

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-57-12>

УДК 004.422.25

**Марценко Сергій Володимирович**, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-2205-0204>

**Карнаухов Олександр Костянтинович**, аспірант

<https://orcid.org/0009-0007-1432-5577>

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, м Тернопіль, Україна

## АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ «ЦИФРОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

**Марценко С.В., Карнаухов О.К.** Архітектура інформаційно-технологічної платформи «Цифровий університет». В роботі запропоновано архітектуру інформаційно-технологічної платформи «Цифровий університет», яка відображає актуальні тенденції цифрової трансформації освіти. Це рішення є цифровою екосистемою, яка інтегрує різні складові діяльності університету за допомогою передових технологій, організаційних змін та педагогічних підходів. Воно сприяє інтеграції систем управління навчанням, дослідницьких платформ, адміністративних і студентських сервісів в єдине цифрове середовище, що забезпечує підвищення ефективності освітніх процесів, розширення дослідницьких можливостей та покращення адміністративних процесів. Інформаційно-технологічна платформа використовує такі технології як штучний інтелект, хмарні обчислення, аналітика даних, кіберфізичні системи. Водночас увага приділяється кібербезпеці, захисту конфіденційності та масштабованості. Інформаційно-технологічна платформа підтримує розвиток інтелектуальних об'єктів інфраструктури, забезпечуючи автоматизоване управління об'єктами та оптимізацію енергоспоживання. Впровадження такого підходу має на меті створити адаптивне та стійке середовище, яке може ефективно реагувати на зміни.

**Ключові слова:** цифровий університет, цифрова трансформація, інформаційно-технологічна платформа, штучний інтелект, кіберфізичні системи, цифрова екосистема, персоналізація навчання, цифрові компетенції

**Martsenko S., Karnaukhov O.** Architecture of the information technology platform «Digital University». The paper proposes the architecture of the information technology platform «Digital University», which reflects current trends in the digital transformation of education. This solution is a digital ecosystem that integrates various components of university activities through advanced technologies, organizational changes, and pedagogical approaches. It facilitates the integration of learning management systems, research platforms, administrative and student services into a single digital environment, which ensures increased efficiency of educational processes, expanded research capabilities and improved administrative processes. The information technology platform uses technologies such as artificial intelligence, cloud computing, data analytics, and cyber-physical systems. At the same time, attention is paid to cybersecurity, privacy protection, and scalability. The information technology platform supports the development of smart infrastructure facilities by providing automated facility management and energy consumption optimization. The implementation of this approach aims to create an adaptive and sustainable environment that can effectively respond to changes.

**Keywords:** digital university, digital transformation, information technology platform, artificial intelligence, cyber-physical systems, digital ecosystem, personalization of learning, digital competencies.

**Постановка наукової проблеми.** Стрімка цифровізація вищої освіти вимагає розробки комплексної інформаційно-технологічної платформи, яка здатна ефективно інтегрувати всі аспекти освітнього процесу. Попри активне впровадження університетом різних цифрових інструментів, досі відсутній комплексний підхід до формування інтегрованої цифрової екосистеми. Це зумовлює необхідність розробки архітектури інформаційно-технологічної платформи, яка б забезпечувала інтеграцію сучасних технологій (штучний інтелект, інтернет речей, хмарні обчислення), водночас зберігаючи безпеку, масштабованість та орієнтованість на користувача в освітньому середовищі.

**Аналіз досліджень.** Аналіз наукової літератури свідчить про комплексний характер цифрової трансформації університетів, що охоплює технологічні, педагогічні, організаційні та соціальні аспекти. Розвиток університетів тісно пов'язаний з еволюцією інформаційних технологій та зміною освітніх процесів. Дослідження показують поетапний характер таких перетворень [1] – від базової автоматизації адміністративних процесів до створення інтегрованих цифрових екосистем.

Перехід від традиційних до гібридних та онлайн-форматів навчання став визначальним фактором переосмислення ролі технологій в освіті [2]. Цей процес значно прискорився під впливом глобальних викликів, зокрема пандемії COVID-19 [3], і війни в Україні, що призвело до нового розуміння університету як складної екосистеми.

Технологічна основа цифрової трансформації базується на кількох напрямках. Хмарні технології забезпечують необхідну гнучкість та масштабованість інфраструктури [4]. Впровадження IoT-рішень та сенсорних мереж створює можливості для оптимізації ресурсів та формування інтелектуальних освітніх середовищ [5], [6].

Значного прогресу було досягнуто у використанні великих даних та аналітики. Робота [7] розкриває потенціал аналітичних інструментів для покращення освітніх результатів, а в дослідженні [8] продемонстровано можливості аналітики у прогнозуванні успішності студентів. Штучний інтелект та машинне навчання трансформують підходи до персоналізації навчання [9] та автоматизації адміністративних процесів.

Дослідження показують, що забезпечення безпеки цифрового освітнього середовища є однією з ключових вимог під час проектування та впровадження сучасної університетської IT-інфраструктури [10]. Водночас особлива увага зосереджується на механізмах управління даними та забезпеченні безпеки через відповідні архітектурні рішення й сервісні моделі.

Вивчення педагогічних інновацій зосереджується на тому, як цифрові технології змінюють навчання. Розглядається еволюція педагогічних практик та перехід до нових форм взаємодії [11]. Дослідження змішаного навчання підкреслюють важливість збалансованого підходу до інтеграції цифрових технологій [12].

Набуття викладачами нових педагогічних навичок є визначальним для успішного впровадження цифрових технологій. У [13] досліджується адаптація викладачів до цифрового середовища, а в [14] аналізується зміна їхньої ролі та нові моделі педагогічної взаємодії.

Успішне впровадження цифрових змін потребує комплексного управління всіма процесами. В [15] запропоновано методологію оцінювання готовності університетів до цифрової трансформації, а в [16] наголошується на важливості стратегічного планування. Формування цифрової культури університетів розглядається як критичний фактор успіху [17], де аналізуються бар'єри та фактори, що сприяють цифровій трансформації.

Дослідження показують зростаючу увагу до питань безпеки та приватності, з акцентом на розробці комплексних підходів до захисту персональних даних та забезпечення кібербезпеки освітніх платформ. Ще вони підкреслюють важливість розвитку навиків роботи з інформаційними технологіями та налагодження ефективних механізмів взаємодії з зовнішніми партнерами, зокрема з бізнесом, промисловістю, урядом.

**Мета роботи.** Метою дослідження є розробка архітектури інформаційно-технологічної платформи «Цифровий університет», яка інтегрує освітні, дослідницькі та адміністративні процеси за допомогою передових технологій для можливості проведення цифрової трансформації закладу вищої освіти.

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.** У результаті аналізу існуючих досліджень та практичних впроваджень запропоновано архітектуру інформаційно-технологічної платформи «Цифровий університет». Вона являє собою цілісну систему взаємопов'язаних компонентів, спрямованих на забезпечення ефективної цифрової трансформації всіх аспектів університетського життя. Архітектурна модель представлена на шести взаємодоповнюючих діаграмах, кожна з яких розкриває специфічний аспект функціонування цифрової екосистеми університету.

Системний підхід до побудови архітектури забезпечує інтеграцію освітніх, дослідницьких та адміністративних процесів в єдиному цифровому просторі. При цьому кожен компонент архітектури спроектований з урахуванням необхідності забезпечення гнучкості, масштабованості та адаптивності до змін зовнішнього середовища. Особлива увага приділяється механізмам взаємодії між різними підсистемами та забезпеченню їх ефективної координації.

**Цілі інформаційно-технологічної платформи.** Рис. 1 відображає комплексну структуру стратегічних напрямків розвитку інформаційно-технологічної платформи «Цифровий університет».

Ключовим елементом виступає автоматизація процесів, яка спрямована на підвищення ефективності адміністративної роботи через впровадження цифрових рішень. Це тісно пов'язано з розширенням доступу до освіти, що здійснюється шляхом впровадження можливостей дистанційного навчання та забезпечення інклюзивності освітнього процесу. Особлива увага приділяється персоналізації навчання. Вона передбачає адаптацію освітнього процесу до індивідуальних потреб кожного студента через використання інноваційних технологій та підходів. Паралельно розвивається напрямок співпраці з бізнесом та промисловістю, що забезпечує зміцнення зв'язків між академічним середовищем та реальним сектором економіки.



Першочерговим завданням виступає оптимізація адміністративних процесів, що включає впровадження систем електронного документообігу та автоматизацію рутинних операцій. Даний напрямок передбачає комплексну трансформацію управлінських процесів з метою підвищення їх ефективності та прозорості [19].

Паралельно розвивається система захисту даних та інформаційної безпеки, що охоплює розробку політик кібербезпеки та впровадження сучасних систем захисту інформації. Особлива увага приділяється забезпеченню конфіденційності даних всіх учасників освітнього процесу.

Важливим аспектом є персоналізація освіти через розробку індивідуальних навчальних планів та впровадження адаптивних систем навчання. Створення персоналізованого освітнього контенту базується на використанні сучасних технологій штучного інтелекту та аналізу даних [20].

Сприяння науковій співпраці досягається шляхом створення цифрових платформ для взаємодії дослідників та розвитку інструментів спільної роботи. Це сприяє підтримці міждисциплінарних досліджень та інтеграції наукової спільноти [21].

Розширення доступу до освіти досягається шляхом розробки сучасних платформ дистанційного навчання та створення відкритих освітніх ресурсів, що сприяє забезпеченню доступності освітнього процесу [8].

**Інструменти інформаційно-технологічної платформи.** Рис. 3 відображає комплекс технологічних рішень, необхідних для виконання завдань інформаційно-технологічної платформи.



Рис. 3. Комплекс технологічних рішень, необхідних для виконання завдань інформаційно-технологічної платформи.

Основу інструментальної бази складають системи створення та управління онлайн-курсами, що включають сучасні системи управління навчанням та інструменти розробки освітнього контенту. Ці системи доповнюються засобами моніторингу успішності, що забезпечують ефективне відстеження прогресу студентів.

Важливим компонентом дистанційного навчання є системи для проведення онлайн-занять, що включають платформи відео конференцій та інструменти для запису занять. Проте ефективність цих технологій суттєво залежить від технічної інфраструктури, зокрема стабільного інтернет-з'єднання, наявності необхідних пристроїв та зручності інтерфейсу платформ. Не менш важливими є педагогічні аспекти – здатність викладачів ініціювати онлайн-дискусії, проводити інтерактивні презентації та ефективно ставити запитання. Особливу увагу слід приділяти соціальній взаємодії, включаючи готовність учасників вмикати камери та забезпечення активної участі студентів. Для забезпечення якісної дистанційної взаємодії необхідні не лише технічні рішення, але й належна підготовка викладачів та студентів, розробка відповідних політик та підходів до онлайн-навчання [22].

Інструменти оцінювання та контролю знань впроваджуються через системи автоматизованого тестування та засоби рецензування. Це забезпечує об'єктивність та ефективність процесу оцінювання знань [9].

Для забезпечення ефективної співпраці впроваджуються спеціалізовані платформи для групової роботи та системи управління проектами. Ці інструменти доповнюються засобами спільного редагування документів, що підвищує ефективність командної роботи [10].

Комплекс аналітичних інструментів включає системи аналізу даних та засоби візуалізації, які забезпечують можливість прогнозування та прийняття обґрунтованих рішень на основі даних.

**Функціональні компоненти інформаційно-технологічної платформи.** Рис. 4 розкриває основні функціональні блоки системи та їх взаємозв'язки.



Рис. 4. Функціональні компоненти інформаційно-технологічної платформи «Цифровий університет»

Навчальний процес як центральний компонент системи включає комплексне управління курсами, системи оцінювання та моніторингу і механізми адаптивного навчання. Ця складова сприяє досягненню основної місії університету та впровадженню інноваційних педагогічних підходів. Цифрове навчання реалізується через сучасні платформи, що підтримують різні формати навчання та забезпечують персоналізований підхід. Це створює умови для гнучкого та адаптивного освітнього процесу [23].

Наукова діяльність здійснюється за допомогою інтегрованої системи управління дослідженнями, підтримки публікаційної активності та координації грантової діяльності. Це створює сприятливе середовище для проведення досліджень та розвитку наукового потенціалу університету. Цифрова наукова діяльність сприяє розвитку міжнародної співпраці та підвищенню дослідницької продуктивності.

Адміністративні процеси охоплюють управління персоналом, фінансовий менеджмент та електронний документообіг, забезпечуючи ефективне функціонування університету як організації. Цифрове адміністрування [19] дозволяє суттєво підвищити ефективність управлінської роботи та оптимізувати ресурси.

Цифрові студентські сервіси формують єдиний портал доступу до освітніх та адміністративних послуг, включаючи навчальні матеріали, розклад, електронне портфоліо та кар'єрний розвиток. Розумна інфраструктура забезпечує оптимізацію використання ресурсів через впровадження IoT-рішень та смарт-технологій [18].

Управління даними та аналітика створюють основу для прийняття обґрунтованих рішень, а цифрова взаємодія з партнерами сприяє розвитку співпраці з бізнесом та іншими установами [24]. Інноваційна екосистема підтримує розвиток стартапів та комерціалізацію університетських розробок [25].

Взаємодія з державними системами, такими як ЄДЕБО, Дія та іншими університетами забезпечує інтеграцію в єдиний інформаційний простір вищої освіти та розширює можливості цифрової взаємодії. Міжуніверситетська співпраця створює умови для академічної мобільності та реалізації спільних освітніх програм.

Всі підсистеми об'єднані через єдину інтеграційну платформу, що є ключовим фактором успішної цифрової трансформації та забезпечує взаємодію різних напрямків діяльності університету. Модульна архітектура дозволяє поетапно впроваджувати та масштабувати окремі компоненти відповідно до потреб закладу освіти.

**Підсистеми інформаційно-технологічної платформи.** На рис. 5 зображено взаємопов'язані компоненти, які забезпечують комплексне функціонування цифрової екосистеми університету.



Кожна підсистема виконує певні функції та інтегрується з іншими елементами платформи для створення єдиного інформаційного простору [10].

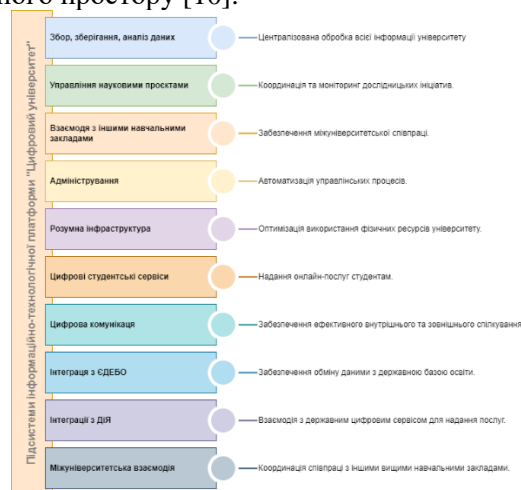


Рис. 5. Підсистеми інформаційно-технологічної платформи «Цифровий університет»

Цифрове адміністрування формує основу для ефективного управління університетом через автоматизацію адміністративних процесів та впровадження електронного документообігу. Як зазначається в [19], ця підсистема забезпечує централізоване управління ресурсами, оптимізує процеси прийняття рішень, підвищує прозорість управлінської діяльності. У дослідженні підкреслюється важливість інтеграції з державними інформаційними системами для автоматизації процесів звітності та забезпечення нормативно-правової відповідності.

Система цифрового навчання трансформує освітній процес завдяки впровадженню сучасних технологій електронного навчання. Вона включає інтегровані платформи управління навчанням, системи створення і доставки навчального контенту та інструменти оцінювання знань [26]. У дослідженні [20] наголошується на розробці адаптивних систем навчання, які забезпечують персоналізований підхід до кожного студента. Це робить дистанційну взаємодію між викладачами та студентами ефективною.

Цифрова дослідницька діяльність підтримується за допомогою комплексної системи управління дослідницькими проєктами та науковою співпраці. Підсистема забезпечує повний цикл управління науковими дослідженнями – від планування проєкту до публікації результатів [24]. Платформа також підтримує грантову діяльність та комерціалізацію наукових розробок.

Цифрові студентські сервіси створюють єдину точку входу до університетських послуг [23]. Через особистий кабінет студенти отримують доступ до навчальних матеріалів, розкладу, результатів оцінювання та адміністративних послуг. Система включає модулі розвитку кар'єри та працевлаштування, які допомагають у професійному розвитку.

Розумна інфраструктура оптимізує використання фізичних ресурсів університету завдяки впровадженню енергоефективних систем та інтелектуального управління об'єктами, використовуючи мережі пристрої інтернету речей у моніторингу та контролі параметрів навколишнього середовища, включаючи освітлення, температуру та якість повітря.

Всі підсистеми підключені через єдину інтеграційну платформу, яка забезпечує безперебійний обмін даними та координацію процесів [27]. Архітектура системи розроблена з урахуванням вимог масштабованості та гнучкості, що забезпечує адаптацію до змінних потреб університету. Комплексна система безпеки забезпечує захист даних та конфіденційність інформації за допомогою механізмів авторизації, автентифікації та шифрування.

Інтеграція цих підсистем створює надійну цифрову екосистему, яка підтримує всі аспекти діяльності університету – від адміністративних процесів до освітньої діяльності та дослідницьких ініціатив. Такий комплексний підхід забезпечує університету можливість ефективно реагувати на сучасні освітні виклики, водночас підтримуючи високі стандарти безпеки та ефективності.

**Впровадження підсистем інформаційно-технологічної платформи.** Діаграма впровадження підсистем (рис. 6) ілюструє технологічний фундамент інформаційно-технологічної платформи «Цифровий університет» та демонструє взаємозв'язки між її ключовими компонентами.

Система збору, зберігання та аналізу даних забезпечує централізоване управління інформаційними потоками університету. Її основою є створення єдиного сховища даних, що інтегрує інформацію з усіх університетських підсистем. Використання сучасних інструментів аналітики та візуалізації дає змогу ухвалювати обґрунтовані рішення на основі актуальних даних. Також увагу приділено захисту та конфіденційності інформації через застосування комплексних механізмів безпеки та контролю доступу.

Управління науковими проектами здійснюється за допомогою інтегрованої системи планування досліджень, моніторингу результатів та адміністрування грантів. Платформа сприяє ефективній координації дослідницьких команд, пропонуючи інструменти для співпраці та обміну результатами. Важливим компонентом є репозиторій наукових публікацій та розробок, що сприяє накопиченню та поширенню наукових знань. Система також включає механізми управління фінансуванням та звітністю за науковими проектами.

Взаємодія між університетами ґрунтується на створенні ефективних платформ академічної мобільності та впровадженні спільних освітніх програм. Технологічна інфраструктура підтримує обмін навчальними матеріалами, проведення спільних досліджень та організацію міжнародних конференцій. Це формує основу для розширення міжнародної співпраці та підвищення якості освіти через обмін досвідом [28].



Рис. 6. Впровадження підсистем інформаційно-технологічної платформи «Цифровий університет»

Інтеграція з державними системами відбувається шляхом налагодження взаємодії з ЄДЕБО для обміну даними про студентів та освітній процес. Важливим компонентом є інтеграція із системою Дія, яка забезпечує можливість надання цифрових документів про освіту. Запровадження механізмів електронної звітності та забезпечення відповідності державним стандартам формує єдиний інформаційний простір для взаємодії з державними органами.

Налагодження співпраці з бізнесом відбувається через впровадження цифрових платформ взаємодії з роботодавцями та розвиток систем стажування й працевлаштування. Особлива увага приділяється механізмам трансферу технологій та підтримці студентських стартапів, що сприяє комерціалізації університетських розробок та посиленню зв'язків з індустрією.

Обробка інформації та її аналіз здійснюється шляхом застосування інструментів для оцінки показників ефективності та створення прогнозних моделей. Створення ефективних інструментів візуалізації даних та механізмів контролю їх якості забезпечує надійну основу для прийняття управлінських рішень. Застосування сучасних технологій аналізу даних сприяє оптимізації освітніх та адміністративних процесів.

Кожна з цих підсистем проектується з урахуванням вимог масштабованості, безпеки та здатності до взаємодії з іншими системами, що забезпечує можливість їх поетапного впровадження та подальшого розвитку відповідно до потреб університету. Особлива увага приділяється

створенню уніфікованих інтерфейсів взаємодії між підсистемами та забезпеченню їх ефективної інтеграції в єдину цифрову екосистему університету [27].

**Напрямки дослідження та перспективи розвитку.** На основі проведеного аналізу існуючих досліджень та запропонованої архітектури визначено ключові перспективні напрямки подальших досліджень цифрової трансформації університету.

Технології розподіленого реєстру відкривають нові можливості для забезпечення прозорості академічних досягнень, верифікації кваліфікацій та управління цифровими дипломами. Розширена та віртуальна реальність здійснюють трансформацію освітнього процесу шляхом впровадження інтерактивних тривимірних навчальних середовищ, віртуальних лабораторій та професійних симуляційних технологій.

Адаптивне навчання на основі штучного інтелекту забезпечує формування персоналізованих освітніх планів і автоматичну адаптацію навчального контенту. Аналітика великих даних створює можливості для прогнозування академічної успішності та оптимізації освітніх процесів.

Важливим напрямком досліджень стають психологічні аспекти цифрового навчання, включаючи вивчення впливу тривалого використання цифрових технологій та розробку стратегій підтримки ментального здоров'я студентів.

Питання кібербезпеки в освітньому середовищі потребують комплексного підходу до захисту персональних даних та забезпечення безпеки освітніх платформ.

Розвиток моделей змішаного навчання вимагає оптимізації співвідношення онлайн та офлайн компонентів, розробки ефективних педагогічних підходів. Організаційна трансформація університету фокусується на управлінні змінами та розвитку цифрової культури.

Формування цифрових компетенцій передбачає розробку стандартів цифрової грамотності та програм підвищення кваліфікації. Взаємодія з бізнесом відбувається через розвиток цифрових платформ співпраці та механізмів трансферу технологій.

Серед технологічних трендів особливу увагу привертає розвиток квантових обчислень та їх застосування в освіті, інтеграція технологій Web 3.0 та децентралізованих систем, розширення використання штучного інтелекту та машинного навчання. Впровадження нових форм візуалізації та взаємодії, розвиток систем безперервного навчання та адаптації створюють основу для подальшої трансформації освітнього процесу.

Важливим напрямком стає дослідження довгострокового впливу цифровізації на якість освіти та розробка методологій оцінки ефективності цифрової трансформації. Особлива увага приділяється розвитку механізмів забезпечення сталості цифрових інновацій та їх інтеграції в освітній процес.

**Висновки.** Запропонована архітектура інформаційно-технологічної платформи «Цифровий університет» представляє комплексний підхід до трансформації вищої освіти в цифрову епоху. Системність розробленої архітектури проявляється в охопленні всіх ключових аспектів діяльності університету: від освітніх процесів і наукових досліджень до адміністративних функцій і взаємодії із зовнішніми партнерами.

Технологічна інтеграція досягається завдяки впровадженню сучасних технологій, таких як штучний інтелект, аналітика даних, IoT, хмарні обчислення та кіберфізичні системи. Модульна структура архітектури забезпечує необхідну гнучкість у впровадженні та підтримує поетапну адаптацію платформи відповідно до конкретних потреб і можливостей університету.

Особливу увагу в архітектурі приділено кібербезпеці та захисту даних, що стає критично важливим в умовах зростаючої цифровізації та посилення кіберзагроз. Архітектура підтримує індивідуалізацію навчального процесу за рахунок впровадження адаптивних систем навчання та персоналізованих освітніх планів.

Подальші дослідження будуть зосереджені на впровадженні запропонованої архітектури, створенні елементів цифрової трансформації, вивченні довгострокового впливу цифровізації на якість освіти та розробці механізмів забезпечення сталості цифрових інновацій.

#### Список бібліографічного опису

1. Moneim R. A. Towards a smart University in the light of 21st century skills // *Najah Univ. J. Res. (Humanities)*. - 34. - pp. 1109-1132, 2020.
2. Rico-Bautista D., Guerrero C. D., Collazos C. A., Maestre-Góngora G., Hurtado-Alegría J. A., Medina-Cárdenas Y., Swaminathan J. Smart University: A vision of technology adoption // *Revista Colombiana de Computación*. - 22. - pp. 44-56, 2021.
3. Potapchuk O. I., Lutsyk I. B., Hevko I. V., Buyak B. B. Implementation of the concept of a smart university in terms of distance education // *Information Technologies and Learning Tools*. - №6. - 92. - pp. 140-153, 2022.



4. Naseem M., Ajaz F., Ahamad G., Sharm S., Abbasi E. An Analysis of Cloud Computing Based on Internet of Things. - March 2021.
5. Kalinkara Y., Talan T. Role of the Internet of Things in Education System // 1st International Conference on Innovative Academic Studies. - pp. 194-198, September 2022.
6. Jurva R., Matinmikko-Blue M., Niemelä V., Nenonen S. Architecture and Operational Model for Smart Campus Digital Infrastructure // Wireless Personal Communications. - 113. - pp. 1437-1454, August 2020.
7. Siemens G. Learning Analytics: The Emergence of a Discipline // American Behavioral Scientist. - 57. - pp. 1380-1400, 2013.
8. Guruge D. B., Kadel R., Halder S. J. The State of the Art in Methodologies of Course Recommender Systems—A Review of Recent Research // Data. - 6. - 2021.
9. González-Calatayud V., Prendes-Espinosa P., Roig-Vila R. Artificial Intelligence for Student Assessment: A Systematic Review // Applied Sciences. - 11. - 2021.
10. Maciá Pérez F., Berna Martínez J. V., Lorenzo Fonseca I. Modelling and Implementing Smart Universities: An IT Conceptual Framework // Sustainability. - 13. - 2021.
11. Røe Y., Wojniusz S., Bjerke A. H. The Digital Transformation of Higher Education Teaching: Four Pedagogical Prescriptions to Move Active Learning Pedagogy Forward // Frontiers in Education. - 6. - 2022.
12. Graham C., Halverson L. Blended Learning Research and Practice. - 2023. - pp. 1159-1178.
13. Henne A., Möhrke P., Thoms L.-J., Huwer J. Implementing Digital Competencies in University Science Education Seminars Following the DiKoLAN Framework // Education Sciences. - 12. - 2022.
14. Mbombo A. B., Cavus N. Smart University: A University In the Technological Age // TEM Journal. - 10. - pp. 13-17, 2021.
15. Marks A., AL-Ali M., Atassi R., Abualkishik A. Z., Rezgu Y. Digital Transformation in Higher Education: A Framework for Maturity Assessment // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. - 11. - 2020.
16. Alenezi M., Akour M. Digital Transformation Blueprint in Higher Education: A Case Study of PSU // Sustainability. - 15. - 2023.
17. Gkrimpizi T., Peristeras V., Magnisalis I. Classification of Barriers to Digital Transformation in Higher Education Institutions: Systematic Literature Review // Education Sciences. - 13. - 2023.
18. Yang X., Tong Q., Ou X. Analysis of Technical Energy Conservation Potential of China's Energy Consumption Sectors // Open Journal of Energy Efficiency. - 03. - pp. 93-97, January 2014.
19. Igbokwe I. C. Application of Artificial Intelligence (AI) in Educational Management // International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP). - 13. - p. 13536, 2023.
20. Saeed R. A., Xia X., Li X. Artificial Intelligence for Higher Education Development and Teaching Skills // Wireless Communications and Mobile Computing. - 2022. - pp. 300-307, 2022.
21. Atalla S., Daradkeh M., Gawanmeh A., Khalil H., Mansoor W., Miniaoui S., Himeur Y. An Intelligent Recommendation System for Automating Academic Advising Based on Curriculum Analysis and Performance Modeling // Mathematics. - 15. - 2023.
22. Aljanazrah A., Yerousis G., Hamed G., Khlaif Z. N. Digital transformation in times of crisis: Challenges, attitudes, opportunities and lessons learned from students' and faculty members' perspectives // Frontiers in Education. - 7. - 2022.
23. Vo N. N. Y., Vu Q. T., Vu N. H., Vu T. A., Mach B. D., Xu G. Domain-specific NLP system to support learning path and curriculum design at tech universities // Computers and Education: Artificial Intelligence. - 3. - p. 100042, 2022.
24. Silva-da-Nóbrega P. I., Chim-Miki A. F., Castillo-Palacio M. A Smart Campus Framework: Challenges and Opportunities for Education Based on the Sustainable Development Goals // Sustainability. - 14. - 2022.
25. Seitbatkalova A. S., Smailova Z. P. Creating smart universities as a challenge to modernity // Reports of the national academy of sciences of the republic of kazakhstan. - 4. - pp. 151-158, 2019.
26. Mohammadi F. Emerging Challenges in Smart Grid Cybersecurity Enhancement: A Review // Energies. - 14. - 2021.
27. Gil A. B., de la Prieta F., Rodríguez S., Corchado J. M. Smart System for the Retrieval of Digital Educational Content // Applied Sciences. - 9. - 2019.
28. Chuang I., Ho A. HarvardX and MITx: Four Years of Open Online Courses – Fall 2012-Summer 2016. - December 2016.

#### References

1. Moneim R. A. Towards a smart University in the light of 21st century skills // Najah Univ. J. Res. (Humanities). - 34. - pp. 1109-1132, 2020.
2. Rico-Bautista D., Guerrero C. D., Collazos C. A., Maestre-Góngora G., Hurtado-Alegria J. A., Medina-Cárdenas Y., Swaminathan J. Smart University: A vision of technology adoption // Revista Colombiana de Computación. - 22. - pp. 44-56, 2021.
3. Potapchuk O. I., Lutsyk I. B., Hevko I. V., Buyak B. B. Implementation of the concept of a smart university in terms of distance education // Information Technologies and Learning Tools. - №6. - 92. - pp. 140-153, 2022.
4. Naseem M., Ajaz F., Ahamad G., Sharm S., Abbasi E. An Analysis of Cloud Computing Based on Internet of Things. - March 2021.
5. Kalinkara Y., Talan T. Role of the Internet of Things in Education System // 1st International Conference on Innovative Academic Studies. - pp. 194-198, September 2022.
6. Jurva R., Matinmikko-Blue M., Niemelä V., Nenonen S. Architecture and Operational Model for Smart Campus Digital Infrastructure // Wireless Personal Communications. - 113. - pp. 1437-1454, August 2020.
7. Siemens G. Learning Analytics: The Emergence of a Discipline // American Behavioral Scientist. - 57. - pp. 1380-1400, 2013.
8. Guruge D. B., Kadel R., Halder S. J. The State of the Art in Methodologies of Course Recommender Systems—A Review of Recent Research // Data. - 6. - 2021.

9. González-Calatayud V., Prendes-Espinosa P., Roig-Vila R. Artificial Intelligence for Student Assessment: A Systematic Review // *Applied Sciences*. - 11. - 2021.
10. Maciá Pérez F., Berna Martínez J. V., Lorenzo Fonseca I. Modelling and Implementing Smart Universities: An IT Conceptual Framework // *Sustainability*. - 13. - 2021.
11. Røe Y., Wojniusz S., Bjerke A. H. The Digital Transformation of Higher Education Teaching: Four Pedagogical Prescriptions to Move Active Learning Pedagogy Forward // *Frontiers in Education*. - 6. - 2022.
12. Graham C., Halverson L. Blended Learning Research and Practice. - 2023. - pp. 1159-1178.
13. Henne A., Möhrke P., Thoms L.-J., Huwer J. Implementing Digital Competencies in University Science Education Seminars Following the DiKoLAN Framework // *Education Sciences*. - 12. - 2022.
14. Mbombo A. B., Cavus N. Smart University: A University In the Technological Age // *TEM Journal*. - 10. - pp. 13-17, 2021.
15. Marks A., AL-Ali M., Atassi R., Abualkishik A. Z., Rezgu Y. Digital Transformation in Higher Education: A Framework for Maturity Assessment // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. - 11. - 2020.
16. Alenezi M., Akour M. Digital Transformation Blueprint in Higher Education: A Case Study of PSU // *Sustainability*. - 15. - 2023.
17. Gkrimpizi T., Peristeras V., Magnisalis I. Classification of Barriers to Digital Transformation in Higher Education Institutions: Systematic Literature Review // *Education Sciences*. - 13. - 2023.
18. Yang X., Tong Q., Ou X. Analysis of Technical Energy Conservation Potential of China's Energy Consumption Sectors // *Open Journal of Energy Efficiency*. - 03. - pp. 93-97, January 2014.
19. Igbokwe I. C. Application of Artificial Intelligence (AI) in Educational Management // *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*. - 13. - p. 13536, 2023.
20. Saeed R. A., Xia X., Li X. Artificial Intelligence for Higher Education Development and Teaching Skills // *Wireless Communications and Mobile Computing*. - 2022. - pp. 300-307, 2022.
21. Atalla S., Daradkeh M., Gawanmeh A., Khalil H., Mansoor W., Miniaoui S., Himeur Y. An Intelligent Recommendation System for Automating Academic Advising Based on Curriculum Analysis and Performance Modeling // *Mathematics*. - 15. - 2023.
22. Aljanazrah A., Yerousis G., Hamed G., Khlaif Z. N. Digital transformation in times of crisis: Challenges, attitudes, opportunities and lessons learned from students' and faculty members' perspectives // *Frontiers in Education*. - 7. - 2022.
23. Vo N. N. Y., Vu Q. T., Vu N. H., Vu T. A., Mach B. D., Xu G. Domain-specific NLP system to support learning path and curriculum design at tech universities // *Computers and Education: Artificial Intelligence*. - 3. - p. 100042, 2022.
24. Silva-da-Nóbrega P. I., Chim-Miki A. F., Castillo-Palacio M. A Smart Campus Framework: Challenges and Opportunities for Education Based on the Sustainable Development Goals // *Sustainability*. - 14. - 2022.
25. Seitbatkalova A. S., Smailova Z. P. Creating smart universities as a challenge to modernity // *Reports of the national academy of sciences of the republic of kazakhstan*. - 4. - pp. 151-158, 2019.
26. Mohammadi F. Emerging Challenges in Smart Grid Cybersecurity Enhancement: A Review // *Energies*. - 14. - 2021.
27. Gil A. B., de la Prieta F., Rodríguez S., Corchado J. M. Smart System for the Retrieval of Digital Educational Content // *Applied Sciences*. - 9. - 2019.
28. Chuang I., Ho A. HarvardX and MITx: Four Years of Open Online Courses – Fall 2012-Summer 2016. - December 2016.