

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2024. № 7.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.7.25>

УДК 37-042.4:004

О. І. Решетняк,

д. е. н., доцент, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку

Національної академії наук України

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1183-302X>

О. В. Шаповал,

аспірант, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку

Національної академії наук України

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4478-3193>

ТЕХНОЛОГІЇ EDUCATION 4.0 ТА ЇХ РОЛЬ У ТРАНСФОРМАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

O. Reshetnyak,

Doctor of Economic Sciences, Associate Professor,

Research Center of Industrial Problems of Development

of National Academy of Sciences of Ukraine

O. Shapoval,

Postgraduate student, Research Center of Industrial Problems of Development of

National Academy of Sciences of Ukraine

EDUCATION 4.0 TECHNOLOGIES AND THEIR ROLE IN TRANSFORMATION OF EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

У статті досліджено основні технології парадигми Education 4.0 та їх роль у трансформації навчального процесу вищих навчальних закладів.

Описується модель керування змінами та її зв'язок з управлінням трансформаціями вищих навчальних закладів. В рамках дослідження розглядаються технології штучного інтелекту, великих даних, кібер-фізичних систем, хмарних обчислень, Віртуальної реальності, інтернету речей та блокчейн. Надається коротка характеристика та можливі сфери використання технологій в рамках навчального процесу.

Проводиться SWOT-аналіз технологій з метою визначення їх сильних і слабких сторін, а також можливостей і ризиків, які виникають в результаті їх впровадження в навчальному процесі вищих навчальних закладів. У завершальній частині статті наголошується на важливості холістичного розгляду трансформаційних технологій задля отримання оптимального результату від їх впровадження, а також пропонуються подальші напрямки у напрямі дослідження.

The article examines the main technologies of the Education 4.0 paradigm and their role in transforming the educational process in higher education institutions (HEIs). It provides a description of a change management model and its connection to the management of transformations within HEIs. The research considers technologies of artificial intelligence, big data, cyber-physical systems, cloud computing, virtual reality, the Internet of Things, and blockchain. Each of these technologies is explored in terms of its brief characteristics and potential areas of application within the educational process.

Further, the article includes a SWOT analysis of these technologies to identify strengths, weaknesses, opportunities, and risks associated with their implementation in the educational processes of higher education institutions. The analysis highlights how each technology can enhance learning outcomes, simplify administrative processes, and foster innovative teaching methods. Doing so allows obtaining a more comprehensive overall understanding of the implications and consequences of introducing specific technologies as part of the education process, as well as to further aid the decision-making process.

In the concluding section, the article highlights the importance of a holistic approach when considering the implementation of transformational technologies. It emphasizes that for these technologies to produce optimal results, they must be integrated thoughtfully and strategically within the educational framework. The article suggests that further research could focus on developing comprehensive

strategies for the effective integration of these technologies, evaluating their long-term impacts on educational outcomes, and exploring ways to mitigate associated risks.

The article also suggests several potential avenues for further research, namely considering other aspects aside from informational technologies of Education 4.0. These aspects may include considering the process of obtaining relevant soft skills by the students, as well as studying such parts of Education 4.0 transformation, as organizational, communicational, and others.

Ключові слова: *Освіта 4.0, управління трансформаціями, цифрова трансформація, вищі навчальні заклади, освітні технології*

Keywords: *Education 4.0, transformation management, digital transformation, higher education institutions, educational technologies*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Трансформаційні процеси, пов'язані із введенням практик Education 4.0 охоплюють широкий спектр дисциплін, включаючи як педагогічні, управлінчі, так і технологічні фактори навчального процесу. Незважаючи на потенційні переваги або поліпшення, введення цих технологій призводить до появи змін, які можуть мати різні наслідки. Життєвий цикл цих змін можна описано згідно з моделлю управління змінами Іцхака Адізеса (Рис. 1).



Рис. 1. Діаграма життєвого циклу змін згідно моделі Адізеса.

Джерело: Створено автором за [1]

Модель Адізеса представляє радикальну точку зору на процес управління змінами, підкреслюючи, що зміни завжди призводять до проблем, вирішення яких, у свою чергу призводить до нових змін, починаючи цикл з початку. Вона не тільки підкреслює важливість ефективного управління змінами, але й безперервність цього процесу на протязі усього життєвого циклу організації [1, с. 23-29]. Для вищих навчальних закладів ефективно управління змінами відіграє вкрай важливу роль.

За своєю природою, так звані підривні інновації [2, с. 3], в тому числі технології Education 4.0 розглянуті в рамках даного дослідження, є одним з основних джерел таких змін для вищих навчальних закладів України і світу. Однак, основою для ефективного їх впровадження та подальшого управління ними є розуміння їх ролі в навчальному або управлінчих процесах та впливу, який ці технології мають на вказані процеси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тема технологій Education 4.0 та їх ролі широко обговорюється у науковій літературі, що вказує на високу актуальність питань, що з ними пов'язані.

Технології Education 4.0 тісно пов'язані з розвитком індустрії в цілому, в даному випадку Індустрії 4.0. Розуміння природи їх зв'язку може бути цінним джерелом інсайтів для більш ефективного аналізу ролі парадигми Education 4.0 на трансформацію вищої освіти в цілому. Так, Мораес Е., Кіппер Л., Хакенхаар Келлерманн А., Аустрія Л., Левіас П., Мораес Х., Вітчак М. відзначають, що 70% розглянутих досліджень відносно використання технологій Індустрії 4.0 у парадигмі Education 4.0 присвячені вищій освіті [3], що у подальшому підкреслює важливість їх зв'язку та інтерес до впровадження цих технологій саме у вищій освіті.

Куреші М., Кхан Н., Раза Х., Імран А., Ізмаїл Ф. відзначають, що технології Education 4.0 радикально змінюють освітнє середовище, підкреслюючи, що індустріальна революція 4.0 потребує кваліфікованих спеціалістів, здатних адаптуватися до її реалій [4]. Такий погляд на відношення освіти та індустрії у подальшому підкреслює важливість їх

взаємного розвитку, адже саме індустрія є значним чинником, який впливає на формування компетенцій і знань, які очікуються від здобувачів знань.

Ряд дослідників розглядають роль та вплив конкретних інформаційних технологій Education 4.0 на навчальний процес. Так, Дас С., Дей А., Пал А., Рой Н. [5], Камалов Ф., Сантандреу Д., Гурріб І. [6] розглядають вплив технологій штучного інтелекту та наслідки, які пов'язані з їх введенням у навчальний процес, у той час як Окс С., Яловський М., Лехнер М., Міршбергер С., Меркляйн М., Фогель-Хойзер Б., Мьослейн К. [7] фокусуються на ролі кібер-фізичних систем. Холістичний аналіз таких досліджень дозволяє отримати більш комплексне розуміння проблеми та визначити спільні сторони різних технологій.

При цьому варто відмітити, що значна кількість досліджень зосереджуються на перевагах і можливостях технологій Education 4.0, приділяючи меншу увагу обмеженням та ризикам, пов'язаним з їх введенням.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою дослідження є аналіз впливу технологій Education 4.0 на трансформаційні процеси у вищих навчальних закладах. В рамках дослідження визначено наступні завдання: визначити основні технології Education 4.0, які використовуються у вищих навчальних закладах та їх характеристики; проаналізувати вплив цих технологій та їх роль у трансформації навчального процесу у вищих навчальних закладах, визначивши їх сильні сторони, слабкі сторони, можливості та загрози шляхом проведення SWOT-аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Education 4.0 (Освіта 4.0) є наступним етапом еволюції навчальних парадигм, яка значною мірою спирається на технології Індустрії 4.0. Основними характеристиками Освіти 4.0 порівняно з минулими етапами є: зростання ролі безперервного навчання і взаємонавчання; використання інформаційно-комунікаційних технологій як невід'ємної складової навчального процесу; зміна ролі викладача на наставника аніж джерела інформації або куратора; активізація ролі студента

в рамках навчального процесу, його незалежність; цифровізація джерел інформації; гібридні, кібер-фізичні навчальні середовища [8, с. 2].

Розглядаючи складові парадигми Освіти 4.0 стає очевидним значне зростання її комплексності у порівнянні з минулими етапами розвитку освітніх парадигм, що охоплює як вимоги до студентів, так і до викладачі. Для ефективного впровадження нових підходів та підвищення якості навчального процесу усі учасники мають стикнутися з новітніми викликами, серед яких значне місце займають цифрові технології, що супроводжують ці трансформаційні процеси.

Згідно з опитуваннями, проведеним дослідниками Хімметоглу Б., Айдуг Д. і Байрак К., до списку кваліфікацій, які очікуються від студентів тепер входять також: вміння ефективно користуватися цифровими технологіями, навички у сфері кібербезпеки, вміння генерувати інформацію. Крім цього, значно більша увага приділяється комунікаційним та коопераційним навичкам, що є наслідком зростання ролі взаємонавчання. З іншої сторони, викладачі стикаються зі ще більш жорсткими вимогами відносно технічної грамотності. Їм потрібно не лише використовувати цифрові технології в рамках навчального процесу, але й адаптувати процес навчання відповідно до цифрового середовища [9, с. 18, с. 20].

Шляхом аналізу публікацій і кейсів щодо впровадження інформаційно-комунікаційних технологій Education 4.0 в рамках навчального процесу у вищих навчальних закладах, було виокремлено наступні категорії технологій, які є частиною трансформаційних процесів [10, с. 4; 11, с. 232; 8, с. 3]: Штучний інтелект/Машинне навчання (Artificial Intelligence/Machine Learning), Великі дані/Аналітика даних (Big Data/Data Analytics), Кібер-фізичні системи (Cyber-Physical Systems), Хмарні обчислення (Cloud Computing), Віртуальна/Змішана реальність (Virtual/Mixed reality), Інтернет речей (Internet of Things), Блокчейн/Розподілені реєстри (Blockchain/DLT).

Штучний інтелект охоплює широкий ряд технологій, які знайшли використання у різноманітних сферах, у тому числі вищій освіті. Технології

штучного інтелекту використовуються для аналізу, організації та класифікації даних, автоматизації рутинних процесів, розпізнавання рукописного тексту, мови та облич, персоналізації та ін [5, с. 32-38].

Щодо трансформації навчального процесу, в тому числі у вищих навчальних закладах, технології штучного інтелекту використовуються для: створення інтелектуальних та адаптивних освітніх систем; персоналізації навчального процесу; автоматизації процесу оцінювання; поліпшення комунікації між викладачами та студентами [6, с. 2-3].

Для визначення впливу технологій штучного інтелекту на трансформацію навчального процесу вищих навчальних закладів, було виконано SWOT-аналіз. Результати аналізу наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. SWOT-аналіз ролі штучного інтелекту в процесі трансформації навчального процесу вищих навчальних закладів

| Сильні сторони | Можливості |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Підвищення ефективності та результативності навчання. - Ефективне використання часу та матеріальних ресурсів. - Глобалізація доступу до освіти. - Персоналізація навчального процесу. - Ефективність і автоматизація рутинних завдань. - Потенційне скорочення витрат на певні повсякденні завдання. | <ul style="list-style-type: none"> - Розвиток технологій штучного інтелекту та їх можливостей. - Зростання доступності, зниження витрат на впровадження. - Розширення можливостей інтеграції зі сторонніми цифровими системами. |
| Слабкі сторони | Загрози |
| <ul style="list-style-type: none"> - Потенційно висока вартість впровадження. - Ризики, пов'язані з кібербезпекою та обробкою персональних даних. - Зниження інклюзивності навчального процесу через покладання на апаратно-програмне забезпечення, що не доступне всім студентам. - Виникнення упередженості або дискримінації з боку автоматизованих систем на базі штучного інтелекту. | <ul style="list-style-type: none"> - Акти та регуляції відносно використання штучного інтелекту в певних сферах (у тому числі в навчальному процесі). - Швидкі технологічні зміни, вихід певних технологій з використання ще до їх повного впровадження. - Питання авторських прав і академічної доброчесності, виявлення випадків плагіату з використанням систем штучного інтелекту |

Джерело: Складено автором за [6, с. 2-3]

Великі дані та аналітика даних характеризують ряд технологій, методів та підходів направлених на ефективне опрацювання значних об'ємів даних з метою визначення тенденцій або отримання інших інсайтів на базі цих даних. У рамках навчального процесу ці технології використовуються для: аналізу та систематизації навчального процесу і взаємодії студентів з цифровими системами навчального закладу; агрегації та систематизація навчальних матеріалів, в тому числі для створення масових відкритих онлайн-курсів (Massive Open Online Course – MOOC) [12, с. 75-77].

Для визначення впливу технологій великих даних і аналітики даних на трансформацію навчального процесу вищих навчальних закладів, було виконано SWOT-аналіз. Результати аналізу наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. SWOT-аналіз ролі технологій великих даних і аналітики даних в процесі трансформації навчального процесу вищих навчальних закладів

| Сильні сторони | Можливості |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Можливість приймати рішення відносно змін у навчальному процесі, спираючись на реальні дані та результати аналізу. - Підвищення ефективності управління і прийняття рішень. - Підвищення прозорості комунікації зі стейкхолдерами та пояснення мотивації прийняття певних рішень. - Підвищення інклюзивності і студентської мобільності, в тому числі за рахунок розробки власних масових відкритих онлайн-курсів. | <ul style="list-style-type: none"> - Розвиток нових підходів до управління і трансформації навчального процесу з використанням технологій аналітики великих даних. - Партнерство між навчальними закладами та розробниками технологій, спільна розробка програмного забезпечення або новітніх підходів. |
| Слабкі сторони | Загрози |
| <ul style="list-style-type: none"> - Ризики, пов'язані з обробкою великої кількості даних, які можуть включати в себе персональну або конфіденційну інформацію. - Морально-етичні аспекти обробки великої кількості даних, в тому числі персональних. - Загрози конфіденційності і кібербезпеки. - Зростання складності процесів управління. | <ul style="list-style-type: none"> - Регуляції і законодавче середовище, пов'язане з обробкою великих даних. - Значна залежність від технологічної бази, постачальників технологій та ін. |

Джерело: Складено автором за [12, с. 75-77]

Кібер-фізичні системи представляють собою дворівневі вбудовані системи, які складаються з фізичної та кібер сфери, між якими відбувається безперервний обмін інформацією. До фізичної сфери входять сенсори та відповідне електронне обладнання, в той час як у кібер-сфері виконується обчислення отриманих даних. Завдяки мініатюризації та зменшення вартості електронних компонентів, кібер-фізичні системи можуть бути застосовані у різноманітних умовах для виконання широкого спектру завдань [7, с. 2-3].

Кібер-фізичні системи є невід'ємною частиною парадигми University 4.0, в якій компоненти кібер-фізичних систем поєднуються та інтегруються з системами навчального закладу в рамках навчального процесу. В цьому випадку, роль кібер-фізичних систем розширюється – вони виступають одночасно навчальним середовищем і предметом знань. В процесі адаптації цих технологій до навчального процесу виникає нове поняття – Освітні кібер-фізичні системи (Educational Cyber Physical Systems – ECPS). ECPS є перспективною та мало дослідженою на сьогоднішній день технологією, яка має високий трансформаційний потенціал [13, с. 2-5].

Для визначення впливу кібер-фізичних систем на трансформацію навчального процесу вищих навчальних закладів, було виконано SWOT-аналіз. Результати аналізу наведено у таблиці 3.

Хмарні обчислення є однією з інноваційних технологій, що стали рушійною силою цифровізації та отримали широке визнання у найрізноманітніших сферах, як спеціалізованих, так і повсякденних. Вони створили нову парадигму, в якій доступ до віддалених комп'ютерів або обчислювальних потужностей надається в формі послуги. При цьому користувач звільняється від необхідності обслуговувати програмне і апаратне забезпечення, що дозволяє потенційно знизити витрати часу та ресурсів, замість цього фокусуючи увагу на досягненні бізнес-завдань. З моменту появи технологій хмарного обчислення, спектр їх використання значно зріс. На сьогоднішній день вони використовуються для зберігання

інформації, складних обчислень, та навіть виконання повсякденних завдань, таких як управління проектами або обробка тексту [15, с. 2-3].

Таблиця 3. SWOT-аналіз ролі кібер-фізичних систем в процесі трансформації навчального процесу вищих навчальних закладів

| Сильні сторони | Можливості |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Можливість впровадження практичного вивчення актуальних, затребуваних знань. - Оптимізація, алгоритмізація навчального процесу. - Скорочення організаційних витрат на ряд повсякденних завдань. | <ul style="list-style-type: none"> - Взаємна інтеграція з такими додатковими навчальними технологіями, як масові відкриті онлайн-курси для створення холістичного навчального середовища. - Трансформація взаємодії студентів та викладачів. |
| Слабкі сторони | Загрози |
| <ul style="list-style-type: none"> - Висока складність. - Висока вартість розробки і впровадження. - Зростання ресурсних затрат на підтримку роботи кібер-фізичних систем. - Ризики кібербезпеки. | <ul style="list-style-type: none"> - Необхідність наявності персоналу з відповідними кваліфікаціями для підтримки функціонування кібер-фізичних систем навчального закладу. - Необхідність стимуляції синергії між навчальними закладами та підприємствами задля забезпечення оптимальних результатів та оптимізації витрат на підтримку систем. |

Джерело: Складено автором за [13, с. 6-9; 14, с. 6]

Хмарні обчислення також часто використовуються у різноманітних інформаційно-технічних системах вищого навчального закладу: спілкування між викладачами та студентами; системи управління навчанням (Learning Management System – LMS). Окрім цього, хмарні технології є складовою частиною великої кількості інших технологій Освіти 4.0. Завдяки їх доступності та широкому доступу до мережі Інтернет, стало можливим створення масових відкритих онлайн-курсів, систем дистанційного навчання та ін. Цей вплив став найочевиднішим під час пандемії COVID-19, коли навчальні заклади стикнулися з неможливістю проведення очних занять, на яких присутній викладач і студенти. Навіть найновітніші технології, як штучний інтелект, значною мірою спираються на розвинуте, доступне цифрове середовище, яке створюється завдяки хмарним технологіям [16, с. 15-23].

Для визначення впливу технологій хмарних обчислень на трансформацію навчального процесу вищих навчальних закладів, було виконано SWOT-аналіз. Результати аналізу наведено у таблиці 4.

Таблиця 4. SWOT-аналіз ролі технологій хмарних обчислень в процесі трансформації навчального процесу вищих навчальних закладів

| Сильні сторони | Можливості |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Можливість впровадження і підтримка дистанційного навчання. - Створення інклюзивного середовища, що відіграє особливо важливу роль у країнах, що розвиваються. - Зниження витрат на викладання матеріалів, більше можливостей для впровадження самостійного формату вивчення матеріалу. - Підвищення ступені самостійності студентів, розширення їх можливостей і додаткове заохочення. | <ul style="list-style-type: none"> - Підвищення доступності навчальних матеріалів незалежно від географічних або соціо-економічних обмежень. - Полегшення процесу обміну знаннями, навчальними матеріалами, ноу-хау та іншими ресурсами. |
| Слабкі сторони | Загрози |
| <ul style="list-style-type: none"> - Підвищення ризику хакерських атак та інших ризиків, пов'язаних з кібербезпекою. - Обмеження можливостей проведення прикладних занять, особливо для дисциплін, які значною мірою спираються на лабораторні заняття. - Необхідність проведення внутрішніх тренінгів для підвищення цифрової обізнаності викладачів до необхідного рівня, а також їх ознайомлення з новими технологіями. - Постійні витрати на програмне забезпечення і технічну підтримку. - Цифрова втома (digital fatigue) як серед викладачів, так і студентів [17]. | <ul style="list-style-type: none"> - Необхідність забезпечення відповідності нормативним актам, пов'язаним з конфіденційністю і обробкою персональних даних (GDPR та ін.). - Психологічні бар'єри, несприйняття ефективності і результативності хмарних технологій, в тому числі дистанційного навчання. - Залежність від постачальників апаратного і програмного забезпечення, в тому числі ризик виникнення прив'язки до постачальника (vendor lock-in). |

Джерело: Складено автором за [16, с. 15-23]

Віртуальна і змішана реальність охоплюють технології створення реалістичного цифрового зображення з ефектом присутності. Основною їх відмінністю є те, що програмне та апаратне забезпечення віртуальної реальності націлене на створення візуальної (та зазвичай аудіо) ілюзії присутності користувача у віртуальному середовищі. При цьому користувач

не має змоги спостерігати за навколишнім середовищем, у якому знаходиться фізично. Однак, змішана реальність передбачає накладання віртуальних елементів на проекцію навколишнього середовища таким чином, що користувач має змогу певним чином взаємодіяти з ними, розглядати з різних сторін і тп., в той час як самі елементи адаптуються до середовища, в якому вони відображені [18, с. 7-14].

Технології змішаної і віртуальної реальності мають значний потенціал для використання в рамках навчального процесу, особливо для викладання прикладних дисциплін та проведення лабораторних занять. Окрім цього, вони мають наступні використання: демонстрація навчальних симуляцій; як частина систем автоматизованого проектування і розрахунку (Computer-Aided Design – CAD); як допоміжна технологія для студентів з особливими потребами [19, с. 175-179].

Для визначення впливу технологій віртуальної та змішаної реальності на трансформацію навчального процесу вищих навчальних закладів, було виконано SWOT-аналіз. Результати аналізу наведено у таблиці 5.

Інтернет речей представляє собою мережу пристроїв, які об'єднані між собою, збирають, опрацьовують і обмінюються даними один з одним. Фундаментальним компонентом будь-якої системи інтернету речей є сенсори, які збирають інформацію про навколишнє середовище. Пристрої в об'єднаній мережі можуть діяти автономно, спираючись на алгоритми, які враховують показання сенсорів. Пристрої в такій мережі зазвичай мають низьку обчислювальну потужність, при цьому потребують дуже малу кількість електричної енергії, що дозволяє їм працювати автономно на протязі довгого часу. При цьому, до мережі також можуть підключатися більш складні пристрої, такі як смартфони або комп'ютери, які виступають інтерфейсом взаємодії людини і системи [21, с. 2-7].

Таблиця 5. SWOT-аналіз ролі технологій віртуальної та змішаної реальності в процесі трансформації навчального процесу вищих навчальних закладів

| Сильні сторони | Можливості |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Сприяння розвитку таких когнітивних навичок, як пам'ять, розуміння інформації, просторове мислення та ін. - Підвищення інтерактивності навчання, що сприяє покращенню сприйняття матеріалу - Позитивний емоційний вплив під час вивчення. | <ul style="list-style-type: none"> - Адаптація новітніх методів викладання з використанням технологій віртуальної реальності, що з'являються. - Взаємодія з представниками індустрії. |
| Слабкі сторони | Загрози |
| <ul style="list-style-type: none"> - Високі витрати на впровадження. - Обмеженість сфер використання. - Складнощі інтеграції апаратного забезпечення для віртуальної/змішаної реальності з існуючою матеріально-технічною базою навчального закладу. - Необхідність проведення тренінгів як для викладачів, так і студентів щодо використання апаратного забезпечення віртуальної реальності. - Необхідність розробки нового або адаптації існуючого програмного забезпечення для матеріалу, що викладається. | <ul style="list-style-type: none"> - Обмежений вибір спеціалізованого програмного забезпечення для проведення навчальних занять. - Скептицизм зі сторони викладачів та студентів, недовіра до технології. |

Джерело: Складено автором за [19, с. 175-179] [20, с. 7-9]

Технології інтернету речей мають різноманітне використання в рамках навчального процесу, в тому числі як основа концепції розумної школи (Smart School) і сталої освіти (Sustainable Education): автоматизація управління споживанням енергії; модернізація систем безпеки; моніторинг студентів на території закладу; підтримка студентів з особливими потребами; автономні системи відвідуваності; модернізовані навчальні лабораторії [22, с. 8-11].

Для визначення впливу технологій інтернету речей на трансформацію навчального процесу вищих навчальних закладів, було виконано SWOT-аналіз. Результати аналізу наведено у таблиці 6.

Таблиця 6. SWOT-аналіз ролі технологій інтернету речей в процесі трансформації навчального процесу вищих навчальних закладів

| Сильні сторони | Можливості |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Сприяння досягненню студентами цифрової грамотності. - Підвищення інтерактивності навчального процесу. - Автоматизація управління кампусом та рутинних завдань, таких як пропускний контроль, моніторинг безпеки та ін. - Можливість збору та обробки даних у реальному часі. | <ul style="list-style-type: none"> - Сприяння досягненню цілей сталого розвитку в рамках навчального закладу за рахунок оптимізації використання доступних ресурсів. |
| Слабкі сторони | Загрози |
| <ul style="list-style-type: none"> - Висока вартість впровадження. - Необхідність забезпечення масштабування і надійності впроваджених розумних систем. - Ризики, пов'язані з кібербезпекою і конфіденційністю даних. | <ul style="list-style-type: none"> - Необхідність забезпечення відповідності нормативним актам, пов'язаним з конфіденційністю і обробкою персональних даних (GDPR та ін.). - Залежність від постачальників апаратно-програмного забезпечення. - Дегуманізація, етичні аспекти роботи системи. - Негативна реакція з боку студентів, недовіра до технології. |

Джерело: Складено автором за [22, с. 8-11]

Блокчейн і розподілені реєстри представляють собою підхід до зберігання даних у вигляді ланцюжка блоків, поєднаних криптографічними геш-значеннями. Вони є відносно новітніми технологіями, які, незважаючи на це, використовуються у великій кількості сфер: обробка платежів, оцифрування активів, системи цифрової ідентифікації та ін. Основними властивостями систем на основі технології блокчейн є: незмінність історії записів; простановка часових міток для записів, що додаються; непідробний криптографічний зв'язок між наступними та попередніми блоками. Системи на базі технології блокчейн зазвичай є розподіленими, хоча це не є обов'язковою вимогою самої технології. У залежності від середовища використання та інших вимог, у таких системах можуть бути реалізовані різноманітні підходи до досягнення стану консенсусу та управління процесом додавання нових блоків [23, с. 4-11].

Технології блокчейн і розподілених реєстрів також знайшли використання у навчальному процесі. Так, вони можуть використовуватися для: випуску дипломів, грамот або інших навчальних документів у цифровому вигляді; проведення платежів; гейміфікації навчального процесу; в якості основи системи оцінювання [24, с. 4-6].

Для визначення впливу технологій блокчейн та розподілених реєстрів на трансформацію навчального процесу вищих навчальних закладів, було виконано SWOT-аналіз. Результати аналізу наведено у таблиці 7.

Таблиця 7. SWOT-аналіз ролі технологій блокчейн та розподілених реєстрів в процесі трансформації навчального процесу вищих навчальних закладів

| Сильні сторони | Можливості |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Можливість проведення аудиту та доведення цілісності даних з використанням криптографічних методів. - Прозорість ланцюжка подій і алгоритму, який використовується для його заповнення. - Реплікація даних, яка забезпечує підвищену доступність (у випадку, коли один із серверів недоступний або атакується зловмисником, користувачі можуть звернутися до іншого). - Підвищення надійності за рахунок використання криптографічних методів та механізмів досягнення стану консенсусу. - Автоматизація процесів з використанням смарт-контрактів. | <ul style="list-style-type: none"> - Можливість залучення сторонніх аудиторів для підвищення прозорості даних. - Можливість взаємної інтеграції систем навчальних закладів задля впровадження універсальних академічних посвідчень. - Взаємодія з розробниками протоколів або систем на основі технології блокчейн. |
| Слабкі сторони | Загрози |
| <ul style="list-style-type: none"> - Потенційно високі витрати на впровадження. - Зростання складності у підтримці цифрової інфраструктури навчального закладу. | <ul style="list-style-type: none"> - Складнощі інтеграції існуючих інформаційно-телекомунікаційних систем навчального закладу з системою на основі технології блокчейн. - Екологічний вплив певних підходів до організації систем на основі технології блокчейн. |

Джерело: Складено автором за [24, с. 4-6]

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Технології Education 4.0 є одним з основних рушійних факторів трансформації сучасних вищих навчальних закладів, маючи значний потенціал покращення навчального процесу, роблячи його більш ефективним, доступним, інклюзивним, а також підтримуючи міждисциплінарну взаємодію і досягнення цілей сталого розвитку. Однак, ці технології мають ряд факторів, які варто брати до уваги при плануванні їх введення та подальшої підтримки.

У даному дослідженні були розглянуті основні технології Education 4.0 та проаналізовано їх роль у трансформації навчального процесу вищих навчальних закладів. Результати дослідження можуть бути використані для подальшого розгляду перспектив як конкретних технологій, що були проаналізовані, так і парадигми Education 4.0 в цілому, а також при плануванні їх впровадження. При цьому, масштаб дослідження зосереджується на інформаційних технологіях в рамках Education 4.0. В подальшому можуть бути розглянуті інші аспекти, такі як розвиток відповідних соціально-комунікативних навичок здобувачів освіти, організаційно-управлінчі та інші аспекти парадигми Education 4.0.

Література

1. Adizes, I. (2015) *Mastering Change - Introduction to Organizational Therapy*. Expanded and Revised Edition. Adizes Institute Publications. Carpinteria, USA.
2. Боковець В. В., Давидюк Л. П., Нечитайло Т. В. Підривні інновації як технологічні нововведення. *Ефективна економіка*. 2021. № 11. – URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9521> (дата звернення: 10.07.2024).
3. Moraes, E.B. Kipper, L. Hackenhaar, A. and Austria, L. (2023) “Integration of Industry 4.0 technologies with Education 4.0: advantages for

improvements in learning”, *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 20, no. 2, pp. 271–287.

4. Qureshi, M. Khan, N. Raza, H. and Imran, A. (2021) “Digital technologies in Education 4.0. Does it enhance the effectiveness of learning? A systematic literature review”, *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 15, no. 04, pp. 31-47.

5. Das, S. Dey, A., Pal, A. and Roy, N. (2015) “Applications of artificial intelligence in machine learning: review and prospect”, *International Journal of Computer Applications*, vol. 115, no. 9, pp. 31–41.

6. Kamalov, F. Santandreu Calonge, D. and Gurrib, I. (2023) “New era of artificial intelligence in education: towards a sustainable multifaceted revolution”, *Sustainability*, vol. 15, no. 16.

7. Oks, S.J. Jalowski, M. Lechner, M. and Mirschberger, S. (2022) “Cyber-physical systems in the context of industry 4.0: a review, categorization and outlook”, *Information Systems Frontiers*.

8. Jhonattan, M. Navarrete, C. Noguez, J. and Molina-Espinosa, J.M. (2021) “The core components of education 4.0 in higher education: three case studies in engineering education”, *Computers & Electrical Engineering*, vol. 93.

9. Himmetoglu, B. Aydog, D. and Bayrak, C. (2020) “Education 4.0: defining the teacher, the student, and the school manager aspects of the revolution”, *Turkish Online Journal of Distance Education*, vol. 21, pp. 12–28.

10. González-Pérez, L. and Ramírez-Montoya, M. (2022) “Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review”, *Sustainability*, vol. 14, no. 3.

11. Bonfield, C. Salter, M. Longmuir, A. and Benson, M. (2020) “Transformation or evolution?: Education 4.0, teaching and learning in the digital age”, *Higher Education Pedagogies*, vol. 5, no. 1, pp. 223–246.

12. Lutfiani, N. and Meria, L. (2022) “Utilization of big data in educational technology research”, *International Transactions on Education Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 73–83.

13. Bachir, S. and Abenia, A. (2019) “Internet of Everything and Educational Cyber Physical Systems for University 4.0”, *Computational Collective Intelligence*, vol. 11684, pp. 581–591.
14. Törngren, M. Grimheden, M. Gustafsson, J. and Birk, W. (2017) “Strategies and considerations in shaping cyber-physical systems education”, *ACM SIGBED Review*, vol. 14, no. 1, pp. 53–60.
15. Pallathadka, H. Sajja, G. Phasinam, K. and Ritonga, M. (2022) “An investigation of various applications and related challenges in cloud computing”, *Materials Today: Proceedings*, vol. 51.
16. Thavi, R. Jhaveri, R. Narwane, V. and Gardas, B. (2024) “Role of cloud computing technology in the education sector”, *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol. 22, no. 1, pp. 182–213.
17. Chaffin, C.R. (2023) Fighting Digital Fatigue, *Psychology Today*. URL: <https://www.psychologytoday.com/intl/blog/putting-psychology-into-practice/202304/fighting-digital-fatigue> (Дата звернення: 10.07.2024).
18. Slater, M. Banakou, D. Beacco, A. and Gallego, J. (2022) “A separate reality: an update on place illusion and plausibility in virtual reality”, *Frontiers in Virtual Reality*, vol. 3.
19. Rojas-Sánchez, M. Palos-Sánchez, P. and Folgado-Fernández, J. (2023) “Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education”, *Education and Information Technologies*, vol. 28, no. 1, pp. 155–192.
20. Farsi, G. Yusof, A. Fauzi, W. and Rusli, M. (2021) “The practicality of virtual reality applications in education: limitations and recommendations”, *Journal of Hunan University*, vol. 48, no. 7, pp. 142-155.
21. Hassan, R. Qamar, F. Hasan, M. and Aman, A. (2020) “Internet of Things and its applications: a comprehensive survey”, *Symmetry*, vol. 12, no. 10.
22. Zeeshan, K. Hämäläinen, T. and Neittaanmäki, P. (2022) “Internet of Things for sustainable smart education: an overview”, *Sustainability*, vol. 14, no. 7.

23. Gousia, H. Sparsh, S. Sara, I. and Imtiaz, A. (2022) “Blockchain technology: benefits, challenges, applications, and integration of blockchain technology with cloud computing”, *Future Internet*, vol. 14, no. 11.

24. Lutfiani, N. Aini, Q. Rahardja, U. and Wijayanti, L. (2021) “Transformation of blockchain and opportunities for education 4.0”, *International Journal of Education and Learning*, vol. 3, no. 3, pp. 222–231.

References

1. Adizes, I. (2015), *Mastering Change - Introduction to Organizational Therapy*, Expanded and Revised Edition, Adizes Institute Publications, Carpinteria, USA.

2. Bokovets, V., Davidyuk, L. and Nechitaylo, T. (2021), “Substantive innovations as technological innovations”, *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 11, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9521> (Accessed 10 Jul 2024).

3. Moraes, E.B. Kipper, L. Hackenhaar, A. and Austria, L. (2023), “Integration of Industry 4.0 technologies with Education 4.0: advantages for improvements in learning”, *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 20, no. 2, pp. 271–287.

4. Qureshi, M. Khan, N. Raza, H. and Imran, A. (2021), “Digital technologies in Education 4.0. Does it enhance the effectiveness of learning? A systematic literature review”, *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 15, no. 04, pp. 31-47.

5. Das, S. Dey, A., Pal, A. and Roy, N. (2015) “Applications of artificial intelligence in machine learning: review and prospect”, *International Journal of Computer Applications*, vol. 115, no. 9, pp. 31–41.

6. Kamalov, F. Santandreu Calonge, D. and Gurrib, I. (2023), “New era of artificial intelligence in education: towards a sustainable multifaceted revolution”, *Sustainability*, vol. 15, no. 16.

7. Oks, S.J. Jalowski, M. Lechner, M. and Mirschberger, S. (2022), “Cyber-physical systems in the context of industry 4.0: a review, categorization and outlook”, *Information Systems Frontiers*.
8. Jhonattan, M. Navarrete, C. Noguez, J. and Molina-Espinosa, J.M. (2021), “The core components of education 4.0 in higher education: three case studies in engineering education”, *Computers & Electrical Engineering*, vol. 93.
9. Himmetoglu, B. Aydog, D. and Bayrak, C. (2020), “Education 4.0: defining the teacher, the student, and the school manager aspects of the revolution”, *Turkish Online Journal of Distance Education*, vol. 21, pp. 12–28.
10. González-Pérez, L. and Ramírez-Montoya, M. (2022), “Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review”, *Sustainability*, vol. 14, no. 3.
11. Bonfield, C. Salter, M. Longmuir, A. and Benson, M. (2020), “Transformation or evolution?: Education 4.0, teaching and learning in the digital age”, *Higher Education Pedagogies*, vol. 5, no. 1, pp. 223–246.
12. Lutfiani, N. and Meria, L. (2022), “Utilization of big data in educational technology research”, *International Transactions on Education Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 73–83.
13. Bachir, S. and Abenia, A. (2019), “Internet of Everything and Educational Cyber Physical Systems for University 4.0”, *Computational Collective Intelligence*, vol. 11684, pp. 581–591.
14. Törngren, M. Grimheden, M. Gustafsson, J. and Birk, W. (2017), “Strategies and considerations in shaping cyber-physical systems education”, *ACM SIGBED Review*, vol. 14, no. 1, pp. 53–60.
15. Pallathadka, H. Sajja, G. Phasinam, K. and Ritonga, M. (2022), “An investigation of various applications and related challenges in cloud computing”, *Materials Today: Proceedings*, vol. 51.
16. Thavi, R. Jhaveri, R. Narwane, V. and Gardas, B. (2024), “Role of cloud computing technology in the education sector”, *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol. 22, no. 1, pp. 182–213.

17. Chaffin, C.R. (2023), Fighting Digital Fatigue, *Psychology Today*.
URL: <https://www.psychologytoday.com/intl/blog/putting-psychology-into-practice/202304/fighting-digital-fatigue> (Accessed: 10 July 2024).
18. Slater, M. Banakou, D. Beacco, A. and Gallego, J. (2022), “A separate reality: an update on place illusion and plausibility in virtual reality”, *Frontiers in Virtual Reality*, vol. 3.
19. Rojas-Sánchez, M. Palos-Sánchez, P. and Folgado-Fernández, J. (2023), “Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education”, *Education and Information Technologies*, vol. 28, no. 1, pp. 155–192.
20. Farsi, G. Yusof, A. Fauzi, W. and Rusli, M. (2021), “The practicality of virtual reality applications in education: limitations and recommendations”, *Journal of Hunan University*, vol. 48, no. 7, pp. 142-155.
21. Hassan, R. Qamar, F. Hasan, M. and Aman, A. (2020), “Internet of Things and its applications: a comprehensive survey”, *Symmetry*, vol. 12, no. 10.
22. Zeeshan, K. Hämäläinen, T. and Neittaanmäki, P. (2022), “Internet of Things for sustainable smart education: an overview”, *Sustainability*, vol. 14, no. 7.
23. Gousia, H. Sparsh, S. Sara, I. and Imtiaz, A. (2022), “Blockchain technology: benefits, challenges, applications, and integration of blockchain technology with cloud computing”, *Future Internet*, vol. 14, no. 11.
24. Lutfiani, N. Aini, Q. Rahardja, U. and Wijayanti, L. (2021), “Transformation of blockchain and opportunities for education 4.0”, *International Journal of Education and Learning*, vol. 3, no. 3, pp. 222–231.

Стаття надійшла до редакції 12.07.2024 р.