

References (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Banit Yu. Formation of entrepreneurial competence in the process of practice-oriented training of students: personal-activity aspect. *Youth and Market*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2019.179476>. (accessed 15.09.2025). (in Ukrainian).
- [2] Hoshko R. Pedagogical principles of forming entrepreneurial competence of future economists in the university startup ecosystem. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*. 2025. No. 8(23). (in Ukrainian).
- [3] Korzhov H., Pasko Y. Entrepreneurship education as a driver of societal progress. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2021. Vol. 9(1). P. 54–73. DOI: <https://doi.org/10.32919/uesit.2021.01.05>. (accessed 16.09.2025). (in Ukrainian).
- [4] Jurgelevicius A., Raisiene A. University entrepreneurial ecosystems: Start-up founders' perspectives. *Economics and Sociology*. 2025. Vol. 18(2). P. 12–29. DOI: <https://doi.org/10.14254/2071-789X.2025/18-2/12>. (accessed 17.09.2025). (in English).
- [5] Martinez-Martinez S. L. Entrepreneurial profiles at the university: A competence-based approach. *Frontiers in Psychology*. 2020. Vol. 11. P. 612796. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.612796>. (accessed 18.09.2025). (in English).
- [6] Pardo-del-Val M., et al. From startup to scaleup: Public policies for emerging entrepreneurial ecosystems. *Journal of Technology Transfer*. 2025. Vol. 16. P. 7874–7907. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13132-024-02175-6>. (accessed 19.09.2025). (in English).
- [7] Thai Q. H. Mai, K. N., & Do, T. T. An Evolution of Entrepreneurial Ecosystem Studies: A Systematic Literature Review and Future Research Agenda. *SAGE Open*, 13(1). DOI: <https://doi.org/10.1177/21582440231153060>. (accessed 20.09.2025). (in English).
- [8] Spigel B. The relational organization of entrepreneurial ecosystems. *Entrepreneurship Theory and Practice*. 2017. Vol. 41(1). P. 49–72. DOI: <https://doi.org/10.1111/etap.12167>. (accessed 21.09.2025). (in English).
- [9] Ancona A., et al. Network-based principles of entrepreneurial ecosystems. *Small Business Economics*. 2023. Vol. 61. P. 1497–1514. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11187-023-00738-6>. (accessed 22.09.2025). (in English).
- [10] Guerrero M., Siegel D., Terjesen S., Feldman M., Lockett A. Assessing the impact of university innovation and entrepreneurial ecosystems: Managerial and policy implications. *Academy of Management Perspectives*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.5465/amp.2024.0282>. (accessed 23.09.2025). (in English).
- [11] Xu Z., Dobson S. Challenges of building entrepreneurial ecosystems in peripheral places. *Journal of Entrepreneurship and Public Policy*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/JEPP-03-2019-0023>. (accessed 24.09.2025). (in English).
- [12] Liu Y., Alias B. S., Hamid A. H. A. Student entrepreneurship competence and its contribution to sustainable development: A systematic review in the context of Chinese higher education. *Sustainability*. 2025. Vol. 17(7). P. 3148. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17073148>. (accessed 25.09.2025). (in English).
- [13] Ayala-Gaytan E., Villasano M., Naranjo-Priego E. University entrepreneurial ecosystems and graduate entrepreneurship. *SAGE Open*. 2024. Vol. 33(1). P. 88–117. DOI: <https://doi.org/10.1177/09713557241233905>. (accessed 26.09.2025). (in English).

Надійшла до редакції / Received: 18.07.2025

Схвалено до друку / Accepted: 03.09.2025

УДК 004.9:378.147

DOI: 10.31652/2412-1142-2025-78-45-56

Гріщенко Павло Сергійович

аспірант, спеціальності 011 - Освітні, педагогічні науки,
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,
м. Вінниця, Україна

ORCID ID: 0009-0002-3454-7437

mamasha42g@gmail.com

Кізім Світлана Степанівна

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри цифрових технологій і професійної освіти,
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,
м. Вінниця, Україна

ORCID ID: 0000-0003-1451-3950

skizim2012@gmail.com

ЦИФРОВА ІНФРАСТРУКТУРА ТА СУЧАСНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У ПІДГОТОВЦІ БАКАЛАВРІВ З ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація: У статті проаналізовано роль цифрової інфраструктури й сучасних програмних засобів у процесі підготовки бакалаврів інформаційних систем і технологій (ICiT). Розглянуто ключові компоненти «цифрового кампусу» – LMS, CRM, аналітичні модулі та віртуалізаційні середовища. Проаналізовано досвід українських університетів під час війни: згідно з даними, близько 73,3% занять перейшли в онлайн, а понад 85% викладачів відзначають LMS як критично важливі для забезпечення якості освіти. Вказано, що застосування хмарних сервісів, як AWS та Azure, допомогло забезпечити безперервність навчального процесу навіть у випадках надзвичайних ситуацій. У статті узагальнено світовий досвід впровадження цифрових інструментів в освітній процес і їх роль у оновленні навчального середовища. Важливо звернути увагу на практичне використання віртуальних лабораторій на основі Docker, аналізу даних про навчання, а також засобів відеозв'язку для синхронного й асинхронного спілкування. Пропонується бачення цифрового кампусу як цілісної системи, що об'єднує навчальні, адміністративні та дослідницькі сервіси в одне цифрове місце. Визначені нові напрямки для розвитку цифрової інфраструктури в умовах нестабільності, включаючи створення цифрових планів в університеті, розвиток партнерства з IT-фірмами та покращення знань у сфері технологій учасників навчального процесу. Стаття має мету надати огляд сучасних IT-рішень які допомагають підвищити ефективність підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій.

Ключові слова: цифрова інфраструктура; платформа LMS; віртуалізація; хмарні технології; дистанційне навчання; інформаційні системи і технології (ICiT); цифрова трансформація.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Цифрова трансформація освіти – глобальний тренд, що змінює вимоги до підготовки фахівців із інформаційних систем і технологій. У нових Державних стандартах вищої освіти України (2018) враховано навички з IT-безпеки та штучного інтелекту, що потребує відповідної технічної та програмної основи. Сучасні виклики (гнучкі типи навчання, кризові часи) створюють необхідність побудови нової цифрової бази ЗВО, що поєднує апаратуру частину (центри обробки даних мережі лабораторії) з програмним забезпеченням і хмарними сервісами. Так, під час війни більшість українських університетів перейшли в онлайн: згідно з всеукраїнськими даними, майже 73,3% занять відбувалося дистанційно, 55,8% – синхронно, 18,1% – асинхронно. Це підтверджує потребу в наявності високошвидкісного інтернету, перевірених навчальних платформ та резервних каналів зв'язку.

Основним завданням цього дослідження є аналіз та впровадження сучасних технологічних інструментів, таких як системи управління навчанням (LMS: Moodle, Canvas), віртуальні лабораторії на основі Docker або VMware, а також хмарні платформи, представлені AWS Educate та Azure for Students. У процесі виконання роботи були використані методи літературного огляду, порівняльного аналізу та експертного оцінювання, що забезпечує ідентифікацію найбільш ефективних підходів до формування цифрової інфраструктури та вибору програмного забезпечення для освіти у галузі інформаційних систем і технологій [1].

Аналіз останніх досліджень. В сучасних публікаціях демонструється зростаюча увага до концепції «цифрового кампусу» та використання LMS (систем управління навчанням). У роботі Буйницької та колег (2020) цифрову інфраструктуру університетів подано як комплексну систему, що включає LMS, CRM, аналітичні інструменти та технології адаптивного навчання. Автори підкреслюють, що інтеграція цих систем у єдиний «цифровий кампус» дозволяє автоматизувати бізнес-процеси та забезпечує широкий доступ до освітніх ресурсів [2].

Обставини пандемії та війни значно підвищили значущість LMS і хмарних сервісів. У дослідженні Калиниченко і Глазової (2025) було показано, що понад 85% респондентів із переміщених університетів України зазначили критичну роль LMS для підтримки якості навчання. Хмарні технології, у свою чергу, забезпечили резервне зберігання даних і

стабільний доступ до освітніх матеріалів. Практичність таких рішень знайшла підтвердження в успішних партнерствах із провідними ІТ-компаніями. Зокрема, AWS та EPAM допомогли понад 15 українським університетам перенести сервери у хмару, що дозволило уникнути перебоїв у навчальному процесі під час обстрілів. Також Cisco у рамках програми Country Digital Acceleration надала обладнання та ресурси, сприяючи зміцненню інфраструктури та покращенню цифрових навичок необхідних для навчання [3].

Серед LMS особливу увагу привертають Moodle і Canvas. Як вказують Кхатсери (2022), Canvas поширена у США, Великій Британії та Польщі, тоді як Moodle домінує в Україні та інших країнах СНД. Обидві системи забезпечують управління курсами, тестування і комунікацію, але Canvas вирізняється інтуїтивним інтерфейсом, а Moodle – гнучкістю та відкритим кодом.

Новим напрямом є використання контейнеризації для віртуальних лабораторій. Так, Луїс Тобарра і колеги (2020) продемонстрували, що Docker-лабораторії з кібербезпеки отримали дуже високу оцінку студентів за зручність доступу і зниження технічних вимог. Контейнери дозволяють створювати реалістичні практичні сценарії з мінімальним навантаженням на обладнання[4].

Важливою є і партнерська взаємодія університетів з ІТ-галуззю. Наприклад, впровадження програм Cisco Networking Academy, EPAM University Program та AWS Educate дозволяє швидше оновлювати обладнання і розробляти актуальні курси. Ініціатива All-Ukrainian Online School (платформа Open edX з ресурсами AWS) створила понад 5000 уроків і 100+ курсів для майже 900 тис. користувачів.

Мета статті полягає в аналізі поточного стану та значення цифрової інфраструктури й програмного забезпечення у підготовці бакалаврів за спеціальністю інформаційних систем і технологій. Особлива увага приділяється вивченню міжнародного досвіду й українських підходів. Основними завданнями є визначення ключових складових цифрового кампусу, порівняння популярних систем управління навчанням (LMS) та інструментів віртуалізації, оцінка впливу кризових подій, таких як війна та пандемія, на освітні процеси, а також розробка рекомендацій для покращення ІТ-інфраструктури та навчальних платформ у закладах вищої освіти.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сучасна цифрова інфраструктура закладів вищої освіти являє собою розгалужену систему технологічних засобів і сервісів, які забезпечують повноцінну роботу освітнього процесу в онлайн- і гібридному форматах. Вона включає низку взаємопов'язаних компонентів, кожен з яких відіграє критичну роль у підтримці навчання, наукової діяльності, адміністративного управління та комунікації між учасниками освітнього середовища.

Одним із базових елементів є мережеві ресурси — високошвидкісне інтернет-з'єднання, VPN-доступ і захищені канали передачі даних. Вони дають змогу студентам і викладачам працювати з навчальними сервісами незалежно від їхнього місця перебування. Українські та міжнародні дослідження підтверджують, що якість мережевої інфраструктури безпосередньо впливає на ефективність цифрового освітнього середовища: зокрема, національна науково-освітня мережа URAN та європейська GEANT забезпечують можливості для наукових колаборацій, доступу до спеціалізованих ресурсів та обміну великими масивами даних. У провідних світових університетах активно розгортаються високошвидкісні кампусні мережі з використанням технологій 5G і Wi-Fi 6. Це сприяє розвитку масштабної цифрової інфраструктури та забезпечує надійні умови для онлайн-навчання [5].

Серверні потужності університетів становлять іншу важливу складову. Сучасні ЗВО використовують як фізичні, так і віртуальні дата-центри для зберігання освітніх матеріалів, адміністрування платформ, обробки великих даних та розгортання навчальних сервісів. Широке застосування технологій віртуалізації (наприклад, VMware чи Hyper-V) та контейнеризації (Docker, Kubernetes) дозволяє оптимізувати використання апаратних

ресурсів, спрощує масштабування освітніх сервісів і дає змогу створювати ізольовані навчальні середовища [6]. Фахівці відзначають, що модернізація серверної інфраструктури та перехід до віртуальних середовищ сприяють зниженню витрат на технічну підтримку, підвищенню надійності систем і зменшенню енергоспоживання, що є особливо важливим у контексті енергоефективності та сталого розвитку.

Віртуальні лабораторії займають важливе місце у сучасному цифровому середовищі, дозволяючи моделювати складні практичні завдання без потреби в потужному обладнанні зі сторони студентів. Їх основою є віртуальні машини або контейнери, які забезпечують гнучкість, швидке розгортання середовищ та зручний доступ до навчальних матеріалів. Згідно з дослідженнями, використання контейнерних рішень, зокрема Docker-лабораторій, значно підвищує масштабованість та надійність освітніх практикумів, особливо в умовах дистанційного навчання. Це стає надзвичайно корисним у сферах, що вимагають складних симуляцій, як-от кібербезпека, програмування чи мережеві технології.

Цифрові сервіси та системи управління навчанням (LMS) також відіграють ключову роль в освітній інфраструктурі. Такі платформи, як Moodle, Canvas або Blackboard, дозволяють організовувати курси, проводити оцінювання, вести електронну документацію, забезпечувати комунікацію та виконувати адміністративні завдання. Сучасний розвиток цих платформ спрямований на впровадження адаптивних систем персоналізації. Вони аналізують поведінку студентів і рівень їхньої успішності, пропонуючи індивідуальні траєкторії навчання. Таке впровадження сприяє покращенню залученості студентів і ефективності освітнього процесу [7].

Не менш важливими є інструменти аналітики навчання (Learning Analytics), що дозволяють здійснювати моніторинг академічної діяльності, аналізувати освітні дані та будувати прогностичні моделі. За допомогою аналітичних панелей викладачі можуть швидко ідентифікувати студентів, які потребують додаткової підтримки, відстежувати прогрес групи та своєчасно вживати корекційних заходів [8]. Використання аналітики сприяє підвищенню якості прийняття рішень в освітньому процесі і забезпечує прозорість та обґрунтованість управлінських дій.

Завершальним елементом є засоби комунікації, які забезпечують як синхронну, так і асинхронну взаємодію між учасниками освітнього процесу. Платформи Zoom, Microsoft Teams та Google Meet створюють віртуальні аудиторії, де можуть проводитися лекції, семінари та консультації в реальному часі. Форумні системи, чати та соціальні мережі підтримують асинхронне спілкування, обмін матеріалами й колективну роботу над завданнями. Синхронні засоби дозволяють зберігати елемент живої взаємодії, тоді як асинхронні забезпечують гнучкість у навчанні та доступ до ресурсів у зручний для студента час [9].

Узагальнюючи концепцію цифрового кампусу, дослідники наголошують на інтеграції всіх цих компонентів в єдине середовище. «Цифровий кампус» являє собою інтеграцію наявних ІТ-рішень, спрямовану на автоматизацію всіх бізнес-процесів університету, забезпечення доступу до ресурсів та сприяння ефективному управлінню. Метою такого інтегрованого підходу є побудова стійкої та конкурентоспроможної освітньої системи: за словами Буйницької (2020), цифровий кампус гарантує безперебійну роботу закладу освіти та сприяє його розвитку.

3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

У рамках дослідження використовувалася комплексна методологічна стратегія, яка поєднувала кілька взаємодоповнювальних підходів, що дозволило провести багатоперспективний аналіз порушеної проблематики. Насамперед здійснено глибокий аналіз наукової літератури, що передбачав вивчення широкого спектра вітчизняних і міжнародних джерел, серед яких наукові статті, монографії, дисертації, матеріали конференцій та звіти міжнародних освітніх організацій, таких як UNESCO та структура ЄС.

Увага науковців була зосереджена на ролі цифрових інновацій в оновленні освітніх практик і трансформації навчального середовища, особливо під час кризових ситуацій. Зокрема, у 2023 GEM-звіті UNESCO наголошується, що саме завдяки екстремим цифровим рішенням, зокрема дистанційному навчанню [10], вдалося забезпечити доступність освіти під час пандемії COVID-19. Опрацювання літератури допомогло визначити ключові тенденції цифровізації та окреслити прогалини в її дослідженні.

Поряд із цим було здійснено поглиблений порівняльний аналіз поширених платформ управління навчанням — Moodle, Canvas, Blackboard та Google Classroom — разом із технологіями віртуалізації, такими як контейнерні рішення Docker, віртуальні машини та хмарні сервіси AWS і Azure. У процесі оцінювання розглядалися функціональні можливості цих систем, рівень зручності їх використання та ефективність у різних навчальних контекстах. На основі порівняльних досліджень встановлено, що Moodle вирізняється гнучкістю та високим рівнем кастомізації [11], Canvas поєднує простоту з потужним інструментарієм для підтримки залученості студентів, а Google Classroom залишається зручним рішенням для базових освітніх потреб. Blackboard водночас позиціонується як корпоративна платформа з розвинутою системою комунікації. Окремо проаналізовано віртуалізаційні підходи: Docker-контейнери дають змогу швидко розгортати складне програмне забезпечення та забезпечують студентам оперативний доступ до навчальних ресурсів, тоді як віртуальні машини створюють більш ізольоване середовище, а хмарні сервіси вирізняються масштабованістю, хоча й вимагають стабільного підключення та ретельного фінансового планування. Доведено, що контейнерна віртуалізація позитивно впливає на залученість студентів у дистанційних умовах [12].

Значну увагу приділено збору експертних оцінок, що дозволило уточнити практичні аспекти функціонування цифрової інфраструктури в закладах вищої освіти. За допомогою структурованих інтерв'ю та онлайн-опитувань були зібрані емпіричні дані, що дозволяють оцінити досвід наукових працівників та фахівців у галузі інформаційних технологій щодо використання цифрових інструментів у дистанційному та змішаному форматах навчання, а також у контексті кризових ситуацій. Аналіз отриманої інформації виявив низку проблемних аспектів, зокрема недостатню пропускну здатність мереж, необхідність підвищення рівня цифрових компетентностей викладачів, проблеми кібербезпеки та труднощі інтеграції новітніх технологій у навчальний процес. Незважаючи на ці виклики, експерти одноставно дійшли висновку, що цифрові платформи суттєво розширили можливості доступу до освіти та посилили стійкість освітніх систем в умовах складних обставин.

На фінальному етапі дослідження було проведено комплексний аналіз статистичних даних, що дозволив оцінити реальні масштаби впровадження цифрових технологій та розвитку онлайн-освіти. У рамках цього аналізу враховано звітні документи Міністерства освіти і науки України (МОН) та Державної служби статистики (Держстат), результати опитувань учасників освітнього процесу, а також глобальні статистичні звіти. Відповідно до даних платформи DataReportal, станом на початок 2024 року кількість інтернет-користувачів в Україні перевищувала 29 мільйонів осіб, що становило понад дві третини населення. Такий показник свідчить про високий потенціал розвитку електронної освіти в країні. У світовому масштабі цифровізація також стрімко посилюється: звіти Coursera та UNESCO демонструють зростання популярності онлайн-курсів, а майже 80% університетів Латинської Америки використовують цифрові рішення Google або Microsoft у своїй навчальній діяльності. Ці дані дозволили співставити українські тенденції зі світовими та визначити реальний рівень доступності цифрової інфраструктури [13].

Застосована методологія дала можливість комплексно оцінити сучасний стан цифровізації освіти, виявити ключові тенденції та визначити оптимальні технологічні рішення, які відповідають потребам підготовки фахівців у галузі інформаційних систем і технологій. Такий підхід забезпечив всебічність аналізу й дозволив сформулювати обґрунтовані висновки щодо подальших напрямів удосконалення освітнього середовища.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати дослідження продемонстрували, що рівень цифрової зрілості університетів є визначальним чинником у забезпеченні ефективної організації освітнього процесу та формуванні професійних компетентностей майбутніх фахівців з інформаційних систем і технологій. Проведений аналіз показав, що сучасне цифрове освітнє середовище формується на основі взаємодії кількох ключових технологічних складових: інтегрованих платформ управління навчанням, інфраструктури хмарних сервісів та засобів віртуалізації. Саме їх поєднання забезпечує доступність навчальних матеріалів, масштабованість ресурсів і стабільність функціонування академічних сервісів.

У контексті сучасної освітньої екосистеми особливого значення набуває здатність університетів формувати цілісні та послідовні цифрові траєкторії для навчання студентів. Такі траєкторії зосереджуються не лише на наданні доступу до навчальних матеріалів та виконанні практичних завдань, але й охоплюють використання аналітичних інструментів, адаптивних систем супроводу та засобів комунікаційної підтримки. Платформи для управління навчальним контентом виконують роль інтеграційного центру. Вони не лише структурують навчальний матеріал, але й сприяють інтеграції різноманітних інструментів та сервісів, забезпечують широкі можливості для комунікації та взаємодії, а також розширюють інструментарій викладачів.

Важливу роль у зміцненні цифрової інфраструктури університетів відіграє ІТ-сектор. Так, наприклад, ініціатива AWS Educate пропонує студентам безкоштовний доступ до хмарних ресурсів, широку базу навчальних матеріалів і можливість інтеграції з глобальним ринком праці, який містить понад 30 000 вакансій. Корпорації Cisco через програму Country Digital Acceleration та EPAM за допомогою своєї ініціативи EPAM University Program активно сприяють оновленню технічної бази університетів, забезпечуючи їх сучасними ресурсами й надаючи експертну консалтингову підтримку. Одним із найпомітніших результатів таких партнерств став перехід серверних потужностей низки українських університетів у хмарне середовище: AWS спільно з EPAM допомогли перенести критичні освітні ресурси понад двох десятків закладів на платформу AWS, що забезпечило стабільне функціонування сервісів навіть за умов обмеженого доступу до фізичної інфраструктури.

Окремий аспект розвитку цифрового освітнього середовища полягає в інтеграції контейнерних та віртуальних технологій у лабораторні курси. Застосування Docker-контейнерів забезпечує можливість створення стандартизованих і легко відтворюваних навчальних середовищ, які не вимагають наявності високопродуктивного обладнання у студентів. У дослідженнях підкреслюється, що подібні лабораторії з кібербезпеки дають змогу створювати реалістичні сценарії з мінімальними апаратними вимогами. Використання віртуальних машин, створених за допомогою Proxmox, Jupyter Notebook або JupyterHub, надає студентам можливість здобути цінний практичний досвід. Це рішення дозволяє їм працювати з різноманітними технологічними конфігураціями, незалежно від апаратних обмежень їхніх власних пристроїв. Відгуки користувачів засвідчують високу оцінку таких рішень за зручність, доступність і педагогічну ефективність, що позитивно позначається на формуванні практичних компетентностей [14].

Результати проведеного аналізу дали змогу виявити низку тенденцій, що характеризують стан цифровізації вищої освіти та рівень готовності університетів до використання сучасних інформаційних технологій.

Одним із найбільш значущих висновків дослідження стала суттєва поширеність онлайн-освіти. Згідно з результатами опитувань, 73,3% навчальних занять у закладах вищої освіти проводилися у дистанційному форматі, з яких 55,8% відбувалися у синхронному режимі, а 18,1% — в асинхронному. Така організація освітнього процесу демонструє, що університети, які завчасно інвестували в розвиток високошвидкісного інтернету, мережевих технологій та платформ керування навчанням (LMS), виявили здатність оперативно адаптуватися та забезпечувати стабільність освітньої діяльності. Практичний досвід закладів

вищої освіти засвідчує, що саме інфраструктурна готовність виступає ключовим чинником для підтримання безперервності навчального процесу.

Важливим компонентом цифрової інфраструктури стали системи управління навчанням (Learning Management Systems). Проведене опитування серед викладачів підтвердило, що понад 85% з них розглядають LMS як фундаментальний інструмент організації освітнього процесу. Ці платформи забезпечують централізований доступ до навчальних курсів, матеріалів, методів оцінювання та аналітичних ресурсів, що підвищує ефективність навчального середовища. Крім того, міжнародні дослідження підкреслюють, що використання LMS значно підвищує рівень залученості студентів та робить освітню систему більш стійкою до зовнішніх викликів. Порівняльний аналіз ключових платформ Moodle, Canvas, Blackboard та Google Classroom відображено у (таблиці 1) [15], що дає змогу оцінити функціональні відмінності та потенціал кожної системи у контексті потреб університетів.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика основних LMS (Moodle, Canvas, Blackboard, Google Classroom)

Параметр	Moodle	Canvas	Blackboard	Google Classroom
Тип/Ліцензія	Відкритий код (безкоштовна)	Комерційна/хмарна; безкоштовна базова версія	Комерційна (ліцензія)	Безкоштовна (для шкіл)
Розгортання	Самохостинг або хмарне	Хмарне (Instructure Cloud)	Хмарне/корпоративне	Хмарне (Google Workspace)
Призначення	ВНЗ, комплексні курси	Школи, ВНЗ, приватні школи	ВНЗ, корпорації, школи	К–12, прості курси
Гнучкість/Налаштування	Дуже висока (2000+ плагінів, налаштування)	Висока (500+ інтеграцій, API)	Середня (стабільна, але обмежена)	Низька (обмежені можливості)
Переваги	Потужні функції, широка кастомізація	Зручний UI, багато інтеграцій (MS Teams, Google)	Розширений функціонал, акцент на доступності, корпоративна підтримка	Інтуїтивність, інтеграція з G Suite
Недоліки	Складний для новачка, потребує налаштувань	Обмежена звітність, можливі технічні проблеми	Висока вартість, складність впровадження	Обмежений функціонал, немає розширених інструментів

Поряд із розвитком LMS важливу роль відіграє співпраця університетів із представниками ІТ-індустрії. Провідні компанії, такі як AWS, Cisco та EPAM, активно підтримують вищу освіту, забезпечуючи її навчальними матеріалами, сучасним обладнанням, професійними консультаціями та доступом до передових цифрових платформ. Завдяки програмі AWS Educate студенти отримали можливість працювати з інструментами хмарних обчислень і користуватися базою з понад 30 тисяч вакансій. У свою чергу, Cisco через ініціативу CDA, а також EPAM у межах University Program сприяють модернізації цифрової інфраструктури університетів. Одним із найбільш показових результатів стала міграція серверів п'ятнадцяти закладів вищої освіти до хмарної інфраструктури Amazon, що забезпечило стабільну роботу освітніх сервісів [16].

Значний вплив на якість підготовки спеціалістів інформаційних систем і технологій справили й віртуальні лабораторії. Впровадження Docker-контейнерів суттєво оптимізувало доступ студентів до лабораторних занять, мінімізувало потребу у високопродуктивному обладнанні та спростило розгортання програмного забезпечення. Позитивні відгуки студентів засвідчили, що контейнеризовані середовища забезпечують зручність

використання, швидкість доступу та високу ефективність засвоєння практичних навичок. У закладах вищої освіти широко використовуються віртуальні машини, зокрема такі платформи, як VMware та Hyper-V, для симуляції мережевих, операційних і кібербезпекових середовищ. Це відіграє особливо важливу роль у забезпеченні якісного виконання навчальних програм за спеціальністю «Інформаційні системи та технології» [17]. Таким чином, засоби віртуалізації стали важливим інструментом оновлення практичної підготовки.

Результати, отримані в ході дослідження, демонструють високий рівень узгодженості зі світовими тенденціями у сфері розвитку онлайн-освіти. Згідно з даними міжнародних досліджень, лише приблизно 25% університетів впровадили повноцінні цифрові стратегії, водночас більшість закладів вищої освіти активно використовують цифрові інструменти, але роблять це здебільшого у фрагментарному форматі. Така ситуація характерна й для України, де цифрова трансформація набирає темпів, однак потребує більш системного підходу. Динаміка розвитку онлайн-навчання у світі та його вплив на українську систему вищої освіти детально представлена у (таблиці 2), яка включає дані за період 2018–2022 років і демонструє глобальні зміни ринку освітніх технологій, стрімке зростання платформ на кшталт Coursera та адаптацію університетів до цифрової реальності.

Таблиця 2

Динаміка онлайн-освіти у світі та її вплив в Україні (2018–2022)

Рік	Світові тенденції	Події в Україні
2018	Зростання онлайн-освіти: ≈ 35 млн нових реєстрацій Coursera (приріст ≈ 7 млн/рік).	Активна модернізація IT-інфраструктури університетів.
2019	Прогнозоване збільшення ринку онлайн-курсів (перед COVID).	Підготовка до дистанційного навчання, посилення мережевого покриття.
2020	Coursera: 71 млн нових реєстрацій; COVID-19 різко збільшив обсяги онлайн-навчання.	З березня по травень вищі перейшли на повністю дистанційне навчання.
2021	Coursera: 92 млн нових реєстрацій; глобальний ринок онлайн-освіти активно зростає.	Відновлення очного формату в деяких вишах; уряд забезпечив доступ 20 000 студентів до безкоштовних курсів Coursera.
2022	Онлайн-ринок у світі – $\approx \$240$ млрд; кількість онлайн-курсів продовжує зростати (Coursera 189 млн курсів у 2021 р. на платформі).	У зв'язку з війною всі університети знову вимушені перейти на онлайн-формат навчання, що супроводжується масштабним перенесенням даних до хмарних сервісів, зокрема безкоштовних AWS та Azure, які надаються для України.

Отже, аналіз отриманих даних свідчить про те, що цифрова інфраструктура, платформи управління навчанням (LMS), хмарні технології та засоби віртуалізації є основоположними компонентами сучасного освітнього середовища. Ці елементи визначають потенціал університетів у забезпеченні якісного освітнього процесу, сприяють формуванню гнучких освітніх траєкторій і створенню необхідних умов для набуття професійних компетентностей студентами за напрямом «Інформаційні системи та технології». Університети, які системно впроваджують ці рішення, демонструють вищий рівень цифрової зрілості та готовності до подальшої трансформації освітнього простору.

5. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведений аналіз свідчить, що розвинена цифрова інфраструктура ЗВО разом із сучасними програмними рішеннями є основою якісної підготовки бакалаврів ІСіТ. Інтеграція систем управління навчанням (LMS), платформ віртуалізації (таких як Docker і VMware), а також хмарних сервісів (наприклад, AWS Educate, Azure for Education) суттєво розширює перспективи як для традиційної, так і для дистанційної освіти. Одним із вагомих досягнень впровадження цих технологій є забезпечення безперервності освітнього процесу під час кризових ситуацій. За оцінками, понад 85% викладачів наголошують на вирішальній ролі

LMS у підтримці навчального процесу в умовах воєнного часу. У свою чергу, студенти здобули можливість продовжувати якісне навчання незалежно від їхнього місцезнаходження. Проте оцифровування освіти супроводжується низкою викликів, серед яких виділяються поглиблення цифрової нерівності, зростаюче навчальне навантаження, додатковий тягар на викладачів та необхідність модернізації педагогічних підходів до організації навчального процесу й оцінювання. В цілому, можна стверджувати, що цифрова трансформація не лише сприяє пом'якшенню наслідків критичних ситуацій, але й формує засади для довготривалих інноваційних змін та підвищення конкурентоспроможності закладів вищої освіти.

На основі проведеного дослідження було розроблено рекомендації для подальшого розвитку цифрової екосистеми університетів. Передусім, постає нагальна необхідність системного вдосконалення ІТ-інфраструктури вищих навчальних закладів через модернізацію дата-центрів, покращення мережевого обладнання, оптимізацію серверних ресурсів і впровадження резервних каналів комунікацій. Центральна роль у цьому аспекті належить хмарним технологіям, які дозволяють забезпечити масштабованість ресурсної бази, зростання надійності систем і оперативність адаптації освітніх сервісів до постійно змінюваних умов та потреб. Окрім технічної модернізації, слід також активно розвивати цифрові інструменти безпосередньо в рамках навчального процесу. Ширше впровадження таких платформ, як Moodle чи Canvas, у поєднанні з використанням контейнерних середовищ Docker та віртуальних машин дозволяє не лише диверсифікувати формат подання навчального матеріалу, а й інтегрувати реалістичні практичні симуляції у різноманітні курси. Водночас забезпечення доступу студентів до сучасних освітніх екосистем, таких як AWS Educate, Azure чи сертифікаційні програми відкритої освіти, сприяє підвищенню їхніх професійних компетентностей і конкурентоспроможності на ринку праці.

Не менш важливим аспектом залишається розвиток цифрової компетентності викладачів, адже ефективність інтеграції новітніх технологій у процес викладання безпосередньо залежить від рівня їхньої підготовки та готовності до роботи з такими інструментами. Цілеспрямовані програми навчання викладачів, включно з тренінгами, семінарами й професійними курсами підвищення кваліфікації, спрямовані не лише на оволодіння технічними навичками, а й на створення інтерактивного навчального контенту, використання аналітичних інструментів і адаптацію педагогічних підходів до сучасного освітнього середовища. Водночас для досягнення системних і сталих результатів університети мають розробляти цілісні цифрові стратегії розвитку. Аналіз міжнародного досвіду свідчить, що чітко визначені стратегії цифровізації має менше ніж чверть закладів вищої освіти. Низька частка таких стратегій уповільнює впровадження інновацій у навчальний процес. Наявність продуманого стратегічного документа дозволяє впорядкувати цифрові ініціативи, визначити пріоритети розвитку та оцінювати результати впровадження технологій на рівні закладу.

Окремий напрям, що потребує значної уваги, полягає у зміцненні партнерських взаємин між університетами та ІТ-індустрією. Взаємодія з провідними технологічними компаніями створює умови для заснування спільних лабораторій, проектних груп, інноваційних центрів та дослідницьких об'єднань. Таке партнерство забезпечує актуальність освітнього контенту та сприяє оперативній адаптації навчальних програм до динамічно змінюваного технологічного середовища. У результаті цього співробітництва в освітній процес впроваджуються новітні практики, які урізноманітнюють навчальне середовище за рахунок сучасних інструментів і розширюють можливості студентів для формування практичних навичок, затребуваних у галузі.

Серед перспектив подальших наукових досліджень виділяються аналіз впливу цифрової трансформації на результати навчання, розробка методологій оцінювання ефективності онлайн-освіти, використання навчальної аналітики для персоналізації освітнього процесу, а також дослідження можливостей застосування передових технологій (штучного інтелекту, доповненої та віртуальної реальності) у підготовці фахівців з інформаційних систем і технологій.

Майбутня наукова робота має бути спрямована на вирішення цих завдань. По-перше, необхідно дослідити ефективність різних підходів у змішаних і дистанційних формах навчання шляхом порівняльного аналізу академічних результатів студентів у традиційних і онлайн-форматах. По-друге, слід розробити та протестувати інструменти для підтримки психологічного благополуччя та мотивації учасників освітнього процесу за умов підвищеного стресу. По-третє, інтеграція контейнеризаційних технологій, таких як Docker, та впровадження віртуальних лабораторій у навчальні курси вимагають вироблення відповідних стратегій і всебічного аналізу їх впливу на формування професійних компетенцій студентів. Окремий акцент також має бути зроблено на розробці та імплементації комплексних цифрових стратегій для університетів із врахуванням глобальних рекомендацій і найкращих світових практик. Загалом, глибша аналітика даних про навчальний процес, розвиток LMS-функціоналу та впровадження інноваційних освітніх рішень дозволять підвищити стійкість вищої освіти до зовнішніх потрясінь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Гріщенко П. С., Кізім С. С., Петришин С. І., Томчук М. А. Інноваційні підходи до підготовки бакалаврів з інформаційних систем і технологій в умовах цифрової трансформації // Педагогічна академія: наукові записки. – 2025. – № 18.
- [2] Буйницька О., Варченко-Троценко Л., Грицеляк Б. Цифровізація закладу вищої освіти // Освітологічний дискурс. – 2020. – № 1(28). – С. 73–88.
- [3] Калініченко А. та ін. Цифрова трансформація переміщених закладів вищої освіти України в умовах воєнного стану // Проблеми і перспективи управління. – 2025. – № 2 (Спец. вип. 4). – С. 71–85.
- [4] Tobarra L. et al. Students' Acceptance and Tracking of a New Container-Based Virtual Laboratory // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10, No. 3. – 1091.
- [5] Phan T.-T. T., Vu C.-T., Doan P.-T. T., Luong D.-H., Bui T.-P., Le T.-H., Nguyen D.-H. Two decades of studies on learning management system in higher education: A bibliometric analysis with Scopus database 2000–2020 // Journal of University Teaching and Learning Practice. – 2022. – Vol. 19, No. 3.
- [6] Кадемія М. Ю., Кізім С. С., Люльчак С. Ю., Савчук І. В. Реалізація змішаного навчання засобами цифрового освітнього середовища // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми : зб. наук. пр. – Вінниця-Київ : ТОВ фірма «Планер», 2021. – Вип. 62. – С. 249–256.
- [7] Weidlich J., Fink A., Frey A., Jivet I., Gombert S., Menzel L., Giorgashvili T., Yau J., Drachler H. Highly informative feedback using learning analytics: How feedback literacy moderates student perceptions of feedback // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2025. – Vol. 22, Art. 43.
- [8] Masiello I., Mohseni Z. A., Palma F., Nordmark S., Augustsson H., Rundquist R. A current overview of the use of learning analytics dashboards // Education Sciences. – 2024. – Vol. 14, Art. 82.
- [9] Гайтан О. М. Порівняльний аналіз можливостей використання інструментарію вебінарорієнтованих платформ Zoom, Google Meet та Microsoft Teams в онлайн-навчанні // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2022. – Т. 87, № 1. – С. 33–67.
- [10] Masalimova A. R., Khvatova M. A., Chikileva L. S., Stepanova V. V., Melnik M. V. Distance learning in higher education during COVID-19 // Frontiers in Education. – 2022. – Vol. 7, Art. 822958.
- [11] Кадемія М. Ю., Кізім С. С., Люльчак С. Ю., Савчук І. В. Інтеграція дуального і онлайн-навчання в закладах вищої освіти // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. – 2020. – Вип. 58. – С. 152–161.
- [12] Sturley H., Fournier A., Salcedo-Navarro A., García-Pineda M., Segura-García J. Virtualization vs. containerization: A comparative approach for application deployment in the computing continuum focused on the edge // Future Internet. – 2024. – Vol. 16, No. 11, Art. 427.
- [13] Hashim M. A. M., Tlemsani I., Matthews R. Higher education strategy in digital transformation // Education and Information Technologies. – 2022. – Vol. 27. – pp. 3171–3195.
- [14] de Fez I., Arce P., Belda R., Guerr J. C. Uso de contenedores Docker en el entorno educativo // Congreso In-Red. – 2021.
- [15] Khatser G., Khatser M. Online Learning Through LMSs: Comparative Assessment of Canvas and Moodle // International Journal of Emerging Technologies in Learning. – 2022. – Vol. 17, No. 12. – pp. 189–197.
- [16] Коноваленко С. М. Cloud services in the educational process of technological colleges' students // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2017. – Т. 58, № 2. – С. 70–82.
- [17] Гріщенко П. Формування професійної компетентності бакалавра з інформаційних систем та технологій в умовах цифрової трансформації // Інноваційна професійна освіта. 2024. Спецвип. 7(20): Модернізація освітніх програм підготовки здобувачів вищої освіти в контексті глобальних і національних викликів: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. семінару (Київ, 2024) / за ред. В.О. Радкевич, М.А. Пригодія. Київ: ІПО НАПН України, 2024. С. 131–137.

DIGITAL INFRASTRUCTURE AND MODERN SOFTWARE IN THE TRAINING OF BACHELORS IN INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Hryshchenko Pavlo Serhiiovych

PhD Student,

Specialty 011 – Educational and Pedagogical Sciences

Mykhailo Kotsiubynskyi Vinnytsia State Pedagogical University

ORCID ID: 0009-0002-3454-7437

mamasha42g@gmail.com

Kizim Svitlana Stepanivna

PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Innovative and Information Technologies in Education

Mykhailo Kotsiubynskyi Vinnytsia State Pedagogical University

ORCID ID: 0000-0003-1451-3950

skizim2012@gmail.com

Abstract: The article analyzes the role of digital infrastructure and modern software tools in the training of bachelor's students in Information Systems and Technologies (IST). It examines the key components of the "digital campus," including LMS platforms, CRM systems, analytical modules, and virtualization environments. The study reviews the experience of Ukrainian universities during the war: according to available data, approximately 73.3% of classes transitioned online, and more than 85% of instructors consider LMS platforms critically important for ensuring the quality of education. The article highlights that the use of cloud services such as AWS and Azure enabled continuity of the educational process even under emergency conditions. It also summarizes international experience in integrating digital tools into higher education and their role in modernizing the learning environment. Particular attention is given to the practical use of Docker-based virtual laboratories, learning analytics systems, and video-communication tools that support both synchronous and asynchronous interaction. The article proposes a vision of the digital campus as a comprehensive ecosystem that integrates educational, administrative, and research services into a unified digital environment. It identifies promising directions for developing digital infrastructure in conditions of instability, including the formation of institutional digital strategies, the strengthening of partnerships with IT companies, and the enhancement of digital literacy among participants in the educational process. Overall, the article aims to provide a systematic overview of modern IT solutions that contribute to improving the effectiveness of training future IST professionals.

Keywords: digital infrastructure; LMS platform; virtualization; cloud technologies; distance learning; IST education; digital transformation.

References (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Hryshchenko P. S., Kizim S. S., Petryshyn S. I., Tomchuk M. A. Innovative approaches to the training of bachelors in information systems and technologies under digital transformation. *Pedahohichna Akademiia: naukovi zapysky*, 2025, no. 18. (in Ukrainian)
- [2] Buinytska O., Varchenko-Trotsenko L., Hrytseliak B. Digitization of higher education institution. *Osvitohichnyi Dyskurs*, 2020, no. 1(28), pp. 73–88. (in Ukrainian)
- [3] Kalinichenko A., et al. Digital transformation of relocated higher education institutions in Ukraine under martial law. *Problemy i Perspektyvy Upravlinnia*, 2025, no. 2 (Special issue 4), pp. 71–85. (in Ukrainian)
- [4] Tobarra L., et al. Students' Acceptance and Tracking of a New Container-Based Virtual Laboratory. *Applied Sciences*, 2020, vol. 10, no. 3, 1091. (in English)
- [5] Phan T.-T. T., Vu C.-T., Doan P.-T. T., Luong D.-H., Bui T.-P., Le T.-H., Nguyen D.-H. Two decades of studies on learning management system in higher education: A bibliometric analysis with Scopus database 2000–2020. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 2022, vol. 19, no. 3. (in English)
- [6] Kademiia M. Yu., Kizim S. S., Liulchak S. Yu., Savchuk I. V. Implementation of blended learning by means of digital educational environment. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia v pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy – Modern Information Technologies and Innovative Teaching Methods in Training Specialists: Methodology, Theory, Experience, Problems: Collection of Scientific Papers, Vinnytsia–Kyiv: TOV firma 'Planer'*, 2021, issue 62, pp. 249–256. (in Ukrainian)
- [7] Weidlich J., Fink A., Frey A., Jivet I., Gombert S., Menzel L., Giorgashvili T., Yau J., Drachsler H. Highly informative feedback using learning analytics: How feedback literacy moderates student perceptions of feedback. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2025, vol. 22, Art. 43. (in English)

- [8] Masiello I., Mohseni Z. A., Palma F., Nordmark S., Augustsson H., Rundquist R. A current overview of the use of learning analytics dashboards. *Education Sciences*, 2024, vol. 14, Art. 82. (in English)
- [9] Haitan O. M. Comparative analysis of the capabilities of webinar-oriented platforms Zoom, Google Meet and Microsoft Teams in online learning. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 2022, vol. 87, no. 1, pp. 33–67. (in Ukrainian)
- [10] Masalimova A. R., Khvatova M. A., Chikileva L. S., Stepanova V. V., Melnik M. V. Distance learning in higher education during COVID-19. *Frontiers in Education*, 2022, vol. 7, Art. 822958. (in English)
- [11] Kademiia M. Yu., Kizim S. S., Liulchak S. Yu., Savchuk I. V. Integration of dual and online learning in higher education institutions. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia v pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy*, 2020, issue 58, pp. 152–161. (in Ukrainian)
- [12] Sturley H., Fournier A., Salcedo-Navarro A., García-Pineda M., Segura-García J. Virtualization vs. containerization: A comparative approach for application deployment in the computing continuum focused on the edge. *Future Internet*, 2024, vol. 16, no. 11, Art. 427. (in English)
- [13] Hashim M. A. M., Tlemsani I., Matthews R. Higher education strategy in digital transformation. *Education and Information Technologies*, 2022, vol. 27, pp. 3171–3195. (in English)
- [14] de Fez I., Arce P., Belda R., Guerr J. C. Uso de contenedores Docker en el entorno educativo. In: *Proc. Congreso In-Red*, 2021. (in Spanish)
- [15] Khatser G., Khatser M. Online Learning Through LMSs: Comparative Assessment of Canvas and Moodle. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2022, vol. 17, no. 12, pp. 189–197. (in English)
- [16] Konovalenko, S. M. Cloud services in the educational process of technological colleges' students. *Information Technologies and Learning Tools*, 58(2), 70–82. (2017).
- [17] Hrishchenko P. Formation of professional competence of bachelor in information systems and technologies in the context of digital transformation. *Innovatsiina profesiina osvita – Innovative Professional Education*, 2024, special issue 7(20): Modernization of higher education programs in the context of global and national challenges: Proceedings of the 6th All-Ukrainian Scientific and Practical Seminar (Kyiv, 2024), ed. by V.O. Radkevych, M.A. Pryhodii. Kyiv: IPO NAPN Ukrainy, 2024, pp. 131–137. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції / Received: 02.09.2025

Схвалено до друку / Accepted: 15.10.2025

УДК: 004.8:378(045)

DOI: 10.31652/2412-1142-2025-78-56-65

Гулівата Інна Олександрівна

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри права,
Вінницький торговельно-економічний інститут Державного торговельно-економічного університету,
м. Вінниця, Україна
ORCID ID: 0000-0003-4752-535X
i.hulivata@vtei.edu.ua

Ніколіна Ірина Іванівна

кандидат наук з державного управління, доцент, доцент кафедри менеджменту та публічного управління,
Вінницький торговельно-економічний інститут Державного торговельно-економічного університету,
м. Вінниця, Україна
ORCID ID: 0000-0001-7718-8599
i.nikolina@vtei.edu.ua

ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТІ: МОЖЛИВОСТІ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРАЦІЇ

Анотація. У статті здійснено комплексний аналіз можливостей та ризиків інтеграції генеративного штучного інтелекту (ШІ) в систему освіти. Серед основних переваг виокремлено персоналізоване навчання та використання адаптивних систем, спрямованих на підвищення залученості та покращення результатів навчання й викладання, а також на задоволення потреб усіх учасників освітнього процесу. Особливу увагу приділено ролі ШІ у просуванні інклюзії, зокрема шляхом створення доступних освітніх середовищ, сприяючи розбудові безбар'єрності, що особливо актуально зараз для українського суспільства. Встановлено, що інструменти ШІ можуть бути ефективно застосовані на різних етапах наукових досліджень, а також для оптимізації