

Є. ЛЕГА, С. ЛЯШЕНКО

МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ОЦІНЮВАННЯ ЦИФРОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

У сучасному світі використання цифрових технологій у навчальному процесі стає все більш актуальним явищем. У зв'язку з цим оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти є надзвичайно важливим. Для цього необхідно застосовувати відповідні методи й алгоритми, що дають змогу визначати якість цифрової інфраструктури та її ефективність у навчанні. З метою підвищення якості освіти й забезпечення максимальної доступності цифрової інфраструктури важливо проводити належне оцінювання. **Предметом** дослідження є методи та алгоритми оцінювання цифрової інфраструктури вишів. **Мета** роботи – аналіз методів оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти та створення універсального підходу для вишів на базі проаналізованих прикладів. У статті вирішуються конкретні **завдання**: аналіз наукових джерел щодо методів і алгоритмів оцінювання рівня цифрової інфраструктури; розгляд основних методів, що використовуються для схожих завдань в Україні та світі; визначення наявних критеріїв і показників оцінювання; розроблення уніфікованих критеріїв, з огляду на специфіку кожного закладу вищої освіти; створення методу оцінювання за певними критеріями та вибір методів для виявлення значущих критеріїв; розроблення алгоритму для оцінювання критеріїв та отримання загальної оцінки; аналіз здобутих результатів. Для досягнення мети й вирішення поставлених завдань застосовані такі **методи**: науковий аналіз, аналіз ієрархій та аналіз експертних оцінок. **Основним результатом** дослідження є розроблення універсального методу й алгоритму оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти, що дають змогу ефективно та більш об'єктивно визначати рівень розвитку цифрової інфраструктури у вишах і порівнювати різні навчальні заклади. **Висновки**: застосування методу допоможе порівнювати заклади вищої освіти з огляду на особливості кожного з них і дасть змогу більш об'єктивно оцінити цифрову інфраструктуру навчальних закладів.

Ключові слова: оцінка; метод; цифрова інфраструктура; аналіз; оброблення; критерій.

Вступ

Цифрова трансформація закладів вищої освіти (ЗВО) є актуальною проблемою, що потребує системного підходу й належної уваги з боку науковців і практиків. Одним із ключових складників цифрової трансформації є цифрова інфраструктура, що забезпечує інформаційні потоки та ефективну роботу всього закладу. Незважаючи на те, що багато вишів активно розвивають свою цифрову інфраструктуру, існує проблема ефективного моніторингу та оцінювання рівня її розвитку. Ця проблема стає особливо нагальною в умовах стрімкого поширення технологій та зміни вимог до освіти.

Зростання якості освіти й високі очікування студентів, викладачів і дослідників щодо доступності та ефективності цифрових технологій примусили університети та інші ЗВО зосередитися на розвитку цифрової інфраструктури. Вимоги до неї значно змінили й ситуація з пандемією COVID-19. Вимушений перехід на дистанційне навчання та онлайн-формат виявив недоліки технічного цифрового складника

вищих шкіл, що призвело до невпевненості в його ефективності та необхідності оцінювання.

Зклади вищої освіти в сучасних умовах не можуть існувати без використання цифрової інфраструктури. Цифрові технології дають змогу ефективно виконувати адміністративні, навчальні та дослідницькі завдання. Недостатній рівень розвитку цифрової інфраструктури може призвести до погіршення якості освіти та зниження конкурентоспроможності навчального закладу загалом.

На сьогодні не існує універсальної методики або алгоритмів оцінювання моніторингу цифрової інфраструктури ЗВО. Крім того, наявні підходи не завжди беруть до уваги особливості навчальних закладів, їх потреби й специфіку функціонування. Отже, постає завдання розробити методи й алгоритми для оцінювання й вивчення цифрової інфраструктури, що враховували б особливості вишів.

Розвиток цифрової інфраструктури є завданням для керівництва закладів вищої освіти. У цьому контексті стаття пропонує критерії та метод для дослідження цифрової інфраструктури вишів, що ефективно оцінюватимуть її рівень і забезпечать подальший розвиток.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для вивчення методів оцінювання цифрової інфраструктури у ЗВО проаналізовано декілька джерел. Зокрема робота "*Digital Infrastructures, Higher Education and the Net-Generation of Students*" [1] залишається досі актуальною у сфері оцінювання цифрової інфраструктури в закладах вищої освіти. Автори пропонують комплексну методичку оцінювання, що ґрунтується на використанні багатьох критеріїв, таких як наявність ІТ-інфраструктури, рівень її захищеності, кваліфіковані кадри з ІТ, рівень використання цифрових технологій тощо. Крім того, у дослідженні зазначено, що для оцінювання безпеки цифрової інфраструктури необхідно враховувати такі аспекти, як наявність заходів захисту від вірусів і зламувань, виконання нормативно-правових вимог щодо захисту персональних даних, доступність та якість каналів зв'язку. Автори наголошують, що критерій безпеки є невід'ємним складником оцінки цифрової інфраструктури. Однак можна зауважити, що відсутність інших критеріїв, зокрема реалізація педагогічних цілей, відповідність міжнародним стандартам і рекомендаціям, може призвести до необ'єктивності здобутих результатів оцінювання. У роботі проаналізовано наслідки впровадження розподіленої системи доступу для студентів, яка може бути використана для забезпечення подальшого розвитку цифрових технологій в освіті.

Варто згадати ще одне дослідження "*Process approach to the evaluation of information systems effectiveness*" [2], у якому подано концепцію використання процесного підходу до оцінювання ефективності інформаційних систем. Цей метод зосереджується на інформаційних системах, що підтримують основну бізнес-діяльність. Важливою особливістю концепції є розширення вивчення обох систем – інформаційної системи й системи виробництва, що пов'язані між собою загальними моделями процесів. У зазначеному дослідженні наголошується на тому, що оцінювання ефективності цифрової інфраструктури має передбачати не лише технічні показники, але й бізнес-показники, зокрема вартість розробки, експлуатації та підтримки, а також необхідність критерію задоволеності користувачів. У статті порушені питання, пов'язані з тим, як оцінювати ефективність інформаційних систем із різних аспектів, а саме наголошується на розгляді стандартів оцінювання та врахуванні контекстуальних чинників. Зазначено, що інформаційні системи є

ключовим елементом у діяльності багатьох організацій, тому важливо мати засоби для оцінювання їх ефективності. У дослідженні також вказано, що деякі методи оцінювання можуть бути обмеженими та не відтворювати реальну ефективність інформаційних систем. Наведено приклади того, як показники продуктивності не враховують інші фактори, зокрема якість роботи системи та її вплив на діяльність організації загалом, через що реальна ефективність системи втрачається. У підсумковій частині аналізованої статті наголошується на необхідності більш комплексного підходу до оцінювання ефективності цифрової інфраструктури.

Дослідження "*Digital transformation initiatives in higher education institutions: A multivocal literature review*" [3] зосереджує увагу на аналізі методів оцінювання електронних навчальних платформ у закладах вищої освіти. Метою цієї статті є виявлення ініціативи цифрової трансформації, що здійснюється вищими навчальними закладами, визначення нових процесів і технологій, що використовуються для їх упровадження. Робота присвячена огляду саме платформ для електронного навчання у вишах. Проведено аналіз і порівняння різних літературних джерел, у яких описано, як саме відбувається впровадження в освітній процес цифрової інфраструктури та різних платформ з погляду їх ефективності, частоти використання та інших ключових характеристик. Перевагою цього дослідження є те, що автори докладно проаналізували літературу й зібрили значну кількість фактів про різні платформи для електронного навчання. Це дало змогу зробити достовірні висновки та надати реальні результати.

Ще однією працею для аналізу обрано "*Digital transformation in higher education: a framework for maturity assessment*" [4]. Стаття є актуальним дослідженням у галузі оцінювання цифрової інфраструктури вищої освіти. У роботі вивчено зрілість цифрової трансформації та порушено проблеми вищої освіти. Важливість цього дослідження зумовлена роллю, яку відіграє цифрова трансформація в сучасній економіці знань. У статті запропоновано нову структуру, основу на системі оцінювання цифрової трансформації *Deloitte 2019* з мегата основним картографуванням процесів вищої освіти *Petkovic 2014*. Наукова робота узагальнює результати багатьох дослідницьких інструментаріїв, зокрема опитування, інтерв'ю, тематичні дослідження та пряме спостереження. Результати засвідчують значну різницю між сприйняттям респондентами

рівня зрілості цифрової трансформації та основними вимогами до ефективності цифрової трансформації. Висновки також доводять, що відсутність цілісного бачення, компетентності в цифровій трансформації, а також структури та оброблення даних є основними проблемами цифрової трансформації.

Наступне дослідження, що було проаналізовано, – "Digital Transformation: A Digital Learning Case Study" [5]. Основною ідеєю є *iGSM* (*i-Industry, G-Global, S-Smart Education i Mega*), і вона полягає в тому, щоб стати інтернаціоналізованою освітньою системою, яка б відповідала потребам суспільства й ґрунтувалася на найсучасніших навчальних технологіях. Базуючись на практиці, дослідження проводиться для оцінювання та аналізу статусу цифрової трансформації в академічній діяльності, такий як цифрове навчання в бакалавраті та професійній програмі, після чого рекомендуються резолюції для цифрового навчання в інших програмах. У статті обрано кількісний метод, наголошується на збиранні та обробленні даних цифрового навчання 2018 р. за допомогою доступних ресурсів. Отже, оцінювання цифрової інфраструктури на конкретному курсі дає змогу виявити проблеми та вирішити їх на ранніх етапах, що може позитивно вплинути на процес навчання та задоволення студентів. Дослідження передбачало аналіз наявних інфраструктурних ресурсів та їх використання, виявлення проблем і можливостей для їх поліпшення й оцінювання відповідно до потреб учасників освітнього процесу. У роботі наведено конкретний приклад оцінювання цифрової інфраструктури одного університету, що може бути корисним для інших вищих навчальних закладів. Описано методіку та інструменти оцінювання інфраструктури, що може допомогти іншим дослідникам. Стаття містить корисну інформацію про те, як оцінювати цифрову інфраструктуру та водночас які аспекти потрібно враховувати.

Спираючись на результати описаних вище досліджень, можна зробити висновок, що оцінювання цифрової інфраструктури ЗВО має ґрунтуватися на комплексному підході, що враховує технічні, функціональні та соціальні показники, бізнес-показники, потреби користувачів, процеси управління інфраструктурою та безпеку. Такий підхід дасть змогу створити повну картину про ефективність цифрової інфраструктури навчальних закладів і знайти рішення щодо її розвитку.

Визначення досі не вирішених частин загальної проблеми. Мета роботи

Проблема оцінювання цифрової інфраструктури ЗВО є досить складною та багатогранною. Насамперед оцінювання передбачає аналіз різноманітних складників, а саме: технічної, методичної, педагогічної, науково-дослідної, матеріально-технічної бази тощо. Однією з найбільш значущих проблем оцінювання цифрової інфраструктури є відсутність уніфікованого підходу до оцінки та стандартів, що регулюють її якість. Це ускладнює процес порівняння різних навчальних закладів і створення єдиної бази знань про якість цифрової інфраструктури. Іншою проблемою є відсутність комплексного підходу до оцінювання – єдиного критерію, що враховуватиме всі складники цифрової інфраструктури. Крім цього, ЗВО мають різні потреби та завдання, тому необхідно зважати на специфіку кожного закладу та його потреби для оцінювання цифрової інфраструктури. Відсутність уніфікованих стандартів загалом ускладнює процес врахування особливостей кожного вишу.

Ще одним питанням є розвиток педагогічної компетенції викладачів і працівників вищих навчальних закладів у галузі цифрових технологій. Без належного рівня знань і навичок упровадження новітніх технологій може бути неефективним і навіть спричинити порушення в роботі інфраструктури.

Додатковою проблемою є нестача фінансування на розвиток цифрової інфраструктури ЗВО. Багато закладів не мають коштів для оновлення апаратного та програмного забезпечення, а також для підтримки необхідного інтернет-з'єднання. Неможливо оминати питання безпеки цифрової інфраструктури. Якщо системи не захищені від вірусів і атак на систему, то це може призвести до витоку конфіденційної інформації та негативно вплинути на репутацію закладу.

Недостатня кількість наукових статей і досліджень у цій сфері може спричинити обмежене розуміння того, які аспекти цифрової інфраструктури найбільш важливі для вищих навчальних закладів та які зміни необхідні для покращення ефективності. Це може стати перешкодою для розроблення дієвих рекомендацій щодо вдосконалення інфраструктури. Крім того, збирання відповідних даних може стати важким завданням, оскільки вони можуть бути розсіяні та відсутні в системах обліку. Інформація щодо окремих аспектів цифрової інфраструктури може бути неоднорідною або недостатньою.

Загалом, для успішного оцінювання цифрової інфраструктури ЗВО потрібний комплексний метод, що ґрунтуватиметься на наукових дослідженнях і значній кількості інформації. Такий підхід може допомогти визначити ключові проблеми й надати рекомендації щодо вдосконалення цифрової інфраструктури вищих навчальних закладів. Необхідним є розв'язання питання створення уніфікованих стандартів і критеріїв оцінювання цифрової інфраструктури, що відповідали б вимогам сучасного вишу. Важливо розробити методику оцінювання, яка давала б змогу збирати, аналізувати інформацію про інфраструктуру в режимі онлайн, а також порівнювати рівень цифрової інфраструктури в різних закладах вищої освіти, зважаючи на їх особливості. Така методика допоможе забезпечити більш точну й об'єктивну оцінку, а також зручний інструментарій для аналізу даних.

Аналіз наявних методів

Методи, що використовуються для оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти, зазвичай запозичені та вважаються звичними для оцінювання будь-якої системи чи інфраструктури. Найбільш поширеними для оцінювання саме цифрової інфраструктури є такі методи: анкетування, спостереження, аналіз логів, експертне оцінювання й *SWOT*-аналіз [6].

Метод анкетування досить широко застосовується для оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти. Цей метод полягає в тому, що респондентам (студентам, викладачам, робітникам адміністрації) пропонується заповнити анкету із запитаннями, пов'язаними з якістю цифрової інфраструктури. Результати обробляються та аналізуються. Переваги методу анкетування полягають в тому, що він досить простий та швидкий, не потребує значної кількості ресурсів та може бути проведений в онлайн-форматі. Крім того, за допомогою анкетування можна дістати детальну інформацію від різних категорій користувачів, що дасть змогу врахувати потреби кожного, а також ознайомитися з актуальними проблемами. Недоліки цього методу полягають у тому, що він не завжди містить точні факти, оскільки результати можуть бути спотворені через недостатню кількість респондентів, неправильне розуміння питань у анкеті або підроблення результатів. Крім того, важко контролювати, наскільки відповіді респондентів

відтворюють справжній стан речей. Дослідження, проведене у Варшавському університеті [7], є прикладом використання методу анкетування для оцінювання якості навчання та цифрової інфраструктури у ЗВО.

Наступний метод, що можна застосувати для оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти, є метод спостереження. Він передбачає безпосередній моніторинг за роботою студентів і викладачів з комп'ютерами, інтернетом, цифровими ресурсами тощо. Для використання зазначеного методу необхідно підготувати спостерігачів, які відвідуватимуть навчальні заклади та збиратимуть необхідну інформацію. Основним завданням спостерігачів є збір інформації про рівень доступності цифрових технологій і ресурсів, їх якість та ефективність застосування. Під час використання цього методу можна дістати більш детальну інформацію про рівень цифрової інфраструктури ЗВО, виявити труднощі та проблеми, з якими стикаються студенти й викладачі в процесі використання цифрових ресурсів. Але, незважаючи на переваги, зазначений метод потребує значних зусиль і часу для здійснення спостережень. Крім того, можлива суб'єктивність оцінювання з боку спостерігачів.

Ще один метод, який можна застосовувати для визначеної мети, – аналіз логів. Це метод дослідження, який полягає в збиранні та аналізі логів системи й дає змогу визначити характеристики роботи системи та її недоліки. Метод логів дуже ефективний для оцінювання цифрової інфраструктури, оскільки допомагає виявити проблеми, які не завжди помічають користувачі. Основна ідея методу полягає в збиранні та аналізі лог-файлів, що створюються системою автоматично. Ці файли містять детальну інформацію про систему, зокрема час роботи, дії користувачів, помилки й відмови. Аналізуючи ці файли, можна виявити проблеми й недоліки системи, що потім усуваються для поліпшення її роботи. Але для дослідження необхідно застосувати значний обсяг даних, що ускладнює аналіз результатів. Окрім цього, важливо пам'ятати про ймовірність виникнення проблем із конфіденційністю інформації та законом про захист персональних даних. Метод аналізу логів використовується в багатьох галузях: технічна підтримка програмного забезпечення, моніторинг систем безпеки, вебаналітика тощо [8]. Дослідження, проведені за допомогою методу аналізу логів, дають змогу підвищити ефективність роботи системи. В оцінюванні цифрової інфраструктури в ЗВО цей

метод може бути застосований для вимірювання продуктивності мережі, ідентифікації ймовірних проблем та їх усунення, а також для аналізу використання ресурсів мережі. Для впровадження методу аналізу логів можна застосовувати програмне забезпечення, що автоматично збирає та аналізує лог-файли, створені різними програмами й системами. Це дає змогу зібрати значну кількість даних і дослідити їх, щоб дістати цінну інформацію.

Наступний метод – експертне оцінювання – використовується для визначення рівня цифрової інфраструктури закладів вищої освіти за допомогою експертної групи, створеної з фахівців у галузі інформаційних технологій та освіти. Зазначений метод полягає в тому, що беруться до уваги різні аспекти цифрової інфраструктури за критеріями, що важливі для конкретного навчального закладу. Експерти оцінюють кожен аспект за допомогою шкали, що визначається для кожного ЗВО. Це може бути 5-, 10-, 100-бальна шкала або будь-яка інша, прийнятна для закладу вищої освіти. Потім оцінки експертів обробляються та узагальнюються з метою визначення загального бала для кожного з критеріїв. Перевага методу експертного оцінювання полягає в тому, що він дає змогу залучити фахівців із різних галузей, які можуть мати неоднакові погляди на проблему оцінювання цифрової інфраструктури. Крім того, метод є досить ефективним і швидким, оскільки не потребує багато часу й ресурсів для збирання інформації. Однак залежність від кваліфікації експертів може впливати на точність оцінки. Крім того, метод дещо обмежений, оскільки не враховує динаміки розвитку технологій та їх впливу на рівень цифрової інфраструктури [9].

Метод *SWOT*-аналізу є широко застосованим інструментом для стратегічного планування й оцінювання потенціалу певного бізнесу, організації, проекту чи ідеї. У контексті оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти метод *SWOT*-аналізу дає змогу виявити переваги й недоліки використання цифрових технологій, а також можливості й загрози, пов'язані з їх упровадженням. *SWOT*-аналіз містить чотири складники: переваги (*Strengths*), недоліки (*Weaknesses*), можливості (*Opportunities*) та загрози (*Threats*). Для проведення аналізу необхідно сформулювати команду експертів зі знанням технологій та освіти, а також попередньо підготувати список критеріїв, що необхідно розглянути. Під час *SWOT*-аналізу експертна команда спочатку аналізує переваги й недоліки цифрової

інфраструктури. На цьому етапі вони розглядають наявні технології, їх функціональність, доступність і якість, а також рівень компетенції персоналу та інфраструктуру, що використовується для їх підтримки. Далі аналізуються можливості та загрози. На цьому етапі визначаються ймовірність розширення або вдосконалення цифрової інфраструктури, нові технології, що можуть бути застосовані для покращення освітнього процесу, та загрози, зокрема неналежне фінансування, недостатня підготовка персоналу та кібератаки. Метод *SWOT*-аналізу є простим і зрозумілим для більшості користувачів. Він не потребує спеціальних знань і може бути застосований у будь-якій галузі. Крім цього, зазначений метод дає змогу визначити найбільш ефективні шляхи розвитку організації та покращувати процеси прийняття рішень, а також виявляє потенціал організації та можливості для його реалізації. Незважаючи на ефективність методу, оцінювання переваг і недоліків, можливостей і загроз може бути досить суб'єктивним, тому *SWOT*-аналіз не завжди дає точний результат. До того ж цей метод має регулярно оновлюватися, щоб відтворювати зміни в індустрії, ринку або ситуації загалом [10].

Кожен з описаних методів має недоліки й переваги. На жаль, використання якогось одного з них не дасть змоги дістати об'єктивну оцінку та виявити всі недоліки й переваги цифрової системи ЗВО. Найкращим варіантом є застосування декількох методів одночасно. Це допоможе використовувати переваги кожного з них, заощадити час і ресурси. Для модифікації та створення єдиного методу з метою оцінювання цифрової інфраструктури необхідно мати уніфіковані критерії, що враховували б особливості кожного вишу.

Матеріали та методи

Методи оцінювання цифрової інфраструктури в закладах вищої освіти застосовуються у світових практиках для поліпшення якості навчання та досліджень. Щоб визначити уніфіковані критерії для оцінювання цифрової інфраструктури, необхідно з'ясувати, які саме методи та критерії використовуються у світових і українських практиках.

Одним із прикладів застосування методу збирання відгуків університетських студентів у Великій Британії є *National Student Survey (NSS)* [11]. Ця програма дає змогу учасникам анкетування оцінювати різні аспекти вищої освіти, зокрема якість

цифрової інфраструктури закладу. Опитування проводиться щорічно, і його мета – зібрати думки студентів про якість навчання, викладання та забезпечення послуг в університетах. Проводиться за допомогою онлайн-анкет, що заповнюють студенти, які закінчують відповідний курс. *NSS* містить питання, що охоплюють такі критерії:

- якість викладання;
- організація курсів;
- ресурси та підтримка навчання;
- оцінка рівня знань, що набули студенти в процесі навчання;
- можливості для розвитку навичок і підготовки до майбутньої кар'єри;
- загальне враження від курсу та університету.

Ці критерії визначені на основі досліджень і консультацій зі студентами, педагогічними працівниками та роботодавцями. Зібрані відгуки допомагають керівництву виявляти проблеми та змінювати свої підходи до навчання та досліджень. *National Student Survey* здебільшого зосереджується на оцінюванні якості вищої освіти загалом та на задоволенні студентів навчальним процесом. *NSS* не має окремих критеріїв, присвячених тільки цифровій інфраструктурі. Однак деякі питання в анкеті стосуються технологій і дистанційної освіти, що пов'язано з цифровою інфраструктурою університету. Наприклад, студентам можуть ставитися запитання щодо доступності ресурсів, таких як електронні бібліотеки, технічна підтримка та зручність використання електронних систем навчання.

Наступним прикладом є проєкт *e-Merge* [12], започаткований 2014 р. в Європейському Союзі для визначення цифрової зрілості закладів вищої освіти та розроблення стратегій з метою покращення їх цифрової інфраструктури. Проєкт використовував методологію *COBIT 5 (Control Objectives for Information and related Technology)*, що дає змогу оцінювати інформаційно-технологічні процеси й ресурси та управляти ними. Для визначення цифрової зрілості закладів вищої освіти застосовано низку критеріїв.

- Людські ресурси: оцінюється, наскільки ефективно ЗВО працює над розвитком компетентностей своїх співробітників у галузі інформаційних технологій.
- Процеси: оцінюється, наскільки якісно навчальний заклад управляє своїми процесами в галузі інформаційних технологій.

- Дані: оцінюється, наскільки добре ЗВО управляє своїми даними та забезпечує їх безпеку й конфіденційність.

- Технології: оцінюється, наскільки ефективно вищ використовує технології для досягнення своїх цілей.

- Прийняття рішень та стратегії: оцінюється, наскільки добре заклад вищої освіти застосовує дані та інформацію для прийняття рішень у галузі інформаційних технологій та розробки стратегій їх розвитку.

Кожен із зазначених критеріїв детально описується та має відповідний набір підкритеріїв, що дають змогу зрозуміти, як саме оцінюються ці аспекти. Оцінювання проводиться на основі анкетування співробітників і студентів, а також документальних матеріалів. Результати надаються у вигляді детального звіту, який містить рекомендації щодо поліпшення цифрової інфраструктури.

Цифрова інфраструктура закладів вищої освіти оцінюється також у межах різних рейтингових систем, наприклад, *Times Higher Education (THE)* [13] та *QS World University Rankings* [14]. Рейтинг *Times Higher Education* відтворює якість навчання й досліджень університетів з урахуванням різних критеріїв. Один із них – цифрова інфраструктура, що оцінюється за допомогою таких показників:

- доступність інтернету та швидкість зв'язку;
- наявність інтерактивних платформ для навчання та співпраці студентів і викладачів;
- використання цифрових технологій для підтримки навчального процесу й наукових досліджень;
- розвиток цифрових навичок серед студентів і викладачів;
- інтеграція цифрових інструментів у процес оцінювання студентів.

Рейтингова система *THE* також визнає, що цифрова інфраструктура є основою якості освіти в XXI ст., і прагне визначити та відзначити університети, які забезпечують студентів і викладачів необхідними цифровими ресурсами для навчання й наукових досліджень. У рейтингах звертається увага на доступність та якість цифрових ресурсів, інтернет-з'єднання, кількість комп'ютерів, що припадає на одного студента, та інші параметри, пов'язані з цифровою інфраструктурою.

QS World University Rankings використовує декілька критеріїв щодо цифрової інфраструктури. Один із них – "Цифрові технології" (*Digital*

Technologies), що оцінює рівень доступності інтернету, якість комп'ютерної техніки та програмного забезпечення для студентів і персоналу вишу. Критерій "Інтернет-ресурси на одного студента" (*International Faculty*) також визначає доступність цифрових ресурсів для студентів і персоналу, зокрема бібліотеки та онлайн-ресурси. Крім того, *QS World University Rankings* пропонує критерій "Інновації" (*Innovation*), що оцінює здатність вишу до інновацій та досліджень у галузі цифрових технологій, а саме розроблення нових технологій і застосування цифрових рішень для покращення якості навчання. Оцінка *QS World University Rankings* залежить від багатьох факторів, зокрема наукових досягнень, репутації вишу серед академічної спільноти й роботодавців, інтернаціоналізації тощо. Однак наявність сучасної цифрової інфраструктури та високоякісних цифрових ресурсів також є важливим критерієм для оцінювання вишів у межах *QS World University Rankings*.

В Україні методи оцінювання цифрової інфраструктури використовуються в ЗВО для визначення рівня доступності, якості та ефективності цифрових технологій і послуг, що надаються студентам і викладачам.

У цьому процесі застосовуються різні методики та критерії оцінювання, що дають змогу з'ясувати якість роботи цифрової інфраструктури та зробити правильні кроки щодо її подальшого розвитку.

Один із таких методів – аудит цифрової інфраструктури. Він передбачає аналіз доступності, надійності та ефективності використання цифрових технологій у навчальному закладі. Аудит проводять для виявлення недоліків у роботі системи, а також для визначення можливостей щодо її подальшого вдосконалення. Кожен заклад індивідуально обирає критерії, за якими необхідно провести аудит.

В Україні досить часто проводяться опитування серед користувачів цифрової інфраструктури. За допомогою такого методу можна дізнатися про задоволення чи незадоволення людей роботою з цифровими інструментами та виявити проблеми. Наприклад, Український католицький університет 2021 р. провів опитування серед студентів щодо цифрової інфраструктури [15]. Окрім того, національні виші активно застосовують методики аналізу ефективності використання електронних ресурсів та інформаційних технологій в освітньому процесі. Зокрема було розроблено методи вимірювання ефективності електронних підручників, систем

відкритого доступу до навчальних матеріалів, відеолекцій та інших ресурсів. Запровадження цих методів дає змогу здійснювати моніторинг, оцінювати якість навчання та підвищувати ефективність використання цифрових технологій в освітньому процесі [16].

На рівні ЗВО методи оцінювання цифрової інфраструктури, імовірно, будуть різними, залежно від потреб і можливостей кожного конкретного закладу. Для оцінювання цифрової інфраструктури часто застосовуються методи анкетування студентів і викладачів, опитування з використанням онлайн-інструментів, тестування застосунків та іншого програмного забезпечення. Деякі заклади вищої освіти надають перевагу методам опитування студентів і педагогічних працівників щодо доступності й ефективності використання цифрових технологій у навчальному процесі. Інші виші залучають зовнішніх аудиторів, які оцінюють і аналізують цифрову інфраструктуру закладу й надають рекомендації щодо покращення її якості та ефективності. Проте застосування методів оцінювання цифрової інфраструктури в Україні поки не поширене, тому є потенціал для роботи в цьому напрямі.

Також в Україні існують державні програми, спрямовані на розвиток цифрової інфраструктури в освітній галузі. Наприклад, 2017 р. уряд України затвердив Програму розвитку цифрової освіти [17], що передбачає створення та підтримку інноваційних центрів і лабораторій, розвиток відкритих інформаційних ресурсів і забезпечення доступу до сучасних технологій навчання для всіх учасників освітнього процесу.

Як видно зі світових і вітчизняних практик, для оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти найчастіше використовуються методи опитування або анкетування. Незважаючи на очевидні недоліки цих методів, заклади вищої освіти досі надають їм перевагу. На жаль, за результатами опитувань не можна об'єктивно оцінити стан цифрової інфраструктури. Для цього необхідно визначити уніфіковані критерії та розробити універсальний метод оцінювання цифрової інфраструктури, який би увібрав переваги різних наявних методів.

Результати досліджень та їх обговорення

Уніфіковані критерії для оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти є дуже важливим елементом в оцінюванні та порівнянні

навчальних закладів. На сьогодні критерії можуть бути неоднаковими в різних країнах і закладах, що ускладнює порівняння результатів досліджень та коригування інфраструктури.

Одним із найбільших викликів у розробленні уніфікованих критеріїв є те, що вищі навчальні заклади можуть мати різні потреби та вимоги до своєї цифрової інфраструктури. Наприклад, в університетах різних країн існують неоднакові вимоги до рівня доступності технологій і до захисту персональних даних студентів, а також різні закони, що використовуються. Тому важливо розробляти уніфіковані критерії, які були б достатньо гнучкими, щоб враховувати особливості різних вищих навчальних закладів.

Нарешті, важливо брати до уваги, що оцінювання цифрової інфраструктури має бути постійним процесом, що дасть змогу вчасно виявляти недоліки та запроваджувати необхідні зміни. У цьому контексті розроблення уніфікованих критеріїв може стати важливим інструментом для створення ефективної та функціональної цифрової інфраструктури вищих навчальних закладів.

Зважаючи на вищезазначені дослідження, було визначено п'ять основних критеріїв, що можуть стати уніфікованими для всіх навчальних закладів.

- Інфраструктура: якість і доступність обладнання, наявність відповідної програмної та технічної підтримки.

- Доступність і зручність для студентів: наявність онлайн-ресурсів і платформ для зручної роботи з освітньою інформацією.

- Ефективність використання технологій у навчальному процесі. Цей критерій оцінює, наскільки ефективно застосовуються цифрові технології в навчальному процесі, зокрема відеоконференції, онлайн-курси тощо.

- Ефективність використання технологій в адміністративній роботі. Зазначений критерій оцінює використання цифрових технологій в адміністративній роботі, наприклад: електронний запис, електронна звітність, системи управління знаннями, відеоконференції тощо.

- Безпека та захист даних. Цей критерій оцінює наявність і ефективність заходів, що захищають цифрові ресурси й персональну інформацію від зломисників і хакерів.

Для оцінювання цих критеріїв можна використовувати шкалу від 1 до 10, де 1 і 10 –

найнижчий і найвищий бали відповідно. Кожен критерій має підкритерії, що мають бути оцінені за певним методом.

Інфраструктура вищих навчальних закладів є важливим складником для успішного використання цифрових технологій в освітньому процесі. Щоб оцінити якість і доступність обладнання та програмної підтримки ЗВО, можна застосовувати перелічені нижче підкритерії.

- Якість обладнання: оцінювання стану та якості комп'ютерного обладнання, наявність сучасного програмного забезпечення, обсяг пам'яті та швидкість роботи.

- Доступність обладнання: оцінювання кількості комп'ютерів, що припадає на кількість студентів, та їх доступність.

- Ефективність технічної підтримки: оцінювання наявності технічної підтримки для студентів і викладачів, швидкість реагування на заявки про допомогу.

- Рівень програмної підтримки: оцінювання якості та кількості програм, що надаються студентам для роботи з обладнанням.

- Якість інтернет-підключення: оцінювання швидкості та доступності інтернет-підключення для студентів і викладачів.

- Безпека обладнання: оцінювання наявності антивірусних програм і програм для захисту персональних даних.

Для більш об'єктивного оцінювання критерію "Інфраструктура" необхідно використовувати методи анкетування користувачів і спостереження. Спочатку доцільно провести анкетування користувачів цифрової інфраструктури, що дасть змогу зібрати думки щодо якості та доступності обладнання й програмного забезпечення. Наприклад, студенти можуть відповісти на запитання про наявність сучасних комп'ютерних класів, зручність роботи з комп'ютерами, ефективність відповідного програмного забезпечення та технічної підтримки. Викладачі можуть оцінити якість необхідного обладнання та програмного забезпечення для проведення навчального процесу. Наступним кроком стане огляд обладнання та програмного забезпечення. Для цього створюється контрольна група, відвідуються комп'ютерні класи й лабораторії вищого навчального закладу, оглядається обладнання та програмне забезпечення, що застосовується в освітньому процесі. Обидва методи не потребують великої

кількості ресурсів. Використовуючи два методи замість одного, можна дістати більш об'єктивну оцінку цього критерію. Система оцінювання створюється, наприклад, за допомогою обчислення середнього бала для кожного підкритерію за 10-бальною шкалою, а також загального середнього бала, що дає загальну оцінку за критерієм "Інфраструктура".

"Доступність та якість" для студентів є важливим критерієм щодо оцінювання цифрової інфраструктури навчального закладу. Визначення ефективності за цим критерієм може бути проведене шляхом використання методів експертного оцінювання в поєднанні з анкетуванням. Необхідно залучити експертів, які б могли оцінити наявні цифрові ресурси для навчання, їх якість і актуальність. За допомогою методу анкетування можна дізнатися від студентів їхню думку щодо навчальних матеріалів, якими вони користуються.

Для оцінювання наявності, якості та доступності цифрових ресурсів у ЗВО необхідно виокремити такі підкритерії:

- кількість електронних баз даних, що доступні студентам і викладачам;
- кількість електронних книг і журналів, наявність у бібліотеці закладу вищої освіти;
- якість електронних книг і журналів;
- швидкість доступу до навчальної інформації;
- актуальність книг, журналів, наукових робіт;
- рівень доступності вебсайту закладу вищої освіти для студентів і викладачів;
- зручність використання вебсайтів;
- рівень доступності інтернет-підключення в приміщеннях закладу вищої освіти;
- кількість комп'ютерів, доступних для студентів і викладачів у закладі вищої освіти;
- наявність вебресурсів для дистанційного навчання.

Наявність онлайн-ресурсів, зокрема електронних бібліотек, навчальних платформ та інших онлайн-інструментів, є важливим показником доступності навчальної інформації для студентів. Ці ресурси мають бути досяжні в постійному режимі, щоб забезпечувати користувачів навчальними матеріалами в будь-який час. Зручність для студентів оцінюється за наявністю інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів і освітніх платформ. Навчальна інформація має бути легкодоступною та зрозумілою для користувачів, незалежно від рівня їхньої технічної підготовки.

Швидкість доступу до навчальної інформації також є важливим параметром для оцінювання цього критерію. Інтернет-з'єднання, наявність серверів та інші технічні параметри мають забезпечувати швидкий доступ до навчальної інформації.

Окрім залучення експертів та анкетування, можна аналізувати кількість звернень до технічної підтримки щодо доступу до навчальної інформації. Наприклад, якщо багато студентів звертається за допомогою в доступі до певної платформи або ресурсу, то можна вважати, що цей ресурс не зручний для використання.

Загалом оцінювання доступності та якості може бути проведено за допомогою комплексного підходу, що передбачає анкетування, експертний огляд та оцінювання. Також важливо враховувати рівень задоволення студентів від використання цих ресурсів і платформ, що можна дізнатися зі зворотного зв'язку з користувачами. Необхідно забезпечити зручний та ефективний доступ до навчальної інформації для всіх студентів, незалежно від місця їхнього перебування.

"Ефективність використання технологій у навчальному процесі" є одним із ключових критеріїв, що застосовується для оцінювання цифрової інфраструктури в закладах вищої освіти. Цей критерій визначає, наскільки ефективно використовуються цифрові технології в процесі навчання та як вони допомагають забезпечити якісну освіту. Оцінювання ефективності застосування технологій у навчальному процесі може здійснюватися за допомогою нижчезазначених підкритеріїв.

- Аналіз відвідуваності та використання онлайн-курсів: оцінювання кількості студентів, які відвідують онлайн-курси, та їхньої активності на цих курсах.
- Оцінювання застосування інтерактивних технологій: вебквестів, онлайн-тестів тощо.
- Аналіз відеоконференцій, зокрема оцінювання їх якості, доступності та ефективності в реалізації навчальних цілей.
- Задоволення користувачів: оцінювання задоволення від використання цифрових технологій та інтерактивних інструментів у навчальному процесі.
- Аналіз результатів навчання: їх оцінювання та порівняння з попередніми результатами.

Для визначення ефективності використання технологій у навчальному процесі необхідно запроваджувати комплексний підхід, що передбачає застосування всіх вищезазначених показників.

Важливо поєднати методи спостереження й анкетування та проаналізувати результати. Такі підкритерії, як відвідуваність, використання інтерактивних технологій, ефективність відеоконференцій, результати навчання та успішність випускників, мають бути оцінені за допомогою незалежної фокус-групи, яка перевірить реальні дані для кожного з підкритеріїв і зможе об'єктивно їх оцінити. Відгуки користувачів і рівень їхнього задоволення доцільно оцінити у вигляді опитування.

"Ефективність використання технологій в адміністративній роботі" є ще одним критерієм для оцінювання цифрової інфраструктури. Цей показник визначає, наскільки добре використовуються цифрові технології для забезпечення різних аспектів адміністративної роботи, таких як облік, контроль, планування, моніторинг і звітність.

Для оцінювання зазначеного критерію можна застосовувати перелічені нижче підкритерії.

- Рівень автоматизації адміністративних процесів: визначення наявності та ступеня автоматизації адміністративних процесів, що забезпечують роботу закладу вищої освіти.
- Рівень кваліфікації персоналу: оцінювання наявності та рівня знань і навичок персоналу в галузі використання цифрових технологій в адміністративній роботі.
- Кількість витраченого часу на виконання адміністративних процесів.
- Кількість помилок, що виникають під час адміністративної діяльності.
- Рівень задоволення клієнтів.

Для визначення конкретної оцінки за кожним підкритерієм необхідно використати комплексний метод оцінювання. Для з'ясування рівня кваліфікації персоналу може бути застосована методика проведення тестів або анкетування. Для оцінювання рівня автоматизації адміністративних процесів, кількості витраченого часу на виконання адміністративної діяльності, наявності помилок у здійсненні адміністративних процесів – аудиторська перевірка. Для визначення рівня задоволення клієнтів необхідно використати метод опитування. Важливо опитати студентів і викладачів, яким були надані послуги адміністрації, і заміряти їхній рівень задоволення.

Оцінювання безпеки в процесі застосування цифрових технологій у навчанні може бути проведене на основі декількох факторів. Насамперед важливо оцінити наявність заходів безпеки, що були впроваджені в систему, зокрема йдеться про

антивірусні заходи, шифрування даних, використання двофакторної автентифікації тощо. Крім того, необхідно оцінити безпеку застосування цифрових інструментів у навчанні. Наприклад, якість паролів користувачів, які входять у систему, а також умови зберігання паролів можуть впливати на рівень безпеки системи. Також потрібно враховувати фактори, що впливають на захист конфіденційної інформації, зокрема наявність механізмів захисту від несанкційного доступу до даних.

Для оцінювання безпеки можна використовувати стандарти та рекомендації, розроблені для інтернету. Необхідно застосовувати стандарти *ISO 27001* [18] або *NIST Cybersecurity Framework* [19], які детально описують процеси й вимоги для забезпечення безпеки в цифровому середовищі.

Аудит безпеки полягає в перевірці системи безпеки на відповідність стандартам, зокрема у виявленні потенційних вразливостей та можливих загроз безпеці. Тестування на проникнення дає змогу оцінити ймовірність зламу системи й забезпечити відповідний захист. Оцінювання ризиків допомагає визначити можливі загрози та заходи безпеки, що необхідно вжити. Тестування на відповідність дає змогу з'ясувати, наскільки система відповідає стандартам безпеки. Окрім цього, важливою є відповідна освіта з питань кібербезпеки та захисту інформації серед студентів і викладачів. Можна проводити тренінги, семінари, вебінари тощо, де фахівці з кібербезпеки навчатимуть користувачів розпізнавати загрози та захищати свої дані.

Оцінювання безпеки має бути проведене з урахуванням потреб та вимог до неї в кожному конкретному випадку. Важливо, щоб результати оцінювання були прозорі та доступні для відповідних зацікавлених сторін. Забезпечення безпеки має бути постійним процесом, який передбачає вдосконалення систем і інфраструктури, а також підвищення кваліфікації співробітників, як викладачів, так і адміністративного персоналу. Необхідно, щоб оцінювання безпеки передбачало також аудит безпеки інформаційних систем, що використовуються в навчальному процесі. Аудит – це перевірка наявності відповідних захистів від зловмисних програм і хакерських атак, а також обстеження процедур зберігання та оброблення конфіденційної інформації. Результати оцінювання мають бути прозорими й доступними для всіх зацікавлених сторін, що підвищить рівень довіри до навчального закладу й забезпечить безпеку всіх учасників освітнього процесу.

Критерії оцінювання цифрової інфраструктури ЗВО є важливим елементом для забезпечення якісної освіти в епоху цифровізації. Критерії, описані в цій статті, можуть слугувати основою для розроблення уніфікованих критеріїв з метою оцінювання цифрової інфраструктури освітніх закладів. Створення системи оцінювання, що враховує запропоновані критерії, допоможе керівництву ЗВО виявляти переваги й недоліки цифрової інфраструктури й визначати напрями подальшого розвитку.

Для того, щоб оцінити цифрову інфраструктуру вищого навчального закладу, необхідно дотриматися конкретних кроків.

1. Визначення підкритеріїв оцінювання. Для оцінювання цифрової інфраструктури ЗВО можуть використовуватися такі підкритерії, як якість та доступність обладнання, наявність відповідної програмної та технічної підтримки, зручність для студентів, ефективність використання технологій у навчальному процесі, цифрових технологій в адміністративній роботі.

2. Визначення вагових коефіцієнтів для кожного підкритерію. Вагові коефіцієнти вказують на значущість усіх складників у межах загального критерію оцінювання цифрової інфраструктури. Для визначення вагових коефіцієнтів можуть використовуватися методи аналізу ієрархій (АНР) або аналізу експертних оцінок (ЕЕА).

3. Визначення балів для кожного підкритерію. Бали виставляються шляхом оцінювання кожного підкритерію за шкалою від 0 до 10 або іншої відповідної шкали. Оцінювання можуть проводити відповідальні працівники ЗВО, студенти або інші зацікавлені сторони.

4. Обчислення загального бала. Підсумковий бал визначається як сума балів за кожен із підкритеріїв, зважених на їх вагові коефіцієнти. Загальний бал виражається у відсотках, якщо його нормалізувати до максимально можливого бала, або застосовується шкала оцінювання, що визначає різні діапазони балів.

5. Аналіз результатів і висновки. Відповідно до результатів оцінювання цифрової інфраструктури можна зробити висновки про її рівень і виявити основні проблеми. Наприклад, якщо результати оцінювання підкритеріїв 1 та 2 є низькими, це може вказувати на проблеми з якістю обладнання та доступністю для студентів. Якщо ж низькі бали за підкритеріями 3 та 4, це, імовірно, свідчить про неефективне використання технологій у навчальному процесі та адміністративній роботі.

Наведемо алгоритм оцінювання цифрової інфраструктури за описаними критеріями.

1. Визначення вагового коефіцієнта (W) для кожного критерію. Сума всіх вагових коефіцієнтів має дорівнювати 1.

2. Оцінювання кожного підкритерію для всіх критеріїв. Ця оцінка має бути подана числовим значенням від 1 до 10, де 1 – це найнижчий рівень, а 10 – найвищий рівень.

3. Обчислення рівня досягнення для кожного критерію. Рівень досягнення розраховується як добуток оцінки кожного підкритерію на ваговий коефіцієнт цього підкритерію. Рівень досягнення має бути поданий числом від 1 до 10.

4. Обчислення загального рівня досягнення для цифрової інфраструктури. Він розраховується як середнє арифметичне рівня досягнення для кожного критерію.

5. Формула для розрахунку рівня досягнення (S) для кожного критерію може бути записана як

$$S = (P_1 \times W_1) + (P_2 \times W_2) + \dots + (P_n \times W_n),$$

де $P_1 - P_n$ – оцінки підкритеріїв для кожного критерію; $W_1 - W_n$ – вагові коефіцієнти для кожного підкритерію.

Формула для розрахунку загального рівня досягнення (T) для цифрової інфраструктури може бути записана як

$$T = (S_1 + S_2 + \dots + S_n) / n,$$

де $S_1 - S_n$ – рівні досягнення для кожного критерію; n – кількість критеріїв.

Зважаючи на п'ять основних критеріїв, що були перелічені вище, можна отримати більш точні результати оцінювання цифрової інфраструктури закладу вищої освіти. Зазначені критерії та підкритерії сприяють більш об'єктивному оцінюванню вишу, адже для кожного з них використовується комплексний підхід і декілька методів.

Цей метод та алгоритм оцінювання дає змогу скористатися перевагами кожного із застосованих методів. Тому в межах описаного методу порівнюються декілька закладів освіти, а результати виявляються більш точними, адже оцінка залежить від великої кількості критеріїв, що можуть бути оцінені, зважаючи на їх особливості.

Висновки та перспективи подальшого дослідження

Оцінювання цифрової інфраструктури ЗВО є важливим елементом якісного навчання та забезпечення студентів і викладачів зручним та ефективним освітнім середовищем. Інструменти

для оцінювання цифрової інфраструктури мають бути уніфікованими для всіх вищих навчальних закладів, що дасть змогу створити реальний рейтинг вишів за цифровою інфраструктурою та вирішити проблеми абітурієнтів із вибором ЗВО в майбутньому.

Критерії оцінювання мають бути зорієнтовані на технічні можливості та зручність використання цифрових інструментів, що допомагають студентам, викладачам та іншим користувачам університетської системи отримувати доступ до різноманітної інформації, взаємодіяти та співпрацювати один з одним, а також застосовувати цифрові інструменти для ефективного навчання та викладання.

Для оцінювання цифрової інфраструктури можуть бути використані різноманітні методи й підходи, зокрема аудит, анкетування, аналіз застосування тощо. Але найефективнішим буде саме метод комплексного підходу, коли різні критерії оцінюються різними методами. У цьому разі необхідно враховувати конкретні потреби й характеристики ЗВО.

Важливим етапом є визначення показників, за якими здійснюватиметься оцінювання. Наведено більш універсальні критерії, що можна застосовувати для кожного із закладів вищої освіти. Це дасть змогу порівнювати виші один з одним. До основних показників належать інфраструктура, доступність та зручність для студентів, ефективність використання технологій у навчальному процесі, доцільність

застосування технологій в адміністративній роботі, безпека й захист даних. За цими критеріями оцінка може бути повною та вичерпною. Відповідно до побажань навчального закладу, оцінювання цифрової інфраструктури може бути проведене на різних рівнях, зокрема всього вишу загалом, окремих курсів і навіть окремих занять.

Рекомендується оцінювати цифрову інфраструктуру закладу вищої освіти на регулярній основі з метою виявлення проблем і можливостей для вдосконалення. Крім того, важливо забезпечувати активну участь користувачів у процесі оцінювання, що допоможе врахувати їхні потреби та очікування.

Для покращення й розвитку цифрової інфраструктури ЗВО можна рекомендувати здійснювати інвестиції в розвиток технологій, підвищувати кваліфікацію персоналу та залучати експертів у галузі інформаційних технологій. Крім того, важливими є підтримка та співпраця з іншими закладами вищої освіти та галузями з метою обміну досвідом та розроблення спільних проєктів.

Отже, незважаючи на те, що тема оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти не є поширеною в Україні, розвиток у цьому напрямі дасть підґрунтя для створення навчальних закладів нового зразка, з певними стандартами якості та високим рівнем упровадження цифрових технологій.

Список літератури

1. Sims J., Solmonides I. Digital Infrastructures, Higher Education and the Net-Generation of Students. *Asian Social Science*. 2009. № 4 (3). P. 10–17. DOI: <https://doi.org/10.5539/ass.v4n3p10>
2. Krzysztow S., Obluska I. Process approach to the evaluation of information systems effectiveness. *Information Systems Management*. 2012. № 1. P. 148–159, URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/PROCESS-APPROACH-TO-THE-EVALUATION-OF-INFORMATION-Santarek-OB%25%81USKA/e50fc254f76ea7f881cbef8518f58a33e79fef8c>
3. Fernández A., Gómez B., Binjaku K. Digital transformation initiatives in higher education institutions: A multivocal literature review. *Education and Information Technologies*. 2023. 3149 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11544-0>
4. Marks A., AL-Ali M., Atassi R., Abualkishik A. Z., Rezgui Y. Digital transformation in higher education: a framework for maturity assessment. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2020. № 11 (12). P. 504–513. DOI: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0111261>
5. Tran A., Nguyen H., Nguyen L. Digital Transformation: A Digital Learning Case Study. *The World Symposium on Software Engineering*, 2019. P. 119–124. DOI: <https://doi.org/10.1145/3362125.3362135>
6. Abulibdeh E. S., Syed Hassan S. S. E-learning interactions, information technology, self efficacy and student achievement at the University of Sharjah, UAE. *Australasian Journal of Educational Technology*. 2011. № 27 (6). DOI: <https://doi.org/10.14742/ajet.926>
7. Kocot M., Maciaszczyk M., Kwasek A., Kocot D., Depta A. Assessment and Effectiveness of E-learning and Students' Satisfaction with Online Classes: The Example of Polish Universities. *European Research Studies Journal*. 2021. T. 24. P. 186–199. DOI: <https://doi.org/10.35808/ersj/2457>
8. Begun A. V., Osipova O. I., Urdenko O. G. Situational log-management of information security of the enterprise. *Modeling and information systems in economy. Interdepartmental Sciences*. 2018. № 95. P. 18–29. URL: https://www.researchgate.net/publication/339580012_Systematic_analysis_of_risk_management_information_security_measures
9. Сгорченкова Н. Ю., Тесля Ю. М., Хлевна Ю. Л., Кичань О. М. Методологічні аспекти створення цифрового університету. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами*. 2020. №. (1). С. 31–36. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2020.1.4>
10. Leiber T., Stensaker B., Harvey L. Bridging theory and practice of impact evaluation of quality management in higher education institutions: a SWOT analysis. *European Journal of Higher Education*. 2018. № 8 (3). P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1080/21568235.2018.1474782>

11. National Student Survey. Офіс студентських справ Великої Британії: вебсайт. URL: <https://www.officeforstudents.org.uk/advice-and-guidance/student-information-and-data/national-student-survey/> (дата звернення: 03.02.2023)
12. E-Merge. A Framework for Assessing and Developing Digital Maturity: вебсайт. URL: <https://euemerge.eu> (дата звернення: 03.02.2023)
13. Times Higher Education: вебсайт. URL: <https://www.timeshighereducation.com/> (дата звернення: 05.02.2023)
14. QS World University Rankings: вебсайт. URL: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2022> (дата звернення: 05.02.2023)
15. Національне агенство із забезпечення якості вищої освіти. Відомості про самооцінювання освітньої програми: вебсайт. URL: <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/ucu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/01/Publichne-upravlinnya-Forma-samoanalizu-u-kabineti-garanta.pdf> (дата звернення: 05.02.2023)
16. Міністерство освіти і науки України. Цифрова трансформація освіти та науки: вебсайт. URL: <https://mon.gov.ua/ua/tag/cifrova-transformaciya-osviti-ta-nauki> (дата звернення: 06.02.2023)
17. Кремень В., Биков В., Ляшенко О., Литвинова С., Луговий В., Мальований Ю., Пінчук О., Топузов О. Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи. Наукова доповідь загальним зборам НАПН України, 18–19 листопада 2022 р., *Herald of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine*, 2022. Т. 4. № 2. С. 1–49. DOI: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>
18. ISO/IEC 27001. Information security management systems: вебсайт. URL: <https://www.iso.org/standard/27001> (дата звернення: 10.02.2023)
19. NIST Cybersecurity Framework: вебсайт. URL: <https://www.nist.gov/cyberframework> (дата звернення: 10.02.2023)
20. Guryanova L., Panasenko O., Voznyuk S. System analysis and modeling of the educational services market. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. 2021. № 1 (15). P. 32–42. DOI: 10.30837/ITSSI.2021.15.032
21. Kraivska I. Моніторинг економічної безпеки підприємств та установ соціальної інфраструктури. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2020. № 3 (13). С. 86–94, DOI: 10.30837/ITSSI.2020.13.086

References

1. Sims, J., Solmonides, I. (2009), "Digital Infrastructures, Higher Education and the Net-Generation of Students", *Asian Social Science*, No. 4 (3), P. 10–17. DOI: <https://doi.org/10.5539/ass.v4n3p10>
2. Krzysztof, S., Obłuska, I. (2012), "Process approach to the evaluation of information systems effectiveness", *Information Systems Management*, No. 1, P. 148–159. available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/PROCESS-APPROACH-TO-THE-EVALUATION-OF-INFORMATION-Santarek-OB%5C%81USKA/e50fc254f76ea7f881cbef8518f58a33e79fef8c>
3. Fernández, A., Gómez, B., Binjaku, K. (2023), "Digital transformation initiatives in higher education institutions: A multivocal literature review", *Education and Information Technologies*, 3149, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11544-0>
4. Marks, A., AL-Ali, M., Atassi, R., Abualkishik, A. Z., Rezgui, Y. (2020), "Digital transformation in higher education: a framework for maturity assessment", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, No.11 (12), P. 504–513. DOI: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0111261>
5. Tran, A., Nguyen, H., Nguyen, L. (2019), "Digital Transformation: A Digital Learning Case Study", *The World Symposium on Software Engineering*, P. 119–124. DOI: <https://doi.org/10.1145/3362125.3362135>
6. Abulibdeh, E. S., Syed Hassan, S. S. (2011), "E-learning interactions, information technology, self efficacy and student achievement at the University of Sharjah, UAE", *Australasian Journal of Educational Technology*, No. 27(6). DOI: <https://doi.org/10.14742/ajet.926>
7. Kocot, M., Maciaszczyk, M., Kwasek, A., Kocot, D., Depta, A. (2021), "Assessment and Effectiveness of E-learning and Students' Satisfaction with Online Classes: The Example of Polish Universities", *European Research Studies Journal*, Vol. 24, P. 186–199. DOI: <https://doi.org/10.35808/ersj/2457>
8. Begun A., Osipova O., Urdenko O. (2018) "Situational log-management of information security of the enterprise", *Modeling and information systems in economy. Interdepartmental Sciences*, No. 95, P. 18–29. <https://ir.kneu.edu.ua/handle/2010/30976>
9. Yehorchenkova, N., Teslia, Yu., Khlevna, Yu., Kychan, O., (2020), "Methodological aspects of creating a digital university", *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Strategic management, portfolio, program and project management*, No. (1), P. 31–36. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2020.1.4>
10. Leiber, T., Stensaker, B., Harvey, L. (2018), "Bridging theory and practice of impact evaluation of quality management in higher education institutions: a SWOT analysis", *European Journal of Higher Education*, No. 8 (3), P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1080/21568235.2018.1474782>
11. National Student Survey. Office of Student Affairs of Great Britain, available at: <https://www.officeforstudents.org.uk/advice-and-guidance/student-information-and-data/national-student-survey/> (last accessed 03.02.2023)
12. E-Merge. A Framework for Assessing and Developing Digital Maturity, available at: <https://euemerge.eu> (last accessed 03.02.2023)
13. Times Higher Education, available at: <https://www.timeshighereducation.com/> (last accessed 05.02.2023)
14. QS World University Rankings, available at: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2022> (last accessed 05.02.2023)
15. The National Agency for Higher Education Quality Assurance. Information on the self-evaluation of the educational program, available at: <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/ucu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/01/Publichne-upravlinnya-Forma-samoanalizu-u-kabineti-garanta.pdf> (last accessed 05.02.2023)

16. Ministry of Education and Science of Ukraine. Digital transformation of education and science, available at: <https://mon.gov.ua/ua/tag/cifrova-transformaciya-osviti-ta-nauki> (last accessed 06.02.2023)

17. Kremen, V., Bykov, V., Liashenko, O., Lytvynova, S., Luhovyi, V., Malovanyi, Yu., Pinchuk, O., Topuzov, O. (2022), "Scientific and methodical support of digitalization of education in Ukraine: state, problems, prospects", Scientific report to the general meeting of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, November 18-19, 2022, *Herald of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine*, Vol. 4, No. 2, P. 1–49. DOI: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>

18. ISO/IEC 27001. Information security management systems, available at: <https://www.iso.org/standard/27001> (last accessed 10.02.2023)

19. NIST Cybersecurity Framework, available at: <https://www.nist.gov/cyberframework> (last accessed 10.02.2023)

20. Guryanova, L., Panasenko, O., Voznyuk, S. (2021) "System analysis and modeling of the educational services market", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, No. 1 (15), P. 32–42. DOI: 10.30837/ITSSI.2021.15.032

21. Kraivska, I. (2020). "Monitoring of economic security of enterprises and institutions of social infrastructure", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, No. 3 (13), P. 86–94. DOI: 10.30837/ITSSI.2020.13.086

Received 20.05.2023

Відомості про авторів / About the Authors

Лега Євгенія Сергіївна – Харківський національний університет радіоелектроніки, студентка кафедри електронних обчислювальних машин, Харків, Україна; e-mail: yevheniia.leha@nure.ua; ORCID ID: 0009-0002-5814-9564

Ляшенко Сергій Олексійович – доктор технічних наук, професор, Державний біотехнологічний університет, професор кафедри мехатроніки, безпеки життєдіяльності та управління якістю, Харків, Україна; e-mail: s.lyushenko@btu.kharkov.ua; ORCID ID: 0000-0001-8304-9309

Leha Yevheniia – Kharkiv National University of Radio Electronics, student, Kharkiv, Ukraine.

Liashenko Serhii – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Sovereign Biotechnological University, Professor at the Department of Mechatronics, Life Safety and Management, Kharkiv, Ukraine.

METHODS AND ALGORITHMS FOR ASSESSING THE DIGITAL INFRASTRUCTURE OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

In the modern world, the use of digital technologies in the educational process is becoming increasingly relevant. In this regard, the assessment of the digital infrastructure of higher education institutions is extremely important. To do this, it is necessary to use appropriate methods and algorithms to assess the quality of the digital infrastructure and the effectiveness of its use in the educational process. In order to improve the quality of education and ensure maximum accessibility to digital infrastructure, it is important to evaluate its effectiveness and quality. The subject of research in the article is the methods and algorithms for assessing the digital infrastructure of higher education institutions. The aim of the work is to analyze the methods for assessing the digital infrastructure of higher education institutions and creating a universal approach for higher education based on the analyzed examples. The following tasks are solved in the article: analysis of scientific sources on methods and algorithms for assessing the level of digital infrastructure, determining the main methods used for similar tasks in Ukraine and the world, determining existing assessment criteria and indicators, developing unified criteria that take into account the specifics of each institution of higher education, developing a method assessments according to these criteria and selection of methods for assessing certain criteria, development of an algorithm for evaluating criteria and obtaining an overall assessment, analysis of the results obtained. To achieve the goals and solve the tasks set were used following methods: methods of scientific analysis, methods of analysis of hierarchies and expert assessments. The main conclusions of the article are the development of a universal method and algorithm for assessing the digital infrastructure of higher education institutions, which will effectively and more objectively determine the level of development of digital infrastructure in higher education institutions and compare different institutions. Conclusions: The application of the method will help in comparing higher education institutions, taking into account the specifics of each of them, and will provide a more objective assessment of the digital infrastructure in the institution.

Keywords: software engineering; knowledge bases; reuse of knowledge; algebra of finite predicates; facts; rules.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Лега Є. С., Ляшенко С. О. Методи та алгоритми оцінювання цифрової інфраструктури закладів вищої освіти. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023. № 2 (24). С. 90–103. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.24.090>

Leha, Y., Liashenko, S. (2023), "Methods and algorithms for assessing the digital infrastructure of higher education institutions", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (24), P. 90–103. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.24.090>