



## Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

УДК 004.9:37.018.43

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.15067293>

### Інтеграція цифрових технологій в освітній процес:

**Smart EcoSystem – унікальна цифрова екосистема для персоналізованого фахового навчання**

**Гуменний Олександр Дмитрович**

кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник відділу цифрових освітніх ресурсів, Інститут професійної освіти НАПН України, м. Київ, Віто-Литовський провулок, буд. 98-а, 03045,  
<https://orcid.org/0000-0001-6596-3551>

**Федоренко Олена Іванівна**

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри психології, соціології та педагогіки навчально-наукового інституту № 3, Харківський національний університет внутрішніх справ (Україна), 61080, м. Харків, пр-т Льва Ландау, 27,  
тел.: +38 (050) 521-08-40, e-mail: [fei090771@gmail.com](mailto:fei090771@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0003-4948-9524>

**Прийнято: 09.03.2025 | Опубліковано: 20.03.2025**

*Анотація. Мета. Метою статті є всебічне дослідження інтегрованої авторської цифрової системи (EcoSystem Smart) як інноваційного середовища для навчального процесу. Особливу увагу приділено аналізу взаємодії між ключовими компонентами системи, такими як Smart Park, Smart Parking, Blockchain, Smart Complexes і Smart Learning Hub, та їхнього впливу на персоналізоване навчання, збереження навчальних досягнень, адаптивне*



*управління ресурсами та цифрову сертифікацію. Розглянуто роль технологій штучного інтелекту та блокчейну у підвищенні ефективності освітнього процесу, забезпеченні прозорості оцінювання та гнучкості навчання. Досліджено перспективи використання EcoSystem для створення стійкої та безперервної освіти, яка відповідає викликам цифрової трансформації та сучасному ринку праці.*

**Методи.** *Дослідження має теоретичний характер, тому в його межах застосовано аналіз літературних джерел для систематизації сучасних наукових підходів до впровадження цифрових екосистем у навчальний процес. Системний підхід використано для виявлення структурних взаємозв'язків між компонентами Smart EcoSystem та їхнього впливу на організацію освітнього середовища. Метод структурно-функціонального аналізу дав змогу охарактеризувати особливості інтеграції Smart Park, Smart Parking, Blockchain, Smart Complexes і Smart Learning Hub в єдину цифрову платформу. Метод компаративного аналізу застосовано для порівняння концептуальних моделей цифрових, що використовуються у світовій освітній практиці. Прогностичний підхід використано для оцінки потенційних напрямів розвитку цифрової освіти та впливу інноваційних технологій на майбутню трансформацію освітнього процесу.*

**Результати.** *На основі аналізу наукових джерел та концептуальних підходів до цифровізації освіти встановлено, що інтеграція цифрових технологій у навчальний процес сприяє персоналізації навчання, підвищенню інтерактивності викладання та вдосконаленню методів оцінювання знань. Виявлено тісний взаємозв'язок між цифровими платформами, використанням адаптивного навчання та ефективністю освітніх процесів.*

*У межах дослідження розглянуто ключові аспекти впровадження інноваційних технологій у цифрове освітнє середовище, що ґрунтується на авторській Smart EcoSystem. Теоретичний аналіз підтвердив, що інтеграція таких компонентів, як Smart Park, Smart Parking, Blockchain, Smart Complexes і*



*Smart Learning Hub, потенційно може забезпечити ефективну взаємодію між студентами, викладачами та освітньою інфраструктурою, сприяючи персоналізації навчального процесу та оптимізації управління освітніми ресурсами.*

*Гіпотетично обґрунтовано, що використання блокчейн-технологій у Smart EcoSystem сприятиме створенню захищених цифрових портфоліо, автоматизації процесу сертифікації знань та підвищенню прозорості оцінювання освітніх результатів. Запровадження Smart Park може забезпечити адаптивне навчання через формування персональних траєкторій, враховуючи рівень підготовки та потреби студентів. Передбачається, що Smart Parking дасть змогу оптимізувати контроль доступу до навчальних матеріалів і персоналізувати розподіл ресурсів.*

*Теоретичний аналіз підтвердив, що Smart Complexes являється інструментом для розвитку практичних навичок завдяки симуляціям, інтерактивним тренажерам і цифровим лабораторіям. Очікується, що Smart Learning Hub стане платформою для методичної підтримки викладачів, забезпечуючи їх навчально-методичними матеріалами, інтерактивними освітніми ресурсами, рекомендаціями щодо використання цифрових технологій у навчальному процесі та засобами автоматизованого аналізу успішності студентів.*

*Припускається, що реалізація такої моделі сприятиме підвищенню ефективності навчання, посиленню інтеграції цифрових технологій у підготовку фахівців та розширенню можливостей безперервного професійного розвитку викладачів. Отримані теоретичні результати можуть слугувати основою для подальших досліджень, спрямованих на емпіричну перевірку запропонованої концепції, її практичну апробацію та вдосконалення механізмів цифровізації освітнього процесу.*

*Наголошено на важливості методичного забезпечення цифрового середовища, що дає змогу синхронізувати теоретичне та практичне навчання,*



*а також адаптувати освітні матеріали до індивідуальних потреб здобувачів освіти.*

*Проаналізовано основні виклики цифровізації освіти, а саме:*

- обмежений доступ до цифрових ресурсів, що впливає на рівень інтеграції технологій у навчальні процеси різних освітніх закладів;*
- диспропорційність рівня цифрової грамотності викладачів, що зумовлює потребу в системному підвищенні кваліфікації та методичній підтримці;*
- адаптація освітніх програм до цифрових форматів, що вимагає розробки структурованих навчальних матеріалів та інтеграції автоматизованих систем оцінювання.*

*Отримані результати свідчать про необхідність комплексного підходу до цифровізації освіти, що передбачає синхронізацію цифрових платформ, упровадження аналітичних інструментів та формування єдиної системи цифрового навчання.*

*Підкреслено значущість цифрової компетентності викладачів як одного із ключових чинників ефективного функціонування цифрової освіти. Окреслено основні виклики цифрової трансформації освітнього процесу, включаючи необхідність методичної підтримки викладачів, адаптацію навчальних програм до цифрових форматів та впровадження інструментів аналітики й прогнозування.*

*Розглянуто перспективи використання інтегрованих цифрових платформ для створення стійкої освітньої системи, яка відповідає сучасним викликам та забезпечує можливості для безперервного професійного розвитку.*

**Ключові слова:** *інтегрована цифрова екосистема, адаптивне навчання, цифрова компетентність, блокчейн в освіті, освітні технології, цифровізація, персоналізоване навчання, аналітика освітнього процесу, цифрове оцінювання, професійна підготовка.*



# Integration of Digital Technologies into the Educational Process: Smart EcoSystem – A Unique Digital Ecosystem for Personalized Professional Learningt

**Oleksandr Humennyi**

Ph.D. in Pedagogical Sciences, Senior Researcher at the Department of Digital Educational Resources, Institute of Vocational Education of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine, Kyiv, Vito-Lytovskiy Lane, Building 98-a, Postal Code: 03045, <https://orcid.org/0000-0001-6596-3551>

**Olena Fedorenko**

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Psychology, Sociology, and Pedagogy, Educational and Scientific Institute No. 3, Kharkiv National University of Internal Affairs (Ukraine), 61080, Kharkiv, Lev Landau Ave., 27, Tel.: +38 (050) 521-08-40, E-mail: [fei090771@gmail.com](mailto:fei090771@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-4948-9524>

**Abstract. Purpose.** *The purpose of this article is to comprehensively examine the integrated, authorial digital system (Smart EcoSystem) as an innovative environment for the educational process. Special attention is given to analyzing the interaction between key system components, such as Smart Park, Smart Parking, Blockchain, Smart Complexes, and Smart Learning Hub, and their impact on personalized learning, the preservation of academic achievements, adaptive resource management, and digital certification. The role of artificial intelligence and blockchain technologies in enhancing the efficiency of the educational process, ensuring transparency in assessment, and enabling flexible learning is explored. The study investigates the potential of Smart EcoSystem in fostering sustainable and continuous education that meets the challenges of digital transformation and the modern labor market.*

**Methods.** *This research is theoretical in nature, employing literature analysis to systematize contemporary scientific approaches to implementing digital ecosystems in*

*education. A systemic approach is used to identify structural interconnections among Smart EcoSystem components and their impact on the organization of the educational environment. The structural-functional analysis method enables characterization of the integration of Smart Park, Smart Parking, Blockchain, Smart Complexes, and Smart Learning Hub into a unified digital platform. The comparative analysis method is applied to compare conceptual models of digital ecosystems used in global educational practice. A predictive approach is utilized to assess potential directions for the development of digital education and the impact of innovative technologies on the future transformation of the learning process.*

**Results.** *Based on an analysis of scientific sources and conceptual approaches to digitalization in education, it has been established that integrating digital technologies into the learning process enhances personalization, increases interactivity in teaching, and improves assessment methods. A strong correlation has been identified between digital platforms, adaptive learning, and educational process efficiency.*

*The study examines key aspects of implementing innovative technologies in a digital educational environment based on the authorial Smart EcoSystem. Theoretical analysis confirms that integrating components such as Smart Park, Smart Parking, Blockchain, Smart Complexes, and Smart Learning Hub has the potential to foster effective interaction between students, educators, and educational infrastructure, promoting personalized learning and optimizing resource management.*

*It is hypothesized that incorporating blockchain technology within Smart EcoSystem will contribute to the creation of secure digital portfolios, automation of knowledge certification, and greater transparency in academic assessment. The introduction of Smart Park is expected to enable adaptive learning by forming personalized learning trajectories based on students' proficiency levels and individual needs. Smart Parking is projected to optimize access control to educational materials and personalize resource distribution.*

*Theoretical analysis also supports the idea that Smart Complexes serve as a key instrument for developing practical skills through simulations, interactive trainers, and digital laboratories. Additionally, Smart Learning Hub is expected to become a platform for methodological support for educators, offering instructional materials, interactive educational resources, digital teaching strategies, and automated student performance analytics.*

*It is anticipated that the implementation of this model will increase learning efficiency, enhance the integration of digital technologies in professional training, and expand opportunities for continuous professional development. The obtained theoretical results may serve as a foundation for further research, including empirical verification of the proposed concept, its practical application, and refinement of mechanisms for digitalizing the educational process.*

**Challenges in Digitalizing Education.** *Key challenges in digitalizing education have been identified, including:*

- Limited access to digital resources, affecting the level of technological integration in different educational institutions;*
- Disparities in educators' digital literacy levels, necessitating systematic professional development and methodological support;*
- Adaptation of educational programs to digital formats, requiring structured learning materials and the integration of automated assessment systems.*

*The results indicate the necessity of a comprehensive approach to digitalization, which includes synchronizing digital platforms, implementing analytical tools, and developing a unified digital learning system.*

*The study underscores the importance of digital competence among educators as a key factor in the effective functioning of digital education. The main challenges of digital transformation in the educational process are outlined, including the need for methodological support, program adaptation to digital formats, and implementation of analytics and forecasting tools.*



***Future Prospects.** The integration of digital platforms in education is expected to contribute to the creation of a sustainable educational system that meets contemporary challenges and enables continuous professional development. The Smart EcoSystem model offers an innovative approach to synchronizing adaptive learning, resource automation, and blockchain-based certification, thereby transforming traditional educational practices into a more efficient and technologically advanced environment.*

***Keywords:** Integrated Digital Ecosystem, Adaptive Learning, Digital Competence, Blockchain in Education, Educational Technologies, Digitalization, Personalized Learning, Educational Process Analytics, Digital Assessment, Professional Training.*

**Постановка проблеми.** Цифровізація освіти є одним із ключових напрямів розвитку сучасних навчальних систем, що привертає увагу наукової спільноти. Фахівці акцентують на важливості інтеграції цифрових екосистем для забезпечення гнучкості, персоналізації навчального процесу та автоматизованого управління освітніми ресурсами [1]. Активно обговорюється роль блокчейн-технологій у створенні надійних і прозорих систем збереження освітніх результатів та сертифікації знань, що є основою для подальшого розвитку цифрових освітніх середовищ [2]. Дослідження підтверджують, що блокчейн забезпечує безпеку та автентичність даних, сприяючи розвитку цифрової освіти та підвищенню довіри до електронних сертифікатів [3].

Gilder [4] наголошує, що блокчейн є революційною технологією, яка змінює підходи до управління даними в освіті, пропонуючи децентралізовану модель зберігання навчальних досягнень, що виключає можливість фальсифікації. Park [5] додає, що впровадження блокчейну в освітні екосистеми може забезпечити унікальну ідентифікацію кожного здобувача освіти, а також автоматизовану перевірку їхніх досягнень та кваліфікацій.





Sharples і Domingue [6] підкреслюють значення блокчейну для управління освітніми записами, де технологія забезпечує надійність і незалежність від централізованих інституцій. Skiba [7] також зазначає, що блокчейн може значно покращити якість верифікації даних в освітньому процесі та охороні здоров'я, пропонуючи простий і безпечний спосіб підтвердження компетенцій.

Загалом, використання блокчейн-технологій у Smart EcoSystem сприяє розширенню можливостей цифрової освіти, створенню відкритих і надійних платформ сертифікації та інтеграції автоматизованих систем оцінювання навчальних досягнень [3]. Це підтверджується результатами досліджень, які показують ефективність блокчейну в процесі перевірки знань і створення систем навчання впродовж життя [5].

Важливим аспектом є застосування цифрових екосистем, що поєднують адаптивне навчання, автоматизоване управління ресурсами та використання алгоритмів штучного інтелекту. Дослідження підкреслюють ефективність таких рішень для підвищення якості навчання та організації динамічного освітнього середовища, що здатне реагувати на індивідуальні потреби здобувачів освіти [8]. Крім того, наголошується на особливій значущості STEM-освіти та її цифрової трансформації, яка сприяє розвитку міждисциплінарного підходу, впровадженню симуляційних середовищ та інноваційних методів навчання [9], [10].

Однак у контексті цифровізації професійної освіти простежуються певні суперечності. З однієї сторони, інтеграція цифрових технологій в освітній процес сприяє персоналізації навчання, підвищенню ефективності викладання та забезпеченню доступу до передових методик навчання. З іншої сторони, впровадження цифрових технологій у заклади професійної освіти часто стикається з проблемами інфраструктурного характеру, низьким рівнем методичної підтримки для викладачів, недостатнім рівнем цифрової грамотності та складністю у верифікації отриманих компетентностей. Особливо це



стосується сертифікації знань, що у традиційних системах залишається централізованим процесом, який не завжди гарантує прозорість та об'єктивність.

Запропонована Smart EcoSystem може стати ефективним рішенням цих протиріч, оскільки вона інтегрує ключові цифрові технології в єдину освітню екосистему. Її складові дають змогу оптимізувати навчальний процес, підвищити його прозорість та ефективність:

— **Smart Park** – забезпечує адаптивне навчання на основі аналізу освітніх потреб здобувачів освіти;

— **Smart Parking** – регулює автоматизований доступ до навчальних матеріалів, персоналізуючи ресурсну підтримку;

— **Blockchain** – використовується для безпечної сертифікації знань та збереження навчальних досягнень;

— **Smart Complexes** – включає симуляційні модулі та цифрові лабораторії для практичного відпрацювання навичок;

— **Smart Learning Hub** – підтримує викладачів через методичні ресурси, тренінги та сучасні освітні стратегії.

Упровадження Smart EcoSystem дає змогу усунути бар'єри цифровізації професійної освіти, інтегруючи автоматизовані методи оцінювання, блокчейн-сертифікацію знань та персоналізовані траєкторії навчання. Таким чином, авторська цифрова екосистема (*Smart EcoSystem*) створює оптимальні умови для цифрової трансформації освітнього процесу, забезпечуючи його відповідність сучасним технологічним викликам.

Метод компаративного аналізу, застосований у дослідженні, дав змогу порівняти концептуальні моделі цифрових екосистем, що використовуються в освітніх системах різних країн. Зокрема дослідження підтверджують ефективність інтегрованих цифрових платформ, таких як Smart EcoSystem, яка об'єднує:

– адаптивне навчання (**Smart Park**) – застосування індивідуальних навчальних маршрутів на основі аналізу успішності здобувачів освіти;



- автоматизоване управління доступом (Smart Parking) – контроль і персоналізація навчальних ресурсів відповідно до потреб студентів і викладачів;
- блокчейн для сертифікації результатів (Blockchain) – забезпечення прозорості оцінювання та безпечного збереження академічних досягнень;
- інтерактивні практичні заняття (Smart Complexes) – використання віртуальних лабораторій та моделювання реальних сценаріїв для відпрацювання професійних навичок;
- методичне забезпечення викладачів (Smart Learning Hub) – доступ до сучасних освітніх ресурсів, рекомендацій щодо цифрових методик викладання та професійного розвитку викладачів.

Таким чином, ключові положення досліджень у сфері цифрової трансформації освіти, блокчейн-сертифікації знань, адаптивного навчання та STEM-методик знайшли своє відображення у структурі Smart EcoSystem.

Водночас в Smart EcoSystem враховані такі теоретичні та практичні аспекти:

- забезпечення прозорості сертифікації знань через технології блокчейну [2];
- моделювання освітнього процесу як цифрової екосистеми, що містить адаптивне навчання, цифрові ресурси та інструменти штучного інтелекту[1];
- інтеграцію STEM-освіти в цифрові навчальні середовища шляхом створення міждисциплінарних освітніх програм і впровадження інтерактивних симуляцій[9];
- автоматизований контроль навчального прогресу та персоналізоване управління ресурсами в Smart EcoSystem через методики, запозичені із сучасних моделей цифрових освітніх екосистем[11];
- розвиток цифрової грамотності викладачів через навчальні модулі Smart Learning Hub, що відповідають концепції безперервного професійного розвитку в умовах цифрової трансформації освіти[12], [13].



Висновки останніх наукових робіт підтверджують необхідність розробки єдиних стандартів цифровізації освіти, які забезпечують ефективність, доступність і безпеку навчального процесу. Це потребує подальшого аналізу підходів до цифрової трансформації та адаптації освітніх систем до глобальних технологічних викликів[1], [14].

### **Виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми у розвитку Smart EcoSystem.**

Упровадження Smart EcoSystem як комплексної цифрової екосистеми для освіти відкриває нові можливості для персоналізованого навчання, управління освітніми ресурсами та забезпечення високої якості навчального процесу. Однак, незважаючи на інноваційний підхід, існує низка невирішених проблем, які потребують подальших досліджень та адаптації до освітніх реалій. Відповідно до сучасних наукових напрацювань G.Gilder[14], A.Grech і A.Camilleri[3] та J. Park,[5], ці проблеми можна згрупувати за такими напрямками:

#### **1. Інтеграція Smart EcoSystem у традиційну освітню систему.**

Однією з ключових проблем є ефективне впровадження Smart EcoSystem у традиційні освітні моделі, що історично базуються на статичному навчальному контенті та обмежених формах взаємодії між викладачами і здобувачами освіти. Постають запитання щодо:

- адаптації навчальних програм до цифрових платформ, таких як Smart Park (адаптивне навчання) та Smart Complexes (інтерактивні освітні простори);
- оптимального поєднання традиційних методів викладання із цифровими інструментами (наприклад, перевернуте навчання, гейміфікація);
- розробки єдиних стандартів цифрових освітніх технологій для інтеграції Smart EcoSystem на рівні міністерств освіти та міжнародних освітніх структур.

Без належного методичного та адміністративного супроводу впровадження Smart EcoSystem може призвести до неефективного використання ресурсів та фрагментарного впровадження технологій у навчальний процес.

#### **2. Технологічна взаємодія між компонентами Smart EcoSystem.**

Незважаючи на те, що кожен компонент Smart EcoSystem виконує певну функцію (наприклад: Smart Parking – керування доступом до навчальних ресурсів, Blockchain – збереження академічних записів), наразі недостатньо розроблені механізми їхньої синхронної роботи. Зокрема:

- взаємодія між адаптивним навчанням у Smart Park та інструментами сертифікації в Blockchain залишається недостатньо визначеною;
- потребує доопрацювання питання створення єдиної хмарної платформи для централізованого управління Smart Complexes, Smart Learning Hub та інших модулів екосистеми;
- важливим аспектом є забезпечення швидкості обробки даних та мінімізації затримок у роботі цифрових інструментів (особливо для великих навчальних закладів).

Проблема технологічної інтеграції потребує розробки гнучкої архітектури, що дасть змогу ефективно поєднувати цифрові сервіси без перевантаження системи.

### **3. Організаційна готовність освітніх установ до впровадження Smart EcoSystem.**

Хоча цифровізація освіти є одним з головних пріоритетів сучасного розвитку, рівень готовності навчальних закладів до впровадження Smart EcoSystem залишається нерівномірним. Основні виклики включають:

- відсутність єдиних регламентів та стандартів упровадження цифрових освітніх екосистем у державних навчальних закладах;
- недостатню підготовку викладачів до використання адаптивного навчання, цифрових симуляцій та штучного інтелекту для персоналізації освітнього процесу;
- організаційні бар'єри, пов'язані з перерозподілом фінансування на цифровізацію навчального середовища.

Як показують дослідження вчених J.Park [5] та A.Grech і A.Camilleri[3], відсутність підтримки з боку адміністрації навчальних закладів значно

уповільнює процес переходу до цифрових технологій, що є критичним фактором у реалізації концепції Smart EcoSystem.

#### **4. Забезпечення безпеки та конфіденційності даних у Smart EcoSystem**

Однією з найсерйозніших проблем є забезпечення конфіденційності та захисту персональних даних здобувачів освіти, викладачів й адміністрації навчальних закладів. Використання Blockchain для зберігання результатів навчання частково вирішує цю проблему, однак залишаються питання щодо:

- правового регулювання використання блокчейну в освітньому середовищі відповідно до міжнародних стандартів (GDPR, ISO 27001; International Organization for Standardization) [15];

- управління цифровими слідами користувачів (наприклад, чи можна видаляти дані з блокчейн-системи, якщо студент цього вимагає);

- використання штучного інтелекту для аналізу успішності студентів з мінімізацією ризиків неправомірного використання їхніх персональних даних [16], [17].

Як зазначають M.Skiba[7] та M.Sharple і J.Domingue[6], питання регулювання безпеки освітніх даних є критично важливим для глобального впровадження цифрових екосистем.

#### **5. Недостатнє науково-методичне забезпечення Smart Learning Hub.**

Smart Learning Hub є центральним елементом Smart EcoSystem, який забезпечує доступ до навчальних матеріалів, методичних рекомендацій та інструментів для професійного розвитку викладачів. Проте наукова спільнота ще не розробила єдиної моделі організації цифрового методичного забезпечення. Відтак залишаються невирішеними основні аспекти:

- оптимальні методи подання навчального матеріалу в цифровому форматі;

- використання технологій штучного інтелекту для персоналізації навчальних курсів у Smart Learning Hub;

– автоматизовані механізми адаптації навчального контенту до рівня підготовки здобувачів освіти.

Ці аспекти вимагають подальших досліджень, зокрема щодо впливу Smart Learning Hub на ефективність підготовки викладачів та здобувачів освіти.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** У статті акцентовано увагу на досі невирішених аспектах інтеграції цифрових технологій у систему освіти через Smart EcoSystem. Зокрема, визначено низку викликів, серед яких адаптація традиційних освітніх моделей до цифрової екосистеми, технологічна взаємодія між її компонентами, організаційна готовність закладів освіти до її впровадження, а також питання безпеки та конфіденційності даних. Унікальність дослідження полягає в розробці авторської концепції цифрового освітнього середовища, що поєднує адаптивне навчання, блокчейн-сертифікацію, автоматизоване управління ресурсами та персоналізацію освітніх траєкторій. Запропонована модель має потенціал для практичної реалізації та подальшого емпіричного дослідження, що дозволить оптимізувати процес цифровізації освіти та підвищити ефективність навчання в умовах цифрової трансформації.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Метою цієї статті є наукове обґрунтування інтеграції цифрових технологій у навчальний процес через екосистему Smart як комплексного підходу до цифрової трансформації освіти. Дослідження спрямоване на визначення концептуальних основ цифрової екосистеми, яка забезпечує персоналізоване, адаптивне та інтерактивне навчання на всіх рівнях освітньої взаємодії. Очікуваним результатом є розробка методологічних підходів до використання цифрових технологій у навчальному процесі, що включає адаптацію навчальних стратегій, застосування штучного інтелекту, блокчейн-рішень для сертифікації та гейміфікованих середовищ для підвищення мотивації здобувачів освіти.

Ця тема є актуальною через глобальні зміни у сфері освіти, які потребують глибокої трансформації навчального процесу відповідно до вимог цифрової

економіки та ринку праці. Зокрема сучасна система освіти має забезпечити не лише передачу знань, але й розвиток цифрових компетентностей викладачів та здобувачів освіти, а також сприяти створенню інтегрованого освітнього простору. Упровадження Smart EcoSystem дає змогу ефективно реалізувати концепцію «навчання впродовж життя», забезпечуючи доступ до інноваційних освітніх ресурсів, автоматизованого моніторингу навчальних досягнень і підтримки зворотного зв'язку в режимі реального часу.

Стаття має на меті досягнення кількох конкретних цілей. По-перше: необхідно визначити теоретичні засади інтеграції цифрових технологій у Smart EcoSystem, що забезпечує створення адаптивного навчального середовища. По-друге: дослідження спрямоване на аналіз структурних компонентів екосистеми Smart, таких як Smart Park (інтерактивне адаптивне навчання), Smart Parking (управління доступом до цифрових ресурсів), Blockchain (безпечна сертифікація результатів навчання), Smart Complexes (віртуальні лабораторії й практичні симуляції) та Smart Learning Hub (методична підтримка й цифрові освітні платформи). Нарешті, важливим аспектом є визначення чинників, що впливають на рівень готовності освітніх установ до впровадження Smart EcoSystem, а також розробка рекомендацій щодо формування цифрової культури в освітньому середовищі.

Обраний напрям дослідження підкреслює його наукову новизну та практичну значущість. Зокрема, вперше розглядається Smart EcoSystem як комплексний підхід до цифровізації навчального процесу, що включає одночасне використання технологій штучного інтелекту, блокчейн-систем для сертифікації, адаптивного навчання та автоматизованих освітніх аналітик. Запропоновані підходи та методики можуть бути використані для розробки ефективних стратегій цифровізації професійної освіти, створення інтелектуальних навчальних платформ, а також для формування рекомендацій щодо вдосконалення професійної підготовки викладачів.



**Виклад основного матеріалу дослідження.** Smart EcoSystem є комплексною цифровою екосистемою, що забезпечує інтеграцію передових технологій у процес навчання та управління освітою.

Інтеграція цифрових технологій у навчальний процес через Smart EcoSystem створює інноваційне освітнє середовище, що поєднує персоналізоване, адаптивне та практико-орієнтоване навчання. Взаємозв'язок між ключовими компонентами забезпечує комплексний підхід до організації освітнього процесу, акцентуючи увагу на інтерактивному навчанні, аналізі даних, захищеному збереженні результатів і персоналізації траєкторій професійного розвитку. Кожен елемент системи має визначену функцію: Smart Park забезпечує адаптивне навчання з використанням штучного інтелекту для автоматизованого моніторингу прогресу та формування індивідуальних навчальних маршрутів, Smart Complexes реалізує симуляційне навчання, де студенти відпрацьовують професійні навички у віртуальних лабораторіях, Smart Learning Hub підтримує викладачів у розробці навчальних матеріалів та тестових платформ, інтеграція з Blockchain забезпечує захищене збереження освітніх досягнень, а Smart Parking регулює доступ до навчальних ресурсів і відстежує освітню активність.

У межах екосистеми викладачі можуть використовувати передові освітні технології, що сприяють активному залученню студентів до навчального процесу. Аналітичні системи дають можливість оцінювати динаміку засвоєння знань, формувати персоналізовані освітні траєкторії та надавати своєчасний зворотний зв'язок для коригування навчальних програм. Використання алгоритмів адаптивного навчання дає змогу автоматично аналізувати прогалини у знаннях студентів і пропонувати відповідні навчальні модулі для підвищення рівня підготовки. Важливою складовою системи є автоматизована сертифікація, яка гарантує надійне підтвердження кваліфікації через цифрові сертифікати, що визнаються міжнародними освітніми та професійними спільнотами.



Практичне навчання у Smart Complexes охоплює використання інтерактивних симуляцій, цифрових тренажерів і кейс-методів, що уможливають формувати професійні навички у безпечному середовищі. Віртуальні лабораторії забезпечують можливість експериментальної діяльності, моделюючи технологічні процеси, що відбуваються в реальному секторі економіки. Використання технологій доповненої та віртуальної реальності сприяє створенню реалістичних умов навчання, що особливо важливо для галузей, де практичні навички мають ключове значення. Викладачі можуть адаптувати навчальні матеріали відповідно до рівня підготовки студентів, використовуючи дані про їхній прогрес для коригування методик викладання.

Автоматизація процесів оцінювання знань і компетентностей є важливим компонентом Smart EcoSystem. Алгоритми штучного інтелекту дозволяють здійснювати аналіз результатів тестувань, визначати прогалини у знаннях студентів і формувати рекомендації щодо подальшого навчання. Викладачі отримують доступ до аналітичних панелей, які відображають статистику успішності, рівень активності студентів у навчальному середовищі та ефективність використання навчальних матеріалів. Це дає змогу коригувати навчальні курси, орієнтуючись на потреби студентів, а також оцінювати ефективність застосування тих чи інших освітніх методик.

Розширення взаємодії з реальним сектором економіки через Smart Career Hub дає змогу студентам інтегруватися у професійне середовище ще під час навчання. Автоматизовані платформи стажування та взаємодії з роботодавцями створюють можливості для виконання реальних проєктних завдань у партнерстві з компаніями, що сприяє формуванню практичних навичок і підвищенню конкурентоспроможності випускників. Цифрові портфоліо не лише структурують інформацію про освітній прогрес студентів, а й забезпечують прозорість та доступність їхніх досягнень для викладачів, роботодавців та міжнародних освітніх інституцій. Автоматизоване збереження та сертифікація результатів навчання створюють умови для ефективного моніторингу

індивідуальних траєкторій професійного розвитку, що є основою для подальшої оптимізації освітнього процесу. Взаємозв'язки між усіма компонентами Smart EcoSystem можна детально простежити за допомогою діаграми Вена (Рис. 1), яка наочно демонструє сфери їхньої взаємодії та функціонального перетину. Вона візуалізує взаємозв'язки між компонентами Smart EcoSystem, демонструючи сфери їхньої взаємодії та перетину функцій. Кожне коло позначає один із ключових елементів екосистеми, а латинські літери вказують на області спільних функціональних можливостей. Зона **A** відображає інтеграцію Smart Park і Smart Complexes, поєднуючи адаптивне навчання та симуляційні методи. Зона **B** представляє інтеграцію Smart Park і Blockchain, що забезпечує персоналізоване управління цифровими сертифікатами. Зона **C** визначає точку перетину Smart Parking і Blockchain, що підкреслює роль децентралізованих технологій у контролі доступу до навчальних матеріалів. Зона **D** є результатом взаємодії Smart Parking і Smart Learning Hub, формуючи платформу для моніторингу навчального процесу та управління ресурсами. Зона **E** є інтеграцією Blockchain і Smart Complexes, що забезпечує захищене збереження результатів навчання, а зона **F** демонструє зв'язок між Smart Complexes і Smart Learning Hub, який охоплює методичне забезпечення практичного навчання. Центральна зона **G** об'єднує всі компоненти, створюючи інтегровану цифрову екосистему, яка забезпечує персоналізацію навчання, автоматизований контроль доступу, збереження освітніх результатів та практичне застосування знань.

Упровадження Smart EcoSystem трансформує традиційні моделі освіти, забезпечуючи індивідуалізацію навчального процесу, автоматизоване управління освітніми ресурсами та надійну сертифікацію навчальних досягнень. Інноваційні методики навчання, інтеграція технологій штучного інтелекту, цифрова сертифікація знань та автоматизований аналіз навчального прогресу сприяють підвищенню ефективності освітнього процесу та забезпечують якісну підготовку студентів до роботи в сучасному цифровому середовищі.

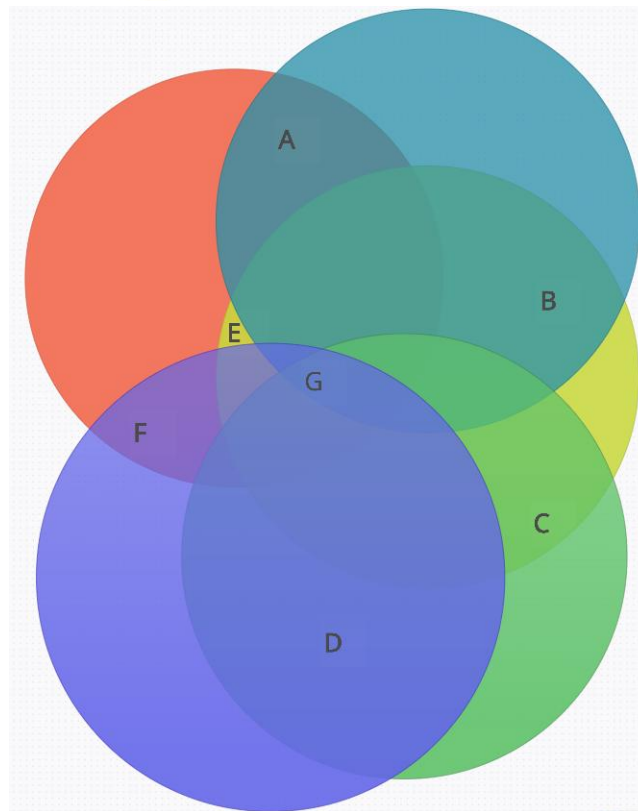


Рис.1. Взаємозв'язки між компонентами Smart EcoSystem у форматі діаграми Вена, що ілюструє сфери їхньої інтеграції та перетину функцій.

### **Очікувані результати.**

Упровадження Smart EcoSystem передбачає створення інтегрованого цифрового середовища, що сприятиме персоналізації навчального процесу, підвищенню якості освіти та забезпеченню ефективної взаємодії між усіма учасниками освітнього процесу. Використання адаптивних алгоритмів дасть змогу ефективніше формувати індивідуальні освітні траєкторії для студентів, оптимізуючи навчальний контент відповідно до їхніх знань, навичок і професійних потреб. Завдяки інтеграції з Blockchain забезпечується надійне збереження освітніх досягнень, автоматизована сертифікація знань і можливість створення цифрових портфоліо, що визнаються міжнародною академічною та професійною спільнотою.

Очікується, що впровадження Smart Complexes сприятиме розвитку практичних навичок студентів через інтерактивні симуляції, віртуальні лабораторії та цифрові тренажери, що імітують реальні професійні ситуації.



Викладачі отримають інструменти для автоматизованого аналізу навчального прогресу студентів, що дає змогу ефективніше адаптувати методики викладання та підвищити рівень залученості студентів до навчального процесу. Автоматизовані системи моніторингу уможливають оперативно виявляти проблемні аспекти у навчанні та пропонувати персоналізовані рекомендації щодо їхнього подолання.

Реалізація Smart Learning Hub сприятиме розвитку цифрових компетентностей викладачів та забезпеченню методичної підтримки у створенні навчальних матеріалів. Очікується, що автоматизовані платформи управління навчальним процесом забезпечать ефективний розподіл освітніх ресурсів, контроль за успішністю студентів та надання детальних аналітичних звітів для коригування навчальних програм.

Інтеграція з роботодавцями через Smart Career Hub сприятиме формуванню конкурентоспроможності випускників, надаючи їм доступ до стажувань, кар'єрних консультацій та реальних проєктів, що дозволить ще під час навчання отримувати професійний досвід. Очікується, що цифрова взаємодія між навчальними закладами, студентами, викладачами та роботодавцями створить безперервну систему професійного розвитку, яка відповідатиме вимогам сучасного ринку праці.

**Висновки.** Підсумовано реалізацію поставленої мети дослідження, що полягала в науковому обґрунтуванні інтеграції цифрових технологій у навчальний процес через Smart EcoSystem. Запропонована концепція базується на гіпотезі, що взаємодія ключових компонентів екосистеми – Smart Park, Smart Parking, Blockchain, Smart Complexes і Smart Learning Hub – створює умови для персоналізованого та адаптивного навчання, автоматизованого управління освітніми ресурсами та безпечного збереження навчальних досягнень.

Розглянута модель Smart EcoSystem передбачає вдосконалення методик викладання за рахунок впровадження аналітичних інструментів навчального процесу, що дають змогу викладачам адаптувати матеріал відповідно до рівня

підготовки студентів. Симуляційне навчання у Smart Complexes покликане забезпечити можливість практичного застосування знань в реальних умовах, що особливо важливо для професійних спеціальностей. Гіпотетично, інтеграція з Blockchain може сприяти автоматизації сертифікації знань та створенню цифрових портфоліо студентів, що підвищить рівень довіри до отриманих компетентностей з боку роботодавців.

Очікується, що автоматизація контролю доступу та управління навчальними матеріалами через Smart Parking дасть змогу оптимізувати використання освітніх ресурсів, а Smart Learning Hub стане методичною підтримкою для викладачів, надаючи доступ до інтерактивних курсів та платформ тестування. Також передбачається, що Smart Career Hub може сприяти розширенню взаємодії з роботодавцями, створюючи можливості для проходження стажувань і практичного навчання.

Подальші дослідження мають бути зосереджені на практичній перевірці ефективності цієї моделі в реальних умовах навчального процесу, оцінці її впливу на успішність студентів та адаптації до різних освітніх контекстів.

### Список використаних джерел

1. Гриневич, Л., Морзе, Н., Вембер, В., & Бойко, М. (2021). Роль цифрових технологій у розвитку екосистеми STEM-освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 83 (3), 1-25. <https://doi.org/10.33407/itlt.v83i3.4461>
2. Опірський, І., Балацька, В., & Побережник, В. (2023). Development of the Learning Management System Concept based on Blockchain Technology. *LSULS Digital Repository*. <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/12596>
3. Grech, A., & Camilleri, A. F. (2017). Blockchain in education. Inamorato dos Santos, A. (ed.). Retrieved from [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108255/jrc108255\\_blockchain\\_in\\_education\(1\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108255/jrc108255_blockchain_in_education(1).pdf)



4. Gilder, G. F. (2018). Life after Google: The fall of big data and the rise of the blockchain economy. Washington, D.C.: Regnery Gateway, pp. 6-12.
5. Park, J. (2021). Promises and challenges of blockchain in education. *Smart Learning Environments*, 8 (1), 33.
6. Sharples, M., & Domingue, J. (2016). A distributed system for educational record, reputation and reward. *Adaptive and Adaptable Learning*, 490-496. Cham: Springer. [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-45153-4\\_48](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-45153-4_48)
7. Skiba, D. J. (2017). The potential of blockchain in education and health care. *Nursing Education Perspectives*, 38 (4), 220-221.
8. Швардак, М. В. (2023). STEM-освіта засобами цифрових технологій. Цифровий репозиторій Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/41848>
9. Кисленко, Д. П., & Ковальський, Д. О. (2024). Перспективи використання блокчейн технологій у забезпеченні прозорості та справедливості освітніх процесів. *Академічні візії*. (33). вилучено із <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1309>
10. Дрокіна, А. С. (2023). Використання цифрових технологій для реалізації STEM-освіти в професійній діяльності майбутнього учителя початкової школи. Педагогічна Академія: наукові записки, (13). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14585460>
11. Морзе, Н., Струтинська, О., & Умрик, М. (2018). Освітня робототехніка як перспективний напрям розвитку stem-освіти. *Електронне наукове фахове видання «Відкрите освітнє Е-середовище сучасного університету»*. (5), 178–187. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2018.5.178187>
12. Гринів, В. (2024). Технологія блокчейну в сучасному світі: від трансформації освіти до криптоплатежів на ATLAS. *Економіст*. <https://economist.com.ua/blockchain-technology-in-the-modern-world/>
13. Івашев, Є. В., Сахно, О. В., Грядуща, В. В., Денисова, А. В., Лукіянчук, А. М., & Удовик, С. І. (2021). *Розвиток цифрової компетентності педагогічних*



працівників закладів професійної (професійно-технічної) освіти засобами інформаційно-комунікаційних технологій: навчальний посібник. БІНПО. [Електронна версія книги]. [https://binpo.com.ua/wp-content/uploads/2022/01/%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%86%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%9A\\_%D0%A0%D0%9E%D0%97%D0%92%D0%98%D0%A2%D0%9E%D0%9A\\_%D0%A6%D0%9A.pdf](https://binpo.com.ua/wp-content/uploads/2022/01/%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%86%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%9A_%D0%A0%D0%9E%D0%97%D0%92%D0%98%D0%A2%D0%9E%D0%9A_%D0%A6%D0%9A.pdf)

14. Биков, В. Ю., & Пінчук, О. П. (Ред.). (2019). *Цифрова трансформація відкритих освітніх середовищ*: Колективна монографія. ФОП Ямчинський О. В. [Електронна версія книги]. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/720740/2/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%20%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F%2020%20%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%96%D0%B2%20%D0%86%D0%86%D0%A2%D0%97%D0%9D.pdf>.

15. International Organization for Standardization. (2022). *ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements*. ISO. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/27001>

16. Гуменний О. Д. (2025). *Розвиток цифрової компетентності викладачів професійно-теоретичної підготовки в системі SMART PARK*. *Наука і техніка сьогодні* (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»). № 2 (43). С. 569–583. ISSN 2786-6025. Режим доступу: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/744865/>.

17. Fedorenko O., Morska N., Davydova O., Andreev V., Bohatyryova G., Shcherbakova N. (2021). Information Technologies in Teaching: The Basis Of Students' Knowledge. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*. Vol. 21, № 2 (February). P. 44–53.

DOI: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.2.6>