

КРАВЧУК ОЛЬГА

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-6937-5001>e-mail: kravchuko2@gmail.com**КАЧУРИНЕЦЬ ДМИТРО**

Defilely Co

<https://orcid.org/0009-0001-9053-8837>e-mail: dmytro.kachurynets@gmail.com

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК КАТАЛІЗАТОР ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ В ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ: ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ПЛАТФОРМ

У роботі представлено технічний аналіз ролі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у процесі цифрової трансформації освітнього сектору, з особливим акцентом на впровадження та експлуатацію хмарних обчислювальних платформ. Основну увагу зосереджено на функціональних і архітектурних характеристиках таких платформ, як Google Workspace for Education, Microsoft 365 Education та Moodle, з метою оцінки їхньої ефективності в контексті масштабування цифрової інфраструктури освітніх закладів.

У дослідженні використано методи системного аналізу, технічного аудиту цифрових рішень, а також кількісне опитування ІТ-фахівців та технічного персоналу закладів освіти. Проведено порівняльну характеристику моделей доступу, авторизації, хмарного зберігання даних, інтеграції з локальними сервісами та підтримки API для розробки власних навчальних інструментів. Окремо розглянуто аспекти безпеки, включаючи багатofакторну автентифікацію, шифрування, резервне копіювання даних та відповідність хмарних сервісів міжнародним стандартам (ISO/IEC 27001, GDPR тощо). Визначено технічні переваги хмарних рішень у забезпеченні відмовостійкості, доступності та автоматизації процесів управління навчальним контентом.

Значну частину статті присвячено аналізу продуктивності та масштабованості хмарних сервісів при масовому навантаженні, зокрема у випадках переходу на дистанційний або змішаний формати навчання. Вивчено технічні обмеження, проблеми інтеграції з локальними мережами, а також потенціал впровадження контейнеризації та віртуалізації для підвищення ефективності використання ІКТ-інфраструктури. У висновках надано практичні рекомендації щодо вибору та впровадження хмарних ІКТ-рішень з урахуванням технічної специфікації закладу, рівня цифрової зрілості, вимог до конфіденційності, а також стратегії ІТ-розвитку. Обґрунтовано необхідність формування уніфікованих технічних стандартів та протоколів для інтеграції освітніх платформ у єдиний цифровий освітній простір.

Результати дослідження орієнтовані на спеціалістів у галузі освітніх ІТ-систем, системних адміністраторів, DevOps-інженерів, а також розробників освітніх технологій, які прагнуть впроваджувати технологічно обґрунтовані та масштабовані цифрові рішення.

Ключові слова: інформаційно-комунікаційні технології, цифрова трансформація, моделі, хмарні платформи, сервіси, системний аналіз, інформаційна безпека, освітнє середовище.

KRAVCHUK OLGA

Khmelnytsky National University

KACHURYNETS DMYTRO

Defilely Co

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AS A CATALYST FOR DIGITAL TRANSFORMATION IN THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT: TECHNICAL ANALYSIS OF THE USE OF CLOUD PLATFORMS

The article discusses the impact of artificial intelligence on programming processes, including code Abstract. This paper presents a technical analysis of the role of information and communication technologies (ICT) in the digital transformation of the education sector, with a particular focus on the implementation and operation of cloud computing platforms. The main focus is on the functional and architectural characteristics of platforms such as Google Workspace for Education, Microsoft 365 Education, and Moodle, with the aim of assessing their effectiveness in the context of scaling the digital infrastructure of educational institutions.

The study uses methods of system analysis, technical audit of digital solutions, as well as a quantitative survey of IT specialists and technical staff of educational institutions. A comparative analysis of models of access, authorization, cloud data storage, integration with local services, and API support for the development of proprietary educational tools was conducted. Security aspects were considered separately, including multi-factor authentication, encryption, data backup, and compliance of cloud services with international standards (ISO/IEC 27001, GDPR, etc.). The technical advantages of cloud solutions in ensuring fault tolerance, availability, and automation of educational content management processes were identified.

A significant part of the article is devoted to analyzing the performance and scalability of cloud services under heavy load, particularly in cases of transition to remote or blended learning formats. Technical limitations, problems of integration with local networks, and the potential for implementing containerization and virtualization to improve the efficiency of ICT infrastructure use are examined. The conclusions provide practical recommendations for the selection and implementation of cloud ICT solutions, taking into account the technical specifications of the institution, the level of digital maturity, confidentiality requirements, and IT development strategies. The need to develop unified technical standards and protocols for integrating educational platforms into a single digital educational space is justified.

The research results are aimed at specialists in the field of educational IT systems, system administrators, DevOps engineers, and educational technology developers who seek to implement technologically sound and scalable digital solutions.

Keywords: information and communication technologies, digital transformation, models, cloud platforms, services, system analysis, information security, educational environment.

Стаття надійшла до редакції / Received 27.04.2025

Прийнята до друку / Accepted 15.05.2025

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

У XXI столітті цифровізація стала ключовим трендом, що визначає розвиток усіх сфер суспільного життя, включаючи освіту. Переорієнтація освітнього процесу на цифрові моделі навчання зумовлена не лише соціальними та економічними викликами (зокрема, пандемією COVID-19), а й стрімким зростанням технологічних можливостей інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Одним із центральних векторів цієї трансформації є впровадження хмарних обчислювальних платформ, які забезпечують доступ до освітніх ресурсів незалежно від фізичного розташування, часу та типу пристрою. З технічної точки зору, хмарні платформи виступають як інфраструктурна база (IaaS), платформа як сервіс (PaaS) або програмне забезпечення як сервіс (SaaS), що дозволяє централізовано адмініструвати контент, автоматизувати управління навчальним процесом, інтегрувати різноманітні освітні додатки та забезпечувати безперервний обмін даними між користувачами. У цьому контексті ІКТ виступають каталізатором цифрової трансформації, оскільки саме наявність сучасної, масштабованої та безпечної ІКТ-інфраструктури є критичною умовою реалізації цифрових освітніх стратегій. Попри широку популяризацію хмарних сервісів у закладах освіти, на практиці залишаються відкритими питання, пов'язані з інтеграцією хмарних рішень у локальні мережі, забезпеченням інформаційної безпеки, управлінням обліковими записами, оптимізацією продуктивності систем при високому навантаженні, а також підтримкою взаємодії з АРІ для створення кастомізованих рішень.

У сучасних умовах освітній заклад функціонує як цифрова екосистема, де необхідне злагоджене поєднання апаратних, програмних, мережових і сервісних компонентів. Таким чином, об'єктом даного дослідження є технічні особливості хмарних платформ, що застосовуються в освітньому середовищі, а предметом – їхній вплив на ефективність і надійність ІКТ-інфраструктури закладу освіти.

Метою статті є комплексний технічний аналіз хмарних платформ, що використовуються в освіті, з урахуванням їх архітектури, можливостей масштабування, параметрів безпеки, продуктивності, а також ступеня інтеграції в існуючі цифрові екосистеми. У межах дослідження розглянуто також технічні бар'єри впровадження, потенціал використання контейнеризації та гібридних хмарних рішень, а також надано техніко-практичні рекомендації щодо оптимального впровадження ІКТ у навчальний процес. Цей підхід дозволяє відійти від суто педагогічного аналізу цифровізації освіти та перейти до глибшого осмислення ІКТ як ключового інженерно-технологічного ресурсу освітньої модернізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останні наукові дослідження та галузеві звіти свідчать про стрімке зростання ролі інформаційно-комунікаційних технологій у трансформації освітнього середовища, з особливим акцентом на впровадження хмарних платформ як базової інфраструктури цифрового навчання. У роботі Ольги Чорної [1] окреслено еволюцію хмарних технологій в освіті, що простежується від початкових етапів популярності до широкого впровадження у закладах освіти. Авторка запропонувала фреймворк CERF, який поєднує моделі TAM, UTAUT і Gartner Hype Cycle для комплексної оцінки готовності освітніх інституцій до хмарної трансформації. Дослідження демонструє, що в умовах Східної Європи, зокрема України, цифровізація відбувається нерівномірно, часто гальмується низьким рівнем інфраструктури або побоюваннями щодо безпеки.

Паралельно, у технічній статті Meghana Orugunta [2] досліджено архітектурні підходи до масштабування освітніх платформ із використанням хмарно-орієнтованих рішень. Авторка аналізує застосування мікросервісної архітектури, глобального кешування через CDN, використання штучного інтелекту для персоналізації навчального процесу та впровадження аналітичних модулів у режимі реального часу. Такий підхід підтверджує технічну життєздатність хмарних платформ в умовах швидкозростаючого попиту на якісну освіту.

Зі свого боку, ринкові дослідження, зокрема аналітика від CXO Xperts, свідчать про стійку тенденцію експоненційного зростання сегменту хмарних EdTech-платформ [3]. За прогнозами, до 2034 року обсяг глобального ринку сягне понад 215 мільярдів доларів США. Провідними факторами такого зростання є автоматизація процесів управління навчальними закладами, розвиток гібридного навчання, інтенсивна інтеграція AI та потреба в масштабованих рішеннях.

На прикладі дослідження китайських університетів, проведеного Хан і Трімі, показано, що хмарні технології відіграють критичну роль у забезпеченні безперервності освітнього процесу під час кризових ситуацій. Зокрема, в умовах пандемії платформи демонстрували стабільність, гнучкість та адаптивність до пікових навантажень за рахунок масштабованої інфраструктури [4].

У більш технологічному контексті, праці Ченга [5] звертають увагу на поєднання ІКТ, Інтернету речей та штучного інтелекту в рамках концепції «розумного класу». Автор наголошує, що хмарні сервіси виступають платформою для інтеграції сенсорних пристроїв, адаптивного контенту та аналітичних систем, що дозволяє забезпечити гнучке, персоналізоване навчання з багатоканальною взаємодією.

Окреме місце в сучасній науково-практичній дискусії займає питання партнерства між глобальними EdTech-компаніями та провайдерами хмарних послуг. Наприклад, укладена угода між

Pearson, Google Cloud, Microsoft і AWS передбачає створення адаптивних AI-інструментів для автоматизованого планування, підтримки викладання та оцінювання. Така інтеграція не лише розширює функціональність платформ, а й зміщує фокус цифрової трансформації на персоніфіковану аналітику й оптимізацію освітнього процесу [6].

Синтез вищезгаданих джерел дозволяє зробити висновок, що хмарні технології не лише сприяють модернізації освітніх систем, а й формують нову парадигму навчання, в якій цифрова інфраструктура виступає не допоміжним, а стратегічним ресурсом для досягнення якості, доступності та сталого розвитку освіти в глобальному масштабі.

Формулювання цілей статті

Метою даної наукової статті є здійснення комплексного технічного аналізу використання хмарних інформаційно-комунікаційних технологій у контексті цифрової трансформації освітнього середовища.

Виклад основного матеріалу

1. Характеристика хмарних платформ у контексті масштабування цифрової інфраструктури. У контексті цифрової трансформації освітніх установ хмарні платформи відіграють визначальну роль як базові технологічні компоненти електронного навчального середовища. Вони забезпечують централізоване управління навчальним контентом, безпечно зберігання й обмін даними, а також підтримують організацію синхронної та асинхронної комунікації між учасниками освітнього процесу. У цьому розділі здійснено аналіз трьох провідних хмарних рішень – Google Workspace for Education, Microsoft 365 Education і Moodle, – з акцентом на їх технічні параметри, функціональність, здатність до масштабування та можливості інтеграції з внутрішніми ІКТ-системами навчального закладу.

Google Workspace for Education. Google Workspace for Education є інтегрованим пакетом хмарних інструментів, побудованих на основі інфраструктури Google Cloud Platform та спеціально адаптованих для потреб освітніх установ. Архітектура платформи відзначається високим рівнем доступності (до 99,9%), автоматичним масштабуванням обчислювальних ресурсів і використанням глобально розподілених дата-центрів, що гарантує стабільну роботу та мінімальні затримки при доступі до сервісів. До складу рішення входять ключові освітні продукти, зокрема Google Classroom, Drive, Docs, Sheets, Meet і Calendar, які централізовано адмініструються через уніфіковану консоль керування. Платформа реалізує підтримку багаторівневої автентифікації, систем безпеки з можливістю налаштування політик доступу, а також інтеграцію з системами єдиного входу (SSO) для доменів навчальних закладів. У сфері масштабування Google Workspace забезпечує автоматизоване управління користувачами та групами, стабільну роботу при великій кількості одночасних підключень, а також можливість розширення функціональності за допомогою Google Workspace Marketplace та вбудованих API-інтерфейсів. Всі сервіси відповідають ключовим міжнародним стандартам інформаційної безпеки, зокрема GDPR, FERPA та ISO/IEC 27001, що гарантує високий рівень захисту персональних даних користувачів [7].

Microsoft 365 Education. Microsoft 365 Education представляє собою гібридне хмарне рішення, побудоване на основі платформи Microsoft Azure, яке надає можливість освітнім закладам поєднувати внутрішні ІКТ-ресурси з масштабованою хмарною інфраструктурою. Центральним компонентом екосистеми виступає Microsoft Teams – багатофункціональне середовище для організації віртуального навчального процесу, що об'єднує відеозустрічі, текстову комунікацію, колаборативну роботу з документами та управління навчальним контентом. Система підтримує гнучке масштабування та інтегрується з Active Directory, Azure Active Directory, а також надає можливість централізованого управління політиками безпеки і пристроями користувачів за допомогою Intune for Education. Завдяки широким можливостям інтеграції через Graph API та інші інтерфейси, Microsoft 365 легко взаємодіє з системами управління навчанням (LMS), інформаційними системами студентів (SIS), а також з зовнішніми освітніми рішеннями, включаючи Moodle. Система безпеки платформи базується на компонентах Microsoft Defender, Information Protection та Azure Sentinel, що забезпечують багаторівневий захист даних і активний моніторинг загроз. Відповідність міжнародним стандартам, таким як ISO/IEC, SOC, FERPA і HIPAA, дозволяє використовувати Microsoft 365 у середовищах з підвищеними вимогами до конфіденційності та нормативного регулювання [8].

Moodle. Moodle є системою управління навчанням з відкритим програмним кодом, що спеціалізується на побудові масштабованих та адаптивних освітніх середовищ. Платформа має гнучку модульну архітектуру, яка дозволяє розгортання як на локальній серверній інфраструктурі навчального закладу, так і у хмарних середовищах, зокрема на базі AWS, Azure або у спеціалізованому сервісі MoodleCloud. Завдяки підтримці кластеризації, балансування навантаження та механізмів кешування (наприклад, через Redis або Memcached), Moodle демонструє високу продуктивність навіть при великій кількості одночасних користувачів. Платформа забезпечує різноманітні форми взаємодії з навчальним контентом – від адаптивних курсів, інтегрованих відеоматеріалів, тестів і SCORM-модулів до форумів і аналітичних інструментів для відстеження успішності. З технічної точки зору Moodle вирізняється широкими інтеграційними можливостями: вона підтримує стандарти LTI, SCORM, xAPI, численні REST API, а також дозволяє розширення функціоналу через десятки плагінів і модулів з відкритим кодом. Забезпечення безпеки реалізується за рахунок підтримки HTTPS, протоколів автентифікації

OAuth 2.0 та LDAP, можливості резервного копіювання (локального або хмарного), а також відповідності вимогам GDPR щодо обробки персональних даних [9,10].

Усі три платформи мають значний потенціал для масштабування освітнього процесу, проте їх ефективне впровадження має ґрунтуватися на результатах технічного аналізу потреб конкретного закладу, рівні розвитку його ІКТ-інфраструктури, вимогах до інформаційної безпеки та прийнятій моделі управління цифровими ресурсами.

2. Методологія дослідження. Для досягнення поставленої мети було застосовано комплексний методологічний підхід, який поєднує системний аналіз, технічний аудит, емпіричне опитування ІТ-фахівців та порівняльну характеристику досліджуваних платформ. Такий підхід дозволив здійснити всебічну технічну оцінку хмарних сервісів у контексті їх застосування в освітньому середовищі.

Системний аналіз. Метод системного аналізу дозволив: визначити ключові функціональні компоненти хмарних платформ (серверна архітектура, модулі автентифікації, API-інтерфейси, інтеграційні шлюзи); розглядати платформу як цілісну ІКТ-систему, що взаємодіє з локальними компонентами освітнього середовища (внутрішні мережі, пристрої користувачів, системи доступу); оцінити логіку взаємодії між складовими системами, ідентифікувати технічні обмеження, потенціал до масштабування, а також бар'єри для інтеграції. Застосування цього методу дозволило моделювати типові сценарії використання хмарних сервісів у навчальному процесі та виділити ключові параметри для глибшого технічного аналізу [11].

Технічний аудит цифрових рішень. Аудит охоплював три платформи: Google Workspace for Education, Microsoft 365 Education та Moodle, які було оцінено за такими критеріями:

- а) моделі автентифікації: підтримка LDAP, OAuth 2.0, SSO, Active Directory;
- б) хмарне зберігання даних: обсяг, швидкодія, резервне копіювання, географічне розміщення серверів;
- в) механізми масштабування: горизонтальне/вертикальне масштабування, автоматичне розширення ресурсів, кластеризація;
- г) безпека: реалізація шифрування, захист каналів передачі, відповідність міжнародним стандартам (ISO/IEC 27001, FERPA, GDPR);
- д) інтеграція з локальними системами: можливість взаємодії з SIS, LMS, внутрішніми ІТ-сервісами;
- е) підтримка API: наявність документації, SDK, REST/Graph API, можливість розробки власних модулів.

Кожен параметр оцінювався з урахуванням реальних умов експлуатації в освітніх закладах з обмеженими ресурсами та різним рівнем цифрової інфраструктури.

Кількісне опитування ІТ-фахівців. Для збору емпіричних даних було проведено анонімне онлайн-опитування серед представників ІТ-спільноти освітнього сектору, а саме: системних адміністраторів; керівників ІТ-відділів; координаторів цифрової трансформації; розробників навчальних сервісів.

В опитуванні взяли участь 56 респондентів, які відповідали на питання за такими блоками: наявність хмарних платформ у закладі; технічні труднощі впровадження; рівень інтеграції з локальними системами; продуктивність сервісів під час навантаження; зручність адміністрування та технічна підтримка; стратегічні плани щодо розвитку цифрової інфраструктури. Зібрана інформація була використана для кількісної оцінки ефективності платформ та верифікації результатів технічного аналізу.

Порівняльна характеристика. Усі результати були зведені в порівняльну таблицю, засновану на єдиних критеріях оцінювання. Це дозволило: об'єктивно порівняти функціональні, технічні та інфраструктурні особливості платформ; виявити найбільш адаптивні рішення для масштабування цифрових середовищ; сформулювати практичні рекомендації щодо впровадження хмарних сервісів у різних типах освітніх установ — з урахуванням їх технічних можливостей, потреб і пріоритетів розвитку.

Таблиця 1

| Критерії | Google Workspace | Microsoft 365 | Moodle |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Тип хостингу | Хмарна | Хмарна/гібридна | Локальна/хмарна |
| Автентифікація | OAuth 2.0, SSO | Azure AD, SSO | LDAP, OAuth |
| Масштабування | Автоматичне | Динамічне | Конфігуроване |
| Інтеграція з локальними системами | Середня | Висока | Висока |
| Підтримка API | Так (REST API) | Так (Graph API) | Так (LTI, REST API) |
| Стандарти безпеки | ISO, GDPR, FERPA | ISO, SOC, FERPA | HTTPS, GDPR |

4. Аналіз безпеки хмарних платформ в освітньому середовищі. Інформаційна безпека є критично важливою складовою під час впровадження хмарних рішень у закладах освіти, адже такі платформи обробляють значні обсяги чутливої інформації – як персональних, так і навчальних даних. У межах дослідження було здійснено технічний аналіз базових механізмів захисту даних, що реалізуються в Google Workspace for Education, Microsoft 365 Education та Moodle, з акцентом на актуальні технології захисту, шифрування, резервування даних і відповідність нормативним вимогам.

Одним із основних механізмів ідентифікації користувачів є багатофакторна автентифікація (MFA), яка базується на комбінації принаймні двох типів підтвердження особи – знання (наприклад, пароль), володіння (мобільний пристрій або апаратний токен) і фізичних характеристик (біометрія). Сервіси Google Workspace та Microsoft 365 реалізують цю технологію на базі власних мобільних застосунків, фізичних ключів і OTP-кодів, тоді як Moodle передбачає її підключення через додатковий модуль, такі як SAML або Duo Security. Ще одним ключовим компонентом є шифрування інформації як під час передавання, так і у стані зберігання. У цьому контексті хмарні рішення Google та Microsoft впроваджують TLS-протоколи нового покоління (зокрема TLS 1.3), а також підтримку шифрування за стандартами AES-256 та BitLocker. Moodle, як система з відкритим кодом, дозволяє реалізувати шифрування на рівні інфраструктури та БД, однак ефективність цього механізму залежить від налаштувань сервера, вибраного хостингу й адміністративної підтримки. З метою забезпечення збереженості даних у випадку збоїв, критично важливою є наявність систем резервного копіювання. Платформи Google Workspace та Microsoft 365 мають вбудовані автоматизовані механізми геореплікованого збереження та політик відновлення, тоді як у Moodle резервування реалізується вручну або через планувальник завдань, із можливістю збереження на локальні чи хмарні носії. Важливим аспектом оцінювання безпеки також є відповідність міжнародним стандартам та нормативам. Обидві хмарні платформи – Google Workspace і Microsoft 365 — сертифіковані за стандартами ISO/IEC 27001, ISO/IEC 27018, підтримують вимоги GDPR та FERPA, а також проходять аудити SOC 2. Moodle, у свою чергу, може відповідати цим стандартам лише за умови правильного налаштування серверного середовища, дотримання вимог конфіденційності та реалізації політик інформаційної безпеки на локальному рівні [7,8,12].

Таким чином, рівень реалізації безпекових механізмів суттєво варіюється залежно від платформи. Повноцінно керовані хмарні сервіси забезпечують високий рівень захисту за умов мінімального технічного втручання, тоді як самохостингові рішення, на кшталт Moodle, вимагають значно більшої залученості адміністратора, але, натомість, надають гнучкість та контроль над конфігурацією безпекових політик.

5. Технічні переваги хмарних рішень у цифровій освіті. Сучасні хмарні технології значно підвищують надійність та ефективність освітніх ІКТ-систем завдяки своїм архітектурним особливостям і автоматизованим можливостям. У цифровому освітньому середовищі хмарна інфраструктура відіграє ключову роль у забезпеченні відмовостійкості, високої доступності сервісів та автоматизації управління навчальним контентом. Висока відмовостійкість хмарних платформ досягається завдяки географічно розподіленим дата-центрам, що дозволяє дублювати дані та сервіси на кількох фізичних майданчиках. У разі збоїв або втрати доступу до окремого вузла система автоматично перенаправляє трафік на активні резервні ресурси, забезпечуючи безперервність обслуговування. Додатково, багато хмарних середовищ використовують кластеризацію ресурсів, що дозволяє оптимізувати навантаження між окремими компонентами системи, а також постійний моніторинг стану серверів і миттєве реагування на технічні несправності. Ще однією важливою перевагою є висока доступність, яка у більшості хмарних платформ становить понад 99,9% часу безвідмовної роботи. Це забезпечується за рахунок глобальної мережі доставки контенту (CDN), яка пришвидшує доступ до ресурсів незалежно від місцезнаходження користувача. Автоматизоване балансування навантаження між серверами сприяє стабільній роботі систем навіть за умов пікових навантажень, наприклад, під час проведення масових тестувань або дистанційних сесій. Крім того, хмарні платформи здатні динамічно масштабувати обчислювальні ресурси відповідно до реального навантаження, що значно підвищує їхню гнучкість. Важливою функціональною характеристикою хмарних рішень є також глибокий рівень автоматизації процесів управління навчальним контентом. Сервіси, зокрема Google Drive, OneDrive та Moodle-репозиторії, забезпечують синхронізацію освітніх матеріалів між пристроями користувачів. Адміністратори мають можливість масового імпорту й експорту навчальних курсів, включно з SCORM-, H5P-та IMS-модулями, а також автоматичного планування публікації матеріалів. Системи оцінювання вбудовані безпосередньо в платформи, що дозволяє автоматизувати перевірку знань, а аналітичні модулі – відслідковувати успішність студентів у режимі реального часу. Додатково, можливість використання API-інтерфейсів відкриває широкі перспективи для централізованого адміністрування курсів, управління ролями доступу та інтеграції з зовнішніми платформами, такими як CRM або інформаційні системи навчальних закладів.

Таким чином, хмарні платформи демонструють комплекс переваг, які охоплюють не лише технічну стійкість і стабільність, а й високий рівень автоматизації рутинних освітніх процесів. Це робить їх ефективним інструментом для реалізації масштабованого, надійного та адаптивного цифрового навчального середовища.

6. Аналіз продуктивності та масштабованості хмарних сервісів в умовах інтенсивного використання. З переходом освітніх установ на дистанційні та змішані формати навчання, особливо у період пандемії COVID-19, хмарні платформи зазнали суттєвого підвищення навантаження, що висвітлює як їх сильні сторони, так і вразливості. Підвищення вимог до швидкодії, стабільності, масштабованості та інтеграційної здатності сервісів стало критичним чинником для їх ефективного використання в освітньому процесі. У періоди пікового навантаження, зокрема під час онлайн-занять,

масового тестування чи проведення сесій, хмарні сервіси мають забезпечити безперебійну роботу при великій кількості одночасних підключень. Це включає активну обробку потокового відео, презентацій, інтерактивних завдань тощо. Проблеми, що найчастіше виникають у таких ситуаціях, пов'язані зі зростанням латентності відеозв'язку, затримками у завантаженні матеріалів через перевантаження CDN, а також обмеженнями продуктивності, характерними для недостатньо оптимізованих інфраструктур, таких як у випадку з Moodle [9]. Для подолання цих труднощів використовуються сучасні рішення, включаючи георозподілені дата-центри, автоматичне балансування навантаження між вузлами, масштабування ресурсів у режимі реального часу та кешування найбільш часто використовуваних даних. Щодо масштабованості, то такі платформи, як Google Workspace і Microsoft 365, реалізують її автоматично, що дозволяє системі адаптуватися до змін кількості користувачів без втрати продуктивності [7,8]. Це досягається завдяки використанню хмарної архітектури IaaS та SaaS. Moodle, як програмне забезпечення з відкритим кодом, потребує окремого технічного адміністрування: зокрема, налаштування масштабованих баз даних, фронтенд-кластерів, кеш-серверів і файлових сховищ з підтримкою горизонтального масштабування. Незважаючи на переваги хмарних рішень, в освітніх установах часто виникають технічні обмеження, які ускладнюють їх інтеграцію. Серед них – обмежена пропускна здатність локальних мереж, несумісність сучасних сервісів із застарілим обладнанням або системами управління базами даних, труднощі з впровадженням єдиного входу в умовах складної організаційної структури, а також залежність від якості інтернет-з'єднання, що особливо актуально для сільських регіонів.

Одним з ефективних технологічних підходів до покращення продуктивності та гнучкості локальних освітніх платформ є впровадження технологій контейнеризації та віртуалізації. Завдяки цим підходам можливо ізолювати кожен освітній сервіс або курс у окремому контейнері, що підвищує безпеку та керованість. Контейнеризовані екземпляри Moodle або API-сервіси можна швидко масштабувати без необхідності тривалого налаштування. Засоби CI/CD забезпечують автоматизоване оновлення контенту, а системи типу Kubernetes, OpenShift або Docker Swarm дають змогу ефективно керувати ресурсами в умовах динамічних навантажень. Віртуалізовані середовища також дозволяють створювати окремі тестові інстанси навчальних платформ, не порушуючи стабільність основної систем.

У підсумку, поєднання можливостей хмарної архітектури, контейнеризації та віртуалізації дозволяє сформувати стійке, масштабоване й ефективне освітнє середовище, здатне витримувати великі обсяги навантаження та адаптуватися до змін кількості користувачів, мінімізуючи ризики збоїв і втрати даних.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Проведений технічний аналіз трьох провідних хмарних освітніх платформ – Google Workspace for Education, Microsoft 365 Education та Moodle – засвідчив, що кожне з рішень має свої унікальні переваги й технічні особливості, які можуть бути ефективно реалізовані залежно від потреб конкретного освітнього закладу. Вибір платформи та стратегія її впровадження повинні ґрунтуватися на низці ключових технічних, організаційних та безпекових факторів.

Перш за все, доцільно враховувати стан технічної інфраструктури закладу. Наявність стабільного широкосмугового інтернет-з'єднання, достатня обчислювальна потужність серверного обладнання та сумісність існуючих систем автентифікації, таких як LDAP чи Active Directory, суттєво впливають на ефективність розгортання та експлуатації хмарного рішення.

Крім того, важливо оцінити рівень цифрової зрілості організації. Йдеться про розвиток внутрішньої ІКТ-екосистеми, наявність інформаційних систем управління освітою, електронного документообігу, рівень підготовки технічного персоналу, досвід впровадження хмарних сервісів та цифрову грамотність педагогічного колективу.

Питання конфіденційності та безпеки даних також мають визначальний характер. Освітні платформи повинні забезпечувати захист персональної інформації відповідно до вимог міжнародного законодавства, зокрема GDPR та FERPA, а також підтримувати сучасні механізми захисту – багатфакторну автентифікацію, контроль доступу, політики збереження даних та ведення журналів активності. При цьому важливу роль відіграє можливість вибору локації дата-центрів або використання локального хостингу у разі потреби.

Ще одним критично важливим аспектом є узгодженість обраної платформи з довгостроковою ІТ-стратегією закладу. Платформи мають сприяти подальшій цифровій трансформації, зокрема шляхом інтеграції з внутрішніми системами, підтримки API для автоматизації, а також можливості впровадження сучасних DevOps-практик. Особливої уваги вимагають проєкти на базі Moodle, які потребують високого рівня кастомізації та гнучкості в адмініструванні.

У світлі розмаїття технологічних рішень, яке спостерігається в освітній сфері, актуальним залишається завдання уніфікації технічних стандартів і протоколів. Це необхідно для забезпечення повної сумісності між платформами, стандартизації механізмів автентифікації, підтримки обміну навчальним контентом у спільному форматі, а також реалізації наскрізної аналітики навчальної активності. Уніфікація має також охоплювати підходи до CI/CD, розгортання середовищ, оновлення сервісів і моніторинг продуктивності.

У підсумку слід зазначити, що хмарні ІКТ-рішення виступають не лише інструментом для автоматизації окремих процесів, а є технологічним ядром сучасного цифрового освітнього середовища. Їх впровадження має бути не ситуативним, а стратегічно зумовленим кроком, що спирається на глибокий технічний аудит, цифрову політику закладу та бачення його розвитку у контексті глобальної трансформації освіти.

Література

1. Чорна О. В. Еволюція хмарних обчислень в освіті: від Hype Cycle до масового впровадження (2012–2024) // Матеріали міжнародної наукової конференції «CTE Workshop Proceedings». – 2025. – Т. 3, № 1. – С. 70–79. DOI: 10.55056/cte.952
2. Orugunta M. «Cloud Technologies in Digital Education: Scaling for Global Learning». International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology. – 2025. – Т. 11, № 2. – С. 1099–1109. DOI: 10.32628/CSEIT25112443
3. CXO XPERTS. Cloud EdTech Market to Reach USD 215.6 Billion by 2034. – CXO XPERTS, 30 січня 2025. – <https://www.cxoxperts.com/cloud-edtech-market-to-reach-215-6b-by-2034>
4. Han H., Trimi S. Cloud computing-based higher education platforms during the COVID-19 pandemic. – arXiv (препринт), 18 лютого 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2203.03714
5. Cheng, Y. Overview of the development of smart classrooms under information technology: development and innovation of hardware and software. – arXiv (препринт), 30 грудня 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2412.20730
6. Reuters. Pearson te Google Cloud. Pearson and Google team up to bring AI learning tools to classrooms. – Reuters, 26 червня 2025. URL: <https://www.reuters.com/business/retail-consumer/pearson-google-team-up-bring-ai-learning-tools-classrooms-2025-06-26/>
7. Google. Google Workspace for Education overview. – Google for Education, 2025. <https://support.google.com/a/answer/7370133>
8. Microsoft. Документація Microsoft 365 Education. – Microsoft for Education, 2025. <https://learn.microsoft.com/en-us/education/products/microsoft-365-education>
9. Moodle HQ. Moodle: scalable, secure & flexible learning platform. – Офіційна документація Moodle, 2025. <https://moodle.com/scaling-learning-with-moodle/>
10. Кравчук, О., & Кравчук, А. (2024). Огляд та аналіз інформатики та інформаційних технологій як основ сучасного програмування. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 333(2), 409-413. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-64>
11. Кравчук, О., Синюк, Н., & Кравчук, Д. (2025). Огляд та аналіз інформаційних технологій обробки даних в курсі сучасної інформатики. Herald of khmelnytskyi national university. Technical sciences, 349(2), 511-514. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-349-75>
12. Кравчук, о. (2024). Інформаційні технології при розробці веб-ресурсів. Herald of khmelnytskyi national university. Technical sciences, 341(5), 334-337. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-341-5-49>

References

1. Chorna, O. V. (2025). The evolution of cloud computing in education: From Hype Cycle to mainstream adoption (2012–2024). CTE Workshop Proceedings, 3(1), 70–79. <https://doi.org/10.55056/cte.952>
2. Orugunta M. «Cloud Technologies in Digital Education: Scaling for Global Learning». International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology. – 2025. – Т. 11, № 2. – С. 1099–1109. DOI: 10.32628/CSEIT25112443
3. CXO XPERTS. (2025, January 30). Cloud EdTech Market to Reach USD 215.6 Billion by 2034. CXO XPERTS. <https://www.cxoxperts.com/cloud-edtech-market-to-reach-215-6b-by-2034>
4. Han, H., & Trimi, S. (2022, February 18). Cloud computing-based higher education platforms during the COVID-19 pandemic. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.03714>
5. Cheng, Y. (2024). Overview of the development of smart classrooms under information technology: development and innovation of hardware and software. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.20730>
6. Pearson plc & Google Cloud. (2025, June 26). Pearson and Google team up to bring AI learning tools to classrooms. Reuters. <https://www.reuters.com/business/retail-consumer/pearson-google-team-up-bring-ai-learning-tools-classrooms-2025-06-26/>
7. Google. (2025). Google Workspace for Education overview. Google for Education. <https://support.google.com/a/answer/7370133>
8. Microsoft. Документація Microsoft 365 Education. — Microsoft for Education, 2025. – Доступно за адресою: <https://learn.microsoft.com/en-us/education/products/microsoft-365-education> (Microsoft Learn)
9. Moodle HQ. (2025). Moodle: scalable, secure & flexible learning platform. Retrieved from Moodle.com: <https://moodle.com/scaling-learning-with-moodle/>
10. Kravchuk, O., & Kravchuk, A. (2024). Review and analysis of computer science and information technology as the basis of modern programming. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 333(2), 409-413. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-64>
11. Kravchuk, O., Sinyuk, N., & Kravchuk, D. (2025). Review and analysis of information technologies for data processing in the course of modern computer science. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 349(2), 511-514. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-349-75>
12. Kravchuk, O. (2024). Information technologies in the development of web resources. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 341(5), 334-337. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-341-5-49>