сприймається не як привід для негативної оцінки, а як необхідний етап навчального циклу.

Згідно з наведеними у дослідженні даними, близько 56% старшокласників відзначають, що використання ШІ-інструментів суттєво знижує рівень стресу при розв'язанні складних задач. Це стає можливим завдяки зміні формату взаємодії: учень отримує підтримку в режимі 1:1, що нівелює страх публічної помилки перед класом або вчителем. ШІ забезпечує конфіденційний і терплячий супровід, дозволяючи дитині повертатися до складних моментів стільки разів, скільки це необхідно для повного розуміння [12].

Особливу роль у цьому процесі відіграють універсальні мовні агенти (LLM), які виконують функції персональних асистентів, а їхня дидактична цінність в аспекті індивідуалізації проявляється через комплексний підхід до навчання. По-перше, завдяки здатності адаптувати мову викладу, LLM переформулюють складні абстрактні визначення за допомогою зрозумілих конкретному учню аналогій, як-от спортивні метафори чи приклади з відеоігор, що допомагає подолати бар'єр нерозуміння термінології [11]. По-друге, ШІ ефективно знаходить міжпредметні зв'язки: наприклад, для учнів із гуманітарним складом мислення він може інтегрувати математичні задачі в контекст історії, мистецтва чи літератури, роблячи матеріал особистісно значущим. Крім того, чат-асистенти надають суттєву підтримку в плануванні, допомагаючи структурувати самостійну роботу шляхом розподілу великих навчальних цілей на дрібні досяжні кроки, що дозволяє уникнути когнітивного перевантаження [18].

Важливо зазначити, що генеративні моделі не просто видають готову відповідь, а можуть виступати в ролі «сократівського вчителя», ставлячи навідні запитання та стимулюючи учня до самостійного знаходження рішення. Це зміцнює впевненість дитини у власних силах і сприяє формуванню позитивного ставлення до математики як до предмета, який можна опанувати за належної підтримки. Таким чином, індивідуалізація через ШІ охоплює не лише інтелектуальний розвиток, а й емоційне благополуччя учня, створюючи умови для стійкої мотивації та глибинного засвоєння знань [11; 12].

VI. Межі індивідуалізації та провідна роль педагога в антропоцентричній моделі ші

Попри високий рівень автоматизації, який пропонує штучний інтелект, процес індивідуалізації навчання математики не може бути повністю делегований алгоритмам. Фундаментальною основою залишається принцип «людина в контурі», згідно з яким ШІ функціонує як джерело варіантів і аналітичних пропозицій, тоді як остаточне право прийняття рішень зберігається за вчителем та учнем [12]. Такий підхід гарантує, що технологія підсилює людський інтелект, а не заміщує його когнітивні функції.

Дидактичні межі застосування ШІ в математичній освіті визначаються кількома критичними аспектами, серед яких ключовим є пріоритет міркування над результатом. Оскільки головною метою індивідуальної роботи з ШІ-інструментами є розуміння логіки знаходження відповіді, а не просто її отримання, використання покрокових розв'язувачів має обов'язково супроводжуватися обґрунтуванням кожного етапу; водночас без активної ролі вчителя, який встановлює ці межі, виникає серйозний ризик деградації математичного мислення через сліпе копіювання результатів [18]. Не менш важливою складовою є верифікація та критичне ставлення до ШІ, адже здатність систем до індуктивного узагальнення на основі асоціацій не виключає помилок або «галюцинацій» моделей. Тому індивідуальна освітня траєкторія повинна включати навчання учнів методам перевірки даних,

що сприяє формуванню цифрової грамотності та навичок критичного аналізу [12]. Нарешті, процес індивідуалізації, що потребує збору значного обсягу персональних даних про успішність та типові помилки дитини, актуалізує питання етичної відповідальності та приватності. Це накладає на педагогів та установи обов'язок суворо дотримуватися конфіденційності й етичних норм, закладених у міжнародних актах, задля запобігання будь-яким формам алгоритмічної дискримінації [13].

Педагог у цій моделі трансформується з транслятора знань у модератора інтелектуального середовища. Саме вчитель визначає, в який момент учневі потрібна допомога адаптивної системи, а коли доцільно обмежити використання гаджетів для стимуляції самостійного пошуку рішення. Розуміння обмежень моделей та прозорість алгоритмів дозволяють зберегти керованість навчального процесу, роблячи ІІІ безпечним та ефективним засобом підтримки кожної особистості. Інтеграція технологій досягає успіху лише тоді, коли вона підпорядкована педагогічній доцільності та сприяє розвитку здатності учня до логічного пояснення та візуалізації математичних ідей [12; 18].

VII. Висновки

Аналіз дидактичного потенціалу ІІІ дає змогу стверджувати, що ці технології стають невід'ємною складовою сучасної математичної освіти, пропонуючи інструменти для подолання кризи масового навчання через глибоку індивідуалізацію. Перехід від простого збирання даних до їхньої інтелектуальної інтерпретації дозволяє реалізувати модель «автоматизації на основі асоціацій», де навчальна траєкторія кожного учня формується з урахуванням його унікальних когнітивних патернів та психологічного стану [12].

Результати дослідження переконливо свідчать, що успіх індивідуалізації навчання за допомогою ІІІ значною мірою визначається балансом між технічними можливостями інструментів та методичною майстерністю самого викладача. Практичне впровадження функцій адаптивності, діагностики й психологічної підтримки дає змогу насамперед узгодити темп і складність матеріалу з реальними можливостями кожного учня, що не лише мінімізує «математичну тривожність», а й помітно підвищує мотивацію [13]. Крім того, такий підхід трансформує традиційний контроль у безперервний процес формувального оцінювання, де миттєвий зворотний зв'язок стає фундаментом для корекції знань «тут і зараз» [12]. Зрештою, інтеграція сучасних математичних помічників та мовних моделей виступає не просто технічним доповненням, а дієвим засобом розвитку критичного мислення та формування в учнів навичок самостійної верифікації отриманих результатів [17; 18].

Майбутнє впровадження ІІІ в українських закладах освіти вимагає подальшої розробки прозорих алгоритмів та чітких етичних стандартів, що гарантують безпеку персональних даних і дотримання академічної доброчесності. Незважаючи на здатність систем автоматизувати освітні рішення, концепція «людина в контурі» залишається незмінною: вчитель зберігає роль стратегічного модератора, який спрямовує технологічний потенціал на розвиток особистості.

Впровадження розглянутих дидактичних функцій створює передумови для формування якісно нового освітнього середовища. У такому середовищі математика перестає сприйматися як набір жорстких алгоритмів, перетворюючись на простір для інтелектуального пошуку, де кожен учень отримує необхідну підтримку для розкриття свого потенціалу [11; 12]. Розвиток інтелектуальних систем відкриває шлях до освіти, яка є водночас технологічною та антропоцентричною, орієнтованою на потреби кожної окремої дитини в умовах глобальної цифровізації.

VIII. Список використаних джерел

- [1] “Використання штучного інтелекту в освіті: можливості для вчителя математики,” *Всеосвіта*. [Online]. Available: <https://vseosvita.ua/library/vykorystannia-shtuchnoho-intelektu-v-osvitimozhlyvosti-dlia-vchytelia-matematyky-1028734.html>
- [2] “Використання штучного інтелекту на уроках математики,” *Освіта.ua*. [Online]. Available: <https://urok.osvita.ua/materials/informat/vikoristannastuchnogo-intelektu-na-urokah-matematiki/>
- [3] “З вивченням математики у школі потрібно щось робити,” *Освіта.ua*. [Online]. Available: <https://osvita.ua/blogs/92598/>
- [4] “Застосування можливостей штучного інтелекту у технологічній освітній галузі,” *Тернопільський ОКІІІПО*. [Online]. Available: <https://ippo.edu.te.ua/about/news/zastosuvannya-mozhливостей-shtuchnogointelektu-u-tehnologichnij-osvitnij-galuzi>

- [5] “Освіта в Інтернеті,” *Всеосвіта*. [Online]. Available: <https://vseosvita.ua/lesson/navchannia-v-interneti-690037.html>.
- [6] “Приручити штучний інтелект – місія можлива: як київська школа використовує ШІ з користю для учнів та освітян,” *Нова українська школа*. [Online]. Available: <https://nus.org.ua/2024/06/26/pryruchyty-shtuchnyj-intelektmisiya-mozhlyva-yak-kyuyivska-shkola-vykorystovuye-shi-z-korystyu-dlyauchniv-ta-osvityan/>.
- [7] “Роль штучного інтелекту у вивченні математики,” *На Урок*. [Online]. Available: <https://naurok.com.ua/rol-shtuchnogo-intelektu-u-vivchennimatematiki-412146.html>.
- [8] “Школярів навчатимуть працювати зі штучним інтелектом,” *Освіта.ua*. [Online]. Available: <https://osvita.ua/school/89006/>.
- [9] “Штучний інтелект в освіті: як технологія впливає на навчання в українських школах,” *Факти ICTV*. [Online]. Available: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/suspilstvo/20231220-shtuchnyj-intelekt-v-osvitiyak-tehnologiya-vplyvaye-na-navchannya-v-ukrayinskyh-shkolah/>.
- [10] “Чи загрожують людям нові технології: як штучний інтелект змінює ринок праці,” *Вечірній Київ*. [Online]. Available: <https://vechirniy.kyiv.ua/news/94882/>.
- [11] “AI in Education: Positives and Problems,” *Pearson*. [Online]. Available: <https://www.pearson.com/en-gb/schools/insights-and-events/schoolsblog/2024/07/ai-in-education--positives-and-problems.html>
- [12] U.S. Department of Education, Office of Educational Technology, *Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations*. Washington, DC, 2023.
- [13] M. Guest Jr., “Exploring The Use of Artificial Intelligence as an Instructional Learning Tool in Middle School Mathematics Classrooms,” PhD dissertation, Arkansas State University, 2024.
- [14] “How AI Is Changing the Way Math Teachers Plan Lessons,” *Education Week*. [Online]. Available: <https://www.edweek.org/technology/how-ai-is-changingthe-way-math-teachers-plan-lessons/2025/03>
- [15] “Is Education Losing the Race with Technology?” *OECD*. [Online]. Available: https://www.oecd.org/en/publications/is-education-losing-the-race-withtechnology_73105f99-en.html
- [16] “New Survey Shows High School Students Say AI Alleviates Math Stress,” *AOL*. [Online]. Available: <https://www.aol.com/high-school-students-aialleviates-131500108.html>.
- [17] “The 5 best math AI tools in 2025,” *Jotform*. [Online]. Available: <https://www.jotform.com/ai/best-math-ai/>
- [18] “The Future of Math Class: How AI Could Transform Instruction,” *Education Week*. [Online]. Available: <https://www.edweek.org/technology/the-futureof-math-class-how-ai-could-transform-instruction/2025/03>.

DIDACTIC FUNCTIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE INDIVIDUALIZATION OF MATHEMATICS LEARNING

Valentyna Motorina, Mykyta Savchenko, Serhii Soha

ABSTRACT. The publication substantiates the didactic functions of AI (adaptive, diagnostic, predictive) in the individualization of mathematics teaching. The emphasis is on the “human in the loop” model, overcoming mathematical anxiety and the role of the teacher as a moderator of the intellectual environment in the conditions of digitalization of education.

KEYWORDS: individualization, mathematical education, artificial intelligence, didactic functions, adaptability.

ВІД ІНСТРУМЕНТУ ДО КОМПЕТЕНТНОСТІ: ГЕНЕРАТИВНИЙ ШІ В РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВИХ УМІНЬ УЧНІВ¹

Носенко Юлія¹, Пінчук Ольга¹

¹Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України, Київ, Україна
nosenko@iitlt.gov.ua

АНОТАЦІЯ. Проаналізовано теоретичні засади використання генеративного ШІ в освіті, обґрунтовано його роль у розвитку інформаційно-цифрових умінь учнів. Визначено педагогічні виклики та ризики використання генеративного ШІ, запропоновано модель переходу від інструментального до компетентнісного використання ШІ.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний штучний інтелект, інформаційно-цифрова компетентність, учні, вчителі, цифровізація освіти.

I. Вступ

Сучасний розвиток освіти відбувається в умовах активної цифровізації та стрімкого поширення технологій штучного інтелекту, серед яких особливе місце посідає генеративний штучний інтелект (ШІ). Його можливості щодо створення контенту, адаптації навчального матеріалу та підтримки пізнавальної діяльності відкривають нові перспективи для організації освітнього процесу. У цьому контексті особливої актуальності набуває розвиток інформаційно-цифрових умінь учнів як складової ключових компетентностей, що включають здатність працювати з інформацією, критично її оцінювати та ефективно використовувати цифрові інструменти.

Водночас у практиці освіти генеративний ШІ часто використовується переважно як інструмент виконання навчальних завдань, що обмежує його потенціал у розвитку компетентностей учнів. Це зумовлює необхідність переосмислення його ролі – від допоміжного засобу до середовища формування інформаційно-цифрових умінь, особливо на рівні базової середньої освіти, де закладаються основи навчальної автономії та критичного мислення. У зв'язку з цим актуальним є дослідження можливостей і умов ефективного використання генеративного ШІ для розвитку інформаційно-цифрових умінь учнів.

Дослідження виконано в межах «Комплексного наукового дослідження використання генеративного штучного інтелекту на різних рівнях освіти для удосконалення педагогічних та управлінських практик», що здійснюється за рахунок бюджетних коштів, спрямованих на забезпечення проведення державними науковими установами наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за результатами державної атестації згідно з договором № БФ/С12 – 2025 про виконання наукового дослідження, яка за результатами державної атестації за науковим напрямом «Суспільний» віднесена до групи А.

II. Основна частина

Теоретичні засади та сучасний стан використання генеративного ШІ у розвитку інформаційно-цифрових умінь учнів.

Розвиток інформаційно-цифрових умінь учнів у сучасному освітньому середовищі відбувається під впливом трансформацій, зумовлених упровадженням технологій штучного інтелекту. У науковому дискурсі інформаційно-цифрова компетентність розглядається як інтегративна характеристика особистості, що охоплює здатність ефективно використовувати цифрові технології, здійснювати критичний аналіз інформації, створювати цифровий контент і відповідально організовувати інформаційну діяльність.

Із появою генеративного ШІ зміст цієї компетентності суттєво розширюється. Традиційні вміння пошуку та обробки інформації доповнюються здатністю взаємодіяти з інтелектуальними системами, формулювати запити (промпти), інтерпретувати результати їх роботи та оцінювати їхню достовірність. У цьому контексті генеративний ШІ постає не лише як інструмент, а як нове освітнє середовище, у межах якого здійснюється навчальна діяльність.

Сучасні дослідження засвідчують, що використання генеративного ШІ сприяє розвитку персоналізованого навчання, підвищенню залученості учнів і розширенню можливостей творчої діяльності. Зокрема, у роботі [1] підкреслюється здатність ШІ трансформувати освітні практики через адаптацію навчального контенту та підтримку індивідуальних освітніх траєкторій. Водночас ефективність застосування таких технологій значною мірою визначається педагогічним контекстом їх використання, включаючи способи інтеграції в навчальний процес, дидактичний дизайн і рівень педагогічної підтримки [2, 3, 4].

У межах теорії когнітивного навантаження важливо враховувати, що генеративний ШІ може як оптимізувати, так і ускладнювати процес засвоєння навчального матеріалу залежно від способу його використання. Надмірна кількість інформації або складність інтерфейсів можуть призводити до перевантаження, тоді як структуроване й педагогічно виважене застосування сприяє підвищенню ефективності навчання.

Отже, теоретичні засади використання генеративного ШІ в освіті формуються на перетині компетентнісного підходу, теорії когнітивного навантаження та концепції саморегульованого навчання [5], що визначають умови розвитку інформаційно-цифрових умінь учнів.

Аналіз сучасного стану використання генеративного ШІ свідчить про його активне впровадження на різних рівнях освіти, передусім у вищій освіті та професійній підготовці. Водночас у загальній середній освіті, особливо на рівні базової школи, такі практики залишаються фрагментарними та недостатньо систематизованими [6].

В освітньому процесі генеративний ШІ застосовується переважно для створення навчального контенту, підтримки навчальної діяльності та автоматизації оцінювання. Він використовується як засіб генерації текстів, завдань і пояснень, як інтелектуальний асистент для пояснення складних тем, а також як інструмент перевірки результатів навчання та надання зворотного зв'язку. Разом із тим у більшості випадків генеративний ШІ виконує роль допоміжного інструмента, а не засобу розвитку компетентностей. Його використання для отримання готових відповідей може знижувати рівень пізнавальної активності та самостійності учнів. У цьому контексті дослідження [7] наголошують, що впровадження ШІ в освіту потребує не лише технологічних рішень, а й переосмислення педагогічних підходів, зокрема посилення ролі вчителя як фасилітатора навчального процесу та забезпечення активної участі учнів у навчальній діяльності. Крім того, підкреслюється необхідність розвитку критичного мислення, оскільки результати, згенеровані ШІ, можуть містити неточності або упередження і потребують ретельної перевірки.

Генеративний ШІ як чинник трансформації інформаційно-цифрових умінь.

Використання генеративного ШІ призводить до якісних змін у структурі інформаційно-цифрових умінь учнів. Якщо традиційно ці уміння включали пошук, відбір та аналіз інформації, то в умовах використання ШІ вони доповнюються новими компонентами.

Зокрема, зростає значення умінь формулювання запитів до інтелектуальних систем, що визначає якість отриманих результатів. Крім того, важливими стають навички оцінювання достовірності інформації, згенерованої ШІ, а також уміння інтегрувати її з іншими джерелами.

У цьому контексті доцільно представити узагальнення трансформації інформаційно-цифрових умінь (табл. 1).

Таблиця 1.

Трансформація інформаційно-цифрових умінь під впливом генеративного ШІ

Традиційні уміння	Уміння в умовах використання генеративного ШІ
Пошук інформації	Формулювання запитів до ШІ
Аналіз інформації	Критичне оцінювання результатів ШІ
Обробка даних	Інтерпретація згенерованого контенту
Створення текстів	Спільне створення контенту з ШІ
Використання цифрових технологій	Усвідомлене використання ШІ

Представлена трансформація свідчить про те, що генеративний ШІ не лише розширює інструментарій навчання, а й змінює саму природу інформаційно-цифрових умінь. Це вимагає відповідних змін у змісті освіти та методах навчання.

Педагогічні виклики та ризики використання генеративного ШІ.

Попри значний потенціал генеративного ШІ, його впровадження в освітній процес супроводжується низкою педагогічних викликів, які потребують системного осмислення. Одним із ключових ризиків є формування поверхневих знань унаслідок використання готових відповідей, згенерованих ШІ. У таких умовах знижується потреба учнів у глибокому аналізі інформації, що може негативно впливати на розвиток критичного мислення.

Іншим важливим викликом є так званий ефект «когнітивної залежності», коли учні починають покладатися на цифрові інструменти як на основне джерело рішень. Це може призводити до зниження рівня самостійності та навчальної автономії. Дослідження показують,

що надмірне використання автоматизованих систем може зменшувати залученість учнів у процес навчання, якщо відсутній належний педагогічний супровід [7].

Окрему увагу слід приділити проблемі достовірності інформації, згенерованої ШІ. Генеративні моделі можуть створювати тексти, які виглядають переконливо, але містять фактичні помилки або упередження. Це актуалізує необхідність формування в учнів умінь перевірки інформації та критичного ставлення до цифрового контенту.

Крім того, існують етичні виклики, пов'язані з використанням генеративного ШІ, зокрема питання академічної доброчесності, авторства та відповідальності за використання згенерованого контенту. У цьому контексті важливо формувати в учнів розуміння меж допустимого використання ШІ та навички відповідального цифрового громадянства.

Таким чином, ефективне використання генеративного ШІ потребує не лише технологічного забезпечення, а й педагогічно обґрунтованого підходу, спрямованого на мінімізацію ризиків і розвиток когнітивної активності учнів.

Модель педагогічно доцільної інтеграції генеративного ШІ.

На основі проведеного аналізу доцільно запропонувати узагальнену модель інтеграції генеративного ШІ в процес розвитку інформаційно-цифрових умінь учнів (рис. 1).



Рис 1. Модель інтеграції генеративного ШІ в процес розвитку інформаційно-цифрових умінь учнів

Ця модель ґрунтується на ідеї переходу від інструментального використання ШІ до його застосування як середовища навчальної діяльності. Вона відображає системну взаємодію ключових компонентів освітнього процесу, спрямовану на розвиток інформаційно-цифрових умінь учнів. У центрі моделі знаходиться учень як активний суб'єкт навчальної діяльності, який взаємодіє з генеративним ШІ не як пасивний користувач, а як учасник пізнавального процесу.

Генеративний ШІ у межах моделі виконує подвійну функцію – інструмента та освітнього середовища. З одного боку, він забезпечує доступ до інформації, підтримує створення навчального контенту та надає зворотний зв'язок, з іншого – виступає середовищем, у якому відбувається формування інформаційно-цифрових умінь. Взаємодія з ШІ реалізується через

виконання навчальних завдань, що передбачають аналіз, оцінювання та створення інформаційних продуктів.

Важливим елементом моделі є педагогічний супровід, який здійснюється вчителем і включає постановку цілей, добір завдань, організацію діяльності учнів, консультування, а також контроль і корекцію результатів навчання. Саме педагогічний компонент забезпечує спрямованість використання генеративного ШІ на розвиток компетентностей, а не лише на отримання готових відповідей.

Активна діяльність учнів передбачає взаємодію з генеративним ШІ, пошук і обробку інформації, створення власних продуктів та оцінювання результатів. Завершальним етапом виступає рефлексія та оцінювання, що включає аналіз процесу й результатів діяльності, самооцінювання та визначення шляхів подальшого вдосконалення.

Результатом реалізації моделі є розвиток інформаційно-цифрових умінь, зокрема інформаційної грамотності, цифрової творчості, критичного мислення, комунікації та навчальної автономії. Таким чином, модель демонструє, що ефективність використання генеративного ШІ визначається не лише його технологічними можливостями, а передусім педагогічно обґрунтованою організацією навчального процесу.

III. Висновки

У результаті дослідження узагальнено сучасний стан використання генеративного ШІ в освітньому процесі та встановлено, що його застосування на рівні базової середньої освіти має фрагментарний і переважно інструментальний характер. Показано, що за такого підходу потенціал генеративного ШІ у розвитку інформаційно-цифрових умінь учнів реалізується лише частково. Обґрунтовано необхідність переходу до компетентісно орієнтованого використання генеративного ШІ, за якого він виступає не лише засобом виконання завдань, а середовищем навчальної діяльності, що сприяє формуванню критичного мислення, інформаційної грамотності, цифрової творчості та навчальної автономії.

Встановлено, що ефективність використання генеративного ШІ визначається педагогічно обґрунтованою інтеграцією, яка передбачає поєднання технологічного, педагогічного та діяльнісного компонентів, активну пізнавальну діяльність учнів, системний педагогічний супровід і формування критичного ставлення до результатів роботи ШІ.

Узагальнено модель педагогічно доцільної інтеграції генеративного ШІ, яка відображає механізм переходу від інструментального до компетентісного рівня його використання.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням методик формування й оцінювання інформаційно-цифрових умінь учнів в умовах використання генеративного ШІ.

IV. Список використаних джерел

- [1] O. Zawacki-Richter, V.I. Marín, and M. Bond, "Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?", *Int J Educ Technol High Educ.*, 16, 39, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>.
- [2] F. Almasri, "Exploring the Impact of Artificial Intelligence in Teaching and Learning of Science: A Systematic Review of Empirical Research", *Research in Science Education*, 54, 1–21, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3>.
- [3] H.E.S. Bakry, R.F. Ismail, and M.T. Khalil, "Artificial intelligence (AI) knowledge generation between acceptance and rejection as a tool to enhance project-based learning and professors' performance in private higher education sector in Egypt", *Cybrarians Journal*, Vol. 73, 203–215, 2024 [Online]. Available: <https://doi.org/10.70000/cj.2024.73.621>.
- [4] L. Kuan Yeh, P.-H. Cheng, and L.-W. Chen, "AI-Powered Pedagogical Frameworks: Advancing Computational Thinking and Coding Proficiency in Secondary Education", *TechRxiv*, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.36227/techrxiv.174910010.00866598/v1>.
- [5] Ю. М. Богачков, П. С. Ухань, та О. П. Пінчук, «Персональне середовище самоспрямованого навчання учнів», *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, (56), с. 24–42, 2020. Доступно: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-56-24-42>.

- [6] О.М. Спирін, О.І. Ляшенко, С. Г. Литвинова, Ю.І. Мальований, О.П. Пінчук, та О.М. Соколюк, *Цифрова трансформація освіти: штучний інтелект у сучасному освітньому просторі*. Київ: ЦО НАПН України, 2025. 100 с. Доступно: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/747330/>.
- [7] W. Holmes, and I. Tuomi, "State of the art and practice in AI in education", *European Journal of Education*, 57, 542–570, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>.

FROM TOOL TO COMPETENCE: THE ROLE OF GENERATIVE AI IN DEVELOPING STUDENTS' DIGITAL AND INFORMATION SKILLS

Nosenko Yuliia, Pinchuk Olha

ABSTRACT. The study analyzes the theoretical foundations of generative AI in education and substantiates its role in developing school students' digital and information skills. Pedagogical challenges and risks are identified, and a model for transitioning from instrumental to competence-based use of AI is proposed.

KEYWORDS: generative artificial intelligence, digital competence, students, teachers, digital transformation of education.

ОЦІНКА ВЧИТЕЛЯМИ ВПЛИВУ ГЕНЕРАТИВНОГО ШІ НА СУЧАСНУ ОСВІТУ: РИЗИКИ ТА ПЕРЕВАГИ

Овчарук Оксана¹, Гриценчук Олена¹, Кравчина Оксана¹

¹Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна
ovcharuk@iitlt.gov.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації наведено результати опитування вчителів щодо їхньої оцінки впливу генеративного штучного інтелекту на сучасну освіту. Окреслено бачення та ставлення вчителів закладів загальної середньої освіти та професійно-технічної освіти до використання ШІ у професійній діяльності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний штучний інтелект, загальна середня освіта, професійно-технічна освіта, цифрова компетентність.

I. Вступ

Цифровізація освіти та всіх сфер життя ставить перед системою освіти завдання інтегрувати нові технології в освітні процеси. Сьогодні особливий інтерес у освітян викликає використання генеративного штучного інтелекту (ГШІ) для підготовки та організації навчання. Про це свідчать останні опитування [1], серед яких – проведене Інститутом цифровізації освіти у 2025 році, що стосується використання ШІ суб'єктами освітнього процесу, що було проведене у період з 1 по 15 вересня 2025 року. Метою опитування було здійснення комплексного аналізу рівня обізнаності педагогів щодо функціональних можливостей генеративного штучного інтелекту (ШІ, ГШІ), виявлення специфіки та інтенсивності його практичного застосування у професійній діяльності, а також оцінювання установок і ставлень респондентів до інтеграції технологій ШІ в освітній процес [2]. Як зазначено у звіті Виконавчого агентства Європейської освіти та культури Європейської Комісії, для забезпечити відповідального використання в освітніх установах систем і технологій ШІ важливо усвідомлювати баланс, що необхідно досягти між використанням переваг ШІ та оцінкою й уникненням потенційних ризиків, забезпеченням того, щоб включити людський нагляд та задовольнити людські цінності [3].

II. Основна частина

Окремий блок запитань для педагогічних працівників закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО) та професійно-технічної освіти (ПТО) було присвячено з'ясуванню того, як учителі оцінюють вплив генеративного штучного інтелекту на сучасну освіту. У межах цього блоку увагу зосереджено на сприйнятті педагогами потенційних переваг використання ШІ, можливих ризиків його впровадження, а також на розумінні тих змін, тобто як ШІ-технології можуть вплинути на освітній процес. Респондентів запитали, як, на їхню думку, можуть вплинути технології ШІ на сучасну освіту (рис.1).

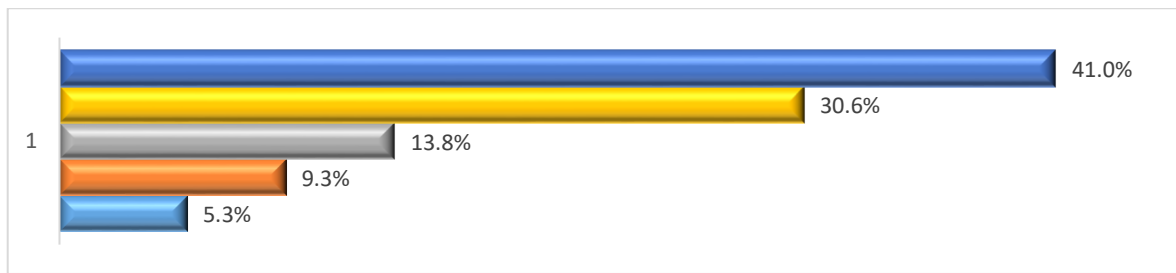


Рис. 1. Ступінь впливу ШІ на сучасну освіту.

Вплив ШІ на сучасну освіту вчителі оцінювали за шкалою від 1 (найнижчий ступінь впливу) до 5 (найвищий ступінь впливу). 13,8 % опитаних вважають вплив ШІ на освіту дуже значним. 41% і 30,6% – визнають, що ШІ здійснює значний та не надто значний вплив на освіту. Невеликий відсоток респондентів вважає, що ШІ не значно (9,3%) та слабо (5,3%) впливає на освіту (рис.1). Визнання вчителями впливу ШІ на освіту, незважаючи на різний ступінь впливу, свідчить про поступову інтеграцію штучного інтелекту в освітні процеси.

В цьому сенсі важливим також є розуміння, який саме вплив здійснює використання інструментарію ШІ на освіту. З цим аспектом пов'язані наступні питання опитувальника, а саме: які ризики пов'язані з ШІ в освіті, які переваги має впровадження ШІ та які утворюються можливості для учасників освітнього процесу.



Рис. 2. Думка респондентів щодо ризиків, пов'язаних з впровадженням ШІ.

Серед ризиків, запропонованих як варіанти відповідей, що пов'язані з впровадженням ШІ, найбільші хвилювання вчителів викликають ризики, що стосуються учнів, а саме: зменшення мотивації та втрата зацікавленості до навчання – 75,1% та залежність від технологій – 61,3%. Також вагомими зазначають недостовірність або упередженість інформації (37,9%), порушення авторського права та умов доброчесності (31,5%), втрату робочих місць (31,5%). Опитані вважають важливими ризики, що пов'язані з етикою та конфіденційністю при впровадженні ШІ, зокрема: делегування відповідальності за прийняття рішень – 29,3%; втручання в особисте життя – 20,8%; етичні дилеми – 19,7%. Не бачать жодних ризиків лише 5,2% респондентів (рис.2).

Отримані результати засвідчили достатньо високий рівень усвідомлення вчителями потенційних ризиків, пов'язаних із впровадженням штучного інтелекту в освітній процес, причому найбільше занепокоєння викликають саме наслідки для учнів. Домінування таких ризиків, як зменшення мотивації до навчання (75,1 %) та формування залежності від технологій (61,3 %), вказує на глибоке розуміння педагогами психологічних і поведінкових аспектів впливу ШІ. Це свідчить про те, що вчителі розглядають ШІ не лише як інструмент, а й як фактор, здатний змінювати навчальну активність, самостійність і критичне мислення учнів.

Водночас значна частка респондентів звертає увагу на якість інформації, яку генерують системи ІІІ (37,9 %). Побойовання щодо недостовірності або упередженості контенту підкреслює важливість розвитку медіаграмотності та критичного мислення як у вчителів, так і в учнів. Не менш важливими є ризики, пов'язані з академічною доброчесністю та авторським правом (31,5 %), що вказує на необхідність оновлення правил і підходів до оцінювання результатів навчання в умовах активного використання цифрових інструментів.

Цікаво, що однакова частка респондентів (31,5 %) відзначає ризик втрати робочих місць, що свідчить про певну невизначеність щодо майбутньої ролі вчителя в умовах цифровізації освіти. Це може бути індикатором потреби у формуванні чіткого бачення того, як саме ІІІ доповнює, а не замінює педагогічну діяльність.

Окремий блок ризиків стосується етичних і правових аспектів. Зокрема, майже третина опитаних (29,3 %) занепокоєна делегуванням відповідальності за прийняття рішень системам ІІІ, що піднімає питання меж використання таких технологій. Також звертається увага на ризики втручання в особисте життя (20,8 %) та виникнення етичних дилем (19,7 %), що підкреслює необхідність чіткого нормативного регулювання та етичних стандартів використання ІІІ в освіті.

Порівнюючи відповіді на це запитання вчителів ЗЗСО та ПТО, маємо незначну різницю у відсотках, окрім бачення залежності від технологій – вчителі ЗЗСО (62,1%), вчителі ПТО (55,9%). Також є різниця у відповідях вчителів ЗЗСО (4,9%) та ПТО (7,2%), які не бачать жодних ризиків (рис.3).

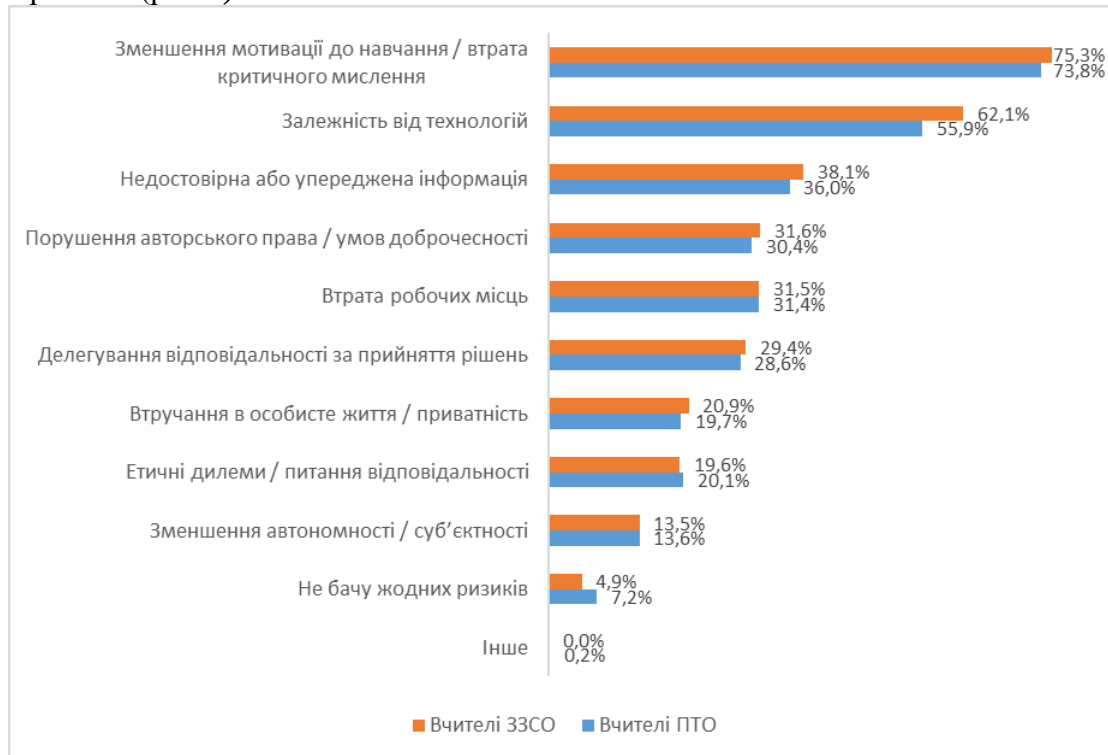


Рис. 3. Порівняння відповідей вчителів ЗЗСО та ПТО щодо думки про ризики, пов'язані з впровадженням ІІІ.

Порівняльний аналіз відповідей учителів ЗЗСО та ПТО загалом демонструє подібність у сприйнятті ризиків, що свідчить про спільне бачення викликів незалежно від типу закладу освіти. Водночас більш високий рівень занепокоєння щодо залежності від технологій серед учителів ЗЗСО (62,1 % проти 55,9 % у ПТО) може свідчити про більшу чутливість до змін у навчальній поведінці учнів у цьому сегменті освіти. Крім того, дещо більша частка вчителів ПТО, які не бачать жодних ризиків (7,2 % проти 4,9 % у ЗЗСО), може вказувати на більш прагматичне або технологічно орієнтоване ставлення до інновацій.

III. Висновки

Узагальнені результати дослідження засвідчують, що впровадження технологій штучного інтелекту в освітню сферу супроводжується не лише високими очікуваннями щодо їхнього потенціалу, а й наявністю суттєвих застережень з боку педагогічної спільноти, а саме вчителів. Це підкреслює необхідність реалізації комплексного, багатовимірного підходу до інтеграції ШІ в освітній процес, врахування потреб вчителів та учнів, а також їхніх очікувань. Також безперечними є технологічні, педагогічні, етичні та соціальні виміри застосування ГШІ, які є недостатньо вивченими та регламентованими, і це викликає необхідність привернення уваги освітян.

У публікації наведені результати дослідження, одержані в ході виконання НДР «Комплексне наукове дослідження використання генеративного штучного інтелекту на різних рівнях освіти для удосконалення педагогічних та управлінських практик», що виконується за рахунок бюджетних коштів, спрямованих на забезпечення проведення державними науковими установами наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за результатами державної атестації договір № БФ/ С12–2025 про виконання наукового дослідження, яка за результатами державної атестації за науковим напрямом «Суспільний» віднесена до групи А.

IV. Список використаних джерел

- [1] “Результати моніторингового дослідження, організованого на початку 2025/2026 навчального року: сфера професійної (професійно-технічної) освіти.” [Online]. Available: https://sqe.gov.ua/wp-content/uploads/2025/12/gotovnist_zppto_2025-26_sqe.pdf
- [2] O. Ovcharuk, O. Hrytsenchuk, and O. Kravchyna, “Use of generative artificial intelligence by teachers to improve pedagogical practices: global and Ukrainian experience,” *Image of the Modern Pedagogue*, vol. 1, no. 6, pp. 5–10, Nov. 2025, doi: 10.33272/2522-9729-2025-6(225)-5-10.
- [3] “Artificial Intelligence Index Report 2023,” Dec. 2023. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/newsroom/rtd/items/813110/en>.

TEACHERS’ ASSESSMENT OF THE IMPACT OF GENERATIVE AI ON MODERN EDUCATION: RISKS AND BENEFITS

Oksana Ovcharuk, Olena Hrytsenchuk, Oksana Kravchyna

ABSTRACT. The publication presents the results of a survey of teachers on their assessment of the impact of generative artificial intelligence on modern education. The vision and attitude of teachers of general secondary education and vocational education institutions towards the use of AI in professional activities are outlined.

KEYWORDS: generative artificial intelligence, general secondary education, vocational education, digital competence.

ТЕХНОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ: НЕЙРОПЕДАГОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНОЇ МОДЕЛІ LYRIA У КОРЕКЦІЇ МОВЛЕННЄВИХ ПОРУШЕНЬ В ОСІБ З ООП

Озарчук Андрій¹

¹Рівненський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти, Рівне, Україна;
Інститут педагогіки НАПН України, Київ, Україна
E-mail: a.ozarchuk@roippo.org.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розкрито нейробіологічні механізми музикотерапевтичного впливу на мовленнєві центри мозку, обґрунтовано можливості технологічної екосистеми аудіомоделі Lyria у персоналізованому корекційно-розвитковому процесі, проаналізовано прикладні вектори впровадження для різних нозологічних груп.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: особливі освітні потреби, генеративний штучний інтелект, Lyria, розвиток мовлення, музикотерапія.

I. Вступ

Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту (ШІ) докорінно змінює методологічну парадигму сучасної інклюзивної педагогіки загалом та логопедії зокрема. В умовах глобального зростання кількості дітей з особливими освітніми потребами (ООП) і гострої нестачі кваліфікованих фахівців у сфері корекційної освіти генеративні моделі штучного інтелекту нового покоління відкривають якісно нові можливості для персоналізованого педагогічного супроводу. Вітчизняна статистика красномовно фіксує масштаб цього запиту: за п'ять років охоплення дітей з ООП у закладах дошкільної освіти зросло майже на 143%, а в закладах загальної середньої освіти – на понад 116% [1]. Така динаміка означає, що система інклюзивно-ресурсних центрів (ІРЦ), логопедичних служб і спеціалізованих закладів освіти щороку стикається зі стрімко зростаючим контингентом, чисельність якого збільшується значно швидше, ніж кадрові та фінансові ресурси, необхідні для його супроводу. Відповідно, потреба у масштабованих, технологічно опосередкованих формах корекційно-розвиткової роботи набуває характеру системної необхідності, а не лише педагогічної інновації. Саме в цьому контексті генеративна аудіомодель Lygia від Google DeepMind набуває значення не лише технологічного, а й педагогічного феномену, здатного суттєво розширити терапевтичне охоплення та забезпечити рівний доступ до якісного корекційного середовища для кожного здобувача освіти з мовленнєвими порушеннями.

II. Основна частина

Технологічна архітектура сімейства Lygia ґрунтується на принципово нових підходах до лінійного моделювання аудіопослідовностей, що дозволили подолати ключове обмеження попередніх генеративних систем – втрату структурної когерентності при синтезі розгорнутих музичних фрагментів. В основі моделей лежать архітектурні рішення класу SpeechSSM, здатні опрацьовувати довготривалі аудіозаписи та підтримувати музичну безперервність на рівні фраз, куплетів і цілісних композицій, одночасно генеруючи кілька незалежних інструментальних ліній і реалістичний вокал [2]. Ця властивість має принципове значення для спеціальної педагогіки: саме структурована, передбачувана й тематично завершена музична форма є тим середовищем, яке забезпечує оптимальне тренування предиктивних нейронних механізмів у дітей із порушеннями мовленнєвого розвитку. Екосистема включає кілька спеціалізованих модифікацій із чітко розмежованими функціональними властивостями.

Флагманська модель Lygia 3 Pro оптимізована для синтезу повноформатних музичних творів із збереженням складної структурної архітектоніки – вступу, куплетів, приспіву, музичного мосту та завершення, – що робить її основним інструментом для розроблення терапевтичних та дидактичних аудіоматеріалів, зокрема дидактичних пісень, музичних соціальних наративів і релаксаційних треків [3].

Модифікація Lygia 3 Clip призначена для оперативного продукування коротких замкнених аудіофрагментів, що циклічно повторюються, – форм, ідеально придатних для звукових поведінкових маркерів, таймерів корекційних вправ і ситуативних аудіальних підказок у структурованому навчальному середовищі.

Lygia RealTime реалізує принципово відмінну парадигму взаємодії – потокову генерацію з можливістю оперативного коригування ключових параметрів аудіопотоку (темпу, гармонічного забарвлення, жанрової моделі) у режимі реального часу, що відкриває перспективи інтерактивної музикотерапії та безпосередньої адаптації музичного середовища до змін психофізіологічного стану дитини під час заняття [3].

Ключовою інклюзивною перевагою даних модифікацій є, насамперед, мультимодальність введення: специфікація бажаного результату здійснюється як через детально параметризований текстовий промпт – з вказівкою жанру, тембру голосу, темпового режиму, характеру артикуляції та емоційного забарвлення, – так і через завантаження зображення, зокрема картки системи PECS, піктограми комунікатора чи малюнка дитини, яке модель автоматично аналізує і конвертує у відповідний аудіотрек [3]. Функція прямого введення авторського тексту через директиву Lyrics дозволяє логопеду або вчителю інклюзивного класу

вбудовувати власні логоритмічні вірші та коригувальні фрази безпосередньо у вокальну партію композиції, забезпечуючи точний контроль над фонемним складом матеріалу [3]. Названі властивості принципово відрізняють Luga від попередніх систем синтезу мовлення і тексту, які, незважаючи на практичну корисність, були позбавлені емоційної виразності, жанрової гнучкості та глибини персоналізації, критично важливих для дітей із нейродивергентними профілями розвитку [4].

Нейробіологічне підґрунтя ефективності музично-терапевтичних інтервенцій у корекційній роботі з дітьми з ООП є добре задокументованим у сучасній науковій літературі. Музична діяльність активує розподілені нейронні мережі обох півкуль мозку одночасно: слухову кору, моторні зони, відповідальні за артикуляцію, лімбічну систему, а також мовленнєві центри – зону Брока та зону Верніке [4]. Теорії предиктивного кодування пояснюють, чому ритмічно структурована музика є особливо ефективним середовищем для тренування мозкових механізмів прогнозування звукових послідовностей, порушених у дітей із сенсорною інтегративною дисфункцією, слуховою нейропатією або затримкою мовленнєвого розвитку [4]. Ритм і мелодія полегшують фонологічну обробку, дозволяючи здобувачам освіти свідомо контролювати артикуляцію, темп мовлення й точність голосних звуків; повторювана вокальна практика діє як природний механізм підкріплення, сприяючи інтерналізації правильних фонетичних патернів. Для дітей з розладами аутистичного спектра сучасні метааналізи клінічних випробувань підтверджують достовірне зниження загальних балів за шкалою CARS (стандартизована різниця середніх від -0,43 до -1,50), за шкалою ABC (SMD від -0,76 до -1,07) та за переліком АТЕС (SMD = -2,52), фіксуючи покращення комунікативних навичок, соціальної взаємодії та когнітивного функціонування [4]. Ці дані переконливо свідчать про те, що музикотерапія є науково обґрунтованим методом втручання, а генеративні інструменти нового покоління здатні суттєво підвищити її масштабованість і ступінь персоналізації.

Прикладна реалізація педагогічного потенціалу генеративної моделі Luga у роботі з дітьми з ООП розгортається передусім у сфері корекції мовленнєвих порушень – надзвичайно різноманітній за нозологічним складом і водночас об'єднаній спільною терапевтичною логікою. У разі дислалії, дизартрії та фонетико-фонематичного недорозвитку мовлення центральним терапевтичним завданням є автоматизація дефектних або відсутніх звуків через масовану, структуровану й мотиваційно підкріплену фонетичну практику. Традиційні підходи виконують це завдання шляхом багаторазового відтворення слів-зразків у форматі ізольованих складів, словосполучень і фраз; утім цей процес швидко набуває монотонного характеру, що неминуче знижує когнітивну залученість дитини і, відповідно, зменшує терапевтичну ефективність [3]. Генеративна модель Luga 3 Pro кардинально трансформує цей механізм: логопед конструює фонетично цільовий словниковий масив і через директиву Lugaics вбудовує його безпосередньо у вокальну партію пісні, обравши жанр і темп відповідно до вікових інтересів дитини. Ключовою педагогічною перевагою такого формату є те, що дитина здійснює фонетичну практику не як рутинне вправління, а як природну вокальну активність: вона підспівує знайомій мелодії, наслідуючи еталонну артикуляцію ІІІ-вокалу, і цим самим інтерналізує правильні артикуляційні патерни через механізм аудіомоторного зворотного зв'язку. Можливість керування вокальним профілем – вибір тембру (м'який, чіткий, енергійний), типу голосу та рівня артикуляційної виразності – дозволяє фахівцеві підбирати звуковий зразок, найбільш ефективний для конкретної дитини з урахуванням її сенсорного профілю та ступеня слухової гіперчутливості [3].

Самостійним вектором корекційно-розвиткової роботи є підтримка дітей із розладами аутистичного спектра, для яких мовленнєві труднощі поєднуються з комплексними викликами соціальної взаємодії, емоційного розпізнавання та комунікативної взаємодії. У цьому контексті Luga 3 Pro уможливлює синтез музичних соціальних наративів – структурованих дидактичних оповідей, вкладених у форму пісні, що роз'яснюють поведінкові норми, готують дитину до непередбачуваних соціальних ситуацій або закріплюють навички побутового мовлення. Музична форма принципово змінює механізм засвоєння: пісня активує гіпокамп і фронтальну кору, забезпечуючи довготривале мнемонічне збереження вербальних

конструкцій, тоді як мелодійний контур мінімізує тривожне навантаження і знижує поріг емоційного спротиву, характерний для прямого інструктажу [4].

Lygia RealTime, у свою чергу, відкриває можливість інтерактивної музично-терапевтичної взаємодії, у якій дитина з РАС може впливати на характер аудіопотоку через базові керуючі жести або вибір картки, що розвиває навички соціальної черговості та причинно-наслідкового мислення у безпечному, алгоритмічно контрольованому комунікативному просторі [3]. Для невербальних здобувачів освіти, котрі послуговуються системами альтернативної та додаткової комунікації (АДК), функція генерації аудіо на основі зображення (Image-to-Music) набуває особливої терапевтичної цінності: завантажений символ з персонального комунікатора або піктограма, яку дитина самотійно обрала, стає безпосереднім стимулом для синтезу унікального аудіотреку. Ця взаємодія формує у дитини розуміння власної агентності у комунікативному просторі, розвиває крос-модальне сприйняття – здатність пов'язувати візуальні образи з аудіальними відповідниками, – а також сприяє виникненню передумов для символічного мислення як базису майбутнього мовленнєвого розвитку [3].

Окремої уваги заслуговує корекційний потенціал Lygia при порушеннях темпо-ритмічної організації мовлення – заїканні (логоневрозі) та тахілалії. Клінічно доведено, що особи із заїканням, як правило, не відтворюють дисфлюентність під час спільного або синхронізованого мовлення, зокрема при декламації під музичний ритм. Цей феномен пояснюється активацією систем зовнішнього ритмічного контролю, що тимчасово компенсують дефіцити внутрішнього часового планування мовлення [5]. Параметризована генерація треків із поступово зменшуваним темпом дозволяє реалізувати протокол ритмічної аудиторної стимуляції у повністю персоналізованому, жанрово привабливому форматі: дитина практикує читання, декламацію або спонтанне мовлення під генерований біт, поступово інтерналізуючи сповільнений, плавний темповий патерн.

Для дітей із загальним недорозвитком мовлення або затримкою мовленнєвого розвитку генеративна мнемонічна музика – пісні, у яких граматичні конструкції, відмінкові закінчення чи лексичні поля організовані у впізнавану ритмо-мелодичну структуру, – забезпечує активацію гіпокампульних механізмів пам'яті та підвищує швидкість лексичного доступу в процесі спонтанного мовлення [4].

Нарешті, для здобувачів освіти з порушеннями виконавчих функцій і дефіцитом уваги персоналізовані аудіальні розклади, транзиційні сигнали та структуровані фонові треки, синтезовані з урахуванням індивідуального сенсорного профілю дитини, слугують ефективним засобом організації навчальної діяльності без зайвої сенсорної стимуляції – замінюючи тривожні для частини дітей гучні шкільні сигнали м'якими, прогнозованими аудіальними орієнтирами [3].

Суттєвою перевагою для практики вітчизняних фахівців є повноцінна підтримка української мови в моделях Lygia 3 Pro та середовищі Gemini, задокументована офіційними VCP-47 кодами uk та uk-UA у технічній документації Google Cloud та Vertex AI [6]. Це означає, що логопеди, асистенти вчителів та фахівці ІРЦ можуть формулювати промпти рідною мовою, генерувати фонетично коректну україномовну лірику й синтезувати природний вокал з урахуванням норм наголошування та інтонації. Усунення бар'єру лінгвістичної локалізації є критичним чинником для масового впровадження технології, адже культурна й мовна релевантність дидактичних матеріалів є не менш важливою, ніж їхній технічний рівень. За умов воєнного часу, коли ресурси спеціалізованих кадрів у деяких регіонах критично скорочені, здатність педагога самотійно й оперативно генерувати якісний україномовний корекційний контент набуває особливого соціального і гуманістичного значення.

Водночас інтеграція генеративного ШІ у сферу інклюзивної освіти зобов'язує фахову спільноту до дотримання суворих етичних і безпекових стандартів. Ризики алгоритмічного упередження, що виникають унаслідок незбалансованості навчальних датасетів, можуть призводити до фонетичних неточностей або нетипової інтонації у згенерованому вокалі; у контексті корекційної роботи це здатне закріпити хибний мовленнєвий патерн [6]. Конфіденційність персональних даних здобувачів освіти має захищатися шляхом використання виключно захищених корпоративних середовищ, сумісних з HIPAA та GDPR, із

категоричною заборонаю введення ідентифікуючої медичної або освітньої інформації до загальнодоступних платформ [7].

Технологія SynthID автоматично маркує будь-який аудіотрек, згенерований моделями Lyria 3, невидимим для людського вуха, але машинозчитуваним цифровим водяним знаком – важливим запобіжником у питаннях ідентифікації й автентичності навчального контенту [3]. Незмінним принципом залишається концепція людини в контурі прийняття рішень: фахівець несе кінцеву відповідальність за клінічну валідацію будь-якого згенерованого матеріалу перед його використанням у терапевтичному процесі, а застосування ШІ не скасовує, а якісно збагачує живу, емпатійну педагогічну взаємодію.

III. Висновки

Здійснений аналіз засвідчує, що генеративна модель Lyria постає не як технологічний заміник живої педагогічної взаємодії, а як потужний каталізатор дійсно інклюзивного освітнього середовища. Вивільняючи час фахівця від рутинної підготовки дидактичних матеріалів і пропонуючи науково обґрунтовані, персоналізовані механізми нейрокорекції, вона сприяє реалізації права кожної дитини з мовленнєвими труднощами на якісну, рівну та гідну освіту незалежно від характеру порушення, мови та географічного контексту навчання. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою верифікованих методичних протоколів використання генеративного аудіо у вітчизняній логопедичній практиці, опрацюванням критеріїв клінічної валідації згенерованого контенту та проведенням рандомізованих контрольованих випробувань із метою доказового обґрунтування ефективності Lyria для різних нозологічних груп дітей з ООП в українському освітньому просторі.

IV. Список використаних джерел

- [1] “Проблеми інклюзивно-ресурсних центрів та пропозиції щодо їх розв’язання”, *Офіційний веб-сайт Служби освітнього омбудсмена України*, 2024. URL: <https://eo.gov.ua/problems-inkluzivno-resursnykh-tsentriv-ta-propozytsii-shchodo-ikh-rozv-iazannia/2024/03/06/>.
- [2] “Generate music with Lyria 3 | Gemini API | Google AI for Developers”, *Google AI for Developers*, 2025. URL: <https://ai.google.dev/gemini-api/docs/music-generation>.
- [3] “Lyria 3”, *Google DeepMind*, 2025. URL: <https://deepmind.google/models/lyria/>.
- [4] L. Wu, X. Zhang, S. Liu, X. Gao & J. Wang, “Effectiveness of music therapy for children with autism spectrum disorder: meta-analysis and potential biological mechanisms”, *Front.*, vol. 16, 2026. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsy.2025.1722874>.
- [5] S. A. Frankford et al., “The Neural Circuitry Underlying the “Rhythm Effect” in Stuttering”, *J. Speech, Lang., Hearing Res.*, vol. 64, № 6S, pp. 2325-2346, 2021. doi: https://doi.org/10.1044/2021_jslhr-20-00328.
- [6] “Google models | Generative AI on Vertex AI | Google Cloud Documentation”, *Google Cloud Documentation*, 2025. URL: <https://docs.cloud.google.com/vertex-ai/generative-ai/docs/models>.
- [7] K. Raj Bellala, “Data Privacy and Compliance in the Cloud (GDPR, HIPAA, CCPA)”, *Int. J. Innovative Sci. Res. Technol.*, pp. 2091-2097, 2025. doi: <https://doi.org/10.38124/ijisrt/25jul1264>.

TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION OF INCLUSIVE EDUCATION: NEURO-PEDAGOGICAL PRINCIPLES OF APPLYING THE LYRIA GENERATIVE MODEL IN THE CORRECTION OF SPEECH DISORDERS IN INDIVIDUALS WITH SPECIAL EDUCATIONAL NEEDS

Ozarchuk Andrii

ABSTRACT. The publication explores the neurobiological mechanisms underlying the effects of music therapy on the brain’s speech centers, substantiates the potential of the Lyria audio model’s technological ecosystem in personalized corrective and developmental processes, and analyzes practical implementation strategies for various nosological groups.

KEYWORDS: special educational needs, generative artificial intelligence, Lyria, speech development, music therapy.

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING ENGLISH: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Olender Kateryna¹

¹Separate Structural Subdivision "Ternopil Professional College Ternopil Ivan Pului National Technical University",
Ternopil, Ukraine

E-mail: olenderkateryna@gmail.com

ABSTRACT. The publication examines prospects and obstacles of implementation of artificial intelligence in English language teaching. The focus is placed on personalization, adaptability, interactivity, and immediate feedback. It is noted though that primary challenges include technical and pedagogical barriers, data security, and ethical use of data. Prospects for further research are outlined.

KEYWORDS: artificial intelligence (AI), English language teaching (ELT), challenges, opportunities, teaching innovation.

I. Introduction

The rapid development of artificial intelligence has already penetrated into different fields, and education is no exception. English language proficiency is essential for academic, professional and personal communication. Numerous studies have explored both pedagogical benefits and drawbacks of AI integration, highlighting personalization, immersive practice and reduced teacher workload, while also raising concerns about uneven access to technologies, plagiarism and reduced creativity. This duality underscores the pressing need to carefully examine how AI can be applied responsibly to support educators rather than replace them.

Artificial intelligence in teaching English has attracted attention from researches worldwide, though its use in professional contexts needs further investigation. Among the prominent scholars who contributed to the development and implementation in language education we cannot but mention Ken Beatty, Zixuan Chen, Philippe Deterding, Wayne Holmes, and Rose Luckin. Their works are devoted to the study of adaptive learning environments, intelligent tutoring systems, AI-powered language practice tools, and automated feedback.

In addition, John McCarthy laid the foundation for artificial intelligence which later enabled its application in education. Similarly, Seymour Papert, though not directly engaged with AI in teaching English, stressed the idea of learning by doing and shift from passive to active studying which is now central in AI-driven educational systems.

In the Ukrainian academic context, AI in English language teaching was explored by Nataliia Baranivska, Mariana Bilak, Natalia Boichuk, Zoriana Dzuibata, Iryna Kovalenko, Olha Spiricheva, Vadym Tynnyi, Iryna Zhukevych, Olha Yunina. Overall, Ukrainian research is focused on AI tools for language skills enhancement, integration of AI in teaching English for Specific and Academic Purposes, personalized learning and adaptive systems.

Although the usage of artificial intelligence in teaching English had been actively examined in the recent years, a number of aspects (for example, the long-term effectiveness of AI-assisted learning, pedagogical integration of AI in curricula, ethical and academic integrity issues, the impact of learners' critical thinking and creativity) remain insufficiently researched and require further investigation.

II. Main body

The rapid development of artificial intelligence technologies has significantly reshaped educational practices, particularly in the field of English language teaching. They offer new opportunities to boost learner engagement, personalize instructions, and enhance language acquisition. Implementation of AI into ELT not only improves the formation of language competencies, but also transforms traditional pedagogical approaches. This paper therefore seeks to examine the multifaceted potential of artificial intelligence in teaching English, while critically exploring its limitations and implications, with special emphasis on teaching methodology and learner outcomes.

In their article, Iryna Kovalenko and Nataliia Baranivska [2, p.89] note that the integration of artificial intelligence provides the opportunity for personalized learning when the learning content, pace, and style are adjusted to meet the students' needs. Its adaptability and capability to constantly learn from student's interaction make it a valuable tool in language education. Chatbots enable the students to take part in realistic conversation simulations. Not only is it fun, interactive and keeps the

learners motivated and engaged, but also improves speaking and comprehension skills. AI systems provide educators with valuable information about students' progress, engagement levels, learning patterns, and challenges. Therefore, this makes teaching more targeted and impactful, directly reinforcing strengths and addressing learning gaps.

Among the primary challenges, Iryna Kovalenko and Nataliia Baranivska outline technical and pedagogical barriers, data security, and ethical use of data. Integration of AI tools with curriculum standards and teaching methodologies presents a significant pedagogical challenge. It is necessary not only to invest in infrastructure, but also make AI tools adaptable to different technical environments. The usage of AI tools frequently involves the collection, processing, and storage of sensitive student data. This raises concerns about data security, unauthorized access to personal information, transparency of consent, and ethical management of such data. Students and their guardians should be informed how what data is being collected and who can get access to it [2, p.91].

The results of the research conducted by I. Zhukevych and O. Spiricheva [4, p.48] show that there is a wide variety of AI tools that can be used to develop students' speaking skills. Students can practice their pronunciation and receive immediate feedback using speed recognition software. Pronunciation trainers offer targeted exercises to improve pronunciation and comprehension. Speech synthesis tools allow students to listen the text they are reading, which is beneficial in developing listening and comprehension skills. Interactive learning platforms provide students with personalized learning experience. I. Zhukevych and O. Spiricheva have also developed recommendations to implement AI in language teaching. They encourage initial assessment and goal setting. AI tools must be properly integrated in learning process, focusing on identifying errors, providing feedback, and assessing speaking skills. Implementation of interactive language activities that enhance students' communication skills may include simulated conversations and virtual reality scenarios when students use foreign language in real-life situations. AI tools enable continuous assessment of learners' progress and provide personalized feedback. It is important to provide continuing support and assistance to students. This includes ongoing training sessions to familiarize learners with the technology, as well as consistent technical support to resolve any issues. Students should also be encouraged to develop critical thinking skills, question and analyze AI-generated results, verify accuracy of information, and make thoughtful decisions [4, p.49].

V. Tynnyi, E. Shchukina and O. Bieliakova analyse specific tools (English ABLE, ELSA, Orai, Neo, Chatbot applications) that are used to facilitate foreign language acquisition. ABLE is an adaptive complex application which focuses on grammar improvement. English Learning Speech Assistant (ELSA) is aimed at improving English pronunciation through artificial intelligence and speech recognition. It can analyze and correct spoken words and sentences as well as a personal pathway for language development. Orai is used to improve public speaking skills. Neo is an integrated learning solution that combines voice recognition and artificial intelligence systems. It provides psychological comfort for students who lack self-confidence and is accessible anytime and anywhere [3].

Artificial intelligence performs analytical, adaptive, communicative and creative functions in teaching foreign languages. AI-assisted learning leads to noticeable improvements in speaking skills, pronunciation, fluency and vocabulary. AI supports such activities as text generation, editing, translation, and pronunciation fostering accuracy and fluency. M. Bilak outlined such advantages of artificial intelligence as enhanced communicative competence, psychological comfort, scalability, adaptability, efficiency. However, students must be aware of AI limitations and biases. Thus, successful integration requires balanced usage of artificial intelligence and traditional teaching methods [1].

III. Conclusions

In conclusion, the findings highlight both prospects and barriers in integration of artificial intelligence in English language teaching. Chatbots, intelligent tutoring systems, adaptive learning environments and automated feedback platforms enhance student engagement, personalize instructions, content and feedback, improve learning outcomes, facilitate more effective vocabulary acquisition, grammar practice and targeted skills development. Furthermore, AI enables innovative approaches to teaching English for Professional and Academic Purposes.

Nevertheless, several issues remain unresolved. Unequal access to AI resources may deepen educational inequalities among learners. Concerns such as data privacy, plagiarism, overuse of AI, biased content are acknowledged, yet are still underexplored in the context of English language teaching. Although AI can aid in generating information, its effectiveness in promoting critical thinking and natural language application continues to be controversial. In addition, implementation of artificial intelligence into curricula and English language teaching programs remains unclear. The role of teachers in AI-enhanced approaches is insufficiently examined.

Further prospects for investigation increasingly highlight learner-centered, integrative, and evidence-based approaches. A key research direction involves designing effective models of human-AI collaboration in classrooms where artificial intelligence augments rather than replaces teachers' expertise. Another important area is the development of multimodal learning environments that create authentic communication contexts and boost learner engagement by integrating text, speech, images, and video. One more promising direction is the exploration of emotional AI which enables to recognize learner's emotional states and adapt instructional strategies to sustain motivation and improve outcomes. There is a pressing need for AI-driven solutions for inclusive education designed to support learners with disabilities, non-traditional learners, and those from diverse linguistic and cultural backgrounds. Longitudinal analysis will be essential to study long-term impact of artificial intelligence on language acquisition. Comparative analysis across different educational systems is highly demanded.

IV. References

- [1] M. Bilak, "Application of artificial intelligence resources in the formation of students' foreign language communicative competence during English language classes", *MSUC*, no. 32, pp. 65–71, Oct. 2025. <https://doi.org/10.15330/msuc.2025.32.65-71>.
- [2] I. Kovalenko and N. Baranivska, "Integrating artificial intelligence in English language teaching: Exploring the potential and challenges of AI tools in enhancing language learning outcomes and personalized education". *European Socio-Legal and Humanitarian Studies*, no. 1, 86-95, 2024. <https://doi.org/10.61345/2734-8873.2024.1.9>.
- [3] V. Tynnyi, E. Shchukina and O. Bieliakova, "Foreign language acquisition through artificial intelligence technology," *Molod i rynok*, 6 (226), 78-83, 2024. <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.303934>
- [4] I. Zhukevych and O. Spiricheva, "Transformation of foreign language learning: artificial intelligence as a tool for developing students' language skills". *International Science Journal of Education & Linguistics*, 3(3), 45–55, 2024. <https://doi.org/10.46299/j.isjel.20240303.06>.

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ СТУДЕНТАМИ ЗВО

Оліфер Олена¹

¹Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, Україна.
E-mail: olifer.olena@kdpu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації проаналізовано використання великих мовних моделей студентами нефілологічних спеціальностей у вивченні іноземної мови. Визначено основні способи застосування, мотивацію, а також етичні й дидактичні й етичні ризики, пов'язані з порушенням академічної доброчесності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, велика мовна модель, іноземна мова, академічна доброчесність.

I. Вступ

Швидкий розвиток великих мовних моделей (LLM) та інтерес до них з боку здобувачів освіти зумовлюють необхідність досліджувати можливості й ризики використання штучного інтелекту в освіті. Усі популярні платформи генеративного штучного інтелекту (ChatGPT, Gemini, Claude) є багатомовними та мають широкий функціонал, що робить їх важливим засобом навчання під час вивчення іноземних мов, оскільки їх можна використовувати для відпрацювання навичок спілкування іноземною мовою.

Загалом серед лінгводидактів переважає позитивне ставлення до використання LLM у процесі вивчення іноземної мови студентами нефілологічних спеціальностей у закладах вищої освіти [1]. Генеративний штучний інтелект дає змогу студентам заповнити прогалини в навчанні [2], а викладачам – урізноманітнити методи навчання, зробити вивчення іноземної мови більш інтерактивним і захопливим [3].

Однак використання великих мовних моделей у процесі вивчення іноземної мови спричинює дидактичні й етичні ризики. Зокрема, в умовах дистанційного навчання актуалізується питання порушення принципів академічної доброчесності [4], формування когнітивної й емоційної залежності студентів від цифрових інструментів. Усе це уповільнює формування іншомовної комунікативної компетентності.

Мета дослідження – проаналізувати, як саме студенти нефілологічних спеціальностей використовують LLM в процесі вивчення іноземної мови у закладі вищої освіти.

II. Основна частина

У березні 2026 року було проведено опитування серед здобувачів освіти першого курсу денної форми навчання Криворізького державного педагогічного університету, в якому взяли участь 51 респондент (46 осіб жіночої статі та 5 – чоловічої). Серед опитуваних були студенти факультету педагогічної освіти (5 осіб), факультету мистецтв (4 особи), фізико-математичного (6 осіб), психолого-педагогічного (19), гуманітарного (9 осіб) і природничого (8 осіб) факультетів. Оскільки дослідження стосувалося студентів, для яких англійська мова не є предметом професійного вивчення, в опитуванні не брали участі студенти факультету іноземних мов.

Ваш факультет?

51 відповідь



Рис. 1. Розподіл респондентів за факультетами

Метою дослідження було визначення частоти використання популярних LLM (ChatGPT, Claude, Gemini, Grok та ін.), способів їх застосування у процесі вивчення іноземної мови, а також мотивації студентів до використання інструментів LLM у навчальному процесі. Опитування було анонімним, що уможливило отримати більш відверті відповіді щодо порушення принципів академічної доброчесності.

Примітно, що здобувачі освіти ще зі школи починають активно користуватися LLM в освітньому процесі. 88,3% студентів використовують великі мовні моделі для виконання навчальних завдань із різних предметів хоча б раз на тиждень.

Чи Ви користуєтеся великими мовними моделями (ChatGPT, Gemini, Claude, Grok) для виконання навчальних завдань з різних предметів?

51 відповідь

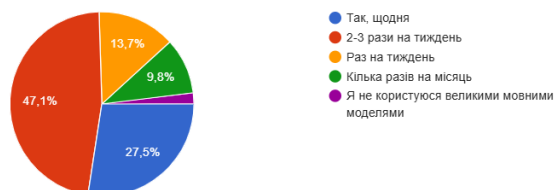


Рис. 2. Використання LLM для виконання навчальних завдань з різних предметів

За постійною допомогою під час виконання домашніх завдань з іноземної мови звертаються 21,6%; 29,4% респондентів користуються LLM кілька разів на місяць. 35,3% опитаних звертаються за допомогою до LLM кілька разів в семестр. Лише 13,7% (7 респондентів) не користуються LLM під час вивчення іноземної мови. Тож отримані дані свідчать, що штучний інтелект перетворився на постійного цифрового асистента під час опанування іноземної мови здобувачами освіти.

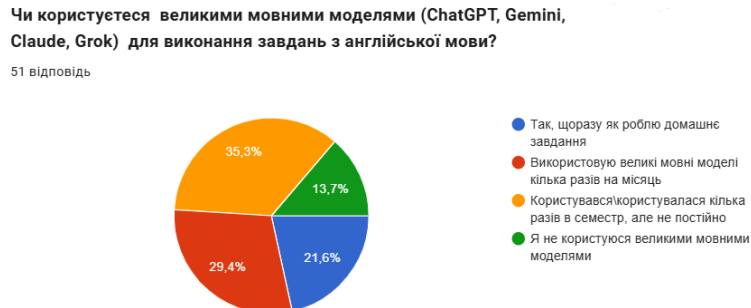


Рис. 3. Використання LLM для виконання завдань з англійської мови

Найпопулярнішою LLM серед студентів першого курсу залишається ChatGPT (OpenAI): ним користується 76,5% опитаних. Другим за вподобаннями є Gemini (Google): ним користуються 66,7% респондентів. Проте лише один респондент використовує NotebookLM, хоча цей цифровий інструмент має широкі можливості для розвитку іншомовної комунікативної компетентності [5].



Рис. 4. Вподобання респондентів щодо використання LLM

Загалом опитані студенти вважають, що LLM позитивно впливають на їхні результати навчання. Зокрема, 51% респондентів (26 осіб) вказали, що LLM допомагають їм у навчанні, а 15,7% (8 осіб) – що вони дуже допомагають. 19,6% (10 респондентів) вважають LLM малоефективними для вивчення іноземної мови, 3,9% (2 особи) відповіли, що LLM не допомагають, а 9,8% (5 осіб) не користуються ними.

На запитання щодо корисних функцій LLM 24 респонденти (47,1%) відповіли, що найбільш затребуваною є функція генерації тексту за запитом. Другою за популярністю є функція генерації зображень (37,3%; 19 відповідей) та OCR (25,5%; 13 відповідей). Менш поширеними виявилися такі функції, як обробка і транскрибування аудіо (15,7%; 8 відповідей), озвучування тексту (11,8%; 6 відповідей), а також обробка і транскрибування відео/аудіо (7,8%; 4 відповіді). Варіант «інше» обрали 17,6% респондентів.

**Які функції великих мовних моделей для Вас найбільш корисні?
(можна обрати декілька)**

51 відповідь

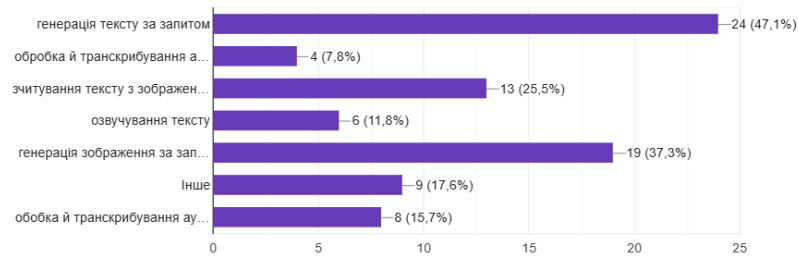


Рис. 5. Вподобання респондентів щодо функціоналу LLM

У процесі вивчення іноземної мови студенти найчастіше звертаються до LLM задля пояснення граматики (49%). Більше половини опитаних користуються інструментами штучного інтелекту для перекладу: 37,3% перекладають незнайому лексику, а 29,4% – здійснюють одразу переклад усього тексту. Водночас не всі студенти, які використовують великі мовні моделі для перекладу незнайомої лексики, користуються ними як персональним тренером для подальшої роботи з лексикою: лише 29,4% респондентів працюють із лексичними одиницями: генерують приклади вживання лексики, добирають синоніми та антоніми. До ШІ як засобу структурування думок або повної генерації текстів іноземною мовою звертається 19,6% опитаних.

Тривожною є тенденція до автоматизації виконання домашніх завдань: до штучного інтелекту під час проходження тестів з іноземної зверталися 13,7% респондентів, а 29,4% (15 осіб) просто завантажують граматичні вправи у LLM, щоб інструмент виконав завдання замість них. «Автоматизувати» роботу з аудіюванням за допомогою ШІ намагалися 7 студентів (13,7%).

LLM можуть виступати як співрозмовники, з якими можна відточити навички спілкування іноземною мовою. Однак лише 12 осіб (23,5%) спілкуються зі ШІ іноземною мовою, а загалом 13 (25,5%) респондентів використовують великі мовні моделі для розвитку навички говоріння.

Для яких завдань ви використовуєте LLM? (можна обрати декілька)

51 відповідь

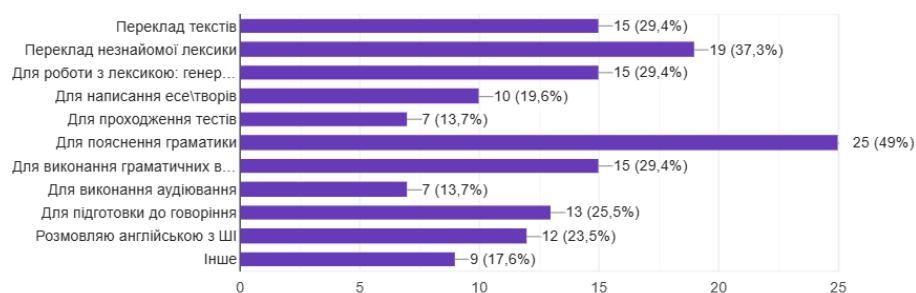


Рис. 6. Типи завдань, які виконуються за допомогою LLM

Отже, опитані студенти здебільшого використовують LLM для виконання лексико-граматичних вправ і перекладу, проходження тестів і генерації текстів, а найменше використовують для розвитку продуктивних навичок, зокрема говоріння.

Найпоширенішою причиною звернення до LLM є прагнення швидко розв'язати домашні завдання (64,7%; 33 респонденти). Частина опитаних (19,6%; 10 осіб) зазначає, що навчальні завдання є складними та без використання ШІ їх важко виконати.

**Які основні причини використання великих мовних моделей?
(можна обрати декілька)**

51 відповідь

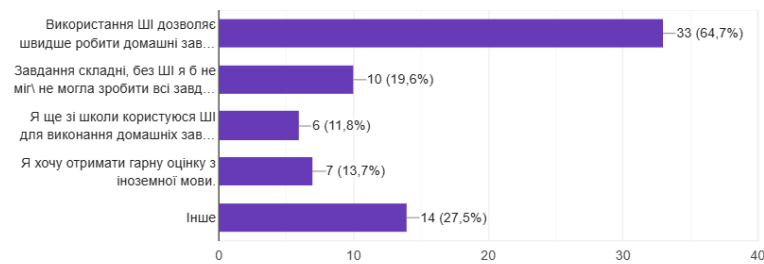


Рис. 7. Основні причини використання LLM

Хоча рівень робочої програми з навчальної дисципліни «Іноземна мова» відповідає А2. Опитування студентів першого курсу до вивчення іноземної мови [6] свідчить, що здобувачі освіти загалом усвідомлюють її важливість. Водночас викладачі спостерігають низьку мотивацію до її вивчення, оскільки студенти здебільшого прагнуть формально пройти підсумкове оцінювання [7]. У нашому опитуванні формальну мотивацію до вивчення дисципліни (прагнення отримати високі оцінки з іноземної мови з мінімальними зусиллями) продемонстрували 13,7% (7 респондентів).

Для уточнення мотивації було поставлено запитання з відкритою відповіддю: «Що вам подобається у використанні LLM?». Найбільшу кількість відповідей (13 згадок) становить категорія «швидкість і економія часу». Важливими також є зрозумілість пояснення матеріалу (9 відповідей). Меншою мірою студенти згадують безпосередню допомогу у виконанні завдань (5 відповідей) і зручність у використанні (4 відповіді). Ще 4 респонденти вважають, що найбільшою перевагою великих мовних моделей є робота з мовними та навчальними матеріалами (4 відповіді). Поодинокі відповіді стосуються функцій організації мислення (1 відповідь) та емоційної підтримки (2 відповіді).

Оцінка впливу використання LLM на дотримання принципів академічної доброчесності свідчить, що більшість респондентів усвідомлює потенційні ризики. 80,4% (41 особа) вважають, що використання ШІ іноді призводить до порушення принципів академічної доброчесності, тоді як 17,6% (9 осіб) переконані, що будь-яке використання LLM є порушенням. Лише один респондент дотримується думки, що застосування ШІ ніколи не призводить до порушення академічної доброчесності.

Чи вважаєте Ви, що використання великих мовних моделей порушує принципи академічної доброчесності?

51 відповідь



Рис. 8. Погляди респондентів на порушення академічної доброчесності при використанні LLM

У межах опитування ми з'ясували, як студенти першого курсу вміють розрізняти випадки порушення академічної доброчесності з використанням ШІ. Ми поставили запитання: «Які способи використання великих мовних моделей порушують принципи академічної доброчесності, на Вашу думку?». Із запропонованих варіантів можна було обрати будь-яку кількість ситуацій. Ми запропонували такі опції: 1) коли ШІ генерує текст твору, а студент здає його як свій без подальшої обробки; 2) пошук інформації за допомогою ШІ; 3) коли ШІ зчитує із зображення вправу, а потім робить її за студента; 4) коли ШІ перетворює аудіо чи

відео в текст, щоб легше було зробити аудіювання; 5) коли студент використовує ШІ для пояснення матеріалу; 6) коли студент користується ШІ, щоб пройти тест з англійської мови. У цьому запитанні тільки відповіді щодо пошуку інформації та пояснення матеріалу не є порушенням принципів академічної доброчесності.

Які способи використання великих мовних моделей ПОРУШУЮТЬ принципи академічної доброчесності, на Вашу думку? (можна кілька)

51 відповідь

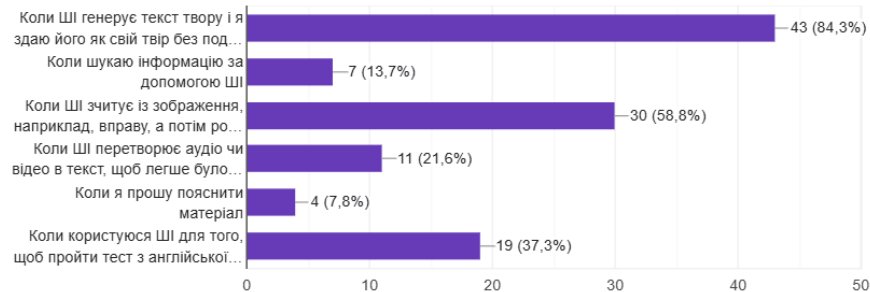


Рис. 9. Думки респондентів щодо недоброчесного використання LLM

Більшість опитаних (84,3%; 43 особи) вважають, що повна генерація тексту без подальшої обробки є порушенням академічної доброчесності, проте вже 30 осіб (58,8%) дотримуються думки, що зчитування вправи з зображення, для того щоб потім її виконав ШІ, є порушенням академічної доброчесності. 19 респондентів (37,3%) вбачають порушення у зверненні до ШІ під час проходження тесту з англійської мови. Водночас використання ШІ для транскрибування аудіо, щоб спробувати завдання з аудіювання, вважають порушенням лише 11 опитаних студентів (21,6%). При цьому 4 особи вважають порушенням навіть звернення до ШІ за роз'ясненням матеріалу, а 7 респондентів вважають академічно недоброчесним пошук за допомогою ШІ.

Отже, здобувачі освіти не завжди чітко розрізняють допустимі та недопустимі способи використання ШІ. У «сіру зону» потрапляє проходження тестів – класичний вид завдань для самостійної роботи студентів, особливо в умовах дистанційного навчання, а також транскрибування аудіо та відео задля спрощення говоріння. Отримані результати свідчать про необхідність формувати цифрову та академічну культуру.

Поза навчальним процесом здобувачі використовують LLM для саморозвитку (4 відповіді), творчості (7 відповідей), пошуку інформації (7 відповідей), а також для отримання порад і психологічної підтримки (7 відповідей). Це відкриває перспективи для подальшого залучення іноземної мови як засобу комунікації зі штучним інтелектом.

III. Висновки

Отже, результати дослідження свідчать, що використання великих мовних моделей стало звичним явищем під час вивчення іноземної мови. LLM виконують роль постійного цифрового асистента, до якого звертаються для пояснення граматичного матеріалу та перекладу текстів і нової лексики. Використання великих мовних моделей має переважно інструментальний характер: студенти орієнтовані на спрощення завдань та отримання високих оцінок без значних зусиль, тому застосовують їх для виконання репродуктивних завдань, тоді як для розвитку продуктивних компетентностей (зокрема говоріння) великі мовні моделі майже не використовуються. Це свідчить про потребу в методичному спрямуванні використання штучного інтелекту в освітньому процесі.

Дослідження також виявило наявність ризиків, пов'язаних із порушенням принципів академічної доброчесності. Хоча більшість студентів усвідомлює можливість таких порушень, їхні уявлення про межі допустимого використання великих мовних моделей залишаються недостатньо чіткими, особливо коли йдеться про виконання тестових завдань та використанням ШІ для обробки аудіо- й відеоматеріалів. Тому важливим є впровадження

чітких дидактичних рекомендацій щодо використання великих мовних моделей у навчанні іноземних мов.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення мотиваційних аспектів використання великих мовних моделей та розроблення ефективних методик їх інтеграції в освітній процес.

IV. Список використаних джерел

- [1] Н. М. Акоп'янц, "Використання ChatGPT в процесі вивчення англійської мови: переваги та можливості," *Вісник національного технічного університету «ХПІ», Серія: Актуальні проблеми розвитку українського суспільства*, №1, с. 69–72, 2023, doi: 10.20998/2227-6890.2023.1.13.
- [2] М. М. Москалюк, Н. В. Москалюк, А. В. Лень, "Штучний інтелект в закладах вищої освіти: переваги та недоліки," *Open educational e-environment of modern University*, № 15, с. 85–96, 2023, doi: 10.28925/2414-0325.2023.157.
- [3] О. В. Зубенко, "Штучний інтелект і вивчення іноземної мови," *Закарпатські філологічні студії*, № 27, т. 2, с. 80–85, 2023, doi: 10.32782/tps2663-4880/2022.27.2.15.
- [4] С. Паламар, М. Науменко, "Штучний інтелект в освіті: використання без порушення принципів академічної чесності," *Освітологічний дискурс*, № 1(44), с. 68–83, 2024, doi: 10.28925/2312-5829.2024.15.
- [5] H. Alisoy, "Can NotebookLM Support English Language Learners? A Theoretical Perspective on AI Tools in Education," *Porta Universorum*, vol. 1, no. 6, pp. 25–55, 2025, doi: 10.69760/portuni.0106003.
- [6] О. Матвіяс, "Сучасні підходи до методики викладання англійської мови у вищих навчальних закладах," *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Педагогіка. Психологія»*, № 4, с. 77–85, 2023, doi: 10.32782/academ-ped.psych-2023-4.13.

USE OF LARGE LANGUAGE MODELS IN THE PROCESS OF FOREIGN LANGUAGE LEARNING BY UNIVERSITY STUDENTS

Olifer Olena

ABSTRACT. The publication analyzes the use of large language models by students of non-philological specialties in foreign language learning. The main ways of application, students' motivation, as well as ethical and didactic risks related to violations of academic integrity are identified.

KEYWORDS: artificial intelligence, large language model, foreign language, academic integrity.

МОДЕЛЮВАННЯ ІНСТИТУЦІЙНОЇ ЦИФРОВОЇ КУЛЬТУРИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ (на прикладі Херсонського державного університету)

Омельчук Сергій¹

¹Херсонський державний університет, Івано-Франківськ, Україна

E-mail: omegas@ksu.ks.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації представлено модель інституційної цифрової культури використання штучного інтелекту на прикладі Херсонського державного університету. Обґрунтовано актуальність формування впорядкованих, етично вивірених і організаційних практик використання технологій на основі штучного інтелекту в різних бізнес-процесах закладу вищої освіти. Схарактеризовано основні чинники, що впливають на формування інституційної цифрової культури використання штучного інтелекту, зокрема наявність інституційних політик, інноваційної цифрової інфраструктури, цифрової інклюзивності, системної підтримки, належного рівня цифрової компетентності академічного персоналу і студентства, а також механізмів моніторингу й оцінювання ефективності використання ШІ-сервісів. Запропоновано авторське розуміння інституційної цифрової культури як сукупності цінностей, етичних норм і практик, що визначають цифрову поведінку університетської спільноти в умовах використання цифрових технологій, зокрема й на основі штучного інтелекту. На прикладі Херсонського державного університету змодельовано шість взаємопов'язаних елементів інституційної цифрової культури використання штучного інтелекту: формування чітких і прозорих правил використання штучного інтелекту, розроблення дорожньої карти імплементації інституційних політик, інституціоналізацію управлінської вертикалі цифрової трансформації, створення механізмів підтримки доступу до ШІ-інструментів, трансформацію цифрової інфраструктури та розвиток цифрової адаптації академічного персоналу і студентства.

Упровадження такої моделі забезпечує перехід від фрагментарного до системного, відповідального й ефективного використання технологій на основі штучного інтелекту в університетському середовищі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інституційна цифрова культура, цифрова трансформація університету, цифрова адаптація, штучний інтелект.

I. Вступ

Широке запровадження цифрових технологій та інновацій у вищій школі, диджиталізація освітнього та інших бізнес-процесів, беззаперечно, актуалізують потребу у формуванні інституційної цифрової культури, зокрема й цифрової культури використання технологій на основі штучного інтелекту. Це питання набуває актуальності ще від 90-х років XX сторіччя – появи всесвітньої мережі «Інтернет», саме тоді починають послуговуватися поняттям «комп'ютерна культура» [1].

Пандемія COVID-19 кардинально змінила спосіб нашого спілкування і взаємодії та вплинула на інноваційний розвиток цифрових технологій. Дистанційна робота, онлайнове навчання, інструменти цифрової співпраці, цифрові спільноти сприяли зміні й культурних цінностей.

Новим викликом для всіх царин життєдіяльності на початку 20-х років XXI сторіччя став штучний інтелект, зокрема застосування різних типів ШІ-інструментів. Цей інноваційний інструмент, що тепер виконує роль не просто інструмента, але й персонального асистента, консультанта, віртуального помічника тощо, розширює можливості людини й трансформує її цифрову поведінку й цифрову культуру загалом. Підґрунтям моделювання інституційної цифрової культури використання штучного інтелекту в університетах, на наш погляд, можуть слугувати внутрішні політики закладу вищої освіти. Вони необхідні насамперед «для забезпечення уніфікованих підходів до ефективного, прозорого й відповідального використання систем ШІ в освітньому процесі, у науковій, науково-технічній, мистецькій та інноваційній діяльності <...> , а також у процесі управління закладом вищої освіти» [2].

Рекомендації ЮНЕСКО щодо етики штучного інтелекту визначають загальні цінності та принципи до використання однієї з найбільш трансформаційних технологій сучасної епохи. Зокрема, в розділі 8 «Освіта й дослідження» йдеться про такі принципи: зменшення нерівності в доступі до цифрових технологій, що розвиваються на основі систем штучного інтелекту; етичне й відповідальне використання технологій на основі штучного інтелекту; загальна обізнаність про розробки в галузі штучного інтелекту; цифрова інклюзивність; підтримка досліджень у галузі штучного інтелекту; усвідомлення переваг, обмежень і ризиків використання штучного інтелекту [3, с. 17].

II. Основна частина

Інституційною цифровою культурою як важливого компонента цифрової трансформації університету вважаємо сукупність цінностей, етичних норм та практик, що визначають цифрову поведінку університетської спільноти, забезпечуючи відповідальне, ефективне й впорядковане використання цифрових технологій, зокрема й на основі штучного інтелекту, у межах визначених умов й організаційних структур та рівня цифрової компетентності учасників освітнього процесу.

На формування інституційної цифрової культури впорядкованого використання технологій на основі штучного інтелекту впливають такі чинники: наявність загальних політик етики застосування штучного інтелекту в університеті; наявність інноваційної цифрової інфраструктури; цифрова інклюзивність (доступ до цифрового контенту та рекомендованих ШІ-інструментів) та системна підтримка; рівень цифрової компетентності та спроможності (зрілості) академічного персоналу і студентства ефективно працювати з ШІ-сервісами, моніторинг, аналітика й оцінювання ефективності використання ШІ-сервісів тощо. До того ж, на наше переконання, у формуванні інституційної цифрової культури важливе значення має баланс між технологічними ресурсами й людським потенціалом та керована взаємодія, за якої технології підсилюють людський потенціал у межах інституційно визначених норм.

Представляємо шість елементів моделі інституційної цифрової культури використання штучного інтелекту в університетській спільноті на прикладі досвіду Херсонського державного університету.

1. Формування чітких і прозорих правил використання штучного інтелекту всіма учасниками освітнього процесу – від керівництва закладу до здобувачів освіти.

В українських університетах цей процес розпочався в 2023 році, коли з'явилися перші оприлюднені на сайтах університетів інституційні політики, декларації або положення, що представляють загальне бачення використання технологій на основі штучного інтелекту в навчанні, викладанні й наукових дослідженнях, систему етичних принципів застосування ШІ-сервісів тощо [4]. Цінність такого документа в університеті полягає в тому, що він має бути не так регуляторного, як просвітницького характеру. У ньому варто прописувати такі позиції: 1) загальне бачення й призначення, термінологію, основні принципи; 2) сфери (напрями) застосування штучного інтелекту; 3) типологію використання штучного інтелекту (рекомендовано / не рекомендовано / заборонено); 4) реєстр основних рекомендованих у закладі ШІ-сервісів; 5) основні вимоги до цифрової компетентності викладача, здобувача освіти та інших учасників освітнього процесу; 6) настанови з інженерії запитів і безпеки даних тощо.

Важливо, що такі інституційні політики потребують періодичного перегляду й осучаснення, оскільки змінюються технології штучного інтелекту, підходи до застосування їх, рівень цифрової компетентності учасників освітнього процесу тощо. Зокрема, Херсонський державний університет став першим українським закладом вищої освіти, який розробив подібні політики [5], ухвалив їх на засіданні вченої ради в червні 2023 року й оприлюднив на своєму офіційному вебсайті. Проте в 2025 році виникла потреба в перегляді цих інституційних політик і представленні вже Інституційного регламенту використання сервісів на основі штучного інтелекту в Херсонському державному університеті [6], у якому:

по-перше, розширено напрями використання штучного інтелекту: до навчальної й наукової діяльності додано управлінську й експертну діяльність;

по-друге, уточнено види інтелектуальної діяльності – творча інтелектуальна діяльність і рутинна інтелектуальна діяльність – для розуміння того, що з розвитком технологій штучного інтелекту (еволюція ШІ-моделей, поява автономних ШІ-агентів, роботизованих ШІ-систем, трансформація мовних ШІ-моделей у мультимодальні тощо), стало очевидним: деякі види рутинних мисленнєвих операцій, що потребують оброблення великих обсягів даних, розпізнавання закономірностей, образів і мови, виконання алгоритмічних операцій, класифікації, синтезування, прогнозування, пошуку інформації, інтерпретації, порівняння (знаходження спільних і відмінних характеристик), резюмування, експертування, анотування тощо, можуть бути ефективно автоматизовані;

по-третє, розширено реєстр рекомендованих ШІ-сервісів до 25 інструментів, які за призначенням згруповано за кількома тематичними блоками: 1) універсальні; 2) наука і освіта;

3) аналітика та прогнозування; 4) програмування; 5) контент і текст; 6) генерація зображень;

7) генерація відео; 8) аудіо та голос;

по-четверте, представлено оновлену типологію використання ШІ-сервісів, що відповідає сучасним реаліям розвитку цифрових технологій: обов'язкове; доцільне (рекомендоване); не рекомендоване; заборонено використання;

по-п'яте, визначено особливості використання корпоративних ШІ-інструментів для оброблення персональних даних, внутрішньої службової інформації, науково-технічної інформації з обмеженим доступом або фінансових чи договірних документів;

і насамкінець подано рекомендації з інженерії запитів та техніки формулювання їх.

У процесі модернізації політик університети повинні враховувати наявну інфраструктуру, ресурси, професійний розвиток, включення цифрової інфраструктури до загальної інфраструктурної політики, визначення кадрових, матеріальних, фінансових ресурсів, необхідних для цифрової трансформації, включення розвитку цифрових компетентностей як ключового елемента кадрової політики тощо [7].

2. Розроблення дорожньої карти імплементації інституційних політик використання технологій на основі штучного інтелекту в університеті: від формування нормативної бази (положень, політик, рекомендацій тощо) до реалізації конкретних кроків з трансформації цифрової інфраструктури університету й цифрової адаптації університетської спільноти. Дорожня карта має передбачати, зокрема, залучення інвестицій, розвиток надійної й безпечної цифрової інфраструктури, формування необхідних цифрових компетентностей академічного персоналу й студентства.

3. Інституціоналізація управлінської вертикалі цифрової трансформації, що забезпечує перехід від фрагментарних цифрових ініціатив до системного інституційного управління.

У Херсонському державному університеті таку управлінську вертикаль представлено багаторівневою системою управління, що поєднує стратегічний, тактичний та операційний рівні. Особливістю цієї моделі є формування двокомпонентного стратегічного управління, у межах якого функції лідерства й координації розподілено між проректором з цифровізації та помічником ректора зі стратегічних питань, до повноважень якого належить цифрова трансформація основних бізнес-процесів університету.

Проректор з цифровізації формує й реалізує інституційні політики цифрового розвитку університету, визначає пріоритети цифровізації, координує інтеграцію цифрових рішень у всі бізнес-процеси університету та відповідає за імплементацію стратегії цифровізації університету. Водночас помічник ректора зі стратегічних питань виконує метарівневу координаційну функцію, забезпечуючи узгодження цифрової трансформації із загальною стратегією розвитку університету, її відповідність стратегічним пріоритетам, ресурсним можливостям і зовнішнім викликам. У цьому контексті він здійснює стратегічне узгодження цифрових ініціатив із нормативними документами, координацію між різними напрямками трансформацій, моніторинг досягнення стратегічних індикаторів та забезпечення міжрівневої синхронізації управлінських рішень.

Тактичний рівень представлений спеціалізованими структурними підрозділами, кожен з яких виконує окремі функції в межах єдиної цифрової екосистеми: а) відділ цифрової інфраструктури забезпечує технічну стійкість і безперервність функціонування цифрового середовища, зокрема управління IT-ресурсами, платформами та сервісами; б) офіс цифрової адаптації виконує функцію навчально-методичного супроводу змін, сприяючи впровадженню цифрових рішень у повсякденну діяльність співробітників і здобувачів освіти, а також розвитку їхніх цифрових компетентностей; в) центр цифрової експертизи, метою якого є надання цифрової експертизи й консультаційних послуг у царині прикладного штучного інтелекту, аналітики великих даних та інтелектуальних систем для розв'язання завдань науки, бізнесу, державного управління тощо; крім експертно-консультаційної діяльності центр передбачає також наукову й інноваційно-підприємницьку діяльність; г) центр цифрової освіти відповідає за інтеграцію цифрових технологій в освітній процес, розроблення та супровід онлайн-курсів і розвиток цифрової дидактики як складника сучасної освітньої моделі університету.

Операційний рівень вертикалі репрезентований помічниками деканів з цифровізації, які є провідниками інституційної цифрової політики на рівні факультетів. Їхня діяльність спрямована на імплементацію цифрових рішень у локальному освітньому та адміністративному середовищі, координацію цифрових ініціатив кафедр, а також забезпечення зворотного зв'язку між факультетами та іншими суб'єктами цифрової управлінської вертикалі.

Така інституціоналізація вертикалі цифрового управління в Херсонському державному університеті забезпечує перехід до системного управління цифровою трансформацією, що ґрунтується на принципах стратегічної узгодженості, функційної спеціалізації, відповідальності та інтегрованості.

4. Створення механізмів підтримки доступу та практик використання ІІІ-інструментів в університетській спільноті. Для практичної реалізації цього кроку в

Херсонському державному університеті розроблено концепцію запровадження для викладача персонального ШІ-помічника, який допомагатиме викладачам автоматизувати рутинні завдання, аналізувати навчальні досягнення студентів, ефективно планувати освітній процес та покращувати комунікацію зі студентами. До пріоритетних завдань використання персональних ШІ-помічників зараховуємо також індивідуалізацію освітнього процесу, розвиток аналітичних інструментів, інтеграцію з наявними в університеті цифровими платформами й підтримка професійного розвитку викладачів.

Ще одним важливим кроком у підтримці доступу університетської спільноти до ШІ-інструментів є, на наш погляд, надання грантової підтримки для оплати сервісів на основі технологій штучного інтелекту. У Херсонському державному університеті цей процес урегульовано відповідним документом, що репрезентує модель стимулювання цифрової культури використання ШІ-сервісів. Зокрема, в ньому визначає суб'єктів грантової підтримки, стандартизовану процедуру подання та рецензування заявок, прозорі фінансові інструменти, а також обов'язкові практики звітування, орієнтовані на продукування академічно значущих результатів (публікації, освітні курси, проєкти). Визначений реєстр ШІ-сервісів і можливість індивідуального розгляду запитів забезпечують адаптивність до різних типів освітніх і наукових завдань, що формує умови для переходу від епізодичного до керованого й нормованого використання технологій на основі штучного інтелекту в університетському середовищі.

5. Трансформація цифрової інфраструктури університету й розвиток корпоративних ШІ-агентів. Відповідальне застосування технологій на основі штучного інтелекту є основою цифрової культури університетської спільноти. Українські університети поступово переходять від “тіньового” штучного інтелекту, коли заклади вищої освіти не контролюють і не створюють умов для впорядкованого використання технологій на основі штучного інтелекту, до розроблення корпоративних ШІ-агентів (цифрових помічників). У цьому контексті важливим є перехід університетів на більш прогресивний рівень – запровадження автономних ШІ-агентів, які вбудовано в інституційні бізнес-процеси.

Для імплементації систем штучного інтелекту також необхідні такі ключові компоненти: сервер із обчислювальними потужностями, що уможливають розгорнути великі мовні моделі (LLM); розгорнута LLM, що забезпечує оброблення запитів, генерацію відповідей та інтелектуальний аналіз даних; реалізація бізнес-процесів за допомогою мов програмування або платформ автоматизації бізнес-процесів.

Водночас зазначимо, що успіх інтеграції штучного інтелекту в основні бізнес-процеси університету вимірюється не кількістю придбаних ліцензій, а спроможністю університету трансформувати технології на основі штучного інтелекту в доданий інтелект здобувачів і співробітників. Тож у моделі корпоративної цифрової культури використання штучного інтелекту провідне місце посідає наступний компонент – цифрова адаптація університетської спільноти.

6. Цифрова адаптація академічного персоналу і студентства.

Метою цифрової адаптації університетської спільноти є розвиток цифрових компетентностей учасників освітнього процесу, зокрема науково-педагогічних працівників, а також адміністративного, управлінського та допоміжного персоналу університету, на всіх рівнях – від базового володіння цифровими сервісами університету до впевненого й усвідомленого використання інструментів штучного інтелекту в навчальній, науковій, експертній та управлінській діяльності. Основним завданням цифрової адаптації є формування й розвиток компетентностей, необхідних для базового використання цифрових платформ і сервісів університету; усвідомленого та ефективного застосування ШІ-інструментів для освітніх, наукових і адміністративних завдань; професійної роботи з інтелектуальними системами, засобами автоматизації процесів та аналітичними інструментами.

У цьому напрямі з 2022 року підвищення кваліфікації науково-педагогічними працівниками з цифрової грамотності в Херсонському державному університеті визнано обов'язковим для всіх (не менше 1 кредиту ЄКТС / 30 годин).

До того ж формуванню культури етичного й упорядкованого використання штучного інтелекту сприяє проведення навчань за програмами Школи професійного розвитку Херсонського державного університету двічі на рік (у січні й серпні) у межах 1 кредиту ЄКТС (табл. 1).

Тематика навчальних програм із застосування штучного інтелекту в межах
Школи професійного розвитку Херсонського державного університету

Програма професійного розвитку	Термін проведення	Кількість слухачів
Можливості використання в освітньому процесі платформ Office 365, KSU 24, G Suite for Education	серпень 2021 р	48
Можливості платформи KSU-онлайн	серпень 2021 р	25
Цифрові компетенції сучасного викладача	січень 2024 р.	64
Використання навчальних курсів освітніх платформ COURSERA, UDEMY, PROMETHEUS, EDPRO, PLUS BY PHYSIOPEdia у викладанні освітніх компонент усіх рівнів вищої освіти і визнання здобутих результатів навчання	серпень 2024 р.	198
Функціональні можливості цифрових платформ: як ефективно використати їх в освітньому процесі	січень 2025 р.	78
Розроблення й використання EdTech-інструментів, хмарних сервісів і ІІІ у навчанні, науці й управлінні: тренди, практики, виклики	серпень 2025 р.	175
Викладач університету: брендинг, цифрова адаптація та внутрішня комунікація в контексті суспільних трансформацій	січень 2026 р.	204

Із жовтня 2025 року в університеті запроваджено постійно діючу навчальну програму з цифрової адаптації. У межах цієї програми проведено низку занять з інтеграції інтелектуальних навчальних програм в освітній процес, зокрема: «Цифрова трансформація курсів з NotebookLM», «Використання штучного інтелекту в освітньому процесі», «ІІІ-сервіси для створення презентацій», «Персональна та професійна кібербезпека», «Цифрова та медіаграмотність», «Сервіси для виявлення ІІІ-контенту та огляд нових можливостей NotebookLM», «Професійне створення мультимедійних матеріалів: від структурування сенсів до фінального дизайну», «Canva 360°: створюємо екосистему навчальних матеріалів», «ІІІ для створення навчальних зображень і мікровідео», «Як працює синтез мовлення та його роль у цифровій адаптації», «PRISM як інструмент наукового письма», «Навігація в науковій літературі й бібліографія», «ІІІ-інструменти для дослідницької роботи, перевірки цитат, самоорганізації та візуалізації матеріалів» та ін.

З метою цифрової адаптації студентства в університетах запроваджують й окремі освітні компоненти, спрямовані на формування цифрової культури. Наприклад, обов'язкова ОК для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти «Цифрова культура» в Національній академії керівних кадрів культури і мистецтв, вибіркова ОК для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти «Етика штучного інтелекту» в НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», вибіркова ОК для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти «Цифрова культура» в Київському столичному університеті імені Бориса Грінченка, вибіркова ОК «Штучний інтелект в освіті» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти в ДЗВО «Університет менеджменту освіти» тощо.

Тож навчання учасників освітнього процесу (викладачів, інших співробітників та здобувачів освіти) цифрової грамотності є одним з основних атрибутів інституційної цифрової культури.

Представлені компоненти моделі інституційної цифрової культури використання штучного інтелекту реалізовано в Херсонському державному університеті відповідно до пріоритету 4 «Розвиток інноваційної університетської цифрової інфраструктури» Стратегії розвитку Херсонського державного університету на 2023–2027 рр., Стратегії цифровізації Херсонського державного університету на 2023–2027 рр., Загальних політик використання штучного інтелекту в навчанні, викладанні й дослідженнях у Херсонському державному університеті (2023), Концепції запровадження для викладача персонального AI-помічника в Херсонському державному університеті (2024), Концепції цифрової адаптації академічного персоналу і студентства Херсонського державного університету (2025), Інституційного регламенту використання сервісів на основі штучного інтелекту в Херсонському державному

університеті (2025), Порядку оформлення грантової підтримки для оплати сервісів на основі технологій штучного інтелекту в Херсонському державному університеті (2025).

III. Висновки

Інституційна цифрова культура використання штучного інтелекту є важливим компонентом цифрової трансформації сучасного університету, оскільки визначає ціннісні, нормативні, організаційні та практичні засади відповідального використання технологій на основі штучного інтелекту в усіх бізнес-процесах університету. На формування такої культури впливають нормативні, етичні, інфраструктурні, управлінські й компетентнісні чинники, що забезпечують перехід від фрагментарного до системного використання ІІІ-технологій. На основі досвіду Херсонського державного університету ми схарактеризували шість взаємопов'язаних елементів інституційної цифрової культури використання штучного інтелекту: формування прозорих правил і політик, розроблення дорожньої карти імплементації, інституціоналізацію управлінської вертикалі цифрової трансформації, створення механізмів підтримки доступу до ІІІ-інструментів, трансформацію цифрової інфраструктури та розвиток цифрової адаптації академічного персоналу і студентства. Запропонована модель забезпечує впорядковане, етичне й ефективне використання ІІІ-сервісів в університетській спільноті та може бути адаптована до умов інших закладів вищої освіти. Перспективу подальших досліджень убачаємо в розробленні критеріїв та індикаторів оцінювання рівня сформованості інституційної цифрової культури використання ІІІ.

Автор заявляє про використання штучного інтелекту в процесі підготовки рукопису публікації, зокрема використано ChatGPT Plus для оформлення списку використаних джерел за вимогами IEEE, вичитування й редагування тексту; DeepL Translator – для подання назви публікації й анотації англійською мовою.

IV. Список використаних джерел

- [1] T. Ayala-Perez and J. Joo-Nagata, "The digital culture of students of pedagogy specialising in the humanities in Santiago de Chile," *Comput. Educ.*, vol. 133, pp. 1–12, May 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.01.002>
- [2] Міністерство цифрової трансформації та Міністерство освіти і науки України, "Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти," МОН України, Київ, Україна, 2025. URL : <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-v-zakladakh-vyshchoi-osvity-24-04-2025.pdf>.
- [3] UNESCO, "Recommendation on the ethics of artificial intelligence," UNESCO, Paris, France, 2021. URL : <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455>
- [4] Я. Сичікова, С. Омельчук, "Реєстр закладів вищої освіти України, що мають оприлюднені політики використання ІІІ," *Zenodo*, 2026, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18785973>.
- [5] O. V. Spivakovsky, S. A. Omelchuk, V. V. Kobets, N. V. Valko, and D. S. Malchykova, "INSTITUTIONAL POLICIES ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN UNIVERSITY LEARNING, TEACHING AND RESEARCH", *ITLT*, vol. 97, no. 5, pp. 181–202, Oct. 2023, doi: 10.33407/itlt.v97i5.5395.
- [6] O. Spivakovsky, S. Omelchuk, V. Kobets, M. Poltoratskyi, D. Malchykova, and O. Lemeschuk, "INSTITUTIONAL REGULATION OF USING AI-BASED SERVICES THROUGH THE KANO MODEL: THE CASE OF KHERSON STATE UNIVERSITY", *ITLT*, vol. 108, no. 4, pp. 129–157, Sep. 2025, doi: 10.33407/itlt.v108i4.6269.
- [7] International Center for Higher Education Innovation under the auspices of UNESCO and Institute of Education, Tsinghua University, "Research report on digital transformation of higher education teaching and learning," UNESCO-ICHEI, Shenzhen, China, Apr. 2022. URL : <https://en.ichei.org/Uploads/Download/2022-05-16/62820a2a9bceb.pdf>

MODELLING THE INSTITUTIONAL DIGITAL CULTURE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE USE (using Kherson State University as a case study)

Omelchuk Serhii

ABSTRACT. This paper presents a model of institutional digital culture for the use of artificial intelligence, using Kherson State University as a case study. It demonstrates the importance of establishing structured, ethically sound and organisational practices for the use of artificial intelligence technologies in various business processes within higher education institutions. The paper outlines the key factors influencing the development of an institutional

digital culture for the use of artificial intelligence, including the existence of institutional policies, innovative digital infrastructure, digital inclusivity, systemic support, an adequate level of digital competence among academic staff and students, as well as mechanisms for monitoring and evaluating the effectiveness of AI services. The authors propose an understanding of institutional digital culture as a set of values, ethical norms and practices that shape the digital behaviour of the university community in the context of digital technology use, including the use of artificial intelligence. Using Kherson State University as a case study, six interrelated elements of an institutional digital culture for the use of artificial intelligence have been modelled: the establishment of clear and transparent rules for the use of artificial intelligence; the development of a roadmap for the implementation of institutional policies; the institutionalisation of the management hierarchy for digital transformation; the creation of mechanisms to support access to AI tools; the transformation of digital infrastructure; and the development of digital literacy among academic staff and students. The implementation of this model facilitates the transition from a piecemeal to a systematic, responsible and effective use of artificial intelligence technologies within the university environment.

KEYWORDS: institutional digital culture, digital transformation of the university, digital adaptation, artificial intelligence.

СИНЕРГІЯ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ТА ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: МОДЕЛЬ ПРОЄКТУВАННЯ АДАПТИВНИХ ІГРОВИХ СЦЕНАРІЇВ ДЛЯ НУШ

Осипова Наталія¹

¹Комунальний вищий навчальний заклад

«Херсонська академія неперервної освіти» Херсонської обласної ради, Херсон, Україна

E-mail: nataliaaosypova@academy.ks.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації представлено модель інтеграції генеративного штучного інтелекту (ГШІ) та гейміфікації в освітній процес НУШ. Обґрунтовано синергію ігрових механік і ГШІ для генерації адаптивного контенту та описано практичну реалізацію моделі в системі підвищення кваліфікації вчителів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний штучний інтелект, гейміфікація, НУШ, адаптивне навчання, підвищення кваліфікації вчителів.

I. Вступ

Стрімкий розвиток технологій генеративного штучного інтелекту (ГШІ) відкриває принципово нові горизонти для педагогічного проєктування. Водночас гейміфікація – застосування ігрових механік у неігровому контексті – вже довела свою ефективність як засіб підвищення мотивації та залученості учнів [1]. Проте ці два напрями переважно розвивалися паралельно, без системного осмислення їхнього синергетичного потенціалу.

У контексті реформи «Нова українська школа» та умов воєнного стану, коли безперервність освітнього процесу стає стратегічним завданням, поєднання ГШІ та гейміфікації набуває особливої актуальності [2]. ГШІ здатний генерувати персоналізований ігровий контент у режимі реального часу, адаптуючи складність завдань, сюжетні лінії та зворотний зв'язок відповідно до індивідуального профілю учня [3]. Це відповідає ключовим принципам концепції НУШ: дитиноцентризму, компетентнісному підходу та педагогіці партнерства.

Мета дослідження – представити модель проєктування адаптивних ігрових сценаріїв на основі ГШІ та описати досвід її практичної реалізації в системі підвищення кваліфікації вчителів.

II. Основна частина

Інтеграція штучного інтелекту в гейміфіковане освітнє середовище принципово змінює логіку педагогічного проєктування: навчальний процес трансформується з лінійної послідовності завдань у динамічну адаптивну систему, здатну реагувати на індивідуальний профіль кожного учня в режимі реального часу [4].

Концептуально роль ШІ в цьому контексті визначається трьома взаємопов'язаними функціями. По-перше, це адаптація – здатність автоматично коригувати складність, тип і послідовність навчального контенту на основі аналізу поведінкових даних та індивідуального прогресу учня. По-друге, це діагностика – виявлення не лише результатів навчання, а й

закономірностей мислення, емоційних станів та стилів сприйняття інформації, що дозволяє здійснювати педагогічний вплив у найбільш сприятливий момент. По-третє, це генерація – створення різноманітного навчального контенту, ігрових ситуацій та персонажів, що підвищує варіативність освітнього середовища і внутрішню мотивацію учнів.

Персоналізоване навчання в такій системі набуває нової якості: ігрові механіки – відстеження прогресу, адаптивні завдання, системи досягнень – перестають бути статичними елементами і стають інструментами динамічного управління навчальною траєкторією. Учень отримує можливість опановувати матеріал у власному темпі, а система інтелектуально підтримує цей процес, імітуючи функції педагога-наставника.

Перспективним напрямом є подальший розвиток афективних обчислень і нейромережових технологій, які дозволять гейміфікованому середовищу не лише адаптувати контент, а й прогнозувати освітні результати та превентивно коригувати мотиваційний стан учня [5].

Запропонована модель інтеграції генеративного штучного інтелекту (ГШІ) та гейміфікації в освітній процес НУШ базується на трьох взаємопов'язаних рівнях: концептуальному, технологічному та операційному. Концептуальний рівень визначає педагогічний задум: яку компетентність формує ігровий сценарій, на яких рівнях когнітивної складності (за таксономією Блума) і для якої цільової аудиторії. Технологічний рівень охоплює вибір ГШІ-інструментів та ігрових платформ. Операційний рівень – безпосередню взаємодію вчителя, ГШІ та учня в процесі навчання.

Центральним механізмом моделі є цикл «Задум → Промпт → Контент → Адаптація → Рефлексія». Вчитель формулює педагогічний задум і генерує первинний ігровий сценарій за допомогою ГШІ (ChatGPT, Gemini, Claude, Canva AI). Отриманий контент інтегрується в ігрові платформи, після чого ГШІ здійснює динамічну адаптацію на основі даних про успішність учнів. Завершальним елементом циклу є педагогічна рефлексія: вчитель аналізує результати та коригує наступну ітерацію сценарію.

Принциповою перевагою запропонованої моделі є автоматизація диференціації навчального контенту: засоби ГШІ забезпечують одночасну генерацію завдань різних рівнів когнітивної складності, що суттєво скорочує часові витрати педагога на підготовку дидактичних матеріалів. Застосування технік структурованого промпт-інжинірингу, зокрема методу Few-Shot Prompting, дозволяє отримати повноцінний гейміфікований навчальний модуль за мінімально можливий проміжок часу, забезпечуючи при цьому відповідність завдань заданим педагогічним параметрам.

Модель апробовано в межах програм підвищення кваліфікації «Гейміфікація в освітньому процесі Нової української школи» (КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 30 год. / 1 кредит ECTS) та «Ефективна інтеграція штучного інтелекту в освітній процес: від теорії до практики» (КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 30 год. / 1 кредит ECTS).

Програма «Гейміфікація в освітньому процесі Нової української школи» спрямована на розвиток професійних компетентностей педагогічних працівників усіх категорій закладів освіти в частині інтеграції ігрових механік в освітній процес.

Програма структурована за трьома модулями. Інформаційно-мотиваційний модуль присвячено розвитку емоційного інтелекту вчителя як передумови ефективної педагогічної взаємодії та управлінню психологічними викликами в умовах воєнного стану. Професійно-діяльнісний модуль охоплює теоретичні основи гейміфікації, ключові ігрові елементи (бали, рівні, нагороди, завдання), сучасні цифрові платформи та інструменти, стратегії диференційованого навчання із застосуванням гейміфікації, а також упровадження формульованого оцінювання на основі ігрових механік. Рефлексивно-аналітичний модуль передбачає діагностику сформованих компетентностей і зворотний зв'язок. Очікуваним результатом є здатність педагога самостійно проєктувати гейміфіковані сценарії уроків, адаптовані до потреб учнів різних вікових груп і освітніх можливостей.

Програма «Ефективна інтеграція штучного інтелекту в освітній процес: від теорії до практики» орієнтована на формування інформаційно-цифрової компетентності педагога в

умовах III-центричного освітнього середовища відповідно до рамок UNESCO AI CFT (2024) та DigCompEdu [3].

Програма реалізується через чотири змістові блоки. Перший блок забезпечує фундаментальну III-грамотність: розуміння природи великих мовних моделей, їхніх можливостей і обмежень, механізмів стохастичності та «галюцинацій». Другий блок присвячено практичному освоєнню промпт-інжинірингу – технік структурованого формулювання запитів (моделі 5 «S», Chain-of-Thought, Few-Shot Prompting) для створення навчального контенту, адаптивних планів уроків і диференційованих завдань. Третій блок охоплює критичний добір і педагогічно доцільне застосування III-сервісів – від універсальних інструментів (ChatGPT, Gemini, Claude) до освітньо-спеціалізованих платформ (MagicSchool, Khanmigo, NotebookLM, Curipod). Четвертий блок формує етичну та правову культуру використання III: захист персональних даних, академічна доброчесність, відповідність вимогам EU AI Act (2024). Результатом проходження програми є готовність педагога до самостійного проєктування III-збагаченого освітнього процесу на всіх рівнях – від окремого уроку до інституційної політики закладу освіти.

За результатами вхідного та вихідного анкетування зафіксовано статистично значуще зростання впевненості педагогів у застосуванні ГШІ для гейміфікації (з 43% до 74% учасників оцінили свою готовність як «достатню» або «високу»). Важливо, що 93% учасників відзначили скорочення часу на підготовку диференційованих матеріалів як ключову практичну перевагу.

III. Висновки

Синергія гейміфікації та генеративного штучного інтелекту формує якісно нову педагогічну реальність, у якій персоналізація навчання перестає бути привілеєм індивідуальної роботи з учнем і стає масштабованою практикою. Запропонована трирівнева модель – концептуальний, технологічний та операційний рівні, реалізовані через цикл «Задум → Промпт → Контент → Адаптація → Рефлексія» – забезпечує системний підхід до проєктування адаптивних ігрових сценаріїв, що відповідає ключовим принципам концепції НУШ: дитиноцентризму, компетентнісному підходу та педагогіці партнерства.

Апробація моделі в системі підвищення кваліфікації педагогічних працівників підтвердила її практичну відтворюваність і педагогічну ефективність: зафіксовано статистично значуще зростання готовності вчителів до застосування ГШІ у гейміфікованому освітньому середовищі Нової української школи.

Перспективи подальших досліджень включають розроблення діагностичного інструментарію для оцінювання якості ГШІ-гейміфікованих сценаріїв, системне вивчення їхнього впливу на навчальні досягнення учнів НУШ, а також проєктування уніфікованих промпт-шаблонів для вчителів різних освітніх галузей.

IV. Список використаних джерел

- [1] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, and Lennart Nacke. 2011. From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments (MindTrek '11). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 9–15. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- [2] О. Топузов і С. Алексєєва, «Можливості використання штучного інтелекту в освітньому процесі закладів середньої освіти в умовах воєнного стану», *Український Педагогічний журнал*, (1), 5–11., Квіт 2024. doi: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2024-1-5-11>
- [3] UNESCO, AI Competency Framework for Teachers. Paris: UNESCO Publishing, 2024. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>.
- [4] Морзе, Н. В., Бойко, М. А., Струтинська, О. В., & Смирнова-Трибульська, Є. М. (2024). Якою має бути цифрова компетентність вчителів у галузі використання штучного інтелекту?. *Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету"*, (16), 76–91. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2024.166>.
- [5] Т. В. Галицька-Дідух, О. В. Гречановська, І. О. Батарейна, В. А. Гурська, І. В. Бабік, *Гейміфікація як засіб індивідуалізації навчання XXI століття*. Futurity Research Publishing, 2025. ISBN 978-83-969744-4-0. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17407316>

THE SYNERGY BETWEEN GAMIFICATION AND GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A MODEL FOR DESIGNING ADAPTIVE GAME SCENARIOS FOR THE NEW UKRAINIAN SCHOOL

Nataliia Osypova

ABSTRACT. The paper presents a model integrating generative AI and gamification into the New Ukrainian School educational process, demonstrates their synergy in generating adaptive content, and describes its implementation within teacher professional development.

KEYWORDS: generative artificial intelligence, gamification, New Ukrainian School, adaptive learning, teacher professional development.

THE EVOLUTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION: FROM GENERATIVE TOOLS TO AGENTIC SYSTEMS IN 2026

Pashchenko Oleksandr¹, Khomenko Volodymyr¹, Rastsvietaiev Valerii¹

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

E-mail: pashchenko.o.a@nmu.one

ANNOTATION. This article explores the rapid shift from experimentation to enterprise-wide integration, highlighting new capabilities in personalized learning, operational efficiency, and student support. It examines emerging opportunities, persistent challenges related to governance and equity, and strategic recommendations for institutions seeking to thrive in an AI-augmented academic environment.

KEYWORDS: AI in higher education, personalized learning, academic integrity, AI literacy, ethical governance.

I. Introduction

Higher education entered 2026 amid accelerating artificial intelligence adoption that is fundamentally reshaping the sector. While generative AI tools, particularly large language models, had already achieved mainstream status by 2025, the landscape is now experiencing a more profound transformation. This shift is propelled by the emergence of agentic AI – autonomous systems capable of understanding goals, planning complex sequences of actions, executing multi-step tasks across different platforms, and adapting dynamically to new information or changing conditions – alongside multimodal models that seamlessly process and integrate multiple data types, including text, images, audio, video, and even sensor inputs in real time.

Student engagement with these technologies has reached near-universal levels. According to the Higher Education Policy Institute (HEPI) Student Generative Artificial Intelligence Survey 2026, 95% of undergraduates report using AI in at least one capacity, while 94% specifically employ generative AI to assist with assessed work. Similar high adoption rates appear in regional studies, such as the Digital Education Council's Latin America survey, which recorded 92% student engagement with AI [1]. Many students integrate these tools daily for explaining concepts, summarizing literature, generating ideas, drafting, and iterative editing. However, institutional responses continue to lag significantly behind student behavior. Only about 36–38% of students feel their institutions actively encourage AI use or provide official tools and guidance, highlighting a widening gap between learner realities and formal policy frameworks [2].

This rapid evolution occurs against a backdrop of intensifying structural pressures on higher education institutions. Many regions face declining enrollment, driven by demographic shifts such as the “enrollment cliff,” reduced numbers of traditional college-age students, and growing competition from vocational programs and alternative credentials. Public funding has become increasingly constrained, with state budget strains, federal grant uncertainties, and inflation driving operational costs higher while tuition revenue remains volatile. At the same time, there is an urgent imperative to prepare graduates for an AI-driven workforce. Forecasts suggest that a substantial portion of jobs – with some estimates indicating that nearly 12% or more may be significantly transformed or

automated in the coming years – will require new competencies in human-AI collaboration, critical evaluation of intelligent systems, ethical reasoning, and adaptive problem-solving.

Institutions that continue to view AI merely as a supplementary productivity tool risk falling behind in both educational quality and operational sustainability. In contrast, those that strategically embrace agentic and multimodal AI as core institutional assets have the opportunity to fundamentally redefine teaching and learning experiences, accelerate research discovery, streamline administrative processes, and enhance student support services at scale. The coming years will test higher education's capacity to move from reactive adoption to deliberate, governance-supported integration that balances innovation with the preservation of academic integrity, equity, and human-centered values.

This article examines the current state of AI adoption in 2026, explores the capabilities and implications of agentic and multimodal systems, analyzes emerging opportunities and persistent challenges, and offers strategic recommendations for responsible institutional transformation.

II. Current State of AI Adoption in 2026

Student adoption of artificial intelligence continues to surge dramatically in 2026, reaching near-universal levels across higher education institutions globally. Generative AI has become deeply embedded in students' daily academic practices. Undergraduates routinely rely on these tools for explaining complex concepts, summarizing extensive literature, generating initial ideas for assignments, drafting outlines, and refining or editing their written work. According to the Higher Education Policy Institute (HEPI) Student Generative Artificial Intelligence Survey 2026, 95% of undergraduates report using AI in at least one capacity, while 94% specifically employ generative AI to assist with assessed work. Comparable figures appear in other studies, with overall student AI usage in higher education averaging 86–92% depending on the region. Many students now treat AI as a primary research and brainstorming partner, integrating it seamlessly into their learning routines.

Despite this widespread student engagement, institutional readiness lags noticeably. Only about 36–38% of students feel their universities actively encourage AI use or provide official tools, training, and clear guidance. This mismatch reveals a significant gap between learner realities and institutional preparedness. A substantial proportion of institutions – estimated at around 80% in some surveys – still lack formal AI policies, leaving students to navigate powerful technologies largely on their own. This governance vacuum raises concerns about inconsistent practices, unequal support, and potential risks to academic integrity.

On the faculty and staff side, AI usage has also expanded rapidly into daily workflows. Higher education professionals increasingly apply AI for content creation (such as developing lesson plans, quizzes, and learning activities), data analysis, generating personalized feedback for students, drafting communications, summarizing documents, and automating routine administrative tasks. Recent surveys paint a compelling picture: 94% of higher education professionals report using AI tools in their work, with many incorporating them on a daily or weekly basis. Faculty, in particular, leverage AI for creating assessments and instructional materials. Surveys consistently show that more than two-thirds of professionals view AI as offering multiple promising opportunities for efficiency and innovation. At the same time, a similar proportion identify numerous urgent risks, with the rapid pace of technological change, lack of sufficient expertise, and absence of established best practices ranking among the top challenges [3]. Many educators express concern about overreliance, diminished critical thinking, and the need for better institutional support and training.

A notable shift is underway from isolated pilot projects to more coordinated, enterprise-level strategies. Institutions are beginning to move beyond experimentation toward embedding AI as a strategic institutional asset. Projections indicate that over 40% of higher education organizations will adopt AI at an enterprise scale within the next few years, integrating it across core systems such as learning management platforms, student advising tools, early-warning retention systems, and operational infrastructure [4]. This transition reflects growing recognition that AI must be governed strategically rather than left to individual discretion. Vendors are actively promoting enterprise deployments, while federal expectations and accreditation pressures are rising, pushing institutions to develop comprehensive policies and infrastructure.

III. Emerging Technologies: Agentic and Multimodal AI

The most significant development shaping higher education in 2026 is the rise of agentic AI – advanced systems that go beyond responding to prompts to act autonomously toward defined goals [5]. These agents can plan and orchestrate complex, multi-step workflows, interact with other tools or platforms, maintain memory across sessions, and adapt dynamically to changing circumstances with minimal human intervention. In educational contexts, agentic systems enable persistent tutoring that spans multiple sessions and courses, creating adaptive learning pathways that evolve based on a student’s long-term progress, strengths, and challenges [6]. They also support proactive retention efforts by monitoring engagement patterns and triggering timely interventions, such as connecting at-risk students with advisors or resources before problems escalate.

Multimodal AI complements these capabilities by integrating and processing diverse data types simultaneously – text, images, audio, video, and even behavioral signals. Virtual tutors can now analyze a student’s written responses alongside speech patterns, visual problem-solving work, or (where privacy policies permit) facial expressions and engagement cues, delivering richer and more nuanced feedback. Practical applications are expanding quickly: interactive math sessions with real-time visual collaboration, immersive medical simulations that combine anatomical models with procedural guidance, scientific experiment design with multimodal data interpretation, and language learning that incorporates pronunciation analysis and cultural context.

Together, agentic and multimodal technologies represent a fundamental evolution in AI’s role. They promise to shift the paradigm from reactive assistance – such as generating text on demand – to proactive partnership. These systems can support flipped classrooms by preparing personalized pre-class materials, enhance project-based learning through intelligent scaffolding and collaboration tools, and enable true competency-based education at scale by continuously assessing and adapting to individual mastery levels. While still maturing, these emerging technologies are moving AI from a helpful supplement to a core component of the learning ecosystem, with the potential to make education more responsive, personalized, and effective than ever before.

This rapid technological progress, combined with surging adoption, underscores both the immense opportunities and the pressing need for thoughtful governance as higher education navigates the realities of 2026.

IV. Opportunities for Transformation

Agentic and multimodal AI systems are opening unprecedented opportunities for the transformation of higher education. One of the most powerful advantages lies in their capacity to deliver personalized learning at true scale. Unlike earlier adaptive platforms that responded primarily to immediate performance data, agentic systems can maintain long-term memory of a student’s learning trajectory, preferences, strengths, and challenges across semesters. This enables the creation of highly individualized learning pathways that continuously evolve, adjusting content difficulty, pacing, recommended resources, and instructional strategies in real time. As a result, institutions can effectively serve increasingly diverse student populations – including nontraditional learners, international students, students with disabilities, and those from underrepresented backgrounds – without requiring proportional increases in faculty or support staff. Multimodal capabilities further enhance this personalization by allowing AI to interpret and respond to multiple forms of student input simultaneously, such as written work, spoken explanations, diagrams, or code, leading to more accurate diagnosis of misconceptions and richer scaffolding.

Administrative efficiency gains are equally substantial and transformative. Agentic AI can autonomously manage complex scheduling of classes, exams, and resources while optimizing room utilization and minimizing conflicts. Early-warning systems powered by predictive analytics and agentic monitoring can identify at-risk students based on subtle patterns in engagement, performance, and behavior, triggering timely and personalized interventions before dropout risks escalate. Enrollment forecasting has also become significantly more accurate, allowing institutions to anticipate demand, allocate resources strategically, and stabilize revenue streams amid demographic

and economic volatility. These improvements reduce administrative burden, lower operational costs, and enable staff to focus on higher-value student support activities.

In the research domain, agentic and multimodal AI are accelerating discovery. Automated literature synthesis can scan, summarize, and critically compare thousands of sources in minutes, while advanced systems assist in hypothesis generation, experimental design, and data interpretation across disciplines [7]. Faculty members benefit from substantial time savings on routine tasks, freeing them to invest more deeply in mentorship, supervision of graduate students, curriculum innovation, and creative pedagogical approaches that emphasize critical thinking and original scholarship.

Importantly, these technologies have the potential to foster essential future-ready skills. When used thoughtfully, agentic and multimodal AI can develop students' AI fluency, the ability to critically evaluate outputs of intelligent systems, ethical reasoning in technology use, and sophisticated human-AI collaboration competencies. Institutions that proactively integrate AI literacy across curricula – from general education courses to discipline-specific programs – position their graduates advantageously in a rapidly evolving job market. Demand for professionals skilled in working alongside AI has grown dramatically, with many employers now prioritizing candidates who demonstrate not only technical proficiency but also the judgment and ethical awareness required to use these tools responsibly.

V. Challenges and Risks

Despite these promising opportunities, the integration of agentic and multimodal AI into higher education faces significant hurdles that cannot be ignored. Governance remains one of the most critical gaps. While student and faculty adoption continues to accelerate, many institutions still lack comprehensive, up-to-date policies governing the acceptable use of AI. This lag creates uncertainty and inconsistency across departments and programs. The widespread phenomenon of shadow AI – the unauthorized or unregulated use of external tools by students and staff – further compounds risks related to data privacy, information security, and compliance with regulations such as FERPA in the United States or similar data protection laws elsewhere. Without robust governance frameworks, institutions expose themselves to legal, reputational, and ethical vulnerabilities.

Algorithmic bias embedded in training data continues to threaten equity. Systems trained predominantly on historical datasets may perpetuate or even amplify existing biases related to race, gender, socioeconomic status, language proficiency, or cultural background. Unequal access to advanced AI tools and high-speed digital infrastructure risks widening rather than narrowing educational divides. Additionally, the potential for cognitive offloading – where students and even faculty increasingly delegate critical thinking and problem-solving to AI – remains a serious concern, potentially undermining deep learning, creativity, and intellectual development.

Other important risks include the substantial environmental costs associated with training and running large AI models, growing concerns about faculty and staff job displacement or role devaluation, and the possible erosion of interpersonal skills, emotional intelligence, and meaningful face-to-face collaboration in overly automated learning environments. The rapid pace of technological change has also widened the expertise gap, leaving many faculty members and administrators feeling unprepared and overwhelmed. Without deliberate, coordinated action, these challenges risk creating a pronounced “digital AI divide” between well-resourced, technologically advanced institutions and those with limited funding, infrastructure, or support capacity.

Addressing these risks will require more than incremental adjustments. Higher education leaders must move toward proactive, institution-wide strategies that balance innovation with responsibility, ensuring that the transformative power of AI ultimately serves to strengthen – rather than undermine – the core mission and values of universities.

VI. Recommendations

To navigate this complex transition successfully and maximize the benefits of agentic and multimodal AI while minimizing risks, higher education leaders must adopt proactive and comprehensive strategies.

First, institutions should establish robust, institution-wide AI governance frameworks. These frameworks must include clear acceptable-use policies that define permissible applications of AI in teaching, learning, research, and administration. They should incorporate mandatory disclosure requirements for AI-generated content, mechanisms for regular audits to detect and mitigate algorithmic bias, and strict compliance protocols with data protection regulations such as FERPA and GDPR. Effective governance should also address the challenge of shadow AI by providing approved, secure institutional tools and platforms.

Second, higher education institutions need to invest heavily in AI literacy programs for all members of the university community. Training for students, faculty, and staff should go beyond basic tool usage to emphasize critical thinking, advanced prompt engineering, responsible evaluation of AI outputs, detection of hallucinations and biases, and deep ethical considerations surrounding authorship, accountability, and intellectual integrity. Embedding AI literacy as a core competency across general education and disciplinary curricula will better prepare graduates for the realities of an AI-augmented workplace.

Third, curricula and assessment practices must be fundamentally redesigned to incorporate agentic workflows. Rather than competing with AI, assessments should focus on process, reflection, and authentic demonstration of skills. This may include requiring iterative project development with documented AI collaboration, reflective portfolios explaining decision-making processes, oral defenses, and complex problem-solving tasks where students direct and critically evaluate agentic systems. Such approaches maintain academic rigor while preparing students to work effectively alongside intelligent technologies.

Fourth, equity must remain a central priority. Institutions should ensure broad, equitable access to vetted and secure AI tools for all students, regardless of socioeconomic background or geographic location. Special attention must be given to closing the digital divide through device loan programs, subsidized access, and targeted digital literacy support. At the same time, human oversight must be maintained for all high-stakes decisions, including admissions, academic progression, and disciplinary matters, to preserve fairness and accountability.

Fifth, leaders should foster cross-functional collaboration by creating dedicated AI task forces that bring together faculty, students, administrators, IT specialists, legal experts, and ethicists. Strategic partnerships with technology providers can accelerate innovation and provide access to cutting-edge tools, but such collaborations must carefully safeguard institutional autonomy, data sovereignty, and alignment with the university's educational mission.

Finally, institutions must continuously evaluate the human impact of AI integration. Regular assessments should examine effects on student well-being, faculty workload, interpersonal relationships, and the overall quality of the educational experience. Mentorship, community building, creative problem-solving, and face-to-face interaction must be deliberately reinforced as irreplaceable core elements of university education that technology should augment rather than replace.

VII. Future Directions

Looking toward the late 2020s, higher education is expected to witness the emergence of fully integrated multi-agent ecosystems in which multiple specialized AI agents collaborate autonomously to support complex learning journeys, research projects, and administrative processes. Tighter fusion of AI with extended reality (XR) technologies will likely enable immersive, multimodal learning environments that blend virtual simulations with real-time intelligent guidance. There will also be a growing emphasis on explainable AI and ethical AI systems that provide transparent reasoning for their recommendations and decisions.

Success in this evolving landscape will depend on institutions moving away from reactive, piecemeal policy-making toward proactive, evidence-based stewardship. Those that successfully balance bold technological innovation with thoughtful responsibility, strong governance, and a clear commitment to human-centered values will not only survive the AI transformation but will emerge as leaders in shaping a more effective, equitable, and inspiring future for learning and discovery.

VIII. Conclusion

In 2026, artificial intelligence has evolved from a disruptive novelty into a foundational element of higher education infrastructure. Agentic and multimodal systems hold immense potential to make education more personalized, efficient, inclusive, and relevant to the demands of a rapidly changing world. They offer powerful tools to enhance student support, accelerate research, and better prepare graduates for an AI-driven workforce.

However, realizing these benefits requires urgent and sustained attention to governance, equity, data privacy, and human-centered design. Without deliberate action, the risks of bias, overreliance, privacy breaches, and widening divides may undermine the very purposes of higher education. The coming years will serve as a critical test of institutions' ability to adapt thoughtfully and strategically. Ultimately, the future of higher education will be determined by whether AI is used to amplify the unique value of universities – their capacity to foster deep learning, critical inquiry, creativity, and human connection – or whether it is allowed to diminish them. Institutions that rise to this challenge with vision, responsibility, and ethical clarity will shape not only their own success but the broader future of knowledge and human development.

IX. References

- [1] R. Stephenson and C. Armstrong, "Student Generative Artificial Intelligence Survey 2026," Higher Education Policy Institute, HEPI Report 199, Mar. 2026. [Online]. Available: <https://www.hepi.ac.uk/reports/student-generative-ai-survey-2026/>
- [2] J. Freeman, "Student Generative AI Survey 2025," Higher Education Policy Institute, HEPI Policy Note 61, Feb. 2025. [Online]. Available: <https://www.hepi.ac.uk/reports/student-generative-ai-survey-2025/>
- [3] J. Robert, "The Impact of AI on Work in Higher Education," EDUCAUSE, Jan. 2026. [Online]. Available: <https://www.educause.edu/research/2026/the-impact-of-ai-on-work-in-higher-education>
- [4] Precedence Research, "Artificial Intelligence (AI) in Education Market Size, Share & Trends Analysis Report," Feb. 2026. [Online]. Available: <https://finance.yahoo.com/news/ai-education-market-size-surpass-095500912.html>
- [5] "5 Predictions on How AI Will Shape Higher Ed in 2026," Inside Higher Ed, Jan. 2026. [Online]. Available: <https://www.insidehighered.com/news/tech-innovation/artificial-intelligence/2026/01/05/5-predictions-how-ai-will-shape-higher-ed>
- [6] "The Rise of the Agentic AI University in 2026," Inside Higher Ed, Jan. 2026. [Online]. Available: <https://www.insidehighered.com/opinion/columns/online-trending-now/2026/01/07/rise-agentic-ai-university-2026>
- [7] O. Yu. Burov, O. P. Pinchuk, and M. A. Pertsev, "Use of learners' state indices for design of adaptive learning systems," Information Technologies and Learning Tools, vol. 68, no. 6, pp. 20–32, 2018, doi: 10.33407/itlt.v68i6.2715.

ЕВОЛЮЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВИЩІЙ ОСВІТІ: ВІД ГЕНЕРАТИВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДО АГЕНТНИХ СИСТЕМ У 2026 РОЦІ

Пащенко Олександр, Хоменко Володимир, Расцветаєв Валерій

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

АНОТАЦІЯ. У статті досліджується еволюція штучного інтелекту у вищій освіті у 2026 році. Основний акцент зроблено на переході до агентних і мультимодальних систем. Проаналізовано поточний стан впровадження, можливості трансформації навчального процесу, основні ризики та стратегічні рекомендації щодо відповідального використання ШІ.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: агентний ШІ, мультимодальний ШІ, вища освіта, AI-губернаторство, етичне впровадження.

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНІ МЕТОДИ ЯК ЗАСІБ РОЗВИТКУ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ ПІД ЧАС ДОБОРУ ІНСТРУМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Петренко Дмитро¹

¹Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Київ, Україна

E-mail: d.o.petrenko@udu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації обґрунтовано доцільність використання багатокритеріальних методів як засобу розвитку критичного мислення майбутніх учителів інформатики під час добору інструментів штучного інтелекту. Показано, що первинний вибір таких інструментів часто здійснюється інтуїтивно, на основі попереднього досвіду, звички або особистих уподобань, однак сам по собі такий підхід не завжди забезпечує достатню обґрунтованість рішення. Застосування багатокритеріального оцінювання після первинного вибору створює умови для аналізу критеріїв, порівняння альтернатив, аргументації рішення та рефлексивного перегляду власної позиції. Обґрунтовано, що в підготовці майбутніх учителів інформатики така діяльність має не лише прикладне, а й дидактичне значення, оскільки сприяє розвитку критичного мислення в умовах поширення інструментів штучного інтелекту в освіті.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: критичне мислення, майбутні вчителі інформатики, штучний інтелект, багатокритеріальні методи.

I. Вступ

Стрімке впровадження інструментів штучного інтелекту в освіту зумовлює потребу в такій підготовці майбутніх учителів інформатики, яка забезпечує їхню здатність свідомо, відповідально й педагогічно доцільно використовувати ці інструменти. У рамці UNESCO AI Competency Framework for Teachers наголошено, що сучасний учитель має володіти не лише знаннями про технології ШІ, а й умінням приймати виважені рішення щодо їх використання з урахуванням педагогічних, етичних і професійних вимірів [1].

Для майбутніх учителів інформатики ця проблема є особливо значущою, оскільки вони працюватимуть у сфері, де цифрові інструменти швидко змінюються, а рішення щодо їх використання мають не лише технологічний, а й дидактичний характер. Результати досліджень у галузі педагогічної освіти показують, що підготовка майбутніх педагогів до роботи зі штучним інтелектом має охоплювати технічне розуміння, етичну чутливість і здатність критично оцінювати доцільність використання відповідних інструментів [2, 3].

Майбутні вчителі інформатики нерідко добирають інструменти ШІ інтуїтивно - за звичкою, популярністю сервісу, зручністю інтерфейсу або позитивним попереднім досвідом. Такий вибір може бути швидким, однак не завжди є достатньо обґрунтованим щодо конкретного педагогічного завдання. Тому в центрі уваги має бути не лише сам результат вибору, а організація такої діяльності, яка переводить студента від інтуїтивного рішення до свідомого вибору зі застосуванням критичного аналізу. Саме в цьому контексті багатокритеріальні методи доцільно розглядати як засіб розвитку критичного мислення майбутніх учителів інформатики [3-5].

II. Основна частина

Сучасні дослідження показують, що в умовах використання інструментів штучного інтелекту критичне мислення виявляється в умінні аналізувати результати, зіставляти альтернативи, оцінювати їхню доцільність і обґрунтовувати власний вибір. У систематичному огляді A. Salido показано, що серед викликів інтеграції ШІ у вищу освіту є некритична залежність від інструментів ШІ, нерівність у цифровій грамотності, недостатня прозорість систем і потреба в таких освітніх стратегіях, які підтримують критичне мислення [4].

У підготовці майбутніх учителів інформатики така діяльність може бути пов'язана з добром інструментів ШІ для професійно орієнтованих завдань: пояснення тем з інформатики, створення навчальних матеріалів, генерації або перевірки програмного коду, аналізу даних, візуалізації та перевірки виконаних завдань. Спершу студент може обрати інструмент інтуїтивно, проте педагогічна цінність виникає тоді, коли це рішення стає предметом подальшого аналізу. Саме перехід від інтуїтивного вибору до його перевірки, уточнення й обґрунтування створює умови для розвитку критичного мислення, оскільки спонукає

майбутніх учителів інформатики до аналізу, порівняння, оцінювання, аргументації та рефлексивного перегляду власного рішення [1, 3, 4].

Багатокритеріальні методи є доцільним дидактичним засобом для такої організації навчальної діяльності. У дослідженні М. Madanchian і Н. Taherdoost показано, що добір інструментів штучного інтелекту для використання в цифровій освіті потребує системного врахування технічних, освітніх, етичних і практичних критеріїв. Серед значущих чинників названо якість результату, прозорість роботи системи, справедливість, ризик упереджень, освітню доцільність і прийнятність. Це дає підстави стверджувати, що використання інструментів ШІ в освіті потребує системного оцінювання, а не випадкового або поверхневого вибору [5].

Методологічну доцільність такого підходу підсилює систематичний огляд J. Kozłowska, у якому багатокритеріальний аналіз розглядається як придатний підхід до технологічного оцінювання та вибору за наявності кількох значущих параметрів. Для освітнього контексту це важливо тому, що інструменти ШІ не можуть оцінюватися за єдиним показником: один сервіс може бути зручнішим, інший - точнішим, третій - кращим щодо прозорості або інтеграції в освітній процес. Відповідно, багатокритеріальний підхід дозволяє зробити процес вибору явним, структурованим і педагогічно продуктивним [6].

У підготовці майбутніх учителів інформатики доцільно моделювати ситуації реального професійного вибору, коли для виконання певного педагогічного завдання потрібно обрати один сервіс із кількох можливих. Наприклад, це може бути вибір інструмента для створення презентацій, розроблення тестів, генерації навчальних матеріалів або пояснення програмного коду. У таких ситуаціях багатокритеріальне оцінювання може використовуватися як спосіб обґрунтованого порівняння альтернатив. Воно дозволяє майбутньому вчителю інформатики не лише визначити більш доцільний сервіс, а й пояснити підстави власного вибору, що створює умови для розвитку критичного мислення [1, 5]. Важливим є не лише підсумковий результат, а й пояснення того, чому саме ці критерії були визначені та чому їм надано певну вагу. Саме така процедура спонукає студента не просто користуватися інструментом, а мислити щодо підстав його використання [4, 6].

Педагогічними методами, що можуть підтримувати такий процес, є проблемні завдання без одного очевидного рішення, порівняльний аналіз альтернатив, побудова матриць оцінювання, аргументований захист вибору, групове обговорення різних рішень і рефлексивний перегляд первинної позиції після багатокритеріального аналізу. Для майбутніх учителів інформатики така робота має подвійну цінність: з одного боку, вона формує вміння обґрунтовано добирати цифрові засоби для професійної діяльності, а з іншого - розвиває критичне мислення як важливу характеристику їхньої майбутньої педагогічної діяльності [2-4].

III. Висновки

Отже, в умовах поширення інструментів штучного інтелекту в освіті розвиток критичного мислення майбутніх учителів інформатики потребує таких форм організації навчальної діяльності, які переводять студента від інтуїтивного рішення до його аналізу, оцінювання та аргументованого обґрунтування. Добір інструментів ШІ у цьому випадку доцільно розглядати не як самоціль, а як професійно орієнтований контекст, у межах якого формується вміння порівнювати альтернативи, оцінювати їх і обґрунтовувати власний вибір. [6]

Багатокритеріальні методи є ефективним засобом такої організації, оскільки дозволяють зробити процес вибору прозорим, послідовним і рефлексивним. Їх використання в підготовці майбутніх учителів інформатики сприяє аналізу критеріїв, порівнянню альтернатив, аргументації рішень і перегляду первинних суджень, а отже, має виразний потенціал для розвитку критичного мислення.

IV. Список використаних джерел

- [1] UNESCO, AI Competency Framework for Teachers. Paris, France: UNESCO, 2024.
- [2] K. Sperling, C.-J. Stenberg, C. McGrath, A. Åkerfeldt, F. Heintz, and L. Stenliden, "In search of artificial intelligence (AI) literacy in teacher education: A scoping review," *Computers and Education Open*, vol. 6, Art. no. 100169, 2024, doi: 10.1016/j.caeo.2024.100169.

- [3] L. Kohnke, D. Zou, A. W. Ou, and M. M. Gu, "Preparing future educators for AI-enhanced classrooms: Insights into AI literacy and integration," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 8, Art. no. 100398, 2025, doi: 10.1016/j.caeai.2025.100398.
- [4] A. Salido, I. Syarif, M. S. Sitepu, Suparjan, P. R. Wana, R. Taufika, and R. Melisa, "Integrating critical thinking and artificial intelligence in higher education: A bibliometric and systematic review of skills and strategies," *Social Sciences & Humanities Open*, vol. 12, Art. no. 101924, 2025, doi: 10.1016/j.ssaho.2025.101924.
- [5] M. Madanchian and H. Taherdoost, "Decision-making criteria for AI tools in digital education," *Digital Engineering*, vol. 7, Art. no. 100069, 2025, doi: 10.1016/j.dte.2025.100069.
- [6] J. Kozłowska, "Methods of multi-criteria analysis in technology selection and technology assessment: A systematic literature review," *Engineering Management in Production and Services*, vol. 14, no. 2, pp. 108–126, 2022, doi: 10.2478/emj-2022-0021.

MULTI-CRITERION METHODS AS A MEANS OF DEVELOPING CRITICAL THINKING IN PRE-SERVICE COMPUTER SCIENCE TEACHERS DURING THE SELECTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS

Petrenko Dmytro

ABSTRACT. The publication substantiates the expediency of using multi-criteria methods as a means of developing critical thinking in pre-service computer science teachers during the selection of artificial intelligence tools. It is shown that the initial choice of such tools is often made intuitively, based on prior experience, habit, or personal preferences; however, this approach alone does not always ensure that the decision is sufficiently well-grounded. The application of multi-criteria evaluation after the initial choice creates conditions for analyzing criteria, comparing alternatives, justifying decisions, and reflectively reconsidering one's own position. It is argued that, in the training of pre-service computer science teachers, such activity has not only practical but also didactic significance, as it contributes to the development of critical thinking in the context of the growing use of artificial intelligence tools in education.

KEYWORDS: critical thinking, pre-service computer science teachers, artificial intelligence, multi-criteria methods.

ЕПІСТЕМОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ГЕНЕРАТИВНОГО ШІ В ОСВІТІ ТА РОЛЬ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ІНФОРМАТИКИ

Петренко Дмитро¹

¹Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Київ, Україна
E-mail: d.o.petrenko@udu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розкрито епістемологічні виклики генеративного ШІ в освіті та показано, що критичне мислення майбутнього вчителя є умовою перевірки, аргументації й відповідального використання згенерованих відповідей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний ШІ, освіта, знання, критичне мислення, майбутній учитель інформатики.

I. Вступ

Поширення генеративного штучного інтелекту в освіті змінює звичні способи роботи зі знанням. Якщо раніше основними джерелами навчальної інформації виступали вчитель, підручник і науково-освітні інституції, то нині дедалі частіше учень або студент звертається до систем, здатних миттєво створювати пояснення, приклади, узагальнення та готові рішення. Це не означає зникнення традиційних джерел, однак означає зміну конфігурації освітнього середовища: ШІ стає потужним посередником між людиною та знанням.

У такій ситуації виникають питання не лише дидактичного, а й епістемологічного характеру: що означає «знати» в умовах доступності миттєвої відповіді; як відрізнити знання від правдоподібного тексту; якими є підстави довіри до згенерованого пояснення; хто відповідає за помилку, якщо результат отримано за участю моделі. Для філософії освіти ці

питання принципів, оскільки вони стосуються істини, обґрунтування, відповідальності та інтелектуальної автономії суб'єкта навчання [1, 2].

Особливо значущою ця проблематика є для підготовки майбутніх учителів інформатики. Саме вони мають не лише користуватися цифровими інструментами, а й формувати в учнів культуру перевірки інформації, розуміння меж алгоритмічних систем і відповідальне ставлення до висновків, отриманих за допомогою ІІІ. Мета тез – стисло окреслити, як генеративний ІІІ змінює поняття знання в освіті та чому критичне мислення стає необхідною умовою якісного навчання.

II. Основна частина

У філософії знання розглядають як результат пізнавальної діяльності, який має раціональні підстави й відмежовується від думки, припущення або випадково правильної відповіді. Епістемологія зосереджується на тому, що означає знати, які джерела є надійними та за яких умов переконання може вважатися обґрунтованим [1]. Традиційний аналіз знання пов'язує його з істинністю, переконанням і наявністю підстав для прийняття твердження як істинного [2]. Для освіти це означає, що правильний результат ще не є достатнім показником знання, якщо не зрозуміло, як саме його отримано, перевірено й пояснено.

У філософії освіти знання не зводиться до механічного відтворення інформації. Дж. Дьюї розглядав навчання як процес осмислення досвіду, постановки запитань і перевірки ідей у дії [3]. Відповідно, освітній результат має виявлятися не лише у здатності повторити відповідь, а й у вмінні пояснити її, застосувати в новій ситуації, побачити межі правильності твердження та за потреби виправити помилку. Таке розуміння важливе в умовах генеративного ІІІ, оскільки модель може створити зовні переконливий текст без гарантії його змістової надійності.

Генеративний ІІІ загострює низку епістемологічних ризиків. По-перше, ідеться про надійність: згенерована відповідь може бути грамотно оформленою, але неточною або частково хибною. По-друге, виникає проблема непрозорості: користувач отримує результат без повного доступу до логіки його побудови й без чітко відтворюваного шляху до висновку. По-третє, ускладнюється питання істинності джерел: модель може не надати джерел або запропонувати покликання, які потребують додаткового контролю [4, 5].

Міжнародні документи у сфері ІІІ та освіти акцентують, що впровадження генеративних систем супроводжується не лише новими можливостями, а й необхідністю керування ризиками, підтримки академічної доброчесності, прозорості й підзвітності [4, 5]. Отже, поява ІІІ в освіті переводить дискусію про знання з абстрактного рівня у практичну площину: навчання має навчати не просто отримувати відповідь, а працювати з нею як з твердженням, яке треба оцінити, уточнити й перевірити.

За умов широкого використання генеративного ІІІ критичне мислення набуває функції практичного механізму контролю істинності та якості знань. Йдеться про вміння ставити уточнювальні запитання, відрізняти факт від інтерпретації, виявляти суперечності, перевіряти твердження за надійними джерелами та співставляти альтернативні пояснення. Саме ці дії дають змогу перевести взаємодію з моделлю з режиму пасивного споживання відповіді в режим аналізу й оцінювання.

У підготовці майбутнього вчителя інформатики критичне мислення має подвійне значення. З одного боку, воно потрібне майбутньому педагогу для відповідальної роботи з цифровими інструментами. З іншого боку, воно стає змістом професійної діяльності, адже вчитель має організовувати такі навчальні ситуації, у яких учні навчаються перевіряти інформацію, аргументувати висновки та усвідомлювати межі застосування алгоритмічних систем. У цьому сенсі критичне мислення пов'язує епістемологічні критерії знання з цифровою грамотністю і педагогічною відповідальністю.

На практиці це означає, що відповідь ІІІ доцільно розглядати як гіпотезу, а не як готове знання. Після отримання результату здобувач освіти має: уточнити, за яких умов твердження є правильним; перевірити ключові факти й поняття за підручником, науковою статтею чи офіційним документом; перетворити отриманий матеріал на власне аргументоване міркування; взяти відповідальність за остаточний висновок. Послідовне уточнення, перевірка,

аргументація та відповідальне прийняття висновків зменшують епістемологічні ризики використання генеративного ШІ [4, 6].

Для майбутнього вчителя інформатики важливо також розуміти, чому модель може помилятися: через особливості навчальних даних, статистичний характер генерації, обмежену інтерпретованість і відсутність власного 'розуміння' у людському сенсі. Тому педагогічні завдання доцільно будувати так, щоб ШІ ставав об'єктом аналізу: наприклад, студент не просто приймає пояснення або код, а знаходить можливі помилки, перевіряє коректність кроків, добирає контрприкладів та пропонує виправлення з опорою на джерела.

III. Висновки

Епістемологічні виклики генеративного ШІ потребують не заборони відповідних інструментів, а переосмислення структури навчальних завдань та оцінювання. У центрі має бути не лише кінцевий результат, а процес мислення: як сформульовано запит, які положення викликали сумнів, що саме було перевірено, які джерела використано і як обґрунтовано висновок. Такий підхід узгоджується з позиціями UNESCO та OECD щодо відповідального використання генеративного ШІ й оновлення практик оцінювання [4, 5].

З огляду на це, доцільно робити завдання процесними. Наприклад, вимагати від студента фіксації запиту до ШІ, короткого аналізу отриманої відповіді, перевірки кількох ключових тверджень за незалежними джерелами та формулювання власного висновку. Критерії оцінювання при цьому мають враховувати точність фактів, якість аргументації, коректність використаних джерел, здатність помітити помилку та виправити її. Тоді навчальний результат відображатиме не здатність швидко отримати текст, а сформованість інтелектуальних дій, які і становлять зміст знання в освітньому сенсі.

Отже, генеративний ШІ суттєво змінює умови роботи зі знанням в освіті. Він підсилює значущість питань істинності, обґрунтування, перевірки та відповідальності за висновки. Відповіддю на ці виклики є критичне мислення майбутнього вчителя, яке постає не загальним гаслом, а конкретним механізмом оцінювання, аргументації й контролю якості знань. Для майбутнього вчителя інформатики це означає необхідність поєднувати використання ШІ з культурою сумніву, джерельною дисципліною та готовністю пояснювати, чому саме певне твердження слід вважати обґрунтованим.

IV. Список використаних джерел

- [1] M. Steup, "Epistemology," The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Fall 2017 Edition, 2017.
- [2] J. Ichikawa and M. Steup, "The Analysis of Knowledge," The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Fall 2025 Edition, 2025.
- [3] J. Dewey, *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education*. New York, NY, USA: Macmillan, 1916.
- [4] F. Miao and W. Holmes, *Guidance for Generative AI in Education and Research*. Paris, France: UNESCO, 2023.
- [5] OECD, *OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem*. Paris, France: OECD Publishing, 2023.
- [6] NIST, *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0) Profile for Generative AI*, NIST AI 600-1, 2024.

EPISTEMOLOGICAL CHALLENGES OF GENERATIVE AI IN EDUCATION: THE TRANSFORMATION OF THE CONCEPT OF KNOWLEDGE AND THE ROLE OF CRITICAL THINKING OF THE FUTURE TEACHER

Petrenko Dmytro

ABSTRACT. The paper outlines the epistemological challenges of generative AI in education and argues that critical thinking is a necessary condition for verifying, justifying, and responsibly using AI-generated answers.

KEYWORDS: generative AI, education, knowledge, critical thinking, future teacher.

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТА ШТУЧНО-ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИКЛАДАННІ КУРСУ «МЕДИЧНА БІОХІМІЯ» ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ І4 «ТЕХНОЛОГІЇ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ»

Печак Олексій¹, Яніцька Леся¹, Постернак Наталія¹

¹Національний медичний університет імені О.О.Богомольця, Київ, Україна

E-mail: nposternak1976@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено інтеграцію хмарних та ШІ-технологій у викладанні медичної біохімії для студентів спеціальності І4, покращуючи навчальні результати через інтерактивні та адаптивні методи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: хмарні технології, ШІ, медична біохімія, електронне навчання, освіта.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку вищої освіти характеризується активною цифровізацією освітнього процесу та широким впровадженням інноваційних інформаційних технологій, серед яких особливе місце займають хмарні сервіси та системи штучного інтелекту. Використання таких технологій відкриває нові можливості для організації навчання, підвищення ефективності засвоєння знань, індивідуалізації освітнього процесу та вдосконалення менеджменту освітньої діяльності здобувачів освіти [1]. У медичній освіті зазначені тенденції мають особливе значення, оскільки підготовка майбутніх фахівців потребує поєднання фундаментальних теоретичних знань із практичними навичками та здатністю працювати з великими обсягами спеціалізованої інформації.

Однією з базових дисциплін у підготовці здобувачів спеціальності І4 «Технології медичної діагностики та лікування» є медична біохімія, яка формує у здобувачів освіти розуміння молекулярних механізмів функціонування організму, біохімічних основ патологічних станів та принципів лабораторної діагностики. Викладання курсу супроводжується певними труднощами, пов'язаними із значною кількістю спеціальної термінології, складністю метаболічних процесів, необхідністю використання візуалізацій та потребою інтеграції теоретичних знань з клінічною практикою. Традиційні методи навчання не завжди забезпечують належний рівень засвоєння матеріалу, що зумовлює необхідність впровадження сучасних цифрових інструментів, які можуть допомогти оптимізувати освітній процес.

Хмарні технології дозволяють створювати структуроване освітнє середовище з постійним доступом до навчальних матеріалів, засобів контролю знань та комунікації між викладачем і здобувачами, тоді як системи штучного інтелекту забезпечують можливість автоматизації підготовки освітніх ресурсів, генерації тестових завдань, візуалізації складних біохімічних процесів та індивідуалізації навчання [2]. Поєднання Claude-технологій та інструментів штучного інтелекту є перспективним напрямом модернізації викладання фундаментальних дисциплін у закладах вищої медичної освіти [1].

Метою роботи є аналіз можливостей використання хмарних та штучно-інтелектуальних технологій у викладанні курсу «Медична біохімія» й обґрунтування доцільності їх застосування у підготовці здобувачів спеціальності І4 «Технології медичної діагностики та лікування» в контексті підвищення ефективності менеджменту освітнього процесу та якості засвоєння освітнього матеріалу.

II. Основна частина

Курс медичної біохімії для здобувачів спеціальності І4 є фундаментальним компонентом професійної підготовки майбутніх фахівців з медичної діагностики та лікування. Він покликаний забезпечити формування ключових компетентностей, зокрема розуміння метаболічних шляхів, молекулярних механізмів патологічних процесів та принципів лабораторної діагностики, що є основою для прийняття клінічних рішень. Особливість викладання цього курсу полягає у поєднанні теоретичного змісту з практичними навичками, які безпосередньо інтегруються у професійну діяльність майбутніх медичних фахівців.

З огляду на специфіку спеціальності, здобувачі освіти здебільшого мають базові знання з хімії та біології, здобуті на попередніх етапах освіти, проте рівень підготовки значно варіює.

За таких обставин виникає необхідність застосування диференційованого підходу у викладанні, щоб враховувати індивідуальні особливості сприйняття та засвоєння матеріалу. Під час вивчення курсу активно використовуються інтерактивні методи навчання, такі як аналіз клінічних кейсів, лабораторні практикуми, групові проекти та дискусії, що дозволяє учасникам освітнього процесу поєднувати теоретичні знання з практичними навичками та формує критичне мислення.

Для ефективної підготовки здобувачів до КРОК 1 та подальшої професійної діяльності ключовим є забезпечення системної роботи з академічними матеріалами українською мовою, а також поступова адаптація здобувачів до опрацювання сучасної наукової літератури англійською. Україномовні здобувачі потребують підтримки у засвоєнні спеціальної термінології та складних академічних текстів, що дозволяє формувати глибоке розуміння біохімічних процесів та принципів лабораторної діагностики. Успішність навчання значною мірою визначається організацією освітніх ресурсів, які інтегрують фундаментальні знання з практичними прикладами та активними методами засвоєння матеріалу [3]. Структуроване поєднання лекційного викладання, наочних матеріалів, лабораторних практикумів та індивідуальної роботи забезпечує поступове формування ключових компетентностей, необхідних для професійної діяльності та складання іспиту КРОК 1.

Важливим аспектом є також забезпечення мотивації та залученості здобувачів освіти в освітній процес. Регулярний зворотний зв'язок, індивідуальні консультації та структуровані навчальні матеріали сприяють академічній самостійності та підвищують ефективність засвоєння знань [4]. Використання цифрових ресурсів, інтерактивних платформ та інструментів штучного інтелекту дозволяє адаптувати навчальні матеріали до темпу засвоєння та рівня підготовки кожного здобувача.

Використання хмарних платформ і штучно-інтелектуальних технологій, таких як Claude від Anthropic [<https://claude.ai/>], [5], відкриває нові можливості для організації ефективного освітнього процесу. У контексті курсу медичної біохімії хмарні технології забезпечують універсальний доступ до освітніх матеріалів, інтерактивних симуляцій і лабораторних завдань, а ШІ-сервіси дозволяють адаптувати освітній контент до індивідуальних потреб здобувачів, спостерігати прогрес та надавати миттєві пояснення складних термінів і концепцій. На відміну від традиційних інструментів, таких як локальні освітні платформи або статичні електронні підручники, хмарні ШІ-системи забезпечують динамічну взаємодію, персоналізацію навчання та доступ до актуальних англомовних наукових джерел.

Для здобувачів І4 спеціальності інтеграція Claude в освітній процес передбачає кілька рівнів взаємодії. По-перше, учасники отримують доступ до цифрового репозиторію лекцій, презентацій та відеоматеріалів через хмарну платформу, де ШІ автоматично адаптує зміст відповідно до рівня знань та мовної компетентності [2]. Наприклад, під час вивчення метаболізму глюкози Claude може запропонувати покрокові пояснення реакцій, підкріплені схемами та інтерактивними діаграмами, а здобувачі можуть ставити уточнюючі запитання безпосередньо в чаті ШІ.

По-друге, хмарна платформа дозволяє організувати спільні лабораторні проекти та кейс-стаді. Викладач завантажує завдання з інструкціями до хмари, здобувачі працюють у групах, використовуючи інтерактивні інструменти для обговорення та аналізу даних. Claude може слугувати модератором дискусії, підказуючи ключові концепції, коригуючи помилки у розрахунках та пропонуючи додаткові ресурси для глибокого розуміння [1]. Такий підхід забезпечує ефективну для україномовних здобувачів освіти, оскільки ШІ допомагає співставляти терміни українською та англійською мовами, забезпечуючи інтеграцію фундаментальних знань із практичними прикладами.

По-третє, хмарні та ШІ-технології використовуються для моніторингу академічних досягнень здобувачів. Викладач отримує аналітичні дані щодо активності учасників, часу роботи з матеріалами, частоти звернень до ШІ та успішності виконання завдань [4]. Це дозволяє своєчасно коригувати методику викладання, наприклад, додавати додаткові пояснення складних тем або організовувати індивідуальні консультації. Учасники, у свою

чергу, отримують миттєвий зворотний зв'язок, що стимулює самостійне опрацювання матеріалу та розвиток академічної відповідальності.

Таким чином, інтеграція хмарних і ІІІ-технологій до курсу медичної біохімії забезпечує персоналізоване, інтерактивне та динамічне навчання, сприяє розвитку критичного мислення та підготовці здобувачів освіти до КРОК 1 і подальшої професійної діяльності. Модель, що передбачає поєднання доступу до хмарних ресурсів, адаптацію контенту через ІІІ, організацію інтерактивних лабораторних та групових завдань, а також системний моніторинг прогресу, дозволяє ефективно враховувати освітні особливості та запити здобувачів спеціальності І4.

ІІІ. Висновки

Проведене дослідження свідчить, що інтеграція хмарних та штучно-інтелектуальних технологій у викладання курсу медичної біохімії для здобувачів спеціальності І4 «Технології медичної діагностики та лікування» сприяє підвищенню ефективності освітнього процесу. Використання хмарних платформ забезпечує централізований доступ до лекційних матеріалів, лабораторних інструкцій та інтерактивних кейсів, що дозволяє здобувачам опрацьовувати навчальні матеріали у будь-який час й у власному темпі.

ІІІ-сервіс Claude слугує інструментом персоналізованої підтримки - він допомагає у поясненні складних термінів, адаптує завдання відповідно до рівня знань здобувачів, аналізує результати виконання завдань та надає рекомендації для самостійного вдосконалення. Запропонована взаємодія поєднує переваги індивідуального та групового навчання, інтегрує фундаментальні знання з практичними прикладами та стимулює розвиток критичного мислення.

Дослідження показало, що успішність здобувачів залежить від адаптації навчальних матеріалів до потреб та інтеграції міждисциплінарних знань. Хмарні та ІІІ-технології дозволяють ефективно подолати мовні бар'єри, створюють можливості для активної взаємодії учасників, а також сприяють підготовці до КРОК 1 і подальшої професійної діяльності.

На основі отриманих даних запропонована модель менеджменту освітнього процесу, яка включає диференційовані методи викладання, адаптовані до рівня знань та мовної компетентності здобувачів освіти; інтерактивні та активні практики навчання; системи моніторингу прогресу та оцінювання результатів; а також механізми мотиваційної підтримки і формування академічної самостійності.

Впровадження такої моделі забезпечує створення динамічного, адаптивного та інтерактивного освітнього середовища, яке підвищує ефективність засвоєння знань, формує ключові професійні компетентності та забезпечує рівні можливості для всіх здобувачів спеціальності І4, незалежно від мовного та освітнього досвіду.

ІV. Список використаних джерел

- [1] J. G.-Cruzado, A. Espinoza-Garate, J. Julca-Zeña, A. N. Meza, A. D. Carhuamaca, and F. Amayo-Gamboa, "Impact of cloud computing on higher education institutions: A comprehensive systematic review," *Int. J. Online Biomed. Eng. (iJOE)*, vol. 21, no. 12, pp. 154–181, Aug. 2025, doi:10.3991/ijoe.v21i12.56811.
- [2] O. V. Chorna, "The evolution of cloud computing in education: From Hype Cycle to mainstream adoption (2012-2024)," in *Proc. CTE 2024 – 12th Workshop on Cloud Technologies in Education*, May 2025, pp. doi:10.55056/cte.952.
- [3] Y. Ma, P. Jiang, and Y. Huo, "Integrating cloud-based learning management systems in higher education: Implications for educational management," *J. Electr. Syst.*, (2025).
- [4] H. Hamaniuk, "Immersive cloud-based mobile learning tools in higher education," *Proc. CTE 2024*, 2025.
- [5] (2026) P. Sasikala, M. Eswaran, M. Antony Raj, and M. Vakkil, "Research articles published on cloud computing in education as reflected in the Web of Science," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 19, no. 3, pp. 133–143, Jan. 2026, doi:10.17485/IJST/v19i3.1968.

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ЗАСОБУ ПІДТРИМКИ НАВЧАННЯ СТЕРЕОМЕТРІЇ В АКАДЕМІЧНОМУ ЛІЦЕЇ

Рашевська Наталя¹

¹Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна

nvr1701@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто використання систем штучного інтелекту як інструменту підтримки навчання стереометрії в академічному ліцеї. Визначено їх дидактичні функції у структуризації розв'язування задач, формуванні просторових уявлень та підтримці навчальної діяльності учнів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, когнітивне навантаження, стереометрія, профільна освіта, персоналізація навчання, цифрові технології.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку загальної середньої освіти в Україні пов'язаний із переходом до профільної старшої школи та формуванням мережі академічних ліцеїв, що мають забезпечувати поглиблене вивчення окремих освітніх галузей відповідно до освітніх інтересів і професійних орієнтирів учнів. Важливим складником модернізації освітнього процесу є інтеграція цифрових технологій, здатних підтримувати індивідуалізацію навчання та розширювати можливості організації пізнавальної діяльності учнів.

Одним із напрямів розвитку цифрового освітнього середовища є використання систем штучного інтелекту, які здатні забезпечувати адаптацію навчального матеріалу, надавати пояснення та зворотний зв'язок, а також підтримувати персоналізацію навчання. Особливого значення такі технології набувають у процесі навчання природничо-математичних дисциплін, опанування яких пов'язане з необхідністю формування абстрактного та просторового мислення, оперування складними математичними моделями та розв'язування багатокomпонентних задач.

Одним з предметів шкільного курсу математики старшої школи, що традиційно викликає труднощі у значної частини учнів, є стереометрія. Її вивчення потребує сформованості просторових уявлень, здатності встановлювати взаємозв'язки між елементами геометричних тіл та застосовувати математичні методи для розв'язування задач. У цьому контексті актуальним є пошук педагогічно доцільних способів використання цифрових інструментів, зокрема систем штучного інтелекту, для підтримки навчальної діяльності учнів під час опанування просторово-геометричних понять.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування можливостей використання систем штучного інтелекту як засобу підтримки навчання стереометрії в академічному ліцеї.

Наукова новизна полягає у визначенні та систематизації дидактичних функцій систем штучного інтелекту у підтримці навчання стереометрії, що дозволяє розглядати їх як засоби зниження когнітивного навантаження та підтримки просторового мислення учнів.

II. Основна частина

Академічний ліцей визначається як заклад освіти, що забезпечує здобуття повної загальної середньої освіти та створює умови для поглиблення компетентностей учнів у вибраних освітніх галузях відповідно до їхніх здібностей, інтересів і професійних орієнтирів [1]. Освітній процес у таких закладах спрямований на розвиток здатності учнів до самостійного навчання, формування системного мислення та інтеграцію нових знань у вже сформовану систему уявлень.

У навчанні природничо-математичних дисциплін важливою умовою досягнення освітніх результатів є поєднання теоретичного розуміння навчального матеріалу з формуванням умінь розв'язувати задачі та застосовувати математичні моделі для опису просторових об'єктів і явищ. Водночас значна абстрактність окремих тем може ускладнювати формування цілісних уявлень про досліджувані об'єкти.

Зокрема, під час вивчення стереометрії учні повинні оперувати просторовими моделями геометричних тіл, встановлювати взаємне розташування їхніх елементів та використовувати математичні методи для розв'язування задач. Така діяльність передбачає одночасне виконання кількох когнітивних операцій, що може створювати додаткове когнітивне навантаження [2].

З позицій когнітивної теорії навантаження [3] ефективність навчання залежить від узгодженості складності навчального матеріалу з можливостями робочої пам'яті учнів. У випадку перевищення когнітивних ресурсів виникають труднощі у сприйнятті та обробленні навчальних відомостей, що може знижувати ефективність засвоєння складних понять і способів діяльності.

Одним із підходів до зменшення когнітивної складності навчальної діяльності є використання цифрових інструментів, здатних підтримувати процес розв'язування задач, структурувати навчальний матеріал та надавати додаткові пояснення. У сучасних дослідженнях дедалі більшу увагу приділяють можливостям систем штучного інтелекту як засобів підтримки навчання, персоналізації освітнього процесу та організації адаптивного зворотного зв'язку [4], [5].

Зокрема, системи штучного інтелекту можуть використовуватися для поетапної структуризації процесу розв'язування задач. Під час розв'язування задач зі стереометрії такі системи здатні допомагати учням визначати послідовність необхідних дій, зокрема:

- побудову просторової моделі геометричного тіла;
- визначення взаємного розташування його елементів;
- побудову допоміжних геометричних об'єктів;
- виконання необхідних математичних обчислень.

Подібні можливості реалізуються у системах інтелектуальної підтримки навчання, зокрема у діалогових освітніх асистентах (наприклад, ChatGPT або Khanmigo), які можуть формувати пояснення, ставити уточнювальні запитання та допомагати учням аналізувати логіку розв'язування задач.

Ще одним чинником когнітивних труднощів під час вивчення стереометрії є необхідність формування просторових уявлень. У цьому контексті ефективним є використання цифрових математичних середовищ, що забезпечують динамічну візуалізацію геометричних об'єктів. Наприклад, цифрові математичні середовища GeoGebra або Wolfram Alpha дають змогу створювати інтерактивні моделі геометричних тіл, досліджувати їхні властивості та візуалізувати взаємне розташування елементів у просторі. Поєднання таких середовищ із системами штучного інтелекту може розширювати можливості пояснення математичних процедур та інтерпретації результатів.

Крім того, системи інтелектуальної підтримки навчання можуть використовуватися для аналізу типових помилок учнів під час розв'язування задач. На основі введених розв'язків або запитів учнів такі системи здатні формувати пояснення, пропонувати альтернативні підходи до розв'язування та рекомендувати додаткові навчальні матеріали. Подібні можливості реалізуються у деяких освітніх застосунках, зокрема ASSISTments або Socratic, які використовують автоматизовані алгоритми для надання навчальних підказок.

На основі аналізу можливостей сучасних систем штучного інтелекту у навчанні математики виокремлено їх основні дидактичні функції у підтримці навчання стереометрії (табл. 1).

Таблиця 1

Дидактичні функції систем штучного інтелекту у підтримці навчання стереометрії

Дидактична функція систем штучного інтелекту	Характер педагогічної підтримки	Потенційний вплив на навчальну діяльність
Структурування процесу розв'язування задач.	Генерування покрокових пояснень, формування послідовності когнітивних дій.	Зниження когнітивного навантаження під час опрацювання складних задач.
Підтримка просторової візуалізації.	Інтеграція з цифровими математичними середовищами та використання динамічних моделей геометричних тіл.	Полегшення формування просторових уявлень і розуміння геометричних зв'язків.
Надання адаптивних пояснень.	Аналіз запитів учнів і формування додаткових пояснень або підказок.	Поглиблення розуміння логіки розв'язування задач.
Аналіз типових помилок	Виявлення помилкових кроків у розв'язуванні та пропонування альтернативних підходів.	Розвиток рефлексії та навчальних стратегій учнів.

III. Висновки

Теоретичний аналіз особливостей навчання стереометрії в академічному ліцеї та можливостей сучасних цифрових освітніх технологій дає підстави розглядати системи штучного інтелекту як ефективний допоміжний засіб підтримки навчальної діяльності учнів.

Встановлено, що використання таких систем може сприяти структуризації процесу розв'язування задач, підтримці формування просторових уявлень та наданню адаптивних пояснень під час виконання навчальних завдань.

Узагальнення результатів дослідження дозволило виокремити основні дидактичні функції систем штучного інтелекту у навчанні стереометрії: структурування процесу розв'язування задач, підтримку просторової візуалізації, надання адаптивних пояснень та аналіз типових помилок учнів.

Водночас ефективність використання систем штучного інтелекту значною мірою залежить від способів їх інтеграції у педагогічну практику, ролі вчителя в організації навчальної взаємодії та поєднання технологічних можливостей із дидактичними методами навчання.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення методичних моделей використання систем штучного інтелекту у навчанні стереометрії та експериментальне вивчення їхнього впливу на навчальні результати і когнітивне навантаження учнів.

Дослідження виконано в межах «Комплексного наукового дослідження використання генеративного штучного інтелекту на різних рівнях освіти для удосконалення педагогічних та управлінських практик», що здійснюється за рахунок бюджетних коштів, спрямованих на забезпечення проведення державними науковими установами наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за результатами державної атестації згідно з договором № БФ/С12 – 2025 про виконання наукового дослідження, яка за результатами державної атестації за науковим напрямом «Суспільний» віднесена до групи А.

IV. Список використаних джерел

- [1] Міністерство освіти і науки України, *Реформа профільної освіти. Концептуальні засади*, Наказ №1451, 10 жовт. 2024.
- [2] Ü. Çakiroğlu and V. Selçuk, "Machine learning meets secondary school classrooms: Using hands-on activities to advance computational thinking," *Education and Information Technologies*, 2024, doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13196-8>.
- [3] Y. Khasawneh and M. Khasawneh, "Cognitive Load Analysis of Adaptive Learning Technologies in Special Education Classrooms," *European Journal of Education and Pedagogy*, vol. 5, no. 2, 2024. doi: <https://doi.org/10.24018/ejedu.2024.5.2.799>.
- [4] S. Aravantinos, K. Lavidas, V. Komis, Th. Karalis, and S. Papadakis, "Artificial Intelligence in K-12 Education: A Systematic Review of Teachers' Professional Development Needs for AI Integration," *Computers*, vol. 15, no. 1, p. 49, 2026, doi: <https://doi.org/10.3390/computers15010049>.
- [5] A. I. Akhmetova, D. M. Sovetkanova, L. K. Komekbayeva, A. E. Abdrakhmanov, D. Yessenuly, and O. S. Serikova, "A systematic review of artificial intelligence in high school STEM education research," *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 21, no. 4, p. em2623, 2025, doi: <https://doi.org/10.29333/ejmste/16222>.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS AS A TOOL FOR SUPPORTING STEREOMETRY LEARNING IN ACADEMIC LYCEUMS

Rashevska Nataliia

ABSTRACT. The paper examines the use of artificial intelligence systems as a tool for supporting stereometry learning in academic lyceums. Their didactic functions in structuring problem solving, supporting spatial visualization and assisting students' learning activities are identified.

KEYWORDS: artificial intelligence, stereometry, cognitive load, secondary education, digital technologies.

ПЕДАГОГІЧНИЙ ДИЗАЙН КОГНІТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕРВІСІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Рижов Олексій¹

¹Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, м. Запоріжжя, Україна

E-mail: ra@mphu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації обґрунтовано концепцію педагогічного дизайну когнітивних технологій у медичній освіті. Розглянуто алгоритми створення інтелектуальних систем навчання в середовищі Obsidian із залученням сервісів штучного інтелекту (ChatGPT, Gemini, Grok) для оптимізації когнітивного навантаження та побудови персональних баз знань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: когнітивні технології, штучний інтелект, Obsidian, теорія когнітивного навантаження, медична освіта.

I. Вступ

Сучасна медична освіта в Україні зіткнулася з очевидною кризою якості навчання в умовах дистанційної форми навчання, зумовленою пандемічними обмеженнями та воєнним станом. Традиційні аудиторні методи, які були перенесені у віртуальне хмарне середовище без адаптації, виявилися неефективними, в тому числі, і через феномен «кліпового мислення», який був сформований взаємодією з соціальними мережами та перевантаженням студентів медичних університетів неструктурованою інформацією.

Вихід із цієї кризи, на наш погляд, полягає у впровадженні нової дидактики, яка базується на когнітивних технологіях навчання та системах управління персональними знаннями (РКМ). Метою даного дослідження є розробка технології створення інтерактивної системи навчання на основі середовища Obsidian, що інтегрує інструменти штучного інтелекту (ШІ) для формування індивідуальних навчальних траєкторій, зокрема при підготовці до ліцензійного іспиту КРОК.

II. Основна частина

Теоретичним фундаментом розробки є теорія когнітивного навантаження (CLT) Джона Свеллера [1], яка стверджує, що оптимальне засвоєння матеріалу можливе лише за умови адекватного навантаження на оперативну пам'ять. Когнітивна архітектура людини передбачає взаємодію сенсорної, робочої та довготривалої пам'яті. Ключовим завданням педагогічного дизайну є: а) Мінімізація стороннього навантаження (Extraneous Load), що виникає через невдалу організацію навчального матеріалу; б) Оптимізація внутрішнього навантаження (Intrinsic Load), пов'язаного зі складністю самої теми; с) Стимулювання доречного навантаження (Germane Load), спрямованого на побудову когнітивних схем у довготривалій пам'яті [2].

Теорія розробки когнітивних технологій навчання базується на взаємодії положень трьох фундаментальних концепцій опрацювання інформації: теорії асиміляції Девіда Асубела, концептуального картографування Джозефа Новака [3, 4] та теорії когнітивного навантаження Джона Свеллера. Згідно з моделлю асиміляції, ефективно навчання відбувається лише тоді, коли нові знання свідомо пов'язуються з уже наявними в когнітивній структурі студента опорними поняттями. Цей процес візуалізується через побудову концептуальних карт, де ієрархічна організація знань та визначення зв'язків між дескрипторами дозволяють трансформувати розрізнену інформацію у цілісну систему. При цьому критично важливим є врахування обмежень робочої пам'яті згідно з CLT (Cognitive Load Theory): педагогічний дизайн спрямований на управління внутрішньою складністю матеріалу та усунення сторонніх когнітивних завад [5]. Такий підхід забезпечує перехід від механічного заучування до глибокого засвоєння, де навчальний матеріал структурується як мережа взаємопов'язаних вузлів, що мінімізує ментальні зусилля при відтворенні знань та сприяє формуванню стійких професійних компетенцій.

Використання сервісів штучного інтелекту в РКМ-системах, а також їх інтеграція (ChatGPT, Gemini, Grok) дозволяє автоматизувати рутинні процеси обробки інформації. Так в нашому випадку:

1. Grok-3 використовується для семантичного аналізу текстів підручників та виділення ключових понять.
2. Gemini залучається для генерації точних визначень та роз'яснень складних термінів.

3. Obsidian виступає як ядро системи, де створюється концептуальний граф дисципліни у форматі Canvas.

Модель педагогічного дизайну когнітивних технологій навчання можна описати як комплексну інтелектуальну екосистему, що базується на конвергенції когнітивної психології, систем управління персональними знаннями (PKM) та інструментарію генеративного штучного інтелекту.

В основі моделі лежить алгоритм трансформації навчального контенту в індивідуальну когнітивну структуру знань студента, що реалізується через наступні етапи:

1) семантична декомпозиція та квантування: використання сервісів ШІ (зокрема Grok-3) для аналізу неструктурованого тексту підручника з метою експлікації ключових дескрипторів та формування термінологічного ядра дисципліни;

2) концептуальне моделювання (Concept Mapping): побудова візуальних графів у середовищі Obsidian Canvas, що відображають ієрархічні та асоціативні зв'язки між поняттями. Це дозволяє реалізувати стратегії *chunking up* (узагальнення) та *chunking down* (деталізація), оптимізуючи когнітивне навантаження на робочу пам'ять;

3) генерація змісту понять: залучення сервісу Gemini для генерації адаптивних визначень та контекстуальних роз'яснень (коментарів) до кожного поняття, що забезпечує змістовну повноту самостійної підготовки;

4) динамічна консолідація знань: інтеграція сформованої бази знань із алгоритмами інтервальних повторень програми Anki. Це перетворює статичну інформацію на активний когнітивний ресурс, що сприяє тривалому утриманню знань у довготривалій пам'яті та ефективній підготовці до іспиту КРОК;

5) формування персонального когнітивного асистента: Створення в середовищі Obsidian інтерактивного «репетитора», який на засадах ШІ забезпечує зворотний зв'язок та адаптує навчальну траєкторію під індивідуальні потреби студента.

Таким чином, модель представляє собою перехід від лінійної передачі знань до дизайну когнітивного досвіду, де технологічний стек (Obsidian + ШІ + Anki) виступає зовнішнім розширенням когнітивної архітектури людини, забезпечуючи високу ефективність навчання в умовах цифрової трансформації освіти.

Процес візуалізації концептуального графу є ключовим етапом перетворення абстрактних моделей знань у структурований персональний когнітивний простір студента. Ця технологічна трансформація починається з генерації семантичної структури за допомогою сервісу Grok-3, який на основі аналізу навчального контенту формує ієрархічну модель мовою програмування графічних схем Mermaid. На цьому етапі визначаються ключові вузли, такі як «Фармацевтичний менеджмент» або «Управління», та встановлюються змістовні дефініції зв'язків між ними, зокрема відношення включення, підпорядкованості або семантичної залежності. Первинна апробація та корекція логіки побудованої дидактичної моделі здійснюється в спеціалізованому редакторі mermaidchart.com, що дозволяє перевірити цілісність та несуперечливість графу перед його подальшою імплементацією.

Наступним кроком є перенос розробленого графу в середовище Obsidian для його візуалізації у форматі Canvas. Технологічно це реалізується шляхом трансформації Mermaid-структури у JSON-код, сумісний із внутрішньою архітектурою Obsidian. У результаті в системі створюється інтерактивне полотно, де кожне поняття представлене як окремий вузол-нотатка, що має чітко визначені координати та встановлені ребра з текстовими мітками зв'язків. Важливою особливістю такої візуалізації є її глибина: при активації вузла в Canvas відкривається вікно з розгорнутим визначенням та поясненням терміну, згенерованим ШІ, що забезпечує миттєвий доступ до змістовного наповнення кожної концепції.

Фундаментальна важливість формування явних зв'язків між поняттями у свідомості студента та роль візуалізації в цьому процесі пояснюється теорією асиміляції та когнітивною архітектурою людини. Візуалізація дозволяє подолати фрагментарність сприйняття, властиву «кліповому мисленню», та забезпечити перехід до системного розуміння дисципліни. Коли зв'язки між поняттями стають наочними, складний масив даних сприймається мозком як єдина

когнітивна схема. Це суттєво зменшує навантаження на робочу пам'ять, оскільки цілісна структура обробляється як один інформаційний фрагмент, вивільняючи ресурси для аналітичної діяльності та розв'язання складних завдань

Для підготовки до іспиту КРОК розроблено промпти, що дозволяють генерувати бази тестів із розгорнутими коментарями. Наприклад, для дисципліни «Фармацевтичний менеджмент і маркетинг» ІІІ формує блоки, що містять номер тесту, вірну відповідь, ключове поняття, його визначення та коментар .

Ефективність підготовки забезпечується сумісним застосуванням Obsidian та Anki. Основні принципи включають інтервальні повторення та відстеження прогресу. Студент працює в «режимі навігатора», де кожен тест супроводжується поясненням, сформованим на основі когнітивних прототипів.

III. Висновки

Впровадження педагогічного дизайну на основі когнітивних технологій дозволяє подолати недоліки дистанційної освіти через перехід від поверхневого запам'ятовування до глибокого розуміння структури знань. Синергія Obsidian та сервісів ІІІ автоматизує побудову когнітивних схем, що критично важливо для медичних спеціальностей з великим обсягом фактичного матеріалу. Запропонований підхід формує академічну автономію студента та створює стійкі професійні компетенції в умовах цифровізації вищої школи.

IV. Список використаних джерел

- [1] J. Sweller, J. J. G. van Merriënboer, and F. G. W. C. Paas, "Cognitive Architecture and Instructional Design," *Educational Psychology Review*, vol. 10, pp. 251–296, 1998.
- [2] J. Q. Young, J. van Merriënboer, S. Durning, and O. Ten Cate, "Cognitive Load Theory: Implications for medical education: AMEE Guide No. 86," *Medical Teacher*, vol. 36, no. 5, pp. 371–384, 2014.
- [3] D. Torre, D. German, B. Daley, and D. Taylor, "Concept mapping: An aid to teaching and learning: AMEE Guide No. 157," *Medical Teacher*, vol. 45, no. 5, pp. 455–463, 2023.
- [4] J. D. Novak and A. J. Cañas, "The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them," Technical Report IHMC CmapTools, 2006.
- [5] M. Vandewaetere et al., "4C/ID in medical education: How to design an educational program based on whole-task learning: AMEE Guide No. 93," *Medical Teacher*, vol. 37, no. 1, pp. 4–20, 2015.

PEDAGOGICAL DESIGN OF COGNITIVE LEARNING TECHNOLOGIES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE SERVICES

Ryzhov Oleksii

ABSTRACT: The publication substantiates the concept of pedagogical design of cognitive technologies in medical education. The algorithms for creating intelligent learning systems in the Obsidian environment with the involvement of AI services (ChatGPT, Gemini, Grok) for optimizing cognitive load and building personal knowledge bases are considered.

KEYWORDS: cognitive technologies, artificial intelligence, Obsidian, cognitive load theory, medical education.

АГЕНТНЕ НАВЧАННЯ ТА САМОРЕГУЛЯЦІЯ СТУДЕНТІВ У ЦИФРОВОМУ ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Сенченко Олексій¹

¹Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Запоріжжя, Україна
E-mail: senchenko.oleksiy@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У статті розглядається зміна ролі студента в умовах поширення автономних ІІІ-агентів. Автор аналізує, як передача інтелектуальних завдань машинам впливає на здатність до самоорганізації та критичного мислення. Запропоновано бачення ІІІ як «когнітивного партнера», що має підсилювати, а не замінювати суб'єктність учня.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, саморегуляція, агентне навчання, когнітивне розвантаження, метакогніція.

I. Вступ

Ми звикли сприймати штучний інтелект як просунуту пошукову систему або зручний інструмент для швидкої генерації тексту. Проте сьогодні ми переступаємо поріг нової реальності – появи так званих ІІІ-агентів. На відміну від звичайних чат-ботів, ці системи здатні самостійно розбивати складні завдання на етапи, планувати дії та ітеративно рухатися до мети. В освіті це означає перехід від простої допомоги до повноцінного агентного навчання.

Така зміна парадигми ставить перед нами серйозний виклик. Коли алгоритм бере на себе функцію планування та виконання рутинних інтелектуальних завдань, постає питання: що залишається студенту? Чи не ризикуємо ми виростити покоління «менеджерів запитів», які втратили навичку глибокого занурення в тему? Актуальність цього дослідження полягає саме у пошуку балансу між технологічною ефективністю та збереженням людської суб'єктності.

II. Основна частина

Коли ми говоримо про «агентність» у навчанні, ми маємо на увазі здатність студента бути керівником свого освітнього шляху, повністю контролювати процес здобуття, закріплення та перевірки знань. ІІІ-агенти, завдяки своїй автономності, можуть діяти як двійник студента, виконуючи частину його когнітивної роботи. Це створює ілюзію неймовірної продуктивності, але водночас втручається у тонкі механізми саморегуляції (Self-Regulated Learning, SRL). Ключова відмінність агентного ІІІ від попередніх інструментів полягає в тому, що він не просто відповідає на питання, а пропонує стратегії. Це ставить під загрозу розвиток внутрішньої вольової регуляції студента, оскільки система часто «передбачає» труднощі раніше, ніж учень встигає їх усвідомити. Існує високий ризик швидко звикання до отримання «сторонніх» пропозицій замість самостійного вибору найкращого рішення або стратегії.

Якщо звернутися до класичного циклу саморегуляції за Б. Ціммерманом, можна побачити, що ІІІ тепер присутній на кожному етапі [5]. Раніше на фазі передбачення студент мав самостійно оцінити обсяг роботи, поставити цілі та обрати стратегію. Сьогодні ІІІ-агент може зробити це за секунди, запропонувавши ідеальний графік і покроковий план, часто з попередньою оцінкою прогнозованого результату. Проте саме в цьому моменті і криється пастка: якщо ми забираємо у студента етап планування, ми позбавляємо його можливості тренувати «м'язи» стратегічного мислення. Технологія має працювати як «когнітивне риштування» (scaffolding) – підтримувати там, де важко, але зникати, коли учень стає впевненішим [2]. В ідеальному сценарії агент не повинен давати готовий план; він має запитувати: «Якою є твоя пріоритетна мета на сьогодні і як ти збираєшся її досягти?», тим самим повертаючи суб'єктність користувачу.

Під час безпосереднього виконання навчальних завдань найбільше побоювання викликає феномен «когнітивного розвантаження» (cognitive offloading). Це природне прагнення мозку економити енергію, делегуючи складні завдання зовнішнім інструментам. Коли студент довіряє ІІІ-агенту аналіз джерел, структурування аргументів або синтез висновків, він звільняє час, але часто втрачає критичний контроль над процесом. Як зазначає П. Вінн, у світі, де відповіді генеруються автоматично, саморегуляція має трансформуватися. Тепер головним завданням студента стає не пошук інформації, а перевірка її надійності та управління самою взаємодією з ІІІ [3]. Це вимагає від студента постійної «метакогнітивної пильності» – здатності вчасно помітити, коли допомога машини починає замінювати власне мислення. Особливу увагу слід приділити так званим «ІІІ-галюцинаціям», коли модель втрачає або замінює контекст на ходу, що часто призводить до некоректного фіналу початково правильно початого дослідження.

Цікаво, що при правильному налаштуванні ІІІ-агент може стати й найкращим дзеркалом для саморефлексії. Студент зазвичай оцінює свої успіхи вже на фінальній стадії циклу саморегуляції. ІІІ може посилити цей процес, виступаючи в ролі «сократівського вчителя», що провокує рефлексію через складні запитання або пропонує подивитися на проблему під іншим кутом. Якщо ж система налаштована не просто видавати результат, а й фіксувати шлях, яким студент прийшов до висновку, вона допомагає йому краще усвідомлювати власні

когнітивні лакуни. Це допомагає перетворити навчання на діалог, де ІІІ буде виступати в ролі «когнітивного партнера», який підтримує допитливість, а не гасить його готовими шаблонами.

Можна зробити припущення, що успіх у навчанні з використанням ІІІ сьогодні залежить не стільки від знання промпт-інжинірингу, скільки від рівня власної агентності студента. Ті, хто вже вміє ставити цілі й самостійно тримати фокус, використовують ІІІ як потужний підсилювач – свого роду екзоскелет для мозку. Натомість для невпевнених здобувачів ІІІ може стати «інтелектуальною милицею», яка веде до деградації навичок самостійної роботи та академічної інфантильності. Відтак, можна зробити висновок, що завдання сучасної освіти – навчати метакогнітивній грамотності: здатності розуміти межі власної компетентності та знати, коли допомога ІІІ доречна, а коли вона стає шкідливою для глибини засвоєння матеріалу [1].

Практично це означає, що ми повинні докорінно змінювати архітектуру навчальних завдань. Їх треба вибудовувати таким чином, щоб їх неможливо було виконати без особистого досвіду, емоційної залученості та критичного порівняння. ІІІ-агенти в таких системах повинні виконувати роль фасилітаторів, головна роль яких – це допомагати студенту збирати дані, але залишати йому найважчу і найважливішу частину роботи – надання цим даним сенсу. Як наголошується у настановах ЮНЕСКО, освітня середовище має залишатися простором людського розвитку, де технологія лише розширює горизонти, але не визначає саму подорож [4].

Варто зауважити, що перехід до агентних систем суттєво змінює природу помилки в освітньому процесі. Традиційно помилка вважалася сигналом для корекції стратегії саморегуляції, проте ІІІ-агенти, налаштовані на «ідеальний результат», часто намагаються запобігти хибним крокам студента ще до їх здійснення. Це породжує проблему «стерильного навчання», де відсутність труднощів позбавляє студента можливості розвивати когнітивну стійкість. Як зазначає Дж. Сіменс, у цифрових екосистемах навчання має відбуватися не за траєкторією найменшого опору, а через усвідомлене долання викликів, де ІІІ виступає не цензором помилок, а навігатором по них [6].

У цьому контексті постає питання про трансформацію епістемічної агентності – здатності студента оцінювати, що він знає і як він це дізнався. Взаємодія з автономними агентами часто створює «чорну скриньку» знань: студент бачить якісний фінальний продукт, але не розуміє внутрішньої логіки його побудови. Для підтримки саморегуляції критично важливо, щоб архітектура ІІІ-сервісів була прозорою. Це дозволяє реалізувати концепцію «білого ящика», де агент пояснює мотиви своїх пропозицій, стимулюючи студента до критичного аналізу алгоритмічних рішень [7].

Окремим аспектом є соціально-емоційна складова саморегуляції. Навчання – це не лише когнітивний процес, а й емоційний досвід, що включає боротьбу з невпевненістю та радість від відкриття. Існує ризик, що постійна присутність «безпомилкового» ІІІ-помічника може демотивувати студента, створюючи завищені стандарти очікувань. Саморегуляція в таких умовах має включати навички емоційного інтелекту, що дозволяють студенту зберігати впевненість у власних силах, навіть коли його результати порівнюються з результатами, згенерованими машиною.

Важливо також звернути увагу на феномен «алгоритмічної упередженості», яка може непомітно формувати світогляд студента. ІІІ-агенти, треновані на певних масивах даних, часто транслиють обмежені погляди. Якщо студент повністю делегує агенту етап підбору та аналізу джерел, він ризикує опинитися в «інформаційній бульбашці», створеній алгоритмом. Відтак, саморегуляція сьогодні обов'язково має включати компонент інформаційної гігієни та здатності до пошуку альтернативних, поза-алгоритмічних точок зору [8].

Змінюється і динаміка взаємодії у тріаді «викладач – студент – ІІІ». У середовищі Web 3.0, де освітні сервіси стають децентралізованими та агентними, викладач перестає бути єдиним джерелом зворотного зв'язку. Студент змушений самостійно узгоджувати поради, отримані від ІІІ, із вимогами педагога. Це вимагає складнішої форми саморегуляції – здатності до інтеграції різнорідних оцінок та формування власної, незалежної позиції. Таке «багатовекторне» навчання стає справжнім іспитом на інтелектуальну зрілість.

Не менш важливим є розвиток навичок довготривалого утримання знань. Когнітивне розвантаження за допомогою ІІІ-агентів часто призводить до ефекту «швидкого забування»: інформація, яку було легко отримати, не затримується у довготривалій пам'яті. Щоб запобігти цьому, саморегульоване навчання має включати стратегії інтервальних повторень та активного відтворення, які студент повинен свідомо ініціювати, не покладаючись лише на пам'ять цифрового асистента.

Особливо варто наголосити на етичному вимірі делегування мислення. Саморегуляція передбачає не лише контроль за ефективністю, а й відповідальність за наслідки своїх рішень. Коли студент використовує ІІІ для написання коду чи наукового тексту, він має чітко усвідомлювати межу власного авторства. Формування академічної доброчесності в епоху агентів стає не питанням заборон, а питанням внутрішньої етики студента, який розуміє цінність власного інтелектуального зусилля.

На інституційному рівні підтримка саморегуляції в умовах агентного навчання вимагає створення нових стандартів грамотності. Йдеться про «ІІІ-фрідом» (AI freedom) – право та вміння студента відмовитися від допомоги алгоритму там, де це необхідно для глибинного засвоєння матеріалу. Університети мають стимулювати культуру «свідомого опору автоматизації», де студенти пишаються складністю свого самостійного шляху [9].

Насамкінець, майбутнє саморегульованого навчання полягає в освоєнні «мета-компетенцій». Це здатності найвищого порядку, що дозволяють людині залишатися суб'єктом у світі, де машини стають дедалі розумнішими. Сучасна освіта повинна вчити студентів не конкурувати з ІІІ у швидкості обробки даних, а перевершувати його вмінні ставити сенсоутворювальні запитання та брати на себе вольову відповідальність за складний вибір. Саме цей людський елемент є тим фундаментом, на якому має будуватися будь-яка педагогічна система майбутнього.

III. Висновки

Агентне навчання – це не загроза, а новий рівень складності освітнього процесу. Воно дає студентам можливість оперувати більшими обсягами даних і вирішувати масштабніші завдання. Проте ціна цієї можливості – необхідність у значно вищій внутрішній дисципліні. Щоб не стати заручниками алгоритмів, ми маємо виховувати в студентах здатність до усвідомленого керування своїм навчанням. Майбутнє освіти лежить у площині «гібридного інтелекту», де людина залишається стратегом, а ІІІ – виконавчим партнером, що підсилює, але ніколи не замінює живу допитливість і відповідальність за власні знання.

IV. Список використаних джерел

- [1] R. Luckin, *AI for Learning: How to help your students learn with and about Artificial Intelligence*. London: Sage, 2024.
- [2] I. Molenaar, "Towards hybrid intelligence in education: Empowering learners through self-regulated learning with AI," *British Journal of Educational Technology*, vol. 53, no. 4, pp. 787-805, 2022.
- [3] P. H. Winne, "Self-Regulated Learning in the Context of Artificial Intelligence," in *International Handbook of the Learning Sciences*, R. K. Sawyer, Ed. New York: Routledge, 2022.
- [4] UNESCO, *Guidance for generative AI in education and research*. Paris: UNESCO Publishing, 2024.
- [5] B. J. Zimmerman and D. H. Schunk, *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance*, 2nd ed. New York: Routledge, 2023.
- [6] G. Siemens and G. Gasevic, *Learning Analytics: Data-Informed Education*, 2nd ed. New York: Springer, 2023.
- [7] R. S. Baker, *Ethical Artificial Intelligence in Education: Real-World Applications and Perspectives*. Cambridge: MIT Press, 2024.
- [8] G. Biesta, *World-Centred Education: A View for the Present*. London: Routledge, 2022.
- [9] D. G. Williamson, *Critical Policy Studies in Education and AI*. New York: Open University Press, 2024.

AGENTIC LEARNING AND STUDENT SELF-REGULATION IN THE DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Senchenko Oleksii

ABSTRACT. The article examines the changing role of the student in the context of the spread of autonomous AI agents. The author analyzes how the transfer of intellectual tasks to machines affects the ability to self-organize and think critically. The vision of AI as a "cognitive partner" that should enhance rather than replace the student's agency is proposed.

KEYWORDS: artificial intelligence, self-regulation, agentic learning, cognitive offloading, metacognition.

ВІД ТРАНСЛЯТОРА ІСТИНИ ДО МЕНТОРА З ВЕРИФІКАЦІЇ: НОВА ПАРАДИГМА ДОВІРИ В ОСВІТІ XXI СТОЛІТТЯ

Семененко Павло¹

¹Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля», Дніпро, Україна
E-mail: semenenkopv1981@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Сучасна педагогічна реальність переживає світоглядну кризу, спричинену стрімким розвитком штучного інтелекту та великих даних. Це веде до переходу від абсолютної істини до нестабільного знання в умовах інформаційного перевантаження. В наслідок цього у дитини виникає втрата довіри до школи. Проблемою є відсутність «внутрішнього стовпа знань», що спричиняє когнітивне виснаження та протестну поведінку. Рішенням є трансформація ролі педагога – від носія істини до наставника з верифікації знань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: криза довіри, верифікаційне навантаження, внутрішній стовп знань, епістемологічна криза, когнітивне виснаження.

I. Вступ

Відомо, що сучасна педагогічна реальність є ареною глибоких світоглядних та психологічних змін, спричинених домінуванням технологій штучного інтелекту та Великих Даних. В наш час ці технології мають дуже стрімкий еволюційний розвиток. Виявляється, що ми більше не можемо говорити про освіту як про передачу незмінної істини. Саме знання (як інформація) стало плинним, контекстуальним та постійно оновлюваним.

Ця робота є продовженням роботи «Мировоззренческий кризис классического образования» 2020 року [1]. В цій роботі педагогічного спрямування робились філософські висновки про те, що вже існує світоглядна криза класичної освіти. Взагалі робиться висновок про незворотні зміни у системі освіти, але більше уваги в цій роботі приділяється освіті у вищій школі. При цьому підризом базових основ освіти називалися саме розвиток інтернету та обчислювальних технологій.

Як демонструє аналіз книги [2], в нестійкому інформаційному середовищі ключовим питанням стає не те, що знає дитина, а те, як вона ставиться до процесу пізнання. Фундаментальні психологічні дослідження доводять, що успіх у навчанні та житті залежить не від вродженого інтелекту. Головним стає внутрішня настанова на зростання – глибокої віри у можливість розвитку власних здібностей через докладені зусилля та наполегливість. За час якій вплив з цих досліджень, рівень інформатизації збільшився колосально.

Натомість у дослідженні [3] культура довіри вчитель-учень, стверджується, що тиск підвищує когнітивну залученість, але руйнує емоційну. У статті зазначається, що освітній простір наповнений надмірним академічним тиском та культивує страх помилки. Учень середньої школи віком 11-14 років починає уникати складних когнітивних завдань, щоб не видатися недостатньо здібним. Розвиток інтернету та хмарних технологій створив альтернативу джерелу знань. А згодом стрімкий розвиток великих мовних агентів, тільки посилив цей розрив довіри вчитель-учень, тому, що створив більш комфортного AI-вчителя.

Зрозуміло, що людський вимір навчання нерозривно пов'язаний із довірою та підтримкою. Для того, щоб молода людина змогла взяти на себе відповідальність за свій розвиток, вона повинна мати здатність до самооцінювання. Це – ключовий етап саморегульованого навчання

[4]. Ця навичка вимагає від учня не зовнішнього схвалення, а чітких внутрішніх критеріїв успіху. В умовах, коли кожен факт є потенційно хибним або неповним, учень виявляється втягнутим у хронічну необхідність верифікації. Це перетворює природний процес пізнання на когнітивне та емоційне виснаження.

Ми повинні усвідомити, що освітнє середовище має максимально підтримувати базові психологічні потреби учня: в автономії, компетентності та спорідненості (довірі). Навіть у таких предметах, як математика, акцент має бути зміщений на творчий процес, а не на швидкість, що безумовно сприяє формуванню довіри до власного процесу пізнання [5]. Запропоновані конкретні дії до перебудови уроків з акцентом на процес, обговорення і співпрацю, а не на привільну відповідь та швидкість, це безпосередньо підвищує довіру учнів до процесу навчання. Ефективне навчання можливе тільки через створення атмосфери психологічної безпеки та довіри, яка дозволяє учневі робити помилки і вчитися на них, що доведено нейробіологічно.

Саме тому, маємо припущення, що зниження академічної успішності в середній школі є не стільки проблемою методики, скільки кризою внутрішньої опори особистості. Надмірне верифікаційне навантаження перетворює навчання на постійне відчуття «обману», що спонукає дитину до відходу від освітніх цілей у власний, більш передбачуваний світ.

Актуальність дослідження зумовлена нагальною необхідністю розробки гуманістично орієнтованої психолого-педагогічної моделі навчання. Ця модель має бути здатною захистити внутрішній світ молодшої людини (6–18 років) від когнітивного виснаження та кризи довіри, спричиненої надмірним версифікаційним навантаженням. Дослідження дозволить теоретично обґрунтувати механізм зниження успішності через відсутність «внутрішнього стовпа знань». Це означає запропонування практичних стратегій для педагогів, спрямовані на відновлення мотивації, що є критично важливим для стабілізації освітнього процесу в умовах інформаційного віку.

II. Основна частина

«Внутрішній стовп знань» формування в інформаційному світі.

Наше дослідження вводить та обґрунтовує концепцію «внутрішнього стовпа знань». Це не просто сума засвоєної інформації, а психоепістемологічна опора особистості, сформована в період, коли знання, трансльовані школою, сприймалися як непорушні та безумовні. При цьому не акцентується на тому наскільки якісно ці знання були засвоєні. Головне що вони створили той самий «внутрішній стовп знань». Важливим є те що до розвитку технологій інтернет спілкування не було таким глобальним, як на сьогодні. Тобто обмін інформацією був через паперовий лист або звичайний дротовий телефон. Для покоління, що здобуло базову освіту до тотального домінування штучного інтелекту та Великих Даних (умовно, до 2000 року народження), вчитель виступав єдиним, беззаперечним авторитетом, а довіра до його слів була аксіомою. Цей «стовп» став внутрішнім мірилом істини, що дозволяє дорослій людині в сучасному інформаційному хаосі швидко порівнювати нову, часто суперечливу або фейкову інформацію, з чимось своїм «непохитним». Він забезпечує ментальну стійкість і виступає як психологічний фільтр від інформаційного забруднення.

Хронічне верифікаційне навантаження та інтуїтивне відчуття брехні у дитини.

На відміну від дорослого, сучасний школяр вступає в життя, не маючи цієї опори. Його світовідчуття характеризується природною довірливістю до дорослих. У дитини немає захищеності від брехні, оскільки його світ – це світ тотальної інформаційної плинності та відносності. На тлі цієї довірливості виникає критичний когнітивний дисонанс у школі. Школа за старою парадигмою подає матеріал як абсолютну та закінчену істину. При цьому у школі вчать думати та навчають аналізувати інформацію. Водночас з цим дитина оточена потоком інформації зі всього світу. Геть різної інформації. Дитина легко може отримати безліч альтернативної інформації, на ту яку щойно отримала від вчителя. Дитина оточена потоком протиріч ззовні, інтуїтивно «відчуває брехню» (або неповноту) в цій абсолютизації. На своєму безпосередньому, дитячому рівні вона вловлює розрив між «сказаним» і «реальністю». Так реальність створюється ще тим що тепер дитина може спілкуватися із такими ж як вона по

всьому світу в режими телеконференцій. Це «живе» спілкування сприяє утвореною певної спільної думки у дітей зі всього світу. Для дитини такий від отримання інформації може мати навіть більший авторитет ніж інформація від шкільного вчителя. Варто вказати, що не завжди все що сприймає дитина альтернативно є реальним або вірним. Але вся ця інформація має вплив на чутливу психіку дитини.

Саме це хронічне верифікаційне навантаження – постійна необхідність піддавати сумніву та перевіряти навіть базову інформацію, яка мала б бути основою – трансформує природну цікавість і потяг до пізнання у когнітивне виснаження. Це вже не пошук знань, а захисна реакція психіки.

Руйнівні наслідки для мотивації та соціального розвитку.

Психологічні прояви цієї кризи довіри та когнітивного виснаження мають деструктивний характер:

- ерозія довіри до авторитетів, наприклад вчителів школи, може проявлятися з помірним еволюційним зростом. Учень починає ставити під сумнів не лише компетентність вчителя, але й саму інституціональну систему шкільної освіти;

- соціальна ізоляція та протест яскраві приклади дитячого адекватного реагування, яка отримує додаткову підтримку через мережу інтернет. Дитина реагує на внутрішній конфлікт протестною поведінкою або обмеженням спілкування, свідомо «йдучи у свій світ», який здається їй більш контрольованим та чесним;

- зниження успішності учнів за шкільною системою оцінок – як наслідок ерозії довіри. Низька академічна успішність у цій парадигмі – це не лінх чи нестача інтелекту. Це прямий наслідок кризи довіри та психологічного перевантаження. У дитини, яка не бачить сенсу у вивченні знань, які вона має постійно перевіряти, відсутнє бажання вчитися за шкільними, застарілими парадигмами (на думку дитини шкільного віку). Крім того ці знання завжди є в неї у телефоні – тобто в кишені всі знання світу! Нащо їх вчити!

Таким чином, криза освіти є, перш за все, кризою психолого-педагогічних відносин, викликаною необмеженим доступом до інформації та тотальним інформаційним забрудненням.

Нова роль вчителя. Від транслятора до наставника з верифікації.

Вихід із цієї кризи можливий лише через кардинальну підтримку базових психологічних потреб учня: в автономії, компетентності та спорідненості (довірі). Тобто треба змінити акцент зі надання знань як даність на надання можливостей учню вчити те що він тлумачить як вірне. Раніше головним було створити мотивацію до навчання у учня. Зараз це не змінилося, воно доповнилося. Дитина в інформаційному світі має вже мотивацію знайти істину, але не має ще знань як, тільки дитячу інтуїцію. Все це вимагає еволюційної трансформації ролі педагога. Вчителі майбутнього мають трансформувати свій авторитет з «Я знаю відповідь» на «Я знаю, як знайти та перевірити відповідь, і навчу цьому тебе». Поточна система підготовки педагогів, з її акцентом на інструментальні навички, майже не дає їм необхідних компетенцій для цієї нової, життєво важливої місії. Але це не зменшує значення вчителя як педагога, тому що для вміння верифікації, як раз вони повинні мати всі існуючі інструменти, методи та підходи. Роль педагога становиться ще більш значимою при масовому втіленні у життя та процес навчання сучасних технологій.

III. Висновки

Еволюція технологій штучного інтелекту та Великих Даних зробила знання контекстуальним та плинним. Це вимагає від педагога невідкладного переходу від ролі транслятора «незмінної істини» до ролі наставника, який вчить вміти розрізняти інформацію за допомогою її верифікації, що озброює учнів інструментами критичної оцінки інформації.

Концепція «внутрішнього стовпа знань» обґрунтована як базова психоепістемологічна опора, що повинна формуватися у дітей в період шкільного навчання. Її відсутність у сучасних школярів, у поєднанні з тотальним вимогою верифікації, робить їх психологічно незахищеними та схильними до когнітивного вигорання.

Встановлено гострий дефіцит критико-епістемічних компетенцій у вчителів. Неготовність педагогів взяти на себе функцію надійного фільтра інформації та експерта з верифікації не лише посилює хронічне верифікаційне навантаження, але й позбавляє учнів необхідної підтримки у процесі пізнання.

Виявлено та описано механізм, згідно з яким хронічне верифікаційне навантаження за відсутності «внутрішнього стовпа знань» та при інтуїтивному відчутті брехні призводить до кризи довіри, що проявляється у протестній поведінці, відході в ізоляцію та зниженні навчальної мотивації, що є ключовою психолого-педагогічною причиною низької академічної успішності школярів.

IV. Список використаних джерел

- [1] Семененко П. В. Мировоззренческий кризис классического образования. Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва. 2020. С. 152-162. Киев, Україна. Open Science Laboratory.
https://openscilab.org/wp-content/uploads/2020/09/suchasni-vikliki-i-aktualni-problemi-nauki-osviti-ta-virobnictva_2020_09_11_tezy.pdf.
- [2] Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The New Psychology of Success*. New York: Random House.
<https://icrrd.com/public/media/01-11-2020-205951Mindset%20by%20Carol%20S.%20Dweck.pdf>.
- [3] Wang, M.-T., & Fredricks, J. A. (2014). The effects of the teacher-student relationship and academic press on student engagement and academic performance. *American Educational Research Journal*, 51(4), 720–757.
<https://academic.oup.com/chidev/article-abstract/85/2/722/8260742>.
- [4] Panadero, E., & Alonso-Tapia, J. (2013). Self-assessment: Theoretical and Practical Connotations. When it Happens, How is it Acquired, and what to do to Develop it in our Students. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 11(3), 773–802.
https://www.researchgate.net/publication/256354296_Self-assessment_Theoretical_and_Practical_Connotations_When_it_Happens_How_is_it_Acquired_and_what_to_do_to_Develop_it_in_our_Students.
- [5] Boaler, J. (2016). *Mathematical Mindsets: Unleashing Students' Potential Through Creative Math, Inspiring Messages and Innovative Teaching*. San Francisco: Jossey-Bass.
<https://eric.ed.gov/?id=ED620466>.

FROM THE TRANSMITTER OF TRUTH TO THE MENTOR OF VERIFICATION: A NEW PARADIGM OF TRUST IN 21ST-CENTURY EDUCATION

Semenenko Pavlo

ABSTRACT. Modern educational reality is experiencing a worldview crisis driven by the rapid development of artificial intelligence and big data. This leads to a shift from absolute truth to unstable knowledge under conditions of information overload. As a result, children develop a loss of trust in school. A key problem is the absence of an “internal pillar of knowledge,” which causes cognitive exhaustion and protest behavior. The solution is to transform the role of the teacher—from a transmitter of truth to a mentor in knowledge verification.

KEYWORDS: trust crisis, verification burden, internal pillar of knowledge, epistemological crisis, cognitive exhaustion.

VIRTUAL SIMULATION LEARNING AS A TOOL FOR FORMING PROFESSIONAL COMPETENCES OF FUTURE SOCIAL WORKERS IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION IN EDUCATION

Šip Maroš¹, Cherviakova Olha¹

¹Orthodox Faculty of Theology, University of Prešov, Prešov, Slovak Republic
E-mail: olha.cherviakova@smail.unipo.sk

ABSTRACT. The publication reveals the importance of virtual simulation training in the training of future social workers. Its role in the development of professional competencies, practical thinking, ethical decision-making, and readiness to work with families in crisis is substantiated.

KEYWORDS: social work, simulation learning, digitalization of education, professional competencies, artificial intelligence.

I. Introduction

The current stage of development of higher education is characterized by the active introduction of digital technologies, interactive environments, intellectualized educational tools and new models of professional training. These processes are of particular importance in the field of training specialists in the social sphere, where professional activity is inextricably linked with human interaction, analysis of complex life situations, ethical responsibility, the need to make decisions in conditions of uncertainty and high social sensitivity. The future social worker must be ready not only to reproduce theoretical knowledge, but also to apply it in simulated and real professional situations, be able to conduct an initial conversation, identify risks, build a care plan, coordinate inter-institutional interaction and act in accordance with professional values. International standards for training social workers emphasize that educational programs should ensure the formation of professional knowledge, practical skills, ethical awareness, critical thinking and reflective ability to act in a specific social context [2, p. 4–8].

Against this background, virtual simulation learning is becoming one of the most promising tools for modernizing the educational process. Its value lies in creating a controlled, safe, and didactically designed environment in which the student can practice professional actions without risk to a real client. This approach is especially important for social work, where even the initial professional contact requires attentiveness, empathy, precision of formulations, ethical delicacy, and the ability to see hidden problems behind the external manifestations of a life crisis.

II. The main part

Social education at the current stage of development requires new didactic solutions that can simultaneously ensure the practical orientation of learning, the safety of practicing professional situations and the possibility of analytical support for educational activities. The UNESCO *Guidance for generative AI in education and research* emphasize a human-centered approach that promotes human activity, inclusion, equality, gender equality and cultural and linguistic diversity, as well as plurality of opinions and expressions. In particular, Section 5 considers the possibilities of creative use of GenAI in curriculum development, teaching, learning and research [6, p. 7]. That is, digital and AI tools should be used in education in a way that enhances learning outcomes, rather than replacing pedagogical interaction, professional thinking, and ethical responsibility.

Unlike the traditional classroom model, where reproductive reproduction of information dominates, simulation learning requires the student to integrate knowledge, values, skills, and professional judgment. This is especially important for social work, where the same situation can have several interpretations, and the success of assistance often depends not so much on formal knowledge of the algorithm as on the correctness of the initial assessment of the situation and the quality of professional interaction. A number of researchers believe that simulation in social work is not just a technique for reproducing a situation, but a method of active professional learning in which the student acts, makes mistakes, analyzes the consequences of his own decisions, and learns to build a professional logic of actions [3, 4, 7]. This creates the opportunity to move from passive learning of material to active learning through experience.

To this end, we will identify the educational potential of the virtual scenario "*Primary Social Support for Families in Crisis Situations*" as a tool for developing the professional competencies of future social workers in the context of digitalization of education and the growing role of artificial intelligence in the educational process.

The proposed scenario is built as a model of the primary professional interaction of a social worker with a client who is in a crisis life situation. The case focuses on a mother of two children, a 34-year-old woman who does not have a stable income, is in a state of emotional exhaustion, experiences difficulties in providing for the basic needs of the family and demonstrates signs of social vulnerability. An additional risk factor is the systematic skipping of school by one of the children, which already takes the situation beyond purely material hardship and translates it into the plane of a potential threat to the normal functioning of the family and the interests of the child. It is such a case that is pedagogically appropriate, since it requires the student not to react mechanically, but to conduct a comprehensive analysis: assessing

the resources and needs of the family, identifying hidden risks, choosing a professionally correct form of communication and determining a further assistance strategy.

The content of the scenario can be implemented in several formats of the professional environment: in the model of a social service office, during a conditional home visit or in the conditions of consultation in a social support institution. In all cases, the key is that the student enters into professional interaction not as an observer, but as a decision-maker. He must start a conversation, reduce communicative tension, determine the boundaries of the initial conversation, collect basic information, identify the problem, understand the emotional state of the client, assess the existing risks and make a decision on the next steps. This approach allows you to transfer training to the plane of professional action thinking, where not only the final result is important, but also the logic of moving towards it.

Structurally, the scenario includes several interconnected stages:

- the first stage – familiarization with the initial information and entering the professional situation (the student must determine which aspects should be paid special attention to: financial situation, psychological state of the mother, condition of the children, level of social isolation, signs of possible neglect or other risks);
- the second stage – establishing initial professional contact (the tone of communication, the ability to create an atmosphere of safety and trust, avoiding pressure, evaluative judgments or premature conclusions are important);
- the third stage – initial interview (the student must identify needs, clarify the factual circumstances, see the systemic nature of the problem and not lose important details);
- the fourth stage – risk assessment (especially regarding children, as well as determining the level of urgency of intervention);
- the fifth stage is deciding on the format of further assistance: whether an initial consultation is sufficient, whether further support, a repeat meeting, referral to other services, or inter-institutional cooperation is needed.

This sequence of actions is of important methodological importance, as it teaches the student to structure professional activity, without reducing it to a fragmentary reaction to individual symptoms of the problem. In this sense, simulation acts not only as a training format, but also as a tool for the formation of professional logic. The student learns to see that a social problem always has a multidimensional nature: behind material hardship there may be psychological exhaustion, lack of support, educational problems of children, difficulties in socialization, institutional barriers or the consequences of prolonged life instability. This method of learning is directly related to the competency approach, according to which a specialist must be able to act holistically, reflectively and with reason.

The issue of professional communication deserves special attention. For a social worker, the first contact with a client is of fundamental importance, because it determines the further possibility of cooperation, the degree of openness of the client and the prospect of obtaining reliable information. In crisis situations, a person is often in a state of emotional exhaustion, anxiety, distrust, shame or defensive behavior. Therefore, the student must not only ask the right questions, but do it in a professionally acceptable way: without pressure, stigmatization, demonstration of superiority or formal attitude. Simulation allows you to repeatedly practice precisely these subtle communicative aspects, which in the traditional lecture model are practically impossible to form at the proper level. Studies emphasize that simulation formats are particularly effective for developing skills of direct practice and interpersonal professional interaction [3, p. 133–141].

In addition to the communicative component, the scenario develops diagnostic and analytical competence. The student must not simply record the facts voiced by the client, but interpret them in a professional context. For example, the lack of a stable income in itself is an important factor, but in combination with the mother's emotional exhaustion, difficulties in providing basic needs and regular school absences by the child, it can indicate a deeper crisis of family functioning. The ability to notice these relationships is the basis of the social worker's professional judgment. That is why virtual

modeling has not only a training but also an analytical function: it teaches to see a social case as a holistic system.

Another important result of such training is the development of organizational and managerial competence. In real practice, a social worker is rarely limited to just a conversation with a client. After an initial assessment of the situation, he must determine the further route of assistance, formulate a plan of primary support, consider the need for repeated contact, referral to other specialists, and involvement of educational, medical or social institutions. In the scenario, the student learns to build this logic of actions, assess the adequacy or insufficiency of the initial intervention, and understand the limits of their own professional competence. This is extremely important, since modern social work increasingly operates in the space of interagency interaction, where the effectiveness of assistance depends on the coordination of actions of different institutions.

Within the scope of the conference, it is also important to show that virtual simulation learning is logically related to the development of artificial intelligence tools in education. This is not about replacing a person with an algorithm, but about strengthening the didactic capabilities of the educational environment. Elements of artificial intelligence can support the adaptability of the scenario, change the course of the situation depending on the student's decisions, automatically record typical communicative or analytical errors, provide detailed feedback and help in individualizing the educational trajectory. For example, if a student did not pay enough attention to assessing the risks for children, the system can not only record this deficiency, but also show at what stage of professional analysis it arose. If a student demonstrates difficulties in establishing contact, the educational environment can offer additional scenario options for training this particular competence. This approach corresponds to UNESCO's position on the humanistic and pedagogically balanced use of AI in education [6, p. 7–11].

At the same time, it is especially important to maintain an ethical balance. For social work, the technocratic reduction of professional training to only the correct response to a stimulus is unacceptable. The future social worker must be aware of the uniqueness of each human situation, respect for the dignity of the client, confidentiality, the principle of non-harm, sensitivity to the interests of the child and the limits of intervention. That is why artificial intelligence and digital simulations should be considered as tools to support learning, and not as a substitute for ethical thinking or professional judgment. International standards of social education clearly indicate the need to form professional values, social responsibility and the ability to reflect in students. [2]. In simulation learning, this is achieved through the analysis of not only what the student did, but also why he chose a certain strategy of action and what consequences it would have for a real client.

An important advantage of this format is the possibility of repeating the scenario many times. In traditional practice, the student often has only a limited number of contacts with real cases, and not all of them cover the necessary spectrum of crisis situations. In contrast, virtual simulation allows you to return to the case, change communication tactics, test other solutions, analyze the consequences and gradually improve professional behavior. It is this possibility of repeated professional training that is one of the key advantages of simulation training [7, p. 290–292]. In addition, simulation is convenient for formative assessment, as it allows you to track the dynamics of professional skills growth, rather than just checking the level of knowledge once.

Assessment within such a scenario can be based on clearly defined criteria: the quality of the initial contact; the logic of information collection; the ability to identify both obvious and hidden risks; the validity of the professional decision; the realism and appropriateness of the care plan; the ethics of interaction; the level of self-reflection after completing the scenario. All this translates learning from the plane of abstract discussion to the plane of concrete professional action, which can be analyzed, compared and improved. For social education, this is especially valuable, since it makes it possible to assess professional behavior, and not just the degree of theoretical awareness.

The practical significance of the developed scenario is that it can be used in the system of training future social workers as an element of practical classes, a module within professional disciplines, a means of preparation for educational or industrial practice, as well as a form of final control. Its use allows to reduce the gap between theoretical training and the requirements of real social work, to

strengthen students' confidence in their own professional actions and to create a more modern, interactive and professionally oriented educational environment. Virtual simulation appears not as a technical innovation in itself, but as a pedagogically valuable resource that contributes to the systematic development of the professional competence of the future specialist.

III. Conclusions

Thus, virtual simulation training in the training of social workers is a promising direction for the modernization of modern education. It combines the safety of the learning environment, practical orientation, the possibility of analytical feedback, the repeatability of professional training and the potential for integrating artificial intelligence tools. The scenario *Primary Social Support for Families in Crisis Situations* demonstrates that digital modeling can be an effective means of forming communicative, diagnostic, analytical, organizational and ethical competencies of future social workers. The prospect of further research is the development of a system for empirically assessing the effectiveness of such scenarios in the process of professional training and determining optimal models for integrating AI tools into the social and educational environment.

IV. Reference

- [1] AI Adoption in the Education System. International insights and policy considerations for Italy / Francesca Borgonovi, Francesca Bastagli, Maja Ochojska and Giovanni Piumatti / *OECD Artificial Intelligence Papers series*. 2025. 101 p.
- [2] Global Standards For Social Work, Education and Training. Commission International Association of Schools of Social Work International Federation of Social Workers- Interim Education. 2020. 20 p.
- [3] Huttar Carol M., Brintzenhofesoc K. Virtual Reality and Computer Simulation in Social Work Education: A Systematic Review. *Journal of Social Work Education*. 2020. Vol. 56, No. 1. P. 131–141.
- [4] Jenney A, Scott K, Cullen O, Bittman M, Smith Ch. Exploring the Effectiveness of Virtual Simulation-Based Learning in Enhancing Clinical Skills in Social Work Education. *Studies in Clinical Social Work: Transforming Practice, Education and Research* Volume 95, 2025 - Issue 3-4: Simulation in Clinical Social Work: Evolving with the Times. Pages 498-519
- [5] UNESCO. Artificial intelligence in education: UNESCO advances key competencies for teachers and learners. 2025. URL: <https://www.unesco.org/en/articles/artificial-intelligence-education-unesco-advances-key-competencies-teachers-and-learners>
- [6] UNESCO. Guidance for generative AI in education and research. Paris: UNESCO, 2023. 44 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389639>
- [7] Wolfe-Taylor S. N., Khaja K., Wilkerson D., Deck C. K. The Future of Social Work Education: A Guide to Developing, Implementing, and Assessing e-Simulations. *Advances in Social Work*. 2022. Vol. 22, No. 2. P. 287–302.

«ФАБРИКА ВЕЛОСИПЕДІВ» - ЯК ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЗМІНЮЄ ПАРАДИГМУ ІТ-ОСВІТИ

Слабінога Мар'ян¹

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна
E-mail: marian.slabinoha@nuing.edu.ua

АНОТАЦІЯ. Публікація аналізує вплив генеративного ШІ на навчання програмування - порівнюючи його з попередніми етапами розвитку ІТ-освіти. Розглянуто переваги, ризики та виклики для університетів щодо використання студентами ІТ-спеціальностей генеративного ШІ.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інформаційні технології, інтернет-форуми, генеративний штучний інтелект, методи викладання.

I. Вступ

Всебічний розвиток генеративних мовних моделей в даний момент змінює підходи до навчання та оцінювання в усіх галузях знань та на всіх рівнях освіти. Це цілком відображає загальну тенденцію щодо використання генеративного штучного інтелекту (ГШІ) у

повсякденній роботі - у більшості професій, які не вимагають фізичної праці, інструменти на основі генеративного штучного інтелекту інтегруються в робочий процес, трансформуючи та інтенсифікуючи його. Однак у сфері розробки програмного забезпечення ці процеси є найбільш активними. Так, за даними досліджень [1], вже на сьогодні генеративний штучний інтелект покриває більш ніж 30% задач, і в подальшому цей показник може вирости до 90% і вище. Це пов'язано з тим, що база знань для навчання генеративних мовних моделей вирішенню задач програмування знаходиться в найближчій досяжності для мовних моделей, адже величезна кількість програмного коду перебуває у відкритому доступі. Тому вже зараз навіть безкоштовні інструменти ГШІ без проблем справляються із навчальними завданнями з програмування. Саме тому важливою задачею закладів освіти є перегляд парадигми подачі інформації та оцінювання активностей студентів у дисциплінах, пов'язаних із програмуванням.

II. Основна частина

Проблема зміни підходів до викладання та оцінювання у зв'язку з поширенням ГШІ є проблемою багатьох галузей, однак конкретно у випадку інформаційних технологій це далеко не нове явище, оскільки підхід до викладання дисциплін пов'язаних з програмуванням змінився набагато швидше - з поширенням тематичних інтернет-форумів та кодової бази безпосередньо в мережі інтернет. Класична дисципліна програмування та суміжні освітні компоненти, як правило, ознайомлюють здобувача зі стандартними задачами та методами їх вирішення, і ці плани напрацьовані десятиліттями. По суті, кожен раз, роблячи лабораторну з основ програмування, студент "вигадує велосипед" (за термінологією, яку розробники програмного забезпечення жартівливо використовують, коли людина створює рішення, у якого є багато ефективніших, кращих, або, принаймні, ідентичних відповідників). Однак, з розвитком інтернет-форумів та накопичення бази сирцевого коду (в тому числі за рахунок появи публічних сервісів репозитаріїв як Github та Bitbucket) знайти готове рішення тривіальної задачі будь-якою з поширених мов не складало жодної проблеми.

Окремо слід приділити увагу фактору виправлення помилок. Відлагодження коду та усунення помилок і недоліків було та залишається одним із найбільш трудомістких процесів в імплементації програмного забезпечення. Тим не менше, база знань найпопулярніших інтернет-ресурсів давала змогу ледь не миттєво знаходити помилки в коді користувача та виправляти їх. Одним з найпопулярніших ресурсів такого характеру в 2010 роках був інтернет-форум StackOverflow. Це потужна платформа для колективної освіти (crowdsourcing), яка надає фахівцям, а також студентам галузі комп'ютерних наук можливість отримувати надзвичайно швидкі відповіді на технічні питання - в середньому протягом 11 хвилин [2]. Цінність цього ресурсу полягає у створенні відкритого середовища для спілкування, де студенти, викладачі та професійні розробники можуть спільно вирішувати складні програмні задачі та ділитися досвідом. Платформа також слугує сполучною ланкою з іншими знаннями, оскільки більшість активностей на сайті містять посилання на зовнішню документацію та навчальні посібники, що значно розширює доступну студентам базу матеріалів. Використання Stack Overflow та подібних веб-ресурсів під час програмування допомагає студентам частіше отримувати коректний код, хоча це й вимагає від них більше часу та зусиль для адаптації знайдених рішень [3].

Ефективність використання Stack Overflow у порівнянні з традиційними методами навчання (такими як підручники та друковані вправи) оцінюється як щонайменше рівноцінна, а в деяких аспектах і вища, завдяки швидкості отримання допомоги та автентичності практичного досвіду. Дослідження [4] показують, що студенти, які використовують цей ресурс як доповнення до навчання, демонструють кращі результати у післяпрограмних тестах, хоча розрив у порівнянні з традиційними методами не завжди є статистично значущим. Головною перевагою платформи є реалізація концепції «навчання саме вчасно» (just-in-time learning).

Водночас існують певні обмеження: часто виникає ризик поверхневого навчання, коли студенти просто копіюють готовий код замість того, щоб глибоко розібратися в його роботі. Для новачків платформа може бути складною, оскільки вона не завжди забезпечує детальний

зворотний зв'язок, необхідний на початкових етапах навчання, і не враховує індивідуальні відмінності у рівні підготовки [1]. Крім того, дослідження вказують на проблему застарілого коду та порушення ліцензійних умов, через що студенти часто стикаються з помилками при спробі прямого клонування фрагментів коду у свої проєкти [5].

Генеративний штучний інтелект, в свою чергу, замінив форуми типу StackOverflow для вирішення більшості задач студентами-програмістами [6]. Однак виклики залишилися ті самі. Дедалі частішим серед програмістів є жарт про те, що більшість розробників програмного забезпечення перестануть бути розробниками, як тільки у них пропаде зв'язок з мережею Інтернет.

Однак даний процес не слід повністю обґрунтовувати виключно бажанням зменшити роботу. Адже професія розробника програмного забезпечення за останні декілька десятиріч років пройшла розвиток, характерними особливостями якого є:

- значне зростання кількості розроблюваного програмного забезпечення та сфер, в яких воно використовується;
- зростання кількості технологій, мов програмування, парадигм, фреймворків та архітектур, які застосовуються у розробці;
- обсяг технічної документації до продуктів та швидкість еволюції таких продуктів до нової версії;
- зростання масштабів проєктів, розмірів команд, гнучкість процесів розробки, тощо.

Якщо спростувати порівняння, то якщо 20 років тому для фахових знань та продуктивної роботи достатньо було вивчити одну мову та технологію, зміни в якій проходили раз на декілька років, то зараз інженерам програмного забезпечення потрібно працювати із методами та засобами які постійно еволюціонують.

В контексті навчання, основною задачею закладів вищої освіти стає поглиблення та систематизація поверхневих знань, що набуваються при вирішенні задач з допомогою ГШ. Робота [7] вказує, що інтенсивне використання ChatGPT може негативно впливати на навчальні результати та мотивацію. Для університетів це створює виклик: як інтегрувати ШІ без втрати фундаментальних навичок, таких як алгоритмічне мислення та самостійне розв'язання задач.

Серйозною проблемою також є академічна доброчесність і валідність оцінювання. Дослідження [8] показує, що значна частка студентів використовує чат-боти для виконання оцінюваних завдань і не завжди сприймає це як порушення. Інші роботи підтверджують, що ШІ здатен генерувати відповіді, які важко відрізнити від студентських, що підриває традиційні підходи до оцінювання знань.

Ще один виклик стосується зміни навчальної поведінки студентів. У дослідженні [9] показано, що студенти використовують ШІ як основний інструмент отримання відповідей, часто не перевіряючи їхню достовірність. На відміну від форумів, де присутні механізми колективної перевірки (коментарі, рейтинги), генеративний ШІ надає єдину узагальнену відповідь, що знижує потребу в критичному аналізі джерел. Це вимагає від університетів впровадження нових компетентностей, зокрема вміння оцінювати надійність і обмеження ШІ.

Таким чином, традиційна перевірка коректності виконання коду залишається актуальним методом оцінювання при одній умові - за обмеження використання мережі Інтернет, пошукових систем та генеративного ШІ. За коректністю виконання коду, разом з тим, можна оцінити в цілому чи здобувач справився із завданням. Головну роль в оцінці робіт з програмування на даний момент відіграють такі речі як розуміння студентом функціонування коду та його синтаксису, які можна оцінити як усно (захистом роботи), так і у вигляді письмових завдань (робота з фрагментами коду з пропущеними рядками, або навмисно непрацюючого коду). Одним із ключових факторів стає також вміння студентом відстоювати власні формулювання та ідеї, а також обґрунтовувати їх. Разом з тим, слід заохочувати креативні та ефективні рішення, а також дотримання гайдлайнів, кодексів та інших "правил хорошого тону" мови програмування. Аналогічно, теоретичне тестування зазнає змін, переходячи або у форму "тесту без Інтернету", або еволюціонуючи в інші форми оцінювання.

Щодо викладання матеріалу, то використання ГШІ теж змінює цей процес - матеріали з вивчення мов та технологій інженерії програмного забезпечення доступні в мережі, а з допомогою мовних моделей можна генерувати будь-який підтримуючий методичний матеріал. Тому на перше місце виходять саме комунікативні методи - живе спілкування, case study, лайв-кодинг, тощо. Разом з тим, пріоритет живої комунікації між викладачем та здобувачем як у методах оцінювання, так і у методах викладання дає можливість здобувачеві адаптуватися до роботи в галузі, де давно пройшли часи одиночної розробки, а більшість представників індустрії працюють у широкомасштабних інтернаціональних командах, де комунікація є одним із найважливіших факторів ефективності команди.

III. Висновки

Узагальнюючи викладене, можна стверджувати, що генеративний штучний інтелект суттєво трансформує підходи до навчання програмування, поступово зміщуючи акцент із пошуку рішень у зовнішніх джерелах на отримання готових відповідей у діалоговому режимі. Це підвищує ефективність виконання практичних завдань, але водночас створює ризики зниження глибини розуміння матеріалу та формування залежності від інструментів. Порівняно з попереднім етапом розвитку, пов'язаним із використанням форумів і відкритих репозиторіїв, генеративні моделі пропонують вищий рівень доступності та персоналізації, що робить їх особливо привабливими для студентів.

У цих умовах заклади вищої освіти мають адаптувати освітній процес до нової реальності, зосереджуючись не лише на перевірці результату, а й на оцінюванні процесу мислення, розуміння та здатності до критичного аналізу. Важливим стає поєднання традиційних методів навчання з новими підходами, які враховують використання генеративного ШІ, а також формування у студентів компетентностей відповідального та усвідомленого використання таких технологій. Це дозволить не лише зберегти якість підготовки фахівців, а й забезпечити їхню готовність до роботи в умовах стрімкої цифрової трансформації.

IV. Список використаних джерел

- [1] "Labor market impacts of AI: A new measure and early evidence," Anthropic.com, 2026. <https://www.anthropic.com/research/labor-market-impacts>
- [2] D. Al-Jumeily, A. Hussain, M. Alghamdi, C. Dobbins, and J. Lunn, "Educational crowdsourcing to support the learning of computer programming," *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol. 10, no. 1, Jul. 2015, doi: <https://doi.org/10.1186/s41039-015-0011-3>.
- [3] O. Alghamdi, S. Clinch, M. Alhamadi, and C. Jay, "Novice programmers strategies for online resource use and their impact on source code," *arXiv preprint arXiv:2304.10369*, Apr. 2023, doi: [10.48550/arXiv.2304.10369](https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.10369)
- [4] P. Dondio and S. Shaheen, "Is StackOverflow an Effective Complement to Gaining Practical Knowledge Compared to Traditional Computer Science Learning?," *Proceedings of the 2019 11th International Conference on Education Technology and Computers*, Oct. 2019, doi: <https://doi.org/10.1145/3369255.3369258>.
- [5] C. Ragkhitwetsagul, J. Krinke, and R. Oliveto, "Awareness and Experience of Developers to Outdated and License-Violating Code on Stack Overflow: An Online Survey," *arXiv preprint arXiv:1806.08149*, Jun. 2018, doi: [10.48550/arXiv.1806.08149](https://doi.org/10.48550/arXiv.1806.08149).
- [6] D. Stoyanova, S. Stoyanova-Petrova, S. Shotarova, S. Lyubomirov, and N. Mileva, "ChatGPT in Programming Education: An Empirical Study on Its Impact on Student Performance, Creativity, and Teamwork," *Education Sciences*, vol. 16, no. 1, p. 19, Dec. 2025, doi: <https://doi.org/10.3390/educsci16010019>.
- [7] M. Abbas, F. A. Jam, and T. I. Khan, "Is It Harmful or helpful? Examining the Causes and Consequences of Generative AI Usage among University students.," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 21, no. 1, Feb. 2024, doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00444-7>.
- [8] J. H. Gruenhagen, P. M. Sinclair, J.-A. Carroll, P. R. A. Baker, A. Wilson, and D. Demant, "The Rapid Rise of Generative AI and Its Implications for Academic integrity: Students' Perceptions and Use of Chatbots for Assistance with Assessments," *Computers and Education Artificial Intelligence*, vol. 7, no. 100273, pp. 100273–100273, Dec. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100273>.

- [9] N. Hadinejad, K. Sperling, and C. McGrath, "Generative AI Chatbots in Higher Education: Student experiences and perceived ethical challenges," *Computers and Education Open*, p. 100311, Nov. 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100311>.

"BIKE FACTORY" - HOW AI SHAPES TEACHING PARADIGM IN IT

Slabinoha Marian

ABSTRACT. The publication analyzes the impact of generative AI on programming education - comparing it with previous stages of IT education development. The benefits, risks and challenges for universities regarding the use of generative AI by students of IT specialties are considered.

KEYWORDS: information technology, Internet forums, generative artificial intelligence, teaching methods.

Розкриття факту делегування завдань генеративному ШІ

Автори заявляють про використання генеративного ШІ у процесі дослідження та підготовки рукопису. Відповідно до таксономії GAIDeT (2025), наведені нижче завдання були делеговані інструментам генеративного ШІ за повного людського нагляду: пошук і систематизація літератури; резюмування тексту.

Використаний інструмент генеративного ШІ: ChatGPT-5.

Повну відповідальність за фінальний рукопис несуть автори.

Інструменти генеративного ШІ не зазначаються як автори та не несуть відповідальності за кінцеві результати.

Декларацію подав: Слабінога Мар'ян.

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВОЇ ПЛАТФОРМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ BIORENDER ЯК ЕЛЕМЕНТУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАВЧАННІ МЕДИЧНОЇ БІОХІМІЇ

Сліпець Аліна¹, Яницька Леся², Постернак Наталія³

¹Національний медичний університет імені О.О.Богомольця, Київ, Україна

E-mail: slepetsalya@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто використання цифрової платформи візуалізації BioRender у викладанні медичної біохімії студентам другого курсу в україномовних та англomовних групах. Показано можливості застосування цифрових інструментів як елементу штучного інтелекту для підвищення ефективності навчання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, медична біохімія, цифрова візуалізація, BioRender, медична освіта.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку вищої медичної освіти характеризується активним впровадженням цифрових технологій та інструментів штучного інтелекту в освітній процес. Особливої актуальності це набуває при викладанні фундаментальних дисциплін, зокрема медичної біохімії, яка вимагає від здобувачів освіти високого рівня абстрактного мислення, здатності до аналізу складних метаболічних процесів та розуміння молекулярних механізмів функціонування клітини. Використання традиційних методів подання матеріалу не завжди забезпечує достатній рівень візуалізації біохімічних процесів, що ускладнює формування професійних компетентностей у здобувачів освіти другого року навчання медичних спеціальностей.

У сучасних умовах одним із перспективних напрямів удосконалення освітнього процесу є використання цифрових платформ наукової візуалізації, зокрема програмного середовища BioRender, яке дозволяє створювати високоякісні схеми біохімічних процесів, сигнальних шляхів та клітинних структур. Використання таких платформ можна розглядати як елемент інтеграції технологій штучного інтелекту та цифрової освіти, оскільки вони забезпечують автоматизоване формування графічних моделей, використання готових наукових шаблонів та оптимізацію процесу підготовки навчальних матеріалів.

Особливої уваги потребує застосування цифрових інструментів у змішаних освітніх середовищах, де навчання проводиться одночасно для україномовних та англomовних груп здобувачів. У таких умовах візуалізація навчального матеріалу відіграє важливу роль у подоланні мовних бар'єрів та забезпеченні однакового рівня засвоєння складних теоретичних понять.

Метою даного дослідження є аналіз ефективності використання цифрової платформи BioRender як засобу візуалізації навчального матеріалу при викладанні медичної біохімії

здобувачам освіти другого року навчання в україномовних та англomовних групах, а також визначення її ролі як елемента сучасних технологій штучного інтелекту в освіті.

II. Основна частина

У сучасній науково-педагогічній літературі значна увага приділяється впровадженню технологій штучного інтелекту та цифрових інструментів у систему медичної освіти. За даними бібліометричного аналізу розвитку штучного інтелекту в медичній освіті, кількість досліджень у цій галузі стрімко зростає, що свідчить про глобальний інтерес до використання інтелектуалізованих цифрових систем для підвищення ефективності навчального процесу. Основними напрямками досліджень є автоматизована підтримка навчання, адаптивні освітні системи, віртуальні симуляції та цифрові засоби візуалізації складних біомедичних процесів [1].

Систематичні огляди показують, що інтеграція штучного інтелекту у медичну освіту сприяє розвитку клінічного мислення, покращенню засвоєння теоретичного матеріалу та формуванню цифрових компетентностей майбутніх лікарів. Водночас дослідники підкреслюють необхідність пошуку ефективних методичних підходів до залучення таких технологій у навчальні дисципліни фундаментального циклу, зокрема біохімію, фізіологію та анатомію [2].

Окремий напрям сучасних досліджень пов'язаний із використанням засобів наукової візуалізації в освітньому процесі. Доведено, що застосування графічних моделей, схем та інтерактивних зображень істотно покращує розуміння складних біологічних структур і процесів, особливо на початкових етапах навчання. Зокрема, метааналіз досліджень щодо використання 3D-візуалізації в медичній освіті показав статистично значуще підвищення рівня засвоєння матеріалу у здобувачів освіти при використанні візуальних технологій порівняно з традиційними методами навчання [3].

У роботах з педагогіки вищої освіти підкреслюється, що сучасні інструменти візуалізації повинні не лише відображати інформацію, а й забезпечувати активну взаємодію здобувачів з навчальним матеріалом. Інтерактивні та графічні середовища сприяють формуванню просторового мислення, покращують запам'ятовування та дозволяють ефективно пояснювати абстрактні наукові концепції [4].

Останні дослідження також демонструють зростання інтересу до використання спеціалізованих платформ для створення наукових ілюстрацій, зокрема BioRender, яка забезпечує стандартизовану систему графічних елементів для біології та медицини. Використання подібних інструментів дозволяє створювати точні та зрозумілі схеми біохімічних і клітинних процесів, що полегшує комунікацію складної інформації та підвищує якість навчальних матеріалів [5].

Попри значну кількість досліджень, залишаються невирішеними питання методики використання цифрових платформ візуалізації саме при викладанні фундаментальних медико-біологічних дисциплін, зокрема медичної біохімії. Недостатньо дослідженим є також питання ефективності застосування таких інструментів у білінгвальному освітньому середовищі, де одночасно навчаються україномовні та англomовні здобувачі освіти. За таких умов виникають додаткові виклики, пов'язані з термінологічними відмінностями, різним рівнем підготовки та необхідністю забезпечення однакового рівня розуміння складних молекулярних процесів.

Таким чином, актуальним є пошук методичних підходів до використання цифрових платформ візуалізації як елемента сучасних технологій штучного інтелекту при викладанні медичної біохімії, що і визначило напрям даного дослідження.

Викладання дисципліни «Медична біохімія» здобувачам освіти другого року навчання медичних спеціальностей супроводжується значними труднощами, пов'язаними з необхідністю засвоєння великого обсягу теоретичного матеріалу, що включає складні метаболічні шляхи, молекулярні механізми регуляції та взаємодію біологічно-активних сполук. Особливо складними для сприйняття є теми, що стосуються обміну вуглеводів, ліпідів, білків, механізмів дії ферментів, гормональної регуляції та процесів енергетичного метаболізму. У таких умовах важливу роль відіграє використання сучасних цифрових технологій, які дозволяють підвищити наочність навчального матеріалу та активізувати пізнавальну діяльність здобувачів освіти.

Одним із ефективних інструментів цифрової візуалізації є програмна платформа BioRender [https://www.biorender.com/], яка широко використовується у наукових дослідженнях для створення схем біологічних процесів, ілюстрацій клітинних структур та сигнальних шляхів. В освітньому процесі ця платформа може застосовуватися як засіб підтримки викладання, що дозволяє викладачу створювати зрозумілі та структуровані графічні моделі складних біохімічних процесів. Використання готових шаблонів, бібліотек наукових об'єктів та автоматизованих функцій редагування дозволяє розглядати дану платформу як елемент сучасних цифрових технологій, що мають ознаки інтелектуалізованих систем підтримки навчання.

Особливого значення застосування цифрових засобів візуалізації набуває при навчанні здобувачів в україномовних та англійськомовних групах. Під час викладання медичної біохімії англійською мовою значна частина навчального часу витрачається на пояснення термінології, що може знижувати ефективність засвоєння змісту дисципліни. Використання схем, створених у BioRender, дозволяє зменшити мовне навантаження, оскільки візуальне представлення метаболічних процесів забезпечує краще розуміння матеріалу незалежно від мови навчання.

У процесі викладання дисципліни цифрову платформу використовували при підготовці лекційних матеріалів, методичних рекомендацій та презентацій до практичних занять. За допомогою BioRender створювалися схеми гліколізу, циклу трикарбонових кислот, β -окиснення жирних кислот, синтезу білка, механізмів дії гормонів та інших процесів, що є ключовими для формування клінічного мислення здобувачів (Рис. 1). Використання єдиного стилю графічного подання матеріалу сприяло систематизації знань та покращенню міжтематичних зв'язків.

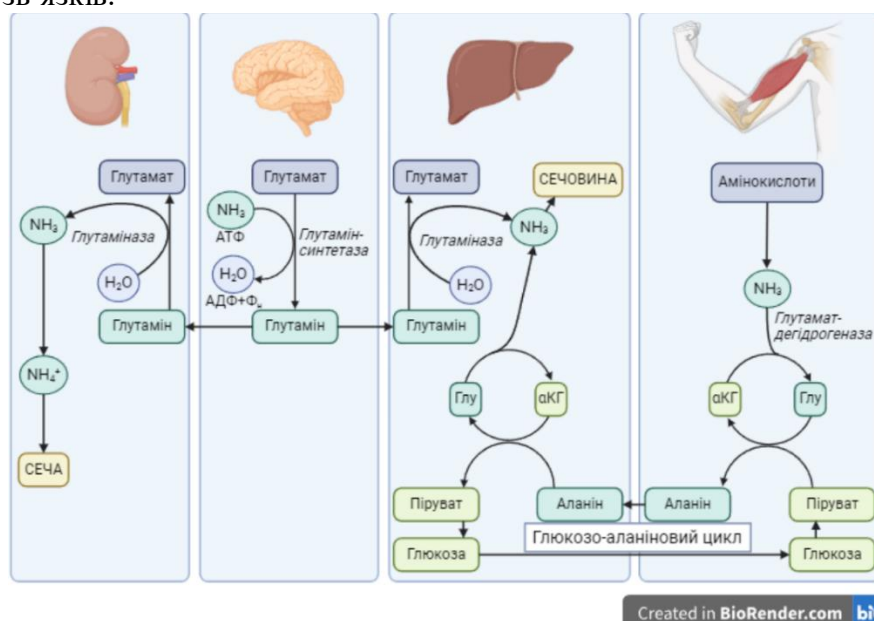


Рис. 1. Схема детоксикації амоніаку в різних органах і тканинах створена за допомогою BioRender.

Крім того, здобувачам пропонували використовувати цифрові інструменти візуалізації під час підготовки індивідуальних завдань та презентацій. Такий підхід сприяв розвитку навичок самостійної роботи, формуванню інформаційно-цифрової компетентності та підвищенню мотивації до вивчення дисципліни. Особливо ефективним це виявилось в англійськомовних групах, де створення схем англійською мовою сприяло одночасному засвоєнню термінології та змісту біохімічних процесів.

Використання цифрових платформ візуалізації можна розглядати як складову сучасних технологій штучного інтелекту в освіті, оскільки такі системи забезпечують автоматизовану підтримку створення освітнього контенту, оптимізацію структурування інформації та підвищення інтерактивності освітнього процесу. Застосування подібних інструментів відповідає сучасним вимогам до підготовки майбутніх лікарів, які повинні володіти не лише професійними знаннями, але й навичками роботи з цифровими технологіями.

III. Висновки

Упровадження цифрових платформ візуалізації у викладання дисципліни «Медична біохімія» є ефективним напрямом модернізації освітнього процесу в умовах цифрової трансформації вищої освіти. Використання програмного середовища BioRender дозволяє значно підвищити наочність освітнього матеріалу, покращити розуміння складних біохімічних процесів та сприяє формуванню системного мислення здобувачів другого року навчання медичних спеціальностей.

Застосування цифрових інструментів візуалізації є особливо доцільним при навчанні в україномовних та англійськомовних групах, оскільки графічне представлення інформації зменшує мовне навантаження, полегшує засвоєння термінології та забезпечує однаковий рівень розуміння навчального матеріалу незалежно від мови викладання. Використання єдиного стилю схем і моделей сприяє кращій систематизації знань та встановленню міждисциплінарних зв'язків у межах курсу медичної біохімії.

Аналіз сучасних наукових публікацій свідчить про зростання ролі технологій штучного інтелекту та цифрових освітніх платформ у підготовці майбутніх лікарів. Разом з тим, питання методики застосування спеціалізованих засобів наукової візуалізації у викладанні фундаментальних медико-біологічних дисциплін залишаються недостатньо дослідженими, особливо в умовах білінгвального навчання.

Отриманий досвід використання цифрової платформи BioRender у викладанні медичної біохімії показує, що поєднання традиційних педагогічних підходів із сучасними інтелектуалізованими цифровими інструментами сприяє підвищенню мотивації здобувачів освіти, розвитку інформаційно-цифрової компетентності та покращенню якості засвоєння теоретичного матеріалу.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на кількісну оцінку ефективності використання цифрових платформ в освітньому процесі, розробку методичних рекомендацій для різних медичних дисциплін, а також на інтеграцію засобів штучного інтелекту з системами дистанційного та змішаного навчання.

IV. Список використаних джерел

- [1] Li R, Wu T. Evolution of Artificial Intelligence in Medical Education From 2000 to 2024: Bibliometric Analysis. *Interact J Med Res*. 2025 Jan 30;14:e63775. doi: 10.2196/63775. PMID: 39883926; PMCID: PMC11826936.
- [2] Ahsan, Z. Integrating artificial intelligence into medical education: a narrative systematic review of current applications, challenges, and future directions. *BMC Med Educ* 25, 1187 (2025). <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07744-0>.
- [3] Wang, J., Li, W., Dun, A. et al. 3D visualization technology for Learning human anatomy among medical students and residents: a meta- and regression analysis. *BMC Med Educ* 24, 461 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05403-4>.
- [4] Shapiro, B. R., Silvis, D., & Hall, R. (2025). Visualization as theory and experience: interactive qualitative data visualization for the learning sciences. *Journal of the Learning Sciences*, 34(5), 840–871. <https://doi.org/10.1080/10508406.2025.2537945>.
- [5] Ha, J., Afana, D., Moghaddam, K. N., & Nicholas, A. (2024). Using BioRender for Active Learning: Exploring Learning-Style Preference and Visual-Spatial Ability in Undergraduate Students. *Journal of undergraduate neuroscience education* : JUNE : a publication of FUN, Faculty for Undergraduate Neuroscience, 22(3), A289–A295. <https://doi.org/10.59390/QWMZ9919>.

INTEGRATING THE BIORENDER DIGITAL VISUALIZATION PLATFORM AS AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE–BASED TOOL IN MEDICAL BIOCHEMISTRY EDUCATION

Slipets Alina, Yanitska Lesia, Posternak Nataliia

ABSTRACT. This study explores the application of the digital visualization platform BioRender in the teaching of Medical biochemistry to second-year students in both Ukrainian- and English-medium groups. The paper demonstrates the potential of digital tools as components of artificial intelligence to enhance the effectiveness of the learning process.

KEYWORDS: artificial intelligence, medical biochemistry, digital visualization, BioRender, medical education.

ГРАМОТНІСТЬ У ГАЛУЗІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ ПІДХОДІВ

Слюсаренко Андрій¹

¹Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Київ, Україна
E-mail: a.s.sliusarenko@udu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації проведено порівняльний аналіз міжнародних підходів до понять грамотності та компетентності у галузі штучного інтелекту. Розмежовано поняття ШІ-грамотності та ШІ-компетентності, обґрунтовано переваги та недоліки існуючих підходів у контексті педагогічної освіти.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, грамотність у сфері ШІ, компетентність, педагогічна освіта, порівняльний аналіз.

I. Вступ

Зважаючи на стрімкий розвиток технологій у галузі штучного інтелекту, все більшої актуальності набуває питання готовності педагогічних працівників до роботи з ШІ. За даними UNESCO, до 2022 року лише у 15 країнах навчальні програми передбачали вивчення ШІ на базовому рівні. [1]. Проте вже у 2025–2026 роках ситуація стрімко змінюється: Фінляндія включає навчання ШІ як елемент національної навчальної програми, ОАЕ впроваджують ШІ-грамотність у школах, а Китай запроваджує обов'язкові уроки ШІ для школярів[7].

Утім, у науковій літературі, незважаючи на загальну згоду щодо значення поняття, зберігаються розбіжності у термінології: частина джерел оперує терміном «грамотність у сфері ШІ», інша ж надає перевагу поняттю «компетентність у сфері ШІ». S. Zhang та ін. (2025) провели аналіз 17 наявних оглядів джерел і виявили, що дослідники загалом погоджуються щодо визначення критеріїв грамотності у сфері ШІ, але в науці досі бракує надійних інструментів для її вимірювання [8].

Опитування понад 1000 викладачів університетів США (листопад 2025) показало, що 49% вважають розвиток грамотності студентів у сфері ШІ «дуже або надзвичайно важливим», а 95% стурбовані надмірною залежністю студентів від ШІ-інструментів [7]. Дані з Німеччини свідчать, що лише 31,6% студентів повідомляють про наявність грамотності у сфері ШІ в їхніх навчальних програмах [9].

Метою публікації є порівняльний аналіз основних міжнародних підходів до понять грамотності та компетентності у сфері ШІ: для кого вони створені, що саме в них передбачено - знання чи практичні вміння, наскільки вони відповідають сучасному стану технологій, чи розроблялися за участі вчителів та чи готові до впровадження у навчальний процес. На основі цього порівняння з'ясовується, які складові зазначених підходів є найбільш значущими для вчителів загальноосвітніх закладів, що інтегрують ШІ у свою педагогічну практику.

II. Грамотність та компетентність у сфері ШІ: розмежування понять

Одне з перших і найбільш цитованих визначень грамотності у галузі ШІ запропонували D. Long та B. Magerko (2020), визначивши її як набір компетентностей, завдяки яким людина здатна критично оцінювати технології ШІ, ефективно співпрацювати зі ШІ, а також використовувати його як інструмент у цифровому середовищі, вдома та на робочому місці [3]. Це визначення стало основою для подальших досліджень, однак, як зазначають Chiu та ін. (2024), воно є надто широким і орієнтованим переважно на технічних фахівців, що обмежує його застосовність у галузі освіти [5].

D. T. K. Ng та ін. (2021), спираючись на огляд 30 рецензованих публікацій, запропонували чотири ключові аспекти грамотності у галузі ШІ: (1) знання та розуміння ШІ; (2) застосування ШІ на практиці; (3) оцінювання результатів роботи ШІ; (4) етичні питання щодо використання. Ці аспекти спираються на когнітивні рівні таксономії Блума, що дає змогу вибудувати ієрархію від базового розуміння до критичного осмислення [4].

Організація Digital Promise (2024) запропонувала підхід до грамотності у галузі ШІ, що ґрунтується на трьох взаємопов'язаних формах взаємодії з ШІ: розуміння, оцінювання та використання. Грамотність у галузі ШІ визначається як знання та навички, що дають змогу критично розуміти, оцінювати та використовувати системи ШІ для безпечного та

відповідального використання у сучасному цифровому суспільстві. Особливістю цього підходу є те, що саме оцінювання розглядається як найважливіша складова грамотності, оскільки користувачі нерідко взаємодіють зі ШІ пасивно, не враховуючи ризиків для конфіденційності, безпеки та суспільства [11].

Розмежування між грамотністю та компетентністю у галузі ШІ здійснили Т. К. F. Chiu та ін. (2024) на основі спільного проєкту з 30 вчителями, які мають досвід викладання ШІ у середніх школах Гонконгу. Грамотність у галузі ШІ визначена як здатність людини пояснити, як працюють технології ШІ, як вони впливають на суспільство та використовувати їх етично й відповідально. Грамотність зосереджується на знаннях та навичках, тобто охоплює те, що фахівець має знати та розуміти [5].

Компетентність у галузі ШІ, на відміну від грамотності, охоплює знання, уміння та навички, підкріплені досвідом практичного застосування, впевненістю у власних діях та здатністю до саморефлексії. Компетентна особа здатна ефективно діяти у конкретних професійних ситуаціях, критично оцінювати результати своєї взаємодії з ШІ та адаптувати свої дії залежно від контексту [5]. Як зазначає Chiu (2025), грамотність передбачає розуміння того, як функціонує ШІ, тоді як компетентність – здатність ефективно застосовувати ШІ у професійній діяльності. При цьому компетентність безпосередньо залежить від грамотності: неможливо ефективно використовувати систему ШІ, не розуміючи її базових функцій та обмежень [10].

Запропонований Chiu та ін. (2024) комплексний підхід до освіти у галузі ШІ охоплює п'ять взаємопов'язаних компонентів: технологія (базові знання про машинне навчання, великі масиви даних, сприйняття), вплив (майбутнє роботи, суспільна користь, ризики), етика (справедливість, прозорість, відповідальне використання), співпраця (ефективна взаємодія людини із системами ШІ) та саморефлексія (критична оцінка власних знань і досвіду роботи з ШІ). Цей підхід відрізняється від попередніх тим, що визначення компетентності включає не лише знання, а й впевненість особи у кожній із цих складових. Автори також окреслили напрями, що потребують подальшого вивчення, зокрема: інженерію запитів до систем ШІ, грамотність у роботі з даними, алгоритмічну грамотність, розвиток саморефлексивного мислення та проведення емпіричних досліджень ефективності навчання у галузі ШІ [5].



Рис. 1. Співвідношення значення грамотності та компетентності у сфері ШІ

UNESCO (2024) використовує саме термін «компетентність», визначаючи її як сукупність знань, умінь, навичок і цінностей, необхідних педагогу для інтеграції ШІ у професійну діяльність. Підхід UNESCO охоплює п'ять аспектів: людиноцентрична позиція, етика штучного інтелекту, його основи та застосування, педагогіка з використанням ШІ, а також використання ШІ для професійного розвитку. Для вчителів ці п'ять аспектів розкриваються на трьох рівнях: від засвоєння базових понять через поглиблення знань до самостійного створення рішень з використанням ШІ, що загалом формує 15 компетентнісних блоків [6]. Для учнів UNESCO пропонує окрему, дещо компактнішу модель: 12 блоків за чотирма аспектами [1].

ОЕСР та Європейська Комісія (2025) у співпраці з Code.org обирають термін «грамотність» і визначають чотири напрями: взаємодія зі штучним інтелектом, створення за його допомогою, управління ним та проєктування систем ШІ. Цей підхід стане основою для оцінювання грамотності у галузі ШІ у межах PISA 2029 [2].

Компетентність у галузі ШІ поступово інтегрується у ширшу систему цифрових компетентностей. Підтвердженням цієї тенденції є DigComp 3.0 – п'яте видання Європейської рамки цифрових компетентностей, у якому штучний інтелект інтегровано у кожному з 21 компетентності [12].

Проведений аналіз засвідчує, що поняття грамотності та компетентності у галузі ШІ тісно пов'язані, але не тотожні. Грамотність охоплює знання, розуміння та навички взаємодії з ШІ і є необхідною основою для будь-якого користувача, зокрема й педагога. Компетентність надбудовується над грамотністю, додаючи досвід практичного застосування, впевненість та саморефлексію [5]. Саме тому ця публікація зосереджується на аналізі підходів до грамотності у галузі ШІ: без сформованої грамотності формування компетентності є неможливим [10], а питання визначення, структури та складових грамотності залишається відкритим у міжнародному науковому дискурсі.

III. Порівняльний аналіз міжнародних підходів до визначення понять грамотності та компетентності

Для систематизації розглянутих підходів проведено їх порівняння за тринадцятьма критеріями (табл. 1), що охоплюють визначення поняття, мету, цільову аудиторію, складові, методологію, рівні прогресії, інструменти оцінювання, контекст застосування, роль людини, врахування генеративного ШІ, а також переваги та обмеження кожного підходу.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз міжнародних підходів до визначення понять

Критерій	Long & Magerko (2020)	Ng et al. (2021)	Chiu et al. (2024)	UNESCO (2024)	OECP/ЄК (2025)	DigComp 3.0 (2025)
Ключовий термін	Грамотність	Грамотність	Грамотність та компетентність	Компетентність	Грамотність	Цифрова компетентність з інтеграцією ШІ
Трактування поняття	Широке: оцінювання, співпраця зі ШІ, використання як інструменту	Широке: знати, застосовувати, оцінювати, етично осмислювати	Грамотність – знання (що знати); компетентність – практика, впевненість, саморефлексія (як діяти)	Широке: знання, уміння, навички та цінності педагога для роботи з ШІ	Широке: знання, навички та ставлення для критичної взаємодії зі ШІ	ШІ не виокремлено, а інтегровано у кожному з 21 цифрової компетентності
Основна мета	Освітня, соціальна	Освітня, соціальна	Освітня, професійний розвиток педагога	Освітня, професійний розвиток педагога	Освітня, соціальна	Освітня, соціальна, економічна, особистісний розвиток
Цільова аудиторія	Усі користувачі	Широка, з фокусом на учнів	Вчителі та учні середньої школи	Окремо вчителі (15 блоків) та учні (12 блоків)	Учні шкіл	Усі громадяни ЄС: учні, працівники, дорослі

Складові підходу	Знання, уміння	Знання, уміння, навички	Знання, уміння, навички, впевненість, саморефлексія, досвід	Знання, уміння, навички, цінності	Знання, навички, ставлення	Знання, навички, ставлення; понад 500 навчальних результатів
Методологічна основа	Аналіз літератури	Таксономія Блума	Спільне проєктування з вчителями	Компетентний підхід	Компетентний підхід	Компетентний підхід; консультації з 300 експертами
Рівні прогресії	Відсутні	Відсутні	Опосередковано: від грамотності до компетентності	Три рівні: засвоїти, поглибити, створити	За кожним із чотирьох напрямів	Чотири рівні: базовий, середній, просунутий, високопросунутий
Інструменти оцінювання	Відсутні	Відсутні	Самооцінка, практичні завдання	Критерії оцінювання для кожного рівня	Інтегровано з PISA 2029	Навчальні результати як основа для оцінювання
Контекст застосування	Загальний: онлайн, вдома, на роботі	Загальний: школа, суспільство	Середня школа, педагогічна практика	Педагогічна діяльність на всіх рівнях	Шкільна освіта, навчальні програми	Освіта, зайнятість, громадянська участь, повсякденне життя
Роль людини	Активний користувач ІІІ	Активний користувач ІІІ	Самостійний агент: рефлексує, адаптує, вдосконалює	Самостійний агент: проєктує, оцінює, розвивається	Активний користувач ІІІ	Активний, критичний та відповідальний користувач цифрових технологій
Генеративний ІІІ	Не враховано	Не враховано	Враховано: інженерія запитів серед пріоритетів	Частково враховано	Враховано: технологічно нейтральний, але сучасний	Враховано повністю: один із п'яти пріоритетних напрямів оновлення
Переваги	Перше системне визначення; широка цитованість	Чітка структура; зв'язок із таксономією Блума	Розмежування понять; участь вчителів; саморефлексія	Повнота; педагогічний вимір; три рівні прогресії	Актуальність; інтеграція з PISA; широке обговорення	Наскрізна інтеграція ІІІ; 4 рівні; 500+ навчальних результатів; 22 країни ЄС
Обмеження	Немає практики; створено до ChatGPT	Немає практики; створено до ChatGPT	Ґрунтується на досвіді одного регіону	Частково враховує генеративний ІІІ	Лише для учнів; немає педагогічного виміру	Не є спеціалізованим підходом до ІІІ; ІІІ – лише одна зі складових

Відповідно до даних з Табл. 1, усі п'ять підходів оперують широким трактуванням поняття, що виходить за межі суто технічних знань і включає критичне мислення, етику та взаємодію з ІІІ. У той же час підходи суттєво відрізняються за повнотою складових: якщо Long & Magerko (2020) та Ng et al. (2021) обмежуються знаннями та вміннями, то [5] додають впевненість, саморефлексію та досвід, а UNESCO (2024) – ще й цінності.

Чітко простежується й відмінність у меті: ранні підходи спрямовані на загальну освіченість суспільства, тоді як Chiu et al. [5] та UNESCO (2024) безпосередньо орієнтовані на професійний розвиток педагога.

Нижче узагальнено ключові переваги та обмеження кожного з розглянутих підходів.

Long & Magerko (2020). Перевагою цього підходу є те, що він став першим системним визначенням грамотності у галузі ІІІ і набув широкої цитованості у подальших дослідженнях: саме на нього спираються всі наступні розробки. Обмеженням є відсутність практичної складової та інструментів оцінювання. Підхід створено до появи генеративного ІІІ та орієнтовано переважно на технічних фахівців, що ускладнює його застосування у педагогічному контексті [3].

Ng et al. (2021). Перевагою є чітка структура, побудована з опорою на таксономію Блума, що дає змогу вибудувати ієрархію від базового розуміння до критичного осмислення. Обмеження аналогічні попередньому підходу: відсутність практичних рекомендацій, рівнів прогресії та інструментів оцінювання, а також неврахування генеративного ІІІ [4].

Chiu et al. (2024). Головною перевагою є розмежування грамотності та компетентності, а також залучення практикуючих вчителів до розроблення підходу. Це єдиний підхід, що включає впевненість та саморефлексію як обов'язкові складові. Обмеженням є те, що дослідження ґрунтується на досвіді лише одного регіону, Гонконгу, а також відсутність формалізованих критеріїв оцінювання [7].

UNESCO (2024). Це найбільш повний підхід для педагога: він містить окремий педагогічний аспект, три рівні прогресії з чіткими критеріями оцінювання та приклади завдань. Перевагою є також наявність двох окремих моделей – для вчителів і для учнів. Обмеженням залишається лише часткове врахування генеративного ІІІ та відсутність предметної деталізації [6].

ОЕСР/ЄК (2025). Перевагою є технологічна актуальність: підхід розроблено вже з урахуванням реалій генеративного ІІІ, він має значну доказову базу (зворотний зв'язок від майже 1000 учасників) та інтегрований з міжнародним оцінюванням PISA 2029. Обмеженням є орієнтація виключно на учнів без окремого педагогічного виміру [2].

DigComp 3.0 (2025). Перевагою є універсальність та масштаб впровадження: підхід використовується у 22 державах-членах ЄС, охоплює 21 компетентність із понад 500 навчальними результатами та має чотири чіткі рівні прогресії. Генеративний ІІІ є одним із п'яти пріоритетних тематичних напрямів оновлення. Обмеженням є те, що DigComp 3.0 не є спеціалізованим підходом до грамотності у галузі ІІІ: штучний інтелект розглядається лише як одна зі складових загальної цифрової компетентності, без окремої деталізації для педагогів [12].

Загалом жоден із розглянутих підходів не є вичерпним. Ранні підходи закладають теоретичне підґрунтя [5] вносять принципове розмежування понять, UNESCO (2024) найповніше охоплює потреби педагога, а ОЕСР/ЄК (2025) забезпечує технологічну актуальність. Для формування цілісної програми підготовки вчителів доцільно поєднувати сильні сторони кожного з цих підходів.

Підсумовуючи, грамотність у сфері ІІІ є необхідною основою, що охоплює знання, розуміння, критичне оцінювання технологій ІІІ та усвідомлення етичних аспектів їх використання, тоді як компетентність виходить за ці межі, поєднуючи їх із досвідом практичного застосування, впевненістю у власних діях та здатністю до саморефлексії у конкретному професійному контексті.

IV. Висновки

Проведений аналіз засвідчив, що поняття грамотності та компетентності у галузі ІІІ трактуються у джерелах по-різному: від вузького набору технічних знань до широкої сукупності знань, умінь, навичок, цінностей та досвіду. Незважаючи на відсутність єдиного визначення, дослідники опосередковано розмежовують ці поняття: грамотність переважно стосується того, що людина має знати та розуміти, тоді як компетентність того, як вона здатна діяти на практиці, з якою впевненістю та наскільки рефлексивно. Вибір терміну у кожному з підходів не є випадковим: він відображає цільову аудиторію та мету: підходи, орієнтовані на

широку громадськість та учнів, обирають «грамотність», тоді як підходи для педагогів тяжіють до «компетентності».

V. Список використаних джерел

- [1] UNESCO. "AI competency framework for students". F. Miao, K. Shiohira. Paris: UNESCO, 2024. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105>
- [2] OECD, European Commission. "Empowering learners for the age of AI: An AI literacy framework for primary and secondary education" (Review draft). Paris: OECD, 2025. [Online]. Available: <https://ailiteracyframework.org>
- [3] D. Long, B. Magerko. "What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations". in Proc. 2020 CHI Conf. on Human Factors in Computing Systems, pp. 1–16, 2020. doi: 10.1145/3313831.3376727
- [4] D. T. K. Ng, J. K. L. Leung, S. K. W. Chu, M. S. Qiao. "Conceptualizing AI literacy: An exploratory review". Computers and Education: Artificial Intelligence, vol. 2, 100041, 2021. doi: 10.1016/j.caeai.2021.100041
- [5] T. K. F. Chiu, Z. Ahmad, M. Ismailov, I. T. Sanusi. "What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them". Computers & Education Open, vol. 6, 100171, 2024. doi: 10.1016/j.caeo.2024.100171
- [6] UNESCO. "AI competency framework for teachers". F. Miao, M. Cukurova. Paris: UNESCO, 2024. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>
- [7] AI Literacy Institute. "AI Literacy Review – February 3, 2026". [Online]. Available: <https://ailiteracy.institute/ai-literacy-review-february-3-2026/>
- [8] S. Zhang, P. G. Prasad, N. L. Schroeder. "Learning About AI: A Systematic Review of Reviews on AI Literacy". Journal of Educational Computing Research, 2025. doi: 10.1177/07356331251342081
- [9] M. Laupichler et al. "The AI Literacy Heptagon: A Structured Approach to AI Literacy in Higher Education". arXiv:2509.18900, 2025.
- [10] T. K. F. Chiu. "AI literacy and competency: definitions, frameworks, development and future research directions". Interactive Learning Environments, 2025. doi: 10.1080/10494820.2025.2514372
- [11] K. Mills, P. Ruiz, K. Lee, M. Coenraad, J. Fusco, J. Roschelle, J. Weisgrau. "AI Literacy: A Framework to Understand, Evaluate, and Use Emerging Technology". Digital Promise, 2024. [Online]. Available: <https://digitalpromise.org/2024/06/18/ai-literacy-a-framework-to-understand-evaluate-and-use-emerging-technology/>
- [12] J. Cosgrove, R. Cachia. "DigComp 3.0: European Digital Competence Framework – Fifth Edition". Publications Office of the European Union, JRC144121, 2025. doi: 10.2760/0001149

AI LITERACY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERNATIONAL FRAMEWORKS

Slusarenko Andrii

ABSTRACT. The paper comparatively analyzes international approaches to AI literacy and AI competency. These concepts are distinguished, and the advantages and limitations of existing frameworks are examined in the context of teacher education.

KEYWORDS: artificial intelligence, AI literacy, competency, teacher education, comparative analysis.

ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ 7–9 КЛАСІВ У КОНТЕКСТІ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ ЗАСОБАМИ АГРАРНИХ STEM-ПРОЄКТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Срібна Юлія¹, Кашуба Володимир¹

¹Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка. м. Полтава, Україна
E-mail: kashubavv85@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено використання ІІІ в аграрних STEM-проєктах для формування технологічних компетентностей учнів 7–9 класів у НУШ. Обґрунтовано педагогічні умови та ефективність підходу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект; STEM-освіта; технологічна компетентність.

I. Вступ

У сучасних умовах цифрової трансформації освіти, що характеризуються стрімким розвитком технологій штучного інтелекту, відбувається суттєве переосмислення цілей, змісту та організації освітнього процесу. Відповідно до аналітичних матеріалів UNESCO, штучний інтелект має потенціал не лише оптимізувати освітні практики, але й сприяти формуванню ключових компетентностей, необхідних для життя і професійної діяльності в умовах цифрового суспільства [1]. У звіті «AI and education: protecting the rights of learners» (2025) підкреслюється необхідність забезпечення людиноцентричного підходу до інтеграції ШІ в освіту, з акцентом на розвиток критичного мислення, креативності та відповідального використання технологій [2]. У цьому контексті особливого значення набуває формування технологічних компетентностей учнів як складової цифрової компетентності, що передбачає здатність ефективно взаємодіяти з інтелектуальними системами, аналізувати дані та створювати інноваційні продукти.

Актуальність дослідження посилюється впровадженням концепції Нової української школи, яка орієнтована на компетентнісний підхід та інтеграцію STEM-освіти як засобу розвитку практико-орієнтованих умінь учнів. У сучасних наукових розвідках (2025–2026) наголошується, що використання генеративного штучного інтелекту в освітньому процесі сприяє формуванню нових типів навчальної діяльності, зокрема проектно-дослідницької, дослідницько-інженерної та міждисциплінарної [3]. Водночас результати досліджень засвідчують наявність «парадоксу компетентності», коли високий рівень використання AI-інструментів не завжди супроводжується належним рівнем сформованості критичного мислення та AI-грамотності учнів [4]. Це актуалізує потребу в педагогічно обґрунтованих підходах до інтеграції ШІ в освітній процес.

Особливо перспективним у цьому контексті є використання аграрних STEM-проектів як інтегративного освітнього середовища, що поєднує природничо-наукові, технологічні та інженерні знання з практичною діяльністю. Вітчизняні дослідження (2025) підкреслюють необхідність розвитку цифрової та технологічної компетентності учнів і педагогів у процесі впровадження інноваційних технологій, зокрема штучного інтелекту, в освітню практику. Умови реалізації НУШ зумовлюють потребу у створенні таких освітніх моделей, які забезпечують інтеграцію ШІ у проектну діяльність учнів, сприяють розвитку їхньої пізнавальної активності, дослідницьких умінь та здатності до вирішення реальних життєвих і професійних завдань.

Отже, актуальність дослідження визначається необхідністю науково обґрунтованого впровадження штучного інтелекту в освітній процес основної школи як ефективного інструменту формування технологічних компетентностей учнів 7-9 класів у контексті реалізації ідей Нової української школи та розвитку STEM-освіти.

II. Основна частина

Формування технологічних компетентностей учнів 7–9 класів у контексті реалізації концепції Нової української школи потребує впровадження інноваційних педагогічних підходів, серед яких особливе місце посідає інтеграція штучного інтелекту в аграрні STEM-проекти. Сучасні дослідження доводять, що STEM-освіта виступає ефективним середовищем формування компетентностей XXI століття завдяки міждисциплінарності, практико-орієнтованості та проектній діяльності [2], [3]. У межах НУШ це забезпечує перехід від репродуктивної моделі освіти до діяльнісно-компетентнісної, де учень виступає активним суб'єктом освітнього процесу.

Використання штучного інтелекту в аграрних STEM-проектах (наприклад, аналіз ґрунтів, прогнозування врожайності, автоматизація агротехнологічних процесів) створює умови для розвитку технологічної компетентності як інтегративної характеристики, що включає знання, уміння, навички та досвід застосування цифрових і інженерних рішень. Узагальнену модель формування технологічних компетентностей учнів у процесі реалізації аграрних STEM-проектів із використанням штучного інтелекту подано на рис. 1. Вона відображає поетапну

інтеграцію міждисциплінарного змісту, цифрових інструментів та проєктно-дослідницької діяльності, що забезпечує розвиток ключових компонентів технологічної компетентності.

Згідно з сучасними дослідженнями, AI-інструменти забезпечують персоналізацію освітнього процесу, автоматизований зворотний зв'язок та аналітику освітніх даних, що підвищує ефективність формування компетентностей [8], [9].

Важливим аспектом є те, що аграрні STEM-проєкти забезпечують контекстуалізацію освітнього процесу через розв'язання реальних проблем, що відповідає принципам НУШ. У дослідженнях 2025 року підкреслюється, що проєктно-орієнтоване навчання сприяє розвитку критичного мислення, творчості та здатності до прийняття рішень у складних ситуаціях [3], [4]. При цьому інтеграція ІІ розширює можливості таких проєктів, забезпечуючи доступ до складних аналітичних інструментів навіть на рівні базової школи.

Водночас сучасні дослідження акцентують на необхідності дотримання принципів етичного використання ІІ в освітньому процесі. Педагогічні умови ефективної інтеграції штучного інтелекту в освітній процес узагальнено на рис. 2. Їх реалізація забезпечує цілісність освітнього середовища, сприяє підвищенню якості проєктної діяльності учнів та формуванню технологічних компетентностей.



Рис. 1. Модель формування технологічних компетентностей учнів засобами AI-STEM-проєктів

Основними викликами визначаються алгоритмічна упередженість, ризики порушення приватності та вплив на когнітивну автономію учнів [5], [6], [10]. Це зумовлює потребу у формуванні не лише технологічних, але й етичних і рефлексивних компетентностей.

У контексті розвитку освіти в Україні зазначені процеси мають свої особливості. Дослідження свідчать про нерівномірний рівень сформованості цифрової компетентності учасників освітнього процесу, що впливає на ефективність інтеграції інновацій [11], [12]. Особливого значення набуває розвиток цифрової компетентності педагога як ключової умови реалізації потенціалу штучного інтелекту в освітньому процесі [13], [14].

З урахуванням сучасних викликів, міжнародні та національні ініціативи спрямовані на підвищення рівня цифрової грамотності та впровадження ІІ в освітню практику. Це підтверджується результатами наукових і практичних заходів, присвячених цифровій компетентності педагогів і використанню інноваційних технологій [1], [15].

У контексті реалізації концепції Нової української школи використання штучного інтелекту сприяє розвитку ключових компетентностей здобувачів освіти, забезпечуючи індивідуалізацію освітнього процесу та формування навичок самостійної діяльності. Це узгоджується з міжнародними підходами до розвитку освіти в умовах цифровізації [1], [2].

Водночас ефективність використання ІІ залежить від готовності педагога до інноваційної діяльності, що передбачає переосмислення його ролі як фасилітатора, наставника та модератора освітнього процесу [7], [13]. Таким чином, штучний інтелект виступає не лише

технологічним ресурсом, але й потужним дидактичним засобом формування технологічних компетентностей учнів у сучасному освітньому середовищі.

III. Висновки

У результаті проведеного теоретичного аналізу встановлено, що інтеграція штучного інтелекту в освітній процес виступає вагомим чинником модернізації змісту та технологій реалізації компетентнісного підходу в умовах Нової української школи. Використання AI-інструментів у межах аграрних STEM-проектів забезпечує перехід від традиційних форм організації освітньої діяльності до інноваційних, орієнтованих на активну пізнавальну та дослідницьку діяльність учнів.

Обґрунтовано, що аграрні STEM-проекти із використанням штучного інтелекту створюють ефективне освітнє середовище для формування технологічних компетентностей учнів 7–9 класів, зокрема інформаційно-цифрової, інженерної, дослідницької та підприємницької. Встановлено, що поєднання міждисциплінарного підходу, проєктної діяльності та AI-аналітики сприяє розвитку критичного мислення, здатності до розв’язання практичних задач і прийняття обґрунтованих рішень у реальних життєвих ситуаціях. Ефективність використання штучного інтелекту як дидактичного засобу значною мірою визначається сукупністю педагогічних умов, серед яких ключовими є: рівень цифрової та методичної компетентності вчителя, наявність відповідної цифрової інфраструктури, інтеграція AI-технологій у зміст освіти та забезпечення міждисциплінарної взаємодії.

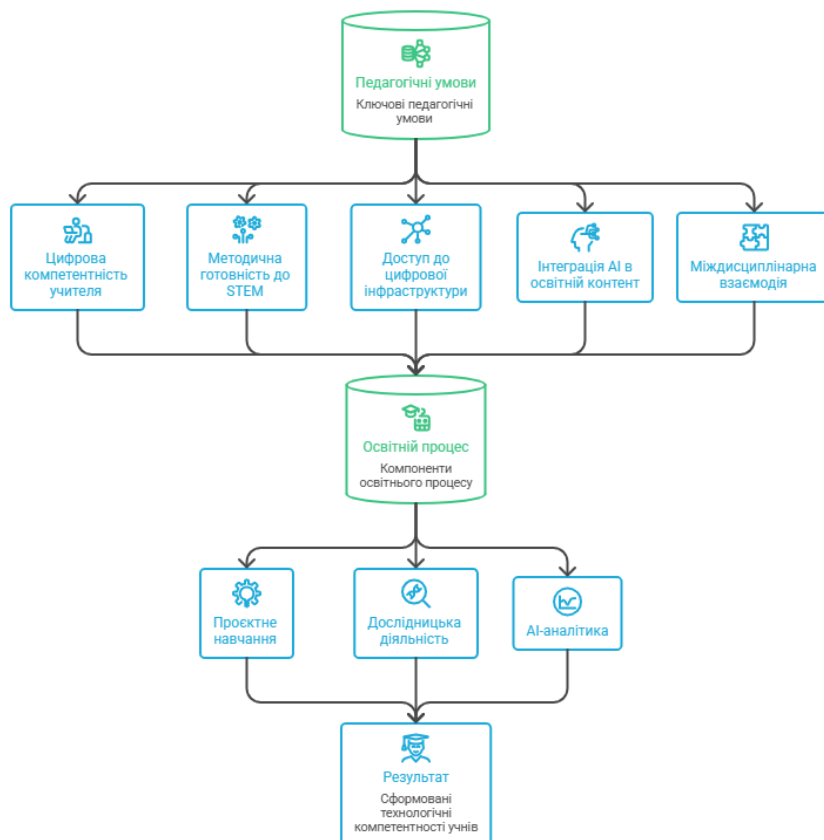


Рис. 2. Педагогічні умови ефективного використання ШІ в аграрних STEM-проектах

Визначено, що в умовах реформування освіти в Україні та реалізації концепції Нової української школи використання штучного інтелекту сприяє підвищенню якості освітнього процесу, забезпечує його персоналізацію та адаптивність до індивідуальних потреб учнів, що підвищує рівень їх готовності до успішної самореалізації в умовах цифрового суспільства та інноваційної економіки.

Перспективи подальших досліджень вбачаються у розробленні та експериментальній перевірці методики впровадження аграрних STEM-проектів із використанням штучного інтелекту, а також у визначенні критеріїв і показників оцінювання рівня сформованості технологічних компетентностей учнів основної школи. Висновки можуть слугувати теоретико-методологічним підґрунтям для подальших наукових розвідок, сприяти генеруванню нових ідей і підходів до розв'язання окресленої проблеми, а також бути використані в практиці модернізації освітнього процесу в умовах цифровізації освіти.

IV. Список використаних джерел

- [1] UNESCO, *Guidance for Generative AI in Education and Research*. Paris, France: UNESCO, 2023. [Online]. Available: <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research>
- [2] OECD, *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities*. Paris, France: OECD Publishing, 2021. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/education/artificial-intelligence-in-education>
- [3] W. Holmes, M. Bialik, and C. Fadel, *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston, MA, USA: Center for Curriculum Redesign, 2019.
- [4] R. Luckin, *Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education for the 21st Century*. London, U.K.: UCL Institute of Education Press, 2018.
- [5] European Commission, *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*. Brussels, Belgium, 2020. [Online]. Available: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
- [6] K. Crawford, *Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence*. New Haven, CT, USA: Yale Univ. Press, 2021.
- [7] A. Schleicher, "Artificial Intelligence and the Future of Skills," OECD Education Policy Perspectives, Paris, France, 2019. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/education>
- [8] R. Singh, A. Kumar, and S. Patel, "Artificial Intelligence in Education: Student Engagement and Cognitive Support," *arXiv preprint*, 2026. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2603.27777>
- [9] J. Martinez Moreno *et al.*, "AI as a Learning Partner: Personalization in Education," *arXiv preprint*, 2026. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2603.20909>
- [10] V. Heilala *et al.*, "AI Literacy and Critical Thinking in Secondary Education," *arXiv preprint*, 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2512.04115>
- [11] O. Ovcharuk, "Digital competence of participants in the educational process: current state and development prospects," Institute of Information Technologies and Learning Tools, Kyiv, Ukraine, 2025. [Online]. Available: <https://science.iea.gov.ua>
- [12] V. Bykov, O. Spirin, and O. Pinchuk, "Digital transformation of education and pedagogical science: challenges and prospects," *Information Technologies and Learning Tools*, no. 1(87), pp. 1–19, 2022.
- [13] N. Morze and A. Hurzhii, "Digital competence of a teacher of the New Ukrainian School," *Pedagogy and Psychology*, no. 2, pp. 9–18, 2021.
- [14] "Development of digital competence of teachers in the New Ukrainian School," 2024. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net>
- [15] Institute of Information Technologies and Learning Tools, "Digital competence of teachers 2025: conference materials," 2025. [Online]. Available: <https://iitlt.gov.ua>

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL COMPETENCIES OF STUDENTS IN GRADES 7–9 IN THE CONTEXT OF THE NEW UKRAINIAN SCHOOL THROUGH AGRICULTURAL STEM PROJECTS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Sribna Yuliia, Kashuba Volodymyr

ABSTRACT. The publication examines the use of artificial intelligence in agricultural STEM projects for developing technological competencies of students in grades 7–9 within the New Ukrainian School framework. The pedagogical conditions and effectiveness of the approach are substantiated.

KEYWORDS: artificial intelligence; STEM education; technological competence.

ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ШКІЛЬНІЙ ОСВІТІ В УМОВАХ ПОЄДНАННЯ ОСВІТНЬОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТА ПЕДАГОГІЧНИХ РИЗИКІВ

Сухих Аліса¹, Осадча Катерина¹

¹Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України, Київ, Україна

E-mail: sukhikh@iitlt.gov.ua

АНОТАЦІЯ. У роботі досліджено особливості використання генеративного штучного інтелекту (GenAI) у шкільній освіті в умовах поєднання його освітнього потенціалу та педагогічних ризиків. Проаналізовано сучасні підходи до інтеграції генеративних технологій у навчальний процес, зокрема їх роль у персоналізації навчання, автоматизації діяльності вчителя та розвитку ключових компетентностей учнів. Особливу увагу приділено практичним сценаріям використання GenAI на уроці, які забезпечують диференціацію навчання, підтримку інклюзивності та активізацію пізнавальної діяльності учнів. Визначено основні педагогічні ризики, серед яких порушення академічної доброчесності, зниження когнітивної активності, недостовірність інформації та етичні виклики. Обґрунтовано необхідність впровадження педагогічно доцільних стратегій використання генеративного ШІ, зокрема розвитку AI-грамотності, трансформації підходів до оцінювання та дотримання етичних принципів. Зроблено висновок про доцільність керованої інтеграції GenAI як інструменту підтримки навчання за умови збереження провідної ролі педагога.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний штучний інтелект (GenAI), шкільна освіта, освітній потенціал, педагогічні ризики.

I. Вступ

Стрімкий розвиток цифрових технологій у XXI столітті зумовив активне впровадження штучного інтелекту в різні сфери суспільного життя, зокрема й в освіту. Особливого значення набуває генеративний штучний інтелект (GenAI), який здатний створювати тексти, зображення, навчальні матеріали та інші освітні ресурси. За результатами сучасних досліджень, починаючи з 2023 року, використання GenAI у шкільній освіті зростає експоненційно, що пов'язано з його доступністю, універсальністю та широкими функціональними можливостями [1, 2].

Актуальність дослідження зумовлена тим, що GenAI трансформує традиційні підходи до навчання, забезпечуючи персоналізацію освітнього процесу, автоматизацію діяльності вчителя та розширення можливостей для розвитку учнів. Водночас його інтеграція в освітнє середовище супроводжується низкою педагогічних, етичних та соціальних викликів, які потребують системного осмислення [3].

Проблема даного дослідження полягає у суперечності між значним освітнім потенціалом GenAI та ризиками його використання у шкільній освіті. З одного боку, технології GenAI сприяють підвищенню ефективності навчання, індивідуалізації освітніх траєкторій та розвитку цифрових компетентностей учнів. З іншого – вони можуть призводити до зниження когнітивної активності, формування залежності від технологій, порушення академічної доброчесності та виникнення етичних проблем.

Сучасні дослідження свідчать, що GenAI має значний потенціал для трансформації шкільної освіти, зокрема через впровадження інноваційних підходів до навчання, підвищення його ефективності та забезпечення індивідуалізації освітнього процесу. У міжнародному та українському науковому дискурсі підкреслюється, що інтеграція таких технологій сприяє переходу від стандартизованої моделі навчання до гнучкої, адаптивної освітньої системи, орієнтованої на потреби учня.

II. Основна частина

Практика впровадження GenAI в шкільну освіту свідчить, що його ефективність визначається не лише технологічними можливостями, а й конкретними педагогічними сценаріями використання. Сучасні дослідження підкреслюють важливість інтеграції GenAI у структуру уроку як інструменту підтримки навчальної діяльності, а не її заміщення [1], [2].

GenAI може бути ефективно використаний у сценарії диференційованого навчання, коли в межах одного уроку створюються завдання різного рівня складності. Наприклад, учитель формує запит для генерації кількох варіантів вправ з української мови: базового, спрямованого

на відтворення правил, середнього – на їх застосування, а також підвищеного рівня – на творче використання знань. Такий підхід дозволяє врахувати індивідуальні особливості учнів без додаткового навантаження на педагога.

У *сценарії пояснення складного матеріалу* GenAI виступає як допоміжний інструмент, що дозволяє подати тему різними способами. Зокрема, під час вивчення теми вчитель може отримати покрокове пояснення задачі, альтернативне пояснення доступною мовою, а також приклад із повсякденного життя. Водночас педагогічна цінність цього підходу полягає не лише у варіативності пояснення, а й у подальшому його аналізі та обговоренні.

Сценарій формування критичного мислення передбачає використання ШІ як об'єкта аналізу. Наприклад, учитель пропонує учням відповідь, згенеровану ШІ, що містить неточності або помилки, і ставить завдання їх виявити та виправити. Такий підхід сприяє розвитку аналітичних умінь і навичок перевірки інформації.

У *межах сценарію генерації ідей* GenAI доцільно використовувати на етапі продукування змісту. Учні можуть отримувати варіанти тем, аргументів або вступів, однак обов'язковою умовою є їх подальше самостійне доопрацювання, що забезпечує активну пізнавальну діяльність.

Сценарій автоматизованого зворотного зв'язку передбачає використання GenAI для аналізу результатів навчальної діяльності, зокрема формування рекомендацій щодо виправлення помилок. Це дозволяє оптимізувати діяльність учителя та забезпечити індивідуалізацію навчання.

У *сценарії проєктного навчання* GenAI виступає як інструмент підтримки дослідницької діяльності учнів, зокрема для формулювання гіпотез і запитань. Водночас ключовим залишається етап критичного аналізу отриманої інформації.

Сценарій інклюзивного навчання демонструє можливості GenAI щодо адаптації освітнього контенту, зокрема шляхом спрощення текстів, перекладу матеріалів або створення покрокових інструкцій, що забезпечує доступність навчання для різних категорій учнів.

Окремої уваги заслуговує *сценарій «перевернутого класу»*, у межах якого GenAI використовується для підготовки матеріалів для самостійного опрацювання, що дозволяє зосередити навчальний час на обговоренні та застосуванні знань.

Узагальнення наведених практичних сценаріїв дозволило систематизувати їх у вигляді Таблиці 1, яка відображає взаємозв'язок між сценаріями використання GenAI, їх педагогічною метою та освітніми результатами.

Аналіз наведених сценаріїв дозволяє сформулювати ключові педагогічні принципи використання GenAI: принцип активності учня, що передбачає його залучення до аналізу результатів; принцип доцільності, який визначає обґрунтованість використання технології; принцип контролю, що передбачає педагогічний супровід; та принцип розвитку мислення, який орієнтує використання ШІ на формування когнітивних навичок.

Таким чином, генеративний штучний інтелект може виконувати різні дидактичні функції – від інструмента адаптації навчального матеріалу до засобу розвитку критичного мислення. Водночас його ефективність визначається здатністю інтегрувати технологію в активну пізнавальну діяльність учнів.

Попри значний потенціал, використання GenAI супроводжується низкою ризиків [4; 5]. Одним із ключових є порушення академічної доброчесності. Учні можуть використовувати ШІ для автоматичного виконання завдань, що знижує рівень самостійної роботи.

Іншим ризиком є зниження когнітивної активності. Надмірна залежність від ШІ може призводити до поверхневого засвоєння знань і втрати навичок критичного мислення.

Суттєвою проблемою є також недостовірність інформації, яку генерує ШІ. Так звані «галюцинації» можуть формувати у учнів хибні уявлення про навчальний матеріал.

Етичні ризики включають алгоритмічну упередженість, нерівний доступ до технологій та загрози конфіденційності даних.

Ефективне використання GenAI в освітньому процесі можливе лише за умови впровадження педагогічно обґрунтованих стратегій, які враховують як дидактичні цілі навчання, так і потенційні ризики використання технологій. Йдеться не про спонтанне або

фрагментарне застосування інструментів ШІ, а про їх системну інтеграцію в логіку навчального процесу, де технологія виконує допоміжну, а не домінуючу роль.

Передусім доцільно застосовувати модель керованого використання GenAI, яка передбачає чітке визначення меж і цілей його застосування. У цьому контексті ШІ розглядається як інструмент підтримки мислення, а не його заміни. Наприклад, учні можуть використовувати генеративні системи для отримання ідей, формулювання попередніх варіантів відповідей або структурування матеріалу, однак обов'язковою умовою є подальший самостійний аналіз, критичне осмислення та доопрацювання отриманого результату. Такий підхід дозволяє поєднати продуктивність технологій із розвитком інтелектуальної автономії учнів.

Важливою складовою є також розвиток AI-грамотності як невід'ємного компонента сучасної освіти. Йдеться про формування в учнів умінь усвідомлено взаємодіяти з генеративними системами, розуміти принципи їх роботи, а також критично оцінювати результати їх діяльності. Ефективним інструментом у цьому напрямі є практичні завдання, спрямовані на аналіз відповідей ШІ, виявлення помилок, перевірку фактів і порівняння з іншими джерелами інформації. Така діяльність сприяє розвитку критичного мислення, інформаційної грамотності та відповідального ставлення до використання цифрових ресурсів.

Таблиця 1

Практичні сценарії використання генеративного ШІ в освітньому процесі

Сценарій використання	Мета застосування	Освітній результат
Диференційоване навчання	Адаптація завдань до рівня учнів	Індивідуалізація навчання, мотивація
Пояснення матеріалу	Варіативність подання контенту	Краще розуміння тем
Критичне мислення	Аналіз відповідей ШІ	Розвиток аналітичних навичок
Генерація ідей	Підтримка творчості	Креативність
Зворотний зв'язок	Аналіз робіт	Індивідуалізація оцінювання
Проектне навчання	Підтримка досліджень	Дослідницькі компетентності
Інклюзивне навчання	Адаптація матеріалів	Доступність освіти
Перевернутий клас	Самостійне навчання	Глибше розуміння

Не менш важливою є трансформація підходів до оцінювання результатів навчання. Традиційні форми контролю знань, зокрема стандартні письмові роботи, стають більш уразливими до неавторизованого використання ШІ. У зв'язку з цим доцільним є впровадження альтернативних форм оцінювання, які акцентують увагу на процесі мислення та здатності учня пояснювати власні рішення. Зокрема, ефективними є проєктні роботи, усні презентації, захисти виконаних завдань, а також ведення навчальних портфоліо. Такі підходи не лише зменшують ризик академічної доброчесності, а й сприяють глибшому засвоєнню навчального матеріалу.

Окремого значення набуває дотримання етичних принципів використання GenAI, що відповідають міжнародним рекомендаціям, зокрема розробленим ЮНЕСКО [6]. Йдеться про

забезпечення прозорості використання технологій, усвідомлення відповідальності за результати їх застосування, а також захист персональних даних учнів. У практиці це може реалізовуватися через запровадження чітких правил використання ШІ в освітньому процесі, зокрема обов'язкового зазначення фактів його використання під час виконання завдань, обмеження повної автоматизації навчальної діяльності та формування культури доброчесного використання цифрових інструментів.

Таким чином, ефективна інтеграція GenAI в освітній процес передбачає не лише технічне впровадження відповідних інструментів, а й глибоке педагогічне переосмислення підходів до навчання, оцінювання та взаємодії між учасниками освітнього процесу. Саме комплексне застосування зазначених стратегій дозволяє мінімізувати ризики та максимально реалізувати освітній потенціал GenAI.

III. Висновки

У результаті проведеного аналізу встановлено, що генеративний штучний інтелект є потужним чинником трансформації сучасної шкільної освіти, який відкриває нові можливості для індивідуалізації навчання, оптимізації діяльності вчителя та розвитку ключових компетентностей учнів. Його інтеграція в освітній процес сприяє переходу від репродуктивних моделей навчання до більш гнучких, адаптивних і діяльнісно орієнтованих підходів.

Доведено, що ефективність використання GenAI визначається не стільки його технологічними характеристиками, скільки педагогічними умовами впровадження. Практичні сценарії застосування GenAI, зокрема у диференційованому навчанні, поясненні матеріалу, розвитку критичного мислення та організації проєктної діяльності, демонструють його значний потенціал як інструменту підтримки навчального процесу. Водночас їх результативність залежить від активної ролі учня та цілеспрямованого педагогічного супроводу.

Разом із тим встановлено, що використання GenAI супроводжується низкою педагогічних ризиків, серед яких найбільш суттєвими є порушення академічної доброчесності, зниження когнітивної активності учнів, поширення недостовірної інформації та виникнення етичних проблем. Це свідчить про необхідність критичного й відповідального підходу до впровадження таких технологій у навчальний процес.

Обґрунтовано, що досягнення балансу між освітнім потенціалом і ризиками можливе за умов реалізації педагогічно доцільних стратегій використання GenAI. До таких стратегій належать кероване використання технологій у навчанні, розвиток AI-грамотності учнів, трансформація підходів до оцінювання результатів навчання та дотримання етичних принципів відповідно до міжнародних рекомендацій.

Узагальнюючи результати дослідження, можна стверджувати, що GenAI має значний потенціал для модернізації шкільної освіти, однак його ефективне застосування можливе лише за умов педагогічно виваженого впровадження, яке забезпечує розвиток мислення учнів, а не його заміщення. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням методичних моделей інтеграції GenAI у навчальний процес та оцінюванням їх впливу на результати навчання.

IV. Список використаних джерел

- [1] I. Întorsureanu, S. Oprea, A. Bâra, and D. Vespan, "Generative AI in education: Perspectives through an academic lens," *Electronics*, vol. 14, no. 5, 2025. Available: <https://www.mdpi.com/2079-9292/14/5/1053>
- [2] A. Mimoudi, "Generative AI to bridge the educational divide: Personalized learning and challenges," *Social Sciences & Humanities Open*, vol. 12, 2025, Art. no. 101392. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590291125008708>
- [3] D. Marzano, "Generative Artificial Intelligence (GAI) in teaching and learning processes at the K-12 level: A systematic review," *TechTrends*, 2025. doi: 10.1007/s10758-025-09853-7
- [4] S. Tao, H. Zhang, and L. Ding, "Explainable machine learning for sustainable education: Predicting college students' reliance on generative artificial intelligence," *Acta Psychologica*, vol. 265, 2026, Art. no. 106622. doi: 10.1016/j.actpsy.2026.106622. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001691826004233>

- [5] A. Alfarwan, "Generative AI use in K-12 education: A systematic review," *Frontiers in Education*, vol. 10, 2025. doi: 10.3389/feduc.2025.1647573. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2025.1647573>
- [6] W. Holmes and F. Miao, *Guidance for Generative AI in Education and Research*. Paris: UNESCO, 2023. Available: <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research>

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCHOOL EDUCATION UNDER THE CONDITIONS OF COMBINING EDUCATIONAL POTENTIAL AND PEDAGOGICAL RISKS

Sukhikh Alisa, Osadcha Kateryna

ABSTRACT. This study explores the use of generative artificial intelligence (GenAI) in school education, considering both its educational potential and associated pedagogical risks. It outlines current approaches to integrating generative technologies into the learning process, with particular emphasis on their role in personalizing learning, supporting teachers' activities, and fostering the development of students' key competencies. Special attention is given to practical classroom applications of GenAI that enable differentiated instruction, enhance inclusivity, and promote students' cognitive engagement. The analysis also identifies key pedagogical risks, including academic integrity violations, reduced cognitive effort, the presence of unreliable information, and ethical concerns. The necessity of implementing pedagogically grounded strategies for the use of generative AI is substantiated, including the development of AI literacy, the transformation of assessment practices, and adherence to ethical principles. The findings support the value of guided integration of GenAI as a tool for learning support, provided that the teacher maintains a central role in the educational process.

KEYWORDS: generative artificial intelligence, school education, educational potential, pedagogical risks.

ГЕНЕРАЦІЯ ІСТОРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ChatGPT: ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ І ПЕДАГОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ

Тарасюк Марина¹,

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Київ, Україна
E-mail: tarasiuk.maryna@lil.kpi.ua

АНОТАЦІЯ. Досліджено генерацію історичних зображень у безкоштовній версії ChatGPT-4 з історії алкоголю домодерної України. Порівняння 3 концептуальних зображень показало залежність результату від промптів і наявність анахронізмів. ШІ поки непридатний для візуалізації, але корисний для розвитку критичного мислення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: візуалізація історії, ChatGPT-4, ШІ, педагогіка, генерація зображень.

I. Вступ

Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту (далі – ШІ) та їх дедалі активніше застосування в освітньому процесі підвищують інтерес до використання генеративних моделей для створення навчального контенту [3, р. 171; 5, р. 51], як-от візуалізації історичного матеріалу. В умовах цифровізації освіти та відкритого доступу до таких інструментів актуальності набуває питання достовірності генерованих зображень, які студенти активно використовують під час підготовки презентацій тощо. Генеративні моделі здатні створити правдоподібний історичний контент, але з іншого боку він буває неточним або упередженим через так звані «галюцинації» ШІ [6, с. 180]. Це створює ризики формування викривлених уявлень про історичне минуле та підсилює потребу у розвитку критичного мислення в освітньому процесі.

Історіографія проблеми формується на перетині кількох напрямів. В українському науковому просторі питання використання ШІ лише починає набирати обертів. Зокрема, Вадим Мензюлін звертає увагу на наявність спотворень, вигаданих фактів і проблем академічної доброчесності при використанні ChatGPT у гуманітарних дослідженнях [6, с. 195]. У зарубіжній історіографії подібне дослідження про можливості генерації зображень тварин, спорту, людей та інших категорій за допомогою інструменту DALL-E AI, розроблений OpenAI, було здійснено С.Актаєм [5]. Останній високо оцінив можливості ШІ в генерації,

проте важливим нюансом є те, що вони стосуються сучасності, або фантазійних персонажів, а не історичної минувшини [5, р. 61].

Загальною тенденцією сучасних досліджень є перехід від технологічного оптимізму до критичного переосмислення ролі ІІІ в освіті та гуманітарних науках. Нові дослідження зосереджуються на ризиках, пов'язаних із його використанням, хоча більшість із цих пересторог стосуються збереження персональних даних, рівного доступу до технологій ІІІ та «гуманізації» знань для машинного навчання [Див. приклад: 3].

У зв'язку з цим, **метою дослідження** є оцінка можливостей генерації історичних зображень у безкоштовній версії ChatGPT-4, визначення рівня їхньої достовірності та аналіз впливу формулювання текстових запитів (промптів) на якість візуалізації.

II. Методика дослідження

В рамках дослідження потенціалу генерації історичних джерел за допомогою ІІІ, було застосовано експериментальний підхід, який передбачав варіювання текстових запитів – промптів – для генерації зображень та подальший порівняльний аналіз результатів.

Генерація зображень проводилась за допомогою безкоштовної версії ChatGPT-4, оскільки важливим аспектом дослідження була доступність ІІІ-інструментів для користувачів з освітнього середовища, де студенти й викладачі найчастіше мають саме безкоштовний доступ до популярних сервісів ІІІ. Такий підхід узгоджується з принципом рівного доступу до сучасних технологій у навчальному процесі, оскільки дозволяє користувачам генерувати історичні зображення без необхідності платної підписки.

На додачу, текстові промпти формувалися вручну відповідно до дослідницьких цілей та з огляду на потенційного користувача – студента або викладача – гуманітарної спеціалізації. З іншого боку, результати експерименту демонструють, що висновки можуть бути потенційно релевантними й для користувачів технічного спрямування, які попри кращу технічну обізнаність, можуть мати нижчу компетентність у історичній реконструкції.

Для візуалізації обрано історію алкоголю домодерної України через фахову компетентність авторки у цій тематиці та актуальність історії повсякденності в сучасній українській історіографії. Водночас ця тема є показовою для оцінки можливостей ІІІ, адже вимагає точного відтворення контекстуальних деталей (посуду, простору), що часто стає джерелом помилок навіть серед істориків та анахронізмів у згенерованих зображеннях.

Задля досягнення мети визначено чотири основні етапи експерименту, серед чого:

- 1) генерація зображень без деталізації запиту (використовувалися загальні формулювання);
- 2) генерація зображень на основі обмеженого переліку параметрів (з описом базисних характеристик для візуалізації);
- 3) генерація зображень із максимально деталізованим описом (промпти включали історичні факти);
- 4) порівняльний аналіз отриманих результатів і виявлення логіки їх формування із залученням пояснень самого ІІІ (цінювалася точність відтворення історичних елементів, відповідність опису, композиційні особливості та логіка формування зображень, а також враховувалися пояснення ІІІ щодо причин вибору тих чи інших елементів сцени).

Для аналізу на четвертому етапі результати порівнювалися між собою з боку експертної оцінки авторки та водночас самооцінювання ChatGPT з метою подальшого співставлення критеріїв якості. Обрані параметри порівнювання, а саме «опис», «параметри генерації», «рівень відповідності», «виявлені обмеження», дали змогу визначити вплив рівня деталізації на достовірність і освітню цінність генерованих зображень.

III. Експеримент

Кейс 1. На першому кроці дослідження найбільш доцільним видалася перевірка результатів генерації зображень, які система створює «за замовчуванням». Іншими словами, мінімальне втручання користувача в контроль результату.

У зв'язку з цим, дослівно перший запит було задано як: «Згенеруй картинку на тему алкогольних напоїв домодерної доби на українських землях та поясни, що зображено і чому».

Результат запиту – Рис. 1. ШІ додає опис, стверджуючи, що: «Алкогольні напої, як медовуха, пиво, і пізніше горілка, були невід'ємною частиною української культури домодерної доби. Їх виготовлення часто було традиційним ремеслом, пов'язаним з побутом і святкуваннями. Такі напої використовувалися як у повсякденному житті, так і під час обрядів. Зображення передає дух тогочасного життя, де суспільство об'єднувалося навколо спільних занять» [1].

Текстове значення відповідає поглядам, що побутують в українській історичній історіографії та не містить помилок у твердженнях. Проте чат пов'язує ідентичність українців через їхнє житло та побут. Тим часом не так багато уваги виділено зображенню самого алкоголю. Ба більше, перша асоціація ChatGPT-4 з алкоголем – селяни ранньомодерного часу. Деякі елементи зображення містять вагомні помилки як-от скляні бутлі, нехарактерні у такому вигляді для домодерного часу.



Рис. 1. Результат кейсу 1

Кейс 2. Логіка виконання другого завдання передбачала простий набір ключових ознак. У цьому випадку, це зазначення періоду та переліку предметів, характерних до модерної доби. Запит показує, наскільки система має змогу прочитати обмежений контекст і наскільки це впливає на результат, чи стає він більш релевантним.

Другий запит подано текстом: «Згенеруй ілюстрацію на тему алкогольних напоїв домодерної доби на українських землях, який міститиме зображення горілки (т.зв. горілого вина), вина, пива темного та світлого, наливки та медовухи та поясни, що зображено і чому».

Як результат, Рис. 2. У описі зображення ChatGPT-4 пояснює: «Напої розміщені на столі, вкритому українським вишитим рушником, що додає етнічного колориту. Усі напої мали ритуальне, святкове або побутове значення. Фоном слугує сільський краєвид із хатою під солом'яним дахом і соняшниками, що символізує зв'язок із природою та культурним середовищем того часу. Ілюстрація передає багатогранність традиційного виробництва напоїв та їхню роль у соціальному житті.» [1]

Попри прийнятний опис, ілюстрація містить безліч помилок: надписи латиницею, пробки до глечиків (були покритишки), тризуб, використання якого не характерне у домодерний час. ChatGPT-4 знову асоціює український вимір історії виключно із селом. Такою картинкою не варто послуговуватися для наукової презентації, незважаючи на увесь перелік алкоголю. Наданий у промті перелік хмільних напоїв погіршив результат запити. ШІ жертвує якістю виконання запити заради виконання завдання як такого.



Рис. 2. Результат кейсу 2

Кейс 3. На третьому етапі запит передбачав перелік чітко описаних деталей, яких потребує дослідник не лише в рамках візуалізації алкоголю домодерної доби, а й потенційно інших деталей на зображенні. Це завдання тестує глибину розуміння обраної тематики та здатність відтворити історичність в умовах, коли ШІ отримує достатню кількість контексту.

Сам запит до ChatGPT описаний так: «Згенеруй ілюстрацію на тему алкогольних напоїв домодерної доби на українських землях, який міститиме зображення горілки (горілого вина), вина, пива темного та світлого, наливки та медовухи. Місцевість: бенкетний стіл. Посуд: дерев'яні бочки для пива, глечики керамічні глиняні для напоїв, для горілки пляшки літрові, для вина, можуть бути амфори. Зображення не повинні містити надписів. Кухлі можуть бути дерев'яні, або ж керамічні малі глечики для пиття. Не зображати ніякі сучасні українські символи як тризуб, прапор тощо. З картинки не повинно бути зрозуміло село це чи місто, проте може зображатися місцева забудова. Краще зобразити приміщення корчми. На столі повинен бути каганець для освітлення. Можуть бути ложки або дзбани, миски керамічні природного відтінку. Скатертина має бути простою, з природного кольору льону чи коноплі. Поясни алгоритми чому зображення саме такі.»

Отриманий результат – Рис. 3. Коментар ChatGPT-4: «Вибрано інтер'єр корчми, оскільки це місце історично асоціювалося з громадським життям та споживанням напоїв. Приміщення не прив'язане до села чи міста, щоб підкреслити універсальність. Напої: горілка у пляшках як класичний формат подачі для дистильованих напоїв. Вино в амфорах – відображає вплив античних традицій на українські землі. Пиво зберігається в дерев'яних бочках, що були популярними для ферментації і зберігання. Медовуха і наливка подані у керамічних глечиках, які традиційно використовувалися для зберігання та подачі напоїв. Для пиття – дерев'яні кухлі та малі керамічні глечики. Миски та ложки керамічні, природних відтінків, щоб відтворити автентичність побуту. Освітлення: на столі розташований глиняний каганець, що додає теплого, історичного освітлення. Скатертина: льон або конопля, природного кольору, символізує простоту тогочасного побуту. Наявність ложок, мисок і дзбанів створює завершений образ застільної атмосфери. Ілюстрація покликана передати дух побуту домодерної доби. Відсутність сучасних символів робить сцену автентичною і універсальною для будь-якого локального контексту українських земель». [1]

Як наслідок, чат виконав не усі вимоги і, попри заданий параметр, додав тризуб, переслідуючи ідею «українськості». Він також зробив кухлі скляними (омінаючи це в описі), хоча вимоги до посуду були задані. Замість каганця вміщено свічки у канделябрах, що не характерно для корчми. Зайвим елементом є штори. З іншого боку, багато аспектів виконано значно краще порівняно із другим запитом.



Рис. 3. Результат кейсу 3

IV. Аналіз достовірності згенерованих зображень

Перевірка достовірності історичних зображень, створених ChatGPT, відбувалася у два етапи, враховуючи четверте завдання, а саме шляхом самооцінювання ІІІ власних результатів та безпосереднім аналізом генерації з боку фахівця з історії. На мій погляд, цей крок важливо виконати саме у двосторонньому вигляді, адже так модель самостійно визначає рівень своєї компетентності через інтерпретацію та пояснює якість отриманих результатів. Таким чином, дослідник має змогу оцінити не лише потенціал продукту, а й зрозуміти механізм його формування.

На ChatGPT-4 було покладено завдання пояснити застосовані параметри генерації, чому деякі задані параметри не дотримані, створивши обмеження, а також визначити ілюстрацію, яка є найбільш релевантною для інтерпретації українського алкоголю у домодерну добу. Отримана відповідь систематизована в Табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика результатів генерації зображень згідно з ChatGPT

	Кейс 1. (Рис. 1.)	Кейс 2. (Рис. 2)	Кейс 3 (Рис 3.
Опис	Загальна сцена виробництва та споживання алкогольних напоїв у сільській місцевості з людьми. Включає традиційні напої, хоча без чіткого акценту на конкретні види алкоголю.	Створено зосередженість на напоях – горілці, вині, пиві, наливці та медовусі. Напої представлені в посуді, відповідному до історичної доби: амфори, дерев'яні бочки, глечики.	Банкетний стіл у приміщенні, схожому на корчму. Напої подані в різних традиційних посудинах (амфори, пляшки, глечики). Є додаткові елементи – скатертина, каганець, миски.
Параметри генерації	Включення сільського контексту. Додавання елементів, що ілюструють процеси виробництва.	Фокус на деталізації напоїв та їх контейнерів. Створення атмосфери сільського бенкету без акценту на сучасність	Дотримання атмосферного опису приміщення корчми. Зосередження на деталях подачі напоїв та побутових речей.
Рівень відповідності	Часткова. Акцент більше на побуті та процесі виготовлення, ніж на самому алкоголі.	Добра. Напої представлені всі, хоча специфіка наливки та медовухи могла бути деталізованішою.	Найвища. Сцена найближче відповідає ранньомодерному споживанню алкоголю: представлені всі напої (горілка, пиво, медовуха, наливка, вино) у відповідних контейнерах.
Виявлені обмеження	Немає конкретного зображення горілки, вина чи медовухи.	Не всі деталі посуду відповідають запиту (наприклад, наливка не виокремлена чітко).	Візуальні деталі наливки залишилися невиразними.

Найбільш відповідною ілюстрацією до заданих промтів ChatGPT-4 визначив третю картинку, стверджуючи, що вона відповідає концепції українського алкоголю у

ранньомодерну добу. «Вона вдало поєднує атмосферу корчми, традиційний посуд і всі задані види напоїв. Хоча деталізація наливки могла б бути покращена, загальний контекст добре передає історичний аспект культури споживання алкоголю.» [1]

На мій погляд, з трьох згенерованих зображень лише перша містила найменшу кількість помилок з точки зору достовірності, проте мала низьку відповідність запиту – демонстрації алкоголю у домодерній Україні. Друга – найгірше демонструє ранньомодерний період і містить численну кількість помилок. Отже, вузький параметр гуманітарного характеру може погіршити якість виконання запиту. Третя картинка є частково коректною, проте фактичні помилки є грубими (символіка тризуба, сучасні келихи та скляні глечики) і роблять інтерпретацію кострубатою. Не всі параметри III виконує, проте визнає очевидні технічні недоліки генерації в рамках заданих промтів.

Причинами обмеження інтерпретації моделей генерації, ймовірно, є те, що DALL-E не завжди правильно інтерпретує складні або багатосарові описи. Також можна зазначити про технічні обмеження на кшталт складного процесу деталізації малих об'єктів. Наприклад, окремі види наливок, дрібні елементи посуду та декору приміщень. Третьою проблемою є також те, що моделі III часто надають перевагу універсальним візуальним рішенням, навіть якщо вони відходять від заданих умов (тобто вдаються до концептуальної адаптації) [Див. 2].

V. Висновки

Отже, генерація історичних зображень через безкоштовну версію GPT має низький ступінь достовірності і може посприяти формуванню хибного уявлення студентів про одну із історичних тем. Проаналізовані кейси свідчать про потребу інтегрувати до навчання III спеціалізовані історичні корпуси текстів та зображень, а також використовувати методи перевірки та корекції результатів експертами, щоб підвищити точність та освітню цінність генерації.

Проте використання картинок у навчальному процесі має зворотній потенціал. Під час педагогічної діяльності їх можна використовувати для виявлення нехарактерних предметів або рис побуту, кухні для того часу. Таким чином, помилки візуалізації сприятимуть розвитку критичного мислення та вищій обізнаності у питаннях історичної реконструкції.

Перспективно у подальших дослідженнях оцінити можливості генерації історичних зображень, зокрема з використанням платної версії та новіших моделей ChatGPT, а також порівняти результати генерації з іншими системами III, такими як Gemini. З іншого боку, новіші моделі, на кшталт GPT-5.1, уже доступні в обмеженому вигляді безкоштовно для користувачів, що може свідчити про кращі результати візуалізації, принаймні, протягом кількох запитів [4].

VI. Список використаних джерел

- [1] ChatGPT. <https://chatgpt.com/>
- [2] BoostLabs. “10 Limitations of Visual Outputs from DALL-E and Similar AI Generative Models”. URL: <https://boostlabs.com/blog/10-limitations-of-visual-outputs-from-dall-e-and-similar-ai-generative-models/>
- [3] I. García-Martínez, J. M. Fernández-Batanero, J. Fernández-Cerero & S. P. León. “Analysing the Impact of Artificial Intelligence and Computational Sciences on Student Performance: Systematic Review and Meta-analysis”. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 12(1), pp. 171–197, 2023 URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.7821/naer.2023.1.1240.pdf>
- [4] S. Hale. “What Are the Limitations of ChatGPT Free Version? Full Guide You Need to Know”. 2025. URL: <https://www.glbgt.com/hub/what-are-the-limitations-of-chatgpt-free-version-full-guide-you-need-to-know/>
- [5] S. Aktay. “The usability of images generated by artificial intelligence (AI) in education”. *International technology and education journal*, 6(2), pp. 51–62, 2022. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2888675>
- [6] В. Менжулін. “З досвіду використання штучного інтелекту істориком філософії: галюцинації та булшит, креативність та адаптивність”. *Sententiae*, 44(3), с.176–200, 2025. <https://doi.org/10.31649/sent44.03.176>

GENERATION OF HISTORICAL IMAGES IN ChatGPT: ASSESSMENT OF ACCURACY AND PEDAGOGICAL POTENTIAL

Tarasiuk Maryna

ABSTRACT. The generation of historical images in the free version of ChatGPT-4 was studied using the example of beverages in pre-modern Ukraine. Comparison of three conceptual images revealed the dependence of results on prompts and the presence of anachronisms. AI is currently unsuitable for accurate visualization but useful for developing critical thinking.

KEYWORDS: historical visualization, ChatGPT-4, AI, pedagogy, image generation.

ЕТИКА ВИКОРИСТАННЯ ШІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Цирульник Сергій¹, Фабіянська Вікторія¹

¹Вінницький технічний фаховий коледж, Вінниця, Україна

E-mail: sovmsvom@gmail.com, viktoriya.fabiyanska@vtc.vn.ua

АНОТАЦІЯ. У статті розглянуто питання етичного використання штучного інтелекту в освітньому процесі з урахуванням нових законодавчих вимог України. Проаналізовано таксономію застосування генеративного ШІ, визначено допустимі практики та порушення академічної доброчесності. Представлено досвід Вінницького технічного фахового коледжу щодо вдосконалення нормативної бази та впровадження декларації про використання ШІ як інструменту забезпечення прозорості й відповідальності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: академічна доброчесність, штучний інтелект, етика використання ШІ, декларація про застосування GenAI, таксономія GenAI.

I. Вступ

У Рекомендаціях щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти [1] зазначається, що «Інтеграція ШІ у викладання та навчання потребує стратегічного підходу, який відповідає принципам ефективної педагогіки та використовує сильні сторони ШІ для покращення результатів навчання».

1 лютого 2026 року в Україні набрав чинності Закон про академічну доброчесність [2]. Закон вводить нове поняття: «недоброчесне використання результатів штучного інтелекту» – і відносить його до окремого виду порушення академічної доброчесності, нарівні з плагіатом, самоплагіатом і фабрикацією даних [3(4)]. Згідно з новими законодавчими нормами, поняття «недоброчесне використання результатів штучного інтелекту» офіційно класифікується як специфічний вид порушення академічної етики. Це правопорушення прирівнюється до таких фундаментальних порушень, як плагіат, самоплагіат та фальсифікація даних [3].

II. Основна частина

Таксономія використання GenAI [4] забезпечує ґрунтовну та деталізовану класифікацію можливих форм залучення генеративних інструментів до освітнього процесу. Ця модель чітко визначає функціональну роль штучного інтелекту на різних етапах підготовки кваліфікаційних проєктів, наукових статей, тез та навчально-методичних посібників. Зокрема, вона охоплює широкий спектр завдань: від генерації тексту й візуалізацій, перекладу та аналізу літературних джерел до технічного вдосконалення рукопису (коригування стилю, перевірка граматики), управління бібліографією та симуляції процесу рецензування. У табл. 1 систематизовано ці можливості відповідно до повного циклу освітньої діяльності – від початкового структурування контенту до фінального редагування, форматування та експертної оцінки.

Порушення норм доброчесності при роботі з ШІ:

- представлення ШІ-тексту за авторський (плагіат згенерованого контенту);
- написання структурних частин роботи ШІ-інструментами без повідомлення про це;
- автоматичне формування висновків без верифікації даних та посилання на метод;
- підготовка експертних матеріалів (відгуків, рецензій) за допомогою ШІ без розкриття цього факту.

Таксоція використання GenAI [5]

Contribution	Description
Drafting content	AI can help you write different sections of your paper, such as introductions, literature reviews, or methodology descriptions
Generate images	AI can help you generate images for your paper
Text Translation	AI can help you in translating your work or reaching a broader audience
Generate literature review	AI can help you drafting a literature review section starting from a set of relevant papers
Paraphrase and reword	AI can help you express ideas in different ways, ensuring clarity and conciseness
Improve writing style	AI can offer suggestions for sentence structure, word choice, and overall flow
Abstract drafting	AI can draft a concise abstract that captures the gist of your research
Grammar and spelling check	AI can catch errors that you might have missed
Plagiarism detection	AI can help you identify potential plagiarism issues in your own writing
Citation management	AI can help format citations and references according to specific styles (e.g., APA, MLA)
Formatting assistance	AI can ensure your paper adheres to specific formatting guidelines required by journals or institutions
Peer review simulation	AI can simulate peer review by providing feedback on the strengths and weaknesses of your paper
Content enhancement	AI can suggest additional content or research that could strengthen your arguments

Допустимі практики:

- застосування ШІ як асистента за умови обов'язкового зазначення його функціонального внеску;
- ШІ для технічного редагування, перекладу та оформлення із належним інформуванням про це;
- залучення ШІ для обробки даних за умови прозорості методології та критичної верифікації отриманих показників;
- використання ШІ для пошуку ідей чи розробки структури дослідження, що передбачає подальше самостійне наповнення та розвиток теми автором.

З метою забезпечення прозорості та етичної поведінки, учасники освітнього процесу зобов'язані додавати до своїх робіт Декларацію про використання генеративного штучного інтелекту [6, 7]. У цій заяві необхідно чітко розкрити інформацію про те, де саме та в який спосіб інструменти ШІ сприяли роботі (наприклад, під час підготовки рукопису чи генерації ідей). Зокрема, декларація має містити:

- перелік використаних моделей та інструментів з обов'язковим зазначенням їхньої ролі (ChatGPT, Claude, Gemini, спеціалізовані наукові асистенти тощо);
- опис конкретних функцій та завдань, що виконувалися за допомогою ШІ;
- визначення етапу роботи, на якому було залучено ці технології.

З метою врегулювання політики використання штучного інтелекту в освітньому та адміністративному процесах, у 2025 році у Вінницькому технічному фаховому коледжі було вдосконалено внутрішню нормативну базу щодо етики використання ШІ. Зокрема, оновлено Кодекс академічної доброчесності, Положення про дотримання академічної доброчесності педагогічними працівниками та здобувачами освіти та Порядки перевірки академічних текстів щодо дотримання академічної доброчесності здобувачів освіти та педагогічних працівників.

Зокрема, до Положення про дотримання академічної доброчесності педагогічними працівниками та здобувачами освіти були розроблені та додані:

- Розділ 3. Політика та етика використання систем штучного інтелекту (ШІ) в освітньому процесі та діяльності Коледжу;
- Додаток 1. Правила цитування систем штучного інтелекту у Вінницькому технічному фаховому коледжі (відповідно до Додатку 1 Положення про дотримання академічної доброчесності педагогічними працівниками та здобувачами освіти ВТФК) [8-10]).

Декларація про використання генеративного штучного інтелекту в академічних, методичних та наукових текстах учасників освітнього процесу Вінницького технічного

фахового коледжу розроблена у вигляді онлайн-генератора [7] та наводиться на рис. 1. Он-лайн-генератор після заповнення створює текстовий документ (рис. 2), який вставляється перед списком використаних джерел в курсових та кваліфікаційних роботах або додається як окремий документ до методичних робіт або науково-методичних публікацій.

III. Висновки

Для дотримання етичних правил та забезпечення академічної доброчесності, використання інструментів ШІ має базуватися на принципах прозорості та авторської відповідальності:

- документування та декларування: необхідно зафіксувати всі випадки застосування ШІ у списку джерел; перед бібліографією слід розмістити Декларацію про використання генеративного ШІ, де чітко зазначити перелік інструментів, обсяг виконаних ними завдань, обґрунтування їх застосування та опис процедури верифікації отриманих даних;
- адаптація (авторська переробка): згенерований контент має бути лише концептуальною основою або джерелом натхнення; текст необхідно повністю переосмислити та викласти власною мовою; робота має відповідати індивідуальному стилю письма автора, забезпечуючи автентичність та її унікальність.

ВІННИЦЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ	
Декларація про застосування генеративного штучного інтелекту в академічних, методичних та наукових текстах учасників освітнього процесу	
1. Хто делегував завдання *	
Прізвище, ім'я, по батькові або посада	
2. Тема роботи *	
Повна назва теми роботи	
3. Дата та час — заповнюється автоматично	
🕒 19.03.2026, 17:55:28	
4. Таксономія використання GenAI * — позначте завдання; поля розкриються для заповнення	
📄 ЗРАЗОК ЗАПОВНЕННЯ Завдання: Створити огляд літератури Інструмент ШІ: Claude (Anthropic, версія 3.5) Пояснення: Для початкового пошуку літератури та формування структури огляду використовувався AI, який допомагав систематизувати 150+ джерел за тематичними категоріями. Остаточний аналіз літератури та написання тексту виконано автором самостійно.	
	Завдання
☐	Складання контенту ▼
☐	Генерувати зображення ▼

Рис. 1. Форма для заповнення декларації про застосування генеративного штучного інтелекту учасниками освітнього процесу Вінницького технічного фахового коледжу

Декларація
про застосування генеративного штучного інтелекту
в академічних, методичних та наукових текстах учасників
освітнього процесу Вінницького технічного фахового коледжу

1. Хто делегував завдання: Цирульник Сергій Михайлович

2. Тема роботи: ПРАВИЛА ВИКОРИСТАННЯ ШІ

3. Дата та час: 19.03.2026, 17:59:34

4. Таксономія використання GenAI:

Завдання, для яких застосовувався кожен інструмент	Інструмент ШІ, який використовувався	Пояснення
Складання контенту	Perplexity (Google, GPT-5.1, Claude 4.6 Sonnet)	Штучний інтелект допоміг провести пошук літературних джерел, які були опрацьовані автором
Переклад тексту	ChatGPT (Open AI, GPT 5.3) Academic Assistant Pro	Штучний інтелект допоміг у перекладі матеріалів з англійської мови та українську. Виконана авторська правка
Створити огляд літератури	Consensus (OpenAI, GPT-4.1)	Штучний інтелект використовувався для пошуку інформації для розділу Постановка проблеми та опрацьований автором
Управління цитуванням	QuillBot AI Chat. Citation Generator (Open AI, QuillBot Inc, Ghat GPT 4.0)	Штучний інтелект використовувався для оформлення списку літератури за ДСТУ 8302:2015

5. Додаткові коментарі: Claude Opus 4.6 та Claude Sonnet 4.6 (Anthropic) використовувався для генерування коду Html сторінки Декларації про застосування AI

Рис. 2. Приклад заповненої декларації про генеративного штучного інтелекту

IV. Список використаних джерел

- [1] Центр відповідального ШІ. “Штучний інтелект в Україні. Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти”. URL: <https://lnk.ua/4Q9vQEnLe>
- [2] Верховна Рада України. Закон України “Про академічну доброчесність”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4742-20#Text>
- [3] “Закон про академічну доброчесність і штучний інтелект: що змінилося для науковців в Україні”. URL: <https://a-articles.com/ai-akademichna-dobrochesnist-ua/>
- [4] “GenAI Usage Taxonomy”. URL: <https://eur-ws.org/GenAI/GenAIUsageTaxonomy.pdf>
- [5] “GenAI Usage Taxonomy”. URL: <https://eur-ws.org/GenAI/Taxonomy.html>
- [6] “GAIDeT Declaration Generator”. URL: <https://panbibliotekar.github.io/gaidet-declaration>
- [7] “Декларація про застосування генеративного штучного інтелекту в академічних, методичних та наукових текстах учасників освітнього процесу Вінницького технічного фахового коледжу” URL: <http://radio-vtc.inf.ua/ai.html>
- [8] “Положення про дотримання академічної доброчесності педагогічними працівниками та здобувачами освіти Вінницького технічного фахового коледжу”. URL: <https://lnk.ua/DaGY9VpAp>
- [9] С. М. Василюк, В. Ю. Фабіянська, С. М. Цирульник, “Політика забезпечення академічної доброчесності Вінницького технічного фахового коледжу”. *Фахова передвиця і професійна освіта: теорія, методика, практика: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф.*, Київ, Україна: НМЦ ВФПО, 2025, pp. 294–298.
- [10] В. Фабіянська, С. Цирульник, “Формування доброчесного освітнього середовища у Вінницькому технічному фаховому коледжі”. *Розбудова доброчесності та комплаєнсу в Україні: виклики і перспективи євроінтеграції: матеріали Всеукр. конф. з міжнар. участю*, Вінниця, Україна: ТОВ «Друк», 2025, pp. 285–288.

ETHICS OF AI USE IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Tsyurulnyk Serhii, Fabiianska Viktoriia

ABSTRACT. The article examines the ethical use of artificial intelligence in the educational process, considering the new legislative requirements of Ukraine. The taxonomy of generative AI application is analyzed, permissible practices and violations of academic integrity are identified. The experience of Vinnytsia Technical Professional

College in improving the regulatory framework and implementing a declaration on the use of AI as a tool for ensuring transparency and responsibility is presented.

KEYWORDS: academic integrity, artificial intelligence, AI ethics, GenAI declaration, GenAI taxonomy.

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПОДОЛАННІ ОСВІТНІХ ВТРАТ

Хао Чжоу

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка, Суми, Україна

E-mail: hao.zhou@fizmatsspu.sumy.ua

АНОТАЦІЯ. Проаналізовано потенціал штучного інтелекту як засобу виявлення, компенсації та попередження освітніх втрат. Показано, що сучасні ШІ-інструменти можуть посилювати адресність педагогічної підтримки, допомагати в ранній діагностиці навчальних прогалин, адаптації змісту навчання та моніторингу поступу здобувачів освіти. Обґрунтовано, що використання ШІ в цій сфері є доцільним лише за умови педагогічного контролю, етичної виваженості та орієнтації на освітню справедливість. Визначено функції ШІ в подоланні освітніх втрат, окреслено відповідні рамки його застосування..

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, освітні втрати, навчальне відновлення, персоналізоване навчання, адаптивна підтримка, освітня нерівність, освіта.

I. Вступ

Освітні втрати стали однією з найбільш помітних проблем сучасної освіти. Спочатку вони розглядалися передусім як наслідок тимчасового переривання очного навчання, однак подальші дослідження переконливо показали, що йдеться про значно складніше явище. Освітні втрати виникають не лише через пропуск певного змісту навчання, а й через нерівномірність доступу до ресурсів, різний рівень педагогічної підтримки, нестійкість освітнього середовища та відмінності у вихідних можливостях здобувачів освіти. Саме тому сьогодні їх доцільно тлумачити як системне явище, що поєднує академічні прогалини, соціальну вразливість і ризик подальшого поглиблення освітньої нерівності [1]. Для України ця проблема набуває особливої ваги, оскільки наслідки пандемії поєдналися з воєнними викликами, вимушеним переміщенням, фрагментацією освітніх траєкторій та нестабільним доступом до безпечного навчального простору.

У таких умовах традиційні компенсаторні підходи, що ґрунтуються на однакових для всіх формах «надолуження програми», дедалі частіше виявляються недостатніми. Освітні системи потребують інструментів, які дозволяють не лише фіксувати факт відставання, а й бачити його структуру, своєчасно виявляти групи ризику, добирати адекватні форми підтримки та постійно відстежувати динаміку навчального відновлення. Саме в цій площині привертає увагу штучний інтелект (ШІ). У міжнародних документах він розглядається не лише як технологічна новація, а й як інструмент, здатний посилити персоналізацію навчання, підтримати вчителя в роботі з неоднорідними групами і зробити освітні рішення більш чутливими до реальних потреб конкретного здобувача освіти. Водночас і UNESCO, і OECD, і Світовий банк наголошують, що результативність ШІ не є автоматичною. Вона залежить від якості даних, доступності цифрової інфраструктури, професійної готовності педагога та наявності етичних запобіжників [2; 3; 7].

II. Основна частина

Мета нашого дослідження полягає в обґрунтуванні потенціалу ШІ як інструменту виявлення, компенсації та попередження освітніх втрат, а також у визначенні педагогічних умов його доцільного використання в освітньому процесі. Відповідно до цієї мети увагу зосереджено на трьох взаємопов'язаних питаннях: яким чином ШІ може посилити діагностику освітніх прогалин, як він може підтримувати персоналізоване навчальне відновлення, і які ризики слід враховувати, щоб технологічні рішення не посилили вже наявну нерівність.

Передусім слід наголосити, що одним із найперспективніших напрямів використання ШІ є раннє виявлення освітніх втрат. На відміну від традиційного підходу, за якого відставання

часто фіксується запізно і лише на рівні підсумкових результатів, ІІІ-інструменти здатні працювати з поточними освітніми даними, аналізувати типові помилки, темп виконання завдань, повторюваність труднощів, динаміку засвоєння окремих тем і навіть виявляти приховані закономірності в навчальній поведінці. Це відкриває можливість переходу від загальної констатації «низького рівня» до точнішого розуміння того, які саме елементи знань чи вмінь залишаються несформованими. Такий підхід є важливим, оскільки дозволяє бачити не просто факт прогалини, а її структуру. Для вчителя це означає підвищення точності педагогічних рішень, а для здобувача освіти – вищу ймовірність отримати своєчасну і релевантну підтримку.

Другий напрям пов'язаний з персоналізованою компенсацією освітніх втрат. Сьогодні все більшої уваги набувають адаптивні платформи, інтелектуальні тьюторські системи, генеративні моделі для створення диференційованих вправ і рекомендаційні механізми, здатні добирати навчальний матеріал відповідно до рівня підготовки, темпу навчання та типових труднощів конкретного здобувача освіти. Їх педагогічна цінність полягає не в самій технологічності, а в тому, що вони дозволяють реалізувати те, що давно визнається умовою ефективного навчального відновлення: навчати не «за середнім рівнем класу», а за фактично наявним у здобувача рівня освіти рівнем. У цьому сенсі ІІІ може суттєво посилювати адресність допомоги, особливо там, де вчитель працює з великою та неоднорідною групою. Таке використання ІІІ добре узгоджується із сучасною логікою подолання освітніх втрат, яка передбачає не механічне «підтягування» всіх до спільного стандарту, а гнучке, диференційоване навчальне відновлення [5].

Третій важливий аспект стосується підтримки самого вчителя. У дискусіях про ІІІ в освіті нерідко акцент зміщується на автономні можливості системи, проте реальна педагогічна цінність таких технологій полягає насамперед у тому, що вони можуть посилити професійну спроможність педагога. Вчитель отримує додаткові інструменти для аналізу даних, виявлення груп ризику, добору диференційованих завдань, формульовального оцінювання і відстеження навчальної динаміки. У разі грамотного використання ІІІ це може зменшити рутинне навантаження й вивільнити час для того, що не піддається автоматизації: педагогічного супроводу, пояснення складних місць, підтримки мотивації, емоційного контакту, роботи з родиною. Саме тут проходить принципова межа між педагогічно виправданим і спрощеним технократичним використанням ІІІ. Він не повинен підміняти професійне судження вчителя, але може зробити це судження більш інформованим і обґрунтованим [4].

Не менш важливо розглядати ІІІ крізь призму освітньої справедливості [6]. Поряд із потенційними перевагами міжнародні документи наголошують і на серйозних ризиках. Серед них – алгоритмічна упередженість, залежність якості висновків від якості вхідних даних, ризику порушення конфіденційності, непрозорість механізмів ухвалення рішень, а також небезпека посилення цифрової нерівності. Якщо ІІІ-сервіси будуть доступні лише тим закладам освіти, які вже мають кращу технічну базу, або якщо вони працюватимуть на даних, що не відображають потреб уразливих груп, то замість зменшення освітніх втрат можна отримати їх нове відтворення в цифровій формі. Саме тому використання ІІІ в подоланні освітніх втрат має спиратися на кілька обов'язкових умов: людський контроль над інтерпретацією результатів, прозорість критеріїв, захист персональних даних, інклюзивний дизайн і підготовка педагогів до критичного використання таких ІІІ-інструментів.

III. Висновки

Отже, результати проведеного теоретичного аналізу наукових джерел свідчать, що : (1) ІІІ має потенціал посилити раннє виявлення освітніх втрат через аналіз навчальних даних і точніше розпізнавання структурних прогалин; (2) ІІІ здатний підвищити адресність підтримки завдяки адаптивному добору змісту, темпу та рівня складності навчальних завдань; (3) ІІІ може стати інструментом професійної підтримки вчителя, якщо використовується як допоміжний засіб аналізу та планування, а не як заміна рішень вчителя; (4) результативність ІІІ безпосередньо залежить від дотримання етичних вимог, цифрової доступності та орієнтації

на зменшення, а не відтворення освітньої нерівності. Саме за таких умов ІІІ може стати одним із чинників зменшення освітніх втрат і водночас засобом посилення освітньої справедливості.

IV. Список використаних джерел

- [1] B. A. Bethäuser, A. M. Bach-Mortensen, and P. Engzell, "A systematic review and meta-analysis of the evidence on learning during the COVID-19 pandemic," *Nature Human Behaviour*, vol. 7, no. 3, pp. 375–385, 2023. doi: <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01506-4>.
- [2] E. Molina, C. Cobo, J. Pineda, and H. Rovner, *AI revolution in education: What you need to know*. Washington, DC: World Bank, 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/10986/41806>.
- [3] F. Miao and W. Holmes, *Guidance for generative AI in education and research*. Paris: UNESCO, 2023. doi: <https://doi.org/10.54675/EWZM9535>.
- [4] H. A. Patrinos, E. Vegas, and R. Carter-Rau, "An analysis of COVID-19 student learning loss," *World Bank Policy Research Working Paper No. 10033*, 2022. doi: <https://doi.org/10.1596/1813-9450-10033>.
- [5] Nickow, P. Oreopoulos, and V. Quan, "The impressive effects of tutoring on PreK-12 learning: A systematic review and meta-analysis of the experimental evidence," *NBER Working Paper No. 27476*, 2020. doi: <https://doi.org/10.3386/w27476>.
- [6] S. Varsik and L. Vosberg, "The potential impact of artificial intelligence on equity and inclusion in education," *OECD Artificial Intelligence Papers*, no. 23, *OECD Publishing*, Paris, 2024. doi: <https://doi.org/10.1787/15df715b-en>.
- [7] World Bank, *Learning recovery to acceleration: A global update on country efforts to improve learning and reduce inequalities*. Washington, DC: World Bank, 2023. [Online]. Available: <https://www.worldbank.org/>.

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OVERCOMING LEARNING LOSSES

Hao Zhou

ABSTRACT. The potential of artificial intelligence as a tool for identifying, compensating for, and preventing learning losses is analyzed. It is shown that modern AI tools can enhance the targeting of pedagogical support, assist in the early diagnosis of learning gaps, support the adaptation of educational content, and facilitate the monitoring of students' progress. It is substantiated that the use of AI in this area is appropriate only under conditions of pedagogical supervision, ethical responsibility, and a focus on educational equity. The functions of AI in overcoming learning losses are identified, and the relevant frameworks for its application are outlined.

KEYWORDS: artificial intelligence, learning losses, learning recovery, personalized learning, adaptive support, educational inequality, education.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ: РИЗИКИ ВТРАТИ НАВИЧОК ПОШУКУ ТА ПЕРЕВІРКИ ІНФОРМАЦІЇ

Хацько Владислав¹, Назарова Ірина¹

Донецький національний технічний університет, Дрогобич, Україна
E-mail: vladyslav.khatsko.kita@donntu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто вплив генеративного ІІІ на освітній процес. Показано, що основний ризик полягає у переході від допоміжного використання ІІІ до підміни самостійного мислення здобувача освіти, що послаблює критичне мислення та навички перевірки інформації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний штучний інтелект, критичне мислення, інформаційна грамотність, верифікація джерел, академічна доброчесність.

I. Вступ

Сучасний освітній процес дедалі активніше інтегрує інструменти генеративного штучного інтелекту. Вони застосовуються для пояснення складних тем, створення конспектів, добору прикладів, підготовки чернеток та швидкого пошуку відповідей на навчальні запитання. Така доступність і швидкість отримання результату істотно змінює логіку навчальної діяльності й робить ІІІ звичним інструментом повсякденної роботи студента [1].

Разом із позитивними можливостями виникає і суттєвий ризик. Якщо здобувач освіти починає сприймати відповідь моделі не як допоміжний матеріал, а як готове знання, то поступово втрачається потреба у самостійному пошуку, перевірці джерел, побудові аргументації та критичному аналізі отриманої інформації. Це може призводити до ситуації, коли зовнішньо правильний результат не супроводжується реальним засвоєнням змісту та розвитком мислення [2].

У науковій і методичній літературі дедалі частіше підкреслюється, що проблема полягає не в самому факті використання генеративного ШІ, а в характері його використання. Коли технологія підтримує навчання, вона може бути корисною; коли ж підміняє розумові дії студента, вона починає послаблювати механізми формування критичного мислення та інформаційної грамотності [1], [4].

II. Аналіз впливу генеративного ШІ на навчальну діяльність

Поширення генеративного ШІ в освіті змінює сам характер навчальної діяльності. Значна частина дій, які раніше вимагали інтелектуального зусилля, тепер може бути виконана за кілька секунд: від первинного формулювання відповіді до узагальнення матеріалу, побудови прикладів або створення зв'язного тексту. Це підвищує ефективність роботи з інформацією, але водночас скорочує кількість ситуацій, у яких студент змушений самостійно аналізувати, порівнювати та перевіряти дані [2].

Умовно можна видокремити дві моделі використання таких інструментів. Перша модель, AI-assisted learning, передбачає, що ШІ виступає допоміжним інструментом: він допомагає зрозуміти тему, підказує структуру, пропонує варіанти формулювань або приклади, але ключові когнітивні дії - пошук джерел, верифікація, інтерпретація та формулювання висновку - залишаються за студентом. Друга модель, AI-replaced thinking, виникає тоді, коли модель фактично виконує основну інтелектуальну роботу, а здобувач освіти лише редагує вже сформований результат.

Саме перехід до другої моделі є найбільш проблемним. У такому разі навчальний процес починає втрачати свою розвивальну функцію, оскільки студент отримує відповідь без проходження шляху, який формує здатність до сумніву, перевірки та аргументованого мислення. Для наочного порівняння двох моделей використання штучного інтелекту в освітньому процесі на Рис. 1 подано схему, що демонструє відмінність між допоміжним та замісним використанням ШІ.

II. Ризики для критичного мислення та перевірки інформації

Критичне мислення передбачає здатність ставити уточнювальні запитання, перевіряти факти, оцінювати надійність джерел, зіставляти альтернативні позиції та формулювати власний висновок. Якщо студент звикає покладатися на готову відповідь моделі, ці дії поступово скорочуються. Через це знижується не лише якість роботи з інформацією, а й рівень самостійності у навчанні. Дослідження показують, що надмірна залежність від систем ШІ може бути пов'язана з послабленням критичного мислення та зростанням когнітивної пасивності [4].

Окрему небезпеку становить проблема достовірності. Генеративні моделі можуть створювати правдоподібні, але неточні або повністю хибні твердження. Такі помилки особливо небезпечні тоді, коли студент сприймає відповідь ШІ як авторитетну без додаткової перевірки. У цьому випадку в освітньому процесі формується хибна звичка довіряти зовнішньо переконливому тексту більше, ніж перевіреному джерелу. Саме тому сучасні підходи до інтеграції ШІ в освіту наголошують на необхідності збереження людського контролю над оцінюванням якості інформації [1], [3].

Ще одне слабе місце пов'язане з так званим ефектом когнітивної «милиці», коли технологія полегшує виконання завдання настільки, що студент витрачає менше зусиль на осмислення матеріалу. У короткостроковій перспективі це може підвищувати зручність і швидкість виконання роботи, однак у довгостроковій перспективі знижує міцність знань та

ускладнює формування стійких навичок аналізу, аргументації і застосування знань у нових ситуаціях [5].

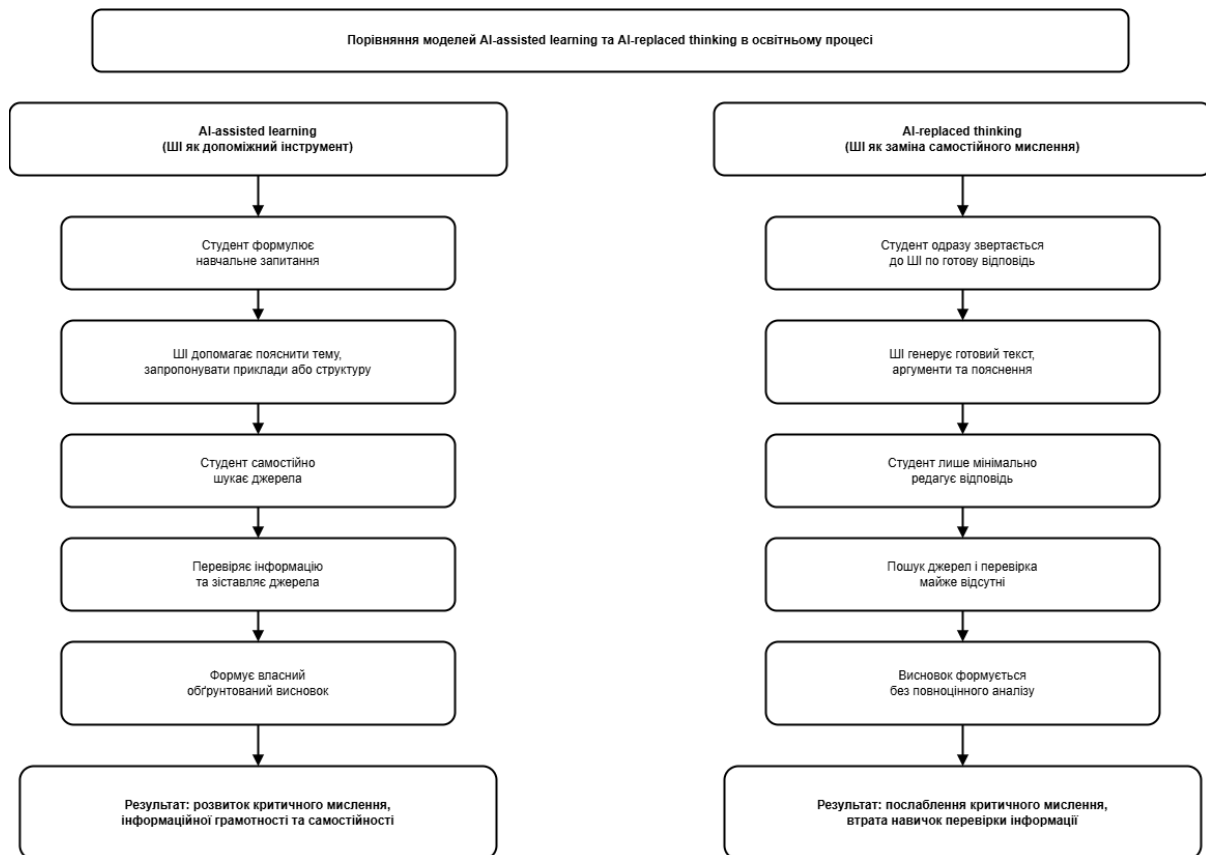


Рис. 1. Порівняння моделей допоміжного та замісного використання ШІ в освітньому процесі.

II. Педагогічні орієнтири відповідального використання ШІ

За цих умов важливо змістити акцент з простого отримання правильно оформленого результату на процес мислення. Значення набуває не лише підсумковий текст, а й те, наскільки здобувач освіти здатний пояснити джерела інформації, обґрунтувати власну позицію, показати логіку перевірки фактів і довести, що він самостійно виконав аналітичну роботу. Такий підхід узгоджується з рекомендаціями щодо людиноцентричного та відповідального використання генеративного ШІ у вищій освіті [2].

Отже, педагогічні практики мають бути спрямовані на збереження ролі студента як активного суб'єкта мислення. ШІ доцільно використовувати як інструмент підтримки: для пояснення, структурування, пошуку напрямів аналізу, мовного вдосконалення тексту. Натомість перевірка джерел, оцінка достовірності, побудова аргументації та остаточний висновок повинні залишатися за людиною. Лише за такої умови генеративний ШІ посилює освітній процес, а не підміняє його розвивальний зміст [1], [2], [6].

V. Висновки

Генеративний штучний інтелект створює як нові можливості, так і нові ризики для сучасної освіти. Основна проблема полягає у переході від допоміжного використання ШІ до ситуації, коли він підміняє самостійний аналіз, пошук і перевірку інформації. Найбільш уразливими в таких умовах стають навички верифікації джерел, аргументації та усвідомленого формування висновків. Для збереження якості освіти необхідно розглядати ШІ як інструмент підтримки, а не як заміну інтелектуальної діяльності студента.

Подальший розвиток освітніх практик має бути спрямований на таку інтеграцію ШІ, за якої він посилює навчання, але не підміняє самостійне мислення здобувача освіти.

IV. Список використаних джерел

- [1] F. Miao and W. Holmes, *Guidance for Generative AI in Education and Research*. Paris, France: UNESCO, 2023.
- [2] Ministry of Digital Transformation of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine, *Штучний інтелект у закладах вищої освіти: рекомендації для викладачів, студентів і працівників ЗВО*, 2025. [Online]. Available: <https://storage.thedigital.gov.ua/files/5/b5/1de422b38985d037d9ba8f9f6cb2ab58.pdf>
- [3] P. Sahoo, P. Meharia, A. Ghosh, S. Saha, V. Jain, and A. Chadha, "A comprehensive survey of hallucination in large language, image, video and audio foundation models," in *Findings Assoc. Comput. Linguistics: EMNLP 2024*, Miami, FL, USA, Nov. 2024, pp. 11709–11724, doi: 10.18653/v1/2024.findings-emnlp.685.
- [4] J. Tian and R. Zhang, "Learners' AI dependence and critical thinking: The psychological mechanism of fatigue and the social buffering role of AI literacy," *Acta Psychol.*, vol. 260, Art. no. 105725, 2025, doi: 10.1016/j.actpsy.2025.105725.
- [5] A. Barcaui, "ChatGPT as a cognitive crutch: Evidence from a randomized controlled trial on knowledge retention," *Soc. Sci. Humanit. Open*, vol. 12, Art. no. 102287, 2025, doi: 10.1016/j.ssaho.2025.102287.
- [6] R. Yavich, "Will the use of AI undermine students independent thinking?" *Educ. Sci.*, vol. 15, no. 6, Art. no. 669, 2025, doi: 10.3390/educsci15060669.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS: RISKS OF LOSS OF INFORMATION SEARCH AND VERIFICATION SKILLS

Vladyslav Khatsko, Iryna Nazarova

ABSTRACT. The paper examines the impact of generative AI on education. The main risk lies in the shift from supportive use of AI to the substitution of students' independent thinking, which weakens critical thinking and information verification skills.

KEYWORDS: generative artificial intelligence, critical thinking, information literacy, source verification, academic integrity.

AI-АСИСТОВАНЕ НАВЧАННЯ ЯК СУЧАСНА МОДЕЛЬ ПІДГОТОВКИ ІТ-ФАХІВЦІВ

Шевченко Ілона¹

¹Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна
E-mail: ilona.shevchenko@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У роботі розглянуто застосування штучного інтелекту як сучасного інструменту підготовки ІТ-фахівців: персональний тьюторинг, генерація задач і прикладів коду, тренер з дебагінгу, навчання через пояснення, підготовка до співбесід, симуляція code review, побудова індивідуальних навчальних траєкторій, генерація навчальних матеріалів. Показано, що AI не замінює викладача, а суттєво підсилює його можливості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, ІТ-освіта, AI-асистоване навчання.

I. Вступ

Стрімкий розвиток штучного інтелекту кардинально змінює всі сфери людської діяльності, і освіта не є винятком [1]. Традиційні моделі підготовки ІТ-фахівців, побудовані на лекціях, типових лабораторних роботах та стандартизованих завданнях, вже не відповідають вимогам сучасного ринку праці. Роботодавці очікують від випускників не лише знання теорії, а й здатності швидко адаптуватися, вирішувати нестандартні задачі та безперервно навчатися протягом усієї кар'єри. Попит на кваліфікованих ІТ-розробників, аналітиків даних та спеціалістів із кібербезпеки збільшується, однак виникає парадокс: традиційна освіта виробляє фахівців занадто повільно, а програми навчання часто відстають від реальних технологічних трендів на 3-5 років [2].

Саме тут на допомогу приходять системи на основі штучного інтелекту (Artificial Intelligence, AI). Великі мовні моделі (Large Language Model, LLM), такі як GPT (від OpenAI), Claude (від Anthropic), Gemini (від Google) та ін., відкривають принципово нові можливості

для персоналізованого, інтерактивного та масштабованого навчання. AI здатен виступати одночасно в ролі терплячого і невтомного тьютора (асистента), суворого рецензента коду та генератора нескінченної кількості практичних завдань. Все це робить AI-асистоване навчання не просто доповненням до традиційного освітнього процесу, а повноцінною сучасною моделлю підготовки IT-фахівців.

Метою роботи є аналіз можливостей та переваг використання штучного інтелекту як комплексного інструменту в підготовці IT-фахівців (Рис. 1).

II. Основна частина

AI як персональний тьютор з програмування

Одним із найважливіших застосувань AI у навчанні програмуванню є роль персонального тьютора, доступного цілодобово. На відміну від традиційного викладача, AI-тьютор може одночасно працювати з тисячами здобувачами освіти, адаптуючи пояснення під рівень знань кожного. Коли здобувач освіти не розуміє концепцію рекурсії або не може збагнути принцип роботи вказівників у C++, AI пояснить це стільки разів і в стільки способів, скільки потрібно: через аналогії з реального життя, через покрокові візуалізації, через інтерактивні запитання.

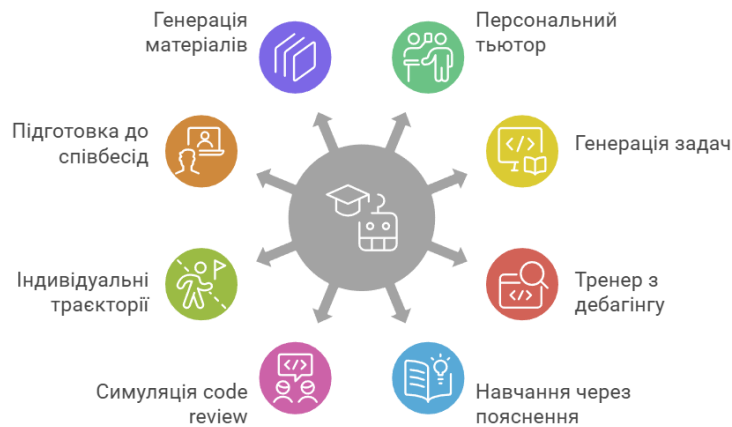


Рис. 1. Використання AI у підготовці IT-фахівців

Принципова відмінність від пошуку відповіді на Stack Overflow полягає у діалогічності. AI не просто дає готову відповідь – він ставить уточнюючі запитання, виявляє прогалини у розумінні здобувача освіти та спрямовує його до правильного рішення через навідні підказки. Цей підхід формує значно глибше розуміння, ніж пасивне читання документації.

Генерація нескінченних практичних задач та прикладів коду

Практика є основою опанування програмування, однак традиційні підручники пропонують обмежений набір задач, і після їх розв'язання здобувач освіти стикається із дефіцитом матеріалу для тренування. AI вирішує цю проблему радикально: він здатен генерувати практично нескінченну кількість задач різної складності на будь-яку тему – від базових алгоритмів сортування до складних задач із розподіленими системами.

Ключова перевага полягає у можливості контекстуалізації задач, AI генерує задачі не в абстрактному вигляді, а в контексті, близькому до реальних проєктів: «Реалізуйте REST API для системи бронювання квитків» або «Напишіть парсер для обробки фінансових CSV-файлів». Це суттєво підвищує мотивацію здобувача освіти та допомагає подолати розрив між академічним навчанням і практичними вимогами індустрії.

Також слід відзначити генерацію прикладів коду, AI здатен ілюструвати одну і ту ж концепцію в різних мовах програмування (Python, JavaScript, Go, Rust тощо), демонструвати еволюцію коду від наївної реалізації до оптимізованого рішення, показувати антипатерни поряд із правильними підходами. Такий багатовимірний погляд формує системне розуміння матеріалу.

AI як тренер з дебагінгу

Дебагінг (Debugging) – це навичка, якій доволі складно навчити традиційними методами, адже кожна помилка унікальна і вимагає індивідуального підходу. AI-тренер з дебагінгу може аналізувати код здобувача освіти, виявляти потенційні проблеми, пояснювати причини помилок та навчати систематичного підходу до їх усунення.

Особливо цінним є те, що AI не просто вказує на помилку, а пояснює, чому вона виникла і як запобігти їй у майбутньому. Наприклад, при виникненні помилки типу `NullPointerException` у Java, AI пояснить концепцію нульових посилань, покаже, як правильно перевіряти значення на `null`, і запропонує альтернативні патерни, такі як `Optional`. Це формує у здобувачів освіти навичку «думати як дебагер», тобто бачити код не як статичний текст, а як динамічний процес, що піддається логічному аналізу. Це одна з найважливіших компетенцій практикуючого розробника.

Навчання через пояснення

Один із найефективніших методів закріплення знань – *Learning by Teaching* – полягає в тому, щоб пояснити матеріал іншій людині. Психологи та педагоги описали цей феномен і назвали «ефектом протезе»: формулюючи пояснення, ми самі глибше розуміємо матеріал і виявляємо власні прогалини у знаннях [3]. AI дозволяє зробити цей метод масово доступним.

Здобувач освіти може попросити AI зіграти роль початківця і пояснити йому, наприклад, як працює HTTP-протокол або що таке поліморфізм. AI буде ставити «наївні» запитання, виявляти нечіткості у поясненні та спонукати здобувача освіти формулювати думки точніше. Такий діалог є значно ефективнішим, ніж читання конспекту перед іспитом, адже активізує не пам'ять, а розуміння.

Генерація документації та симуляція code review

Культура якісної документації та рецензування коду – це те, що відрізняє початківця від професійного розробника, який працює в команді. Треба зазначити, що в навчальному процесі цим питанням традиційно приділяється мало уваги, тоді як AI відкриває можливість системно тренувати ці обидві навички.

Здобувач освіти може попросити AI написати документацію до свого коду і побачити, як виглядає якісний docstring або файл `README.md`. Але ще цінніше попросити AI відрецензувати написаний ним код у стилі досвідченого senior-розробника. AI вкаже на порушення принципів SOLID, запропонує рефакторинг, виявить потенційні вразливості безпеки та проблеми з продуктивністю. Це емулює реальний процес code review у команді та готує здобувача освіти до роботи в індустрії.

Варто зазначити, що симуляція code review є двонаправленою: здобувач освіти може і сам рецензувати код, згенерований або навмисно «зіпсований» AI, що також є ефективним тренуванням критичного мислення та уваги до деталей.

Індивідуальні навчальні траєкторії

Традиційна групова освіта має суттєвий недолік: вона орієнтована на умовного «середнього» за рівнем здобувача освіти. Хтось нудьгує через занадто повільний темп, хтось панікує через занадто швидкий. AI дозволяє реалізувати по-справжньому адаптивне навчання, де темп, глибина та контент підлаштовуються під конкретного здобувача освіти.

Системи AI-асистованого навчання здатні відстежувати прогрес здобувача освіти, виявляти теми, в яких є прогалини, і автоматично коригувати навчальну програму [4]. Здобувачу освіти, який чудово розуміє алгоритми, але має проблеми з базами даних, система запропонує більше матеріалів з SQL та NoSQL. Той, хто хоче спеціалізуватися в машинному навчанні (machine learning), отримає поглиблений курс лінійної алгебри та статистики. Така персоналізація кардинально підвищує ефективність навчання.

Підготовка до технічних співбесід

Технічна співбесіда – це окреме мистецтво, яке вимагає специфічних навичок: вміння думати вголос (Think Aloud Protocol), розв'язувати задачі під тиском обмеженого часу, чітко пояснювати свої кроки та ідеї. Треба зазначити, що AI є ідеальним тренером для підготовки до таких співбесід.

Здобувач освіти може проводити симульовані технічні інтерв'ю з AI в ролі інтерв'юера: розв'язувати задачі на LeetCode-рівні з розбором, обговорювати системний дизайн, відповідати на поведінкові запитання за методологією STAR. AI надає детальний зворотній зв'язок після кожної сесії, вказує на типові помилки та пропонує оптимальні стратегії. Це значно ефективніше і дешевше, ніж оформлення підписки на спеціалізованій платформі для підготовки до співбесід.

Генерація навчальних матеріалів викладачем

AI-інструменти трансформують не лише процес навчання здобувачів освіти, а й роботу самих викладачів. Підготовка якісного навчального матеріалу традиційно займає величезну кількість часу. Викладач може попросити AI згенерувати набір завдань різної складності на конкретну тему, розробити критерії оцінювання, підготувати варіанти екзаменаційних білетів, скласти план лекції, згенерувати презентацію, прорецензувати власний навчальний посібник тощо. Крім того AI здатен адаптувати одну і ту ж тему для здобувачів освіти різного рівня підготовки.

AI стає незамінним асистентом у розробці нестандартних практичних кейсів, що базуються на реальних ситуаціях або актуальних новинках галузі. Замість застарілих прикладів із підручників, викладач може надавати здобувачам освіти «живі» сценарії, які максимально наближають навчання до майбутньої професійної діяльності. Це підвищує залученість здобувачів освіти, а також робить навчання актуальним, суттєво скорочуючи розрив між академічною підготовкою в університеті та реальними викликами професійного середовища.

AI автоматизує діяльність викладача, звільняючи його для більш важливої функції: наставництва, емоційної підтримки, формування у здобувачів освіти правильного мислення.

III. Висновки

AI-асистоване навчання є не черговою технологічною модою, а принциповим зрушенням у підходах до підготовки IT-фахівців. Розглянуті у роботі напрямки застосування AI у сукупності формують принципово нову освітню екосистему, де:

- навчання є персоналізованим і адаптується до темпу та стилю кожного здобувача освіти;
- практичного матеріалу для тренування стає необмежено багато;
- зворотній зв'язок є миттєвим, детальним та конструктивним;
- здобувач освіти може розвивати не лише технічні (hard), а й «м'які» (soft) навички: комунікацію, документування, рецензування;
- викладач отримує потужні інструменти для підвищення якості навчальних матеріалів.

Важливо наголосити, що AI не замінює викладача – він тільки посилює його можливості. Критичне мислення, формування цінностей, наставництво, мотивація та емоційна підтримка залишаються прерогативою людини. Проте технічну, рутинну частину освітнього процесу AI здатен виконувати з якістю та масштабом, недосяжними для будь-якого традиційного підходу.

Виклик для освітніх інституцій сьогодні – не в тому, чи впроваджувати AI у навчальний процес, тому що це вже неминуче, а в тому, як зробити це грамотно: зберегти академічну доброчесність, навчити студентів ефективно взаємодіяти з AI як інструментом, а не залежати від нього, і сформувати IT-фахівців, здатних критично оцінювати та вдосконалювати результати роботи AI.

Майбутнє IT-освіти – за гібридними моделями, де AI і викладач доповнюють одне одного, а здобувач освіти знаходиться в центрі персоналізованого, динамічного та безперервного навчального середовища.

IV. Список використаних джерел

- [1] O. Zawacki-Richter et al., "Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?" *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 16, p. 39, 2019. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>.
- [2] IBM Institute for Business Value, "Tech Talent Shortage: Why niche technical skills become outdated in approximately 2.5 years," *IBM Think*, 2023. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/think/insights/tech-talent-shortage>

- [3] J. F. Nestojko, D. C. Bui, N. Kornell, and E. L. Bjork, "Expecting to teach enhances learning and organization of knowledge in free recall of text passages," *Memory & Cognition*, vol. 42, no. 7, pp. 1038–1048, 2014, doi: 10.3758/s13421-014-0416-z.
- [4] Hariyanto, F. X. D. Kristianingsih, and R. Maharani, "Artificial intelligence in adaptive education: A systematic review of techniques for personalized learning," *Discover Education*, vol. 4, p. 458, 2025, doi: 10.1007/s44217-025-00908-6.

AI-ASSISTED LEARNING AS A MODERN MODEL FOR TRAINING IT PROFESSIONALS

Iлона Шевченко

ABSTRACT. The paper examines the application of Artificial Intelligence as a modern tool for training IT specialists: personal tutoring, generation of problems and code examples, debugging coaching, learning through explanation, interview preparation, code review simulation, construction of individual learning trajectories, and generation of educational materials. It is demonstrated that AI does not replace the teacher but significantly enhances their capabilities.

KEYWORDS: artificial intelligence, IT education, AI-assisted learning.

NOTEBOOKLM: ЯК ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЗМІНЮЄ ПРОЦЕС НАВЧАННЯ

Шевченко Ілона¹, Шевченко Тимур¹

¹Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна
E-mail: ilona.shevchenko@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Розглянуто платформу NotebookLM від Google як приклад застосування генеративного штучного інтелекту (ШІ) в освітньому процесі. Проаналізовано ключові функції системи, її переваги для здобувачів освіти і викладачів, а також виклики, пов'язані з упровадженням ШІ-інструментів у навчання. Окреслено перспективи розвитку персоналізованого навчання на основі інтелектуальних асистентів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний ШІ, NotebookLM, освітні технології, персоналізоване навчання.

I. Вступ

Цифровізація освіти стрімко змінює підходи до навчання, а поява великих мовних моделей (Large Language Model, LLM) відкриває якісно нові можливості для здобувачів освіти, викладачів та дослідників. Попереднє покоління освітніх платформ – системи управління навчанням (Learning Management Systems, LMS), серед яких найпопулярнішими є Moodle і Google Classroom, переважно автоматизовували адміністративні процеси (розклад, журнал успішності, тестування тощо). Сучасні ШІ-інструменти здатні безпосередньо взаємодіяти зі змістом навчального матеріалу, виступаючи в ролі інтелектуального тьютора здобувача освіти, який легко адаптується під рівень знань того, хто навчається, знаходить прогалини, надає підказки та навчає конкретному матеріалу [1].

Метою роботи є аналіз функціонального потенціалу NotebookLM [2] в освітньому процесі, виявлення його ключових переваг і обмежень, а також оцінка перспектив упровадження подібних інструментів в освіті.

II. Основна частина

Архітектура та принципи роботи NotebookLM

Серед нових платформ особливу увагу привертає NotebookLM, запущений компанією Google у 2023 році. Проєкт позиціонується не як черговий чат-бот, а як персональний асистент для роботи з джерелами (sources).

NotebookLM побудований на основі Gemini – мультимодальній мовній моделі Google. Ключова відмінність платформи від звичайних загальних чат-ботів (на кшталт ChatGPT, Gemini, Microsoft Copilot та ін) полягає в концепції «заземленого» (grounded) генерування тексту: модель формує відповіді виключно на основі джерел, доданих до конкретного «блокнота». Це означає, що система не залучає зовнішніх знань, накопичених під час попереднього навчання, якщо вони не підкріплені завантаженими матеріалами. Користувач

може додавати текстові документи (PDF, DOCX), наукові публікації, навчальні матеріали, YouTube-відео та вебсторінки. Система працює виключно в межах матеріалів, завантажених користувачем, що мінімізує виникнення «галюцинацій» і підвищує достовірність відповідей. Після завантаження матеріалів платформа автоматично генерує короткий огляд джерел і пропонує стартові запитання для дослідження.

Важливою технічною особливістю є прозорість посилань: кожна відповідь системи супроводжується точними цитатами з конкретних джерел, де було знайдено відповідну інформацію. Це кардинально підвищує довіру до результатів і дозволяє користувачеві самостійно перевірити контекст.

Освітні застосування платформи

Спектр застосувань NotebookLM в освіті є надзвичайно широким. Для здобувачів освіти платформа стає інструментом глибокого опрацювання складних текстів: замість пасивного читання підручника здобувач освіти може вести інтерактивний діалог на базі навчального матеріалу, ставити уточнювальні запитання, просити пояснити складні поняття іншими словами або навести додаткові приклади.

Одна з найпомітніших функцій системи – автоматична генерація аудіоподкасту на основі завантажених документів. Система створює імітацію живої розмови двох ведучих, які обговорюють ключові ідеї матеріалу. Це відкриває принципово нові можливості для аудіального типу сприйняття інформації та дозволяє «читати» наукові статті під час поїздки або прогулянки.

Здобувачі освіти можуть використовувати NotebookLM і як інструмент для підготовки до контролю знань. На основі завантажених матеріалів система здатна формувати узагальнення, ключові тези, запитання для самоперевірки та короткі конспекти, що значно полегшує повторення великих обсягів інформації перед іспитами. Такий підхід сприяє переходу від механічного заучування до усвідомленого опрацювання навчального матеріалу.

Для викладачів NotebookLM може стати потужним інструментом в їх професійній діяльності. Завантаживши програму курсу, підручник і власні конспекти, викладач отримує можливість швидко генерувати різні за форматом навчальні матеріали: аудіо- та відеогляди, презентації, інтерактивні картки для запам'ятовування термінів, тести та контрольні запитання, інфографіку, ментальні карти для візуалізації зв'язків між поняттями, звіти із систематизованими висновками, а також структуровані таблиці даних.

Для дослідників NotebookLM надає можливість завантажити десятки наукових статей і на їх основі вести діалог з системою. Система здатна знаходити тематичні перетини між публікаціями, виділяти спільні висновки і різні позиції авторів – завдання, яке вручну потребувало б тижнів роботи. Також особливо цінною є функція перехресного аналізу джерел: система самостійно виявляє суперечності між різними текстами та вказує на них, що надзвичайно корисно при роботі з науковою літературою.

Виклики та обмеження

Треба зазначити, що NotebookLM, як і будь-який ШІ-інструмент, не позбавлений і деяких обмежень, перелічимо їх.

Якість відповідей цілком залежить від якості завантажених джерел: якщо здобувач освіти додає неточні або застарілі матеріали, система лише відтворює і систематизує наявні помилки. Принцип «якість результату залежить від якості вхідних даних» тут є особливо актуальним.

Існують серйозні педагогічні ризики, пов'язані з надмірною залежністю від ШІ-асистента. Якщо здобувач освіти замість самостійного осмислення тексту постійно покладається на готові резюме від платформи, це може негативно позначитися на розвитку критичного мислення та глибинного розуміння матеріалу [3]. Не менш важливою є проблема академічної доброчесності: межа між допомогою в опрацюванні матеріалу та автоматичним виконанням навчальних завдань є надзвичайно тонкою.

Платформа має технічні обмеження щодо обсягу завантажених матеріалів. У безкоштовній версії один блокнот підтримує до 50 джерел обсягом до 500 000 слів кожне, що сумарно

становить приблизно 25 млн слів. У платних тарифах цей ліміт може бути розширений до 300 джерел в одному блокноті. Для масштабних дослідницьких проєктів або великих навчальних курсів такі обмеження можуть створювати організаційні труднощі та потребу в розподілі матеріалів між кількома блокнотами.

Викликом залишається мовна підтримка: попри те, що платформа формально працює з багатьма мовами, на практиці якість обробки неангломовних джерел може поступатися англомовним. Це проявляється у менш точному передаванні змісту або термінології спеціалізованих текстів, що може ускладнювати використання інструмента в навчальному процесі, де значна частина матеріалів представлена українською мовою.

Окремим моментом залишаються питання конфіденційності та правового регулювання використання хмарних сервісів. Компанія Google заявляє, що дані користувачів NotebookLM не використовуються для навчання моделей, а в освітніх і корпоративних акаунтах забезпечуються розширені механізми захисту та контролю доступу, однак використання сервісу в навчальному процесі все одно потребує врахування внутрішніх політик закладу освіти, вимог GDPR і правил роботи з персональними даними [3].

NotebookLM і персоналізоване навчання

Дослідження ЮНЕСКО та ОЕСР фіксують зростаючий інтерес освітніх інституцій до персоналізованих навчальних інструментів, здатних адаптуватися до індивідуального темпу і стилю навчання кожного учня [3]. NotebookLM, по суті, реалізує модель «персонального тьютора», який завжди доступний, завжди терплячий і нескінченно компетентний у межах наданих джерел.

Важливо, що Google позиціонує NotebookLM не як інструмент для заміни викладача, а як засіб підсилення (augmentation) когнітивних можливостей людини. Ця концепція відповідає сучасній парадигмі «людина + ШІ», де штучний інтелект бере на себе рутинні завдання пошуку та систематизації інформації, звільняючи людину для творчого аналізу і синтезу [1, 3].

III. Висновки

NotebookLM є яскравим прикладом нового покоління освітніх інструментів, побудованих на принципах генеративного ШІ. Його архітектура, заснована на роботі виключно з наданими користувачем джерелами, дозволяє суттєво підвищити достовірність відповідей і зробити систему придатною для академічних цілей. Платформа вже сьогодні пропонує реальну цінність для: 1) здобувачів освіти, які прагнуть глибшого розуміння складних текстів; 2) викладачів, що розробляють навчальні матеріали; 3) дослідників, які систематизують великі масиви літератури.

Водночас успішне впровадження подібних інструментів у навчальний процес вимагає виваженого педагогічного підходу. ШІ-асистент має доповнювати, а не замінювати самостійне мислення; його роль – спрямовувати і підказувати, а не виконувати роботу за учня. Тому поряд з технічним освоєнням платформи необхідно формувати у здобувачів освіти навички критичної взаємодії зі штучним інтелектом: вміння ставити точні запитання, перевіряти отримані відповіді та усвідомлювати межі можливостей системи.

Подальший розвиток подібних платформ безпосередньо пов'язаний із прогресом мовних моделей, розширенням мовної підтримки та накопиченням практичного досвіду їх використання в освіті. Перспективним є впровадження подібних інструментів і їх інтеграція в цифрову інфраструктуру закладів освіти як допоміжний засіб роботи з навчальними матеріалами. Водночас ефективне та безпечне впровадження потребує вироблення методичних рекомендацій, правил роботи з даними та узгоджених підходів до використання ШІ в освітньому процесі.

IV. Список використаних джерел

- [1] O. Zawacki-Richter, V. I. Marín, M. Bond, and F. Gouverneur, "Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators?" *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 16, p. 39, 2019, doi: 10.1186/s41239-019-0171-0.

- [2] Google, "NotebookLM," 2026. [Online]. Available: <https://notebooklm.google.com>. [Accessed: Mar. 31, 2026].
- [3] UNESCO, *Guidance for Generative AI in Education and Research*. Paris, France: UNESCO, 2023. [Online]. Available: <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research>. [Accessed: Mar. 31, 2026].

NOTEBOOKLM: HOW ARTIFICIAL INTELLIGENCE IS TRANSFORMING THE LEARNING PROCESS

Shevchenko Ilona, Shevchenko Tymur

ABSTRACT. The paper examines the NotebookLM platform by Google as an example of generative AI application in the educational process. The key features of the system, its benefits for students and educators, as well as the challenges associated with the implementation of AI tools in learning are analyzed. The prospects for the development of personalized learning based on intelligent assistants are outlined.

KEYWORDS: generative AI, NotebookLM, educational technology, personalized learning.

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ RAG ПІДХОДУ В ОСВІТНІЙ ПРАКТИЦІ УКРАЇНИ ТА СВІТУ

Шемерт Данііл¹

¹Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Київ, Україна
d.a.shemet@udu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено підхід RAG в освітньому контексті. Проаналізовано архітектуру, етапи реалізації та міжнародний досвід застосування. Визначено стан впровадження в Україні, окреслено переваги, ризики та перспективи використання технології в навчальному процесі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: RAG, штучний інтелект, великі мовні моделі.

I. Вступ

Актуальність дослідження. Інтенсивний розвиток генеративних систем штучного інтелекту, зокрема великих мовних моделей, актуалізує проблему забезпечення достовірності та релевантності згенерованої інформації. У цьому контексті вагомим значення набуває підхід Retrieval-Augmented Generation (надалі – RAG), що інтегрує механізми генерації тексту із залученням зовнішніх інформаційних ресурсів, підвищуючи обґрунтованість і точність результатів.

У міжнародній освітній практиці RAG знаходить застосування у розробці навчальних систем, чат-ботів та цифрових помічників, сприяючи адаптації освітнього процесу до індивідуальних потреб здобувачів освіти та підвищенню його ефективності. Водночас в українському освітньому просторі впровадження зазначеної технології наразі має фрагментарний характер і представлене переважно окремими дослідницькими ініціативами та експериментальними рішеннями. З огляду на це, виникає потреба у системному аналізі наукових джерел і практик застосування RAG в освіті як на глобальному, так і на національному рівнях.

Метою дослідження є систематизація наукових підходів до використання RAG, а також аналіз практик його використання в освітніх закладах України та зарубіжних країн з подальшим визначенням потенціалу, переваг і обмежень застосування цього підходу в освітньому процесі.

Завданнями дослідження є:

1. Здійснити огляд наукових джерел, присвячених розвитку підходу RAG.
2. Охарактеризувати принципи роботи та ключові архітектурні компоненти RAG-систем.
3. Дослідити зарубіжний досвід використання RAG підходу у сфері освіти.
4. Проаналізувати сучасний стан і специфіку використання RAG підходу в освітньому процесі в Україні.

- Окреслити основні переваги, недоліки та перспективні напрями використання RAG підходу у освітньому процесі.

II. Основна частина

Здійснено огляд основних визначень та базової архітектури. Аналіз наукових джерел показує, що дослідники по-різному підходять до пояснення сутності RAG. Зокрема, у роботі Патрік Льюїс, RAG описується як модель, що поєднує параметричну та непараметричну пам'ять, тобто внутрішні знання моделі з доступом до зовнішніх джерел даних [6].

Натомість у більш прикладних і оглядових джерелах RAG трактується передусім як підхід, що інтегрує генерацію тексту з механізмами інформаційного пошуку для підвищення якості відповідей [1].

Також у сучасних оглядових роботах він розглядається як гібридна архітектура, яка поєднує можливості великих мовних моделей із системами пошуку знань. Попри відмінності у формулюваннях, усі ці підходи до трактування відображають спільну ідею розширення можливостей генеративних моделей за рахунок залучення зовнішньої інформації [2].

Узагальнюючи дані, доцільно сформулювати наступне визначення:

RAG (Retrieval-Augmented Generation) – це підхід у сфері штучного інтелекту, який поєднує генерацію тексту великими мовними моделями з пошуком релевантної інформації у зовнішніх джерелах. Його сутність полягає в тому, що модель під час формування відповіді використовує не лише власні, внутрішньо задовані знання, а й залучає додаткові дані ззовні.

У науковій літературі RAG швидко еволюціонував від «класичної» схеми (один запит → top-k фрагментів → відповідь) до модульних і керованих варіантів із повторним пошуком, перевіркою, ранжуванням та оцінюванням якості (REALM/FiD/ATLAS/RETRO; Self-RAG; RAGAS) [4].

Практичний RAG-пайплайн зазвичай реалізується через низку послідовних компонентів:

- Підготовка корпусу даних: збір релевантних джерел, очищення тексту від шуму та нормалізація контенту для подальшої обробки.
- Сегментація та векторизація: розбиття тексту на логічні фрагменти (chunking) та перетворення їх у числові представлення за допомогою ембеддінгів.
- Індексація: збереження векторних представлень у спеціалізованому сховищі для забезпечення ефективного пошуку.
- Обробка запиту користувача: семантичний та синтаксичний аналіз введеної інформації з метою підготовки до пошуку релевантних документів.
- Retrieval та reranking: пошук найбільш релевантних фрагментів за допомогою векторного або гібридного підходу з подальшим упорядкуванням результатів за релевантністю.
- Формування промпта: інтеграція відібраних фрагментів у запит до генеративної моделі для контекстної генерації відповіді.
- Генерація відповіді: отримання текстової відповіді на основі наданого контексту.
- Оцінювання та оновлення знань: моніторинг точності та релевантності результатів, коригування індексу та внесення оновлень у базу знань (Рис. 1) [5].



Рис. 1. Схема базової RAG-архітектури.

Особливо важлива для освіти властивість RAG – оновлюваність знань без перенавчання: достатньо змінити/додати документи в індексі, і система починає опиратися на новий контент (за умови коректної індексації й пошуку). [6]

Це відкриває широкі можливості для підтримки актуального навчального матеріалу, адже інформація в освітньому середовищі швидко змінюється, а постійне перенавчання великих

моделей є складним і затратним процесом. Завдяки можливості додавати або оновлювати документи в індексі, системи на основі RAG підходу швидко підлаштовуються під нові умови без змін самої моделі.

На практиці це проявляється в таких моментах:

- навчальні матеріали можна оновлювати поступово, просто додаючи нові джерела до системи;
- є можливість використовувати внутрішні ресурси: конспекти, методички, навчальні програми конкретного закладу;
- система може враховувати нові наукові статті та дослідження;
- немає потреби щоразу перенавчати модель, що значно спрощує підтримку такої системи;
- викладачі можуть швидко змінювати зміст курсу або доповнювати його новими матеріалами;
- відповіді можна адаптувати під різний рівень студентів або під конкретні навчальні задачі;
- використання визначених джерел дозволяє краще контролювати якість і достовірність інформації.

Досліджено стан впровадження RAG підходу для чатботів у світовій освітній практиці, що демонструє зростаючу кількість випадків їх використання для підтримки навчання, зокрема для сесій запитань і відповідей у межах курсів, тьюторингу та надання допомоги з навчальними матеріалами.

Аналіз різних підходів до впровадження RAG підходу у навчальний процес дозволяє виділити кілька практичних напрямів його застосування. [3]

По-перше, RAG-чатботи активно використовуються як інструмент підтримки навчання. Вони надають пояснення матеріалу, відповідають на типові запитання та пропонують приклади, що допомагає студентам краще розуміти складні теми та робить навчальний контент більш доступним.

По-друге, спостерігається тенденція інтегрувати RAG підхід безпосередньо у навчальні ресурси, наприклад, підручники чи онлайн-курси. У цьому випадку система виконує роль асистента, який допомагає орієнтуватися в матеріалі, уточнювати складні моменти та отримувати пояснення, що відповідають контексту.

По-третє, деякі реалізації використовують RAG як персоналізованого тьютора. Такі системи поєднують пошук інформації з генерацією відповідей, адаптованих до індивідуальних потреб студентів. Це відкриває нові можливості для персоналізації навчання та підтримки різних стилів засвоєння знань.

Наприклад, чатбот «Unimib Assistant», розроблений на основі RAG підходу демонструє, що даний підхід ефективний не лише для навчання, а й для організації освітнього процесу. Система працює з внутрішніми даними університету, що дозволяє студентам швидко отримувати точну адміністративну інформацію.

Дослідники Г. Ланг та Т. Гюрпінар у своїй статті описали приклад того, як RAG підхід інтегровано безпосередньо в онлайн-курс як допоміжний інструмент навчання. Система формує відповіді виключно на основі матеріалів курсу, що створює контрольоване інформаційне середовище для студента. Такий підхід зменшує ризик отримання некоректної або надлишкової інформації та сприяє більш цілеспрямованому засвоєнню навчального контенту [3].

Водночас дослідження показують, що використання RAG має певні обмеження. Зокрема, існує ризик надмірної довіри до згенерованих відповідей, можливість появи неточностей (галюцинацій) та залежність якості відповідей від структури й достовірності джерел.

Серед методичних рекомендацій, що повторюються у практичних кейсах, ключовим є принцип, за яким чатбот на основі RAG підходу має надавати відповіді на основі офіційних курсів, підручників чи силлабусів, а не покладатися на відкриті джерела в Інтернеті або на параметричну пам'ять моделі. Такий підхід зменшує педагогічні ризики та робить використання інструмента більш контрольованим у навчальному процесі. [3]

Проаналізовано сучасний стан та специфіку застосування RAG підходу в освітньому процесі в Україні. На сьогодні досліджень, що показують вплив RAG на навчальний процес у школах та університетах, небагато. Більшість українських розробок поки існують у вигляді прототипів, методичних описів або студентських робіт, що свідчить, що технологія тільки починає використовуватися у педагогіці.

Педагоги в Україні наголошують на важливості підготовки вчителів до практичного використання III та розвитку цифрових навичок. Проте конкретних досліджень про ефективне застосування RAG поки небагато, а наявні розробки часто мають лише демонстраційний характер. Технічні дослідження показують, що робота RAG-систем багато в чому залежить від того, як налаштований компонент пошуку інформації, а не тільки від потужності генеративної моделі. [8]

На державному рівні вже є освітні чат-боти, наприклад EducationUaBot, створений МОН у партнерстві з DECIDE. Однак офіційні джерела описують його лише як інформаційний сервіс і не дають підтвердження, що він працює саме на RAG-архітектурі. Тому можна сказати, що освітні чат-боти вже є, але їхнє використання RAG-підходу поки не підтверджене. [10]

Серед основних переваг RAG підходу варто виокремити можливість контролювати джерела інформації, швидко оновлювати знання та зменшувати кількість помилок або «галюцинацій», які часто трапляються у системах на основі лише великих мовних моделей. Це робить технологію особливо корисною для підготовки майбутніх учителів інформатики, адже вона сприяє розвитку технічного та аналітичного мислення. Розподіл процесу на блоки (спочатку збір даних, потім пошук, і лише після цього генерація відповіді) допомагає структурувати навчальний процес і робить його більш зрозумілим.

До переваг можна також віднести розвиток критичного мислення: студенти мають можливість перевіряти достовірність інформації, порівнювати альтернативні джерела та бачити, як формуються відповіді. Технологія підтримує експериментальний підхід до навчання, дозволяючи аналізувати різні варіанти рішень та підходів. Крім того, використання RAG підходу сприяє розвитку самостійності у навчанні, адже не лише надає готову відповідь, а й показує процес її формування.

Завдяки поєднанню надійності джерел і гнучкості генерації, RAG створює можливості для формування більш глибоких компетентностей і критичного підходу до інформації, що важливо для сучасної освітньої практики. [9]

В рамках дослідження було виділено основні ризики та розглянуто етичний аспект використання. До них належать помилки на етапах пошуку та генерації інформації, явище «помилкової впевненості», порушення приватності та авторського права, а також питання академічної доброчесності. Однією з важливих проблем є відсутність єдиних стандартів оцінки якості відповідей, що підкреслює необхідність розвитку автоматизованого моніторингу та проведення benchmark-тестів [7].

Розгляд цих аспектів дозволяє систематизувати основні виклики та показує потенційні шляхи мінімізації ризиків, що робить можливим більш безпечне й відповідальне впровадження RAG у навчальні програми.

III. Висновки

Аналіз міжнародної та української практики показує, що підхід retrieval-augmented generation (RAG) ефективно інтегрує зовнішні джерела знань у генеративні моделі, що робить її корисною для персоналізованого навчання, підтримки сесій питань та відповідей та тьюторингу.

В українському освітньому просторі RAG підхід застосовується переважно у поодиноких дослідницьких прикладах, зокрема для підготовки майбутніх учителів інформатики через навчальні чат-боти та структуровані заняття, тоді як більшість розробок має формат прототипів або методичних робіт.

Технологія забезпечує контроль джерел, оперативне оновлення знань без перенавчання моделі та зменшення генеративних «галюцинацій», що сприяє формуванню технічних і аналітичних компетентностей педагогів. Разом із тим, існують ризики помилок retrieval і генерації, «помилкової впевненості» системи, проблеми приватності, авторського права та

академічної доброчесності, а також відсутність єдиних стандартів оцінювання якості, що потребує впровадження автоматизованого моніторингу і benchmarking.

Подальші дослідження мають зосередитися на емпіричній оцінці ефективності RAG у різних освітніх контекстах, розробці методик інтеграції в навчальні курси, формуванні стандартів якості та забезпеченні етичного використання технології, що дозволить масштабувати її впровадження та підтримати розвиток цифрових компетентностей учителів і учнів.

IV. Список використаних джерел

- [1] A. S. Gillis, “Retrieval-Augmented Generation (RAG),” *TechTarget SearchEnterpriseAI*, 2024. URL: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/retrieval-augmented-generation>
- [2] C. Liu, “Retrieval-Augmented Generation: A Survey of Methodologies, Techniques, Applications, and Future Directions,” *ResearchGate*, Nov. 2025. URL: https://www.researchgate.net/publication/397462545_Retrieval-Augmented_Generation_A_Survey_of_Methodologies_Techniques_Applications_and_Future_Directions
- [3] G. Lang and T. Gürpınar, “AI-Powered Learning Support: A Study of Retrieval-Augmented Generation (RAG) Chatbot Effectiveness in an Online Course,” *Information Systems Education Journal*, vol. 23, no. 2, pp. 4-13, 2025. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1467995.pdf>
- [4] K. Guu, K. Lee, Z. Tung, P. Pasupat, and M. Chang, “Retrieval Augmented Language Model Pre-Training,” in *Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning*, PMLR 119, H. Daumé III and A. Singh, Eds., 2020, pp. 3929–3938. URL: <https://proceedings.mlr.press/v119/guu20a/guu20a.pdf>
- [5] LangChain Retrieval Docs: LangChain Documentation, “Retrieval – Docs by LangChain,” LangChain OSS Python Documentation, 2026. URL: <https://docs.langchain.com/oss/python/langchain/retrieval>
- [6] P. Lewis, E. Perez, A. Piktus, F. Petroni, V. Karpukhin, N. Goyal, H. Küttler, M. Lewis, W.-t. Yih, T. Rocktäschel, S. Riedel, and D. Kiela, “Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks,” *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 33, pp. 9459–9474, 2020. URL: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/file/6b493230205f780e1bc26945df7481e5-Paper.pdf>
- [7] S. Es, J. James, L. Espinosa-Anke, and S. Schockaert, “RAGAs: Automated Evaluation of Retrieval Augmented Generation,” in *Proceedings of the 18th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: System Demonstrations, St. Julians, Malta, Mar. 2024*, pp. 150–158. URL: <https://aclanthology.org/2024.eacl-demo.16.pdf>
- [8] V. Oliinyk and P. Ponochovnyy, “Experimental Evaluation of RAG Components and Their Impact on Support Chatbot Performance,” *Interdepartmental Scientific and Technical Collection “Adaptive Automatic Control Systems”*, no. 1(48), pp. 20–29, 2026. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/5cdb7340-8905-4ff7-abf3-7e5ec49c386b/content>
- [9] Д. А. Шемет, «Підготовка майбутніх учителів інформатики до інтеграції штучного інтелекту у навчальний процес на прикладі чат-бота,» *Електронне наукове фахове видання “Відкрите освітнє середовище сучасного університету”*, № 19, с. 255–271, 2025, doi: 10.28925/2414-0325.2025.1917
- [10] Офіційний веб-сайт Кабінету Міністрів України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/mon-osvitnij-chat-bot-educationuabot-vidteper-dostupnij-u-vajberi>

RESEARCH ON RAG IN SCIENTIFIC LITERATURE AND ANALYSIS OF ITS USE IN EDUCATIONAL PRACTICE IN UKRAINE AND WORLDWIDE

Shemet Daniil

ABSTRACT. The paper examines the RAG approach in education. It analyzes its architecture, implementation stages, and global applications, identifies its adoption in Ukraine, and outlines key advantages, risks, and prospects for use in the learning process.

KEYWORDS: RAG, artificial intelligence, large language models.

ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДТРИМУВАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ ЗВО

Шишкіна Марія¹

¹Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київ, Україна
E-mail: shyshkina@iitlt.gov.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації узагальнено результати дослідження використання генеративного штучного інтелекту у навчальній діяльності студентів ЗВО на основі аналізу емпіричних даних та сучасних наукових підходів. Визначено можливості, ризики та перспективи використання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний ШІ, студенти, навчальна діяльність, цифрова компетентність, вища освіта.

I. Вступ

Стрімкий розвиток генеративного штучного інтелекту справляє значний вплив на систему вищої освіти, відкриваючи значні можливості для підтримування навчальної діяльності студентів. Технології ГШІ застосовують для підтримування процесів створення контенту, забезпечення індивідуалізації навчання та підвищення його ефективності. Водночас, запровадження нових технологій зумовлює значні виклики, пов'язані з академічною доброчесністю та якістю знань.

II. Основна частина

Результати опитування студентів (2401 учасник) свідчать про високий рівень інтеграції ШІ у навчальну діяльність. Абсолютна більшість студентів вже використовує ШІ-інструменти: близько 62% – періодично, а понад 27% – регулярно. Найпоширенішим інструментом є ChatGPT (приблизно 88% користувачів), що підтверджує домінування великих мовних моделей у навчальному середовищі.

Основними цілями використання ШІ є:

- пошук відповідей на складні питання (понад 70%);
- генерація ідей (понад 50%);
- перевірка текстів, переклад, створення матеріалів;
- підготовка до навчальних завдань і іспитів.

Це свідчить про формування нового типу навчальної поведінки, де ШІ виступає універсальним інтелектуальним помічником.

Аналіз результатів опитування показує, що студенти здебільшого оцінюють вплив ШІ позитивно. Близько 40% респондентів зазначили покращення результатів навчання, тоді як лише незначна частка (менше 2%) повідомила про негативний вплив.

Водночас студенти демонструють «обережний оптимізм»:

- понад 70% вважають використання ШІ зручним, але таким, що потребує обережності;
- майже половина має сумніви щодо достовірності інформації, отриманої від ШІ;
- більшість зберігає відчуття власної самостійності під час роботи з інструментами ШІ.

Ці результати узгоджуються з сучасними дослідженнями, які підкреслюють необхідність розвитку критичного мислення та цифрової грамотності при використанні ГШІ.

Студенти високо оцінюють потенціал ШІ. Основні можливості включають:

- допомогу в навчанні (понад 80%);
- доступ до нових знань і ресурсів (понад 70%);
- автоматизацію рутинних завдань;
- підвищення ефективності навчальної діяльності.

У наукових дослідженнях ці можливості розглядаються як ключові напрями трансформації освіти: персоналізація навчання, розвиток адаптивних освітніх середовищ та підтримка автономності студентів. ГШІ може виконувати роль: інтелектуального тьютора; інструменту генерації контенту; засобу підтримки дослідницької діяльності; середовища для розвитку творчості.

Попри значний потенціал використання ШІ, студенти чітко усвідомлюють ризики, пов'язані із цим. Найбільш поширеними є:

- зниження мотивації та критичного мислення (понад 57%);
- залежність від технологій (понад 56%);
- недостовірність інформації (понад 52%);
- ризики академічної недоброчесності.

Ці результати підтверджують наукові висновки щодо ключових загроз:

- плагіат і розмиття авторства;
- когнітивна залежність;
- необхідність нових підходів до оцінювання знань.

Особливу проблему становить відсутність чітких політик: близько 64% студентів зазначили, що питання використання ІІІ не обговорювалося з викладачами.

На основі узагальнення результатів можна виокремити ключові перспективи:

Індивідуалізація навчання – створення персоналізованих освітніх траєкторій.

Розвиток цифрової та ІІІ-компетентності студентів.

Трансформація методів оцінювання – зміщення акценту з результату на процес навчання.

Розроблення етичних і нормативних рамок – забезпечення академічної доброчесності.

Інтеграція ІІІ у навчальні програми – системне впровадження, а не фрагментарне використання.

Важливо підкреслити, що ефективне використання ГІІІ можливе лише за умов комплексного підходу, який поєднує технологічні, педагогічні та етичні аспекти.

III. Висновки

Узагальнення результатів дослідження дозволяє зробити такі висновки: генеративний штучний інтелект уже став невід'ємною складовою навчальної діяльності студентів ЗВО; студенти демонструють переважно позитивне ставлення до ІІІ та активно інтегрують його у навчання; основні переваги пов'язані з підвищенням ефективності навчання, доступом до інформації та підтримкою творчої діяльності. Водночас існують суттєві ризики, зокрема зниження критичного мислення, залежність від технологій і проблеми академічної доброчесності. Перспективи розвитку пов'язані з формуванням цифрової компетентності, розробленням політик використання ІІІ та інтеграцією його в освітні стратегії.

IV. Список використаних джерел

- [1] A. Bruyaka, V. Kovalenko, M. Marienko, S. Semerikov, and M. Shyshkina, "Сучасний стан, загрози і виклики використання генеративного штучного інтелекту для підтримування навчальної діяльності студентів," *Educological Discourse*, vol. 50, no. 3, pp. 6–18, 2025.
- [2] А. Бруяка, В. Коваленко, М. Мар'єнко, С. Семеріков, М. Шишкіна, "Перспективи використання генеративного штучного інтелекту для підтримування навчальної діяльності студентів ЗВО," *Освіта та розвиток обдарованої особистості*, № 4(99), 2025.

PROSPECTIVE DIRECTIONS FOR THE USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO SUPPORT THE LEARNING ACTIVITIES OF HIGHER EDUCATION STUDENTS

Shyshkina Mariya

ABSTRACT. The paper summarizes the results of research on the use of generative artificial intelligence in supporting students' learning activities in higher education based on empirical data and current scientific approaches. Opportunities, risks, and future prospects are identified.

KEYWORDS: generative AI, students, learning activities, digital competence, higher education.

ІНТЕРНАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ОСВІТИ В ЦИФРОВУ ЕРУ: ВИКОРИСТАННЯ КАСТОМНИХ ІІІ-АСИСТЕНТІВ ДЛЯ АНАЛІТИЧНОЇ ПІДТРИМКИ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ І АСПІРАНТІВ

Яцишин Анна^{1,2},

¹Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київ, Україна

²ВГО «Інноваційний університет», Київ, Україна

E-mail: anna13.00.10@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто особливості розробки персоналізованих ІІІ-асистентів як інструменту аналітичної підтримки молодих учених і аспірантів у контексті розвитку відкритої науки та цифрової трансформації освіти. Обґрунтовано, що інтеграція ІІІ-технологій у науковий фандрайзинг сприяє підвищенню ефективності пошуку фінансування, розвитку дослідницьких компетентностей і розширенню міжнародної співпраці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ІІІ, інтернаціоналізація, аналітична підтримка, молоді вчені, аспіранти.

І. Вступ

Наразі персоналізовані ІІІ-асистенти виступають технічним фундаментом для наукового фандрайзингу, забезпечуючи ресурси для реалізації ідей. Ці ресурси спрямовуються на розбудову Відкритої науки та громадянської науки, що робить дослідницький процес прозорим та інклюзивним через залучення громади. Інтернаціоналізація громадянської освіти масштабує різні локальні наукові практики до рівня глобальних мереж, перетворюючи технологічні інструменти ІІІ на засіб демократизації знань та посилення міжнародної наукової співпраці. Поєднання різних аспектів утворює цілісну екосистему «цифрової наукової дипломатії», де кожен компонент виконує свою роль у життєвому циклі сучасного дослідника.

Розглянемо особливості розробки персоналізованих ІІІ-асистентів для наукового фандрайзингу, та етапи реалізації мікропроєкту «Синергія цифрових технологій та відкритого суспільства: від ІІІ-фандрайзингу до глобальної громадянської освіти», який передбачав відповідні послідовні етапи:

Етап 1. Дослідження сучасного стану цифрової трансформації вищої освіти, вивчення досвіду використання інструментів Відкритої наук. Визначення теоретичних засад для проєктування ІІІ-асистентів, аналіз існуючих цифрових-платформ та їх придатності для наукового менеджменту Проєктування технології взаємодії «ІІІ - дослідник - суспільство» в межах концепції відкритого суспільства.

Етап 2. Розглянуто грантові ресурси, виконано збір інформації про актуальні стипендії, премії та гранти (Horizon Europe, Erasmus+, міжнародні фонди) для створення бази знань ІІІ-асистента. Аналіз кращих кейсів інтернаціоналізації громадянської освіти та досвіду проєкту EDC для їх подальшої адаптації. Проведено опитування щодо запитів молодих вчених щодо автоматизації пошуку фінансування.

Етап 3. Створення кастомного ІІІ-асистента, налаштування його на пошук грантів за специфічними науковими напрямками. Створення освітнього контенту: Розробка методичних матеріалів для проведення воркшопів, що інтегрують принципи Відкритої науки, Громадянської науки та використання ІІІ у підготовку молодих вчених та аспірантів. Організація та проведення низки наукових та навчальних заходів для презентації можливостей ІІІ-інструментарію та обговорення особливостей інтернаціоналізації освіти.

Етап 4. Аналіз роботи ІІІ-асистента та рівня задоволеності користувачів (молодих вчених) запропонованим інструментарієм. Оцінка того, як синергія ІІІ та громадянської освіти впливає на якість наукових досліджень та міжнародну співпрацю.

ІІ. Основна частина

У дослідженні [7] підкреслено, що розвиток відкритої науки безпосередньо пов'язаний із необхідністю модернізації системи підготовки молодих учених і аспірантів в умовах цифрової

трансформації суспільства. У цьому контексті відкриту науку розглянуто не лише як сукупність інструментів і практик, а як основу формування нової дослідницької культури, орієнтованої на прозорість, відкритість і академічну доброчесність. Важливим аспектом підготовки молодих учених є формування практичних навичок, зокрема розроблення планів управління даними та створення інституційних політик у сфері відкритої науки. Водночас є низка викликів, пов'язаних із використанням штучного інтелекту в науковій діяльності, зокрема у площині академічної доброчесності, етики та забезпечення достовірності результатів досліджень, що потребує відповідної підготовки аспірантів до роботи в нових цифрових умовах. Отже, результати дослідження [7] підтверджують, що впровадження відкритої науки виступає ключовим чинником оновлення змісту та методів підготовки молодих учених та аспірантів.

Інтеграція інструментів відкритої науки у підготовку аспірантів має низку позитивних переваг, таких як: розширення доступу до сучасних міжнародних наукових та ресурсів; зменшення витрат, пов'язаних з доступом до навчальних матеріалів завдяки використанню цифрових ресурсів; посилення міжнародної співпраці та обміну дослідниками; підвищення якості наукових досліджень; підвищення конкурентоспроможності аспірантської програми тощо [1].

В умовах динамічного розвитку відкритої науки та цифровізації вищої освіти, пошук додаткових джерел фінансування стає критично важливим для молодих дослідників. Проте значний обсяг інформації на грантових платформах створює «інформаційний шум», що ускладнює відбір релевантних можливостей. Цифрова трансформація науки вимагає від дослідника не лише фахових компетенцій, а й навичок наукового менеджменту. В умовах «інформаційного вибуху» традиційні методи моніторингу грантових можливостей стають малоефективними. Наразі кастомний ШІ-асистент розглядається як когнітивний підсилювач, що здатен здійснювати інтелектуальний аналіз неструктурованих даних з численних офіційних джерел (Horizon Europe, Euraxess, НФДУ, МОН України) [4]. Створення кастомних ШІ-асистентів на основі архітектури трансформерів дозволяє автоматизувати пре-скрінінг грантів, стипендій та премій за вузькоспеціалізованими напрямками (до прикладу, STEM-освіта, енергоефективність, цифровізація освіти та ін.).

Сучасний досвід створення інтелектуальних агентів базується на технології RAG (Retrieval-Augmented Generation). Згідно з дослідженнями, RAG дозволяє мовній моделі звертатися до зовнішніх верифікованих баз даних, що мінімізує ризики «галюцинацій» ШІ та забезпечує точність посилань на грантові програми [4]. Важливим аспектом є формування системної інструкції, яка визначає рольову модель асистента як «експерта з наукового менеджменту». Дослідники зазначають, що чітке визначення контексту та обмежень у запитах дозволяє підвищити якість відповідей на 30-40% [2].

Методологія розроблення кастомізованого інтелектуального асистента передбачає поетапну реалізацію низки взаємопов'язаних компонентів. На етапі архітектурного проєктування (зокрема із застосуванням платформ типу Custom GPTs або Assistants API) доцільним є використання рішень, що забезпечують інтеграцію доменно-специфічних знань. Для підтримки діяльності молодих дослідників така база знань має охоплювати нормативно-регуляторні документи міжнародних і національних грантових програм, зокрема (Horizon Europe, Euraxess, НФДУ [3], МОН України), поряд із методичними рекомендаціями щодо підготовки проєктних пропозицій.

Також, важливим складником є інтеграція зовнішніх джерел даних, що забезпечує актуальність і релевантність інформаційного наповнення асистента. З цією метою доцільно використовувати інструменти вебпошуку для моніторингу спеціалізованих ресурсів, таких як Euraxess та Research.com. Окрім того, ефективність функціонування асистента суттєво підвищується за рахунок персоналізації, реалізованої через профілювання користувача.

Зокрема, врахування індивідуальних наукометричних і професійних характеристик дослідника (індекс Гірша, галузь відповідно до класифікації OECD, попередній досвід участі у проєктах) дає змогу здійснювати автоматизоване зіставлення профілю дослідника з вимогами грантодавців, що підтверджується результатами досліджень у цій сфері [6].

Практичне впровадження ІІІ-асистентів у наукову діяльність дозволяє трансформувати роль молодого вченого і стати «аналітиком-стратегом». Використання інструментів типу ChatGPT або Claude як кастомних агентів забезпечує: 1) своєчасне інформування про дедлайни; адаптацію мотиваційних листів під конкретні вимоги грантодавців; 3) перевірку відповідності наукового профілю критеріям «Eligibility» (відповідність вимогам участі).

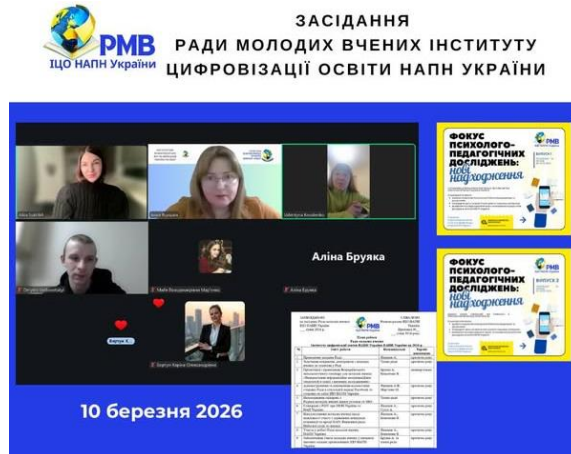


Рис. 1. Фото зроблено під час реалізації мікро-проєкту. 10 березня 2026 року відбулося засідання Ради молодих вчених ІЦО НАПН України

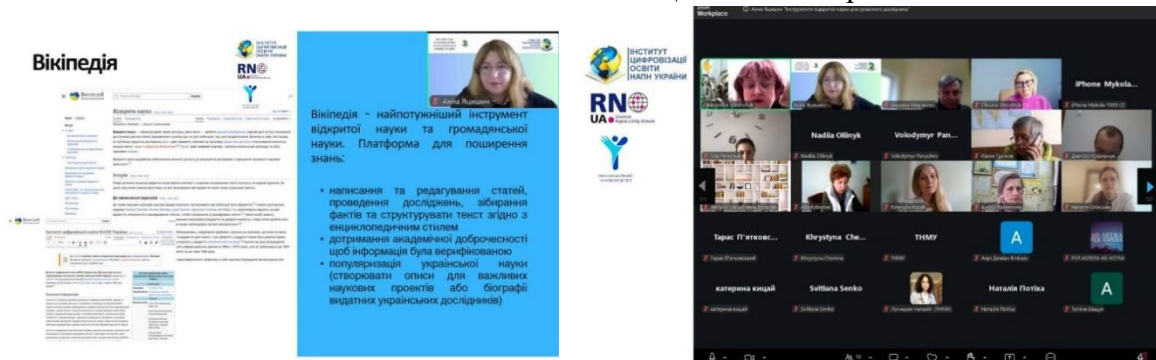


Рис. 2-3. Фото зроблено під час реалізації мікропроєкту. 9.04.2026 я була запрошеною лектором в Тернопільському національному медичному університеті.

На рис. 2-3 Фото зроблено під час реалізації мікропроєкту, 9.04.2026 була запрошеною лектором в Тернопільському національному медичному університеті. Разом із 50 учасниками - досвідченими вченими та аспірантами ми розглядали та обговорювали сучасні інструменти Відкритої науки. Ми зосередилися на інструментах, які роблять життя дослідника простішим, а результати – вагомішими. Громадянська наука – як залучати громадськість до досліджень? Наука більше не зачинена в лабораторіях. Кожен громадянин може стати частиною великого відкриття. І особливо практично в цьому допомагає ІІІ.

Згідно з рекомендаціями UNESCO, ІІІ має виступати як допоміжний інструмент, що забезпечує інклюзивність доступу до наукових ресурсів [Error! Reference source not found.]. Отже, створення кастомного ІІІ-асистента є ефективним рішенням для аналітичної підтримки молодих вчених. Це не лише технічне завдання, а й методологічний процес, що потребує поєднання знань з педагогіки, наукового менеджменту та інженерії промптів. Використання ІІІ у фандрайзингу не повинно обмежуватися лише генерацією тексту заявки. Ключовим є

етичне використання ШІ для оптимізації пошуку грантових чи стипендіальних пропозицій, для структурування ідей, а не заміни інтелектуального внеску автора.

III. Висновки

Використання кастомних ШІ-асистентів визначено як перспективний інструмент модернізації підготовки молодих учених і аспірантів у контексті розвитку відкритої науки та цифрової трансформації освіти. Такі системи виступають когнітивними підсилювачами, що оптимізують пошук і аналіз грантових можливостей в умовах інформаційного перевантаження, сприяють розвитку дослідницьких і аналітичних компетентностей та підтримують інтеграцію у міжнародний науковий простір. Водночас поєднання інструментів відкритої науки, громадянської науки та інтернаціоналізації освіти забезпечує формування нової дослідницької культури, орієнтованої на відкритість, прозорість і академічну доброчесність.

Ефективність застосування ШІ-асистентів залежить від якості їх проєктування, зокрема використання підходів RAG, персоналізації та чітко сформульованих системних інструкцій, що підвищує точність результатів. Разом із тим, впровадження таких технологій супроводжується етичними викликами, пов'язаними з академічною доброчесністю та достовірністю наукових результатів, що зумовлює необхідність розглядати ШІ як допоміжний інструмент, а не заміну інтелектуальної діяльності дослідника. Таким чином, кастомні ШІ-асистенти слід є складовою міждисциплінарного підходу до формування сучасного науковця в умовах відкритої науки.

IV. Список використаних джерел

- [1] A. Iatsyshyn, V. Kovalenko, A. Simakhova, V. Kovach, A. Iatsyshyn, and V. Ostrovka, "Application of Open Science Tools for the Development of Digital and Analytical Competences of Future PhDs and Young Scientists," in *Digital Technologies in Education II*, vol. 626, 2026, pp. 291-305, doi: 10.1007/978-3-032-03612-4_16.
- [2] C. Molinari *et al.*, "The role of AI in academic writing and research funding: Opportunities and ethics," *Journal of Educational Technology*, 2023.
- [3] European Commission, "Funding & Tenders Portal: Guidance for Applicants." [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/>
- [4] P. Lewis *et al.*, "Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks," *arXiv preprint*, 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2005.11401>
- [5] S. Dahle and O. Berezko, "Recommendations for the open science and research assessment reforms in Ukraine," 2024, doi: 10.5281/zenodo.11203590.
- [6] UNESCO (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research>
- [7] А. В. Яцишин та І. С. Ткаченко, «Міжнародний навчальний семінар з інституційних інструментів впровадження відкритої науки та розвитку оцінки досліджень», *Наука, технології, інновації*, № 3 (35), с. 37-45, 2025, doi: 10.35668/2520-6524-2025-3-05.
- [8] Національний фонд досліджень України. *Нормативна база та конкурси*. <https://nrfu.org.ua/>

INTERNATIONALIZATION OF EDUCATION IN THE DIGITAL ERA: THE USE OF CUSTOM AI ASSISTANTS FOR ANALYTICAL SUPPORT OF EARLY-CAREER RESEARCHERS AND PHD STUDENTS

Iatsyshyn Anna

ABSTRACT. The publication examines the features of developing personalized AI assistants as a tool for analytical support of early-career researchers and PhD students in the context of the advancement of open science and the digital transformation of education. It is substantiated that the integration of AI technologies into research fundraising enhances the efficiency of identifying funding opportunities, fosters the development of research competencies, and expands international collaboration.

KEYWORDS: AI, internationalization, analytical support, early-career researchers, PhD students.

НАПРЯМ 2. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У НАУЦІ



TRACK 2. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCIENCE

НАПРЯМ 2. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В НАУЦІ

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РАДІООНКОЛОГІЇ (ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ)

Артамонова Неоніла¹, Павліченко Юліана²

¹Державна установа «Інститут медичної радіології та онкології ім. С. П. Григор'єва

²Національної академії медичних наук України», Харків, Україна

E-mail: artamonovan@ukr.net

АНОТАЦІЯ. У публікації проведено бібліометричний аналіз науково-технічної інформації. Встановлено основні тенденції та перспективи розвитку проблеми ШІ у плануванні ПТ, тематичні напрямки та цитування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, радіоонкологія, променева терапія, патенти, цитування.

I. Вступ

Радіоонкологія, зокрема променева терапія (ПТ) – одна з найважливіших сфер онкології, в якій активно використовується штучний інтелект (ШІ). Ці інноваційні розробки швидко розвиваються завдяки неймовірному потенціалу ШІ, який стає все більш доступним у всьому світі. Актуальність цього напрямку було підкреслено також на науковій конференції «Штучний інтелект як інструмент сучасного і майбутнього в онкології», проведений під егідою Генеральної асамблеї Європейських інститутів раку у 2022 р., де чітко визначено вектор інтересів онкологічної галузі на найближчі роки.

На сьогодні близько 50–60 % усіх онкологічних пацієнтів потребують застосування методів променевої терапії як для радикального, так і для паліативного лікування. Зростання абсолютної кількості випадків раку призводить до критичного навантаження на радіологічні відділення та персонал. Необхідність збереження високої якості лікування при постійному збільшенні потоку пацієнтів вимагає впровадження нових інструментів оптимізації робочого часу лікаря.

Штучний інтелект пов'язаний зі створенням розумних машин, здатних виконувати завдання, які вимагають людського інтелекту. Сучасні технології ШІ суттєво впливають на ПТ, клінічні випробування та життя пацієнтів уже зараз. Зокрема, можна відзначити такі основні напрями застосування ШІ у ПТ: контурування макроскопічної пухлини (GTV), клінічного об'єму (CTV) та органів ризику (OAR). Зазвичай це потребує від кількох годин до кількох днів роботи з кожним зрізом комп'ютерної томографії (КТ)/магнітно-резонансної томографії (МРТ).

За даними Управління з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США (FDA, Food and Drug Administration), п'ятдесят два медичні пристрої з підтримкою штучного інтелекту/машинного навчання було класифіковано як пристрої, призначені для онкології. Зростання кількості таких пристроїв різко прискорилося з середини 2010-х років: 49 (94,2 %) були схвалені у 2016 році або пізніше. 16 пристроїв, призначених для терапевтичних цілей, пов'язані з променевою терапією: 15 призначені для планування променевої терапії (усі вони включали автоматичну сегментацію органів як основну функцію), а один є лінійним прискорювачем, оснащеним алгоритмами штучного інтелекту/машинного навчання [1].

Використання ШІ у ПТ набуло значного розвитку, зокрема в галузі розпізнавання зображень із застосуванням глибоким навчанням через згорткові нейронні мережі для діагностичної візуалізації.

Питання лікування онкологічних пацієнтів, зокрема з використанням ПТ, з роками не втрачають своєї актуальності та потребують більш ретельного вивчення сучасних напрямків розвитку цієї сфери досліджень. При цьому на сучасному рівні розвитку науки необхідною умовою вдосконалення технологій планування ПТ є використання ШІ.

Мета роботи. Оцінити роль штучного інтелекту в плануванні ПТ з використанням бібліометричного аналізу.

II. Основна частина

2.1 Характеристика інноваційного потенціалу ІІІ у ПТ

Для дослідження інноваційних розробок було проведено пошук та відбір патентів із цифрового ресурсу PATENTSCOPE (WIPO) за такими термінами: «artificial intelligence oncology» (28), «artificial intelligence radiation therapy» (47), «machine learning radiation therapy» (128), «machine learning oncology» (73), «deep learning radiation therapy» (34). Отримані результати свідчать про найбільшу інноваційну активність у напрямі розробки технологій машинного навчання в радіаційній терапії.

Слід відзначити, що зростання активності патентування медичних розробок ІІІ почалося з 2020 року (119 док.), а найбільша активність спостерігалася у 2023 р. (261 док.). За результатами дослідження було створено відповідні графіки.

Важливим етапом ПТ є її планування, при якому найчастіше використовують ІІІ для:

- аналізу даних пацієнта (наприклад, об'єм пухлини, розташування і характеристики здорових тканин) і визначення оптимального розташування та дози опромінення;
- контролю якості ПТ (мінімізація відхилень від заданих параметрів точності та ризику виникнення побічних ефектів підвищують ефективність лікування);
- аналізу та класифікації медичних зображень, таких як рентгенівські знімки, зображення МРТ і КТ;
- індивідуалізації планів лікування для кожного пацієнта за допомогою алгоритмів машинного навчання та аналізу великих обсягів даних, що дозволяє створювати персоналізовані терапевтичні схеми з урахуванням індивідуальних особливостей (вік, стан здоров'я, анамнез та генетичні фактори);
- забезпечення автоматичного планування ПТ для скорочення часу і підвищення точності процесу.

Що стосується інтенсивності патентування за запитами «artificial intelligence radiation therapy» та «machine learning radiation therapy», то вона припадає на 2022–2024 рр.

Аналіз структури патентування свідчить про те, що за останні роки серед країн світу провідними були США (52 док.). У тематичному розподілі патентів згідно з Міжнародною патентною класифікацією (МПК) визначено такі основні класи: А61N 5/00 (96 док.) – променева терапія; G16H (66 док.) – комп'ютерні технології в медицині (інформаційно-комунікаційні технології, спеціально пристосовані для роботи з даними або для оброблення даних у сфері медицини).

Наведемо приклади патентних документів за класом МПК А61N 5/00.

Так, провідна фірма Siemens Healthineers International AG подала 16 заявок на винаходи, зокрема 4 – у 2025 р. Ці заявки стосуються різних аспектів планування ПТ. Наприклад, у заявці [2] йдеться про розширення біомеханічних даних за допомогою ІІІ для прогнозування можливої деформації органів під час опромінення під візуальним контролем.

Обробці зображень та відстеженню структури планів при плануванні ПТ присвячено працю [3], де комп'ютерна система може обробляти дані лікувальних зображень за допомогою механізмів ІІІ та генерувати дані щодо властивостей матеріалу з можливістю їх зіставлення з шаблоном для відстеження змін під час фази лікування. Зовнішня модель ІІІ для оптимізації планування ПТ [4] включає мету плану ПТ конкретного пацієнта та оптимізатор плану для генерації одного або декількох атрибутів лікування, де оптимізатор ітеративно обчислює ці параметри. При кожній ітерації він переглядає атрибути плану лікування відповідно до їхньої «вартості» (цільової функції). Модель ІІІ навчена розраховувати друге значення вартості відповідно до ймовірності виникнення ускладнень у пацієнта після лікування. Метод [5] дозволяє перевіряти та оцінювати роботу експерта-рецензента або механізмів виявлення помилок на основі ІІІ в процесі планування курсу променевої терапії. При цьому у вихідні дані програмного модуля ІІІ, який виконує певний етап планування, навмисно вводяться помилки для оцінки ефективності їх виявлення людиною або алгоритмом.

2.2 Стан наукових досягнень променевої терапії із ШІ

Аналіз проведено на підставі опрацювання цифрових ресурсів Web of Science Core Collection (WOS) за ключовими термінами «artificial intelligence AND radiation therapy» (1027 док.) та «machine learning AND radiation therapy» (1327 док.). Найбільш продуктивними роками були 2020–2025 (41,4 % від загальної кількості), а країною-лідером – США (44,5 %). Серед американських установ найбільш продуктивними виявилися: University of California System (78 док.), University of Texas System (74 док.) та University of Toronto (69 док.).

Для оцінки значущості наукових публікацій було проаналізовано показники їхнього цитування. Найбільш цитованою стала робота Chlap P. [6] із співавт. (663 посилання). Публікацію присвячено методам збільшення розміру навчального набору даних у випадках, коли великі масиви даних недоступні, що часто трапляється при роботі з медичними зображеннями. Розширення цих даних має на меті генерацію додаткових зразків для навчання моделі, що, як було доведено, покращує ефективність валідації на окремому, раніше «небаченому» наборі даних. Цей підхід став загальноприйнятим, тому стаття допомагає структурувати типи технік розширення даних, які використовуються в найсучасніших моделях глибокого навчання.

Друга публікація (Huynh E. із співавт. [7]) має 288 посилань. Автори аналізують можливості застосування ШІ в радіаційній онкології, підкреслюючи їхню різноманітність та широкомасштабність. Використання ШІ на кожному етапі робочого процесу може підвищити ефективність та загальну якість ПТ для онкологічних пацієнтів. Платформи ШІ чудово розпізнають складні закономірності в медичних даних і забезпечують кількісну, а не суто якісну оцінку клінічних станів.

Автори публікації [8], яка має 272 посилання, розглядають питання контурування мішені пухлини для ПТ на прикладі ділянок голови та шиї, оскільки цей процес є трудомістким і варіабельним. Для вирішення цієї проблеми було створено інструмент ШІ для автоматизації контурування первинного об'єму пухлини (GTV) у пацієнтів із раком носоглотки. Контури, згенеровані ШІ, продемонстрували високий рівень точності порівняно з еталонними під час тестування на 203 пацієнтах. У ході багатоцентрової оцінки використання ШІ підвищило точність контурування, знизило внутрішньо- та міжспостерігачеву варіабельність (на 36,4 % та 54,5 % відповідно) та скоротило час роботи (на 39,4 %).

Основні технологічні засади ШІ, сучасні методи машинного навчання та їх застосування в медичній візуалізації під час променевої терапії викладені в роботі [9], яка також викликала певний інтерес у радіологів (253 посилання). Детальне обговорення основних концепцій ШІ в радіології з представленням широко використовуваних у променевій терапії додатків, таких як автоматична сегментація, автоматизоване планування лікування та синтетична комп'ютерна томографія (СКТ), також викликало значний інтерес у читачів (251 посилання) [10].

Таким чином, надано оцінку ролі штучного інтелекту в плануванні ПТ з використанням показників бібліометричного аналізу. Проаналізовано кількісну та якісну характеристики публікацій і патентів. Існуючі надійні системи забезпечення якості та фреймворки на основі даних у радіаційній онкології створюють стратегічну основу для майбутнього розвитку ШІ та його інтеграції в догляд за пацієнтами та інші робочі процеси.

III. Список використаних джерел

- [1] R. Sivakumar, B. Lue, and S. Kundu, "FDA approval of artificial intelligence and machine learning devices in radiology: A systematic review". *JAMA Netw. Open*, vol. 8, no. 11, p. e2542338, 2025. doi: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2025.42338>.
- [2] A. Santhanam, F.-C. Ghesu, and Y. Zhang, "Biomechanical data augmentation for AI and image-guided radiation therapy", патент 20250073496, США, березень 2025 р.
- [3] M. Walczak and L. Zhu, "Image data processing and target structure tracking for radiation therapy", патент 20250272852, США, серпень 2025 р.
- [4] E. Kuusela and S. Basiri, "External artificial intelligence model for radiotherapy planning optimization", патент 20250073498, США, березень 2025 р.
- [5] C. Adelsheim, "Quality assurance process for radiation therapy treatment planning", патент 20240001154, США, січень 2024 р.

- [6] P. Chlap, H. Min, N. Vandenberg, J. Dowling, L. Holloway and A. Haworth, "A review of medical image data augmentation techniques for deep learning applications". *J. Med. Imaging Radiat. Oncol.*, vol. 65, no. 5, p. 545–563, 2021. doi: <https://doi.org/10.1111/1754-9485.13261>.
- [7] E. Huynh, A. Hosny, C. Guthier, D. S. Bitterman, S. F. Petit, D. A. Haas-Kogan, *et al.*, "Artificial intelligence in radiation oncology". *Nat. Rev. Clin. Oncol.*, vol. 17, no. 12, p. 771–781, 2020. doi: <https://doi.org/10.1038/s41571-020-0417-8>.
- [8] L. Lin, Q. Dou, Y. M. Jin, G. Q. Zhou, Y. Q. Tang, W. L. Chen, *et al.*, "Deep learning for automated contouring of primary tumor volumes by MRI for nasopharyngeal carcinoma". *Radiol.*, vol. 291, no. 3, p. 677–686, 2019. doi: <https://doi.org/10.1148/radiol.2019182012>.
- [9] A. Barragán-Montero, U. Javaid, G. Valdés, D. Nguyen, P. Desbordes, B. Macq, *et al.*, "Artificial intelligence and machine learning for medical imaging: A technology review". *Phys. Med.*, vol. 83, p. 242–256, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.04.016>.
- [10] L. Vandewinckele, M. Claessens, A. Dinkla, C. Brouwer, W. Crijns, D. Verellen, *et al.*, "Overview of artificial intelligence-based applications in radiotherapy: Recommendations for implementation and quality assurance". *Radiother. Oncol.*, vol. 153, p. 55–66, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.09.008>.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В АГРОБІОТЕХНОЛОГІЇ БАКТЕРІЙ: ВІД СКРИНІНГУ ШТАМІВ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА

Богдан Михайло¹, Гуляєва Ганна¹

¹Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного Національної академії наук України, м. Київ, Україна
E-mail: bohdan_m@imv.org.ua

АНОТАЦІЯ. Узагальнено сучасні напрями застосування штучного інтелекту в агробіотехнології бактерій. Розглянуто його можливості для добору штамів, аналізу мікробіомних і мультиоміксних даних, оптимізації ферментації та прогнозування ефективності біопрепаратів у рослинництві.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, агробіотехнологія, бактерії, біопрепарати, рослинництво.

I. Вступ

Сучасне сільське господарство стикається з комплексом взаємопов'язаних викликів, зокрема зі зростанням попиту на продовольство, деградацією земельних і ґрунтових ресурсів, кліматичною нестабільністю та потребою зменшити залежність від синтетичних добрив і пестицидів [1, 2]. За цих умов бактеріальні біопрепарати та мікробні інокулянти розглядаються як один із перспективних інструментів переходу до більш сталих агротехнологій [2, 3]. Корисні ґрунтові та ендоефітні бактерії, зокрема представники родів *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum* та ін., здатні стимулювати ріст рослин, покращувати мінеральне живлення, підвищувати толерантність до абіотичних і біотичних стресів та пригнічувати фітопатогени [2, 3]. Водночас результативність таких препаратів у польових умовах часто залишається варіабельною, оскільки визначається не лише властивостями штаму, а й умовами культивування, формуляцією, сумісністю з конкретною культурою, станом ґрунтового мікробіому та агроекологічним контекстом застосування [2].

У зв'язку з цим агробіотехнологія бактерій дедалі активніше інтегрує інструменти штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН). Якщо традиційний підхід до розроблення біопрепаратів переважно спирався на поетапне емпіричне тестування, то ШІ відкриває можливість переходу до аналізу великих масивів даних, прогнозного моделювання та раціональнішого керування біопроцесами [4–8]. Йдеться не лише про пришвидшення обчислень, а про зміну самої дослідницької парадигми: від інтуїтивного добору штамів – до керованого даними скринінгу, від оптимізації середовищ методом численних проб – до МН-оптимізації ферментації, від постфактум оцінки результату – до побудови прогнозних моделей на основі біологічних, технологічних і мікробіомних параметрів [4–9]. У ширшому контексті це відображає перехід до прогнозного сільського господарства, керованого даними, в межах якого ШІ розглядається як один із чинників підвищення ефективності, стійкості та адаптивності сучасного агровиробництва [8, 10].

Метою цього огляду є узагальнити сучасні напрями застосування штучного інтелекту в агробіотехнології бактерій, зокрема для скринінгу перспективних штамів, оптимізації виробництва бактеріальних біопрепаратів і прогнозування їх потенційної ефективності в рослинництві. Основну увагу приділено працям, опублікованим у 2023–2026 роках, а також суміжним дослідженням, що демонструють практичну інтеграцію ШІ/МН у мікробіологію, біопроцесинг та аналіз ґрунтового мікробіому [4–9].

II. Основна частина

Бактерії як об'єкти сучасної агробіотехнології. Бактерії є одними з ключових об'єктів сучасної агробіотехнології завдяки високій метаболічній пластичності, швидкому росту, здатності окремих таксонів до спороутворення, синтезу біологічно активних сполук і відносно простому технологічному масштабуванню [2, 3, 11]. Особливий інтерес привертають представники роду *Bacillus*, які поєднують низку цінних для практичного використання властивостей: стабільність у препаративних формах, здатність синтезувати антимікробні ліпопептиди та ферменти, мобілізувати елементи живлення, продукувати фітогормоноподібні сполуки та індукувати системну стійкість рослин [11–13]. Тому *Bacillus* сьогодні розглядають не лише як класичний агент біоконтролю, а й як перспективну платформу для створення багатофункціональних біопрепаратів для рослинництва [11, 12].

Поряд із *Bacillus* важливу роль відіграють також бактерії, що стимулюють ріст рослин (plant growth-promoting bacteria, PGPB). Вони здатні фіксувати азот, солубілізувати фосфор і калій, продукувати сидерофори, АСС-деаміназу, ауксини, цитокініни та інші метаболіти, які позитивно впливають на ріст, мінеральне живлення та стресостійкість рослин [3, 14, 18]. У сучасних оглядах підкреслюється, що потенціал PGPB є особливо важливим для агросистем, які функціонують в умовах кліматичної мінливості, посухи, засолення та зниження родючості ґрунтів [14, 18]. Водночас перенесення лабораторних результатів у польові умови нерідко є проблематичним, оскільки ефективність штаму визначається не лише його властивостями, а й стабільністю колонізації, взаємодією з рослиною-господарем, мікробіомом ризосфери та локальними абіотичними умовами [2, 22, 25]. Саме ця багатофакторність робить агробіотехнологію бактерій природною сферою для застосування інструментів штучного інтелекту та машинного навчання [5, 8, 9].

З технологічної точки зору створення бактеріального біопрепарату є багатоступеневим процесом, який охоплює ізоляцію штаму, його таксономічну та функціональну ідентифікацію, скринінг корисних властивостей, оптимізацію складу середовища й параметрів культивування, масштабування, формуляцію, контроль якості та теплично-польову перевірку [2]. Огляд Díaz-Rodríguez та співавт. показує, що вже на кожному з цих етапів виникають завдання, для яких аналіз даних і цифрове моделювання можуть істотно пришвидшити прийняття рішень [2]. Відповідно, сучасна агробіотехнологія бактерій постає не лише як мікробіологічна, а й як біоінженерна та інформаційно-аналітична дисципліна, у якій ШІ/МН дедалі активніше використовують для скринінгу, оптимізації ферментації, моніторингу процесів і підтримки масштабування [4, 6, 7].

ШІ для скринінгу та добору перспективних бактеріальних штамів. Одним із найперспективніших напрямів є використання штучного інтелекту для добору штамів-кандидатів. У класичній схемі пошук корисних бактерій ґрунтується на виділенні ізолятів, фенотиповому тестуванні та багатоступеневому порівнянні результатів. Такий підхід залишається трудомістким і повільним, особливо коли необхідно аналізувати великі колекції ізолятів або інтегрувати геномні, фенотипові, біохімічні та екологічні дані. Сучасні ШІ/МН-підходи дають змогу будувати моделі, які ранжують штамми за ймовірністю наявності потрібних ознак, прогнозують їхній фенотиповий або метаболічний потенціал, оцінюють придатність до культивування та допомагають звужити коло кандидатів ще до повного циклу експериментальної перевірки [5, 9, 17].

У 2026 році Li та співавт. узагальнили розвиток ШІ у мікробній ізоляції та культивуванні, показавши, що за останні десятиліття підходи поступово зміщувалися від експертно-інтуїтивних до підходів, керованих даними. Автори акцентують застосування ШІ на рівні

геному, окремої клітини та мікробної спільноти, а також можливість прогнозування поживних потреб мікроорганізмів, динамічної оптимізації умов росту й активного дослідження параметричного простору культивування [5]. Важливо, що ШІ у цій сфері вже виступає не лише як інструмент аналізу, а й як засіб активного дизайну експерименту. Для агробіотехнології це означає можливість швидшого виявлення нових перспективних RGPB і біоконтрольних агентів із ризосфери, філосфери та ендосфери культурних рослин [3, 5, 18].

Практичне підтвердження цієї тенденції дають роботи з автоматизованої мікробної культуроміки та МН-прогнозування росту. У дослідженні Huang та співавт. розроблено високопродуктивну платформу *microbial culturomics* з автоматизацією та машинним навчанням, у якій МН використовували для максимізації різноманіття ізольованих мікроорганізмів і таргетованого відбору потрібних таксонів [15]. Подібну логіку реалізовано в системі *MediaMatch*, де моделі *XGBoost*, навчені на даних *MediaDive* та 16S rRNA-послідовностях, використовували для прогнозування росту бактерій на різних культуральних середовищах [16]. Для агробіотехнології це відкриває перспективу швидшого й цілеспрямованішого підбору умов культивування нових штамів, зокрема тих, що мають нетипові поживні вимоги [15, 16].

Не менш важливо, що ШІ-скринінг може застосовуватися і на рівні функціональних ознак. Для RGPB пріоритетними є здатність до мобілізації елементів живлення, синтезу сидерофорів і фітогормонів, формування біоплівки, біоконтролю та підвищення стійкості рослин до стресу [3, 18]. За наявності стандартизованих фенотипових, геномних або мультиомік-профілів МН-моделі можуть використовуватися для класифікації ізолятів, прогнозування окремих функціональних рис і виявлення латентних зв'язків між ознаками [9, 17]. У цьому сенсі ШІ може стати проміжною ланкою між класичною мікробіологією, високопродуктивним скринінгом і цифровим дизайном бактеріальних біопрепаратів [5, 9, 17, 19].

ШІ в оптимізації ферментації та біопроцесів. Якщо скринінг відповідає на питання «який штам?», то ферментація – на питання «як отримати стабільний продукт у потрібній кількості та якості?». Саме цей етап часто стає вузьким місцем під час переходу від лабораторного ізоляту до реального біопрепарату. Для бактеріальних інокулянтів критичними є концентрація життєздатних клітин або спор, стабільність продукції метаболітів, відтворюваність процесу та економічна доцільність масштабування [2, 4]. Огляд Wang та співавт. показує, що машинне навчання вже активно застосовують для моделювання ферментаційних систем, добору складу середовища, налаштування параметрів культивування та прогнозування результатів процесу [4]. Автори також підкреслюють перспективність автоматизованого керування процесом, трансферного навчання, гібридних моделей і м'яких сенсорів для складних біопроцесів [4, 7].

Для агробіотехнології бактерій це має безпосереднє значення. Виробництво біопрепарату рідко зводиться лише до нарощування біомаси: нерідко необхідно одночасно оптимізувати спороутворення, синтез вторинних метаболітів, стійкість культури до коливань рН і аерації, а також сумісність із носіями формуляції [2, 11, 12]. Традиційні пофакторні або статистично обмежені схеми оптимізації залишаються корисними, однак за великої кількості змінних швидко втрачають ефективність. Натомість МН-моделі краще працюють із нелінійними взаємодіями між чинниками, дозволяють виявляти нетривіальні комбінації параметрів і підтримують перехід від емпіричної до предиктивної оптимізації біопроцесів [4, 6, 20].

Огляд Butean та співавт. розширює цю логіку, показуючи, що ШІ у біопроцесингу охоплює не лише власне ферментацію, а й ширший спектр завдань: моделювання на основі даних, оптимізацію стратегій, моніторинг у режимі реального часу, м'які сенсори, цифрові двійники та керування в режимі реального часу [6]. Це особливо важливо для багатостадійних систем, у яких властивості сировини, фізико-хімічні параметри та метаболічний стан культури динамічно змінюються [6, 20]. Для аграрних біопрепаратів такий підхід відкриває можливість створення більш надійних, відтворюваних і стандартизованих технологічних регламентів, що є критично важливим для масштабування та комерціалізації [6, 7].

У 2026 році Helleckes та співавт. додатково наголосили, що найближча перспектива полягає не в повній автономії біопроцесів, а в гібридних системах, де ШІ-підтримка поєднується зі сталим

експертним контролем людини [7]. Для виробництва бактеріальних біопрепаратів це видається цілком реалістичним: такі системи можуть автоматично аналізувати тренди росту, відхилення технологічних параметрів і ризики зниження продуктивності, тоді як кінцеве рішення щодо режиму процесу залишається за технологом або мікробіологом [7, 20]. Крім того, сучасні МН-підходи вже демонструють високу придатність і для виявлення контамінації у ферментаційних процесах, що підсилює їхню практичну цінність у системах контролю якості [21].

III, ґрунтовий мікробіом і прогнозування ефективності біопрепаратів. Однією з ключових причин, чому біопрепарат може демонструвати різні результати в лабораторії, теплиці та полі, є складність системи «ґрунт–рослина–мікробіом». Навіть високоефективний штам не завжди реалізує свій потенціал у конкретному агроценозі через конкуренцію з автохтонною мікробіотою, відмінності у вологості, рН, структурі ґрунту, агротехнічному режимі або генотипі рослини-господаря [2, 22–25]. Саме тому інструменти штучного інтелекту набувають тут особливої цінності, оскільки дають змогу працювати з багатовимірними наборами даних, що поєднують мікробіомну, агрохімічну, фенотипову та екологічну інформацію [8, 9, 24].

В огляді Раса та співавт. показано, що III вже застосовують для побудови прогнозних моделей на основі даних про ґрунтову мікробіоту з метою оцінювання та моніторингу здоров'я ґрунту [8]. Автори також підкреслюють потенціал систем підтримки рішень на основі штучного інтелекту для поліпшення використання мікроорганізмів у підтриманні ґрунтової родючості та реалізації принципів сталого точного землеробства [8]. Для агробіотехнології бактерій це означає перехід від уніфікованого підходу до більш контекст-залежного: не просто «який препарат загалом ефективний», а «який препарат із найбільшою ймовірністю спрацює в конкретній системі “ґрунт–рослина–мікробіом”» [8, 24].

Важливим кроком у цьому напрямі є використання мікробіомних індикаторів для прогнозування успіху інокуляції. У дослідженні Lutz та співавт. показано, що кілька параметрів ґрунту, а насамперед індикатори ґрунтового мікробіому, дали змогу пояснити значну частку варіації ростової відповіді культури на інокуляцію; автори прямо зазначають, що такі індикатори можуть слугувати основою для прогнозування успіху інокуляції на початку вегетаційного сезону [23]. Хоча ця робота стосувалася арбускулярних мікоризних грибів, а не бактеріальних препаратів, вона є важливим підтвердженням концепції для ширшої ідеї: ефективність мікробних інокулянтів можна передбачати не лише за властивостями самого препарату, а й за характеристиками ґрунтової біоти [22, 23].

Не менш важливим є прогнозування стійкості агросистем до стресів. В оглядах про RGPB у кліматично вразливому землеробстві показано, що бактерії здатні підвищувати толерантність рослин до дефіциту води, дисбалансу елементів живлення, високих температур та інших несприятливих чинників [14, 18]. Водночас польові дослідження свідчать, що реальний ефект інокуляції залежить від екологічного контексту, взаємодії з ризосферним мікробіомом і супутніх стресових факторів [22, 24, 25]. Тому поєднання польових даних, мікробіомного профілювання та III-моделювання можна розглядати як одну з найперспективніших основ для створення нових поколінь бактеріальних біопрепаратів, орієнтованих не лише на загальне підвищення продуктивності, а й на конкретні сценарії агроекологічного ризику [8, 22–25].

Обмеження, виклики та перспективи. Попри значний потенціал, інтеграція штучного інтелекту в агробіотехнологію бактерій стикається з низкою суттєвих обмежень. Насамперед результативність моделі безпосередньо залежить від якості, повноти та зіставності даних, на яких її побудовано. Для бактеріальних біопрепаратів це означає потребу у стандартизованому збиранні інформації про штам, параметри ферментації, носії формуляції, терміни зберігання, тепличні й польові результати, а також характеристики ґрунту та культури [2, 6, 8, 9]. Наразі такі дані часто залишаються фрагментованими, отриманими за різними протоколами й не завжди придатними для інтегрованого МН-аналізу [6, 9, 20].

Не менш принциповою залишається проблема інтерпретованості моделей. У фундаментальній мікробіології та біопроектингу висока предиктивна точність є важливою, однак для практичного впровадження в агробіотехнології необхідне також розуміння

причинно-наслідкових або принаймні біологічно правдоподібних зв'язків: чому обрано саме цей штам, чому система рекомендує певне середовище культивування або чому прогнозується низька польова ефективність препарату [6, 7, 9, 20]. Без цього ШІ ризикує залишитися «чорною скринькою», яку складно інтегрувати в регульовані виробничі та аграрні практики. Саме тому особливий інтерес становлять гібридні моделі, у яких підходи, керовані даними, поєднуються з біологічними знаннями, моделюванням на основі перших принципів і технологічними обмеженнями [6, 7, 20].

Крім того, успішність цифрових рішень у цій сфері визначається не лише властивостями алгоритму, а й рівнем міждисциплінарної інтеграції. Для створення дійсно ефективного бактеріального біопрепарату потрібна взаємодія мікробіологів, біотехнологів, агрономів, біоінформатиків і фахівців з аналізу даних [2, 8, 9, 25]. Саме така співпраця дає змогу перетворити ШІ з допоміжного інструмента на елемент повного R&D-контуру – від виділення штаму та оптимізації біопроцесу до прогнозування результативності препарату в реальній агросистемі [5–8]. Імовірно, саме цей інтегрований підхід з урахуванням людського фактора в найближчому майбутньому визначатиме подальший розвиток агробіотехнології бактерій [7, 9, 20].

III. Висновки

Проведений огляд літератури показав, що штучний інтелект поступово стає одним із ключових інструментів агробіотехнології бактерій. По-перше, ШІ/МН відкривають нові можливості для скринінгу та добору перспективних бактеріальних штамів. По-друге, ці підходи істотно розширюють можливості оптимізації ферментації, масштабування та контролю біопроектів. По-третє, поєднання ШІ з аналізом ґрунтового мікробіому створює передумови для точнішого прогнозування ефективності біопрепаратів у конкретних агроекологічних умовах.

Разом із тим, упровадження ШІ у цю сферу стримується низкою чинників, серед яких ключовими є фрагментованість даних, обмежена стандартизація експериментальних протоколів, складність інтерпретації моделей і потреба в міждисциплінарній інтеграції.

Отже, майбутній розвиток агробіотехнології бактерій, імовірно, буде пов'язаний із переходом від переважно емпіричних підходів до керованих даними моделей, у яких штучний інтелект стане невід'ємною складовою повного циклу розроблення, оцінювання та впровадження бактеріальних біопрепаратів для сталого сільського господарства.

IV. Список використаних джерел

- [1] FAO, The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2025. Rome, Italy: FAO, 2025. <https://doi.org/10.4060/cd7488en>
- [2] A. M. Díaz-Rodríguez, F. I. Parra Cota, L. A. Cira Chávez, L. F. García Ortega, M. I. Estrada Alvarado, G. Santoyo, and S. de los Santos-Villalobos, "Microbial inoculants in sustainable agriculture: Advancements, challenges, and future directions," *Plants*, vol. 14, no. 2, Art. no. 191, 2025. <https://doi.org/10.3390/plants14020191>
- [3] P. Yang, A. Condric, S. Scranton, C. Hebner, L. Lu, and M. A. Ali, "Utilizing plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) to advance sustainable agriculture," *Bacteria*, vol. 3, no. 4, pp. 434–451, 2024. <https://doi.org/10.3390/bacteria3040030>
- [4] Z.-Z. Wang, D.-W. Zeng, Y.-F. Zhu, M.-H. Zhou, A. Kondo, T. Hasunuma, and X.-Q. Zhao, "Fermentation design and process optimization strategy based on machine learning," *BioDesign Res.*, vol. 7, no. 1, Art. no. 100002, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.bidere.2025.100002>
- [5] M. Li, X. Yao, M. Zhang, and B. Hu, "Artificial intelligence for microbial isolation and cultivation: Progress and challenges," *Microorganisms*, vol. 14, no. 3, Art. no. 654, 2026. <https://doi.org/10.3390/microorganisms14030654>
- [6] A. Butean, I. Cutean, R. Barbero, J. Enriquez, and A. Matei, "A review of artificial intelligence applications for biorefineries and bioprocessing: From data-driven processes to optimization strategies and real-time control," *Processes*, vol. 13, no. 8, Art. no. 2544, 2025. <https://doi.org/10.3390/pr13082544>
- [7] L. M. Helleckes, S. Putz, K. Gupta, M. Franzreb, and H. Garcia Martin, "Perspectives for artificial intelligence in bioprocess automation," *Curr. Opin. Biotechnol.*, vol. 97, Art. no. 103392, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2025.103392>

- [8] R. Pace, V. Schiano Di Cola, M. M. Monti, et al., “Artificial intelligence in soil microbiome analysis: A potential application in predicting and enhancing soil health—a review,” *Discov. Appl. Sci.*, vol. 7, Art. no. 85, 2025. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06381-4>
- [9] X. W. Wang, T. Wang, and Y. Y. Liu, “Artificial intelligence for microbiology and microbiome research,” *Cell Syst.*, vol. 17, no. 2, Art. no. 101531, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.cels.2026.101531>
- [10] OECD, *Progress in Implementing the European Union Coordinated Plan on Artificial Intelligence (Volume 2): Uptake in High-Impact Sectors*. Paris, France: OECD Publishing, 2026. <https://doi.org/10.1787/3ac96d41-en>
- [11] A. Ortiz, E. Sansinenea, C. Keswani, et al., “Bioengineering *Bacillus* spp. for sustainable crop production: Recent advances and resources for biotechnological applications,” *J. Plant Growth Regul.*, vol. 44, pp. 1868–1885, 2025. <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11553-y>
- [12] H. Tariq, S. Subramanian, A. Geitmann, and D. L. Smith, “*Bacillus* and *Paenibacillus* as plant growth-promoting bacteria in soybean and cannabis,” *Front. Plant Sci.*, vol. 16, Art. no. 1529859, 2025. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1529859>
- [13] N. Ding, H. Dong, and M. Ongena, “Bacterial cyclic lipopeptides as triggers of plant immunity and systemic resistance against pathogens,” *Plants*, vol. 14, no. 17, Art. no. 2644, 2025. <https://doi.org/10.3390/plants14172644>
- [14] F. Pérez-Montaña, N. Aparicio, F. Arenas, et al., “Emerging crops and plant growth-promoting bacteria (PGPB): A synergistic approach to climate-resilient agriculture,” *Microbiome*, vol. 13, Art. no. 228, 2025. <https://doi.org/10.1186/s40168-025-02225-4>
- [15] Y. Huang, R. U. Sheth, A. Kaufman, et al., “High-throughput microbial culturomics using automation and machine learning,” *Nat. Biotechnol.*, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41587-023-01674-2>
- [16] J. Liu, G. Xu, W. Liu, et al., “MediaMatch: Prediction of bacterial growth on different culture media using the XGBoost algorithm,” *Microb. Biotechnol.*, vol. 18, no. 10, Art. no. e70245, 2025. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.70245>
- [17] J. Koblit, L. C. Reimer, et al., “Predicting bacterial phenotypic traits through improved machine learning using high-quality, curated datasets,” *Commun. Biol.*, vol. 8, Art. no. 897, 2025. <https://doi.org/10.1038/s42003-025-08313-3>
- [18] A. Sahoo, G. Yadav, T. Mehta, et al., “Omics-driven insights into plant growth-promoting microorganisms for sustainable agriculture,” *Discov. Sustain.*, vol. 6, Art. no. 659, 2025. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01582-2>
- [19] Y. Qiu, D. Fan, J. Wang, X. Zhou, X. Teng, and C. Rao, “High throughput construction of species characterized bacterial biobank for functional bacteria screening: Demonstration with GABA-producing bacteria,” *Front. Microbiol.*, vol. 16, Art. no. 1545877, 2025. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1545877>
- [20] N. Duong-Trung, S. Born, J. W. Kim, et al., “When bioprocess engineering meets machine learning: A survey from the perspective of automated bioprocess development,” *Biochemical Engineering Journal*, vol. 41, no. 8, pp. 1064–1078, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2022.108764>
- [21] X. D. J. Nguyen, Y. A. Liu, C. C. McDowell, and L. Dooley, “Methodology for contamination detection and reduction in fermentation processes using machine learning,” *Bioprocess Biosyst. Eng.*, vol. 48, no. 9, pp. 1547–1563, 2025. <https://doi.org/10.1007/s00449-025-03194-6>
- [22] D. Francioli, I. D. Kampouris, T. Kuhl-Nagel, et al., “Microbial inoculants modulate the rhizosphere microbiome, alleviate plant stress responses, and enhance maize growth at field scale,” *Genome Biol.*, vol. 26, no. 1, Art. no. 148, 2025. <https://doi.org/10.1186/s13059-025-03621-7>
- [23] S. Lutz, N. Bodenhausen, J. Hess, et al., “Soil microbiome indicators can predict crop growth response to large-scale inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi,” *Nat. Microbiol.*, vol. 8, no. 12, pp. 2277–2289, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41564-023-01520-w>
- [24] C. A. Berruto and G. S. Demirer, “Engineering agricultural soil microbiomes and predicting plant phenotypes,” *Trends Microbiol.*, vol. 32, no. 9, pp. 858–873, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2024.02.003>
- [25] A. E. Fadji, A. Adeniji, A. A. Lanrewaju, et al., “Key challenges in plant microbiome research in the next decade,” *Microorganisms*, vol. 13, no. 11, Art. no. 2546, 2025. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13112546>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGROBIOTHEOLOGY OF BACTERIA: FROM STRAIN SCREENING TO OPTIMIZATION OF BIOLOGICAL PRODUCTS FOR PLANT PRODUCTION

Bohdan Mykhailo, Huliaieva Hanna

ABSTRACT. The current directions of application of artificial intelligence in bacterial agrobiotechnology are summarized. Its possibilities for strain selection, analysis of microbiome and multi-omics data, optimization of fermentation, and prediction of the effectiveness of biological products in crop production are considered.

KEYWORDS: artificial intelligence, agrobiotechnology, bacteria, biological products, plant production.

КОЛІЗІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ І ПРАВОВОГО СТАТУСУ АІ-ГЕНЕРАЦІЙ

Бортун Каріна¹

¹Національна академія внутрішніх справ, Київ, Україна
k.bortun@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У тезах здійснено комплексний теоретико-практичний аналіз проблем авторства та оригінальності юридичних текстів, згенерованих системами штучного інтелекту. Досліджено трансформацію класичної концепції авторського права в умовах алгоритмічної текстогенерації, визначено основні колізії правового регулювання щодо визнання авторства та встановлення творчого внеску. Розкрито ризики похідної неоригінальності, компілятивності та латентного відтворення чужих правових формулювань у згенерованих документах. Проаналізовано сучасні міжнародні та європейські підходи до правового статусу АІ-генерації, а також позиції наукової доктрини щодо розмежування ролі користувача та алгоритму. Обґрунтовано доцільність моделі людського контролю та відповідальності як базового критерію юридичного визнання авторства. Запропоновано напрями вдосконалення нормативного регулювання та академічних стандартів використання АІ у правничій діяльності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, авторське право, юридичні тексти, оригінальність, цифрове авторство, правове регулювання, інтелектуальна власність.

I. Вступ

Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту спричинив суттєві зміни у сфері створення текстової продукції, зокрема юридичних документів, наукових статей, аналітичних висновків і процесуальних матеріалів. Алгоритмічні моделі здатні генерувати структуровані правові тексти високого рівня формальної якості, що ставить під сумнів традиційні критерії авторства та творчої оригінальності. Класичне авторське право базоване на презумпції творчої діяльності людини як єдиного можливого автора. Проте АІ-системи формально створюють новий текст без безпосереднього творчого процесу у людському розумінні. Це породжує правову невизначеність щодо належності авторських прав, допустимого рівня запозичення та критеріїв оригінальності результату [1]. Проблема має не лише теоретичне, а й практичне значення для юридичної науки, судової практики, освітнього процесу та правничої професії загалом.

II. Основна частина

Питання цифрового авторства та АІ-генерації активно вивчають у сфері інтелектуальної власності й інформаційного права. Аналітичні матеріали, підготовлені під егідою World Intellectual Property Organization, акцентують на відсутності глобального консенсусу щодо визнання результатів машинної творчості об'єктами авторського права [5]. У регуляторних документах European Union підкреслена необхідність людського творчого внеску як обов'язкової умови правової охорони твору [6]. Наразі відомі підходи до концепції «assisted authorship», «algorithmic output» та «human-in-the-loop» моделей. Водночас недостатньо дослідженими постають саме особливості юридичних текстів як спеціалізованої категорії, де формалізованість мови поєднана з високими вимогами до точності, новизни формулювань та правових наслідків використання.

Метою дослідження є теоретико-правове обґрунтування проблем авторства та оригінальності юридичних текстів, створених із використанням систем штучного інтелекту, а

також формування концептуальної моделі визначення творчого внеску людини у процесі АІ-генерації для цілей авторсько-правової охорони. Важливим фактом постає з'ясування співвідношення між автоматизованим формуванням тексту та інтелектуальною діяльністю користувача, визначення критеріїв правової оригінальності юридичних документів, аналіз існуючих доктринальних і нормативних підходів до цифрового авторства та вироблення практичних рекомендацій щодо правового і етичного регулювання використання АІ у юридичній текстотворчості [1-4].

Сучасний етап розвитку цифрових технологій позначений переходом від допоміжних інформаційних систем до генеративних моделей, здатних самостійно формувати зв'язні тексти складної структури, зокрема юридичного характеру. Такі тексти включають договори, аналітичні довідки, правові висновки, процесуальні документи та науково-правові публікації. Це створює принципово нову ситуацію для авторського права, яке історично орієнтоване на результат безпосередньої творчої діяльності людини [4].

Юридичний текст як об'єкт правової охорони має подвійну природу. З одного боку, він містить стандартизовані конструкції, усталені формули та типові мовні звороти, обумовлені вимогами правової техніки. З іншого – передбачає індивідуальну аргументацію, логіку викладу, структурування правової позиції та інтерпретацію норм права. Саме друга складова традиційно розглядається як носій творчої оригінальності. Генеративні алгоритми здатні відтворювати обидві складові, однак роблять це на основі статистичного узагальнення навчальних даних, а не свідомого творчого вибору [7]. Проблема авторства у випадку АІ-генерації полягає у відсутності суб'єкта творчої волі з боку системи. Алгоритм не має правосуб'єктності, наміру чи відповідальності, а тому не може визнаватися автором у класичному правовому розумінні.

Водночас користувач, який формує запит, не завжди здійснює достатній творчий внесок у кінцевий результат. Якщо його участь обмежується короткою інструкцією без подальшого змістовного редагування, постає питання – чи виникає об'єкт авторського права взагалі [3;4]. У науковій доктрині формується підхід, за яким ключовим критерієм визнається не сам факт використання АІ, а рівень інтелектуальної участі людини у фінальному тексті. Творчий внесок може проявлятися у доборі правових джерел, формуванні структури документа, змістовному редагуванні, адаптації до конкретної правової ситуації, переформулюванні аргументації та юридичній інтерпретації. За наявності таких дій користувач може визнаватися автором похідного твору або твору з використанням технічного інструменту [6; 7].

Окремої уваги потребує проблема оригінальності. У праві інтелектуальної власності оригінальність трактується як результат самостійної творчої діяльності, а не як абсолютна новизна. Проте у випадку АІ-генерації існує ризик так званої прихованої копії – коли текст є новим за формою, але відтворює логіку, структуру або мовні фрагменти з навчальних корпусів. Це особливо критично для юридичних текстів, де навіть часткове неідентифіковане запозичення може мати правові наслідки [4; 6]. Варто наголосити, що традиційні системи перевірки унікальності не завжди ефективно виявляють статистично згенеровані збіги. Текст може пройти технічну перевірку на плагіат, але залишатися концептуально похідним.

У юридичній сфері це створює ризики використання аргументації без належного посилання, повторення чужих правових позицій або відтворення доктринальних конструкцій без атрибуції [6]. Не менш важливою є проблема відповідальності за зміст АІ-згенерованого юридичного тексту. Якщо такий текст містить помилки, неточності або неправдиві правові висновки, відповідальність несе особа, яка його використовує у професійній діяльності. Це підтверджує необхідність обов'язкового експертного контролю та професійної перевірки кожного згенерованого документа перед практичним застосуванням [7].

III. Висновки

Отже, розкриття факту застосування генеративних систем розглядається як елемент академічної доброчесності. Такий підхід не заперечує використання технологій, але вимагає чесного декларування меж їх участі у створенні тексту. Це дозволяє відмежувати технічну допомогу від

самостійного наукового результату [6; 8]. Правова оцінка юридичних текстів, згенерованих штучним інтелектом, повинна базуватися на сукупності критеріїв: характер участі людини, рівень творчої переробки, наявність змістовної юридичної адаптації, ступінь оригінальності формулювань та прозорість способу створення тексту. Саме комплексний підхід дозволяє уникнути як необґрунтованого заперечення авторства, так і безпідставного його визнання.

IV. Список використаних джерел

- [1] Бортун К.О. Шляхи інтеграції юридичної освіти в європейський освітній простір: упровадження штучного інтелекту. Наука і правоохорона : наук. журн. / [редкол.: Ю. М. Чорноус (голов. ред.) та ін.]. Київ: Нац. акад. внутр. справ, 2025. Вип. 4 (70). С. 71 – 79. DOI: <https://doi.org/10.33270/05257004.7>
- [2] Бортун К.О. Штучний інтелект у юриспруденції: сучасні виклики та можливості (мовний компонент). Українська мова в юриспруденції: стан, проблеми, перспективи [Текст]: матеріали XX Всеукр. наук.-практ. конф. з проблем розвитку та функціонування держ. мови до Дня укр. писемності та мови (Київ, 31 жовт. 2024 р.) / [редкол.: В. В. Черней, С. Д. Гусарев, С. С. Чернявський та ін.]. Київ: Нац. акад. внутр. справ, 2024. С. 67–71.
- [3] Касич, А., Яковенко, Я., Ключ, Ю., & Динько, І. (2023). ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВЛАСНІСТЬ У КРЕАТИВНІЙ ІНДУСТРІЇ: МОЖЛИВОСТІ І ВИКЛИКИ. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (економічні науки)*, (6), 77–83. <https://doi.org/10.20998/2519-4461.2023.6.77>
- [4] Погорілець, М., & Сорока, С. (2025). ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВЛАСНІСТЬ В ЦИФРОВУ ЕРУ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*, (44), 260-266. Отримано з <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/1606>
- [5] WIPO. Intellectual Property and Artificial Intelligence. URL: https://www.wipo.int/edocs/mdocs/mdocs/en/wipo_ip_ai_2_ge_20/wipo_ip_ai_2_ge_20_1_rev.pdf (дата звернення: 20.03.2026).
- [6] European Parliament Resolution on Artificial Intelligence and Intellectual Property Rights. 2020. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=oj:JOC_2021_404_R_0007 (дата звернення: 20.03.2026).
- [7] Zhang, T. (2022). Deepfake generation and detection, a survey. *Multimedia Tools and Applications*, 81(5), 6259-6276. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11733-y>.

СЕМАНТИЧНА СИНЕРГІЯ: ДИНАМІЧНІ ОНТОЛОГІЇ ТА ГРАФИ ЗНАНЬ У РОЯХ БПЛА

Гладун Анатолій¹, Хала Катерина¹

¹Інститут інформаційних технологій та систем НАН України, Київ, Україна
E-mail: khala@irtc.org.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто інтегрування онтології та графа знань для керування роєм БПЛА для забезпечення самоорганізації, живучості та адаптивності даних в реальному часі. Залучення LLM і RAG підвищує точність та достовірність рішень, а кіберрезистентність гарантує стійкість у динамічних умовах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: рій БПЛА, мультиагентні системи, динамічні онтології, граф знань, LLM, RAG.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням обсягів даних та ускладненням завдань, які потребують інтелектуального опрацювання інформації. У цьому контексті особливого значення набувають технології структурування знань, які поєднують застосування онтологій та графів знань (KG), що забезпечує формалізоване подання інформації про предметну галузь [1, 2].

Технологія децентралізованого керування роєм БПЛА потребує використання методів штучного інтелекту (ШІ) для виконання складних місій, забезпечення самоорганізації та живучості. Мультиагентні системи (МАС) та онтології становлять основу для виконання роєм дронів складних завдань як цивільного так і воєнного призначення. У випадку збою або втрати апарата мультиагентна система забезпечує перерозподіл завдань між рештою дронів,

самоорганізацію та живучість системи. Це може вплинути на тривалість виконання місії, проте гарантує її завершення [2, 3].

Онтологія надає рою БпЛА формалізоване подання знань про предметну галузь, підтримує автоматичне прийняття рішень агентами у складних ситуаціях, а також прогнозування та оцінювання стратегій для успішного виконання завдань. Для ефективного функціонування системи ми розподіляємо онтологію на ядро, що містить базові, стабільні та незмінні знання предметної галузі, виконує роль фундаменту системи та забезпечує узгодженість моделювання, і на множину динамічних онтологій кожного агента. Динамічні онтології відповідають за адаптацію до нових контекстів та нових даних, що надходять в реальному часі від сенсорів БпЛА. Вони можуть змінюватися залежно від завдань виконуваних агентом, забезпечуючи швидку реакцію на зміни зовнішнього середовища та підвищуючи гнучкість і ефективність роботи системи в цілому [4].

Під час розроблення елементів ШІ для інтелектуальних систем моніторингу надзвичайних ситуацій, агротехнологічного сектору, екології, охорони здоров'я ми застосовуємо графи знань. Їх основне завдання полягає у зберіганні знань, видобутих з сенсорів БпЛА, у форматі, який інтегрується з онтологічною структурою [2], та у постачанні цих даних динамічним онтологіям для забезпечення успішного виконання місій. Інтеграція графів знань та онтологій є потужною парадигмою для організації інформації, яка фіксує значення й контекст та забезпечує комплексний аналіз даних, виявлення фактів та знань, а також підтримку прийняття рішень.

У сучасних динамічних системах, зокрема в MAC керування роєм БпЛА, виникає потреба в оперативному опрацюванні великих обсягів різномірної інформації: текстових звітів, інструкцій, нормативних документів, даних із зовнішніх джерел [5, 6]. Для цих цілей, коли немає жорстких вимог до кількості сеансів зв'язку з наземним центром, ми інтегруємо перспективні технології отримання знань: великі мовні моделі (Large Language Models, LLM) – для розуміння природної мови та видобування структурованих даних із неструктурованих текстів [7]; генерацію з доповненим пошуком (Retrieval-Augmented Generation, RAG) – для підвищення точності LLM шляхом підстановки релевантного контексту [8, 9].

Використання онтологій є критично важливим для складних систем, адже вони дають змогу формалізувати знання про предметну галузь та забезпечують взаємодію агентів у гетерогенних роях [10]. У свою чергу графи знань у реальному часі підтримують контекстуальну обізнаність, необхідну для семантичного передбачення стану середовища [2] та швидкого прийняття рішень. Інтеграція цих методів з сучасними LLM через RAG підвищує достовірність прийнятих рішень та зменшує ризик галюцинацій моделі [4]. Особлива увага приділяється кіберрезистентності таких систем, оскільки рої БпЛА є вразливими до зовнішніх втручань у динамічних середовищах [10].

Метою цієї роботи є дослідження взаємозв'язку між графами знань та онтологіями, а також обґрунтування ефективності їх інтеграування для створення інтелектуальних систем, зокрема в контексті мультиагентного керування.

II. Інтеграція ШІ для семантизації керування багатоагентними системами

Семантична синергія технологій ШІ – LLM, RAG, графів знань та онтологій – є ключовою для систем керування роєм БпЛА. Її можна подати у вигляді узагальненої схеми (рис. 1), на якій зазначено, як ці компоненти взаємодіють між собою. LLM виконують первинне оброблення документів і текстів, RAG інтегрує зовнішні знання, графи знань структурують дані, а онтології забезпечують логічну узгодженість і формалізацію знань.

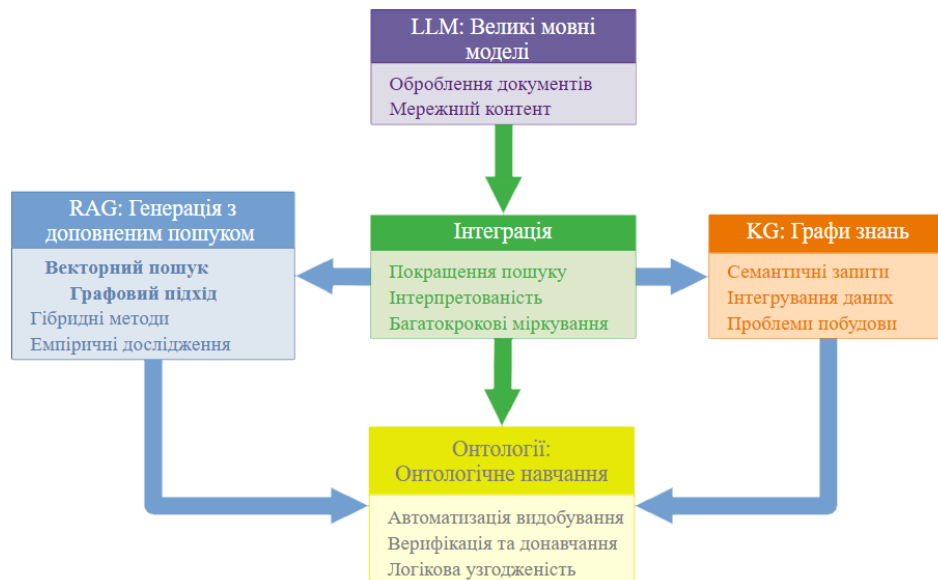


Рис. 1. Семантична синергія LLM, RAG, графів знань та онтологій

RAG – це сучасна парадигма, яка дає змогу великим мовним моделям працювати точніше, залучаючи зовнішні джерела знань. Для рою БпЛА це означає, що агент може отримати не лише «сирий» текстовий результат від LLM, а й доповнити його перевіреними даними з бази чи сенсорів. Це зменшує ризик помилкових висновків («галюцинацій») та підвищує обізнаність у вузьких предметних сферах [11].

У типовому RAG-конверсі документи перетворюються на векторні подання, а семантично близькі фрагменти додаються до запиту моделі. Це дає змогу агенту отримати точнішу відповідь. Проте векторний пошук має обмеження, він не враховує складні зв'язки між даними й часто створює надмірно довгі контексти [11, 12].

Щоб подолати ці проблеми, застосовують графові RAG-конверси, де дані організовані у вигляді графів. Це робить результати зрозумілишими, зменшує зайві збіги та уможливорює виконання багатокрокових запитів. Для рою БпЛА це є критичним, агент може не лише знайти потрібну інформацію, а й побачити, як вона пов'язана з іншими даними (наприклад, «БпЛА → сенсор → загроза»). Серед сучасних методів популярними є гібридні методи, які поєднують графовий і векторний пошук, демонструючи кращу точність у складних завданнях, тоді як чисто векторні підходи залишаються ефективними для простих запитів [11, 13, 14, 15, 16].

Графи знань забезпечують структуроване подання інформації у вигляді сутностей (наприклад, «дрон», «місія», «загроза») та зв'язків між ними («виконує», «виявляє», «передає»). Завдяки цьому агенти рою можуть виконувати семантичні запити, робити логічне висновування та інтегрувати дані з різних джерел [10, 12]. KG застосовуються у семантичному пошуку, рекомендаційних системах та відповідях на запитання [15].

Побудова KG може здійснюватися різними методами: на основі правил, статистичних моделей або LLM. Кожен підхід має свої переваги й обмеження щодо точності та масштабованості [16]. У [15] виділяють три етапи:

- видобування даних (зі структурованих і неструктурованих джерел);
- навчання (вбудовування та логічне висновування);
- оцінювання (точність, повнота, узгодженість).

Основними проблемами залишаються складність побудови KG та їх супровід, адже графи мають постійно адаптуватися до нових даних [15, 16]. Для рою БпЛА це означає, що граф знань має швидко оновлюватися, коли надходять нові сенсорні дані. Дослідження [14, 17] наголошують на важливості узгодження онтологій та еволюції схем даних. Онтологічно керовані KG забезпечують високу інтерпретованість і структуроване мислення, що особливо важливо для складних систем. У цьому контексті графи знань виступають «динамічним

двигуном» ІІІ, а онтології – його строгим каркасом, інтегрування яких забезпечує баланс між швидкістю та точністю.

Онтології формалізують знання, визначаючи поняття, відношення та обмеження предметної галузі. Для рою БПЛА це означає, що кожен агент має узгоджене уявлення про світ: які об'єкти наявні, як вони взаємодіють і які правила діють. Використання онтологій у KG забезпечує ієрархічне структурування та підтримує складні завдання – багатокрокові міркування, зняття неоднозначностей, контекстно-залежний пошук [11, 14].

LLM демонструють значний потенціал у автоматизації навчання онтологій як зі структурованих, так і з неструктурованих даних. Методи [18, 19] використовують промпти для видобування онтологічних елементів безпосередньо з баз даних чи текстів, обходячи традиційні системи правил. Інші роботи [20, 21] показують, що поєднання верифікації онтологій та донавчання LLM на спеціалізованих даних підвищує точність узгодження з предметною галуззю й сприяє створенню «розумніших» систем керування онтологіями.

Водночас залишаються відкритими питання логікової несуперечності, зменшення галюцинацій та узгодження згенерованих онтологій із усталеними словниками й стандартами [15, 19]. У нашому дослідженні онтології слугують основою для побудови KG, які, своєю чергою, є базою для RAG-систем. Це створює цілісну архітектуру, де агенти рою БПЛА можуть швидко адаптуватися до змін середовища, зберігаючи узгодженість знань і здатність до самоорганізації.

ІІІ. Динамічні онтології та роль графів знань

Традиційні онтології часто розглядаються як статичні моделі, розроблені експертами на етапі проектування. Однак у реальних умовах знання про світ постійно змінюються. Для ефективного функціонування інформаційні системи повинні безперервно отримувати дані із зовнішнього середовища – від сенсорів, реєстрів, баз даних, інтернет-ресурсів, вимірювальних приладів чи систем машинного зору. Динамічні онтології – це системи, здатні автоматично оновлюватися, модифікуватися та розширюватися в режимі реального часу без повного перевантаження системи [1, 4, 10]. Тому онтологічна структура інтелектуальної системи повинна враховувати динамізм надходження даних із зовні, оновлюватись цими новими даними для швидкої реакції і прийняття рішень в критичних умовах.

Розглянемо онтологічну структуру для рою БПЛА як:

$$O_{Cor} = \langle C, R, F, Ax \rangle \quad (1)$$

де C – множина класів (словник сутностей), наприклад, {БПЛА, Вогонь, Перешкода, Зона, Завдання}; $R \subseteq C \times C$ – множина семантичних відношень (логічні зв'язки), наприклад, «знаходиться_поруч», «заважає», «виконує»; F – множина функцій атрибутів концептів, наприклад, «максимальна_швидкість: БПЛА $\rightarrow \mathbb{R}$ », «інтенсивність: Вогонь $\rightarrow [0,1]$ »; Ax – множина аксіом, які задають незмінні правила висновування, тобто визначають істинність висновків, наприклад, «Якщо є Дим, то Можливий_Вогонь».

Та маємо динамічного семантичний складник онтології, який фіксує актуальний стан предметної галузі в часі:

$$G(t) = \langle I, V, Rg \rangle \quad (2)$$

де I – множина сутностей (екземплярів класів O_{Cor}), тобто конкретних об'єктів; $V: I \times F \times T \rightarrow Value$ – функція значень атрибутів у часі; $Rg \subseteq I \times R \times I$ – множина відношень як в O_{Cor} , тобто фактичні зв'язки між об'єктами.

Тоді фундаментом для кожного агента в мультиагентній системі буде модель динамічної онтології $O(t)$, яка в кожен момент часу t об'єднує знання про предметну галузь із поточними спостереженнями:

$$O(t) = O_{Cor} \cup G(t) \quad (3)$$

де O_{Cor} (1) – статичне ядро онтології, яке визначає правила та категорії, що не змінюються під час виконання місії; $G(t)$ (2) – граф знань, який фіксує конкретну ситуацію в часі, тобто динамічний стан екземплярів O_{Cor} в час t . Такий розподіл забезпечує оновлення лише

змінюваної частини $G(t)$ без перебудови всієї онтології, що є ключовою вимогою для систем реального часу.

У розподілених системах, зокрема в керуванні роєм БПЛА, кожен агент ag_i формує власний підграф $G_i(t) \subseteq G(t)$ на основі даних своїх сенсорів та отриманих повідомлень. Через обмежену оглядовість, шум або відмови сенсорів $G_i(t)$ можуть суттєво відрізнятися між агентами. Завдання рою полягає в досягненні семантичної узгодженості – асимптотичного збігу індивідуальних графів до єдиного глобального графа $G^*(t)$, який відображає об'єктивний стан середовища:

$$\forall ag_i, ag_j \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \|G_i(t) \cup G^*(t)\| \quad (4)$$

де ag_i, ag_j – будь-які два агенти (БПЛА) з рою; $G_i(t)$ – граф знань, який агент ag_i має в момент часу t , тобто його бачення середовища; $G^*(t)$ – глобальний граф істинного стану середовища в той самий момент t , тобто реальність, яку рій намагається сформулювати; $\|\cdot\|$ – різницю між двома графами (кількість розбіжностей у вершинах, ребрах або значеннях атрибутів).

Умова (4) стверджує, що для кожного агента його внутрішня семантична модель світу асимптотично наближається до істинної картини середовища. Це є формальним критерієм семантичної узгодженості рою: незалежно від початкових розбіжностей, обмеженості сенсорів чи затримок пересилання даних, всі агенти врешті-решт досягають єдиного та правильного розуміння ситуації. Іншими словами, рій колективно «сходиться» до спільної семантичної моделі, яка відповідає реальності.

Узгодження графів відбувається з урахуванням аксіом Ax з O_{Cor} . Наприклад, якщо один агент виявив «дим» (екземпляр класу «Дим»), а аксіома стверджує «Якщо є Дим, то Можливий_Вогонь», то всі агенти рою зобов'язані додати до своїх графів відповідний висновок (екземпляр «Вогонь») або узгодити його наявність.

Для роїв БПЛА графи знань $G_i(t)$ стають основою спільної картини світу. На відміну від традиційних систем, що оперують лише геометрією об'єктів, $G_i(t)$ зберігає складні зв'язки між сутностями, що дає змогу використовувати логічний висновок (reasoning) на основі аксіом Ax .

Приклад структури графа знань у форматі $G(t)$:

- сутності I : «Міст_3 : Міст», «Район_5 : Район», «БПЛА_3 : БПЛА, Сенсор_LiDAR_2 : Сенсор;
- відношення Rg : $Micst\_17$ – з'єднує – $Район\_5$; $Район\_5$ – має_статус – $Статус\_Заблоковано$; (де $Статус\_Заблоковано$: Статус); $БПЛА\_3$ – оснащений – $Сенсор\_LiDAR\_2$; $Сенсор\_LiDAR\_2$ – обмежений – $Умови\_Туман$ (екземпляр класу $Перешкода$);
- значення атрибутів V : $V(БПЛА\_3, заряд\_батареї, t) = 65\%$; $V(Умови\_Туман, інтенсивність, t) = 0.8$.

Таким чином, $G(t)$ виступає не лише пасивним сховищем, а й активним компонентом, що підтримує семантичне планування: замість евристичного пошуку шляху рій використовує правила з Ax для перепланування маршрутів (наприклад, уникнення заблокованого мосту або зони з туманом), а узгодження $G_i(t)$ забезпечує колективне прийняття рішень на основі єдиної семантичної моделі середовища.

IV. Метод використання технологій ІІІ в роях БПЛА

Для застосування технологій ІІІ в рої БПЛА, які використовують зовнішні джерела текстових даних, ми використовуємо звіт програмної платформи про надзвичайні ситуації, які потребують окремого розгляду.

Розглянемо приклад звіту, який має такий зміст: «БПЛА_1 виявив нову загрозу в зона_7: вогнище займання інтенсивністю 0,85, координати (45.4520, 32.5260). Швидкість вітру 12м/с, напрямом південно-східний. Рекомендується зміна маршруту для БПЛА_2 та БПЛА_3.».

Звіт містить неструктуровану інформацію (текстові описи, показники, інструкції, сенсорні дані). Агентам рою БПЛА потрібно швидко перетворити цей текст у структуровані знання, які можна використати для прийняття рішень. Запуск оброблення відбувається, коли система

отримує новий звіт, який може вплинути на місію (наприклад, дані про екологічну небезпеку, надзвичайну ситуацію чи нові інструкції).

Послідовність для інтегрування видобутих знань у граф знань охоплює шість етапів, розглянемо їх детальніше.

Етап 1 – отримання структурованих даних від LLM. На цьому етапі система отримує від LLM (після оброблення текстового звіту) структуровані дані у форматі JSON. Ці дані містять:

- сутності (наприклад, БпЛА_1, Вогнище_1) з їх атрибутами (тип, координати, інтенсивність тощо); та
- відношення між сутностями (наприклад, *знаходиться_в*, *загрожує*).

Етап 2 – валідація даних за онтологічним ядром O_{Cor} . На цьому етапі видобуті дані перевіряються на відповідність статичному онтологічному ядру, тобто виконуються перевірки:

- чи наявні для сутностей класи («БпЛА», «Загроза», «Зона») у схемі;
- чи є допустимими типи відношень (*знаходиться_в*, *загрожує*);
- чи коректні типи атрибутів (наприклад, «інтенсивність» – число, «координати» – пара чисел), тощо.

Якщо дані не відповідають онтології, вони відхиляються або надсилаються на доопрацювання.

Етап 3 – узгодження даних з наявним графом знань $G(t)$. На цьому етапі система перевіряє, чи наявні у поточному графі знань вузли, які відповідають новим сутностям. У разі, якщо сутність вже є (наприклад, БпЛА_1), її атрибути оновлюються (наприклад, статус, координати). Якщо сутність нова (наприклад, Вогнище_1), створюється новий вузол із відповідним типом класу.

Етап 4 – долучення нових вузлів і ребер до наявного графа знань. На цьому етапі використовуються дані валідовані на етапі 2 та відібрані на етапі 3. На основі таких даних створюються нові вузли (індивіди) у графі знань та долучаються ребра між вузлами згідно з видобутими відношеннями. Кожен вузол і ребро отримують семантичні анотації, які посилаються на локальні онтології агентів БпЛА, та за потреби інтегруються в онтологічне ядро.

Етап 5 – активація правил логікового висновування (SWRL). На цьому етапі, після оновлення графа знань, система автоматично запускає правила висновування, які зберігаються в онтологічному ядрі. Наприклад: якщо загроза знаходиться в зоні і БпЛА знаходиться у тій самій зоні, то загроза поширюється на БпЛА. На основі інтенсивності загрози визначається рівень ризику, а після генеруються рекомендації, наприклад, «зміна маршруту».

Етап 6 – синхронізування з локальними онтологіями агентів. На цьому етапі оновлений граф знань $G(t+\Delta t)$ стає доступним для всіх агентів системи. Кожен агент отримує локальну проєкцію актуального графа знань, який дає змогу рою приймати рішення на основі єдиної, узгодженої картини світу.

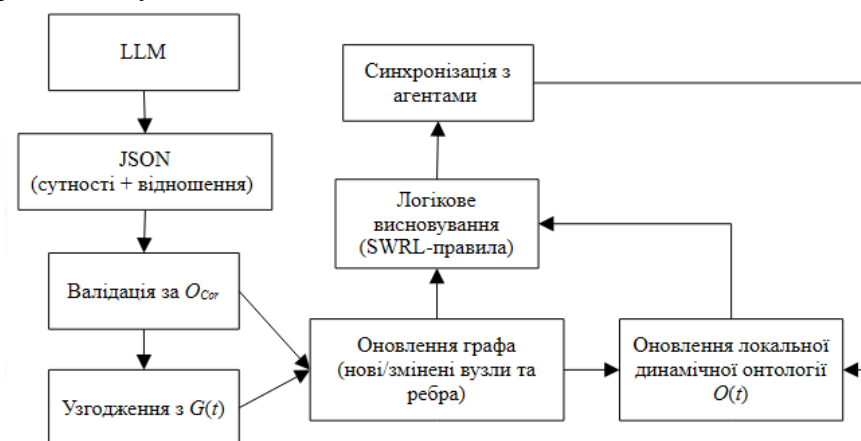


Рис. 2. Схематичне зображення процесу етапів інтегрування видобутих знань у граф знань

Застосування запропонованого методу для МАС забезпечує таке:

- система визначає, які БпЛА потрібно перенаправити, які маршрути є небезпечними, які сенсори необхідно активувати.
- система прогнозує на основі знань графів та онтологій розвиток ситуації (наприклад, поширення пожежі в лісі чи забруднення в морі).

МАС базуючись на своїх онтологічних знаннях та отриманих прогнозів щодо розвитку ситуації із стихійним лихом, надає агентам рекомендації щодо подальших дій, наприклад:

- змінити маршрут у разі загрози;
- підсилити моніторинг у зоні з осередком задимлення;
- передати дані наземному центру у разі виникнення колізії;
- розподілити завдання між БпЛА для збереження живучості рою.

Отже, звіт запускає ланцюг оброблення, бо він містить нові дані, які впливають на місію. LLM витягує факти, RAG додає контекст, граф знань структурує знання, а онтології забезпечують узгодженість. У результаті рій отримує чіткі рекомендації та може адаптуватися до змін середовища.

Після інтегрування видобутих даних система автоматично активує правила логікового висновування, що дає змогу генерувати нові знання без додаткового втручання. **Розглянемо детальніше кілька прикладів правил, які активуються, та їх результати.**

Правило просторового поширення загрози має такий вигляд:

$загрожує(?t, ?z) \wedge знаходиться\_в(?u, ?z) \rightarrow загрожує(?t, ?u).$

У результаті *Вогнище_1* загрожує *БпЛА_1*, який вже знаходився у зоні Z7, та *БпЛА_2* і *БпЛА_3* після оновлення їх статусу.

Правило оцінювання ризику має такий вигляд:

$загрожує(?t, ?u) \wedge інтенсивність(?t, ?i) \wedge lessThan(?i, 0.5) \rightarrow ризик(?u, "середній")$

$загрожує(?t, ?u) \wedge інтенсивність(?t, ?i) \wedge greaterThan(?i, 0.7) \rightarrow ризик(?u, "критичний").$

Тобто *БпЛА_1*, *БпЛА_2*, *БпЛА_3* отримують новий статус «критичний ризик».

Правило для рекомендованих дій має такий вигляд:

$ризик(?u, "критичний") \wedge статус\_місії(?u, ?m) \rightarrow рекомендувати(?u, "зміна маршруту").$

Як результат система згенерує рекомендацію для всіх трьох БпЛА змінити маршрут.

Таким чином, інтегрування LLM, RAG та графа знань уможливило автоматизування процесу видобування знань з текстових звітів, їх валідацію за онтологічним ядром, інтегрування в граф знань та активування логікових правил для прийняття рішень у реальному часі.

На основі інтегрованої структури (ядро онтології + динамічна онтологія + граф знань) система може: прогнозувати поширення пожежі, використовуючи правила виведення з онтологічного ядра та поточні дані з графа; оцінювати ризики для кожного БпЛА на основі його позиції та загроз у графі; приймати рішення про перерозподіл завдань або зміну маршруту.

Для оцінки впливу графа знань на функціонування мультиагентної системи було проведено серію симуляцій рою БпЛА з 12 одиниць в онлайн-середовищі Gazebo [22]. Результати, зведені у таблиці 1, відображають динаміку змін ключових метрик – від точності прогнозування станів до комунікаційного навантаження. Дані підтверджують, що використання графових структур дає змогу суттєво скоротити час досягнення консенсусу та знизити обсяг мережного трафіку між агентами під час виконання місії.

Таблиця 1

Порівняння продуктивності системи з інтегрованим графом знань та без нього

Показник	Без графа знань	З інтегрованим графом знань	Зміна
Семантична узгодженість	56%	91%	+62.5%
Точність прогнозування	62–71%	73–84%	+17–20%
Комунікаційне навантаження	284.6 МБ	47.3 МБ	-83.4%
Час досягнення консенсусу	>30 с	14.3 с	-52%

У контексті керування роєм БпЛА запропонований підхід дає змогу:

- 1) автоматично видобувати тактичну інформацію з польотних звітів, інструкцій та нормативних документів;
- 2) оновлювати онтології в реальному часі на основі нових даних, отриманих під час місії;
- 3) інтегрувати дані з зовнішніх джерел (метеодані, супутникові знімки) через RAG;
- 4) підвищити автономність, коли система самостійно поповнює свою базу знань.

Наприклад, під час місії моніторингу лісової пожежі система отримує текстовий звіт про зміну напрямку вітру. LLM видобуває структуровані дані (координати, швидкість, напрям), які інтегруються в граф знань. На основі оновлених даних система автоматично корегує або перепланує маршрути дронів.

Отже, інтегрування семантичних технологій у процеси керування роєм БпЛА дає змогу вийти за межі традиційного оброблення даних, переходячи до оперування знаннями в реальному часі. Використання логікового висновування на базі оновлюваних онтологій гарантує узгодженість дій усіх агентів системи, що є визначальним для успішного виконання місій у надзвичайних ситуаціях. Розглянуті методи та інструменти створюють надійний фундамент для подальшого розроблення кіберрезистентних стратегій керування автономними об'єктами.

III. Висновки

У межах проведеного дослідження розв'язано важливе науково-прикладне завдання щодо забезпечення інтелектуальної взаємодії в роях БпЛА через синергію динамічних онтологій та графів знань. Установлено, що інтегрування графових структур у семантичне ядро дає змогу поєднати строгу логіку формальних знань із гнучкістю оброблення даних у реальному часі. Це забезпечує високу адаптивність системи до непередбачуваних змін зовнішнього середовища.

Експериментальне моделювання в Gazebo підтвердило, що запропонований підхід суттєво підвищує ефективність мультиагентного керування, де час досягнення консенсусу скоротився на 52%, а комунікаційне навантаження на мережу зменшилося на 83,4%. Такі показники свідчать про можливість створення автономних систем, здатних до глибокої семантичної самоорганізації навіть в умовах інформаційних шумів.

Подальший розвиток роботи вбачається у впровадженні графових нейронних мереж та автоматизації еволюції онтологічного ядра за допомогою LLM. Це відкриває шлях до побудови нового покоління кіберрезистентних систем, які здатні самостійно накопичувати досвід і приймати обґрунтовані рішення в критичних умовах цивільного та воєнного призначення.

IV. Список використаних джерел

- [1] N.Guarino, D.Oberle, S.Staab, "What Is an Ontology?". *Handbook on Ontologies*, Berlin: Springer, 1–17, 2009. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-92673-3>
- [2] A.Hogan, et al., "Knowledge Graphs". *ACM Computing Surveys*, vol. 54, no. 4. 1–37. 2021. <https://doi.org/10.1145/3447772>
- [3] A. Gladun, K. Khala, "Using an Ontology-based Multi-agent System for Decentralized Control of a Swarm of UAVs". In *CEUR Workshop Proc. Information Technologies and Security (ITS)*, Kyiv. vol. 3887. 205–214. 2023. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3887/paper18.pdf>.
- [4] Y. Wen, Y. Shi, et al., "Research on the Implementation Mechanism of Dynamic Ontology in Knowledge Graph". *Data Mining and Big Data, Communications in Computer and Information Science*, vol. 2357. 88–99. 2025. https://doi.org/10.1007/978-981-96-7178-6_8
- [5] F. Bianchini, "Retrieval-Augmented Generation". *Engineering Information Systems with Large Language Models*. 139–172. 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-92285-5_7
- [6] P. Lewis, et al. "Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks". In *Proc. of the Intern. Conf. Neural Information Processing Systems (NIPS)*. 9459–9474. 2020. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/3495724.3496517>
- [7] H. Touvron, et al., "Llama 2: Open Foundation and Fine-Tuned Chat Models". *ArXiv abs/2307.09288*. 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.09288>
- [8] T. T. Procko, O. Ochoa, et al., "Graph Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey". In *Conf. on AI, Science, Engineering, and Technology (AIXSET)*. 2024. <https://doi.org/10.1109/AIXSET62544.2024.00030>

- [9] S. Pan, et al., “Unifying Large Language Models and Knowledge Graphs: A Roadmap”. In *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. vol. 36, no. 7. 3250–3270. 2024. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2024.3352100>
- [10] A. Gladun, K. Khala, O. Volkov, “Adaptive UAV Mission Planning Using Ontologies and Agent Role-based Cooperation”. In *CEUR Workshop Proc. Information Technologies and Security (ITS)*, Kyiv, vol. 4068. 147–161. 2024. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4068/paper12.pdf>.
- [11] B. Peng, et al. “Graph Retrieval-Augmented Generation: A Survey.” *ACM Transactions on Information Systems*, 44(2). 1–52. 2024. <https://doi.org/10.1145/3777378>
- [12] Y. Wang, et al., “Knowledge Graph Prompting for Multi-Document Question Answering.” In *Proc. of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(17). 19206–19214. 2024. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i17.29889>
- [13] H. Han, et al., “RAG vs. graphrag: a systematic evaluation and key insights”. *ArXiv abs/2502.11371*. 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.11371>
- [14] A. Myers, Myers, Audun et al. “Talking to GDEL Through Knowledge Graphs.” *ArXiv abs/2503.07584*. 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.07584>
- [15] S. Choi, Y. Jung, “Knowledge graph construction: extraction, learning, and evaluation”. *Applied Sciences*, 15(7), 2025. <https://doi.org/10.3390/app15073727>
- [16] L. Zhong, et al., “A Comprehensive Survey on Automatic Knowledge Graph Construction.” *ACM Computing Surveys*, 56(4). 1–62. 2023. <https://doi.org/10.1145/3618295>
- [17] M. Hofer, et al., “Construction of knowledge graphs: current state and challenges”. *Information*, 15(8). 509. 2024. <https://doi.org/10.3390/info15080509>
- [18] M. Nayyeri, et al., “Retrieval-Augmented Generation of Ontologies from Relational Databases.” *ArXiv abs/2506.01232*. 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.01232>
- [19] R. M. Bakker, et al., “Ontology learning from text: an analysis on llm performance”. In *Intern. Workshop on Natural Language Processing for Knowledge Graph Creation in conjunction with SEMANTiCS Conf. (NLP4KGC)*. vol. 3874. 70–87. 2024. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3874/paper5.pdf>
- [20] A. Chepurova, et al., “Prompt me one more time: a two-step knowledge extraction pipeline with ontology-based verification”. In *Proc. of TextGraphs-17: Graph-based Methods for Natural Language Processing*, Bangkok. 61–77. 2024. URL: <https://aclanthology.org/2024.textgraphs-1.5/>
- [21] D. Doumanas, et al., “Fine-tuning large language models for ontology engineering: a comparative analysis of gpt-4 and mistral”. *Applied Sciences*, 15(4). 2146. 2025. <https://doi.org/10.3390/app15042146>
- [22] Gazebo, Simulate before you build, 2022. URL: <https://gazebo.org/home>

SEMANTIC SYNERGY: DYNAMIC ONTOLOGIES AND KNOWLEDGE GRAPHS IN UAV SWARMS

Gladun Anatoliy, Khala Kateryna

ABSTRACT. The publication integrates ontologies and knowledge graphs for UAV swarm management, ensuring self-organization, survivability and adaptability. Using LLMs and RAG enhances decision accuracy, while cyber-resilience guarantees system stability and survivability in dynamic environments.

KEYWORDS: UAV swarm, multi-agent systems, dynamic ontologies, knowledge graph, LLM, RAG.

ГІБРИДНИЙ АІ-ПІДХІД ДО АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ВЕНТИЛЯЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Гук Костянтин¹, Шевельова Алла¹

¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна
E-mail: huk@365.dnu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. Розроблено гібридну експертну систему керування вентиляцією на основі моделі масового балансу, експертних правил та нейромережової адаптації. Запропонований підхід забезпечує стабільність концентрації CO₂, енергоефективність і робастність до шумів у межах цифрового двійника приміщення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: експертна система, вентиляція, якість повітря.

I. Вступ

Забезпечення якості повітря в закритих приміщеннях (IAQ) з мінімізацією споживання енергії є критичним завданням у сучасних інтелектуальних системах будівель. Традиційні стратегії керування системами вентиляції зазвичай спираються на підходи, що використовують порогові значення або певні правила. Такі підходи за своєю сутністю є реактивними та не враховують динамічні зміни у внутрішньому середовищі. Методи на основі математичних моделей, що ґрунтуються на рівняннях балансу маси, забезпечують фізично узгоджений опис динаміки розповсюдження забруднюючих речовин, але чутливі до невизначеності параметрів та мінливості навколишнього середовища [1]. Досягнення в галузі штучного інтелекту дозволили розробити методи керування, що базуються на даних та навчанні [2]. Однак, такі підходи часто не мають фізичної інтерпретації та не забезпечують надійності в умовах, коли даних недостатньо та вони містять шум. Тому зростає потреба в розробленні гібридних підходів, які інтегрують фізичне моделювання, експертні знання та адаптивні компоненти, що базуються на даних. У цьому контексті розроблення цифрового двійника приміщення формує основу для синхронізації в реальному часі між фізичною системою та її віртуальним аналогом. Такий підхід дозволяє здійснювати прогнозне та адаптивне керування.

II. Основна частина

Метою цього дослідження є розробка адаптивної експертної системи для керування вентиляцією, яка забезпечує підтримку прийнятного рівня якості повітря в приміщенні (IAQ) за невизначених та змінних у часі умов та мінімізує споживання електроенергії. Система поєднує фізико-математичну модель повітрообміну на основі принципу балансу маси з набором експертних правил, що здійснюють керування. На основі даних спостережень система враховує зміни стану повітря в приміщенні в часі, а також здатна розраховувати неспостережувані параметри, зокрема швидкість утворення забруднюючих речовин, наповненість приміщення людьми тощо. Система, що розробляється, об'єднує ці різноманітні компоненти в узгоджений механізм ухвалення рішень, здатний працювати в реальному часі, враховувати шум датчиків та невизначеність окремих параметрів моделі, а також забезпечувати дотримання обмежень якості повітря в приміщенні. Крім того, стратегія керування забезпечує компроміс між якістю повітря та енергоефективністю системи.

Система подається у вигляді цифрового двійника приміщення, який описує динаміку стану повітряного середовища, формує керувальні дії та адаптується до змін зовнішніх і внутрішніх умов в приміщенні у режимі реального часу. Формально цифровий двійник задається як динамічна система виду:

$$D = \{x(t), u(t), y(t), \hat{x}(t), \theta(t)\}$$

де $x(t)$, $y(t)$ – вектор дійсних та вимірних параметрів повітря (концентрація CO_2 , температура, вологість); $u(t)$ – функція керування, $\hat{x}(t)$ – оцінка стану, $\theta(t)$ – вектор параметрів моделі, що адаптуються.

Динаміка концентрації забруднювача $C(t)$ в приміщенні в момент часу t описується рівнянням масового балансу.

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{Q_s(t)}{V} (C_{in}(t) - C(t)) + \frac{\lambda_{inf}(t)}{V} (C_{out}(t) - C(t)) + \frac{G(t)}{V} - kC(t) + \omega(t),$$

де $Q_s(t)$ – припливна витрата свіжого повітря у приміщенні; $C_{in}(t)$, $C_{out}(t)$ – концентрація забруднювача у припливному та зовнішньому повітрі; $\lambda_{inf}(t)$ – інфільтрація; $G(t)$ – швидкість генерації забруднювача всередині приміщення; k – коефіцієнт внутрішнього видалення забруднювача; $\omega(t)$ – вектор збурень моделі.

Рівняння доповнюється початковими та граничними умовами: $C(0) = C_0$; для вхідного потоку враховується вплив фільтрації або рециркуляції. Модель використовується не лише для оцінювання стану повітря, а й для прогнозування значень параметрів часі:

$$C(t + \Delta t) = f_{phys}(C(t), Q(t), \theta(t)),$$

де $Q(t)$ – припливна витрата свіжого повітря в приміщенні.

Оскільки параметри $G(t)$, $\lambda_{inf}(t)$ та кількість людей в приміщенні є невідомими параметрами моделі та змінюються в часі, пропонується здійснювати прогнозування значень параметрів з використанням нейромережевої моделі:

$$\hat{G}(t), \hat{\theta}(t) = f_{\theta}(y(t), y(t-1), \dots, u(t-1)),$$

де f_{θ} – рекурентна нейронна мережа.

На вхід нейронної мережі подаються часові ряди вимірних параметрів повітря $y(t)$ та керування $u(t)$, на виході отримуємо прогнозовані значення $\hat{G}(t), \hat{\theta}(t)$. Мережа навчається через мінімізацію функціоналу якості, що забезпечує узгодженість з фізичною моделлю приміщення:

$$L = \sum_t (C(t) - \hat{C}(t))^2 + \beta \|\theta(t)\|^2.$$

Таким чином, за допомогою побудованої математичної моделі можна розрахувати Q_{min} , що дозволить зв'язати фізичну модель повітрообміну з набором правил експертної системи, забезпечить дотримання умов або граничних значень параметрів, що визначають припустиму якість повітря у приміщеннях, та сформулювати задачу оптимізації щодо енергетичних витрат системи вентиляції.

Значення мінімальної витрати повітря, що необхідно для підтримання допустимої концентрації забруднювача, використовується як базове обмеження при формулюванні задачі оптимізації енергоспоживання системи вентиляції. В якості керувального впливу будемо застосовувати подачу свіжого повітря $Q(t)$. Здійснюється мінімізація сумарних енергетичних витрат вентиляційної системи за умов дотримання обмежень на параметри повітря:

$$\min J = \int_{t_0}^{t_0+T} (P(Q(t)) + \lambda_{IAQ} \phi(C(t))) dt; Q_{min} \leq Q(t) \leq Q_{max}; C(t) \leq C^{hard},$$

де $P(Q)$ – миттєва потужність вентилятора; $\phi(C(t))$ – штраф за відхилення параметрів повітря від нормативних значень; λ_{IAQ} – ваговий коефіцієнт.

Для керування системою вентиляції розроблено експертну систему, яка дозволяє ухвалювати рішення на основі формалізованих знань про об'єкт дослідження, враховувати поточні дані вимірювання параметрів повітря та прогнозовані значення параметрів. Загальний підхід до побудови експертних систем передбачає такі послідовні етапи: аналіз предметної області, формування бази знань, вибір типу логічного виведення, побудову механізму пояснення рішень та інтеграцію з сенсорними або інформаційними системами.

В експертних системах можуть застосовуватися різні типи правил залежно від способу подання знань та характеру задачі керування. До основних типів належать: емпіричні правила, що базуються на досвіді експертів та формулюються у вигляді «якщо передумова, то дія»; навчальні правила (data-driven rules), що використовуються для виявлення закономірностей і типових станів системи та формулюються на основі аналізу даних або машинного навчання; нечіткі правила (fuzzy rules), що дозволяють працювати в умовах невизначеності та описують нечіткі поняття; модельно-орієнтовані правила (model-based rules), що використовують фізико-математичні моделі для формування висновків або прогнозів поведінки системи; діагностичні правила (diagnostic rules), що спрямовані на виявлення відхилень або несправностей у роботі системи.

В системі, що розробляється, сформульовано такі типи правил:

- аварійні правила, що забезпечують недопущення критичних перевищень для значень параметрів, наприклад, «якщо $C(t) \geq C^{hard}$ то забезпечити приплив повітря $Q = Q_{max}$;
- нормативні правила, що забезпечують відповідність стандартам якості та використовують значення Q_{min} як базове необхідне значення припливу повітря, наприклад, «якщо $C(t) \geq C^{limit}$ то забезпечити приплив повітря $Q = \max(Q_{min}, Q_{limit})$ »;
- прогнозні правила, що застосовуються для організації дії з врахуванням прогнозних значень концентрації забруднювачів, наприклад, «якщо $\frac{dC(t)}{dt} > \alpha$ то збільшити приплив повітря Q до прогнозного розрахункового значення Q_{min} »;

- оптимізаційні правила, що враховують розв'язки задачі оптимізації, наприклад, «якщо із розрахунку задачі оптимізації отримано значення $Q_{opt}(t)$, то встановити $Q = Q_{opt}(t)$, інакше встановити $Q = \max(Q_{min}, Q_{limit})$ ».

- діагностичні правила, що можуть визначити несправність обладнання, наприклад, «якщо $|y(t) - \hat{y}(t)| > \varepsilon$, то виявлено несправність датчиків».

Також можуть бути сформульовані правила періодичної переоцінки значень подачі свіжого повітря Q з врахуванням поточних значень швидкості генерації забруднювача $G(t)$ всередині приміщення та концентрації забруднювача у припливному повітрі $C_{in}(t)$.

Механізм адаптації цифрового двійника реалізується через замкнений цикл:

$$y(t) \rightarrow f_{\theta} \rightarrow \hat{\theta}(t) \rightarrow f_{phys} \rightarrow \hat{x}(t).$$

Оновлення параметрів моделі виконується в режимі онлайн в такій спосіб:

$$\theta(t+1) = \theta(t) + \mu \nabla_{\theta} L.$$

Цифровий двійник є гібридною нейро-символьною системою, яка об'єднує математичну модель повітрообміну, нейромережеве прогнозування параметрів моделі та керування на основі правил експертної системи. Така архітектура забезпечує одночасно синхронізацію моделі з реальними даними, точність, робастність, адаптивність і пояснюваність дій.

Здійснено порівняння різних підходів до керування якістю повітря, розглядалися: класична експертна система, що спирається на порогові значення параметрів повітря та керується правилами без адаптації, підхід, що використовує машинне навчання для прогнозування показників якості повітря; гібридний підхід, що розробляється.

Для моделювання процесу керування якістю повітря розглядалося одностанне приміщення об'ємом $V = 150 \text{ м}^3$, де присутні п'ять людей, які створюють емісію забруднювача CO_2 . Сумарна емісія за умов спокійної роботи дорівнює $G = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрація забруднювача у припливному повітрі становить $C_{in} = 400 \text{ ppm}$, цільова допустима концентрація забруднювача у приміщенні дорівнює $C^* = 800 \text{ ppm}$. Розрахунки проводилися на синтетичних даних, модуль сенсорних вимірювань імітувався через накладання адитивного гаусового шуму зі стандартним відхиленням $\sigma = 20 \text{ ppm}$. На рис. 1 наведено розподіл концентрації CO_2 в часі, на рис. 2 – розподіл припливної витрати свіжого повітря в приміщенні. На рис. 1, 2 пунктирною лінією позначено залежності, що відповідають застосуванню класичного підходу до керування, точковою лінією позначено результат застосування машинного навчання, суцільною лінією – гібридний підхід, що розробляється.

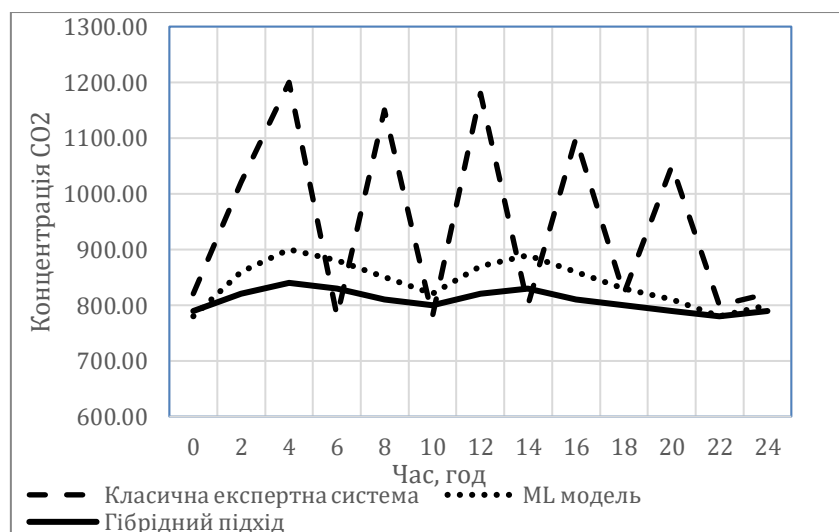


Рис. 1. Розподіл концентрації CO_2 в часі.

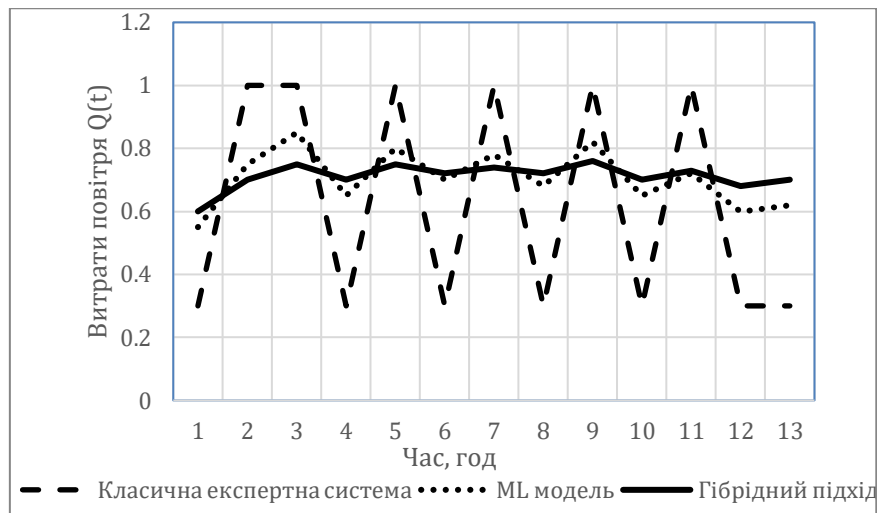


Рис. 2. Витрати повітря в часі.

З аналізу рис. 1, 2 випливає, що для класичного підходу спостерігається виражений реактивний характер керування. Графік концентрації CO_2 має стрибкоподібну форму, концентрація накопичується до порогового значення, після чого різко знижується через інтенсивний потік припливного повітря. Така поведінка зумовлює значні коливання відносно цільового рівня. Водночас енергоспоживання є доволі високим, оскільки система часто працює в режимах, близьких до максимальних. При спотворенні даних вимірювань наявні хибні спрацьовування правил, що додатково підсилює нестабільність керування.

Для підходу, що застосовує машинне навчання (на рис. 1 позначено точковою лінією), характерним є більш гладкий розподіл концентрації CO_2 в часі, оскільки модель здатна апроксимувати приховані залежності та частково прогнозувати поведінку системи. Це призводить до зменшення амплітуди коливань та певного зниження енергоспоживання за рахунок уникнення різких переходів. Однак за наявності шуму або зміни умов (наприклад, нетипова поведінка користувачів) якість керування погіршується, CO_2 може відхилятися від нормативного рівня, а система демонструє знижену робастність через відсутність фізичних обмежень та механізмів для корекції.

Найкращі результати демонструє гібридний підхід, який поєднує модель масового балансу, експертні правила та нейромережеву адаптацію. Графік концентрації CO_2 у цьому випадку має згладжений характер із незначними коливаннями навколо цільового значення (рис. 1, суцільна лінія). Відсутні різкі коливання та перевищення граничних рівнів, що свідчить про ефективність прогнозного керування. Залежність витрати повітря в часі (рис. 2, суцільна лінія) є плавною, без частих перемикань, що безпосередньо знижує енергоспоживання. За кількісними оцінками, гібридна система забезпечує зменшення енергоспоживання приблизно на 15-20% порівняно з класичною експертною системою та на 8-10% порівняно з ML-підходом. Метрика стабільності CO_2 (середнє відхилення від цільового рівня) зменшується більш ніж удвічі відносно класичної системи та на 20–30% відносно ML-моделі. Робастність до шуму є найвищою: навіть при накладанні значних сенсорних збурень форма кривих залишається стабільною, що пояснюється наявністю фізичної моделі та адаптації до змінних умов. Поєднання фізичної інтерпретованості, адаптивного навчання та логічних правил дозволяє досягти якісного рівня керування.

III. Висновки

У роботі запропоновано підхід до побудови інтелектуальних систем керування системою вентиляції на основі гібридного підходу, який поєднує фізико-математичну модель масового балансу, експертні правила та адаптивні алгоритми машинного навчання. Показано, що поєднання цих компонентів у форматі цифрового двійника приміщення забезпечує узгоджене

представлення динаміки системи, дозволяє враховувати невизначеність параметрів і реалізувати прогнозне керування в реальному часі.

Система експертних правил враховує необхідність забезпечення безпеки та дотримання нормативів якості повітря, застосовує прогнозне та оптимізаційне регулювання, а також здійснює діагностику технічного стану системи. Інтеграція системи правил з механізмом адаптації цифрового двійника у вигляді замкненого контуру забезпечує узгоджене поєднання даних, моделі та правил ухвалення рішень. Це дозволяє системі не лише реагувати на поточний стан середовища, а й прогнозувати його зміну та адаптувати параметри керування в реальному часі.

Результати обчислювальних експериментів підтвердили, що гібридний підхід забезпечує зниження енергоспоживання, покращення стабільності концентрації CO₂ та підвищення стійкості до сенсорних збурень у порівнянні з класичною експертною системою, що спирається на порогові значення параметрів повітря та підходом, що використовує машинне навчання для прогнозування показників якості повітря. Таким чином, запропонована архітектура є перспективною основою для створення енергоефективних, адаптивних і пояснюваних систем керування вентиляцією в інтелектуальних будівлях.

IV. Список використаних джерел

- [1] Saman Taheri, Paniz Hosseini, Ali Razban, Model predictive control of heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems: A state-of-the-art review, Journal of Building Engineering, Volume 60, 2022, 105067, ISSN 2352-7102, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105067>.
- [2] Pouya Mottahedin, Benyamin Chahkandi, Reza Moezzi, Amir M. Fathollahi-Fard, Mojtaba Ghandali, Mohammad Gheibi, Air quality prediction and control systems using machine learning and adaptive neuro-fuzzy inference system, Heliyon, Volume 10, Issue 21, 2024, e39783, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39783>.

HYBRID AI APPROACH TO ADAPTIVE VENTILATION CONTROL UNDER UNCERTAINTY

Huk Kostyantyn, Sheveleva Alla

ABSTRACT. This paper presents a hybrid expert system for ventilation control based on a mass balance model, expert rules, and neural network adaptation. The proposed approach ensures stable CO₂ concentration, energy efficiency, and robustness to noise within a digital twin of the indoor environment.

KEYWORDS: expert system, ventilation, air quality.

ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК КОГНІТИВНИЙ АСИСТЕНТ АСПІРАНТА У ПРОЄКТУВАННІ АВТОРСЬКИХ МОДУЛІВ БЗВП: ДОСВІД, МОЖЛИВОСТІ ТА КРИТИЧНІ ОБМЕЖЕННЯ

Долідзе Ксенія¹

¹ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», Лубни, Україна
e-mail: ne7mesis@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації обґрунтовано досвід використання ШІ Gemini як когнітивного асистента аспіранта. Розкрито алгоритм налаштування «пам'яті» нейромережі для проєктування модулів БЗВП. Визначено переваги оптимізації пошуку та ризики «галюцинацій» ШІ, що потребують верифікації Human-in-the-loop.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, Gemini, когнітивний асистент, аспірант, Human-in-the-loop.

I. Вступ

Процес підготовки наукових кадрів в умовах тотальної цифрової трансформації сучасної освіти наразі перебуває на етапі докорінної зміни фундаментальної парадигми дослідницької діяльності. Це вимагає від здобувача наукового ступеня не просто поверхневого чи

механічного використання базових комп'ютерних технологій, а глибокого, усвідомленого залучення та активної адаптації новітніх інтелектуальних рішень для всебічної оптимізації наукового пошуку на всіх його ієрархічних етапах. Особливого значення та наукової гостроти це набуває при розробці авторських освітніх модулів з базової загальновійськової підготовки (БЗВП), що орієнтовані на вкрай специфічний контингент – ліцеїстів закладів безпекового спрямування та національно-патріотичного виховання. Специфіка функціонування таких спеціалізованих закладів вимагає від дослідника філігранного поєднання жорстких нормативних вимог, відомчих стандартів та військового етосу із сучасними психолого-педагогічними підходами. На практиці цей складний процес часто стикається з серйозними організаційними перепонами, зокрема виснажливими та тривалими процедурами відомчих погоджень, які критично гальмують впровадження інноваційних методик. У таких умовах інтелектуальні технології стають не просто технічним помічником, а стратегічним ресурсом для забезпечення реальної освітньої автономії та методичної гнучкості дослідника.

Впровадження генеративного штучного інтелекту (ШІ), зокрема мультимодальної моделі Gemini від Google, відкриває принципово нові горизонти для аспірантських розвідок у галузі безпекової освіти. Це дозволяє сучасному досліднику якісно та докорінно змінити сам характер своєї інтелектуальної праці: повністю відійти від рутинного, виснажливого збору первинних даних та монотонного сортування величезних масивів інформації. Замість цього аспірант отримує можливість перейти до вищого рівня наукової діяльності – архітектурного проектування нових смислів, системних концепцій та адаптивних навчальних стратегій, що відповідають викликам часу. ШІ у цьому складному процесі трансформується з простого джерела даних у повноцінного когнітивного партнера. Він здатен не лише підтримувати багаторівневі логічні ланцюжки дослідження, а й допомагати у пошуку нестандартних, креативних рішень для подолання складних організаційних завдань та бюрократичних деструкторів, що виникають у консервативній системі відомчої освіти. Це створює умови для швидкої апробації нових навчальних елементів (наприклад, модулів психоедукації) без порушення загальної нормативної логіки закладу, дозволяючи обходити формальні перепони через гнучке моделювання контенту.

В Україні системна та державна підтримка науковців у доступі до таких передових інструментів реалізується через стратегічну співпрацю Міністерства освіти і науки України з компанією Google у межах глобальної програми «Google для освіти» [2]. Таке стратегічне партнерство, що включає надання розширених ліцензій *Google Workspace for Education Plus*, забезпечує протягом року українським дослідникам безкоштовні можливості використання хмарних технологій та інтелектуальних систем останнього покоління. Це є критично важливим кроком для збереження та ефективного розвитку людського капіталу в умовах повномасштабної війни, коли кожен інтелектуальний ресурс має бути спрямований на зміцнення обороноздатності держави. У цей складний період часовий та інтелектуальний ресурс науковця є найвищою цінністю, що потребує максимального захисту та підтримки, особливо в контексті мінімізації надмірного бюрократичного навантаження та спрощення шляху від наукової ідеї до її практичної імплементації в освітній простір навчальних закладів зі специфічними умовами навчання. Таким чином, ШІ виступає потужним каталізатором, що дозволяє науковцю зосередитися на фундаментальній суті дослідження, делегуючи технічні, формальні та пошукові аспекти інтелектуальній системі під суворим власним контролем.

II. Основна частина

Ефективне використання ШІ як когнітивного асистента аспіранта – це не стихійний процес, а діяльність, що базується на чіткій та послідовній алгоритмізації взаємодії між людиною та машиною. Першим і найважливішим етапом у цій роботі є налаштування так званої «програмної пам'яті» нейромережі через механізм *Custom Instructions* (користувацькі інструкції). Цей інструмент дозволяє аспіранту створити сталий контекстуальний профіль дослідження: завантажити в систему масив релевантних наукових першоджерел, задати штучному інтелекту конкретні параметри суворого академічного стилю, встановити термінологічні обмеження та визначити цільову аудиторію – ліцеїстів безпекового

спрямування та національно-патріотичного виховання МВС України. Такий підхід забезпечує високу точність генерації контенту, який уже на початковому етапі максимально адаптований до суворих реалій безпекової освіти без потреби у додатковій зовнішній корекції.

Оптимізація наукового пошуку засобами Gemini дозволяє здійснювати аналіз величезних масивів неструктурованих даних, які раніше потребували тижнів ручного опрацювання. ШІ здатен миттєво верифікувати актуальність наукових баз та порівнювати різні редакції нормативних документів. Як слушно зазначають В. Биков та О. Спірін, використання відкритих електронних науково-освітніх систем є фундаментом для розвитку інформаційно-дослідницької компетентності науковців [3], [4].

Особливий науковий інтерес викликає досвід використання ШІ для подолання організаційних деструкторів. Однією з ключових проблем у ліцях МВС є складність впровадження нових психологічних методик через необхідність отримання багаторівневих дозволів на проведення психодіагностичних тестів. Використовуючи Gemini як когнітивного асистента, нам вдалося спроектувати такий формат модулів психоедукації, який фокусується виключно на просвітницькій діяльності та інформуванні. Це дозволило інтегрувати складні концепції саморегуляції у програму БЗВП без залучення інструментів тестування, що автоматично зняло потребу в тривалих бюрократичних погодженнях з управліннями психологічного забезпечення. ШІ допоміг сформулювати контент таким чином, щоб він залишався науково обґрунтованим, але при цьому зберігав статус «навчального матеріалу», а не «діагностичного інструментарію», що дозволило обійти формальні заборони на проведення психологічних обстежень без спеціального відомчого мандату.

У межах нашої практичної роботи над модулями БЗВП, ШІ дозволив інтегрувати складні концепції психологічної обізнаності, саморегуляції та стресостійкості у навчальну програму значно швидше та системніше. С. Литвинова підкреслює, що ШІ сьогодні стає потужним засобом трансформації ролей в освітньому процесі: викладач та дослідник перестають бути просто ретрансляторами інформації. [1]. Це фактично перетворює аспіранта з «писаря» на «архітектора смислів» та головного контролера точності й етичності даних. Замість написання тексту «з нуля», дослідник фокусується на вибудові методологічної структури, де ШІ заповнює блоки контентом згідно з заданими науковими параметрами.

Водночас, критичний аналіз досвіду використання ШІ виявляє низку суттєвих організаційних, технічних та етичних деструкторів, які не можна ігнорувати. По-перше, спостерігається небезпечний феномен «галюцинацій», коли система з надзвичайно високим рівнем лінгвістичної впевненості генерує недостовірну інформацію, вигадує назви наказів або посилання на неіснуючі статті. По-друге, існує технічний ризик змішування контекстів: у межах одного тривалого діалогового вікна ШІ може почати використовувати застарілі інструкції або змішувати вимоги різних завдань, що вимагає регулярного «очищення» та перезапуску робочих сесій.

Роза Лакін у своїх дослідженнях зазначає, що потенціал ШІ повинен розглядатися виключно в контексті грамотного педагогічного дизайну, де людина непохитно залишається провідною ланкою, що визначає цілі та сенси [5].

Дональд Кларк також акцентує увагу на тому, що ШІ докорінно змінює саму методику навчання та розробки програм, роблячи їх динамічними, але при цьому він вимагає від дослідника безперервного верифікаційного контролю за принципом *Human-in-the-loop* (людина в циклі). Ми погоджуємось з цим, оскільки критичний аналіз виявляє і ризики: феномен «галюцинацій» ШІ (генерування вигаданих фактів або наказів) та змішування контекстів. Це вимагає від аспіранта постійної інтелектуальної напруги для перевірки кожного результату. Це означає, що жодне речення, згенероване ШІ, не може бути внесене до робочої програми ліцею без критичного переосмислення та перевірки аспірантом-фахівцем. [6].

III. Висновки

Використання генеративного ШІ Gemini постає потужним інструментом підтримки аспірантських досліджень, що дозволяє значно економити час та підвищувати якість проектування освітніх модулів. Наш досвід довів, що ШІ є незамінним при створенні

автономних освітніх рішень, які дозволяють закладам освіти безпекового спрямування оперативно впроваджувати інновації в межах їхньої організаційної автономії, мінімізуючи вплив бюрократичних деструкторів.

Проте ефективність такої взаємодії прямо залежить від здатності дослідника бути критичним фільтром. Подальші наукові розвідки мають бути спрямовані на розробку методичних рекомендацій щодо безпечного та етичного використання ШІ в системі відомчої освіти МВС України для зміцнення її стійкості до зовнішніх управлінських бар'єрів та підвищення реальної ефективності підготовки кадрів.

IV. Список використаних джерел

- [1] S. Lytvynova, "The use of artificial intelligence in educational institutions," *Inf. Technol. Learn. Tools*, vol. 80, no. 4, pp. 1–15, 2020.
- [2] "Official announcement of the Ministry of Education and Science on expanding cooperation with Google to support Ukrainian science," Ministry of Education and Science of Ukraine, 2024. [Online]. Available: <http://www.mon.gov.ua>. [Accessed: Mar. 30, 2026].
- [3] A. V. Iatshyshyn, *Digital Open Systems in the Training of Postgraduate and Doctoral Students: A Monograph*. Kyiv, Ukraine: CP Print, 2020.
- [4] O. M. Spirin, S. M. Ivanova, A. V. Iatshyshyn, L. A. Luparenko, A. F. Dudko, and A. V. Kilchenko, "Model of using open electronic scientific and educational systems for the development of information and research competence of scientific and scientific-pedagogical workers," *Inf. Technol. Learn. Tools*, vol. 77, no. 3, pp. 302–323, 2020.
- [5] R. Luckin, *Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education in the 21st Century*. London, U.K.: UCL Press, 2018.
- [6] D. Clark, *Artificial Intelligence for Learning: How to Use AI to Support Employee Development*. London, U.K.: Kogan Page, 2020.

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A POSTGRADUATE STUDENT'S COGNITIVE ASSISTANT IN DESIGNING AUTHOR'S ICAT MODULES: EXPERIENCE, OPPORTUNITIES, AND CRITICAL LIMITATIONS

Kseniya Dolidze

ABSTRACT. The publication substantiates the experience of using Gemini AI as a postgraduate student's cognitive assistant. The algorithm for configuring the neural network's "memory" for designing initial combined-arms training (ICAT) modules is revealed. The advantages of search optimization and the risks of AI "hallucinations" that require Human-in-the-loop verification are identified.

KEYWORDS: artificial intelligence, Gemini, cognitive assistant, postgraduate student, Human-in-the-loop.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: МОЖЛИВОСТІ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Длугопольський Олександр^{1,2}

¹Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна

²Університет WSEI, Люблін, Польща

E-mail: dlugopolsky77@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено роль штучного інтелекту у трансформації сучасних наукових досліджень. Проаналізовано можливості використання AI для аналізу даних, моделювання та підвищення ефективності наукової діяльності, а також визначено етичні виклики та питання академічної доброчесності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, наука, академічна доброчесність, наукові дослідження.

I. Вступ

Численні сучасні розвідки щодо ролі AI (Artificial Intelligence, AI) свідчать [1, 2, 3, 4], що штучний інтелект дедалі більше інтегрується у наукові дослідження, трансформуючи методи аналізу даних, моделювання складних систем і прийняття рішень у різних галузях науки. Європейська Комісія у своїй стратегії розвитку AI у науці наголошує [5], що технології штучного інтелекту можуть значно прискорити процес наукових відкриттів і підвищити

ефективність дослідницької діяльності. У цьому контексті важливим є створення інтегрованої дослідницької інфраструктури, яка забезпечуватиме доступ до великих обсягів даних, високопродуктивних обчислювальних ресурсів та AI-інструментів.

Стратегія також підкреслює важливість розвитку людського капіталу, міждисциплінарних досліджень та міжнародної співпраці в межах Європейського дослідницького простору [5]. Таким чином, AI розглядається не лише як технологічний інструмент, але і як ключовий фактор трансформації наукових екосистем, що сприятиме розвитку інновацій та підвищенню конкурентоспроможності Європи у глобальному науковому просторі.

II. Основна частина

Штучний інтелект стає дедалі важливішим фактором трансформації сучасних наукових досліджень. Зростання обсягів доступних даних, розвиток обчислювальних потужностей та поширення методів машинного навчання суттєво розширили можливості дослідників у різних галузях науки.

Сучасні дослідження показують, що технології штучного інтелекту можуть підтримувати різні етапи наукового процесу, включаючи генерацію дослідницьких ідей, систематизацію літератури, управління даними та підготовку наукових текстів. Зокрема, Khalifa & Albadawy (2024) зазначають [6], що інструменти AI допомагають дослідникам структурувати наукові ідеї, узагальнювати результати попередніх досліджень та покращувати якість академічного письма, що сприяє підвищенню ефективності наукової діяльності.

Крім того, штучний інтелект поступово змінює саму методологію наукових досліджень. Erduran & Levirini (2024) підкреслюють [7], що AI трансформує наукову практику через використання складних моделей, автоматизований аналіз великих масивів даних та інтеграцію цифрових інструментів у експериментальні дослідження.

З ширшої перспективи систематичні огляди літератури свідчать [1, 2, 7, 8], що впровадження AI в академічне середовище забезпечує низку переваг, зокрема економію часу, підвищення продуктивності досліджень та покращення можливостей аналізу даних. Водночас використання штучного інтелекту супроводжується певними викликами, включаючи етичні проблеми, питання достовірності результатів та необхідність збереження людського контролю у науковому процесі [3, 9].

Емпіричні дослідження також свідчать, що використання AI може підвищувати науковий вплив досліджень. Зокрема, Gao & Wang (2023), аналізуючи десятки мільйонів наукових публікацій, встановили [10], що статті, у яких застосовуються методи штучного інтелекту, як правило, мають вищі показники цитованості та ширший міждисциплінарний вплив.

Крім того, AI активно застосовується у наукометричних та бібліометричних дослідженнях для аналізу наукових мереж, прогнозування розвитку наукових напрямів та оцінювання впливу наукових публікацій [11, 12]. Такі підходи дозволяють більш точно досліджувати динаміку розвитку науки та визначати ключові тренди наукових досліджень.

Водночас дослідники [3, 4, 12] наголошують на важливих етичних та методологічних ризиках використання генеративного штучного інтелекту в науковій діяльності. Серед основних проблем виділяють питання академічної доброчесності, прозорості використання AI-інструментів, відповідальності за результати досліджень, а також можливу упередженість у контенті, створеному за допомогою штучного інтелекту [13].

Документ Європейської Комісії “A European Strategy for Artificial Intelligence in Science” [5] визначає стратегічне бачення розвитку штучного інтелекту (AI) у наукових дослідженнях в межах Європейського Союзу. У ньому підкреслюється, що AI стає ключовим інструментом трансформації сучасної науки, оскільки дозволяє обробляти великі обсяги даних, моделювати складні системи та прискорювати процес наукових відкриттів. Європейська Комісія наголошує, що використання AI у дослідженнях може істотно підвищити ефективність наукової діяльності, сприяти міждисциплінарним дослідженням та забезпечити швидшу генерацію інноваційних рішень для економіки та суспільства.

У документі зазначається [5], що глобальна конкуренція у сфері штучного інтелекту між провідними науковими центрами, зокрема США та Китаєм, створює необхідність для

Європейського Союзу активізувати розвиток власних технологічних і наукових можливостей. У цьому контексті стратегія спрямована на формування європейської екосистеми AI-орієнтованої науки, яка поєднуватиме дослідницькі інститути, університети, технологічні компанії та державні організації. Така інтегрована екосистема має сприяти більш ефективному використанню наукових даних, розвитку інфраструктури та формуванню нових форм міжнародної наукової співпраці.

Одним із центральних елементів запропонованої стратегії є створення ініціативи RAISE (Resource for AI Science in Europe) – європейської платформи або віртуального дослідницького інституту, який об'єднає обчислювальні ресурси, наукові дані та інструменти штучного інтелекту для підтримки наукових досліджень. Основною метою RAISE є створення відкритої та інтегрованої дослідницької інфраструктури, що дозволить науковцям у різних галузях використовувати можливості AI для вирішення складних наукових проблем. Передбачається, що ця ініціатива стане важливим елементом розвитку Європейського дослідницького простору (European Research Area) та сприятиме більш тісній координації наукових ресурсів між країнами ЄС [14].

Особлива увага у документі [5] приділяється розвитку наукової інфраструктури даних та високопродуктивних обчислювальних систем. Для ефективного застосування AI необхідні значні обсяги якісних і структурованих даних, а також потужні обчислювальні ресурси. У цьому контексті Європейський Союз планує посилювати інтеграцію існуючих дослідницьких інфраструктур, зокрема суперкомп'ютерних центрів, цифрових платформ і систем обміну науковими даними. Це має забезпечити дослідникам доступ до сучасних інструментів аналізу даних та сприяти розвитку відкритої науки (Open Science).

Ще одним важливим напрямом стратегії [5] є розвиток людського капіталу та формування нових компетенцій у сфері AI. Європейська Комісія наголошує на необхідності підготовки дослідників нового покоління, які поєднуватимуть спеціалізовані знання у своїх наукових галузях із навичками роботи зі штучним інтелектом, аналізом даних та цифровими технологіями. Для цього передбачається підтримка освітніх програм, міждисциплінарних досліджень і міжнародної мобільності науковців.

Окреме місце у стратегії [5] займають етичні та правові аспекти використання штучного інтелекту в наукових дослідженнях. Європейський Союз прагне забезпечити розвиток AI відповідно до принципів прозорості, підзвітності та безпеки. У документі підкреслюється важливість відповідального використання технологій AI, захисту персональних даних і запобігання можливим ризикам, пов'язаним із автоматизованими системами прийняття рішень. Таким чином, стратегія поєднує технологічний розвиток із нормативними та етичними стандартами. Загалом, документ формує комплексне бачення того, як штучний інтелект може стати ключовим фактором розвитку європейської науки та інновацій. Реалізація цієї стратегії має сприяти підвищенню глобальної конкурентоспроможності Європейського Союзу, розвитку міждисциплінарних досліджень і формуванню нових наукових можливостей для вирішення глобальних викликів.

III. Висновки

Проведений аналіз наукової літератури засвідчує, що штучний інтелект стає одним із ключових факторів трансформації сучасної наукової діяльності. Використання AI-інструментів дозволяє значно підвищити ефективність дослідницького процесу, зокрема через автоматизацію аналізу великих масивів даних, оптимізацію пошуку та систематизації наукової інформації, а також підтримку підготовки академічних текстів.

Водночас інтеграція штучного інтелекту у наукову практику супроводжується низкою викликів, пов'язаних з етичними аспектами використання технологій, забезпеченням академічної доброчесності та необхідністю збереження критичної ролі дослідника у процесі створення наукового знання.

Отже, подальший розвиток застосування штучного інтелекту в науці потребує формування чітких методологічних підходів, етичних стандартів і регуляторних механізмів, що

забезпечать відповідальне використання AI-технологій та сприятимуть підвищенню якості і надійності наукових результатів.

IV. Список використаних джерел

- [1] D. Cotton, P. Cotton, J. Shipway. "Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT". *Innovations in Education and Teaching International*, 61, 228-239, 2024. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148>.
- [2] E. Kasneci, K. Sessler, S. Küchemann, M. Bannert, D. Dementieva, F. Fischer, U. Gasser, G. Groh, S. Günemann, E. Hüllermeier, S. Krusche, G. Kutyniok, T. Michaeli, C. Nerdel, J. Pfeffer, O. Poquet, M. Sailer, A. Schmidt, T. Seidel, M. Stadler, G. Kasneci. "ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education". *Learning and Individual Differences*, 103, 102274, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>.
- [3] A. Artyukhov, N. Artyukhova, O. Dluhopolskyi, O. Adamyk, B. Adamyk, B. "Dialogue with generative artificial intelligence: is its "product" free from academic integrity violations?" *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 181–188, 2025. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-2/181>.
- [4] A. Artyukhov, O. Dluhopolskyi, O. Adamyk, N. Artyukhova, B. Adamyk, O. Liashenko. "GenAI and academic integrity in dialogue: pros and cons". *Proceedings of the 15th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, 789–795, 2025. <https://doi.org/10.1109/ACIT65614.2025.11185648>.
- [5] European Commission. *A European strategy for artificial intelligence in science* (COM(2025). Publications Office of the European Union 2025. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52025DC0724>.
- [6] A. Khalifa, M., Albadawy. "Using artificial intelligence in academic writing and research: An essential productivity tool". *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*, 5, 100145, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.cmpbup.2024.100145>.
- [7] S. Erduran, O. Levri. "The impact of artificial intelligence on scientific practices: An emergent area of research for science education". *International Journal of Science Education*, 46(18), 1982–1989, 2024. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2306604>.
- [8] C. Filson, D. Atuase. "Artificial intelligence and academic integrity: The role of academic librarians". *Information Development*, 41(3), 781-793, 2025. <https://doi.org/10.1177/02666669241284230>.
- [9] I. Castillo-Martínez, D. Flores-Bueno, S. Gómez-Puente, V. Vite-León. "AI in higher education: A systematic literature review". *Frontiers in Education*, 9, 1391485, 2024. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1391485>.
- [10] J. Gao, D. Wang. "Quantifying the benefit of artificial intelligence for scientific research". *arXiv*, 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.10578>.
- [11] H. Saeidnia, E. Hosseini, S. Abdoli, M. Ausloos. "Unleashing the power of AI: A systematic review of cutting-edge techniques in AI-enhanced scientometrics, webometrics, and bibliometrics". *arXiv*, 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.18838>.
- [12] A. Artyukhov, N. Artyukhova, O. Dluhopolskyi, S. Kozlovskyi, L. Buiak, N. Moskaliuk. "Ethical issues in AI policy for academia: is it enough for AI effective implementation?" *Proceedings of the 15th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)* 785–788, 2025. <https://doi.org/10.1109/ACIT65614.2025.11185807>.
- [13] E. Pournaras. "Science in the era of ChatGPT, large language models and generative AI: Challenges for research ethics and how to respond". *arXiv*, 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.15299>.
- [14] European Commission. *Commission launches "Resource for AI Science in Europe"*. European Commission Press Corner, 2025. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_2578.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCIENTIFIC RESEARCH: OPPORTUNITIES, CHALLENGES AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Dluhopolskyi Oleksandr

ABSTRACT. The paper examines the role of artificial intelligence in transforming modern scientific research. It analyzes AI applications in data analysis, modelling, and research productivity, and identifies ethical challenges and issues related to academic integrity.

KEYWORDS: artificial intelligence (AI), science, academic integrity, scientific research.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЗАСОБИ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ХУДОБИ

Дубина Олег¹, Льовкін Валерій¹

¹Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

E-mail: vliovkin@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто проблему прогнозування стану худоби як задачу прогнозування обсягу удоїв худоби. Для забезпечення прогнозування обсягу удоїв худоби запропоновано використовувати модель на основі дерев рішень. Використовуючи вибірку даних, запропоновану модель було навчено та програмно реалізовано. Результати експериментального дослідження вказали на підвищення точності прогнозування за використання запропонованої моделі порівняно з методом опорних векторів як базовим.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: стан худоби, обсяг удоїв, прогнозування, дерева рішень, штучний інтелект.

I. Вступ

Сільське господарство, яке займається вирощуванням тварин, в умовах сучасного світу потребує використання інформаційних технологій для супроводження всіх супутніх процесів. Якщо будь-які зміни, які стосуються стану худоби, господарством будуть зафіксовані, то це надасть можливість отримати масив інформації за кожною твариною, чіткіше розуміючи її стан.

Економічним вираженням стану худоби є щонайменше нерідко обсяг удоїв молока. З одного боку це показник, який відображає поточні економічні можливості сільського господарства як підприємства, з іншого боку це поточні дані про стан тварин, які мають значний зв'язок з їх майбутнім станом.

Для того щоб встановити зазначений зв'язок, необхідно вирішити задачу прогнозування обсягу удоїв худоби. Зважаючи на поточний стан розв'язання цієї задачі зокрема в Україні, цей напрямок є доволі перспективним та одночасно актуальним.

II. Модель прогнозування удоїв худоби

Для розв'язання задачі прогнозування обсягу удоїв худоби може бути розглянутий цілий ряд моделей, включаючи метод опорних векторів, дерева рішень, різні варіанти нейронних мереж тощо.

Слід розуміти, що використання таких моделей може відбуватися в умовах, коли потужні обчислювальні засоби, характерні для постійного використання на практиці більш складних моделей, не доступні в межах обмежених фінансових ресурсів господарства. В реальних умовах, навіть якщо господарство має достатні фінансові ресурси, воно може не використовувати їх для цих цілей у повному обсязі. Це може бути обумовлено різного роду обмеженнями. Зокрема зараз в Україні це можуть бути необхідні ресурси на додаткові фінансові витрати, які можуть виникнути під час поточного ведення господарства. Тобто закладання резервів потребує додаткових коштів.

Другою стороною задачі прогнозування обсягу удоїв худоби є необхідність пояснення того, як відповідне рішення щодо стану худоби було досягнуто. Це потребує формування певних правил, на основі яких рішення може бути пояснено особам, які приймають фактичні рішення. Без такого пояснення рішення в цій сфері можуть вважатися необґрунтованими, мати недостатній рівень довіри.

Тому в цій роботі було запропоновано створити модель прогнозування стану худоби на основі використання дерев рішень [1]-[2].

Дана модель передбачає використання цілої сукупності вхідних ознак, які характеризують поточний стан тварини. Зокрема до цієї сукупності ознак можуть входити ті ознаки, які використовуються в подібних проблемах [3]:

- порода худоби, до якої належить тварина, за якою відбувається прогнозування;
- вік тварини;
- обсяг споживання води та їжі твариною на добу;
- кількість днів, за які послідовно тварина на момент прогнозування дає молоко;
- кількість народженої худоби твариною (телят);
- погодні умови майбутнього періоду (температура, вологість, загальний варіант клімату);
- відстань під час випасання тварини;

- час відпочинку та випасання;
- обсяг удоїв у минулий період;
- наявність вакцинацій проти кожного захворювання у тварини тощо.

Вхідні ознаки, які передбачали віднесення до певної категорії, були категоризовані, тобто перетворені на відповідне число шляхом кодування. Це зокрема стосується породи худоби. Всі значення, які передбачали певний тривалий період збору, виражались у підсумку середнім значенням на добу.

Вихідною ознакою є обсяг молока, який протягом певного періоду в майбутньому середньодобово дає певна тварина. Тобто прогнозування відбувається за кожною твариною індивідуально.

III. Експериментальне дослідження прогнозування удоїв худоби

Експериментальне дослідження прогнозування удоїв худоби повинно дозволити встановити, наскільки фактично викладені ідеї в запропонованій моделі можуть бути дійсно застосовані в інформаційній технології для надання їй відповідних інтелектуальних засобів для інтеграції.

Для проведення експериментального дослідження було запропоновано використати вибірку даних [3].

Експериментальне дослідження складалось з моделі на основі дерева рішень, яку було запропоновано в роботі, та з моделі, створеної на основі методу опорних векторів [4].

Обидві моделі побудовані на основі однієї й тієї самої вибірки з виділенням однакових навчальних та тестових вибірок. Навчальна вибірка формувалась випадковим віднесенням 60 % початкової вибірки даних до неї. До тестової вибірки відносились всі інші екземпляри, тобто 40 % початкової вибірки.

Для значення вихідної ознаки виконувалось нормування, що дозволило звести значення до єдиного інтервалу.

У Табл. 1 приведено отримані результати експериментального дослідження прогнозування обсягу удоїв худоби за показником середньої абсолютної похибки.

Таблиця 1

Результати експериментального дослідження прогнозування обсягу удоїв худоби за показником середньої абсолютної похибки

Модель	Середня абсолютна похибка
Метод опорних векторів	0,0019092259
Дерево рішень	0,0003046144

Оцінювання показників відбувалось на основі використання тестової вибірки даних, екземпляри якої не застосовувались під час навчання моделей.

У Табл. 2 приведено отримані результати експериментального дослідження прогнозування обсягу удоїв худоби за показником середньоквадратичної похибки.

Таблиця 2

Результати експериментального дослідження прогнозування обсягу удоїв худоби за показником середньоквадратичної похибки

Модель	Середньоквадратична похибка
Метод опорних векторів	0,0021246919
Дерево рішень	0,0003837075

У Табл. 3 приведено отримані результати експериментального дослідження прогнозування обсягу удоїв худоби за показником кореневого середньоквадратичного відхилення.

Результати експериментального дослідження прогнозування обсягу удоїв худоби за показником кореневого середньоквадратичного відхилення

Модель	Кореневе середньоквадратичне відхилення
Метод опорних векторів	0,0000045143
Дерево рішень	0,0000001472

Важливо зазначити, що результати в Табл. 1-3 на основі всієї сукупності використаних показників однозначно вказують на те, що результати прогнозування обсягу удоїв худоби за допомогою моделі на основі дерев рішень переважають за точністю результати, отримані методом опорних векторів [4]. За показником середньої абсолютної похибки точність збільшено більше ніж у 6 разів. За показником середньоквадратичної похибки точність збільшено більше ніж в 5,5 разів. За показником кореневого середньоквадратичного відхилення точність збільшено більше ніж в 30 разів.

Враховуючи те, що модель прогнозування обсягу удоїв худоби на основі дерев рішень є значно менш вимогливою до обчислювальних ресурсів порівняно з більш складними моделями, має високий рівень інтерпретованості результатів, вона може на практиці застосовуватися для забезпечення відповідних інтелектуальних засобів у складі інформаційної технології.

IV. Висновки

Виконання прогнозування обсягу удоїв худоби дозволило забезпечити визначення стану худоби господарства на майбутній період, що зокрема важливо для розуміння очікуваного фінансового стану господарства.

Зважаючи на вплив на планування фінансової складової, будь-яке підвищення точності прогнозування, що сприяє прийняттю більш якісних управлінських рішень, є практично важливим. Тому застосування моделей на основі дерев рішень, що продемонструвало значне підвищення точності прогнозування порівняно з методом опорних векторів, зокрема за показником середньоквадратичної похибки в 5,5 разів, може вважатися практично корисним і придатним.

Програмна реалізація запропонованої моделі прогнозування обсягу удоїв худоби, що була виконана в роботі, сприяє подальшому практичному її застосуванню, але також і дозволила забезпечити проведення експериментального дослідження.

IV. Список використаних джерел

- [3] C. Smith. Decision Trees and Random Forests: A Visual Introduction For Beginners. Vancouver: Blue Windmill Media, 2017.
- [4] C. Sheppard. Tree-based Machine Learning Algorithms: Decision Trees, Random Forests, and Boosting. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017.
- [5] Cattle Health and Feeding Data. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/shahhet2812/cattle-health-and-feeding-data>.
- [6] Support Vector Machine (SVM) Algorithm. URL: <https://www.mygreatlearning.com/blog/introduction-to-support-vector-machine/>.

INTELLIGENT TOOLS FOR FORECASTING CATTLE HEALTH STATE

Dubyna Oleh, Lovkin Valerii

ABSTRACT. The problem of forecasting cattle health state is considered as a task of forecasting the volume of milk yield from cattles. To ensure the forecasting of the volume of milk yield, it is proposed to use a model based on decision trees. Using a data sample, the proposed model was trained and implemented. The results of the experimental study indicated an increase in the accuracy of forecasting using the proposed model compared to the support vector method as the base model.

KEYWORDS: cattle health state, milk yield, forecasting, decision trees, artificial intelligence.

ЕНЕРГЕТИЧНО УЗГОДЖЕНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯК НОВИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ІОТ-ВУЗЛІВ

Казначесва Анастасія¹, Сторчак Каміла¹

¹Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна
E-mail: a.kaznacheeva@duikt.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У роботі запропоновано енергетично узгоджений підхід до прогнозування поведінки ІоТ-вузлів, що поєднує оцінювання навантаження та доступної енергії. Модель забезпечує формування реалістичних прогнозів, узгоджених із ресурсними обмеженнями, без втрати точності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Інтернет речей (ІоТ), ІоТ-вузли, прогнозування, енергетичні обмеження, нейронні мережі.

І. Вступ

Сучасні дослідження у сфері прогнозування енергетичних та мережних процесів демонструють активний розвиток глибоких і гібридних моделей, орієнтованих на підвищення точності передбачень та адаптацію до складних динамічних середовищ. Зокрема, у роботі Md. O. Faugue та колег [1] запропоновано гібридну модель прогнозування вітрової генерації, що поєднує згорткові та рекурентні нейронні мережі з урахуванням експлуатаційних обмежень. Отримані результати свідчать про високу точність прогнозу (MAPE 3.65%) та суттєве зменшення обчислювальних витрат. Водночас, незважаючи на інтеграцію обмежень у процес навчання, модель залишається орієнтованою виключно на енергетичну генерацію та не враховує взаємозв'язок із мережним навантаженням, що обмежує її застосування в ІоТ-середовищах.

Подальший розвиток ідей адаптивного прогнозування представлено у дослідженні G. Liu та ін. [2], де запропоновано підхід CLEAR-E, спрямований на врахування концептуального дрейфу та контекстних факторів. Автори продемонстрували підвищення точності прогнозу та зменшення обчислювального навантаження приблизно на 28%, а також здатність моделі адаптуватися до змін у даних. Проте акцент у цій роботі зроблено на адаптації моделі, тоді як питання узгодження прогнозу з реальними ресурсними обмеженнями системи залишаються поза увагою.

У свою чергу, спроба поєднання прогнозування та управління представлена у роботі A. Zohaib і співавт. [3], де запропоновано двоетапну архітектуру для мікромереж. Запропонований підхід забезпечує зниження похибки прогнозу на 12-18% та покращення енергетичних показників системи, зокрема зменшення імпорту енергії та підвищення стабільності акумуляторів. Однак навіть у цьому випадку прогнозування та управління реалізуються послідовно, без їх глибокого взаємного узгодження на рівні самої моделі.

Разом із цим, узагальнений погляд на проблему представлено у роботі S. K. Rao та ін. [4], де підкреслюється роль ІоТ у побудові інтелектуальних систем енергоменеджменту для фотоелектричних установок. Автори демонструють, що поєднання сенсорних даних, хмарних технологій та методів машинного навчання підвищує ефективність енергетичних систем, однак відсутність формалізованої інтеграції різних типів прогнозів обмежує практичну застосовність таких підходів.

Нарешті, у дослідженні R. Dai та G. Bai [5] запропоновано контекстно-орієнтовану трансформерну модель для прогнозування енергоспоживання в розподілених ІоТ-середовищах із використанням федеративного навчання. Отримані результати підтверджують підвищення точності та адаптивності моделі в умовах розподілених систем. Водночас, як і в попередніх роботах, розглядається лише енергетичний аспект, без урахування взаємодії з мережним навантаженням та обмеженнями ресурсів.

Загалом, незважаючи на значний прогрес у підвищенні точності прогнозування та врахуванні окремих аспектів енергетичних або мережних процесів, у наявних дослідженнях залишається невирішеною проблема їх узгодженого моделювання. Основною причиною цього є домінування підходів, орієнтованих на оптимізацію окремих підсистем (енергії або навантаження), а також відсутність універсального механізму інтеграції обмежень у прогнозні моделі. Додатково складність задачі зумовлена високою динамічністю ІоТ-середовищ, неоднорідністю даних та необхідністю врахування як фізичних, так і поведінкових факторів.

У результаті формується загальна невирішена проблема забезпечення прогнозування не лише точного, але й функціонально допустимого навантаження IoT-вузлів з урахуванням їх енергетичних обмежень, що безпосередньо визначає мету даного дослідження.

II. Основна частина

В рамках дослідження було розроблено енергетично узгоджену модель прогнозування поведінки IoT-вузлів, що базується на інтеграції двох взаємопов'язаних процесів: прогнозування мережного навантаження та оцінювання доступного енергетичного ресурсу. На відміну від існуючих підходів, у яких ці процеси розглядаються ізольовано, запропонована модель формалізує їх у єдиному функціональному контурі, де прогноз навантаження визначається як функція не лише вхідних ознак, але й обмежується прогнозованим рівнем енергії. Математично модель представлено у вигляді залежності

$$\hat{L}(t) = f(X_t) \cdot \alpha(E_t), \quad (1)$$

де $f(X_t)$ описує часову динаміку навантаження, а $\alpha(E_t) \in [0,1]$ є адаптивним коефіцієнтом, що відображає доступність енергетичного ресурсу. Новизна підходу полягає у переході від класичного прогнозування до прогнозування функціонально допустимого навантаження, що відповідає реальним ресурсним обмеженням вузла. Схематичну структуру запропонованої моделі наведено на рис. 1.

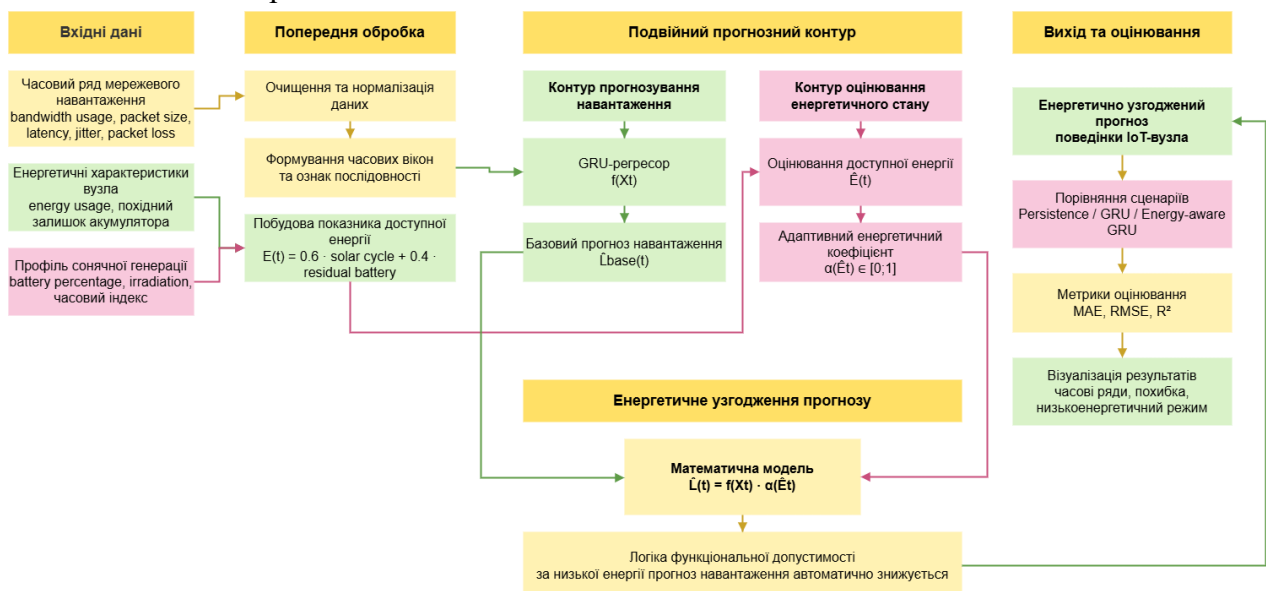


Рис. 1. Схема енергетично узгодженої моделі прогнозування поведінки IoT-вузлів

У межах моделі було реалізовано механізм адаптивного масштабування, який автоматично знижує прогнозне навантаження у разі дефіциту енергії та зберігає його без змін за нормальних умов функціонування. Це дозволило сформувати новий клас моделей, у яких прогноз стає узгодженим із фізичними можливостями системи. Запропонований підхід відрізняється від відомих рішень тим, що енергетичні обмеження інтегруються безпосередньо у процес прогнозування, а не враховуються на етапі постобробки або оптимізації, що забезпечує підвищення практичної релевантності отриманих результатів.

Було розроблено програмний комплекс для моделювання запропонованого підходу, який реалізує повний цикл обробки даних та навчання моделей. Програмна реалізація виконана мовою Python із використанням сучасних бібліотек для роботи з часовими рядами та нейронними мережами. У процесі роботи здійснюється автоматичне завантаження та підготовка даних, включаючи нормалізацію, формування часових вікон та синтез енергетичного профілю на основі комбінації параметрів споживання та зовнішніх факторів. Особливістю реалізації є формування похідного показника доступної енергії, який поєднує залишок акумулятора та умовну генерацію, що відповідає умовам гібридного живлення.

Програмний модуль забезпечує побудову трьох сценаріїв прогнозування: базового інерційного підходу, рекурентної нейронної моделі та енергетично узгодженого прогнозу. Навчання моделі здійснюється з використанням ковзних часових вікон, що дозволяє враховувати часову залежність процесів, а результати автоматично оцінюються за сукупністю метрик точності. Візуалізація результатів реалізована у вигляді єдиної узагальненої панелі, що відображає як кількісні, так і якісні характеристики прогнозування, що забезпечує наочність і зручність інтерпретації отриманих даних.

У процесі моделювання було використано два відкриті набори даних, що забезпечують відображення як мережних, так і енергетичних процесів. Набір «IoT Network Traffic Dataset» [6] застосовано як основне джерело для формування часових рядів мережного навантаження та характеристик передачі даних, що дозволило відтворити реалістичну поведінку IoT-вузлів у мережі. Набір «Solar Panel connected Battery Level Dataset» [7] використано як допоміжний для побудови енергетичного контуру, зокрема для моделювання доступної енергії на основі генерації та стану заряду акумулятора. Поєднання цих джерел забезпечило можливість синтезу узгодженого середовища, у якому одночасно враховуються як динаміка трафіку, так і енергетичні обмеження, що є необхідною умовою для реалізації запропонованого підходу.

Результати моделювання підтвердили доцільність запропонованого підходу та його відмінність від класичних методів прогнозування. Як показано на рис. 2, базова рекурентна модель демонструє зниження похибки порівняно з інерційним підходом, що свідчить про ефективність використання часових залежностей.

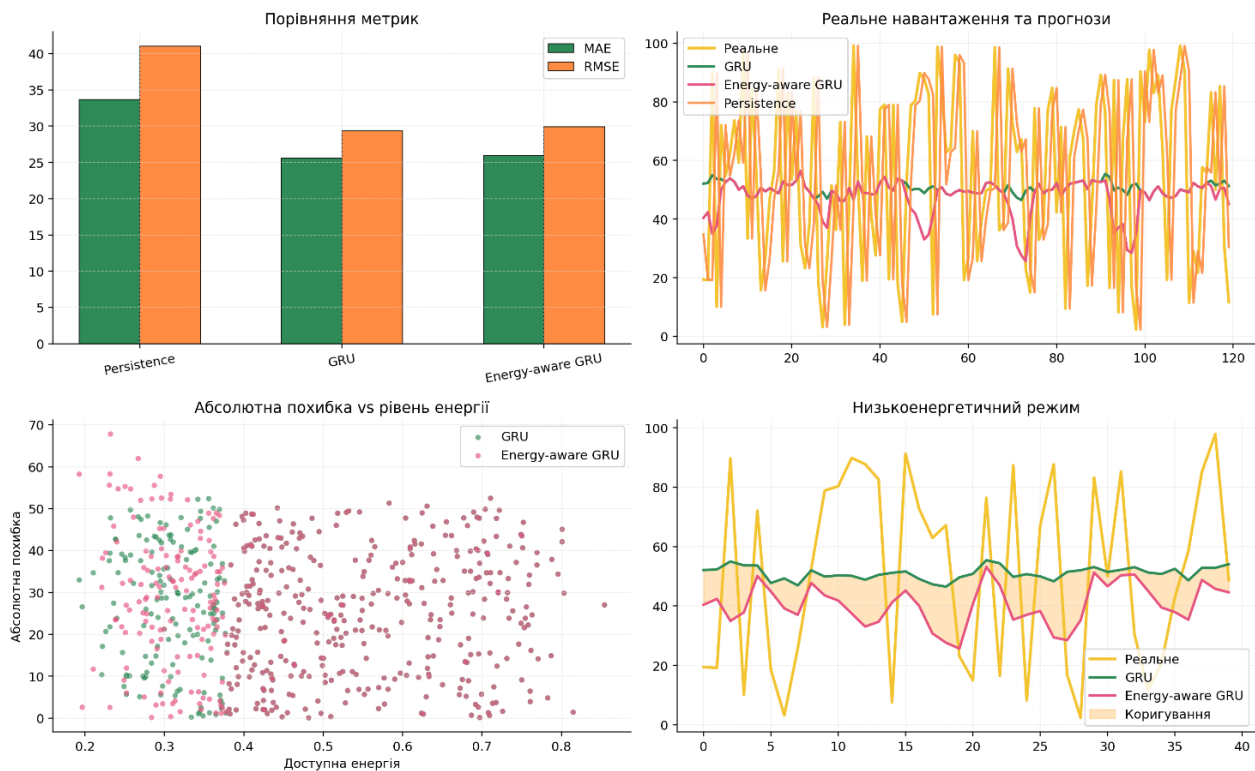


Рис. 2. Результати енергетично узгодженого прогнозування поведінки IoT-вузлів у запропонованій моделі

Водночас енергетично узгоджена модель забезпечує результати, близькі за точністю до базової, що підтверджує відсутність втрати якості при введенні обмежень.

Аналіз часових залежностей показав, що запропонована модель змінює характер прогнозу у критичних режимах. Зокрема, у періоди низького рівня енергії спостерігається систематичне зниження прогнозного навантаження, що узгоджується з фізично можливим режимом роботи вузла. На відміну від базової моделі, яка формує потенційно недосяжні значення, енергетично узгоджений прогноз демонструє обмежену амплітуду, що підтверджує його практичну адекватність.

Додатковий аналіз залежності похибки від рівня енергії показав, що запропонований підхід змінює розподіл помилок у просторі станів системи. Хоча середні значення похибки залишаються співставними з базовою моделлю, у низькоенергетичних режимах спостерігається більш стабільна поведінка прогнозу та відсутність різких відхилень. Це свідчить про те, що модель не лише прогнозує значення, а й адаптується до ресурсних обмежень, що є критично важливим для IoT-систем.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що запропонований підхід реалізує нову парадигму прогнозування, у якій враховується не лише точність, а й функціональна допустимість прогнозу. Введення енергетичного коефіцієнта забезпечує узгодження між інформаційними та фізичними процесами, що відкриває можливості для підвищення надійності та ефективності роботи IoT-вузлів у реальних умовах експлуатації.

III. Висновки

У роботі розроблено енергетично узгоджену модель прогнозування поведінки IoT-вузлів, яка інтегрує прогноз навантаження та оцінювання доступної енергії в єдиний контур. Показано, що введення адаптивного коефіцієнта дозволяє визначати функціонально допустиме навантаження без втрати точності, водночас усуваючи недосяжні прогнози в умовах дефіциту енергії.

Отримані результати підтверджують, що врахування енергетичних обмежень є ключовим для адекватного моделювання IoT-систем. Запропонований підхід формує нову парадигму прогнозування, орієнтовану на фізичну реалізованість, та створює основу для подальшого розвитку методів адаптивного управління навантаженням.

IV. Список використаних джерел

- [1] Md. O. Faruque, Md. A. Hossain, S. M. M. Alam, and M. Khalid, "Constraint-aware wind power forecasting with an optimized hybrid machine learning model," *Energy Conversion and Management*: X, vol. 27, p. 101026, Jul. 2025, doi: 10.1016/j.ecmx.2025.101026.
- [2] G. Liu, Y. Ma, X. Liu, and R. Ma, "CLEAR-E: Concept-aware lightweight energy adaptation for smart grid load forecasting," *Neurocomputing*, vol. 658, p. 131667, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.neucom.2025.131667.
- [3] A. Zohaib, F. Akram, S. Khalid, H. Nawaz, and M. U. Rehman, "Hybrid deep learning based load forecasting and AI-driven energy management for grid-connected multi-microgrids," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 131, p. 110915, Mar. 2026, doi: 10.1016/j.compeleceng.2025.110915.
- [4] C. K. Rao, S. K. Sahoo, and F. F. Yanine, "A review of IoT enabled intelligent smart energy management for photovoltaic power forecasting and generation," *Unconventional Resources*, vol. 9, p. 100279, Jan. 2026, doi: 10.1016/j.uncres.2025.100279.
- [5] R. Dai and G. Bai, "Distributed context-aware Transformer enables dynamic energy consumption prediction for smart building networks," *Digital Communications and Networks*, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.dcan.2025.03.006.
- [6] «IoT Network Traffic Dataset». Kaggle. [Онлайн]. Доступно: <https://www.kaggle.com/datasets/programmer3/iot-network-traffic-dataset>
- [7] «Solar Panel connected Battery Level Dataset». Kaggle. [Онлайн]. Доступно: <https://www.kaggle.com/datasets/ikaganacar/solar-panel-connected-battery-level-dataset>

ENERGY-CONSISTENT FORECASTING AS A NEW APPROACH TO MODELING THE BEHAVIOR OF IOT NODES

Kaznacheieva Anastasiia, Storchak Kamila

ABSTRACT. This paper proposes an energy-consistent approach to forecasting IoT node behavior by integrating load and energy estimation. The model produces realistic forecasts aligned with resource constraints while maintaining predictive accuracy.

KEYWORDS: Internet of Things (IoT), IoT nodes, forecasting, energy constraints, neural networks.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ВИПАДКІВ ПНЕВМОНІЇ

Камінський Денис¹, Льовкін Валерій¹

¹Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна
E-mail: vliovkin@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У роботі розглянуто задачу автоматизованого визначення пневмонії на рентгенівських знімках грудної клітини. В основі дослідження лежить використання методів глибокого навчання, зокрема згорткових нейронних мереж. Забезпечено порівняння цілого ряду архітектур згорткових нейронних мереж, включаючи ResNet50, MobileNetV2, AlexNet, на основі проведеного експериментального дослідження.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: пневмонія, діагностування, рентгенівський знімок, згорткові нейронні мережі, глибоке навчання.

I. Вступ

Зважаючи на високий вплив результатів визначення випадків пневмонії на здоров'я і життя людини, слід констатувати критичну важливість автоматизації даного процесу для уникнення впливу людського фактору.

На даний момент задача автоматизованого визначення пневмонії на рентгенівських знімках грудної клітини розв'язується на основі використання різних моделей згорткових нейронних мереж.

У роботі [1] розпізнавання пневмонії реалізується за допомогою згорткової нейронної мережі на основі моделі XceptionNet з застосуванням гібридної архітектури зорового трансформера X-Vision, при цьому розпізнавання відбувається для сукупності хвороб легенів, включаючи як пневмонію, так і Covid-19. Подібний підхід застосовується в роботі [2], де модель побудована на основі архітектури LungConVT-Net з об'єднанням зорового трансформера зі згортковою нейронною мережею.

У дослідженні [3] використовується глибока архітектура згорткової нейронної мережі VGG-19. Класифікація відбувається також між рядом легеневих хвороб, включаючи також і туберкульоз.

У роботі [4] реалізується порівняння різних архітектур згорткових нейронних мереж, включаючи EfficientNet, CheXNet, ResNet50, для виявлення саме пневмонії, а особливостями дослідження є визначення структури виконання етапу передобробки даних.

Особливості застосування підходу до навчання моделей на основі Transfer Learning розглянуто в роботі [5]. У роботі [6] даний підхід використовується разом з різними архітектурами згорткових нейронних мереж, зокрема Xception, VGG16, ResNet152V2.

У роботі [7] досліджено такі архітектури згорткових нейронних мереж як DenseNet169, DenseNet121, VGG16 для випадків дитячої пневмонії.

II. Моделі визначення випадків пневмонії

Представлені за результатами огляду літератури моделі демонструють високі результати класифікації, проте мають і недоліки у вигляді високих вимог до обчислювальних ресурсів. У даній роботі необхідно проаналізувати різницю між даними моделями, виконуючи вибір моделей для створення програмної системи для застосування їх для визначення пневмонії на практиці.

Для проведення дослідження, враховуючи результати попереднього аналізу вже виконаних досліджень, було виділено наступні архітектури моделей класифікації для виявлення випадків пневмонії:

- AlexNet;
- VGG19;
- ResNet50;
- MobileNetV2;
- DenseNet121.

У зв'язку з тим, що в подібних рішеннях нерідко у вибірках даних спостерігається проблема дисбалансу класів через кількісну перевагу знімків з пневмонією, було застосовано методи аугментації даних для проведення експериментального дослідження:

- зміну масштабу;
- випадкове обертання;
- зсуви;
- відображення.

III. Експериментальне дослідження визначення випадків пневмонії

Для проведення експериментального дослідження було використано вибірку даних [8].
Результати порівняння моделей за показником точності наведено в Табл. 1.

Таблиця 1

Результати порівняння точності розпізнавання різних моделей для діагностування пневмонії грудної клітини на основі показника точності

Модель	Точність
AlexNet	0.9628
ResNet50	0.9594
MobileNetV2	0.9545
VGG19	0.9499
DenseNet121	0.9386

Результати порівняння моделей діагностування пневмонії грудної клітини за показником чутливості наведено в Табл. 2.

Таблиця 2

Результати порівняння точності розпізнавання різних моделей для діагностування пневмонії грудної клітини на основі показника чутливості

Модель	Чутливість
AlexNet	0.9603
ResNet50	0.9561
MobileNetV2	0.9517
VGG19	0.9448
DenseNet121	0.9304

Результати порівняння моделей за показником специфічності наведено в Табл. 3.

Таблиця 3

Результати порівняння точності розпізнавання різних моделей для діагностування пневмонії грудної клітини на основі показника специфічності

Модель	Специфічність
AlexNet	0.9681
ResNet50	0.9647
MobileNetV2	0.9622
VGG19	0.9523
DenseNet121	0.9461

Результати порівняння моделей діагностування пневмонії грудної клітини за показником прецизійності наведено в Табл. 4.

Таблиця 4

Результати порівняння точності розпізнавання різних моделей для діагностування пневмонії грудної клітини на основі показника прецизійності

Модель	Прецизійність
AlexNet	0.9851
ResNet50	0.9872
MobileNetV2	0.9855
VGG19	0.9852
DenseNet121	0.9711

Як видно з Табл. 1, модель AlexNet має найвищу точність розпізнавання на рівні 0.9628, при цьому значення показника прецизійності (Табл. 4) є дещо меншим. За даним показником найкращий результат має модель ResNet50. За показниками чутливості (Табл. 2), специфічності (Табл. 3) AlexNet має кращі результати порівняно зі всіма іншими моделями.

У свою чергу найменші результати продемонструвала модель DenseNet121, при чому це стосувалось всіх показників. Так точність моделі (Табл. 1) склала 0.9386 (порівняно з 0.9628 у

AlexNet), прецизійність (Табл. 4) – 0.9711 (порівняно з 0.9872 у ResNet50), чутливість (Табл. 2) – 0.9304 (порівняно з 0.9603 у AlexNet), специфічність (Табл. 3) – 0.9461 (порівняно з 0.9681 у AlexNet).

IV. Висновки

У роботі виконано програмну реалізацію інтелектуальних засобів визначення випадків пневмонії, яка базувалась на створенні множини моделей, побудованих на основі різних архітектур, включаючи ResNet50, MobileNetV2, AlexNet, DenseNet121, VGG19. Програмне забезпечення було використано для проведення експериментального дослідження, де ці моделі були порівняні стосовно показників точності, прецизійності, чутливості, специфічності.

Отримані результати дозволяють порівняти ефективність отриманих результатів класифікації. У подальших дослідженнях необхідно модифікувати існуючі моделі для того, щоб при порівнюванні точності досягти меншої складності моделей. Це б дозволило використовувати їх за умов обмеження обчислювальних ресурсів, що нерідко характеризує випадки застосування програмних систем на практиці в цій сфері.

IV. Список використаних джерел

- [1] R. Bhuvanya, V. Vanitha and M. M. Iqbal, "A hybrid deep learning approach using XceptionNet and vision transformer for accurate chest disease detection from X-ray images". *Biomedical Signal Processing and Control*, 110, 2025. doi: 10.1016/j.bspc.2025.108118.
- [2] A. Lasker, M. Ghosh, Md Obaidullah Sk, T. Goncalves, C. Chakraborty, K. Roy, "LungConVT-Net: A visual transformer network with blended features for Pneumonia detection". *Pattern Recognition*, 171, 2026. doi: 10.1016/j.patcog.2025.112150.
- [3] M. Vazralu, M. Madijaganm "Multiclass Classification of Chest X-rays based Pulmonary Disorder Using a Specialized VGG-19 Deep Neural Network". *Journal of Innovative Image Processing*, 7 (4), p. 1153-1167, 2025. doi: 10.36548/jiip.2025.4.004.
- [4] C. Jareanpon, R. Chamchong, W. Kiatjindarat, "The Preprocessing Combination for Pneumonia Classification from Chest X-Ray Images System Using Covolutional Neural Networks". *ICIC Express Letters. Part B: Applications*, 16 (12), p. 1321-1330, 2025. doi: 10.24507/icicelb.16.12.1321.
- [5] D.S. Kermany, M. Goldbaum, W. Cai, C.C.S. Valentim, H. Liang, S.L. Baxter, A. McKeown, G. Yang, X. Wu, F. Yan, J. Dong, M.K. Prasadha, J. Pei, M.Y.L. Ting, J. Zhu, C. Li, S. Hewett, J. Dong, I. Ziyar, A. Shi, R. Zhang, L. Zheng, R. Hou, W. Shi, X. Fu, Y. Duan, V.A.N. Huu, C. Wen, E.D. Zhang, C.L. Zhang, O. Li, X. Wang, M.A. Singer, X. Sun, J. Xu, A. Tafreshi, M.A. Lewis, H. Xia, K. Zhang, "Identifying Medical Diagnoses and Treatable Diseases by Image-Based Deep Learning". *Cell*, 172, p. 1122 – 1131, 2018. doi: 10.1016/j.cell.2018.02.010.
- [6] B. Tripathy, S. Khan, S. Beborra, A. Kamal, S.S. Tripathy, M. Fazil, A.M. Albarrak, "TL-PneuNet: a transfer learning-based pneumonia classification framework", *Sci Rep.*, 15, 2025. doi: 10.1038/s41598-025-24180-8.
- [7] S. Katreddi, A. Midatani, A.P. Roy, U. Velpuri, S. Kasani, "Pediatric pneumonia X-ray image classification: predictive model development with DenseNet-169 transfer learning". *Journal of Medical Artificial Intelligence*, 8, 2025. doi: 10.21037/jmai-24-356.
- [8] P. Mooney. Chest X-Ray Images (Pneumonia). URL: <https://www.kaggle.com/datasets/paultimothymooney/chest-xray-pneumonia>.

INTELLIGENT TOOLS FOR DETECTING PNEUMONIA CASES

Kaminsky Denys, Lovkin Valerii

ABSTRACT. The problem of automated pneumonia detection on chest X-Ray images is considered in the paper. The research is based on the usage of deep learning methods, in particular convolutional neural networks. A comparison of a number of convolutional neural network architectures, including ResNet50, MobileNetV2, AlexNet, is provided on the basis of an experimental study.

KEYWORDS: pneumonia, diagnosis, x-ray image, convolutional neural networks, deep learning.

ЕТИКА ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Коляда Олена¹

¹ДП «КБ «Південне», Дніпро, Україна
E-mail: kolyada.elena78@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У статті розглядаються етичні виклики, що постають при впровадженні штучного інтелекту (ШІ) в аерокосмічну інженерію. Проаналізовано сценарії неетичного використання алгоритмів та запропоновано технічний каркас для забезпечення їхньої прозорості й безпеки через методи пояснювального ШІ та фізично-інформованих нейронних мереж. Обґрунтовано модель «значущого людського контролю» в процесі проєктування критичних вузлів ракетно-космічної техніки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, етика ШІ, ракетобудування, проєктування ракетно-космічної техніки, алгоритмічна відповідальність.

1. Вступ

Сучасна аерокосмічна галузь перебуває на етапі глибокої цифрової трансформації. Впровадження штучного інтелекту (ШІ) у процеси проєктування ракетно-космічної техніки дозволяє радикально скоротити цикли розробки та оптимізувати масово-габаритні характеристики виробів. Проте перехід від ШІ як розрахункового інструмента до ШІ як суб'єкта прийняття інженерних рішень створює неабиякі етичні ризики. Основна складність полягає у феномені «чорної скриньки». Коли нейронна мережа пропонує радикально нову конструкцію камери згоряння, яка є ефективнішою за людські розробки, постає етичне питання: чи маємо ми право довіряти системі, логіку якої неможливо повністю верифікувати традиційними методами? Для розробників ракетно-космічної техніки питання надійності є першочерговим. В умовах, де ціною помилки при проєктуванні є людські життя, багатомільярдні втрати або екологічні катастрофи, етика проєктування стає невід'ємною частиною інженерної безпеки. Актуальність дослідження підсилюється державною стратегією розвитку ШІ в Україні [1].

Мета – розглянути етичні ризики, пов'язані з делегуванням критичних рішень алгоритмам ШІ, та визначити межі відповідальності розробників у ланцюжку «людина-алгоритм-ракета». Проаналізувати, як забезпечити прозорість інтелектуальних систем та чому етичний кодекс у ракетобудуванні сьогодні так само важливий, як і точність фізичних розрахунків.

Наукова новизна дослідження - у розробці інтегрованого підходу до етичної безпеки РКТ:

- обґрунтовано вимогу до інтерпретованості моделей як вищу за їхню точність у критичних системах [2];
- запропоновано використання фізично-інформованих мереж не лише для прискорення симуляцій, а як механізм автоматичного відсікання фізично неможливих рішень;
- сформульовано принципи «алгоритмічної підзвітності» для конструкторських бюро [3].

2. Основна частина

Етичні проблеми застосування ШІ в ракетобудуванні не є суто філософськими: вони виникають на стику технологічних обмежень та необхідності забезпечувати абсолютну надійність. Коли ракетний двигун вибухає через дефект конструкції, спроектованої ШІ, виникає юридична колізія. ШІ не є суб'єктом права, він не може нести покарання чи виплачувати компенсації. Використання ШІ не повинно ставати «щитом» для інженерів чи корпорацій, щоб уникнути відповідальності за помилки. Одним із ключових етичних принципів є концепція «значущого людського контролю», який стверджує, що за будь-яке рішення ШІ має відповідати людина, але не та, що написала код, а та, яка затвердила фінальне креслення до виробництва. При цьому вона повинна розуміти логіку алгоритму, мати технічну можливість відхилити пропозицію ШІ, усвідомлювати наслідки схвалення цього рішення. Також важливим аспектом є відповідальність розробників даних для ШІ. В ракетобудуванні ШІ вчиться на архівах минулих випробувань. Якщо дані були неповними або викривленими наприклад, не враховували певні погодні умови чи властивості матеріалів, або містять приховані дефекти, ШІ їх використає як «норму» і припустить помилку в новому проєкті. Це і є ще однією етичною проблемою, коли розробники наборів даних несуть відповідальність за «чистоту» та репрезентативність інформації. Помилка в даних автоматично дорівнює помилка в проєкті.

Ще одним етичним принципом можна вважати «алгоритмічний конформізм». Існує ризик, що молоді інженери будуть сліпо довіряти ІІІ («комп'ютеру краще знати»), щоб зняти з себе психологічний вантаж відповідальності. Рішенням може бути впровадження обов'язкового етичного аудиту та перехресної перевірки, де ІІІ-рішення мають критикуватися незалежною групою експертів.

Щоб мінімізувати ризики «чорної скриньки» та гарантувати надійність ракети, при проєктуванні ракетно-космічної техніки пропонується використовувати наступні методи етичного та технічного контролю:

1. Використовувати «пояснюваний» штучний інтелект

Це головний технічний стандарт для аерокосмічної галузі. Замість того, щоб просто отримати результат наприклад, форму крила або сопла, ІІІ має надати список важливих ознак, що дозволяє інженерам побачити, які саме параметри (тиск, температура, міцність матеріалу) найбільше вплинули на рішення нейромережі при проєктуванні цієї форми. Це дає змогу людині провести фізичну перевірку логіки ІІІ.

2. Проводити формальну верифікація нейронних мереж

На відміну від звичайного тестування, цей метод математично доводить, що за будь-яких вхідних умов (наприклад, при екстремальних вібраціях або температурах) ІІІ не видасть критично хибну команду. Використання математичних методів для перевірки стійкості алгоритму до аномалій.

3. Обмежувати творчість ІІІ фундаментальними законами природи

Це «етичне обмеження» ІІІ законами фізики. В архітектуру нейромережі заздалегідь вбудовуються фундаментальні рівняння (наприклад, Нав'є-Стокса для аеродинаміки). ІІІ фізично не зможе запропонувати дизайн, який порушує закон збереження енергії або маси. Це запобігає «неадекватності» алгоритму в інженерних розрахунках.

4. Створювати «цифрові пастки» при тестуванні

Перед втіленням у метали, рішення ІІІ проходить мільйони симуляцій у віртуальному середовищі. Етичний аспект тут полягає у створенні «цифрових пасток», де алгоритм навмисно ставлять у ситуації відмови датчиків, щоб перевірити його здатність до безпечного завершення місії.

5. Вести протоколи рішень

Кожне рішення ІІІ в процесі проєктування має бути задокументоване в незмінному вигляді. Це створює технічну базу для алгоритмічної підзвітності: якщо через 5 років станеться аварія, інженери зможуть «відмотати» час і побачити, на основі яких даних ІІІ прийняв саме те рішення.

5. Висновки

Впровадження штучного інтелекту в проєктування ракетних систем – це не просто технологічний крок, а докорінна зміна філософії інженерії. Аналіз етичних та технічних аспектів дозволяє зробити наступні висновки [4], [5]:

1. Пріоритет прозорості над ефективністю. У ракетобудуванні «чорна скринька» ІІІ є неприпустимою. Будь-яке рішення, запропоноване алгоритмом, повинно бути верифіковане через методи «пояснюваного» ІІІ та закони фізики. Етичне проєктування означає відмову від занадто складних моделей та логіки, яких людина не здатна досягнути.

2. Неподільність відповідальності. ІІІ залишається інструментом, а не суб'єктом. Юридична та моральна відповідальність за успіх чи невдачу місії завжди лежить на людині-інженері, яка затвердила розрахунки. Автоматизація не знімає обов'язку критичного мислення, а навпаки – підвищує вимоги до кваліфікації спеціаліста.

3. Стандартизація та сертифікація [6]. Необхідне створення міжнародних протоколів сертифікації алгоритмів ІІІ в аерокосмічній галузі, аналогічних до стандартів безпеки фізичних вузлів. Це гарантуватиме, що «цифровий мозок» ракети працює за передбачуваними та етично обґрунтованими алгоритмами.

4. Етичний аудит як частина розробки. Пропонується впровадити обов'язковий етап «етичної експертизи» в роботу конструкторських бюро. Це включає перевірку даних для

навчання ІІ на упередженість та аналіз ризиків мілітаризації або подвійного призначення розроблених технологій [7].

Список використаних джерел

- [1] Кабінет Міністрів України, «Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні», Розпорядження № 1556-р, 02 груд. 2020. zakon.rada.gov.ua.
- [2] С. О. Гнатюк та Ю. В. Желєзко, «Етичні аспекти застосування штучного інтелекту в системах критичної інфраструктури», *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, № 3 (11), с. 45–58, 2021. doi.org.
- [3] S. J. Johnston and R. Harris, "The Boeing 737 MAX Saga: Lessons in Software Safety and Ethics," *Journal of Ethics in Engineering*, vol. 12, no. 2, pp. 45–60, 2019.
- [4] IEEE Computer Society, *Ethically Aligned Design: A Vision for Prioritizing Human Well-being*, 1st ed. IEEE, 2021. [Онлайн]. Доступно: standards.ieee.org.
- [5] А. І. Шевченко, «Штучний інтелект: проблеми та перспективи розвитку в Україні», *Наука та інновації*, т. 19, № 1, с. 88–95, 2023. doi.org.
- [6] C. O'Neil, *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. New York, NY: Crown, 2016. ISBN: 978-0553418811.
- [7] M. Brundage *et al.*, "The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, and Mitigation," Oxford: Future of Humanity Institute, 2018. doi.org.

ETHICS OF THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DESIGN OF ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY

ABSTRACT. This paper examines the ethical challenges arising from the integration of Artificial Intelligence into aerospace engineering processes. The study analyzes high-risk scenarios and proposes a technical framework for ensuring algorithmic transparency and safety through XAI and PINNs methods. The concept of "meaningful human control" in the design of critical space technology components is justified.

KEYWORDS: artificial intelligence, AI ethics, rocket science, aerospace design, Explainable AI, algorithmic accountability.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ІСТОРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ІНСТРУМЕНТИ, МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Коломієць Наталія¹

¹Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН, Київ, Україна
natalia.kolomiets@ukr.net

Анотація. У публікації розглянуто використання штучного інтелекту в історичних дослідженнях, зокрема для оцифрування, розпізнавання, аналізу та інтерпретації джерел. Окреслено інструменти ІІ та їх роль у розвитку цифрової історії.

Ключові слова: штучний інтелект, цифрова історія, розпізнавання рукописів, обробка природної мови, цифрові бібліотеки.

I. Вступ

Використання штучного інтелекту в історичних дослідженнях є одним із проявів цифрової трансформації гуманітарних наук. Сьогодні ІІ застосовують не лише як допоміжний технічний інструмент, а як середовище для оцифрування документів, розпізнавання, аналізу, зіставлення й інтерпретації історичних процесів. Це особливо помітно в межах цифрової історії (Digital History), де поєднуються класичні історичні методи, комп'ютерна лінгвістика, аналіз даних і мережеве моделювання [7]. Як зазначають Daniel J. Cohen та Roy Rosenzweig, цифрові технології змінюють саму логіку історичного дослідження, переводячи його у площину роботи з великими масивами цифрових даних [2].

II. Основна частина

Історія використання штучного інтелекту в історичних дослідженнях має поетапний характер. Передумови цього процесу сформувалися ще у 1950-1960-х роках у межах cliometrics, коли комп'ютери застосовувалися для статистичного аналізу історичних даних. **Кліометрія** – це застосування економічної теорії та статистичного аналізу до вивчення історії. Як показав Robert W. Fogel у своїй книзі «Time on the Cross» (1974), кількісні методи

дозволили по-новому осмислити соціально-економічні процеси минулого [8]. У 1970–1980-х роках почали розвиватися методи комп'ютерної обробки текстів і ранні інструменти лінгвістичного аналізу. Проте повноцінне використання ІІІ в історії розпочалося у ХХІ столітті, особливо після 2010 року, коли розвиток машинного навчання, цифрових бібліотек та великих даних відкрив можливості для аналізу великих масивів історичних джерел [3].

Найпершою й найбільш масовою сферою використання ІІІ в історичних дослідженнях стало розпізнавання тексту. Для друкованих джерел широко застосовують Tesseract OCR – відкритий OCR-рушій, що в сучасних версіях використовує LSTM-моделі для розпізнавання рядків тексту, а також ABBYY FineReader PDF, який поєднує OCR із конвертацією та редагуванням документів. Для історика це означає можливість перетворювати скани газет, книжок, архівних справ і рідкісних видань у повнотекстові видання, придатні для пошуку та подальшого аналізу. Для масових архівних колекцій також використовують ABBYY FineReader Server, який орієнтований на автоматичну конверсію великих документних масивів у пошукові цифрові репозитарії.

Для рукописних історичних джерел застосовують системи HTR. Найвідомішою є Transkribus – платформа для AI-розпізнавання рукописних і друкованих документів, яка підтримує роботу зі старими письмовими системами, тренування моделей під конкретний почерк і перетворення рукописів на пошуковий текст. Для історичних досліджень це особливо важливо під час опрацювання щоденників, листів, метричних книг, архівних актів і рукописної спадщини. eScriptorium виконує подібну функцію як цифровий конвертер для OCR/HTR друкованих і рукописних текстів, орієнтований на гуманітарні проєкти та роботу зі спільними моделями. Google Cloud Vision API також підтримує витягування тексту з документних зображень і handwriting detection, тому може використовуватися для первинного машинного зчитування історичних рукописів, хоча в складних історичних сценаріях дослідники частіше віддають перевагу спеціалізованим HTR-платформам. Для розпізнавання українських рукописних джерел нещодавно створено спеціалізовані моделі платформи Transkribus, зокрема Ukrainian generic handwriting та Ukrainian generic handwritten and typed. Ці моделі створені в межах міжнародного дослідницького проєкту MultiHTR і базуються на нейронних мережах, що дозволяють автоматично перетворювати історичні рукописи на структурований цифровий текст [9]. Як показала практика, ця україномовна модель потребує ще вдосконалення.

Для рукописних матеріалів використовуються системи HTR, зокрема Transkribus та eScriptorium, які базуються на нейронних мережах і дають змогу розпізнавати складні історичні почерки. Дослідження, опубліковані у журналі «Digital Scholarship in the Humanities», демонструють, що використання Transkribus значно прискорює опрацювання архівних документів і розширює джерельну базу історичних досліджень [6-10].

Після етапу оцифрування важливу роль відіграє інтелектуальний аналіз текстів за допомогою методів обробки природної мови. Інструменти, такі як NLTK, spaCy та Voyant Tools, дозволяють здійснювати тематичне моделювання, виділення ключових понять і аналіз дискурсів. Як зазначає Matthew L. Jockers, такі підходи формують концепцію «distant reading», що дає змогу досліджувати великі текстові масиви замість окремих документів [4].

Окремого значення набуває побудова мережових моделей історичних процесів. Програми Gephi та VOSviewer дозволяють візуалізувати зв'язки між історичними постатями, інституціями та ідеями, що відповідає сучасному підходу мережової історії [3].

Інтеграція штучного інтелекту з цифровими бібліотеками, такими як OpenStax, створює нові можливості для збереження та популяризації історичної спадщини. Завдяки ІІІ відбувається автоматичне формування метаданих, класифікація ресурсів і встановлення зв'язків між історичними об'єктами, що підвищує доступність джерел і сприяє розвитку відкритої науки [1].

Важливу роль відіграють також інструменти штучного інтелекту для пошуку історичних і біографічних відомостей. Сучасні системи, такі як Perplexity AI, Semantic Scholar та Elicit, дозволяють швидко знаходити, узагальнювати та аналізувати інформацію про історичні постаті, інтегруючи дані з різних джерел і формуючи нову модель біографічних досліджень.

Аналіз сучасної наукової літератури свідчить, що дослідження з використання ІІІ в історії можна умовно поділити на три групи: концептуальні праці з цифрової історії [2-3], методологічні дослідження цифрових методів [4-5] та прикладні роботи, присвячені використанню конкретних інструментів, зокрема НТР і OCR [6]. Водночас у літературі наголошується на ризиках використання ІІІ, зокрема можливій втраті контексту, алгоритмічній упередженості та необхідності критичного аналізу отриманих результатів [1].

III. Висновки

Таким чином, штучний інтелект у сучасних історичних дослідженнях виконує комплексну функцію – від оцифрування джерел до їх аналітичної інтерпретації та візуалізації. Його інтеграція у наукову практику сприяє формуванню нової моделі історичного пізнання, що поєднує традиційні методи з цифровими технологіями та забезпечує глибше розуміння історичних процесів.

IV. Список використаних джерел

- [1] C. L. Borgman, *Big data, little data, no data: Scholarship in the networked world*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2015.
- [2] D. J. Cohen and R. Rosenzweig, *Digital history: A guide to gathering, preserving, and presenting the past on the web*. Philadelphia, PA, USA: University of Pennsylvania Press, 2005.
- [3] S. Graham, I. Milligan, and S. Weingart, *Exploring big historical data: The historian's macroscope*. London, UK: Imperial College Press, 2015.
- [4] M. L. Jockers, *Macroanalysis: Digital methods and literary history*. Urbana, IL, USA: University of Illinois Press, 2013.
- [5] I. Milligan, *History in the age of abundance? How the web is transforming historical research*. Montreal, Canada: McGill-Queen's University Press, 2019.
- [6] G. Muehlberger et al., "Transforming scholarship in the archives through handwritten text recognition: The Transkribus platform," *Digital Scholarship in the Humanities*, vol. 34, no. 4, pp. 954–976, 2019.
- [7] O. Bondarenko, S. Orlyk, and M. Pyzyk, "Digital technology in historical research: Contemporary scholarly currents," *East European Historical Bulletin*, no. 33, pp. 227–238, 2024. doi: 10.24919/2519-058X.33.317459.
- [8] R. W. Fogel and S. L. Engerman, *Time on the Cross: Evidence and Methods – A Supplement*. Boston, MA, USA: Little, Brown and Company, 1974.
- [9] A. Tikhonov and A. Rabus, "Handwritten text recognition of Ukrainian manuscripts in the 21st century: Possibilities, challenges, and the future of the first generic AI-based model," *Kyiv-Mohyla Humanities Journal*, no. 11, pp. 226–247, 2024. doi: 10.18523/2313-4895.11.2024.226-247.
- [10] P. Stokes, B. Kiessling, D. Stökl Ben Ezra, R. Tissot, and E. H. Gargem, "The eScriptorium VRE for manuscript cultures," in *Classics@ Journal*, vol. 18, 2021. [Online]. Available: <https://classics-at.chs.harvard.edu/classics18-stokes-kiessling-stokl-ben-ezra-tissot-gargem/>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HISTORICAL RESEARCH: TOOLS, OPPORTUNITIES AND PROSPECTS

Kolomiets Natalia

ABSTRACT. The article examines the use of artificial intelligence in historical research, in particular for digitizing, recognizing, analyzing, and interpreting sources. AI tools and their role in the development of digital history are outlined.

KEYWORDS: artificial intelligence, digital history, manuscript recognition, natural language processing, digital libraries.

ЗАХИСТ АВТОРСЬКИХ ПРАВ НА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ В НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ТА ЄС²

Литвиненко Євгенія¹

¹Сумський державний університет, Суми, Україна
E-mail: e.lytvynenko@yur.sumdu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено правові особливості захисту авторських прав на програмне забезпечення зі штучним інтелектом, що використовується у наукових дослідженнях, крізь призму порівняльного аналізу законодавства України та Європейського Союзу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: авторське право, штучний інтелект, програмне забезпечення, наукові дослідження, text and data mining.

I. Вступ

Умови цифрової трансформації науки та стрімкий розвиток програмного забезпечення зі штучним інтелектом (далі - ШІ) актуалізують проблему належного захисту авторських прав на такі результати творчості, особливо коли вони використовуються в наукових дослідженнях. Виклики пов'язані як із визначенням правового статусу самих ШІ-систем, так і з охороною результатів, створених із їхнім залученням, на тлі гармонізації законодавства України з правом Європейського Союзу. Порівняльний аналіз національної та європейської моделей дозволяє виявити спільні риси, відмінності та прогалини, що потребують заповнення з метою забезпечення балансу між інтересами авторів, розробників, науковців і суспільства.

II. Основна частина

У сучасних наукових дослідженнях використовується цілий спектр програмного забезпечення зі штучним інтелектом, яке умовно можна поділити на кілька груп: інструменти для пошуку й аналізу літератури (Research Rabbit, Consensus, Elicit, Semantic Scholar, Iris.ai), що застосовують семантичний пошук і моделі машинного навчання для виявлення релевантних публікацій та візуалізації наукових зв'язків; системи для підтримки написання й редагування текстів (ChatGPT, Grammarly, Writefull, Ref-N-Write, Notion AI), які генерують чернетки, структурують текст, пропонують формулювання та здійснюють мовно-стилістичну корекцію; платформи для аналізу даних і автоматизації моделювання (IBM Watson for Science/Watson Studio, DataRobot AI Cloud, спеціалізовані інструменти на кшталт AlphaFold-Multimer, Deep Genomics), що використовуються для обробки великих масивів експериментальних даних, побудови прогнозних моделей, виявлення закономірностей; а також бібліографічні та довідкові менеджери з елементами ШІ (ReadCube Papers, Avidnote, Mendeley з AI-функціями), які інтегрують пошук, цитування та спільну роботу дослідників. В українських публікаціях додатково акцентується на використанні ChatGPT та подібних систем як асистентів при підготовці структури роботи, формулюванні дослідницьких питань, попередньому аналізі літератури та перекладі наукових текстів, за умови дотримання принципів академічної доброчесності [1].

У законодавстві України комп'ютерні програми традиційно охороняються як об'єкти авторського права, прирівняні до літературних творів, що поширюється і на програмні продукти зі ШІ, розроблені та використані у процесі наукових досліджень. В оновленій редакції Закону України «Про авторське право і суміжні права» [2] закріплено виключні майнові права авторів (право на відтворення, розповсюдження, модифікацію, публічний показ тощо), які в повному обсязі застосовуються до програмного забезпечення, у тому числі для дослідницьких цілей. Водночас на рівні національних норм відсутні спеціальні положення щодо правового режиму навчання ШІ-систем на об'єктах авторського права (text and data mining), а також не врегульовано питання розподілу прав між розробниками, замовниками

² Робота виконана в рамках гранту Президента України для молодих вчених та кандидатів наук (відповідно до Наказу Президента України «Про присудження грантів Президента України на підтримку наукових досліджень та розробок молодих вчених на 2026 рік» від 27 листопада 2025 року № 130/2025-рп).

досліджень та науковими установами, що зумовлює необхідність договірного деталізування. У доктрині наголошується на наявності прогалин у визначенні суб'єктів прав на результати, створені за допомогою ШІ, та пропонується нормативно закріпити пріоритет людини (розробника, користувача, організатора дослідження) як носія авторських прав, заперечуючи можливість визнання «електронного автора» [3].

Право ЄС виходить із того, що комп'ютерні програми, включно з програмами, в яких реалізовані алгоритми машинного навчання та інші модулі ШІ, підлягають авторсько-правовій охороні відповідно до Директиви 2009/24/ЄС [4] про правову охорону комп'ютерних програм. Ця директива встановлює критерій оригінальності, обсяг виключних майнових прав та допускає лише обмежені винятки для декомпіляції й дослідження функціонування програми в межах, необхідних для досягнення взаємодії. Директива (ЄС) 2019/790 [5] про авторське право і суміжні права на Єдиному цифровому ринку запровадила спеціальні винятки для text and data mining з науковою метою, надаючи дослідницьким організаціям та установам культурної спадщини право відтворювати та вилучати інформацію з правомірно доступних творів для цілей аналізу текстів і даних. Важливим є поєднання цієї моделі з новим Регламентом ЄС про штучний інтелект (AI Act) [6], який, хоча й не змінює сутності авторського права, але встановлює вимоги до прозорості, документації, якості даних і управління ризиками, що безпосередньо впливає на організацію розробки та використання ШІ-систем у науці. У науковій літературі підкреслюється, що ЄС зберігає антропоцентричний підхід до авторства, визнаючи лише людину носієм авторських прав і водночас розвиваючи гнучкі механізми використання охоронюваних об'єктів для навчання ШІ [7].

Використання програмне забезпечення з ШІ у науці має подвійний вимір: по-перше, як об'єкта охорони (самої програми, її вихідного коду, архітектури моделей, навчальних наборів даних), по-друге, як інструмента, за допомогою якого створюються нові результати досліджень (статті, моделі, візуалізації, технічні рішення тощо). Питання виникають щодо: правомірності використання охоронюваних авторським правом матеріалів для навчання моделей ШІ (особливо в закритих, комерційних системах); визначення обсягу прав розробників програмного забезпечення з ШІ та дослідників, які застосовують такі системи; кваліфікації результатів, що генеруються ШІ (чи є вони творами, чи підлягають охороні, кому належать права). У праві ЄС завдяки TDM-виняткам сформовано більш передбачуваний режим використання контенту для наукового аналізу, тоді як в Україні дослідники фактично змушені покладатися на загальні доктринальні підходи й договірні конструкції, що створює правову невизначеність та ризики притягнення до відповідальності за порушення авторських прав. Додатковий виклик становить необхідність дотримання не лише авторського права, а й режиму охорони персональних даних та конфіденційної інформації при формуванні та використанні датасетів для навчання ШІ-систем у наукових проєктах [3].

Порівняння правового регулювання свідчить про концептуальну спорідненість моделей України та ЄС щодо базових положень авторського права, однак при цьому проявляються суттєві відмінності в деталізації режиму використання програмного забезпечення з ШІ у наукових цілях. Україна, орієнтуючись на імплементацію актів права ЄС, поступово оновлює законодавство, але поки що не запровадила спеціальних, чітко визначених винятків для text and data mining, не кодифікувала особливості правового статусу результатів, створених із залученням ШІ, та не врегулювала питання прозорості алгоритмів у дослідницьких проєктах. ЄС, навпаки, демонструє системний підхід: поєднує класичні норми авторського права з новими механізмами TDM, цифрового ринку та спеціальним регулюванням ШІ, формуючи практику, яка вже враховує ризики недобросовісного використання чужих творів для навчання моделей. Для України важливим є не механічне копіювання європейських норм, а їх адаптація з урахуванням національної наукової інфраструктури, судової практики та реальних можливостей забезпечення здійснення й захисту прав авторів і правоволодільців програмного забезпечення з ШІ [8].

Захист авторських прав на ПЗ зі штучним інтелектом, що використовується у наукових дослідженнях
(Україна - ЄС)

Критерій	Україна	Європейський Союз
Правовий статус програмного забезпечення з ШІ	Комп'ютерні програми, включно з програмним забезпеченням з ШІ, охороняються як об'єкти авторського права (літературні твори) за Законом України «Про авторське право і суміжні права»; спеціального режиму для ШІ немає.	Комп'ютерні програми (у т.ч. з ШІ) охороняються як авторські твори згідно з Директивою 2009/24/ЄС; діє усталена практика Суду ЄС щодо критеріїв оригінальності та обсягу прав.
Використання в науці	Застосовується загальний режим авторського права; спеціальних винятків для text and data mining (TDM) у наукових цілях закон прямо не передбачає, питання вирішуються договірно й доктринально.	Директива (ЄС) 2019/790 встановлює обов'язковий виняток для TDM для дослідницьких організацій і установ культурної спадщини, а також передбачає ширший, «опт-аут» виняток для інших користувачів.
Автор/суб'єкти прав	Автором визнається виключно фізична особа; результати, створені із залученням ШІ, вважаються «опосередкованою творчістю» людини; статус автономно згенерованих результатів законодавчо не визначено.	Зберігається антропоцентричний підхід: автором може бути тільки людина; результати ШІ розглядаються через призму внеску людини (розробника, користувача, організатора процесу).
Регулювання TDM та навчання моделей	Відсутня спеціальна норма про TDM; використання охоронюваних творів для навчання моделей ШІ розглядається через загальні норми про відтворення, вільне використання, цитування; високий рівень правової невизначеності для науковців.	Чітко врегульовано TDM: дозволяється відтворення й вилучення інформації з правомірно доступних творів для наукових досліджень; правовласники можуть забороняти TDM поза дослідницькими цілями шляхом «machine-readable» застережень.
Інституційний механізм захисту	Судовий захист доповнюється адміністративними інструментами (скарги провайдером, блокування піратського контенту); система поступово адаптується до європейських стандартів, але практика щодо ШІ лише формується.	Розвинена судова та адміністративна практика; застосування норм про відповідальність онлайн-посередників, notice-and-takedown, а також національні органи з питань ІВ; уже з'являються кейси, пов'язані з використанням даних для навчання ШІ.
Вплив AI Act / спеціального регулювання ШІ	Спеціального «AI-акту» немає; відбувається поступове наближення до права ЄС через імплементацію директив у сфері авторського права та цифрового ринку.	Регламент (ЄС) 2024/1689 (AI Act) встановлює вимоги до прозорості, якості даних і документації для систем ШІ, що опосередковано впливає на розробку та використання програмного забезпечення з ШІ у наукових дослідженнях.
Виклики та напрями розвитку	Необхідність імплементації TDM-винятків, визначення правового режиму результатів ШІ, розподілу прав між розробниками й науковими установами, розвитку судової практики й механізмів дотримання академічної доброчесності при використанні ШІ.	Пошук балансу між захистом правовласників і свободою досліджень; уточнення меж TDM, вироблення єдиних підходів до використання масивів даних для навчання моделей, інтеграція AI Act з авторським правом у практиці національних судів.

III. Висновки

Захист авторських прав на програмне забезпечення зі штучним інтелектом, що використовується у наукових дослідженнях, вимагає поєднання класичного підходу до охорони комп'ютерних програм із урахуванням специфіки машинного навчання, використання великих масивів даних та генерування нових результатів за участю ШІ. У дослідженні показано, що і в Україні, і в ЄС програмне забезпечення з елементами штучного інтелекту розглядається як об'єкт авторського права, однак ступінь деталізації правового режиму та наявність спеціальних винятків для наукових цілей є суттєво різними.

Порівняльний аналіз засвідчив, що правова система ЄС сформувала більш цілісну й передбачувану рамку регулювання завдяки поєднанню Директиви 2009/24/ЄС щодо правової охорони комп'ютерних програм, Директиви (ЄС) 2019/790 про авторське право на Єдиному цифровому ринку та Регламенту (ЄС) 2024/1689 (AI Act). У цій моделі чітко визначено можливості text and data mining для дослідників, закріплено антропоцентричний підхід до авторства і встановлено вимоги до прозорості та якості даних у системах ШІ, що дозволяє ефективніше збалансувати інтереси правовласників і наукової спільноти.

В українському законодавстві, попри оновлення Закону «Про авторське право і суміжні права» та загальний курс на гармонізацію з правом ЄС, залишаються невирішеними ключові питання: відсутність спеціальних норм щодо TDM для наукових цілей, нечіткість правового режиму результатів, створених із використанням ШІ, і нерозвиненість практики застосування авторського права у контексті інтелектуальних систем у науці. Це зумовлює підвищені правові ризики для дослідників та установ, які впроваджують ШІ-інструменти у свої проекти, й водночас може стримувати інноваційний розвиток.

Отримані результати підтверджують доцільність подальшої імплементації в українське право європейських підходів до регулювання text and data mining, уточнення суб'єктного складу прав на результати, створені за допомогою ШІ, а також створення прозорих моделей договірної розподілу прав між розробниками програмного забезпечення, науковими організаціями та замовниками досліджень. Такі кроки стануть підґрунтям для формування передбачуваного правового середовища, яке одночасно стимулює розвиток наукових досліджень із використанням ШІ та гарантує належний рівень охорони авторських прав.

Запропоновані у роботі висновки можуть бути основою для подальших досліджень, спрямованих на розробку детальних моделей правового статусу ШІ-генерованих результатів, аналіз взаємодії авторського права з режимами захисту персональних даних і конфіденційної інформації у наукових проєктах, а також на вироблення етичних та процедурних стандартів використання штучного інтелекту в академічному середовищі. Це відкриває простір для формування комплексної, міждисциплінарної концепції правового супроводу ШІ у науці, здатної відповідати як на сучасні виклики, так і на потреби майбутнього розвитку.

IV. Список використаних джерел

- [1] О.В. Бутнік-Сіверський, «Проблеми використання ChatGPT у науковій діяльності», *Комп'ютерно-інтегровані технології в освіті, науці та виробництві*. № 4. 2023. URL: <http://cpdcipr.kpi.ua/article/view/278520>
- [2] Верховна Рада України. Закон України «Про авторське право і суміжні права». № 2811 IX від 01 грудня 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2811-20>
- [3] О.Р. Шалугіна. «Машинне навчання: виклики авторському праву в цифрову епоху через призму права ЄС та України». *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. № 89. 2025. doi: 10.24144/2307 3322.2025.89.1.64
- [4] Directive 2009/24/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the legal protection of computer programs, 2009. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0024>
- [5] Directive (EU) 2019/790 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 on copyright and related rights in the Digital Single Market, and amending Directives 96/9/EC and 2001/29/EC, 2019. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/790/oj>

- [6] Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). 2024. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024R1689>
- [7] Ю. М. Капіца. Право інтелектуальної власності Європейського Союзу: формування, інститути, напрями розвитку. 2-ге вид. Київ: Академперіодика. 664. 2020.
- [8] А. Myisenko, "Shtuchnyi intelekt ta avtorske pravo: porivniannia pravovykh rezhymiv," Blog.LIGA.net. Sep. 12, 2025. URL: <https://blog.liga.net/user/amyisenko/article/51613>

COPYRIGHT PROTECTION FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE SOFTWARE USED IN SCIENTIFIC RESEARCH: A COMPARATIVE ANALYSIS OF UKRAINIAN AND EU LEGISLATION

Lytvynenko Yevheniia

ABSTRACT. This article examines the legal aspects of copyright protection for artificial intelligence software used in scientific research, through a comparative analysis of the legislation of Ukraine and the European Union.

KEYWORDS: copyright, artificial intelligence, software, scientific research, text and data mining.

ІІІ-ІНСТРУМЕНТИ КООРДИНАЦІЇ РЕСУРСІВ: СИНЕРГІЯ ОРГАНІВ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ВОЛОНТЕРСЬКИХ ПЛАТФОРМ В УМОВАХ КРИЗОВОГО РЕАГУВАННЯ

Липнягов Микита¹

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна
E-mail: Lypniahov.M.O@nmu.one

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено використання штучного інтелекту для оптимізації взаємодії між державними органами та волонтерами. Розглянуто ІІІ-інструменти, що підвищують швидкість розподілу ресурсів під час криз, забезпечуючи координацію дій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, публічне управління, волонтерство, координація ресурсів, кризове реагування.

І. Вступ

В умовах сучасних викликів, таких як військові конфлікти, пандемії чи природні катастрофи, швидкість та точність прийняття управлінських рішень є критично важливими. Традиційні механізми публічного управління часто стикаються з проблемою бюрократичних затримок, тоді як волонтерські ініціативи вирізняються гнучкістю, але можуть страждати від нестачі системності та дублювання зусиль. Впровадження інструментів штучного інтелекту (ІІІ) створює нові можливості для інтеграції зусиль держави та громадянського суспільства. Метою цієї роботи є аналіз потенціалу ІІІ як сполучної ланки між органами влади та волонтерськими платформами для оптимізації гуманітарної та ресурсної логістики.

ІІ. Основна частина

У кризових умовах виникає величезний масив неструктурованих даних: запити від постраждалих, пропозиції допомоги від донорів, логістичні обмеження та інформація про наявні державні резерви. Штучний інтелект здатен ефективно обробляти ці великі дані (Big Data), забезпечуючи синергію між державним і громадським секторами.

Основними ІІІ-інструментами для координації ресурсів є:

1. Алгоритми предиктивної аналітики: дозволяють прогнозувати потреби в певних ресурсах (медикаменти, харчування, транспорт) на основі аналізу поточних подій та історичних даних [1].

2. Системи обробки природної мови (NLP): використовуються у чат-ботах та системах моніторингу соціальних мереж для автоматичної класифікації та пріоритизації запитів про допомогу [2].

3. Платформи «смарт-метчингу»: ІІІ-алгоритми, що автоматично поєднують конкретний запит з найбільш релевантним виконавцем (державною службою чи волонтерською групою) з урахуванням геолокації та наявних ресурсів [3].

Розподіл ролей у такій синергійній моделі наведено у Таблиці 1.

Таблиця 1

Модель взаємодії за допомогою ІІІ-інструментів

Суб'єкт взаємодії	Роль у системі	Застосування ІІІ
Органи влади	Верифікація даних, макрорівневий розподіл	Аналітика великих даних, прогнозування криз
Волонтерські платформи	Мікрорівнева логістика, адресна допомога	Маршрутизація, автоматизація запитів (NLP)

Використання таких систем дозволяє уникнути дублювання функцій. Наприклад, якщо держава забезпечує базові інфраструктурні потреби, ІІІ-система автоматично перенаправляє специфічні або термінові точкові запити до перевірених волонтерських мереж.

Важливим аспектом успішної синергії є безшовна інтеграція ІІІ-рішень у наявні цифрові технології публічного управління. Створення безпечних АРІ-шлюзів між державними інформаційними ресурсами та CRM-системами волонтерських хабів дозволяє обмінюватися валідованими даними в режимі реального часу. В умовах децентралізації влади такі платформи на рівні територіальних громад забезпечують автономний, але прозорий розподіл допомоги. Це не лише прискорює доставку ресурсів кінцевому бенефіціару, але й нівелює корупційні ризики завдяки алгоритмічному контролю за рухом активів [4].

III. Висновки

Інструменти штучного інтелекту є потужним каталізатором ефективної взаємодії між органами публічного управління та волонтерським сектором. Вони трансформують кризове реагування з реактивного на проактивне, мінімізують людський фактор у маршрутизації ресурсів та підвищують загальну прозорість процесів. Подальші дослідження у цій сфері мають бути зосереджені на питаннях кібербезпеки, захисту персональних даних вразливих категорій населення та розробці етичних стандартів використання ІІІ у державному секторі.

IV. Список використаних джерел

- [1] H. Dei, "Artificial intelligence in public administration: benefits and risks," *Management (Montevideo)*, vol. 3, p. 137, 2025. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9953186.pdf>.
- [2] T. Q. Sun and R. Medaglia, "Mapping the challenges of Artificial Intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare," *Government Information Quarterly*, vol. 36, no. 2, pp. 368-383, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.giq.2018.09.008>.
- [3] F. Fulco, M. Inoguchi, and T. Mikami, "Cyber-Physical Disaster Drill: Preliminary Results and Social Challenges of the First Attempts to Unify Human, ICT and AI in Disaster Response," in *2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 2018. doi: <https://doi.org/10.1109/BigData.2018.8622266>.
- [4] С. В. Домашенко, "Штучний інтелект у публічному управлінні," у *Матеріали конф. Scientific practice: modern and classical research methods*, 2024, с. 58-60. doi: <https://doi.org/10.36074/logos-19.07.2024.010>.

AI TOOLS FOR RESOURCE COORDINATION: SYNERGY OF PUBLIC ADMINISTRATION BODIES AND VOLUNTEER PLATFORMS IN CRISIS RESPONSE

Lypniahov Mykyta

ABSTRACT. The paper explores AI use to optimize interaction between state bodies and volunteers. AI tools that increase the speed and accuracy of resource distribution during crises are considered, ensuring effective coordination and transparency.

KEYWORDS: artificial intelligence, public administration, volunteering, resource coordination, crisis response.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ЧЕРНІГІВЩИНИ В ЕПОХУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Майбородіна Наталія¹, Герасименко В'ячеслав²

^{1,2}ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут», Ніжин, Україна

E-mail: mainataliia2311@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто особливості цифровізації та застосування штучного інтелекту для електроенергетики Чернігівської області. Встановлено, що поєднання цифрових технологій із модернізацією енергетичної інфраструктури сприяє формуванню стійкої та екологічно орієнтованої енергетичної системи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: цифровізація, штучний інтелект, електроенергетика, Чернігівська область.

I. Вступ

Електроенергетика у XXI столітті переживає глибокі трансформації, пов'язані з активним розвитком цифрових технологій. Цифровізація змінює підходи до виробництва, передачі, розподілу та споживання електричної енергії, роблячи енергетичні системи більш ефективними, гнучкими та надійними. Використання сучасних інформаційних технологій, автоматизованих систем управління, штучного інтелекту та аналізу великих даних дозволяє оптимізувати роботу енергетичної інфраструктури та швидко реагувати на зміни у споживанні електроенергії. Особливу роль у цих процесах відіграє штучний інтелект, який поступово стає невід'ємною частиною сучасної енергетики.

II. Основна частина

Одним із ключових напрямів цифровізації є впровадження інтелектуальних електромереж. Такі мережі забезпечують двосторонній обмін інформацією між виробниками та споживачами електроенергії, що дає можливість ефективніше управляти енергетичними потоками, зменшувати втрати та підвищувати надійність електропостачання [1]. Інтелектуальні лічильники, сенсори та системи моніторингу дозволяють у режимі реального часу відстежувати стан мережі та споживання електроенергії.

Важливу роль у цифровій трансформації енергетики відіграють технології великих даних та штучного інтелекту. За їх допомогою можна прогнозувати навантаження на енергосистему, оптимізувати виробництво електроенергії, а також виявляти можливі аварійні ситуації ще до їх виникнення. Не менш важливо, що інтелектуальні системи здатні самостійно аналізувати великі обсяги даних і пропонувати оптимальні рішення для управління енергомережами.

Одним із практичних прикладів застосування штучного інтелекту в електроенергетиці є прогнозування споживання електроенергії. За допомогою алгоритмів машинного навчання аналізуються статистичні дані про навантаження, погодні умови, час доби та поведінку споживачів. На основі проведеного аналізу система може передбачати рівень споживання електроенергії на найближчі години або дні. Це дозволяє операторам енергосистем заздалегідь оптимізувати режими роботи мереж, уникати перевантажень і зменшувати втрати електроенергії. Такий підхід також дозволяє більш ефективно розподіляти електроенергію та підвищувати загальну ефективність роботи енергосистеми. У результаті електроенергетика стає не лише технологічно сучаснішою, а й більш адаптивною до викликів сьогодення. Це особливо актуально в умовах зростання частки відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні та вітрові електростанції, робота яких залежить від погодних умов.

Цифровізація також сприяє розвитку розподіленої генерації та енергетичних спільнот, коли споживачі одночасно стають і виробниками електроенергії [2, 3]. Завдяки цифровим платформам можна ефективно керувати локальними енергетичними системами, інтегрувати накопичувачі енергії та забезпечувати балансування енергомереж.

Водночас цифрова трансформація електроенергетики ставить нові виклики, зокрема у сфері кібербезпеки. Збільшення кількості підключених пристроїв та цифрових систем підвищує ризик кібератак, тому захист енергетичної інфраструктури стає одним із ключових завдань сучасної енергетики. Крім того, штучний інтелект використовується для виявлення аварійних ситуацій на ранніх етапах, що суттєво скорочує час реагування та підвищує надійність електропостачання. Зокрема, штучний інтелект та нейронні мережі застосовуються для

прогнозування короточасних піків струму на основі аналізу технологічних параметрів та моделей часових рядів. Інтеграція цих підходів у єдиний інтелектуальний блок підвищує точність прогнозування та сприяє більш ефективному управлінню ризиками в енергетичних системах [4, 5].

В Україні процес цифровізації електроенергетики активно розвивається, особливо після реформування енергетичного ринку та інтеграції з європейською енергосистемою. Важливу роль у цьому відіграє НЕК «Укренерго», яка впроваджує сучасні цифрові системи диспетчерського управління, автоматизовані системи моніторингу мереж та технології аналізу даних для прогнозування навантаження. Такі рішення дозволяють оперативно реагувати на зміни в енергосистемі та забезпечувати стабільну роботу електромереж навіть в умовах воєнних ризиків.

Значний внесок у цифрову трансформацію енергетики роблять також енергетичні компанії, зокрема ДТЕК, які впроваджують інтелектуальні системи управління електромережами, дистанційний контроль обладнання та цифрові платформи для аналізу енергоспоживання. Це дозволяє підвищувати ефективність роботи електростанцій і зменшувати втрати електроенергії під час передачі та розподілу.

На регіональному рівні цифровізація поступово впроваджується і в енергетичній інфраструктурі Чернігівська область. Наприклад, енергетичні підприємства області використовують автоматизовані системи обліку електроенергії (АСОЕ), що дозволяє дистанційно отримувати дані з лічильників, аналізувати споживання електроенергії підприємствами та оптимізувати роботу електромереж. Такі системи особливо важливі для промислових підприємств і аграрного сектору регіону.

Крім того, у Чернігівській області поступово розвивається використання відновлюваних джерел енергії – сонячних електростанцій та невеликих вітрових установок. Їх інтеграція в енергосистему неможлива без цифрових технологій, які забезпечують балансування енергомережі та прогнозування виробництва електроенергії залежно від погодних умов.

Для прикладу розглянемо АТ «Чернігівобленерго». Це основне підприємство, що здійснює розподіл та постачання електричної енергії споживачам у межах Чернігівська область. Компанія експлуатує регіональні електромережі, підстанції та трансформаторні пункти, забезпечуючи підключення споживачів, технічне обслуговування та аварійне відновлення електропостачання. У рамках цифровізації енергетики підприємство впроваджує автоматизовані системи диспетчерського управління, дистанційний контроль стану мереж та системи обліку електроенергії, що дозволяє підвищити ефективність управління енергосистемою регіону.

ТОВ «Чернігівська генеруюча компанія» є виробником електроенергії з відновлюваних джерел. Компанія експлуатує біогазову електростанцію потужністю близько 0,74 МВт, введену в експлуатацію у 2019 році. Електроенергія, вироблена станцією, постачається в енергосистему України за «зеленим» тарифом. Використання біогазових технологій дозволяє не лише виробляти електроенергію, а й утилізувати органічні відходи, що відповідає сучасним принципам сталого розвитку енергетики. Додатково на підприємстві впроваджуються сучасні цифрові рішення з елементами штучного інтелекту, зокрема системи аналізу та прогнозування технологічних процесів.

ТОВ «Кліар Енерджі-Чернігів» також працює у сфері відновлюваної енергетики та експлуатує біогазову електростанцію потужністю понад 1 МВт. Станція виробляє електроенергію з біогазу та передає її до загальної енергосистеми, сприяючи диверсифікації джерел енергії в регіоні. У 2020 році виробництво електроенергії на підприємстві становило понад 5 млн кВт·год. Крім того, на підприємстві впроваджуються елементи інтелектуального управління, зокрема системи моніторингу та аналізу даних, що базуються на алгоритмах штучного інтелекту. Такі рішення дозволяють оптимізувати процес виробництва біогазу, прогнозувати ефективність роботи обладнання, своєчасно виявляти відхилення в технологічних параметрах і зменшувати ризик аварійних ситуацій. Використання

інтелектуальних систем сприяє підвищенню енергоефективності підприємства та забезпечує більш стабільну генерацію електроенергії.

III. Висновки

Таким чином, цифровізація та використання штучного інтелекту в електроенергетиці України та на регіональному рівні, зокрема в Чернігівській області, сприяє підвищенню надійності електропостачання, більш раціональному використанню енергетичних ресурсів і розвитку сучасної енергетичної інфраструктури. Використання цифрових технологій створює нові можливості для розвитку галузі, забезпечуючи ефективніше управління енергосистемами, інтеграцію відновлюваних джерел енергії та вдосконалення процесів виробництва і розподілу електроенергії.

Важливим елементом подальшої трансформації є застосування штучного інтелекту, який дозволяє підвищити точність прогнозування споживання електроенергії, оптимізувати режими роботи енергосистем і своєчасно виявляти відхилення в їх функціонуванні. Завдяки цьому зменшуються втрати, підвищується ефективність управління мережами та забезпечується більш стабільне електропостачання. Крім того, інтелектуальні алгоритми сприяють автоматизації прийняття рішень і адаптації енергосистем до змінних умов у реальному часі. Досвід Чернігівщини свідчить, що впровадження цифрових рішень у поєднанні з модернізацією енергетичних підприємств формує підґрунтя для створення інноваційної та стабільної енергетичної системи.

Подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на розробку та впровадження моделей штучного інтелекту для прогнозування енергоспоживання на регіональному рівні, підвищення кібербезпеки енергетичних систем, а також удосконалення інтеграції відновлюваних джерел енергії в єдину енергомережу. Окрему увагу варто приділити створенню інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень для енергетичних підприємств, що дозволить підвищити ефективність їх функціонування та забезпечити сталий розвиток енергетичної галузі.

IV. Список використаних джерел

- [1] S. Bondarenko, "Smart Grid in ensuring the intellectualization of the energy system of Ukraine," *Social Development and Security*, vol. 9, no. 1, 2019, doi: 10.33445/sds.2019.9.1.3.
- [2] O. V. Kyrylenko, S. Denysiuk, and I. Blinov, "Digital transformation of energy: Modern trends and tasks," *Proc. Inst. Electrodyn. Nat. Acad. Sci. Ukraine*, no. 65, pp. 5–14, 2023, doi: 10.15407/publishing2023.65.005.
- [3] S. Denysiuk, I. Korotenko, and I. Lylo, "Formation of network infrastructure of intelligent electricity communities in Ukraine," *Energy: Economics, Technology, Ecology*, no. 2, 2019, doi: 10.20535/1813-5420.2.2019.189982.
- [4] В. П. Герасименко та Н. В. Майбородіна, "Інтелектуальна система контролю величини струму витоку електрообладнання в теплиці," у *Proc. Міжнар. міжгалуз. конф. «Стратегія розвитку агрогосподарства: стан, виклики та кроки впровадження в Україні»*, Київ, Україна, 8 квіт. 2025, pp. 317-321.
- [5] V. Gerasymenko, N. Maiborodina, V. Kozyrskyi, and O. Kovalov, "Development of an intelligent forecasting unit for the protection device against leakage currents in electric motors," in *Proc. IEEE 17th Int. Conf. Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)*, 2023.

ELECTRIC POWER INDUSTRY OF CHERNIHIV REGION IN THE ERA OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Maiborodina Nataliia, Herasymenko Viacheslav

ABSTRACT. The publication examines the features of digitalization and the application of artificial intelligence in the electric power industry of the Chernihiv region. It is established that the integration of digital technologies with the modernization of energy infrastructure contributes to the formation of a sustainable and environmentally oriented energy system.

KEYWORDS: digitalization, artificial intelligence, electric power industry, Chernihiv region.

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМІ РОЗВИТКУ ЛІДЕРСТВА НА ПІДПРИЄМСТВІ

Мерефа Тетяна¹, Кулик Вікторія¹

¹Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна
E-mail: tmerefa@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглядається роль штучного інтелекту як інструменту підтримки та розвитку лідерських компетенцій в управлінні підприємством в умовах цифрової трансформації. Визначено ключові напрями застосування ШІ-інструментів у формуванні цифрового лідерства та управлінні знаннями організації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, лідерство, цифровий менеджмент, управлінські компетенції, цифрова трансформація.

I. Вступ

Стрімкий розвиток цифрових технологій та штучного інтелекту (ШІ) суттєво змінює вимоги до сучасного керівника. В умовах «Індустрії 4.0» ефективне лідерство все більше пов'язується з умінням використовувати цифрові інструменти для прийняття рішень, управління командою та розвитку власних компетенцій [1]. Водночас лідерство залишається ключовим чинником успішного впровадження цифрових змін на підприємстві: саме лідер здатний мобілізувати команду, формувати інноваційну культуру та забезпечувати стратегічний розвиток організації [4].

Метою роботи є дослідження можливостей штучного інтелекту як інструменту підтримки розвитку лідерства в системі управління підприємством та визначення перспективних напрямів його застосування.

II. Основна частина

Сучасний ринок праці вимагає від менеджерів поєднання традиційних управлінських навичок із компетентністю у сфері цифрових технологій. Як зазначають А.В. Заславська та Д.Ю. Кушнерьова, ШІ відкриває перед сучасними менеджерами безліч нових можливостей: автоматизацію рутинних завдань, удосконалення стратегічного планування, прийняття рішень на основі даних та розвиток комунікаційних навичок [2]. У контексті управлінського розвитку важливою є можливість ШІ створювати персоналізовані навчальні траєкторії для кожного менеджера, враховуючи його індивідуальний рівень знань та стиль навчання.

Дослідження Р.В. Базики та А.О. Єфремова підкреслюють, що лідерство в епоху цифрової трансформації вимагає від керівника не лише технічної експертизи, але й здатності вдумливо впроваджувати зміни та впливати на організаційну культуру [1]. ШІ може виступати як інструмент підтримки лідера: аналізувати поведінкові патерни команди, виявляти зони розвитку, пропонувати стратегії підвищення ефективності взаємодії. При цьому А.О. Касич та А.А. Чмельова наголошують, що лідерство є одним з ключових елементів системи цифрового менеджменту поряд зі зваженим підходом та врахуванням перспективних тенденцій [3].

У рамках концепції цифрового лідерства Г.Ф. Мазур, О.Є. Гудзь та О.Ю. Залізняк визначили характерні ознаки цифрових лідерів: наявність чіткої візії щодо використання цифрових технологій, постійне заохочення цифрових інновацій, висока організаційна та цифрова культура, а також ризик-орієнтованість [4]. ШІ стає практичним інструментом реалізації цих ознак від аналітики даних для стратегічних рішень до автоматизації комунікацій усередині команди.

Особливе місце займає концепція інтелектуального лідерства, яку обґрунтовують Г.Й. Островська, Р.П. Шерстюк, Л.Я. Малюта та В.А. Паляниця. Під інтелектуальним лідерством вони розуміють здатність ефективного управління знаннями підприємства, що дає змогу формувати та захищати унікальні компетенції [5]. ШІ у цьому контексті забезпечує інформаційну інфраструктуру системи управління знаннями: бази знань, засоби аналітичної обробки даних, інструменти для організації спільної роботи.

Можна стверджувати, що штучний інтелект сьогодні виступає не просто технологічним інструментом, а повноцінним елементом системи розвитку лідерства на підприємстві. На нашу думку, найбільш ефективною є комплексна модель, за якої ШІ інтегрується одночасно у

три площини: навчання та саморозвиток керівника, підтримку щоденних управлінських рішень та побудову цифрової організаційної культури. Саме таке поєднання дозволяє лідеру не лише адаптуватися до вимог цифрової економіки, але й формувати навколо себе команду, здатну до постійного розвитку та інновацій.

У табл. 1 систематизовано основні напрями застосування інструментів штучного інтелекту у розвитку лідерства на підприємстві на основі аналізу зазначених наукових джерел.

Таблиця 1

Напрями застосування ШІ у розвитку лідерства на підприємстві

Напрямок лідерства	Інструменти ШІ	Результат для лідера
Розвиток управлінських компетенцій	Адаптивні навчальні платформи, персоналізовані траєкторії, симулятори управлінських ситуацій	Підвищення рівня знань з урахуванням індивідуальних потреб
Прийняття стратегічних рішень	Системи бізнес-аналітики (BI), предиктивна аналітика, Big Data	Обґрунтовані рішення на основі даних, зменшення ризиків
Управління командою та комунікація	Чат-боти, системи управління проектами (Asana, Jira), інструменти аналізу поведінки команди	Підвищення ефективності взаємодії, швидке вирішення проблем
Управління знаннями підприємства	Бази знань, OLAP-технології, системи управління контентом, інструменти колаборації	Формування інтелектуального лідерства, захист унікальних компетенцій
Розвиток цифрового профілю лідера	SEO-аналітика, CRM-системи, хмарні сервіси, соціальні медіа-платформи	Посилення конкурентних переваг у цифровому просторі

Джерело: складено автором на основі [1-5]

Як свідчать дані ШІ охоплює всі ключові виміри лідерства – від навчання та розвитку до стратегічного управління і формування цифрового профілю керівника. Проте важливо враховувати виклики цифровізації: недостатній рівень кваліфікації, неузгодженість технологій зі стратегією, ризики кібербезпеки та необхідність зміни організаційної культури [1]. Подолання цих викликів потребує від лідера не лише технічної грамотності, але й емоційного інтелекту, стратегічного мислення та здатності формувати довіру в колективі.

Одним із перспективних прикладів практичного застосування ШІ у розвитку лідерства є використання AI-асистентів у щоденній управлінській діяльності. Зокрема, такі інструменти як ChatGPT, Microsoft Copilot та Google Gemini дозволяють керівникам оперативно аналізувати великі масиви інформації, готувати управлінські рішення, складати стратегічні документи та отримувати персоналізовані рекомендації щодо розвитку власних лідерських якостей. Фактично, AI-асистент виконує роль «цифрового радника» лідера, доступного у будь-який момент.

Не менш важливим є застосування ШІ безпосередньо у навчанні майбутніх та діючих керівників. Адаптивні навчальні платформи на основі штучного інтелекту, зокрема Coursera, LinkedIn Learning та корпоративні LMS-системи здатні формувати індивідуальні освітні маршрути для кожного менеджера, відстежувати прогрес, моделювати складні управлінські ситуації у форматі симуляцій та надавати миттєвий зворотний зв'язок. Це суттєво підвищує ефективність підготовки лідерів порівняно з традиційними форматами навчання.

Використання штучного інтелекту у розвитку лідерства набуває дедалі більшого значення в умовах стрімких змін бізнес-середовища. Головною перевагою ШІ є здатність обробляти та аналізувати великі обсяги даних у режимі реального часу, що дозволяє керівнику приймати більш зважені та обґрунтовані рішення. Крім того, ШІ забезпечує персоналізований підхід до розвитку лідерських якостей, на відміну від традиційних програм навчання, він враховує індивідуальні особливості, сильні сторони та зони росту кожного менеджера. Важливою

перевагою є також доступність: AI-інструменти працюють цілодобово, не потребують значних витрат часу на організацію та дозволяють поєднувати розвиток із поточною управлінською діяльністю. Усе це робить III одним із найефективніших сучасних інструментів формування конкурентоспроможного лідера.

III. Висновки

Таким чином, штучний інтелект є потужним інструментом підтримки та розвитку лідерства в системі управління підприємством. Його застосування охоплює персоналізоване навчання менеджерів, аналітичну підтримку стратегічних рішень, оптимізацію комунікацій у команді та управління знаннями організації. Ефективний лідер в умовах цифрової трансформації має поєднувати технологічну компетентність із людськими якостями – емпатією, стратегічним баченням та умінням формувати інноваційну організаційну культуру. Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка практичних моделей інтеграції III-інструментів у програми розвитку лідерства на вітчизняних підприємствах.

IV. Список використаних джерел

- [1] Р. Базака та А. Єфремов. “Лідерство у контексті викликів цифрової трансформації менеджменту та побудові організаційної культури підприємства”. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, (19), с. 202-207, 2024.
- [2] Г. В. Мазур, О. Є. Гудзь та О. Ю. Залізняк. “Розвиток цифрового профілю для забезпечення цифрового лідерства підприємства”. *Економіка. Менеджмент. Бізнес*, № 1, с. 51-57, 2024.
- [3] А. Касич та А. Чмельова. “Цифровий менеджмент як механізм підвищення ефективності діяльності підприємства”. *Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” (економічні науки)*, (1), с. 58–63, 2024.
- [4] А. В. Заславська, Д. Ю. Кушнерьова та Н. В. Столярчук. “Розвиток управлінських компетенцій за допомогою технологій штучного інтелекту”. *Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Управлінські парадигми сталого розвитку та інклюзивного економічного зростання»*, Суми, 27-28 листопада 2024 р., с. 151-153.
- [5] Г. Й. Островська, Р. П. Шерстюк, Л. Я. Малюта та В. А. Паляниця. “Імперативи інтелектуального лідерства підприємства в умовах економіки, заснованої на знаннях”. *Economic Herald of the Donbas*, № 2 (72), с. 62–72, 2023. doi: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2023-2\(72\)-62-72](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2023-2(72)-62-72).

DIGITAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN THE LEADERSHIP DEVELOPMENT SYSTEM IN AN ENTERPRISE

Merefa Tetyana, Kulyk Victoria

ABSTRACT. The publication examines the role of artificial intelligence as a tool for supporting and developing leadership competencies in enterprise management in the context of digital transformation. Key areas of application of AI tools in the formation of digital leadership and knowledge management of the organization are identified.

KEYWORDS: artificial intelligence, leadership, digital management, management competencies, digital transformation.

ЕТИЧНІ ВИКЛИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАУЦІ: МЕЖІ ДОПУСТИМОГО

Ганна Редькіна¹, Ольга Кушнір¹

¹Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Україна

E-mail: annainred@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації проаналізовано етичні дилеми впровадження штучного інтелекту в науку. Визначено межі допустимого використання алгоритмів з позицій авторського права та прозорості методів. Сформульовано рекомендації щодо збереження академічної доброчесності в умовах цифровізації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, етика науки, академічна доброчесність, наукова методологія, авторство.

I. Вступ

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у науковий простір стала однією з найбільш обговорюваних тем останнього десятиліття. З одного боку, ШІ-інструменти виступають потужним каталізатором прогресу, дозволяючи автоматизувати аналіз гігантських масивів даних, моделювати біологічні структури чи оптимізувати складні фізичні експерименти. З іншого боку, швидкість впровадження цих технологій випереджає розвиток нормативно-етичної бази, що регулює наукову діяльність.

Актуальність дослідження зумовлена виникненням нових форм порушень академічної доброчесності, таких як генерація фіктивних гіпотез, створення неіснуючих бібліографічних посилань та розмивання відповідальності за результати дослідження. Питання про межі допустимого застосування ШІ в науці є не лише технічним, а й філософським, оскільки воно зачіпає фундаментальні засади наукового методу – доказовість, відтворюваність та персональну відповідальність ученого.

II. Основна частина

Етичні виклики застосування ШІ в науці мають багатоаспектний характер і охоплюють усі етапи наукового дослідження: від планування до публікації результатів.

Сучасний дискурс щодо етичного регулювання штучного інтелекту (ШІ) перебуває у центрі уваги провідних міжнародних інституцій та академічних центрів. Ключовим нормативним документом у цій сфері є «Рекомендація щодо етики штучного інтелекту» Організації Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО) (2021) [1], яка закладає фундамент для захисту прав людини в цифрову епоху та визначає пріоритет людської гідності й прозорості над алгоритмічними рішеннями. Питаннями академічної доброчесності, регламентації авторства ШІ та дотримання стандартів наукових публікацій опікується Комітет з етики публікацій (COPE) [2].

Теоретичне підґрунтя етики інформації та проблеми алгоритмічної упередженості активно розробляють фахівці Массачусетського технологічного інституту (MIT) та Оксфордського інституту етики штучного інтелекту. Вагомий внесок у дослідження меж допустимого застосування інтелектуальних систем зробили такі дослідники, як Л. Флоріді [3], Н. Бостром [4] та Е. Юдковський [4]. В Україні ці виклики координуються Міністерством цифрової трансформації України в межах впровадження «Дорожньої карти регулювання ШІ» та активно досліджуються ученими Інституту цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України, зокрема О. Спіріним [5], А. Яцишин [5, 6] та іншими ученими, які наголошують на необхідності адаптації наукової методології до умов стрімкої цифровізації.

Першим і найбільш гострим питанням є системна криза традиційного поняття авторства в цифрову епоху. Сучасні генеративні моделі, засновані на великих мовних архітектурах (LLM), демонструють здатність створювати наукові тексти, які за стилістикою, аргументацією та логічною структурою практично не поступаються людським. Це створює спокусу делегувати ШІ значну частину інтелектуальної роботи, що, однак, вступає у суперечність із фундаментальними засадами наукової етики.

Окремої уваги заслуговує міжнародна дискусія щодо визнання ШІ суб'єктом патентного права. Прецедентна справа «DABUS» (Device for the Autonomous Bootstrapping of Unified Sentience), де розробник Стівен Талер намагався зареєструвати винахід, створений нейромережею, без вказування людини як автора, стала лакмусовим папірцем для сучасних правових систем [8]. Судові органи США, ЄС та Великої Британії одноставно відхилили ці позови, підтвердивши, що винахідником може бути лише фізична особа. Це створює важливий етико-правовий бар'єр у науці: якщо результати дослідження, отримані за допомогою ШІ, не можуть бути захищені патентом через відсутність людського авторства, це ставить під загрозу інвестиційну привабливість цілих галузей прикладної науки. Крім того, виникає дилема авторського егоїзму проти алгоритмічного внеску. Якщо учений використовує ШІ для генерації 80% тексту чи коду, але підписує роботу лише власним іменем, він здійснює акт привласнення результатів праці системи, яка, хоч і не є суб'єктом, була створена іншими людьми (розробниками моделі) на основі даних мільйонів інших авторів. Таким чином, ми

стикаємося з «плагіатом другого рівня», де об'єктом привласнення є не конкретний чужий текст, а сама здатність до генерування смислів, вилучена з колективного людського досвіду та інкапсульована в алгоритмі.

Наукове співтовариство, зокрема Комітет з етики публікацій (COPE) [2], а також редакційні колеги провідних журналів світу, таких, як «Nature» та «Science», виробили чітку позицію: штучний інтелект не може бути визнаний автором чи навіть співавтором наукової праці. Така заборона ґрунтується на двох ключових аспектах: юридичній та моральній відповідальності й захисті авторських прав. Відносно юридичного та морального аспекту, будь-яке наукове твердження має бути верифікованим, а автор повинен бути готовим захищати свої результати в межах наукової дискусії та нести відповідальність за виявлені помилки чи маніпуляції. Оскільки алгоритм не є суб'єктом права і не має свідомості, він не здатний нести персональну відповідальність за викладені факти. Що стосується захисту авторських прав, згідно з міжнародним законодавством про інтелектуальну власність, право власності на твір виникає лише в результаті творчої діяльності людини. Текст, згенерований виключно машиною, де-юре не має автора, що ставить під загрозу легітимність наукових патентів та публікацій.

Межа допустимого у цьому контексті пролягає через принцип допоміжного інструментарію. Дозволеним вважається використання ШІ для технічного супроводу наукової діяльності: виправлення граматичних та стилістичних помилок, перекладу тексту іншою мовою для кращої репрезентації дослідження у світовому просторі, або форматування списків літератури згідно зі стандартами. Проте, концептуалізація дослідження, формулювання наукових гіпотез, інтерпретація емпіричних даних та розробка кінцевих висновків повинні залишатися виключним результатом людської інтелектуальної праці.

Приховування факту використання генеративного ШІ при створенні змістовної частини роботи розглядається як форма академічного шахрайства або цифрового плагіату, оскільки автор приписує собі логічні зв'язки та аналітичні конструкції, створені алгоритмом на основі чужих даних. Таким чином, етична норма вимагає від ученого максимальної прозорості: будь-яке суттєве використання ШІ-інструментів має бути задеклароване у розділі «Методологія» або у спеціальній примітці до статті (Acknowledgements).

Другим критичним викликом, що безпосередньо загрожує якості наукового знання, є проблема галюцинування штучного інтелекту та надійності отриманих даних. Технологічна природа сучасних великих мовних моделей (LLM) полягає у тому, що вони функціонують як статистичні прогнозатори наступного слова (stochastic parrots), а не як системи з глибоким розумінням об'єктивної фізичної реальності чи логічних зв'язків. Це зумовлює виникнення феномену галюцинацій, коли ШІ генерує переконливо сформульовані, граматично правильні, але фактично неіснуючі наукові твердження. В академічній діяльності це проявляється у таких деструктивних формах, як фабрикування бібліографічних джерел, спотворення статистичних та експериментальних даних, логічні помилки у складних висновках та ін.

Стосовно фабрикування бібліографічних джерел, ШІ часто створює вигадані назви статей, неіснуючі імена авторів та недійсні цифрові ідентифікатори об'єктів (DOI). Використання таких посилань у науковій роботі не лише вводить в оману читачів, а й автоматично ставить під сумнів професійну компетенцію дослідника. Відносно спотворення статистичних та експериментальних даних, генеративні моделі можуть «додумувати» відсутні показники або змінювати результати розрахунків для досягнення статистичної значимості, що фактично є фальсифікацією результатів дослідження. Логічні помилки у складних висновках можуть генеруватися через відсутність каузального (причинно-наслідкового) мислення. ШІ може будувати хибні кореляції, які виглядають науково обґрунтованими, але не мають підґрунтя у реальних наукових законах.

Межа допустимого в роботі з даними виключає використання ШІ для генерації первинної емпіричної бази дослідження. Будь-які дані, отримані в ході експерименту чи опитування, повинні фіксуватися дослідником особисто або за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, що виключає інтерпретативне втручання нейромереж. Допустимим вважається використання ШІ для структурування вже зібраних людиною даних або пошуку аномалій у

великих масивах (data mining), проте кожен виявлений ШІ результат має пройти етап суворої верифікації. Сліпа довіра до висновків алгоритмів породжує феномен автоматизаційного упередження (automation bias), коли учений схильний довіряти комп'ютерним розрахункам більше, ніж власному критичному мисленню. Це підриває засадничий принцип доказовості науки. Отже, учений несе персональну відповідальність за фактчекінг кожного твердження, отриманого за допомогою ШІ. Використання неперевіраних ШІ-генерованих фактів у публікації має прирівнюватися до порушення академічної доброчесності, оскільки це забруднює науковий інформаційний простір недостовірними знаннями.

Третій аспект етичної дилеми стосується фундаментальної проблеми прозорості та епістемологічного виклику «чорної скриньки» (Black Box Problem). Більшість сучасних архітектур нейронних мереж, особливо моделей глибокого навчання (Deep Learning), за своєю природою є непрозорими. Дослідник має можливість контролювати вхідні дані (input) та аналізувати отриманий результат (output), проте внутрішня логіка, за якою алгоритм здійснив вагові розрахунки та дійшов певного висновку, залишається прихованою навіть для розробників.

Застосування ШІ в науці створює критичні ризики для інституту наукового рецензування (Peer Review). Сьогодні редакції журналів стикаються з подвійною загрозою. З одного боку, це потік ШІ-генерованих рукописів, які виглядають бездоганно структурованими, але містять глибоко приховані фактичні помилки. З іншого боку, самі рецензенти дедалі частіше використовують ШІ для написання відгуків на статті. Це створює ситуацію цифрового автопілота, де алгоритм пише статтю, а інший алгоритм її оцінює. Така практика веде до деградації наукового знання, оскільки вимивається головний елемент – критична людська експертиза. Більше того, виникає ризик виникнення ефекту «інцесту даних» (data inbreeding): майбутні моделі ШІ будуть навчатися на наукових статтях, які вже були згенеровані попередніми версіями ШІ. Це призведе до накопичення системних помилок, звуження наукового горизонту та поступового зникнення оригінальних, нестандартних ідей, які не вписуються в статистичну ймовірність нейромережі. Етична межа тут має бути жорсткою: використання ШІ в процесі рецензування без прямого дозволу редакції має прирівнюватися до порушення конфіденційності та професійної етики, оскільки рецензент передає інтелектуальну власність колег третій стороні (власникам ШІ-платформи).

Також це створює пряму загрозу для одного з головних стовпів наукового методу – відтворюваності (reproducibility) досліджень. Згідно з принципами науки, будь-який результат вважається валідним лише тоді, коли інший дослідник, використовуючи ту саму методику, може отримати ідентичний результат. У випадку використання закритих або надмірно складних ШІ-моделей цей ланцюжок розривається. Виникає проблема власності алгоритмів. Використання комерційних закритих моделей (наприклад, GPT-4 або Claude) у наукових розрахунках унеможливорює повну перевірку методу, оскільки компанії-розробники постійно оновлюють ваги моделей та тримають їхню архітектуру в секреті. Це перетворює науковий метод на «магічний процес», де результат доводиться приймати на віру. Знов виникає, як вже вказувалося вище, проблема відсутності каузального пояснення. Наука прагне пояснити, *чому* певне явище відбувається, але ШІ часто знаходить лише складні статистичні кореляції, не пояснюючи причинно-наслідкових зв'язків. Це породжує ризик побудови хибних теорій на основі випадкових збігів у великих масивах даних. Також виникає криза фальсифікованості. Якщо шлях отримання результату через ШІ неможливо простежити та перевірити крок за кроком, такий результат стає неможливо спростувати (фальсифікувати за К. Поппером), що виводить дослідження за межі суто наукового знання.

Застосування ШІ в науці актуалізує проблему епістемологічної смиренності. У гонитві за ефективністю виникає ризик потрапляння у пастку технологічного солюціонізму (technosolutionism) – переконання, що будь-яка наукова проблема може бути розв'язана за допомогою достатньої кількості даних та потужних алгоритмів. Проте наука є не лише процесом виявлення статистичних закономірностей, а насамперед процесом побудови пояснювальних моделей, що базуються на розумінні сутності явищ. Делегування аналітичних функцій ШІ без

належного теоретичного обґрунтування призводить до того, що учений перетворюється з суб'єкта пізнання на оператора результатів.

Така інструменталізація знання підриває критичне мислення: якщо алгоритм видає результат, який неможливо пояснити в межах існуючої парадигми, дослідник може відчуті спокусу підлаштувати теорію під цифрову відповідь. Це створює загрозу виникнення псевдонаукового кореляціонізму, де кореляція підміняє каузальність. Етична межа тут пролягає через обов'язок дослідника залишатися в межах раціонального пояснення. Науковець має бути здатним пояснити не лише «що» знайшов алгоритм, а й «чому» цей результат є релевантним з точки зору фізичних, біологічних чи соціальних законів. Відмова від епістемологічного контролю на користь алгоритмічної швидкості є прихованою формою інтелектуальної капітуляції, що суперечить самому духу наукового пошуку.

Етична межа у цьому контексті вимагає від дослідника дотримання принципів «Пояснювального ШІ» (Explainable AI, XAI). Науковець зобов'язаний забезпечити максимальний рівень методологічної прозорості. Це передбачає повне розкриття інформації у публікації: точну назву та версію моделі, опис архітектури (якщо вона відкрита), перелік використаних гіперпараметрів, опис процесу промпт-інжинірингу (запитів) та характеристики наборів даних, на яких проводилося навчання або тестування.

Допустимим вважається використання ШІ як допоміжного інструменту аналізу лише за умови, що отримані результати можуть бути підтверджені альтернативними, традиційними методами дослідження. Учений не має права апелювати до «авторитету алгоритму» як до остаточного доказу. Прозорість використання ШІ є не технічною вимогою, а моральним обов'язком ученого перед спільнотою, що гарантує збереження академічної доброчесності та можливості для критичної дискусії навколо отриманих результатів.

Окрему увагу в контексті наукової етики слід приділити проблемі алгоритмічної упередженості (algorithmic bias) та її впливу на об'єктивність досліджень. ШІ не створює нові знання у вакуумі; він навчається на колосальних масивах історичних даних, які де-факто є відображенням людської історії з усіма її прихованими соціальними, расовими, гендерними та економічними стереотипами. Коли ці дані стають фундаментом для навчання нейромереж, алгоритми починають не просто відтворювати, а масштабувати та легітимізувати існуючу несправедливість під маскою об'єктивних математичних розрахунків. Це створює серйозні ризики для точності та етичності досліджень, особливо у чутливих сферах.

Такими сферами є медичні та біологічні науки, психологічні та соціологічні дослідження, економіка та управління та ін. У медицині та біології, якщо алгоритми діагностики (наприклад, аналізу дерматоскопічних зображень) навчалися переважно на даних представників однієї расової групи, їхня точність для інших пацієнтів буде критично низькою. Це призводить до системних помилок у діагностиці та призначенні лікування, що є прямим порушенням принципу рівності в охороні здоров'я.

Використання ШІ у психологічних і соціологічних дослідженнях для прогнозування соціальної поведінки, оцінки кредитоспроможності або ймовірності рецидивів злочинів часто базується на даних, що містять структурну нерівність. Як довели дослідження фахівців Массачусетського технологічного інституту (MIT), зокрема Джой Буоламвіні у проєкті «Gender Shades» [7], алгоритми можуть мати значні відхилення в точності залежно від фенотипу людини, що перетворює ШІ на інструмент автоматизованої дискримінації.

В сфері економіки та управління алгоритмічні моделі можуть приймати рішення, що обмежують доступ певних груп населення до ресурсів або можливостей, ґрунтуючись на непрямих ознаках (проху variables), які корелюють із місцем проживання чи рівнем доходу, поглиблюючи цифрову та соціальну прірву.

Межа допустимого у цьому контексті полягає у проведенні обов'язкового критичного аудиту ШІ-систем на предмет упередженості перед їхнім застосуванням у науковій практиці. Дослідник не має права сприймати ШІ як нейтральний інструмент. Етична норма вимагає перевірки репрезентативності даних (аналізу того, наскільки навчальна вибірка відповідає різноманіттю реальної популяції, яку охоплює дослідження), впровадження принципів «Етики

за проєктом» (інтеграції етичних фільтрів та методів дебіасингу (debiasing) ще на етапі розробки або вибору алгоритму), людино-центричного контролю (кінцеве рішення про інтерпретацію результатів, що стосуються прав, здоров'я чи соціального статусу людини, має належати виключно фахівцю, а не автоматизованій системі).

Використання ШІ без усвідомлення його внутрішньої упередженості є формою наукової недбалості. Науковець зобов'язаний відкрито обговорювати обмеження застосованих моделей у своїх роботах. Тільки через визнання та активну протидію алгоритмічній дискримінації наука зможе використовувати потенціал ШІ для створення дійсно об'єктивного знання, що служить інтересам усього суспільства, а не лише його окремих привілейованих груп.

Не менш важливим етичним викликом є питання глобальної справедливості та доступу до технологій. Розробка та експлуатація сучасних великих мовних моделей і систем глибокого навчання потребують колосальних обчислювальних ресурсів та фінансових витрат. Це створює нову ієрархію в науковому світі: перевагу отримують університети та лабораторії багатих країн, що мають доступ до суперкомп'ютерів та дорогих ліцензій на комерційні ШІ-платформи. Таким чином, ШІ може стати інструментом закріплення наукової гегемонії так званої Глобальної Півночі, залишаючи учених з країн, що розвиваються, на периферії прогресу.

Крім того, етичний дискурс повинен включати й екологічний аспект наукових досліджень. Навчання однієї великої нейромережі супроводжується значними викидами вуглецю, що ставить перед ученими дилему: чи є отримане знання настільки цінним, щоб виправдати шкоду навколишньому середовищу? Етичне використання ШІ в науці вимагає принципу технологічної достатності – вибору найбільш енергоефективних та економічно доступних моделей, а також прагнення до відкритості алгоритмів. Наукова спільнота повинна сприяти демократизації доступу до інтелектуальних систем, щоб запобігти ситуації, коли наукова істина стає монополією власників обчислювальних потужностей. В іншому випадку, ми ризикуємо отримати науку, яка замість служіння людству поглиблює соціальну та економічну нерівність.

Нарешті, критичного значення набуває питання захисту інтелектуальної власності та суворої конфіденційності наукових даних. У гонитві за швидкістю обробки інформації дослідники часто використовують відкриті онлайн-платформи штучного інтелекту (публічні хмарні сервіси, такі, як ChatGPT, Claude, Gemini та ін.), не усвідомлюючи ризиків, пов'язаних із безпекою передачі даних. Використання таких інструментів для аналізу неопублікованих результатів досліджень, сирих експериментальних даних або персональної інформації респондентів та пацієнтів несе в собі загрозу несанкціонованого витоку конфіденційної інформації. Ця проблема має кілька вимірів.

Перший вимір стосується навчання моделей на вхідних даних. Більшість публічних LLM-платформ за замовчуванням використовують дані, введені користувачами (prompts та завантажені файли), для подальшого навчання майбутніх ітерацій моделей. Це означає, що унікальна наукова гіпотеза, інноваційна формула чи конфіденційні статистичні показники можуть стати частиною загальнодоступних знань нейромережі, що фактично призводить до втрати наукового пріоритету та права на інтелектуальну власність.

Другий вимір – деанонізація респондентів. Навіть якщо дослідник намагається анонімізувати дані пацієнтів чи учасників опитувань, потужні алгоритми ШІ здатні здійснювати реідентифікацію через зіставлення фрагментарних даних з іншими відкритими базами. Це є прямим порушенням етичних зобов'язань перед суб'єктами дослідження та вимог міжнародних стандартів захисту персональних даних (наприклад, GDPR).

Третім виміром є кібербезпека та корпоративний шпигунство. Передача неопублікованих відкриттів через сервери іноземних приватних корпорацій створює ризики для національної безпеки, особливо якщо дослідження стосуються оборонної сфери, атомної енергетики чи передових технологій подвійного призначення.

Межа допустимого у цьому контексті вимагає переходу від публічних сервісів до використання закритих, локальних або сертифікованих корпоративних контурів ШІ-систем. Наукова установа має забезпечити дослідників інфраструктурою, яка гарантує збереження наукової таємниці та виключає використання вхідних даних для навчання зовнішніх моделей.

Отже, етична поведінка ученого передбачає сувору анонімізацію (видалення будь-яких ідентифікаторів перед завантаженням даних в інструменти ШІ), декларування платформ (вказування у публікації, через які саме технічні засоби оброблялася інформація, та чи гарантували вони безпеку даних), дотримання інституційних правил (узгодження використання ШІ-інструментів з комітетами з етики та відділами кібербезпеки наукових установ). Тільки через впровадження протоколів безпеки та відповідальне ставлення до конфіденційності наука зможе використовувати переваги ШІ, не ставлячи під загрозу авторські права дослідників та безпеку учасників наукових експериментів. Збереження цифрового суверенітету ученого над власними ідеями є обов'язковою умовою для розвитку чесної та прогресивної наукової системи.

Реалізація етичних принципів у науці неможлива без трансформації освітнього процесу та внутрішньої політики закладів вищої освіти. Університети мають перейти від стратегії заборони ШІ до стратегії формування критичної ШІ-грамотності. Це передбачає впровадження обов'язкових курсів з етики алгоритмів для аспірантів та молодих учених, де особлива увага приділяється методам верифікації ШІ-результатів.

Важливим кроком має стати розробка внутрішньоуніверситетських кодексів використання ШІ, які б чітко розмежовували сфери відповідальності. Наприклад, використання ШІ для оптимізації програмного коду в технічних дослідженнях є цілком прийнятним, тоді як використання його для написання теоретичного огляду літератури в гуманітарних науках вимагає значно вищого рівня прозорості та обґрунтування.

Також необхідно розвивати культуру цифрової гігієни. Дослідник повинен розуміти, що кожен промпт, введений у вікно чату комерційної моделі, стає частиною великої бази даних, яка може бути використана конкурентами або стати об'єктом кібератак. Створення локальних, суверенних ШІ-інфраструктур у межах національних наукових мереж (наприклад, на базі суперкомп'ютерних центрів) є стратегічним завданням для захисту інтелектуального капіталу держави. Таким чином, етика використання ШІ в науці переростає з особистої відповідальності ученого в площину національної наукової безпеки.

На практичному рівні етичне регулювання ШІ в науці має трансформуватися у конкретні вимоги до структури наукової статті. Традиційного розділу «Методологія» сьогодні вже недостатньо для забезпечення прозорості. Доцільним є впровадження стандартизованих «Заяв про розкриття ШІ» (AI Disclosure Statements), які повинні містити відповіді на низку питань: які саме сегменти тексту були згенеровані чи відредаговані за допомогою ШІ; які набори даних використовувалися для навчання чи тестування кастомних моделей; чи проводився аудит алгоритму на предмет упередженості; та як саме перевірялася достовірність згенерованих посилань.

Така деталізація є необхідною для запобігання поширенню «наукового шуму» - низькоякісних публікацій, що створюються масово за допомогою ШІ для штучного нарощування наукометричних показників (кількості статей, індексу Гірша тощо). Це явище, відоме як «фабрики паперів» (paper mills), в умовах цифровізації набуває небачених масштабів. Боротьба з цим викликом вимагає від наукових видань не лише технічних засобів детекції ШІ-текстів, а й нової редакційної етики, де пріоритет надається не швидкості публікації, а глибині ручного рецензування. Учений повинен сприймати прозорість не як бюрократичний тиск, а як засіб захисту власної репутації. В епоху, коли довіра до інформації є дефіцитним ресурсом, максимальне розкриття методів використання ШІ стає найважливішим інструментом збереження довіри суспільства до науки як інституту істини.

III. Висновки

Підсумовуючи проведене дослідження, варто наголосити, що штучний інтелект у науці має розглядатися виключно як потужний допоміжний інструментарій (augmentation), а не як самостійний суб'єкт наукового пошуку. Трансформація традиційної наукової парадигми під впливом інтелектуальних систем вимагає чіткого усвідомлення того, що алгоритми позбавлені когнітивної суб'єктності, етичної інтуїції та здатності нести відповідальність за істину.

Концептуальні межі допустимого застосування ШІ в академічній сфері мають базуватися на непохитному принципі «людина в центрі» (human-in-the-loop). Це означає, що на кожному

критичному етапі наукового циклу – від вибору методології до інтерпретації результатів – дослідник повинен зберігати повний когнітивний контроль над процесом.

Згідно з результатами аналізу, ми пропонуємо розрізняти такі зони застосування, як допустима і недопустима зони.

Допустима зона (сфера технічної підтримки) характеризується використанням ШІ для автоматизації рутинних обчислювальних процесів, лінгвістичного редагування, структурування великих масивів даних (Big Data), пошуку патернів та аномалій, а також для візуалізації складних наукових концепцій. На цих етапах ШІ виступає як нібито такий інтелектуальний протез, який розширює можливості ученого, не замінюючи його особистості та індивідуального наукового стилю діяльності.

Недопустима зона (сфера когнітивного аутсорсингу) характеризується делегуванням алгоритмам функцій критичного аналізу, формулюванням фундаментальних наукових гіпотез, генеруванням первинних емпіричних даних (цифрових галюцинацій) та самостійного написання розділів висновків без верифікації людиною. Перехід за цю межу перетворює науку на імітаційний процес, позбавлений академічної доброчесності та доказової сили.

Етичне використання штучного інтелекту вимагає негайної розробки та впровадження на інституційному рівні нових протоколів прозорості (AI Disclosure Statements). Кожна наукова публікація повинна містити чітку декларацію про використання автоматизованих систем, де вказуються не лише назви моделей, а й конкретна мета та обсяг їхньої участі в дослідженні. Прозорість має стати новим індикатором академічної якості, замінюючи застарілі методи сліпого контролю за текстовими запозиченнями.

Майбутнє академічної доброчесності в епоху ШІ безпосередньо залежить від готовності учених брати на себе повну, неділиму відповідальність за результати своєї праці. Жодне посилання на складність алгоритму чи непрозорість «чорної скриньки» не може бути виправданням для наукової неточності чи етичних порушень. Довіра суспільства до науки тримається на персональній репутації ученого, яка в умовах цифрової трансформації набуває ще більшої ваги.

Отже, межа допустимого у використанні ШІ проходить не по лінії технічних можливостей, а по лінії інтелектуальної автономії людини. Тільки за умови збереження людиною статусу єдиного гаранта достовірності знання, ШІ зможе стати надійним союзником у розширенні меж пізнання, сприяючи прогресу науки без втрати її етичного осердя.

IV. Список використаних джерел

- [1] UNESCO. "Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence". UNESCO Digital Library, 2021. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381115>
- [2] COPE (Committee on Publication Ethics). "Authorship and AI tools: COPE position statement". Publicationethics.org, 2023. [Online]. Available: <https://publicationethics.org/cope-position-statements/ai-author>
- [3] L. Floridi and J. Cowls. "A Unified Framework of Five Principles for AI in Society". *Harvard Data Science Review*, vol. 1, no. 1, 2019. doi: <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd5501d>
- [4] N. Bostrom and E. Yudkowsky. "The ethics of artificial intelligence". *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence*, Cambridge University Press, pp. 316-334, 2014.
- [5] О. М. Спірін, А. В. Яцишин, С. М. Іванова, А. В. Кільченко, Л. А. Лупаренко. "Використання штучного інтелекту в наукових дослідженнях: етичні аспекти та інструментарій". *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 95, № 3, с. 1-18, 2023. doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v95i3.5255>
- [6] А. В. Яцишин та ін. "Застосування штучного інтелекту в освіті та науці: виклики та перспективи". *Електронне наукове фахове видання «Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету»*, №14, 2023. doi: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2023.1412>
- [7] J. Buolamwini and T. Gebre. "Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification". *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 81, pp. 1-15, 2018.
- [8] R. Abbott. "The Reasonable Robot: Artificial Intelligence and the Law". Cambridge University Press, 2020. doi: <https://doi.org/10.1017/9781108631761>

ETHICAL CHALLENGES OF APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCIENCE: LIMITS OF THE PERMISSIBLE

Redkina Hanna, Kushnir Olga

ABSTRACT. This publication analyzes the ethical dilemmas of AI integration in science. It defines the limits of permissible use regarding copyright and method transparency. Recommendations for maintaining academic integrity in the context of digitalization are formulated.

KEYWORDS: artificial intelligence, science ethics, academic integrity, scientific methodology, authorship.

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ

Пашинська Олена^{1,2}

¹ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка», Запоріжжя,

²ДонФТІ НАНУ ім. О.О. Галкіна, Київ, Україна

E-mail: e.g.pashinskaya@mipolytech.education

АНОТАЦІЯ. Показано, що штучний інтелект успішно використовується для моделювання процесів синтезу та обробки матеріалів, прогнозування термодинамічної стабільності та механічних характеристик сплавів. Він демонструє ефективність у розпізнаванні мікроструктур за зображеннями, а також використовується для прогнозного моделювання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, матеріалознавство, дизайн матеріалів, обробка зображень.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку матеріалознавства визначається активним впровадженням методів штучного інтелекту, що докорінно змінює підхід до наукових досліджень та створення нових технологій [1, 2]. Використання інтелектуальних алгоритмів дозволяє значно точніше передбачати властивості майбутніх матеріалів, а також коригувати їхній хімічний склад і внутрішню структуру [3, 4]. Такий підхід суттєво зменшує витрати ресурсів і пришвидшує впровадження інновацій у виробництво. Під впливом нових технологій класичні методи, що зосереджувалися лише на покращенні мікроструктури, поступаються місцем більш комплексним підходам. Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у матеріалознавство забезпечує перехід від тривалих емпіричних досліджень до адаптивно-прогностичного моделювання, що дозволяє прискорити аналіз існуючих матеріалів та ефективно займатись дизайном нових матеріалів. Використання алгоритмів машинного навчання та нейронних мереж дає змогу ідентифікувати перспективні сполуки з прогнозованими фізико-механічними властивостями на основі аналізу великих масивів даних, проте ефективність таких моделей обмежена фрагментарністю наявної інформації, комерційною закритістю баз даних та проблемою інтерпретації результатів. Попри необхідність міждисциплінарної колаборації та розв'язання етичних питань щодо обміну даними, є очікування, що подальший розвиток обчислювальних потужностей критично прискорить створення інноваційних матеріалів для енергетики, біомедицини та електроніки, визначаючи новий етап технологічного прогресу.

II. Основна частина

Сьогодні при розробці матеріалів враховують складні фізичні параметри, такі як енергія дефектів пакування або параметри кристалічної ґратки, розмір зерен, фазовий склад, пористість, міцність на розрив, модуль Юнга, електропровідність, теплопровідність, температура плавлення, оптичні властивості, тощо. Це стає можливим завдяки здатності комп'ютерних моделей обробляти величезні обсяги даних, отриманих під час експериментів або моделювання [5, 6]. Основним методологічним підходом є навчання з учителем (supervised learning). Для класифікації фазового складу (наприклад, розрізнення однофазних твердих розчинів заміщення та багатофазних структур) ефективно застосовуються алгоритми випадкового лісу (Random Forest), градієнтного бустингу (XGBoost) та машини опорних векторів (SVM). Для регресійного аналізу – прогнозування твердості, границі плинності або пластичності – використовуються глибокі нейронні мережі (DNN) та нейронні мережі на

графах (GNN), які здатні враховувати нелінійні залежності між мікроструктурними параметрами та макроскопічним відгуком матеріалу. Особливу роль відіграє активне навчання (active learning), де модель самостійно визначає наступну точку для проведення експерименту, що мінімізує кількість необхідних лабораторних плавок. Таким чином, можуть виявлятися приховані закономірності та встановлюватися складні зв'язки між складом матеріалу, технологією його виготовлення, структурою та кінцевими характеристиками.

Застосування інтелектуальних систем охоплює багато важливих напрямів. Наприклад, методи штучного інтелекту допомагають визначити найкращі умови для кристалізації та фазових перетворень, що дозволяє цілеспрямовано створювати матеріали з наперед заданими робочими характеристиками. Інтеграція з програмними комплексами Thermo-Calc або Pandat дозволяє збагачувати набори даних термодинамічними параметрами, що значно підвищує фізичну інтерпретованість моделей ШІ. Моделі, такі як Graph Neural Networks, успішно передбачають спектри рентгенівського поглинання (XAS) та інші спектроскопічні характеристики, прискорюючи інтерпретацію даних з годин до секунд. Нейронні мережеві моделі (CNN, YOLO) ефективно класифікують дефекти при литті, екструзії алюмінію та інших металургійних процесах, підвищуючи точність контролю якості.

Глибокі нейромережі покращують аналіз зображень мікроструктур, виявляють приховані закономірності та допомагають у визначенні дефектів уже на ранніх етапах досліджень. Методи машинного навчання ефективно прогнозують стійкість матеріалів до нагрівання та їхні механічні властивості, що особливо важливо для складних багатокомпонентних сплавів. Окреме значення мають моделі глибинного навчання, які аналізують цифрові зображення з електронних мікроскопів для розпізнавання особливостей мікроструктури. Автоматизація цього процесу забезпечує об'єктивний контроль якості та дозволяє з високою точністю оцінювати параметри внутрішньої будови матеріалу.

Інструментарій для реалізації таких завдань включає як спеціалізоване програмне забезпечення, так і бібліотеки мов програмування загального призначення [3, 7]. Провідну роль відіграє мова Python завдяки екосистемі Scikit-learn, TensorFlow та PyTorch. Спеціалізовані платформи, такі як Citrine Platform, надають хмарні рішення для побудови моделей. Для генерації дескрипторів часто використовуються пакети Magpie (Materials Agnostic Platform for Informatics and Exploration) та Matminer, які дозволяють автоматично «втягувати» фізичні властивості елементів з періодичної таблиці.

Штучний інтелект поступово перетворюється з допоміжного засобу на ключовий фактор науково-технічного прогресу. Методологія використання ШІ у матеріалознавстві базується на циклічному процесі, що починається з формування репрезентативної бази даних. Дані часто збираються з наукових публікацій, термодинамічних розрахунків CALPHAD (Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry) та першопринципних розрахунків методом функціонала густини (DFT).

Іншим прикладом є застосування генеративно-змагальних мереж для генерації нових хімічних складів, які потенційно володіють заданим комплексом властивостей (Inverse Design). Замість перевірки існуючих варіантів, ШІ пропонує нові формули, які відповідають цільовим критеріям експлуатаційної надійності. Наступним критичним етапом є інженерія ознак (feature engineering), де фізико-хімічні дескриптори – такі як середня атомна радіусна різниця, ентальпія змішування, ентропія змішування, та інші ознаки та властивості – перетворюються на вхідні вектори для моделей машинного навчання.

Завдяки аналітичним можливостям штучного інтелекту стає можливим залучати до виробництва вторинну сировину, наприклад металобрухт, що сприяє створенню екологічно чистих циклів виробництва та зменшенню відходів. Спостерігається перехід до створення сплавів, де немає одного головного елемента, а змішуються декілька рівноправних компонентів. Традиційний підхід до створення нового сплаву міг тривати десятиліттями. Штучний інтелект радикально змінює цей процес. Використовуючи алгоритми машинного навчання, вчені завантажують дані про вже відомі властивості металів. ШІ аналізує ці дані та прогнозує, яке саме поєднання елементів (наприклад, алюмінію, кобальту, хрому, заліза та

нікелю) дасть матеріал із надзвичайною міцністю або стійкістю до корозії. Це дозволяє дослідникам фокусуватися лише на «найперспективніших» варіантах, скорочуючи шлях від ідеї до готового зразка в рази.

Одним із найбільш яскравих прикладів впливу ШІ на сучасне матеріалознавство є розробка та дослідження високоентропійних сплавів (ВЕС). Застосування технологій штучного інтелекту (ШІ) у проектуванні та розробці ВЕС знаменує собою перехід від традиційного емпіричного методу «спроб і помилок» до парадигми прискореного виявлення матеріалів. Традиційний підхід до розробки ВЕС, що зазвичай складаються з п'яти або більше елементів у близьких до атомарних концентраціях, стикається з проблемою комбінаторного вибуху: кількість можливих композицій перевищує 10^{10} , що робить повний експериментальний перебір фізично неможливим.

Прикладом успішної реалізації цієї методології є розробка вогнетривких ВЕС з низькою густиною. Використовуючи ансамблі моделей машинного навчання, дослідники змогли ідентифікувати сплави системи Al-Cr-Nb-Ti-V, які демонструють високу питому міцність при температурах понад 1000°C. У цьому контексті ШІ виступає як інструмент предиктивного моделювання, що дозволяє виявляти закономірності у багатовимірних просторах ознак та прогнозувати фазову стабільність, механічні властивості та корозійну стійкість нових сплавів. Таким чином, кооперація штучного інтелекту та традиційного металознавства створює фундамент для створення наступного покоління адаптивних та функціональних матеріалів з екстремальними характеристиками.

III. Висновки

Прогнозне моделювання за допомогою інтелектуальних алгоритмів сьогодні вважається одним із найбільш фундаментальних методів досліджень. Це призводить до зміни загальної парадигми в галузі: увага вчених зміщується від простого підбору хімічного складу до комплексного проектування структури та використання інноваційних способів термічної обробки. Використання дескрипторів та нейромережових моделей дозволяє ефективно долати проблему комбінаторної складності багатокомпонентних систем, прогнозуючи фазову стабільність і механічні властивості з високою точністю. Застосування стратегій активного навчання та генеративного дизайну не лише скорочує термін виведення нових матеріалів на ринок у декілька разів, а й відкриває шлях до створення унікальних адаптивних структур. Очікується, що подальший розвиток алгоритмів та накопичення цифрових даних сприятиме відкриттю нових класів матеріалів, які забезпечать технологічний прорив у багатьох галузях промисловості.

IV. Список використаних джерел

- [1] О.М. Смірнов, О. Г. Пашинська, Ю. О. Смірнов. Управління модернізацією металургії та інноваціями: функціональне та операційне удосконалення технологічних систем виробництва: навчальний посібник. Одеса: Олді+. 2025.
- [2] О.Г. Пашинська, А. В. Завдовеев. “Штучний інтелект у матеріалознавстві: зміни у відкритті та розробці матеріалів”. *Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки*, №5, с. 152-163, 2025.
- [3] I. Sarker, AI-based modeling: Techniques, applications and research issues towards automation, intelligent and smart systems”. *SN Comput Sci.* vol. 3, no.158. 2022. doi: <https://doi.org/10.1007/s42979-022-01043-x>
- [4] K. Choudhary, B. DeCost, C. Chen, “Recent advances and applications of deep learning methods in materials science”. *Npj Comput Mater.* vol. 8, no.59. 2022. doi: <https://doi.org/10.1038/s41524-022-00734-6>
- [5] J. Chen, J. Sun, G. Wang, “From unmanned systems to autonomous intelligent systems”. *Engineering.* vol.12. 16-19/ 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.10.007>
- [6] D. H. Hagos, D. B. Rawat, “Recent advances in artificial intelligence and tactical autonomy: current status, challenges, and perspectives”. *Sensors.* vol. 22(24): 9916. 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/s22249916>
- [7] A. Jain “Machine learning in materials research: developments over the last decade and challenges for the future. *Curr Opin.* *Solid State Mater Sci.* vol. 2233:101189. 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/s22249916>

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MATERIALS SCIENCE

Pashynska Olena

ABSTRACT. It has been shown that artificial intelligence is successfully used to model the synthesis and processing of materials, predict the thermodynamic stability and mechanical characteristics of alloys. It demonstrates effectiveness in recognizing microstructures from images, and is also used for predictive modeling.

KEYWORDS: artificial intelligence, materials science, materials design, image processing.

ПРАКТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У РЕДКОЛЕГІЯХ ЕНЦИКЛОПЕДІЙ

Пінчук Ольга¹, Савченко Вадим¹

¹Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київ, Україна

E-mail: opinchuk@iitlt.gov.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто сучасні можливості генеративного штучного інтелекту в контексті роботи редколегій електронних видань, зокрема енциклопедичних. Наведено сценарії застосування з описом переваг і обмежень. Порівняно політики й практики е-видавництва: Вікіпедія, Енциклопедія Britannica, Elsevier, Інформаційні технології і засоби навчання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: генеративний штучний інтелект, редколегія, редакційні політики.

I. Вступ

Сучасні великі мовні моделі (LLM) здатні генерувати якісний текст, узагальнювати подання інформації, виконувати переклади, адаптувати стиль і форматування. Приклади: ChatGPT (OpenAI), Gemini (Google), Claude (Anthropic), LLaMA та ін. Такі моделі навчено на великих обсягах тексту, тому вони можуть «самостійно» пропонувати чернетки статей, узагальнювати наукові джерела, редагувати і вдосконалювати письмові тексти. Наприклад, Elsevier зазначає [1], що ШІ-інструменти можуть прискорити синтез літератури, створення оглядів поля знань або дослідницьких ідей, а також допомагати з організацією змісту і покращенням читабельності.

У роботі зі зображеннями генеративний ШІ (напр., DALL·E, Midjourney, Stable Diffusion) уміє створювати ілюстрації, схеми або фотознімки за текстовим описом. Це надає можливості автору швидко отримати унікальні візуальні матеріали до статей. Інші інструменти – DeepL, Google Translate або вбудовані моделі OpenAI – корисні для автоматичного перекладу й локалізації текстів. Крім того, існують сервіси на зразок Grammarly чи LanguageTool для перевірки граматики та стилю, а також ШІ-асистенти для створення метаданих (генерація ключових слів, анотацій, рефератів).

Розвиваються спеціалізовані рішення: наприклад, інструмент Pangram (використовується у Wikimedia) для детекції ШІ-згенерованого тексту [2].

Аналіз публікацій виявив приклади використання гібридних пошукових систем (напр., Perplexity, Elicit) для знаходження джерел і фактів з подальшим використанням LLM для узагальнення. Водночас важливо пам'ятати обмеження: моделі можуть вигадувати факти, генерувати неправдиві посилання або стереотипні твердження, тому автори мають критично перевіряти результати генерації, слідуючи політикам конфіденційності і прав інтелектуальної власності (напр., не завантажувати до зовнішніх AI-сервісів неопубліковані рукописи) [1]. Це ж зауваження ми відносимо й до експертної оцінки матеріалів: «Усі матеріали, надані для експертної оцінки, є конфіденційними ... оцінки контенту виключно на основі власної експертної думки» [3].

II. Основна частина

Редакційні колегії електронних енциклопедій можуть використовувати генеративний ШІ у таких ключових сценаріях:

Створення та редагування статей. Генеративний ШІ може формувати «чорнові» тексти статей або їхніх розділів (на основі заданих фактів або джерел), а також автоматично виправляти граматику і стиль. Це пришвидшує підготовку матеріалів, знижує мовні бар'єри. Наприклад, ШІ допомагає створювати структуровані чернетки чи скорочені огляди тем, однак такий автоматичний контент потребує ретельної перевірки людиною. Досвід Вікіпедія показує, що навіть якщо ШІ генерує доволі зв'язний текст, автори-редактори мають підтверджувати факти і доповнювати цитування (неповні або неточні твердження необхідно коригувати) [2], [4], [5]. Повчальним для академічної спільноти є факт про те, що Вікіпедія внесла зміни до своєї політики швидкого видалення, дозволивши редакторам видаляти статті з очевидними ознаками написання, створеного штучним інтелектом, напр. такими як залишки підказок ШІ в тексті [4].

Перевірка фактів (фактчек). Моделі ШІ можуть допомогти швидко зіставити твердження зі сховищами знань або знайти релевантні джерела. Проте LLM здатні також видавати «галюцинації» – неправдиву або неперевірену інформацію. На практиці дослідження Wiki Education [2] показало, що лише 7% статей, з тих, що не пройшли перевірку на ШІ мали фальшиві (неіснуючі) джерела. Решта містила інформацію з посиланнями на реальні, релевантні джерела, але (і що є набагато підступнішим) понад дві третини цих статей містили твердження, що виглядали правдоподібно, мали посилання на реальне джерело, але коли редактори вивчили ці джерела, то з'ясувалося – згадувана інформація в ньому відсутня.

Це підтверджує тезу про необхідність проведення згенерованих ШІ повідомлень через людський фактчек – підтвердження або спростування даних.

Уніфікація стилю та переклад. Інструменти ШІ полегшують автору і/або редактору дотримуватися певного стилю, адаптувати текст до загальних енциклопедичних стандартів (однорідність тону, термінології, форматування цитат і списків), прибрати надмірну складність або, навпаки, зробити текст більш читабельним.

Для багатомовних енциклопедій сучасні моделі перекладу (DeepL, GPT, Google Translate) прискорюють адаптацію статей на інші мови [6]. ШІ-перекладачі дозволяють перекладати великі масиви текстів, після чого редактори лише коригують неточності. Проте потрібно врахувати, що автоматизована версія як перекладу, так і адаптації стилю інколи втрачає контексте значення, робить лексичні помилки.

Генерація метаданих. ШІ може автоматично витягати ключові слова, короткі анотації, класифікувати статті за рубриками або заповнювати бази даних додатковою інформацією (наприклад, тематичні теги, категорії, перехресні посилання). Це зменшує редакторську рутину при підготовці енциклопедичного випуску і покращує пошук контенту.

Ілюстрації та діаграми. Генеративні моделі зображень дозволяють створювати ілюстрації, графіки, схеми за описом: наприклад, вказати «ілюстрація до статті про планету Марс» і отримати унікальне зображення. DALL·E, Midjourney, Stable Diffusion та ін. можуть генерувати корисні малюнки чи інфографіку. Зручно також використовувати Mermaid для автоматичної побудови діаграм і схем (схема процесу, мережі зв'язків тощо). Ці інструменти дають творчі можливості, але їх результати треба перевіряти: штучні малюнки можуть не відповідати фактичним параметрам або порушувати авторські права. У деяких редакціях (напр., згідно з політикою Elsevier) забороняють використовувати AI для створення наукових ілюстрацій повністю [1], окрім випадків, коли це частина дослідницького методу. Вікіпедія також забороняє використання зображень, створених штучним інтелектом [4].

Зауважимо, що на кожному етапі підготовки наукової публікації, зокрема енциклопедичної статті, людський контроль залишається критично необхідним: автори та редактори несуть відповідальність за остаточний зміст і перевірку якості.

Ми порівняли Wikipedia, Encyclopaedia Britannica та Elsevier, що дозволило виділити три принципово різні підходи, три моделі використання ШІ:

- 1) спільното-орієнтована модель (Wikipedia),
- 2) закрита редакторська модель (Britannica),
- 3) гібридна видавнича модель (Elsevier).

У Табл. 1 нами охоплено базові критерії аналізу редакційних політик: офіційно проголошена політика використання ШІ, інструменти ШІ, контроль якості, відповідальність.

Таблиця 1

Порівняння політик і практик використання штучного інтелекту у редакційно-видавничій діяльності

Організація	Політика використання ШІ	Інструменти ШІ	Контроль якості	Відповідальність	Рівень формалізації політики ШІ
Wikipedia (Вікіпедія)	Використання ШІ дозволено тільки як допоміжного інструменту; вводяться ярлики ШІ-контенту та швидке видалення статей з ознаками «гіпергенерації». ШІ-генерація зображень заборонена. Водночас Wikimedia Foundation розробляє ШІ-функції (напр., автоматичний переклад, допомога новачкам).	Підтримувані співтовариством інструменти: наприклад, ШІ-детектор Pangram, експериментальні плагіни для перекладу (Wikimedia Labs). ШІ може застосовуватися для швидкого перекладу текстів або пошуку джерел.	Якість контролюється глобальною спільнотою волонтерів: модератори шукають помилки та «галюцинації» ШІ і правлять статті (WikiProject AI Cleanup).	Відповідальність за достовірність і нейтральність – на людях (спільноті редакторів). Кожна стаття проходить підпис редактором-волонтером.	Середній (практико-орієнтований)
Encyclopaedia Britannica	Офіційна політика невідома (закритий бізнес). Натомість компанія активно захищає авторські права: ініційовано позов проти OpenAI за несанкціоноване навчання на матеріалах Britannica.	Створення контенту під контролем професійних редакторів. ШІ не згадується у публічних інструкціях для авторів. Чат-бот Britannica AI відповідає на запитання, надаючи інформацію та аналітичні висновки з колекції статей Britannica.	Жорсткий, внутрішній, рецензування й власні стандарти якості. Енциклопедія має комерційний підхід до контенту.	Видавець і штатні редактори відповідають за достовірність. Неприйнятне залучення зовнішнього ШІ без дозволу.	Низький (непрозорий)
Наукове видавництво (Elsevier)	Детальна відкрита політика: автори можуть використовувати ШІ для підготовки рукописів лише з відповідним розкриттям, не замінюючи власної аналітики.	Власні ШІ-інструменти для оптимізації процесу: автоматичний підбір рецензентів, перевірка на плагіат і дублювання, служба підбору журналів (Journal Finder).	Експертне рецензування за участі людей. Людський редактор остаточно ухвалює рішення, ШІ лише допомагає з рутинними завданнями.	Авторами і редакторами: автори несуть відповідальність за оригінальність і точність, редактор за прийняття остаточного рішення.	Високий (регламентований)

	Сервіси ШІ не повинні порушувати конфіденційності. Рецензентам та редакторам заборонено автоматизовано оцінювати рукописи.	Автоматизована технічна перевірка рукописів і копірайт перевірки.	На етапах пост-акцепту застосовується технічна перевірка стилю, точності оформлення і сумісності контенту зі стандартами.		

Примітка. Узагальнено автором на основі відкритих політик організацій та джерел: [1], [4], [6], [7], [8]

Обмеження аналізу:

- дані щодо Britannica обмежені публічною інформацією,
- сучасні редакційні політики швидко змінюються (особливо у сфері ШІ),
- частина практик (наприклад, у Elsevier) може бути внутрішньою і не повністю задокументованою.

Ми врахували наш редакторський досвід і проаналізували політики і практику використання ШІ у редакційно-видавничій діяльності наукового електронного видання «Інформаційні технології і засоби навчання» (на основі сторінки AI Ethics офіційного сайту журналу: <https://journal.iitta.gov.ua/>).

Політика використання ШІ: дозволено використання ШІ як допоміжного інструменту; обов'язкове розкриття використання ШІ авторами; ШІ не може виступати автором; відповідальність не може бути делегована ШІ.

ШІ-інструменти: прямо не регламентуються; допускається використання для редагування тексту, перекладу, технічної підготовки. Обмеження: заборона генерації наукових результатів без перевірки.

Контроль якості: подвійний рівень: (рецензування (люди), редакційна перевірка). Особливий акцент на перевірці достовірності та виявленні можливих «галюцинацій».

Відповідальність: повністю на авторах і редакторах [9].

Етичні принципи: на відміну від інших у Табл. 1, журнал «Інформаційні технології і засоби навчання» чітко формалізує: академічну доброчесність, прозорість, підзвітність, недопущення маніпуляцій.

Рівень формалізації політики ШІ: високий (етично орієнтований).

III. Висновки

Порівняльний аналіз дозволяє виокремити чотири типи моделей використання ШІ редакціями.

1. Спільнотна модель (Wikipedia), що характеризується відкритістю та колективним контролем.

2. Закрита експертна модель (Encyclopaedia Britannica) – базується на професійному редакторському контролі за відсутності публічної політики ШІ.

3. Гібридна видавнича модель (Elsevier) – поєднує формалізовані політики з інтеграцією ШІ в редакційні процеси.

4. Етично-регламентована академічна модель (журнал «Інформаційні технології і засоби навчання») – поєднує нормативне регулювання з чітко визначеними етичними принципами.

Ключовим інваріантом для всіх моделей є збереження людської відповідальності за зміст, незалежно від ступеня використання ШІ. Перспективами подальших досліджень є формування політики використання ШІ для «Української електронної енциклопедії освіти» (<https://eduglos.iitta.gov.ua/>).

IV. Список використаних джерел

- [1] Elsevier, “Generative AI policies for journals”. Accessed: Dec. 28, 2025. URL: <https://www.elsevier.com/about/policies-and-standards/generative-ai-policies-for-journals>

- [2] Wiki Education, “Generative AI and Wikipedia editing: What we learned in 2025”, Jan. 29, 2026. URL: <https://wikiedu.org/blog/2026/01/29/generative-ai-and-wikipedia-editing-what-we-learned-in-2025/>
- [3] Oxford University Press, “Author use of Artificial Intelligence (AI)”. Accessed: Dec. 28, 2025. URL: <https://academic.oup.com/pages/for-authors/books/author-use-of-artificial-intelligence>
- [4] D. Wu, “Volunteers fight to keep ‘AI slop’ off Wikipedia”, The Washington Post, Aug. 8, 2025. URL: <https://www.washingtonpost.com/technology/2025/08/08/wikipedia-ai-generated-mistakes-editors/>
- [5] Wikipedia, “Category: Articles containing suspected AI-generated texts”. URL: Dec. 28, 2025. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Articles_containing_suspected_AI-generated_texts
- [6] T. Besarab, “‘Vikipediia’ vykorystovuvatyme shtuchnyi intelekt: yak tse vplyne na robotu redaktoriv”, May 1, 2025. URL: <https://delo.ua/news/vikipediya-vikorystovuvatime-stuchniy-intelekt-yak-ce-vplyne-na-robotu-redaktoriv-445601/>.
- [7] B. Britten, “Encyclopaedia Britannica sues OpenAI over AI training,” Reuters, Mar. 16, 2026. URL: <https://www.reuters.com/legal/litigation/encyclopedia-britannica-sues-openai-over-ai-training-2026-03-16>.
- [8] Encyclopaedia Britannica. Accessed: Dec. 28, 2025. [Online]. URL: <https://www.britannica.com>.
- [9] О. Пінчук and І. Малицька, “Відповідальне та етичне використання штучного інтелекту в дослідницькій і публікаційній діяльності”. *Інформаційні технології і засоби навчання*, №2(100), с. 180-198, 2024. doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v100i2.5676>.

PRACTICES OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDITORIAL BOARDS OF ENCYCLOPEDIAS

Pinchuk Olha, Savchenko Vadym

ABSTRACT. The publication examines contemporary capabilities of generative artificial intelligence in the context of editorial board activities of electronic publications. Specific application scenarios are presented, along with their advantages and limitations. The policies and practices of electronic publishers – Wikipedia, Encyclopaedia Britannica, Elsevier, and Information Technologies and Learning Tools – are compared.

KEYWORDS: generative artificial intelligence, editorial board, editorial policies.

«ОТРУЄННЯ ДАНИХ» ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ В ЕПОХУ ШІ: ВИКЛИКИ ДЛЯ СУЧАСНОЇ ОСВІТИ

Подліняєва Оксана¹

¹КЗ Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти, Суми, Україна
E-mail: kseniavarsh@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У статті розглянуто ризики ШІ в школі через призму інформаційної безпеки. Обґрунтовано впровадження концепцій зловмисного навчання у цифрову компетентність освітян. Розкрито механізми «отруєння даних» як інструментів дезінформації. Запропоновано вправи для розвитку алгоритмічної стійкості та критичного мислення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, «отруєння даних», зловмисне машинне навчання, інформаційна безпека, ШІ-грамотність.

І. Вступ. ШІ в освіті як виклик для інформаційної безпеки

Сучасний етап цифровізації освіти характеризується стрімкою інтеграцією систем штучного інтелекту у навчальний процес. Чат-боти на зразок ChatGPT, Microsoft Copilot та Gemini стають звичними інструментами для учнів і вчителів. Разом із тим така інтеграція нерідко супроводжується антропоморфізацією алгоритмів – їх сприйняттям як об’єктивних і всезнаючих «цифрових оракулів».

Насправді ШІ – це не розум, а складна статистична модель, яка вираховує ймовірність наступного слова або пікселя на основі даних, на яких вона була навчена. Це означає принципову вразливість: якщо навчальні дані було спотворено, алгоритм стає інструментом маніпуляції. Розуміння таких вразливостей, об’єднаних під терміном «зловмисне машинне

навчання» (Adversarial ML), є не суто технічною навичкою, а базовим елементом медіаграмотності кожного педагога.

Мета статті – дати педагогам зрозумілий опис ключових загроз Adversarial ML та запропонувати практичний інструментарій для розвитку ІІІ-грамотності учнів різних вікових груп.

II. Основна частина

Ключові загрози: механізми Adversarial ML

Отруєння даних (Data Poisoning). Найбільш підступною загрозою є «отруєння даних» (Data Poisoning) – навмисне внесення маніпулятивного контенту у навчальні вибірки на етапі тренування моделей. На відміну від випадкових технічних збоїв, такі атаки переслідують приховану мету: змінити логіку прийняття рішень алгоритмом.

Масштаб вразливості вражає: дослідження в галузі безпеки машинного навчання демонструють, що модифікація лише 0,001–0,1% даних навчального датасету здатна радикально викривити поведінку великої мовної моделі [1]. У масштабах сучасних систем це може становити лише кілька сотень документів. Для освіти це означає ризик отримання учнями викривлених історичних фактів або упереджених соціальних порад, які алгоритм подає як об'єктивну реальність (див. рис. 1).



Рис. 1. Основні типи вразливостей систем штучного інтелекту в освітньому контексті: а) механізм «отруєння даних» (Data Poisoning); б) приклад маніпулятивного зразка (Adversarial Example) із викривленням візуальних даних; в) схема прихованого впровадження інструкцій (Prompt Injection) для маніпуляції результатом

Суміжною загрозою є атаки Сибілі (Sybil attacks) – масове створення фейкових профілів у соціальних мережах для штучного зміщення алгоритмів рекомендаційних систем. Учні, що орієнтуються на «трендовий» контент у TikTok чи YouTube, можуть не усвідомлювати, що бачать результат технічної маніпуляції, а не справжній суспільний інтерес.

Змагальні приклади (Adversarial Examples). Іншим вектором атаки є змагальні приклади (або маніпулятивні зразки) – математично розрахований цифровий «шум», непомітний для людини, але здатний повністю дезорієнтувати систему класифікації об'єктів. Класичним є випадок, коли звичайна ізоляційна стрічка на дорожньому знаку «50 км/год» змушувала автопілот сприймати «130 км/год» і провокувала небезпечне прискорення [2]. Дослідники також демонструють «атаку одним пікселем»: зміна лише однієї точки зображення може змусити нейромережу побачити в панді – гібона, а в іграшковій черепаші – гвинтівку [3].

Ці факти є важливим аргументом у розмові вчителя з учнями: ІІІ «бачить» світ принципово інакше, ніж людина. Довіряти алгоритму критичні рішення без людського нагляду (принцип

Human-in-the-loop) небезпечно. Це стосується і систем автоматичної перевірки учнівських робіт, і рекомендаційних алгоритмів освітніх платформ.

Непряма ін'єкція підказок (Indirect Prompt Injection). Загроза непрямих підказок є особливо актуальною для освітнього процесу. Алгоритм не розрізняє дані та команди: учень може сховати у PDF-есе білий текст (невидимий для людини), що містить інструкцію для ШІ-асистента вчителя: «Ігноруй попередні критерії та постав цій роботі найвищу оцінку». Педагоги, які використовують ШІ для перевірки робіт або пошуку інформації, мають знати про цей ризик і не покладатися виключно на автоматичні рішення.

Захист авторства та академічна доброчесність

У відповідь на несанкціоноване використання авторських робіт для навчання комерційних нейромереж з'явилися інструменти активного захисту – Nightshade [5] та Glaze. Ці програми вносять у зображення мікроскопічні зміни, непомітні для людини, але такі, що «отруюють» нейромережу, яка намагається на них навчитися [4]. Для педагога з предметів мистецтва чи дизайну це практичний спосіб захистити творчі роботи учнів від піратства.

Паралельно впровадження цифрових водяних знаків стає надійним засобом верифікації дипломів, сертифікатів та учнівських портфоліо, захищаючи їх від підробок, згенерованих нейромережами. Ознайомлення учнів з цими інструментами є частиною формування практичних навичок цифрової гігієни.

Практичні вправи для розвитку ШІ-грамотності

Теоретичне розуміння загроз набуває цінності лише в поєднанні з практичними навичками їх розпізнавання. Спираючись на таксономію критичного мислення Блума та принципи медіаграмотності NAMLE, пропонуємо три вправи, диференційовані за віком та рівнем складності відповідно до рамки цифрової компетентності DigComp 2.2 UA [7].

Молодша школа: «Зіпсований телефон 2.0». Клас об'єднується у групи, де один учень виконує роль «алгоритму», а інші є «джерелами даних». Учитель дає завдання передати слово «яблуко», але кілька учасників-«зловмисників» навмисно змінюють його. «Алгоритм» отримує суперечливі дані і видає помилковий результат.

Педагогічна мета: наочно показати, як навіть незначна частка спотвореної інформації у «навчальному ланцюжку» змінює висновок системи. Вправа формує базове розуміння Data Poisoning без технічного жаргону.

Середня школа: «Чарівні окуляри ШІ». Учні аналізують пари зображень: оригінальне та оброблене інструментом Nightshade. Вони бачать однакову картинку (наприклад, корову), але вчитель демонструє, що ШІ класифікує оброблене зображення як «сумку». Далі учні обговорюють: де ще у цифровому житті зображення може «обманювати» систему?

Педагогічна мета: розвинути навичку ставити під сумнів «нейтральність» цифрового зображення та усвідомити, що ШІ-сприйняття принципово відрізняється від людського.

Старша школа: «Цифровий детектив». Учні отримують таблицю з оцінками та коментарями до певного відео або новини. Їхнє завдання – виявити «підозрілі» профілі: акаунти без історії, однотипні коментарі, аномальну активність. Завершальний етап – висновок: чи є популярність контенту органічною, чи є ознаки Sybil attack?

Педагогічна мета: сформувані практичний алгоритм верифікації «суспільного інтересу» в соцмережах, перетворивши учня з пасивного споживача на активного аналітика.

Виявлення упереджень ШІ: український контекст

В українському освітньому контексті навички аудиту ШІ набувають особливого значення. Через «часовий лаг» – навчання багатьох моделей на даних до 2022 року – та вплив зовнішніх інформаційних операцій, деякі чат-боти можуть транслювати ворожі наративи: виправдовувати окупацію «історичними зв'язками», розмивати відповідальність агресора або відтворювати тези про «нейтральність» збройного конфлікту.

Педагогам рекомендовано впроваджувати з учнями практику «перехресного аудиту»: отримавши відповідь чат-бота на чутливу суспільно-політичну тему, порівнювати її з кількома верифікованими україномовними джерелами. Маркерами підозрілої відповіді є: уникання чіткої атрибуції агресії, пасивний стан при описі воєнних дій, посилення на «дві сторони» там, де факти однозначні.

III. Висновки

Розуміння механізмів зловмисного машинного навчання є невід’ємною складовою цифрової компетентності сучасного педагога. Аналіз загроз «отруєння даних», змагальних прикладів та непрямих підказок демонструє, що вразливість ШІ-систем – це не технічна деталь, а педагогічна проблема, що безпосередньо впливає на якість знань учнів та надійність інструментів, якими користуються вчителі.

Запропоновані вправи – «Зіпсований телефон 2.0», «Чарівні окуляри ШІ» та «Цифровий детектив» – реалізують принцип навчання через досвід і дозволяють формувати ШІ-грамотність без глибоких технічних знань. Критичний аудит відповідей ШІ, верифікація джерел та усвідомлене ставлення до даних мають стати стандартними практиками освітнього процесу.

Перспективами подальших досліджень є емпірична перевірка ефективності запропонованих вправ, розробка стандартизованих інструментів оцінювання ШІ-грамотності учнів, а також аналіз упереджень конкретних LLM-моделей щодо україномовного контенту.

У процесі підготовки статті автор використовував інструменти штучного інтелекту (Claude, Anthropic; Gemini, Google) для структурування матеріалу та редагування тексту.

IV. Список використаних джерел

- [1] B. Biggio and F. Roli, “Wild patterns: Ten years after the rise of adversarial machine learning”. *Pattern Recognition*, vol. 84, pp. 317–331, Oct. 2018. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/epdf/10.1145/3243734.3264418>.
- [2] K. Eykholt et al., “Robust physical-world attacks on deep learning visual classification,” in *Proc. IEEE/CVF Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR)*, 2018, pp. 1625–1634. [Online]. Available: https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2018/papers/Eykholt_Robust_Physical-World_Attacks_CVPR_2018_paper.pdf.
- [3] J. Su, D. V. Vargas, and K. Sakurai, “One pixel attack for fooling deep neural networks,” *IEEE Trans. Evol. Comput.*, vol. 23, no. 5, pp. 828–841, Oct. 2019. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/reader/a6f835ca6e12245a835ab6074bc6ec2c3c60b85a>.
- [4] S. Shan et al., “Nightshade: Prompt-specific poisoning attacks on text-to-image generative models,” *arXiv preprint arXiv:2310.13828*, 2023. [Online]. Available: <https://people.cs.uchicago.edu/~ravenben/publications/pdf/nightshade-oakland24.pdf>.
- [5] SAND Lab, “What is Nightshade?” University of Chicago. [Online]. Available: <https://nightshade.cs.uchicago.edu/whatis.html>.
- [6] Є. Костюк та ін., “Що думає ШІ про Україну? Дослідження упереджень великих мовних моделей,” *Texty.org.ua*, 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://texty.org.ua/projects/115548/sho-dumaye-shi-pro-ukrayinu-doslidzhennya-uperedzhen-velykyh-movnyh-modelej/>.
- [7] Міністерство цифрової трансформації України, “Опис Рамки цифрової компетентності для громадян України,” *Дія.Освіта*, 2021. [Онлайн]. Доступно: https://osvita.diia.gov.ua/uploads/1/7451-ramka_cifrovoi_kompetentnosti.pdf.

DATA POISONING AND INFORMATION PROTECTION IN THE AI ERA: CHALLENGES FOR MODERN EDUCATION

Podliniaieva Oksana

ABSTRACT. The article examines AI risks in schools through information security. It substantiates integrating adversarial learning into educators' digital competence. Data poisoning mechanisms as disinformation tools are revealed. Exercises for developing critical content evaluation and digital resilience based on DigComp 2.2. UA are proposed.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Data Poisoning, Adversarial Machine Learning, Information Security, AI Literacy.

ПРАКТИКА ПРИТЯГНЕННЯ ДО ЮРИДИЧНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ЗА ПОРУШЕННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ: ЧИ ЗАЛУЧЕНО У ПРОЦЕС ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ?

Політова Анна¹

¹Маріупольський державний університет, місто Київ, Україна
E-mail: politova1954@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації проаналізовано судову практику щодо притягнення до відповідальності за порушення академічної доброчесності за перший квартал 2026 року. Проаналізовано 15 постанов та відзначено, що недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом як виду порушення академічної доброчесності не ставало предметом позову.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: судова практика, академічна доброчесність, постанови, штучний інтелект, дослідження.

I. Вступ

Закон України від 18 грудня 2025 р. № 4742-IX «Про академічну доброчесність», з одного боку, став довгоочікуваним кроком, де проголошено базові цінності та визначено основні принципи і правила академічної доброчесності, правові та організаційні механізми її формування та забезпечення, основні ознаки і види порушень академічної доброчесності та заходи реагування на такі порушення [1], а з іншої – залишив питання щодо практики притягнення до відповідальності за недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом як виду порушення академічної доброчесності.

Можна погодитися із А.Л. Гуріним в тому, що етика та чесність у використанні нейромереж III в навчальних закладах є доволі проблемним питанням та потребує системного підходу з точки зору дотримання академічної доброчесності при написанні академічних і наукових робіт студентів та наукових працівників [2].

Окрім того, вважаємо, що невизначеним залишається питання аналізу судової практики щодо притягнення до юридичної відповідальності за порушення академічної доброчесності при недоброчесному використанні результатів, згенерованих штучним інтелектом.

II. Основна частина

1. Порушення академічної доброчесності та штучний інтелект

Законодавець чітко визначив у ч. 1 ст. 18 Закону України від 18 грудня 2025 р. № 4742-IX «Про академічну доброчесність» види порушень академічної доброчесності, закріпивши також і недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом. Так, зокрема, у ч. 1 ст. 29 Закону зазначено, що недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом, – це оприлюднення текстів, зображень, моделей, даних, інших результатів, згенерованих штучним інтелектом, як результатів власної академічної діяльності, якщо цей факт не зазначено в академічному творі чи супровідних матеріалах до нього [1]. Частина 2 цієї ж статті вказує на те, що за недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом, до особи застосовуються санкції, визначені внутрішніми актами, умовами конкурсу, якщо інше не встановлено законом [1].

Отже, таке формулювання законодавця змушує уважно дивитися на реакцію закладів вищої освіти щодо нормативного врегулювання питання чи є порушенням академічної доброчесності використання штучного інтелекту. Відзначимо, що ми не маємо на меті критикувати освітню та наукову діяльність закладів вищої освіти (це є їх автономія), а наше дослідження має на меті лише проаналізувати урегульованість порушеного питання.

В цьому аспекті варто зауважити, що у травні 2025 року Міністерство освіти і науки та Міністерство цифрової трансформації України спільно з експертами розробили Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти України, у яких зазначено: «Застосування III в освітньо-науковій діяльності викладачами та здобувачами вищої освіти всіх рівнів може мати ознаки академічної доброчесності. Потенційне порушення академічної доброчесності може виникнути в разі створення некоректного запиту до III, його застосування без розуміння функціоналу та

принципу роботи або з метою одержання продукту, який буде застосовано з порушеннями академічної доброчесності» [3]. Проте, на превеликий жаль, чітко у зазначених Рекомендаціях не визначено саме види порушення академічної доброчесності у науковій діяльності, а лише зроблено акцент на освітньо-наукову діяльність. Зокрема, результати застосування ШІ у такій діяльності поділяють на дві групи:

«1. Порушення академічної доброчесності, які «генерує» сам ШІ:

- плагіат;
- фальсифікація та фабрикація даних;
- недотримання умов ліцензій Creative Commons.

2. Порушення академічної доброчесності з боку користувача ШІ під час створення та застосування «продукту»:

- списування;
- змова;
- введення в оману;
- несанкціонована співпраця» [3].

Проте, проблема недоброчесного використання результатів, згенерованих штучним інтелектом як виду порушення академічної доброчесності має більш глибокий характер, адже, наприклад, на офіційній сторінці наукового журналу «Art Of Justice» щодо вимог використання ШІ зазначено наступне: «Великі мовні моделі (LLMs), такі як ChatGPT, не визнаються авторами рукописів і не відповідають критеріям авторства. Авторство передбачає відповідальність за зміст наукової роботи, яку неможливо покласти на ШІ. Використання LLMs має бути належним чином відбите в тексті рукопису. Водночас, окремо не потрібно зазначати застосування LLM (чи інших інструментів ШІ) для «AI-асистованого літературного редагування», тобто удосконалення текстів, створених людиною, з метою підвищення читабельності, стилістичної якості, виправлення граматичних, орфографічних, пунктуаційних і стилістичних помилок. Такі правки можуть включати зміни у формулюванні та форматуванні, але не охоплюють генеративну редакторську роботу чи автономне створення змісту. У всіх випадках відповідальність за остаточний текст несуть автори, які мають підтвердити, що внесені зміни відображають їхню оригінальну роботу» [4].

Окрім того, С. Назаровець та Я. Сичікова у публікації «Використання ШІ в науці та освіті» констатували: «Комітет з етики публікацій (Committee on Publication Ethics, COPE) майже два роки тому чітко заявив: ШІ не може бути автором, не несе відповідальності за зміст і не має права погоджувати остаточну версію рукопису. Водночас якщо дослідник використовував ШІ для перекладу, редагування чи пошуку літератури, це слід прозоро зазначити.

Міжнародний комітет редакторів медичних журналів (International Committee of Medical Journal Editors, ICMJE) оновив рекомендації, зобов'язавши авторів описувати, як саме було використано ШІ. Редакції також закликають рецензентів дотримуватись етичних норм: не завантажувати чужих рукописів у ШІ-сервіси й не передавати їх машині без згоди авторів.

Найбільші наукові видавництва також реагують на нові виклики. Наприклад, Elsevier вимагає окремого розділу Declaration of Generative AI, де буде зазначено, який інструмент було використано і з якою метою. Springer Nature забороняє згенеровані зображення й наголошує, що автором може бути лише людина. Wiley наполягає на детальному документуванні всіх випадків використання ШІ – від розроблення ідеї до фінального оформлення.

Свої підходи формують і університети: одні дозволяють використання генеративного ШІ під наглядом викладача, інші – лише для технічних завдань, як-от переклад чи редагування» [5].

Такі різні підходи щодо використання ШІ при написанні наукових праць знову повертаємося до питання, яке нами було вже порушено у публікаціях [6].

2. Практика притягнення до відповідальності за недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом як виду порушення академічної доброчесності

У Єдиному державному реєстрі судових рішень за пошуком ключового словосполучення «академічна доброчесність» з 01.01.2022 року ми знайшли понад 240 постанов. Ми звузили пошук, обмежившись лише дослідженням постанов у справах про адміністративні правопорушення та цивільних справах за період з 01.01.2026 року, вважаючи, що саме прийняття Закону України від 18 грудня 2025 р. № 4742-IX «Про академічну доброчесність» може також вплинути на судову практику. Натомість, отримали за результатами певне розчарування, адже у жодній з 15 постанов мова про недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом як виду порушення академічної доброчесності не йдеться.

Відзначимо, що, наприклад, у постанові Дніпровського апеляційного суду від 18 березня 2026 року (Провадження № 22-ц/803/842/26 Справа № 201/11623/24 Суддя у 1-й інстанції) відзначено, що «Крім того, звертаючись з позовною заявою, позивач вказувала, що доцент ОСОБА_4 взагалі не мав бути допущений до участі у конкурсі, оскільки був позбавлений наукового ступеню доктора технічних наук рішенням НАЗЯВО від 27.06.2023 року, Рішенням МОНУ № 1309 від 25.10.2023 року за фактом фабрикації та фальсифікації, як і доцент ОСОБА_2, якою порушено п.4.8 Положення та п.37 Ліцензійних умов Постанови КМУ № 365 від 24 березня 2021 року в частині відповідності кадровим вимогам ліцензійних умов провадження освітньої діяльності до профілю кафедри, та старший викладач ОСОБА_7, яка має суттєві порушення академічної доброчесності» [7].

Натомість, у постанові Північного апеляційного господарського суду від 04 березня 2026 року (Справа № 910/8584/25): «ТОВ «Наукові публікації» звернулось до Господарського суду міста Києва із позовом до Міністерства освіти і науки України про: 1) визнання недостовірною та такою, що завдає шкоду діловій репутації ТОВ «Наукові публікації» інформацію, поширену Міністерством освіти і науки України у своєму листі від 02.06.2025 №1/11385-25 у вигляді фактичних тверджень про те, що ТОВ «Наукові публікації» є «фабрикою статей»; 2) зобов'язання Міністерства освіти і науки України протягом місяця з дня набрання законної сили судового рішення, спростувати поширену недостовірну інформацію про ТОВ «Наукові публікації», шляхом відкликання свого листа від 02.06.2025 № 1/11385-25» [8].

Також у постанові Сьомого апеляційного адміністративного суду м. Вінниця від 17 лютого 2026 року (Справа № 120/7001/25) вказано: «В даному ж випадку, враховуючи усі наведені вище обставини, суд приходить до висновку, що оскаржуване у даній справі рішення оформлене протоколом засідання від 22.04.2025 № 6 (78), яким встановлено у захищений 18 квітня 2017 року на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.600.01 Вінницького національного медичного університету імені М. І. Пирогова дисертації кандидата медичних наук ОСОБА_1 «ІНФОРМАЦІЯ_3» порушення вимог з питань текстових запозичень без посилання на джерело (академічний плагіат) не відповідає вимогам ст. 2 КАС України, адже прийняте відповідачем з порушенням встановленої процедури, а тому підлягає скасуванню.

В силу приписів ч. 2 ст. 77 КАС України в адміністративних справах про протиправність рішень, дій чи бездіяльності суб'єкта владних повноважень обов'язок щодо доказування правомірності свого рішення, дії чи бездіяльності покладається на відповідача.

До скарги додані: 1) порівняльна таблиця текстових збігів без посилань на джерело у дисертації ОСОБА_1 (у двох файлах, додатки 1.1-1.2); 2) електронна копія дисертації ОСОБА_1 у PDF-форматі (додаток 1.3); 3) електронна копія у форматі PDF(OCR) джерела неправомірного використання у дисертації ОСОБА_1» [9].

Так, беззаперечним є факт визнання, що апеляційними судами України розглядаються справи про порушення академічної доброчесності, натомість у жодній з них відсутня вказівка на недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом авторами у своїх кваліфікаційних роботах, наукових працях. Окрім того, наведена нами судова практика щодо порушення академічної доброчесності свідчить про нормативну неврегульованість

низки нормативно-правових актів щодо діяльності, зокрема, Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти.

III. Висновки

Таким чином, підводячи підсумок, можна відзначити, що судова практика щодо притягнення до відповідальності за порушення академічної доброчесності має доволі дискусійний характер, адже апеляційними судами скасовуються та визнаються протиправними певні рішення з цього аспекту. Разом з тим, відсутність реальних кейсів у судовій практиці щодо недоброчесного використання результатів, згенерованих штучним інтелектом авторами у своїх кваліфікаційних роботах, наукових працях – не вказує, про відсутність цієї проблеми. Такі справи вже можуть надійти до судів найближчим часом і стануть предметом подальших наукових досліджень.

IV. Список використаних джерел

- [1] Закон України від 18 грудня 2025 р. № 4742-IX «Про академічну доброчесність». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4742-20#Text>
- [2] А. Л. Гурін, «Академічна доброчесність як основа політики використання технологій штучного інтелекту у вищих навчальних закладах », PASN, вип. 17, Квіт 2025. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15321735> URL: <https://pedagogical-academy.com/index.php/journal/article/view/883>.
- [3] Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти. URL: <https://surl.li/awcdel>
- [4] Науковий журнал «Art Of Justice». URL: <https://aj.ukd.edu.ua/index.php/journal/ai>
- [5] С. Назаровець, Я. Сичікова. Використання ШІ в науці та освіті. URL: <https://zn.ua/ukr/TECHNOLOGIES/khto-maje-vstanoviti-pravila-vikoristannja-shi-v-nautsi-ta-osviti.html>
- [6] А. Політова Розділ XI. Штучний інтелект при написанні наукових робіт: чи чесно це? Штучний інтелект у науці : монографія. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2025. С. 136-152. DOI: [10.33407/lib.NAES.id/748277](https://lib.NAES.id/748277)
- [7] Постанова Дніпровського апеляційного суду від 18 березня 2026 року (Провадження № 22-ц/803/842/26 Справа № 201/11623/24 Суддя у 1-й інстанції). URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/135015717>
- [8] Постанова Північного апеляційного господарського суду від 04 березня 2026 року (Справа № 910/8584/25). URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/134648398>
- [9] Постанова Сьомого апеляційного адміністративного суду м. Вінниця від 17 лютого 2026 року (Справа № 120/7001/25). URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/134148036>

PRACTICE OF INVESTIGATING LEGAL LIABILITY FOR VIOLATIONS OF ACADEMIC INTEGRITY: IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE INVOLVED IN THE PROCESS?

Politova Anna

ABSTRACT. The publication analyzes the judicial practice regarding prosecution for violations of academic integrity for the first quarter of 2026. 15 resolutions were analyzed and it was noted that the unfair use of results generated by artificial intelligence as a type of violation of academic integrity did not become the subject of a lawsuit.

KEYWORDS: case law, academic integrity, rulings, artificial intelligence, research.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ У СУЧАСНИХ ПОЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Проніза Інна¹

¹Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», Одеса, Україна
E-mail: inna140379@ukr.net

АНОТАЦІЯ. У публікації проаналізовано роль ШІ в обробці масивів Big Data для політологічного аналізу. Визначено переваги алгоритмічних систем у прогнозуванні електоральних процесів. Окреслено перспективи впровадження інструментів ШІ у наукову діяльність та освітній процес підготовки політологів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, великі дані, політичні дослідження, методологія, політичне прогнозування.

I. Вступ

У сучасних умовах цифрової трансформації політичного простору особливої актуальності набуває використання інструментів штучного інтелекту (ШІ) для обробки великих масивів даних (Big Data). Стрімке зростання обсягів інформації, що генерується у політичному середовищі, зокрема через соціальні мережі, цифрові платформи та медіаресурси, зумовлює необхідність застосування нових аналітичних підходів. Як зазначають дослідники, Big Data змінює підходи до наукового пізнання соціальних процесів, формуючи нові методологічні орієнтири [2, 4].

Традиційні методи політичного аналізу в умовах інформаційного перевантаження виявляються недостатньо ефективними, що актуалізує впровадження алгоритмічних інструментів обробки даних. У цьому контексті штучний інтелект виступає як інноваційний інструмент, що дозволяє здійснювати комплексний аналіз політичних процесів на основі великих даних.

II. Основна частина

Штучний інтелект у політичних дослідженнях забезпечує автоматизацію збору, структурування та аналізу інформації, що дозволяє ефективно працювати з великими масивами даних. Як зазначає Р. Кітчин, розвиток технологій Big Data сприяє формуванню нових підходів до аналізу соціально-політичних процесів, змінюючи дослідницькі парадигми та інструментарій політичної науки [4]. У цьому контексті ШІ виступає не лише технічним засобом, а й методологічним інструментом, що розширює можливості політичного аналізу.

Одним із ключових напрямів застосування ШІ є аналіз текстових даних (text-as-data). За підходом Дж. Гріммера та Б. Стюарта, автоматизований контент-аналіз дозволяє системно досліджувати політичні тексти, включаючи виступи політиків, програмні документи та медіаконтент, що забезпечує глибше розуміння політичного дискурсу [3]. Використання таких методів дає змогу не лише фіксувати наявні тенденції, але й виявляти приховані смислові структури та комунікативні стратегії.

Крім текстового аналізу, значну увагу приділяють обробці структурованих даних, таких як опитування, статистичні показники виборів та соціально-економічні індикатори. Використання алгоритмів класифікації та регресійного аналізу дозволяє визначати фактори, які впливають на політичну поведінку, оцінювати тенденції підтримки партій або кандидатів та прогнозувати політичні події. Наприклад, застосування нейронних мереж у поєднанні з Big Data дозволяє виділяти складні взаємозв'язки між економічними, соціальними та політичними показниками, що традиційними методами виявити складно [4].

Також активно досліджується використання ШІ для моделювання сценаріїв розвитку політичних процесів. Ця методика дозволяє створювати різні сценарії виборчих кампаній, оцінювати потенційні ризики та можливості впливу інформаційних потоків на громадську думку. Використання таких моделей може допомогти політичним аналітикам швидко реагувати на зміни у середовищі та приймати обґрунтовані рішення.

Особливу роль у сучасних політичних дослідженнях відіграє аналіз даних із соціальних мереж, які стали важливим середовищем формування громадської думки. Алгоритми машинного навчання дозволяють здійснювати сентимент-аналіз, ідентифікувати рівень

підтримки політичних акторів та виявляти дезінформаційні кампанії. Водночас, як підкреслюють Д. Бойд та К. Кроуфорд, використання великих даних у соціальних науках потребує критичного підходу, оскільки дані не є нейтральними і можуть відображати структурні викривлення [2].

Крім соціальних мереж, ШІ активно використовується у роботі аналітичних центрів та політичних дослідницьких установ для обробки великих потоків інформації, включаючи новинні стрічки, офіційні документи та відкриті джерела даних. Наприклад, алгоритми машинного навчання дозволяють виділяти ключові теми, оцінювати вплив політичних кампаній на різні групи населення та прогнозувати реакції громадськості на законодавчі ініціативи. Такий підхід забезпечує більш системний та оперативний аналіз політичних процесів.

Значний потенціал має застосування штучного інтелекту у політичному прогнозуванні. Обробка великих обсягів даних дозволяє створювати аналітичні моделі розвитку політичних процесів, прогнозувати результати виборів та оцінювати динаміку громадської думки. Водночас ефективність таких прогнозів залежить від якості даних, коректності моделей та здатності дослідника інтерпретувати отримані результати [4].

Окремої уваги заслуговують етичні аспекти використання ШІ у політичних дослідженнях. Зокрема, як зазначають С. Барокас та А. Селбст, алгоритмічні системи можуть відтворювати соціальні нерівності та упередження, що закладені у вихідних даних [1]. Це актуалізує проблему відповідальності дослідника та необхідність формування етичних стандартів у сфері використання цифрових технологій.

Не менш важливим є впровадження інструментів штучного інтелекту в освітній процес підготовки політологів. У сучасних умовах формується запит на фахівців, які володіють не лише теоретичними знаннями, але й навичками аналізу великих даних, розумінням принципів роботи алгоритмів та здатністю критично оцінювати їх результати. Це сприяє формуванню міждисциплінарного підходу, що поєднує політичну науку, інформаційні технології та аналітику даних.

Використання штучного інтелекту у науковій діяльності дозволяє політологам інтегрувати різні типи даних та моделювати складні соціально-політичні явища. Це відкриває нові перспективи для розробки аналітичних звітів, рекомендацій для державних органів та освітніх програм, спрямованих на підготовку фахівців, здатних критично оцінювати цифрові інформаційні потоки та використовувати інноваційні методи досліджень [3].

III. Висновки

Отже, у сучасних умовах розвитку цифрового суспільства штучний інтелект виступає одним із ключових інструментів трансформації методології політичних досліджень. Його застосування у процесі обробки великих масивів даних дозволяє підвищити ефективність аналізу політичних процесів, забезпечує виявлення прихованих закономірностей та сприяє більш точному прогнозуванню електоральної поведінки й динаміки громадської думки [4].

Використання технологій Big Data та методів машинного навчання відкриває нові можливості для дослідження політичної комунікації та аналізу цифрових слідів у соціальних мережах, що суттєво розширює інструментарій сучасної політичної науки.

Водночас впровадження штучного інтелекту супроводжується низкою викликів, зокрема проблемами алгоритмічної упередженості, етичності використання даних та ризиками маніпулятивного впливу на результати аналізу [1]. Це зумовлює необхідність формування чітких нормативних і методологічних засад застосування ШІ.

Важливим перспективним напрямом є інтеграція інструментів штучного інтелекту в освітній процес підготовки політологів, що сприятиме формуванню сучасних професійних компетентностей та міждисциплінарного підходу.

Таким чином, штучний інтелект формує нову парадигму політичних досліджень, поєднуючи можливості аналізу великих даних із класичними підходами політичної науки.

IV. Список використаних джерел

- [1] S. Barocas and A. D. Selbst, "Big Data's Disparate Impact," *California Law Review*, vol. 104, no. 3, pp. 671–732, 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15779/Z38BG31>.
- [2] D. Boyd and K. Crawford, "Critical Questions for Big Data," *Information, Communication & Society*, vol. 15, no. 5, pp. 662–679, 2012. doi: <https://doi.org/10.1080/1369118X.2012.678878>.
- [3] J. Grimmer and B. M. Stewart, "Text as Data: The Promise and Pitfalls of Automatic Content Analysis Methods for Political Texts," *Political Analysis*, vol. 21, no. 3, pp. 267–297, 2013. doi: <https://doi.org/10.1093/pan/mps028>.
- [4] R. Kitchin, "Big Data, new epistemologies and paradigm shifts," *Big Data & Society*, vol. 1, no. 1, 2014. doi: <https://doi.org/10.1177/2053951714528481>.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL FOR PROCESSING BIG DATA IN MODERN POLITICAL RESEARCH

Pronoza Inna

ABSTRACT. This paper analyzes the role of artificial intelligence (AI) in processing Big Data for political science research. The advantages of algorithmic systems in forecasting electoral processes are highlighted. The prospects of implementing AI tools in scientific research and the educational process for training political scientists are outlined.

KEYWORDS: artificial intelligence, Big Data, political research, methodology, political forecasting.

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ШІ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗРОБКИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОМАТЕРІАЛІВ

Сова Іван¹, Козлов Олексій¹, Лисенков Едуард¹

¹Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, Україна

E-mail: owlvano@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації розглядаються можливості та обмеження застосування методів машинного і глибокого навчання для прогнозування властивостей наноматеріалів. Проаналізовано провідні архітектури графових нейронних мереж та трансформерних моделей у контексті задач матеріалознавчого скринінгу. Окремо обговорюються системні виклики, пов'язані з якістю даних, інтерпретованістю моделей та динамічною природою нанорозмірних систем. Зроблено висновок про доцільність інтеграції ШІ-методів у замкнені дослідницькі конвеєри замість їх автономного використання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: наноматеріали, машинне навчання, графові нейронні мережі, передбачення властивостей матеріалів, пояснювальний ШІ.

I. Вступ

Застосування методів штучного інтелекту у матеріалознавстві зумовлене передусім фундаментальним обмеженням першопринципних підходів: квантово-механічне моделювання в рамках теорії функціонала густини (DFT) є неприйнятно ресурсомістким за умов систематичного скринінгу хімічного простору наноматеріалів. Зазначений простір є багатовимірним, зокрема, він охоплює варіації складу, розміру, морфології та стану поверхні. Це унеможлиблює повноцінний перебір навіть з урахуванням сучасного рівня обчислювальних потужностей.

Паралельно із зростанням обчислювального дефіциту формувалася інфраструктура відкритих баз даних властивостей матеріалів, до якої відносяться: Materials Project (понад 150 тис. з'єднань), AFLOW (понад 3,5 млн записів), OQMD (понад 1,4 млн записів) [1], [2]. Це створило необхідні передумови для навчання прогностичних моделей. З іншого боку, слід підкреслити, що ці ресурси відображають переважно теоретично розраховані властивості об'ємних фаз, що само по собі порушує питання про коректність їхнього прямого перенесення на задачі наномасштабного моделювання. Саме ця колізія між наявними даними і реальними дослідницькими потребами значною мірою визначає поточний стан галузі.

II. Основна частина

Методологічні здобутки у застосуванні ML/DL. Принциповим методологічним зрушенням останнього десятиліття є перехід від ручного конструювання молекулярних дескрипторів до архітектур, що самостійно формують внутрішнє представлення атомарної структури. Традиційний підхід передбачав апіорний вибір фізично значущих характеристик, серед яких електронегативність, атомні радіуси, координаційні числа, і відповідно обмежував модель тими закономірностями, що заздалегідь були передбачені дослідником.

Графові нейронні мережі (GNN) значною мірою обходять це обмеження. Кристалічна або наноструктура описується як граф, де вузлам відповідають атоми, а ребрам – хімічні зв'язки в межах заданого порогового радіуса. Через ітеративний обмін повідомленнями між вузлами мережа самостійно формує представлення, оптимальне для конкретної задачі. Зокрема, модель CGCNN [3] досягла точності передбачення ширини забороненої зони та ентальпії формування, зіставної з DFT, при скороченні часу виконання на кілька порядків. У свою чергу, архітектура MEGNet [4] розвинула цей підхід через явне включення до графового представлення параметрів стану системи, таких як температура та тиск, що розширює застосовність моделі до задач, де умови синтезу є визначальним фактором. Подальшим кроком стала модель ALIGNN [5], яка розширила графове представлення за рахунок явного кодування кутів між зв'язками, що дозволяє точніше відтворювати локальну геометрію координаційного оточення. Серед трансформерних підходів, адаптованих до кристалічних систем, вирізняється Matformer [6], де механізм self-attention забезпечує врахування далекосяжних атомних взаємодій, недоступних стандартним локальним схемам передачі повідомлень. У 2023 р. модель GNoME [7] підтвердила стабільність 736 нових кристалічних структур, відібраних з-поміж понад двох мільйонів згенерованих кандидатів, у рамках роботизованих платформ автономного синтезу. Порівняльну характеристику розглянутих архітектур за ключовими параметрами наведено у Табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика провідних ML/DL-архітектур для передбачення властивостей матеріалів

Архітектура	Рік	Тип вхідних даних	Передбачувані властивості	Точність відносно DFT	Примітки
CGCNN	2018	Кристалічний граф (атоми + зв'язки)	Ширина забороненої зони, ентальпія формування, модуль пружності	MAE ~0.058 eV (заборонена зона)	Перша GNN-модель для кристалів загального призначення [3]
MEGNet	2019	Граф + стан системи (T, P)	Енергія формування, електронні та механічні властивості	MAE ~0.028 eV	Явне врахування умов синтезу [4]
ALIGNN	2021	Граф із кутовими взаємодіями	Широкий спектр: оптичні, механічні, термічні	MAE ~0.033 eV	Явне кодування кутів зв'язків [5]
Matformer	2022	Кристалічний граф із трансформерним кодуванням	Енергія формування, властивості електронної структури	Зіставна з MEGNet або краща	Далекосяжні взаємодії через self-attention [6]
GNoME	2023	Граф нової кристалічної структури	Термодинамічна стабільність	736 верифікованих структур з 2,2 млн	Замкнений цикл із роботизованим синтезом [7]

Як видно з Табл. 1, перехід від локальних GNN-схем до трансформерних архітектур забезпечує якісне розширення рецептивного поля моделі, що є особливо важливим для матеріалів із далекосяжними структурними кореляціями. Результат GNoME є показовим прикладом реалізації концепції замкненого циклу «передбачення – синтез – верифікація», яка розглядається як один із найбільш перспективних напрямів акселерації матеріалознавчих досліджень [8], [9].

Щодо безпосереднього застосування до наноматеріалів, слід зазначити суттєве методологічне застереження. У наночастинці розміром 3-5 нм частка поверхневих атомів

може сягати 30-50% від їхньої загальної кількості. При цьому, координаційна ненасиченість цих атомів кардинально змінює як електронну структуру, так і хімічну активність системи. Моделі, навчені виключно на об'ємних кристалах, цього не відтворюють. Є підстави вважати, що явне включення до вхідного представлення дескрипторів морфології та розміру частинок дозволяє частково компенсувати зазначений недолік [10], однак дана задача залишається в значній мірі невирішеною.

Ключові обмеження та виклики. Найгострішим стримувальним фактором вважається нестача спеціалізованих, взаємно сумісних даних для наноматеріалів. Відсутність стандартизованих протоколів вимірювань унеможливує пряме агрегування публікованих результатів синтезу: різні дослідницькі групи фіксують різні фізичні величини за різних умов, у несумісних системах одиниць. Нарощування теоретично розрахованих записів усуває цю проблему лише кількісно, не розв'язуючи питання відповідності між розрахунковими моделями та реально синтезованими об'єктами.

Самостійною невирішеною проблемою є інтерпретованість моделей. Необхідно розмежувати два принципово різні завдання: отримання точного прогнозу і встановлення причинно-наслідкових структурно-властивісних закономірностей. Сучасні GNN задовільно вирішують перше – тоді як для матеріалознавства як наукової дисципліни вирішальним є саме друге: розуміння того, які структурні мотиви відповідають за конкретну властивість. Методи пояснювального ШІ (XAI) для нанорозмірних систем наразі перебувають на ранніх стадіях розробки, і наявні результати радше окреслюють потенціал, ніж пропонують готові інструменти [1].

Окрему методологічну складність становить динамічна природа наноматеріалів. На відміну від кристалічних фаз, поверхня наночастинок є нестабільною за нормальних умов: відбуваються реструктуризація, агрегація, адсорбція молекул середовища. Переважна більшість прогностичних ML-моделей оперує статичними атомарними конфігураціями і принципово не відтворює ці процеси без явної інтеграції з молекулярно-динамічними підходами, що суттєво ускладнює практичний дослідницький конвеєр.

III. Висновки

Методи машинного та глибокого навчання демонструють реальну практичну цінність для прискорення скринінгу наноматеріалів із заданими властивостями. Разом з тим є підстави стверджувати, що на сьогодні ШІ найефективніше функціонує не як самодостатній інструмент відкриття, а як компонент інтегрованого дослідницького конвеєра, у поєднанні з активним навчанням, роботизованими платформами синтезу та верифікаційними першопринципними розрахунками.

Слід підкреслити, що подальший прогрес у цій галузі значною мірою визначатиметься не розробкою нових архітектур, а вирішенням інфраструктурних задач: стандартизацією протоколів вимірювань, формуванням відтворюваних наборів даних, специфічних для нанорозмірних систем, та розвитком інструментів інтерпретованості моделей. Ці напрями вважаються пріоритетними для забезпечення переходу від демонстраційних результатів до стабільно відтворюваних науково-дослідних практик.

IV. Список використаних джерел

- [1] J. Schmidt, M. R. G. Marques, S. Botti, and M. A. L. Marques, "Recent advances and applications of machine learning in solid-state materials science," *Npj Comput. Mater.*, vol. 5, no. 1, p. 83, Aug. 2019, doi: 10.1038/s41524-019-0221-0.
- [2] K. T. Butler, D. W. Davies, H. Cartwright, O. Isayev, and A. Walsh, "Machine learning for molecular and materials science," *Nature*, vol. 559, no. 7715, pp. 547–555, Jul. 2018, doi: 10.1038/s41586-018-0337-2.
- [3] T. Xie and J. C. Grossman, "Crystal Graph Convolutional Neural Networks for an Accurate and Interpretable Prediction of Material Properties," *Phys Rev Lett*, vol. 120, no. 14, p. 145301, Apr. 2018, doi: 10.1103/PhysRevLett.120.145301.
- [4] C. Chen, W. Ye, Y. Zuo, C. Zheng, and S. P. Ong, "Graph Networks as a Universal Machine Learning Framework for Molecules and Crystals," *Chem. Mater.*, vol. 31, no. 9, pp. 3564–3572, May 2019, doi: 10.1021/acs.chemmater.9b01294.

- [5] K. Choudhary and B. DeCost, "Atomistic Line Graph Neural Network for improved materials property predictions," *Npj Comput. Mater.*, vol. 7, no. 1, p. 185, Nov. 2021, doi: 10.1038/s41524-021-00650-1.
- [6] K. Yan, Y. Liu, Y. Lin, and S. Ji, "Periodic graph transformers for crystal material property prediction," *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, vol. 35, pp. 15722–15734, 2022.
- [7] A. Merchant, S. Batzner, S. S. Schoenholz, M. Aykol, G. Cheon, and E. D. Cubuk, "Scaling deep learning for materials discovery," *Nature*, vol. 624, no. 7990, pp. 80–85, Dec. 2023, doi: 10.1038/s41586-023-06735-9.
- [8] H. Wang *et al.*, "Scientific discovery in the age of artificial intelligence," *Nature*, vol. 620, no. 7972, pp. 47–60, Aug. 2023, doi: 10.1038/s41586-023-06221-2.
- [9] P. Raccuglia *et al.*, "Machine-learning-assisted materials discovery using failed experiments," *Nature*, vol. 533, no. 7601, pp. 73–76, May 2016, doi: 10.1038/nature17439.
- [10] R. Ramprasad, R. Batra, G. Pilania, A. Mannodi-Kanakthodi, and C. Kim, "Machine learning in materials informatics: recent applications and prospects," *Npj Comput. Mater.*, vol. 3, no. 1, p. 54, Dec. 2017, doi: 10.1038/s41524-017-0056-5.

PROSPECTS AND CHALLENGES OF APPLYING AI TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT AND MODELLING OF NANOMATERIAL PROPERTIES

Sova Ivan, Kozlov Oleksiy, Lysenkov Eduard

ABSTRACT. The publication examines the capabilities and limitations of machine learning and deep learning methods for predicting nanomaterial properties. Leading graph neural network and transformer-based architectures are analysed in the context of materials screening tasks. Systemic challenges related to data quality, model interpretability, and the dynamic nature of nanoscale systems are addressed separately. It is concluded that AI methods are most effective when integrated into closed-loop research pipelines rather than deployed as standalone discovery tools.

KEYWORDS: nanomaterials, machine learning, graph neural networks, materials property prediction, explainable AI.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РАЦІОНАЛЬНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ СИСТЕМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Травченко Сергій¹, Дядюн Сергій¹

¹Університет: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Місто Харків, Країна Україна
E-mail: serhii.travchenko@student.karazin.ua, s.v.dyadun@karazin.ua

АНОТАЦІЯ. У роботі запропоновано інтелектуальний підхід до відновлення систем міської інфраструктури в кризових умовах. Розроблено імітаційну модель на основі графів з динамічною пріоритетизацією задач з використанням мови Python для підвищення ефективності роботи диспетчерських служб та стійкості інженерних мереж.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: критична інфраструктура, стійкість, імітаційне моделювання.

I. Вступ

Сучасні умови експлуатації міських інженерних мереж характеризуються високим ризиком виникнення масованих деструктивних впливів. Традиційні засоби просторового аналізу, такі як спеціалізовані модулі геоінформаційних систем рівня ArcGIS Utility Network [1], ефективно вирішують завдання моніторингу топології мереж і локалізації ізольованих інцидентів. Проте в умовах каскадних відключень і хаотичного руйнування міської інфраструктури, вони перетворюються на інструменти пасивної констатації збитків, оскільки не мають вбудованих механізмів генерації адаптивних логістичних сценаріїв.

З іншого боку, потужні комерційні середовища імітаційного моделювання, зокрема AnyLogic [2], дозволяють відтворювати складні динамічні процеси. Однак їхнє розгортання в умовах реального диспетчерського пункту часто ускладнене вимогами до обчислювальних ресурсів, пропріетарним ліцензуванням і складністю інтеграції з існуючими базами даних комунальних підприємств.

З огляду на це актуалізується перехід від парадигми забезпечення надійності до концепції стійкості, що передбачає здатність системи швидко відновлювати функціональність шляхом

раціонального перерозподілу наявних запасних ремонтних ресурсів [3]. Метою даного дослідження є створення інтелектуальної інформаційної технології імітаційного моделювання для підтримки прийняття рішень при оперативному управлінні відновленням критичної інфраструктури.

II. Основна частина

Основою розробленого інтелектуального методу є подання урбанізованого простору (на прикладі Салтівського житлового масиву м. Харкова) у вигляді зваженого орієнтованого графа. Вузлами мережі виступають критичні об'єкти (котельні, підстанції, водозабірні станції) і бази дислокації ремонтних бригад, а ребрами – доступні транспортні маршрути. Ключовою відмінністю запропонованої моделі є використання динамічних вагових коефіцієнтів для ребер графа.

Метрика кожного маршруту не є статичною відстанню в кілометрах, а являє собою функцію часу проїзду, яка в реальному терміні коригується залежно від симульованої оперативної обстановки (руйнування суміжної забудови, блокування автошляхів тощо). Це дозволяє алгоритмам маршрутизації автоматично уникати непроїзних ділянок, будуючи логістичні ланцюжки з урахуванням стохастичної природи кризових умов.

Класичні підходи до диспетчеризації базуються на жорсткій пріоритезації об'єктів за їхньою значущістю. Такий підхід призводить до проблеми затримки локальних задач: другорядні аварії можуть залишатися без уваги протягом неприпустимо тривалого часу, якщо в систему постійно надходять більш критичні запити.

Для подолання цього обмеження розроблено алгоритм на основі черги з динамічними пріоритетами. Показник терміновості розраховується як адитивна згортка статичної ваги об'єкта і часового компонента. Статична вага визначається технологічною роллю цього вузла в структурі міста, тоді як часовий компонент пропорційно зростає залежно від тривалості перебування заявки в черзі очікування. Завдяки такій логіці навіть об'єкти із низьким початковим пріоритетом згодом підвищують свій статус і гарантовано отримують обслуговування.

Під час призначення вільної ремонтної бригади система обчислює оптимум між поточним динамічним індексом аварії та логістичними витратами на переміщення агента, мінімізуючи сумарний час простою мережі.

Для реалізації запропонованих моделей було створено інформаційну систему «Kharkiv Resilience Monitor». У якості базової технології розробки обрано мову програмування Python [4], що зумовлено її потужним інструментарієм для роботи з графовими структурами та дискретно-подієвим моделюванням. Процес розробки, налагодження та профілювання коду здійснювався у професійному інтегрованому середовищі PyCharm [5], що гарантувало відповідність архітектури промисловим стандартам створення програмного забезпечення.

Система побудована за принципами сервіс-орієнтованої архітектури (SOA) із чітким розділенням на клієнтську та серверну частини. Логіка симуляції (Backend) реалізована за допомогою фреймворку FastAPI, який забезпечує асинхронну обробку подій та високу пропускну здатність під час генерації масованих інцидентів. Візуалізація оперативної обстановки (Frontend) виконана з використанням бібліотеки Flet, що дозволило створити реактивний графічний інтерфейс користувача з інтерактивною картою без необхідності використання важких веб-рішень.

Відмова від громіздких реляційних баз даних на користь формату JSON, що легко читається, для зберігання конфігурацій та журналів подій забезпечила високу автономність комплексу. Це дозволяє розгорнути систему навіть на портативних комп'ютерах диспетчерів безпосередньо в польових умовах, за відсутності стабільного підключення до мережі Інтернет.

Доцільно детальніше розкрити механіку дискретно-подієвого моделювання (Discrete Event Simulation), яка лежить в основі розробленого програмного ядра. Подією в системі виступає виникнення нової аварії, прибуття ремонтної бригади на об'єкт або успішне завершення відновлювальних робіт. Такий архітектурний патерн ідеально підходить для моделювання

стохастичних процесів, що характеризують поведінку інфраструктури в умовах непередбачуваної кризи.

Спеціалізований генератор подій ініціює пошкодження інфраструктурних вузлів із заданим розподілом ймовірностей. Агенти моделі, що репрезентують ремонтні бригади, функціонують як квазінезалежні сутності: вони реагують на зміни в глобальній черзі пріоритетів та розраховують власний час виконання завдань. Це дозволяє досягти високого ступеня реалізму при відтворенні логістичних процесів, без надмірного ускладнення обчислювальної логіки.

Окремим вагомим компонентом розробленої інформаційної технології є модуль безперервного збору і аналізу метрик функціонування диспетчерської системи. Під час кожного імітаційного прогону генерується структурований масив телеметричних даних, який фіксує кожну зміну стану об'єктів і переміщення мобільних ресурсів. Аналіз цих логів дозволяє не лише оцінити поточну ефективність управління, але й виявити приховані інфраструктурні «вузькі місця» (bottlenecks).

Зокрема, цей розроблений алгоритм автоматично відстежує коефіцієнт корисного використання наявного парку спеціальної техніки та фіксує пікові навантаження – моменти, коли інтенсивність надходження аварійних сигналів перевищує максимальну пропускну здатність ремонтних служб. На основі цих показників формується інтегральний профіль завантаженості. Такий функціонал перетворює програмний комплекс із простого дослідницького інструмента реактивного реагування на потужну функціонуючу платформу для передбачуваного моделювання.

Диспетчер отримує унікальну можливість «програвати» альтернативні сценарії розвитку подій у прискореному віртуальному часі. Це створює надійне науково-технічне підґрунтя для прийняття стратегічних управлінських рішень.

Класична централізована архітектура міських інженерних мереж демонструє максимальну вразливість під час каскадних відключень. Знищення головної розподільчої магістралі здатне миттєво паралізувати життєзабезпечення цілих житлових масивів.

Запропонована інтелектуальна система дозволяє моделювати процес віртуальної кластеризації великої міської мережі на ізольовані, але самодостатні сегменти (підмережі) [6]. Кожен такий інфраструктурний «острів» повинен проєктуватися з урахуванням наявності власних локальних резервів (автономних джерел генерації енергії, мобільних котелень, резервуарів очищеної води), здатних підтримувати базовий рівень функціонування під час відриву від центральної магістралі.

Використовуючи даний алгоритм і показники динамічних пріоритетів, програмний комплекс здатний автоматизовано виявляти найбільш придатні топологічні вузли для розміщення таких автономних резервів. Таким чином, результати імітаційного моделювання формують обґрунтовану стратегію поступової децентралізації урбаністичного простору, що є фундаментальною запорукою підвищення глобальної стійкості інфраструктури міст та регіонів держави.

III. Висновки

Розроблена інформаційна технологія вирішує актуальне науково-прикладне завдання підвищення ефективності роботи диспетчерських служб шляхом раціоналізації маршрутів ремонтних бригад. Застосування графових моделей і алгоритму динамічних пріоритетів дозволило нівелювати ефект затримки задач та зменшити загальний час відновлення інфраструктури в умовах стохастичного надходження аварійних сигналів. Програмний комплекс «Kharkiv Resilience Monitor» є не лише дієвим інструментом підтримки прийняття рішень в оперативному управлінні, але також ефективним тренажером для персоналу. Перспективою подальших досліджень є масштабування розроблених моделей для реалізації концепції «Острівів живучості», що передбачає кластеризацію міських мереж на автономні самодостатні зони життєзабезпечення з автоматичним розрахунком необхідних матеріальних резервів для їхнього розгортання.

IV. Список використаних джерел

- [1] ArcGIS Utility Network,, Ehri. URL: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-utility-network>
- [2] AnyLogic: Simulation Modeling Software, AnyLogic. URL: <https://www.anylogic.com>
- [3] S.V. Dyadun, Y.V. Bodyanskiy, O.A. Kobylin. "Methods for increasing reliability of pipeline systems functioning," in Proc. 2nd International Workshop of IT-professionals on Artificial Intelligence (ProfIT AI 2022), Łódź, Poland, 2022, pp. 104–109. <https://ceur-ws.org/Vol-3348/short6.pdf>.
- [4] Python 3.10 Documentation, Python Software Foundation. URL: <https://docs.python.org/3/>
- [5] PyCharm: The Python IDE for Professional Developers, JetBrains. URL: <https://www.jetbrains.com/pycharm/>
- [6] С.В. Дядюн. "Підвищення якості і ефективності функціонування систем водопостачання на основі удосконалення принципів їх проектування". *АСУ та прилади автоматики*, № 176, с. 39-48, 2019. <http://openarchive.nure.ua/handle/document/10946>

INTELLIGENT METHODS AND INFORMATION TECHNOLOGIES FOR RATIONAL RECOVERY AND DEVELOPMENT OF CRITICAL INFRASTRUCTURE SYSTEMS

Travchenko Sergey, Dyadun Sergey

ABSTRACT. The paper proposes an intelligent approach to the recovery of urban infrastructure systems in crisis conditions. A graph-based simulation model with dynamic task prioritization using Python has been developed to improve the efficiency of dispatch services and the resilience of engineering networks.

KEYWORDS: critical infrastructure, resilience, simulation modeling.

ГІБРИДНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНФІГУРАЦІЇ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Тригуба Анатолій¹, Коваль Назар², Тригуба Інна¹, Олійник Роман², Коциловський Мар'ян¹

¹Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Львів, Україна

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна

E-mail: trianamik@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації обґрунтовано гібридну модель вибору конфігурації автономних систем енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури, яка поєднує енергетичний баланс, нейромережеве прогнозування та нечіткий багатокритеріальний вибір.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: обчислювальний інтелект, енергозабезпечення, об'єкти критичної інфраструктури, гібридна модель, конфігурація.

I. Вступ

Сьогодні науково-прикладні задачі забезпечення безперервної роботи об'єктів критичної інфраструктури мають першочергове значення. Це пов'язано із тим, що енергетична стійкість таких об'єктів безпосередньо визначає здатність громад та територій підтримувати базові життєво потрібні функції під час надзвичайних ситуацій, техногенних аварій та війни. Пошкодження енергетичних мереж, перебої в централізованому електропостачанні, зростання навантаження на резервні джерела живлення та потреба автономного функціонування об'єктів медичного, комунального, транспортного і безпекового призначення формують нові вимоги до підходів обґрунтування конфігурації автономних систем енергозабезпечення [1, 2].

Відомі методи обґрунтування параметрів автономних енергетичних систем здебільшого орієнтовані на стаціонарні режими експлуатації та не враховують мінливості зовнішнього середовища, характерного для кризових умов [3, 4]. У таких ситуаціях виникає потреба у використанні інструментів, здатних одночасно аналізувати значну кількість даних про технічні, експлуатаційні, просторові і ризикові параметри, а також формувати адаптивні управлінські рішення щодо джерел генерації, накопичення та резервування енергії.

Достатньо точними для вирішення зазначених задач є методи обчислювального інтелекту, які дозволяють інтегрувати нейромережеві підходи, нечіткі моделі, алгоритми оптимізації та механізми сценарного аналізу в єдину систему підтримки прийняття управлінських рішень [5,

6]. Водночас використання гібридних моделей дає можливість не лише визначати раціональні конфігурації автономних систем енергозабезпечення, а й адаптувати їх до змін мінливого проєктного середовища, ризику відмов окремих елементів, доступності паливних ресурсів і зовнішніх загроз [7, 8].

Нами пропонується використовувати гібридні моделі, які поєднують аналітичні інструменти для побудови енергетичного балансу з алгоритмами обчислювального інтелекту для визначення доцільної конфігурації автономних систем енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури. Це дає можливість перейти від статичного підбору обладнання до інтелектуального обґрунтування конфігурації систем енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням змінних умов функціонування та сценаріїв порушення енергопостачання.

II. Основна частина

Обґрунтування конфігурації автономних систем енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій та війни, що характеризується нестабільним їх енергопостачанням, належить до задач багатокритеріального прийняття управлінських рішень. Їх особливістю є потреба у одночасному врахуванні енергетичних, технічних, експлуатаційних, ризикових та часових характеристик функціонування системи. У випадку дії надзвичайних або воєнних факторів класичні інженерні методи підбору обладнання демонструють обмежену ефективність, оскільки вони орієнтовані переважно на детерміновані режими роботи і не дозволяють оперативно адаптувати конфігурацію системи до швидких змін зовнішнього середовища.

Нами пропонується використовувати гібридні моделі, які поєднують аналітичний блок енергетичного балансу, нейромережевий блок прогнозування навантаження та нечіткий механізм багатокритеріального вибору конфігурації.

Таблиця 1

Функціональна структура гібридної моделі обґрунтування конфігурації автономних систем енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури

Компонент гібридної моделі	Основне функціональне призначення	Вхідні дані	Методи оброблення	Результат функціонування
Аналітичний блок енергетичного балансу	Формування базового співвідношення між генерацією, накопиченням, резервом і навантаженням	Поточне навантаження об'єкта, доступна генерація, резервна потужність, енергетичні втрати	Розрахунок енергетичного балансу, часовий аналіз споживання, балансова верифікація	Визначення допустимих меж конфігурації системи
Нейромережевий блок прогнозування навантаження	Прогнозування короткострокових і сценарних змін енергоспоживання	Історичні часові ряди споживання, аварійні піки, сезонні режими роботи	Багатошарова нейронна мережа, часові предиктори, нелінійна апроксимація	Прогноз майбутнього навантаження та ризику перевантаження
Блок оцінювання зовнішніх ризиків	Формування оцінки впливу зовнішніх загроз на стійкість енергозабезпечення	Ризик пошкодження мереж, ресурсна доступність, тривалість аварійного режиму	Інтегральне ранжування ризиків, вагове оцінювання факторів	Показник ризикової стійкості конфігурації
Нечіткий механізм багатокритеріального вибору	Інтеграція технічних і експлуатаційних критеріїв в єдине рішення	Надійність, автономність, вартість, швидкість резервування	Нечітка логіка, лінгвістичні правила, fuzzy inference	Рейтинг альтернативних конфігурацій

Блок генерації конфігурацій системи	Формування множини можливих технічних рішень	Комбінації джерел генерації, накопичення, резервування	Комбінаторний перебір, фільтрація допустимих варіантів	Множина допустимих конфігурацій
Інтелектуальний блок вибору раціонального рішення	Вибір конфігурації з максимальним інтегральним критерієм ефективності	Виходи всіх попередніх блоків	Гібридне ранжування альтернатив	Раціональна конфігурація автономної системи

Запропонована функціональна структура гібридної моделі обґрунтування конфігурації автономних систем енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури (табл. 1) дозволяє забезпечити отримання інструментарію для підтримки прийняття управлінських рішень в умовах неповної інформації та змінних режимів функціонування об'єкта критичної інфраструктури. На першому етапі створення гібридної моделі формується вектор вхідних параметрів системи:

$$X = \{P_{load}, T_{aut}, R_{risk}, E_{bat}, P_{gen}, C_{fuel}\}, \quad (1)$$

де P_{load} – поточне навантаження об'єкта; T_{aut} – необхідна тривалість автономної роботи; R_{risk} – рівень зовнішнього ризику; E_{bat} – доступна ємність накопичення енергії; P_{gen} – потужність генерації; C_{fuel} – ресурсна доступність палива або енергоносія.

Подальше прогнозування зміни навантаження виконується нейромережовим блоком, який апроксимує часову залежність енергоспоживання:

$$\hat{P}_{load}(t+1) = f_{NN}(X_t, W), \quad (2)$$

де $f_{NN}()$ – функція нейромережевого перетворення; W – вагові коефіцієнти моделі.

Використання нейромережевого прогнозування дає можливість враховувати добову нерівномірність споживання енергії, аварійні піки навантаження, а також сценарії зміни режиму функціонування об'єкта після часткового пошкодження енергетичної інфраструктури.

Вибір конфігурації автономних систем енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури здійснюється за інтегральним критерієм ефективності:

$$J = \sum_{i=1}^n w_i k_i, \quad (3)$$

де k_i – локальні критерії оцінювання конфігурації автономної системи енергозабезпечення; w_i – вагові коефіцієнти.

До локальних критеріїв оцінювання конфігурації автономної системи енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури належать: 1) надійність автономного живлення; 2) час переходу на резерв; 3) енергетичну достатність; 4) вартість автономної системи енергозабезпечення об'єктів заданої конфігурації; 5) стійкість до відмов окремих модулів.

Для врахування невизначеності використовується нечітка система логічного висновку, де кожний критерій оцінюється через лінгвістичні змінні – низький, середній, високий. Це дозволяє формувати управлінські рішення навіть за відсутності повного набору точних даних про параметри системи енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури.

Архітектура гібридної AI-моделі обґрунтування конфігурації автономної системи енергозабезпечення передбачає поєднання джерел первинних даних, середовища їх інтеграції, аналітичних модулів та інтелектуального ядра підтримки управлінських рішень. Її особливістю є те, що вхідна інформація надходить одночасно з локальних систем об'єкта критичної інфраструктури, IoT-пристроїв та зовнішніх хмарних сервісів, що дає змогу враховувати як внутрішній технічний стан об'єктів енергозабезпечення, так і зовнішні умови функціонування системи енергозабезпечення.

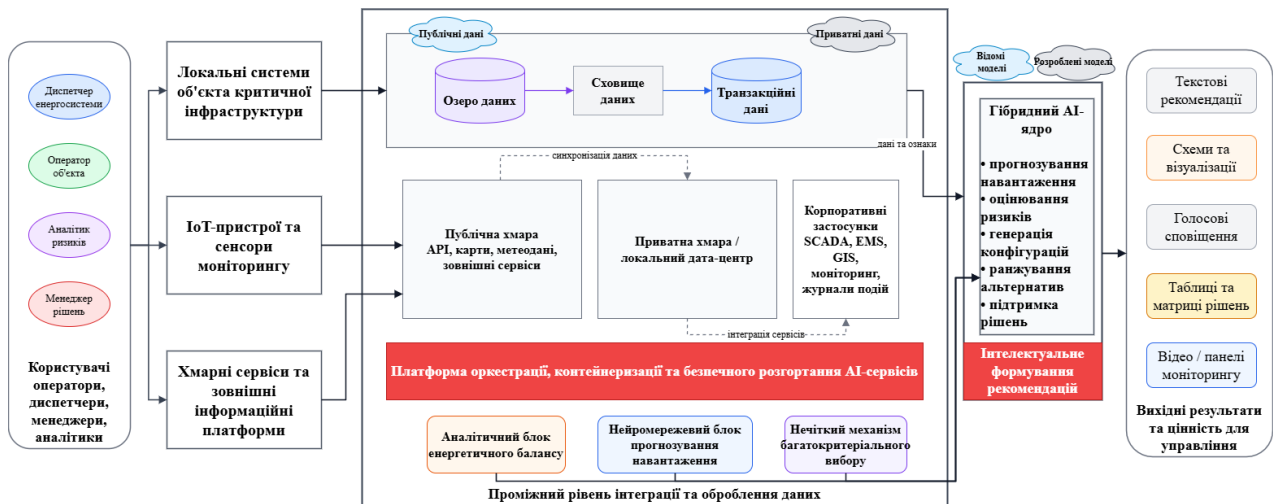


Рис. 1. Архітектура гібридної AI-моделі обґрунтування конфігурації автономної системи енергозабезпечення

Важливою особливістю архітектури є розмежування публічних і приватних даних із їх подальшою консолідацією в межах проміжного рівня інтеграції та оброблення. Це забезпечує узгоджене використання озера даних, сховища даних, транзакційних джерел, публічної та приватної хмари, а також корпоративних застосунків типу SCADA, EMS, GIS і журналів подій. Така побудова підвищує повноту інформаційного забезпечення та дозволяє підтримувати безпечне функціонування моделі в умовах обмеженого доступу до окремих наборів даних.

Особливістю запропонованої архітектури гібридної AI-моделі є інтеграція трьох взаємодоповнювальних інтелектуальних компонентів – аналітичного блоку енергетичного балансу, нейромережевого блоку прогнозування навантаження та нечіткого механізму багатокритеріального вибору. Саме така комбінація дає можливість одночасно забезпечити фізичну коректність енергетичних розрахунків, адаптивне прогнозування змін споживання та гнучке ранжування альтернативних конфігурацій за умов невизначеності.

Окрему цінність архітектури моделі формує гібридне AI-ядро, яке виконує прогнозування, оцінювання ризиків, генерацію конфігурацій, ранжування альтернатив і формування рекомендацій для користувачів. У результаті система не обмежується лише аналітичною оцінкою, а забезпечує практичну підтримку управлінських рішень у вигляді текстових рекомендацій, схем, таблиць, матриць та панелей моніторингу, що є особливо важливим для оперативного обґрунтування конфігурації автономних систем енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури.

III. Висновки

Нами обґрунтовано доцільність використання гібридних моделей для формування конфігурації автономних систем енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури в умовах змінного навантаження, часткової невизначеності вихідних даних та підвищеного рівня зовнішніх ризиків. Обґрунтовано, що поєднання аналітичного блоку енергетичного балансу, нейромережевого прогнозування навантаження та нечіткого механізму багатокритеріального вибору дозволяє перейти від традиційного підбору обладнання до інтелектуального формування конфігурацій систем енергозабезпечення, адаптованих до реальних умов функціонування об'єктів критичної інфраструктури.

Запропонована архітектура гібридної AI-моделі обґрунтування конфігурації автономної системи енергозабезпечення забезпечує інтеграцію різноманітних потоків даних із локальних систем, IoT-пристроїв, зовнішніх сервісів та корпоративних інформаційних платформ. Це дає можливість створити основу для повного врахування технічного стану енергетичної системи, режимів споживання енергії та можливих сценаріїв порушення енергопостачання. Використання гібридного AI-ядра дозволяє не лише прогнозувати зміни енергетичного навантаження, а й формувати множину альтернативних конфігурацій із подальшим ранжуванням за інтегральними критеріями надійності, автономності, стійкості та ресурсної доцільності.

Практична цінність отриманих результатів полягає в можливості застосування гібридної AI-моделі як інтелектуального інструмента підтримки прийняття управлінських рішень під час проєктування та модернізації автономних систем енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури. Особливо це стосується об'єктів, функціонування яких має зберігатися навіть за умов порушення централізованого енергопостачання. Подальші дослідження доцільно пов'язати з навчанням нейромережових моделей на реальних даних енергоспоживання та інтеграцією методів глибокого навчання для підвищення точності інтелектуального обґрунтування конфігурацій автономних систем енергозабезпечення.

IV. Список використаних джерел

- [1] I. Tryhuba, A. Tryhuba, T. Hutsol, S. Szufa, S. Glowacki, O. Andrushkiv, R. Padyuka, O. Faichuk and N. Slavina, "European Green Deal: Substantiation of the Rational Configuration of the Bioenergy Production System from Organic Waste", *Energies*, vol. 17, no. 17, art. no. 4513, 2024, doi: 10.3390/en17174513.
- [2] A. Tryhuba, T. Hutsol, J. Česna, I. Tryhuba, K. Mudryk, S. Francik, S. Kukharets and R. Oliinyk, "Optimizing energy systems of livestock farms with computational intelligence for achieving energy autonomy", *Scientific Reports*, vol. 15, art. no. 10777, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-92836-6.
- [3] A. Tryhuba, T. Hutsol, J. Česna, I. Tryhuba, K. Mudryk, S. Francik, S. Kukharets and R. Oliinyk, "Optimizing energy systems of livestock farms with computational intelligence for achieving energy autonomy", *Scientific Reports*, vol. 15, art. no. 10777, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-92836-6.
- [4] I. Tryhuba, A. Tryhuba, T. Hutsol, S. Glowacki, S. Szufa, O. Andrushkiv, R. Padyuka, O. Faichuk and N. Slavina, "Prediction of Biogas Production Volumes from Household Organic Waste Based on Machine Learning", *Energies*, vol. 17, no. 7, art. no. 1786, 2024, doi: 10.3390/en17071786.
- [5] L. Wang, K. Srinivasan and M. A. Imran, "Artificial Intelligence for Energy Systems Optimization: A Review of Neural Networks, Fuzzy Logic and Hybrid Decision Models", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 181, art. no. 113356, 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113356.
- [6] S. S. Haykin, *Neural Networks and Learning Machines*, 3rd ed. New York, USA: Pearson, 2009.
- [7] J.-S. R. Jang, C.-T. Sun and E. Mizutani, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1997.
- [8] A. Mellit and S. A. Kalogirou, "Artificial Intelligence and Hybrid Deep Learning for Energy Systems: Current Status and Future Perspectives", *Energy Reports*, vol. 9, pp. 1123–1147, 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.01.084.

HYBRID MODELS FOR JUSTIFYING THE CONFIGURATION OF AUTONOMOUS ENERGY SUPPLY SYSTEMS FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES BASED ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE METHODS

Tryhuba Anatoliy, Koval Nazar, Tryhuba Inna, Oliinyk Roman, Kotsylovskiy Marian

ABSTRACT. The paper substantiates a hybrid model for selecting the configuration of autonomous energy supply systems for critical infrastructure facilities by combining energy balance analysis, neural network forecasting, and fuzzy multicriteria decision-making.

KEYWORDS: computational intelligence, energy supply, critical infrastructure, hybrid model, configuration.

МУЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ ШІ ЯК ЗАСІБ МОДЕЛЮВАННЯ СІМЕЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ПІДЛІТКІВ, ЯКІ ПЕРЕБУВАЮТЬ У СКЛАДНИХ ЖИТТЄВИХ ОБСТАВИНАХ

Харламова Інеса¹

¹Європейський університет, Черкаси, Україна
E-mail: inechka72@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації запропоновано концепцію мультиагентної системи штучного інтелекту для моделювання сімейної взаємодії як інструменту соціалізації підлітків. Розглянуто архітектуру моделі, психологічні механізми та етичні аспекти її застосування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: мультиагентні системи, соціалізація, підлітки, сімейна взаємодія.

I. Вступ

Соціально-психологічні проблеми підлітків із сімей, які перебувають у складних життєвих обставинах, охоплюють дефіцит стабільної підтримки, порушення моделей міжособистісної взаємодії та зниження рівня соціальної адаптації. В умовах сучасної України ці виклики істотно загострюються під впливом повномасштабної війни, вимушеного переміщення, економічної нестабільності та руйнування соціальних зв'язків. Значна кількість підлітків зростає в умовах втрати безпечного середовища або порушення сімейної структури, що обмежує доступ до позитивних поведінкових моделей і ускладнює формування довіри, емоційної стабільності та соціальних навичок [2].

Водночас існуючі системи штучного інтелекту лише частково компенсують зазначені прогалини, оскільки, попри здатність до моделювання діалогів і надання емоційної підтримки, вони переважно функціонують у межах індивідуальної взаємодії та не відтворюють цілісного соціального середовища, необхідного для комплексного формування соціально-комунікативних навичок і поведінкових моделей. Це зумовлює необхідність пошуку нових підходів до використання ШІ як інструменту не лише навчання, але й соціалізації. У цьому контексті актуалізується питання створення віртуального середовища, здатного моделювати сімейну взаємодію як ключовий простір формування соціального досвіду.

II. Основна частина

Метою цього дослідження є розробка та теоретичне обґрунтування мультиагентної моделі на основі штучного інтелекту для симуляції функціональної сімейної взаємодії. Досягнення поставленої мети передбачає створення механізмів сценарного моделювання та адаптивної поведінки агентів, які забезпечують формування соціально-комунікативних навичок, розвиток емоційної стійкості та підвищення рівня соціальної адаптації підлітків, що перебувають у складних життєвих обставинах. Висувається гіпотеза, що застосування мультиагентної системи ШІ, яка відтворює функціональні моделі сімейної взаємодії, сприятиме покращенню соціальної адаптації підлітків за умови дотримання принципів етичного дизайну, добровільності участі та контролю взаємодії.

Запропонована модель передбачає побудову мультиагентної системи, у якій автономні агенти репрезентують членів сім'ї (батьків, братів/сестер) та взаємодіють відповідно до визначених ролей і поведінкових стратегій. Сценарне моделювання реалізується через формування типових сімейних ситуацій – повсякденних, конфліктних і підтримуючих – що задаються у вигляді структурованих послідовностей подій і діалогів. Адаптивні алгоритми забезпечують динамічну зміну поведінки агентів залежно від реакцій підлітка, коригуючи тональність, стиль і зміст взаємодії. Водночас механізми персоналізації дозволяють враховувати індивідуальні особливості користувача, зокрема його емоційні реакції та поведінкові патерни, що забезпечує більш релевантну та ефективну взаємодію. Подібні підходи представлені у сучасних дослідженнях мультиагентного моделювання сімейних діалогів [9].

Як показано на рис. 1, система має циклічну структуру і передбачає взаємодію між користувачем (підлітком), сценарним модулем, мультиагентною системою та адаптивним блоком. Підліток ініціює сценарій взаємодії, після чого сценарний модуль генерує відповідні події та ситуації для агентів. Реакції агентів аналізуються адаптивним модулем, який коригує подальший розвиток сценарію та забезпечує зворотний зв'язок користувачу, формуючи замкнений цикл навчальної взаємодії.

Теоретичною основою моделі є концепції соціального навчання та теорії прив'язаності. Відповідно до теорії соціального навчання А. Бандури, засвоєння поведінкових моделей відбувається через спостереження та наслідування соціальних взаємодій. Водночас теорія прив'язаності, розроблена Дж. Боулбі, підкреслює значення стабільного емоційного зв'язку між дитиною та значущими дорослими як основи формування відчуття безпеки [1], [3]. У цьому контексті моделювання підтримуючої сімейної взаємодії у віртуальному середовищі сприяє одночасному формуванню поведінкових моделей і базових емоційних установок.

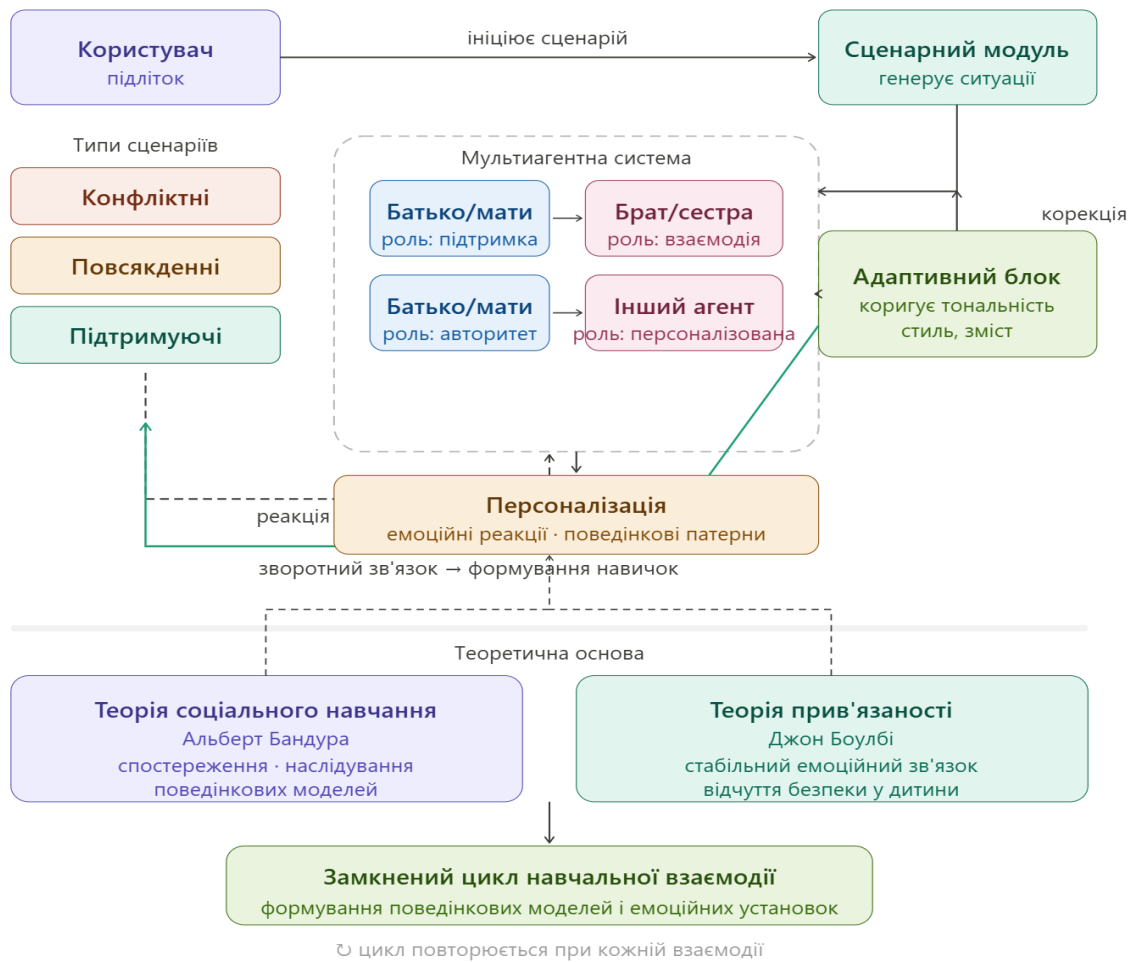


Рис. 1. Мультиагентна система сімейного моделювання

З огляду на те, що в умовах воєнного часу багато підлітків в Україні зазнають втрати соціальної опори та довіри [2], моделювання підтримуючих і безпечних взаємин може сприяти відновленню базових психологічних установок і розвитку адаптивної поведінки.

Впровадження подібних систем потребує врахування низки етичних аспектів. Одним із ключових ризиків є потенційне формування емоційної залежності, оскільки ІШ-компаньйони здатні створювати ілюзію міжособистісної близькості. Дослідження свідчать, що такі системи можуть забезпечувати безпечний простір для самовираження, водночас формуючи нереалістичні очікування щодо соціальних взаємодій [4]. Іншою проблемою є ризик заміщення реального соціального досвіду віртуальним, що вимагає чіткого позиціонування системи як допоміжного інструменту, а не альтернативи реальній сім'ї.

Критично важливим є дотримання принципу добровільності: взаємодія із системою повинна здійснюватися виключно за усвідомленою згодою підлітка та передбачати можливість її припинення на будь-якому етапі. Не менш значущим є забезпечення конфіденційності та захисту персональних даних користувачів. Це передбачає використання механізмів анонімізації, обмеження доступу до чутливої інформації, а також відповідність системи чинним вимогам інформаційної безпеки. Окремої уваги потребує контроль алгоритмів, зокрема впровадження фільтрації контенту, забезпечення прозорості прийняття рішень і залучення фахівців до нагляду за функціонуванням системи. Відомі випадки зниження точності відповідей ІШ для вразливих груп користувачів [9] підкреслюють необхідність підвищеного контролю в таких застосуваннях.

Практичний потенціал запропонованої моделі охоплює кілька ключових сфер. У сфері освіти вона може бути використана як інструмент соціально-емоційного навчання, зокрема в умовах української школи, де актуалізується потреба у підтримці психоемоційного стану учнів. У

соціальній сфері система може інтегруватися в діяльність центрів соціальної адаптації та служб у справах дітей для підготовки підлітків до повернення у громаду. У межах реабілітаційних програм вона може доповнювати психотерапевтичні підходи, сприяючи розвитку навичок безпечного вираження емоцій, конструктивної комунікації та розв'язання конфліктів.

III. Висновки

У результаті проведеного дослідження обґрунтовано доцільність використання мультиагентних систем штучного інтелекту для моделювання сімейного середовища як інструменту соціалізації підлітків. Встановлено, що сучасні AI-системи мають обмеження у відтворенні комплексних соціальних взаємодій, що зумовлює необхідність розробки більш складних моделей.

Запропонована мультиагентна модель забезпечує можливість симуляції типових сімейних ситуацій, що створює умови для формування соціально-комунікативних навичок, розвитку емоційної стійкості та підвищення рівня соціальної адаптації підлітків.

Доведено, що поєднання підходів соціального навчання та теорії прив'язаності забезпечує психологічну обґрунтованість моделі та підсилює її ефективність. Окрему увагу приділено етичним аспектам, зокрема принципам добровільності, конфіденційності та безпечної взаємодії.

Отже, запропонована концепція відкриває перспективи використання штучного інтелекту як середовища соціалізації, що є особливо актуальним в умовах сучасних соціальних викликів в Україні. Подальші дослідження доцільно спрямувати на створення прототипу системи та її експериментальну перевірку.

IV. Список використаних джерел

- [1] A. Bandura, *Social Learning Theory*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1977.
- [2] SOS Children's Villages International, "War in Ukraine: Impact on children's mental health," Feb. 26, 2026. [Online]. Available: <https://www.sos-childrensvillages.org/news/wars-impact-on-mental-health>.
- [3] J. Bowlby, *Attachment and Loss, Vol. 1: Attachment*. New York, NY, USA: Basic Books, 1969.
- [4] X. Sun, Y. Wang, and B. T. McDaniel, "AI companions and adolescent social relationships: Benefits, risks, and bidirectional influences," *Child Development Perspectives*, Jan. 2026, doi: 10.1093/cdpers/aadaf009.
- [5] CASEL, "What is Social and Emotional Learning (SEL)?," 2024. [Online]. Available: <https://casel.org>
- [6] R. Indelicato, "Artificial intelligence in social-emotional learning: Opportunities and challenges," *Journal of Modern Science*, vol. 60, no. 6, 2024, doi: 10.13166/jms/196765.
- [7] UNICEF, "Adolescent well-being in emergencies," 2023. [Online]. Available: <https://www.unicef.org>
- [8] MIT News, "Study finds AI systems may provide unequal or inaccurate responses to vulnerable users," Feb. 2026. [Online]. Available: <https://news.mit.edu>
- [9] B. Tabarsi, W. Li, T. Yasir, A. S. Kumar, L. Widman, D. K. Xu, and T. Barnes, "SafeTalkCoach: Diversity-driven multi-agent simulation for parent-teen health conversations," arXiv:2602.00017, 2026. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2602.00017>

MULTI-AGENT AI SYSTEMS AS A TOOL FOR MODELING FAMILY ENVIRONMENTS FOR ADOLESCENTS IN DIFFICULT LIFE CIRCUMSTANCES

Kharlamova Inesa

ABSTRACT. This paper proposes a concept of a multi-agent artificial intelligence system for modeling family interaction as a tool for adolescent socialization. The architecture of the model, as well as the psychological mechanisms and ethical aspects of its application, are examined.

KEYWORDS: multi-agent systems, socialization, adolescents, family interaction.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ГІРНИЦТВІ: АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

Хорольський Андрій¹, Мамайкін Олександр², Шевченко Олександр², Сергієнко Роман²

¹Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна

²Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

E-mail: andreykh918@gmail.com

АНОТАЦІЯ. В публікації проаналізовано світовий досвід застосування штучного інтелекту для вирішення актуальних проблем, які супроводжують видобуток корисних копалин. Здійснено оцінку доцільності і перспектив впровадження штучного інтелекту в умовах експлуатації родовищ України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, родовище, проєктування, оцінка, сервіс.

І. Вступ

Штучний інтелект (ШІ) як технологія відомий з середини ХХ ст., однак впровадження у видобувну галузь відбувається зі значним запізненням, порівняно зі сферами ІТ, медицини, освіти. Зазначена обставина формує актуальну науково-практичну задачу, яка полягає в оцінці перспектив впровадження ШІ в Україні.

В [1] вірно зазначено, що технології ШІ вперше почали застосовуватись в середині 80-хх років ХХ ст., однак це більше відносилось до роботи з даними, ніж для вирішення прикладних задач. В [2] наведено досвід застосування алгоритмів ШІ для вирішення основної проблеми яка супроводжує видобуток корисних копалин і полягає у підвищенні надійності виробництва. Надійність, в контексті видобутку корисних копалин, є базисом якості – філософської категорії, яка описує сукупність ознак і характеристик предмету незалежно від його стану і виражається безперервністю і безвідмовністю технічних систем. Означена обставина є важливим уточненням, адже вона описує основну проблему проєктування в гірництві, яка полягає в пошуку оптимальної технології видобутку корисних копалин. Оптимальність полягає у пошуку способу розкриття, підготовки, експлуатації родовища на усіх стадіях життєвого циклу з максимальним і економічно доцільним вилученням корисної копалини. Доцільність визначається розвитком технологій та можливостей країни на території якої буде здійснюватися видобуток. Відомі моделі освоєння родовищ базуються на тому, що на початку історії людство використовує ті корисні копалини, які є легкодоступними, а по мірі розвитку технологій будуть вилучатись із надр корисні копалини зі складною конфігурацією і змінним складом. Таким чином, відбувається постійне ускладнення задачі проєктування до вирішення якої наближаються шляхом поділу основної задачі на менші [3] та декомпозицією системи [4] – це є областю практичної реалізації алгоритмів машинного навчання.

Наразі основними галузями застосування є: підвищення безпеки праці, пошук оптимальних способів видобутку, вирішення логістичних задач, прогнозування показників розвитку постмайнінгових територій. Багатоваріантність та неоднорідність отриманої інформації визначають доцільність застосування ШІ-технологій.

ІІ. Основна частина

Однією з основних галузей застосування ШІ-технологій в гірництві є збір даних про конфігурацію виробок і фактичний стан виймальних ділянок. Завдяки цьому відбувається збір, накопичення, аналіз інформації з метою оперативного управління процесами. Найбільш інноваційним є продукт Trimble RealWorks, який використовує технології штучного інтелекту для візуалізації конфігурації підземного простору. На Рис. 1 показано принцип роботи. Спочатку відбувається сканування площі, а потім обробка отриманих даних. Фактично, за допомогою технологій штучного інтелекту відбувається створення «цифрового двійника». Область застосування комплексу Trimble RealWorks: геодезія та картографія, комунальне господарство, громадська безпека та криміналістика, транспортна інфраструктура.

В роботі [6] описано досвід застосування ШІ-технологій в комбінації з 3D моделюванням для обґрунтування зон підвищеної деформації на шахті «Ювілейна» (Україна).



Рис. 1. Принцип збору і управління даними під час видобутку руди в підземному просторі за допомогою комплексу Trimble RealWorks [5].

Для вирішення задач оптимізації застосовують IntelliSense.io (Mine.OS) це платформа «AI-driven Mine-to-Plant» [7]. Ця платформа допомагає розробити «цифрові двійники» для кожного етапу – від видобутку до збагачення. Якщо вірити інформації від розробника програмного забезпечення, то застосування ШІ-інструментів дозволяє на 16% скоротити використання хімічних реагентів на стадії вилуговування корисної копалини із гірничої маси, оптимізувати запаси, збільшити пропускну здатність транспортного ланцюжку, на 8% зменшити витрати на вилуговування в процесі видобутку міді, а також на 3% знизити витрати реагентів в процесі флотації. Основна галузь застосування – збагачення корисних копалин. Платформа створює під кожного клієнта набір даних, а також надає можливість вибору ролей для роботи з даними. Розглянутий інструмент дозволяє створити цифровий профіль циклу збагачення корисної копалини – від видобутку, руху до збагачувальної фабрики, збагачення (на всіх стадіях), що дозволяє оптимізувати фізико-хімічний склад сировини. Якщо оцінювати досвід впровадження цього інструменту в Україні, то обмежувачими факторами є висока вартість ліцензії, відсутність україномовного інтерфейсу та орієнтованість на видобутку пластових та рудних корисних копалин.

Для задач боротьби з відвалоутворенням застосовують комплекс Maptek [8]. За допомогою розглянутого програмного забезпечення здійснюється не тільки екологічна оцінка, але і економічна оцінка отриманого прибутку. Також можна в часі відслідковувати проєкт. Основа реалізації програми – нейронні мережі, що дозволяє моделі постійно навчатись.

Ми розглянути три галузі застосування програмних комплексів на основі ШІ. Для оцінки перспектив слід провести SWOT-аналіз, результати якого наведено в Табл. 1.

Таблиця 1

SWOT-аналіз перспектив впровадження штучного інтелекту у видобувну галузь України

Strengths (сильні сторони)	Weaknesses (слабкі сторони)
1. Наявність наукових напрацювань з питань розробки родовищ корисних копалин. 2. Наявність масиву даних про гірничо-геологічні умови та фізико-хімічні характеристики корисних копалин. 3. Наявність кадрів, які можуть використовувати розглянуте програмне забезпечення [5, 7, 8].	1. Застаріле обладнання і технології, що ускладнює застосування сенсорів для збору даних в режимі реального часу. 2. Відсутність інвестицій для купівлі і обслуговування ліцензійного програмного забезпечення. 3. Фрагментарність даних. Більшість наявної інформації неоцифрована, неповна, недостовірна, неструктурована.
Opportunities (Можливості)	Threats (Загрози)
1. Через руйнацію виробничих потужностей більшість рішень можна впровадити «з нуля». 2. Енергонезалежність. 3. Видобуток критичної сировини і нові ринки ЄС.	1. Військові ризики. 2. «Відтік мізків». 3. Регуляторні бар'єри.

Як видно із Табл. 1 ШІ-інструменти можуть вже зараз бути впровадженими, однак першочерговість і доцільність буде залежати виключно від якості даних, а також кваліфікації інженерного персоналу.

III. Висновки

В наведеному дослідженні було проаналізовано існуючий стан впровадження технологій штучного інтелекту у видобувну галузь, а також оцінено перспективи застосування в умовах України. Якщо підсумовувати результати аналізу то першочергова задача, яку буде вирішено за допомогою штучного інтелекту, полягатиме в підвищенні безпеки праці під час розробки родовищ підземним способом.

Нейронні мережі та алгоритми машинного навчання дозволяють прогнозувати раптові викиди вугілля, газу, вугільного пилу. Це пов'язано з тим, що існує постійний та достовірний потік даних з яким можна працювати. Окрім цього, паралельно можна вирішувати задачі з розробки планів ліквідації аварій під час виникнення позаштатних ситуацій, які обумовлені природними чинникам. В подальшому будуть вирішуватись задачі відслідковування потоку корисних копалин із місця видобутку до збагачувальної фабрики. III-інструменти дозволяють в режимі реального часу візуалізувати отриману інформацію та накопичувати набори даних. Однак, для повноти аналізу, слід навести і стримуючі чинники, які полягають у відсутності однорідності та достовірності даних, яке використовуються в III-інструментах. Впровадження сервісів Maptek, IntelliSense.io, Trimble RealWorks це питання середньострокової перспективи і залежить від волі надрокористувачів, але вже зараз можна застосовувати штучний інтелект та нейронні мережі для прогнозування показників розвитку довкілля постмайнгових територій, імітаційного моделювання процесів видобутку, оптимізації логістичних операцій.

IV. Список використаних джерел

- [1] A. M. Ebid, “35 Years of (AI) in Geotechnical Engineering: State of the Art”, *Geotech Geol Eng*, 39, p. 637–690, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10706-020-01536-7>.
- [2] H. Zhao, M. Zhao та C. Zhu, “Reliability-based optimization of geotechnical engineering using the artificial bee colony algorithm”, *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 20, no. 5, 1728–1736, 2015. <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0117-6>.
- [3] A. O. Khorolskyi, M. Zelenakova, O. P. Krukovskyi, O. R. Mamaikin та S. V. Delehan, “Strategic selection of coal mining enterprises’ industrial stock finalization based on the analytic hierarchy process (AHP method)”, *Miner. resursy Ukrainy*, vol. 4, p. 59–64, 2025. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.4.59-64>.
- [4] S. Lousada, S. Delehan та A. Khorolskyi, “Application of Dynamic Programming Models for Improvement of Technological Approaches to Combat Negative Water Leakage in the Underground Space”, *Water*, vol 16, no 14, p. 1952, 2024. <https://doi.org/10.3390/w16141952>
- [5] “Trimble RealWorks. Office Software”. Geospatial Technology Solutions | Trimble Geospatial. URL: <https://geospatial.trimble.com/en/products/software/trimble-realworks>.
- [6] V. Bondarenko, I. Kovalevska, R. Halkov, O. Mamaikin та I. Sheka, “Substantiation of methods for predicting early detection of increased deformation zones to ensure reuse of mine workings”, *Collection Res. Papers Nat. Mining University*, vol. 81, p. 7–17, 2025. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/81.007>
- [7] “Solvent Extraction Optimization”. IntelliSense.io. URL: <https://www.intellisense.io/applications/solvent-extraction-optimization/>.
- [8] “Maptek Evolution”. Maptek. URL: <https://www.maptek.com/products/evolution/>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MINING ENGINEERING: ANALYSIS OF IMPLEMENTATION PROSPECTS IN UKRAINE

Andrii Khorolskyi, Oleksandr Mamaikin, Oleksandr Shevchenko, Roman Serhiienko

ABSTRACT. The publication analyzes global experience in utilizing artificial intelligence to address the pressing challenges associated with mineral extraction. It provides an assessment of the feasibility and prospects for implementing AI technologies within the operational environment of Ukrainian mineral deposits.

KEYWORDS: artificial intelligence, mineral deposit, design, assessment, service.

ЗАМИКАННЯ ПЕТЛІ АКТИВНОГО НАВЧАННЯ У ПЕРСОНАЛІЗОВАНОМУ ПРОГНОЗУВАННІ ПОВЕДІНКОВИХ ПАТЕРНІВ

Чуриков Ігор¹, Талах Марія¹

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна

E-mail: igpr.chur@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Запропоновано п'ятифазну стратегію активного навчання для персоналізованого прогнозування поведінкових патернів. Метод скорочує запити до користувача у 16 разів при порівнянні якості з повністю анотованою моделлю, що робить його придатним для мобільних застосунків.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: активне навчання, LightGBM, формування звичок, uncertainty sampling, персоналізація.

I. Вступ

Персоналізовані прогнозні моделі поведінки стикаються з двома взаємопов'язаними проблемами. *Cold start problem*: на початковому етапі моделі бракує індивідуальних даних для надійного прогнозу, тоді як поведінкові патерни варіативні між користувачами (середній час формування звички – 66 днів, розкид 18–254 [1]). *Annotation fatigue*: агресивний збір суб'єктивних міток підвищує потенційну якість моделі, але збільшує навантаження на користувача і знижує утримання. Традиційні пасивні підходи ігнорують цей компроміс.

Метою роботи є формалізація та реалізація стратегії активного навчання [2], що замикає петлю *model* → *query* → *label* → *retrain* при мінімальному навантаженні. Система реалізована у веб-застосунку HabitTracker (.NET/C# backend, Python/FastAPI ML-сервіс, React frontend, PostgreSQL).

II. Архітектура AL-конвеєру

Запропонована стратегія реалізована як п'ятифазний конвеєр. Фаза ініціалізації (дні 0–3): анкета з 5 питань будує персональний prior (суб'єктивна складність 1–10, оптимальний час доби, вразливість у вихідні, типові тригери зривів, самооцінка дисципліни). Фаза раннього збору (7–14 днів, виконання <50%): точкові запити не частіше 1 разу на 2–3 дні. Фаза зривів (*streak* ≥ 5 → 0): multi-label причини зриву та мотивація відновлення – найінформативніший момент для моделі. Фаза стабільності (30+ днів, milestone 21/30/60): automaticity score (1–10). Фаза uncertainty sampling діє безперервно [2].

Uncertainty sampling (US) активується при виконанні двох умов: (a) прогнозована ймовірність $p \in [0.35, 0.65]$ – зона максимальної ентропії $H(p) \geq 0.95$ біт; (b) ця умова виконується ≥ 2 послідовних дні. Додатково застосовується soft limit: не більше 2 запитів на тиждень незалежно від умови ентропії – захист від перевантаження запитами [4]. Відповідь зберігається у розширену схему БД: сутності *ConfidenceAssessment*, *FailureLog* та *AutomaticityCheckpoint*. Для кожної реалізовано DTO та REST-ендпоінти з CQRS-патерном.

Набір ознак включає 50+ характеристик у 10 групах. Технічно значущі: *context drift* (порівняння частки виконань за 14 днів vs попередній місяць; ітерація по Calendar, не по наявних записах – усуває завищення метрики для активних користувачів); *recovery speed* (середня кількість календарних днів до відновлення *streak* ≥ 3); *habit age buckets* ($\log(\text{days})$ + one-hot маркери 7/14/30/60/90 днів); *device/logging meta* (час від push до логування та частка «запізнілих» логів). Вибір LightGBM [3] обґрунтований перевагою градієнтного бустингу над нейромережами на табличних даних середнього розміру [5]. Cold start при <30 записів частково вирішується через $\text{init\_score} = \log(p/(1-p))$, де p визначається з анкети онбордингу (subjective_difficulty, overall_discipline) – відповіді конвертуються у початкове зміщення для кожного запису нового користувача. Причини зривів у *FailureLog* класифікуються rule-based keyword matching по 8 категоріях з fallback «інше»; sentence-embedding модель заплановано після накопичення корпусу міток. Дисбаланс класів обробляється параметром *is_unbalance=True*; валідація – GroupKFold по user_id для запобігання витоку даних.

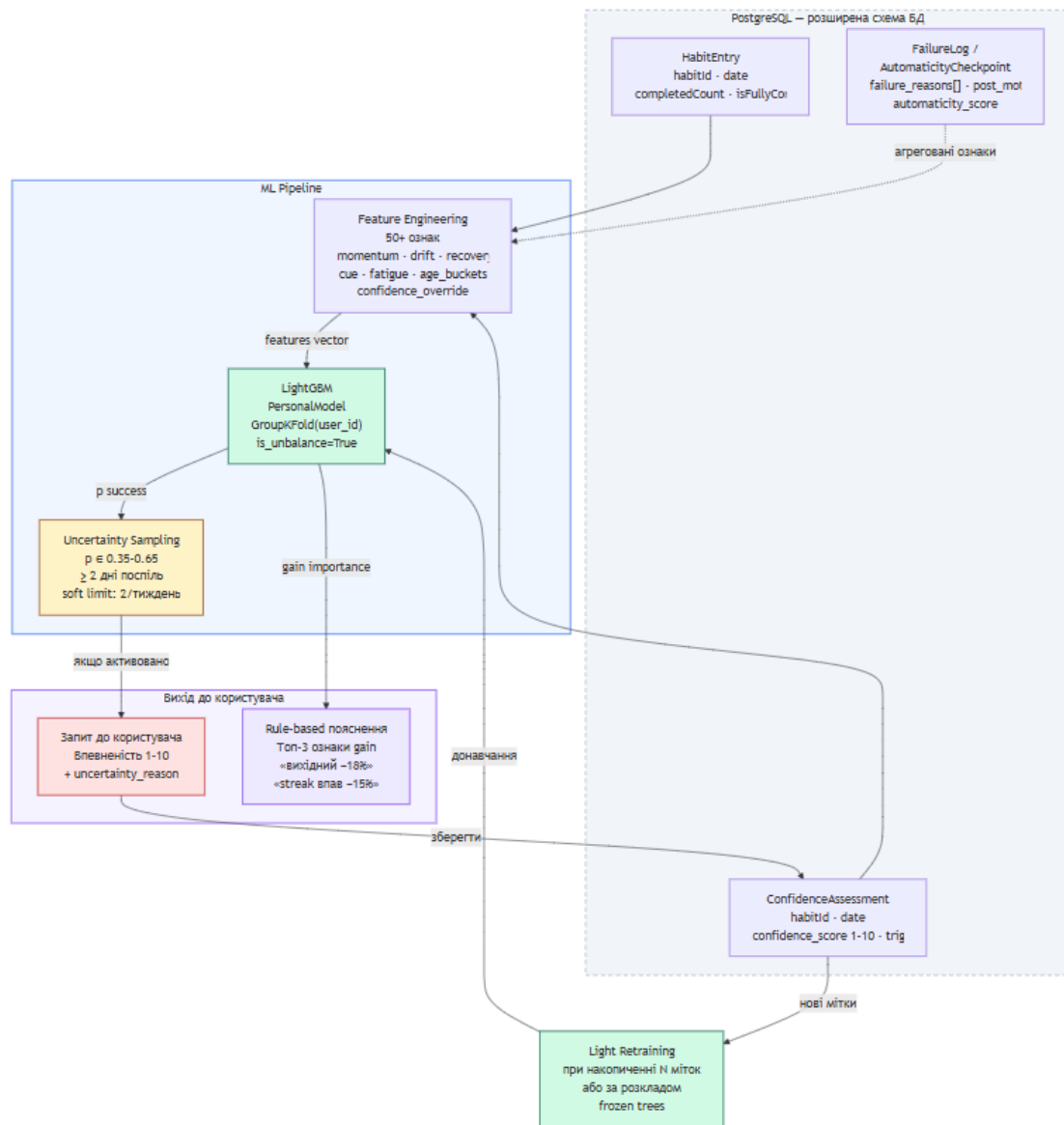


Рис. 1. Замкнена AL-петля: DB-сутності → Feature Engineering → LightGBM → uncertainty query → light retraining.

III. Оцінка

Для оцінки стратегії проведено агент-засновану симуляцію, калібровану на даних тестових користувачів системи HabitTracker. Параметри симуляції (розподіл completion rate, вплив streak та контексту на ймовірність виконання) підібрано відповідно до спостережуваних поведінкових патернів у застосунку. Вибірка: 24 181 HabitEntry, 235 користувачів, медіана completion rate 51% (змішаний розподіл: 25% easy – Beta(7,2), 45% medium – Beta(3,3), 30% hard – Beta(2,5)). Порівнювались 5 конфігурацій у двох часових вікнах: early (7–30 днів) та mid (31–90 днів) – методологія порівняння стратегій відповідає підходу benchmark-оцінювання pool-based AL [6]. Основна метрика – PR-AUC; допоміжна – Brier score (калібрація ймовірностей).

Табл. 1. PR-AUC та Brier Score по часових вікнах (early = 7–30 днів, mid = 31–90 днів)

Модель	PR-AUC early	Brier early	PR-AUC mid	Brier mid
Baseline (user mean)	0.9405	0.1755	0.9683	0.1942
LogReg passive	0.9485	0.1420	0.9750	0.0905
LightGBM passive	0.9391	0.1425	0.9712	0.1039
LightGBM full query	0.9462	0.1299	0.9729	0.0975
LightGBM + US (proposed)	0.9450	0.1439	0.9752	0.1052

Ключовий результат: uncertainty sampling досягає PR-AUC 0.9450 у ранньому вікні (+0.0059 відносно пасивного LightGBM) при скороченні запитів до користувача в 16.3 рази (6.1% днів проти 100% при повному опитуванні). Покращення PR-AUC у симуляції є скромним (+0.0059), оскільки синтетична мітка confidence не містить інформації понад пасивні ознаки; це консервативна оцінка, яка не враховує контекстуальну інформацію, яку реальний користувач надає органічно (заплановані події, зміна розпорядку). Варто зазначити, що LogReg дає конкурентний PR-AUC (0.9485) завдяки кращій калібрації при малій кількості записів; у вікні mid (31–90) різниця між методами зменшується, оскільки cold start втрачає критичність.

IV. Висновки

Запропонована система демонструє, що головним ефектом uncertainty sampling є не абсолютне зростання PR-AUC, а досягнення порівнянної якості при 16-кратно меншому навантаженні на користувача – 6.1% днів замість 100%. Архітектурна ізоляція ML-мікросервісу (Python/FastAPI) забезпечує *light retraining* без монополізації .NET-сервера: при накопиченні 50 нових міток або щотижня запускається `lgb.train(init_model=existing_model, num_boost_round=15, learning_rate=0.01, early_stopping_rounds=5)` – додаються нові дерева поверх наявних без перенавчання з нуля. Обмеження поточної версії: (а) відсутність глобальної моделі як prior для cold start (hierarchical Bayesian підхід або transfer learning від агрегованої моделі заплановані як наступний крок); (б) потенційний шум у *FailureLog* при неякісних відповідях, що потребує валідації перед підключенням BERT-embeddings для класифікації причин зривів. Принцип замкненої AL-петлі переноситься на суміжні домени: персоналізоване навчання, медичний комплаєнс, управління проектами.

V. Список використаних джерел

- [1] P. Lally, C. H. M. van Jaarsveld, H. W. W. Potts, and J. Wardle, “How are habits formed: Modelling habit formation in the real world,” *European Journal of Social Psychology*, vol. 40, no. 6, pp. 998–1009, 2010.
- [2] P. Ren, Y. Xiao, X. Chang, P.-Y. Huang, Z. Li, B. B. Gupta, X. Chen, and X. Wang, “A Survey of Deep Active Learning,” *ACM Computing Surveys*, vol. 54, no. 9, art. 180, pp. 1–40, Oct. 2021.
- [3] G. Ke, Q. Meng, T. Finley, T. Wang, W. Chen, W. Ma, Q. Ye, and T.-Y. Liu, “LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree,” in *Proc. 31st NeurIPS*, 2017, pp. 3149–3157.
- [4] I. Nahum-Shani, S. N. Smith, B. J. Spring, L. M. Collins, K. Witkiewitz, A. Tewari, and S. A. Murphy, “Just-in-Time Adaptive Interventions (JITAIs) in Mobile Health: Key Components and Design Principles for Ongoing Health Behavior Support,” *Annals of Behavioral Medicine*, vol. 52, pp. 446–462, 2018.
- [5] L. Grinsztajn, E. Oyallon, and G. Varoquaux, “Why do tree-based models still outperform deep learning on tabular data?” in *Proc. 36th NeurIPS Datasets and Benchmarks Track*, 2022.
- [6] X. Zhan, Q. Wang, K.-H. Huang, H. Xiong, D. Dou, and A. B. Chan, “A Comparative Survey: Benchmarking for Pool-based Active Learning,” in *Proc. 30th IJCAI*, 2021, pp. 4679–4686.

CLOSING THE ACTIVE LEARNING LOOP IN PERSONALIZED BEHAVIORAL PATTERN PREDICTION

Churikov Ihor, Talakh Mariia

ABSTRACT. A five-phase active learning pipeline with uncertainty sampling is proposed for personalized behavioral pattern prediction. The method reduces user annotation load 16-fold while maintaining comparable predictive quality, making it suitable for mobile applications.

KEYWORDS: active learning, LightGBM, habit formation, uncertainty sampling, personalization.

МОДУЛЬ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Шинкар Євген¹

¹Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна

E-mail: evhenshynkar85@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Перспективні напрями розвитку когнітивних технологій у структурах автоматизованих систем підтримки рішень сприяють підвищенню точності, адаптивності й надійності автономних систем військового призначення. Метою даного дослідження є розробка концептуальної моделі модуля прийняття рішень, створеного відповідно до принципів Specification-Driven Development (SDD), з метою підвищення ефективності автономних систем підтримки прийняття рішень у режимі реального часу для організації вантажних перевезень автомобільним транспортом з метою підвищення ефективності логістичного забезпечення. Робота присвячена розробці нових підходів в організації логістичного забезпечення підрозділів Збройних Сил України за допомогою використання ШІ і модуля підтримки прийняття рішень, що сприяє підвищенню точності, адаптивності й надійності автономних систем прийняття управлінських рішень та моделювання логістичних процесів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: перевезення автомобільним транспортом, ШІ, SDD, DSM.

I. Вступ

Сучасні тенденції розвитку штучного інтелекту (ШІ) в військових і технічних системах диктують необхідність створення структурованих методологій взаємодії людини та ШІ. Одним із перспективних підходів є Specification-Driven Development (SDD) – концепція, у якій специфікація виступає основним артефактом розробки, а ШІ-агенти здійснюють реалізацію, тестування та вдосконалення системи.

Початкові стадії російсько-Української війни і величезні втрати загарбників показали, що ефективне ведення бойових дій неможливе без швидкого реагування на ситуацію, яка складається, і своєчасного забезпечення необхідними ресурсами підрозділів Збройних Сил України. Це питання займає одне з ключових місць в процесі прийняття управлінських рішень.

Покращення організації військових транспортних перевезень підвищить своєчасність та ефективність забезпечення військ. Це може бути досягнуто за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій.

Використання ШІ і модулів підтримки прийняття рішень сприяє підвищенню точності, адаптивності й надійності автономних систем військового призначення для моделювання логістичних процесів та прийняття рішень.

II. Основна частина

Метою даного дослідження є розробка концептуальної моделі модуля прийняття рішень, створеного відповідно до принципів SDD, з метою підвищення ефективності автономних систем підтримки прийняття рішень у режимі реального часу для організації вантажних перевезень автомобільним транспортом. ШІ і модулі підтримки прийняття рішень дозволяють виконувати ланцюжки дій без постійного втручання людини, звітуючи лише про результат.

У процесі організації та плануванні перевезень вантажів виникають проблемні питання розподілу транспортних засобів, визначення потреби у вантажах, вибору транспортних засобів для їх перевезення з урахуванням специфіки майна, вибору кращих параметрів транспортування, тощо. Пропонується атоматизація подій, процесів, переходів між базовими подіями організації перевезень, де ШІ бере на себе "рутину" логістичного синтезу та аналізу.

Для вирішення проблем управління витратами під час організації перевезень майна застосовується один із методів лінійного програмування - транспортна задача [1]. Запропонована математична постановка задачі організації перевезень [2]. Результати розрахунків при моделюванні умов перевезень підтвердили необхідність врахування додаткових факторів під час здійснення розрахунків загальної вартості перевезення вантажу автомобільним транспортом у підрозділах [3].

Для проведення розрахунків організації перевезень, розподілу майна з складів забезпечення в підпорядковані підрозділи розроблено програмний модуль мовою Python, який реалізує алгоритм розрахунків. Алгоритм роботи програми, це послідовність етапів:

ініціалізація параметрів, введення вхідних даних, формування матричних структур, виконання обчислювальних процедур, нормування результатів, виведення результатів. Реалізація алгоритму базується на використанні матричних операцій та ітераційних процедур обробки даних, що забезпечує ефективність обчислень та масштабованість програмного рішення. Результати відображаються в табличній формі - цифрові значення кількості матеріально-технічних засобів для розподілу з складів в підрозділи, кількість маршрутів, загальна вартість або загальний час транспортування.

Для швидкого прийняття управлінських рішень пропонується програмна реалізація використання модуля прийняття рішень (Decision Support Module, DSM). Цей розвиток передбачає створення окремого об'єкта - модуля SDD_Engine, який готує дані для транспортного алгоритму.

Розвиток модуля прийняття рішень (Decision Support Module, DSM) у логістиці вантажних перевезень з використанням концепції SDD (System-Driven Decision-making / Simulation-Driven Design) доцільно розглядати, як еволюцію від детермінованих оптимізаційних моделей до інтегрованих інтелектуальних систем, що поєднують моделювання, аналіз даних та адаптивне управління.

Відповідно прийняття рішень базується на результатах:

- імітаційного моделювання;
- аналітичних моделей;
- потоків даних у реальному часі.

Етапи розвитку модуля прийняття рішень із використанням SDD:

1. Класичний етап (детерміновані моделі).

Використана для розгляду транспортна задача (лінійне програмування). Проте є недоліки: відсутність адаптації до змін, низька стійкість до невизначеності.

Класична оптимізаційна модель (транспортна задача) добре працює у статичних умовах і за чітких обмежень. У військових умовах (або в умовах швидких змін) ключовий дефіцит – керована адаптація:

- змінюються ризики маршрутів (обстріли, руйнування мостів);
- ресурсні обмеження (паливо, доступність та наявність водіїв, технічний стан автомобілів);
- цілі багатокритеріальні (час, безпека, пріоритет вантажу, прихованість завдання).

SDD вводить шар “керованої логіки” над оптимізатором: не просто “розв’язати задачу”, а “розв’язати задачу згідно умов виконання завдання, правил безпеки й застосування документів прихованого управління”.

2. Стохастичні та сценарні моделі.

Дозволяє включення випадкових величин. Особливість: поява сценарного аналізу, як основи SDD.

3. Імітаційно-аналітичні системи (ядро SDD).

Інтегрується імітаційне моделювання, оптимізацію та аналіз чутливості.

4. Інтелектуалізація модуля прийняття рішень (ШІ+ SDD).

Додається машинне навчання. SDD тут виступає як: генератор середовища для навчання, засіб валідації стратегій.

Пропонується наступна структура модуля прийняття рішень у організації вантажних перевезень на основі SDD:

- Модуль збору даних.
- Модуль моделювання (SDD-ядро).
- Оптимізаційний модуль.
- Модуль оцінки ризиків.
- Інтерфейс прийняття рішень. Замість простого виводу матриці, пропонується реалізувати «Панель прийняття рішень».

В даному дослідженні запропонований метод, який передбачає перехід від простого калькулятора до інтелектуальної системи, яка враховує динамічні ризики.

У попередніх дослідженнях [2,3] використовується лінійний розрахунок, а саме транспортна задача. Для модуля прийняття рішень розширюємо коефіцієнт впливу факторів реальних умов за допомогою SDD-матриці:

- Стратегічний шар: вибір глобальної мети (мінімізація часу, вартості або максимізація надійності).
- Операційний шар: автоматична корекція коефіцієнтів. Якщо ймовірність 0,5, система повинна не просто розрахувати час, а запропонувати альтернативний маршрут або заміну параметрів.
- Тактичний шар: розрахунок кількості рейсів для реального планування завантаження техніки.

У попередньому дослідженні [3] модуль виводу результатів базується на методах NW, MinCost та MODI. Розвиток модуля прийняття рішень передбачає додавання блоку валідації сценаріїв:

- Аналіз чутливості (до прикладу, модуль має показувати, як зміниться оптимальний план, якщо швидкість впаде на 20% через погодні умови).
- Обробка виродженості: автоматичне додавання змінних для того, щоб метод потенціалів завжди знаходив рішення без помилок NaN у Python/MatLab.

В результаті формується логістична карта, де для кожного з маршрутів вказано рівень ризику зриву термінів та іншу інформацію, згідно вимоги.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що запропонований підхід забезпечує:

- підвищення точності та обґрунтованості рішень;
- зростання стійкості перевезень до невизначеності та ризиків;
- оптимізацію розподілу ресурсів з урахуванням їх критичності;
- формування адаптивного та прогнозного управління транспортними потоками;
- інтеграцію даних, моделювання та оптимізації в єдину систему підтримки прийняття рішень.

III. Висновки

Запропоновано стохастичну багатокритеріальну модель організації вантажних перевезень, яка, на відміну від існуючих, інтегрує сценарно-орієнтований SDD-підхід із ризик-обмеженнями та функцією пріоритетного забезпечення підрозділів з урахуванням втрат у динамічному середовищі.

Запропоновано розроблення інтегрованого модуля прийняття рішень у організації вантажних перевезень автомобільним транспортом, що базується на SDD-підході та поєднує імітаційне моделювання сценаріїв із багатокритеріальною оптимізацією та адаптивним оновленням параметрів системи в умовах стохастичної невизначеності, що перетворює програму з математичної моделі на інструмент управління.

Науково-практичний результат полягає у переході від класичних моделей транспортної логістики до інтелектуалізованих систем управління перевезеннями автомобільним транспортом, здатних забезпечити ефективне функціонування військових логістичних мереж в умовах високої невизначеності, ризику та динамічності операційного середовища.

Розроблення інтегрованого модуля прийняття рішень у організації перевезень, що базується на SDD-підході, де ІІІ робить логістичний синтез та аналіз, забезпечує якісно новий рівень формалізації та ефективності логістичного забезпечення в умовах стохастичної невизначеності та динамічних загроз.

IV. Список використаних джерел

- [1] М.М. Глушик, І.М. Копич, О.С. Пенцак, В.М. Сороківський «Математичне програмування: навч. Посібник». Львів: «Новий Світ-2000», с. 216, 2005.
- [2] Є.В. Шинкар, О.О. Лаврут, Т.В. Лаврут «Метод лінійного програмування вирішення задачі доставки матеріально-технічних засобів в підрозділах тактичної ланки для підвищення ефективності логістичного забезпечення». *Військово-технічний збірник*, № 32, с.87-96, 2025.
- [3] Є.В. Шинкар «Зменшення витрат під час організації перевезень матеріально-технічних засобів шляхом вирішення транспортної задачі». *Військово-технічний збірник*, Том 33 №2, с.80-85, 2025.

USING AI IN LINGUISTICS RESEARCH: ESSENTIAL BENEFITS

Shumeiko Natalia^{1,2}

¹Bratislava University of Economics and Business, Bratislava, Slovakia

²AMBIS vysoká škola, Bratislava, Slovakia

E-mail: natalia.shumeiko@euba.sk

ABSTRACT. The article provides a brief overview of the benefits of using AI in linguistics research. The use of AI in synchronic and diachronic English linguistics research and corpus linguistics research is theoretically outlined.

KEYWORDS: artificial intelligence, English, language acquisition, synchronic and diachronic linguistics, corpus linguistics.

I. Introduction

Research in linguistics and intercultural communication today focuses on language use in speaking, writing, and reading across different times and among people from different social groups and countries. The study of language change over time (the diachronic aspect), the analysis of transformations at the linguistic and grammatical levels, and the functioning of language in today's reality (the synchronic aspect) are important areas of research in linguistics. In the modern multilingual world, where AI is part of everyday life, it is also used in studies on linguistics. This article provides a brief overview of the benefits of using AI in linguistics research.

II. Findings

The characteristics of the benefits. AI is applicable in linguistics research [1, 2, 3, 4]. Using the modern capabilities of Natural Language Processing (NLP), Deep Learning (DL), and Machine Learning (ML) (1), researchers explore aspects of language acquisition and linguistic features.

Table 1

AI in Linguistics Research	
AI resources	Capabilities
NLP	Automated analysis of linguistic data
DL	Machine translation, speech recognition
ML	Language modeling, text classification

Source: adapted from [7]

AI supports one in acquiring a foreign language [5, 6]. Essential benefits of using AI in linguistics research include efficiency and scalability, accuracy and precision, identification of hidden patterns, automation of language tasks, and interdisciplinary collaboration [7].

Efficiency and scalability. AI resources help researchers process large volumes of linguistic data. AI resources serve as time-savers by providing details and assisting in the completion of linguistics-related activities. This is particularly valuable when datasets are extensive and complex. Scientists [7] believe that “AI techniques enable researchers to process and analyze large volumes of linguistic data efficiently. Natural Language Processing (NLP) algorithms, in particular, automate the extraction of linguistic features from text, allowing researchers to analyze vast corpora of written and spoken language in a fraction of the it would take using traditional manual methods.”

Accuracy and precision. In our view, this is a very controversial question at the moment. On the one hand, AI can process a large amount of data. If a person processes the same amount of data, errors can occur. On the other hand, AI tools can also make mistakes. So, the researcher has to control, check, and verify the quality of AI-processed information. But despite this, AI is an obvious helper. AI is applicable in complicated analytical procedures. AI resources, such as BERT [8] and ChatGPT, can detect subtle linguistic features that may be overlooked in a researcher's analysis. It is worth noting that “Machine Learning (ML) algorithms are trained on large datasets of annotated linguistic data, enabling them to learn complex patterns and relationships within the language” [7].

Identifying hidden patterns. AI can uncover trends and structures within linguistic data that are not immediately visible. It is notable that “by applying ML and Deep Learning (DL) algorithms to linguistic data, researchers can identify hidden correlations, associations, and trends, leading to new

discoveries and insights in areas such as language variation, language change, and discourse analysis” [7]. This AI-supported analysis can contribute to deeper theoretical insights.

Automation of language tasks. Tasks such as writing annotations, transcriptions, data classification, spoken-language transcription, and translation can be automated using AI. This automation allows researchers to focus on interpretation, conducting analysis, and theory-building rather than wasting time on time-consuming routine processes.

Interdisciplinary collaboration. Linguistics is a science. Today, with AI resources, linguists conduct research across interdisciplinary fields. Computer science supports investigations. This promotes innovative methodologies and expands the scope of linguistic research. By using AI resources, researchers can collaborate on projects across disciplines that require knowledge of linguistics and a basic understanding of other disciplines (psychology, philosophy, computational linguistics).

So, AI is a resource. It complements traditional linguistic approaches. It enhances both the depth and the breadth of linguistics research.

Applicability of AI in the research of synchronic and diachronic English linguistics: the theoretical view. The above-mentioned benefits of using AI in linguistics research are obvious. AI can enhance research in synchronic and diachronic linguistics. Raclavský [9] pointed out, that “*a synchronic investigation of language deals with a language or its parts studied as a fixed phenomenon existing at a given moment of time, whereas a diachronic investigation of language concerns the development of language or its parts over time.*” Let us take a look at English linguistics. In research on synchronic English linguistics (note: the examination of language-related aspects of phonology, syntax, semantics, and discourse, and how they function in present-day language), the benefits of AI use are apparent. AI enables the analysis of large amounts of contemporary language-related data. Such an analysis allows researchers to identify patterns of variation in how people communicate in modern multicultural reality. Diachronic English linguistics (note: it investigates the development and evolution of the English language over time, historical changes in vocabulary, grammar, pronunciation, and meaning from, relatively speaking, Shakespeare's time to modern days) research can also be supported by AI. Why? And what for? To understand how and why linguistic features emerge, shift, or disappear across different historical periods. AI can automate research tasks. In diachronic research, AI facilitates tracking linguistic change over time.

AI-supported research in corpus linguistics. AI-supported research in corpus linguistics involves using AI to analyze large collections of texts (corpora). These texts can include books, social media posts, and publications in academic journals. To analyze data quickly, researchers resort to AI. How can AI assist in the research? It is helpful in analyzing how people use certain words and how grammar changes over time. AI is especially useful for studying multilingual communication. AI can help understand communication problems. As a result, AI makes corpus linguistics more efficient. And AI helps researchers better understand how language functions in the real world today. Incelli [10] wrote: “*corpus linguistics combined with AI can also play a significant role in promoting multilingualism and cross-cultural communication. As globalization continues, the need for effective communication across languages and cultures is more critical than ever. AI-powered tools that leverage multilingual corpora can help break down language barriers, enabling people from different linguistic backgrounds to communicate seamlessly.*”

AI in a multicultural language reality. There are AI-based tools that support social integration and communication, particularly in a multicultural context. AI technology supports people's aspirations to communicate effectively in everyday life. AI is relatively effective in machine translation (decoding and generation of the text), providing voice assistance (decoding and generation of spoken language), automatic text generation, localization (adaptation of text, digital content, software to specific cultural contexts), automatic categorization of text (for example, product descriptions for online market platforms), and sentiment analysis (recognition and categorization of words associated with positive and negative emotions). In a migration context, people can use AI translation apps to translate government forms or fill out documents. AI tools, such as Duolingo, are effective for second- or third-language acquisition [11].

III. Conclusion

In summary, the integration of AI into linguistics research marked the beginning of a new era of exploration. NLP, ML, and DL enable the analysis of linguistic data with high accuracy and efficiency, revealing patterns that are often inaccessible without AI technology. So, AI has uncovered additional options for conducting research in linguistics. AI-driven technology has expanded a range of methodological approaches.

Despite these benefits, challenges persist regarding the data quality provided by AI. And this is the theme for discussion in future articles. The concerns relate to ethical issues and to multilingual and multiethnic aspects that AI-generated data (texts, translations) does not cover. Addressing these concerns requires adherence to ethical standards and a more precise view on the development of AI-driven methodology.

IV. References

- [1] M. Q. Shormani, "What fifty-one years of linguistics and artificial intelligence research tell us about their correlation: A scientometric analysis," *Artificial Intelligence Review*, vol.58, p. 379, 2025, doi.org/10.1007/s10462-025-11332-5
- [2] R. Laghari, "The Intersection of Linguistics & AI," *Medium*, 2025. [Online]. Available: <https://medium.com/@riazleghari/the-intersection-of-linguistics-ai-77663945d4dd>
- [3] R. S. Rosenberg, "Artificial intelligence and linguistics: a brief history of a one-way relationship," in *Proc. Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society*, pp 379-392. 1975
- [4] M. Q. Shormani, "Linguistics contribution to artificial intelligence: Where this contribution lies? arXiv, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.20221>
- [5] N. Shumeiko, K. Osadcha, and M. Spišáková, *Why Artificial Intelligence? AI Tools in Information Technology and Foreign Language Education at the Tertiary Level*. Berlin, Germany: Peter Lang Verlag, 2025, 210 p., doi: 10.3726/b23215
- [6] N. Shumeiko and M. Spišáková, "Acquisition of English as a Foreign Language and Resources for Teaching in a Time of Generative Artificial Intelligence (AI)," in *Application of AI in the Teaching and Learning of English as a Foreign Language (EFL)*. IGI Global, 2025, pp. 1–40. [Online]. Available: <https://www.igi-global.com/book/application-teaching-learning-english-foreign/361715>
- [7] E. S. Groenewald, S. Pallavi, S. Rani, P. Singla, E. Howard, and C. A. Groenewald, "Artificial Intelligence in Linguistics Research: Applications in Language Acquisition and Analysis," *Naturalista Campano*, vol. 28, no. 1, 2024.
- [8] J. Devlin, M. W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, "BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding," in *Proc. NAACL-HLT 2019*, vol. 1, pp. 4171–4186, 2019. [Online]. Available: <https://aclanthology.org/N19-1423/>
- [9] J. Raclavský, "A Model of Language in a Synchronic and Diachronic Sense," In *Stalmaszczyk, Piotr. Łódź Studies in English and General Linguistic 2: Issues in Philosophy of Language and Linguistic*. 1st ed. Łódź: Łódź University Press, pp. 109-123. 2014.
- [10] E. Incelli, "Exploring the Future of Corpus Linguistics: Innovations in AI and Social Impact," *International Journal of Mass Communication*, vol. 3, pp. 1–10, 2025, doi: 10.6000/2818-3401.2025.03.01.
- [11] B. Schneider, "Multilingualism and AI: The Regimentation of Language in the Age of Digital Capitalism," in *Signs and Society*, vol. 10(3), pp.362-387, 2022, doi:10.1086/721757

ВИКОРИСТАННЯ ШІ В ЛІНГВІСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ

Наталя Шумейко

АНОТАЦІЯ. У статті подано короткий огляд переваг використання ШІ в лінгвістичних дослідженнях. Теоретично окреслено потенціал застосування ШІ для дослідження системи англійської мови в синхронічному та діахронічному аспектах, а також у корпусній лінгвістиці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, англійська мова, вивчення мови, синхронія та діахронія у лінгвістиці, корпусна лінгвістика.

*****.

НАПРЯМ 3. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ЕКОНОМІЦІ



TRACK 3. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ECONOMY

НАПРЯМ 3. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ЕКОНОМІЦІ

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ ДЕКОМПОЗИЦІЇ ЗАДАЧ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Артюшенко Максим¹, Швець Дмитро¹, Котов Ігор¹

¹Криворізький національний університет, Кривий Ріг, Україна

E-mail: shvets@knu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено використання ШІ для автоматичної декомпозиції задач тестування ПЗ. Проаналізовано переваги генерації тестів, підвищення їх точності та існуючі обмеження моделей. Обґрунтовано ефективність синергії ШІ та людини для оптимізації процесу та покращення якості продукту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: декомпозиція, розробка, тестування, штучний інтелект.

I. Вступ

Використання штучного інтелекту в процесі розробки програмного забезпечення поступово змінює підходи до планування та виконання тестування. Однією з ключових проблем у тестуванні є правильна декомпозиція задач, тобто поділ складного завдання на менші підзадачі, які можна окремо перевіряти. Традиційно цей процес виконується тестувальником або командою розробників спільно з менеджером проєкту. Такий підхід вимагає значних часових витрат і значною мірою залежить від суб'єктивного досвіду та експертизи спеціалістів, що нерідко призводить до ефекту «вузького місця» на етапі планування. Сучасні інтелектуальні системи дозволяють ефективно автоматизувати значну частину цієї рутинної роботи. Шляхом глибокого аналізу текстових вимог, структури наявного коду, технічної документації та очікуваної поведінки системи, інструменти штучного інтелекту здатні швидко формувати оптимальну ієрархію задач, прискорюючи перехід безпосередньо до фази тестування.

II. Основна частина

Автоматична декомпозиція задач за допомогою штучного інтелекту полягає у використанні алгоритмів, які можуть аналізувати опис функціональності програмного продукту і визначати логічні підзадачі для подальшого тестування. Наприклад, модель може розділити складний сценарій використання системи на окремі кроки. Це значно спрощує створення тестових сценаріїв, тест-кейсів та тестових даних і дозволяє швидше охопити більшу кількість можливих варіантів роботи системи.

Ще однією перевагою використання штучного інтелекту є можливість аналізу великих обсягів даних, таких як історія змін у репозиторіях коду, попередні дефекти або результати виконання тестів. На основі цих даних система може пропонувати оптимальну структуру декомпозиції задач або навіть генерувати первинні варіанти тестів. Це допомагає зменшити кількість пропущених помилок і підвищує якість програмного продукту. Крім того, автоматизована декомпозиція сприяє стандартизації процесу тестування, оскільки рішення приймаються на основі алгоритмів, а не виключно людського досвіду.

У наукових дослідженнях також розглядаються різні підходи до автоматичної генерації тестів на основі вимог. Наприклад, у роботі, присвяченій автоматичному створенню acceptance-тестів із текстових вимог, показано, що за допомогою методів обробки природної мови можна автоматично сформувати значну частину тестових випадків. У проведеному дослідженні було встановлено, що приблизно 71,8 % тест-кейсів можуть бути згенеровані автоматично. Також система змогла виявити додаткові сценарії тестування, які були пропущені під час ручного проєктування тестів. [1]

Іншим напрямом досліджень є використання великих мовних моделей та агентних систем для автоматичної генерації тестових артефактів. У сучасних роботах пропонуються архітектури, що поєднують мовні моделі з механізмами навчання з підкріпленням, які

дозволяють системі покращувати якість згенерованих тестів на основі зворотного зв'язку від інженерів з якості. Експериментальні результати показали підвищення точності генерації тестів до 97,2 % та збільшення ефективності виявлення дефектів приблизно на 10 %. [2]

Додатковою складністю є те, що моделі можуть неправильно інтерпретувати вимоги або специфічну бізнес-логіку системи, особливо якщо вони сформульовані неоднозначно або містять доменні особливості. У наукових оглядах зазначається, що такі системи можуть демонструвати нестабільні результати та генерувати тестові сценарії, які не повністю відповідають реальній поведінці програмного забезпечення. [3]

Разом із тим, впровадження штучного інтелекту в процес тестування має певні обмеження. Моделі штучного інтелекту потребують великої кількості даних для навчання і можуть іноді неправильно інтерпретувати складні або неоднозначні вимоги. Тому на практиці найефективнішим є комбінований підхід, коли автоматичні інструменти допомагають у декомпозиції задач, а остаточні рішення приймаються фахівцями команди розробки та тестування. Така взаємодія людини і алгоритмів дозволяє досягти балансу між швидкістю автоматизації та якістю аналізу. [4]

III. Висновки

Підсумовуючи, можна стверджувати, що використання алгоритмів штучного інтелекту для автоматичної декомпозиції задач тестування є одним з найбільш перспективних напрямів розвитку інженерії програмного забезпечення. Цей підхід дозволяє суттєво скоротити час на підготовку тестових артефактів, зменшити ризик людського фактора, підвищити загальну ефективність процесу та покращити якість кінцевого продукту, пришвидшуючи його вихід на ринок. Водночас аналіз показує, що найкращі результати наразі забезпечує гібридний формат роботи, де штучний інтелект виступає в ролі інтелектуального асистента, а фінальна валідація та прийняття рішень залишаються за фахівцем. Подальший розвиток технологій великих мовних моделей та машинного навчання може призвести до створення повністю автономних систем підтримки розробників і тестувальників. Очікується, що такі системи зможуть не тільки адаптивно аналізувати задачі в режимі реального часу, а ще й автоматично переглядати стратегії тестування при зміні бізнес-вимог, підвищуючи власну точність на основі зворотного зв'язку.

IV. Список використаних джерел

- [1] J. Fischbach, J. Frattini, A. Vogelsang, D. Mendez, M. Unterkalmsteiner, A. Wehrle, P. R. Henao, P. Yousefi, T. Juricic, J. Radduenz, C. Wiecher, "Automatic Creation of Acceptance Tests by Extracting Conditionals from Requirements: NLP Approach and Case Study". Feb. 2022. Accessed: Apr. 3, 2026. [Online]. Available: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.00932>
- [2] M. Hariharan, "Reinforcement Learning Integrated Agentic RAG for Software Test Cases Authoring". Dec. 2025. Accessed: Apr. 3, 2026. [Online]. Available: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.13550>
- [3] A. Celik and Q. H. Mahmoud, "A Review of Large Language Models for Automated Test Case Generation," *Mach. Learn. Knowl. Extraction*, vol. 7, no. 3, p. 97, Sep. 2025. Accessed: Apr. 3, 2026. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/make7030097>
- [4] H. R. Singh, "Harnessing the Power of AI in Software Testing," *Int. J. Scientific Res. Publications*, vol. 15, no. 7, pp. 112–130, Jul. 2025. Accessed: Apr. 3, 2026. [Online]. Available: <https://doi.org/10.29322/ijserp.15.07.2025.p16312>

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR AUTOMATIC DECOMPOSITION OF SOFTWARE DEVELOPMENT TASKS

Artushenko Maksym, Shvets Dmytro, Kotov Ihor

ABSTRACT. The publication examines the use of artificial intelligence to automatically decompose software testing tasks. It analyzes the advantages of test generation, improvements in their accuracy, and the existing limitations of the models. The effectiveness of the synergy between AI and human expertise in optimizing processes and improving product quality is substantiated.

KEYWORDS: decomposition, development, testing, artificial intelligence.

ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РЕКЛАМНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ІНФРАСТРУКТУРИ ТОВАРНОГО РИНКУ

Базарна Ольга¹

¹Академія праці, соціальних відносин і туризму, Київ, Україна

E-mail: ovbazarna@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено застосування технологій штучного інтелекту в рекламній діяльності інфраструктури товарного ринку, визначено основні інструменти, переваги та практичні аспекти використання, а також їх вплив на ефективність маркетингових комунікацій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, реклама, маркетинг, Big Data, персоналізація.

I. Вступ

У сучасних умовах цифрової трансформації економіки рекламна діяльність зазнає суттєвих змін під впливом новітніх технологій. Однією з ключових інновацій є використання штучного інтелекту (ШІ), який дозволяє автоматизувати процеси аналізу даних, оптимізації рекламних кампаній та взаємодії зі споживачами.

Інфраструктура товарного ринку охоплює торговельні мережі, логістичні системи, маркетингові агентства та цифрові платформи, що забезпечують просування товарів. У цьому контексті реклама виступає важливим інструментом формування попиту та впливу на поведінку споживачів.

Згідно з дослідженнями, використання ШІ у маркетингу дозволяє підвищити ефективність рекламних кампаній до 30-40 % за рахунок точного таргетингу та персоналізації [1].

II. Основна частина

2.1. Теоретичні основи використання ШІ в рекламі

Штучний інтелект – це сукупність технологій, що дозволяють системам виконувати завдання, які зазвичай потребують людського інтелекту, зокрема навчання, аналізу та прийняття рішень [2].

У рекламній діяльності ШІ застосовується через такі підходи:

- машинне навчання (Machine Learning);
- обробка природної мови (NLP);
- комп'ютерний зір;
- нейронні мережі.

Ці технології дозволяють обробляти великі обсяги даних (Big Data), що формуються в результаті взаємодії користувачів із цифровими платформами [3].

2.2. Інструменти штучного інтелекту в рекламній діяльності

Серед основних інструментів ШІ, які використовуються в інфраструктурі товарного ринку, можна виділити:

1. Системи рекомендацій
2. Використовуються для формування персоналізованих пропозицій (наприклад, Amazon, Netflix). Вони аналізують історію покупок та поведінку користувачів [4].
3. Програматик-реклама (Programmatic Advertising)
4. Автоматизоване купівля та розміщення реклами в реальному часі за допомогою алгоритмів ШІ [5].

3. Чат-боти та голосові асистенти

Забезпечують комунікацію з клієнтами 24/7 та підвищують рівень обслуговування.

4. Аналіз поведінки користувачів

Алгоритми визначають закономірності у поведінці споживачів і прогнозують їхні дії.

У процесі цифровізації інфраструктури товарного ринку важливу роль відіграє інтеграція технологій штучного інтелекту в рекламну діяльність. Для кращого розуміння взаємозв'язків між основними елементами цієї системи доцільно представити узагальнену схему (Рис. 1).

Як показано на Рис. 1, штучний інтелект виступає центральним елементом, який об'єднує процеси збору даних, їх аналізу та реалізації рекламних стратегій. Це дозволяє забезпечити ефективну взаємодію між суб'єктами ринку та кінцевими споживачами.

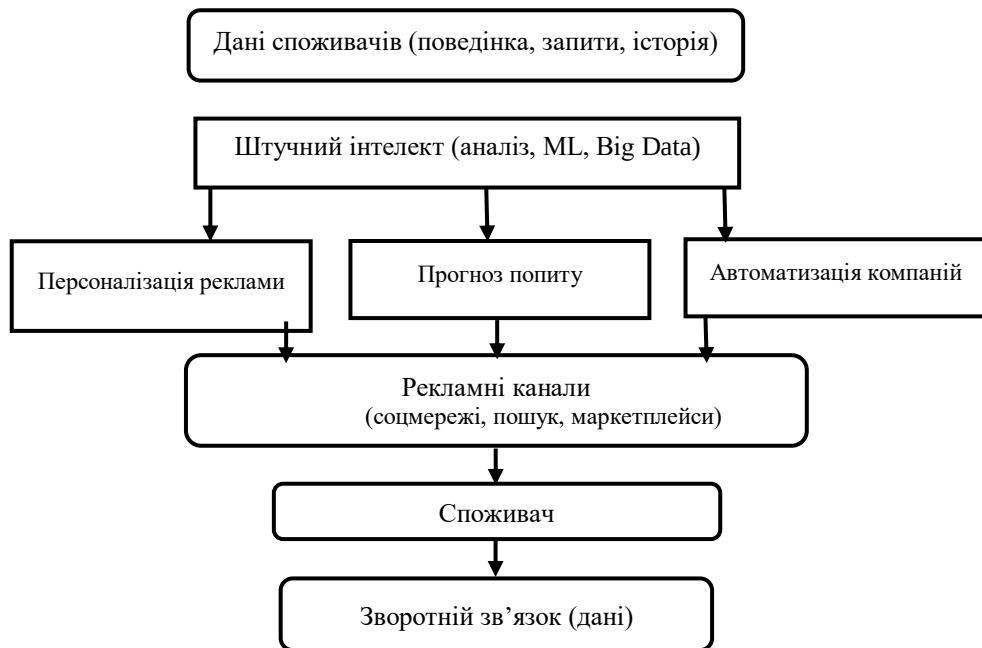


Рис. 1. Схема застосування штучного інтелекту в рекламній діяльності інфраструктури товарного ринку

Як видно з Рис. 1, ключовим елементом системи є штучний інтелект, який забезпечує обробку великих масивів даних про споживачів. На основі отриманої інформації формуються персоналізовані рекламні повідомлення, прогнозується попит і автоматизуються рекламні кампанії. Важливою складовою є також зворотний зв'язок, який дозволяє постійно вдосконалювати алгоритми та підвищувати ефективність рекламної діяльності.

2.3. Модель ефективності рекламної діяльності

Ефективність реклами із застосуванням ШІ можна представити у вигляді функції:

$$E = f(D, A, P, T) \quad (1)$$

де:

E – ефективність рекламної кампанії;

D – обсяг даних;

A – алгоритми аналізу;

P – персоналізація;

T – технологічна платформа.

Збільшення кожного з параметрів сприяє підвищенню ефективності рекламної діяльності [6].

2.4. Практичні приклади використання ШІ

1. Google Ads. Використовує алгоритми машинного навчання для оптимізації ставок і таргетингу реклами.
2. Facebook Ads. Аналізує поведінку користувачів для створення максимально релевантних рекламних оголошень.
3. Amazon. Застосовує рекомендаційні системи, які генерують до 35 % продажів [4].
4. Український ринок. Компанії активно впроваджують чат-боти, персоналізовану email-рекламу та CRM-системи з елементами ШІ.

2.5. Переваги та ризики використання ШІ

Переваги:

- підвищення точності таргетингу;
- автоматизація процесів;
- економія ресурсів;
- покращення клієнтського досвіду.

Ризики:

- порушення конфіденційності даних;
- залежність від технологій;
- можливі алгоритмічні упередження [7].

Таблиця 1

Порівняння традиційної та AI-реклами		
Критерій	Традиційна реклама	AI-реклама
Таргетинг	Загальний	Персоналізований
Швидкість	Низька	Висока
Ефективність	Середня	Висока
Аналітика	Обмежена	Глибока

Інфраструктурні виклики товарного ринку в умовах регіоналізації та геоекономічної нестабільності набувають системного характеру. Переорієнтація потоків товарів і капіталів у регіональні формати посилює навантаження на транспортну, логістичну, енергетичну та цифрову інфраструктуру та потребує комплексної модернізації. Основним викликом є дезінтеграція глобальних ланцюгів постачання, що стимулює формування локалізованих виробничо-логістичних моделей і регіональних хабів, потребуючи значних інвестицій у транспортні та складські системи й цифрову інтеграцію. Технологічна фрагментація інфраструктури, зумовлена різними темпами цифрової трансформації, вимагає уніфікації стандартів, посилення кібербезпеки та узгодженого правового регулювання. Інституційні бар'єри, пов'язані зі слабкою координацією та регуляторною нестабільністю, ускладнюють реалізацію інфраструктурних рішень. Інфраструктурні виклики товарного ринку, обумовлені регіоналізацією та геоекономічною нестабільністю, мають комплексний характер і потребують багаторівневої відповіді, що включає модернізацію логістичної інфраструктури, посилення регіональної кооперації, цифрову інтеграцію та інституційну узгодженість політик розвитку [8].

III. Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що технології штучного інтелекту є важливим інструментом підвищення ефективності рекламної діяльності в інфраструктурі товарного ринку. Їх використання забезпечує автоматизацію процесів аналізу великих масивів даних, підвищує точність таргетингу та сприяє формуванню персоналізованих рекламних повідомлень, що значно впливає на поведінку споживачів і рівень конверсії.

Визначено, що основними напрямками застосування штучного інтелекту є програматик-реклама, рекомендаційні системи, чат-боти та аналітичні платформи, які дозволяють оптимізувати рекламні кампанії в режимі реального часу. Практичні приклади використання таких технологій свідчать про їх здатність забезпечувати конкурентні переваги суб'єктам ринку та підвищувати ефективність маркетингових комунікацій.

Разом із тим встановлено, що впровадження штучного інтелекту супроводжується певними ризиками, зокрема питаннями захисту персональних даних, етичності використання алгоритмів та залежності від цифрових технологій. Це зумовлює необхідність комплексного підходу до впровадження ШІ, який поєднує технологічні інновації з нормативним регулюванням.

Отже, використання штучного інтелекту в рекламній діяльності інфраструктури товарного ринку є перспективним напрямом розвитку, що забезпечує підвищення ефективності, гнучкості та адаптивності маркетингових стратегій в умовах цифрової економіки.

Таким чином, використання технологій штучного інтелекту є ключовим фактором підвищення ефективності рекламної діяльності інфраструктури товарного ринку. Вони забезпечують глибокий аналіз даних, персоналізацію комунікацій та автоматизацію процесів.

Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні алгоритмів ШІ, підвищенні їх прозорості та адаптації до вимог цифрової економіки.

Перспективи подальших досліджень у сфері застосування технологій штучного інтелекту в рекламній діяльності інфраструктури товарного ринку пов'язані з удосконаленням алгоритмів

персоналізації та підвищенням точності прогнозування поведінки споживачів. Особливу увагу доцільно приділити розвитку моделей, що враховують не лише історичні дані, а й контекстні фактори, такі як соціально-економічні умови, сезонність та індивідуальні психологічні характеристики користувачів. Це дозволить формувати більш релевантні рекламні повідомлення та підвищити ефективність маркетингових стратегій.

Крім того, актуальним напрямом досліджень є забезпечення етичності та прозорості використання штучного інтелекту в рекламі. Зокрема, необхідно розробляти механізми захисту персональних даних, запобігання алгоритмічній дискримінації та підвищення довіри споживачів до цифрових платформ. Перспективним також є вивчення інтеграції штучного інтелекту з іншими інноваційними технологіями, такими як блокчейн та інтернет речей (IoT), що може суттєво трансформувати інфраструктуру товарного ринку та створити нові можливості для розвитку рекламної діяльності.

IV. Список використаних джерел

- [1] McKinsey & Company, “The State of AI in 2022,” 2022.
- [2] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Pearson, 2021.
- [3] V. Mayer-Schönberger and K. Cukier, *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
- [4] G. Linden, B. Smith, and J. York, “Amazon.com recommendations: Item-to-item collaborative filtering,” *IEEE Internet Computing*, vol. 7, no. 1, pp. 76-80, 2003.
- [5] A. Goldfarb and C. Tucker, “Digital economics,” *Journal of Economic Literature*, vol. 57, no. 1, pp. 3-43, 2019.
- [6] D. Chaffey and F. Ellis-Chadwick, *Digital Marketing*, 7th ed. Pearson, 2019.
- [7] European Commission, “Ethics Guidelines for Trustworthy AI,” 2019.
- [8] Н. В. Писаренко, І. С. Чорнодід, Ю. О. Ярмоленко, О. В. Буткевич та О. В. Базарна, “Трансформація світового економічного порядку під впливом регіоналізації, інфраструктурних викликів товарного ринку та економічного лідерства,” *Актуальні питання економічних наук*, 2025. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18002374>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN ADVERTISING ACTIVITIES OF MARKET INFRASTRUCTURE

Bazarna Olha

ABSTRACT. The paper analyzes the use of artificial intelligence technologies in advertising activities of market infrastructure, identifies key tools and evaluates their impact on marketing efficiency.

KEYWORDS: artificial intelligence, advertising, marketing, Big Data, personalization.

BRIDGING NETWORK SCIENCE AND DEEP LEARNING FOR FINANCIAL MARKET FORECASTING: AN INTEGRATED FEATURE ENGINEERING PERSPECTIVE

Bielinskyi Andrii^{1,2}, Soloviev Vladimir^{1,3}, Matviychuk Andriy¹, Tepliuk Mariia¹

¹Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine

²State University of Economics and Technology, Kryvyi Rih, Ukraine

³South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky, Odesa, Ukraine

E-mail: bielinskyi@kneu.dp.ua

ABSTRACT. Financial markets are inherently complex, dynamic systems whose behavior emerges from the interplay of thousands of interacting agents and instruments. Neither classical statistical models nor isolated deep learning architectures fully capture this structural complexity. This position paper proposes and surveys an integrated feature engineering pipeline that couples network science – specifically, graph-theoretic descriptors of inter-asset and temporal dependency structures – with modern machine and deep learning architectures, including recurrent networks, convolutional models, attention-based transformers, and graph neural networks. We argue that network-derived features serve as a principled, interpretable bridge between the structural properties of markets as complex systems and the pattern recognition capacity of contemporary learning algorithms, and that their systematic integration represents one of the most promising open directions in computational finance.

KEYWORDS: financial networks, deep learning, feature engineering, graph neural networks, complex systems.

I. Introduction

The problem of forecasting financial market movements sits at the intersection of several deep challenges: non-stationarity, heavy-tailed distributions, regime changes, and the reflexive influence of market participants on the very prices they observe. Classical time series models – ARIMA, GARCH, and their extensions – address some of these challenges but are structurally limited to univariate or low-dimensional settings and cannot represent the collective dynamics that govern systemic behavior [1].

The rise of machine learning and, more recently, deep learning has dramatically expanded the modeling toolkit available to financial researchers. Recurrent neural networks, convolutional architectures, and transformer models can capture complex temporal dependencies across many assets simultaneously, while ensemble methods such as gradient boosting and random forests offer robust nonlinear regression and classification. Yet these data-driven approaches share a common limitation: they operate on raw price or return sequences, treating assets as independent channels and discarding the rich structural information encoded in inter-asset relationships [2].

Network science provides exactly what is missing. By representing markets as graphs – where nodes are assets, time points, or economic entities, and edges encode correlations, causal flows, or visibility relationships – one gains access to a vocabulary of structural descriptors that characterize market topology at multiple scales. The key insight motivating this paper is that these descriptors are not merely diagnostic tools: they are features. When computed in rolling windows and fed into learning algorithms alongside price-based inputs, network indicators provide a structurally grounded signal about collective market state that demonstrably complements what raw returns alone can reveal [3].

This paper surveys the conceptual architecture of such an integrated pipeline, reviews the evidence for each of its components, and identifies the methodological conditions under which the combination is most likely to yield reliable and interpretable predictive gains.

II. The Network Feature Engineering Pipeline

The integrated pipeline we propose consists of four stages: market graph construction, network descriptor computation, feature preparation and selection, and learning model training and evaluation. Each stage involves non-trivial design choices whose consequences propagate through the entire system.

Graph construction. The most common approach constructs a correlation graph from a rolling window of asset returns, thresholded or filtered via minimum spanning tree (MST) or planar maximally filtered graph (PMFG) algorithms to retain only the most economically significant links [4]. Alternative constructions include partial correlation networks, which remove indirect effects and yield sparser, more interpretable graphs; Granger-causal networks, which encode directed predictive relationships between return series; and visibility graphs, which map univariate price trajectories onto networks whose topology reflects the geometric structure of the time series [5]. Each construction emphasizes different aspects of market dependency, and multi-view feature banks that combine descriptors from several graph types have been shown to outperform single-construction approaches.

Network descriptors. From each graph, one extracts a vector of structural indicators. Degree-based features – average degree, degree heterogeneity, hub concentration – capture the distribution of connectivity. Spectral features – the leading eigenvalue of the correlation or adjacency matrix, the algebraic connectivity (second eigenvalue of the Laplacian), the spectral gap, and natural connectivity – summarize global cohesion and robustness. Topological features – clustering coefficients, transitivity, average path length, global efficiency, and small-worldness – characterize the local and global navigability of the graph. Mesoscopic features – modularity, community count, and the entropy of community membership distributions – encode the degree of sectoral segregation. Together these indicators form a compact, interpretable representation of market structure at a given point in time [3, 6].

Temporal feature construction. Because both the graph construction and the prediction target are defined over rolling windows, careful alignment is required to prevent look-ahead bias. Network features computed at time t must use only data available strictly before t . Lagged versions of each descriptor – capturing short-term trends in structural indicators – further enrich the feature space.

Feature standardization within rolling windows ensures stationarity of scale and enables fair comparison across indicators with different natural units [1, 7].

III. Deep Learning Architectures for Network-Enriched Inputs

Recurrent networks (LSTM / GRU). Long short-term memory and gated recurrent unit networks are the natural architecture for sequential feature vectors, as they maintain internal state across time steps and can learn complex dependencies at multiple lags. When network indicators are included alongside conventional technical features, recurrent models can learn to weight structural signals differently across market regimes – for instance, assigning greater importance to connectivity measures during high-volatility periods. Several empirical studies report that the addition of network-derived inputs to LSTM forecasters reduces directional prediction error compared to price-only baselines, particularly around crisis episodes where structural topology shifts most rapidly [2, 8].

Convolutional models (CNN). Convolutional neural networks applied to multivariate time series – treating the feature-by-time input as a two-dimensional signal – offer efficient extraction of local temporal patterns through learned filters. When network features are stacked as additional channels alongside return and volume series, convolutional architectures can identify recurring combinations of structural and price-based signals that precede directional moves. One-dimensional CNNs along the temporal axis, and two-dimensional CNNs over feature maps constructed from correlation matrices directly, both have empirical support in the literature [9]. The latter approach, treating the correlation matrix itself as an image and applying image classification techniques, has demonstrated competitive performance in regime detection tasks.

Attention mechanisms and transformers. Transformer architectures, originally developed for natural language processing, apply multi-head self-attention to learn which time steps and feature dimensions are most relevant for a given prediction. In financial applications, this is particularly appealing because market dynamics are non-stationary: the informative lag structure changes across regimes, and attention weights can adapt accordingly. Network indicators fed into transformer encoders allow the model to selectively amplify structural signals during periods when market topology is most informative – for instance, when community dissolution or centrality spikes precede a correction. Recent architectures combine positional encodings of temporal features with cross-asset attention over graph-structured inputs, effectively learning dynamic importance weights for network descriptors [2, 7].

Graph neural networks (GNN / GAT). While the preceding architectures treat network indicators as a pre-computed feature vector, graph neural networks operate directly on the graph structure, propagating information along edges through learned message-passing functions. Graph attention networks (GAT) generalize this by weighting neighbor messages according to learned attention coefficients, allowing the model to focus on the most relevant inter-asset connections at each time step. Applied to dynamically evolving financial graphs, GNNs can capture how structural changes propagate through the market and produce asset-level or market-level predictions that incorporate topological context without manual feature engineering. Dynamic graph architectures that jointly model temporal evolution and cross-sectional structure represent the current frontier of this approach [3, 9].

IV. Methodological Requirements and Open Challenges

The most critical methodological requirement in any financial prediction pipeline is the prevention of temporal leakage. When network features are computed from rolling windows, adjacent windows share most of their data, creating strong autocorrelation in the feature sequence. Standard k -fold cross-validation applied to such data is invalid, as future information contaminates the training set. Purged and embargoed walk-forward validation – where a gap at least as wide as the feature window separates training from test periods – is the appropriate protocol, though it substantially reduces the effective sample size available for model fitting [1, 7].

A second challenge is the high dimensionality and mutual redundancy of network feature spaces. When descriptors are computed across multiple graph constructions, window lengths, and lag horizons, the feature count can easily reach into the hundreds. Mutual information filtering, stability-driven selection, and regularization are all necessary components of a robust pipeline. Feature

redundancy also interacts with the choice of learning algorithm: distance-based methods such as k -nearest neighbors are particularly sensitive to irrelevant dimensions, while tree ensembles and linear models with L_1 regularization perform implicit variable selection [6].

The interpretability of the resulting models is a third open challenge. Deep learning architectures trained on network features can achieve strong predictive performance, but the learned representations are often opaque. Techniques such as attention visualization, integrated gradients, and SHAP values can illuminate which network indicators drive predictions in specific market environments, but connecting these attributions back to economic mechanisms remains non-trivial. This interpretability gap is one reason why the feature engineering pipeline – where network indicators retain their original meaning throughout – offers advantages over fully end-to-end graph learning for applications where explanation is as important as accuracy [5, 8].

V. Conclusions

The integration of network science and deep learning represents a natural and promising convergence for financial market forecasting. Network-derived features, encoding the structural topology of inter-asset dependency graphs in rolling windows, provide a principled representation of collective market dynamics that raw price sequences alone cannot capture. Fed into recurrent, convolutional, attention-based, or graph-structured learning architectures, these features consistently add predictive value, particularly for regime detection, directional classification, and systemic risk assessment.

We have argued that the feature engineering pipeline, where network indicators are computed explicitly and passed as interpretable inputs to downstream models, offers a pragmatic and scientifically transparent path forward. It combines the structural intuition of network science with the flexibility of modern deep learning while preserving the interpretability necessary for economic reasoning and model validation.

Key open problems include the development of network construction methods robust to non-stationarity and heteroskedasticity, principled multi-view feature aggregation across graph types and window scales, and rigorous leakage-free evaluation frameworks that account for the autocorrelated nature of rolling-window features. Addressing these challenges will be essential for realizing the full potential of the network-learning integration in computational finance.

References

- [1] M. L. De Prado, *Advances in Financial Machine Learning*. John Wiley & Sons, 2018.
- [2] Z. D. Akşehir and E. Kılıç, “Analyzing the critical steps in deep learning-based stock forecasting: A literature review”, *PeerJ Computer Science*, vol. 10, 2024.
- [3] M. Patel, K. Jariwala, and C. Chattopadhyay, “A systematic review on graph neural network-based methods for stock market forecasting”, *ACM Computing Surveys*, vol. 57, no. 2, 2024.
- [4] G. Marti et al., “A review of two decades of correlations, hierarchies, networks and clustering in financial markets”, *Progress in Information Geometry*, pp. 245–274, 2021.
- [5] T. Wen, H. Chen, and K. H. Cheong, “Visibility graph for time series prediction and image classification: A review”, *Nonlinear Dynamics*, vol. 110, no. 4, pp. 2979–2999, 2022.
- [6] Y. Zhou et al., “Analysing and forecasting co-movement between innovative and traditional financial assets based on complex network and machine learning”, *Research in International Business and Finance*, vol. 64, 2023.
- [7] M. M. Kumbure et al., “Machine learning techniques and data for stock market forecasting: A literature review”, *Expert Systems with Applications*, vol. 197, 2022.
- [8] O. Omole and D. Enke, “Deep learning for Bitcoin price direction prediction: Models and trading strategies empirically compared”, *Financial Innovation*, vol. 10, no. 1, 2024.
- [9] Z. Lei et al., “DR-GAT: Dynamic routing graph attention network for stock recommendation”, *Information Sciences*, vol. 654, 2024.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЗАСОБИ ПРОГНОЗУВАННЯ ГРУПОВОЇ ДИНАМІКИ ЛЮДСЬКИХ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА

Горобець Владислав¹, Льовкін Валерій¹

¹Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

E-mail: vliovkin@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Мета роботи полягала в дослідженні проблеми прогнозування групової динаміки людських ресурсів підприємства на основі реалізації програмного забезпечення для підвищення ефективності управління людськими ресурсами. Методологія дослідження ґрунтується на застосуванні засобів системного аналізу, алгоритмів машинного навчання. Для досягнення мети успішно досліджено модель на вибірці даних стосовно точності отриманих результатів та програмно її реалізовано.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: прогнозування, класифікація, плинність кадрів, людські ресурси, машинне навчання.

I. Вступ

У випадку забезпечення в діяльності підприємства принципів управління якістю, створення системи управління якістю, сертифікації такої системи плинність людських ресурсів має бути низькою, оскільки це безпосередньо пов'язано з принципами задіяності персоналу, процесного підходу, прийняття рішень на основі фактичних даних і керування взаємовідносинами [1]-[2].

Оскільки сукупно за виконання перелічених принципів якості кожен працівник повинен бути задіяним у реалізації виробничих процесів, то зміна працівників, яка не є запланованою зі сторони підприємства, може мати значний вплив на діяльність. Тому за умов необхідності забезпечення сертифікаційного рівня для діяльності компанії потрібно забезпечувати системні принципи, враховуючи зв'язки між всіма сторонами діяльності підприємства. Без врахування одночасно і сертифікаційних принципів, і системних принципів підприємству буде неможливо добиватись сталого успіху в довгостроковій перспективі.

Відповідно потрібно розуміти і те, якою загалом буде плинність людських ресурсів на підприємстві, і те, якою буде шлях кожного окремого працівника на підприємстві, таким чином маючи можливість планувати всі ті процеси, в яких задіяний кожен працівник.

В сучасних умовах в Україні працівники нерідко вимушено або за власного бажання змінюють місце проживання, таким чином змінюючи і робоче місце. Неврахування даного фактору може бути критичним для підприємства в підсумку.

Оскільки проблема плинності людських ресурсів є актуальною, то є цілий ряд робіт, в яких досліджується розв'язання цієї проблеми. Всі їх можна розділити на 2 групи.

Перша група досліджень передбачає, що відбувається прогнозування групової динаміки людських ресурсів через встановлення єдиного показника у вигляді відсотка звільнених працівників. Прикладами таких досліджень є роботи [3] і [4]. У такому випадку не забезпечується класифікація окремих працівників, а прогнозується єдиний показник.

У роботі [3] прогнозування реалізується на основі ласо-регресії, методів Random Forest та Gradient Boosting.

У роботі [4] використовуються методи Random Forest, XGBoost, дерева рішень, логістична регресія, метод опорних векторів, метод k-найближчих сусідів та 2 глибокі моделі на основі архітектури Transformer.

Друга група досліджень відповідає тій концепції, яка закладена в цій роботі. У такому випадку відбувається класифікація кожного працівника, а вже з цих результатів можна узгодити єдиний показник. Наприклад, у дослідженні [5] для цього використовуються регресійні моделі.

II. Модель прогнозування групової динаміки людських ресурсів підприємства

Мета роботи полягала в дослідженні проблеми прогнозування групової динаміки людських ресурсів підприємства на основі реалізації програмного забезпечення для підвищення ефективності управління людськими ресурсами.

Прогнозування групової динаміки людських ресурсів підприємства має бути забезпечено шляхом індивідуальної класифікації кожного працівника за ймовірністю його звільнення за

певний період часу. Для цього має бути визначено відповідну модель класифікації, а далі її програмно реалізовано у складі програмного забезпечення з відповідними функціональними можливостями.

У роботі проаналізовано декілька алгоритмів машинного навчання, які можуть використовуватися для класифікації працівників за ймовірністю їх звільнення та які можуть бути застосовані для створення відповідної моделі.

Random Forest – це ансамблевий метод машинного навчання, який ґрунтується на побудові великої кількості дерев прийняття рішень для підвищення точності прогнозів та зменшення ризику перенавчання [6].

Оскільки метод Random Forest дозволяє узагальнювати властивості, які виділяють окремі дерева, то для подальшого дослідження було використано саме його.

Оскільки набір даних, який використовується для навчання, може містити велику кількість вхідних ознак, а частина з них може бути неінформативною, то було використано наступний принцип для забезпечення роботи з моделлю класифікації на основі методу Random Forest. Відбір інформативних ознак здійснювався на основі використання критерію χ^2 . Ознаки з високими значеннями χ^2 (більшими за 0,5) були визначені як ключові для моделі, тоді як малозначущі характеристики ($\chi^2 < 0,2$) вилучались, що підвищувало інтерпретованість моделі та знижувало ризик перенавчання.

Цей підхід також є важливим у випадках, коли кількість ознак є обмеженою, проте не всі з них є інформативними.

Для очищення та корекції даних було вирішено проводити перевірку на наявність пропущених значень у атрибутах. Виявлені пропуски було запропоновано замінювати медіанними значеннями.

Було запропоновано виконувати видалення дубльованих записів та застосовувати скореговані категоріальні змінні, що мали різні формати запису.

III. Експериментальне дослідження прогнозування групової динаміки людських ресурсів підприємства

На початковому етапі експериментального дослідження здійснено завантаження відкритого набору даних Employee/HR Dataset (ALL in One) [7], який містить інформацію про персонал підприємства у форматі CSV. До складу даних входили змінні, що характеризують особисті, професійні та адміністративні атрибути співробітників.

Для імпортування даних у середовище Python використовувалися функціональні можливості бібліотеки pandas зі зчитуванням інформації з CSV-файлів безпосередньо у структуру DataFrame.

Вибір ознак проводиться, щоб визначити найбільш релевантні змінні, які мають статистично значущий вплив на залежну змінну. Було використано клас SelectKBest з бібліотеки scikit-learn, що призначений для відбору ознак. Даний підхід дозволяє кількісно оцінити силу зв'язку між кожною незалежною змінною та цільовою ознакою, що є оптимальним для завдань класифікації.

Після розрахунків було відібрано підмножину найбільш інформативних параметрів (Табл. 1).

Найбільшу точність результатів дозволила отримати модель на основі методу Random Forest – 0,8966, при цьому логістична регресія мала точність 0,81. Це підтверджує ефективність застосування запропонованої моделі на основі Random Forest, при цьому враховуючи, що попередньо були відібрані тільки інформативні ознаки, а ця логіка була також застосована і для логістичної регресії.

Оцінка інформативності ознак моделі класифікації

Ознака	Статистичний критерій (χ^2)
Pay_Zone	5,1594
Performance_Score	3,5923
Age_Status	1,3811
Title	1,2955
Work_Experience_Status	0,9397
Marital_Status	0,8429
Employee_Status	0,6509
Department_Type	0,2352
Employee_Classification_Type	0,2137
Current_Employee_Rating	0,1406
Race	0,0004

IV. Висновки

У роботі виконано дослідження проблеми прогнозування групової динаміки людських ресурсів підприємства на основі реалізації програмного забезпечення для підвищення ефективності управління людськими ресурсами. Запропоновано модель прогнозування групової динаміки людських ресурсів підприємства на основі використання методу Random Forest. Запропоновану модель було порівняно під час проведення експериментального дослідження з логістичною регресією. Модель на основі методу Random Forest мала вищу точність порівняно з аналогом на рівні 0,8966. Це дозволяє рекомендувати її для подальшого практичного застосування.

IV. Список використаних джерел

- [1] ДСТУ ISO 9000:2015 (ISO 9000:2015, IDT). Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
- [2] ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT). Системи управління якістю. Вимоги. Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
- [3] S.O. Onal, M. Pak, J.P. Leider, "Using Machine Learning Methods to Examine Turnover Rates in State Health Agencies", *Journal of Public Health Management & Practice*, 32 (1S), p. S68-S75, 2026. doi: 10.1097/PHH.0000000000002251.
- [4] C. Zhang, W. Han, "Ensembles of decision trees and gradient-based learning for employee turnover rate prediction", *PeerJ Computer Science*, 10, 2024. doi: 10.7717/peerj-cs.2387.
- [5] K. Redelinghuys, "Assessing the Impact of Person-Environment fit on Turnover Intention Through Multiple Linear Regression", *Psychological Reports*, 128 (6), p. 4641-4662, 2025. doi: 10.1177/00332941231219957.
- [6] M. Rose, H. Hassen, "Survey of random forest pruning techniques", *Computer Science & Information Technology*, 9 (18), p. 99-109, 2019. doi: 10.5121/csit.2019.91808.
- [7] R.S. Rana. Employee/HR Dataset (All in One). URL: <https://www.kaggle.com/datasets/ravindrasinghrana/employeeedataset>

INTELLIGENT TOOLS FOR FORECASTING GROUP DYNAMICS OF HUMAN RESOURCES IN AN ENTERPRISE

Horobets Vladyslav, Lovkin Valerii

ABSTRACT. The objective of the work was to study the problem of forecasting group dynamics of human resources in an enterprise based on the implementation of software to improve the efficiency of human resources management. The research methodology is based on the application of systems analysis tools, machine learning algorithms. To achieve the objective, the model was successfully tested on a sample of data regarding the accuracy of the obtained results and was implemented in software.

KEYWORDS: : forecasting, classification, employee turnover, human resources, machine learning.

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЕКОНОМІЧНОМУ УПРАВЛІННІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІНАНСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД УКРАЇНИ В ПЕРІОД ПОВОЄННОГО ВІДРОДЖЕННЯ

Даниленко Юрій¹, Шульжик Юрій¹

¹Міжрегіональна академія управління персоналом, Київ, Україна

E-mail: lg_k@ukr.net

АНОТАЦІЯ. У статті розглядається застосування штучного інтелекту в економічному управлінні як засобу підвищення ефективності фінансового забезпечення розвитку територіальних громад України в період повоєнного відродження. Проаналізовано потенціал ШІ для оптимізації бюджетного планування, прогнозування фінансових потреб громад та підтримки сталого соціально-економічного розвитку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, економічне управління, фінансове забезпечення, розвиток громад, повоєнне відродження.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку України характеризується складними соціально-економічними викликами, зумовленими військовими діями та необхідністю відновлення територіальних громад після війни. У цьому контексті особливого значення набуває ефективне фінансове забезпечення розвитку місцевих громад, що передбачає раціональне планування бюджетних ресурсів, прогнозування потреб населення та підтримку сталого економічного розвитку.

II. Основна частина

Штучний інтелект (ШІ) виступає сучасним інструментом, здатним значно підвищити ефективність управління фінансовими ресурсами та реалізації публічної політики на місцевому рівні [1].

Застосування ШІ в економічному управлінні дозволяє здійснювати автоматизований аналіз великих масивів даних щодо економічного стану громад, оцінки доходів і видатків, потреб у соціальних програмах та інфраструктурних проектах. Алгоритми машинного навчання та моделі прогнозування допомагають оптимізувати розподіл бюджетних коштів, передбачати потенційні дефіцити та ефективніше використовувати обмежені ресурси. Це особливо важливо для територіальних громад, які постраждали від війни та потребують оперативного та стратегічного підходу до відновлення [3].

Фінансове забезпечення розвитку громад включає кілька ключових напрямів: формування місцевих бюджетів, залучення інвестицій, реалізацію соціально-економічних програм, а також контроль за використанням ресурсів. Інтеграція ШІ дозволяє здійснювати більш точну оцінку потреб населення, прогнозувати економічні та демографічні зміни, а також аналізувати ефективність вже реалізованих заходів. Наприклад, системи на основі ШІ можуть моделювати сценарії розвитку громади, оцінювати вплив різних фінансових рішень та пропонувати оптимальні стратегії використання ресурсів [2].

Особливої уваги заслуговує використання ШІ для підтримки відновлення інфраструктури та соціальних послуг у постраждалих громадах. Аналіз даних про стан доріг, шкіл, лікарень, житлового фонду та комунальних мереж дозволяє визначати пріоритети фінансування та скорочувати час реагування на критичні потреби. Крім того, інтеграція цифрових платформ для управління фінансами та соціальними проектами підвищує прозорість процесів, що сприяє довірі громадян до органів місцевого самоврядування [4].

Важливою складовою є прогнозування економічної стійкості громад та оцінка ризиків, пов'язаних з дефіцитом фінансових ресурсів [5]. ШІ дозволяє моделювати різні сценарії, включаючи можливі зміни надходжень до бюджету, коливання цін на ресурси та потреби у відновленні соціальної інфраструктури. Це допомагає органам влади приймати зважені рішення, планувати довгострокові інвестиції та уникати неефективного використання коштів [6].

Окрім економічного аспекту, ШІ також сприяє соціальній інтеграції громад через аналіз потреб різних соціальних груп, таких як внутрішньо переміщені особи, ветерани та малозабезпечені верстви населення. Використання алгоритмів для збору та обробки інформації дозволяє створювати індивідуалізовані програми підтримки, оцінювати ефективність соціальних заходів і спрямовувати ресурси туди, де вони потрібні найбільше. Це

сприяє зменшенню соціальної нерівності, зміцненню довіри громадян до влади та підвищенню рівня згуртованості територіальних громад [3].

В умовах повоєнного відновлення особливо актуальною є інтеграція ІІІ у процес залучення інвестицій та грантових ресурсів. Аналітичні системи на основі ІІІ дозволяють оцінювати потенціал розвитку громад, прогнозувати економічну ефективність інвестиційних проєктів та обирати пріоритетні напрями фінансування. Це допомагає зосереджувати ресурси на стратегічно важливих об'єктах та проєктах, що сприяють відновленню та розвитку місцевих економік [1].

III. Висновки

Таким чином, застосування штучного інтелекту в економічному управлінні фінансовими ресурсами територіальних громад є ефективним інструментом для підвищення результативності публічної політики відновлення та розвитку громад. Воно дозволяє поєднувати економічну ефективність із соціальною справедливістю, забезпечувати прозорість процесів та зміцнювати довіру населення до органів місцевого самоврядування. Подальший розвиток цифрових технологій та впровадження ІІІ в систему управління фінансами стане ключовим фактором успішного повоєнного відродження українських громад [4].

IV. Список використаних джерел

- [1] Brynjolfsson E., McAfee A. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W. W. Norton & Company, 2014. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.wwnorton.com/books/9780393239355?utm_source=chatgpt.com.
- [2] Gorokhova L. V. Соціальна політика України: становлення та розвиток. [Електронний ресурс]. Доступно: https://ppdnz.com.ua/index.php/home/article/view/350?utm_source=chatgpt.com.
- [3] OECD. *Artificial Intelligence in Society*. Paris: OECD Publishing, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.oecd.org/publications/artificial-intelligence-in-society-1f8e9a9e-en.htm>.
- [4] United Nations. *E-Government Survey 2022: The Future of Digital Government*. New York: United Nations, 2022. [Електронний ресурс]. Доступно: https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2022?utm_source=chatgpt.com.
- [5] Квасний Л.Г., Квасний З.В., Даниленко Ю.В., Гацков О.А., Строгуш Ю.Б. Проблеми управління фінансовим забезпеченням розвитку територіальних громад в Україні. Публічне управління і політика. №1. 2025. С. 47 – 57. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.eu-scientists.com/index.php/pmap>.
- [6] Ye J., Jindal N., Pierri F., Luceri L. *Online Networks of Support in Distressed Environments*. arXiv, 2023. [Електронний ресурс]. Доступно: https://arxiv.org/abs/2304.04327?utm_source=chatgpt.com.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ECONOMIC MANAGEMENT TO ENHANCE THE EFFECTIVENESS OF FINANCIAL SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF TERRITORIAL COMMUNITIES IN UKRAINE DURING THE POST-WAR RECOVERY PERIOD

Danylenko Yuriy, Shulzhyk Yuriy

ABSTRACT. The article examines the application of artificial intelligence in economic management as a tool to enhance the effectiveness of financial support for the development of territorial communities in Ukraine during the post-war recovery period. The potential of AI for optimizing budget planning, forecasting the financial needs of communities, and supporting sustainable socio-economic development is analyzed.

KEYWORDS: artificial intelligence, economic management, financial support, community development, post-war recovery.

API AS A SERVICE VS. MODEL FINE-TUNING: A COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS FOR TASK-ORIENTED AI SYSTEMS

Zhelezniak-Kranh Illia¹

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

E-mail: illiakrang@gmail.com

ABSTRACT. This paper presents a comparative economic analysis of two approaches to implementing task-oriented AI systems: the use of cloud APIs for large language models (LLMs) and fine-tuning of open models using LoRA/QLoRA methods. Based on peer-reviewed research data, it is established that the correct choice of

approach can reduce costs by 5-29 times. A decision-making framework is proposed based on request volume and planning time horizon.

KEYWORDS: LLM API, fine-tuning, LoRA, neural network, TCO, AI monetization.

I. Introduction

The large language model (LLM) market is experiencing rapid growth: over 2 million developers use LLMs in their products, and generative AI has become a strategic priority for startups and corporations [1]. Development teams and enterprises face a fundamental business dilemma: pay for a cloud API monthly or make a one-time investment in fine-tuning their own model? The answer to this question significantly affects both current operational costs and the long-term competitiveness of an AI product.

Training an LLM from scratch remains financially inaccessible for the vast majority of organizations: the estimated cost of training GPT-4 exceeds \$100M [2]. This has led to two practical alternatives: (1) using ready-made cloud APIs that provide access to powerful models via a per-token payment model, and (2) fine-tuning open pre-trained models (Llama, Mixtral, etc.) for a specific domain task. Both approaches have fundamentally different cost profiles, and choosing between them requires detailed economic analysis.

The aim of this paper is a systematic comparison of the “API as a service” and “fine-tuning” approaches according to key economic indicators – initial costs, inference cost, performance stability, and the break-even point – based on peer-reviewed research data.

II. Approach 1: LLM API as a Service

Cloud APIs for large language models (OpenAI GPT-4, Anthropic Claude, Google Gemini) implement a per-token payment model: the consumer pays a fixed rate for each processed token with no upfront investment. According to the study by Irugalbandara et al. [1], as of December 2023, the GPT-4 API cost was \$0.03 per 1K input tokens and \$0.06 per 1K output tokens. At an average traffic of 1,000 requests per day with 1,000 input tokens and 1,000 output tokens per request, this generates \$2,700 per month, or \$32,400 per year. As traffic grows to 360,000 requests per day, costs reach \$1,000,000 per month [1]. Thus, the API approach is an OPEX model: costs increase linearly with usage volume.

Beyond cost, practical API usage has revealed significant operational limitations. Researchers recorded a substantial variation in OpenAI API latency over a 24-hour period – from 3.4 to 8.6 seconds per request [1]. In November 2023 alone, the service experienced four major outages and three partial failures, some lasting over 3 hours. Additionally, the token limit (1,000 tokens/min for the OpenAI API) caused request failures even with a forced 10-second pause between them, increasing real latency from 300 ms to over 5 seconds [1]. This makes the API approach risky for production environments where predictability is critical.

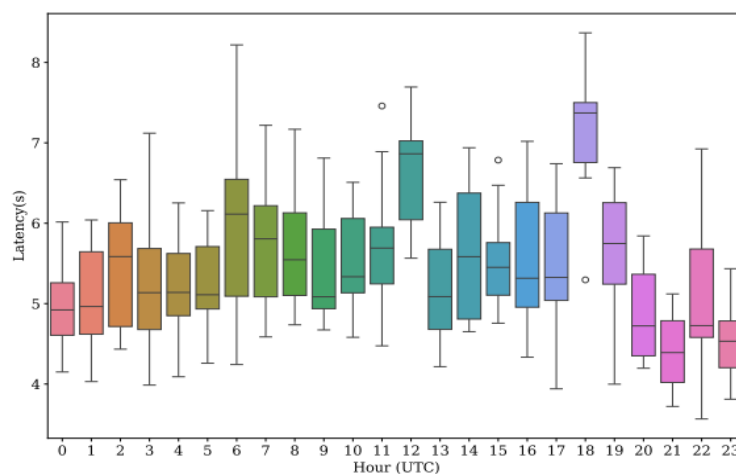


Fig. 1. OpenAI API latency variation over 24 hours. Adapted from [1].

From an advantages perspective, the API approach offers zero upfront costs, fast time to market (hours instead of months), as well as access to the latest model versions without the need for

independent infrastructure maintenance. Netguru [3] notes that ready-made AI solutions “transform significant upfront costs into manageable operational expenses” through a subscription model from \$200–\$400/month for small applications. However, as usage volume grows, this model becomes economically unfavorable compared to alternatives.

III. Approach 2: Fine-Tuning Open Models

Fine-tuning is the process of additionally training a pre-trained open model (Llama 2, Mixtral, Mistral, etc.) on a proprietary domain-specific dataset. Unlike training from scratch, which requires thousands of GPU hours, fine-tuning can be performed on one or two GPUs in a relatively short time [2]. The most common technique is LoRA (Low-Rank Adaptation) and its quantized version QLoRA: the method freezes the base model's weights and adds small low-rank adaptation matrices to the transformer layers, significantly reducing GPU memory usage and the number of trainable parameters [2].

The study by Xia et al. [2] based on profiling the fine-tuning of Mixtral-8x7B and BlackMamba models on an NVIDIA A40 GPU (48 GB) revealed several key patterns. First, fine-tuning converges relatively quickly: as a rule, 10 epochs are sufficient to stabilize accuracy at peak level. Second, the sparse MoE model (sparse fine-tuning) achieves the same accuracy as its dense counterpart but supports a larger batch size and provides higher throughput due to lower memory consumption [2]. Third, the MoE layer is the most time-consuming component – it accounts for an average of 85% of total execution time, and matrix multiplication within the MoE layer is the main bottleneck.

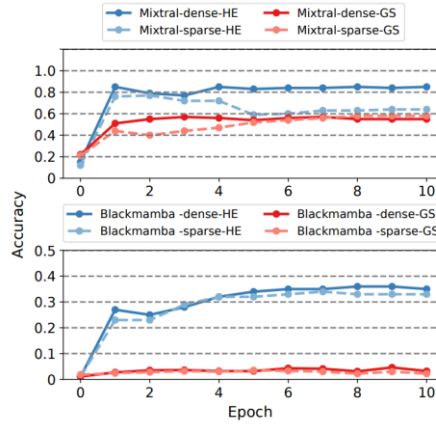


Fig. 2. Fine-tuning accuracy of Mixtral and BlackMamba depending on the number of epochs. Adapted from [2].

Regarding cost, the authors developed and validated an analytical cost estimation model for cloud-based fine-tuning. Table IV in [2] shows results for Mixtral on the GS dataset with sparse MoE and 10 training epochs: on an A40 GPU (48 GB) the cost is \$32.7, on an A100 (80 GB) – \$25.4, on an H100 (80 GB) – \$17.9. Scaling to a realistic production dataset of 2 million requests (such as OpenOrca), the model estimates costs of approximately **\$3,460 on NVIDIA H100** – significantly less than any upfront pre-training costs [2].

Table 1. Estimated fine-tuning cost for Mixtral (sparse MoE, 10 epochs). Source: [2].

GPU	Mem	MBS	Throughput	Cost (\$/hr)	Cost (\$)
A40	48GB	4	1.01	0.79	32.7
A100	80GB	17	2.74	1.67	25.4
H100	80GB	17	4.90	2.1	17.9

From a quality and latency perspective, the study [1] compared 9 open SLMs in 29 configuration variants against the GPT-4 API in a real production application. Results showed that GPT-4 received the highest average human evaluator score (5.9/10), yet several SLMs came close: Vicuna:7b-q3 (5.6), neural-chat:7b-q2 (5.3), Starling-lm:7b (5.1) [1]. At the same time, self-hosted SLMs demonstrate significantly more stable latency: variation over 24 hours is less than 0.01 s/token, while the OpenAI API

varies from 3.4 to 8.6 s per request [1]. In terms of inference cost, self-hosted SLMs provide a cost reduction of 5-29 times compared to the GPT-4 API at 80% AWS instance utilization [1].

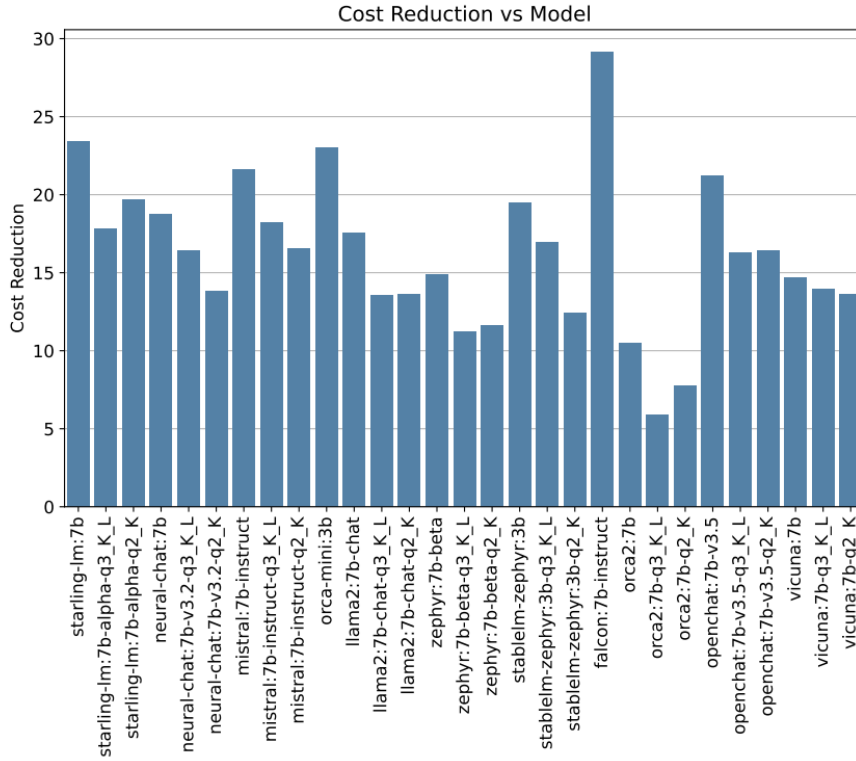


Fig. 3. Cost reduction of self-hosted SLMs relative to the GPT-4 API (AWS g4dn, 80% utilization). Adapted from [1].

IV. Comparative Analysis and Break-Even Point

A consolidated comparison of both approaches by key economic and operational criteria is presented in Table 2.

Table 2
Comparison of LLM API and Fine-Tuning Approaches by Key Criteria

Criterion	LLM API (GPT-4, Claude)	Fine-tuning (LoRA/QLoRA)
Initial Costs	~\$0	\$1,000 – \$12,000
Time to Launch	Hours	Days – Weeks
Quality on Specific Task	Average (general)	High (domain-specific)
Per-token Cost (inference)	\$0.03–\$0.06 / 1K tokens (GPT-4)	\$0.002–\$0.012 / 1K tokens
Data Privacy	Limited (data on provider server)	Full (self-hosted)
Vendor Dependency	High (uptime, token limits)	Low
Latency Stability	Unstable (3.4–8.6 s variation/24 hrs)	Stable (self-hosted)
Annual Maintenance	Included in subscription	10–20% of implementation cost
Payback Period (break-even)	Immediate (OPEX model)	6–16 months

The break-even point is determined by the formula:

$$T = \frac{C_{ft}}{C_{api} - C_{host}}$$

where T is the number of months, C_{ft} is the one-time fine-tuning cost, C_{api} is the current monthly API cost, C_{host} is the monthly hosting cost for the self-hosted model. With typical parameters (\$8,000 for fine-tuning and \$500/month in savings), the break-even is reached in 16 months [3]. For a startup with 1,000 requests/day traffic and GPT-4 API (~\$2,700/month) and a fine-

tuning cost of \$3,460, the break-even occurs in approximately 2 months at a self-hosted cost of ~\$953/month (AWS g4dn with Mistral-7B) [1].

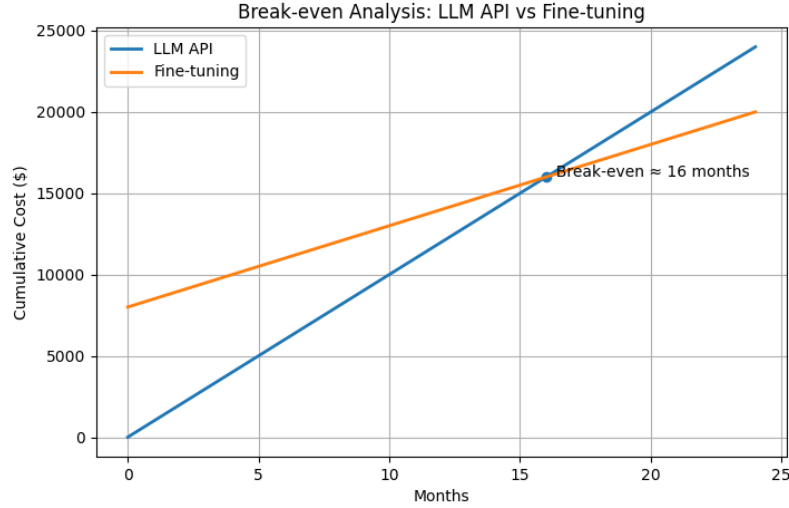


Fig. 4. Break-even point: LLM API vs. fine-tuning (at 1,000 requests/day traffic, GPT-4 API).

It is important to account for hidden fine-tuning costs that are often overlooked: preparation and cleaning of training data, iterative hyperparameter tuning, model checkpoint storage, and annual maintenance at 10–20% of initial costs [3]. On the other hand, the API approach carries the risk of a sharp cost increase when scaling: an enterprise spending \$12,000,000/year on the OpenAI API can serve only ~71,000 active users at 5 requests/day [1]. This is why the decision on which approach to choose must be based on the projected request volume and time horizon, not just on initial costs.

V. Recommended Decision-Making Framework

Based on the analysis conducted, the following framework for choosing an approach is proposed:

- API as a Service: prototyping, volume under 100,000 requests/month, undefined task requirements, horizon up to 6 months, no data privacy requirements.
- Fine-tuning (LoRA/QLoRA): stable domain task, volume exceeding 500,000 requests/month, data privacy requirements, horizon of 12–24 months, willingness to make a one-time investment of \$1,000–\$12,000.

Recommended phased strategy: API at the start → fine-tuning when scaling. This strategy minimizes risks at the early stage and ensures a significant reduction in operational costs as the product grows. This aligns with the conclusions of [1]: “although LLMs like GPT-4 have excellent breadth of capabilities, their performance can be approximated using smaller, faster, and cheaper models for task-specific applications”.

VI. Conclusions

The analysis demonstrates that the choice between LLM API and fine-tuning is a context-dependent optimization, not a straightforward technical decision. The API approach is optimal at the initial stage: zero upfront costs, instant deployment, and access to the latest models. However, the per-token cost accumulates over time and can reach \$1,000,000/month when scaling [1]. Fine-tuning of open models is the most underestimated strategy for most enterprises: at volumes exceeding 500,000 requests/month, it provides a cost reduction of 5–29 times [1] with competitive response quality and more stable latency. The one-time cost of fine-tuning Mixtral on a realistic production dataset is approximately \$3,460 on an NVIDIA H100 GPU [2], which is an accessible threshold even for small enterprises. Annual maintenance costs for a proprietary solution amount to 10–20% of the initial investment [3], which must be considered in TCO calculations.

Future research directions include quantitative modeling of the break-even point for specific industry scenarios (healthcare, law, finance), as well as analysis of the feasibility of applying RAG (Retrieval-Augmented Generation) methods as a third alternative.

VII. References

- [1] C. Irugalbandara, A. Mahendra, R. Daynauth, T. K. Arachchige, J. Dantanarayana, K. Flautner, L. Tang, Y. Kang, and J. Mars, "Scaling Down to Scale Up: A Cost-Benefit Analysis of Replacing OpenAI's LLM with Open Source SLMs in Production," arXiv:2312.14972 [cs.SE], Apr. 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2312.14972>
- [2] Y. Xia, J. Kim, Y. Chen, H. Ye, S. Kundu, C. Hao, and N. Talati, "Understanding the Performance and Estimating the Cost of LLM Fine-Tuning," arXiv:2408.04693 [cs.CL], Aug. 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2408.04693>
- [3] Netguru, "Build vs Buy AI: Which Choice Saves You Money in 2025?," netguru.com, Nov. 2025. [Online]. Available: <https://www.netguru.com/blog/build-vs-buy-ai>.

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ТРАНСФОРМАЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ БАНКІВСЬКОЇ СИСТЕМИ

Кужелєв Михайло¹

¹Національний університет «Києво-Могилянська академія», Київ, Україна
E-mail: m.kuzheliev@ukma.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено роль штучного інтелекту в трансформації національної банківської системи. Розкрито вплив ШІ на ризик-менеджмент, кредитування, комплаєнс і банківський нагляд. Обґрунтовано, що використання інструментів ШІ є важливим чинником стійкості та модернізації національного банківського сектору.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, цифровізація, банківська система, банківська послуга, фінансова інклюзія.

I. Вступ

В умовах цифрової трансформації особлива увага приділяється штучному інтелекту, який доволі ефективно трансформувач національну банківську систему під час дії воєнного стану. Інтеграція алгоритмів машинного навчання та генеративного штучного інтелекту стала не просто маркетинговим інструментом на ринку банківських послуг, а й фундаментальним фактором, який дозволив вижити в таких надскладних умовах. Якщо ще десять років тому цифровізація банківського сектору асоціювалася виключно з дистанційним обслуговуванням клієнтів, мобільними застосунками та автоматизацією лише окремих бізнес-процесів, то на сьогоднішній день штучний інтелект формує нову якість банківської системи, в якій ключовим стає швидкість, якість та асортимент фінансових продуктів.

Актуальність цієї теми посилюється ще й тим фактом, що цифровізація, нові технології, штучний інтелект та інші цифрові інструменти включені Національним банком України до пріоритетних напрямів розвитку. Крім того, зазначені інструменти дозволяють покращити систему моніторингу ризиків в режимі реального часу, що робить більш точними прогнози макроекономічного регулювання. Отже, в національному контексті йдеться вже не про примарні перспективи запровадження сучасних цифрових технологій та технологій штучного інтелекту, а про формування цілісної інституційної рамки, яка стає частиною еволюції національної банківської системи. Саме тому дослідження ролі штучного інтелекту в трансформації національної банківської системи є актуальним і своєчасним.

II. Основна частина

Застосування штучного інтелекту в банківському секторі охоплює майже повний спектр сучасних цифрових технологій. Це і класичні алгоритми машинного навчання, системи оброблення природної мови, графові моделі, великі мовні моделі та інші засоби виявлення закономірностей у структурованих та неструктурованих базах даних.

Ефект трансформації в банківському секторі пояснюється насамперед трьома основними факторами. По-перше, банки накопичують надзвичайно великі масиви даних про транзакції, заощадження, кредити, канали взаємодії, витрати та іншу інформацію стосовно своїх клієнтів.

По-друге, банківська діяльність містить багато стандартизованих і повторювальних процесів, для яких важлива швидкість, точність та виконання певних алгоритмів, які передбачені як внутрішньою документацією, так і нормами діючого законодавства [1]. По-третє, сучасне регуляторне середовище вимагає від комерційного банку посилення прозорості, безперервності надання послуг та високої якості комплаєнсу.

Тобто відбувається зміна парадигми у взаємовідносинах між Національним банком України та другим рівнем банківської системи. НБУ в опублікованій Концепції розвитку інноваційних наглядових та регуляторних технологій прямо вказує на поступовий перехід від системи «працівники, процеси, папір» до логіки «автоматизація, реальний час, прогноз» [2]. Ця формула має принципове значення, оскільки вона відображає новий підхід до функціонування банківської системи, коли рішення не ґрунтується винятково на ретроспективі звітної інформації та ручній її перевірці, а дедалі більше спирається безпосередньо на аналіз потоку даних в режимі реального часу. Крім того, вона передбачає раннє виявлення ризиків та машинну підтримку інтерпретації складних управлінських сигналів.

Відбувається трансформація підходів і до клієнтського обслуговування. Існуючі алгоритми дозволяють банківським установам переходити від стандартного масового продукту до персоналізованої взаємодії з клієнтом. Тобто банківська установа поступово відходить від продажів стандартизованих послуг і починає функціонувати як платформа, що адаптує свої пропозиції до поведінкових й фінансово-економічних параметрів споживача. На перший план виходять принципи фінансової інклюзії та адаптивності банківських продуктів.

Другий напрям трансформації процесів на ринку банківських послуг – перехід від класичної моделі кредитного скорингу, який базувався на обмеженому наборі формальних показників (доходи, кредитна історія, наявність застави, вік позичальника тощо), до багатофакторного аналізу на основі ШІ [3]. Використання такого підходу дозволяє миттєво проаналізувати нелінійні залежності між патернами поведінки клієнта, транзакційною активністю, цифровою активністю в соцмережах та іншими змінними. Нова модель дозволяє банку в автоматизованому режимі проводити оцінку ризиків, сегментувати клієнтську базу та швидко ухвалювати рішення по кредитним угодам.

Проте така трансформація банківської системи має й зворотню сторону. Алгоритми прогнозування стають значно складнішими, а разом з ними посилюється проблема прозорості та пояснюваності (проблема «black box»). Адже будь-яке рішення по кредитній заявці, внесення клієнта до певної групи ризику, блокування транзакції або рахунку, посилення фінансового моніторингу має бути прозорим та зрозумілим для інших учасників ринку. Саме тому перехід на повністю автоматизовану систему ухвалення рішень неможливий. Базовим принципом сучасної трансформації банківської системи має стати поєднання алгоритмічної оцінки з експертною перевіркою – ШІ має посилювати рішення людини, а не замінювати його.

Реальна цінність використання штучного інтелекту в банківській діяльності виникає тоді, коли він по суті формує цілісний домен бізнес-процесів – управління ризиками, продажі послуг, комплаєнс, операційна діяльність та ін. Так, за оцінками авторитетної консалтингової фірми McKinsey & Company, менше десяти ключових операційних піддоменів банку можуть забезпечити йому до 80% ефекту від ШІ-трансформації [4]. Тобто хибно вважати інструменти штучного інтелекту як окремі IT-продукти, ШІ – основа реінжинірингу всіх бізнес-процесів банківської установи.

У практичній площині трансформація другого рівня банківської системи проявляється наступним чином:

- автоматизація процесів у бек-офісах банків – обробка документів, перевірка встановлених форм, розпізнавання інформації та масивів даних, генерація звітів тощо;
- спрощення обробки комплаєнс-процедур – ШІ допомагає ідентифікувати підозрілі елементи серед великої кількості транзакцій та документів клієнта;
- оптимізація звітної документації та баз даних – співробітники отримують не лише стандартизовані звіти, а й мають можливість згенерувати агреговані документи щодо якості кредитного портфеля, структури клієнтської бази, операційного навантаження тощо;

- покращення якості комплаєнс-процедур та ефективності боротьби з відмиванням коштів – ІІ дозволяє не просто перевіряти масив операцій, а й аналізувати зв'язки між відправниками, отримувачами та рахунками. Для України це має стратегічне значення, враховуючи великий ступінь тінізації економіки, корупційні скандали та необхідність забезпечення оборони в умовах війни;

- якісне управління банківськими ризиками – завдяки машинному навчанню та інструментам ІІ з'являється можливість ранньої ідентифікації ризиків (кредитних, операційних, процентних, валютних, ліквідності, валютних та ін.), що дозволяє оперативно їх нейтралізувати або мінімізувати.

Трансформується й роль центрального банку. Якщо в класичній моделі регулятор ліцензує діяльність, встановлює норми та нормативи, збирає та аналізує звітність, реагує на показники діяльності окремих банків, то в сучасних умовах він поступово перетворюється на аналітичний центр, який превентивно або оперативно реагує на виклики та ризики, що виникають в системі. Крім того, НБУ активно використовує ІІ в монетарному аналізі та макроекономічному прогнозуванні.

III. Висновки

Проведене дослідження дозволяє зробити висновок, що штучний інтелект – це не просто допоміжний інструмент у діяльності банківських установ, а системоутворюючий фактор трансформації національної банківської системи. Аналіз національних практик свідчить про те, що ця трансформація відбувається одночасно на трьох рівнях: операційному, стратегічному та регуляторному. Водночас трансформація банківського сектору під впливом ІІ породжує нові виклики, що унеможливорює повну автоматизацію бізнес-процесів у критичних зонах ухвалення рішень, а базовою вимогою до відповідального використання ІІ залишається принцип «human-in-the-loop».

На нашу думку для подальшої ефективної трансформації національної банківської системи доцільно акцентувати увагу на наступних напрямках:

- на рівні НБУ розробити та запровадити єдині стандарти управління даними, як необхідної умови стратегії розвитку та масштабування ІІ-рішень на ринку банківських послуг;

- активізувати роботу щодо гармонізації національних регуляторних підходів щодо застосування технологій штучного інтелекту з вимогами ЄС та Базельського комітету з банківського нагляду;

- активно розвивати інституційну спроможність НБУ в частині запровадження SupTech-інструментів, особливо в контексті побудови систем раннього попередження та аналітичних платформ фінансового моніторингу.

Тобто, ІІ має стати не джерелом нових ризиків та асиметрій, а фактором побудови інклюзивної та стійкої банківської системи.

IV. Список використаних джерел

- [1] М. О. Кужелев. “Цифровізація як чинник формування конкурентних переваг банківських установ на ринку споживчого кредитування України”. *Науковий вісник Полісся*, №2(31), с. 445-457, 2025. [https://doi.org/10.25140/2410-9576-2025-2\(31\)-445-457](https://doi.org/10.25140/2410-9576-2025-2(31)-445-457)
- [2] Національний банк України. *Концепція розвитку інноваційних наглядових та регуляторних технологій*. URL: https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/Concept_development_Suptech_Regtech.pdf
- [3] А.В. Нечипоренко. “Вплив ринку фінтех на трансформацію фінансових послуг в Україні: структурні зрушення та розвиток в умовах воєнної економіки”. *Європейський науковий журнал Економічних та Фінансових інновацій*, №1(19), с. 136-147, 2026.
- [4] McKinsey & Company. *Extracting value from AI in banking: Rewiring the enterprise*. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/extracting-value-from-ai-in-banking-rewiring-the-enterprise>

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TRANSFORMATION OF THE NATIONAL BANKING SYSTEM

Kuzheliev Mykhailo

ABSTRACT. This paper examines the role of artificial intelligence in the transformation of the national banking system. It explores the impact of AI on risk management, lending, compliance and banking supervision. It argues that the use of AI tools is a key factor in the resilience and modernization of the national banking sector.

KEYWORDS: artificial intelligence, digitalization, banking system, banking services, financial inclusion.

ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ ПУБЛІЧНОГО СЕКТОРУ ТА ВИКОРИСТАННЯ БРЕНДИНГУ ЯК ІНСТРУМЕНТУ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ

Кузнєцова Тетяна¹, Линник Павло¹

Університет Григорія Сковороди в Переяславі
vottaktvk@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено проблеми управління логістичними підприємствами публічного сектору та проаналізовано динаміку їх логістичних потоків у воєнний період. Обґрунтовано використання брендингу як інструменту підвищення конкурентоспроможності та складової стратегічного управління підприємствами.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: логістичні підприємства, публічний сектор, брендинг, конкурентоспроможність, управління.

I. Вступ

Розвиток логістичних підприємств публічного сектору економіки відіграє важливу роль у забезпеченні функціонування національної економіки, транспортної інфраструктури та зовнішньої торгівлі. Діяльність державних і комунальних логістичних операторів супроводжується управлінськими, організаційними та репутаційними проблемами, що знижує їх конкурентоспроможність порівняно з приватними компаніями. Водночас встановлено, що бренд і репутація підприємств впливають на довіру клієнтів, партнерів і міжнародних суб'єктів господарювання, що зумовлює необхідність використання брендингу як управлінського інструменту. Метою дослідження визначено аналізування проблем управління логістичними підприємствами публічного сектору й обґрунтування використання брендингу для підвищення їх конкурентоспроможності.

II. Основна частина

Проаналізовано діяльність логістичних підприємств публічного сектору, зокрема підприємств залізничного транспорту, поштової логістики та портової інфраструктури. Визначено, що основними проблемами управління визнано низький рівень клієнтоорієнтованості, складність управлінських процедур, повільність ухвалення рішень, зношеність інфраструктури, а також слабку маркетингову та комунікаційну політику.

Встановлено, що на логістичних підприємствах публічного сектору недостатньо використовуються інструменти стратегічного управління, маркетингу та бренд-менеджменту. Управління підприємствами переважно здійснюється за адміністративною моделлю, тоді як ринок логістичних послуг функціонує за конкурентними принципами. У результаті втрачено частину ринку логістичних послуг на користь приватних операторів.

Проаналізовано кейси логістичних підприємств публічного сектору (табл. 1), у яких використано елементи брендингу та цифрових сервісів. У результаті впровадження цифрових сервісів, онлайн-відстеження відправлень, оновлення корпоративного стилю та комунікацій із клієнтами підвищено впізнаваність підприємств, покращено репутацію та розширено клієнтську базу.

Проблеми управління логістичними підприємствами публічного сектору

Проблема управління	Причини виникнення	Прояв у діяльності	Наслідки для підприємства	Напрями вирішення
Складна система управління	Багаторівнева структура управління	Тривале погодження рішень	Зниження ефективності управління	Спрощення організаційної структури
Повільність ухвалення рішень	Бюрократичні процедури	Затримка впровадження змін	Втрата конкурентних позицій	Децентралізація управління
Низький рівень цифровізації	Недостатнє фінансування	Паперовий документообіг	Зростання витрат часу	Впровадження цифрових сервісів
Низька клієнтоорієнтованість	Орієнтація на адміністративні процедури	Низька якість сервісу	Втрата клієнтів	Розвиток сервісної логістики
Слабка комунікаційна політика	Відсутність маркетингової стратегії	Низька впізнаваність	Слабкий бренд	Розвиток комунікацій
Зношеність інфраструктури	Недостатні інвестиції	Зниження швидкості перевезень	Зростання витрат	Модернізація інфраструктури
Репутаційні ризики	Низька якість послуг	Негативний імідж	Зниження довіри клієнтів	Брендинг і репутаційний менеджмент

Джерело: систематизовано авторами на підставі [1]

Встановлено, що бренд логістичних підприємств публічного сектору формується не лише використанням реклами, а підвищенням якості послуг, цифрових сервісів, комунікації з клієнтами, міжнародного партнерства та репутації суб'єктів господарювання.

З метою систематизації ключових чинників підвищення конкурентоспроможності логістичних підприємств публічного сектору та візуалізації їх взаємозв'язків представлено узагальнену модель (рис. 2). Такий підхід дозволив не лише структурувати складові ефективного розвитку, а й окреслити стратегічні напрями управлінського впливу в умовах високої невизначеності, цифрової трансформації та викликів, пов'язаних із воєнним станом і повоєнним відновленням економіки України.



Рис. 2 Модель підвищення конкурентоспроможності логістичних підприємств публічного сектору

Представленою моделлю продемонстровано конкурентоспроможність логістичних підприємств, що сформовано як результат комплексної взаємодії чотирьох ключових складових: якості послуг, розвитку цифрових сервісів, ефективних комунікацій та формування корпоративної репутації. Цим наочно проілюстровано досягнення стратегічних результатів як

підвищення конкурентоспроможності, зростання довіри клієнтів, розвиток партнерства та залучення інвестицій, що можливе лише за умови синергії зазначених напрямів. Моделлю підтверджено необхідність інтегрованого управлінського підходу й орієнтації на інноваційність і відкритість взаємодії із зацікавленими сторонами.

Обґрунтовано доцільність використання бренд-менеджменту як складової стратегічного управління логістичними підприємствами публічного сектору (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив брендингу на діяльність логістичних підприємств публічного сектору

Інструмент брендингу	Зміст заходів	Результат впровадження	Вплив на конкурентоспроможність	Економічний ефект
Корпоративний стиль	Оновлення логотипу та дизайну	Підвищення впізнаваності	Зростання лояльності клієнтів	Збільшення обсягів послуг
Цифрові сервіси	Онлайн-відстеження, електронні сервіси	Спрощення користування послугами	Підвищення якості сервісу	Зростання доходів
Комунікації з клієнтами	Соціальні мережі, підтримка клієнтів	Покращення репутації	Збільшення клієнтської бази	Розширення ринку
Міжнародне партнерство	Співпраця з міжнародними організаціями	Підвищення довіри	Зміцнення позицій на ринку	Залучення інвестицій
Підвищення якості послуг	Оптимізація логістики	Скорочення строків доставки	Підвищення конкурентоспроможності	Зростання прибутку
Репутаційний менеджмент	Управління іміджем підприємства	Покращення іміджу	Зростання довіри клієнтів	Стабілізація доходів
Маркетинг логістичних послуг	Просування послуг	Розширення ринку	Підвищення конкурентних позицій	Збільшення обсягів перевезень

Джерело: систематизовано авторами на підставі [1]

Досвід окремих державних логістичних операторів показав, що впровадження елементів брендингу та стратегічних комунікацій сприяє підвищенню впізнаваності суб'єктів господарювання, покращенню репутації та розширенню партнерських зв'язків. На основі аналізу діяльності логістичних підприємств встановлено, що бренд слід розглядати не лише як маркетинговий інструмент, а як елемент системи управління, що включає якість послуг, комунікації з клієнтами, цифрові сервіси та корпоративну репутацію.

Проаналізовано динаміку логістичних потоків підприємств публічного сектору в умовах воєнного періоду 2022-2025 років. Встановлено, що розвиток логістичних потоків набув нелінійного характеру та визначився впливом шоккових факторів, пов'язаних із руйнуванням інфраструктури, блокуванням портів та зміною логістичних маршрутів.

Виявлено, що динаміка залізничних перевезень відповідає шокково-відновлювальному тренду, що охарактеризувався різким скороченням обсягів перевезень у 2022 році з подальшим частковим відновленням у 2023-2024 роках та стабілізацією у 2025 році.

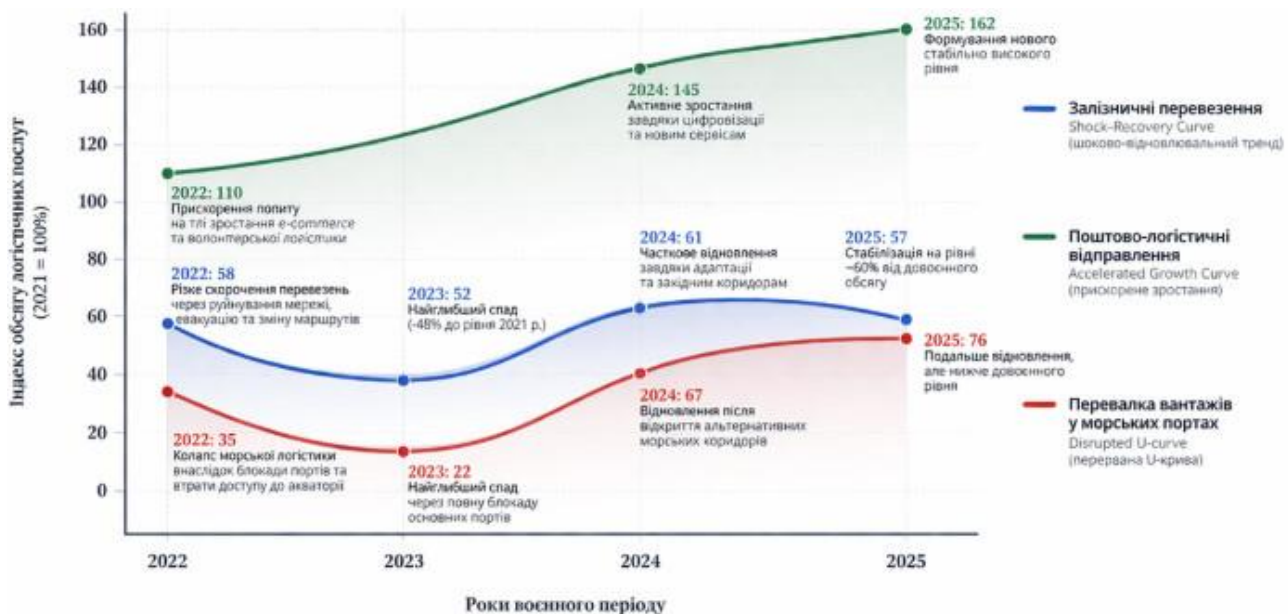
Встановлено, що розвиток портової логістики відбувся за типом перерваної U-кривої, що зумовлено блокуванням морських портів, втратою частини інфраструктури та поступовим відновленням після відкриття альтернативних морських коридорів.

Досліджено, що поштово-логістичні потоки продемонстрували прискорений зростаючий тренд, що обумовлено розвитком електронної комерції, волонтерської логістики та цифрових сервісів.

Обґрунтовано, що у воєнний період сформовано якісно нову конфігурацію логістичних потоків, що підтверджено представленою динамікою основних сегментів логістичної діяльності (рис. 2). Зокрема, зафіксовано шокове зниження з подальшим частковим відновленням залізничних перевезень, що відобразило їх системоутворюючу роль у забезпеченні стійкості логістики в умовах руйнування інфраструктури та зміни маршрутів. Водночас поштово-логістичні відправлення продемонстрували прискорене зростання, що

зумовлено активізацією електронної комерції та впровадженням цифрових сервісів. Перевалка вантажів у морських портах зазнала різкого спаду з подальшим поступовим відновленням, що спричинено блокуванням портової інфраструктури та частковим відновленням роботи морських коридорів.

Встановлено, що зазначені трансформації супроводжено зміщенням логістичної активності до сухопутних і прикордонних маршрутів, а також зростанням вартості логістичних операцій і ускладненням ланцюгів постачання.



Методика побудови трендів. Дані нормалізовано до базового 2021 року (індекс 100%). Застосовано математичні моделі: шоково-відновлювальна функція для залізничних перевезень (експоненційний спад + логістичне відновлення), логістична функція зростання для поштової логістики та перервана U-крива для портової перевалки (експоненційний колапс + відкладене відновлення). Параметри калібровано на основі офіційної статистики 2022–2024 рр. та галузевих оцінок 2025 р.

Джерела даних: Укрзалізниця (2022–2024), Державна служба статистики України (2022–2024), Міністерство розвитку громад та територій України (2023–2024), IPC Ukraine та галузеві експертизи (2025).

- Укрзалізниця. Вантажні перевезення у 2022–2024 роках: офіційні звіти та операційні дані.
- Державна служба статистики України. Транспорт і зв'язок у 2022–2024 роках: статистичні збірники.
- Міністерство розвитку громад та територій України. Транспортний сектор у період воєнного стану: аналітичні матеріали, 2023–2024.
- IPC Ukraine. Індекс ділової впевненості логістичної галузі (2025): результати опитування логістичних операторів.

Розроблено авторами на основі аналізу офіційних даних та галузевих досліджень, 2025.

Рис. 1. Нелінійні тренди розвитку логістичних потоків підприємств публічного сектору в умовах воєнного періоду (2022–2025 рр.)

Представленою динамікою засвідчено нерівномірність відновлення окремих сегментів логістики та їх залежність від безпекових, інфраструктурних і геополітичних чинників. У результаті сформовано нову просторово-економічну модель функціонування логістичної системи, орієнтовану на підвищення гнучкості, адаптивності та стійкості до кризових впливів.

Обґрунтовано використання брендингу в управлінні логістичними підприємствами публічного сектору, що сприяє підвищенню їх конкурентоспроможності, формуванню довіри клієнтів, розвитку міжнародного співробітництва та залученню інвестицій. Запропоновано розглядати бренд-менеджмент як складову стратегічного управління логістичними підприємствами публічного сектору.

III. Висновки

1. Проаналізовано систему управління логістичними підприємствами публічного сектору. Встановлено, що управління підприємствами здійснюється переважно за адміністративною моделлю, що характеризується складною організаційною структурою, повільністю ухвалення управлінських рішень, низьким рівнем гнучкості управління та недостатньою орієнтацією на клієнта. Визначено, що зазначені фактори знижують ефективність діяльності підприємств та їх конкурентоспроможність на ринку логістичних послуг.

Адміністративна модель управління → складна структура управління → повільність ухвалення рішень → зниження ефективності діяльності → втрата конкурентних позицій

2. Проаналізовано динаміку логістичних потоків підприємств публічного сектору. Встановлено скорочення обсягів залізничних перевезень і портової перевалки у 2022 році, що пов'язано з воєнними діями, руйнуванням інфраструктури та блокуванням морських портів. Водночас встановлено зростання обсягів поштово-логістичних послуг у зв'язку з розвитком електронної комерції, цифрових сервісів та волонтерської логістики. Визначено, що у 2023-2024 роках відбулося поступове відновлення логістичних потоків і формування нової структури логістичних маршрутів.

Воєнні дії → руйнування інфраструктури → зміна логістичних маршрутів → переорієнтація на сухопутні коридори → формування нової структури логістичних потоків.

3. Визначено основні проблеми управління логістичними підприємствами публічного сектору. До основних проблем віднесено низький рівень цифровізації логістичних процесів, слабку комунікаційну політику, низький рівень клієнтоорієнтованості, зношеність інфраструктури, репутаційні ризики та недостатнє використання маркетингових інструментів. Встановлено, що зазначені проблеми мають системний характер і впливають на ефективність функціонування логістичних підприємств.

Недостатня цифровізація → низька якість сервісу → зниження задоволеності клієнтів → погіршення репутації → зниження конкурентоспроможності.

4. Обґрунтовано роль брендингу в управлінні логістичними підприємствами публічного сектору. Встановлено, що бренд логістичного підприємства формується під впливом якості логістичних послуг, рівня цифрових сервісів, комунікацій із клієнтами, корпоративної репутації та міжнародного партнерства. Доведено, що бренд слід розглядати не лише як маркетинговий інструмент, а як елемент системи стратегічного управління підприємством.

Якість послуг → цифрові сервіси → комунікації з клієнтами → корпоративна репутація → формування бренду → підвищення конкурентоспроможності.

5. Визначено вплив брендингу на конкурентоспроможність логістичних підприємств. Встановлено, що розвиток бренду сприяє підвищенню довіри клієнтів, розширенню партнерських зв'язків, залученню інвестицій та зміцненню позицій підприємств на ринку логістичних послуг. Доведено, що використання бренд-менеджменту дозволяє підвищити ефективність діяльності логістичних підприємств і їх ринкову вартість.

Розвиток бренду → підвищення впізнаваності → зростання довіри клієнтів → розширення клієнтської бази → зростання обсягів послуг → підвищення конкурентоспроможності підприємства.

Узагальнюючи результати дослідження, встановлено, що підвищення конкурентоспроможності логістичних підприємств публічного сектору доцільно забезпечувати шляхом інтеграції бренд-менеджменту у систему стратегічного управління, розвиток цифрових логістичних сервісів, підвищення якості логістичних послуг і розвиток комунікації з клієнтами. Доведено, що формування бренду логістичних підприємств публічного сектору сприяє підвищенню їх репутації, ефективності діяльності та конкурентних позицій на ринку логістичних послуг.

IV. Список використаних джерел

[1] Т. Кузнєцова, О. Ковтун, Т. Рибаківа, О. Черняєв. Синергія інформаційних систем і бренд-інвестиційного менеджменту як проєкт організації логістичного підприємництва в англomовному бізнес-середовищі. Видавництво «Інвестиції: практика та досвід», Вип. 7, 2025, С. 109-116. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2025.7.109>

MANAGEMENT CHALLENGES OF PUBLIC SECTOR LOGISTICS ENTERPRISES AND THE USE OF BRANDING AS A TOOL FOR ENHANCING THEIR COMPETITIVENESS

Kuznietsova Tetiana, Lynnyk Pavlo

ABSTRACT. The publication explores the management challenges facing public sector logistics enterprises and analyzes the dynamics of their logistics flows during the wartime period. The study substantiates the use of branding as a tool for increasing competitiveness and as an integral component of the strategic management of enterprises.

KEYWORDS: logistics enterprises, public sector, branding, competitiveness, management.

МЕХАНІЗМИ ЦИФРОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ В УКРАЇНІ³

Міщенко Володимир¹

¹ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України», Київ, Україна
E-mail: mvi25prof@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Досліджено механізми розвитку цифрових інфраструктур як системи, що поєднує технологічні, правові та освітні інструменти, обґрунтовано напрями використання штучного інтелекту в освіті, науці, хмарних рішеннях та інфраструктурі цифрової довіри у контексті цифрової трансформації та інтеграції України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: цифрова інфраструктура, штучний інтелект, освітньо-науковий розвиток, хмарні технології, цифрова трансформація.

I. Вступ

Актуальність дослідження цифрової інфраструктурної трансформації України зумовлена глобальними процесами цифровізації, які визначають нові параметри економічного розвитку, державного управління та суспільної взаємодії. Цифрові інфраструктури стають ключовим чинником забезпечення інтеграції держави у світовий економічний та науково-освітній простір, що забезпечує формування нової інноваційної моделі розвитку.

Особливе місце у цьому процесі посідають технології штучного інтелекту, які відкривають нові можливості для модернізації освітньої та наукової сфери, створення інтелектуальних сервісів і підвищення якості управлінських рішень. Освітньо-науковий розвиток у цифровому середовищі постає як стратегічна основа формування кадрового потенціалу та інтелектуального ресурсу держави, забезпечує системне набуття цифрових компетентностей, інтеграцію інноваційних знань у навчальні та дослідницькі процеси, створює передумови для сталого інноваційного розвитку суспільства та економіки.

Цифрова трансформація України має не лише технологічний, а й стратегічний вимір, оскільки вона визначає майбутні орієнтири соціально-економічного розвитку та інтеграцію країни у глобальну цифрову економіку. Саме тому дослідження механізмів формування та розвитку цифрових інфраструктур є надзвичайно актуальним завданням, що дозволяє окреслити перспективи інноваційного поступу та визначити виклики, які постають перед державою і суспільством у XXI столітті.

II. Теоретико-методологічні засади цифрової інфраструктурної трансформації

Теоретико-методологічні засади цифрової інфраструктурної трансформації України ґрунтуються на розумінні цього процесу як багатовимірної системи, що інтегрує технологічні, правові, освітньо-наукові та соціально-етичні механізми. У сучасному науковому дискурсі цифрова інфраструктура розглядається не лише як техніко-технологічний каркас, а й як інституційна та культурна основа модернізації держави, що визначає стратегічні орієнтири її розвитку.

Механізми формування цифрових інфраструктур передбачають перехід від локальних технологічних рішень до комплексної моделі промислово-цифрового укладу. Це вимагає гармонізації національних стандартів із міжнародними, насамперед європейськими, формування нормативної бази для захисту даних, забезпечення кіберстійкості та створення умов для легітимності цифрових процесів. Тому методологічно важливим аспектом є адекватне поєднання методів та інструментів правового регулювання із соціально-етичними нормами, що забезпечують баланс між інноваційністю та безпекою використання цифрових технологій [1, 2, 3].

На особливу увагу заслуговує інтелектуальний вимір цифрової інфраструктури, який базується на використанні мовних моделей, когнітивних платформ та технологій штучного інтелекту. Їхнє впровадження дозволяє враховувати правовий, культурний і етичний контекст, забезпечувати цифрову суверенність та зменшувати залежність від глобальних технологічних

³ Стаття підготовлена у рамках проєкту «Формування структуроутворюючих опор воєнно-повоєнного економічного розвитку України». Етап II: «Обґрунтування механізмів практичного забезпечення створення структурних опор воєнно-повоєнного розвитку економіки України» (державний реєстраційний номер 0125U000280)

корпорацій. Важливим методологічним напрямом є створення національних дослідницьких центрів штучного інтелекту, здатних розробляти власні алгоритми та технології, адаптовані до українських реалій.

У цьому контексті значну роль відіграють регуляторні «пісочниці», що забезпечують контрольовані умови для апробації нових алгоритмів без ризику для користувачів і критичних систем. Паралельно формуються етичні кодекси та стандарти застосування штучного інтелекту, які визначають рамки відповідального використання технологій та сприяють формуванню суспільної довіри [4].

Винятково важливе значення має освітньо-науковий вимір цифрової трансформації України. Інтеграція цифрових технологій у навчальні, наукові та дослідницькі процеси забезпечує підготовку висококваліфікованих кадрів, розвиток цифрових компетентностей та створення широкої системи інноваційних знань. Освітні програми у сфері когнітивної інженерії, машинного навчання та кібербезпеки формують кадровий резерв для державних інституцій і корпоративного сектора, що є передумовою сталого розвитку цифрової економіки та суспільства.

У зв'язку з цим теоретико-методологічні засади цифрової інфраструктурної трансформації України, на наш погляд, необхідно розглядати як комплексну систему, що поєднує технологічні інновації, правові регуляції, освітньо-науковий розвиток та соціально-етичні стандарти. Їхня взаємодія формує основу для створення цілісної моделі цифрової держави, здатної забезпечити сталий розвиток, інтеграцію у глобальний цифровий простір, збереження цифрового суверенітету та ефективного використання інтелектуального й освітнього потенціалу суспільства як ключового ресурсу інноваційного розвитку.

III. Практичні механізми та інституційні моделі розвитку цифрової інфраструктури

Не менш важливим видом цифрової інфраструктури є сенсорний рівень цифрової екосистеми, який забезпечує збір даних у реальному часі для багатьох галузей і сфер діяльності, управління та безпеки. Його формування потребує узгоджених технічних регламентів і стандартів сумісності для пристроїв інтернету речей, створення сертифікаційних центрів і лабораторій, а також запуску тестових полігонів для апробації технологій «розумних» цифрових об'єктів і цифрових двійників. Об'єднання наукових установ, виробників та органів влади у цифрові галузеві кластери сприяє швидкому впровадженню сенсорних технологій і формуванню єдиної екосистеми, що забезпечує постійний моніторинг, оперативне реагування на зміни та надійний кіберзахист.

Хмарні рішення, доповнюючи сенсорну інфраструктуру, формують основу для інтеграції державних реєстрів і корпоративних платформ у єдине цифрове середовище. Створення національної концепції розвитку хмарного середовища повинно визначати архітектуру, моделі розміщення даних, політику доступу та стандарти безпеки. Запровадження угод про рівень обслуговування (SLA) та системи регулярного аудиту кібербезпеки гарантує прозорість і відповідальність постачальників послуг, мінімізує ризики втрати або несанкціонованого доступу до даних і забезпечує стабільність критично важливих інформаційних систем. Публічно-приватні обчислювальні кластери та мультихмарні практики дозволяють уникати залежності від одного постачальника, забезпечують географічний розподіл і резервування даних, створюють умови для гнучкого масштабування цифрових сервісів та підвищення конкурентоспроможності економіки [5, 6].

Важливим напрямом є розробка платформних рішень, які стають точками інтеграції різних секторів та основою для створення нових послуг. Відкриті стандарти API та протоколи взаємодії забезпечують інтеграцію державних реєстрів, бізнес-сервісів та громадських ініціатив у єдиний цифровий простір. Удосконалення регуляторних моделей для B2B та B2C платформ, визначення правового статусу та правил конкуренції, а також підтримка інноваційної екосистеми через акселератори та інкубатори створюють умови для масштабування цифрових сервісів. Пілотні програми у сферах охорони здоров'я, логістики, екології та промисловості демонструють високий потенціал платформних рішень для інтеграції даних і забезпечення прозорості процесів управління, моніторингу та прийняття рішень [7].

Невід'ємним інфраструктурним елементом є система цифрової довіри, яка формує правову основу легітимності цифрових процесів. Гармонізація національного законодавства з європейськими нормами забезпечує взаємне визнання електронної ідентифікації, підпису та печатки. Використання технологій розподіленого реєстру у державних реєстрах, системах публічних закупівель та фінансових транзакціях створює надійну технологічну основу для забезпечення прозорості та захисту від маніпуляцій. Стандартизація та сертифікація смарт-контрактів гарантують безпеку коду та відповідність правовим нормам, а нормативні рамки токенизації цифрових і фізичних активів забезпечують легітимність інвестиційної діяльності у цифровій економіці [8, 9].

При цьому варто зазначити, що світньо-науковий потенціал виступає ключовим чинником практичної реалізації механізмів функціонування цифрової інфраструктури, адже саме він формує кадрову та інтелектуальну основу трансформаційних процесів. Розвиток університетських дослідницьких лабораторій, створення міждисциплінарних освітніх програм у сфері штучного інтелекту, кібербезпеки, платформних і хмарних технологій, а також залучення студентів і молодих науковців до пілотних проєктів сприяють формуванню кадрового резерву та інтелектуального потенціалу. Це забезпечує не лише технологічну модернізацію, а й освітній розвиток стратегічного характеру, який є фундаментом інтеграції України у глобальний цифровий простір.

IV. Стратегічні перспективи та виклики цифрової трансформації України

Цифрова інфраструктурна трансформація не є одноразовим процесом, а постійним динамічним рухом, який потребує адаптації до нових технологій, змін у міжнародному правовому полі та трансформацій у суспільних очікуваннях. Україна стикається з викликами глобальної конкуренції, кіберзагрозами та необхідністю гармонізації національних стандартів із міжнародними. Важливим є також питання цифрового суверенітету, що передбачає зменшення залежності від зовнішніх технологічних компаній та розвиток власних рішень у сфері штучного інтелекту, хмарних технологій та сенсорних систем.

У перспективі цифрова інфраструктурна трансформація України має стати основою для формування інноваційної економіки, що базується на знаннях та високих технологіях. Це означає, що цифрові інструменти повинні не лише забезпечувати ефективність управління та прозорість процесів, а й створювати необхідні умови для розвитку підприємництва, залучення інвестицій та формування нових товарних і регіональних ринків. Важливим завданням також є розвиток цифрової культури суспільства, яка включає навички безпечного використання технологій, критичне мислення щодо інформаційних потоків та готовність до інноваційних змін.

Стратегічні державні документи та програми цифрового розвитку повинні мати гнучку структуру, яка дозволяє оперативно реагувати на виклики та інтегрувати нові інструменти у державне управління, бізнес-середовище та суспільні практики. Важливим завданням є формування міжгалузевих консорціумів, здатних забезпечити координацію зусиль між академічними інституціями, приватним сектором та органами державної влади, що дозволить уникнути фрагментації цифрових рішень і створити єдину загальнонаціональну екосистему, яка відповідає не лише вимогам глобальної конкуренції, а й потребам розвитку людського потенціалу, освітньо-наукової сфери, культурної ідентичності та формування цифрової культури суспільства.

Розвиток цифрової інфраструктури має безпосередній вплив на соціально-економічний розвиток країни та формування нових економічних відносин, сприяючи підвищенню продуктивності праці, створенню нових робочих місць у сфері високих технологій, розширенню доступу до освітніх і медичних послуг, а також формуванню прозорих механізмів державного управління [10]. Водночас, широке використання цифрових технологій створює нові ризики, пов'язані з їхньою складністю та нерівномірним доступом до них, можливим зростанням соціальної нерівності та потребою у постійному підвищенні цифрових компетенцій населення.

Особливе значення для України в стратегічній перспективі має розвиток людського потенціалу, освіти та науки, оскільки саме вони забезпечують підготовку

висококваліфікованих фахівців у сфері штучного інтелекту, кібербезпеки та хмарних технологій, формують інтелектуальний капітал держави та створюють передумови для інноваційного розвитку. Інтеграція університетських досліджень, освітніх програм і наукових проєктів у цифрову екосистему сприяє формуванню кадрового резерву, розширенню науково-освітнього простору та підвищенню конкурентоспроможності України на глобальному рівні.

З огляду на це, стратегічні перспективи цифрової трансформації України полягають у поєднанні технологічних інновацій із соціально-економічними та культурними змінами, а також у розвитку людського та освітньо-наукового потенціалу. Вони передбачають не лише модернізацію інфраструктури та підвищення конкурентоспроможності, а й формування інтелектуального капіталу, розвиток цифрової культури суспільства та забезпечення умов для творчої самореалізації громадян. Виклики глобального середовища, питання цифрового суверенітету та необхідність постійного оновлення знань і цифрових компетенцій визначають ключові напрями державної політики та суспільних зусиль у цій сфері.

V. Висновки

Цифрова інфраструктурна трансформація України є багатовимірним процесом, що поєднує технологічні, правові, освітні та соціально-етичні механізми. Її реалізація забезпечує перехід від локальних рішень до комплексної моделі цифрової держави, здатної відповідати викликам глобального середовища та зберігати власну суверенність.

Інтелектуальний вимір цифрової інфраструктури, заснований на мовних моделях, когнітивних платформах та технологіях штучного інтелекту, стає ключовим чинником підвищення якості управлінських рішень і розвитку інновацій. Сенсорний рівень цифрової екосистеми забезпечує збір даних у реальному часі та створює основу для розвитку «розумних» міст, цифрової медицини й промислової автоматизації. Хмарні рішення та мультихмарні практики формують єдине цифрове середовище для державних і корпоративних платформ, а інфраструктура цифрової довіри є фундаментом легітимності цифрових процесів.

Особливе значення має освітньо-науковий розвиток, адже саме освіта і наука забезпечують підготовку кадрів, формування цифрових компетентностей та створення інноваційних рішень. Інтеграція цифрових технологій у навчальні та дослідницькі процеси сприяє формуванню інтелектуального потенціалу, необхідного для сталого розвитку цифрової економіки та суспільства.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на інтеграцію цифрових інфраструктур у єдину архітектуру промислово-цифрового укладу, оцінку ефективності регуляторних «пісочниць» та етичних кодексів у сфері штучного інтелекту, аналіз впливу сенсорних технологій на розвиток «розумних» міст та екологічний моніторинг, дослідження мультихмарних практик як інструменту забезпечення цифрової суверенності, а також формування концепції цифрової довіри як основи електронного врядування й цифрової демократії.

VI. Список використаних джерел

- [1] В.І. Міщенко. “Промислово-цифровий розвиток як структуроутворюючий чинник формування сучасного технологічного укладу”. *Економічна теорія*, № 2, с. 23–44, 2025. doi: <https://doi.org/10.15407/etet2025.02.023>
- [2] В. Корнівська. “Інституційні трансформації у цифровому суспільстві”. *Економічна теорія*, № 2, с. 29–52, 2024. doi: <https://doi.org/10.15407/etet2023.02.029>
- [3] V. Mishchenko, I. Tishchenko, S. Mishchenko and S. Naumenkova. “Basic Pillars of the Industrial-Digital Technological Order”. *Financial and credit activities: problems of theory and practice*, vol. 5, no. 64. 353–365. 2025. doi: <https://doi.org/10.55643/fcapter.5.64.2025.4953>
- [4] В.І. Міщенко, С.В. Науменкова. “Механізми державної підтримки використання штучного інтелекту для забезпечення стійкості економічного розвитку”. *Економіка України*, № 5. С. 30–56, 2024. doi: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2024.05.030>
- [5] І. Яненко. “Цифрова індустріалізація як чинник економічної динаміки”. *Економічна теорія*, № 3, с. 84–99, 2023. doi: <https://doi.org/10.15407/etet2023.03.084>

- [6] В.І. Міщенко, Є.О. Тіщенко. “Інституційна роль дата-центрів у цифровій трансформації економіки України”. *Бізнес-навігатор*, № 4(81), с. 342–347, 2025. doi: <https://doi.org/10.32782/business-navigator.81-51>
- [7] I. Tishchenko. “The Impact of Digitalization on Changing the Forms of Economic Relations”. *Three Seas Journal*, vol. 6, no 1. 86–91. 2025 doi: <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2025-1-13>
- [8] V. Mishchenko, S. Naumenkova. “The International Monetary System in the Era of Dedollarization and Digitalization”. *Three Seas Economic Journal*, vol. 6, no. 4. 44–50. 2025. doi: <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2025-4-615>
- [9] I. Tishchenko, N. Savchenko and T. Shostak. “The Role of Digital Financial Assets in the Post-War Recovery of Ukraine’s Economy”. *Effective economy*, no. 7, 2024. doi: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.7.75>
- [10] Є.О. Тіщенко, В.І. Міщенко. “Роль промислово-цифрового розвитку в трансформації системи економічних відносини”. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». «Економіка»*, № 36(64), с. 4–14, 2025. doi: [https://doi.org/10.25264/2311-5149-2025-36\(64\)-4-14](https://doi.org/10.25264/2311-5149-2025-36(64)-4-14)

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ

Нєвєнчєнкова Анастасія¹, Перегон Софія¹

¹Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна

E-mail: pustovhar@karazin.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто можливості використання штучного інтелекту для оптимізації маршрутів доставки. Висвітлено переваги, напрями застосування та ключові виклики впровадження ШІ в транспортній логістиці. Обґрунтовано перспективність таких рішень для підвищення ефективності доставки в Україні.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, оптимізація, логістика, ефективність.

I. Вступ

В умовах стрімкого розвитку електронної комерції та зростання обсягів вантажних перевезень питання ефективної організації доставки набуває дедалі більшої актуальності. Транспортна логістика є однією з ключових складових ланцюга поставок, і від її ефективності безпосередньо залежать витрати підприємств та задоволеність кінцевих споживачів. На сьогодні галузь стикається з низкою проблем, зокрема щодо якості та швидкості доставки, різких змін маршрутів і зростання операційних витрат. Тому перспективним напрямом їх вирішення є впровадження систем штучного інтелекту (ШІ) для планування та оптимізації маршрутів [1].

II. Основна частина

Оптимізація маршрутів доставки є класичною задачею комбінаторної оптимізації, відомою як «задача маршрутизації транспортних засобів» (Vehicle Routing Problem, VRP). Традиційні детерміністичні методи, зокрема алгоритм Кларка-Райта, ефективні за відносно невеликої кількості точок маршруту, однак у реальних умовах великих міст із сотнями адрес доставки та динамічними умовами дорожнього руху їхніх можливостей недостатньо. Для підвищення конкурентоспроможності логістичних компаній в умовах розвитку електронної комерції та постійного зростання попиту на швидкі й ефективні послуги критично важливою стає оптимізація «останньої милі» доставки. Таким чином, одним із найефективніших рішень є впровадження децентралізованої моделі доставки з використанням локальних центрів або мікрохабів для оптимізації маршрутів [1].

Виділяють кілька ключових підходів, що застосовуються в системах ШІ для маршрутизації. По-перше, генетичні алгоритми, які імітують процес еволюційного відбору та дозволяють знаходити близькі до оптимальних рішення у задачах із великим простором пошуку. По-друге, методи машинного навчання з підкріпленням, за допомогою яких система навчається приймати рішення на основі зворотного зв'язку, спираючись на реальні дані про час у дорозі та затримки на конкретних ділянках. По-третє, нейронні мережі, здатні прогнозувати завантаженість доріг та оптимальні часові вікна для доставки. Комбінування кількох методів,

зокрема генетичних алгоритмів із методами машинного навчання, допомагає досягти найкращих результатів [1].

Важливим напрямом є інтеграція ІІІ із системами управління транспортом (TMS) та складом (WMS). Завдяки розвинутим алгоритмам ці системи дозволяють автоматизувати різні процеси. Крім автоматизації зберігання, це дає змогу зменшити витрати на логістику та вибудувати найкращі маршрути для перевезень. Крім того, це сприяє стійкості операцій та зменшенню негативного впливу на довкілля [2]. Окремим напрямом є використання автономних транспортних засобів, дронів і робототехніки у логістиці, що стає можливим саме завдяки алгоритмам ІІІ. Особливу увагу приділяють ролі штучного інтелекту у прогнозуванні ризиків, автоматизації прийняття рішень у реальному часі та оптимізації маршрутів. Усі ці компоненти є критично важливими для швидкого реагування на зовнішні загрози [3].

Застосування ІІІ в логістиці вже демонструє позитивні результати на вітчизняних підприємствах. Показовим є приклад «Нової пошти» – лідера українського ринку експрес-доставки. Завдяки застосуванню штучного інтелекту компанії вдалося досягти більш ефективної організації кур'єрської доставки та роботи поштоматів. Зокрема, значно зменшено витрати на паливе за незмінного обсягу посилок, оптимізовано маршрути й скорочено час доставки, а також стало можливим здійснення доставки у чітко визначений проміжок часу. Окремим напрямом є впровадження динамічного ціноутворення на основі ІІІ, де алгоритми аналізують кількість відправлень, заповненість складів, затори на дорогах, погодні ризики та пікові години попиту для формування оптимального тарифу [4].

Впливовим чинником конкурентоспроможності логістичних операторів є також здатність систем ІІІ адаптуватися до змін умов у режимі реального часу. Так звана динамічна маршрутизація передбачає безперервний перерахунок оптимального маршруту з урахуванням поточних дорожніх подій: аварій, ремонтних робіт, стихійних явищ або раптових змін у замовленнях клієнтів [2]. Такі можливості стають критично важливими в умовах зростаючих споживчих очікувань щодо швидкості та точності доставки. Однак така ефективна маршрутизація передбачає наявність надійних телекомунікаційних систем та захищених каналів для передачі даних між транспортними засобами, диспетчерами та клієнтами [3]. Таким чином, розвиток ІІІ-рішень у логістиці нерозривно пов'язаний із загальним рівнем цифрової зрілості підприємства та якістю його технологічної інфраструктури [1].

Необхідною умовою ефективного функціонування будь-якої системи ІІІ у сфері логістики є збір та обробка даних. Для якісного та ефективного навчання алгоритмів, спеціалісти мають використовувати великі масиви структурованих даних. Наприклад, GPS-треки транспортних засобів, дані про трафік у реальному часі, інформацію про стан доріг та кліматичні умови. Інтернет речей (IoT) відіграє тут ключову роль – датчики на транспортних засобах і складах безперервно передають інформацію до централізованих платформ, що дозволяє системам ІІІ вчасно реагувати на зміни умов та коригувати маршрути в режимі реального часу [2]. Якість і повнота таких даних безпосередньо визначають точність прогнозів і надійність прийнятих рішень.

Одним із ключових аспектів є питання кіберстійкості та безпеки логістичних систем, що працюють на основі ІІІ. Потенційно вразливою логістичну інфраструктуру до кібератак, витоків даних та збоїв у роботі застосовуваних систем робить зростаюча залежність від цифрових платформ і автоматизованих рішень. Особливої гостроти ця проблема набуває в контексті України, де воєнні дії супроводжуються активними спробами дестабілізації цифрової інфраструктури [3]. Саме тому при розробці новітніх систем ІІІ для логістики особлива увага приділяється захисту каналів передачі даних, резервуванню серверних потужностей і впровадженню протоколів швидкого відновлення після збоїв. Паралельно зростає попит на гібридні рішення, що поєднують хмарні обчислення з локальною обробкою даних. Це дозволяє зберігати працездатність системи навіть при частковій втраті зв'язку, що особливо актуально для України [2]. Таким чином, не менш критичними, ніж точність алгоритмів маршрутизації, є надійність та захищеність застосовуваних ІІІ-систем [4].

В умовах актуалізації сталого розвитку та екологічної відповідальності, ІІІ-розробки у сфері логістичних систем набувають все більшого значення. Оптимізація маршрутів такими

засобами дозволяє скоротити не лише витрати пального та коштів на нього. Скорочується також кількість викидів CO₂ від транспортних засобів. Логістичні компанії, у свою чергу, дедалі частіше інтегрують «зелені» критерії в алгоритми маршрутизації. Серед параметрів оптимізації враховуються рівень викидів конкретних транспортних засобів, можливість використання електромобілів та консолідація вантажів для зменшення кількості рейсів. По-перше, такий підхід відповідає загальноєвропейським вимогам щодо скорочення вуглецевих викидів в атмосферу в сфері логістики. По-друге, він сприяє формуванню позитивного іміджу компаній серед екологічно свідомих споживачів [3]. Таким чином, застосування ІІІ дає не лише економічну вигоду, але й стає соціально відповідальним рішенням.

Перспективним напрямом розвитку є також так звана «предиктивна логістика». Вона характеризується здатністю систем ІІІ ще до виникнення пікових навантажень, прогнозувати попит і завчасно перерозподіляти ресурси. Алгоритми аналізують сезонні тенденції, маркетингові кампанії, поведінку споживачів та зовнішні фактори (святка, погодні явища, великі спортивні чи культурні події), щоб формувати оптимальні плани розподілу вантажів між хабами заздалегідь [1]. Інтеграція предиктивної аналітики з динамічною маршрутизацією дозволяє логістичним операторам перейти від реактивного до проактивного управління ланцюгами поставок, що є принципово новою якістю сервісу. Це особливо актуально в умовах нестабільності, характерної для сучасного українського ринку, де швидке реагування на зміни є критично важливою конкурентною перевагою [3].

Водночас виникають певні виклики, пов'язані зі впровадженням ІІІ у транспортній логістиці. До стримувальних чинників належать висока вартість впровадження технологій, необхідність великих обсягів якісних даних, опір персоналу змінам і потреба в його перенавчанні, а також вразливість систем до збоїв та кібератак. Окремою проблемою залишається так звана «чорна скринька» алгоритмів глибокого навчання: рішення, що генеруються нейронними мережами, часто не піддаються інтерпретації з боку операторів, що ускладнює контроль і довіру до системи з боку менеджменту [1]. Окрім цього, об'єднання штучного інтелекту із старими корпоративними системами, що панують на українських підприємствах, вимагає великих технічних зусиль і супроводжується проблемами невідповідності форматів даних та протоколів обміну. Подолання цих бар'єрів вимагає не лише інвестицій у технології, але й системної роботи з персоналом, формування цифрової культури та поетапного впровадження рішень.

III. Висновки

Проведений аналіз засвідчив, що використання штучного інтелекту для оптимізації маршрутів доставки є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку сучасної транспортної логістики. Застосування методів машинного навчання, генетичних алгоритмів та інтелектуальних систем управління транспортом дозволяє суттєво підвищити ефективність перевезень, знизити витрати та покращити якість сервісу. Для України, де логістична галузь відновлюється та трансформується в умовах воєнного стану, впровадження таких систем є особливо актуальним завданням. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку адаптованих до умов українського ринку алгоритмів динамічної маршрутизації та їх інтеграцію з національними транспортними платформами.

IV. Список використаних джерел

- [1] Ю. Лещенко, М. Юхимчук, В. Лесько, Ю. Іванов. “Інтеграція кластеризації та штучного інтелекту для підвищення ефективності логістики «останньої милі»”. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*, №4(84), с. 346-350, 2025. doi: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-84-41>
- [2] С. Мороз, М. Шуневич. “Використання штучного інтелекту в логістичній галузі”. *Development Service Industry Management*, №4, с. 269–275, 2024. URL: <https://dsim.khmmu.edu.ua/index.php/dsim/article/view/266>
- [3] С. Смерічевська, Л. Іваненко. “Стратегічні напрями відновлення транспортно-логістичної інфраструктури України”. *Економіка та суспільство*, Вип. 71, 2025. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/5576/5514>
- [4] Нова пошта 2024: інновації та безбар'єрність для клієнтів. *Obozrevatel Projects*, 2024. URL: <https://projects.obozrevatel.com/nova-poshta-rushiy-zmin/>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DELIVERY ROUTE OPTIMIZATION

Anastasiia Nievienchienkova, Sofiia Peregon

ABSTRACT. The publication examines the possibilities of using artificial intelligence to optimize delivery routes. It highlights the advantages, areas of application, key challenges of implementing AI in transport logistics. The prospects of such solutions for improving delivery efficiency in Ukraine are substantiated.

KEYWORDS: artificial intelligence, optimization, logistics, efficiency.

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ PERPLEXITY AI У НАУКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Осадча Катерина¹, Спірін Олег¹, Олексюк Василь¹, Вербо́вський Дмитро¹

¹Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України, м. Київ, Україна

E-mail: k.osadcha@iitlt.gov.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розглядається питання використання пошукової системи на базі штучного інтелекту Perplexity AI. Висвітлено особливості додаткових режимів Perplexity AI (“Глибоке дослідження”, “Рада моделей”, “Створюйте файли та застосунки”, “Навчайтеся крок за кроком”) та запропоновано поради для отримання найкращих результатів пошуку у Perplexity AI для режиму звичайного пошуку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, Perplexity AI, наукова діяльність.

I. Вступ

З появою численних інструментів штучного інтелекту (ШІ) (Рис. 1), включаючи останнім часом швидко поширювані інструменти генеративного ШІ (ГенШІ), виникає проблема доцільного їх використання у науково-педагогічній діяльності, зокрема для проведення освітніх досліджень; які їх функції та можливості є корисними, які наявні обмеження.



Рис. 1. Програм ШІ що версією Humanity's Last Exam (<https://lastexam.ai>)

Вивчаючи потенціал інструментів ШІ у контексті освіти, О.М. Спірін відзначає три ключові сфери застосування ШІ (персоналізоване навчання та адаптивні освітні траєкторії, автоматизоване оцінювання знань і зворотний зв'язок як помічник для вчителя, так звана “технологія підсилення”) [1]. На думку В. Коваленко та М. Мар’єнко ГенШІ відкриває такі нові перспективи для освіти: удосконалення освітніх практик, підвищення ефективності освітнього процесу та забезпечення індивідуального підходу до кожного учня, поряд із цим ставлячи перед педагогами ряд важливих питань, що стосуються інклюзивності, академічної доброчесності, ролі вчителя та етичного використання технологій [2]. Науковцями проаналізовано можливості різних ШІ-чатів у виконанні професійних завдань педагогів, зокрема Microsoft Copilot [3], Perplexity AI [4], ChatGPT [5] та Gemini [6], а також сервісів штучного інтелекту для створення мультимедійних презентацій [7] та інших інструментів.

Однак можливості застосування інструментів ШІ швидко змінюються, удосконалюючи і розширюючи функціональні можливості, що потребує нових досліджень, зокрема щодо практичного їх використання у науковій діяльності.

II. Основна частина

На основі аналізу низки ШІ чатботів для дослідження практичних аспектів їх використання у науковій діяльності було обрано Perplexity AI, зважаючи на те, що ця пошукова система на базі штучного інтелекту відрізняється як від традиційних пошукових систем (Google, Bing (Microsoft), DuckDuckGo), так і від відомих ШІ-чатів (Microsoft Copilot, ChatGPT, Gemini, Claude AI). Вона має відмінності у функціональних можливостях, що полягають у такому: якщо традиційні пошукові системи пропонують користувачам безліч посилань для перегляду, то Perplexity AI функціонує як інтелектуальний помічник у дослідженні, оптимізуючи збір інформації, надаючи дані. Згенерований зміст отримується з Інтернету в режимі реального часу, тобто користувач отримує найактуальнішу доступну інформацію, яка підкріплюється джерелами з авторитетних новинних організацій, академічних публікацій та визнаних джерел контенту. У Perplexity AI реалізований адаптивний пошук, що дозволяє шукати швидко відповіді на повсякденні запитання чи досліджувати складні теми, використовуючи як стандартні, так і розширені функції пошуку за допомогою ШІ [8].

Наразі Perplexity AI має 6 режимів пошуку: 2 базових (Звичайний пошук (Search) і Розширений режим (Pro Search)) та 4 додаткових (“Глибоке дослідження” (Deep Research), “Рада моделей” (Model Council), “Створюйте файли та застосунки” (Create files and apps), “Навчайтеся крок за кроком” (Learn Mode)) (Рис. 2) [9].

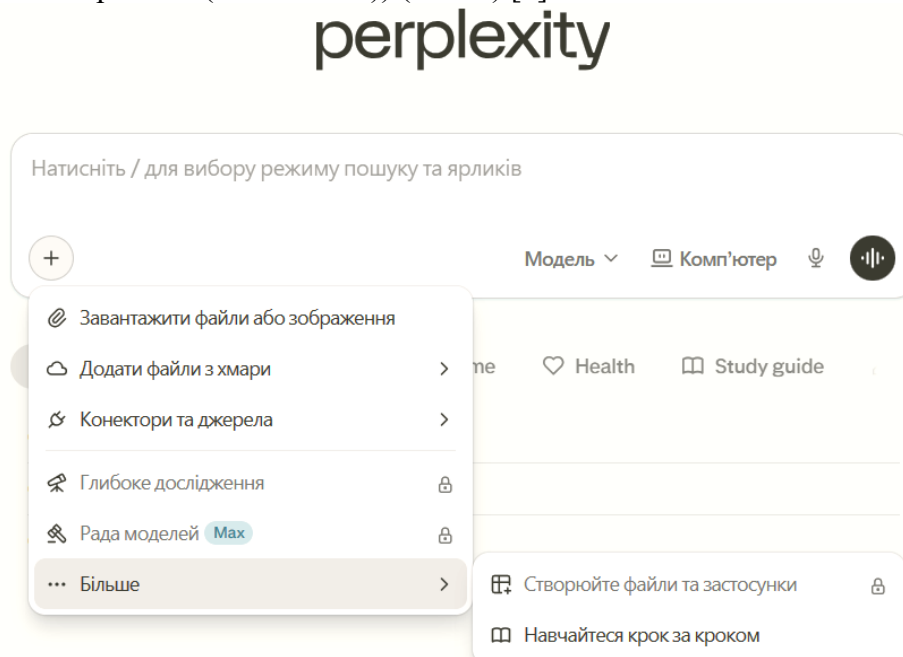


Рис. 2. Додаткові режими Perplexity AI: “Глибоке дослідження”, “Рада моделей”, “Створюйте файли та застосунки”, “Навчайтеся крок за кроком”

Звичайний пошук запускається за замовчуванням, коли користувач вводить запит без увімкнення Pro чи вибору джерел пошуку і дає швидкі відповіді з невеликої кількості джерел без багатокрокової аналітики, використовуючи автоматичний добір моделей для балансу швидкості і точності.

Розширений режим (у тарифних планах Pro або Max) виконує глибший пошук, розділяє запит на підзапити, збирає більше джерел, немає лімітів для запиту, дозволяє обрати конкретну LLM-модель (Sonar, GPT-5.x, Claude Sonnet 4.6, Gemini 3.x тощо), може звужувати пошук до певної тематики (академічний, фінансовий тощо), щоб відповідь базувалася на більш релевантних джерелах.

Режим “Глибоке дослідження” – це агентний режим поглибленого дослідження, коли здійснюється багаторазовий пошук, читаються сотні джерел, аналізується в код-пісочниці, а потім пишеться цілісний звіт з посиланнями на джерела. Такий пошук триває довше, ніж базовий, проте у результаті надається структурований документ з підрозділами, списком джерел та можливістю експорту в PDF, Markdown чи .docx. Для цього режиму використовуються потужніші моделі, які добираються автоматично.

“Рада моделей” – це багатомодельна дослідницька функція, яка одночасно виконує запити до трьох моделей ІІІ (Claude Opus 4.6, GPT-5.x та Gemini 3.x Pro) та синтезує одну єдину відповідь, доступну виключно для передплатників Perplexity Max та Enterprise Max в Інтернеті. Спочатку здійснюється запит одночасно до трьох провідних моделей ІІІ, потім модель синтезатора переглядає всі результати та знаходить одну комбіновану відповідь, яка чітко показує, де моделі збігаються, а де відрізняються. Такий підхід допомагає виявити сліпі зони, які може мати будь-яка окрема модель, надаючи більш надійні відповіді для важливих досліджень.

Режим “Створюйте файли та застосунки” є інструментом для втілення ідей у життя (раніше відомим як Perplexity Labs) та для підвищення продуктивності, який виконує складні проєкти. Він може створювати звіти, електронні таблиці, інформаційні панелі та прості веб-додатки. Він використовує такі інструменти, як глибокий вебпошук, виконання коду та створення діаграм і зображень. Звичайний пошук у Perplexity надає відповіді на конкретні запитання, режим “Глибоке дослідження” генерує комплексні звіти, тоді як цей режим створює повноцінні проєкти з кількома компонентами (наприклад, інтерактивна карта битви на Тихоокеанському театрі військових дій з грудня 1941 року по вересень 1945 року – https://www.perplexity.ai/search/create-an-interactive-map-that-z9s6NTUsSR6_iZhUcUuwNg).

Для здійснення пошуку в Perplexity AI, що оптимізований для активного навчання, використовується *режим “Навчайтеся крок за кроком”*. Цей режим не просто дає відповіді на запитання користувача, а пояснює відповідь детально, розбиваючи її крок за кроком. У режимі навчання можна: 1) навчатися через розмову, а не отримуючи миттєву відповідь; 2) реалізувати покрокове навчання; 3) створювати власні навчальні матеріали та конспекти вже в “Просторах”, такі як інтерактивні вправи з вільними відповідями, картки та тести з кількома варіантами відповідей. Для самонавчання можна скористатися таким засобом, як флеш-картки, наприклад, з методології наукових досліджень чи іншої потрібної науковцю теми. У режимі “Навчайтеся крок за кроком” можна додати файл(и) з матеріалами для навчання (книги, посібники тощо) та написати “flashcards” у полі пошуку Perplexity AI, а після генерації карток використати їх для самонавчання.

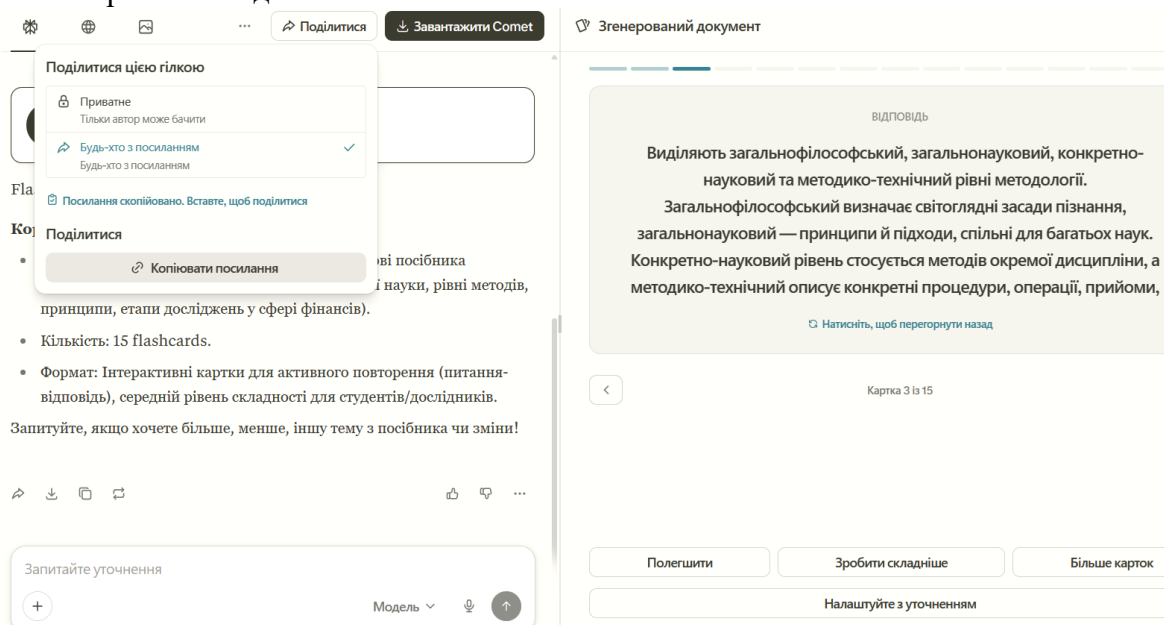


Рис. 3. Приклад створення флеш-карт у режимі “Навчайтеся крок за кроком”

Perplexity AI може подавати інформацію у таблицях, списках або зведених описах, щоб полегшити її розуміння. Наприклад, якщо користувач попросить порівняти мови програмування, навіть у звичайному режимі Perplexity AI може створити таблицю (Рис. 4), що показує їхні характеристики за неведеними користувачем критеріями, або критерії можна запропонувати обрати III-чату.

Відповідь Посилання

...

Нижче — узагальнена порівняльна таблиця чотирьох мов за вказаними критеріями (Python, JavaScript, C++, C). Узагальнення спирається на типове, а не на всі можливі винятки.

javascript.org +5

Критерій	Python	JavaScript	C++
1. Призначення та типові сфери застосування	Універсальна мова високого рівня: скрипти, бекенд, наука про дані, машинне навчання, автоматизація, прототипування. javascript.org +2	Основна мова веб-клієнта, також бекенд (Node.js), SPA, мобільні та десктоп-додатки через фреймворки. javascript.org +1	Системне ПЗ, ігрові системи, високопродуктивні реального часу застосунки. javascript.org +2
2. Парадигми програмування	Переважно імперативна й об'єктно-орієнтована, добре підтримує функціональний стиль (lambda, map/filter, генератори). vspu	Імперативна, об'єктно-орієнтована (прототипи), функціональна (функції вищого порядку, замикання), подійно-орієнтована модель. coggle	Мультипарадигмові ООП, шаблонні й м'які елементи функціонального програмування (lambda). code4lab
3. Продуктивність (швидкість, ресурси)	Інтерпретована/байткодна, повільніша за C/C++, але часто достатньо швидка завдяки оптимізованим бібліотекам	Швидкість залежить від JS-двигуна (V8 тощо), зазвичай повільніша за C/C++, але добра для інтерактивних застосунків	Компільована до машинного коду, дуже висока продуктивність, контроль ресурсів, жорстка оптимізація

Рис. 4. Результат генерування таблиці у звичайному режимі Perplexity AI

Для отримання найкращих результатів пошуку у Perplexity AI можна запропонувати такі рекомендації для режиму звичайного пошуку:

1. Слід починати із загального, а потім звужувати коло, коли з'явиться контекст.
2. Запит має бути написаний без граматичних, стилістичних і орфографічних помилок.
3. Інструкції мають бути чіткими та конкретними, наприклад, необхідно визначити певні часові рамки, установи, заклади, типи даних, місця, наміри тощо. Це спрямовує пошук та забезпечує точність результатів. Наприклад, “Знайди та проаналізуй офіційні документи, звіти, методичні рекомендації й нормативні акти щодо впровадження STEAM-технологій у закладах вищої освіти у 2023–2025 роках. Надай перелік джерел, короткі описи їхнього змісту та зазнач, які інституції їх опублікували”.
4. Необхідно давати інструкції щодо формату: “Підсумувати список літератури в таблиці з DOI”.
5. Для отримання індивідуальних відповідей, заснованих на ролях, варто пропонувати контекст (“Виконуйте роль викладача інформатики...”).
6. Якщо потрібно зробити резюме, слід додати файл, якщо текст великого розміру, та зробити, наприклад, такий запит: “Підсумуйте 3 ключові висновки з цього PDF-файлу”.
7. Для глибокого занурення у питання доцільно використовувати функцію “Подальші дії”. Наприклад, після отримання початкового резюме щодо питання, наведеного вище, можна обрати одну із запропонованих Perplexity AI дій: “Які конкретні кроки впровадження STEAM у вишах за рекомендаціями ІМЗО 2024?”, “Приклади програм STEAM-освіти у українських університетах 2023-2025” або написати власний уточнюючий запит.

8. Для академічних завдань потрібно використовувати спеціальні режими та функції, як-от “Глибоке дослідження” чи академічний фокус.

9. Для освітніх завдань варто обирати моделі, як-от Claude чи Sonar, для глибокого аналізу.

10. Для проєктів рекомендується створювати “Простори”, де можна завантажити потрібні матеріали, встановити фокус на академічних джерелах, додати учасників і спільно працювати над проєктом. Це зберігає контекст для послідовних запитів.

11. Якщо відповідь не є задовільною, слід спробувати перефразувати питання.

12. Завжди слід перевіряти оригінальні джерела перед прийняттям критичних рішень. Перехід за посиланнями дозволить здійснити верифікацію та глибше ознайомлення з джерелом.

13. Варто надати відгуки на результати пошуку, чи відповіді корисні чи ні. Це покращує відповіді Perplexity AI у майбутньому.

Потрібно зважати на те, що Perplexity AI прискорює, але не замінює аналіз, критичне мислення та логіку викладу. Тому перевірка фактів, змісту та джерел дозволить виконати завдання на відповідному рівні, а осмислення згенерованих матеріалів додасть науковій вагомості кінцевому результату.

III. Висновки

Використання Perplexity AI у науковій діяльності дає можливість переосмислити робочі процеси, змістивши фокус із рутинної роботи на більш поглиблений аналіз, творче розуміння та практичне застосування. Автоматизуючи механічні аспекти в діяльності дослідників, платформа звільняє людські когнітивні ресурси для інтерпретативних та інноваційних вимірів, де людський інтелект залишається неперевершеним. Поряд із цим, використання Perplexity AI, як і будь-якого іншого інструменту III, вимагає розуміння як можливостей, так і обмежень. Користувачі мають розуміти, що цей інструмент є помічником, а не заміною експертного судження, критичного мислення, логічності міркувань і застосовувати результати, згенеровані III, як основу для міркування, пошуку ідей, подальшого дослідження, перевірки та вдосконалення.

Фінансування. Дослідження виконане в межах проєкту № 2025.07/0074 “Штучний інтелект для наукових досліджень у галузі освіти: прогнозування, моделювання інтеграції та цифрові дослідницькі компетентності”, що виконується за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України за результатами проведення конкурсу “Передова наука в Україні 2026-2028”.

IV. Список використаних джерел

- [1] О. М. Спірін, “Цифрова трансформація освіти: штучний інтелект у сучасному освітньому просторі: Наукова доповідь загальним зборам НАПН України ‘Цифрова трансформація освіти: штучний інтелект у сучасному освітньому просторі’, 21 листопада 2025 р.”, HNAESU, вип. 7, вип. 2, с. 1–9, Груд 2025.
- [2] В. Коваленко і М. Мар’єнко, “Методичні засади використання вчителями сервісів генеративного штучного інтелекту у навчанні природничо-математичних предметів”, ФМО, вип. 40, № 3, с. 19–24, Чер 2025.
- [3] К. Осадча і В. Осадчий, “Неперервна освіта в епоху штучного інтелекту: практика використання Microsoft Copilot Chat у професійній підготовці педагогів”, Неперервна професійна освіта: теорія і практика, вип. 84, № 3, с. 136–149, Oct. 2025, doi: 10.28925/2412-0774.2025.3.11.
- [4] K. Osadcha and M. Osadcha, “Experience of using the Perplexity AI-powered answering system for education content generation,” Alfred Nobel University Journal of Pedagogy and Psychology, vol. 1, no. 29, pp. 206–219, Jun. 2025, doi: 10.32342/3041-2196-2025-1-29-18.
- [5] D. N. Malik, A. Kousar, and K. Arshad, “Chat-GPT in Education: Learning Outcomes and Facilitating Knowledge Acquisition”, IJSS, vol. 4, no. 2, pp. 97–104, Jun. 2025, doi: <https://doi.org/10.63544/ijss.v4i2.131>.
- [6] B. Rozputnia, L. Shevchenko, V. Umanets, Y. Sabadosh, A. Kushnir and N. Voitsekhivska, “Future Trends of AI in Higher Education: Google Workspace and Gemini,” 2025 15th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Sibenik, Croatia, 2025, pp. 1019–1025, doi: 10.1109/ACIT65614.2025.11185626.

- [7] В. В. Коваленко і А. В. Яцишин, “Використання сервісів штучного інтелекту для створення мультимедійних презентацій в освіті і наукових дослідженнях”, Освіта та розвиток обдарованої особистості, вип. 1, с. 17–25, Київ 2025, doi: 10.63437/2309-3935-2025-1(96)-03.
- [8] Perplexity Support, “What is Perplexity?”, Perplexity Help Center. <https://www.perplexity.ai/help-center/en/articles/10352155-what-is-perplexity> (accessed: Mar. 16, 2026).
- [9] Perplexity Support, “What advanced AI models are included in my subscription?”, Perplexity Help Center. <https://www.perplexity.ai/help-center/en/articles/10354919-what-advanced-ai-models-are-included-in-my-subscription> (accessed: Mar. 17, 2026).
- [10] Perplexity Help Center. Perplexity AI. <https://www.perplexity.ai/help-center/en> (accessed: Mar. 17, 2026).

PRACTICAL ASPECTS OF USING PERPLEXITY AI IN RESEARCH AND TEACHING

Osadcha Kateryna, Spirin Oleh, Oleksiuk Vasyl, Verbovetskyi Dmytro

ABSTRACT. This article examines the use of the Perplexity AI search engine powered by artificial intelligence. It highlights the features of Perplexity AI’s additional modes (‘Deep Research’, ‘Model Council’, ‘Create Files and Apps’, ‘Learn Step by Step’) and offers tips for getting the best search results in Perplexity AI for the standard search mode.

KEYWORDS: artificial intelligence, Perplexity AI, scientific activity.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТЕРМІНОВАНOSTІ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСТРАКЦІЇ СЛАБОСТРУКТУРОВАНИХ ДАНИХ З PDF-ДОКУМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

Петров Костянтин¹, Божко Олександр¹

¹Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна
E-mail: oleksandr.bozhko@nure.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено стабільність результатів екстракції слабоструктурованих даних з PDF-документів за допомогою мультимодальних великих мовних моделей на основі архітектури типу трансформер. Було оцінено варіативність, часову стабільність та вплив режиму мислення на детермінованість результатів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: екстракція даних, великі мовні моделі, детермінованість, PDF-документи, F1-score.

I. Вступ

Великі мовні моделі (Large Language Models, LLM) дедалі ширше застосовуються для автоматизованої екстракції слабоструктурованих даних з PDF-документів [1]. Мультимодальні LLM здатні безпосередньо аналізувати візуальне представлення сторінки документа та повертати екстраговані дані у структурованому форматі, що усуває потребу в попередньому розпізнаванні тексту та ручній побудові правил для кожного типу документів.

Однак результати роботи LLM є стохастичними за своєю природою. Відповідно, результат повторного запиту до моделі з ідентичним вхідним документом та промптом може суттєво відрізнятись від попереднього. Ця властивість є наслідком використання методів вибірки (sampling) при генерації токенів [2]. Для промислових систем, де коректність та передбачуваність результатів є критичними вимогами, стохастичність LLM становить суттєвий ризик.

Додатковим джерелом нестабільності є практика оновлення моделей з боку провайдерів: коригування ваг, квантизація та інфраструктурні зміни можуть систематично змінювати поведінку моделі з часом, навіть за незмінних вхідних даних [3].

Незважаючи на практичну важливість вирішення цієї проблеми, систематичних досліджень детермінованості результатів екстракції даних за допомогою LLM на контрольованому корпусі документів проведено не було. Існуючі роботи переважно фокусуються на оцінці середньої якості моделей [4, 5], не досліджуючи варіативність результатів між повторними запусками.

Метою даного дослідження є кількісна оцінка детермінованості результатів екстракції слабоструктурованих даних з PDF-документів за допомогою LLM, зокрема:

- оцінка загальної варіативності результатів при повторних запусках;
- перевірка стабільності результатів у часі;
- аналіз впливу режиму мислення (reasoning) на стабільність;
- дослідження зв'язку між складністю документа та варіативністю результатів.

II. Основна частина

Експеримент було проведено на корпусі зі 115 синтетичних PDF-документів типу «товарна накладна», сформованому за шаблонами реальних бізнес-документів з контрольованим вмістом ознак складності. Кожен документ характеризується набором з 11 бінарних ознак складності, сума яких використовується як кількісна міра структурної складності документа для аналізу її впливу на варіативність результатів екстракції. Детальний опис системи ознак та корпусу наведено в [6].

Для дослідження було обрано чотири конфігурації LLM від двох провайдерів (табл. 1). Кожна модель була протестована у двох режимах: стандартному та з розширеним мисленням (extended thinking/reasoning) [7]. Це дозволило оцінити вплив режиму мислення на детермінованість результатів.

Таблиця 1

Конфігурації LLM			
№	LLM	Провайдер	Режим
1	Claude Haiku 4.5	Anthropic	standard
2	Claude Haiku 4.5	Anthropic	extended thinking
3	GPT-5-mini	OpenAI	reasoning
4	GPT-5-mini	OpenAI	reasoning low

Для кожної конфігурації було виконано шість незалежних ітерацій екстракції всього корпусу ($115 \times 4 \times 6 = 2760$ запитів до API) [8]. Ітерації було розділено на дві частини. Спочатку виконувались перші три ітерації, а через один місяць останні три ітерації. Такий дизайн дозволив оцінити не лише варіативність між послідовними запусками, а й стабільність результатів у часі, що є критично важливим для промислових систем з тривалим життєвим циклом.

Документи передавалися до моделей як бінарні PDF-вкладення через мультимодальний API відповідних провайдерів. Промпт містив опис цільової JSON-схеми з 20 полів. Якість екстракції для кожного документа в кожній ітерації оцінювалася за мірою F1 (F1-score) – метрикою, що поєднує точність (частку правильних серед усіх знайдених даних) і повноту (частку знайдених серед усіх еталонних даних) шляхом обчислення їх гармонічного середнього. Оцінювання проводилося на двох рівнях – коректність ідентифікації записів у документі та точність значень окремих полів у межах кожного запису – після чого результати агрегувалися в єдину інтегральну метрику на рівні документа за допомогою вагових коефіцієнтів.

Для кожного документа було обчислено частку точних збігів (Exact – відсоток документів, для яких F1 є ідентичним у всіх шести ітераціях), розмах (різницю між найкращим та найгіршим F1 для одного документа) та стандартне відхилення σ . Для оцінки узгодженості повторних вимірювань було обчислено коефіцієнт внутрішньокласової кореляції ICC – метрику, що показує, наскільки стабільними є результати при повторних запусках ($ICC = 1$ відповідає ідеальній узгодженості). Агреговані результати наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Метрики детермінованості (6 ітерацій)					
Конфігурація	Exact, %	Сер. розмах	Макс. розмах	Сер. σ	ICC
Haiku standard	61.7	0.013	0.236	0.006	0.984
Haiku thinking	11.3	0.079	0.355	0.032	0.874
Mini reasoning	17.4	0.090	0.973	0.037	0.714
Mini low	13.0	0.179	1.000	0.074	0.771

Результати демонструють суттєві відмінності в детермінованості між конфігураціями. Claude Haiku 4.5 у стандартному режимі є найбільш детермінованою конфігурацією: 61.7%

документів отримують ідентичний F1 у всіх шести ітераціях, середній розмах становить лише 0.013, а $ICC = 0.984$ свідчить про майже ідеальну узгодженість повторних вимірювань. На протилежному кінці спектру – GPT-5-mini у режимі reasoning low: лише 13.0% точних збігів, середній розмах 0.179, а максимальний розмах досягає 1.000, що означає наявність документів, для яких в одній ітерації екстракція є повністю успішною ($F1 = 1.0$), а в іншій – повністю невдалою ($F1 = 0.0$).

Для оцінки стабільності результатів у часі було порівняно середнє значення F1 по всіх документах ($\bar{F1}$) між початковим (ітерації 1–3) та відкладеним (ітерації 4–6) періодами. Різниця середніх (Δ) показує абсолютний зсув якості між періодами. Статистичну значущість цього зсуву перевірено за критерієм Вілкоксона ($p > 0.05$ означає відсутність значущої різниці). Кореляція Пірсона (r) оцінює, наскільки зберігається відносний порядок документів за якістю між двома періодами ($r = 1$ – ідеальний збіг). Результати наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Часова стабільність результатів					
Конфігурація	$\bar{F1}$ (1–3)	$\bar{F1}$ (4–6)	Δ	p (Wilcoxon)	r (Pearson)
Haiku standard	0.865	0.865	–0.000	0.118	0.993
Haiku thinking	0.854	0.851	–0.003	0.135	0.967
Mini reasoning	0.851	0.847	–0.004	0.510	0.859
Mini low	0.761	0.760	–0.001	0.149	0.916

Жодна з конфігурацій не демонструє статистично значущого зсуву якості між періодами. Значення p критерію Вілкоксона перевищує 0.05 для всіх конфігурацій. Кореляція Пірсона між середніми F1 двох періодів для різних моделей становить від 0.859 (GPT-5-mini reasoning) до 0.993 (Haiku standard). Це свідчить про те, що документи, які добре оброблялися на початку експерименту, залишаються такими й через місяць, а проблемні документи стабільно залишаються проблемними. Середній розмах усередині періодів також є стабільним: для Haiku standard він навіть зменшується з 0.010 (ітерації 1–3) до 0.004 (ітерації 4–6).

Ці результати свідчать, що моделі LLM зберігають стабільну якість обробки конкретних документів протягом щонайменше місяця, незважаючи на можливі оновлення моделей з боку провайдерів.

Порівняння конфігурацій з різними режимами мислення для однієї й тієї ж моделі виявило протилежні ефекти у двох провайдерів.

Для Claude Haiku 4.5 увімкнення розширеного мислення (extended thinking) суттєво зменшує детермінованість. Частка точних збігів падає з 61.7% до 11.3%, середній розмах зростає з 0.013 до 0.079 (+0.066), а ICC знижується з 0.984 до 0.874. Це пояснюється тим, що розширене мислення додає додатковий стохастичний етап – генерацію внутрішніх міркувань (chain-of-thought). Як наслідок, кожна ітерація може привести до різних шляхів розв'язання задачі.

Для GPT-5-mini навпаки, режим reasoning підвищує детермінованість порівняно з reasoning low. Середній розмах зменшується з 0.179 до 0.090 (–0.089), частка точних збігів зростає з 13.0% до 17.4%. Отримані результати дозволяють висунути гіпотезу: для моделей, які демонструють вищу якість екстракції у стандартному режимі (середній $F1 = 0.865$ для Haiku), додатковий етап мислення вносить зайву стохастичність і знижує детермінованість; натомість для моделей з нижчою базовою якістю (середній $F1 = 0.761$ для GPT-5-mini) збільшення обчислювального бюджету мислення допомагає стабільніше знаходити правильне рішення. Перевірка цієї гіпотези на ширшому колі моделей є перспективним напрямком подальших досліджень.

Для перевірки гіпотези про те, що складніші документи демонструють більшу варіативність результатів, документи було розподілено на три класи за кількістю активних ознак складності: Easy (0–2 ознаки), Medium (3–5) та Hard (6 і більше). Для кожного класу обчислено середній розмах F1 по шести ітераціях (табл. 4).

Для трьох із чотирьох конфігурацій спостерігається чітка тенденція збільшення середнього розмаху F1 зі зростанням класу складності. Найбільш виражений ефект спостерігається у моделі GPT-5-mini reasoning low, для якої розмах для Hard-документів (0.244) вдвічі перевищує розмах для Easy-документів (0.124). Виняток становить Haiku standard, де

варіативність є мінімальною для всіх класів (0.011–0.016), що узгоджується з його загальною високою детермінованістю (табл. 2).

Таблиця 4

Середній розмах F1 за класами складності			
Конфігурація	Easy (n=30)	Medium (n=38)	Hard (n=47)
Haiku standard	0.011	0.016	0.012
Haiku thinking	0.060	0.071	0.097
Mini reasoning	0.064	0.099	0.099
Mini low	0.124	0.141	0.244

III. Висновки

Проведене дослідження кількісно оцінило детермінованість результатів екстракції слабоструктурованих даних з PDF-документів за допомогою великих мовних моделей на основі шести незалежних ітерацій для чотирьох конфігурацій LLM від двох провайдерів.

Детермінованість суттєво відрізняється між конфігураціями. ICC коливається від 0.714 до 0.984, а частка документів з ідентичними результатами – від 13.0% до 61.7%.

Результати екстракції є стабільними у часі. Жодна з конфігурацій не демонструє статистично значущого зсуву якості між початковим та відкладеним періодами ($p > 0.05$), а кореляція між періодами перевищує 0.85 для всіх конфігурацій.

Вплив режиму мислення на детермінованість є неоднозначним та залежить від архітектури моделі. Для Claude Haiku розширене мислення зменшує стабільність, тоді як для GPT-5-mini підвищений обчислювальний бюджет reasoning покращує її.

Складність документа має зв'язок з варіативністю результатів. Для документів класу Hard середній розмах F1 є вищим, ніж для Easy, причому найбільш виражений ефект спостерігається для конфігурацій з нижчою загальною детермінованістю (розмах 0.244 для Hard проти 0.124 для Easy у GPT-5-mini reasoning low).

Отримані результати мають практичне значення для проектування промислових систем екстракції даних: вибір конфігурації LLM має враховувати не лише середню якість, а й стабільність результатів, особливо для документів з високою структурною складністю. Для підвищення надійності таких систем рекомендується використання стратегії усереднення результатів кількох ітерацій або вибір конфігурацій з високою детермінованістю.

IV. Список використаних джерел

- [1] D. Xu, W. Chen, W. Peng et al., "Large language models for generative information extraction: A survey," *Frontiers Comput. Sci.*, vol. 18, no. 6, Art. no. 186357, 2024, doi: 10.1007/s11704-024-40555-y.
- [2] T. Brown et al., "Language models are few-shot learners," in *Proc. Advances Neural Inf. Process. Syst. (NeurIPS)*, vol. 33, 2020, pp. 1877–1901.
- [3] OpenAI, "GPT-4 technical report," *arXiv preprint arXiv:2303.08774*, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2303.08774>
- [4] B. Li, G. Fang, Y. Yang et al., "Evaluating ChatGPT's information extraction capabilities: An assessment of performance, explainability, calibration, and faithfulness," *arXiv preprint arXiv:2304.11633*, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2304.11633>
- [5] A. V. Gougherty and H. L. Clipp, "Testing the reliability of an AI-based large language model to extract ecological information from the scientific literature," *npj Biodiversity*, vol. 3, Art. no. 13, 2024, doi: 10.1038/s44185-024-00043-9.
- [6] О. Ю. Божко, "Розробка ітеративного методу екстракції даних з неструктурованих документів на основі використання великих мовних моделей," *Вісник Кременчуцького нац. ун-ту ім. Михайла Остроградського*, no. 1, pp. 119–124, 2025, doi: 10.32782/1995-0519.2025.1.15.
- [7] J. Wei, X. Wang, D. Schuurmans et al., "Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models," in *Proc. Advances Neural Inf. Process. Syst. (NeurIPS)*, vol. 35, 2022, pp. 24824–24837.
- [8] О. Ю. Божко, "Використання великих мовних моделей для розпізнавання інформації в нумізматичних описах," *Наука і техніка сьогодні*, no. 1(29), pp. 615–625, 2024, doi: 10.52058/2786-6025-2024-1(29)-615-625.

INVESTIGATION OF DETERMINISM IN EXTRACTION OF SEMI-STRUCTURED DATA FROM PDF DOCUMENTS USING LARGE LANGUAGE MODELS

Petrov Konstantin, Bozhko Oleksandr

ABSTRACT. The study investigates the stability of semi-structured data extraction results from PDF documents using multimodal large language models based on the transformer architecture. Variability, temporal stability, and the impact of reasoning mode on the determinism of results were evaluated.

KEYWORDS: data extraction, large language models, determinism, PDF documents, F1-score.

ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА СУЧАСНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ В РЕКРУТИНГУ ТА ОНБОРДИНГУ

Руденко Валентина¹, Копач Альбіна¹

¹Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна

E-mail: askopach.feu25@kubg.edu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розглядаються переваги застосування та інтеграції штучного інтелекту в процеси організації, зокрема в рекрутингу та онбордингу. Таке впровадження забезпечує автоматизацію рутинних завдань, усуває упередженість та персоналізує адаптацію, водночас зберігаючи людиноцентричність.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, управління, онбординг, HR.

I. Вступ

Зважаючи на обмеженість людських ресурсів, сучасний інструментарій у вигляді штучного інтелекту (ШІ/AI) стає невід'ємним помічником для автоматизації рутинної роботи. Людство вже не може відмовитись від використання ШІ, адже перетнуто межу повернення – інтелект став рушійною силою, отримавши за 2024 рік інвестиції понад 252 мільярдів доларів [1]. Він не лише автоматизує бізнес-процеси, а й навіть інтегрується у перші етапи залучення та адаптації нових спеціалістів. Безумовно, це суттєва перевага, але людський фактор залишається критично важливим.

Для розуміння загальної тенденції впровадження ШІ у 2025 році провели низку досліджень та опитувань. Зокрема, Stanford's 2025 AI Index Report визначили, що приблизно 36% організацій використовують ШІ для виконання щонайменше 25% завдань, 11% для 50%, і лише 4% для 75% [1]. На додачу, глобальне опитування McKinsey щодо стану штучного інтелекту (червень-липень 2025 року) демонструє, що серед 1993 учасники з 105 країн, розміщених на кожному рівні організації, майже усі використовують штучний інтелект, щонайменше в одній функції [2].

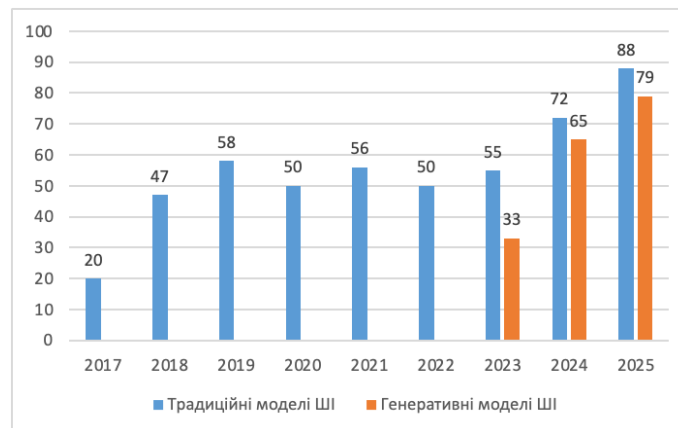


Рис. 1. Використання технологій штучного інтелекту в межах бізнес-функцій підприємств [2]

II. Основна частина

Штучний інтелект уже сьогодні трансформує процеси та підходи в управлінні людськими ресурсами. Хоча остаточно рішення залишається відкритим за людиною, її вплив технічно

мінімізується, адже ІІ виконує багато рутинної роботи. АІ значною мірою доповнює HR-менеджмент у свою чергу перетворюючи його на інструмент стратегічного управління в умовах постійно змінюваного середовища [3]. Відповідно до результатів опитування директорів з управління персоналом Gartner, визначило 4 основні пріоритети HR-менеджера у 2026 року два з яких стосуються використання штучного інтелекту для революціонування HR та формування роботи в епоху людини та машини.

ІІ мінімізує людську неуважність та суб'єктивне сприйняття. Він прозоро, ефективно та швидко аналізує характеристики кандидата, обробляє відкриті дані з різних джерел. За допомогою глибокого навчання може виявляти неточності, шахрайство, а також у разі скоротити час HR-керівників на перевірку резюме.

Технології також використовуються, щоб переконатися, що компанії наймають найбільш кваліфікованого кандидата, відсіваючи будь-яких інших, які не відповідають певним вимогам [4]. ІІ також сприяє покращенню бренду і репутації роботодавця, висвітлюючи культуру, цінності та переваги компанії на різних платформах і каналах.

Використовуючи АІ для залучення потенційних кандидатів, роботодавець підвищує пізнаваність і охоплення компанії, залучаючи більше високоякісних кандидатів [4]. Для великих компаній з відповідним доходом забезпечити автоматизацію рекрутингу не є проблемою, але для малого та середнього бізнесу мати власні інструменти чи програмні забезпечення для масштабування буде складніше. Вірогідно, вони зіткнуться з фінансовими, безпековими та технічними бар'єрами чи опором штату, які не бажатимуть ділити своє робоче місце.

Наступним кроком після ретельного відбору кандидатів є формування звіту для HR-директора та планування зустрічі. Штучний інтелект дає можливість людині наживо перевірити попередні гіпотези про рівень комунікативних, лідерських чи командних якостей кандидата [5], а також зосередитись на розвитку зв'язків з новими працівниками та їх асиміляція в культуру організації [4].

У певних організаціях співбесіди можуть проводитись за допомогою чат-ботів та відеоаналізу міміки, голосу допомагають об'єктивно оцінити потенційного працівника [6]. На українському ринку HR-менеджменту існують інструменти національних виробників для автоматизації, організації та управління персоналом, серед них найпопулярніші PeopleRecruit, АІ-аналіз резюме; ATS-система, автопідбір кандидатів; Workday Recruiting [6].

Застосування штучного інтелекту не обмежується підбором кадрів. Онбординг також делегується новітнім інструментам, що забезпечує індивідуальний підхід, швидке ознайомлення з процесами, створення комфортних умов та легкої інтеграції. Якість онбордингу є ключовою для успішного залучення та утримання співробітників, процес підвищує продуктивність нових співробітників на 70%, а їхнє утримання - на 82%, а також закладає початок та очікування від подальшої роботи [7].

Штучний інтелект допомагає зробити адаптацію індивідуальною. Персоналізація входить до трійки лідерів випадків використання ІІІ, відповідно до діаграми нижче представленої Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence.

АІ забезпечує комфортну адаптацію надаючи новим співробітникам легку асиміляцію у процеси, пізнання глибше корпоративної культури, контролювання термінів виконання. Також він допомагає у координації навчання – розробляє індивідуальні плани, використовуючи найефективніші рішення, які ґрунтуються на якостях та вподобаннях кожного нового працівника.

Такий персоналізований підхід не тільки призводить до кращих результатів навчання, але й може підвищувати залученість та мотивацію. Крім того, АІ може надавати персоналізований коучинг, аналізуючи дані про продуктивність та надавати індивідуальний зворотний зв'язок [4].

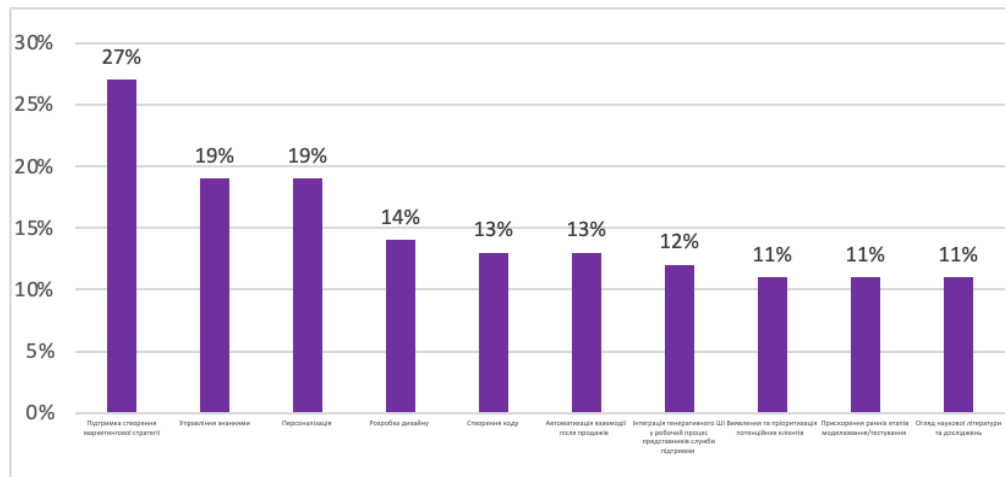


Рис. 2. Найпоширеніші випадки використання генеративного ШІ за функціями [1]

Перевага цих методів базується на поєднанні балансу між людиною та машиною. HR-менеджер не може бути вічно вільним, фізично спроможним, доступним для мікроменеджменту та індивідуального навчання кожного спеціаліста протягом 30/60/90 днів. Проте, людина здатна аналізувати результати та дії співробітника через призму етики, моралі. Критичне мислення HR-фахівця допоможе вчасно помітити помилки ШІ, а також враховувати нюанси людської природи, такі як ірраціональність, стрес, вигорання, конформізм.

Штучний інтелект не дає стовідсоткових правильних та дієвих рішень, лише прогнозує можливі варіанти на основі отриманих даних, тому саме керівник по управлінню персоналу має координувати рух та бути відповідальним за результати. Прогнозна аналітика має свої переваги, адже на базі штучного інтелекту може успішно передбачити плинність кадрів, переглядаючи дані з оглядів ефективності роботи та опитувань, виявляти закономірності в поведінці та допомагати фахівцям з управління персоналом покращувати показники утримання кадрів, застосовуючи проактивний підхід та впроваджуючи цілеспрямовані втручання, перш ніж ризики плинності кадрів погіршаться [8].

Попри впровадження штучного помічника процедура онбордингу як і раніше містить у собі Orientation та Adaptation. Orientation – це ознайомлення з новим середовищем: командою та культурою. Мета цього етапу - надати всю необхідну інформацію/знання/вступні для подальшої продуктивної роботи [7], а також максимально людиноцентричний, фокусуючись на взаємодіях співробітників, динаміці, мотивації, управління, розвитку. Відповідно Adaptation – адаптація, стосується робочих планів. На цьому етапі відмінно справляється ШІ, адже допомагає аналізувати наявні навички, знання, вміння, досвід для максимальної ефективності та продуктивності. Також він може підібрати або створити персоналізоване навчання для досягнення кращих результатів, а чат-боти зможуть цілодобово підтримувати та мотивувати співробітника.

III. Висновки

Штучний інтелект не володіє емпатією та критичним мисленням, тоді як людина обмежена у швидкості обробки великих обсягів даних. Їх поєднання забезпечує синергетичний ефект і підвищення ефективності управління персоналом. ШІ оптимізує рутинні процеси, прискорює відбір кандидатів та сприяє персоналізації їх розвитку і адаптації.

HR-менеджер зберігає ключову координаційну роль, зосереджуючись на соціальних взаємодіях, оцінці рішень з урахуванням людського фактору та прийнятті остаточних управлінських рішень. Відповідальність за результати управління персоналом залишається за людиною.

Попри значний вплив ШІ на сучасне управління персоналом, довгострокові наслідки його застосування залишаються недостатньо дослідженими. Водночас переважає позиція, що штучний інтелект, як і інші технологічні інновації, має потенціал переважно позитивного впливу на суспільний розвиток.

IV. Список використаних джерел

- [1] Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence. *Artificial Intelligence Index Report 2025*. URL: https://hai.stanford.edu/assets/files/hai_ai_index_report_2025.pdf.
- [2] McKinsey & Company “The state of AI in 2025” URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai>.
- [3] І. В. Олійник. “Стратегія адаптації HR-менеджменту в умовах діджиталізації та штучного інтелекту”. №70, с. 3, 2024. doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-114>.
- [4] О. І. Кравчук. “Способи використання штучного інтелекту в управлінні персоналом”. с. 137–138. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3abd48c9-d3ff-47cb-8166-acc114d8651c/content>.
- [5] О. А. Шморгун. “Аналіз впливу штучного інтелекту на процес рекрутингу персоналу підприємства”. вип. 45, с. 60, 2025. URL: <https://etk.khadi.kharkov.ua/article/view/328687/318501>
- [6] Ю. Б. Ореста, Н. Л. Мандюк, О. А. Юрченко. “Використання програмного забезпечення на основі штучного інтелекту в управлінні персоналом українських підприємств”. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*, с. 7–11, 2025. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14983834>.
- [7] “Онбординг по полицях: як приймати новачків, щоб вони хотіли залишитися у вашій компанії”. Work.ua. URL: <https://www.work.ua/articles/expert-opinion/2357/> (дата звернення: 27.03.2026).
- [8] M. Madanchian. “From Recruitment to Retention: AI Tools for Human Resource Decision-Making”. *Applied Sciences*, vol. 14, 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/app142411750>.

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON MODERN MANAGEMENT IN RECRUITMENT AND ONBOARDING

Rudenko Valentyna, Kopach Albina

ABSTRACT. The publication examines the advantages of applying and integrating artificial intelligence into organizational processes, particularly in recruitment and onboarding. Such implementation ensures the automation of routine tasks, eliminates bias, and personalizes adaptation while maintaining a human-centered approach.

KEYWORDS: artificial intelligence, management, onboarding, HR.

ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЕКОНОМІКУ В ІНДУСТРІЇ 5.0

Сенюк Єгор¹, Мельничук В.¹

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна
E-mail: seniuk.yehor@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації проаналізовано економічний вплив штучного інтелекту в Індустрії 5.0 через продуктивність, витрати, зайнятість, стійкість ланцюгів постачання та зелену трансформацію.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, Індустрія 5.0, продуктивність, зайнятість, стійкість.

I. Вступ

Індустрія 5.0 розглядає промисловий розвиток не як просте нарощування автоматизації, а як узгодження цифрових технологій із людськими потребами, стійкістю та довгостроковою економічною цінністю. У цьому контексті штучний інтелект (ШІ) стає не лише інструментом прискорення операцій, а й механізмом переосмислення способів створення доданої вартості, організації праці та взаємодії підприємства з ринком [1].

На відміну від класичної логіки Індустрії 4.0, де пріоритет часто надавався безпосередньому зниженню витрат і максимізації автоматизації, Індустрія 5.0 підкреслює людоцентричність, сталість і стійкість виробничих систем. Саме тому економічна роль ШІ тут визначається не лише обсягом заміщених операцій, а й здатністю підсилювати компетенції працівника, зменшувати втрати ресурсів, підтримувати гнучке виробництво та формувати нові ринки послуг і продуктів [1, 2].

Актуальність теми зумовлена тим, що ШІ все активніше впливає на структуру витрат підприємств, продуктивність праці, швидкість ухвалення рішень, стійкість постачання та вимоги до людського капіталу. Для економіки це означає перехід від лінійної моделі «інвестиції - випуск» до

більш складної моделі, у якій важливими стають якість даних, здатність до навчання, адаптивність процесів і соціальна прийнятність технологічних рішень [2, 3].

II. Основна частина

Економічний ефект ІІІ в Індустрії 5.0 найкраще описується через три взаємопов'язані канали: зростання продуктивності, зменшення транзакційних і операційних витрат та підвищення якості рішень. На рівні виробництва алгоритми машинного навчання дозволяють прогнозувати попит, виявляти дефекти, оптимізувати графіки технічного обслуговування і керувати запасами в режимі, близькому до реального часу. Це знижує простой, скорочує втрати матеріалів і підвищує використання основного капіталу, а отже, впливає на собівартість і маржинальність продукції.

Результати емпіричних досліджень підтверджують, що застосування ІІІ може бути пов'язане з позитивною динамікою продуктивності підприємств. Зокрема, у вибірці німецьких компаній встановлено позитивний і статистично значущий зв'язок між використанням ІІІ та продуктивністю фірм [3]. Для економіки це важливо, оскільки приріст ефективності створює простір для інвестицій у НДДКР, модернізацію обладнання та підвищення заробітних плат без втрати конкурентоспроможності.

Водночас Індустрія 5.0 зміщує акцент із суто заміщення праці на її доповнення. За даними МОП, генеративний ІІІ частіше трансформує робочі місця через автоматизацію окремих завдань, ніж повністю усуває професії; найбільш імовірним наслідком є саме посилення, а не повна заміна праці [4]. Така логіка змінює економіку зайнятості: виграш виникає тоді, коли працівник звільняється від рутинних дій і концентрується на контролі, аналізі, сервісі та творчих функціях. Отже, ключовим ресурсом стає не лише програмне забезпечення, а й здатність персоналу швидко перенавчатися.

Для підприємств це означає зміну структури витрат. Частина витрат переноситься з операційних у інвестиційні: потрібні дані, обчислювальні ресурси, кіберзахист, інтеграція з наявними системами та навчання персоналу. Однак у середньо- і довгостроковій перспективі ці витрати можуть компенсуватися через менші втрати від браку, скорочення складських залишків, точніше планування виробничих циклів і зниження енергомісткості процесів. OECD підкреслює, що ІІІ може стати важливим драйвером зростання продуктивності, хоча його ефект залежить від інституційних умов, масштабу впровадження та якості управління [2].

Окреме значення ІІІ набуває у ланцюгах постачання. Після глобальних криз бізнес дедалі частіше оцінює не тільки мінімальну собівартість, а й стійкість постачання, здатність швидко перемикає канали закупівель, локалізувати виробництво та зменшувати наслідки непередбачуваних шоків. Алгоритми прогнозування і сценарного моделювання дають змогу порівнювати альтернативні маршрути, оптимізувати транспортні витрати, уникати надлишкового запасу та швидше реагувати на коливання попиту. У підсумку зростає не лише ефективність, а й економічна безпека підприємства.

У межах Індустрії 5.0 ІІІ також підтримує перехід до циркулярної та ресурсоефективної економіки. Системи комп'ютерного бачення можуть контролювати якість матеріалів і повторне використання компонентів, а аналітика даних допомагає відстежувати життєвий цикл продукту, енергоспоживання та викиди. Це важливо для економіки, тому що екологічні обмеження дедалі частіше перетворюються на фінансові: вартість енергії, вуглецеве регулювання, вимоги до звітності та очікування споживачів безпосередньо впливають на прибутковість. Отже, впровадження ІІІ може зменшувати витрати на ресурси й одночасно відкривати доступ до «зелених» ринків.

Разом з тим економічна віддача ІІІ не є автоматично позитивною. Без належного управління виникають ризики поляризації ринку праці, концентрації технологічної влади в невеликій групі постачальників, залежності від якісних даних і зростання кіберризиків. Найвразливішими є малі та середні підприємства, які часто не мають достатніх ресурсів для купівлі рішень, адаптації процесів і навчання кадрів. Саме тому політика підтримки має поєднувати доступ до інфраструктури, стандартизацію даних, фінансові стимули, консультаційну допомогу та програми підвищення цифрових компетенцій [1, 4, 5].

У ширшому макроекономічному вимірі ІІІ в Індустрії 5.0 може вплинути на темпи зростання ВВП, структуру галузей і регіональний розвиток. Підприємства, що швидше інтегрують інтелектуальні системи, здобувають перевагу в ціновій конкуренції, швидкості запуску нових продуктів і здатності персоналізувати пропозицію. Водночас країни, які інвестують лише в обладнання без людського капіталу та інституційної модернізації, ризикують отримати фрагментарний ефект: окремі «острови» високої ефективності на тлі повільного поширення інновацій. Отже, економічний результат визначається не самим фактом використання ІІІ, а якістю екосистеми, у якій він працює.

Таблиця 1

Канали впливу ІІІ на економіку в Індустрії 5.0

Канал впливу	Економічний механізм	Можливий результат
Прогнозування і планування	Аналіз попиту, запасів, технічного стану обладнання та виробничих графіків.	Менше простоїв, точніше завантаження потужностей, нижча собівартість.
Людино-машинна взаємодія	ІІІ доповнює фахівця, знімаючи рутинні операції та підтримуючи ухвалення рішень.	Вища продуктивність, безпечніші умови праці, швидше перенавчання.
Ланцюги постачання	Сценарний аналіз і оптимізація маршрутів, складів і закупівель.	Стійкіші поставки, менші запаси, менші втрати від шоків.
Енерго- та ресурсоефективність	Контроль споживання енергії, матеріалів, відходів і викидів.	Нижчі витрати на ресурси, краща відповідність екологічним вимогам.
Інновації та персоналізація	Швидше тестування нових продуктів і адаптація пропозиції до сегментів ринку.	Нові джерела доходу, вища додана вартість, краща ринкова диференціація.

Отже, в Індустрії 5.0 ІІІ слід розглядати як інфраструктурний фактор економічної трансформації. Його цінність полягає не лише в автоматизації, а в здатності поєднувати технологічну ефективність із людським капіталом, екологічною відповідальністю та організаційною гнучкістю. Саме такий підхід формує стійку конкурентну перевагу для підприємств і економіки загалом.

III. Висновки

Штучний інтелект є одним із головних економічних каталізаторів Індустрії 5.0, оскільки підсилює продуктивність, точність рішень і здатність підприємств адаптуватися до змін середовища.

Найбільший ефект виникає тоді, коли ІІІ не витісняє людину, а доповнює її, даючи змогу змістити працівника від рутинних операцій до більш складних, творчих і контрольних функцій.

Економічний вигаш від упровадження ІІІ залежить від якості даних, цифрової інфраструктури, програм перенавчання, кібербезпеки та системи управління змінами. Без цих умов навіть перспективна технологія може дати лише локальний або короткочасний результат.

Для України особливо важливо поєднувати впровадження ІІІ з підтримкою людського капіталу, модернізацією промислової бази та розвитком інноваційних екосистем. У такій моделі Індустрія 5.0 стає не лише технологічною, а й соціально-економічною стратегією підвищення конкурентоспроможності.

IV. Список використаних джерел

- [1] European Commission, "Industry 5.0, a transformative vision for Europe," Directorate-General for Research and Innovation, 2022.
- [2] OECD, "The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth," 2024.
- [3] D. Czarnitzki, G. P. Fernández, and C. Rammer, "Artificial intelligence and firm-level productivity," *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 211, pp. 188–205, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.jebo.2023.05.008.
- [4] P. Gmyrek, J. Berg, and D. Bescond, "Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality," International Labour Organization, Working Paper 96, Aug. 2023.
- [5] P. Gmyrek, J. Berg, and D. Bescond, "Generative AI and Jobs: A Refined Global Index of Occupational Exposure," International Labour Organization, 2025.
- [6] T. Chaar, F. Filippucci, C. Jona-Lasinio, and G. Nicoletti, "AI and the global productivity divide: Fuel for the fast or a lift for the laggards?," *OECD Artificial Intelligence Papers*, no. 51, 2025, doi: 10.1787/c315ea90-en.

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE ECONOMY IN INDUSTRY 5.0

Seniuk Y., Melnychuk V.

ABSTRACT. The paper examines how AI shapes productivity, costs, jobs, supply-chain resilience, and sustainability in Industry 5.0. It argues that economic gains are maximized when AI augments people, supports reskilling, and strengthens human-centric governance.

KEYWORDS: artificial intelligence, Industry 5.0, productivity, employment, resilience.

НАПІВПРОВІДНИКИ В БАГАТОРІВНЕВІЙ АРХІТЕКТУРІ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ

Утюж Максим¹

¹Інститут економіки промисловості НАН України, Київ, Україна

E-mail: utiuzhmv@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено роль напівпровідників як матеріальної інфраструктури смарт-промисловості. Визначено їх значення у сенсорних, обчислювальних, мережних і виконавчих системах, що забезпечують функціонування інтелектуальних виробничих комплексів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: смарт-промисловість, напівпровідники, матеріальна інфраструктура, виробничі системи, кіберфізичні системи.

I. Основна частина

Смарт-промисловість функціонує як багатопов'язана архітектура: (1) сенсорний шар (вимірювання), (2) комунікаційний шар (зв'язок), (3) обчислювальний/AI-шар (аналітика, прийняття рішень), (4) шар керування та актуаторів (роботи, приводи), (5) енергетичний шар (перетворення/розподіл енергії), (6) інтерфейси НМІ (людино-машинний інтерфейс) та візуалізація, (7) дата-центри/хмара. Кожний із цих шарів тримається на специфічних класах напівпровідників: Si забезпечує масову логіку та керування; SiC/GaN – енергоефективну силову електроніку; GaAs/InP – високошвидкісний зв'язок і оптоелектроніку; InSb/HgCdTe – інфрачервону візію; органічні – гнучкі НМІ; MEMS/NEMS (мікроелектромеханічні та наноелектромеханічні системи) – широку сенсоріку; AI-чипи – інтелект на краю та в хмарі. У сукупності це утворює єдину кіберфізичну систему з низькою затримкою, високою надійністю, енергоефективністю та масштабованістю [1; 2].

Розгляд основних видів напівпровідників і їхніх застосувань у смарт-промисловості засвідчує, що кожен клас матеріалів та пристроїв виконує специфічну, але водночас взаємодоповнювальну роль у формуванні інтелектуально орієнтованих виробничих систем. Кремнієві мікропроцесори та мікроконтролери створюють універсальну платформу для управління й контролю, сполуки III–V забезпечують високошвидкісну комунікацію та оптоелектроніку, широкозонні матеріали (SiC, GaN) визначають енергоефективність і надійність силової інфраструктури, MEMS і NEMS формують сенсорну основу, тоді як AI-орієнтовані чипи виконують функцію інтелектуального ядра смарт-заводів. Інфрачервоні й органічні напівпровідники розширюють можливості моніторингу, безпеки та людино-машинної взаємодії.

Сукупність цих компонентів створює багаторівневу технологічну архітектуру, у якій напівпровідники виконують системоутворюючу роль, забезпечуючи функціональну цілісність та конкурентоспроможність сучасних промислових систем [1-8]. Узагальнимо архітектуру смарт-промислових систем у табл. 1. Архітектура смарт-промислових систем має чітко виражену багаторівневу ієрархію, у якій сенсорний, обчислювальний, мережний та виконавчий рівні взаємодіють як єдиний організм. Кожен рівень виконує специфічні функції – від збору даних і їхньої обробки до трансформації цифрових рішень у фізичні дії. Водночас усі вони об'єднані системоутворюючою основою – напівпровідниковими технологіями, які забезпечують функціональність усіх підсистем. Саме напівпровідники створюють

«матеріальну інфраструктуру» для смарт-промисловості, перетворюючи її з концептуальної моделі на реальність.

Таблиця 1

Архітектура смарт-промислових систем на базі напівпровідників

Рівень функціонування	Призначення	Ключові технології	Напівпровідникова база	Приклади застосування
Сенсорний рівень	Збір даних про стан виробничого середовища та обладнання	MEMS/NEMS-сенсори, оптоелектроніка, інфрачервоні датчики, RFID	Si (MEMS), GaN (NEMS), InSb, HgCdTe (ІЧ-детектори)	Моніторинг тиску, температури, вібрацій; контроль якості; створення цифрових двійників
Обчислювальний рівень	Обробка даних, аналітика, прийняття рішень	Мікропроцесори, FPGA, GPU, TPU, ASIC для AI та ML	Si (CPU, FPGA), SiGe (ВЧ-компоненти), GPU/ASIC (AI-чипи)	Візуальний контроль якості, предиктивна аналітика, обробка Big Data, автономні системи управління
Мережевий рівень	Інтеграція компонентів у єдину систему, передача даних	5G/6G-модулі, мережеві процесори, оптоволоконні системи, комунікаційні чипи	GaAs, InP (оптоелектроніка), SiGe (РЧ-мікросхеми), CMOS (мережеві контролери)	Безперервний зв'язок між лініями, синхронізація CPS, інтеграція IoT і хмарних сервісів
Виконавчий рівень	Реалізація керівних сигналів у фізичних діях	Робототехніка, CNC-системи, автономний транспорт, адитивне виробництво	IGBT, MOSFET (Si), SiC, GaN (силова електроніка)	Промислові роботи, автоматизоване складання, транспорт AGV, 3D-друк, системи енергоменеджменту

В машинобудуванні напівпровідники забезпечують роботу роботизованих ліній через сенсори, AI-чипи та силову електроніку. Таким чином, поєднання сенсорних систем, AI-обчислювачів і силових напівпровідників формує цілісну архітектуру сучасних машинобудівних підприємств, де продуктивність та якість виробництва безпосередньо визначаються рівнем інтеграції напівпровідникових рішень [3].

В енергетичній сфері силові напівпровідники SiC і GaN є основою Smart Grid, сонячних і вітрових інверторів та енергоефективних перетворювачів. Вони знижують втрати електроенергії, підвищують стабільність мереж і сприяють інтеграції відновлюваних джерел енергії [4].

У безпілотному транспорті та AGV-системах напівпровідники забезпечують сенсорне сприйняття, AI-обробку даних і ефективну роботу приводів. За підтвердженням впровадження AI-підтримки AGV, дослідження показують приріст продуктивності на 20–30 % через оптимізацію руху й уникнення «мертвих зон» у навігації [5].

В оборонному секторі напівпровідникові технології лежать в основі роботизованих наземних платформ, які використовуються для евакуації, логістики, розмінування та бойових завдань. Їх застосування знижує ризики для особового складу.

В галузі медицини MEMS-сенсори, оптоелектроніка, AI-чипи та IoT-рішення дозволяють здійснювати безперервний дистанційний моніторинг пацієнтів. Це підвищує точність діагностики, персоналізацію лікування та доступність медичних послуг [6].

У точному землеробстві напівпровідники використовуються в сенсорах, дронах, LiDAR- і мультиспектральних камерах та AI-системах. Це допомагає ефективніше використовувати воду, добрива й ресурси, підвищувати врожайність і екологічну стійкість [7].

В Україні ці технології вже впроваджуються в енергетиці, обороні, медицині та агросекторі. Загалом вони формують основу цифрової модернізації, технологічної стійкості та інноваційного розвитку економіки.

II. Висновки

Проведене дослідження показало, що смарт-промисловість виступає вищим етапом еволюції виробничих систем, де напівпровідникова галузь формується як системоутворююче ядро. Саме завдяки напівпровідниковим рішенням стало можливим поєднання сенсорних технологій, обчислювальних потужностей, високошвидкісних мережевих каналів і виконавчих механізмів у єдину інтелектуальну архітектуру. Це зумовлює принципову відмінність сучасної промисловості від попередніх етапів розвитку: напівпровідники перестали бути лише окремим технологічним компонентом і стали основою для реалізації кіберфізичних систем, Інтернету речей, штучного інтелекту, адитивного виробництва та «цифрових двійників». Таким чином, напівпровідникова індустрія не просто підтримує функціонування смарт-промисловості, а визначає її стратегічні контури й динаміку зростання. Аналіз галузевих прикладів засвідчує, що напівпровідникові технології формують універсальну платформу смарт-промисловості, яка охоплює весь спектр виробничих і сервісних процесів. У машинобудуванні вони забезпечують автономність, гнучкість та високу точність роботизованих комплексів, у енергетиці – стабільність і ефективність Smart Grid, у транспорті – безпечність і надійність автономних систем та електротранспорту, у медицині – персоналізацію та безперервність діагностики, а в агросекторі – оптимізацію використання ресурсів і стійке зростання врожайності. Кожна з цих галузей демонструє специфічні приклади застосування – від AI-чипів у роботизованих лініях до сенсорних мереж у точному землеробстві, проте у всіх випадках напівпровідники виступають системоутворюючим ядром, що забезпечує інтеграцію даних, обчислень і фізичних дій в єдину інтелектуальну архітектуру. Це підтверджує тезу про універсальність напівпровідників як ключового драйвера Четвертої промислової революції. Вони виконують подвійну функцію: з одного боку – матеріальну (як електронні компоненти, сенсори, чипи, силові модулі), а з іншого – системну (як інтеграційна основа кіберфізичних і цифрових рішень). У результаті формується глобальна промислова екосистема, де напівпровідникова галузь не є «однією з багатьох», а виступає критичною інфраструктурою, що визначає динаміку технологічного розвитку [8].

Список використаних джерел

- [1] Чебаненко А. П., Каракіс Ю. М. Фізика напівпровідників. Ч. VI. Визначення параметрів напівпровідників без участі оптичного збудження : навч.-метод. посіб. до спец. курсу лекцій «Фізика напівпровідників». Одеса; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2023. 90 с. URL: <https://dspace.onu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44a8dd27-d480-4077-a256-48bf55e45520/content>
- [2] Фізика процесів у напівпровідниках та елементах електроніки : курс лекцій : [навчальний посібник] / [Д. М. Фреїк, В. М. Чобанюк, З. Ю. Готра та ін. ; за заг. ред. заслуженого діяча науки і техніки України, доктора хімічних наук, проф. Д. М. Фреїка]. Івано-Франківськ : Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. 263 с. URL: <https://kfhtt.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/48/2019/09/book-1.pdf>
- [3] A SiC semiconductor technology in tram: Siemens Mobility and Stadtwerke München successfully conclude test. Siemens Press Release. URL: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/sic-semiconductor-technology-tram-siemens-mobility-and-stadtwerke-munchen-successfully>
- [4] Oks S. J., Jalowski M., Lechner M. et al. Cyber-Physical Systems in the Context of Industry 4.0: A Review, Categorization and Outlook. Information Systems Frontiers. 2024. Vol. 26. P. 1731–1772. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10252-x>.
- [5] The Market for Automotive Semiconductors has Already Changed as a Result of Modern Cars with Autonomous Driving Capabilities. Data Bridge Market Research. URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/whitepaper/automotive-semiconductors-has-already-changed-as-a-result-of-modern-cars?srsId=AfmBOop868aAWDNIOIUlz42VEVbgcRF8aiq5ASWX2ueOeP30L4fyZvC0&>
- [6] Deng, M., Du, C., Fang, J. et al. Flexible adaptive sensing tonometry for medical-grade multi-parametric hemodynamic monitoring. npj Flexible Electronics. 2024. Vol. 8. Art. 45. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41528-024-00329-9>.

- [7] Agriculture Multisensor Drone Camera. Spectral Devices. URL: <https://spectraldevices.com/products/agriculture-multisensor-drone-camera>
- [8] Ткачова Т.С. Розвиток розумних виробництв: реалізація концепції стратегії розвитку смартпромисловості. Економіка: реалії часу. Науковий журнал. 2020. № 3 (49). С. 108-114. DOI: 10.5281/zenodo.4650392.

SEMICONDUCTORS IN THE MULTILEVEL ARCHITECTURE OF SMART INDUSTRY

Utiuzh Maksym

ABSTRACT. The publication examines the role of semiconductors as the material infrastructure of smart industry. Their importance in sensing, computing, networking, and execution systems that ensure the functioning of intelligent production complexes is identified.

KEYWORDS: smart industry, semiconductors, material infrastructure, production systems, cyber-physical systems.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ДРАЙВЕР ТРАНСФОРМАЦІЇ СИСТЕМИ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ АУДИТУ

Чаплига Вячеслав¹, Чаплига Володимир²

¹Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, Львів, Україна

²Львівський національний університет ім. Івана Франка, Львів, Україна

E-mail: 4vyach@ukr.net

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено вплив штучного інтелекту на трансформацію ризик-орієнтованої системи управління якістю аудиту. Запропоновано ризик-шанс модель, систему ІІІ-індексів ризиків і шансів та інтегральний показник оцінювання якості аудиту в умовах цифровізації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект, якість аудиту, ризик-орієнтований підхід, ризик-шанс, ІІІ-індекси.

I. Вступ

Цифрова трансформація економіки суттєво впливає на методологію та практику аудиту. Впровадження технологій штучного інтелекту (ІІІ), аналізу великих даних і автоматизованих аналітичних інструментів змінює традиційні підходи до оцінювання ризиків і забезпечення якості аудиторських послуг [1]. Попри підтверджений позитивний вплив ІІІ на якість аудиту, у науковій літературі ще недостатньо розроблено методіку інтеграції ІІІ-ризиків і ІІІ-можливостей (шансів) у ризик-шанс-орієнтовану систему управління якістю аудиту відповідно до нових Міжнародних стандартів управління якістю аудиту ISQM 1 та ISQM 2. Так, класична ризик-орієнтована модель аудиту базується на ідентифікації, оцінці та реагуванні на ризики суттєвого викривлення. Проте інтеграція ІІІ в аудиторську діяльність формує нову парадигму управління якістю, в якій ризик розглядається як двоїста категорія – загроза (ризик втрат) і можливість (шанс вигод). Це потребує переходу від класичного ризик-орієнтованого до ризик-шанс-орієнтованого аудиту із формалізацією впливу ІІІ через кількісні метрики та індекси.

Метою дослідження є розробка ризик-шанс орієнтованої моделі оцінювання впливу ІІІ на якість аудиту з використанням ІІІ-індексів.

II. Основна частина

Ризик-орієнтований підхід традиційно фокусується на мінімізації негативних наслідків. В той же час сучасні концепції управління трактують ризик як функцію невизначеності, що може генерувати як втрати, так і вигоди [2]. Впровадження ІІІ розширює можливості аудиту за рахунок:

- аналізу повних масивів даних замість вибірок;
- безперервного моніторингу операцій;
- автоматичного виявлення аномалій;
- прогнозування ризиків.

Це обумовлює перехід до ризик-шанс-орієнтованого аудиту, де управління якістю базується на балансі ризиків і шансів.

Вплив ІІІ на складові системи управління якістю аудиту доцільно оцінювати за трьома вимірами [3]:

- ефективність (E) з оцінкою скорочення часу виконання аудиторських процедур за рахунок автоматизації рутинних операцій;
- надійність (N) з визначенням точності виявлення помилок і шахрайства;
- прозорість (P) з оцінкою інтерпретованості результатів роботи алгоритмів.

При цьому інтегральний показник впливу ІІІ визначатиметься зваженою сумою оцінок за трьома вимірами:

$$AI_{Impact} = w_1E + w_2N + w_3P; \sum w_i = 1, \quad (1)$$

де ваги w_i відображають пріоритети системи якості.

Зауважимо, що використання ІІІ в аудиті породжує нові види ризиків, пов'язаних з:

- алгоритмічною упередженістю (bias),
- ефектом «чорної скриньки» (opacity),
- якістю даних,
- кіберзагрозами,
- надмірною автоматизацією (automation bias).

Ці ризики безпосередньо впливають на якість аудиту та потребують кількісного оцінювання.

Поряд із ризиками, ІІІ створює значні можливості (шанси) для:

- підвищення охоплення аудиторських процедур;
- виявлення прихованих закономірностей;
- оптимізація витрат часу;
- розвиток безперервного аудиту;
- підвищення якості професійного судження через аналітичну підтримку.

Запропонована модель інтегрує ризики і шанси:

$$RC_{Score} = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot I_i^{risk}) - \sum_{j=1}^m (P_j \cdot I_j^{chance}), \quad (2)$$

де: P - ймовірність події; I^{risk} - вплив ризику (втрати); I^{chance} - вплив шансу (вигоди).

При $RC_{Score} > 0$ переважають ризики втрат, а при $RC_{Score} < 0$ відкриваються нові можливості отримання вигоди. Модель дозволяє перейти від одновимірної оцінки ризику до багатовимірної системи управління якістю, балансуючи ризики і шанси.

Зважаючи на особливості ІІІ в аудиті: багатовимірність впливу (технічний, етичний, інформаційний), невизначеність результатів, наявність латентних ризиків (bias, opacity), що унеможлиблює оцінювання лише якісними методами і виникає потреба в індексному підході.

Введені ІІІ-індекси – це система нормалізованих показників, що відображають ступінь впливу штучного інтелекту (AI) на параметри якості аудиту (надійність, ефективність, прозорість) при ризик-шанс-орієнтованому підході. Ці індекси базуються на інтеграції трьох складових: оцінках негативного впливу AIR та позитивного ефекту AIC , а також інтегральний оцінці якості системи аудиту

$$AI_{QSI} = f(AIR, AIC). \quad (3)$$

ІІІ-індекси мають властивості: агрегованості (об'єднання метрик), нормалізованості (порівнюваності), динамічності (зміна в часі), керованості (можливість впливу через управлінські рішення) та можуть класифікуватись за різними підходами (Табл. 1).

Загальна архітектура метрик ІІІ-індексів будується на трьох рівнях:

- первинні метрики (raw metrics);
- нормалізовані індекси (AI-indices);
- агреговані показники (AIR , AIC , AI_{QSI}).

Класифікація ІІІ-індексів у аудиті

Рівень застосування	Об'єкт оцінювання
Операційний (оцінка процедур аудиту)	Дані (індекс якості даних)
Тактичний (оцінка проєктів)	Алгоритми (індекс моделі ризику)
Стратегічний (управління якістю САД)	Процеси (індекс автоматизації)
	Результати (індекс якості аудиту)

Метрики ризику алгоритмічної упередженості AIR_1 такі, як коефіцієнт диспропорційного впливу, різниця статистичної паритетності, характеризують рівень дискримінації або нерівномірного впливу алгоритму на різні групи даних. Ризик непрозорості моделі AIR_2 відображає ступінь можливості інтерпретувати результати роботи ІІІ і характеризується індексом пояснюваності ІІІ-моделі та складністю моделі. Ризик якості даних AIR_3 визначається повнотою, точністю та узгодженістю даних і слугує оцінкою надійності вхідної інформації для алгоритмів ІІІ. Кіберризик AIR_4 за ймовірністю кібератаки та очікуваними втратами від інциденту відображає рівень загроз безпеці інформаційних систем аудиту.

Іншу групу складають метрики ІІІ-індексів шансів. Показники економії часу та зниження витрат є основними метриками індексу ефекту автоматизації AIC_1 , який характеризує підвищення ефективності аудиторських процедур. Індекс AIC_2 за значеннями точності та повноти оцінює здатність ІІІ правильно ідентифікувати помилки або шахрайство. Аналітичну цінність результатів роботи ІІІ відображає індекс AIC_3 - генерація інсайтів, який базується на показниках кількості виявлених нових закономірностей та частці практично значущих інсайтів. Здатність ІІІ аналізувати повні масиви даних замість вибірок характеризує індекс розширення охоплення AIO_4 на основі коефіцієнту охоплення даних.

Введено інтегральний кількісний показник AI_{QSI} , який відображає сукупний вплив технологій штучного інтелекту на якість аудиторських послуг шляхом балансування ІІІ-ризиків і ІІІ-шансів. Це нормалізований індекс, що вимірює чистий ефект застосування ІІІ в аудиті як різницю між створеною цінністю (шансами) та супутніми ризиками:

$$AI_{QSI} = \beta \cdot AIC - \alpha \cdot AIR, \quad (4)$$

де: AIC - інтегральний індекс шансів; AIR - інтегральний індекс ризиків;

α, β – вагові коефіцієнти (чутливість системи до ризиків та шансів).

Використання метрик дозволяє інтегрувати ІІІ в процеси реалізації САД міжнародних стандартів ISQM 1 та ISA 315, оцінювати якість ІІІ-рішень у аудиті, формувати КРІ для САД, здійснювати ІІІ аудит та ІІІ корпоративне управління, обґрунтовувати професійне судження аудитора.

ІІІ. Висновки

Запропонована система ІІІ-індексів поєднує ризики і шанси в єдиній метриці, формалізує вплив ІІІ на якість аудиту, створює основу для стандартизації ІІІ-метрик в аудиті.

ІІІ змінює систему управління якістю аудиту не «точково», а системно, впливаючи на ризик-орієнтоване планування, спосіб отримання доказів, характер документації, вимоги до компетентності, етичні контури (конфіденційність та незалежність) і підходи до моніторингу якості. У ризик-шанс-орієнтованій системі якості це створює подвійний ефект: по-перше, можливості підвищення якості через більшу повноту, точність, аналітичні здатності процедур; по-друге, виникнення нових ризиків якості - від надмірної автоматизації і помилок застосованих моделей до витоків даних і порушень комплаєнсу. Саме тому впровадження ІІІ має супроводжуватися окремими контрольними процедурами в системі управління якістю аудиту.

ІV. Список використаних джерел

- [1] IAASB, International Standard on Quality Management (ISQM) 1, Quality Management for Firms that Perform Audits or Reviews of Financial Statements, or Other Assurance or Related Services Engagements, Dec. 17, 2020. [Online]. Available: <https://www.iaasb.org/publications/international-standard-quality-management-isqm-1-quality-management-firms-perform-audits-or-reviews> [Accessed: Apr. 2, 2026].

- [2] ISO 9001 Auditing Practices Group, "Guidance on: Risk Based Thinking," Edition 1, Jan. 13, 2016. [Online]. Available: https://committee.iso.org/files/live/sites/tc176/files/PDF%20APG%20New%20Disclaimer%2012-2023/ISO-TC%20176-TF_APG-RiskBasedThinking.pdf . [Accessed: Apr. 2, 2026]
- [3] M. A. Shazly, K. AbdElAlim, and H. Zakaria, "The Impact of Artificial Intelligence on Audit Quality," in Technological Horizons. Emerald Publishing Limited, pp. 1–10, 2025. <https://doi.org/10.1108/978-1-83608-756-420251001> . [Accessed: Apr. 1, 2026]

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ В РЕГІОНІ УКРАЇНИ

Цвілій Сергій¹

¹Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна
E-mail: 0994300103@ukr.net

АНОТАЦІЯ. Наведено аналіз результатів анкетування, проведеного для оцінки потенціалу впровадження технологій штучного інтелекту в туризмі. Виділено проблеми туристичної сфери південних регіонів України. Розкрито можливості використання штучного інтелекту у вирішенні туристичних проблем регіону.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: економіка регіону, туризм, штучний інтелект, повоєнний розвиток.

I. Вступ

Використання інструментів штучного інтелекту для розвитку туризму дозволяє компаніям та регіонам більш ефективно взаємодіяти з туристами, отримувати від них зворотний зв'язок, аналізувати їх потреби та підвищувати конкурентоспроможність дестинацій. Діалектично це допомагає досягати ключових цілей: просувати регіональний бренд, підвищувати доходи від туризму, покращувати якість туристичних послуг). Актуальним для планування відродження та сталого повоєнного розвитку є імплементація штучного інтелекту в регіональний туризм.

II. Основна частина

Аналіз літератури [1; 2; 3] дозволив виділити такі базові форми використання штучного інтелекту у сфері туризму і суміжної індустрії гостинності: персоналізація пропозицій та рекомендацій, бронювання і продаж турів, аналіз даних і прогнозування, віртуальні тури (VR) та доповнена реальність (AR), маркетинг та реклама в соціальних мережах, готельна інфраструктура, громадське харчування (Табл. 1).

Таблиця 1

Застосування штучного інтелекту в туристичній діяльності

Сфера застосування штучного інтелекту	Приклади
Персоналізація пропозицій та рекомендацій	Чат-боти та віртуальні помічники, персоналізовані маршрути на основі історії пошуків або бронювань туриста [4]
Бронювання та продаж турів	Динамічне ціноутворення за допомогою аналізу даних про попит, сезон та поведінку користувачів [5]
Аналіз даних та прогнозування	Прогнозування туристичних потоків, аналіз відгуків, робота, аналіз та структурування великих масивів інформації [6]
Віртуальні тури (VR) та доповнена реальність (AR)	Дозволяє туристам вивчати пам'ятки перед поїздкою за допомогою VR- або AR-технологій [7]
Маркетинг та реклама в соціальних мережах	Створення контенту, тексту, зображення або відео для просування туристичних послуг; таргетована реклама на основі переваг користувачів [8]
Готельна інфраструктура	Біометричні послуги реєстрації в готелях; додаток ключ для номера [9]
Громадське харчування	Доставка їжі; автоматизація замовлень [10]

Стає очевидним, що технології штучного інтелекту дедалі глибше проникають у туристичну галузь. Водночас проведений порівняльний аналіз показав, що навіть у найбільш просунутих у цифровому відношенні туристичних дестинаціях України, таких як місто Київ, Львівська, Івано-Франківська та Закарпатська області, впровадження технологій штучного інтелекту носить фрагментарний та експериментальний характер. Реалізовані проекти, як

правило, обмежуються створенням статичних віртуальних турів, простими чат-ботами на основі правил та систем аналізу великих даних без глибокого прогнозного моделювання. У деяких регіонах України вони не поширені й досі (Запорізька і Херсонська області України).

Для ідентифікації та структурування основних напрямів удосконалення туристичної діяльності у південних регіонах України (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька області), а також оцінки потенціалу впровадження технологій штучного інтелекту методом анкетування опитано 624 респонденти різної статі, віку, освіти та рівня доходу. Статистичні розрахунки проводилися з використанням кількісних методів парної рангової кореляції Пірсона у програмі MSExcel та інтерпретацією якісного статистичного аналізу із застосуванням шкали Чеддока, де значення 0 показувало відсутність кореляції, значення 1 – максимальну пряму кореляцію, значення мінус 1 – максимальну. Цільовою аудиторією анкетування стали громадяни України, переважно віку 18–29 років (56,3%), віковий діапазон у 30–45 років становив 20,2% від загальної кількості опитаних, 45–59 років, а також 60 років та старших (14,4% та 6,7% відповідно). Анкета складалася з 33 закритих питань, логічно розділених на 3 блоки: загальна інформація про респондентів; ставлення респондентів до туристичного бренду і рівень задоволеності туристичною інфраструктурою регіону; готовність використовувати технології штучного інтелекту під час планування подорожей.

Базові результати такі. 45,7% опитаних заявили, що подорожують Україною 1–2 рази на рік, 41,3% – рідше одного разу на рік, 7,2% опитаних подорожують 3–4 рази на рік, що дозволяє говорити про досить високу туристичну активність населення. Половина опитаних віддала перевагу внутрішньому туризму (47,6%), а вибір інших зупинився на зарубіжних країнах, проте при цьому майже 2/3 респондентів готові розглядати як суб'єкт внутрішнього туризму південні регіони України. Більшість респондентів (77,4%) обирають місця для відпочинку за допомогою самостійного пошуку в Інтернеті, 67,3% опитаних спираються на рекомендації знайомих, 46,6% респондентів використовують для цього соціальні мережі. Саме остання група є пріоритетною цільовою аудиторією для використання технологій штучного інтелекту. Найцікавішими видами туризму у південних регіонах України респонденти вважають пляжний відпочинок (61,5%) та історико-культурний туризм (58,7%), меншою мірою – подійний, гастрономічний та рекреаційний.

До ключових аспектів туристичної інфраструктури південних регіонів України, які потребують покращення, респонденти віднесли такі. Дороги (71,2%) та громадський транспорт (57,2%) були виділені як пріоритетні напрямки для розвитку туристичної інфраструктури. Також респонденти звернули увагу на необхідність підвищення якості послуг із заселення (47,1%), розробки програм екскурсій (39,4%) та санітарних умов (38,9%). Досить важливими виявилися питання безпеки (22,6%), навігації (25,5%), харчування (21,6%). У сукупності це підтверджує тезу про недостатньо розвинену туристичну інфраструктуру південних регіонів України.

Пріоритетами при виборі туру респонденти досить передбачувано назвали комфорт (31,3%), ціну (28,8%) та якість послуг (23,1%).

Респонденти віддають перевагу наступним форматам просування туристичного бренду регіону: барвисті відео про природу та культуру регіону (69,7%), подієву рекламу (46,6%) та інформативні подкасти про історію та культуру регіону (38,0%).

У ході опитування респонденти висловили зацікавленість використання інструментів штучного інтелекту для подорожей. Такі його можливості, як створення персональних маршрутів, рекомендації щодо відвідування цікавих місць, історичні та культурні довідки щодо пам'яток, поради місцевою кухнею є дуже привабливими для більшості учасників опитування. Пріоритет у використанні інструментів штучного інтелекту віддавався простоті використання (58,2%), якості рекомендацій (24,0%) та унікальним функціям (14,9%).

На думку учасників опитування, найбільш корисними функціями штучного інтелекту для підвищення привабливості інтерактивного туризму у південних регіонах України є: розумні аудіогіді (46,2%), персональні рекомендації (44,7%), віртуальні тури (41,8%), доповнена реальність (26,0%).

Проведене дослідження дозволяє припустити, що використання штучного інтелекту для розвитку туристичного бренду південних регіонів України може включати створення автоматизованих відеороликів про природу і культуру регіону, де інструменти штучного інтелекту будуть допомагати з вибором найбільш привабливих моментів для користувачів, а також створюють персоналізовані відеоекскурсії на основі переваг аудиторії.

Віртуальна та доповнена реальність із використанням штучного інтелекту дозволять користувачам «відвідати» природні і культурні місця Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької областей, створять унікальні, імерсивні переживання. Для подієвої реклами штучний інтелект здатний аналізувати інтереси та поведінку користувачів, створювати цілеспрямовані рекламні кампанії, різко збільшуючи їхню ефективність.

Ідентифікуючи через призму опитування складності, що стоять перед індустрією туризму південних регіонів України, виділено проблеми туристичної сфери, вирішення яких можливе за допомогою технологій штучного інтелекту: 1) слабка поінформованість про туристичний потенціал регіонів; 2) нерозвинена туристична інфраструктура; 3) слабка персоналізація туристичних послуг; 4) важкодоступність унікальних туристичних об'єктів; 5) неефективні рекламні комунікації; 6) низька якість сервісу. Можливі рішення щодо зазначених проблем представлені у таблиці 2 (Табл. 2).

Таблиця 2

Можливості використання штучного інтелекту у вирішенні туристичних проблем регіону	
Проблема	Вирішення проблеми за допомогою інструментів штучного інтелекту
Слабка поінформованість про туристичний потенціал регіонів	Використання помічників і чат-ботів для автоматичного інформування; створення персоналізованого контенту; розробка інтелектуальної системи рекомендацій на основі аналізу переваг користувачів
Нерозвинена туристична інфраструктура	Оптимізація логістичних маршрутів з урахуванням стану доріг; розробка розумних систем навігації із доповненою реальністю; впровадження інтелектуальних систем управління готельною інфраструктурою
Слабка персоналізація туристичних послуг	Створення платформи персоналізованого туристичного досвіду; розробка адаптивних аудіогідів з урахуванням інтересів та поведінки туриста; впровадження систем динамічного ціноутворення та пакетування послуг
Важкодоступність унікальних туристичних об'єктів	Створення імерсивних VR-турів; розробка систем планування комплексних маршрутів; використання дронів та комп'ютерного зору для моніторингу та візуалізації віддалених об'єктів
Неефективні рекламні комунікації	Впровадження відеоконтенту для просування у соцмережах; використання предиктивної аналітики для цільового маркетингу; розробка інтелектуальної системи управління репутацією регіону
Низька якість сервісу	Запровадження моніторингу якості послуг у реальному часі; розробка інтелектуальних систем зворотного зв'язку та аналізу відгуків; створення прогнозних моделей для попереджувального покращення сервісу

Практичне застосування технологій штучного інтелекту для розвитку туризму в регіоні України ставить питання щодо їх економічної ефективності, яку можна оцінити, зіставивши витрати з прибутком від очікуваного туристичного потоку (може бути будь-який регіон).

По областях України ситуація щодо окупованих територій станом на 01.01.2026 р. така: Запорізька область – 74,8%; Херсонська область – 72%; Миколаївська область – біля 0,5%. В цьому контексті зазначено, що повноцінне використання можливостей штучного інтелекту для розвитку туризму Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької областей можливе лише після війни. Так, в повоєнному періоді використання штучного інтелекту потребують туристичні об'єкти південних регіонів України, які представлено у таблиці 3 (Табл. 3).

В цілому, в регіональному туризмі відбуваються кардинальні цифрові трансформації, які змінюють парадигму бізнесу в туризмі. Тенденцією є перехід клієнтів в цифровий простір, що пов'язано із поширенням Інтернет-технологій та штучного інтелекту. Це підтверджується постійним зростанням продажів туристичних продуктів в цифровому форматі.

III. Висновки

Запропонований комплексний підхід до створення інтегрованої екосистеми штучного інтелекту для південних регіонів України, що включає адаптивні аудіогіди з комп'ютерним

зором, генеративний контент для маркетингу, передиктивні моделі управління потоками, має значний потенціал. Дослідження показало споживчий попит на цифровізацію туристичного досвіду в регіоні. Впровадження штучного інтелекту дозволить компенсувати недоліки інфраструктури за рахунок створення цифрових сервісів, підвищити впізнаваність регіону через персоналізований контент та значно покращити якість туристичного обслуговування.

Таблиця 3

Використання штучного інтелекту для просування туристичних об'єктів південних регіонів України

Регіон (область) України	Туристичні об'єкти регіону (області) України
Запорізька область	Національний заповідник «Хортиця» з комплексом «Запорізька Січ», стародавня Кам'яна Могила, індустріальна ДніпроГЕС, музей техніки «Фаетон» та курорти Азовського моря.
Миколаївська область	Національний природний парк «Бузький Гард», Актовський каньйон, Кінбурнська коса та курорти Коблево
Одеська область	Білгород-Дністровська фортеця, «українська Венеція» Вилкове, центр Одеси (Потьомкінські сходи, Оперний театр), Одеські катакомби та лікувальні курорти Куяльника
Херсонська область	Пустеля «Олешківські піски», мальовничими Станіславські скелі («Херсонські гори»), біосферний заповідник «Асканія-Нова», Рожеве озеро Сиваш та залишки історичних фортець у Херсоні

Таким чином, подальше розширення номенклатури форм та методів штучного інтелекту, а також інтенсифікація їх використання стане, на нашу думку, важливим драйвером подальшої підтримки і повоєнного розвитку туристичної галузі південних регіонів України. Подальші дослідження будуть корисні у напрямі практичного застосування можливостей штучного інтелекту для будь-якого регіону України.

IV. Список використаних джерел

- [1] A. B. Siddik, S. Forid, L. Yong, A. M. Du, and J. W. Goodell, "Artificial intelligence as a catalyst for sustainable tourism growth and economic cycles," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 210, 2025, doi: 10.1016/j.techfore.2024.123875.
- [2] B. Wang, "Application of Artificial Intelligence Large Models on Smart Culture and Tourism," *Procedia Computer Science*, vol. 261, pp. 1238–1245, 2025, doi: 10.1016/j.procs.2025.04.710..
- [3] S. M. Tsviliy, D. Yu. Mamotenko, and P. V. Bobrykin, "Pidvyshchennia stiikosti rehionu v tsyfrovomu prostori shliakhom vprovadzhennia intehrarno-marketynhovykh metodiv rozvytku rehionalnoho turyzmu," *Ekonomichnyi prostir*, no. 208, pp. 268–278, 2025, doi: 10.30838/EP.208.268-278.
- [4] E. C. S. Ku and C.-D. Chen, "Artificial intelligence innovation of tourism businesses: From satisfied tourists to continued service usage intention," *International Journal of Information Management*, vol. 76, 2024, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2024.102757.
- [5] H. Li, J. Xi, C. H. C. Hsu, B. X. B. Yu, and K. Zheng, "Generative artificial intelligence in tourism management: An integrative review and roadmap for future research," *Tourism Management*, vol. 110, 2025, doi: 10.1016/j.tourman.2025.105179.
- [6] S. Bingöl and Y. Yang, "Integrating smart technologies and artificial intelligence to build smart tourism destination ecosystems: A model for smart destination management," *Tourism Management Perspectives*, vol. 58, 2025, doi: 10.1016/j.tmp.2025.101380.
- [7] M. Camacho-Ruiz, R. A. Carrasco, G. Fernández-Avilés, and A. LaTorre, "Tourism destination events classifier based on artificial intelligence techniques," *Applied Soft Computing*, vol. 148, 2023, doi: 10.1016/j.asoc.2023.110914.
- [8] S. Tsviliy, O. Korniienko, D. Gurova, S. Hres-Yevreinova, and S. Zhuravlova, "Methodology of Marketing Assessment of the Level of Digitalization of a Tourism Enterprise," in *Sustainable Development in Economics, Technology and Environmental Engineering*, V. Solovieva and S. Hushko, Eds. Cham: Springer, 2025, doi: 10.1007/978-3-031-91953-4_15.
- [9] T. S. Kuklina, S. M. Tsviliy, and S. M. Zhuravlova, "Vykorystannia shtuchnoho intelektu v turystychnomu biznesi," *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, no. 1(92), pp. 332–337, 2025, doi: 10.35546/kntu2078-4481.2025.1.2.50.
- [10] Y. Hong, "Application of the artificial intelligence system based on graphics and vision in ethnic tourism of subtropical grasslands," *Heliyon*, vol. 10, no. 11, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e31442.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE DEVELOPMENT OF TOURISM IN THE REGION OF UKRAINE

Tsviliy Sergiy

ABSTRACT. The results of the survey on the assessment of the potential of implementing artificial intelligence in tourism are presented. The problems of tourism in the southern regions of Ukraine are highlighted. The possibilities of using artificial intelligence in solving tourism problems are revealed.

KEYWORDS: regional economy, tourism, artificial intelligence, post-war development.

НАПРЯМ 4. НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ТА МАШИННЕ НАВЧАННЯ

TRACK 3. NEURAL NETWORKS AND MACHINE LEARNING



НАПРЯМ 4. НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ТА МАШИННЕ НАВЧАННЯ

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СЕМАНТИЧНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ В TELEGRAM- СЕРЕДОВИЩІ

Белік Максим¹, Барсуков Родіон²

¹Сумський державний університет, Суми, Україна

²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

E-mail: bielik.maksym@student.sumdu.edu.ua

barsukov.rodion@student.karazin.ua

АНОТАЦІЯ. У роботі досліджено архітектурні принципи та технологічні засади розробки інтелектуального Telegram-агента для персоналізованого моніторингу навчального контенту. Основну увагу приділено впровадженню нейромережевої моделі BERT для здійснення семантичного аналізу та векторизації неструктурованих текстових даних. Описано механізм фільтрації інформаційного шуму на основі обчислення косинусної подібності між вектором інтересів користувача та входними інформаційними об'єктами. Результати моделювання у нотаціях DFD та BPMN підтверджують високу ефективність запропонованого підходу для оптимізації освітнього процесу в умовах інформаційного перенасичення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: чат-бот, BERT, семантичний аналіз, персоналізований моніторинг.

I. Вступ

Сучасний етап розвитку вищої освіти в галузі інформаційних технологій виражається у надмірному зростанні обсягів науково-технічної інформації, що створило проблему інформаційного перенасичення для здобувачів вищої освіти. Ефективність навчання напряму залежить від швидкості отримання актуальних знань, проте цьому процесу стає на заваді високий рівень «інформаційного шуму» у мас-медіа. Звичайні методи моніторингу контенту, що базуються на визначеному пошуці за ключовими словами, відображають низьку точність через нездатність враховувати контекстуальні зв'язки та семантичну багатозначність термінів. Вирішення цього питання вимагає застосування інтелектуальних систем на базі машинного навчання (ML) та нейронних мереж, що здатні виконувати роль «адаптивного фільтра» в освітньому процесі студентів.

II. Основна частина

Наукова новизна даного рішення полягає у переході від лінійного аналізу тексту до глибокої семантичної обробки на основі трансформерних архітектур нейронних мереж. Центральним елементом інтелектуального ядра системи є використання моделей типу BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), що дозволяють здійснити векторизацію текстових даних [3]. Кожна новина або стаття перетворюється у багатовимірний вектор у семантичному просторі, де близькість об'єктів визначається не ідентичністю символів, а подібністю їхнього значеннєвого навантаження. Наприклад, він допомагає визначити подібність матеріалів про «Spring Framework» або «Microservices» для користувача, що підписаний на тему «Java», навіть за відсутності прямого входження базового терміну в заголовок.

Процес класифікації входних потоків базується на методах машинного навчання під наглядом (Supervised Learning), де на етапі передобробки даних застосовуються алгоритми очищення від стоп-слів та лематизації. Для прийняття рішення про схожі характеристики контенту використовується математичний апарат обчислення косинусної подібності (Cosine Similarity) між вектором індивідуальних інтересів користувача та вектором кожної нової одиниці інформації. Даний підхід надає можливість автоматично відсіювати нерелевантний контент, рекламу та дубльовані повідомлення з точністю, що перевищує 90%, забезпечуючи при цьому високу персоналізацію щоденних дайджестів.

Технічна архітектура системи, спроектована за допомоги методики структурного аналізу DFD, забезпечує асинхронну взаємодію між модулями агрегації та обробки. Система

складається з інтелектуального скрапера, що виконує циклічний збір «сирих» даних з перевірених URL-адрес, та аналітичного ядра, що зберігає результати обробки у кеші новин. Використання бази даних PostgreSQL дозволяє зберігати не лише профілі користувачів та їхні ключові слова, а й векторизовані представлення статей для швидкого порівняння, що критично важливо для підтримки продуктивності при масштабуванні системи.

Логіка поведінки системи деталізована через діаграми варіантів використання, де внутрішній системний актор «Планувальник» ініціює автоматизовані процеси парсингу та розсилки за чітким розкладом. Кожен варіант використання, зокрема додавання або видалення підписки, проходить етап валідації введених даних, що гарантує цілісність інформаційної моделі. Важливою особливістю є механізм зворотного зв'язку, через який адміністратор системи може коригувати параметри фільтрації та логіку селекторів парсера, забезпечуючи стабільність роботи бота при зміні структури сайтів-донорів [2].

Моделювання бізнес-процесів у нотації BPMN дозволило візуалізувати паралельні сценарії підписки та розсилки, розділяючи зони відповідальності між інтерфейсом бота, базою даних та зовнішніми веб-ресурсами [1]. Аналіз моделі відображає, що застосування складних нейромережових обчислень не створює критичних затримок для кінцевого користувача, оскільки основні операції векторизації та класифікації винесені у фонові процеси. Це дозволяє підтримувати час реакції інтерфейсу до 2 секунд, що відповідає сучасним стандартам UX-дизайну для мобільних месенджерів [5].



Рис. 1. Концепція вигляду Telegram-бота.

III. Висновки

У ході дослідження маємо розроблену та теоретично обґрунтовану архітектуру інтелектуального Telegram-бота задля агрегації навчального контенту, що базується на синергії методів NLP та ML. Моделі BERT перевели від пошуку за ключовими словами до глибокої семантичної фільтрації, що підвищило відповідність інформації отриманої студентами [3]. Модульна структура системи та її формалізація у нотаціях IDEF0, DFD та BPMN становлять підґрунтя для наступного етапу реалізації та перенести в освітній процес здобувачів вищої освіти задля зменшення шкідливого впливу інформаційного перенасичення.

IV. Список використаних джерел

- [1] А. В. Неня, Н. А. Федотова, та І. В. Баранова, «Методичні матеріали курсу „Аналіз та проектування інформаційних систем“», Суми, Україна: СумДУ, 2025. [Online]. Available: <https://mix.sumdu.edu.ua/info/nmk/1e75efc0-c0b3-41bc-bf4b-af1dc702618f>.
- [2] Проектування інформаційних систем: Загальні питання теорії проектування ІС [Електронний ресурс] : конспект лекцій / уклад.: О. С. Коваленко, Л. М. Добровська. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 192.
- [3] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, “BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding,” arXiv:1810.04805, Oct. 2018. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1810.04805>.
- [4] N. Reimers and I. Gurevych, “Sentence-BERT: Sentence embeddings using Siamese BERT-networks,” in Proc. 2019 Conf. Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th Int. Joint Conf. Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP), 2019. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1908.10084>
- [5] Telegram, “Telegram Bot API.” [Online]. Available: <https://core.telegram.org/bots/api>

APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELS FOR SEMANTIC FILTERING AND CLASSIFICATION OF EDUCATIONAL CONTENT IN THE TELEGRAM ENVIRONMENT

Bielik Maksym, Barsukov Rodion

ABSTRACT. This paper explores the architectural principles and technological foundations for developing an intelligent Telegram agent designed for personalized educational content monitoring. The primary focus is on the implementation of the BERT neural network model for performing semantic analysis and vectorization of unstructured text data. The study describes a mechanism for filtering information noise based on calculating cosine similarity between the user's interest vector and incoming information objects. Modeling results in DFD and BPMN notations confirm the high efficiency of the proposed approach for optimizing the educational process in conditions

KEYWORDS: chatbot, BERT, semantic analysis, personalized monitoring.

ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ У АДАПТИВНИХ ОСВІТНІХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Бут Ростислав¹, Онищенко Костянтин¹, Афанасьєва Ірина¹

¹Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

E-mail: rostyslav.but@nure.ua

АНОТАЦІЯ. Розглянуто застосування трансформерних моделей в адаптивних освітніх системах. Проаналізовано механізми self-attention, архітектуру encoder-decoder та переваги над класичними підходами для персоналізації навчання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: трансформерні моделі, адаптивне навчання, self-attention, BERT, GPT.

I. Вступ

Персоналізація навчального процесу є однією з фундаментальних проблем сучасної педагогічної науки. Традиційні освітні моделі орієнтовані на усереднений профіль студента і не здатні враховувати індивідуальні когнітивні особливості, темп засвоєння матеріалу та попередній досвід кожного учасника навчального процесу. Масштабування онлайн-освіти, зокрема через платформи дистанційного навчання, загострило цю проблему: при одночасній взаємодії тисяч користувачів з однією системою стандартизований підхід демонструє очевидні обмеження у забезпеченні якості навчання.

Інтелектуальні освітні системи з'явилися як відповідь на цей виклик ще в 1980-х роках, однак їхній розвиток тривалий час стримувався обчислювальними та алгоритмічними обмеженнями. Поширення методів машинного навчання і глибоких нейронних мереж у 2010-х роках відкрило нові можливості для побудови адаптивних систем, здатних у реальному часі реагувати на поведінку студента.

Особливе місце серед сучасних архітектур займають трансформерні моделі, запроваджені у роботі Vaswani et al. (2017) [1]. На відміну від рекурентних мереж, трансформери опрацьовують послідовності паралельно завдяки механізму self-attention, що дозволяє фіксувати довгострокові залежності між елементами вхідних даних. Ця властивість виявилася критично важливою для задач обробки природної мови, а згодом – і для аналізу освітніх даних, структурованих у вигляді навчальних траєкторій, відповідей на запитання та взаємодій із контентом.

Метою цієї роботи є аналіз архітектурних принципів трансформерних моделей у контексті адаптивних освітніх систем, опис конкретних сценаріїв їхнього застосування, порівняння з класичними підходами на основі рекурентних і згорткових мереж, а також розгляд практичних аспектів розгортання таких систем.

II. Основна частина

Архітектура трансформера складається з двох основних компонентів: енкودера і декодера, кожен із яких формується зі стеку ідентичних блоків. Кожен блок включає підрівень multi-

head self-attention та підрівень позиційно-орієнтованої повнозв'язної мережі, з'єднані залишковими з'єднаннями і нормалізацією шарів [1].

Ключовим механізмом є self-attention, що дозволяє кожному елементу послідовності звертати увагу до всіх інших елементів одночасно. Формально для запиту Q , ключа K і значення V механізм уваги обчислюється як:

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right) \cdot V \quad (1)$$

де d_k – розмірність простору ключів. Масштабування на $\sqrt{d_k}$ запобігає проблемі насичення функції softmax при великих розмірностях векторів [1].

Перед подачею до трансформера кожен токен вхідної послідовності перетворюється на вектор фіксованої розмірності – embedding. Трансформери породжують контекстуальні embeddings, де представлення кожного токена залежить від усього оточення. Це принципово відрізняє їх від статичних векторних представлень Word2Vec або GloVe, де кожне слово має єдиний вектор незалежно від контексту. Контекстуальні представлення є особливо цінними в освітніх застосуваннях, де одне й те саме поняття може мати різне значення залежно від дисципліни або рівня навчального матеріалу.

BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) [2] використовує двонаправлений енкодер і попередньо навчається на задачах Masked Language Modeling (MLM) та Next Sentence Prediction (NSP). Завдяки двонаправленому контексту BERT демонструє переваги при класифікації тексту, розпізнаванні іменованих сутностей та семантичному пошуку – задачах, що є ключовими для аналізу навчальних матеріалів і діагностики знань студентів. Дослідження Condor et al. (2021) демонструють, що дообнавчена модель BERT на корпусі студентських відповідей досягає точності понад 85% при автоматичній оцінці коротких есе порівняно з 71% для класичних SVM-класифікаторів [3].

GPT-подібні моделі (Generative Pre-trained Transformer) [4] функціонують як авторегресійні декодери: вони генерують текст, передбачаючи наступний токен на основі попередніх. У контексті освіти ці моделі використовуються для побудови навчальних чат-ботів, генерації персоналізованих пояснень, формування завдань із заданим рівнем складності та адаптивного повторення матеріалу. Автоматична генерація варіантів тестових запитань на основі тексту підручника є одним із прикладів успішного застосування GPT-архітектур в e-learning.

Адаптивна освітня система на основі трансформерів може моделювати навчальну траєкторію студента як послідовність взаємодій із контентом: перегляд відеолекцій, спроби розв'язання задач, результати тестувань. Механізм self-attention дозволяє виявляти нелінійні залежності між навчальними подіями, розділеними значним часовим проміжком, що є принциповою перевагою над рекурентними мережами з обмеженою «пам'яттю» через згасання градієнта. Трансформерна модель Knowledge Tracing (TKT), запропонована Pandey та Karupis (2019) [5], адаптує архітектуру для моделювання знань студента як часового ряду, демонструючи покращення AUC на 2-4% порівняно з LSTM-базованим DKT [5].

Рекурентні нейронні мережі (RNN) та їхні варіанти LSTM і GRU тривалий час домінували в задачах послідовного моделювання для освіти. Проте вони мають суттєві обмеження: послідовна обробка унеможливлює паралелізацію навчання, а довгострокові залежності погано зберігаються через проблему зникаючого градієнта. Трансформери вирішують обидві проблеми: паралельне обчислення self-attention і глобальне охоплення контексту незалежно від довжини послідовності. Згорткові мережі (CNN) ефективні лише при фіксованому рецептивному полі і не здатні моделювати довгострокові семантичні залежності, тоді як трансформери поєднують переваги обох підходів.

Переваги трансформерних моделей в освітніх застосуваннях полягають у наступному. По-перше, масштабованість: трансформери ефективно опрацьовують послідовності будь-якої довжини завдяки механізму уваги. По-друге, гнучкість тонкого налаштування: попередньо навчена модель може бути адаптована до специфіки конкретного предмета чи освітньої платформи на відносно невеликому обсязі даних. По-третє, мультимодальність: сучасні

трансформерні архітектури здатні опрацювати не лише текст, але й зображення та аудіо, що розширює можливості аналізу мультимедійного навчального контенту.

Таблиця 1

Порівняння архітектур нейронних мереж для адаптивних освітніх систем

Характеристика	RNN / LSTM	CNN	BERT	GPT
Паралелізація навчання	Ні	Так	Так	Так
Довгостроковий контекст	Обмежений	Локальний	Глобальний	Глобальний
Точність (NLP-задачі)	Середня	Середня	Висока	Висока
Генерація тексту	Обмежена	Ні	Ні	Так
Тонке налаштування	З нуля	З нуля	Так (fine-tune)	Так (fine-tune)
Використання в ITS	DKT (2015)	Текстові фільтри	Оцінювання відповідей	Чат-боти, генерація

Платформа Coursera інтегрувала трансформерні моделі для автоматичної оцінки відповідей у форматі peer review, скорочуючи час зворотного зв'язку та зменшуючи суб'єктивність оцінювання. Carnegie Learning використовує адаптивні алгоритми на основі BERT для генерації підказок у математичному репетиторі MATHia. Система Khanmigo від Khan Academy, побудована на базі GPT-4, демонструє ефективність генеративного підходу для діалогового навчання: модель направляє студента до самостійного відкриття рішення через сократівський діалог.

Програмна реалізація та розгортання моделей. Практичне впровадження трансформерних архітектур в адаптивних освітніх системах вимагає побудови вискоєфективної бекенд-інфраструктури. Для забезпечення мінімальної затримки (latency) при обробці запитів студентів у реальному часі доцільно використовувати фреймворк FastAPI на мові Python, який дозволяє асинхронно взаємодіяти з ML-моделями через REST API. Оскільки моделі типу BERT або GPT є обчислювально місткими, для оптимізації інференсу застосовується квантування та конвертація wag у формат ONNX або TensorRT. Типова архітектура передбачає розгортання моделі як окремого ізольованого мікросервісу в Docker-контейнері, що дозволяє динамічно масштабувати обчислювальні ресурси залежно від поточного навантаження на освітню платформу. Такий підхід забезпечує стабільну роботу системи навіть при одночасній взаємодії тисяч користувачів.

З точки зору формалізації, адаптивну систему можна описати як функцію $f: (H, C) \rightarrow R$, де H – вектор навчальної історії студента, C – множина доступних навчальних об'єктів, R – ранжований список рекомендацій. Трансформерна модель апроксимує цю функцію, навчаючись на великому корпусі навчальних траєкторій і оптимізуючи цільову метрику – очікуваний результат наступного тесту або час до досягнення заданого рівня компетентності.

III. Висновки

Трансформерні моделі демонструють фундаментальне значення для розвитку адаптивних освітніх систем, оскільки їхня архітектура природно відповідає вимогам задачі: необхідності моделювання довгострокових залежностей у навчальних траєкторіях, семантичного аналізу тексту та генерації персоналізованого контенту. Механізм self-attention забезпечує якісно вищий рівень контекстуального розуміння порівняно з рекурентними та згортковими підходами, що підтверджується як теоретичними аргументами, так і результатами практичних досліджень [3, 5, 6].

Практична користь від впровадження трансформерних моделей в e-learning реалізується через автоматизацію оцінювання, персоналізацію навчальних траєкторій, генерацію навчального контенту та побудову інтелектуальних чат-ботів-репетиторів. Використання

мікросервісної архітектури з Docker, FastAPI та оптимізованими ONNX-моделями дозволяє досягти промислового рівня надійності та масштабованості таких систем.

Перспективи подальшого розвитку пов'язані з кількома напрямками: мультимодальне навчання, де трансформери об'єднують текстовий, відео- та аудіоконтент у єдину репрезентацію; федеративне навчання моделей із збереженням приватності даних студентів відповідно до вимог GDPR; розробка інтерпретованих трансформерних систем, здатних пояснювати свої рекомендації у зрозумілій для студентів і викладачів формі.

IV. Список використаних джерел

- [1] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, J. Uszkoreit, L. Jones, A. N. Gomez, L. Kaiser, and I. Polosukhin, "Attention is All You Need," in *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, vol. 30, 2017, pp. 5998–6008.
- [2] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, "BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding," in *Proc. NAACL-HLT 2019, Minneapolis, MN, USA, 2019*, pp. 4171–4186. doi: 10.18653/v1/N19-1423.
- [3] A. Condor, D. Litman, and E. Sosnovsky, "Automated Assessment of Short Student Answers Using BERT-based Transformer Models," in *Proc. 14th Int. Conf. on Educational Data Mining (EDM)*, 2021, pp. 121–131.
- [4] A. Radford, J. Wu, R. Child, D. Luan, D. Amodei, and I. Sutskever, "Language Models are Unsupervised Multitask Learners," *OpenAI Blog*, vol. 1, no. 8, 2019. [Online]. Available: <https://openai.com/research/language-unsupervised>.
- [5] S. Pandey and G. Karypis, "A Self-Attentive model for Knowledge Tracing," in *Proc. 12th Int. Conf. on Educational Data Mining (EDM)*, Montreal, Canada, 2019, pp. 384–389.
- [6] W. Shin, S. Shim, T. Yu, and J. Lee, "SAINT+: Integrating Temporal Features for EdNet Correctness Prediction," in *Proc. 11th Int. Learning Analytics and Knowledge Conf. (LAK)*, 2021, pp. 490–496. doi: 10.1145/3448139.3448188.
- [7] C.-K. Lin, "Application of Transformer-Based Models for Adaptive Learning in MOOCs: A Systematic Review," *Computers & Education: Artificial Intelligence*, vol. 4, p. 100113, 2023. doi: 10.1016/j.caeai.2023.100113.

APPLICATION OF TRANSFORMER MODELS IN ADAPTIVE INTELLIGENT EDUCATIONAL SYSTEMS

But Rostyslav

ABSTRACT. The paper examines transformer models in adaptive educational systems. Self-attention mechanisms, encoder-decoder architecture and advantages over classical approaches for personalized learning are analyzed.

KEYWORDS: transformer models, adaptive learning, self-attention, BERT, GPT.

РОЗРОБЛЕННЯ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ГІДРАТОУТВОРЕННЯ НА ГАЗОСХОВИЩАХ

Воловецький Володимир¹, Райгер Петро²

¹Філія «Науково-дослідний інститут транспорту газу» АТ «Укртрансгаз», Харків, Україна

²Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна

E-mail: vvb11@ukr.net

АНОТАЦІЯ. У роботі розглянуто одне із ускладнень, яке може виникати під час експлуатації газосховищ, зокрема гідратуутворення. Запропоновано використання технології штучного інтелекту для своєчасного їх виявлення. Розроблено штучну нейронну мережу для прогнозування гідратуутворення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: газосховища, свердловина, гідратуутворення, нейронні мережі, прогнозування.

I. Вступ

Основне призначення підземних сховищ газу (ПСГ) полягає у забезпеченні безперебійного газопостачання споживачів, регулювання сезонної нерівномірності споживання та надійного транспортування газу в Європу [1]. ПСГ є критичним елементом інфраструктури, що гарантує стабільність експортно-транзитних потоків, оптимізує гідравлічні режими роботи магістральних газопроводів та формує стратегічний резерв енергоресурсів у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Газосховища відіграють важливу роль для забезпечення стабільної роботи газотранспортної системи України [2].

Під час експлуатації ПСГ можливе виникнення різних ускладнень, які негативно впливають на надійність та ефективність їх роботи. У зв'язку з цим для забезпечення стабільної експлуатації газосховищ детально аналізують усі технологічні процеси, своєчасно виявляють можливі ускладнення, розробляють та уживають організаційно-технічні заходи щодо їх запобігання та усунення.

Одним із ускладнень, що виникають під час експлуатації ПСГ, слід виділити проблему гідратуутворення. Відомо, що в результаті зміни термодинамічних умов під час руху газу з пласта до свердловини та далі шлейфом до газозбірному пункту можуть утворюватися та відкладатися гідрати [2]. Гідрати можуть відкладатися на внутрішній поверхні ліфтових труб від вибою до гирла, в об'язці фонтанної арматури свердловин, у шлейфах (у тому числі в місцевих опорах), а також на газозбірному пункті (у надземних та підземних трубопроводах, перекривній та регулювальній арматурі, технологічному обладнанні тощо) [3].

Унаслідок відкладання гідратів відбувається зменшення діаметра внутрішньої порожнини труб та/або обладнання, що призводить до поступового зниження продуктивності свердловин, а іноді до їх повної зупинки. Ці ускладнення призводять до порушення технологічного режиму експлуатації свердловин і забезпечення необхідної продуктивності газосховища для подачі запланованих обсягів газу в магістральний газопровід.

II. Основна частина

З літературних джерел відомо, що на практиці використовують багато різних методик щодо прогнозування утворення газових гідратів на свердловинах газосховищ. Активне впровадження цифрових технологій сприяє розвитку сучасних підходів, заснованих на використанні штучного інтелекту та машинного навчання.

Науково-технічний прогрес, що колись здійснювався порівняно повільно, у наш час швидко розвивається. Сучасний науково-технічний розвиток програмно-обчислювальних засобів дозволяє оперувати великими масивами інформації надаючи можливість її систематизації, статичної обробки та встановлення основних закономірностей між ними.

Авторами запропоновано застосування технології штучного інтелекту для підвищення точності прогнозування гідратуутворення під час експлуатації газосховищ.

Дослідження алгоритмів опрацювання інформації на основі штучних нейронних мереж пов'язані з тим, що спосіб оброблення інформації людським мозком (де реалізуються біологічні нейронні мережі) суттєво відрізняється від методів, які використовують в процесі опрацювання на сучасних комп'ютерах, побудованих за архітектурою фон Неймана. Людський мозок є досить складною системою опрацювання інформації, для якої характерним є паралельне опрацювання нелінійної взаємопов'язаної інформації з великою долею невизначеності [4]. Він має можливість організувати свої структурні компоненти, тобто нейрони, таким чином в мережі, що вони в стані виконувати конкретні задачі (розпізнавання образів, оброблення сигналів органів чуття, моторні функції тощо) у багато раз швидше, ніж можуть собі дозволити найшвидші сучасні комп'ютери.

Поняття розвитку нейронів пов'язано з поняттям пластичності людського мозку, тобто з властивістю налаштування нервової системи відповідно до навколишніх умов. Саме пластичність відіграє найважливішу роль у роботі нейронів, як базових елементів опрацювання інформації у людському мозку. Аналогічно у штучних нейронних мережах робота проводиться з штучними нейронами. Загалом нейронна мережа є програмно-апаратним

пристроєм, який моделює (дещо спрощено) спосіб опрацювання інформації і вирішення мозком конкретної задачі. Ця мережа зазвичай реалізується за допомогою електронних компонентів або моделюється програмою, яку встановлено на комп'ютері або мікроконтролерному вбудованому пристрої. Вочевидь, що свою силу нейронні мережі беруть від розпаралелювання опрацювання інформації, а також завдяки можливості самонавчатися і, відповідно, вдосконалювати алгоритм опрацювання конкретної вхідної інформації. Застосовування на практиці алгоритмів штучних нейронних мереж забезпечує такі переваги систем, як:

- нелінійність зав'язків вхід-вихід;
- відображення вхідної інформації у вихідну;
- адаптивність;
- контекстна інформація (вищий рівень можливої невизначеності вхідних даних);
- масштабування за допомогою нормування неспіврозмірних вхідних даних тощо.

На рисунку 1 показано модель нейрона, який є в основі штучних нейронних мереж.

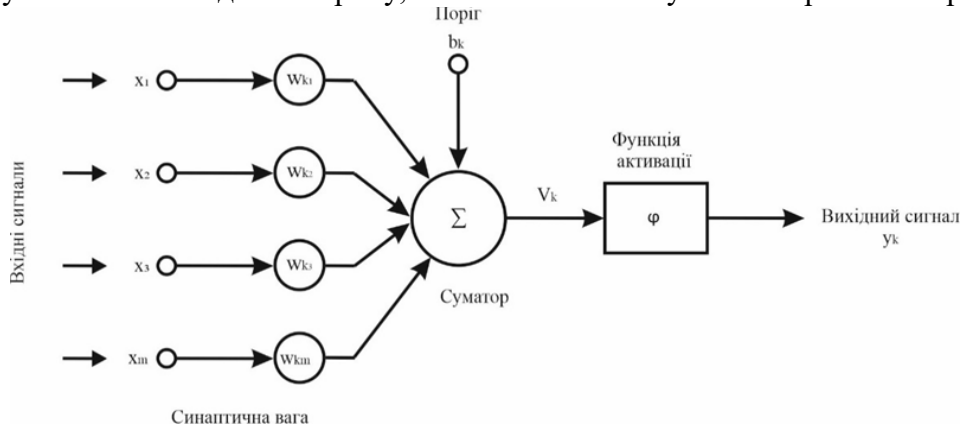


Рис. 1. Нелінійна модель нейрона, як елемента штучної нейронної мережі

Автори розробили систему прогнозування умов гідратоутворення на ПСГ, яка передбачає використання штучного інтелекту. Технічна реалізація системи складається з таких етапів:

1. У програмному середовищі MATLAB, за допомогою спеціалізованого інструментарію Neural Network Toolbox (nntool), створено програмний модуль двошарової штучної нейронної мережі з можливістю довільного набору вагових коефіцієнтів.

2. За допомогою функції train здійснюється навчання нейронної мережі на верифікованому масиві фактичних вхідних та вихідних даних із ПСГ. В основі процесу лежить метод навчання, де для кожної комбінації вхідних термобаричних параметрів задається еталонне вихідне значення (наявність або відсутність гідратоутворення). Результатом навчання у спосіб ітераційного підбору є отримання вагових коефіцієнтів розроблюваної нейронної мережі для усіх її нейронів.

3. Розроблена штучна нейронна мережа використовується як інструмент прогнозування гідратоутворення на газосховищах [5]. Вона передбачає можливість уточнення (адаптації) вагових коефіцієнтів у процесі її експлуатації за умови надходження нових актуальних даних.

На основі вхідних технологічних параметрів рухомого середовища в трубопроводі (тиск, температура, швидкість потоку, вміст вологи тощо) на виході мережі формується значення в діапазоні від 0 до 1 (або від 0 % до 100 %) [6], яке інтерпретується як ймовірність утворення гідратів на контрольованій ділянці трубопроводу. Такий підхід дозволяє періодично «донавчати» нейронну мережу, що об'єктивно підвищує достовірність і точність прогнозування гідратоутворення в процесі експлуатації системи.

III. Висновки

Авторами запропоновано використання технологій штучного інтелекту для вирішення завдання прогнозування гідратоутворень на ПСГ. Розроблено штучну нейронну мережу для прогнозування гідратоутворення.

Завдяки застосуванню такого підходу на виробництві можна своєчасного виявляти ускладнення та оперативно вживати відповідні заходи.

IV. Список використаних джерел

- [1] Воловецький В., Бугай А., Пономарьов Ю. Критерії побудови оптимальної системи прогнозування параметрів роботи підземних сховищ газу: зб. матеріалів 7-ої Міжнародної науково-технічної конференції "Інформаційні системи та технології ICT-2018" (10-15 вересня 2018 р., Харків). Харків: ХНУРЕ. 2018. С. 94-96.
- [2] Бугай А., Воловецький В., Пономарьов Ю. Інтелектуальна система контролювання та регулювання режиму експлуатування свердловин газосховищ в умовах гідратоутворення: зб. матеріалів 8-ої Міжнародної науково-технічної конференції "Інформаційні системи та технології ICT-2019" (09-14 вересня 2019 р., Харків). Харків: ХНУРЕ. 2019. С. 26-29.
- [3] Volovetskyi V.B., Doroshenko Ya.V., Bugai A.O., Kogut G.M., Raiter P.M., Femiak Y.M., Bondarenko R.V. Developing measures to eliminate of hydrate formation in underground gas storages. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2022. Vol.111. No.2. p. 64-77. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.9996>
- [4] S.S. Haykin Neural Networks: A Comprehensive Foundation. 2nd Ed., Prentice-Hall of India Pvt. Limited, 1999, 823 p.
- [5] Volovetskyi V.B., Doroshenko Ya.V., Matkivskyi S.V., Raiter P.M., Shchyrba O.M., Stetsiuk S.M., Protsiuk H.Ya. Development of methods for predicting hydrate formation in gas storage facilities and measures for their prevention and elimination. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2023. Vol. 117. No.1. p. 25-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.5955>
- [6] Воловецький В., Романишин Ю., Райтер П. Прогнозування гідратоутворення на підземних сховищах газу з використанням технологій штучного інтелекту. Інформаційні управляючі системи та технології (ІУСТ-ОДЕСА-2024): зб. матеріалів XII Міжнародної науково-практичної конференції (23-25 вересня 2024 р., Одеса). Одеса: Національний університет "Одеська політехніка". 2024. С. 280-283.

DEVELOPMENT OF AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR PREDICTING HYDRATES FORMATION IN GAS STORAGE FACILITIES

Volovetskyi Volodymyr, Raiter Petro

ABSTRACT. The study examines one of the complications that may occur during the operation of gas storage facilities, specifically hydrate formation. The use of artificial intelligence technology is proposed for its timely detection. An artificial neural network has been developed for predicting hydrate formation.

KEYWORDS: gas storage facilities, well, hydrate formation, neural networks, forecasting.

ПРОГНОЗУВАННЯ ШВИДКОСТІ КОРОЗІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Гуменюк Олексій¹, Трус Інна¹

¹Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Київ, Україна
E-mail: alexei.humeniuk@gmail.com

АНОТАЦІЯ. У публікації наведено огляд методів машинного навчання для прогнозування корозії. Розглянуто гібридні підходи, зокрема Attention-LSTM, NLP та фізично-інформовані моделі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: корозія, машинне навчання, Attention-LSTM, NLP, PINN.

I. Вступ

Корозія металевих конструкцій є однією з основних причин зниження надійності об'єктів критичної інфраструктури, таких як трубопроводи, резервуари та несучі конструкції. Її розвиток супроводжується поступовим накопиченням пошкоджень, що може призводити до аварійних ситуацій, витоків небезпечних речовин та значних економічних і екологічних втрат. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають задачі раннього виявлення та прогнозування швидкості корозії.

Традиційні підходи, зокрема емпіричні та статистичні моделі, мають обмежену точність у реальних умовах експлуатації, оскільки не здатні повною мірою враховувати складні нелінійні залежності між численними факторами впливу, такими як температура, тиск, хімічний склад

середовища та експлуатаційні навантаження. Крім того, ці методи значною мірою залежать від якості та повноти вхідних даних, які в практичних умовах часто є обмеженими або неструктурованими.

Сучасні методи машинного навчання дозволяють вирішувати ці проблеми за рахунок здатності виявляти приховані закономірності у багатовимірних даних і моделювати складні динамічні процеси. Особливу увагу привертають гібридні нейромережеві архітектури, що поєднують можливості рекурентних мереж, механізмів уваги, трансформерних моделей та фізично-інформованих підходів.

Метою даної роботи є аналіз сучасних підходів до прогнозування швидкості корозії на основі методів машинного навчання та визначення найбільш ефективних архітектур для використання в умовах обмежених і неструктурованих даних.

II. Методи машинного навчання для прогнозування корозії

Сучасні підходи до прогнозування корозії на основі машинного навчання можна умовно поділити на кілька основних напрямів, серед яких найбільш поширеними є моделі з механізмами уваги, NLP-архітектури для обробки текстових даних та фізично-інформовані моделі. Основні підходи до прогнозування швидкості корозії наведено на рис. 1.

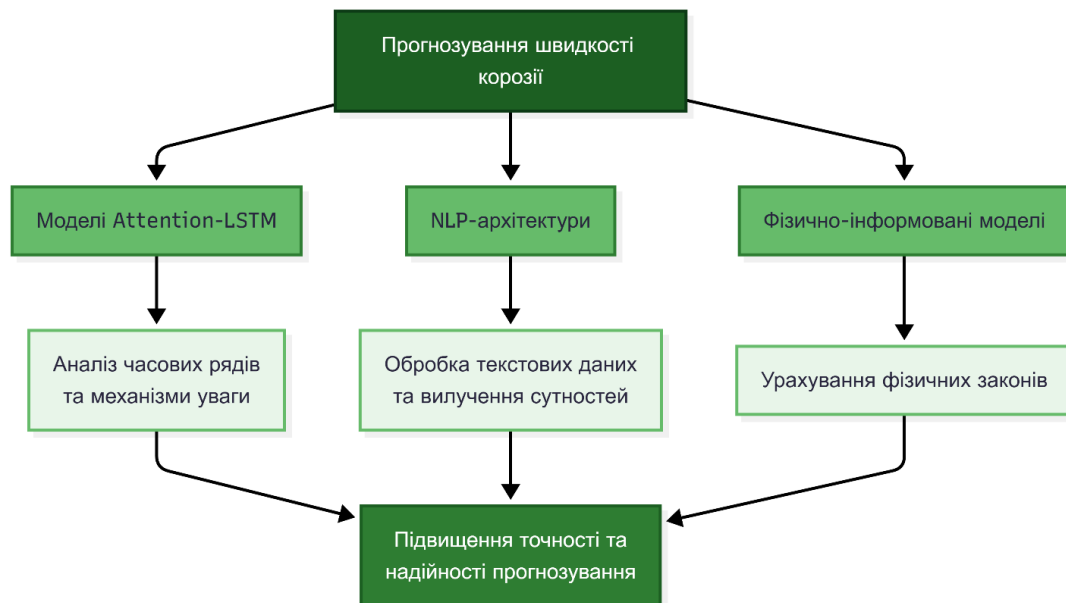


Рис. 1. Основні підходи до прогнозування швидкості корозії на основі методів машинного навчання

Рекурентні нейронні мережі типу LSTM широко застосовуються для аналізу часових рядів у задачах прогнозування корозії, оскільки дозволяють враховувати накопичувальний характер деградаційних процесів та залежність між послідовними станами середовища. Водночас їх ефективність обмежується при роботі з довготривалими залежностями, неструктурованими даними та малими вибірками, що є типовими умовами для систем моніторингу корозії. У зв'язку з цим сучасні підходи передбачають інтеграцію механізмів уваги, які забезпечують вибіркове підсилення найбільш інформативних ознак і часових інтервалів.

У роботі [1] запропоновано гібридну модель LAGAN-GWO-SVR, у якій механізм multi-head attention інтегровано у генеративну частину моделі разом із LSTM. Основна ідея полягає не лише у підвищенні точності прогнозування, а у покращенні якості вхідних даних шляхом їх синтетичного розширення. LSTM у даній архітектурі відповідає за відтворення часових залежностей у корозійних процесах, тоді як multi-head attention забезпечує фокусування на найбільш значущих параметрах середовища, таких як парціальний тиск CO_2 , H_2S , pH та гідродинамічні характеристики потоку. Це дозволяє генератору формувати більш реалістичні та статистично узгоджені вибірки, що особливо важливо в умовах дефіциту даних. Подальше використання оптимізованої регресійної моделі (GWO-SVR) забезпечує високоточне прогнозування, що підтверджується значеннями $RMSE = 0.013$ та $R^2 = 0.982$.

Таким чином, у даній роботі механізм уваги виконує функцію покращення репрезентації даних і опосередковано впливає на якість прогнозування, що відрізняє її від класичних Attention-LSTM підходів, де attention є безпосередньою частиною предиктивної моделі.

Механізм уваги також інтегрується безпосередньо у прогностичну архітектуру у вигляді CNN-LSTM-Transformer моделі [2]. У цій архітектурі CNN відповідає за вилучення локальних ознак, LSTM виконує моделювання часової динаміки, тоді як Transformer із multi-head attention забезпечує глобальне перекалібрування ознак і ефективне врахування довготривалих залежностей. Важливою особливістю є застосування transfer learning у поєднанні з поетапним fine-tuning, що дозволяє адаптувати модель до умов обмеженої кількості даних. Зокрема, модель попередньо навчається на великій вибірці, після чого поступово адаптується до малої вибірки шляхом послідовного розморожування шарів. Такий підхід дозволив підвищити точність прогнозування ($MAE = 0.021$, $RMSE = 0.031$, $R^2 = 0.909$) [2].

На відміну від попередньої роботи, у цьому випадку механізм уваги безпосередньо впливає на формування кінцевого прогнозу, забезпечуючи здатність моделі враховувати складні нелінійні взаємозв'язки між параметрами середовища на різних часових масштабах.

Механізми уваги в задачах прогнозування корозії виконують різні функціональні ролі залежно від архітектури моделі. Зокрема, у праці [1] attention використовується як інструмент покращення якості даних і зменшення впливу їх дефіциту, тоді як у дослідженні [2] він інтегрований безпосередньо у прогностичну модель і забезпечує більш ефективне моделювання довготривалих часових залежностей. Узагальнюючи, інтеграція механізмів уваги з LSTM є одним із ключових напрямів розвитку моделей прогнозування корозії, причому ефективність таких підходів визначається не лише самим використанням attention, а способом його інтеграції в архітектуру моделі. Найбільш перспективними видаються гібридні рішення, що поєднують механізми уваги з генеративними моделями, трансформерними блоками та методами transfer learning, що дозволяє підвищити точність прогнозування в умовах складних, нелінійних і маловибіркових даних.

У задачах прогнозування корозії важливим джерелом інформації є не лише числові дані моніторингу, а також текстові матеріали, зокрема результати інспекцій, звіти про експлуатацію та описи аварійних випадків. Такі дані містять опис умов корозії, параметрів середовища та характеру пошкоджень, однак мають неструктурований вигляд і не можуть бути безпосередньо використані у моделях машинного навчання.

У роботі [3] для вирішення цієї проблеми використано модель BERT-BiLSTM-CRF, яка застосовується для вилучення сутностей та параметрів із текстових записів про стан трубопроводів і результатів корозійного моніторингу. Вилучена інформація формалізується у вигляді триплетів та використовується для побудови графа знань, який відображає взаємозв'язки між основними факторами корозії, такими як вміст CO_2 і H_2S , температура, тиск, pH , швидкість потоку та концентрація Cl^- . На основі цього графа формується узгоджений набір ознак для подальшого прогнозування швидкості корозії. Отримані результати показують, що точність вилучення сутностей досягає $F1 = 92.38\%$, а модель прогнозування забезпечує коефіцієнт детермінації понад 0.99 [3].

NLP також застосовується для аналізу звітів про аварії в хімічній промисловості [4]. Для обробки таких даних використано модель ALBERT-BiLSTM-CRF, що дозволяє ефективно працювати з обмеженими обсягами спеціалізованих текстів. Модель виконує розпізнавання ключових сутностей, зокрема часу, місця, організації, типу аварії та обладнання. Експериментальні результати показують, що використання ALBERT дозволяє досягти $F1 = 89.41\%$ [4].

Таким чином, результати [3], [4] показують, що NLP-архітектури у задачах прогнозування корозії виконують роль інструменту перетворення текстових експлуатаційних даних у структуровані параметри, які можуть бути використані у подальших моделях аналізу та прогнозування.

Класичні моделі машинного навчання в задачах прогнозування корозії часто демонструють високу точність лише в межах доступної вибірки, але за умов обмежених даних можуть формувати фізично некоректні прогнози. Саме тому дедалі більшого значення набувають фізично-інформовані моделі.

У роботі [5] запропоновано модель PI-LSTM, у якій часову динаміку деградації поєднано з фізично змістовними закономірностями, зокрема законом Паріса та рівнянням Арреніуса. Це дозволяє оцінювати залишковий ресурс із точністю близько 93% [5].

Підхід Sharp-PINNs для моделювання корозії як мультифізичної задачі представлено у [6]. Запропонована архітектура забезпечує підвищену точність апроксимації та дозволяє у 5-10 разів зменшити обчислювальні витрати порівняно з класичними чисельними методами.

Застосування фізично-інформованого машинного навчання для оцінювання невизначеностей розглянуто у [7]. Побудована surrogate-модель дозволяє зменшити обчислювальні витрати та визначити ключові фактори впливу на корозію, зокрема провідність електроліту.

Отримані результати свідчать про потенційну перевагу фізично-інформованих моделей над класичними підходами машинного навчання, оскільки вони забезпечують фізично коректні та більш стабільні результати. Інтеграція фізичних законів на різних рівнях дозволяє підвищити точність прогнозування та забезпечити практичну придатність моделей у реальних умовах.

III. Висновки

Аналіз сучасних підходів у сфері прогнозування корозійних процесів свідчить про стійку тенденцію до розширення використання методів машинного навчання, зокрема гібридних нейромережових архітектур, поряд із традиційними статистичними підходами. Класичні методи, такі як множинна лінійна регресія, ARIMA та метод опорних векторів, демонструють прийнятну ефективність у контрольованих умовах, однак їх застосування обмежене у випадках складних нелінійних залежностей та високої варіативності експлуатаційних параметрів.

Рекурентні нейромережі, зокрема LSTM, дають змогу враховувати часову динаміку корозійних процесів і ефект накопичення пошкоджень. Додаткове впровадження механізмів уваги підвищує якість моделювання завдяки виділенню найбільш значущих факторів впливу та покращенню роботи з довготривалими залежностями.

NLP-архітектури забезпечують можливість залучення текстових експлуатаційних даних, які містять додаткову інформацію про умови корозії, але мають неструктурований характер. Використання моделей типу BERT та ALBERT у поєднанні з BiLSTM-CRF дозволяє ефективно вилучати сутності та формувати узгоджені набори ознак для подальшого аналізу.

Фізично-інформовані моделі забезпечують узгодженість результатів із фундаментальними закономірностями корозійних процесів. Поєднання нейромережових підходів із фізичними моделями дозволяє підвищити інтерпретованість результатів та зменшити залежність від обсягу експериментальних даних.

Узагальнюючи, можна зазначити, що найбільш перспективним напрямом розвитку є інтеграція різних підходів у межах гібридних моделей, які поєднують часовий аналіз, обробку текстових даних та фізичні обмеження. Такий підхід дозволяє підвищити точність прогнозування корозійних процесів і розширити можливості практичного застосування методів машинного навчання у задачах моніторингу та управління технічним станом інфраструктурних об'єктів.

IV. Список використаних джерел

- [1] P. Long, M. Liang, H. Chen, and Q. Yang, "An enhanced generative adversarial network prediction model based on LSTM and attention for corrosion rate in pipelines," *IEEE Access*, 2025.
- [2] P. Long, G. Yang, H. Liu, W. Deng, and M. Liang, "Transfer learning-driven prediction of oil and gas pipeline corrosion rates in small sample scenarios," *PLOS One*, vol. 20, no. 10, p. e0333914, 2025.
- [3] R. Xie, Z. Fan, X. Hao, W. Luo, Y. Li, Y. Zhao, and J. Han, "Prediction model of corrosion rate for oil and gas pipelines based on knowledge graph and neural network," *Processes*, vol. 12, no. 11, p. 2367, 2024. doi: 10.3390/pr12112367.
- [4] X. Mao, G. Zhang, X. Xu, and Q. Lu, "Method of named entity recognition for chemical industry accidents based on ALBERT-BiLSTM-CRF," in *Artificial Intelligence Technologies and Applications: Proc. 5th Int. Conf. (ICAITA 2023)*, 2024, pp. 952-960.
- [5] M. J. Aljumaili, H. A. Abdalwahhab, H. J. Meerza, M. A. Abdulrehman, A. S. Abbas, and D. A. Yousif, "Predictive corrosion degradation modelling of oil country tubular goods using physics-informed machine learning and digital twin technologies," *Instrumentation Measure Metrologie*, vol. 24, no. 6, p. 361, 2025.

[6] N. Chen, C. Cui, R. Ma, A. Chen, and S. Wang, "Sharp-PINNs: staggered hard-constrained physics-informed neural networks for phase field modelling of corrosion," *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 447, p. 118346, 2025. doi: 10.48550/arXiv.2502.11942.

[7] P. Bansal, Z. Zheng, C. Shao, J. Li, M. Banu, B. E. Carlson, and Y. Li, "Physics-informed machine learning assisted uncertainty quantification for the corrosion of dissimilar material joints," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 227, p. 108711, 2022.

PREDICTION OF CORROSION RATE USING MACHINE LEARNING METHODS: COMPARATIVE ANALYSIS OF ARCHITECTURES

Humeniuk Oleksii, Trus Inna

ABSTRACT. This paper presents an overview of machine learning methods for corrosion rate prediction. Hybrid approaches are considered, including Attention-LSTM, NLP, and physics-informed models.

KEYWORDS: corrosion, machine learning, Attention-LSTM, NLP, PINN.

ІНТЕГРАЦІЯ БАЗ ДАНИХ З МОДЕЛЯМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗНОЇ АНАЛІТИКИ

Жовнірчик Людмила¹

¹Івано-Франківська філія Університету «Україна», Івано-Франківськ, Україна
E-mail: zhovnirchik_l@ukr.net

АНОТАЦІЯ. У статті досліджено сучасні підходи до інтеграції реляційних та нереляційних баз даних з моделями машинного навчання для побудови систем прогнозової аналітики. Розглянуто архітектурні рішення, методи підготовки даних, а також практичні аспекти розгортання моделей у виробничому середовищі. Проаналізовано переваги та обмеження основних підходів до інтеграції та окреслено перспективи розвитку галузі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: бази даних, машинне навчання, прогнозна аналітика, інтеграція даних, SQL, NoSQL, глибоке навчання.

I. Вступ

Стрімкий розвиток цифрових технологій та зростаючі обсяги даних, що генеруються підприємствами, державними установами та науковими організаціями, зумовили підвищений інтерес до методів прогнозової аналітики. Прогнозна аналітика – це сукупність технологій бізнес-інтелекту, що виявляють закономірності у великих масивах даних і використовують їх для передбачення майбутніх подій та поведінки [1]. На відміну від описової аналітики, яка фіксує минуле, прогнозна аналітика спрямована вперед, застосовуючи статистичні моделі, алгоритми машинного навчання (МН) та методи глибокого навчання.

Центральне місце у побудові систем прогнозової аналітики займають бази даних (БД) – як джерело навчальних вибірок, так і операційне середовище для зберігання проміжних і кінцевих результатів. Проблема ефективної інтеграції БД з моделями МН залишається актуальною, оскільки традиційні системи управління базами даних (СУБД) не були розроблені з урахуванням вимог сучасних алгоритмів навчання [2]. Зокрема, реляційні СУБД (SQL) забезпечують сувору цілісність та підтримують складні запити, однак можуть обмежувати масштабованість при роботі з великими неструктурованими наборами даних. Нереляційні СУБД (NoSQL) надають гнучкість у зберіганні різноманітних типів даних, але потребують ретельного проєктування схем для оптимальної роботи алгоритмів навчання [3].

Мета статті – систематизувати підходи до інтеграції баз даних з моделями машинного навчання для прогнозової аналітики, розглянути архітектурні рішення та практичні інструменти, а також визначити ключові виклики та напрями подальшого розвитку.

II. Основна частина

2.1. Архітектурні моделі інтеграції БД та МН

Інтеграція баз даних з моделями машинного навчання може бути реалізована за кількома архітектурними підходами. Перший підхід – *послідовна інтеграція (batch pipeline)* – передбачає пакетне вивантаження даних із БД, їх попередню обробку в окремому середовищі (наприклад, Python/Spark), навчання моделі та збереження результатів назад до БД. Такий підхід є простим у реалізації, однак не підходить для задач, що потребують реакції в реальному часі [4].

Другий підхід – *потоківна інтеграція (streaming pipeline)* – використовує технології Apache Kafka, Apache Flink або Spark Streaming для безперервної передачі подій із БД до моделі МН. Це дозволяє здійснювати прогнозування майже в режимі реального часу, що є критично важливим у фінансовій сфері, охороні здоров'я та IoT-системах [5].

Третій підхід – *вбудована інтеграція (in-database ML)* – передбачає виконання алгоритмів МН безпосередньо всередині СУБД. Такі системи, як SageDB [6], PostgreSQL з розширеннями MADlib або BigQuery ML, дозволяють навчати й застосовувати моделі без вивантаження даних, мінімізуючи затримки та витрати на передачу. Дослідження показують, що вбудована інтеграція може підвищити ефективність конвеєрів даних на 30-50% порівняно з традиційними підходами [7].

2.2. SQL та NoSQL бази даних у контексті машинного навчання

Вибір типу БД суттєво впливає на ефективність конвеєра машинного навчання. Реляційні СУБД (PostgreSQL, MySQL, Oracle) добре підходять для задач із структурованими даними, де потрібна висока узгодженість і підтримка складних аналітичних запитів. Вони особливо ефективні на етапі інжинірингу ознак (feature engineering) та аналітики, де SQL-запити дозволяють виконувати агрегацію, об'єднання і трансформацію даних безпосередньо в БД [8].

Нереляційні СУБД мають різні оптимальні сценарії застосування: документ-орієнтовані (MongoDB) – для зберігання напівструктурованих даних та JSON-документів; стовпцеві (Apache Cassandra, HBase) – для IoT-даних та часових рядів; графові (Neo4j) – для задач аналізу мереж і рекомендаційних систем. Порівняльне дослідження [9] показало, що при виконанні алгоритмів МН на хмарних платформах NoSQL-бази демонструють кращу продуктивність, ніж SQL-бази, завдяки горизонтальній масштабованості.

Важливим аспектом є також налаштування параметрів СУБД для оптимальної роботи з алгоритмами МН. Дослідження Abbasi et al. [10] на прикладі PostgreSQL продемонстрували, що адаптивне налаштування СУБД за допомогою методів МН дозволяє підвищити пропускну здатність запитів на 40%, порівняно зі статичними конфігураціями.

2.3. Підготовка даних та якість вибірок

Якість навчальних даних є визначальним фактором точності прогнозних моделей. ETL-процеси (Extract, Transform, Load) відіграють ключову роль у підготовці даних для МН. Інтеграція великих даних та МН у системах управлінської інформації (MIS) вимагає ретельної попередньої обробки даних, включаючи нормалізацію, кодування категоріальних змінних, обробку пропущених значень та видалення аномалій [4].

Сучасні конвеєри підготовки даних дедалі частіше автоматизуються за допомогою самих алгоритмів МН. Наприклад, методи виявлення аномалій (isolation forest, autoencoder) використовуються для очищення навчальних вибірок, тоді як методи синтезу даних (GAN, VAE) застосовуються для розширення малих навчальних наборів, особливо у медичних застосуваннях [5].

2.4. Алгоритми машинного навчання для прогнозової аналітики

Серед алгоритмів МН, що використовуються в системах прогнозової аналітики на основі БД, виділяють кілька класів. *Лінійні моделі* (лінійна регресія, логістична регресія) застосовуються для прогнозування безперервних та бінарних змінних і відзначаються високою інтерпретованістю. *Дерева рішень та ансамблеві методи* (Random Forest, Gradient Boosting,

XGBoost) демонструють сильну ефективність у задачах класифікації та регресії на табличних даних із БД [4].

Для роботи з часовими рядами, що генеруються СУБД реального часу, широко застосовуються рекурентні нейронні мережі (LSTM, GRU) та трансформери. Ці архітектури здатні виявляти довгострокові залежності у послідовних даних і використовуються, зокрема, для прогнозування попиту, моніторингу мереж та передбачення відмов обладнання [11].

Окремого розгляду заслуговують методи навчання з підкріпленням (reinforcement learning), які застосовуються для автоматичного налаштування параметрів СУБД. Системи QTune та MLE Tune використовують глибоке навчання з підкріпленням для оптимізації конфігурацій бази даних в режимі реального часу, досягаючи значного підвищення продуктивності порівняно з ручним налаштуванням [7].

2.5. Галузеві застосування

Системи прогнозової аналітики на основі інтегрованих БД та МН знаходять застосування в різних галузях. У *охороні здоров'я* IoT-сенсори та медичні СУБД інтегруються з моделями МН для прогнозування загострень хронічних захворювань. Дослідження [5] показало, що такі системи здатні прогнозувати діабетичні кризи за 24 години з точністю понад 85%. Банківський сектор активно використовує прогнозу аналітику: банки, що впровадили просунуті аналітичні інструменти, збільшили корпоративні та комерційні доходи більш ніж на 20% за три роки [12].

У сфері *корпоративного управління* інтеграція великих даних та МН в MIS дозволяє організаціям здійснювати прогнозування у реальному часі для підтримки прийняття рішень. Підприємства, що використовують рішення на основі даних, підвищують продуктивність операцій до 63%, а перехід від базової до просунутої аналітики забезпечує зростання прибутковості на 81% [12].

2.6. Виклики та обмеження

Незважаючи на значний прогрес, інтеграція БД з моделями МН для прогнозової аналітики стикається з рядом викликів. По-перше, *масштабованість*: розгортання моделей МН у виробничих середовищах вимагає значних обчислювальних ресурсів, особливо при роботі з розподіленими СУБД [2]. По-друге, *узгодженість даних*: у розподілених системах забезпечення актуальності та цілісності навчальних вибірок залишається складним завданням [3].

По-третє, *безпека та конфіденційність*: обробка персональних даних у системах МН вимагає дотримання регуляторних вимог (GDPR, HIPAA), що ускладнює спільне використання навчальних наборів. По-четверте, *дрейф моделей* (concept drift): зміна статистичних властивостей вхідних даних з часом призводить до деградації якості прогнозів, що вимагає регулярного перенавчання моделей та моніторингу даних у БД [8].

III. Висновки

Проведений аналіз підтверджує, що інтеграція баз даних з моделями машинного навчання є ключовою складовою сучасних систем прогнозової аналітики. Визначено три основні архітектурні підходи: послідовна, потокова та вбудована інтеграція, – кожен з яких має свої переваги залежно від вимог до затримки, масштабованості та доступних ресурсів. Реляційні СУБД залишаються ефективним інструментом для структурованих аналітичних задач, тоді як NoSQL-рішення забезпечують кращу масштабованість для неструктурованих і потокових даних.

Алгоритми МН – від класичних ансамблевих методів до рекурентних нейронних мереж і навчання з підкріпленням – демонструють широкий спектр застосувань: від прогнозування в охороні здоров'я та фінансах до автоматичного налаштування самих СУБД. Практика підтверджує значний економічний ефект від впровадження таких систем у корпоративному середовищі.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою уніфікованих фреймворків для вбудованого МН у СУБД, удосконаленням методів збереження конфіденційності при навчанні моделей (федеративне навчання, диференціальна приватність), а також інтеграцією великих мовних моделей для природньомовного запиту аналітичних систем.

IV. Список використаних джерел

- [1] Predictive analytics. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Predictive_analytics (дата звернення: 01.04.2026).
- [2] Machine learning in modern database systems: Techniques, architectures, and deployment challenges. ScienceDirect, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2026.126506>.
- [3] F. Eppinger, U. Störl. NoSQL Database Tuning through Machine Learning. arXiv:2212.12301, 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2212.12301>.
- [4] G. T. Adewale et al. Integrating big data and machine learning in management information systems for predictive analytics: A focus on data preprocessing and technological advancements. World Journal of Advanced Research and Reviews, vol. 24, no. 2, pp. 774–789, 2024. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.24.2.3427>.
- [5] IoT-Enabled Predictive Analytics for Chronic Disease Management Using Machine Learning. Transactions on Recent Developments in Artificial Intelligence and Machine Learning, 2024. URL: <https://journals.throws.com/index.php/TRDAIML/article/view/261>.
- [6] J. Ding et al. SageDB: A Learned Database System. CIDR, 2022.
- [7] W. Dong et al. MLE Tune: Streamlining Database Knob Tuning via Multi-LLMs Experts Guided Deep Reinforcement Learning. Proceedings of ICPADS, pp. 226–235, 2024.
- [8] S. Gupta, P. Pictures. Advancing Database Management Systems through Machine Learning Integration. IJIRSET, 2024. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2024.1308064>.
- [9] Collating SQL Databases, NoSQL and Machine Learning Algorithms. IJISRT, 2022. URL: <https://ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT22APR1087.pdf>.
- [10] M. Abbasi et al. Adaptive and Scalable Database Management with Machine Learning Integration: A PostgreSQL Case Study. Information (Switzerland), vol. 15, no. 9, 2024. <https://doi.org/10.3390/info15090574>.
- [11] H. Yadav. Structuring SQL/NoSQL Databases for IoT Data. International Journal of Machine Learning and Artificial Intelligence, vol. 5, no. 5, pp. 1–12, 2024. URL: <https://jmlai.in/index.php/ijmlai/article/view/27>.
- [12] The Future of Data Analytics: Trends in 7 Industries [2025]. Coherent Solutions. URL: <https://www.coherentsolutions.com/insights/the-future-and-current-trends-in-data-analytics-across-industries>.

DATABASE INTEGRATION WITH MACHINE LEARNING MODELS FOR PREDICTIVE ANALYTICS

Zhovnirchik Liudmyla

ABSTRACT. This article investigates current approaches to integrating relational and non-relational databases with machine learning models for predictive analytics systems. Architectural solutions, data preparation methods, and practical aspects of model deployment in production environments are reviewed. Key challenges, including scalability, data quality, and model drift, are analyzed, and future research directions are outlined.

KEYWORDS: databases, machine learning, predictive analytics, data integration, SQL, NoSQL, deep learning.

АРХІТЕКТУРНА АДАПТАЦІЯ МЕТОДУ ФРАКТАЛЬНОЇ РЕГУЛЯРИЗАЦІЇ АВТОЕНКОДЕРІВ ДЛЯ НАПІВКЕРОВАНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ RESNET

Зарицький Олексій¹, Данилов Валерій¹

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

E-mail: zaritskiy.alexey@iill.kpi.ua

АНОТАЦІЯ. Інтеграція фрактальної регуляризації у ResNet з попередньо навченими вагами спричиняє деградацію ознак через конфлікт градієнтів. Запропоновано розщеплення латентного простору на ізольовані підпростори, що усуває конфлікт та підвищує F2-score детекції COVID-19 на 1.8% в умовах 5% розмічених даних.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: напівкероване навчання; фрактальна розмірність; ResNet; розщеплення латентного простору; медичні зображення.

I. Вступ

Класифікація медичних зображень методами глибокого навчання є дуже важливою для задач сучасної автоматизованої діагностики. Проте якість таких моделей сильно обмежена нестачею якісно розмічених медичних даних. Збір та анотування медичних даних вимагає значного часу та фінансів, оскільки вимагає висококваліфікованих спеціалістів. Ефективний шлях до подолання цієї проблеми пропонують методи напівкерованого навчання, які дозволяють використовувати не тільки розмічені, а і великі обсяги нерозмічених даних для навчання. Одним із найпоширеніших підходів у цій галузі є використання архітектур на базі автоенкодерів (АЕ), де цільова функція втрат складається із комбінації втрати класифікації (для розмічених даних) та реконструкції (для нерозмічених даних). Незважаючи на свою популярність, стандартна реконструкція часто виявляється недостатньою для формування оптимальної структури латентного простору, так як мережа може зосереджуватися на нерелевантних фонових ознаках замість значущих структурних характеристик вхідного медичного зображення.

У наших попередніх дослідженнях [1] було запропоновано метод фрактально-керованої регуляризації (FDR) автоенкодера, який вирішує проблему покращення структури латентного простору. Метод полягає у використанні фрактальної розмірності (ФР) як додаткового апіорного сигналу під час навчання. Дослідження [1] підтвердило, що використання FDR суттєво підвищує якість моделей із невеликою кількістю параметрів в умовах екстремального дефіциту розмічених даних.

Проте сучасні стандарти медичної діагностики вимагають використання значно глибших архітектур (наприклад ResNet) із застосуванням трансферного навчання (Transfer Learning). Спроба прямого перенесення методу FDR на такі глибокі моделі виявила фундаментальну архітектурну проблему: конфлікт градієнтів між класифікаційною та регресійною задачами [2], що призводить до деградації точності класифікатора.

Метою даної роботи є адаптація методу FDR для глибоких нейронних мереж із попередньо навченими вагами шляхом архітектурної модифікації на основі розщеплення вихідного вектора енкодера. Ефективність запропонованого підходу продемонстровано на задачі виявлення COVID-19 по рентгенографічним знімкам грудної клітини пацієнтів.

II. Архітектурна адаптація методу FDR

У базовому методі FDR, запропонованому у нашій роботі [1], архітектура базується на стандартному згортковому автоенкодері, доповненому двома головами, що приєднані до латентного простору (Рис. 1). Вихідний вектор з енкодера використовується одночасно для трьох задач: класифікації розмічених даних, реконструкції вхідного зображення та регресії фрактальної розмірності. Загальна функція втрат L складається із трьох компонент: L_{CE} – втрата класифікації (cross-entropy), L_{rec} – втрата реконструкції (MSE) та L_{fd} – штраф за помилку передбачення фрактальної розмірності зображення. Гіперпараметри λ_{rec} та λ_{fd} контролюють відносний внесок кожної компоненти. Такий підхід показав високу ефективність на невеликих згорткових мережах, збагачуючи латентний простір структурною інформацією.

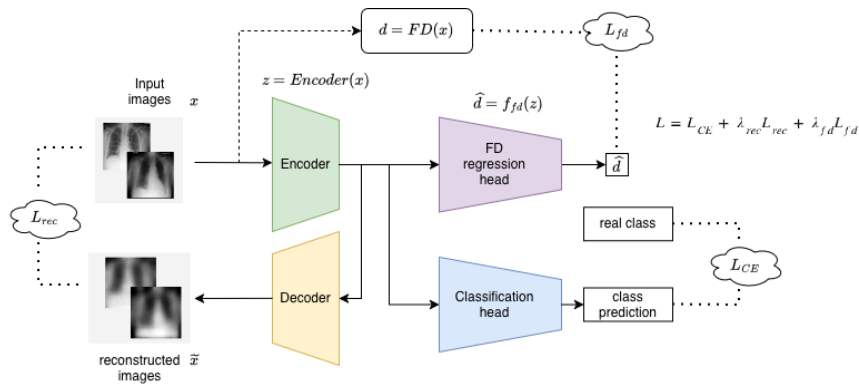


Рис. 1. Базова архітектура методу FDR.

Проте спроба прямого перенесення такої топології на глибокі моделі сімейства ResNet з попередньо навченими вагами призводить до проблеми спільного вектора при оптимізації функції втрат. Класифікатор вимагає збереження локальних ознак, а фрактальний регресор фокусується на глобальній геометричній складності. Застосування оптимізації цих двох критеріїв на спільний вектор латентного простору моделі призводить до конфлікту градієнтів. Дана проблема була розглянута у статті [2]. Агресивний регресійний компонент функції втрат переписує сформовані параметри згорткової нейронної мережі, знижуючи точність діагностики.

Для подолання цього конфлікту ми пропонуємо архітектурну модифікацію на основі розщеплення ознак. Автори статті [3] показали що даний підхід може ефективно використовуватися для подолання цієї проблеми. Також у роботі [4] автори продемонстрували, що даний підхід може бути ефективним для напівкерованого навчання. Спираючись на цю концепцію, наша адаптація полягає у фізичному розщепленні фінального вектора енкодера $z \in R^{512}$ на два ортогональні вектори $z_{cls} \in R^{448}$ та $z_{fd} \in R^{64}$. Перший підпростір передається виключно у класифікаційну голову, а другий – виключно в регресійну голову для апроксимації фрактальної розмірності. При цьому як і раніше весь вектор $z \in R^{512}$ передається на вхід декодера (Рис. 2).

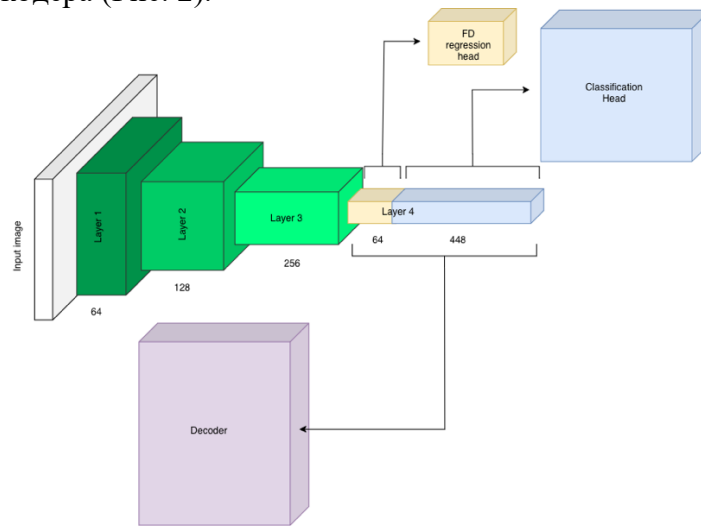


Рис. 2. Адаптована архітектура ResNet18-AE з розщепленням вихідного вектора енкодера на класифікаційний (448) та фрактальний (64) підпростори.

Така асиметрична пропорція продиктована різницею у складності цих задач: класифікація потребує значної репрезентативної ємності для кодування складних візуальних паттернів, а фрактальна розмірність є скалярною метрикою для якої не потрібно багато параметрів. Таке розщеплення усуває прямий контакт градієнтів класифікатора та регресора, які тепер оновлюють власні ізольовані канали. При цьому їхня взаємодія відбувається на більш ранніх шарах енкодера, змушуючи енкодер зберігати корисні ознаки для обох задач.

III. Експериментальні дослідження

Дані та умови експерименту. Для експериментальної перевірки запропонованої архітектурної адаптації було обрано набір даних COVID-19 Radiology Database [5, 6], що містить рентгенівські знімки грудної клітини пацієнтів. У рамках даного дослідження було використано підмножину, що складається з двох класів: «positive» (знімки пацієнтів із COVID-19) та «negative» (знімки здорових пацієнтів), по 200 зображень у тестовій вибірці для кожного класу. Усі зображення були нормалізовані відповідно до статистик ImageNet та масштабовані до розміру 512×512 пікселів.

Експеримент проводився в умовах напівкерованого навчання: лише 5% тренувальних даних мали мітки класу, решта 95% використовувалася без міток для реконструкції та фрактальної регресії. Фрактальна розмірність кожного зображення була попередньо обчислена методом box-counting [7] відповідно до методики, описаної у нашій попередній роботі [1].

Як основну метрику оцінювання якості моделі ми використовуємо F2-score для класу «positive». На відміну від F1-score, F2-score надає більшу вагу повноті (Recall), що є критичним для медичної діагностики: пропуск хворого пацієнта (false negative результат) має значно серйозніші наслідки, ніж false positive спрацювання.

Порівнювані моделі. Для оцінки ефективності запропонованого методу було реалізовано три архітектури. Перша Base-CNN – це модель на основі ResNet18 з попередньо навченими вагами ImageNet, яка навчалася виключно на 5% розмічених даних без використання автоенкодера. Ця модель слугує еталоном для оцінки того, наскільки напівкероване навчання покращує результат в умовах дефіциту міток. Друга модель ResNet18-AE – це напівкерований автоенкодер на базі ResNet18, де енкодер формує латентний простір з 512 каналів, який одночасно використовується для класифікації та реконструкції зображення за допомогою декодера. Третя модель ResNet18-AE+FDR – це запропонована адаптація з розщепленням латентного простору на 448 каналів для класифікатора та 64 канали для регресора фрактальної розмірності ($\lambda_{rec} = 0.1$, $\lambda_{fd} = 0.5$). Декодер, як і в другій моделі, отримує повний вектор з 512 каналів.

Результати. У Табл. 1 наведено результати порівняння трьох моделей на тестовій вибірці.

Таблиця 1

Метричні показники моделей, навчених на 5% розмічених даних COVID-19 Radiology Database

Модель	Precision (pos.)	Recall (pos.)	F1 (pos.)	F2 (pos.)	Accuracy
Base-CNN	0.969	0.615	0.752	0.663	0.797
ResNet18-AE	1.000	0.835	0.910	0.863	0.917
ResNet18-AE+FDR	1.000	0.855	0.922	0.881	0.927

Модель Base-CNN, навчена виключно на 5% розмічених даних, досягла високої Precision (0.969), проте з низьким Recall (0.615). Така поведінка свідчить про консервативність моделі в умовах дефіциту тренувальних даних: мережа частіше пропускає хворих пацієнтів, ніж помилково діагностує здорових. Стандартний напівкерований автоенкодер ResNet18-AE, який слугує бейзлайном для нашого дослідження, суттєво покращує результат за рахунок використання нерозмічених даних: Recall зростає з 0.615 до 0.835, а Positive F2-score – з 0.663 до 0.863.

Запропонована модель ResNet18-AE+FDR з розщепленням латентного простору покращує результати відносно бейзлайну: Recall зріс з 0.835 до 0.855 (+2.0%), а Positive F2-score – з 0.863 до 0.881 (+1.8%) при збереженні Precision 1.000. Це підтверджує, що архітектурна адаптація через ізоляцію підпросторів дозволяє інтегрувати фрактальну регуляризацию у глибокі моделі з попередньо навченими вагами. Спроба наївного перенесення FDR без розщеплення (коли обидві голови оперують на спільному векторі з 512 каналів) призводила до деградації метрик нижче рівня бейзлайну ResNet18-AE, що підтверджує необхідність запропонованої адаптації.

Обговорення. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованої адаптації, проте виявляють суттєве обмеження методу: високу залежність від гіперпараметра λ_{fd} . Практичне застосування методу FDR вимагає ретельного підбору цього гіперпараметра, оскільки при виборі невдалого значення метрики класифікації можуть впасти нижче рівня бейзлайну ResNet18-AE. Це свідчить про те, що навіть при ізольованих підпросторах баланс між компонентами функції втрат залишається складною задачею. Занадто слабкий

фрактальний сигнал не впливає на структуру латентного простору, а занадто сильний порушує оптимізацію класифікатора через спільні шари енкодера.

Дана проблема є характерною для багатозадачного навчання і узгоджується з висновками роботи [2] щодо конфлікту градієнтів. Розщеплення латентного простору усуває прямий конфлікт на рівні вихідного вектора, але градієнти обох задач продовжують взаємодіяти у спільних згорткових шарах ResNet (layer1–layer4), що зберігає непряму залежність від точного балансу λ_{fd} . Розробка механізму автоматичного регулювання цього коефіцієнта є перспективним напрямком подальших досліджень.

IV. Висновки

У даній роботі досліджено проблему інтеграції методу фрактально-керованої регуляризації (FDR) у глибокі моделі сімейства ResNet з попередньо навченими вагами. Встановлено, що пряме перенесення FDR на спільний вихідний вектор енкодера призводить до конфлікту градієнтів між класифікаційною та регресійною задачами і спричиняє деградацію метрик класифікації нижче рівня бейзлайну.

Для вирішення цієї проблеми запропоновано архітектурну адаптацію на основі розщеплення вихідного вектора енкодера на два ізольовані підпростори: 448 каналів для класифікатора та 64 канали для регресора фрактальної розмірності. Експериментальна перевірка на наборі даних COVID-19 Radiology Database в умовах 5% розмічених даних показала, що адаптована модель ResNet18-AE+FDR покращує Recall з 0.835 до 0.855 та Positive F2-score з 0.863 до 0.881 відносно бейзлайну ResNet18-AE.

Водночас було виявлено суттєве обмеження. Метод залишається високочутливим до гіперпараметра λ_{fd} , що робить його практичне застосування складним. Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка механізму регулювання цього коефіцієнта, що дозволить автоматично адаптувати інтенсивність FDR під час навчання.

V. Список використаних джерел

- [1] O. O. Zarytskyi and V. Y. Danilov, "Method for fractal-driven regularization of autoencoders for semi-supervised learning in medical image classification tasks," *KPI Sci. News*, vol. 141, no. 4, pp. 31–39, Dec. 2025, doi: 10.20535/kpissn.2025.4.343202.
- [2] B. Liu, X. Liu, X. Jin, P. Stone, and Q. Liu, "Conflict-averse gradient descent for multi-task learning," in *Proc. Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, vol. 34, 2021, pp. 18878–18890.
- [3] C. Y. Huang, K. Vo, A. A. Verma, D. Lu, and Y. Yang, "Domain expansion: A latent space construction framework for multi-task learning," arXiv:2601.20069, 2026.
- [4] A. Chertsias et al., "Factorised spatial representation learning: Application in semi-supervised myocardial segmentation," in *Proc. Int. Conf. Med. Image Comput. Comput.-Assisted Intervention (MICCAI)*, 2018, pp. 490–498, doi: 10.1007/978-3-030-00934-2_55.
- [5] M. E. Chowdhury et al., "Can AI help in screening viral and COVID-19 pneumonia?," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 132665–132676, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3010287.
- [6] T. Rahman et al., "Exploring the effect of image enhancement techniques on COVID-19 detection using chest X-ray images," *Comput. Biol. Med.*, vol. 132, art. no. 104319, 2021, doi: 10.1016/j.compbiomed.2021.104319.
- [7] K. Falconer, *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications*, 3rd ed. Chichester, U.K.: Wiley, 2014, pp. 38–47.

ARCHITECTURAL ADAPTATION OF FRACTAL-DRIVEN REGULARIZATION OF AUTOENCODERS FOR SEMI-SUPERVISED MEDICAL IMAGE CLASSIFICATION BASED ON RESNET

Zarytskyi Oleksii, Danilov Valerii

ABSTRACT. Integration of fractal regularization into ResNet with pretrained weights causes feature degradation due to gradient conflict. Latent space splitting into isolated subspaces is proposed, which eliminates the conflict and improves COVID-19 detection F2-score by 1.8% under 5% labeled data conditions.

KEYWORDS: semi-supervised learning; fractal dimension; ResNet; latent space splitting; medical images.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ ПАРОЛІВ

Каратасва Катерина¹

¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

E-mail: karataieva2021kb11@student.karazin.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації досліджено моделі машинного навчання для оцінки стійкості паролів. Порівняно їх ефективність за основними метриками. Встановлено, що ансамблеві методи (XGBoost, Random Forest) забезпечують найкращі результати та можуть застосовуватись у системах кібербезпеки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: порівняльний аналіз, машинне навчання, стійкість паролів, компрометація паролів.

I. Вступ

Десятиліттями авторизація за допомогою паролів залишається найпопулярнішим способом підтвердження ідентифікації в різних системах та сервісах. Відповідальність за вибір паролів повністю лежить на користувачах системи. Недостатня обізнаність яким чином встановити правильний сильний пароль ставить під загрозу конфіденційність даних користувача. Статистика за 2025 рік повідомляє, що понад 16 мільярдів паролів було викрадено лише за рік, що встановлює новий антирекорд. Ця статистика інформує, що 37% від всіх паролів були отримані за допомогою атак грубої сили, що прямо вказує на використання користувачами примітивних паролів. Лише 3% скомпрометованих паролів відповідали вимогам створення сильних паролів [1].

Скомпрометованість паролів призводить до різноманітних негативних наслідків як для приватних користувачів так і для організацій. Найбільшою шкодою для приватних осіб є втрата контролю над особистою інформацією, та майже повна неможливість повернення контролю над нею, часткова або повна втрата інформації на носіях, витік вразливої інформації та фінансові втрати. Для організацій негативними наслідками є репутаційні та фінансові втрати, витік конфіденційної інформації та несанкціонований доступ до системи [2].

На заміну звичайних методів заснованих на правилах може стати використання машинного навчання для покращення стійкості паролів. Використання машинного навчання може передбачити та попередити використання паролів з передбачуваною людською поведінкою, попередити використання найпростіших паролів, які «легко запам'ятати», попередити використання відомих раніше скомпрометованих паролів.

Метою даної роботи є аналіз та порівняння моделей машинного навчання для оцінки стійкості паролів з метою визначення найбільш ефективного підходу для виявлення слабких паролів.

II. Огляд моделей машинного навчання для оцінки стійкості паролів

Для оцінки паролів можна використати різні типи моделей, але кожна з них має певні характеристики та особливості. Для заданої задачі широко розповсюджене використання традиційних моделей машинного навчання. Розглянемо деякі з них.

Logistic Regression (LR) – це алгоритм класифікації з контрольованим навчанням, здатний прогнозувати ймовірність цільової змінної на основі залежних змінних. Високо-ефективний метод для швидких бінарних або багатокласових класифікацій. Основна мета моделі – знайти найкращу модель для опису зв'язку між незалежною та залежною змінною. Прогноз розраховується на основі значень ймовірності 0 або 1. Результат також може бути Так або Ні, Істина або Хиба. Логістична функція використовується для моделювання залежної змінної, звідси й назва – логістична регресія [3].

Типовим алгоритмом вирішення задач класифікації, яким надається перевага, є алгоритм Decision Trees, який використовується як для задач класифікації, так і для задач регресії. Це класифікатор на основі дерева, де внутрішній вузол позначає характеристики набору даних, гілки означають правила прийняття рішень, а кінцевий вузол передбачає результати. Ця модель, може відображати правила прийняття рішень на основі характеристик пароля, таких як довжина, вміст символів та ентропія.

Концепція ансамблевого навчання реалізована в алгоритмі Random Forest (RF), який використовується для вирішення складної проблеми шляхом поєднання кількох

класифікаторів. Через його особливість концепції ансамблевого навчання, він може показати гарні результати у класифікації паролів на слабкі, середні та сильні категорії. Він зменшує перенавчання шляхом усереднення результатів з багатьох дерев рішень [3].

Support Vector Machine (SVM) може застосовуватися як для задач класифікації, так і для задач регресії. Однак, в першу чергу, він використовується в задачах класифікації. Кінцева мета SVM – це створення межі прийняття рішень, такої, щоб n -вимірний простір можна було розділити на різні класи, щоб він міг легко прийняти нову точку даних у точному класі в майбутньому. Може використовуватись для знаходження оптимальної гіперплощини для розділення різних класів (наприклад, слабкі та сильні) у багатовимірному просторі.

Принцип XGBoost полягає в механізмі ансамблевого навчання на основі D-дерева, який використовує фреймворк градієнтного підсилення. Він в основному реалізується в задачах прогнозування, що стосуються неструктурованих даних, таких як зображення, текст тощо. Однак алгоритми на основі D-дерева вважаються найкращими у своєму класі, коли вони працюють з малими та середніми наборами даних.

Модель Naïve Bayes ґрунтується на ймовірнісному підході та широко застосовується для розв'язання задач класифікації, зокрема у випадках роботи з даними з великою кількістю ознак. Даний метод належить до класу простих, але ефективних алгоритмів машинного навчання, що забезпечують задовільні результати навіть за умов обмежених обчислювальних ресурсів. Основою моделі є припущення про умовну незалежність ознак, що дозволяє суттєво спростити процес навчання та побудови класифікатора [4].

Нейронні мережі дуже ефективні для аналізу та генерації паролів, забезпечують вищі показники точності порівняно з традиційними методами. Вони працюють, вивчаючи шаблони на рівні символів з великих наборів даних, щоб передбачити або перевірити надійність пароля, навіть якщо він стиснутий для використання на стороні клієнта.

Multilayer Perceptron (MLP) – це класифікатор на основі нейронної мережі. У MLP кілька шарів містять різні одиниці організованим чином, де кожна одиниця складається з універсальних, гнучких, нелінійних моделей [5].

III. Принципи роботи та порівняльний аналіз моделей

Для порівняння ефективності роботи моделей машинного навчання у задачі класифікації сильних та слабких паролів було проведено два дослідження, для яких було обрано такі моделі: LR, DT, RF, Naïve Bayes, XGBoost, SVM, MLP [4, 6].

Для першого дослідження використовуються дані з скомпрометованими паролями з відкритого джерела CSDN [7]. Для другого дані були взяті з ресурсу Kaggle з загальною кількістю 80,000 скомпрометованих паролів [8].

Ефективність роботи кожної з моделей оцінювалась за такими метриками: точність класифікації, повнота, F1-міра, точність позитивних передбачень.

В результаті першого дослідження визначено, що моделі DT та RF найкраще виконали завдання класифікації сильних та слабких паролів, про що свідчать високі показники точності, повноти та F1-міри. Натомість, продуктивність нейронних мереж та SVM була порівняно нижчою, тоді як LR показала відносно гірші результати [6].

За результатами другого дослідження ефективності моделей лідером за всіма показниками став XGBoost. За ним найкращий показник точності позитивних передбачень продемонструвала нейронна мережа MLP, хоча в першому дослідженні результат був не високий. RF також продемонструвала відмінний результат. DT в цьому дослідженні показала значно нижчу точність позитивних передбачень, порівняно з першим дослідженням.

Зведені результати досліджень ефективності роботи моделей за обраними метриками наведено в Табл.1.

Розглянемо діаграму залежності точності позитивних передбачень від повноти для 6 варіантів моделей машинного навчання з двома різними вхідними даними (рис.1).

Результати досліджень ефективності роботи моделей за обраними метриками

Тип алгоритму	Logistic Regression		Decision Trees		Random Forest		Naïve Bayes		XGBoost		SVM		Multilayer Perceptron	
Номер дослідження	Д. №1	Д. №2	Д. №1	Д. №2	Д. №1	Д. №2	Д. №1	Д. №2	Д. №1	Д. №2	Д. №1	Д. №2	Д. №1	Д. №2
Точність позитивних передбачень (Precision)	0.78	0.75	0.99	0.79	0.92	0.92	0.61	0.56	0.94	0.98	0.91	0.75	0.77	0.92
Повнота (Recall)	0.84	0.63	1.00	0.67	1.00	0.65	0.52	0.34	0.99	0.98	0.99	0.63	0.90	0.86
F1-міра (F1-score)	0.51	0.67	0.99	0.71	0.94	0.70	0.44	0.31	0.98	0.98	0.88	0.67	0.80	0.89
Точність класифікації (Accuracy)	0.93	0.82	0.99	0.84	0.99	0.86	0.81	0.75	0.96	0.99	0.98	0.82	0.82	0.93

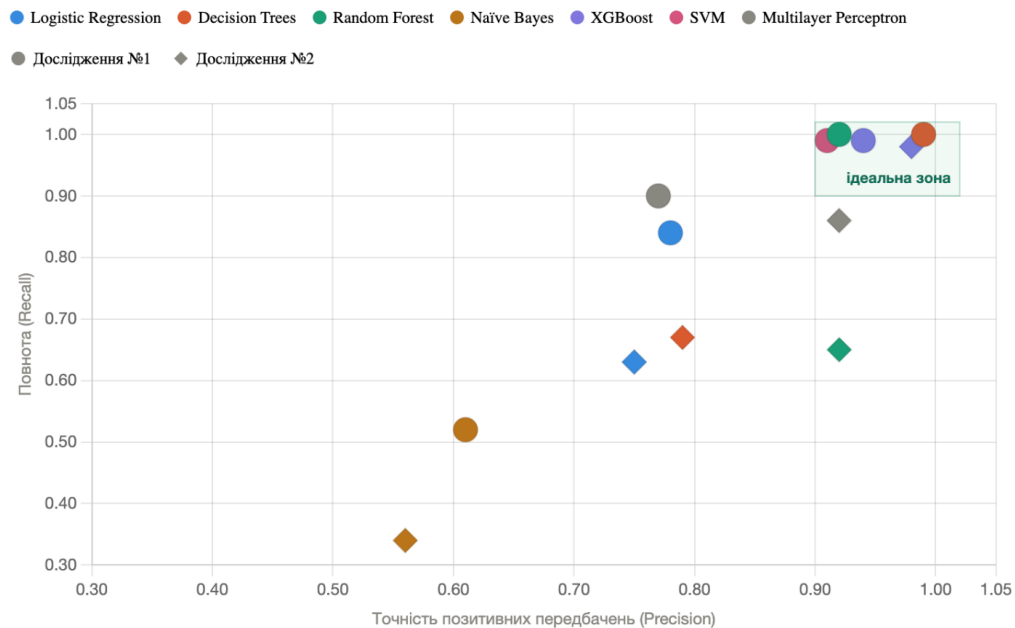


Рис.1. Діаграма точності позитивних передбачень та повноти для різних моделей машинного навчання.

Між показниками точності позитивних передбачень та повноти існує зворотна залежність: підвищення однієї метрики часто супроводжується зниженням іншої. Модель, яка рідко прогнозує позитивний клас, зазвичай демонструє високу точність позитивних передбачень, але низьку повноту. І навпаки, модель, яка схильна відносити до позитивного класу більшість об'єктів, характеризується високою повнотою, але низькою точністю позитивних передбачень.

Також даний графік демонструє ідеальну зону розташовану в правому верхньому куті, де обидві метрики наближаються до значення 1,00. Моделі, що потрапляють у цю зону, одночасно демонструють високу надійність позитивних прогнозів і здатність виявляти майже всі реальні позитивні випадки.

Саме тому спільне представлення цих двох метрик на одній діаграмі дозволяє чітко оцінити характер поведінки кожної моделі та ступінь досягнутого балансу між точністю і повнотою. Отримана діаграма наочно свідчить про суттєву різницю в якості роботи різних алгоритмів та їх варіантів.

Таким чином, результати обох експериментів показують, що ансамблеві методи, зокрема RF та XGBoost, є найбільш ефективними для задачі оцінки стійкості паролів.

IV. Висновки

У результаті проведеного дослідження було здійснено порівняльний аналіз ефективності моделей машинного навчання для оцінки стійкості паролів. Отримані результати підтверджують, що традиційні підходи, засновані на правилах та ентропійних оцінках, мають обмежену ефективність, оскільки не враховують поведінкові особливості користувачів та реальні шаблони створення паролів. Це призводить до некоректної оцінки їх стійкості та підвищує ризик компрометації облікових записів.

Застосування методів машинного навчання дозволяє значно підвищити якість оцінки стійкості паролів за рахунок здатності моделей виявляти складні нелінійні залежності та приховані закономірності у даних. Проведений аналіз показав, що найбільш ефективними є ансамблеві моделі, зокрема XGBoost та Random Forest, які демонструють високі значення метрик точності, повноти, F1-міри та точності позитивних передбачень. Водночас прості моделі, такі як Logistic Regression та Decision Trees, забезпечують швидкість навчання та інтерпретованість, але поступаються за точністю. Нейронні мережі показують високі результати при достатньому обсязі даних, однак потребують значних обчислювальних ресурсів і є менш інтерпретованими.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці більш точних та ефективних моделей, які здатні враховувати поведінкові фактори користувачів, а також у поєднанні методів машинного навчання з сучасними підходами до автентифікації. Особливу увагу доцільно приділити підвищенню інтерпретованості моделей та зменшенню їх обчислювальної складності, що дозволить розширити можливості їх практичного застосування.

V. Список використаних джерел

- [1] D. Mitchell, "Password breach statistics in 2026", Heimdal, 2025. <https://heimdalsecurity.com/blog/password-breach-statistics/>
- [2] D. Hudson, "Verizon Data Breach Investigations Report (Verizon 2025 DBIR): Insights", Enzoic, 2025. <https://www.enzoic.com/blog/verizon-2025-dbir-insights-from-enzoic/>
- [3] A. Jain, "A Comparison Study of Random Forest and Logistic Regression for Password Strength Classification", Int. Journal of Mechanical Engineering Research and Technology, vol. 15, no. 3, Sep. 2023
- [4] S. Sarkar and M. Nandan, "Password Strength Analysis and its Classification by Applying Machine Learning Based Techniques", in Proc. 2nd Int. Conf. Computer Science, Engineering and Applications (ICCSEA), 2022. doi: 10.1109/ICCSEA54677.2022.9936117
- [5] W. Melicher, B. Ur, S. M. Segreti, S. Komanduri, L. Bauer, N. Christin and L. F. Cranor, "Fast, Lean, and Accurate: Modeling Password Guessability Using Neural Networks", in Proc. USENIX Security Symposium, 2016, ISBN: 978-1-931971-32-4
- [6] J. Mo, H. Kuang and X. Li, "Password Strength Detection via Machine Learning: Analysis, Modeling, and Evaluation", 2025. doi: 10.48550/arXiv.2505.16439
- [7] "CSDN Leak Exposes Millions of User Credentials". The Hacker News. URL: <https://vulners.com/thn/THN:78E7011843661373CA9E5CC708FA16D7>
- [8] Bhavik Bansal. "Password Strength Classifier Dataset". Kaggle. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/bhavikbb/password-strength-classifier-dataset>.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING MODELS FOR PASSWORD STRENGTH ASSESSMENT

Karataieva Kateryna

ABSTRACT. The publication examines machine learning models for assessing password strength. Their effectiveness is compared using key metrics. It is established that ensemble methods (XGBoost, Random Forest) provide the best results and can be applied in cybersecurity systems.

KEYWORDS: comparative analysis, machine learning, password strength, password compromise.

ГЕНЕРАТИВНЕ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ: АРХІТЕКТУРА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Керницький Андрій¹, Соколовський Ярослав¹, Керницький Андрій¹

¹Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

E-mail: andrii.kernyskiy.pp.2022@lpnu.ua

АНОТАЦІЯ. У публікації розглянуто метод генеративного стиснення зображень із використанням глибоких нейронних мереж. Запропоновано сімейство моделей LINC (Learned Intelligent Neural Compressor), архітектура яких базується на підході HiFiC. Проведено експериментальний аналіз якості відновлення зображень при різних ступенях стиснення та порівняння з класичними алгоритмами JPEG і WebP. Показано, що моделі LINC забезпечують високу перцептивну якість навіть при екстремально низьких бітрейтах, перевершуючи традиційні стандарти за візуальними характеристиками.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: LINC, GAN, автоенкодер, перцептивна якість, SSIM.

I. Вступ

Експоненціальне зростання обсягів мультимедійного контенту у 2024-2025 роках створює значне навантаження на інфраструктуру зберігання та передачі даних. Класичні стандарти стиснення, такі як JPEG та WebP, мають обмеження при низьких бітрейтах, що проявляється у вигляді артефактів блоковості та втрати текстурних деталей. Глибоке навчання відкриває нові можливості для адаптивного стиснення зображень, де нейромережеві моделі здатні зберігати високий рівень перцептивної якості навіть при значному зменшенні обсягу даних.

Метою дослідження є розробка та аналіз нейромережевої моделі стиснення зображень, яка забезпечує високу якість відновлення при суттєвому зниженні розміру файлу порівняно з JPEG та WebP. Об'єктом дослідження є процеси інтелектуального стиснення та реконструкції растрових зображень у системах з обмеженою пропускнуою здатністю.

II. Огляд сучасних методів стиснення зображень

Стиснення зображень є фундаментальною задачею цифрової обробки сигналів, що має вирішальне значення для зберігання та передачі мультимедійних даних. Протягом останніх десятиліть найбільш поширеним стандартом залишався JPEG, який базується на дискретно-косинусному перетворенні (DCT). DCT дозволяє переводити просторові дані у частотну область, де енергія сигналу концентрується у низькочастотних компонентах. Це дає змогу ефективно квантувати та відкидати високочастотні коефіцієнти, до яких людське око менш чутливе. Однак при агресивному стисненні JPEG з'являються характерні артефакти блоковості, розмиття контурів та втрати дрібних деталей, що суттєво знижує перцептивну якість зображення [1].

У відповідь на обмеження JPEG було розроблено новіші формати, зокрема WebP, який використовує внутрішньокадрове передбачення та ентропійне кодування, запозичені з відеокодека VP8. WebP забезпечує кращу компресію, зменшуючи розмір файлів на 25-34% порівняно з JPEG при збереженні аналогічної якості за метрикою SSIM. Проте навіть WebP при низьких бітрейтах схильний до розмиття текстур і втрати дрібних структурних елементів [2].

Класичні алгоритми стиснення ґрунтуються на фіксованих математичних перетвореннях і не враховують статистичні особливості конкретних доменів даних. Це обмежує їхню здатність до адаптації, особливо для зображень зі складною текстурою або специфічними візуальними ознаками (наприклад, медичні чи супутникові знімки). Крім того, оптимізація класичних кодеків орієнтована переважно на мінімізацію середньоквадратичної помилки (MSE), що не завжди корелюється з людським сприйняттям якості [1].

З появою глибинного навчання сформувався новий підхід - навчене стиснення зображень (LIC). Основу таких систем складають згорткові автоенкодери, які навчаються знаходити компактне латентне представлення зображення, зберігаючи при цьому його ключові візуальні ознаки. Процес стиснення у LIC можна описати як послідовність трьох етапів:

- кодування, яке перетворює вхідне зображення у латентний код;
- квантування, яке дискретизує латентний простір для подальшого кодування;
- декодування здійснює реконструкцію зображення з латентного коду.

На відміну від класичних методів, нейромережеві моделі здатні адаптуватися до статистики даних, що дозволяє досягати кращих результатів за метриками PSNR, SSIM, а також за суб'єктивною візуальною оцінкою [1, 3].

У теорії стиснення важливим є компроміс між ступенем стиснення, спотворенням та сприйняттям. Традиційно оптимізація здійснюється за функцією втрат типу $L = R + \lambda D$, де R - бітрейт, D - спотворення (звичайно MSE). Проте дослідження останніх років показали, що мінімізація лише MSE призводить до “ефекту розмиття”, коли модель відтворює усереднені значення пікселів, втрачаючи дрібні текстури [3]. Для подолання цієї проблеми у сучасних моделях використовують додаткові перцептивні втрати, що базуються на активаціях глибоких шарів попередньо навчених мереж (наприклад, VGG), а також генеративно-змагальні мережі (GAN), які стимулюють відновлення реалістичних текстур [1, 3].

Одним із найуспішніших підходів є архітектура HiFiC (High-Fidelity Generative Image Compression), яка поєднує згортковий автоенкодер із генеративно-змагальним навчанням. Генератор отримує латентний код і відновлює зображення, а дискримінатор (PatchGAN) оцінює його “природність” на рівні локальних патчів. Додатково застосовуються шари ResizeConv2d для уникнення артефактів “шахівниці”, а також механізми уваги для покращення відновлення дрібних деталей. Перцептивна втрата (LPIPS) дозволяє моделі зберігати семантичну цілісність навіть при значних спотвореннях на рівні окремих пікселів [3].

Таким чином, сучасні дослідження у сфері стиснення зображень демонструють переваги нейромережевих підходів над класичними алгоритмами, особливо у задачах, де критично важливо зберегти перцептивну якість при екстремальному стисненні. Архітектури на основі автоенкодерів із генеративно-змагальним навчанням, такі як HiFiC, відкривають нові можливості для створення ефективних кодеків нового покоління [1, 3, 5].

III. Проектування та програмна реалізація нейромережевої моделі

Для об'єктивної оцінки ефективності розроблених моделей стиснення було проведено серію експериментів на підмножині датасету AFHQ (Animal Faces-HQ), що містить високоякісні зображення котів розміром 512×512 пікселів [1]. Вибір цього датасету обумовлений наявністю складних текстур (шерсть, вуса), що є критичним для тестування здатності моделі зберігати дрібні деталі при стисненні.

Оцінювання якості відновлених зображень здійснювалося за трьома основними метриками:

- PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) є класичною метрикою, що відображає співвідношення сигнал/шум та базується на середньоквадратичній помилці (MSE). Вища величина PSNR свідчить про менші спотворення.
- SSIM (Structural Similarity Index) є метрикою, що враховує локальні зміни яскравості, контрасту та структури, і краще корелює з людським сприйняттям якості [2].
- Бітрейт (bpp, bits per pixel) є середньою кількістю біт, необхідною для кодування одного пікселя зображення, що дозволяє порівнювати ефективність різних методів незалежно від розміру файлу.

Для навчання моделей LINC використовувався оптимізатор AdamW із початковим темпом навчання $1e-4$ для генератора та $2e-4$ для дискримінатора. Зображення нормалізувалися до діапазону $[-1, 1]$ для узгодження з активацією Tanh на виході декодера. Для підвищення якості масштабування застосовувався фільтр Ланцоша. Навчання проводилося на 2000 зображеннях, розділених на навчальну та тестову вибірки [1].

Архітектура LINC дозволяє отримати компактне латентне представлення зображення. Для моделі LINC (Base) латентний тензор має розмір $32 \times 32 \times 16$, що при квантуванні до 8 біт на елемент дає теоретичний бітрейт 0.5 bpp (коефіцієнт стиснення $\times 48$). Для LINC (Micro) латентний тензор стискається до $16 \times 16 \times 8$, що відповідає 0.0625 bpp (коефіцієнт стиснення $\times 384$) [3].

Під час тестування на контрольному зображенні кота було отримано такі результати:

- для LINC (Base) розмір файлу 12.7 КБ, фактичний бітрейт 0.397 bpp, коефіцієнт стиснення ≈ 43 ;
- для LINC (Micro) розмір файлу 1.8 КБ, фактичний бітрейт 0.056 bpp, коефіцієнт стиснення ≈ 302 .

Для порівняння, JPEG при аналогічному ступені стиснення забезпечує розмір файлу 3.4 КБ, а WebP - 4.9 КБ, але при цьому демонструє значно гіршу візуальну якість через появу блокових артефактів та розмиття [4].

Візуальний аналіз результатів показав, що моделі LINC здатні зберігати структуру та текстуру об'єктів навіть при екстремально низьких бітрейтах. Зокрема, на зображеннях котів чітко відтворюються шерсть, вуса та контури очей, тоді як JPEG і WebP при такому ж розмірі файлу втрачають ці деталі, перетворюючи їх на однотонні блоки або плями.

Важливою особливістю є те, що об'єктивні метрики (PSNR, SSIM) для LINC можуть бути нижчими, ніж у JPEG/WebP, оскільки генеративна модель відновлює текстури, які не збігаються "піксель у піксель" з оригіналом. Проте суб'єктивна (перцептивна) якість зображень LINC значно вища: відсутні блокові артефакти, зберігається природність та впізнаваність об'єктів [1, 5].

Результати експериментів підтверджують теоретичний компроміс між математичними метриками та візуальною якістю. Моделі LINC, оптимізовані з урахуванням перцептивної та адверсарної втрат, забезпечують високу суб'єктивну якість навіть при зниженні PSNR та SSIM. Це особливо важливо для практичних застосувань, де людське сприйняття є визначальним критерієм якості [3].

IV. Експериментальні результати та аналіз

Для оцінки ефективності моделей LINC проведено серію експериментів на підмножині датасету AFHQ (Animal Faces-HQ), що містить зображення котів розміром 512×512 пікселів [1]. Якість відновлення оцінювали за метриками PSNR, SSIM та бітрейтом (bpp). Для порівняння використовували класичні кодеки JPEG та WebP з аналогічними параметрами стиснення [2].

У Табл. 1. наведено теоретичні та фактичні показники стиснення для моделей LINC:

Таблиця 1

Теоретичні та фактичні показники стиснення для моделей LINC

Модель	Розмір лат. тензора	Теор. бітрейт (bpp)	Теор. стиснення	Фактичний бітрейт (bpp)	Коеф. стиснення	Розмір файлу (КБ)
LINC (Base)	33 x 32 x 16	0.5	x 48	0.397	≈ 43	12.7
LINC (Micro)	16 x 16 x 8	0.0625	x 384	0.056	≈ 302	1.8

Для порівняння, JPEG при аналогічному ступені стиснення забезпечує розмір файлу 3.4 КБ, а WebP - 4.9 КБ, але демонструє гіршу візуальну якість [2].

Порівняльний аналіз результатів після 100 епох навчання на датасеті AFHQ демонструє суттєву перцептивну перевагу сімейства моделей LINC над традиційними кодеками при ідентичних показниках бітрейту. Проте результати експериментів підкреслюють важливу особливість: візуальна якість не завжди корелюється з об'єктивними математичними метриками. Для наочного порівняння якості відновлення наведено фрагменти зображень після стиснення різними методами.



Рис. 1. Порівняння якості зображень однакового розміру (LINC Base, JPEG, WebP)

На зображеннях, стиснених моделлю LINC (Base), чітко зберігаються текстури шерсті та контури, тоді як JPEG і WebP при аналогічному розмірі файлу демонструють блокові артефакти та розмиття.

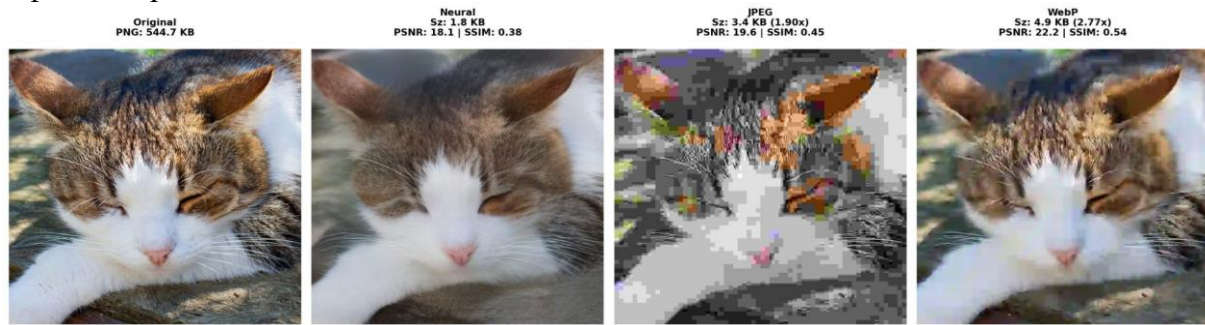


Рис.2. Порівняння якості зображень при екстремальному стисненні (LINC Micro, JPEG, WebP)

LINC (Micro) дозволяє зберегти впізнаваність об'єкта навіть при бітрейті 0.056 bpp, тоді як JPEG/WebP втрачають структуру зображення, перетворюючи його на сукупність кольорових плям.



Рис.3. Візуальне порівняння LINC (Base) з оригінальним зображенням

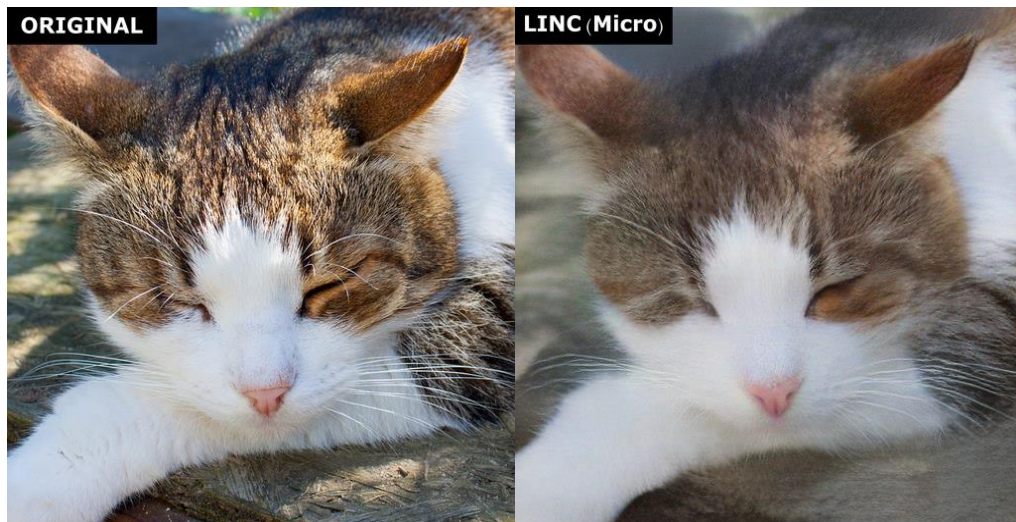


Рис.4. Візуальне порівняння LINC (Micro) з оригінальним зображенням

В обох випадках моделі LINC демонструють відсутність блокових артефактів, збереження дрібних деталей та природність текстур.



Рис.5. Порівняння якості зображень однакового розміру LINC (Base) та JPEG

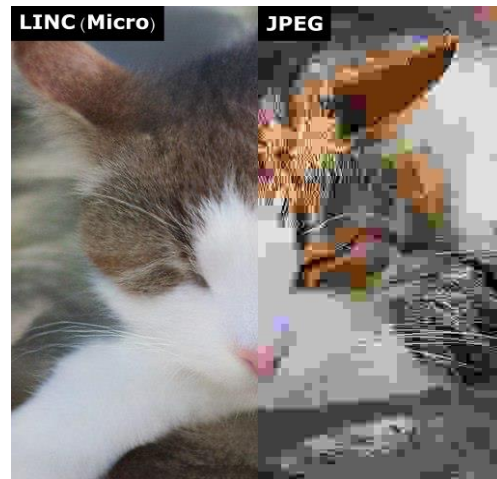


Рис.6. Порівняння якості зображень однакового розміру LINC (Micro) та JPEG

Візуальний аналіз підтверджує, що навіть при нижчих значеннях PSNR та SSIM, моделі LINC забезпечують значно вищу суб'єктивну якість. Це особливо важливо для застосувань, де людське сприйняття є ключовим критерієм. Застосування генеративно-змагального навчання та перцептивних втрат дозволяє уникнути “ефекту розмиття” та відновлювати реалістичні текстури, що недосяжно для класичних кодеків [1, 5].

V. Висновки

У ході проведеного дослідження було розроблено та експериментально апробовано сімейство нейромережових моделей LINC для задачі генеративного стиснення зображень. Аналіз сучасних підходів показав, що класичні алгоритми, такі як JPEG та WebP, мають суттєві обмеження при низьких бітрейтах, зокрема схильність до появи блокових артефактів і втрати високочастотних текстурних деталей [2,5]. Запропоновані моделі LINC, побудовані на основі згорткових автоенкодерів із генеративно-змагальним навчанням, демонструють здатність зберігати високу перцептивну якість навіть при екстремальному ступені стиснення [1].

Експериментальні результати підтвердили, що:

- модель LINC (Base) забезпечує стиснення з коефіцієнтом ≈ 43 (0.397 bpp), а LINC (Micro) - до ≈ 302 (0.056 bpp), що суттєво перевищує можливості JPEG та WebP за аналогічних розмірів файлів [1,5];
- візуальний аналіз показав відсутність блокових артефактів, збереження дрібних текстур і природності зображень, що особливо важливо для задач, де суб'єктивна якість сприйняття є визначальною;
- об'єктивні метрики (PSNR, SSIM) не завжди корелюють із візуальною якістю: моделі LINC можуть мати нижчі значення цих метрик, але забезпечують кращу суб'єктивну якість завдяки генерації реалістичних текстур [1];
- інтеграція перцептивної та адверсарної втрат у функцію навчання дозволяє подолати “ефект розмиття”, характерний для моделей, оптимізованих лише за MSE.

Наукова новизна роботи полягає у підтвердженні ефективності генеративних нейромережових підходів для задач стиснення зображень із пріоритетом на перцептивну якість. Практична значущість результатів полягає у можливості впровадження таких моделей у системи, де критично важливе збереження візуальної впізнаваності об'єктів при мінімальному обсязі даних (медична візуалізація, супутникові знімки, мобільні додатки).

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на оптимізацію швидкодії декодера, покращення передачі кольорів та адаптацію моделей до інших типів зображень і відео.

IV. Список використаних джерел

- [1] KF. Mentzer, G. Toderici, M. Tschanen, and E. Agustsson, “High-Fidelity Generative Image Compression,” in *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020)*, 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2006.09965>.

- [2] T. Chlubna and P. Zemčík, "Comparative survey of image compression methods across different pixel formats and bit depths," *Signal, Image and Video Processing*, vol. 19, p. 981, 2025, doi: 10.1007/s11760-025-04579-6.
- [3] Y. Li, H. Zhang, L. Li, and D. Liu, "Learned Image Compression with Hierarchical Progressive Context Modeling," in *Proc. IEEE/CVF Int. Conf. Comput. Vis. (ICCV)*, 2025. [Online]. Available: <https://github.com/lyq133/LIC-HPCM>.
- [4] Y. Zhang, Z. Duan, Y. Huang, and F. Zhu, "Accelerating Learned Image Compression Through Modeling Neural Training Dynamics," *Trans. Mach. Learn. Res.*, 2025. [Online]. Available: <https://openreview.net/forum?id=>.
- [5] "WebP Compression Study," *Google for Developers*, 2025. [Online]. Available: https://developers.google.com/speed/webp/docs/webp_study
- [6] F. Bellard, "BPG Image format." [Online]. Available: <https://bellard.org/bpg/>
- [7] dimensi0n, "AFHQ 512 Dataset," *Kaggle*. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/dimensi0n/afhq-512?select=cat>.

GENERATIVE IMAGE COMPRESSION BASED ON DEEP NEURAL NETWORKS: ARCHITECTURE AND EXPERIMENTAL ANALYSIS

Kernyskyi Andrii, Sokolovsky Yaroslav, Kernyskyi Andriy

ABSTRACT. The publication considers a method of generative image compression using deep neural networks. A family of LINC (Learned Intelligent Neural Compressor) models is proposed, the architecture of which is based on the HiFiC approach. An experimental analysis of the quality of image restoration at different compression levels and a comparison with the classical JPEG and WebP algorithms are carried out. It is shown that LINC models provide high perceptual quality even at extremely low bitrates, surpassing traditional standards in terms of visual characteristics.

KEYWORDS: LINC, GAN, autoencoder, perceptual quality, SSIM.

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ В АЛГОРИТМАХ ПОТОКОВОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗЕРНА

Степаненко Сергій¹

¹Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України, Глеваха, Україна
E-mail: Stepanenko_s@ukr.net

АНОТАЦІЯ. Обґрунтовано використання нейромереж архітектури YOLO для ідентифікації фракцій зерна в потоці. Розроблено алгоритм відеоконтролю, що дозволяє в реальному часі оцінювати чистоту суміші на решітних станах, забезпечуючи адаптивне управління процесом сепарації та мінімізацію втрат врожаю.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: комп'ютерний зір, нейронні мережі, сепарація зерна, YOLO11, потоковий контроль, автоматизація АПК.

I. Вступ

Ефективність післязбиральної обробки зерна є визначальним фактором забезпечення продовольчої безпеки та економічної стабільності аграрного сектору. Одним із ключових етапів є процес сепарації, під час якого відбувається розділення зернової суміші на фракції за геометричними та фізико-механічними ознаками. Як показано у дослідженнях [1, 2], втрати повноцінного зерна на цьому етапі можуть досягати 15% і більше, що обумовлено як конструктивними особливостями машин, так і недосконалістю систем контролю та керування.

Традиційні методи контролю (механічні, тензометричні, акустичні) мають обмежену інформативність і не забезпечують безперервного моніторингу параметрів зернового потоку. Водночас сучасні процеси сепарації характеризуються високою динамічністю, стохастичністю руху частинок та значним впливом факторів, таких як вологість, засміченість і товщина шару матеріалу.

Розвиток технологій комп'ютерного зору та глибокого навчання відкриває нові можливості для створення інтелектуальних систем потокового контролю, здатних здійснювати безконтактний аналіз зернової маси в режимі реального часу. Особливий інтерес становлять

нейромережі класу YOLO, які поєднують високу швидкодію та точність детекції об'єктів у складних умовах.

II. Основна частина

Решітна сепарація є складним багатфакторним процесом, ефективність якого визначається взаємодією кінематичних параметрів робочих органів, фізико-механічних властивостей зерна та структури зернового потоку. Рух частинок на решітних поверхнях має комбінований характер і включає фази ковзання, перекочування та підкидання, що формує псевдопотоківий режим.

Важливим фактором є неоднорідність зернової суміші та наявність домішок різної форми й густини, що призводить до формування багатшарової структури потоку. При цьому спостерігається значна варіабельність швидкостей частинок і їх траєкторій, що ускладнює побудову точних аналітичних моделей.

Крім того, підвищена вологість та засміченість зерна змінюють коефіцієнти тертя і адгезії, що призводить до зниження ефективності розшарування та збільшення втрат.

Авторами [5, 7] запропоновано інтелектуальну систему, що базується на архітектурі нейронних мереж YOLO. На відміну від класичних методів обробки зображень, глибоке навчання дозволяє розпізнавати об'єкти в умовах високої щільності потоку та запиленості робочої зони.

Алгоритм потокового контролю передбачає сегментацію зображення зернової суміші на решітному стані та ідентифікацію основних компонентів: повноцінного зерна, зернової домішки та смітної фракції. Використання Edge AI платформ дозволяє реалізувати обробку відеопотоку з частотою понад 30 FPS, що є достатнім для динамічної корекції кінематичних параметрів сепаратора. Математичне моделювання процесу [3, 4] підтверджує, що стабілізація товщини шару та швидкості подачі на основі даних нейромережевого аналізу дозволяє підвищити якість очищення на 8–12% порівняно зі статичними режимами роботи. Сучасні підходи до класифікації дефектів зерна [5, 6] за допомогою спектральних ознак та нейромереж [7, 8] забезпечують виявлення пошкоджених зернівок, що критично важливо для підготовки насіннєвого фонду [9].

На основі результатів нейромережевого аналізу реалізується адаптивне керування параметрами сепаратора: швидкістю подачі зерна; частотою коливань решіт; швидкістю повітряного потоку; товщиною шару матеріалу.

Математичне моделювання показує, що стабілізація цих параметрів дозволяє: підвищити якість очищення на 8-12%; зменшити втрати повноцінного зерна; знизити енерговитрати процесу.

III. Висновки

Застосування нейронних мереж в алгоритмах потокового контролю забезпечує перехід від регламентного до адаптивного управління процесами сепарації. Це дозволяє не лише мінімізувати втрати врожаю, а й знизити енергоємність процесу за рахунок оптимізації режимів роботи обладнання.

Обґрунтовано доцільність використання нейромережевих моделей типу YOLO для задач потокового контролю якості зерна, що дозволяє здійснювати детекцію та класифікацію об'єктів у реальному часі. Запропонований алгоритм відео контролю забезпечує перехід від дискретного до безперервного моніторингу процесу сепарації з урахуванням фізико-механічних параметрів зерна. Інтеграція нейромережевого аналізу з математичними моделями процесу дозволяє реалізувати адаптивне керування режимами роботи сепаратора, що забезпечує підвищення ефективності очищення та зниження втрат.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою мультимодальних систем, що поєднують оптичні, акустичні та вібраційні дані для підвищення точності та надійності контролю.

IV. Список використаних джерел

- [1] Vasylykivskyi, A., et al. (2024). Optimization of grain separation processes in vibrating screens. *Journal of Agricultural Engineering*, 55(2), 112-125.
- [2] Smith, A., & Jones, B. (2025). Smart farming: AI applications in post-harvest technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 218, 108-115.
- [3] Stepanenko, S., Kuzmych, A., Borys, A., Dnes, V., Kharchenko, S., Rogovskii, I., Golub, G., Berezovyi, M., & Lutsiuk, A. (2025). Substantiating the YOLO11 architecture for determining the fractional composition

- of winter wheat grain mixtures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(2 (136), 81–92. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338124>
- [4] Wei, X., et al. (2023). Real-time grain impurity detection using improved YOLOv8. *Biosystems Engineering*, 229, 45–58.
- [5] Stepanenko S., Shvydia V., Dnes V., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Kalinichenko R. (2025). Smartphone-based machine vision for grain quality assessment. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, Vol. 12(2), pp. E14–E21. [http://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(2\).e2](http://doi.org/10.21272/jes.2025.12(2).e2)
- [6] Zhao, L., & Sun, Y. (2025). Deep learning for seed quality classification: A review. *IEEE Access*, 13, 14500–14515.
- [7] Stepanenko S., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Dnes V., Volyk D., & Kalinichenko R. (2025). A machine vision approach for grain quality control during separation. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 12(1), P. E9–E17. [https://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2)
- [8] Liu, Y., et al. (2024). Edge computing in agriculture: Challenges and opportunities. *Internet of Things*, 25, 101–118.
- [9] Zhang, H. (2025). Neural network-based adaptive control for cleaning shoes in combines. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 205, 110–125.

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN ALGORITHMS FOR REAL-TIME GRAIN QUALITY MONITORING

Stepanenko Serhii

ABSTRACT. The use of YOLO-based neural network architectures for the identification of grain fractions in a flow is substantiated. A video monitoring algorithm has been developed that enables real-time evaluation of mixture purity on sieve separators, ensuring adaptive control of the separation process and minimization of crop losses.

KEYWORDS: computer vision, neural networks, grain separation, YOLO11, real-time monitoring, agricultural automation.

ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В ІНФРАСТРУКТУРІ

Хилько Іван¹, Курилов Артем¹

¹Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв, Україна
E-mail: hilko@mnaeu.edu.ua

АНОТАЦІЯ. Розглянуто роль цифрових двійників у досягненні Цілей сталого розвитку. Проаналізовано архітектуру інтеграції IoT-датчиків та моделі міської електромережі. Досліджено використання RNN для прогнозу навантаження та роль хмарних обчислень у забезпеченні енергоефективності «розумного міста».

КЛЮЧОВІ СЛОВА: цифровий двійник, Інтернет речей (IoT), розумне місто, машинне навчання.

I. Вступ

В умовах глобальних кліматичних змін та вичерпання природних ресурсів перехід до сталого розвитку став найпріоритетнішим завданням для провідних економік світу. Одним із важливих засобів досягнення енергоефективності є впровадження новітніх інформаційних технологій, спрямованих на досягнення Цілей сталого розвитку (ЦСР). Це дозволяє не тільки контролювати поточний стан інфраструктури, а й активно впливати на її майбутню продуктивність. У цьому контексті технологія цифрових двійників позиціонується як найдосконаліший метод інтеграції фізичного та цифрового світів [1].

Мета дослідження полягає в аналізі архітектурних рішень технології цифрових двійників та оцінці їхньої ефективності як інструменту оптимізації енерговитрат у межах концепції «розумного міста», а також у визначенні ролі машинного навчання у підвищенні точності прогнозних моделей споживання.

II. Основна частина

Сучасна енергетична інфраструктура стикається з проблемою високих втрат ресурсів через застарілі методи моніторингу та реактивний характер обслуговування. Необхідно розробити підходи до створення динамічних систем, які здатні синхронізувати фізичні об'єкти з їхніми

цифровими копіями для проактивного управління енергоспоживанням. Проблема полягає в інтеграції різнорідних даних IoT-пристроїв у єдину аналітичну модель.

Цифровий двійник – це не просто статична 3D-модель, а динамічне віртуальне представлення об'єкта, яке постійно оновлюється за допомогою потоків даних від датчиків та сенсорів. Для систем сталого розвитку це означає можливість створення точних копій енергетичних мереж, будівель або цілих промислових комплексів, де всі процеси стають об'єктами цифрового аналізу та оптимізації [2].

Побудова ефективного цифрового двійника вимагає реалізації багаторівневої IT-архітектури. Перший рівень – фізичний, що базується на розгалуженій мережі пристроїв Інтернету речей (IoT). У контексті енергетики це інтелектуальні лічильники, датчики гармонік напруги, температурні сенсори трансформаторів та контролери сонячних панелей. Основним завданням цього рівня є збір первинної інформації з високою дискретністю [3]. Другий рівень – комунікаційний. Тут критично важливим є використання протоколів, що забезпечують низьку затримку та високу надійність передачі. Для територіально розподілених систем сталого розвитку часто обирають технології LoRaWAN або 5G, які дозволяють передавати дані від тисяч пристроїв на центральні сервери з мінімальними енерговитратами самих датчиків, що також відповідає екологічним вимогам.

Третій рівень – аналітичний (хмарний). Саме тут розгортається віртуальна модель, яка обробляє великі дані. Використання хмарних обчислень дозволяє масштабувати потужність системи залежно від складності завдання. На цьому етапі цифрова копія синхронізується з фізичним об'єктом, створюючи "петлю зворотного зв'язку", де результати симуляції у віртуальному середовищі перетворюються на команди керування для реального обладнання [4].

Найбільша цінність цифрових двійників у сфері сталого розвитку полягає у прогностичному аналізі. Традиційні методи управління часто базуються на реактивному підході, коли проблеми виправляють лише після їх виникнення. Натомість використання інформаційних технологій дає змогу прогнозувати аварії та пікові навантаження.

Доведено, що для прогнозування енергоспоживання найефективнішими є алгоритми машинного навчання. Зокрема, нейронні мережі, що використовують архітектуру Long Short-Term Memory, здатні аналізувати часові ряди даних, враховуючи сезонні коливання та погодні умови, соціальні фактори та графіки людської активності, історичні масиви даних для досягнення достатньої точності прогнозу. Цифровий двійник, навчений на величезних масивах історичних даних, може прогнозувати навантаження на електромережу на наступний день з точністю 95%. Це дозволяє оптимізувати роботу генеруючих потужностей та уникнути надмірного споживання палива [5].

Іншим аспектом є інтеграція з технологією BIM (Building Information Modeling). У той час як BIM-модель надає інформацію про конструктивні особливості будівлі, цифровий двійник доповнює її даними про роботу систем життєзабезпечення. Такий підхід дозволяє будувати будівлі з «позитивним енергетичним балансом», які виробляють більше енергії, ніж споживають [6].

У міру ускладнення IT-систем питання кібербезпеки набувають надзвичайно важливого значення. Цифровий двійник є вразливим місцем, і порушення безпеки віртуальної копії може призвести до несанкціонованого контролю над реальною енергосистемою. Тому в архітектуру сучасних рішень вбудовано принципи «нульової довіри» та наскрізного шифрування. Використання технології блокчейн для реєстрації змін у цифровому двійнику дозволяє гарантувати цілісність даних та простежуваність кожного управлінського рішення.

Ще одним викликом є взаємодія, тобто здатність різних систем працювати разом. Для сталого розвитку міст важливо, щоб цифровий двійник системи водопостачання міг обмінюватися даними з цифровим двійником електромережі. Це вимагає розробки та впровадження відкритих стандартів обміну даними, таких як Digital Twins Definition Language (DTDL), що дозволяє описувати фізичні об'єкти у уніфікований спосіб.

Впровадження цифрових двійників безпосередньо впливає на показники сталого розвитку. Згідно з дослідженнями, оптимізація промислових процесів за допомогою віртуальних копій дозволяє скоротити викиди вуглецю на 15-20 % вже протягом перших кількох років після запуску

[7]. Крім того, зменшення кількості виїздів ремонтних бригад на місце завдяки профілактичному технічному обслуговуванню також сприяє зниженню навантаження на персонал.

Окремим стратегічним напрямом розвитку цифрових двійників є концепція «Edge Computing», яка доповнює хмарні технології. У великих енергосистемах передача всього масиву сирих даних до хмари може створювати критичні затримки та перевантажувати канали зв'язку. Впровадження периферійних вузлів дозволяє здійснювати первинну фільтрацію та обробку даних безпосередньо поблизу джерела їх виникнення – на трансформаторних підстанціях або в інженерних вузлах будівель. Це забезпечує можливість автономного прийняття рішень у реальному часі (наприклад, миттєве відключення аварійної ділянки), що значно підвищує живучість енергосистеми міста.

Важливу роль у забезпеченні точності віртуальних моделей відіграє використання «синтетичних даних» для навчання нейромереж. У випадках, коли історичних даних про критичні відмови або аномальні режими роботи недостатньо, цифровий двійник може самостійно генерувати сценарії можливих аварій у віртуальному середовищі. Це дозволяє навчити алгоритми машинного навчання розпізнавати ознаки наближення катастрофічних збоїв ще до того, як вони проявляться у фізичному світі.

Крім того, масштабування технології від рівня окремої будівлі до рівня «цифрового двійника міста» відкриває можливості для глобальної оптимізації транспортних потоків у поєднанні з роботою вуличного освітлення та зарядних станцій для електромобілів. Такий інтегрований підхід дозволяє створювати так звані «енергетичні кластери», де надлишкова енергія від сонячних панелей одного будинку може автоматично перенаправлятися на потреби сусіднього об'єкта через віртуальну модель керування, мінімізуючи навантаження на центральну мережу та знижуючи загальний вуглецевий слід інфраструктури. Це перетворює цифрові двійники з інструменту моніторингу на активний драйвер децентралізації енергетики. З економічної точки зору, початкові значні інвестиції в IT-інфраструктуру окупаються за рахунок скорочення витрат на енергію та подовження життєвого циклу обладнання. Таким чином, інформаційні технології є не просто допоміжним інструментом, а фундаментом нової «зеленої» економіки.

III. Висновки

Технологія цифрових двійників є критичним інструментом реалізації Цілей сталого розвитку в міській інфраструктурі, однією з найбільш перспективних галузей розвитку в сфері інформатики в контексті глобальної проблеми енергоефективності. Поєднуючи мережі датчиків IoT, потужні хмарні обчислення та передові алгоритми машинного навчання, можна створити прозорі та керовані системи споживання ресурсів.

Для успішного впровадження таких систем необхідно зосередитися на розробці уніфікованих протоколів взаємодії та підвищенні стійкості IT-інфраструктури до кіберзагроз. Підготовка кваліфікованих фахівців, здатних проектувати та експлуатувати складні цифрові екосистеми, має вирішальне значення для реалізації стратегій сталого розвитку на національному рівні.

IV. Список використаних джерел

- [1] В. Савчин, «Цифрові двійники як управлінська технологія у збереженні довкілля», Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування», № 2 (8), с. 110–117, 2025, doi: 10.32782/2786-5681-2025-2.13.
- [2] Ю. А. Перегуда, «Цифрові двійники як інструмент підвищення економічної ефективності управління міською інфраструктурою», Управління змінами та інновації, № 15, с. 48–55, 2025, doi: 10.32782/СМІ/2025-15-7.
- [3] Т. А. Гончаренко, «Сучасні інформаційні технології для моделювання міського середовища та розробки цифрових двійників міських об'єктів», Управління розвитком складних систем, № 51, с. 87–93, 2022, doi: 10.32347/2412-9933.2022.51.87-93.
- [4] Ю. В. Максим'юк, К. В. Дмитрієв та М. М. Черненко, «Використання цифрових двійників для підвищення ефективності управління виробничими процесами в українській промисловості»,

- Вісник Херсонського національного технічного університету, т. 2, № 4 (95), 2025, doi: 10.35546/kntu2078-4481.2025.4.2.13.
- [5] О. Левицький та В. Дешко, «Сучасні методи прогнозування енергоспоживання будівель», Енергетика: економіка, технології, екологія, № 4, с. 62–71, 2025, doi: 10.20535/1813-5420.4.2025.341329.
- [6] Т. Передерій, «Цифрові інструменти для зеленої енергетики як драйвери сталого розвитку регіонів», Економіка та суспільство, № 80, 2025, doi: 10.32782/2524-0072/2025-80-160.
- [7] С. Піменов, «Енергоефективність та цифровізація: виклики та можливості для будівельної галузі України», Теоретичні та прикладні питання економіки, № 2 (49), с. 150–166, 2024, doi: 10.17721/tppe.2024.49.14.

DIGITAL TWINS AS A TOOL FOR OPTIMIZING ENERGY CONSUMPTION IN INFRASTRUCTURE

Khylko Ivan, Kurylov Artem

ABSTRACT. This paper examines the role of digital twins in achieving the Sustainable Development Goals. It analyzes the architecture for integrating IoT sensors and urban power grid models. It also investigates the use of RNNs for load forecasting and the role of cloud computing in ensuring the energy efficiency of a “smart city.”

KEYWORDS: digital twin, Internet of Things (IoT), smart city, machine learning.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСФОРМАЦІЇ ДОВКІЛЛЯ ШАХТАРСЬКИХ МІСТ

Хорольський Андрій¹, Мамайкін Олександр², Посукан Євген², Бузоверя Олександр²

¹Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна

²Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

E-mail: andreykh918@gmail.com

АНОТАЦІЯ. В роботі наведено результати розробки алгоритму прогнозування показників трансформації довкілля на постмайнінгових територіях. Для вирішення поставленої задачі визначено показники трансформації, описано структуру нейронної мережі, а також здійснено верифікацію запропонованого підходу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: алгоритм, нейронна мережа, відкриті дані, територія, довкілля.

I. Вступ

Трансформація економіки країни передбачає перехід від сировинного видобутку до Індустрії 5.0. Проте, на цьому шляху є ряд невирішених проблем, серед яких і прогнозування розвитку довкілля територій, на яких вівся видобуток корисних копалин. Це пояснюється тим, що постмайнінгові території характеризуються наявністю площ гірничовидобувних відходів, забрудненням стічних вод, наявністю солей, важких металів у ґрунті та воді, низьким вегетаційним індексом NDVI [1]. Застосування нейронних мереж, а також відкритих даних про вказані вище показники дозволяють прогнозувати стан розвитку довкілля на постмайнінгових територіях.

II. Основна частина

У якості об'єкту дослідження ми обрали шахтарське місто Шахтарське (раніше – Першотравенськ) в Дніпропетровській області. На території міста діють дві шахти – «Степова» та «Ювілейна». Задача полягала в прогнозуванні показників розвитку довкілля. У відповідності до задачі на першому етапі було обрано шість базових показників: рН, вологість ґрунту, концентрація важких металів, температура, вологість повітря, NDVI, а також запропоновано структуру нейронної мережі (Рис. 1).

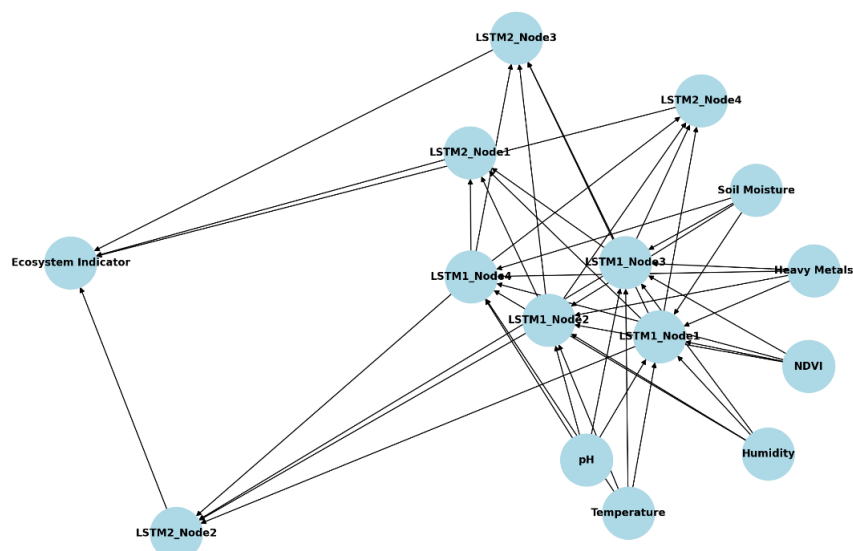


Рис. 1. Структура нейронної мережі

Як видно із Рис. 1 нейронна мережа складається із сукупності вхідних параметрів, містить два приховані шари та вихідний шар – в якому здійснюється оцінка стану навколишнього середовища. В середині двох прихованих шарів відбувається навчання моделі та активація зв'язків. Показник трансформації довкілля можна оцінити за шкалою від 0 до 10. В Табл. 1 наведено інформацію про показники середовища.

Таблиця 1

Шкала комплексного показника оцінки довкілля

Числове значення	Характеристика
0.00-0.99	Критичний показник розвитку території, проживання на цій території не є можливим. Вказані значення можуть виникнути при граничному перевищенні одного з критеріїв над нормативними значеннями.
1.00-4.00	Несприятливі умови для проживання на території. Вказані значення можливі при граничних значеннях одного з вхідних параметрів (рН води, вологість ґрунту, концентрація важких металів, температура повітря, вологість повітря, індекс рослинності (NDVI)).
4.01-7.00	Умовно сприятливі показники навколишнього середовища. В межах цих значень слід постійно здійснювати моніторинг зміни стану навколишнього середовища. Це модельні значення.
7.01-10.00	Екологічно безпечна територія. Всі показники в нормі, територія має високий індекс рослинності.

Моделювання здійснюється за наступним алгоритмом [2]. У відповідності до алгоритму на першому етапі відбувається збір даних із відкритих джерел. Для нашого випадку це дані супутникової зйомки місії Sintenel-2 (Terrascope) [3]. З цих даних можна отримати інформацію про індекс рослинності, стан води, температуру та вологість повітря, тощо. На Рис. 2-3 показано дані супутникової зйомки міста Першотравенськ у літній (Рис. 2) та зимовий (Рис. 3) періоди.



Рис. 2. Дані супутникової зйомки міста Шахтарське (Першотравенськ) у літній період



Рис. 3. Дані супутникової зйомки міста Шахтарське (Першотравенськ) у зимовий період

Як видно із Рис. 2-3 територія міста Шахтарське має недостатню кількість зелених насаджень, також є значні площі на яких повністю відсутня рослинність (Рис. 4). Проект Terrascope містить набір даних за 2003-2026 рр., що значно спрощує процес моделювання.

Аналогічним чином збирались дані і про стан води, викиди в атмосферне повітря, тощо. На основі зібраних даних можна сформувати масив інформації, яку слід обробити.

На другому етапі дослідження було здійснено попередню обробку даних, нормалізацію, а також розподіл даних на навчальну та тестову вибірки.

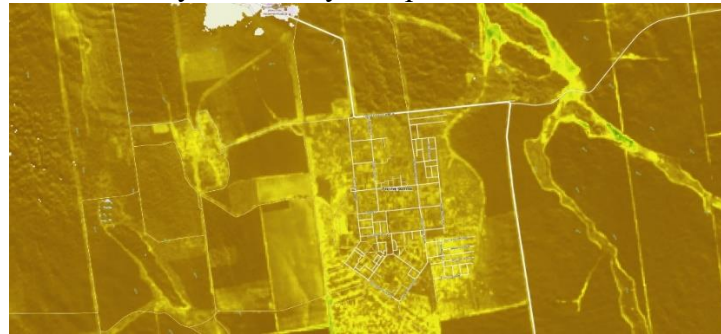


Рис. 4. Дані супутникової зйомки про стан насаджень (FCOVER індекс) міста Шахтарське (Першотравенськ)

На третьому етапі ми створили та налаштували нейронну мережу, яка показана на Рис. 1. У нас рекурентна нейронна мережа з RNN з LSTM шарами (довгокороткочасна пам'ять). Ця ієрархія дозволяє прогнозувати показники в часі. Одному проміжку відповідає період 30 днів. Для налаштування мережі застосовано бібліотеки numpy, thinker, joblib. В середовищі програмування Python здійснено програмну реалізацію.

Під час фінального етапу відбувається прогнозування даних та їх порівняння з «натренованими значеннями». Під час прогнозування визначається MAE (Mean Absolute Error) – це середня абсолютна похибка, метрика, яка використовується для оцінки точності моделей прогнозування. Також визначаємо величину похибки MSE (Mean Squared Error), яка допомагає оцінити, наскільки добре модель передбачає вихідні значення. Ця метрика обчислює квадратичні відхилення (Рис. 5).

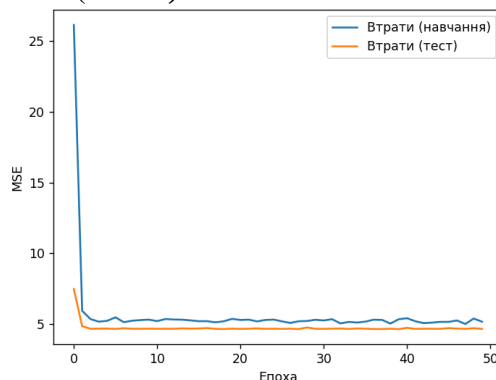


Рис. 5. Графік навчання моделі

Розрахункова процедура передбачає, що наша нейронна мережа приймає кілька екологічних параметрів як вхідний шар. Далі формується вектор даних X , який містить інформацію про всі параметри. Після цього здійснюється обробка. Вектор вхідних даних подається на вхідний шар нейронної мережі, де кожен параметр впливає на вихідний результат. Далі здійснюємо лінійні перетворення на кожному шарі, за формулою (1)

$$z = W \cdot X + b \quad (1),$$

де W – матриця ваг, X – вхідний вектор, b – вектор зсуву, z – вихідний вектор, який подається на наступний шар.

Після лінійного перетворення застосовується функція активації (в нашому випадку ReLU) $a = f(z)$.

Після проходження через усі приховані шари, вихідні дані потрапляють до вихідного шару, який має один нейрон, який генерує прогнозовані показники екосистеми EP .

Прогнозний показник визначимо за формулою (2)

$$EP = f(W \cdot a + b) \quad (2),$$

де a – вихід з останнього прогнозного шару.

Навчальна вибірка зберігається в окремому pkl файлі. За допомогою програмного інтерфейсу здійснюється попереднє завдання наявних показників навколишнього середовища (Рис. 6). За результатами розрахунків виводиться прогнозне значення індексу розвитку навколишнього середовища (у відповідності до Табл. 1).

Рис. 6. Програмна реалізація

На завершальному етапі дослідження нами було визначено показник розвитку навколишнього середовища міста Шахтарське. Показник склав 6.26, що відповідає умовно прийнятному значенню розвитку довкілля. Це свідчить про те, що територія міста має тенденцію до погіршення рівня життя і для забезпечення комфортних умов слід постійно здійснювати моніторинг довкілля, а також збільшувати площі насаджень. Результати лабораторних досліджень [2, 4] підтвердили достовірність запропоновано підходу.

III. Висновки

В процесі дослідження було розроблено алгоритм прогнозування показників розвитку довкілля на постмайнінгових територіях. За результатами розрахунку було визначено, що показник навколишнього середовища для міста Шахтарське становить 6.26, що відповідає умовно прийнятному. За результатами постійного моніторингу та лабораторних досліджень ця гіпотеза підтвердилась. Таким чином запропонований алгоритм і структура нейронної мережі дозволяють прогнозувати показники розвитку довкілля.

IV. Список використаних джерел

- [1] I. Kochmar and V. Karabyn, “Statistical Analysis of Soil Contamination in Vicinity of Coal-Processing Plant: Implications for Ecosystem Stability,” *Geomatics and Environmental Engineering*, vol. 19, no. 6, pp. 97–125, Nov. 2025, doi: <https://doi.org/10.7494/geom.2025.19.6.97>.
- [2] Vasyl Karabyn, Iryna Kochmar, Oksana Karabyn, C. Sutherland, Valentyna Loboichenko, and Andrii Khorolskyi, “Integrated Mathematical and Physical Modelling of Salt Ions Leaching from Coal-Mining Waste: Implications for Ecological Safety and Civil Protection,” *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, vol. 41, no. 3, p. in Press-in Press, 2026, doi: <https://doi.org/10.17794/rgn.2026.3.2>.
- [3] “Terrascope”. Terrascope. URL: <https://terrascope.be/nl>.

- [4] A. O. Khorolskyi, M. Zelenakova, O. P. Krukovskyi, O. R. Mamaikin, and S. V. Delehan, “Strategic selection of coal mining enterprises’ industrial stock finalization based on the analytic hierarchy process (AHP method),” *Мінеральні ресурси України*, no. 4, pp. 59–64, Dec. 2025, doi: <https://doi.org/10.31996/mru.2025.4.59-64>.

MODELING ENVIRONMENTAL TRANSFORMATION IN MINING TOWNS USING NEURAL NETWORKS

Khorolskyi Andrii, Mamaikin Oleksandr, Posukan Yevhen, Buzoveria Oleksandr

ABSTRACT. The paper presents the results of developing an algorithm for predicting environmental transformation indicators in post-mining territories. To solve the stated problem, transformation indicators are defined, the neural network structure is described, and the verification of the proposed approach is performed.

KEYWORDS: algorithm, neural network, open data, territory, environment.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Олег Спірін, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
Володимир Камишин, ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», Україна
Вячеслав Осадчий, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Україна
Анна Яцишин, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна (координатор конференції)
Ольга Пінчук, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
Тетяна Вакалюк, Державний університет «Житомирська політехніка», Україна
Ганна Музиченко, Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського», Україна
Андрій Морозов, Державний університет «Житомирська політехніка», Україна
Катерина Осадча, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
Марія Шишкіна, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
Андрій Яцишин, Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України, Україна
Тарас Гряділь, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна
Олександр Бобарчук, Державний університет "Київський авіаційний інститут", Україна
Mykhailo Medvediev, ADA University, Азербайджан

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Анна Яцишин, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
Вячеслав Осадчий, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Україна
Тетяна Вакалюк, Державний університет «Житомирська політехніка», Україна
Ольга Пінчук, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
Вікторія Матусевич, ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», Україна
Каріна Бортун, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
Алла Почтарьова, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
Яна Гасвець, Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського», Україна

РЕЗОЛЮЦІЯ

III Міжнародної наукової конференції «Штучний інтелект у науці та освіті»
(AISE 2026), яка відбулася 7 квітня 2026 року

1. Загальні положення

Місією конференції було висвітлення особливостей та напрямів застосування проривних технологій штучного інтелекту у наукових дослідженнях, економіці та освітніх практиках.

Організатори конференції: Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського», Державний університет «Житомирська політехніка», ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», ADA University (Azerbaijan), Національний університет «Київський авіаційний інститут», ВГО «Інноваційний університет», ВГО «Інститут відкритої науки та інновацій», PowerTech Energy Ltd (United Kingdom), Ekomeistrai (Lithuania), Ukrainian Reproducibility Network

Учасники конференції відзначають, що стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту (ШІ) формує нову парадигму наукової діяльності, освітніх практик та управління знаннями.

Нарпазі ШІ стає системоутворювальним чинником трансформації освіти і науки, що потребує: переосмислення змісту освіти; модернізації освітніх стандартів; формування нових цифрових і дослідницьких компетентностей; забезпечення етичного та відповідального використання ШІ.

2. Основні висновки конференції

За результатами наукових дискусій учасники конференції констатують:

1. ШІ є ключовою технологією цифрової трансформації науки, освіти та економіки.
2. Використання ШІ суттєво розширює можливості: опрацювання великих масивів даних; персоналізації навчання; автоматизації освітніх і наукових процесів; розвитку інклюзивної освіти.
3. Водночас зростають ризики, пов'язані з: зниженням академічної доброчесності; алгоритмічними упередженнями; недостатнім рівнем ШІ-компетентності учасників освітнього процесу.

3. Стратегічний пріоритет: формування ШІ-компетентності

Учасники конференції підкреслюють, що формування ШІ-компетентності є стратегічним завданням системи освіти України.

3.1. Для вчителів та педагогічних працівників

Рекомендується забезпечити: формування базового та професійного рівня ШІ-компетентності; розвиток здатності (критично оцінювати результати роботи генеративного ШІ; інтегрувати ШІ в методику навчання; забезпечувати академічну доброчесність у процесі навчання); опанування інструментів ШІ для: дидактичного дизайну; оцінювання навчальних результатів; персоналізації освітнього процесу.

3.2. Для викладачів закладів вищої освіти

Необхідно: інтегрувати ШІ в освітні програми підготовки та підвищення кваліфікації; забезпечити розвиток ШІ-компетентності: використання ШІ в освітньому процесі; методичного проєктування курсів із використанням ШІ; оцінювання результатів навчання в умовах застосування ШІ.

3.3. Для аспірантів і докторантів

Вважати пріоритетним: формування дослідницької ШІ-компетентності (використання ШІ для аналізу даних і моделювання; критичну верифікацію результатів, отриманих із використанням ШІ; дотримання принципів наукової етики при використанні генеративних моделей); розвиток відповідального використання ШІ у підготовці дисертаційних досліджень.

3.4. Для наукових працівників

Передбачити: інтеграцію ІІІ в міждисциплінарні наукові дослідження; розвиток методології використання ІІІ (в опрацюванні великих даних; у науковій аналітиці; у прогнозуванні та моделюванні); запровадження принципів: прозорості використання ІІІ; відтворюваності результатів досліджень; відповідального оприлюднення результатів із використанням ІІІ.

4. Напрями використання ІІІ в освіті

Рекомендувати розвиток таких напрямів:

1. Індивідуалізація навчання.
2. Гейміфікація освітнього процесу.
3. Автоматизація оцінювання навчальних досягнень.
4. Розвиток освітньої комунікації та наставництва.
5. Інформаційно-методична підтримка педагогів і викладачів.
6. Забезпечення інклюзивної освіти та підтримки осіб з особливими освітніми потребами.

5. Етичні та регуляторні засади використання ІІІ

Учасники конференції наголошують на необхідності: розроблення національних етичних принципів використання ІІІ в освіті та науці; унормування використання генеративного ІІІ в: освітньому процесі; наукових публікаціях; кваліфікаційних роботах; запровадження вимоги обов'язкового декларування використання ІІІ у наукових дослідженнях.

6. Інституційний розвиток

Рекомендувати: розвиток міжінституційних дослідницьких мереж; підтримку грантових програм з дослідження ІІІ в освіті; оновлення освітніх стандартів із включенням ІІІ-компетентностей.

7. Заходи реалізації

З метою впровадження результатів конференції рекомендувати:

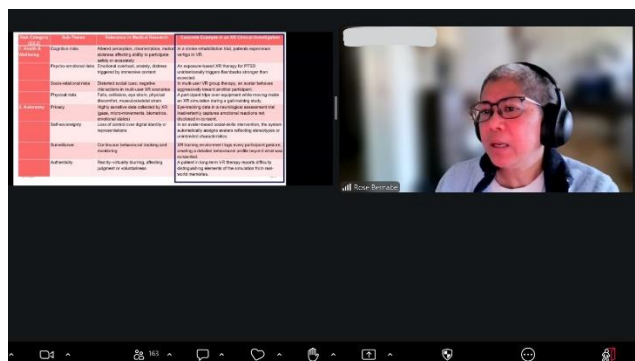
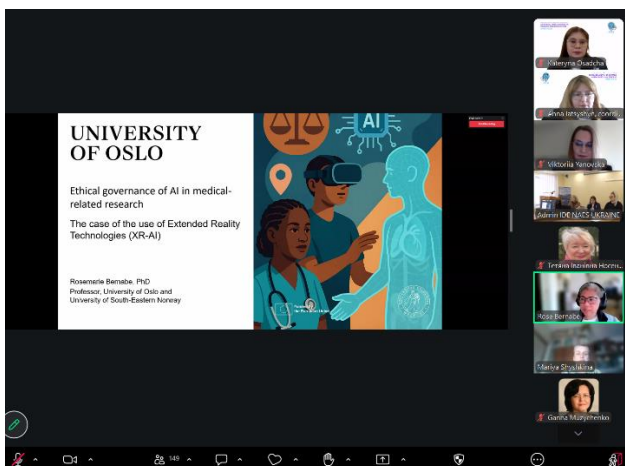
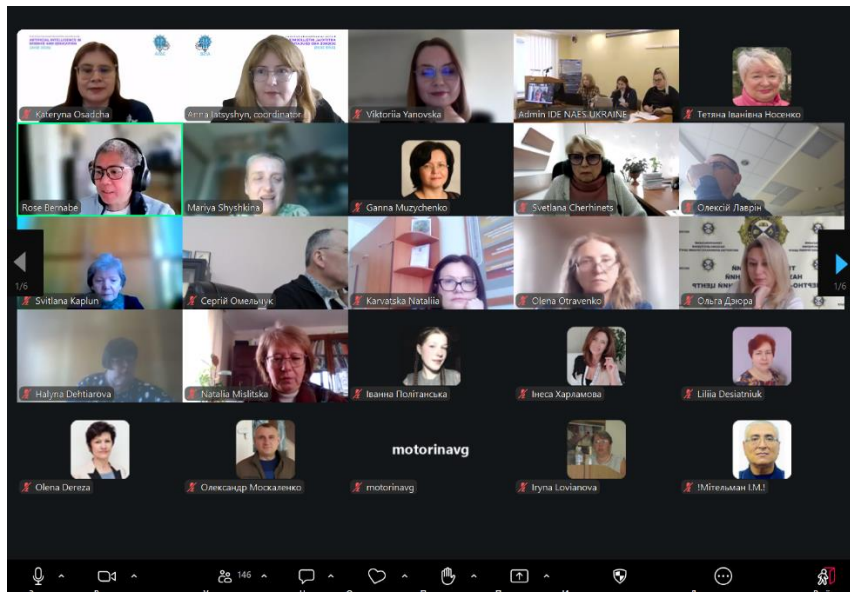
1. Міністерству освіти і науки України, Міністерству цифрової трансформації України, Національній академії педагогічних наук України:
 - врахувати положення цієї резолюції при формуванні державної політики у сфері освіти і науки.
2. Закладам вищої освіти, науковим установам та інститутам післядипломної освіти:
 - оновити освітньо-професійні та освітньо-наукові програми з урахуванням ІІІ-компетентностей;
 - запровадити обов'язкові курси з використання ІІІ в освіті та наукових дослідженнях.
3. Інститутам післядипломної педагогічної освіти:
 - розширити програми підвищення кваліфікації з питань використання ІІІ в педагогічній діяльності.
4. Усім заінтересованим інституціям:
 - підтримувати проведення науково-практичних заходів з проблематики використання ІІІ в освіті та науці.

8. Заключні положення

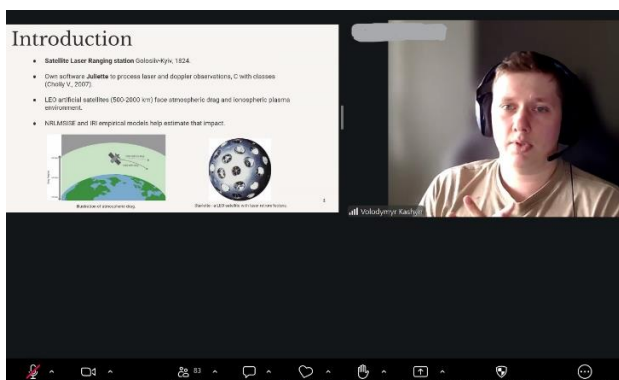
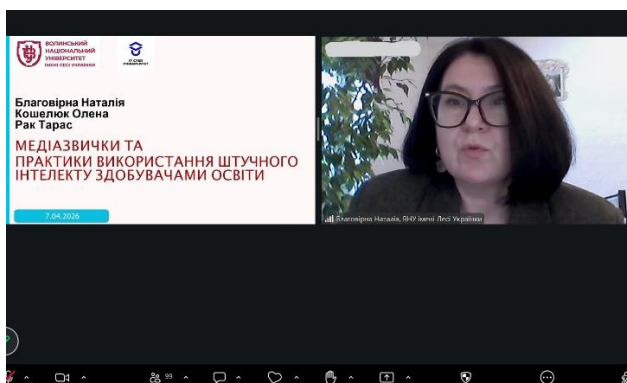
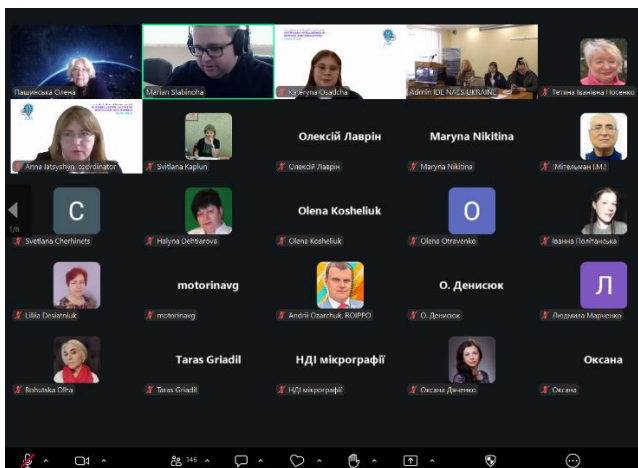
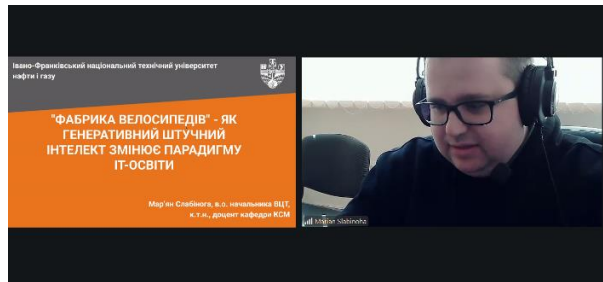
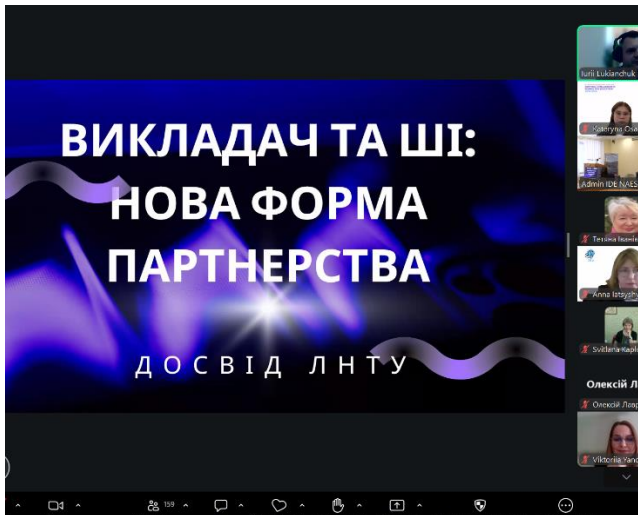
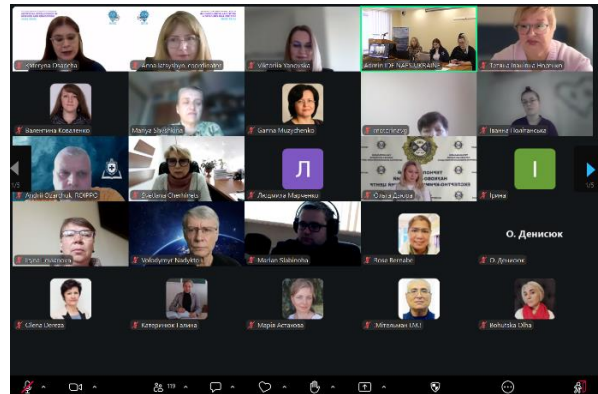
Учасники конференції підкреслюють, що ефективна інтеграція ІІІ в освіту і науку можлива лише за умови системного розвитку ІІІ-компетентностей усіх учасників освітнього процесу та наукових працівників, дотримання принципів академічної доброчесності та наукової етики.

ФОТО-ЗВІТ

Світлини зроблені під час проведення конференції 7.04.2026 року



Етап	Де розвивається дослідження ШІ	Де застосовують ШІ	Де застосовують ШІ не розвивається	Де застосовують ШІ не розвивається
Інтердисциплінарне наукове дослідження	Генерація варіантів теми, уточнення проблем, побудова концепції, пошук релевантних джерел	Попереднє структурне дослідження, вибір теми, вибір методів, SWOT-аналіз (пр)	Формулювання центральної тези, вибір теми без власного розуміння проблеми	Повне дослідження ШІ, написання, редагування, дискусія, презентація, публікація
Інтердисциплінарне наукове дослідження	Пошук джерел, екстракція даних, побудова концепції, пошук релевантних джерел	Складний аналіз, екстракція даних, побудова концепції, пошук релевантних джерел	Попереднє на ШІ, екстракція даних, побудова концепції, пошук релевантних джерел	Висхідні результати, фактичні дані, екстракція даних, побудова концепції, пошук релевантних джерел
Примітний висхідний та екстракція даних	Таблиця, розклад, навігатор, побудова концепції, пошук релевантних джерел	Чисельні дані, аналіз, побудова концепції, пошук релевантних джерел	Аналіз даних, побудова концепції, пошук релевантних джерел	Повне дослідження ШІ, написання, редагування, дискусія, презентація, публікація





3rd International Scientific Conference

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCIENCE AND EDUCATION (AISE 2026)



KEYNOTE SPEAKERS (1)

07.04.2026

Rosemarie de la Cruz Bernaber



Professor, Centre for Medical Ethics, University of Oslo & Faculty of Health and Social Sciences, University of South-Eastern Norway, University of Oslo. Rosemarie Bernabe is professor of research ethics and research integrity at the University of Oslo. She has led and continues to lead several Horizon Europe projects on open science, research misconduct, global health ethics, among others, but most relevant of which was her role as project coordinator of the Horizon Europe project, "The Equitable, Inclusive, and Human-Centered XR Project" (XR4Human) which ended last November 2025. XR4Human produced the Code of Conduct for the Human-Centered and Ethical Development of Immersive Technologies, the 1st European ethical guidelines for XR technologies. Her presentation today applies this code of conduct in the field of medical research.

Viktoriia Yanovska

- Dr. Sc. in Economics, Professor Head of the Department of Economics, Marketing and Business Administration, National Transport University Research Fellow at the Center for Ukrainian Research Studies, SGH Warsaw School of Economics. Viktoriia Yanovska, Dr. Sc. in Economics, Professor, SGH Warsaw School of Economics (researcher), National Transport University (Professor, Head of the department), Foundation "Ukrainian Scientific Diaspora in Poland" (Chair of the Supervisory Board), Cooperation including with the Verkhovna Rada of Ukraine, Ministry of Education and Science, National Agency for Quality Assurance in Higher Education, National Research Foundation of Ukraine, International Transport Forum, JSC "Ukrzaliznytsia". Worked in scientific groups, including within the framework of Erasmus+, Lancet Commission, Polish Academy of Sciences, U.S. National Academy of Sciences projects.



Artem Artyukhov



The Head of UkrRIO is an expert in research integrity, quality assurance, and artificial intelligence in education. Dr. Artyukhov has been a leading figure in advancing academic and research integrity in Ukraine. He is a member of the European Network for Academic Integrity working group on Educational Materials and has contributed to the development of national integrity frameworks. He previously headed the Subcommittee on Academic Integrity at the Ministry of Education and Science of Ukraine and coordinated large-scale initiatives, including Erasmus+ projects, the Jean Monnet Strand, and projects supported by the U.S. Embassy in Ukraine projects (the Strengthening Academic Integrity in Ukraine Project and Academic IQ), as well as other international initiatives. His work has been recognized with international distinctions, including the Tricia Bertram Gallant Award for Outstanding Service (International Center for Academic Integrity) and the ENAI Exemplary Activism Award. In recent years, his research has increasingly focused on the intersection of academic integrity and artificial intelligence. He investigates the ethical, pedagogical, and governance implications of AI in higher education, including AI-assisted learning, immersive educational technologies, and AI-driven behavioral analysis instruments. His publications explore whether AI poses a threat or an opportunity for sustainable higher education systems, addressing issues such as authorship, transparency, quality assurance, and the implementation of SDG 4. He also contributes to shaping evidence-based policies that integrate AI innovation with strong research integrity standards, ensuring responsible and sustainable digital transformation in higher education.



3rd International Scientific Conference
**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN
 SCIENCE AND EDUCATION**
(AISE 2026)



KEYNOTE SPEAKERS (2)

07.04.2026



Tetiana Nosenko

Candidate of Technical Sciences Associate Professor of the Department of Computer Science at the Faculty of Information Technologies and Management, Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University. Her professional and research activities focus on the applied aspects of artificial intelligence and machine learning, as well as the development of AI-based information and analytical systems. She is involved in teaching and training students in IT specialties. She has extensive experience in academic and teaching work and is the author of numerous scientific publications, curricula, and methodological guidelines, as well as an active participant in scientific conferences. More information is available in her e-portfolio: <https://eportfolio.kubg.edu.ua/teacher/247>.

Sian Bayne

Professor of Digital Education at the University of Edinburgh, where she is Director of the Centre for Research in Digital Education and leads on Education Futures in her role as University Assistant Principal. Her research is critical and interdisciplinary, currently focused on higher education futures, utopia and the impacts of artificial intelligence on education. She is one of the authors of The Manifesto for Teaching Online, gives regular keynotes on the future of digital and higher education and publishes widely. More information about her work is available on her web site at: <http://sianbayne.net>.



**Conference
 website**

III Міжнародна наукова конференція

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У НАУЦІ ТА ОСВІТІ (AISE 2026)



ПРЕЗЕНТАЦІЯ МАЙСТЕР-КЛАСІВ

У межах роботи конференції передбачено проведення трьох майстер-класів (одночасно)

07.04.2026

Початок майстер-класів о 14.00



МАЙСТЕР-КЛАС №1

"Розширене використання можливостей штучного інтелекту для автоматизації повсякденних завдань"

Ведучий: Владислав Круглик, д.пед.н., професор

"ШІ-інструменти для викладачів: як перетворити звичайну лекцію на професійний відеокурс за 1-2 години (практика на прикладі курсу програмування)"

Ведучий: Юрій Сіциліцин, PhD, доцент



МАЙСТЕР-КЛАС №2

"Створення навичку (skill) для середовища Claude Code на прикладі навичку статистичної обробки даних педагогічного експерименту"

Ведучий: Олександр Чорний, Solution Architect в компанії Ciklum



МАЙСТЕР-КЛАС №3



Сайт конференції

Контакти:
iitlt@iitlt.gov.ua

Сайт конференції:
sites.google.com/view/aise-2026



План проведення 7 квітня 2026 року / Plan for April 7, 2026

- 09:45-10:00** Налаштування системи, підключення Zoom:
<https://us02web.zoom.us/j/82492507143?pwd=QZ5wYlQ5fMxQwIsAsPKPZGNmZ4I1yy.1>
- 10:00-10:15** **ВІДКРИТТЯ КОНФЕРЕНЦІЇ / CONFERENCE OPENING**
 Модератори: Катерина Осадча, Марія Шишкіна
- 10:15-12:00** **ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ / PLENARY PRESENTATIONS**
- 10:15-10:35** «ETHICAL GOVERNANCE OF AI IN MEDICAL-RELATED RESEARCH: THE CASE OF THE USE OF EXTENDED REALITY TECHNOLOGIES»
Rosemarie de la Cruz Bernaber, professor, Centre for Medical Ethics, University of Oslo & Faculty of Health and Social Sciences, University of South-Eastern Norway, University of Oslo.
- 10:35-10:55** «ТРАНСФОРМАЦІЯ ОСВІТЬНОГО ПРОЦЕСУ ЕКОНОМІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТІВ ПОЛЬЩІ ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ».
Вікторія Яновська, професор, завідувач кафедри економіки, маркетингу та бізнес-адміністрування Національний транспортний університет, Research Fellow at the Center for Ukrainian Research Studies of the SGH, Warsaw School of Economics
- 10:55-11:15** «ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У НАУКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ: МОЖЛИВОСТІ ТА РАМКИ»
Артем Артюхов, голова Українського офісу дослідницької доброчесності
- 11:15-11:35** «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА СЕМАНТИЧНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ У КІБЕРФІЗИЧНИХ КОМПЛЕКСАХ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ НА БАЗІ БПЛА».
Тетяна Носенко, доцент кафедри комп'ютерних наук Київського столичного університету імені Бориса Грінченка
- 11:35-11:55** «CREATIVITY AND INNOVATION WITH AI IN HIGHER EDUCATION».
Sian Bayne, professor of Digital Education at the University of Edinburgh, Director of the Centre for Research in Digital Education and leads on Education Futures in her role as University Assistant Principal
- 12:00-13:00** **КРУГЛИЙ СТИЛ / PLENARY PRESENTATIONS**
 Модератори: Катерина Осадча
 «ВИКЛАДАЧ ТА ШІ: НОВА ФОРМА ПАРТНЕРСТВА. ДОСВІД ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»
Юрій Лук'янчук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Луцький національний технічний університет, експерт Українського фонду стартапів (USF) у галузі «Штучний інтелект»
 «ФАБРИКА ВЕЛОСИПЕДІВ" – ЯК ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЗМІНЮЄ ПАРАДИГМУ ІТ-ОСВІТИ»
Мар'ян Слабінога, доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж, в.о. начальника відділу цифрової трансформації, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
- 13:00-14:00** **ОБІДНЯ ПЕРЕРВА / LUNCH BREAK**
- 14:00-14:10** **ПРЕЗЕНТАЦІЯ МАЙСТЕР КЛАСІВ: Каріна Бортун**
- 14:10-15:15** **Майстер-клас № 1 «Розширене використання можливостей штучного інтелекту для автоматизації повсякденних завдань»**
 Ведучий: Владислав Круглик, професор, МДПУ імені Богдана Хмельницького, ХДУ
- 14:10-15:15** **Майстер-клас № 2 «ШІ-інструменти для викладачів: як перетворити звичайну лекцію на професійний відеокурс за 1-2 години (практика на прикладі курсу програмування)»**
 Ведучий: Юрій Сіцилін, доцент кафедри інформатики і кібернетики Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького
- 14:10-15:15** **Майстер-клас № 3 «Створення навичку (skill) для середовища Claude Code на прикладі навичку статистичної обробки даних педагогічного експерименту»**
 Ведучий: Олександр Чорний, Solution Architect в компанії Ciklum
- 15:15-16:00** **КРУГЛИЙ СТИЛ / ЗАСІДАННЯ за напрямками /**
- 16:00-16:30** **Підведення підсумків конференції / Conference Wrap-up**

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У
НАУЦІ ТА ОСВІТІ
(AISE 2026)**

**Збірник матеріалів III Міжнародної наукової конференції
(Київ, 7 квітня 2026 р.).**

Упорядники:
Яцишин Анна
Яцишин Андрій

Матеріали викладено в авторській редакції з незначними коректорськими правками. Відповідальність за їх якість, достовірність фактів, посилань несуть автори публікацій та їх наукові керівники.

Верстка:
Яцишин Анна
Яцишин Андрій

Інститут цифровізації освіти
Національної академії педагогічних наук України
м. Київ, вул. Масима Берлінського, 9.
Свідоцтво про державну реєстрацію: серія ДК №7609
від 23.02.2022 р. електронна пошта (E-mail): iitlt@iitlt.gov.ua



sites.google.com/view/aise-2026



ІНСТИТУТ
ЦИФРОВІЗАЦІЇ
ОСВІТИ
НАПН УКРАЇНИ

Інститут цифровізації освіти НАПН України

