

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

СВІЧКО ТЕТЯНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 004.032.6(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ
ВЕББАЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Т. О. Свічко
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник: Пушкар Олександр Іванович, доктор економічних наук,
професор

Дисертація є ідентичною іншим примірникам дисертації
Голова разової спеціалізованої вченої ради ДФ 64.055. _____
д.т.н., професор _____

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Свічко Т. О. Удосконалення методів розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» (12 – «Інформаційні технології»). – Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Харків, 2026.

Дисертація є теоретико-методичним дослідженням, присвяченим удосконаленню методів розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем (MBIC) шляхом інтеграції сучасних технологій, таких як штучний інтелект, віртуальна та доповнена реальність, адаптивні освітні середовища та великі дані. Провідна ідея дослідження полягає у створенні нових методів і моделей, які забезпечують персоналізацію, інтерактивність, когнітивну адаптацію і ефективне управління мультимедійним контентом у веб-середовищі.

Актуальність теми обумовлена стрімким розвитком цифрових технологій, зростанням попиту на мультимедійний контент у різних галузях (освіта, бізнес, культура, реклама) та необхідністю створення гнучких, масштабованих і користувацько-орієнтованих веб-систем, що забезпечують якісний досвід взаємодії.

У першому розділі дисертації проаналізовано сучасні підходи до створення MBIC, здійснено класифікацію систем за функціональними характеристиками, визначено основні виклики при інтеграції мультимедіа у веб-середовище. Обґрунтовано потребу у вдосконаленні існуючих методів на основі аналізу особливостей мультимедійного контенту, користувацького досвіду та архітектури інформаційних систем (IS). Та удосконалено структурно-функціональну модель концепції поєднання гнучких технологій розробки з адаптивною логікою подання інформації. Визначено 15 ключових

концептуальних принципів, що формують основу сучасного проєктування MBIC, з урахуванням когнітивних, емоційних та інтуїтивних характеристик користувачів. Для формалізації процесів функціонування системи використано методологію функціонального моделювання IDEF0, що дозволило описати взаємодію основних компонентів системи у вигляді ієрархії функцій, вхідних і вихідних потоків даних, механізмів та керуючих впливів. Запропоновано інтеграцію VR/AR-компонентів і ІІІ як засобів покращення інтерфейсу та користувацького досвіду.

У другому розділі запропоновано підхід до формування персоналізованої взаємодії користувача з MBIC на основі аналізу його поведінкових характеристик, когнітивного профілю та цілей взаємодії. Розроблено модель адаптивного мультимедійного середовища, що передбачає генерацію текстового, аудіо- та відеоконтенту із застосуванням великих мовних моделей, а також механізми оцінювання ефективності взаємодії. Визначено напрями застосування розробленої моделі в освітніх та комерційних системах. Процес розробки сценарію мультимедійного контенту формалізовано як структурований етап створення MBIC із використанням параметричної моделі, що забезпечує відтворюваність та інтеграцію з генеративними моделями штучного інтелекту. Для опису сценарію введено множину базових параметрів та функціональну залежність формування сценарію.

Формалізацію процесу розробки сценарію представлено у вигляді IDEF0-контекстної діаграми, яка відображає вхідні дані, керуючі впливи, механізми реалізації та результати генерації мультимедійного контенту. Крім того, розроблено алгоритм підтримки прийняття рішень щодо вибору ефективного мультимедійного контенту на основі методу аналізу ієрархій (АНР), що дозволяє здійснювати багатокритеріальне оцінювання альтернатив та визначати оптимальні варіанти контенту.

У третьому розділі подано модель поєднання когнітивно-орієнтованого підходу з інструментами штучного інтелекту для побудови навчальних маршрутів у віртуальному середовищі. Розроблено модель персоналізації, що

базується на класифікації типів інтелекту за Г. Гарднером. Реалізовано систему інтелектуальних агентів для забезпечення диференційованої підтримки студентів та покращення навчального результату. Експериментально перевірено ефективність системи на прикладі платформи Victory XR.

У четвертому розділі дисертації висвітлено практичну реалізацію удосконалених методів розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем у комерційному та навчальному спрямуванні. Зокрема, представлено програмну реалізацію модуля персоналізації інформаційного наповнення, модель і програмну реалізацію MBIC на основі алгоритму кластеризації k-середніх, що формалізована у вигляді UML-діаграми методу персоналізації, а також практичне застосування методів проєктування елементів MBIC комерційного призначення та реалізацію персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища.

Запропоновано модель проєктування емоційно-орієнтованого мультимедійного контенту в MBIC навчального спрямування, що базується на інтеграції параметрів когнітивного профілю здобувача, модальностей сприйняття інформації та характеристик мультимедійного контенту. Модель передбачає використання генеративних алгоритмів штучного інтелекту та імерсивних технологій AR/VR для адаптивного формування інформаційного наповнення.

Обґрунтовано, що застосування запропонованої моделі дозволяє підвищити ефективність взаємодії здобувача з навчальним середовищем за рахунок оптимізації подання контенту та покращення показників засвоєння навчальної інформації.

Подано модель формування індивідуальних навчальних траєкторій із урахуванням соціотипів студентів, їх стилів навчання та когнітивних характеристик, у межах якої мультимедійні веббазовані інформаційні системи розглядаються як адаптивні інформаційні середовища, що забезпечують інтеграцію контенту, аналітичних модулів і механізмів персоналізації. Роль ПНС у запропонованій моделі полягає у підтримці індивідуалізованого освітнього

процесу шляхом динамічного налаштування структури, форм. Поєднання технологій великих даних, алгоритмів кластеризації та персоналізованого контенту дозволило створити адаптивне освітнє середовище з підвищеною ефективністю засвоєння знань.

Реалізовано методи розробки елементів MBIC комерційного спрямування, зокрема для задач цифрового маркетингу. Продемонстровано можливість використання генеративних моделей для автоматизованого створення мультимедійного контенту та адаптації його структури відповідно до параметрів цільової аудиторії.

У межах дослідження також розроблено підхід до інтеграції генеративних моделей штучного інтелекту у процес створення мультимедійного контенту на основі Retrieval-Augmented Generation (RAG), що забезпечує контекстно-залежне формування інформаційного наповнення з урахуванням когнітивних характеристик користувача та особливостей освітнього чи комерційного середовища. Запропонований підхід дозволяє поєднати механізми семантичного пошуку, адаптивного аналізу даних та генерації мультимедійного контенту в межах єдиного інформаційного середовища.

Практична апробація розроблених методів підтвердила ефективність використання адаптивних моделей персоналізації у VR-середовищах та мультимедійних вебсистемах. Результати експериментального дослідження показали підвищення рівня залученості користувачів, покращення показників засвоєння навчального матеріалу та скорочення часу формування персоналізованого контенту завдяки використанню AI-модулів і технологій кластеризації. Отримані результати підтверджують доцільність використання інтелектуальних мультимедійних технологій у системах навчального та комерційного спрямування.

Сформульовано узагальнені методичні рекомендації щодо розробки мультимедійних веббазованих систем для освітніх, наукових і комерційних потреб. Представлені підходи апробовано в реальних умовах: під час створення навчальних VR-середовищ, інтелектуальних освітніх платформ та комерційних

рішень. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованих методів, практичну доцільність їх впровадження та перспективність подальшого розвитку адаптивних мультимедійних інформаційних систем із використанням технологій штучного інтелекту.

Практична цінність результатів дисертаційного дослідження підтверджується їхнім використанням у діяльності Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця (довідка № 25/86-27-82 від 30.09.2025 р.), ТОВ «АСТРОН+» (довідка № 64/2025 від 30.09.2025 р.) та фізичної особи-підприємця Єнгалічева Сергія Олександровича (довідка № 76 від 30.10.2025 р.).

Отримані результати доводять ефективність застосування інноваційних мультимедійних технологій та обґрунтовують перспективи подальших досліджень у сфері адаптивних інформаційних систем.

Ключові слова: інформаційна система, програмне забезпечення, вебсайти, адаптивне навчання, база даних, штучний інтелект, метод аналізу ієрархій, доповнена реальність, математичне моделювання, документація API, веб-застосунок, кластеризація, нейронні мережі, цифровий маркетинг, інтерактивність.

ABSTRACT

Svichko Tetiana. Improvement of Methods for Developing Multimedia WebBased Information Systems. – Qualification scientific work submitted as a manuscript.

The dissertation is submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in specialty 122 – Computer Science. – Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, 2026.

The dissertation is a theoretical and methodological study devoted to the improvement of methods for developing multimedia web-based information systems (MWIS) through the integration of modern technologies, including artificial intelligence, virtual and augmented reality, adaptive educational environments, and big data technologies. The core idea of the research lies in the development of new methods and models that ensure personalization, interactivity, cognitive adaptation, and effective management of multimedia content within the web environment.

The relevance of this topic stems from the rapid development of digital technologies, the growing demand for multimedia content across various sectors (education, business, culture, advertising), and the need to create flexible, scalable, and user-centric web systems that deliver a high-quality user experience.

The first chapter of the dissertation analyzes modern approaches to the creation of multimedia web-based information systems (MWIS), classifies systems according to their functional characteristics, and identifies the main challenges in integrating multimedia into the web environment. The need to improve existing methods is justified based on an analysis of the characteristics of multimedia content, user experience, and information system (IS) architecture. A structural-functional model of the concept of combining flexible development technologies with adaptive information presentation logic is also justified. Fifteen key conceptual principles have been identified that form the basis of modern MWIS design, taking into account the cognitive, emotional, and intuitive characteristics of users. The IDEF0 functional modeling methodology was used to formalize the system's operational processes, enabling the description of interactions among the system's main components in the form of a hierarchy of functions, input and output data flows, mechanisms, and control influences. The integration of VR/AR components and AI is proposed as a means of improving the interface and user experience.

The second chapter proposes an approach to shaping personalized user interaction with the MVIS based on an analysis of the user's behavioral characteristics, cognitive profile, and interaction goals. A model of an adaptive multimedia environment has been developed, which involves the generation of text, audio, and

video content using large language models, as well as mechanisms for evaluating the effectiveness of interaction. Areas of application for the developed model in educational and commercial systems have been identified. The process of developing a multimedia content scenario has been formalized as a structured stage of creating an MWIS using a parametric model, which ensures reproducibility and integration with generative artificial intelligence models. A set of basic parameters and a functional dependency for scenario formation have been introduced to describe the scenario.

The formalization of the scenario development process is presented in the form of an IDEF0 context diagram, which depicts the input data, control influences, implementation mechanisms, and results of multimedia content generation. In addition, an algorithm has been developed to support decision-making regarding the selection of effective multimedia content based on the Analytic Hierarchy Process (AHP), which allows for the multi-criteria evaluation of alternatives and the determination of optimal content options.

In the third section, presents a model that combines a cognition-oriented approach with artificial intelligence tools to construct learning pathways in a virtual environment. A personalization model based on Gardner's classification of intelligence types has been developed. A system of intelligent agents has been implemented to provide differentiated support for students and improve learning outcomes. The system's effectiveness has been experimentally verified using the Victory XR platform as an example.

The fourth chapter of the dissertation highlights the practical implementation of improved methods for developing multimedia web-based information systems for commercial and educational purposes. In particular, it presents the software implementation of the information content personalization module, a model and software implementation of the MWIS based on the k-means clustering algorithm, formalized as a UML diagram of the personalization method, as well as the practical application of methods for designing commercial MWIS elements and the implementation of a personalized, intellectually adaptive educational VR environment.

A model is proposed for the design of emotion-oriented multimedia content in educational information and communication systems, based on the integration of the learner's cognitive profile parameters, information perception modalities, and multimedia content characteristics. The model involves the use of generative artificial intelligence algorithms and immersive AR/VR technologies for the adaptive generation of information content.

It is demonstrated that the application of the proposed model enhances the effectiveness of the learner's interaction with the educational environment by optimising content presentation and improving indicators of learning retention.

A model for the formation of individual learning trajectories is presented, taking into account students' sociotypes, their learning styles and cognitive characteristics, within which multimedia web-based information systems are regarded as adaptive information environments that ensure the integration of content, analytical modules and personalisation mechanisms. The role of the PNS in the proposed model is to support the individualised educational process through the dynamic configuration of structure and forms. The combination of big data technologies, clustering algorithms and personalised content has enabled the creation of an adaptive educational environment with enhanced learning effectiveness.

Methods for developing commercial multimedia web systems have been implemented, particularly for digital marketing tasks. The potential for using generative models to automatically create multimedia content and adapt its structure to the parameters of the target audience has been demonstrated.

Generalised methodological recommendations have been formulated for the development of multimedia web systems for educational, scientific and commercial needs. The approaches presented have been tested in real-world conditions: during the creation of educational VR environments, intelligent educational platforms and commercial solutions.

Within the framework of the study, an approach to integrating generative artificial intelligence models into the process of multimedia content creation based on Retrieval-Augmented Generation (RAG) was also developed. This approach provides

context-dependent generation of information content while taking into account the user's cognitive characteristics and the specifics of educational or commercial environments. The proposed approach makes it possible to combine semantic search mechanisms, adaptive data analysis, and multimedia content generation within a unified information environment.

The practical implementation of the developed methods confirmed the effectiveness of adaptive personalization models in VR environments and multimedia web-based systems.

The results of the experimental study demonstrated an increase in user engagement, improvement in learning outcomes, and a reduction in the time required to generate personalized content through the use of AI modules and clustering technologies. The obtained results confirm the feasibility of applying intelligent multimedia technologies in educational and commercial systems.

Generalized methodological recommendations for the development of multimedia web-based systems for educational, scientific, and commercial purposes were formulated. The proposed approaches were tested under real conditions during the creation of educational VR environments, intelligent educational platforms, and commercial solutions.

The practical value of the findings of the doctoral research is confirmed by their application in the activities of the Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics (certificate No. 25/86-27-82 dated 30 September 2025), ASTRON+ LLC (certificate No. 64/2025 dated 30 September 2025) and individual entrepreneur Serhii Oleksandrovykh Yengalichev (certificate No. 76 dated 30 October 2025).

The results obtained demonstrate the effectiveness of applying innovative multimedia technologies and justify the prospects for further research in the field of adaptive information systems.

Keywords: information system, software, websites, adaptive learning, database, artificial intelligence, hierarchical analysis method, augmented reality, mathematical modeling, API documentation, web application, clustering, neural networks, digital marketing, interactivity.

ПУБЛІКАЦІЇ, ЩО ВІДТВОРЮЮТЬ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

**Статті у наукових періодичних виданнях, включених до переліку
наукових фахових видань України**

1. Свічко Т. О. Методологія для оцінки ефективності мультимедійного контенту під час програмування сайту. *Таврійський Науковий Вісник. Серія: технічні науки*. 2024. Вип. 1. С. 81–90. **(Фахове, категорія Б).**

DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.9>.

URL: <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/542/504>

Особистий внесок: запропоновано удосконалений метод оцінювання ефективності мультимедійного контенту веб-сайтів із застосуванням методу аналізу ієрархій (АНР- Analytic Hierarchy Process) Томаса Сааті, що враховує якість контенту, рівень інтерактивності, інформаційну цінність та користувацький досвід.

2. Свічко Т. О., Гордєєв А. С. Розробка мультимедійних інформаційних веббазованих навчальних систем із застосуванням технології великих баз даних. *Таврійський Науковий Вісник. Серія: технічні науки*. 2024. Вип. 4. С. 147 – 159. **(Фахове, категорія Б).**

DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.4.14>

URL: <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/650/608>

Особистий внесок: удосконалено метод розробки навчальних МВІС на основі інтеграції технологій великих даних із поєднанням алгоритму k-середніх, що забезпечує кластеризацію користувачів за характеристиками взаємодії та переформатування мультимедійного контенту відповідно до їхніх потреб; удосконалено модель побудови мультимедійних навчальних комплексів, яка враховує соціотипи та стилі навчання студентів і забезпечує формування індивідуальних траєкторій навчання.

3. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Концепція удосконалення методів проектування мультимедійних веббазованих інформаційних систем. *Таврійський*

науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2025. Вип. 1. С. 167 – 182. **(Фахове, категорія Б).**

DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.16>.

URL: <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/790/734>

Особистий внесок: вперше обґрунтовано та сформульовано структурно-функціональну модель концепції удосконалення методів розробки MBIC, що інтегрує концептуальні засади, базові положення та принципи розробки і визначає напрями вдосконалення методів створення MBIC з урахуванням адаптивності, персоналізації, мультимодальності та використання технологій штучного інтелекту.

4. Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Свічко Т. О. Методика створення адаптивних інтерактивних мультимедійних просторів з використанням штучного інтелекту. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2025. № 2(84). С. 126-140. **(Фахове, категорія Б).**

DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2025.84.15>.

URL: <https://journal-hnups.com.ua/index.php/zhups/article/view/1989/1808>

Особистий внесок: запропоновано модель створення адаптивних інтерактивних мультимедійних просторів, як основи створення MBIC, що поєднують інструменти III, персоналізований контент і сучасні веб-технології. для забезпечення адаптивності та інтерактивності користувацького середовища.

5. Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Свічко Т. О. Методика розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR середовища. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2025. № 1(4). С. 248–269. **(Фахове, категорія Б).**

DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.1.26>

URL: <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/1078/991>

Особистий внесок: запропоновано модель персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища, що поєнує когнітивно-орієнтований підхід із побудовою індивідуальних маршрутів.

Праці апробаційного характеру:

6. Свічко Т. О. Методологія для оцінки ефективності мультимедійного контенту в умовах високої конкуренції. *Global science: prospects and innovations. Proceedings of VII International Scientific and Practical Conference* (Liverpool, United Kingdom, 1-3 March, 2024). Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom, 2024. Pp. 172-184.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38404>

7. Свічко Т. О. Аналіз та оцінка ефективності мультимедійного контенту під час програмування сайту. *Scientific achievements of contemporary society. Proceedings of I International Scientific and Practical Conference* (London, United Kingdom 15-18 August 2024). Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2024. Pp. 155-161.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38407>

8. Свічко Т. О. Удосконалений підхід до розробки веббазованої мультимедійної інформаційної системи. *Scientific research: modern challenges and future prospects. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. MDPC Publishing.* Munich, Germany. 2024. Pp.106-111.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38408>

9. Свічко Т. О. Аналіз чинників до формування сучасного визначення мультимедійних інформаційних систем. *Current trends in scientific research development. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. BoScience Publisher.* Boston, USA. 2024. Pp. 101-106.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38406>

10. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Методологія побудови адаптивних інтерактивних мультимедійних середовищ з використанням штучного інтелекту. *Поліграфія та упаковка майбутнього.* Матеріали I Міжнародна науково-

практична конференція («NextGen Print & Packaging») (Львів, 21–23 травня, 2025 р.). Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2025. С. 155-157.

Особистий внесок: розроблено підхід до побудови адаптивних інтерактивних мультимедійних середовищ із використанням технологій штучного інтелекту, проведено аналіз сучасних методів персоналізації контенту та сформульовано основні положення методології інтеграції AI-компонентів у структуру MBIC.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38411>

11. Свічко Т. О. Взаємодія інформаційних систем та бізнеспроцесів на прикладі мультимедійної веббазованої системи Amazon. *Current trends in scientific research development. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Boston, USA. 2025. Pp. 184-195.*

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38405>

12. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Особливості проектування сучасних мультимедійних веббазованих інформаційних систем. *Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності. Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 6 листопада, 2024 р.). Київ: Київський Авіаційний Інститут, 2025. С. 48-54.*

Особистий внесок: проведено аналіз особливостей проектування сучасних мультимедійних веббазованих інформаційних систем, досліджено принципи інтеграції мультимедійного контенту у вебсередовище та сформульовано основні підходи до побудови адаптивних MBIC.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38412>

13. Лук'янова В. А., Свічко Т. О., Кобзев І. В. Вибір моделі 3d-зображень. *Глобальні тенденції розвитку інформаційних технологій і науки. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (м. Стокгольм, Швеція 8–10 січня 2024 р.). С. 67-70.*

Особистий внесок: проведено аналіз підходів до вибору моделей 3D-зображень, досліджено критерії оцінювання якості та доцільності використання 3D-моделей у мультимедійних інформаційних системах.

URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/35380>

14. Свічко Т. О. Оцінювання ефективності контенту для мультимедійних інформаційних систем. *Topical aspects of modern scientific research. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Tokyo, Japan. 2023. Pp. 310-320.*

15. Козінець Т. О. Розвиток готовності педагогів до використання смарт-технологій у процесі навчання. *Science and technology: problems, prospects and innovations. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2023. Pp. 172-174.*

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38413>

16. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Методика створення персоналізованого навчального VR середовища гібридною командою з використання III. *Multimedia technologies in education and other areas of activity: materials of reports of the scientific-practical conference. (Ukraine, Kyiv, November 12-13 2025). Pp. 298-306.*

Особистий внесок: розроблено підхід до створення персоналізованого навчального VR-середовища із використанням технологій III, сформульовано принципи адаптації навчального контенту.

17. Свічко Т. О. Аналіз мультимедійних інформаційних систем. Визначення та напрямки використання *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "INNOVATION AND DEVELOPMENT IN WORLD SCIENCE". Технічні науки (Цюрих, Швейцарія, 29-31.12.2025).*

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38480>

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	18
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1	31
АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВЕББАЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	31
1.1. Огляд та аналіз предметної області мультимедійних веббазованих інформаційних систем	31
1.2. Оцінка стану існуючих методів розробки МВІС та перспективи їх удосконалення	46
1.3. Структурно-функціональна модель концепції удосконалення методів розробки МВІС	52
Висновки до розділу 1	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1.....	79
РОЗДІЛ 2	90
МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВЕББАЗОВАНИХ СИСТЕМ	90
2.1. Загальний підхід до створення МВІС	90
2.2. Метод оцінювання ефективності мультимедійного контенту у МВІС на основі методу аналізу ієрархій.....	103
2.3. Модель створення адаптивних мультимедійних просторів у МВІС комерційного спрямування	120
Висновки до розділу 2	134
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2.....	136
РОЗДІЛ 3	143
СТВОРЕННЯ ТА АДАПТАЦІЯ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВЕББАЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НАВЧАЛЬНОГО СПРЯМУВАННЯ	143

3.1. Метод розробки МВІС навчального спрямування з урахуванням індивідуальних характеристик користувачів	143
3.2. Проектування контурів адаптації у навчальних МВІС	153
3.3. Метод використання мультимедійних баз навчального контенту з орієнтацією на модальність.....	157
Висновки до розділу 3	174
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3.....	176
РОЗДІЛ 4	185
РЕАЛІЗАЦІЯ УДОСКОНАЛЕНИХ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ МВІС У КОМЕРЦІЙНОМУ ТА НАВЧАЛЬНОМУ СПРЯМУВАННІ.....	185
4.1. Програмна реалізація створення МВІС та модуля персоналізації інформаційного наповнення.....	185
4.2. Реалізація моделей проектування елементів МВІС комерційного спрямування	195
4.3. Модель проектування емоційного контенту в МВІС навчального спрямування.....	199
Висновки до розділу 4	211
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4.....	213
ВИСНОВКИ.....	219
ДОДАТКИ.....	221

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

MBIC — мультимедійні веббазовані інформаційні системи

ШІ — штучний інтелект

VR — віртуальна реальність

AR — доповнена реальність

IC — інформаційні системи

АНР — метод аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process)

IDEF0 — методологія функціонального моделювання

UML — уніфікована мова моделювання

LLM — великі мовні моделі (Large Language Models)

RAG — Retrieval-Augmented Generation

LMS — система управління навчанням (Learning Management System)

PNS / ПНС — персональні навчальні системи

AI — штучний інтелект (Artificial Intelligence)

MMDBMS — система керування мультимедійними базами даних

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасний світ швидко розвивається завдяки новим технологіям, які роблять інформаційні системи більш доступними, ефективними та інтерактивними. Мультимедійні веббазовані інформаційні системи (далі – MBIC) стають важливим інструментом для передачі інформації в різних сферах: освіта, бізнес, медіа, маркетинг тощо. Ці системи дозволяють інтегрувати текст, аудіо, відео та графіку, створюючи комплексні інформаційні потоки, які спрощують доступ до знань і ресурсів. Завдяки цим технологіям користувачі можуть отримувати інформацію швидше та більш зручно, що підвищує їхню продуктивність та рівень задоволення. У таких системах пріоритетним стає не лише якісний мультимедійний контент, а й удосконалення методів розробки, архітектури, процесів інтеграції, тестування та масштабування.

Разом із тим зростання складності програмних систем, збільшення обсягів мультимедійного контенту та підвищення вимог до якості користувацького досвіду актуалізують проблему удосконалення методів розробки MBIC. Традиційні каскадні та лінійні моделі створення програмного забезпечення поступово виявляються недостатньо ефективними для веббазованих мультимедійних систем, які функціонують у динамічному середовищі, потребують високої адаптивності, масштабованості та персоналізації. Це зумовлює перехід до ітеративних, гнучких та адаптивних підходів, що поєднують сучасні веб-технології, UX/UI-проектування, аналітику даних, алгоритмічні методи обробки інформації та методи машинного навчання.

Сучасні мультимедійні веббазовані інформаційні системи розглядаються не лише як засіб подання контенту, а як складні програмні системи, що базуються на алгоритмічних методах обробки даних, моделях даних, архітектурах програмних систем та обчислювальних методах персоналізації. Особливу роль відіграють методи машинного навчання, які дозволяють

формувати адаптивну поведінку системи на основі аналізу даних користувача та забезпечують програмну реалізацію інтелектуальних механізмів взаємодії.

Зокрема, розвиток методів машинного навчання, глибоких нейронних мереж і засобів аналітики даних забезпечує інтеграцію алгоритмічних підходів у мультимедійні веббазовані інформаційні системи. На практиці це реалізується через використання алгоритмів рекомендацій, кластеризації та класифікації користувачів, методів прогнозування часових рядів, інженерії ознак, виявлення аномалій, а також аналізу поведінкових даних користувача. Для формалізації та обробки інформації можуть застосовуватися моделі даних у вигляді графових структур, ієрархічних схем, ознакових просторів, реляційних і NoSQL-моделей, а програмна реалізація таких систем ґрунтується на модульних, сервісно-орієнтованих і мікросервісних архітектурах з використанням API-взаємодії та конвеєрів обробки даних. Це дозволяє реалізувати обчислювальні методи персоналізації, адаптивне формування контенту, автоматизоване оцінювання поведінки користувача та інтелектуальну підтримку прийняття рішень у межах мультимедійної веббазованої інформаційної системи. Сучасний період розвитку засобів автоматизації та інформатизації суспільства в цілому і окремих організацій та підприємств зокрема можна охарактеризувати як час масового переходу від стихійної комп'ютеризації окремих елементів діяльності організацій до єдиних інтегрованих рішень, що охоплюють усі аспекти їх існування. Це не могло не відобразитися на складі і об'ємі найчастіше виконуваних ІТ-проектів і на методах їх виконання.

Актуальність кваліфікаційної роботи визначена тим, що в умовах підвищення рівня конкуренції на ринках послуг значною перевагою є можливість впровадження інформаційних технологій. Щоб мати успіх в бізнесі, важливо не тільки зберігати постійних покупців, а і шукати нових. І тому спілкування з покупцями в режимі online є більш ефективним способом для представлення та реалізації товарів і послуг, а також може бути основою повноцінного бізнесу.

Мультимедіа значно збільшує кількість і підвищує якість інформації, здатної зберігатися в цифровій формі і передаватися в системі «людина-машина». Мультимедіа усе більше проникає в різні сфери життя людини. Сучасний етап комп'ютеризації освітньої галузі, збагачений можливістю використання мультимедійних технологій, стає реальністю, яка нині вже суттєво впливає на якість, зміст, методику навчання і навіть методологію освіти [1]. Загальна проблема полягає в тому, що кілька років тому мультимедійні технології були обмежені відносно простими, автономними застосунками, але мультимедійні системи, особливо веб-орієнтовані системи, стали складнішими і зіткнулися з багатьма критичними питаннями та викликами для розвитку [2].

Зростання складності програмних систем вимагає нових методологічних підходів до їх створення. Традиційні каскадні або лінійні моделі поступово замінюються ітеративними, гібридними та адаптивними методами розробки, що враховують динамічність користувацьких вимог і швидкі зміни технологічного середовища [3]. Для мультимедійних веббазованих систем це особливо важливо, оскільки процес створення включає взаємодію між програмістами, дизайнерами, аналітиками, фахівцями з UX/UI, експертами з інших областей.

Для MBIS, як різновиду інформаційних систем, характерний ряд спільних властивостей, а саме:

інформаційні системи, що призначені для збору, зберігання та обробки інформації. Тому в основі кожної з них знаходиться середовище зберігання та доступу до даних.

інформаційні системи, орієнтовані на кінцевого користувача, який не володіє високою кваліфікацією в даній галузі.

Тому під час розробки інформаційної системи необхідно розв'язувати дві основні задачі:

задачу розробки бази даних, призначеної для збереження інформації;

задачу розробки графічного дизайну клієнтських додатків для користувача;

задачу розробки спеціалізованого мультимедійного контенту для взаємодії користувача з MBIC.

Необхідність розробки завдань та методів, які сприятимуть вдосконаленню процесу розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем, забезпечуючи їх ефективність, інтерактивність та відповідність сучасним вимогам. Запропоновані підходи та методи будуть становити наукову новизну дослідження, оскільки вони дозволяють інтегрувати мультимедійні компоненти та інформаційні системи в нові сфери застосування, такі як комерція, економіка вражень та персоналізований користувацький досвід, що раніше не було достатньо досліджено в контексті веббазованих інформаційних систем.

Бурхливий розвиток науково-технічного прогресу, зокрема цифрових технологій, докорінно трансформує підходи до організації бізнес-процесів і управління підприємствами. Усе більше компаній переорієнтують свою діяльність на використання інформаційних систем, що дозволяють автоматизувати ключові функції, підвищувати продуктивність і впроваджувати нові формати маркетингових комунікацій. Питання розробки та застосування інформаційних систем у сфері управління розглядалися у працях українських і зарубіжних науковців, серед яких М.Н. Григор'єва, В.І. Кузякіна, О.В. Матвієнка, В.І. Сергєєва, В.І. Старікова, В.В. Трофімова, Г.А. Титаренка, С.А. Уварова, В.Б. Уткіна, Д. Уотермена, О.В Чухарєва, та ін.

Аналіз еволюції інформаційних систем показує, що саме в умовах економічної нестабільності та високої конкуренції вони стають одним із ключових інструментів підтримки життєздатності підприємств. ІС можуть стати саме тим необхідним для боротьби з кризою інструментарієм, який допоможе максимально оптимізувати діяльність і зекономити кошти. Адже, коли якщо не зараз більш важливими є відносна дешевизна, зручність використання, швидкість впровадження і локалізованість ІС, ніж престиж, інвестиційна привабливість і бренд західних ІС. Успішність впровадження ІС у цьому контексті значною мірою залежить від професійності команди розробників та

здатності менеджменту підприємства приймати технологічно обґрунтовані рішення [4].

Здійснений аналіз джерел [1–3] засвідчує, що проблема удосконалення методів розробки мультимедійних веббазованих систем залишається актуальною, оскільки темпи появи нових цифрових технологій перевищують швидкість їх методичного осмислення та включення в існуючі моделі проєктування.

Сучасні вебплатформи перетворилися на багатофункціональні системи, що містять значні обсяги мультимедійного контенту – відео, анімацію, інтерактивні елементи, 3D-візуалізації. Якість користувацького досвіду безпосередньо залежить від швидкості завантаження сторінок, оптимізації мультимедійних елементів та ефективності організації роботи серверної та клієнтської частин. Швидкість відгуку вебсайту визначає не лише рівень зручності взаємодії, але й впливає на рейтинг у пошукових системах, а отже – на обсяг трафіку та кількість потенційних клієнтів. Це робить оптимізацію мультимедійних компонентів одним з ключових завдань сучасної веброзробки.

МВІС, які прагнуть забезпечити високу якість обслуговування користувачів, вимушені адаптуватися до тенденцій та впроваджувати нові технічні рішення. Тому що стрімке розширення мультимедійних цифрових екосистем зумовлює не лише збільшення обсягів даних, а передусім підвищення вимог до методів проєктування та розробки веббазованих мультимедійних інформаційних систем. Сучасні соціальні мережі, відеостримінгові платформи, інтерактивні освітні середовища та хмарні сервіси формують складну інфраструктуру, що передбачає використання високопродуктивних алгоритмів маршрутизації потоків, оптимізованих механізмів кешування, адаптивних моделей масштабування та технологій розподіленої обробки. У таких умовах веббазовані мультимедійні системи мають інтегрувати сучасні методики розробки, спеціалізовані протоколи передачі мультимедіа, інтелектуальні засоби керування навантаженням та інструменти автоматизованого моніторингу, що забезпечують стабільність, продуктивність і високу якість взаємодії

користувачів. Отже, ключовим викликом стає не сам мультимедійний контент, а необхідність удосконалення архітектурних підходів, алгоритмів і технологій створення MBIC, здатних ефективно функціонувати в умовах зростаючих обсягів даних та змінних користувацьких сценаріїв.

У цьому контексті особливої актуальності набуває необхідність оновлення та вдосконалення методів розробки веббазованих мультимедійних інформаційних систем. Традиційні підходи до проєктування, оптимізації та організації обробки даних виявляються недостатньо ефективними за умов стрімкого зростання обсягів мультимедійної інформації, підвищення інтенсивності користувацьких запитів та ускладнення функціональних вимог до сучасних веборієнтованих платформ. Зростання очікувань користувачів щодо миттєвого доступу до ресурсів, стабільної роботи системи та високої якості взаємодії зумовлює потребу у впровадженні інноваційних технологічних рішень – адаптивних алгоритмів маршрутизації потокових даних, інтелектуальних методів їх оптимізації, гібридних моделей балансування навантаження та динамічно масштабованих хмарних сервісів. Забезпечення узгодженості між швидкістю, якістю, доступністю та стійкістю функціонування систем потребує формування сучасних методичних підходів до розробки MBIC, здатних відповідати вимогам високонавантажених мультимедійних середовищ.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в межах наукових досліджень кафедри та узгоджується з пріоритетними напрямками розвитку інформаційних технологій в Україні, зокрема щодо цифровізації освіти, упровадження мультимедійних систем у навчальному процесі та розвитку інтелектуальних веб-рішень.

Дисертаційну роботу виконано відповідно до планів науково-дослідних робіт Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця. В основу дослідження покладено науково-методичні та практичні розробки, виконані в межах: госпдоговірної науково-дослідної роботи «Проектування мультимедійних веб-базованих інформаційних систем комерційного спрямування» (номер державної реєстрації 0125U002549), у межах

якої здобувачем розроблено методичні підходи до створення адаптивних інтерактивних мультимедійних систем із використанням технологій штучного інтелекту та мультимедійних баз контенту з орієнтацією на модальність користувачів; бюджетно-кафедральної науково-дослідної роботи «Теоретичні та методичні засади впровадження мультимедійних систем STEM-освіти у закладах вищої освіти України» (номер державної реєстрації 0123U103885), у межах якої досліджено модифіковані методи розробки веббазованих мультимедійних інформаційних систем; бюджетно-кафедральної науково-дослідної роботи «Теоретичні та методичні засади впровадження мультимедійних систем STEM-освіти у закладах вищої освіти України» (номер державної реєстрації 0123U103885), у межах якої розроблено методичні підходи до створення мультимедійних інформаційних систем та досліджено особливості інтеграції адаптивних і персоналізованих компонентів у цифрове освітнє середовище.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є удосконалення методів проєктування мультимедійних веббазованих інформаційних систем на основі інтеграції алгоритмічних методів обробки даних, обчислювальних методів персоналізації, методів машинного навчання та сучасних архітектур програмних систем, що забезпечує підвищення їх адаптивності, масштабованості та ефективності функціонування.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішено такі завдання:

проаналізувати та узагальнити теоретичні підходи до визначення мультимедійних веббазованих інформаційних систем з урахуванням сучасних викликів цифровізації та з позицій алгоритмічних методів, моделей даних та архітектур програмних систем;

дослідити наявні методи проєктування та розробки MBIC та визначити їх обмеження щодо реалізації адаптивності, персоналізації та обробки мультимедійних даних;

розробити структурно-функціональну модель концепції адаптивної мультимедійної веббазованої інформаційної системи;

обґрунтувати вибір і адаптувати метод аналізу ієрархій для визначення ефективного мультимедійного контенту в MBIC;

розробити модель створення адаптивних інтерактивних мультимедійних середовищ із використанням технологій штучного інтелекту та сучасних веб-технологій;

побудувати модель адаптивного персоналізованого навчального VR-середовища з урахуванням параметрів користувача;

розробити модель персоналізованого мультимедійного VR-середовища з урахуванням параметрів користувача;

провести експериментальну перевірку запропонованих методів і моделей на прикладі освітніх та маркетингових систем, оцінити їх ефективність і практичну значущість.

Об'єкт дослідження – процеси проєктування та реалізації мультимедійних веббазованих інформаційних систем.

Предмет дослідження – алгоритмічні методи, моделі та архітектурні рішення побудови адаптивних мультимедійних веббазованих інформаційних систем.

Методи дослідження. Методологічною основою дисертаційного дослідження є сукупність загальнонаукових і спеціальних методів наукового пізнання, що забезпечують системність, об'єктивність і комплексність дослідження процесів проєктування та розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем. Теоретичною основою роботи стали положення теорії інформаційних систем, мультимедійних технологій, вебтехнологій, адаптивних і персоналізованих систем, методів машинного навчання, обробки даних та програмної інженерії.

У роботі використано такі методи дослідження:

алгоритмічні методи обробки мультимедійних даних і аналізу поведінкових даних користувачів – для формування адаптивних механізмів взаємодії з системою;

методи машинного навчання, зокрема методи класифікації та кластеризації (алгоритм k-середніх) – для сегментації користувачів і побудови персоналізованих моделей взаємодії;

обчислювальні методи персоналізації – для адаптивного формування маршрутів подання мультимедійного контенту на основі аналізу характеристик користувача;

методи математичного моделювання та теорії прийняття рішень, зокрема метод аналізу ієрархій (АНР) – для формалізації процесів оцінювання ефективності мультимедійного контенту та визначення вагових коефіцієнтів критеріїв;

методи структурно-функціонального моделювання (IDEF0, UML) – для формалізації архітектури мультимедійних веббазованих інформаційних систем і опису процесів їх функціонування;

методи проєктування програмних систем і програмної інженерії – для розробки багаторівневих, модульних і сервісно-орієнтованих архітектур MBIC;

методи аналізу даних і візуалізації результатів – для оцінювання ефективності розроблених моделей і алгоритмів;

експериментальні методи комп'ютерного моделювання – для перевірки працездатності розроблених алгоритмів, моделей і програмної реалізації на тестових і реальних даних.

Інформаційну базу дослідження становили наукові публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, матеріали міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференцій, аналітичні звіти ІТ-компаній і дослідницьких центрів, відкриті статистичні та експериментальні дані, результати власних досліджень і програмних розробок здобувачки, а також публікації у фахових наукових виданнях, ресурси мережі Інтернет, аналітичні та статистичні дані міжнародних дослідницьких організацій, а також результати власних досліджень автора, отримані під час проєктування та апробації мультимедійних веббазованих інформаційних систем освітнього й комерційного спрямування.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягає у розвитку теоретичних, методологічних і науково-методичних засад проєктування та розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем з урахуванням адаптивності, персоналізації, мультимодальності та використання технологій штучного інтелекту.

Найбільш важливими науковими результатами, що характеризуються новизною, є наступні положення:

удосконалено:

структурно-функціональну модель концепції удосконалення методів розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем, яка, на відміну від існуючих моделей, інтегрує концептуальні засади, базові положення та принципи розробки MBIC і передбачає побудову складових системи, що забезпечують адаптивність, персоналізацію та мультимодальність у поєднанні з використанням технологій штучного інтелекту для MBIC навчального та бізнесового спрямування;

метод розробки навчальних MBIC на основі використання та інтеграції технологій великих даних і алгоритму k-середніх, який, на відміну від існуючих методів, дозволяє забезпечити персоналізацію структури та змісту навчального контенту при розробці MBIC відповідно до характеристик і потреб користувача;

модель створення адаптивних інтерактивних мультимедійних просторів, яка, на відміну від існуючих моделей, поєднує процедури формалізації запитів до генеративного штучного інтелекту, механізми персоналізації контенту та інструменти сучасних вебтехнологій для автоматизованого формування мультимедійного інформаційного наповнення для MBIC бізнесового спрямування.

одержали подальший розвиток:

метод оцінювання ефективності мультимедійного контенту вебсайтів із застосуванням методу аналізу ієрархій Сааті, який, на відміну від відомих підходів, дозволяє комплексно враховувати якість контенту, рівень інтерактивності, інформаційну цінність та користувацький досвід для

забезпечення розробки управління мультимедійним контентом у веббазованих інформаційних системах;

модель персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища, яка, на відміну від існуючих моделей навчальних середовищ, поєднує когнітивно-орієнтований підхід на основі модальностей сприйняття інформації з побудовою індивідуальних маршрутів користувача, що дозволяє розробляти більш ефективні MBIC навчального спрямування.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаною науковою роботою, всі результати якої отримані безпосередньо автором та знайшли відображення в наукових публікаціях. Внесок автора у роботи, виконані у співавторстві, наведено у списку основних опублікованих праць за темою дисертації.

Апробація результатів дослідження. Результати наукового дослідження здобувача обговорювалися та апробувалися на міжнародних науково-практичних конференціях, зокрема: «Global science: prospects and innovations» (м. Ліверпуль, Велика Британія, 2024 р.); «Scientific achievements of contemporary society» (м. Лондон, Велика Британія, 2024 р.); «Scientific research: modern challenges and future prospects» (м. Мюнхен, Німеччина, 23–25 вересня 2024 р.); «Current trends in scientific research development» (м. Бостон, США, 19–21 вересня 2024 р.; 16–18 січня 2025 р.); «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» (м. Київ, 2024 р.); «Global Trends in the Development of Information Technology and Science» (м. Стокгольм, Швеція, 2025 р.); «Поліграфія та упаковка майбутнього (NextGen Print & Packaging)» (м. Львів, 21–23 травня 2025 р.).

Публікації. Усі положення наукової новизни та основні результати дисертаційного дослідження Свічко Т. О. опубліковані у 5 наукових працях, зарахованих для захисту дисертації, а саме: у 5 статтях, опублікованих у наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз даних (Index Copernicus); 12 тез доповідей і матеріалів

конференцій. Загальний обсяг публікацій становить 8,24 ум. друк. арк., особисто автору належить 7,01 ум. друк. арк.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списків використаних джерел до кожного розділу окремо (розділ 1 – 102 джерела на 11 сторінках, розділ 2 – 57 джерел на 7 сторінках, розділ 3 – 75 джерел на 9 сторінках, розділ 4 – 47 джерел на 6 сторінках) та 12 додатків на 33 сторінках. Роботу викладено на 253 сторінках машинописного тексту (10,54 авт. арк.). Робота містить 31 рисунок (15 займають 14 повних сторінок), 29 таблиць (1 займає 3 повні сторінки). Основний текст дисертації складає 156 сторінок (6,5 авт. арк.).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВЕББАЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

1.1. Огляд та аналіз предметної області мультимедійних веббазованих інформаційних систем

У сучасному світі мультимедійні веббазовані інформаційні системи набувають дедалі більшого значення, оскільки вони дозволяють ефективно інтегрувати та керувати великими обсягами мультимедійного контенту. Сфера їх застосування охоплює освіту, медіа, бізнес, маркетинг, дистанційне навчання, розваги тощо. Сучасні мультимедійні технології дозволяють не лише зберігати та передавати текстову інформацію, але й аудіо, відео та інтерактивні елементи, що значно покращує якість користувацького досвіду. Розробка таких систем стає складним завданням, що потребує застосування алгоритмічних методів, моделей обробки даних та сучасних архітектурних підходів.

Збільшення обсягів мультимедійних даних потребує нових підходів до їх зберігання, обробки та відтворення, особливо в системах реального часу, де важливими є мінімізація затримок, пропускну здатність і ефективна обробка потокових даних. Інтеграція відео, аудіо, зображень і тексту вимагає використання алгоритмів стиснення, кешування, трансляції та адаптивної доставки контенту. Основними проблемами залишаються масштабованість систем, стабільність відтворення та збереження якості мультимедійного контенту.

Мультимедійні веббазовані системи активно використовуються у сфері дистанційного навчання. Платформи Coursera та Udemu інтегрують відеолекції, аудіоматеріали, тести й інтерактивні завдання на основі клієнт-серверних архітектур і вебфреймворків, забезпечуючи адаптивність і масштабованість

навчання. Водночас такі системи потребують постійної оптимізації обробки даних, управління навантаженням і персоналізації контенту.

Серед сучасних напрямів розвитку мультимедійних веббазованих систем виокремлюються інтерактивні адаптивні платформи, що поєднують вебтехнології з інструментами штучного інтелекту та методами аналізу даних. Такі системи забезпечують динамічне подання інформації та дають змогу створювати навчальні симуляції, інтерактивні середовища та високоточні 3D-моделі для наукових і технічних цілей.

Прикладом таких рішень є інтерактивні вебплатформи для 3D-візуалізації та навчальних симуляцій, що працюють без встановлення додаткового програмного забезпечення та із застосуванням WebGL та бібліотек типу Three.js, що дозволяють виконувати рендеринг складних графічних сцен безпосередньо в браузері (рис. 1.1).

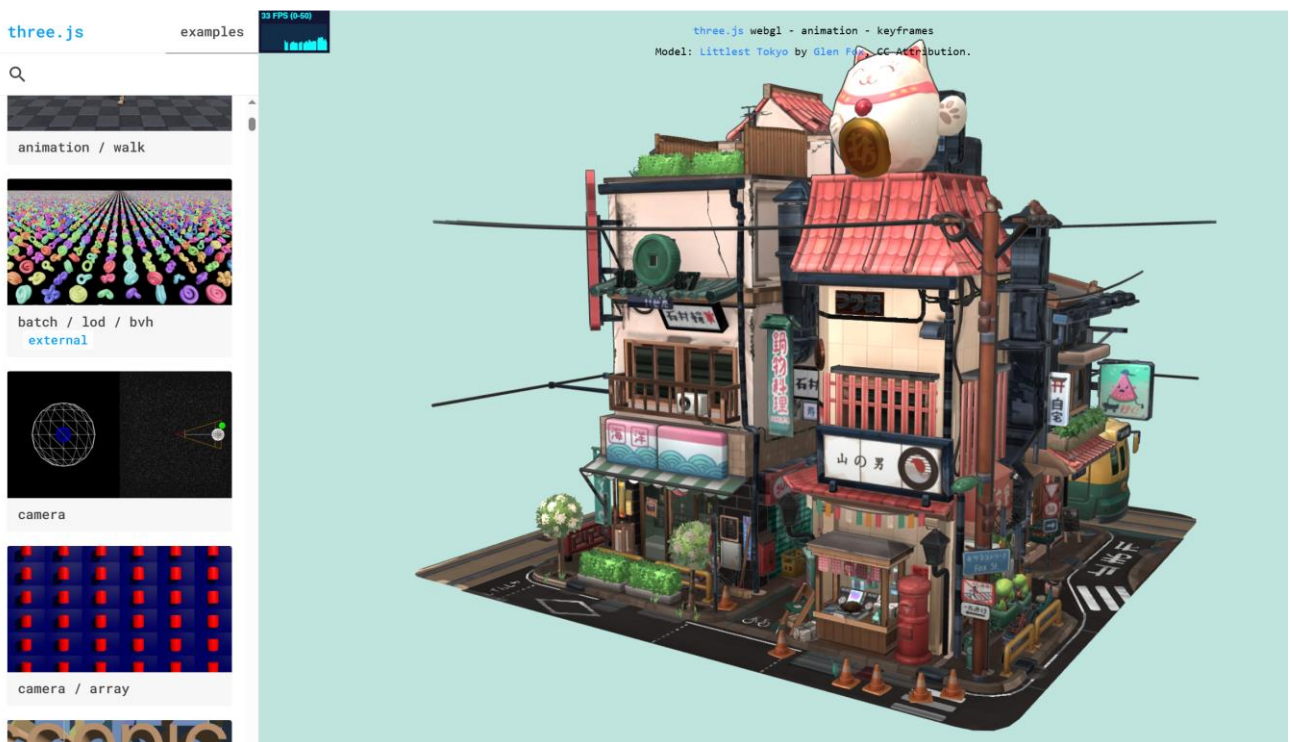


Рис. 1.1. Вебплатформа інтерактивної 3D-візуалізації (на основі бібліотеки Three.js)

Для України розвиток МВІС є важливим напрямом цифровізації, оскільки такі системи підвищують ефективність навчання, забезпечують доступ до інформації та інтерактивну взаємодію з контентом. Зростання ролі дистанційного навчання й онлайн-комунікацій обумовлює необхідність удосконалення методів і технологій розробки МВІС. Отже, дослідження та вдосконалення методів розробки МВІС є важливими для підвищення ефективності мультимедійного контенту та забезпечення стабільної роботи систем у сучасному інформаційному середовищі.

Вебтехнології вирізняються серед традиційних інформаційних технологій тим, що вони є не лише новим типом інформаційних систем, а й новим засобом комунікації між людьми [6]. Система визначається як сукупність компонентів, які працюють разом для досягнення спільної мети. Згідно з [10], система – це набір елементів або компонентів, які взаємодіють один з одним для досягнення певної мети. Завдання системи полягає в тому, щоб приймати вхідні дані, обробляти або трансформувати їх у вихідні. Отже, хороша система повинна мати вхідні дані, механізм обробки, вихідні дані, та механізм зворотного зв'язку [5].

Сучасні дослідники виділяють кілька ключових аспектів трактування поняття «інформаційні системи». Згідно з визначенням, що подане у Державному Стандарті України (ДСТУ), інформаційна система (ІС) – це система, яка організовує накопичення і маніпулювання інформацією щодо проблемної сфери. На думку В.С. Пономаренка, метою ІС є нагромадження, передавання, збереження, оброблення, узагальнення та конкретизація інформації для використання управлінським апаратом [32, с.28]. Н. Георгіаді розглядає інформаційну систему як сукупність різних видів інформації, суб'єктів інформаційної діяльності, інформаційних технологій та зв'язків між ними [26, с. 30]. Колектив авторів, очолюваний О. Черняк, під економічною ІС розуміють внутрішні та зовнішні потоки інформації, які циркулюють як в прямому, так і в зворотному напрямках, а також сукупність методів, засобів і фахівців, які беруть участь у переробленні інформації та прийнятті управлінських рішень [33, с. 13]. В контексті розробки сучасних цифрових рішень важливу роль відіграє ІС як

комплекс програмних, апаратних та організаційних засобів, що забезпечують збір, обробку, зберігання та передачу даних. Як зазначено у роботі [102], сучасні ІС реалізуються переважно на основі клієнт-серверної архітектури та передбачають інтеграцію з зовнішніми сервісами через API, що забезпечує взаємодію між різними підсистемами та підвищує функціональну гнучкість програмного продукту. Крім того, ефективність функціонування ІС значною мірою залежить від якості програмної реалізації її модулів, що потребує застосування методів автоматизованого тестування для забезпечення надійності, масштабованості та відповідності вимогам користувача [96]. Серед найвідоміших зарубіжних виробників інформаційних систем слід виділити компанії SAP, IBM, Oracle, PeopleSoft, REAL Application, Hewlett-Packard та інші. Ці компанії володіють значним досвідом та ресурсами для розробки та впровадження інформаційних рішень.

Теоретичні підходи до трактування категорії «Інформаційні системи» зображено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Теоретичні підходи до трактування категорії «Інформаційні системи»

Автори, джерело	Трактування категорії «інформаційні системи»
O'Brien J. A., Marakas G. M. [5]	Інформаційні системи – організований набір елементів, що збирає, обробляє, передає, зберігає та надає дані. Інформаційна система складається із людей, обладнання, процесів, процедур, даних та операцій
Ingi Jonasson [6]	Інформаційні системи – служать засобом спілкування та взаємодії між людьми у просторі та часі.
О. В. Грицунов [7]	Інформаційні системи – це системи, що реалізують функції збору, зберігання, обробки і передачі інформації
Laudon, K.C [8]	Інформаційна система може бути визначена технічно як набір взаємопов'язаних компонентів, які збирають, обробляють, зберігають і поширюють інформацію для підтримки прийняття рішень та контролю в організації.
Valacich, J. and Schneider, C. [9]	Інформаційні системи – це комбінації устаткування, програмного забезпечення та телекомунікаційних мереж, які будують і використовують для збирання, створення та поширення корисних даних, зазвичай, у межах організації
Laudon, K.C. and Laudon, J. P. [10]	Інформаційні системи – це взаємозалежні компоненти, що працюють разом для збирання, обробки, зберігання та поширення інформації для підтримки прийняття рішень, координації, контролю, аналізу та візуалізації в організації

Джерело: сформовано на основі [5, 6, 7, 8, 9, 10].

Після аналізу трактувань поняття «інформаційна система» необхідно визначити поняття «мультимедія» для подальшого формування визначення «мультимедійні інформаційні системи».

У доповіді Idrisova «мультимедія» називають здатність подавати текст, зображення та звук користувачеві (табл. 1.2). Машбиць Ю. І. дає визначення «мультимедія» як багатоканальне середовище, що видає інформацію у різноманітних модальностях. У Alsadhan, мультимедія – «полісередовище», єдиний простір, який в синкретичному вигляді представляє різні види та способи надання інформації (текст, графіку, звук та ін.) [11].

Під терміном мультимедія Н. Клемєшова розуміє такий комп'ютерний дидактичний засіб, який, представляючи зміст навчального матеріалу в естетично організованій інтерактивній формі за допомогою двох модальностей (звукової та візуальної), уможливорює ефективний перебіг перцептивно-мнемічних процесів, допомагає реалізувати основні дидактичні принципи та сприяє досягненню як педагогічних цілей навчання, так і цілей розвитку, формування індивідуальності навчання [12]. Семантичний аналіз категорії «мультимедія» подано в табл. 1.2. Узагальнюючи існуючі визначення, мультимедія можна розглядати як технологію та засоби обробки інформації різних типів, а також як особливий вид інформації, що поєднує текст, графіку, аудіо, відео, анімацію та інші динамічні компоненти.

Таблиця 1.2

Семантичний аналіз категорії «мультимедія»

Автор	Тлумачення категорії
Idrisova [13]	Мультимедія – це здатність подавати текст, зображення та звук користувачеві
Машбиць Ю. І. [14]	Мультимедія – це багатоканальне середовище, що видає інформацію у різноманітних модальностях
Alsadhan [15]	Мультимедія – це «полісередовище», єдиний простір, який в синкретичному вигляді представляє різні види та способи надання інформації (текст, графіку, звук та ін.)
Д. Шумана [16]	Мультимедія відноситься до комп'ютерного інтерактивного процесу комунікації, який містить текст, графіку, аудіо, відео та анімацію

Джерело: сформовано на основі [13, 14, 15, 16].

Що саме мається на увазі під поняттям «веб-сайт», розглянемо визначення нижче (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Аналіз дефініції терміну «веб-сайт»

№	Автор	Трактування	Ключові слова у визначенні
1.	Бурило Ю.П. [17]	Веб-сайт – це місце в мережі Інтернет, яке визначається своєю інтернет-адресою (URL – uniform resource locator, що включає, зокрема, символічну адресу – доменну назву) і складається з веб-сторінок, які сприймаються як єдине ціле.	Інтернет, URL, веб-сторінки
2.	Лебеденко М.С., Лученко І.В. [20]	Веб-сайт – це сукупність сторінок в електронному вигляді, поєднаних єдиною системою навігації, що розміщуються на Інтернет-сервері (технічні та програмні засоби, що забезпечують функціонування будь-яких необхідних сервісів електронного середовища) та доступні для перегляду користувачами мережі Інтернет.	Система навігації, інтернет-сервіс, електронне середовище, інтернет
3.	Котенко Н.О., Живора Т.О., Чубаєвський В.І., Десятко А.М. [18]	Веб-сайт – це сукупність загальнодоступних взаємопов'язаних веб-сторінок, які мають одне доменне ім'я.	Веб-сторінки, доменне ім'я
4.	Білоконь І.А., Тимців М.М., Гаряєва Г.М. [19]	Веб-сайт – це сукупність програмних та апаратних засобів з унікальною адресою у мережі Інтернет разом з інформаційними ресурсами, що перебувають у розпорядженні певного суб'єкта і забезпечують доступ юридичних та фізичних осіб до цих інформаційних ресурсів та інші інформаційні послуги через мережу Інтернет.	Програмні засоби, апаратні засоби, унікальна адреса, інтернет, інформаційні ресурси
5.	Купрунець Т.Я. [21]	Веб-сайти – це спеціальні мережеві ресурси, що надають користувачам інтуїтивно зрозумілі інструменти, за допомогою яких можна створювати та розміщувати у мережі Інтернет блоки з певного переліку завчасно розроблених (стандартних) складових (шаблонів), комбінуючи їх за власним бажанням.	Мережеві ресурси, інтернет, веб-шаблони
6.	Гончар В.М., Римар П.В. [22]	Веб-сайт – це сукупність текстово наповненої і логічно пов'язаної між собою інформації, що оформлена у вигляді онлайн-сторінок.	Онлайн-сторінки
7.	Андрушкевич З.М. [23]	Веб-сайт – це в комп'ютерній мережі об'єднаний під однією адресою (доменним ім'ям або IP-адресою) сукупність документів приватної особи чи організації.	Комп'ютерна мережа, доменне ім'я, інтернет

Джерело: сформовано на основі [17,18,19, 20, 21, 22, 23].

ІС значно спрощують користувачам виконання різних завдань, зокрема поширення інформації [10]. Використання вебсайтів є очевидним доказом розвитку інформаційних і комунікаційних технологій як засобу для поширення інформації. Простота у створенні та використанні вебсайтів є їхньою ключовою перевагою. Інформаційна система є прикладом використання вебсайтів як швидкого та точного засобу поширення інформації [9].

Багато наукових праць, присвячених веб-дизайну, зосереджені на нових потенціалах, можливостях і викликах для бізнесу та користувацьких організацій. Наприклад, у статтях [10, 17] розглядаються потенціали нових технологій у контексті «ідеальної комунікації та передачі інформації», виклики при створенні електронного бізнесу або зміни у відносинах постачання в результаті впровадження веб-технологій у бізнесі.

Деякі автори [38, 39] також акцентують увагу на швидкості змін у технологічній основі. Темп постійної еволюції інструментів і функцій у веб-технологіях є надзвичайно швидким, навіть у порівнянні з іншими галузями ІТ, і ці інструменти «відволікають людей від усвідомлення потреби в системному підході до проєктування». Необхідність нових підходів, методологій та компетенцій у розробці MBIC є визнаною проблемою. Важливим аспектом є адаптація архітектурних рішень, ефективне структурування контенту та інтеграція мультимедіа для підвищення продуктивності та зручності використання.

Інформаційна система (ІС) – це сукупність взаємопов'язаних компонентів, які забезпечують збирання, зберігання, обробку, аналіз і передачу інформації для підтримки прийняття рішень. [10]. В свою чергу мультимедійна інформаційна система (МІС) – це підклас ІС, основною відмінністю якого є робота з мультимедійними даними (зображеннями, відео, аудіо, анімацією).

До додаткових компонентів, характерних для МІС [48, 24, 25], належать мультимедійні бази даних, засоби відтворення контенту, алгоритми обробки мультимедіа, гіпермедійні та інтерактивні технології (AR/VR), а також системи потокової передачі даних.

У табл. 1.4 наведено порівняння структури інформаційних систем та мультимедійних інформаційних систем за ключовими компонентами.

Таблиця 1.4

Порівняння структури інформаційних систем та мультимедійних інформаційних систем

Компонент	Інформаційна система (IC)	Мультимедійна інформаційна система (MIC)
Типи даних	Текстові, числові, структуровані (БД)	Аудіо, відео, графіка, анімація, гіпермедіа
Бази даних	Реляційні (SQL), NoSQL	Спеціалізовані MMDB з підтримкою мультимедіа
Методи обробки	Алгоритми аналітики, AI, OLAP	Кодеки, стиснення, розпізнавання образів
Інтерфейси	Форма-запит, звіти, графічні панелі	Відеоплеєри, 3D-анімація, VR/AR середовища
Передача даних	HTTP, FTP, API-запити	Стримінгові технології, CDN, RTP
Прикладні галузі	Бізнес-аналітика, фінанси, медицина	Освіта, реклама, ігрова індустрія, кіноіндустрія

Джерело: систематизовано автором

Отже, MIC є підкласом інформаційних систем, що відрізняється підтримкою мультимедійного контенту та спеціалізованими методами його обробки, зберігання і передавання. Розробка MBIC є багатогранним процесом, що включає в себе кілька ключових етапів: від формулювання технічного завдання до тестування та підтримки системи.

У сучасних інформаційних системах веб-застосунків виступає ключовим програмним компонентом, що забезпечує інтеграцію баз даних, аналітичних модулів і засобів візуалізації даних, зокрема для задач економічного аналізу та управління [95]. Важливим аспектом розробки веб-застосунків є забезпечення їх якості та надійності, що досягається шляхом впровадження автоматизованого тестування, а також використання підходів безперервної інтеграції та доставки (CI/CD) [96]. Крім того, ефективність функціонування веб-застосунку оцінюється за допомогою системи ключових показників (KPI) та формалізованих моделей проєктування, що дозволяє підвищити якість користувацького досвіду та оптимізувати процес розробки [97, 98].

Веббазована інформаційна система – це інформаційна система, що використовує вебтехнології для надання послуг користувачам. Ця технологія є програмним забезпеченням, що базується на гіпертекстовому принципі для управління даними. MBIC поєднує вебдодатки та специфічні функціональні компоненти. Веббраузер слугує інтерфейсом (frontend), тоді як бази даних та сервери забезпечують збереження та обробку інформації (backend).

Приклади використання MBIC у реальних компаніях:

1. Sigma Software [49] використовує MBIC для управління проектами, комунікації та навчання персоналу.
2. EPAM Systems [50] застосовує MBIC для аналізу даних, автоматизації бізнес-процесів і розробки вебплатформ.
3. Amazon [51] використовує веббазовані системи для обробки транзакцій, роботи AWS та персоналізації рекомендацій на основі ШІ.
4. AliExpress [52] реалізує MBIC для онлайн-платежів, логістики та відстеження доставок у реальному часі.

Аналіз практичних реалізацій свідчить, що ефективність MBIC визначається рівнем інтеграції мультимедійного контенту, аналітичних інструментів та інтелектуальних алгоритмів обробки даних, що обумовлює необхідність подальшої класифікації та систематизації інформаційних систем.

Задля встановлення суттєвих ознак інформаційних систем у будь-якому випадку її застосування доцільним є систематизація існуючих видів інформаційних систем. Проблеми розвитку інформаційних технологій досліджували такі вітчизняні вчені, як Н. Георгіаді [26], Р. Ільєнко [27], Н. Коваленко [28], А. Немченко [29], А. Онопко [30], В. Осталецький [31] та ін. Виконуючи функції групування, систематизації, обробки та аналізу даних, MBIC допомагають успішно реалізовувати функції корпоративного управління на підприємстві, та контролювати потоки інформації. Оскільки мультимедійні інформаційні системи також належать до категорії інформаційних систем, вони представляють собою важливу складову цього багатогранного поля.

Мультимедійні веббазовані системи стають дедалі складнішими та масштабнішими, оскільки використовуються у критично важливих бізнес-процесах: підтримці клієнтів, продажах, маркетингу та технічній підтримці. У зв'язку з цим виникають типові для розробки ІС проблеми, пов'язані з управлінням вимогами, контролем процесів розробки, координацією команд і керуванням проєктами [35].

Базуючись на методичній базі побудови класифікаторів різних явищ, сформованій у результаті аналізу літературних джерел [36–40], низка авторів дійшла висновку, що мультимедійні та вебінформаційні системи мають принципові відмінності порівняно з традиційними ІС. У зв'язку з цим класичні методи та прийоми проєктування не забезпечують належної ефективності під час розробки мультимедійних і веб-орієнтованих систем [39].

Зокрема, Муругесан та ін. [42] наголошують на нагальній потребі впровадження нових підходів, методів та інструментів, орієнтованих на розробку, розгортання й оцінювання веб-систем і додатків. Аналіз наукових праць свідчить, що значні академічні зусилля у цьому напрямі були започатковані ще в середині 1990-х років, коли дослідники намагалися осмислити природу мультимедійних і веб-систем, а також визначити методи їх ефективного створення [36–39].

Дотепер проведено відносно небагато емпіричних досліджень, присвячених розробці мультимедійних інформаційних систем. Більшість наукових праць, опублікованих у фаховій літературі, зосереджуються переважно на окремих прикладних напрямках, зокрема на створенні навчальних програм і систем комп'ютерного навчання [43], а також на рекламних та інформаційних вебсайтах [44], або ж мають вузьку тематичну спрямованість. За прогнозами, у найближчі роки значимість цифрового маркетингового контенту зростатиме, при цьому витрати на мультимедіа зростатимуть у відсотках від загальних витрат на цифровий маркетинг [44].

У сучасних умовах цифровий маркетинг ґрунтується на використанні інформаційних систем та інформаційно-комунікаційних технологій як ключових інструментів аналітичної підтримки маркетингової діяльності підприємств [101].

За даними Inside Statista, глобальні витрати на цифрову рекламу, як очікується, досягнуть \$644,9 млрд в 2023 році в порівнянні з \$586,4 млрд в 2022 році. При цьому витрати на мультимедійну рекламу в 2023 році становили \$322,4 млрд. порівняно з \$273,2 млрд. в 2022 році [84]. Цей ріст обумовлений рядом факторів, у тому числі зростання популярності відеоконтенту. Люди переглядають у середньому 164 хвилин відео на день. Створюючи високоякісний цифровий маркетинговий контент у різних мультимедійних форматах, компанії можуть охопити ширшу аудиторію, залучити потенційних клієнтів та збільшити продаж [45].

Розглянемо основні характеристик МІС, що наведено в табл. 1.5 із аналізу джерел [53, 54, 55]:

Таблиця 1.5

Ключові характеристики мультимедійних інформаційних систем

№	Характеристика	Опис
1	Можливість працювати з різноманітними медіаформатами	Мультимедійні інформаційні системи забезпечують підтримку для різних типів медіа, таких як текст, зображення, аудіо, відео та інші формати.
2	Здатність до інтерактивності та мультимодальної взаємодії з користувачем	МІС можуть надавати можливості для взаємодії з користувачем через різні канали, такі як клавіатура, миша, тачскрін, голосові команди тощо.
3	Ефективна обробка, зберігання та передача великих обсягів даних	МІС розроблені з урахуванням потреб у обробці, зберіганні та передачі великих обсягів медіаданих, забезпечуючи високу продуктивність та швидкодію.
4	Підтримка різноманітних функціональних можливостей, включаючи пошук, фільтрацію, сортування	МІС надають різноманітні функції та можливості для роботи з мультимедійним вмістом, включаючи пошук, фільтрацію, сортування, аналіз та інші інструменти.

Джерело: систематизовано автором.

Оскільки класифікація інформаційних систем за регулярністю використання користувачами є новою ідеєю, пропонуємо наступну класифікацію на основі частоти використання (рис. 1.2)

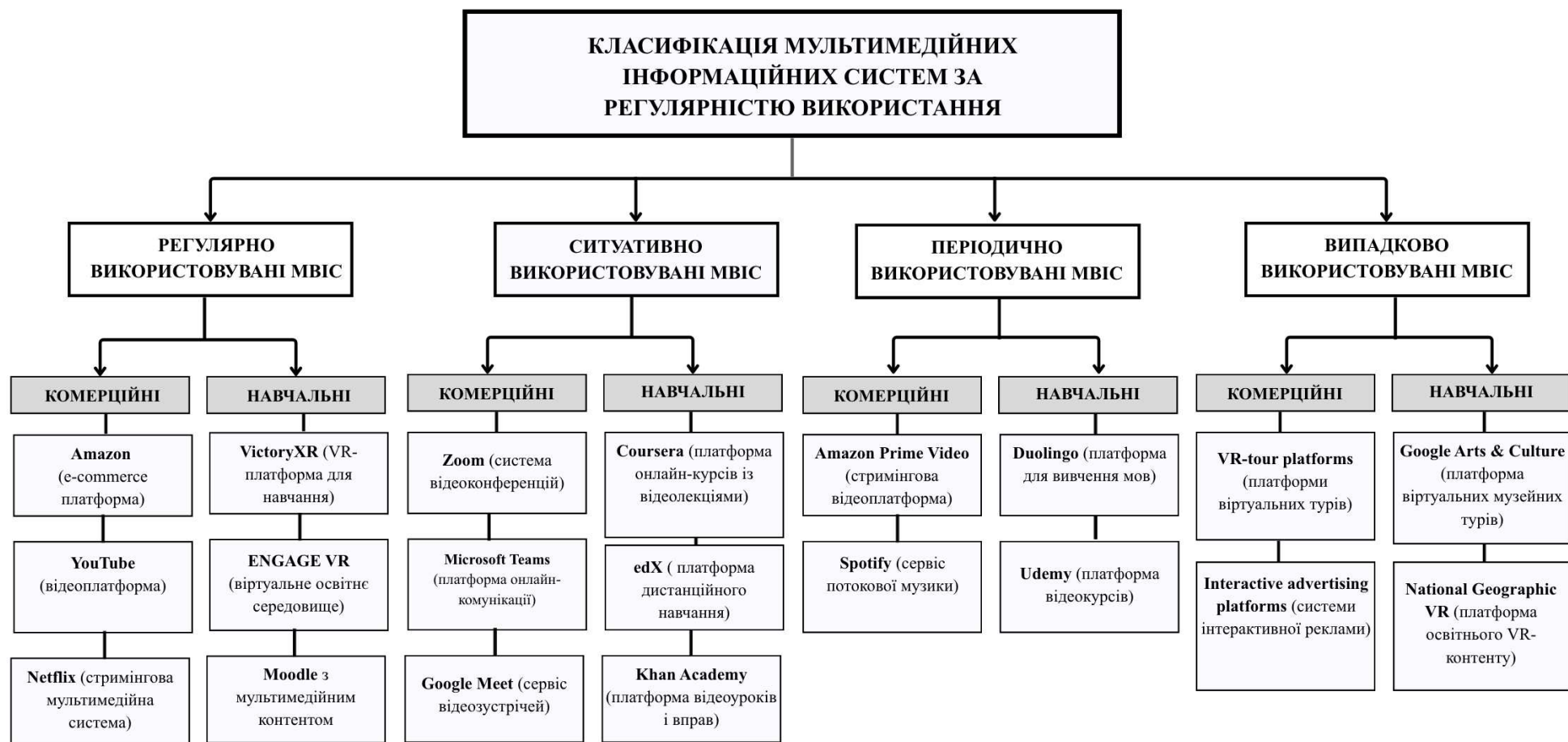


Рис. 1.2. Запропонована класифікація інформаційних систем за регулярністю використання

Джерело: систематизовано автором.

Пропонується виокремлювати регулярно, ситуативно, періодично та випадково використовувані інформаційні системи. Регулярність використання визначається частотою та стабільністю взаємодії користувачів з ІС протягом певного проміжку часу. Такий показник є важливим для оцінювання стратегічного значення ІС для організацій, а також може свідчити про їхню роль і значущість у повсякденній діяльності користувачів та компаній.

Більшість інформаційних систем будуються на принципах інтеграції та системності [46]. Інформаційні системи за ступенем автоматизації поділяються на ручні, автоматичні та автоматизовані [31, 47, 48], а також класифікуються за функціональним призначенням, об'єктами управління та характером використання результатної інформації [31]. ІС можуть використовуватися постійно, періодично або за потребою. Наприклад, CRM та системи управління складом застосовуються щоденно, тоді як системи аналізу ринку чи фінансової звітності – у визначені періоди. Регулярність використання є важливою характеристикою класифікації ІС, оскільки відображає їх функціональне та стратегічне значення для організації.

Таким чином, класифікація дозволяє узагальнено охарактеризувати специфіку їх функціонування в різних умовах експлуатації. Регулярно використовувані системи інтегруються в повсякденні робочі процеси, тоді як періодичні, ситуативні та випадкові інформаційні системи активуються відповідно до виникнення визначених завдань, подій або надзвичайних ситуацій.

На рис. 1.3 представлено концептуальну модель адаптивної MBIC, яка відображає основну ідею дослідження. У верхній частині моделі показано Класичний підхід до проектування MBIC, що базується на побудові інформаційної моделі предметної області, та включає опис об'єктів системи (товарів або навчальних модулів), процесів взаємодії користувача із системою (пошук, вибір, замовлення або навчання, тестування), а також правил та обмежень функціонування. Запропонована архітектура включає модель користувача, яка формується на основі профілю, анкетних даних, потреб і поведінкових характеристик взаємодії з системою.



Рис. 1.3. Концептуальна модель адаптивної MBIC

Джерело: систематизовано автором.

Для комерційних систем застосовується сегментація користувачів, а для навчальних – методи кластеризації. Ключовим елементом моделі є механізм адаптації, який здійснює моніторинг дій користувача, аналіз результатів взаємодії, корекцію параметрів системи та оновлення моделі користувача. Такий підхід забезпечує динамічну адаптацію MBIC до характеристик користувача і може бути застосований як у навчальних, так і у комерційних MBIC.

МІС інтегрують різні типи інформаційних компонентів, які є основою їх функціонування, ці компоненти показано детальніше у табл. 1.6. [92, 94, 93].

Об'єднання цих компонентів в МІС дозволяє створювати інтерактивні та багатофункціональні платформи, що забезпечують ефективний обмін інформацією та покращують користувацький досвід. МІС забезпечують створення і управління складним контентом, сприяючи більш ефективній комунікації і взаємодії між користувачами та інформацією.

Таблиця 1.6

**Інформаційні та мультимедійні компоненти, що є основою
мультимедійних інформаційних систем**

Категорія	Компонент	Опис	Інтеграція/Роль в МІС
Інформаційні компоненти	Дані	Сирі факти та цифри без контексту (числові дані, текстові фрагменти, дати тощо).	Базовий елемент для створення складніших інформаційних структур. Використовуються для генерації мультимедійного контенту.
	Інформація	Організовані дані, що надають значення та контекст.	Перетворення даних в інформацію через графічні інтерфейси, таблиці, діаграми для полегшення інтерпретації.
	Знання	Поєднання інформації, досвіду та розуміння для прийняття рішень.	Впроваджується через інтерактивні функції, як-от рекомендаційні системи, пошукові алгоритми, системи підтримки рішень.
Мультимедійні компоненти	Текст	Основний спосіб передачі інформації в електронному вигляді (статичний або динамічний).	Описує контент, забезпечує пошук та навігацію в системі.
	Зображення	Включають графіку, фотографії, ілюстрації (статичні або анімовані).	Візуалізують інформацію, підкріплюють текстовий контент, покращують користувацький досвід.
	Відео	Рухомі зображення з аудіо (навчальні, інформаційні, розважальні).	Демонструють процеси, забезпечують динамічний контент, підвищують інтуїтивність користувацького інтерфейсу.
	Звук	Аудіо елементи, як-от голосові записи, музика, звукові ефекти.	Підвищують емоційний вплив контенту, створюють динамічний і зрозумілий користувацький досвід.

Джерело: систематизовано автором

На основі проведеного аналізу та розгляду існуючих підходів до визначення мультимедійних інформаційних систем, можна сформулювати наступне визначення:

«Мультимедійні веббазовані інформаційні системи – це клас інформаційних систем, що містять мультимедійний контент і розміщуються на

вебсерверах. Такі системи реалізують взаємодію з мультимедійним контентом у мережевому середовищі, забезпечуючи користувачу персоналізацію та комфортну інтерактивну взаємодію, шляхом адаптації структури, змісту та сценаріїв подання інформації залежно від характеристик користувача, умов використання та цілей функціонування системи з використанням класифікації користувачів, сценарного проєктування, алгоритмів обробки даних та інструментів штучного інтелекту».

Суттєвою особливістю сучасних MBIC є можливість персоналізації взаємодії з користувачем. Завдяки використанню класифікації користувачів, аналізу поведінкових характеристик та алгоритмів обробки даних система може адаптувати структуру інтерфейсу, зміст інформації та сценарії подання контенту відповідно до потреб користувача, умов використання системи та цілей її функціонування.

1.2. Оцінка стану існуючих методів розробки MBIC та перспективи їх удосконалення

У сучасних дослідженнях у галузі мультимедійних інформаційних систем (MBIC) застосовується широкий спектр методів і підходів, що зумовлено міждисциплінарним характером цієї сфери та складністю задач проєктування, реалізації й оцінювання мультимедійних рішень. Залежно від мети дослідження, дослідники комбінують методи аналізу, розробки, експериментальної перевірки та оцінювання ефективності мультимедійних систем.

Одним із поширених підходів є Research and Development (R&D), орієнтований на створення та апробацію мультимедійних продуктів. У межах цього підходу широко використовується модель ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation), яка забезпечує системний цикл проєктування та оцінювання мультимедійних засобів навчання і цифрових

платформ [56]. Застосування R&D-підходу дозволяє поєднати теоретичний аналіз із практичною реалізацією мультимедійних рішень. Важливе місце в дослідженнях MBIC займають систематичні огляди літератури (Systematic Literature Review, SLR), які спрямовані на аналіз існуючих методологій, архітектур і фреймворків розробки мультимедійних систем. Такі огляди дозволяють узагальнити сучасний стан досліджень, виявити прогалини та визначити перспективні напрями подальших розробок [57].

Окрему групу становлять методи бібліометричного аналізу та обчислювального картографування наукових публікацій, що використовуються для виявлення дослідницьких трендів і структурних зв'язків між темами в галузі мультимедіа [58].

Сфера мультимедіа характеризується швидким розвитком і охоплює такі напрями, як віртуальна реальність (VR), доповнена реальність (AR), ігрові технології, анімація, кіновиробництво, мовлення та цифровий дизайн. Сучасні дослідження акцентують увагу на інтеграції VR- та AR-технологій у повсякденні інформаційні системи, що стало можливим завдяки розвитку комп'ютерного зору, сенсорних технологій і мобільних обчислень [59]. Застосування МІС із використанням VR та AR технологій охоплює різні галузі, зокрема освіту, охорону здоров'я, інженерію та індустрію розваг. Основний акцент у таких системах робиться на створенні імерсивних та інтерактивних користувацьких середовищ, що підвищують ефективність сприйняття інформації та взаємодії користувача з системою [60].

Розробники використовують сучасні інструменти та технології, щоб забезпечити високий рівень взаємодії та залучення користувачів. Відомі методи, такі як метод Тея Вогана [87], метод сценарію та метод Хеннінга [88], метод гнучкої розробки (Agile), підхід Адріан Мелона [89] зосереджуються на різних аспектах мультимедійних видань, включаючи дизайн, виробництво та управління проектами.

Аналіз і адаптація цих методів дозволяють створювати якісні та ефективні мультимедійні видання, що відповідають сучасним вимогам та очікуванням аудиторії.

Хеннінг [88] описує процес дизайну мультимедійного продукту, поділений на чотири основні етапи. Кожен з цих етапів є важливим для створення якісного мультимедійного проєкту. Ось перелік цих етапів: інтегроване планування, генерація мультимедійних об'єктів, інтеграція, візуалізація (редагування, компіляція, тестування).

У сучасних дослідженнях візуалізація результатів обробки даних тісно пов'язана з використанням методів машинного навчання та нейронних мереж, зокрема самоорганізуючих карт Кохонена, що дозволяють відображати структуру даних у вигляді центрів кластерів і підвищувати інтерпретованість результатів класифікації [99].

Крім того, застосування статистичних моделей аналізу дескрипторів забезпечує ефективну візуалізацію розподілів ознак і суттєво підвищує швидкість обробки та аналізу мультимедійних даних без втрати точності [100].

В свою чергу у своїх працях Тей Воган [87] детально описує процеси планування, проєктування та реалізації мультимедійних проєктів, охоплюючи різноманітні аспекти, такі як робота з графікою, відео, аудіо та інтерактивними елементами. Воган акцентує увагу на структурованому підході до створення мультимедійних продуктів, розбиваючи процес на логічні етапи, що допомагає краще організувати робочий процес.

На основі аналізу праць [86-90] було сформовано узагальнювальну таблицю (табл. 1.7), яка відображає основні методи й підходи, їхні процедурні особливості, зміст дослідження та об'єкти застосування в контексті розробки МІС.

Представлені методи охоплюють як класичні моделі програмної інженерії, так і спеціалізовані підходи до створення мультимедійного контенту, що дозволяє комплексно оцінити стан і перспективи розвитку методів розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем.

Таблиця 1.7

Узагальнювальна таблиця методів дослідження та розробки MBIC

№	Назва методу / підходу	Процедура дослідження	Зміст дослідження	Об'єкт дослідження
1	Метод дослідження та розробки (Research and Development, R&D) [61]	Збір даних, що включає аналіз потреб, огляд літератури, маломасштабне дослідження та оцінювання ціннісних характеристик	Дослідження підприємницького навчання з інтеграцією етнопідприємництва та VR-медіа; розробка навчального модуля з підприємництва	Технології віртуальної реальності в підприємницькому навчанні
2	Квазіекспериментальний метод [62]	Виявлення проблеми; попереднє дослідження; формулювання проблеми; висування гіпотези; вибір методів; визначення змінних та інструментів; збір і аналіз даних; формулювання висновків	Розробка навчальних медіа на основі технологій метавсесвіту з використанням VR	Метавсесвіт як навчальне середовище
3	Рандомізоване контрольоване дослідження [63]	Відбір учасників; випадковий розподіл на групи; впровадження інтервенції; вимірювання результатів до та після впливу; аналіз даних	Дослідження ефективності VR у зменшенні самотигматизації осіб із депресивними станами	VR-технології у сфері психічного здоров'я
4	Метод прототипування та тестування [64]	Проектування та розробка прототипу; відбір тестових користувачів; тестування VR-інтерфейсу; збір та аналіз даних; удосконалення прототипу	Розробка імерсивних VR-інтерфейсів для анімації персонажів	VR-інтерфейс для анімації персонажів
5	Методи оцінювання програм (Program Evaluation) [65]	Збір даних за допомогою анкетування та інтерв'ю; оцінювання за моделлю Кіркпатріка	Оцінювання впровадження VR у навчанні іноземних мов для малого та середнього бізнесу	VR-орієнтовані мовні навчальні програми

Продовження таблиці 1.7

№	Назва методу / підходу	Процедура дослідження	Зміст дослідження	Об'єкт дослідження
6	Модель ADDIE (Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate)	Аналіз; проєктування; розробка; впровадження; оцінювання	Розробка інте-рактивного нав-чального сере-довища з вико-ристанням Smart Apps Creator для вивчення фізики	Мобільний навчальний застосунок
7	Ортогональний експериментальний метод [66]	Визначення факторів впливу; збалансований аналіз параметрів (тип VR-імерсії, тип запитань, поведінка інтерв'юера, часові умови, підготовка учасників)	Оцінювання VR-симулятора співбесід з метою зниження тривожності та підвищення результативності	VR-симулятор співбесіди
8	Метод проєктування, орієнтований на користувача (User-Centered Design, UCD) [67]	Виявлення вимог; проєктування; реалізація; оцінювання	Розробка ігрових застосунків для підтримки розпізнавання та вираження емоцій у дітей з РАС	Гейміфіковані мультимедійні інтерфейси
9	Метод StoryTube [68]	Обробка природної мови; генерація відео та аудіо; створення анімацій	Автоматичне створення 2D-анімацій на основі коротких текстових історій	Анімовані мультимедійні відео
10	Змішані методи (якісні та кількісні) [69]	Напівструктуровані інтерв'ю; паралельний якісний і кількісний аналіз; інтеграція результатів	Дослідження потреб та сприйняття користувачів щодо мобільних застосунків на основі III	Мобільні застосунки з елементами штучного інтелекту
11	Експериментальний метод [70]	Порівняльний аналіз експеримен-тальної та конт-рольної груп; оці-нювання навчаль-них результатів	Аналіз впливу AR-настільних ігор на навчальні досягнення та емоційну залученість	Настільна гра з доповненою реальністю
12	Agile-методологія (Extreme Programming)	Формування вимог; планування; аналіз і проєктування; тестування; реліз	Розробка e-commerce-застосунків для маркетингу та комунікації	Веб-орієнтовані e-commerce-платформи

Продовження таблиці 1.7

№	Назва методу / підходу	Процедура дослідження	Зміст дослідження	Об'єкт дослідження
13	Каскадна (водоспадна, послідовна) модель	Послідовне виконання етапів: аналіз; проектування; реалізація; тестування; впровадження	Формалізований процес розробки з фіксованими вимогами	Корпоративні мультимедійні вебсистеми, інформаційні портали
14	Ітеративна та інкрементально-еволюційна модель	Реалізація функціональності через серію ітерацій із постійним зворотним зв'язком	Поступове нарощування можливостей MBIC та адаптація до змін вимог	Веборієнтовані MBIC, навчальні платформи
15	Спіральна модель (модель Боєма)	Планування; аналіз ризиків; розробка; оцінювання на кожному витку спіралі	Управління ризиками та складністю мультимедійних систем	Складні MBIC, VR/AR-середовища
16	Kanban	Візуалізація процесу, обмеження WIP, безперервний потік завдань	Оптимізація процесів підтримки та розвитку MBIC	Контентні платформи, мультимедійні вебсистеми
17	Метод розробки мультимедійних проєктів Енді Мелона	Планування; створення мультимедійних об'єктів; інтеграція; тестування	Організація процесу створення мультимедійного контенту	Мультимедійні вебвидання, навчальні MBIC
18	Метод проектування мультимедійних систем Хеннінга	Інтегроване планування; генерація об'єктів; інтеграція; візуалізація та тестування	Систематизація процесу створення мультимедійного продукту	Мультимедійні вебсистеми, освітні платформи
19	Методологія розробки мультимедійних видань Тея Вогана	Аналіз; прототипування; альфа- та бета-тестування; публікація	Комплексна поетапна розробка мультимедійних продуктів	Інтерактивні мультимедійні вебсистеми
20	Сценарний метод розробки мультимедійних систем	Побудова сценаріїв взаємодії; моделювання переходів; тестування	Формування логіки взаємодії з мультимедійним контентом	Освітні MBIC, VR/AR-системи

Джерело: сформовано на основі [61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70].

Аналіз таблиці показує, що універсальної моделі, яка однаково ефективно забезпечує створення MBIC різного призначення (освіта, маркетинг, комерційні сервіси), не існує. Каскадна модель доцільна для проєктів із чітко визначеними вимогами, однак вона обмежена в умовах, коли мультимедійний контент і UX потребують частих уточнень.

1.3. Структурно-функціональна модель концепції удосконалення методів розробки MBIC

Масова цифровізація економіки, фінансової сфери, освіти, соціальної сфери призвели до того, ІС перестають бути тільки постачальниками даних та інструментом роботи фахівців підприємств. Кожна людина вирішуючи свої щоденні справи (придбання товару, освіта, розваги і т.п.) та стає користувачем різних інформаційних систем де виконує ланцюжки інформаційної роботи (пошук – оцінка – аналіз – вибір (прийняття рішення) – реалізація (оплата, запис на вебінар і т.п.).

Під інформаційною роботою будемо розуміти, спираючись на визначення [71], специфічний вид діяльності, пов'язаний з маніпуляціями інформаційними ресурсами в ІС, що є практичною або розумовою діяльністю кожного окремого приватного користувача ІС. З огляду на вказані процеси змін актуальним стає обґрунтування теоретичних і методичних основ удосконалення методів розробки MBIC, що використовують широкий спектр мультимедійних технологій.

Ключова ідея розробки полягає в створенні таких інформаційних систем, які б реалізували принцип Ейнштейна А. [72]: «Жодну проблему не можна вирішити на тому рівні свідомості, на якій її було створено. Потрібно стати вище цієї проблеми, піднявшись на наступний рівень». Ця проблема не вирішена в науковій літературі і тому вимагає формування гіпотези стосовно удосконалення

методів проектування і розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем різного спрямування.

Гіпотеза дослідження полягає в тому, що ефективність інформаційної роботи користувача у MBIC може бути підвищена шляхом удосконалення методів їх розробки, орієнтованих на адаптацію до індивідуальних когнітивних особливостей користувача, персоналізацію мультимедійного контенту та використання інтелектуальних механізмів підтримки прийняття рішень.

Різні підходи до проектування та впровадження таких систем, що активно використовуються у сучасних IT-проектах, допомагають створювати більш ефективні, гнучкі та адаптивні рішення для користувачів [73]. У дослідженні [74] описано підхід до проектування веб-орієнтованих IC, що забезпечує можливості використання інструментів Web 2.0 і Big Data для швидкого та спрощеного виявлення, збирання, керування і застосування знань у системах управління знаннями. Проблеми використання різних моделей проектування, таких як каскадні, Agile, Kanban, з використанням адаптивних технологій на основі спринтів, а також орієнтація на гнучкість, швидкість та постійну адаптацію до змін є важливими для забезпечення ефективності проектів у швидко змінюваному середовищі. Особливу увагу слід приділяти технологіям DevOps, мікросервісів і контейнеризації, що сприяють більш швидкому та ефективному впровадженню змін у розроблені інформаційні системи, а також підвищують їх масштабованість і зручність експлуатації [75-76]. Використання платформи дистанційного навчання Moodle яка забезпечує зручний розширений зворотний зв'язок між викладачами та студентами які використовують мультимедійні інформаційні системи, що підвищує залученість і активність студентів [77-78].

Під структурно-функціональною моделлю концепції удосконалення методів розробки MBIC розумітимемо систему теоретичних і методологічних поглядів на трактування сутності методів розробки MBIC, а також змісту, цілей і принципів удосконалення методів розробки MBIC, включаючи організаційно-практичні підходи його реалізації для конкретних MBIC і сфер їх використання.

Положення 1. Метод розробки в сучасних умовах в значній мірі залежить від тієї предметної області, для якої розробляється MBIC і тих функцій і задач які вирішує користувач, працюючи з цією системою.

В цьому контексті з'являється необхідність розширення змісту етапу Аналізу процесу створення MBIC, на якому фактично слід описувати не суто систему, для якої конкретно створюється MBIC, а описувати клас систем, які необхідно ввести до розгляду. В даному дослідженні будемо розглядати два класи такого роду систем - бізнесові MBIC інтернет торгівлі і другий — MBIC, що формують цифровий освітній простір навчальних закладів.

Положення 2. Метод проектування MBIC повинен дозволяти формувати в MBIC засоби підвищення мотивації та залучення користувачів до виконання конструктивних дій в рамках тих цілей, на досягнення яких орієнтована MBIC.

Для прикладу: студент сприймає і засвоює навчальний матеріал; відвідувач інтернет магазину з цікавістю вивчає товари і їх характеристики і в результаті робить покупки; військовослужбовець з високою ефективністю і в короткі терміни засвоює прийоми використання складної бойової техніки.

Положення 3. Про необхідність проектування MBIC як інструмента інформаційної роботи користувача для вирішення певних особистих задач.

Положення 4. Метод розробки MBIC повинен дозволяти формувати множину специфічних функцій MBIC, що витікають із попередніх Положень концепції. Функції MBIC можуть бути класифіковані за задачами користувачів, зокрема: формування цілей і мотивації, підтримка прийняття рішень, інформування та аналітичне узагальнення інформації, а також формування технічних рішень у комерційних MBIC і компетентностей у навчальних системах.

Положення 5. Традиційна схема проектування (рис. 1.4.) передбачає лінійний шлях від користувача до задач, які він вирішує і побудову на цій основі специфікацій на основі яких формується проект MBIC. Пропонована схема (рис.1.5.) охоплює і середовище з його особливостями і тенденціями і певні особливості користувача які пов'язані з прийняттям рішень або навчання з

використанням MBIC. Такі особливості і тенденції пропонується враховувати за рахунок формування метаспецифікацій, які дозволяють коригувати як задачі так і основні специфікації до проекту.

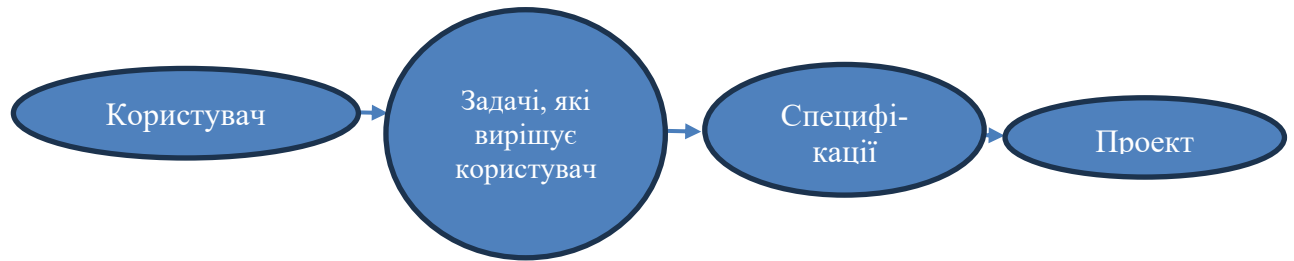


Рис.1.4. Традиційна схема проектування MBIC

Джерело: систематизовано автором.



Рис.1.5. Пропонована схема проектування MBIC

Джерело: запропоновано автором.

Положення 6. Важливим етапом передпроектної стадії розробки MBIC повинен стати аналіз аудиторії споживачів контенту MBIC з подальшим її сегментації і опису параметрів типових споживачів інформації у кожному сегменті. Сучасна людина взаємодіє з великими інформаційними потоками, швидко приймає рішення щодо контенту та сприймає інформацію фрагментарно. Користувачі надають перевагу візуальним образам і графіці над текстом, що підвищує значення мультимедійного контенту.

Для формалізації процесу адаптації навчального контенту запропоновано узагальнену структурно-процесну модель (рис. 1.6).

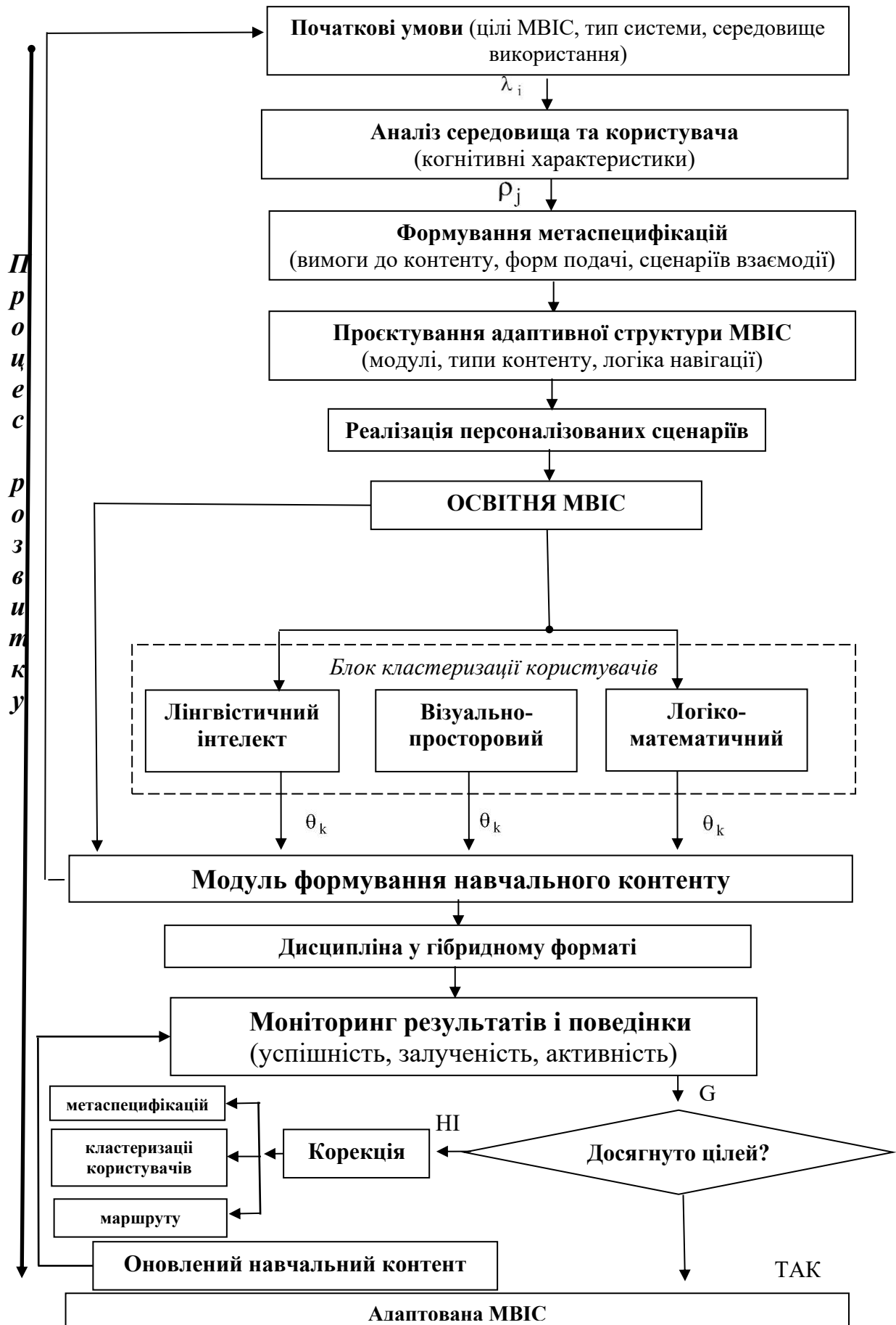


Рис. 1.6. Структурно-процесна модель адаптації навчального контенту в MBIS
Джерело: систематизовано автором.

Процес адаптації навчального контенту формалізовано як послідовне перетворення вектора початкових умов λ_i у масив когнітивних характеристик користувача ρ_j , що далі трансформуються у кластерну належність θ_k . На основі отриманих параметрів формується метаспецифікація $MS = \langle C, S, I, A \rangle$, яка визначає структуру та логіку персоналізованого контенту. Компонента C визначає типи та формат подання контенту, S – логіку сценарію та послідовність навчальних дій, I – особливості інтерфейсу взаємодії, а A – правила адаптації та переходів між етапами навчання. Кортеж метаспецифікації $MS = \langle C, S, I, A \rangle$, який задає конфігурацію персоналізованого навчального середовища, формується на основі вектора когнітивних характеристик (мовних, логіко-математичних, просторово-візуальних, міжособистісних тощо)

Метаспецифікація виступає формалізованим описом персоналізованої конфігурації MBIC, що визначає параметри навчального маршруту, рівень складності матеріалу, способи взаємодії та механізми контролю успішності. У подальшому саме MS слугує основою для генерації адаптивного контенту та реалізації механізмів корекції відповідно до результатів моніторингу діяльності користувача.

Моніторинг і корекція. Після реалізації персоналізованого навчального маршруту система отримує інтегральний показник результативності G (формула 1.1). Після отримання результатів G :

$$G = g(\text{успішність, залученість, активність}), \quad (1.1)$$

де G – узагальнена функція оцінювання, що агрегує академічні результати (тести, виконання завдань), поведінкові метрики (час роботи, кліки, взаємодії) та рівень залученості.

Формування інтегрального показника результативності. Для кількісної оцінки ефективності взаємодії користувача з MBIC вводиться інтегральний показник результативності G , який агрегує академічні результати, поведінкові

характеристики та рівень залученості користувача. Формально цей показник можна подати у вигляді функції (формула 1.2):

$$G = g(S, A, E), \quad (1.2)$$

де S – показник академічної успішності (Success),

A – показник поведінкової активності (Activity),

E – показник залученості користувача (Engagement).

Для об'єднання різнорідних даних доцільно застосувати метод адитивної згортки з попередньою нормалізацією метрик. У цьому випадку інтегральний показник результативності визначається як зважена сума нормалізованих компонентів (формула 1.3):

$$G = w_1 \bar{S} + w_2 \bar{A} + w_3 \bar{E}, \quad (1.3)$$

де w_1, w_2, w_3 – вагові коефіцієнти значущості параметрів, причому за формулою 1.4:

$$\sum_{i=1}^3 w_i = 1, \quad (1.4)$$

де $\bar{S}, \bar{A}, \bar{E}$ – нормалізовані значення відповідних показників.

Академічна успішність. Показник успішності S базується на результатах навчальної діяльності користувача та відображає – середній бал, результати підсумкових і поточних тестів, відсоток виконаних практичних завдань. Нормалізація успішності може бути виконана за формулою 1.5:

$$\bar{S} = \frac{S_{\text{fact}}}{S_{\text{max}}}, \quad (1.5)$$

де S_{fact} – фактичний результат користувача, а S_{max} – максимально можливий результат.

Поведінкова активність вимірюється показником активності A , що характеризує інтенсивність взаємодії користувача із системою та визначається на основі аналізу цифрових слідів (clickstream data) – загальна кількість кліків, кількість сесій користувача, час перебування у системі, а також кількість переглянутих інформаційних ресурсів.

Рівень залученості. Показник залученості E відображає якісну сторону взаємодії користувача з навчальним середовищем та характеризує ступінь його когнітивної та поведінкової включеності.

Алгоритм обчислення показника. Процес розрахунку інтегрального показника результативності G може бути представлений у вигляді такого алгоритму:

1. Збір даних – отримання метрик із журналів платформи навчання (VLE), систем аналітики та журналів оцінювання.
2. Нормалізація показників – приведення всіх метрик до єдиної шкали значень (наприклад, інтервалу $[0,1]$), що забезпечує їхню порівнюваність.
3. Визначення вагових коефіцієнтів – встановлення значущості кожного компонента залежно від цілей аналізу або особливостей освітнього середовища.
4. Агрегування показників – обчислення інтегрального значення G як зваженої суми нормалізованих параметрів.

Отриманий інтегральний показник дозволяє не лише оцінити поточний рівень результативності взаємодії користувача з системою, але й використовувати його як інструмент аналітики для раннього виявлення користувачів із низьким рівнем навчальної активності або потенційними ризиками зниження успішності.

Якщо отримане значення нижче встановленого порогу $G_{(threshold)}$ це означає, що обрана конфігурація навчального середовища не забезпечує досягнення запланованих освітніх цілей.

У такому випадку відбувається корекція метаспецифікації (формула 1.6):

$$MS' = MS + \Delta C + \Delta S + \Delta I, \quad (1.6)$$

де ΔC – зміни у контенті (рівень складності, формат подання, обсяг матеріалу);

ΔS – зміни у сценарії (послідовність модулів, додаткові пояснення, мікрокроки);

ΔI – зміни інтерфейсу (підказки, візуальні акценти, навігація).

Таким чином, система не просто повторює матеріал, а перебудовує конфігурацію навчального процесу відповідно до виявлених слабких місць.

З метою формалізації запропонованого методу персоналізації навчального контенту побудовано функціональну модель процесу адаптації MBIC засобами методології IDEF0. Вхідними параметрами виступають дані користувача, навчальні матеріали дисципліни та логи взаємодії, тоді як керуючі впливи формуються цілями MBIC, освітніми стандартами, методикою персоналізації та метаспецифікацією MS. Результатом функціонування процесу є формування персоналізованого маршруту, адаптованого контенту, оновлених метаспецифікацій та аналітичного звіту про ефективність. Контекстну IDEF0-модель процесу адаптації навчального контенту в MBIC подано на рис. 1.7. Для деталізації внутрішньої логіки функціонування системи виконано декомпозицію контекстного блоку A-0 на підпроцеси A1–A6 відповідно до стандарту IDEF0, рис.1.8. Для деталізації функції виконано її декомпозицію відповідно до стандарту IDEF0 (рис. 1.9).

Формування метаспецифікації охоплює визначення правил формування контенту, сценарних параметрів, інтерфейсу та правил адаптації системи. Для забезпечення замкненого контуру адаптації передбачено функцію зворотного зв'язку, що забезпечує оновлення метаспецифікацій, профілю користувача та маршруту навчання відповідно до результатів взаємодії (рис. 1.10). Також запропоновано модель персоналізації комерційної MBIC, яка поєднує AI-комунікацію, сегментацію користувачів і систему рекомендацій.

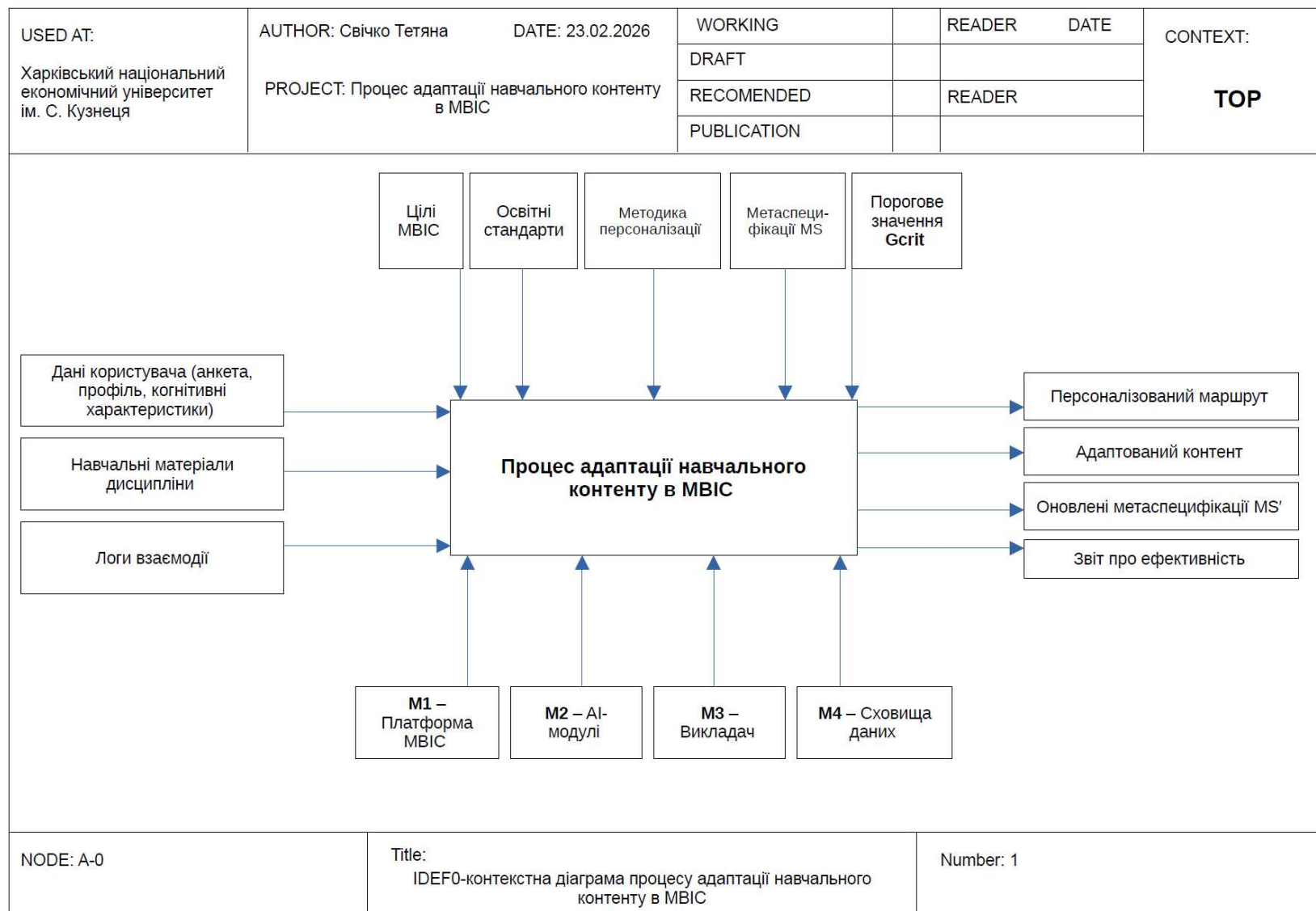


Рис. 1.7. IDEF0-контекстна діаграма процесу адаптації навчального контенту в MBIC

Джерело: систематизовано автором.

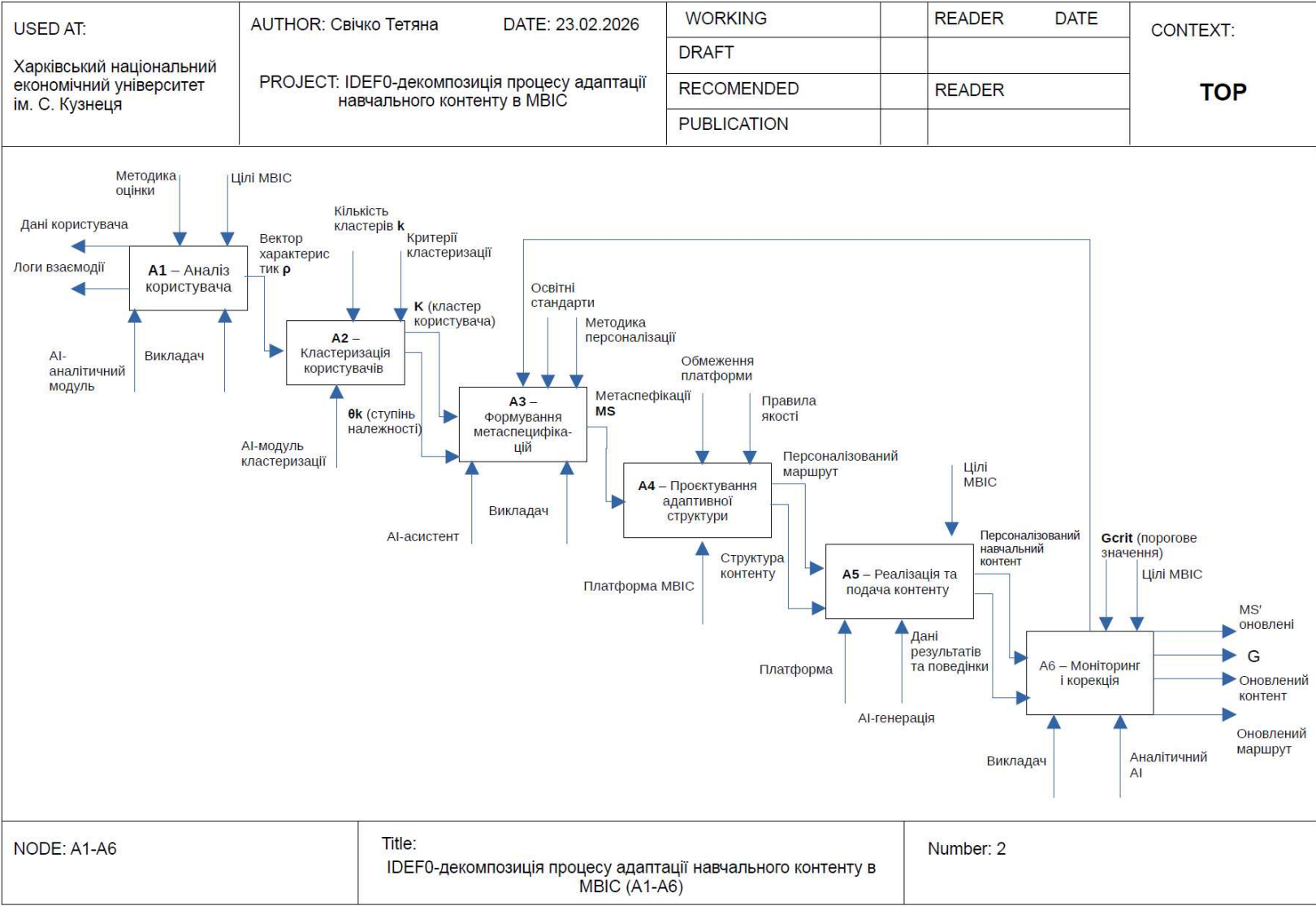


Рис. 1.8. IDEF0-декомпозиція процесу адаптації навчального контенту в MBIC (A1-A6).

Джерело: систематизовано автором.

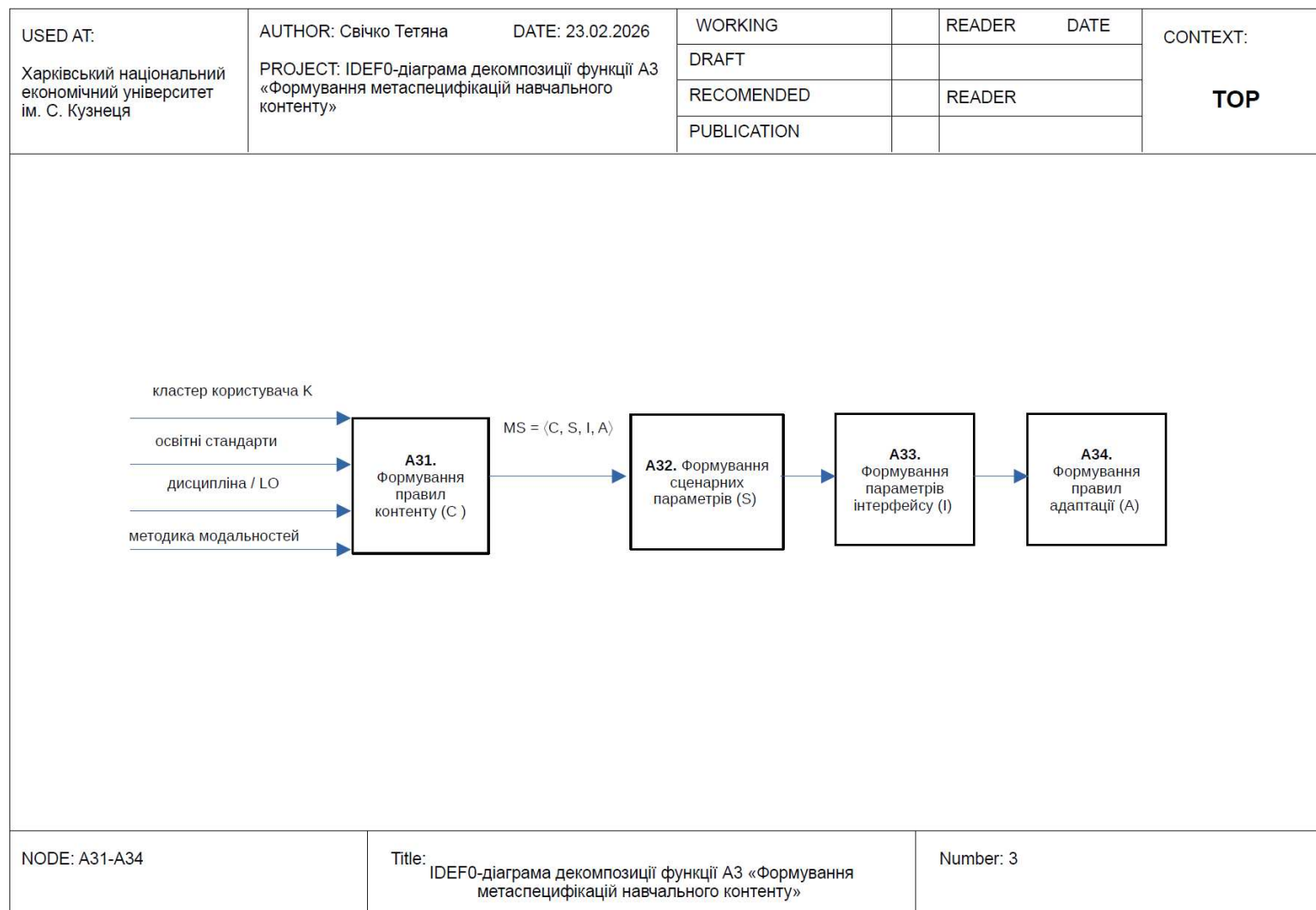


Рис. 1.9. IDEF0-діаграма декомпозиції функції А3 «Формування метаспецифікацій навчального контенту»

Джерело: систематизовано автором.

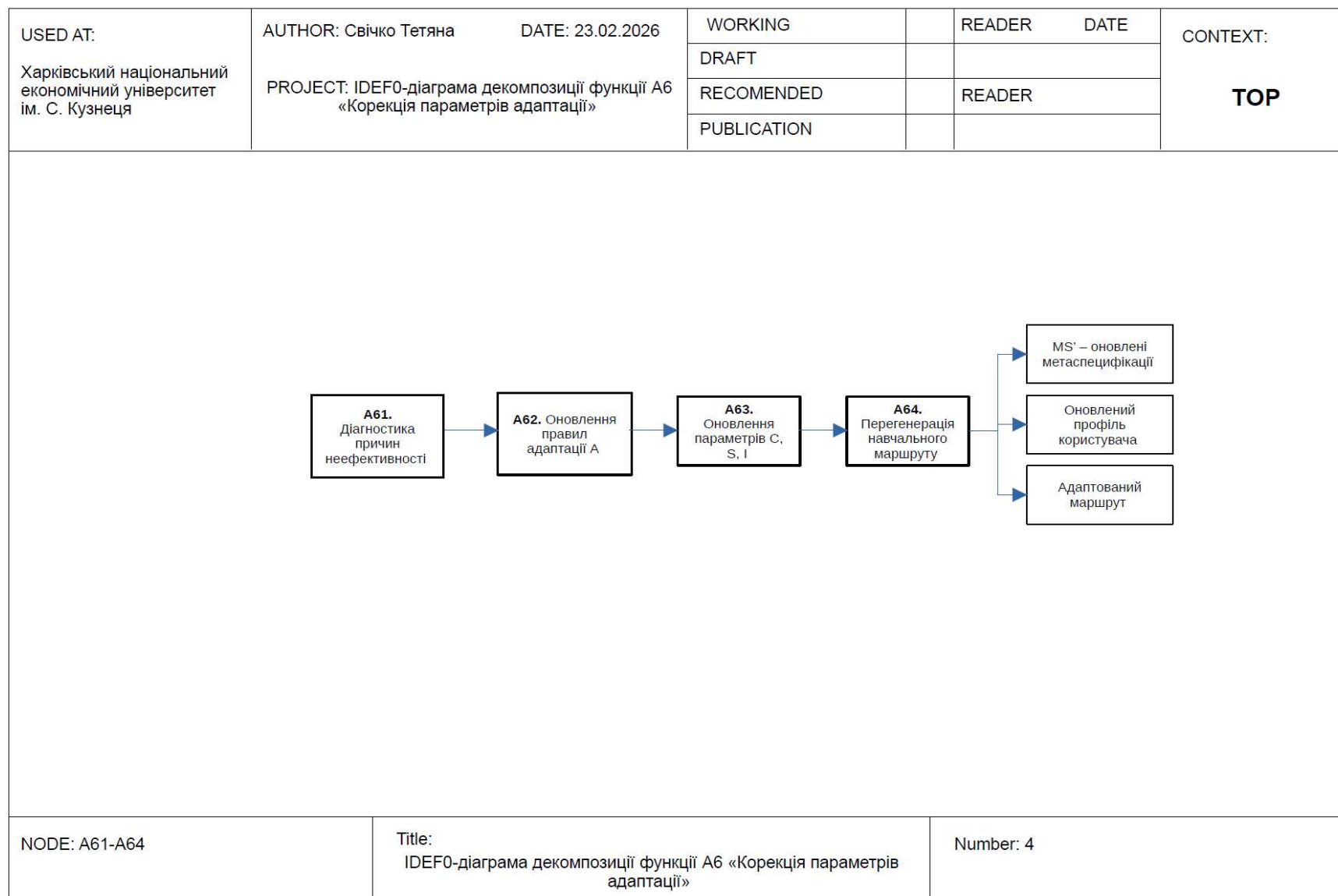


Рис. 1.10. IDEF0-діаграма декомпозиції функції A6 «Корекція параметрів адаптації»

Джерело: систематизовано автором.

Модель формує поведінковий профіль споживача через короткі інтерактивні запитання та звужує множину релевантних товарів, забезпечуючи перехід від масової демонстрації асортименту до персоналізованої вітрини [103]. На рис.1.11. представлено модель адаптації MBIC комерційного сектору, орієнтовану на персоналізацію товарної пропозиції шляхом інтерактивної взаємодії зі споживачем.

Процес ініціюється блоком початкових умов, що задаються вектором параметрів (формула 1.7):

$$\lambda = \{\text{категорія товарів, асортимент}\}, \quad (1.7)$$

де λ – вектор початкових параметрів взаємодії користувача із системою;

категорія товарів – обрана користувачем група товарів;

асортимент – множина товарних позицій, доступних для аналізу та рекомендації.

Далі активується модуль AI-комунікації (інтелектуальний агент), який реалізує мікро-опитування користувача (2–5 коротких питань). Результатом є формування часткового профілю споживача у вигляді когнітивно-поведінкового вектора (формула 1.8):

$$\rho_i = \left\{ \begin{array}{l} \text{мета використання, інтерес, цінова чутливість,} \\ \text{стратегія продажу} \end{array} \right\}, \quad (1.8)$$

де, ρ_i – когнітивно-поведінковий профіль i -го споживача;

мета використання – ціль придбання або застосування товару;

інтерес – рівень зацікавленості користувача у певній категорії товарів;

цінова чутливість – реакція споживача на зміну вартості товару;

стратегія покупки — модель прийняття рішення щодо придбання товару.

На основі ρ_i формується типовий портрет споживача K та відповідний вектор споживача який використовується для поступового звуження множини товарів (формула 1.9):

$$\theta_p = f(\rho_i), \quad (1.9)$$

де θ_p – вектор типового портрета споживача;

$f(\rho_i)$ – функція формування типового профілю на основі когнітивно-поведінкових характеристик споживача;

ρ_i – профіль i -го користувача системи.

У межах системи реалізується сегментація споживачів за типами поведінки:

K_1 – раціональний споживач;

K_2 – емоційний споживач;

K_3 – споживач швидкого рішення.

Для кожного сегмента формується параметр θ_k – параметр, який визначає логіку відображення товарів та тип емоційного відеоконтенту.

Модуль рекомендацій. На основі θ_p та θ_k функціонує модуль рекомендацій товару (персоналізована вітрина) (формула 1.10):

$$T_{\text{filtered}} = F(T, \theta_p, \theta_k), \quad (1.10)$$

де T – множина товарів.

Паралельно формується персоналізований емоційний відеоконтент за допомогою AI (формула 1.11):

$$V = G_{\text{AI}}(T_{\text{filtered}}, K), \quad (1.11)$$

Моніторинг результатів. Після взаємодії споживача з контентом система здійснює моніторинг (формула 1.12):

$$G = g(\text{кліки, час перегляду, конверсія, замовлення}), \quad (1.12)$$

де G – це агрегований показник результативності взаємодії споживача з персоналізованим товаром і відеоконтентом.

Тоді:

якщо $G \geq G_{\text{krit}}$ – адаптація вважається успішною (цілі досягнуті);

якщо $G < G_{\text{krit}}$ – запускається блок корекції,

де G_{krit} – це порогове значення функції ефективності, яке задається бізнес-стратегією або політикою оптимізації та визначає момент переходу системи до стану стабілізованої адаптації.

Запропонована модель процесу адаптації MBIC для комерційного сектору реалізує поетапний механізм персоналізованої взаємодії зі споживачем через модуль AI-комунікації та систему мікроопитувань. На основі відповідей користувача формується типовий портрет і вектор характеристик споживача, що дозволяє здійснювати поступове звуження множини товарів та сегментацію за поведінковими типами (раціональний, емоційний, швидке прийняття рішення). Отриманий сегмент визначає конфігурацію модуля рекомендацій та вибір емоційного відеоконтенту, що забезпечує персоналізовану вітрину товарів і підвищення релевантності комунікації.

Ефективність адаптації оцінюється через узагальнений показник G , що агрегує параметри взаємодії (кліки, час перегляду, конверсію, замовлення) та порівнюється з критичним значенням G_{krit} . У разі недосягнення встановленого порогу система активує блок корекції, який уточнює сегментацію, рекомендаційну логіку та параметри контенту.

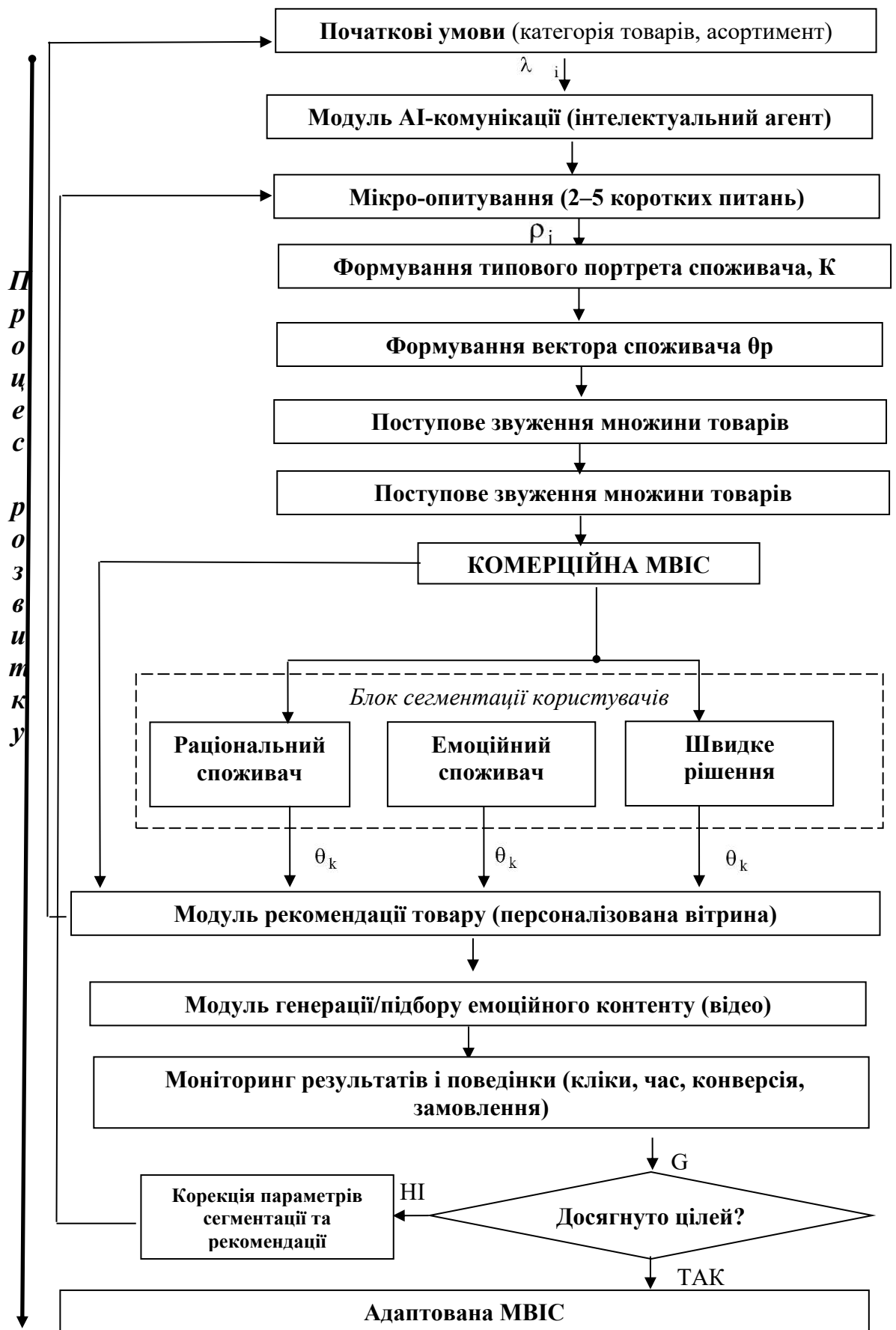


Рис. 1.11. Структурно-процесна модель адаптації контенту в комерційній MBIC

Джерело: систематизовано автором

Таким чином, модель формує замкнений контур адаптації «споживач – товар – відеоконтент», що забезпечує динамічне налаштування комерційної MBIC відповідно до поведінкових характеристик користувача та стратегічних цілей продажу.

З метою формалізації процесу персоналізації контенту в MBIC комерційного спрямування побудовано функціональну модель процесу адаптації засобами методології IDEF0. Контекстну модель процесу адаптації контенту в комерційній MBIC подано на рис.1.12.

Для деталізації внутрішньої логіки функціонування комерційної MBIC виконано декомпозицію контекстного блоку А-0 на підпроцеси А1–А6 відповідно до стандарту IDEF0.

Декомпозицію процесу адаптації контенту в комерційній MBIC подано на рис. 1.13.

Другий фактор – кількість інформації, що потрапляє до людини. Будь-який користувач соціальної мережі може тепер виробляти і миттєво транслювати свої матеріали на широку аудиторію, бути не тільки автором, а й видавцем. Кількість контенту, який споживає потенційний користувач MBIC приводить до появи поняття digital detox.

Третім фактором є базові цінності та ціннісні орієнтації споживачів інформації, які впливають на зміст і особливості мультимедійного контенту MBIC. Ці відмінності відображені у теорії поколінь Н. Хоува і У. Штрауса [79], де виокремлено покоління Х, Y і Z, що характеризуються різним рівнем інтеграції цифрових технологій та способами споживання інформації.

Четвертий фактор – особливості інтелекту споживача інформації. Відповідно до теорії множинних інтелектів Говарда Гарднера [85, 86], люди краще сприймають певні типи мультимедійного контенту залежно від домінуючого виду інтелекту.

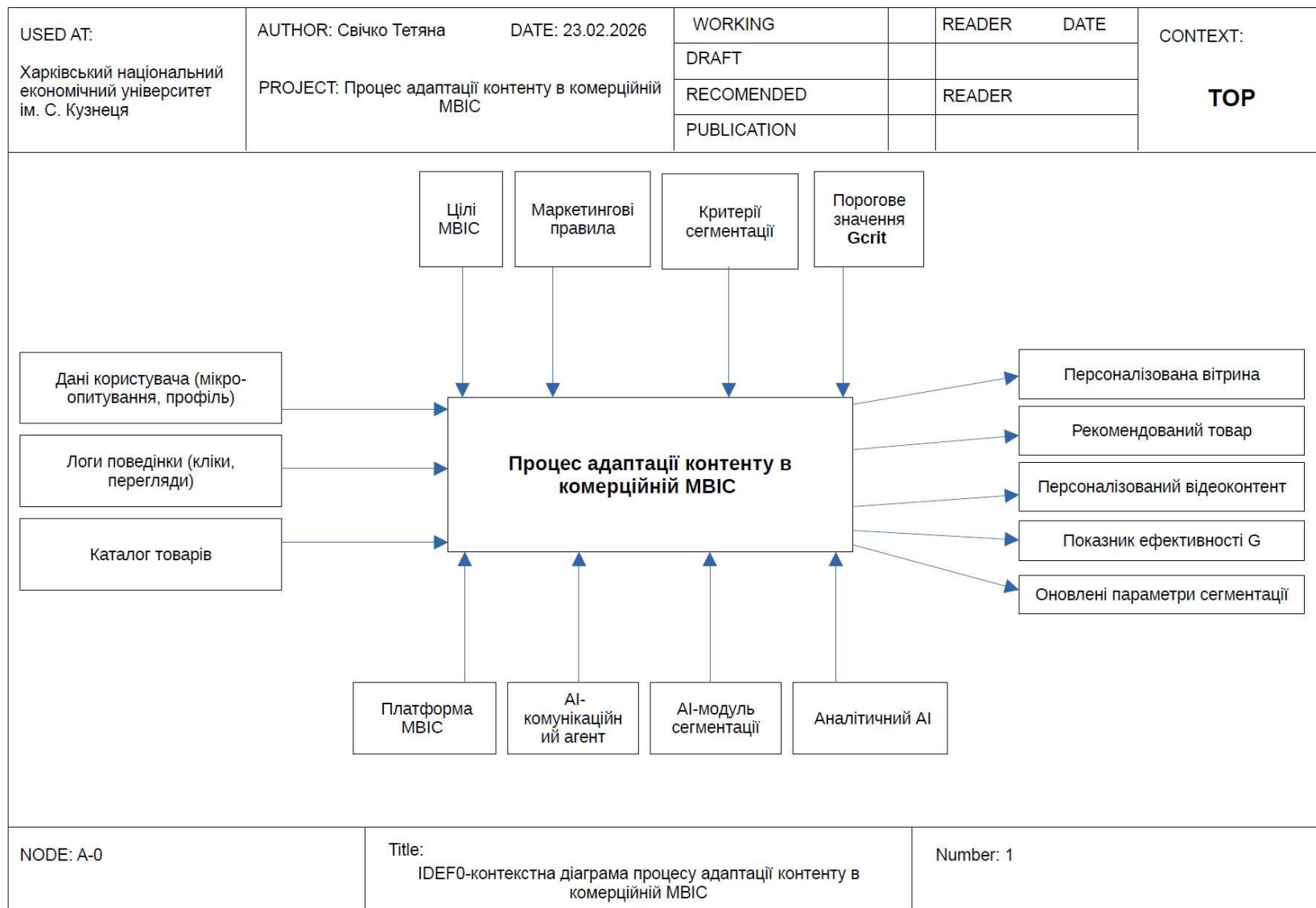


Рис. 1.12. IDEF0-контекстна діаграма процесу адаптації контенту в комерційній MBIC

Джерело: систематизовано автором.

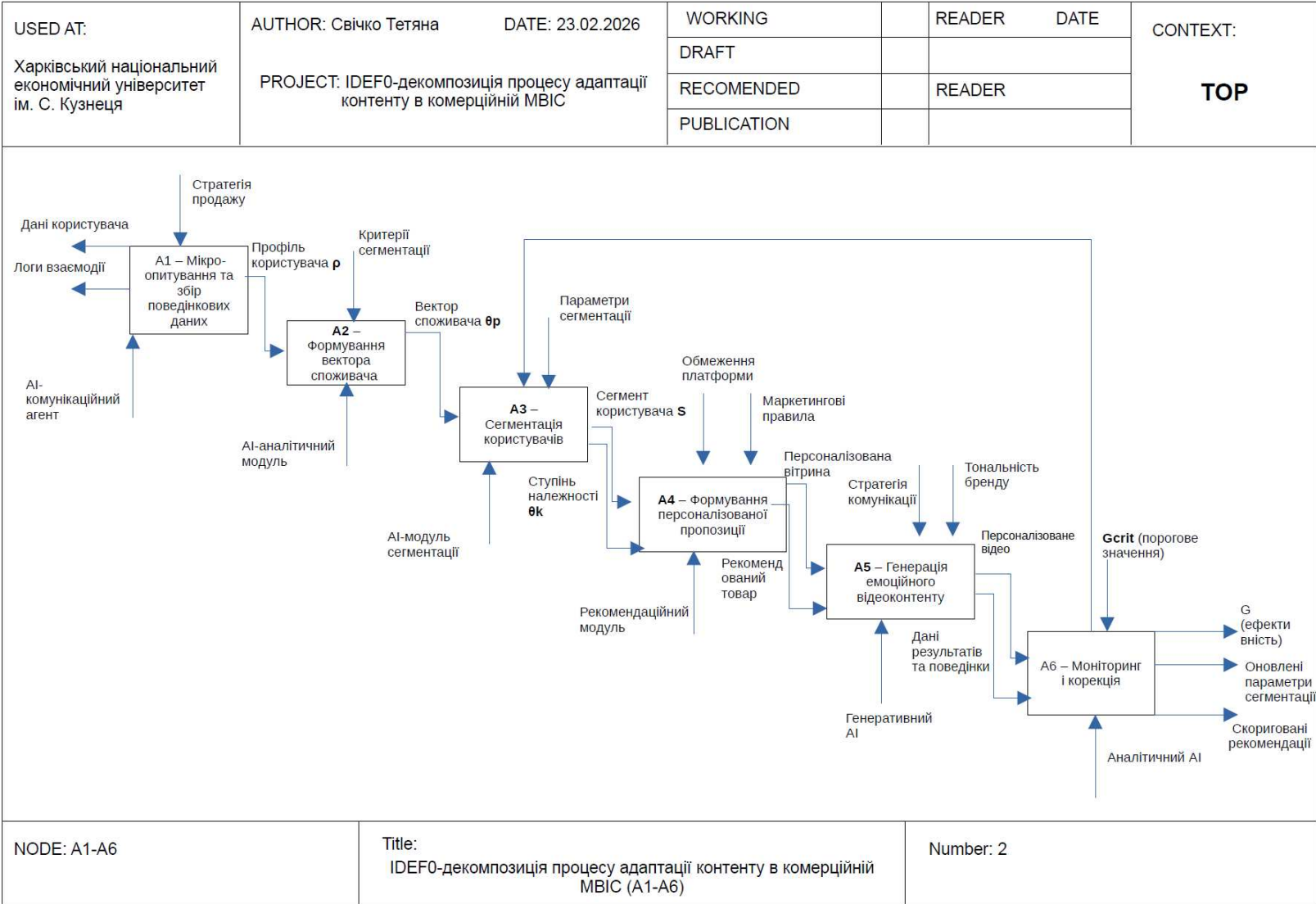


Рис. 1.13. IDEF0-декомпозиція процесу адаптації контенту в комерційній MBIC (A1-A6)

Джерело: систематизовано автором.

Положення 7. Про необхідність (доцільність) проектування певних елементів MBIC як інструменту зовнішнього доповнення для прийняття рішення користувачем в ситуації вибору.

Користувач MBIC під час вибору товару на електронному торговому порталі часто ухвалює рішення в умовах обмеженої раціональності. У такому випадку важливим чинником стає враження, сформоване мультимедійною складовою MBIC щодо товару. Емоційний мультимедійний контент допомагає користувачеві прийняти остаточне рішення про покупку в умовах інформаційної невизначеності та неможливості оцінити всі можливі варіанти.

Положення 8. Про ланцюжок STEAM підходу. Для того щоб користувач MBIC, що поєднана з електронним магазином сприймав інформацію про товар (послугу) на веб сторінці в режимі STEAM підходу необхідно щоб MBIC містила контент створений і організований для цього товару (послуги) за вимогами STEAM підходу [80].

Для створення сучасного мультимедійного контенту фахівці повинні використовувати STEAM-підхід та отримувати відповідні компетентності в межах освітніх програм, що поєднують комп'ютерні науки, технології електронних мультимедійних видань і суміжні напрями. Педагоги таких програм мають адаптувати контент дисциплін і застосовувати STEAM-технології у навчальному процесі.

Аналіз сучасного ринку показує, що технічні характеристики, якість і ціна товару вже не є достатніми конкурентними перевагами. Споживач змушений обробляти великі обсяги інформації щодо можливих варіантів вибору, що формує проблему складності прийняття рішення. Одним із підходів до її вирішення є концепція «економіки вражень» та пов'язані з нею ринкові механізми [81]. У реальних умовах рішення про купівлю часто приймаються під впливом емоцій та інтуїції. Саме тому мультимедійні веббазовані інформаційні системи стають важливим інструментом формування емоційно-ціннісної взаємодії зі споживачем. Використання MBIC дозволяє поєднати логічний аналіз

характеристик товару з емоційним впливом Art-контенту мультимедійної системи.

Положення 9. Для створення зовнішнього доповнення «враження» задекларованого в положенні 4 в рамках методу розробки MBIC треба додавати модулі, що формують відповідну мультимедійну компоненту і створювати сценарії мультимедійних мікро роликів, що супроводжують той чи інший товар або послугу на сайті інтернет порталу.

Положення 10. В методах розробки MBIC необхідно поєднувати класичні методи розробки для традиційних IC (спіральна або водоспадна моделі, Agile методологія) з методами розробки мультимедійних продуктів та методами розробки вебсайтів.

Для мультимедійної складової MBIC характерна наявність цілого ряду об'єктів, явищ і їх властивостей: користувач мультимедійного контенту MBIC; цілі, які хоче досягти користувач; завдання (задачі), які вирішує користувач, в ході взаємодії з MBIC; зміст (мультимедійний контент) MBIC; структура подачі і поєднання складових контенту; елементи медіа (текст, аудіо, відео, графіка, анімація, доповнена та віртуальна реальність); сценарій взаємодії користувача з MBIC; інструменти підтримки інтерактивної взаємодії користувача і MBIC; платформа доставки MBIC (ЕОМ та інше обладнання); зручність і зрозумілість взаємодії з MBIC; вимоги до апаратного забезпечення з боку MBIC; вимоги до знань, навичок і досвіду користувача.

Положення 11. Метод проектування MBIC доповнюється методом (інструментами) штучного інтелекту.

Дане положення спрямоване на застосування різноманітних можливостей штучного інтелекту, який може дозволити генерувати фрагменти або цілісні закінчені фрагменти мультимедійного контенту, провести узагальнення або систематизацію уже існуючого контенту. Управління проектами може бути покращено з використанням інструментів штучного інтелекту. Створення ТЗ, виявлення вимог і основних аспектів і кроків в плануванні можуть бути виконанні за підтримкою інструменти штучного інтелекту.

Положення 12. В процесі розробки MBIC слід передбачати наявність контурів адаптації в MBIC, що забезпечують зворотний зв'язок про результативність використання користувачами MBIC в процесі їх діяльності. Такий контур адаптації має працювати шляхом введення спринтів, тривалість яких залежить від характеру к і змісту контенту MBIC. Так для MBIC електронного магазину тривалість може коливатись від 1 до 5 тижнів, тоді як для MBIC в освітньому процесі це інтервал може сягати від одного до кількох місяців. Для цього використовуються традиційні інструменти - обробка аналітичних показників, наприклад у системі Google Analytics. Для MBIC освітнього спрямування доцільно використовувати у розробці MBIC підхід багатоконтурної адаптації [82], що забезпечує актуальність контенту і налаштування на особливості користувача.

Положення 13. Процес розробки, формування та використання механізмів розробки MBIC має бути заснований на цілісній системі принципів, що являють собою систему правил, основних положень і норм, які є керівними для розробників у процесі створення MBIC та управління процесом її розробки і слугують основою для прийняття проектних рішень.

Використовуючи результати досліджень, проведених провідними фахівцями в галузі методів розробки MBIC, а також досвід побудови методів розробки MBIC на ряді фірм-розробників, можна сформувати такі групи принципів: принципи, які є основою пред'явлення вимог до удосконалення методів розробки MBIC, принципи, які визначають особливості побудови таких методів, принципи, що визначають характер функціонування MBIC створених за допомогою удосконалених методів розробки MBIC. Розглянемо деякі найважливіші з них.

Принцип відповідності MBIC масштабам і характеру економічної або освітньої діяльності замовника (підприємства, за замовленням якого створена MBIC).

Принцип багаторівневого занурення. Ринки та конкуренція описуються в MBIC і оцінюються за різними показниками і критеріями, внаслідок чого

формується загальна картина ринку та конкуренції, які дозволяють давати адекватний опис ситуації споживання та використання продукту.

Принцип системного підходу. Користувачі розглядаються і як раціональні механізми і як емоційні, імпульсивні, інтуїтивні особистості.

Принцип врахування ризиків. Використання цього принципу передбачає впровадження технологій ризик-менеджменту в процесі розробки та впровадження MBIC. Використання гнучких (адаптивних) технологій проектування з використанням пілотних проектів перед масштабним використанням їх у рамках всього контингенту користувачів.

Принцип безперервної комунікації. Ключовим фактором забезпечення успіху розробки і впровадження MBIC є постійна комунікація всіх учасників цього процесу. Найчастіше ініціаторами процесів удосконалення MBIC виступають працівники, котрі займаються розробкою та використанням інструментів MBIC.

Принцип залучення до розробки медіаконтенту фахівців конкретних галузей, для яких розробляється MBIC. Для освітніх MBIC це в першу чергу викладачі відповідних дисциплін. Для MBIC комерційного спрямування – художники, дизайнери/, маркетологи.

Принцип врахування модальностей потенційної аудиторії мультимедійних технологій у складі MBIC в сприйнятті медіа шляхом використання відповідних способів подачі мультимедійного контенту.

Принцип сегментації користувачів MBIC. Для різних сегментів користувачів необхідно використовувати в MBIC різні мультимедійні технології для подачі контенту однакового спрямування.

Принцип орієнтації на досягнення користувачем своїх цілей і результатів.

Принцип відповідності контенту MBIC та засобів його доставки специфіці виконуваної інформаційної роботи користувачем MBIC.

Положення 14. Про використання систем штучного інтелекту (ШІ) та доповненої реальності в складі MBIC на основі багаторівневої архітектури.

Удосконалення методу проектування MBIC електронної комерції пропонується виконувати на основі використання штучного інтелекту, який на основі попередньо розробленої анкети дозволить сформувати «Портрет споживача», який звертається до сайту електронної комерції через MBIC. Розробка анкети має складати самостійний етап в розробці MBIC.

Положення 15. Проектування і розробка MBIC згідно з наведеними концептуальними положеннями вимагають більш широкого спектру компетентностей і стають більш складними для розробників. Але MBIC стають більш дружніми і простими у спілкуванні з користувачем. Використання мультимедійних компонент і штучного інтелекту дозволяє створити відповідні контури адаптації і на їх основі проводити сегментацію користувачів. А це дозволить для клієнта, який використовує MBIC знизати затрати, підвищити ефективність діяльності.

Таким чином, до проектування і розробки MBIC мають бути залучені фахівці різних напрямків і сформовані мультидисциплінарні команди, які включають фахівців з комп'ютерних наук, мультимедійних технологій, веб дизайну, менеджменту, маркетингу, соціальної психології. Результати наукових досліджень викладені в розділах 2 і 3 спрямовані на формування механізмів реалізації наведених концептуальних положень та розробки відповідних рекомендацій по їх застосуванню в рамках цілісної методології удосконалення методів розробки MBIC.

Висновки до розділу 1

1. У результаті проведеного аналізу сучасного стану проблеми методів розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем встановлено, що стрімка цифровізація суспільства, зростання обсягів мультимедійного контенту та ускладнення інформаційної роботи користувачів зумовлюють підвищені

вимоги до підходів проєктування та реалізації MBIC. Інформаційні системи перестають виконувати виключно функцію подання даних і дедалі більше виступають активними середовищами підтримки пізнавальної, навчальної, професійної та креативної діяльності користувача.

2. В ході наукового дослідження в роботі було виявлено наявні проблеми в розробці сучасних мультимедійних веббазованих інформаційних систем: проблеми створення і врахування сучасного стану середовища і предметних систем, в яких користувач вирішує свої задачі, не врахування особливостей користувача в ході сприйняття і обробки інформації, проблеми з використання неефективних інструментів, що не дають ефективно виконувати інформаційну роботу. і загальні проблеми розробки контурів адаптації в MBIC. В запропонованій структурно-функціональній моделі концепції удосконалення методів розробки MBIC були запропоновані відповідні рішення та рекомендації із уникнення перерахованих проблем.

3. На основі проведеного аналізу проблем предметної області та сформованих рішень було визначено базові положення концепції, основні принципи розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем.

4. У розділі показано, що інформаційна робота приватного користувача в умовах мультимедійних веббазованих середовищ характеризується зростанням складності, багатокроковістю процесів прийняття рішень та необхідністю опрацювання різнорідних медіаданих. Це зумовлює потребу у створенні MBIC, здатних не лише зменшувати когнітивне навантаження, але й залучати ширший спектр когнітивних і перцептивних можливостей людини, зокрема інтуїтивне, асоціативне та образне мислення.

5. Проаналізовано основні підходи та методи дослідження і розробки MBIC, що застосовуються в сучасних наукових і прикладних роботах, зокрема методи Research and Development, експериментальні та квазіекспериментальні методи, методи прототипування й тестування, моделі ADDIE та User-Centered Design, змішані методи дослідження, а також сучасні гнучкі методології розробки програмного забезпечення. Встановлено, що жоден із розглянутих

методів у чистому вигляді не забезпечує повного врахування специфіки MBIC, орієнтованих на непрофесійних користувачів із нерегулярною моделлю використання.

6. Особливу увагу приділено класичним і спеціалізованим моделям створення мультимедійних продуктів. Показано, що зазначені методи закладають фундамент для системного підходу до розробки мультимедіа, однак потребують адаптації до сучасних вебтехнологій, інтерактивних середовищ та динамічних сценаріїв взаємодії користувача з системою.

7. У результаті порівняльного аналізу каскадної, ітеративної, спіральної та гнучких моделей розробки встановлено, що сучасні MBIC доцільно створювати на основі поєднання ітеративно-еволюційних і гнучких підходів із використанням мультимедійно-орієнтованих методів проєктування. Такий підхід дозволяє забезпечити адаптивність системи до змін вимог, поступове нарощування функціональності та інтеграцію складних мультимедійних компонентів.

8. На основі проведеного аналізу сформульовано базову гіпотезу дослідження, відповідно до якої підвищення ефективності інформаційної роботи користувача з MBIC може бути досягнуто шляхом застосування таких методів розробки, які забезпечують поєднання простоти зовнішньої взаємодії з користувачем та внутрішньої структурної складності системи.

9. Розроблено структурно-функціональну модель концепції удосконалення методів розробки MBIC, що включає систему базових положень, принципів і рекомендацій, спрямованих на підвищення ефективності проєктування, реалізації та використання MBIC у сучасних умовах.

Таким чином, у розділі 1 обґрунтовано актуальність удосконалення методів розробки MBIC, визначено основні напрями розвитку існуючих підходів та сформовано теоретичне підґрунтя для подальшого створення ефективних, адаптивних і персоналізованих MBIC.

Основні результати дослідження, викладені в розділі 1, відображено у наукових працях автора [91, 92, 93, 94].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Жалдак М. І., Шут М. І., Жук Ю. О., Дементієвська Н. П., Пінчук О. П., Соколюк О. М., Соколов П. К. Мультимедійні системи як засоби інтерактивного навчання: посібник / за ред. Жука Ю. О. Київ: Педагогічна думка, 2012. 112 с.
2. Multimedia Information Systems and Digital Library [IS 460]. Zagazig University, Faculty of Computers and Informatics, Information System Department, 2017/2018. URL: https://www.researchgate.net/publication/328956681_Multimedia_Information_Systems_and_Digital_Library (дата звернення: 15.01.2026).
3. Sommerville I. Software Engineering. 10th ed. Boston: Pearson, 2016. Pressman R., Maxim B. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. 9th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.
4. Нижник В.М., Терехов Д.С. Еволюція розвитку інформаційних систем та інформаційних технологій в управлінні підприємствами. *Економічний вісник Хмельницького національного університету*. 2011. № 4. С. 235–242.
5. O'Brien J. A., Marakas G. M. *Management Information Systems*. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2008. 628 p.
6. Jonasson, Ingi. (2002). Trends in Developing Web-Based Multimedia Information Systems. DOI: 10.1007/978-1-4615-0167-1_7.
7. Грицунов О. В. Інформаційні системи та технології : навч. посіб. для студентів за напрямом підготовки «Транспортні технології». Харків : ХНАМГ, 2010. 222 с.
8. Laudon K. C., Laudon J. P. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. 13th ed. Harlow: Pearson, 2014. 669 p.
9. Valacich J. S., Schneider C. *Information Systems Today: Managing in the Digital World*. 4th ed. Boston: Pearson, 2010. 624 p.
10. Laudon K. C., Laudon J. P. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. 12th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2012. 557 p.

11. Бондаренко О. В. Мультимедійні технології в сучасному освітньому процесі. *Педагогіка і психологія*. 2011. № 3. С. 45–52.
12. Клемєшова Н. В. Мультимедіа як комп'ютерний дидактичний засіб у навчальному процесі. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2004. № 2. С. 45–52.
13. Idrisova Z., Jaradat A., Alikhadzhiev S., Alisultanova E. Application of multimedia technologies in web-education. *SHS Web of Conferences*. 2021. Vol. 101. P. 03052. DOI: 10.1051/shsconf/202110103052.
14. Основи нових інформаційних технологій навчання: посіб. для вчителів / за ред. Ю. І. Машбиця. Київ : ІЗМН, 1997. 264 с.
15. Alsadhan A., Alhomod S., Shafi M. Multimedia Based E-learning: Design and Integration of Multimedia Content in E-learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*. 2014. Vol. 9, No. 3. P. 26–30. DOI: 10.3991/ijet.v9i3.3308.
16. Shuman J. E. *Multimedia in Action*. Belmont, CA: International Thomson Publishing Co., 1998. P. 5.
17. Бурило Ю.П. Веб-сайт як інформаційний ресурс та об'єкт права інтелектуальної власності. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія : Право*. 2015. Вип. 34(2). С. 67-70.
18. Котенко Н.О., Жирова Т.О., Чубаєвський В.І., Десятко А.М. Дослідження основних тенденцій сучасної розробки веб-сайтів. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2019. № 1. С. 6-15.
19. Гаряєва Г.М., Тимців М.М., Білоконь І.А. Інтернет-сайт як об'єкт авторського права. *Актуальні проблеми розвитку українського суспільства*. 2013. № 6. С. 43-47.
20. Лебеденко М.С., Лученко І.В. Веб-ресурс як ефективний інструмент маркетингової комунікації. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2011. № 2, Т. 1. С. 178-182.
21. Купрунець Т.Я. Тенденції та перспективи розвитку сайтобудування, їх вплив на архівне копіювання веб-сайтів. *Архіви України*. 2013. № 6. С. 95-104.

22. Гончар В.М., Римар П.В. Історія розвитку технологій для створення веб-сторінок. *Прикладні аспекти сучасних міждисциплінарних досліджень: матеріали І Всеукр. наук.-практ. конференції* (м. Вінниця, 26 листопада 2021 р.). Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса. 2021. С. 60-62.
23. Андрушкевич З.М. Інтернет-маркетинг у соціальних мережах. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2014, № 2, Т. 1. С. 163-166.
24. Zhou Z., Zhao L. Cloud computing model for big data processing and performance optimization of multimedia communication. *Computer Communications*. 2020. Vol. 160. P. 326–332. DOI: 10.1016/j.comcom.2020.06.015.
25. Hrabovskyi Y. M., Kots P. G. Methods of development of mobile application graphic design for remote interaction with patients. *Наукові записки Української академії друкарства*. 2023. № 2(67). P. 93–106.
26. Георгіаді Н. Г. Інформаційні системи управління: сутність, види, функції, принципи побудови. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2019. № 7. С. 28–34.
27. Ільєнко Р. В. Впровадження та використання інформаційних технологій у системі вищої освіти ЄС. *Економіка і управління*. 2022. №1. С. 134-140.
28. Коваленко Н.О. Впровадження корпоративної інформаційної системи як елементу вдосконалення управління діяльністю авіакомпанії. *Науковий вісник Львівської академії. Серія: Економіка, менеджмент та право: збірник наукових праць*. 2020. № 2. С. 106-113.
29. Немченко А.Б. Бізнес-інкубатори у сфері сучасної державної підтримки розвитку регіональної інноваційної інфраструктури. *Наукові праці КНТУ. Економічні науки*. 2022. Вип. 17. С. 25–34.
30. Онопко А.С. Застосування інформаційних технологій в управлінні підприємством. *Актуальні проблеми економіки та управління*. 2022. № 11. URL: <http://ape.fmm.kpi.ua/article/viewFile/102782/97865>.

31. Осталецький В.Б. Теоретичні підходи до класифікації інформаційних систем управління підприємством. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*: збірник наукових праць. 2021. Вип. 12. С. 294–299.
32. Павлик В. П. Систематизація методів у інформаційному забезпеченні управління підприємствами. *Економіка АПК*. 2020. № 1. С. 95-100.
33. Черняк О. І. Нечіткий підхід до оцінювання рівня інформаційних ризиків у CRM-системах. *Нейронечіткі технології моделювання в економіці*. 2023. № 5. С. 199.
34. Остроушко Ю. В. Вплив євроінтеграційних процесів на підготовку майбутнього вчителя технології до професійної діяльності у сфері інклюзивної освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогіка*. 2011. № 4. С. 200-206.
35. Pressman R. S., Lewis T., Adida B., Ullman E., DeMarco T., Gilb T., Gorda B., Humphrey W., Johnson R. Can internet-based applications be engineered? *IEEE Software*. 1998. Vol. 15, No. 5. P. 104–110.
36. Keen P. G. W. Relevance and rigor in information systems research: improving quality, confidence, cohesion and impact. In: Nissen H. E., Klein H. K., Hirschheim R. A. (Eds.). *Information Systems Research: Contemporary Approaches and Emergent Traditions*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1991. P. 27–49.
37. Блажук О. А. Підготовка майбутніх офіцерів-прикордонників до застосування інформаційно-телекомунікаційних технологій у забезпеченні системи зв'язку прикордонних підрозділів: дис. канд. пед. наук : 13.00.04. Хмельницький, 2012. 172 с.
38. Dutt A., Kasilingam D., Angell R., Singh J. The future of marketing and communications in a digital era: data, analytics and narratives. *Journal of Strategic Marketing*. 2024. Vol. 32. P. 1–9. DOI: 10.1080/0965254X.2024.2386002.
39. Characteristics of A Multimedia System. URL: <https://www.scribd.com/doc/49841908/Characteristics-of-a-Multimedia-SySTEAM>.
40. Combining Agile, Lean, and Design Thinking – a layered approach. URL: <https://uxdesign.cc/combining-agile-lean-and-design-thinking-a-layered-approach-70599a30f06b>.

41. Воронка продаж в інтернет маркетингу: Що таке Tofu, Bofu і Mofu? URL: <https://it-rating.ua/news-2807>.
42. Murugesan S., Deshpande Y. Preface to ICSE'99 workshop on Web engineering. *Proceedings of International Conference on Software Engineering (ICSE'99)*. Los Angeles, California, USA, 1999.
43. Garzotto F., Paolini P. HDM – A model-based approach to hypertext application design. *ACM Transactions on Information Systems*. 1993. Vol. 11, No. 1. P. 1–26.
44. Lee H. et al. A view-based hypermedia design methodology. *Journal of Database Management*. 1999. Vol. 10, No. 2. P. 3–13.
45. Лебеденко С. О. Ризикологія в маркетинговій діяльності. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського. 2021. 91 с.
46. Пінчук О. П. Проблема визначення мультимедіа в освіті: технологічний аспект. *Нові технології навчання: наук.-метод. зб.* Київ: Інститут інноваційних технологій та змісту освіти, 2007. Вип. 46. С. 55–58.
47. *Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security*. SP800-82 Rev. 1. National Institute of Standards and Technology, May 2013. URL: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-82/rev-1/final> (дата звернення: 05.06.2025).
48. Li G., Liu W. Multimedia data processing technology and application based on deep learning. *Advances in Multimedia*. 2023. Vol. 2023. P. 1–15. DOI: 10.1155/2023/4184425.
49. Sigma Software Group. Official website. URL: <https://sigma.software>.
50. EPAM Systems Inc. Official website. URL: <https://www.epam.com>.
51. Amazon Web Services. What is AWS? URL: <https://aws.amazon.com/what-is-aws/>.
52. AliExpress. Official website. URL: <https://www.aliexpress.com>.
53. Linthaluek S., Rattanaporn C., Suwannawong N., Siri Wattananon N., Chunngam B., Satitpong P. Multimedia in education: readiness, expertise and

multimedia needs in education. *International Education Studies*. 2024. Vol. 17, No. 6. P. 1–11. DOI: 10.5539/ies.v17n6p1.

54. Caruccio L., Polese G., Chang S.-K. Special issue on sentient multimedia systems. *Multimedia Tools and Applications*. 2022. Vol. 81. P. 51–54. DOI: 10.1007/s11042-021-11762-0.

55. Andreiev A., Sotnik S. Analysis of robotics platforms for educational and research purposes. In: *Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2024 : матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів*. Одеса, 26–27 вересня 2024 р. Одеса, 2024.

56. Hikmi R., Simorangkir M., Sudrajat A. Development of interactive multimedia lectors inspire problem based on science. In: *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1485, Issue 1. Bristol: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012036. DOI: 10.1088/1742-6596/1485/1/012036.

57. Peláez C. A., Solano A., Granollers T., Collazos C. Methodologies and trends in multimedia systems: a systematic literature review. In: *Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 11578 LNCS. Cham: Springer, 2019. P. 109–127. DOI: 10.1007/978-3-030-21902-4_9.

58. Sari I. P., Juhana A., Nurhidayatulloh N. Global trends in the study of projection mapping technology using bibliometric analysis. *Journal of Print and Media Technology Research*. 2023. Vol. 12, No. 4. P. 219–229. DOI: 10.14622/JPMTR-2309.

59. Mattila O., Hamari J., Holopainen J., Pöyry E. Mixed, augmented, and virtual reality: services and applications. In: *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. IEEE Computer Society, 2021. P. 1611–1612.

60. Kale P. S., Deshmukh T. K., Bhoite S. Virtual reality: emerging technologies and future directions. In: *15th International Conference on Advances in Computing, Control, and Telecommunication Technologies (ACT 2024)*. Grenze Scientific Society, 2024. Vol. 2. P. 761–767.

61. Maydiantoro A., Haenilah E. Y., Hariri H., Firdaus R., Sunyono, Sudjarwo. Development of virtual reality technology in entrepreneurial learning containing ethnopreneurship. *WSEAS Transactions on Environment and Development*. 2023. Vol. 19. P. 645–654. DOI: 10.37394/232015.2023.19.63.
62. Rasyida R., Ali Nurdin E., Rasim. Pembelajaran berbasis metaverse – virtual reality menggunakan Spatial.io dengan model discovery learning untuk meningkatkan pemahaman dan minat siswa. *Jurnal Pendidikan Tambusai*. 2023. Vol. 7, No. 2. P. 15875–15883.
63. Schipper-Kramer Freher N., Bexkens A., van Bennekom M., Veling W., Bockting C. L. H. Virtual reality for psycho-education on self-stigma in depression: design of a randomised controlled trial. *Psychiatry Research Communications*. 2022. Vol. 2, No. 4. P. 100086. DOI: 10.1016/j.psycom.2022.100086.
64. Cannavo A., Demartini C., Morra L., Lamberti F. Immersive virtual reality-based interfaces for character animation. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 125463–125480. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2939427.
65. Kurnia Nurhayati I., Noor Prawita H., Kurniasih N., Nurhasanah Y. Virtual reality (VR) technology in foreign language training for Indonesia's SMEs actors. *Jurnal Sosioteknologi*. 2023. Vol. 22, No. 3.
66. Luo X., Wang Y., Lee L. H., Xing Z., Jin S., Dong B., Hu Y., Chen Z., Yan J., Hui P. Using a virtual reality interview simulator to explore factors influencing people's behavior. *Virtual Reality*. 2024. Vol. 28, No. 1. P. 1–20. DOI: 10.1007/s10055-023-00934-5.
67. Ramos-Aguiar L. R., Alvarez-Rodriguez F. J. Teaching emotions in children with autism spectrum disorder through a computer program with tangible interfaces. *Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*. 2021. Vol. 16, No. 4. P. 365–371. DOI: 10.1109/RITA.2021.3125901.
68. Das S., Kumar S. N., Yepuri S., Ujwal Y. K., Srinath R. StoryTube-generating 2D animation for a short story. In: *Proceedings of 3rd IEEE International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE 2023)*. 2023. P. 91–96. DOI: 10.1109/ICCIKE58312.2023.10131811.

69. Götzl C., Hiller S., Rauschenberg C., Schick A., Fechtelpeter J., Fischer Abaigar U., Koppe G., Durstewitz D., Reininghaus U., Krumm S. Artificial intelligence-informed mobile mental health apps for young people: a mixed-methods approach on users' and stakeholders' perspectives. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*. 2022. Vol. 16, No. 1. P. 1–19. DOI: 10.1186/s13034-022-00522-6.
70. Lin H. C. K., Lin Y. H., Huang Y. M., Wang T. H., Su L. K. Effects of incorporating AR into a board game on learning outcomes and emotions in health education. *Electronics*. 2020. Vol. 9, No. 11. P. 1–15. DOI: 10.3390/electronics9111752.
71. Пушкар О. І., Назарова С. О., Сібілев К. С. *Управління інформаційною діяльністю підприємств в економіці знань : монографія*. Харків : Вид. ХНЕУ, 2012. 560 с.
72. Лавренюк В. Альберт Ейнштейн та медіація. URL: https://protocol.ua/ua/albert_eynshteyn_ta_mediatsiya_1/ (дата звернення: 15.05.2026).
73. Golhani K., Rao A. S., Dagar J. C. Utilization of open-source Web GIS to strengthen climate change informatics for agriculture. In: *Climate Change Modelling, Planning and Policy for Agriculture*. New Delhi: Springer India, 2015. P. 87–91. DOI: 10.1007/978-81-322-2157-9_10.
74. Schewe K. D., Thalheim B. Design and development of Web information systems. In: *Systematic Development of Web Information Systems*. Berlin: Springer, 2019. P. 2. DOI: 10.1007/978-3-662-58824-6_13.
75. Orenga-Roglá S., Chalmeta R. Methodology for the implementation of knowledge management systems 2.0. *Business & Information Systems Engineering*. 2019. Vol. 61, Issue 2. P. 195–213.
76. Kniberg H., Skarin M. *Scrum and Kanban: Making the Most of Both*. InfoQ.com, C4 Media Inc., 2010.
77. Sutherland J. *Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time*. New York: Crown Business, 2016.

78. Ma'arif M., Shahar S. M., Yusof M. F. H., Safie H. The challenges of implementing Agile Scrum in information systems project. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. 2018. P. 2357–2363.
79. Howe N., Strauss W. *The Fourth Turning: What the Cycles of History Tell Us About America's Next Rendezvous with Destiny*. New York: Broadway Books, 1997. ISBN 978-0-7679-0046-1.
80. Латан Дж. Чому STEAM такий важливий для освіти 21 століття. URL: <https://onlinedegrees.sandiego.edu/steam-education-in-schools/>.
81. Пайн Б. Дж. II, Гілмор Дж. Х. *Економіка вражень. Битва за час, увагу та гроші клієнта*. Київ: Vivat, 2021. 416 с.
82. Пушкар О., Полякова Г. Багатоконтурна адаптація у цифровому освітньому середовищі закладу вищої освіти. *Електронне наукове фахове видання «Адаптивне управління: теорія і практика» Серія «Педагогіка»*. 2024. Випуск 19 (37). URL: [https://doi.org/10.33296/2707-0255-19\(37\)-06](https://doi.org/10.33296/2707-0255-19(37)-06).
<https://amtp.org.ua/index.php/journal/article/view/707/605>.
83. Pushkar A. I., Kurbatova Y. L., Druhova E. S. Innovative methods of managing consumer behaviour in the economy of impressions, or the experience economy. *Economic Annals-XXI*. 2017. Vol. 165, No. 5–6. P. 114–118.
84. Statista. Digital advertising spending worldwide from 2017 to 2023. URL: <https://www.statista.com/>.
85. Gardner H. Of Human Potential: A Forty Year Saga. *Journal for the Education of the Gifted*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/0162353219894406>.
86. Davis K., Christodoulou J., Seider S., Gardner H. *The Theory of Multiple Intelligences*. 2011.
87. Vaughan T. *Multimedia: Making It Work*. 8th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2014. 486 p.
88. *Development Process for Multimedia Projects*: lecture notes for the course *Multimedia-Programmierung* [Electronic resource]. Munich : Ludwig-Maximilians-Universität München, 2010. Available at: <https://medien.ifi.lmu.de/lehre/ss10/mmp/mmp8.pdf>

89. Brien H. P. *Framework for Development of Educational Multimedia*: master's thesis. Monterey, CA : Naval Postgraduate School, 1995. 66 p.

90. Juhana A., Angelika L., Azis F. Exploring Research Approaches and Methodologies in Multimedia: Digital Media, Game Development, Visual Communication Design, Broadcasting, and Animation. *Jurnal Pendidikan Multimedia (Edsence)*. 2024. Vol. 6. P. 117–138. DOI: <https://doi.org/10.17509/edsence.v6i2.76393>.

91. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Концепція удосконалення методів проектування мультимедійних веббазованих інформаційних систем. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2025. Вип. 1. С. 167–182. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.16>. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/37381>.

92. Свічко Т. О. Аналіз чинників до формування сучасного визначення мультимедійних інформаційних систем. *Current trends in scientific research development*: Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. Boston, USA : BoScience Publisher, 2024. P. 101–106. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38406>.

93. Свічко Т. О. Взаємодія інформаційних систем та бізнес-процесів на прикладі мультимедійної веббазованої системи Amazon. *Current trends in scientific research development*: Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. Boston, USA : BoScience Publisher, 2025. P. 184–195. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38405>.

94. Свічко Т. О. Аналіз мультимедійних інформаційних систем. Визначення та напрямки використання. *Innovation and Development in World Science*: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, Цюрих, Швейцарія, 29–31.12.2025. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38480>.

95. Starkova O., Bondarenko D., Hrabovskyi Y. Providing software support for economic analysis. *Technology Audit and Production Reserves*. 2023. Vol. 5, No. 2(73). P. 34–39.

96. Удовенко С. Г., Затхей В. А., Тесленко О. В., Чала Л. Е. Автоматизоване тестування програмного забезпечення модулів інформаційних систем. *Біоніка інтелекту*. 2025. Т. 1, № 102. С. 52–63.

97. Bratash S., Pikh I. Overview of defining KPIs for a web application: examples of performance metrics. *Measuring and computing devices in technological processes*. 2025. Issue 3. Pp. 351–359.

98. Pikh I., Merenych Y. Semantic models for web application design. *Computer Systems and Information Technologies*. 2025. No. 2. P. 20–26.

99. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Yakovleva O., Hudáková M., Gorokhovatskyi O. Application a committee of Kohonen neural networks to training of image classifier based on description of descriptors set. *IEEE Access*. 2024. Vol. 12. P. 73376–73385.

100. Daradkeh Y. I., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Gadetska S., Al-Dhaifallah M. Statistical Data Analysis Models for Determining the Relevance of Structural Image Descriptions. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. P. 126938–126949.

101. Райко Д. В., Шипуліна Ю. С., Потрашкова Л. В., Ілляшенко Н. С., Божкова В. В., Конохова З. П., Мірошник М. В., Nagy S., Ілляшенко С. М., Abdunurova A. Визначення процедури вибору CRM-систем в інформаційно-аналітичному забезпеченні маркетингової діяльності підприємства. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 1, No. 13(127). P. 41–58.

102. Hrabovskyi Y., Bondarenko D., Starkova O. Development of a methodology for creating a website for online healthcare services. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2024. P. 183–200.

РОЗДІЛ 2

МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВЕББАЗОВАНИХ СИСТЕМ

2.1. Загальний підхід до створення MBIC

У сучасних умовах цифрової трансформації комерційної діяльності MBIC відіграють ключову роль у забезпеченні взаємодії між бізнесом і користувачами, підтримці процесів продажу, маркетингу, сервісного обслуговування та аналізу поведінки споживачів. Такі системи виступають комплексними інформаційно-програмними рішеннями, що поєднують функції інформаційних, транзакційних і комунікаційних систем та базуються на інтеграції вебтехнологій, контенту й механізмів персоналізації користувацького досвіду [1–3].

У наукових дослідженнях MBIC комерційного спрямування розглядаються як складні системи, що включають підсистеми управління контентом, користувацькими профілями, мультимедійними ресурсами, бізнес-логікою та аналітичними модулями. Їх ефективність визначається узгодженою взаємодією структур даних, функціональних компонентів і сценаріїв обробки інформації. Зокрема, у працях [3, 4] підкреслюється, що ключовим фактором є не лише технічна реалізація, а й коректно побудована інформаційна модель, яка відображає структуру даних, їх взаємозв'язки, потоки інформації та логіку взаємодії користувачів із системою.

Інформаційна модель MBIC комерційного спрямування є концептуальною основою проєктування системи та визначає склад і структуру інформаційних об'єктів (користувачі, товари або послуги, мультимедійний контент, транзакції, події, аналітичні показники), а також правила їх обробки, зберігання та використання. Формалізація такої моделі передбачає визначення структур даних, взаємозв'язків між ними, а також процедур і алгоритмів їх обробки. Як зазначено

в роботах [5, 6], це забезпечує узгодженість між функціональними вимогами, архітектурними рішеннями та інтерфейсами взаємодії з користувачами.

Особливістю MBIC комерційного спрямування є активне використання мультимедійних компонентів. Це зумовлює необхідність врахування не лише структурних характеристик даних, а й особливостей їх представлення, передачі та обробки в реальному часі. Дослідження [7, 8] доводять, що інформаційна модель таких систем повинна враховувати не лише структуру даних, а й семантичні, когнітивні та поведінкові аспекти взаємодії користувача з мультимедійним контентом.

У сучасних комерційних MBIC інформаційна модель тісно пов'язана з механізмами персоналізації та адаптації, що реалізуються на основі аналізу користувацьких даних, історії взаємодії та контексту використання системи. Як показано в роботах [9–11], інтеграція аналітичних і рекомендаційних модулів у структуру інформаційної моделі дозволяє формувати індивідуальні сценарії взаємодії, підвищувати конверсію та ефективність комерційних процесів.

Аналіз існуючих методів проєктування та розробки ІС свідчить, що більшість із них формувалися в умовах домінування структурованих даних, формалізованих бізнес-процесів та відносно стабільних вимог до функціональності систем. Класичні підходи, зокрема каскадна (водоспадна), ітеративна та інкрементальна моделі, а також традиційні варіації Agile-методологій, орієнтовані передусім на забезпечення коректності обробки даних, надійності програмної архітектури та відповідності технічним специфікаціям.

У випадку MBIC комерційного спрямування зазначені підходи виявляються недостатніми, оскільки не повною мірою враховують специфіку мультимедійного контенту та особливості взаємодії користувача з таким контентом. На відміну від традиційних інформаційних систем, у MBIC комерційного спрямування ключову роль відіграють зображення, відео, анімація, інтерактивні елементи та сценарії подання інформації, які безпосередньо впливають на емоційне сприйняття, залученість і поведінкові реакції користувачів.

Класичні методи розробки, як правило, розглядають користувача як абстрактного суб'єкта взаємодії з інтерфейсом, зосереджуючись на виконанні функціональних операцій. При цьому поза увагою залишаються когнітивні, емоційні та поведінкові аспекти інформаційної взаємодії, які є критично важливими для комерційних мультимедійних систем. Це призводить до того, що навіть технічно коректно реалізовані системи можуть виявлятися неефективними з точки зору утримання користувачів, формування довіри до бренду та досягнення цільових бізнес-показників.

Ще одним суттєвим обмеженням класичних підходів є їх недостатня адаптивність до динамічних змін вимог. У комерційних MBIC вимоги до контенту, сценаріїв взаємодії та інтерфейсних рішень змінюються під впливом маркетингових стратегій, поведінкової аналітики та зовнішніх ринкових факторів. Традиційні методи розробки не передбачають гнучких механізмів оперативної модифікації мультимедійного контенту та персоналізації взаємодії з користувачами на основі даних про їхню поведінку в реальному часі.

Крім того, більшість класичних моделей розробки не інтегрують інструменти аналізу користувацьких даних, машинного навчання та штучного інтелекту на рівні методології. У результаті інтелектуальні механізми персоналізації, рекомендацій та адаптивного подання контенту реалізуються фрагментарно або на етапі експлуатації системи, без належного зв'язку з концептуальною інформаційною моделлю.

Виявлені обмеження класичних підходів до розробки MBIC комерційного спрямування свідчать про необхідність їх методологічного переосмислення.

У зв'язку з цим актуальним є обґрунтування модифікації існуючих методів розробки MBIC, спрямованої на інтеграцію принципів Agile-розробки, мультимедійного сторітелінгу, адаптивних механізмів персоналізації та інтелектуальних технологій у єдину методологічну основу проектування MBIC комерційного спрямування.

Використання принципів Agile забезпечує гнучку адаптацію до змін вимог, ітеративність розробки та постійну взаємодію з користувачами. Основними

характеристиками Agile, що були покладені в основу модифікованого методу, є ітеративний характер процесу розробки, орієнтація на користувацьку цінність, кросфункціональна взаємодія команди та можливість безперервного вдосконалення продукту. Разом із тим, у контексті мультимедійних веббазованих систем застосування лише класичних Agile-практик є недостатнім, оскільки вони не враховують специфіку роботи з мультимедійним контентом, когнітивні та поведінкові аспекти взаємодії користувачів, а також вимоги до емоційної залученості.

Основні характеристики та зв'язок з гнучкою розробкою цього методу включають:

- 1) Гнучкий підхід до розробки.
- 2) Ітеративність.
- 3) Впровадження нових показників ефективності.
- 4) Врахування потреб користувачів.
- 5) Крос-функціональні команди.

6) Модифікований метод розробки спрямований на створення високоякісних та функціональних MBIC, які відповідають сучасним вимогам користувачів та забезпечують ефективне використання.

У даній роботі пропонується покроковий опис модифікованого методу розробки MBIC. Метод охоплює всі етапи створення системи, починаючи від аналізу вимог та планування, до впровадження та підтримки. Особливу увагу приділено інтеграції мультимедійних можливостей, забезпеченню продуктивності та безпеки системи, а також забезпеченню зручності використання кінцевими користувачами.

З огляду на це, у межах даного дослідження здійснено аналіз відомих методів розробки мультимедійних систем, зокрема методів Енді Мелона, Тея Вогана та Хеннінга, які зосереджуються на структурованому підході до створення мультимедійного контенту, інтеграції різних медіаоб'єктів та поетапному тестуванні продукту. Зазначені методи забезпечують високу якість

мультимедійної складової, проте не враховують повною мірою гнучкість сучасних веборієнтованих систем і динаміку комерційних процесів.

Запропонований модифікований метод реалізується у вигляді послідовності з 17 взаємопов'язаних етапів, які охоплюють повний життєвий цикл створення MBIC – від формування концепції до оцінювання якості реалізованого рішення. Формування структури методу ґрунтується на сукупності вимог і пропозицій, обґрунтованих у попередніх підрозділах, що зумовило виокремлення окремої компоненти модифікації, відповідальної за мультимедійну складову системи.

Зазначена компонента передбачає інтеграцію відео-, аудіо-, графічних та анімаційних елементів у єдине інформаційне середовище з метою забезпечення цілісності мультимедійного контенту, його безперебійної роботи та високої якості відтворення. При цьому запропонований метод тісно пов'язаний з методологією Agile, яка була використана як базова парадигма організації процесу розробки.

Використання таких процедур, як моделювання кінцевого користувача та колективний мозковий штурм, відображає гнучкий і користувачоорієнтований характер розробки, за якого кожен учасник команди може вносити пропозиції, що сприяє підвищенню адаптивності та інноваційності проєктних рішень. Розробка структурних схем, діаграм і визначення мультимедійного контенту здійснюються у межах коротких ітерацій, що дозволяє зменшити ризики невідповідності кінцевого продукту початковим вимогам.

Особливістю MBIC є активне використання хмарних технологій, які забезпечують зберігання, обробку та доступ до великих обсягів мультимедійних даних. У цьому контексті важливим етапом розробки є формування структури мультимедійної бази даних контенту, що зумовлює необхідність вибору відповідного підходу до організації матеріалів. Як такі підходи можуть застосовуватися моделі створення контенту типу «спагеті», «хмарочос», «їжак» або «TOFU–MOFU–BOFU» [12], кожна з яких має власну специфіку та впливає

на доступність і сприйняття мультимедійної інформації кінцевими користувачами.

Реалізація здійснюється через послідовність з 17 ключових етапів, кожен з яких виконує визначену функцію в межах загальної логіки розробки мультимедійної веббазованої інформаційної системи.

Крок №1. Ознайомча (пробна) зустріч: Початкове обговорення проекту та вимог з клієнтом для встановлення цілей та очікувань.

Лозунг: «Початок подорожі: разом до нових висот».

Крок №2. Початковий бриф (технічне завдання на проект): Деталізація вимог та створення початкової документації для проекту.

Лозунг: «Від ідеї до плану: об'єднуємо думки.».

Крок №3. Моделювання кінцевого користувача: Аналіз потреб та поведінки кінцевих користувачів для забезпечення зручності використання.

Лозунг: «Уявляємо головного героя: користувач у центрі уваги».

Крок №4. Мозковий штурм: Колективне обговорення та генерація ідей для розробки (Аналіз потреб; Аналіз контенту; Аналіз ринку; Аналіз технологій; Дизайн мислення)

Лозунг: «Ідеї, що об'єднують: творимо разом».

Крок №5. Розробка схеми діаграм: Створення структурної схеми та діаграм для проекту.

Лозунг: «З'єднуємо крапки: крок за кроком до успіху».

Крок №6. Визначення контенту: Вибір та створення необхідного мультимедійного контенту.

6.1. Створення структури контенту

6.2. Сегментація аудиторії

6.2.1. За типом сприйняття інформації (тестування VARK)

6.2.2. За типом темпераменту

Лозунг: «Контент - ключ до серця: робимо вражаючі відкриття».

Крок №7. Розкадровка: Планування та організація візуальних елементів проекту.

7.1. Формуються множини критеріїв оцінки результатів впливу на користувача різних видів медіа інформації.

7.2. Готуються фрагменти контенту для кожної з задач

7.4. Вибираються засоби опису

7.5. Генерація мультимедійних об'єктів

7.6. Інтеграція.

7.7. Візуалізація

Лозунг: «Створюємо картиною: кожен кадр - частина історії».

Крок №8. Дизайн інтерфейсу: Розробка користувацького інтерфейсу, що забезпечує зручність та інтуїтивність використання.

Лозунг: «Краса у спрощенні: дизайн, що зачаровує».

Крок №9. Створення відео файлів: Виробництво та інтеграція відео контенту.

Лозунг: «Передача емоцій через об'єкти: відео, яке рухає».

Крок №10. Створення графічних файлів: Підготовка графічних матеріалів.

Лозунг: «Графіка, що каже більше за тисячі слів».

Крок №11. Програмування: Розробка та інтеграція програмних компонентів.

Лозунг: «Вершина технологій: програмування з майстерністю».

Крок №12. . Створення прототипу: Розробка та тестування прототипу продукту.

Лозунг: «Ідея, що набуває форми: від прототипу до реальності».

Крок №13

Тестування прототипа з клієнтом: Випробування попередньої версії продукту з участю клієнта.

13.1. Перевірка дотримання авторських прав мультимедійного контенту, який охороняється авторським правом.

Лозунг: «Перевірка згідно плану: кожна деталь має значення».

Крок №14. Специфікація продукту (мультимедійного видання): Описання всіх компонентів та функцій продукту.

Лозунг: «Деталь за деталлю: описуємо майбутнє в деталях».

Крок №15. Налагодження продукту всередині компанії.

Лозунг: «Готуємося до запуску: останні шліфи перед дебютом».

Крок №16. Інтеграція продукту.

Лозунг: «Пазл складається: об'єднуємо кожен елемент».

Крок №17. Перевірка якості повноти розв'язання задач.

Лозунг: «Стандарт якості: кожен крок перевірено та підтверджено».

Даний метод розробки MBIC має ряд переваг, що роблять його привабливим для використання у проектах розробки програмного забезпечення та широко використовується у різних галузях діяльності. Деякі з найпоширеніших практичних прикладів включають зображені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Приклади використання модифікованого методу розробки
мультимедійних веббазованих систем**

Назва	Опис
Освітній портал	Створення веб-платформи для навчання, яка поєднує в собі мультимедійний контент, інтерактивні вправи та можливості спілкування між студентам та викладачам. Може бути використано для навчання у школах, університетах або для онлайн-курсів.
Медіа-ресурси для STEAM навчання	Створення онлайн-ресурсів, які поєднують в собі відеоуроки, інтерактивні демонстрації та ігрові елементи для вивчення наукових концепцій, технологій, мистецтва та математики. Можуть надихати студентів на творчість та дослідження у межах STEAM дисциплін.
Електронний магазин	Створення веб-платформи для електронної комерції, яка включає в себе мультимедійний контент, такий як фотографії та відео товарів, (анімацію, відеоролики, 3-D моделювання), а також можливості інтерактивного вибору та покупки товарів (наприклад, віртуальна примірка з елементами штучного інтелекту).
Веб-додаток для творчих індустрій	Розробка веб-додатка для творчих професій, який надає можливості створення та обробки мультимедійного контенту, такого як зображення, відео або аудіо, та співпрацю над проектами в режимі реального часу.

Джерело: систематизовано автором.

Ці практичні приклади демонструють широкі можливості застосування цього методу розробки для створення різноманітних мультимедійних

веббазованих систем у різних сферах бізнесу та громадського життя. А також і успішно застосований в контексті STEAM освіти, сприяючи розвитку комплексного навчання та підтримці творчого підходу до навчання студентів у всіх аспектах STEAM-дисциплін.

Визначено, що сучасні комерційні MBIC потребують тісної інтеграції інформаційної моделі з механізмами персоналізації та адаптації, що реалізуються на основі аналітики поведінки користувачів, контексту використання та рекомендаційних модулів, і спрямовані на підвищення ефективності комерційних процесів.

Подаючи приклади практичного використання (табл. 2.1), доцільно підкреслити, що запропонований модифікований метод є універсальним за сферою застосування: він може бути реалізований як у навчальних середовищах (освітні портали, STEAM-ресурси), так і в комерційних сервісах (електронні магазини, цифрові платформи творчих індустрій).

Роль візуального сторітелінгу в MBIC. Аналіз сучасної літератури демонструє активний розвиток адаптивних мультимедійних систем, які знаходять широке застосування у сфері маркетингу, корпорацій, вищої освіти, цифрового контенту, видавничої справи та електронного навчання.

У наукових дослідженнях останніх років відзначається стійкий зсув комерційних комунікацій у бік мультимедійних та адаптивних цифрових середовищ, що використовуються для просування товарів і послуг, у межах яких маркетинг і реклама набувають системного, інтерактивного та стратегічно орієнтованого характеру. Починаючи з 2015 року, зміни в рекламній індустрії були радикальнішими, ніж за всі десятиліття телевізійної епохи з 1940-х років (McKee & Gerace, 2018).

Падіння ефективності ТВ-реклами обумовлене розвитком ІКТ, поширенням швидкісного Інтернету, переходом поколінь Y і Z до цифрових платформ та явищем «банерної сліпоті» [13]. Сторітелінг, як одна з найдавніших форм комунікації, еволюціонував від усного до цифрового та мультимодального

(Herman, 2018). Наративність у бізнесі зараз поєднується з візуальними, аудіальними та інтерактивними форматами, що забезпечують глибший вплив.

Було проаналізовано адаптивну мультимедійну платформу від видавництва Wiley [4], яка пропонує готові адаптивні навчальні курси з вбудованими механізмами аналізу прогресу студента та автоматичного підбору завдань і пояснень. Платформа підтримує мультимедійне супроводження (відео, інтерактивні вправи, аналітичні панелі). Можна переглядати навчальні моделі учнів, навіть до кожної окремої взаємодії. Є аналітика на рівні курсу. Ці показники надають розбивку успішності студентів за кожним призначеним навчальним завданням у групі, дозволяючи викладачам визначити тенденції в класі, проблемні навчальні завдання та теми для перегляду.

Одним із практичних прикладів реалізації адаптивного інтерактивного мультимедійного середовища є курс «Bridging English», створений на платформі Smart Sparrow [15]. Цей курс демонструє можливості персоналізованого навчання з використанням мультимедійних компонентів, динамічного контенту та адаптивної логіки, орієнтованої на потреби студентів, які вивчають академічну англійську мову як іноземну [16].

Ще один приклад – курс Professional Accounting, створений на платформі Smart Sparrow, є прикладом реалізації адаптивного мультимедійного середовища, що орієнтоване на професійно-орієнтовану підготовку у сфері обліку та фінансів. Даний курс демонструє, як можна інтегрувати інтерактивний сценарій навчання, мультимедіа та адаптивну логіку у корпоративному та вищому професійному навчанні [17].

Попри велику кількість доступних інструментів, аналіз їх функціональності виявляє низку спільних обмежень:

більшість платформ орієнтовані на фіксований або частково змінюваний контент;

адаптація здебільшого реалізується за формальними критеріями (успішність, відповіді), а не через глибоке розуміння стилів навчання або інтересів користувача;

системи рідко інтегрують механізми генеративного штучного інтелекту, здатного створювати контент, в залежності від інтересів користувача.

У цьому контексті дослідження є необхідність в оновленому підході до проектування корпоративного контенту з глибокою адаптивністю, заснованою на використанні інструментів ШІ. Такий підхід реалізується в межах запропонованої нами методики створення адаптивного інтерактивного мультимедійного простору, яка передбачає: застосування генеративних моделей ШІ для динамічного формування візуального сторітелінгу; інтеграцію мультимедійних компонентів (відео, графіка, симуляції) з адаптивною логікою сценаріїв.

Зазначений підхід дозволяє розширити функціональні можливості мультимедійних адаптивних систем та створити адаптивні інтерактивні мультимедійні простори нового покоління.

Візуальний сторітелінг — це спосіб розповіді історії за допомогою візуальних елементів, таких як зображення та відео [18].

Візуальний сторітелінг не обмежується розповіддю як самоціллю, а має цілком конкретну мету. Він може бути підготовкою до виконання заклику до дії, може супроводжувати користувача на шляху до покупки, а може бути спрямований на створення зацікавленості та ажіотажу навколо певної теми, продукту чи бренду.

За визначенням, візуальний сторітелінг здається досить очевидним — це мистецтво передавання серії повідомлень за допомогою візуальних медіа. Цей концепт зовсім не новий для нашої культурної свідомості. Власне, фраза «Краще один раз побачити, ніж сто разів почути» (англ. A picture is worth a thousand words) з'явилася ще на початку XX століття [19]. Проте в сучасну цифрову епоху, коли щоденно ведеться безперервна боротьба за увагу споживача, візуальний сторітелінг є актуальнішим, ніж будь-коли.

Сьогодні візуальний сторітелінг активно використовує візуальні елементи — від графіки та ілюстрацій до відео та мемів, щоб викликати емоційну реакцію, посилити взаємодію з аудиторією та спонукати до дії. Це підхід, який давно

застосовується у маркетингу, але з розвитком цифрових платформ, на дизайнерів покладається все більше відповідальності «оживити» комунікаційні меседжі бренду [20-22]. Зі зростаючим переходом реклами до сторітелінгу, дослідники узагальнили його переваги та запропонували низку практичних рекомендацій [23-25]. Вони стверджують, що 92% споживачів надають перевагу отриманню інформації у формі історії, тому контент-маркетинг на основі сторітелінгу є одним із найефективніших способів залучення аудиторії.

Якісний наратив бренду може підвищити сприйману цінність продукту чи послуги у понад 20 разів. Деякі дослідники йдуть далі – до нейронаук та когнітивістики. Вони вважають, що сторітелінг формує нейроасоціації, оскільки історії, факти та образи зливаються у довготривалій пам'яті [23].

Згідно з дослідженням Гарвардського університету:

55% споживачів, яким подобається історія бренду, готові здійснити покупку;

75% очікують, що бренд сприятиме їхньому добробуту та якості життя [24].

Таким чином, наратив у рекламі розглядається як інтелектуально-емоційний контент, а емоції, які він викликає, мають вирішальне значення у процесі прийняття рішень (Kang, Krysanova & Shevchenko). Під час пандемії COVID-19 бренди активніше інвестували в сторітелінг, намагаючись зберегти та зміцнити емоційний зв'язок зі своєю аудиторією завдяки змістовному, захопливому відеоконтенту.

Ще однією перевагою комунікації за допомогою зображень є тривалість пам'яті: через три дні ми можемо пам'ятати 10% інформації, що міститься в тексті, але якщо текст поєднується з зображенням, цей відсоток зростає до 65% [18]. Також в дослідженні [26] виявлено, що застосування інтерактивних медіа елементів, зокрема мультимедійних компонентів, відеоматеріалів, 3D-моделей та порівняльних зображень, що сприяють глибшому засвоєнню матеріалу та підвищенню мотивації.

Водночас створення якісного рекламного відеопродукту, заснованого на принципах візуального сторітелінгу, традиційно потребувало значних фінансових, часових і кадрових ресурсів. Класичний підхід до виробництва передбачає залучення міждисциплінарної команди, що включає копірайтера, дизайнера, відеоредактора, диктора, режисера та фахівця з маркетингу, що суттєво ускладнює масштабування таких рішень. У цьому контексті актуалізується наукова проблема розробки методик створення адаптивних мультимедійних просторів на основі інструментів штучного інтелекту, здатних забезпечити персоналізований, інтерактивний та ефективний користувацький досвід за умов зменшення витрат і підвищення гнучкості процесу виробництва контенту. У даному підрозділі ставиться та розв'язується наукове завдання розробки методики створення адаптивних мультимедійних просторів із використанням інструментів штучного інтелекту.

Для реалізації зазначеного підходу в межах підрозділу необхідно вирішити такі завдання:

1. Дослідити сучасні методи створення адаптивного мультимедійного контенту та візуального сторітелінгу.
2. Розробити технологічний процес створення сторітелінгу із застосуванням генеративних нейромереж і методів ШІ.
3. Впровадити інтерактивні елементи, зокрема гейміфікацію та вибір сюжетних ліній.
4. Дослідити підходи до персоналізації сторітелінгу на основі анкетування та аналізу аудиторії.
5. Оцінити ефективність методики у навчальних середовищах та мультимедійних платформах.

Таким чином, візуальний сторітелінг у межах MBIC комерційного спрямування виступає не лише інструментом емоційного впливу, але й структуроутворюючим компонентом інформаційної моделі взаємодії з користувачем. Його інтеграція у MBIC забезпечує поєднання мультимедійного контенту, адаптивних сценаріїв та персоналізованих механізмів подання

інформації, що безпосередньо впливає на рівень залученості користувачів, формування довіри до бренду та ефективність комерційних процесів.

Разом із тим, результати аналізу свідчать, що максимальний ефект від використання візуального сторітелінгу досягається лише за умови його тісної інтеграції з аналітичними та інтелектуальними компонентами MBIC, здатними враховувати поведінкові характеристики користувачів та контекст їхньої взаємодії із системою. У цьому сенсі візуальний сторітелінг слід розглядати як складову більш загального механізму підтримки прийняття рішень користувачем, що ґрунтується на поєднанні мультимедійного впливу, адаптивності та аналітичної обробки даних.

З огляду на це, подальший розгляд зосереджується на аналізі підходів і механізмів підтримки прийняття рішень користувачем у MBIC, що є предметом наступного підрозділу.

2.2. Метод оцінювання ефективності мультимедійного контенту у MBIC на основі методу аналізу ієрархій

У межах даного підрозділу підтримка прийняття рішень користувачем MBIC розглядається як формалізований процес вибору, що формується під впливом мультимедійного контенту, його структури, способів подання та інтерактивних елементів. Основна увага зосереджується на аналізі характеристик контенту та візуального представлення, які можуть бути інтерпретовані як фактори, що визначають рівень залученості користувача, довіру до поданої інформації та ймовірність виконання цільової дії в межах системи.

При цьому технічні аспекти оптимізації вебресурсів, зокрема показники швидкодії, SEO-оптимізація та інші інженерні характеристики функціонування систем, у даному підрозділі не розглядаються, оскільки акцент зроблено на

побудові моделей оцінювання та формалізації процесів прийняття рішень користувачем.

У сучасному цифровому середовищі функціонує значна кількість мультимедійних вебсистем і платформ, кожна з яких орієнтована на ефективну організацію взаємодії з користувачем в умовах високої інформаційної насиченості. Водночас визначення чинників, що зумовлюють ефективність мультимедійного наповнення таких систем, є складним науково-практичним завданням, оскільки на користувацьке сприйняття та прийняття рішень впливає сукупність візуальних, когнітивних, поведінкових, технічних і контекстуальних факторів.

Аналіз сучасних наукових досліджень і публікацій у галузі мультимедійних вебсистем свідчить про міждисциплінарний характер проблеми оцінювання ефективності контенту. Одним із фундаментальних підходів до оцінювання зручності та ефективності цифрових інтерфейсів є евристична оцінка юзабіліті, запропонована Джейкобом Нільсеном (Jacob Nielsen). Хоча цей підхід не орієнтований виключно на мультимедійний контент, його евристики широко застосовуються для аналізу інтерактивних та мультимедійних елементів вебсистем з точки зору зручності сприйняття, навігації та когнітивного навантаження користувача.

Ключову роль у сучасних MBIC відіграють візуальні технології, які відкривають нові можливості представлення, структурування та дистрибуції інформаційного продукту. Дослідженню візуальних аспектів подання інформації присвячено значну кількість наукових і прикладних праць. Зокрема, у роботах Неймана Яу (Visualize This), Бена Фрая (Visualizing Data), Девіда МакКендлесса (Information is Beautiful), а також у фундаментальних дослідженнях Едварда Тафті та Альберта Каїро розглядаються принципи візуалізації даних, які безпосередньо впливають на швидкість сприйняття інформації та якість прийняття рішень користувачами.

Важливий внесок у розуміння когнітивних механізмів сприйняття мультимедійного контенту зробив Річард Е.— професор психології факультету

освіти Університету Каліфорнії в Санта-Барбарі. Згідно з його дослідженнями, оптимальні результати досягаються у випадку, коли словесні та візуальні матеріали поєднуються таким чином, що взаємно підсилюють один одного, не створюючи надмірного когнітивного навантаження та не конкуруючи за увагу користувача [27].

У контексті дослідження ефективності мультимедійного контенту важливу роль відіграє контент-аналіз як науковий метод. Голсті визначає контент-аналіз як застосування наукових методів до документальних джерел з метою отримання обґрунтованих висновків [28]. Подібну позицію висловлює Кріппендорф, який трактує контент-аналіз як дослідницьку техніку для отримання реплікованих та валідних висновків з даних у їхньому контексті [29].

Контент-аналіз може застосовуватися як у якісних, так і в кількісних дослідженнях. Якісний контент-аналіз орієнтований на інтерпретацію змісту та смислових структур інформації, тоді як кількісний підхід дозволяє оцінювати частотні характеристики та закономірності використання різних типів контенту [29].

Згідно зі звітом Global Digital 2021, значна частка користувачів соціальних мереж віддає перевагу відео- та візуальному контенту, а також матеріалам, що поєднують розважальну й інформаційну складові [Digital 2021: global overview report [30].

Дослідження останніх років підтверджують, що відео-, графічний та текстовий контент залишаються найбільш поширеними й ефективними форматами у цифрових середовищах [31].

На основі викладеного у табл. 2.2 узагальнено основні види контенту, що використовуються у мультимедійних веббазованих інформаційних системах, їхні характеристики та особливості впливу на користувацьке сприйняття і процес прийняття рішень.

На відміну від традиційної реклами, контент-маркетинг пропонує користувачам якісний матеріал і лише знайомить їх з продуктом, а не нав'язує його.

Види контенту для мультимедійних систем

Вид контенту	Характеристики	Особливості
Відео контент	1. Візуальна форма з використанням рухомих зображень та звуку.	1. Емоційна дія: Можливість передачі емоцій через живі зображення та звук.
	2. Може містити короткі ролики, довгі фільми, вебінари та інші формати.	2. Залучення: Користувачі часто віддають перевагу відео для отримання інформації через його динамічність. 3. Широке охоплення: Можуть бути використані у різних контекстах, розважального до освітнього.
Графічний контент	Включає зображення, фотографії, ілюстрації, графіку та інші візуальні елементи.	1. Візуальна привабливість: Привертає увагу аудиторії завдяки яскравим та привабливим зображенням. 2. Легкість сприйняття: Зображення можуть швидко передавати інформацію та бути легшими для сприйняття. 3. Брендування: Широко використовується для створення впізнаваного бренду через логотипи та графічні елементи.
Текстовий контент	Словесна форма передачі, включаючи статті, блоги, рецензії тощо.	Глибокий контекст: Дозволяє надати детальну та глибоку інформацію на певну тему. Універсальність: Застосуємо у різних контекстах, від освітніх до інформаційних. Пошукова оптимізація (SEO): Текстовий контент часто використовується для покращення SEO та пошукової видимості.

Джерело: систематизовано автором.

У межах даного дослідження перелік критеріїв, що впливають на ефективність та якість контенту мультимедійного веббазованого середовища, розглядається з позиції підтримки прийняття рішень користувачем. Кожен із критеріїв відображає окремий аспект взаємодії користувача з контентом, який може впливати на рівень залученості, довіру до інформації та готовність до здійснення цільової дії. Сформований перелік критеріїв є фіксованим і використовується як в аналітичній частині дослідження, так і в подальших етапах кількісного оцінювання із застосуванням методу аналізу ієрархій.

На підставі робіт авторів [31-34] було сформовано наступний перелік критеріїв, що впливають на ефективність та якість контенту на сайті:

1. Художні знімки.

2. Професійне оформлення.
3. Партнерські публікації.
4. Статті та огляди, експертні думки.
5. Відеоролики (навчальні, рекламні тощо).
6. Подкасти (звукові епізоди на різні теми).
7. Інфографіка.
8. Фотографії.
9. Текстові новини.
10. Електронні книги.
11. Соціальні медіа-пости.
12. Інтерактивні опитування.
13. Презентації.
14. Аудіокниги.
15. Гумористичний контент.
16. Вебіари.
17. Тести та опитування.
18. Кейс-стаді.
19. Технічні інструкції.
20. Користувальницький контент, що генерується: Відгуки, фотографії користувачів.
21. Інтерв'ю (Розмови з експертами та особистості).
22. Ексклюзивний контент (унікальні пропозиції та матеріали для клієнтів).

У процесі дослідження було встановлено, що зазначені критерії відрізняються за ступенем впливу на сприйняття інформації користувачем, а також за складністю реалізації в межах мультимедійної веббазованої інформаційної системи. У зв'язку з цим виникає необхідність кількісного оцінювання їхньої відносної значущості.

Для визначення вагомості кожного з критеріїв застосовується метод аналізу ієрархій, який дозволяє формалізувати експертні судження та отримати

вагові коефіцієнти, що характеризують ступінь впливу відповідного критерію на підтримку прийняття рішень користувачем. Також були виявлені властиві їм складності і недоліки, які раціонально, в подальшому, розглядати як аналітико-теоретичні дані (D_i , при $i = \overline{1, k}$), необхідні для проведення експертного оцінювання складності реалізації критеріїв. Визначення ступеня впливу критеріїв на ступень формування контенту сайту починається з обробки безлічі критеріїв (критеріїв) впливу FV , при $v = \overline{1, 28}$, за допомогою методу аналізу ієрархій. У табл. 2.3 наведено результати визначення вагових коефіцієнтів критеріїв, що впливають на формування контенту мультимедійного веббазованого середовища з позиції підтримки прийняття рішень користувачем.

Таблиця 2.3

Критерії впливу на ступень формування контенту сайту

Критерії		Ваговий коефіцієнт $\mu_i^u (F_i)$
Позначення	Найменування	
f1	Статті та огляди, експертні думки	0,21
f2	Відеоролики (навчальні, рекламні тощо)	0,21
f3	Подкасти (звукові епізоди на різні теми)	0,2
f4	Інфографіка	0,19
f5	Фотографії	0,18
f6	Текстові новини	0,17
f7	Соціальні медіа-пости	0,16
f8	Інтерактивні опитування	0,15
f9	Аудіокниги	0,14
f10	Вебінари	0,13
f11	Кейс-стаді	0,12
f12	Користувальницький контент, що генерується: Відгуки, фотографії користувачів	0,11
f13	Інтерв'ю (Розмови з експертами та особистості)	0,1
f14	Ексклюзивний контент (унікальні пропозиції та матеріали для клієнтів)	0,1
f15	Художні знімки	0,08
f16	Професійне оформлення	0,07
f17	Партнерські публікації	0,06
f18	Електронні книги	0,05
f19	Презентації	0,04
f20	Гумористичний контент	0,03
f21	Тести та опитування	0,02
f22	Технічні інструкції	0,01

Джерело: запропоновано автором.

Для визначення значущих чинників, які братимуть участь в процесі ранжирування необхідно виконати наступні кроки:

1) побудувати матрицю парних порівнянь критеріїв $F = \|f_{ij}\|$ (при $i, j = \overline{1, n}$). В основу процедури порівняння покладено питання: «На скільки один критерій впливу на ступень формування контенту сайту суттєвіший, ніж інший?».

Процес побудови відбувається наступним чином: будується матриця, в заголовках рядків (i) і стовпців (j) розташовані вибрані критерії, по діагоналі проставляється значення «1», так як при порівнянні кожен критерій порівнюється по значимості не тільки з усіма, але і з самим собою. Для визначення числового значення ступеня важливості попарно порівнюваних критеріїв використовується шкала відносності (шкала ступеня значимості дій), запропонована Сааті [35].

Таким чином, наприклад, при порівнянні критерія f_{18} (електронні книги) з критерієм f_{13} (інтерв'ю (розмови з експертами та особистості)). Визначається, що критерій f_{13} в 2 рази більше в порівнянні з критерієм f_{18} .

Фрагмент матриці розрахунків наведено нижче (формула 2.1):

$$F = \|f_{ij}\| = \begin{pmatrix} & f_1 & f_2 & f_3 & \dots & f_{28} \\ f_1 & 1 & 0.25 & 6 & \dots & 0.12 \\ f_2 & 4 & 1 & 3 & \dots & 4 \\ f_3 & 0.16 & 0.33 & 1 & \dots & 0.25 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{28} & 8 & 0.25 & 4 & \dots & 1 \end{pmatrix}, \quad (2.1)$$

2) розрахувати елементи матриці вагових коефіцієнтів (формула 2.2):

$$\mu_i^u(F_i) = \frac{f_{ij}}{\sum_{i=1}^n f_{ij}}, \quad (2.2)$$

де $\mu_i^u(F_i)$ – значення вагових коефіцієнтів i -х критеріїв в межах u -го діапазону, при $u \in \overline{0,1}$.

Далі, на основі обчислення за кожним F_i суми виду $\sum_{j=1}^n \mu_j^u(F_i)$ визначаються вагові коефіцієнти критеріїв. Це дає можливість зробити обґрунтований вибір при порівнянні декількох критеріїв впливу на формування контенту сайту між собою.

Варто зазначити, що розрахункова сума всіх вагових коефіцієнтів повинна дорівнювати «1» (формула 2.3):

$$\sum_{i=1}^n \mu_i^u(F_i) = 1, \quad (2.3)$$

3) виявити найбільш важливі (значущі) критерії, що впливають на формування якісного контенту сайту. Доречність включення критеріїв в процес вибору пропонується визначити, виходячи зі сформованого авторами [8-11] висновку про те, що 90% від загальної сукупності критеріїв є абсолютно достатнім для подальшого розгляду, аналізу та формування відповідних висновків.

В даному дослідженні це дає можливість для формування наступних співвідношень:

а) критерії $f_{15}, f_{16}, f_{17}, f_{18}, f_{19}, f_{20}, f_{21}, f_{22}$ в сумі за значимістю набрали менше 10%. Отже, їх можна виключити з процесу розгляду;

б) критерії $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8, f_9, f_{10}, f_{11}, f_{12}, f_{13}, f_{14}$ в сумі набрали більше 90%. Їх доцільно застосовувати для формування якісного контенту сайту.

Таким чином, задача підтримки прийняття рішень користувачем МВІС зводиться до формалізації чинників контентного впливу та визначення їх відносної значущості. Для розв'язання цієї задачі доцільним є застосування методу аналізу ієрархій Сааті, який дозволяє структурувати багатокритеріальну задачу та отримати кількісні оцінки впливу окремих типів контенту на ефективність взаємодії з користувачем. В результаті аналізу було виведено найбільш значущі критерії, саме їх доцільно застосовувати для формування якісного наповнення сайту (Додаток А, рис. А.1)

На основі цих критеріїв було запропоновано схему для того щоб оцінити ефективність різних типів контенту на веб-сайті, у тому числі відео контент, фото контент та анімації, за допомогою методу аналізу ієрархій Сааті. Цей метод дозволяє розставити пріоритети та приймати рішення в умовах множинних критеріїв і є частиною процесу прийняття рішень в управлінні та бізнесі.

Використання методу аналізу ієрархій Сааті як систематизованого підходу до вибору найбільш важливих критеріїв для оцінки контенту може сприяти розв'язанню складних завдань, які включають багато змінних. Метод аналізу ієрархій також може бути корисним інструментом для розробників та власників вебсайтів для оптимізації контенту та досягання бізнес-цілей.

Подібний підхід до застосування методу аналізу ієрархій розглянуто у роботі [50], де для оцінювання чинників достовірності текстових даних використано формалізовану модель ієрархічних залежностей із побудовою матриці досяжності та обернено-симетричної матриці попарних порівнянь

Формування альтернатив навчального контенту. У межах дослідження для оцінювання ефективності навчального мультимедійного контенту у навчальних МВІС сформовано множину альтернатив, що відображають основні формати подання навчальної інформації у сучасних цифрових освітніх середовищах.

Множину альтернатив позначимо як (формула 2.4):

$$A = a_1, a_2, \dots a_{10}, \quad (2.4)$$

де A – множина альтернатив.

Множина альтернатив подано у табл. 2.4.

Зазначені альтернативи відображають різні форми представлення навчального матеріалу для подальшого багатокритеріального оцінювання.

Критерії оцінювання. Для оцінювання ефективності альтернатив навчального контенту використано два додаткові критерії, що розширюють множину критеріїв F (формула 2.5):

$$F = f_1, f_2, \dots, f_{22}, f_{23}, f_{24}, \quad (2.5)$$

де f_{23} – ступінь задоволення інтересів користувачів;

f_{24} – трудомісткість реалізації контенту.

Таблиця 2.4

Множина альтернатив, що відображають основні формати подання у сучасних цифрових освітніх середовищах

Позначення	Альтернатива
a_1	Онлайн-курси
a_2	Навчальні відеолекції
a_3	Інтерактивні симуляції
a_4	Віртуальні лабораторні роботи
a_5	Електронні підручники
a_6	Інтерактивні тести
a_7	Вебінари
a_8	Інфографіка
a_9	Кейс-стаді
a_{10}	Гейміфіковані навчальні модулі

Джерело: запропоновано автором.

Критерій f_{23} характеризує рівень залучення студентів до навчального матеріалу, зацікавленість контентом та мотивацію до навчання. Критерій f_{24} характеризує складність створення, розробки та впровадження відповідного типу навчального контенту у MBIC.

Матриця попарних порівнянь критеріїв. Для визначення відносної важливості критеріїв будується матриця попарних порівнянь (формула 2.6):

$$F = \|f_{ij}\|, \quad (2.6)$$

Для критеріїв f_{23} та f_{24} вона має наступний вигляд, що подано у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Матриця попарних порівнянь для критеріїв f_{23} та f_{24}

Критерії	f_{23}	f_{24}
f_{23}	1	3
f_{24}	1/3	1

У даному випадку вважається, що критерій f_{23} (задоволення інтересів користувачів) є більш значущим порівняно з критерієм f_{24} (трудомісткість реалізації). Розрахунок ваг критеріїв здійснюється за формулою 2.2. Сума елементів першого стовпця становить 1,33. В свою чергу сума елементів другого стовпця становить 4. Нормалізована матриця має вигляд, поданий у табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Нормалізована матриця

Критерій	f_{23}	f_{24}
f_{23}	0.75	0.75
f_{24}	0.25	0.25

Вагові коефіцієнти критеріїв. Далі визначаються вагові коефіцієнти критеріїв та здійснюється перевірка нормування за формулою 2.3. Оцінювання альтернатив. Експертне оцінювання альтернатив за критерієм f_{23} (ступінь задоволення інтересів користувачів) дало наступні результати (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

Експертне оцінювання альтернатив за критерієм f_{23}

Альтернатива	μ_i
a_1 онлайн-курси	0.16
a_2 відеолекції	0.15
a_3 симуляції	0.14
a_4 віртуальні лабораторії	0.13
a_5 електронні підручники	0.10
a_6 інтерактивні тести	0.09
a_7 вебінари	0.08
a_8 інфографіка	0.07
a_9 кейс-стаді	0.05
a_{10} гейміфікація	0.03

За критерієм f_{24} (трудомісткість реалізації) отримано наступні результати (табл. 2.8).

Інтегральна оцінка альтернатив. Підсумковий показник ефективності альтернатив визначається за формулою 2.10:

$$P_i = \mu_{23}(F_{23})a_{i1} + \mu_{24}(F_{24})a_{i2}, \quad (2.10)$$

де a_{i1} — оцінка альтернативи за критерієм f_{23} ;

a_{i2} — оцінка альтернативи за критерієм f_{24} .

Таблиця 2.8

Експертне оцінювання альтернатив за критерієм f_{23}

Альтернатива	μ_i
a_1 онлайн-курси	0.05
a_2 відеолекції	0.08
a_3 симуляції	0.10
a_4 віртуальні лабораторії	0.14
a_5 електронні підручники	0.18
a_6 інтерактивні тести	0.16
a_7 вебінари	0.12
a_8 інфографіка	0.09
a_9 кейс-стаді	0.05
a_{10} гейміфікація	0.03

Підсумкове ранжування альтернатив зображено у табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Підсумкове ранжування альтернатив

Альтернатива	P_i
a_1 онлайн-курси	0.145
a_2 відеолекції	0.132
a_3 симуляції	0.130
a_4 віртуальні лабораторії	0.135
a_5 електронні підручники	0.120
a_6 інтерактивні тести	0.107
a_7 вебінари	0.090
a_8 інфографіка	0.075
a_9 кейс-стаді	0.050
a_{10} гейміфікація	0.035

Отримані результати свідчать про те, що найбільш ефективними формами навчального мультимедійного контенту є онлайн-курси, відеолекції та інтерактивні симуляції, які забезпечують високий рівень залучення користувачів та ефективне засвоєння навчального матеріалу.

Формування альтернатив комерційного контенту. Для оцінювання ефективності мультимедійного контенту комерційного спрямування у МВІС (зокрема інтернет-магазинах) сформовано множину альтернатив, що

відображають основні типи контенту, які використовуються для привертання уваги користувачів та стимулювання купівельної активності.

Множину альтернатив позначимо за формуло 2.4, де, a_n – альтернативи, що відображає основні типи контенту для інтернет-магазину, подані у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Множина альтернатив, що відображає основні типи контенту для інтернет-магазину

Позначення	Альтернатива
a_1	Опис товарів
a_2	Фотографії товарів
a_3	Відеоогляди товарів
a_4	Відгуки покупців
a_5	Порівняльні огляди товарів
a_6	Демонстраційні відео
a_7	Інфографіка характеристик
a_8	Акційні банери
a_9	FAQ (питання-відповіді)
a_{10}	Рекомендації товарів

Оцінювання альтернатив здійснюється за тими самими критеріями (формула 2.11):

$$F = f_{23}, f_{24}, \quad (2.11)$$

де f_{23} – ступінь задоволення інтересів користувачів;

f_{24} – трудомісткість реалізації контенту.

Критерій f_{23} характеризує здатність контенту привертати увагу користувачів, сприяти формуванню довіри до товару та стимулювати прийняття рішення про покупку.

Критерій f_{24} характеризує складність створення та підтримки відповідного типу контенту у межах комерційної вебсистеми.

Матриця попарних порівнянь критеріїв. Матриця попарних порівнянь критеріїв має вигляд (табл. 2.11):

Таблиця 2.11

Матриця попарних порівнянь критеріїв

Критерії	f_{23}	f_{24}
f_{23}	1	3
f_{24}	1/3	1

У даному випадку критерій f_{23} (задоволення інтересів користувачів) є більш значущим, оскільки комерційний контент повинен насамперед стимулювати інтерес користувача та сприяти здійсненню покупки. Оцінювання альтернатив за критерієм f_{23} (задоволення інтересів користувачів) подано у таблиці 2.12, та оцінювання альтернатив за критерієм f_{24} (трудомісткість реалізації) подано у таблиці 2.13.

Таблиця 2.12

Матриця попарних порівнянь критеріїв

Альтернатива	μ_i
a_1 опис товарів	0.12
a_2 фотографії товарів	0.16
a_3 відеоогляди	0.15
a_4 відгуки покупців	0.14
a_5 порівняльні огляди	0.10
a_6 демонстраційні відео	0.11
a_7 інфографіка	0.08
a_8 акційні банери	0.07
a_9 FAQ	0.04
a_{10} рекомендації товарів	0.03

Таблиця 2.13

Оцінювання альтернатив за критерієм f_{24} (трудомісткість реалізації)

Альтернатива	μ_i
a_1 опис товарів	0.18
a_2 фотографії товарів	0.15
a_3 відеоогляди	0.12
a_4 відгуки покупців	0.10
a_5 порівняльні огляди	0.11
a_6 демонстраційні відео	0.09
a_7 інфографіка	0.08
a_8 акційні банери	0.07
a_9 FAQ	0.06
a_{10} рекомендації товарів	0.04

Інтегральна оцінка альтернатив. Підсумковий показник ефективності визначається за формулою 2.12:

$$P_i = \mu_{23}(F_{23})a_{i1} + \mu_{24}(F_{24})a_{i2}, \quad (2.12)$$

де a_{i1} – оцінка альтернативи за критерієм задоволення інтересів користувачів;

a_{i2} – оцінка альтернативи за критерієм трудомісткості реалізації.

Підсумкове ранжування альтернатив подано у табл. 2.14.

Таблиця 2.14

Підсумкове ранжування альтернатив

Альтернатива	P_i
a_2 фотографії товарів	0.157
a_3 відеоогляди	0.143
a_4 відгуки покупців	0.133
a_6 демонстраційні відео	0.120
a_1 опис товарів	0.115
a_5 порівняльні огляди	0.103
a_7 інфографіка	0.080
a_8 акційні банери	0.070
a_9 FAQ	0.050
a_{10} рекомендації	0.038

Зазначені формати контенту забезпечують високий рівень довіри користувачів, сприяють формуванню позитивного сприйняття товару та підвищують ймовірність прийняття рішення про покупку. Для забезпечення формалізації процесу оцінювання ефективності мультимедійного контенту доцільно представити відповідну методику у вигляді алгоритму, що визначає послідовність обробки вхідних даних, обчислення вагових коефіцієнтів критеріїв та формування інтегрального показника оцінювання.

Важливу роль у побудові адаптивних ІС відіграє математичне моделювання, яке дозволяє формалізувати процеси взаємодії між об'єктами та оптимізувати їх розміщення і поведінку в динамічному середовищі [49]. У роботі [49] запропоновано підхід до математичного моделювання на основі ϕ -функцій

та агент-керованих взаємодій, що підтверджує доцільність використання методів математичного моделювання для опису й оптимізації складних інформаційних систем, зокрема MBIC.

Для формалізації процесу оцінювання ефективності мультимедійного контенту запропоновано алгоритм, побудований на основі методу аналізу ієрархій Сааті. Алгоритм забезпечує послідовне обчислення вагових коефіцієнтів критеріїв та інтегральної оцінки альтернатив, а також передбачає відбір найбільш значущих критеріїв за їх сумарною вагою. Блок-схему алгоритму наведено на рис. 2.1.

Запропонований алгоритм реалізує формалізований підхід до оцінювання ефективності мультимедійного контенту на основі визначення вагових коефіцієнтів критеріїв, експертного оцінювання альтернатив та обчислення інтегральних показників. До подальшого аналізу включаються критерії, сумарна вага яких становить не менше 0,9, що забезпечує репрезентативність моделі без урахування малозначущих факторів.

У результаті застосування методики визначено множину найбільш значущих критеріїв, що мають вирішальний вплив на сприйняття інформації, рівень залученості користувачів та досягнення цільових функцій системи. Розроблена алгоритмічна схема оцінювання забезпечує можливість обґрунтованого вибору типів мультимедійного контенту на основі інтегральних показників ефективності.

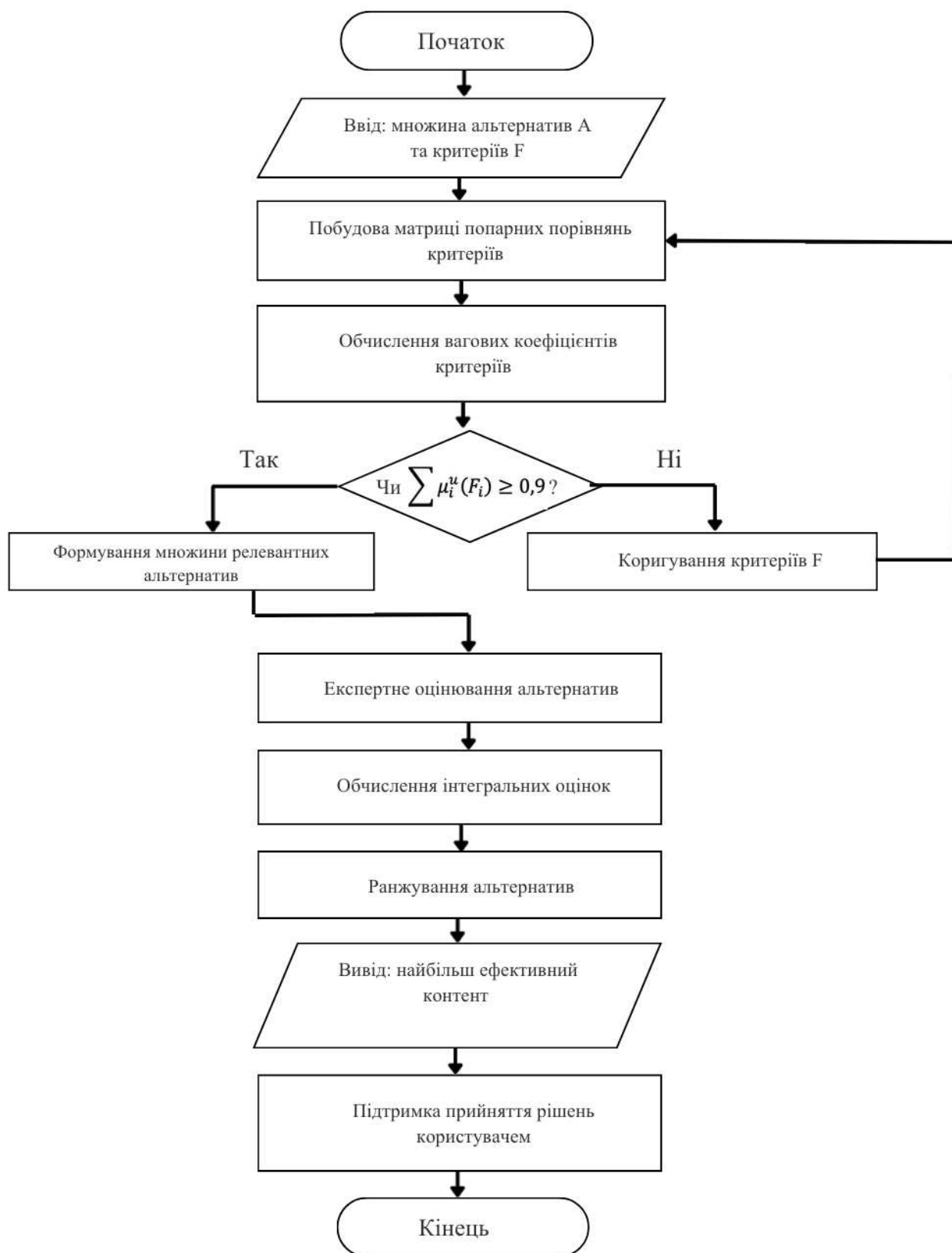


Рис. 2.1. Алгоритм підтримки прийняття рішень користувачем на основі оцінювання мультимедійного контенту (метод АНР)

Джерело: систематизовано автором.

2.3. Модель створення адаптивних мультимедійних просторів у MBIC комерційного спрямування

Адаптивні мультимедійні простори у MBIC комерційного спрямування розглядаються як складні програмні системи, що реалізують обробку, інтеграцію та динамічну генерацію мультимедійного контенту на основі алгоритмічних методів і моделей даних. Такі системи забезпечують персоналізацію взаємодії користувача з контентом за рахунок застосування обчислювальних методів аналізу поведінкових даних, моделей адаптації та методів машинного навчання.

Прикладом практичної реалізації таких підходів є трансформація мультимедійних систем у сфері цифрового представлення продуктів, де застосовуються моделі візуалізації, генеративні алгоритми та веборієнтовані архітектури для формування інтерактивного контенту. Це дозволяє підвищити ефективність обробки інформації, оптимізувати процеси подання контенту та забезпечити адаптивну взаємодію з користувачем незалежно від просторово-часових обмежень.

Згодом з'явився гібридний формат – «phygital», який поєднує фізичну реальність із віртуальною. Наприклад, Valentino у 2020 році використав 3D-дизайн, щоб сфокусувати увагу на деталях колекції.

Сервіси ШІ, такі як Midjourney та DALL-E, активно використовуються для створення високоякісних ілюстрацій на основі текстових описів, що дозволяє значно скоротити час на розробку візуального контенту. В дослідженні [37] демонструється потенціал генеративного ШІ у створенні інтерактивних віртуальних панорам і турів, зосереджуючись на історичній тематиці України. Застосування платформи Midjourney, наприклад, для генерації візуального контенту та розподіленої системи управління базою знань із використанням Notion Space для координації роботи між віддаленими командами відкриває нові можливості для освіти та збереження культурної спадщини.

Технологія створення візуального контенту із застосуванням генеративних неймереж, алгоритмів машинного навчання та методів аналізу природної мови передбачає комплексний підхід до формування мультимедійних матеріалів. Створення якісного мультимедійного контенту є складним та ресурсозатратним процесом, що включає кілька етапів, кожен з яких вимагає залучення спеціалістів, використання програмного забезпечення та значних часових витрат. Класичний підхід до створення візуального сторітелінгу передбачає чотири основні етапи (рис. 2.2). Класичний підхід до створення візуального контенту є ресурсомістким та потребує залучення багатьох фахівців, що значно збільшує час та вартість виробництва.

КЛАСИЧНА СХЕМА СТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТЕНТУ

	Етап	Процес	Виконавці
1	Розробка сценарію та концепції	Визначається ідея контенту, його структура, сюжетна лінія та стиль візуалізації. Сценаристи створюють текстовий опис подій та сторіборд.	Сценаристи, художники, концепт-дизайнери
2	Зйомка або створення базових матеріалів	Виконується зйомка на локаціях або створення цифрових графічних елементів. Вибір локацій, реквізиту, акторів, обладнання.	Режисери, оператори, актори, художники, дизайнери
3	Комп'ютерна графіка та анімація	Створюються 3D-моделі, текстування, анімація персонажів, візуальні ефекти. Аніматори інтегрують CGI-елементи у відео, виконують рендеринг.	3D-моделери, аніматори, спеціалісти з візуальних ефектів
4	Монтаж та постпродакшн	Редагування відео, корекція кольорів, додавання звукового супроводу, музики, ефектів. Озвучення, запис дикторського тексту, фінальний експорт.	Монтажери, звукоінженери, композитори, відеоредактори

Рис. 2.2. Класична схема створення візуального сторітелінгу.

Джерело: систематизовано автором.

Застосування генеративного ШІ для адаптивних інтерактивних мультимедійних просторів дозволяє значно зменшити час виробництва візуального сторітелінгу, спрощує інтеграцію інтерактивних елементів та робить мультимедійну продукцію більш доступною для широкого кола користувачів. Це

відкриває нові можливості для розробки адаптивного та персоналізованого контенту в корпоративній, медіа та комунікаційній сферах.

В розгляді технологічного процесу для формування візуального сторітелінгу, пропонується на певних етапах використовувати інструменти штучного інтелекту (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Технологія створення візуального сторітелінгу із застосуванням ШІ

Джерело: запропоновано автором.

Зазначені обмеження класичного підходу обумовлюють доцільність впровадження інструментів ШІ у технологічний процес створення мультимедійного контенту. Враховуючи можливості сучасних технологій, оптимізований процес створення візуального сторітелінгу із застосуванням штучного інтелекту складається з п'яти ключових етапів (рис. 2.4):

1. Створення сценарію та концепції. Пропонується залишити цей етап із класичної схеми створення візуального сторітелінгу (рис. 2.3.) для сценаристів,

концепт-дизайнерів та художників та удосконалити його за рахунок інтеграції навчально-мотиваційної складової.

Пропонується інтегрувати навчально-мотиваційну складову, що дозволяє реалізувати сценарій не лише як засіб донесення комерційного меседжу (наприклад, стимулювання прийняття рішення щодо придбання продукту), а як багатовекторний вплив, що поєднує – емоційне залучення (візуал); осмислену потребу (ціннісна орієнтація); навчальний ефект (розуміння значення продукту, технології, історії, тощо).

Запропонована модель передбачає поетапне формування концепції та змісту візуального сторітелінгу з урахуванням цілей, задач, очікуваних результатів і засобів подання інформації.

На першому етапі визначаються цілі мультимедійного продукту (навчальні, мотиваційні, інформаційно-переконувальні), задачі користувача та очікувані результати — пізнавальні, емоційні, психологічні й мотиваційні.

Після цього виконується підготовка фрагментів сторітелінгу: структурний аналіз джерел, декомпозиція інформаційних об'єктів (текст, графіка, відео, аудіо, анімація, інтерактивні елементи) та їх рекомпозиція у новий мультимедійний контент відповідно до поставлених задач.

На етапі реалізації здійснюється генерація візуального контенту, анімації та аудіосупроводу із застосуванням генеративних AI-моделей, технологій Motion Capture, Text-to-Speech і AI-композиторів. Далі виконується персоналізація контенту на основі аналізу поведінки користувача, NLP-аналізу та механізмів адаптації інтерактивності.

Таким чином, запропонована технологія забезпечує автоматизацію більшості етапів створення мультимедійного сторітелінгу, знижує витрати часу та ресурсів і створює передумови для широкого використання адаптивних мультимедійних систем в освіті, медіа та бізнесі.

Модель створення візуального сторітелінгу із застосуванням генеративних нейромереж, алгоритмів машинного навчання та аналізу природної мови.

Мультимедійний контент дедалі частіше виступає ключовим інструментом комунікації та прийняття остаточного рішення щодо вибору курсу, або товару. Оскільки поєднує інформативність із емоційним впливом за рахунок візуального, звукового наповнення. Особливої значущості набувають динамічні формати подачі інформації, здатні залучити увагу аудиторії та підвищити рівень занурення в поданий матеріал.

У зв'язку з цим доцільним пропонується розгляд мультимедійного візуального сторітелінгу як перспективного об'єкта наукового аналізу. Цей формат вирізняється поєднанням кількох творчих і технічних напрямів: написання сценарію, цифрове мистецтво, анімація, звукорежисура, відеомонтаж та програмування об'єднуються в єдину логічно й естетично цілісну структуру.

Кваліфіковані дизайнери відіграють ключову роль у поданні інформації у візуальному форматі. Їхнє завдання – перетворити сухі дані на естетичний, інформативний і захоплюючий візуальний контент [38].

Сучасні дослідження у сфері ШІ підтверджують, що нейронні мережі є одним із ключових інструментів для розпізнавання образів, обробки мови, персоналізації інформації та автоматизованого аналізу мультимедійних даних [51, 52]. Принцип роботи нейронної мережі ґрунтується на пошаровій обробці вхідної інформації за допомогою вагових коефіцієнтів, які формуються в процесі навчання та визначають характер перетворення даних між шарами. У роботах [53, 54] показано, що дослідження спектральних властивостей матриць вагових коефіцієнтів може бути використане для теоретичного обґрунтування оптимізації глибоких нейронних мереж, зокрема шляхом зменшення їх обчислювальної складності.

У роботі [55] розглянуто систему автоматичного перекладу жестової мови з використанням нейромережових технологій та 3D-анімації. Для розпізнавання жестів застосовано моделі згорткових і рекурентних нейронних мереж, а також засоби комп'ютерного зору, що забезпечують аналіз положення тіла та рук користувача у відеопотоці.

У роботі [56] запропоновано використання комітету нейронних мереж Кохонена для класифікації зображень на основі набору дескрипторів. Показано, що незалежне навчання мереж для кожного еталонного опису підвищує точність класифікації та швидкодію порівняно з традиційними методами пошуку. Завдяки таким технологіям, митці, дизайнери, маркетологи та освітяни можуть швидко реалізовувати свої творчі ідеї, економлячи ресурси і час [39].

Як видно з таблиці 2.15, використання інструментів штучного інтелекту сприяє не лише автоматизації технічних аспектів створення візуального сторітелінгу, а й істотно розширює творчі можливості автора. Таким чином, ШІ виконує роль «співавтора», підтримуючи на кожному етапі – від генерації ідеї до фінального монтажу контенту.

Таблиця 2.15

Основні переваги застосування AI-інструментів у створенні візуального сторітелінгу

Категорія	Опис функціональності	Очікуваний ефект
1. Підтримка творчого процесу	- генерація ідей, сюжетних гілок, персонажів - побудова сценарних структур і темпу розвитку	Стимулювання креативності автора, зменшення «творчих застоїв»
2. Оптимізація напису	- граматична і стилістична перевірка тексту - збереження стилю відповідно до жанру	Покращення якості письмового матеріалу, відповідність стандартам
3. Економія часу	- автоматичні підказки та редагування в реальному часі - зменшення потреби в рутинному ручному редагуванні	Швидша розробка сценарію, можливість зосередитися на змісті
4. Підвищення залученості аудиторії	- генерація природних діалогів - візуальне структурування історії (story mapping) - покращення логіки переходів між сценами	Підвищення якості сприйняття, створення цілісного інтерактивного досвіду

Джерело: систематизовано автором

Геймдев пропонує низку механік взаємодії з користувачем (інтерфейсні рішення, логіка вибору), які органічно вбудовуються у структуру візуальної новели. Інструменти ШІ, зокрема MidJourney, Stable Diffusion, LipSync AI та ElevenLabs, дозволяють автоматизувати створення ілюстрацій, синхронізацію

мовлення та генерацію голосу, скорочуючи час розробки й розширюючи можливості творчих команд. Водночас більшість існуючих рішень охоплюють лише окремі етапи створення мультимедійного контенту — сценарій, графіку або озвучення, що підкреслює необхідність інтегрованого підходу до розробки мультимедійного візуального сторітелінгу.

Запропонована модель створення мультимедійного візуального сторітелінгу (рис. 2.4) включає чотири основні етапи: підготовчий, візуальне наповнення, звукову інтеграцію та фінальне об'єднання.

На підготовчому етапі формується концепція проєкту: сценарій, опис персонажів, стильове рішення, структура сцен і опис подій.

Наступний етап – Візуальне наповнення. Цей етап включає такі дії: розбиття сцен на окремі анімаційні послідовності, формулювання вимог до переходів між сценами, генерування ключових кадрів, формулювання вимог до кінематографічних прийомів, створення анімації та їх прив'язка до руху окремих об'єктів, генерування анімацій з використанням інструментів ШІ.

Третій етап – Звукова складова. На цьому етапі відбувається озвучка та інтеграція аудіо. Цей етап включає такі дії: визначення фонові музики, додавання подієвих звуків, генерація голосів персонажів.

Четвертий заключний етап – Остаточне (фінальне) поєднання сцен та адаптація під користувача. Цей етап включає такі дії: об'єднання сцен у єдину відеоісторію, фінальна AI-оптимізація.

«Віртуальна подія» або «враження» може бути комерційним продуктом у цифровому середовищі. Мультимедійний візуальний сторітелінг – це спосіб реалізації та продажу цього враження, дозволяє користувачеві пережити певний сценарій, зануритися в історію, відчувати атмосферу події.

У межах дослідження процес розробки сценарію мультимедійного контенту формалізовано як структурований етап підготовчої фази створення мультимедійного продукту. Зокрема, формування сценарію відбувається на підетапі T1.1 підготовчого етапу S1, який передбачає побудову концепції, сюжетної структури та стилістичного напрямку проєкту.

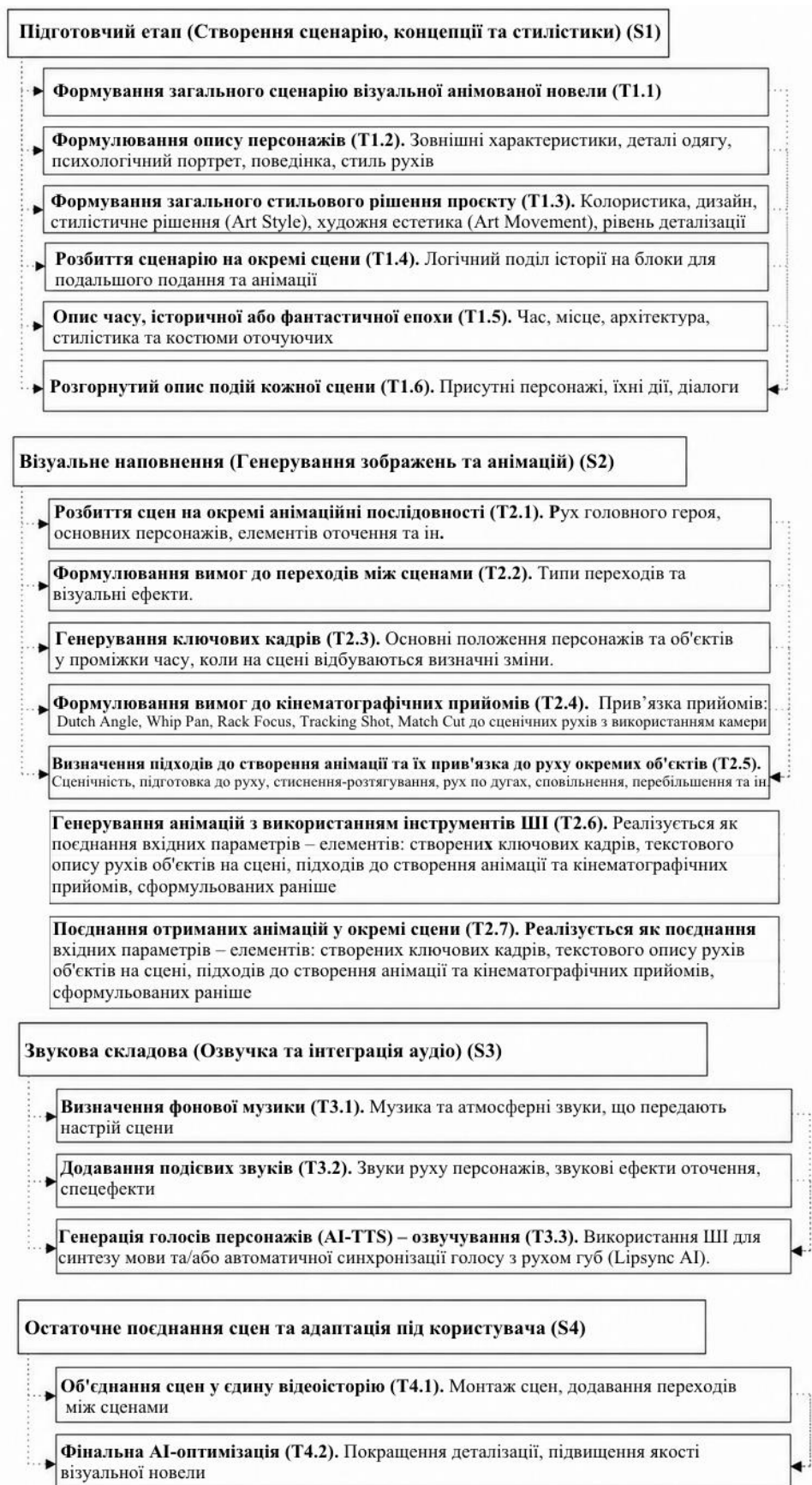


Рис. 2.4. Модель створення мультимедійних просторів із застосуванням інструментів ШІ і сучасних веб-технологій.

Джерело: розроблено автором

На відміну від інтуїтивного підходу, запропонований підхід базується на параметричному описі сценарію, що дозволяє забезпечити його формальне подання, відтворюваність і подальшу інтеграцію з генеративними моделями штучного інтелекту.

Для опису сценарної моделі введено множину базових параметрів (формула 2.13):

$$M = \{M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6\}, \quad (2.13)$$

де, M_1 – множина дійових персонажів;

M_2 – множина процесів та дій (сценарних подій);

M_3 – об’єкт просування (продукт або послуга);

M_4 – цільова аудиторія;

M_5 – ключові повідомлення;

M_6 – узагальнена сюжетна структура.

Тоді сценарій мультимедійного контенту можна подати як функцію (формула 2.14):

$$S = f(M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6), \quad (2.14)$$

де S – сформований сценарій мультимедійного продукту.

З метою підвищення точності опису та забезпечення можливості автоматизованої генерації контенту базову модель розширено введенням технічних специфікацій (формула 2.15):

$$M' = M \cup \{M_7, M_8, M_9\}, \quad (2.15)$$

де M_7 – візуальний стиль (art style, естетика, рівень деталізації);

M_8 – тон і манера подачі (емоційний стиль, наративна інтонація);

M_9 – звуковий супровід (музика, ефекти, голос).

Кожен елемент множини M' задається за допомогою лінгвістичних змінних, що дозволяє використовувати ці параметри як формалізовані входні ознаки для генеративних моделей штучного інтелекту. Отже, множини M та M' формують параметричну модель сценарію, яка визначає логіку формування кінцевого мультимедійного продукту.

Для забезпечення повторюваності та узагальненості процесу вводиться поняття метаспецифікації (формула 2.16):

$$\text{Meta} = \text{rules, templates, constraints}, \quad (2.16)$$

де *rules* – правила формування сценарію;

templates – шаблони типових сценарних структур;

constraints – обмеження, пов'язані зі стилем, цільовою аудиторією, форматом платформи та іншими вимогами.

На основі *Meta* формуються бази типових параметрів, що дають змогу автоматизувати побудову сценаріїв та забезпечити узгодженість між творчою і технологічною складовими проєкту.

Формування запиту до генеративної моделі подається як відображення (формула 2.17):

$$P = g(M', \text{Meta}), \quad (2.17)$$

де P – сформований текстовий запит (*prompt*) до генеративної моделі;

g – функція трансформації параметричних ознак і метаспецифікацій у текстовий опис.

Отриманий *prompt* використовується як вхід до генеративних моделей зображень, відео та аудіо, що забезпечує автоматизацію процесу створення мультимедійного контенту.

Таким чином, процес розробки сценарію мультимедійного контенту переходить від описового та інтуїтивного підходу до формалізованої моделі, що

може бути реалізована у складі MBIC. Для функціонального подання формалізованого процесу доцільно використати методологію IDEF0. У межах запропонованої моделі параметрична модель сценарію М, М' та метаспецифікація Meta розглядаються як керуючі впливи Control, оскільки саме вони визначають структуру параметрів, правила та обмеження формування сценарію, але не є безпосередньо операційними вхідними даними.

Узагальнений процес розробки сценарію контунту представлено у вигляді контекстної IDEF0-моделі (рис. 2.5), яка відображає взаємозв'язок вхідних даних, керуючих впливів, механізмів реалізації та результатів процесу. Його детальна структура та послідовність реалізації функціональних етапів A1–A4 наведені на діаграмі декомпозиції (рис. 2.6).

Таким чином, запропонована модель створення мультимедійного візуального сторітелінгу є технологією «пакування» цифрового враження у вигляді інтерактивного мультимедійного контенту. IDEF0-модель дозволяє формалізувати процес розробки сценарію як сукупність взаємопов'язаних етапів.

Згідно з дослідженнями [40, 41], поширення Інтернету посилює конкуренцію та потребу у нових інструментах просування. Значний інформаційний потік знижує здатність підприємств привертати увагу цільової аудиторії. Автори зазначають, що «економіка вражень» дозволяє підприємствам виокремлюватися серед конкурентів через формування емоційного зв'язку з клієнтом. Враження стимулюють активність споживача, сприяють поширенню контенту та підвищують ефективність взаємодії з аудиторією. Тому одним із ключових завдань digital marketing є створення та передача емоційних вражень за допомогою цифрового контенту в Інтернеті, соціальних мережах і месенджерах [20].

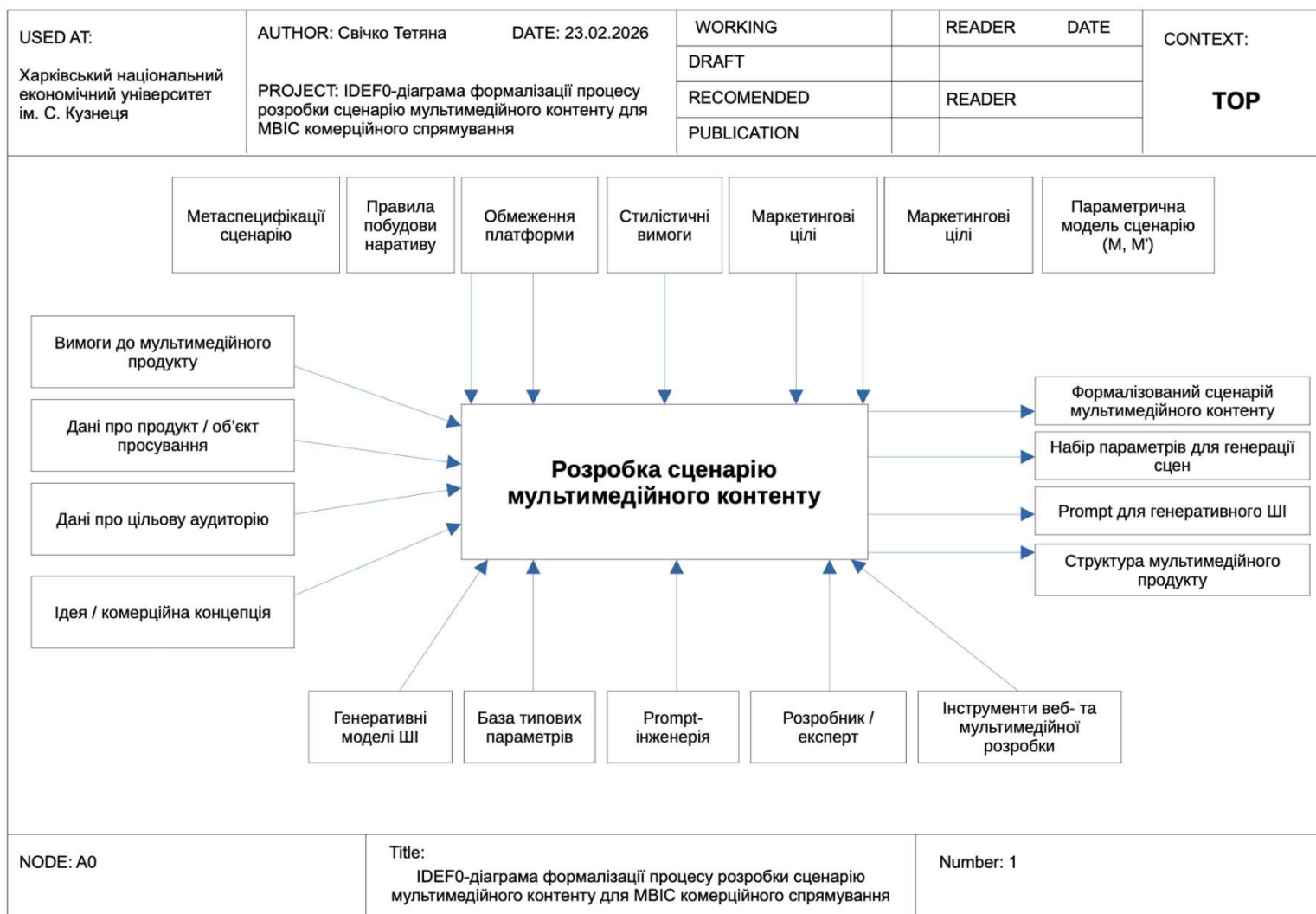


Рис. 2.5. IDEF0-контекстна діаграма процесу розробки сценарію мультимедійного контенту для MBIC комерційного спрямування

Джерело: авторська розробка.

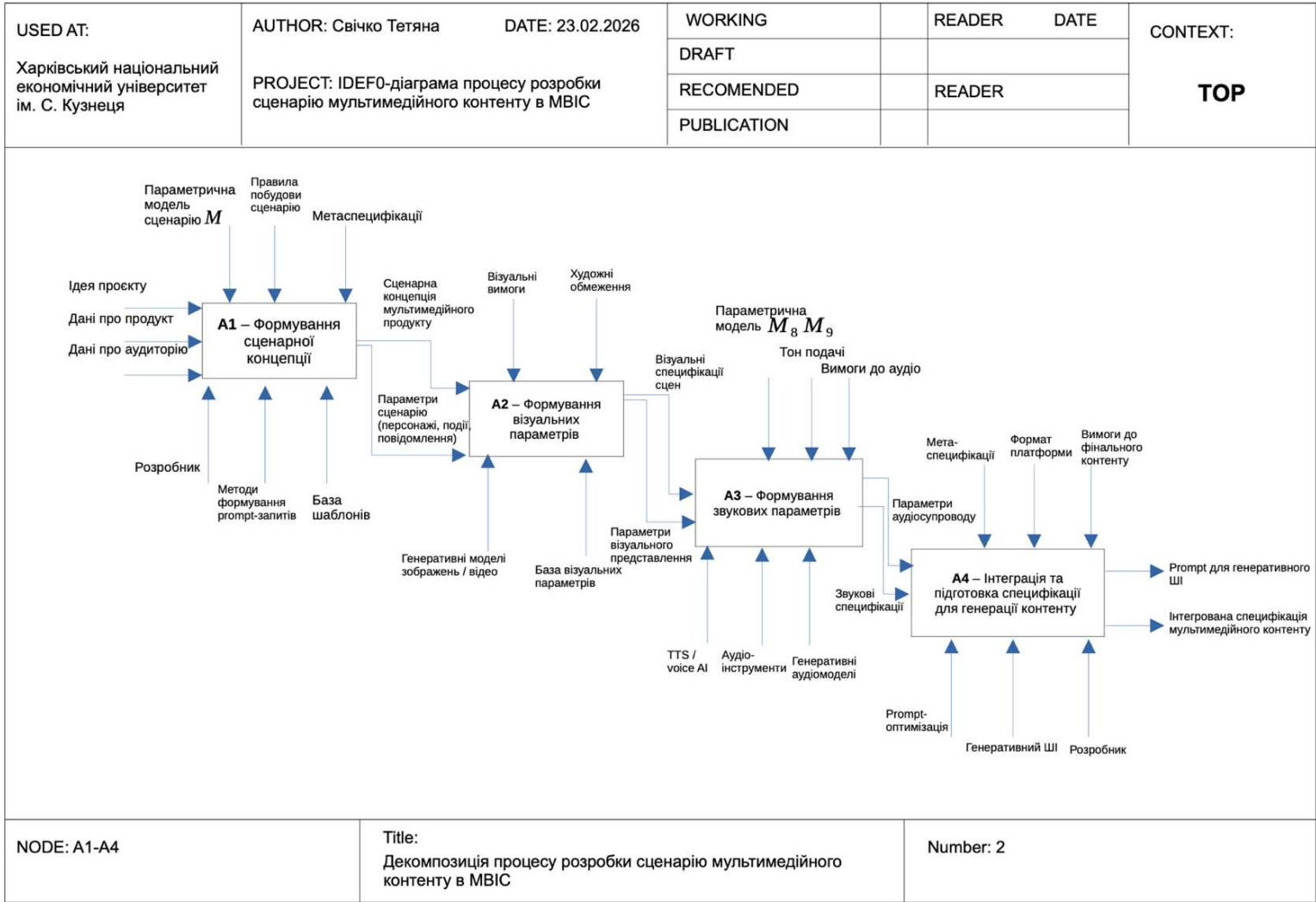


Рис. 2.6. IDEF0-декомпозиція процесу розробки сценарію мультимедійного контенту (A1-A4).

Джерело: авторська розробка.

Цифровий контент стає комерційним продуктом у сфері економіки емоційного досвіду (економіки вражень). Завдяки запропонованому підходу персоналізації, ми можемо зробити цей продукт максимально адаптивним для різних користувачів.

Схема на рис. 2.7 ілюструє структурну модель процесу розробки персоналізованого мультимедійного продукту, що поєднує адаптивні можливості ШІ з мотиваційно-орієнтованим підходом до користувача.

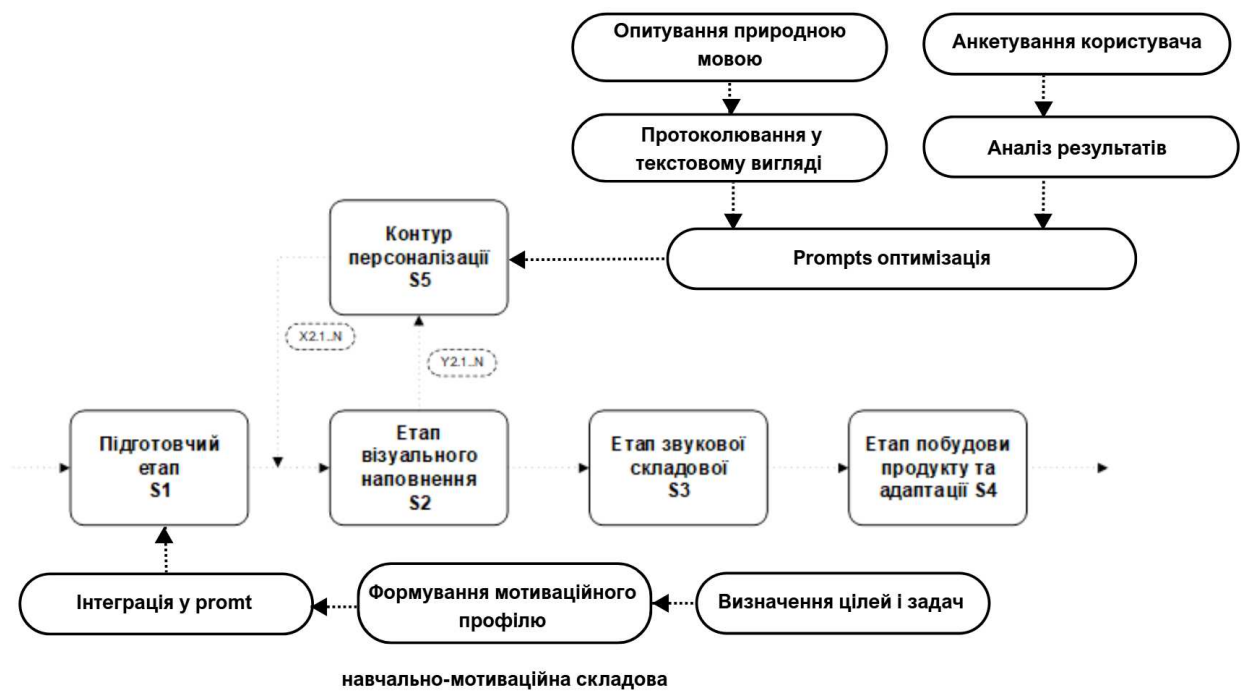


Рис. 2.7. Модель процесу розробки персоналізованого мультимедійного простору, що поєднує адаптивні можливості штучного інтелекту з навчально-мотиваційною складовою

Джерело: авторська розробка.

Представлений підхід базується на концепції інтеграції персоналізованих параметрів у сценарну логіку створення цифрового контенту через оптимізовані запити (prompts) до ШІ-систем.

Основний ланцюг реалізації мультимедійного продукту включає:

S1 – Підготовчий етап, на якому здійснюється сценарне планування та визначається загальна концепція продукту;

S2 – Етап візуального наповнення, де формується графічна складова;

S3 – Етап звукового оформлення, що включає озвучення, музичний супровід та інші аудіокомпоненти;

S4 – Етап побудови продукту та адаптації, де здійснюється інтеграція всіх компонентів і адаптація результату під потреби цільової аудиторії або середовища. Центральним адаптивним модулем є Контур персоналізації (S5), який виконує функцію інтеграції зовнішніх параметрів користувача в процес побудови контенту. Блок анкетування та аналізу включає збір і обробку користувацьких даних: анкетування та діалогові сценарії природною мовою, структурування відповідей і оптимізацію запитів (prompt optimization) для адаптації генерації контенту відповідно до особливостей користувача.

Навчально-мотиваційна складова моделі забезпечує когнітивну релевантність мультимедійного продукту через визначення цілей користувача й розробника, формування мотиваційного профілю та інтеграцію результатів аналізу у структуру сценарію, що генерується ШІ. Таким чином, мотиваційно орієнтована інформаційна архітектура поєднується з технологією машинного навчання та адаптивного генерування медіа для створення продуктів з високим рівнем персоналізації.

Висновки до розділу 2

1. Обґрунтовано необхідність модифікації класичних методів розробки MBIC з урахуванням сучасних вимог до інтерактивності, персоналізації та підтримки прийняття рішень користувачем.

2. Обґрунтовано вибір та адаптовано метод аналізу ієрархій для оцінювання ефективності мультимедійного контенту в MBIC.

3. Набув подальшого розвитку метод оцінювання ефективності мультимедійного контенту MBIC шляхом розширення системи критеріїв та

підкритеріїв, що враховують якість контенту, рівень інтерактивності, інформаційну цінність і користувацький досвід.

4. Розроблено модель створення адаптивних інтерактивних мультимедійних середовищ, що поєднує технології ШІ, персоналізований контент і сучасні веб-технології.

5. Удосконалено модель створення адаптивних мультимедійних просторів шляхом інтеграції генеративних AI-інструментів, що підвищує гнучкість і рівень персоналізації MBIC.

6. Розроблено методичний підхід до створення мультимедійного контенту на основі візуального сторітелінгу із застосуванням технологій штучного інтелекту.

7. Доведено доцільність використання ШІ для автоматизованої генерації візуального, анімаційного та аудіоконтенту з метою зменшення витрат ресурсів і підвищення якості мультимедійного продукту.

8. Запропоновано структурну модель персоналізації мультимедійного контенту на основі результатів анкетування та характеристик користувачів.

9. Встановлено, що інтеграція навчально-мотиваційної складової підвищує когнітивну ефективність контенту та рівень залученості користувачів.

10. Отримані результати формують основу для подальшого впровадження удосконалених методів розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем. Основні результати дослідження, викладені в розділі 2, відображено у наукових працях автора [42, 43, 44, 45, 46, 47, 48].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Polese G. Special issue on Sentient Multimedia Systems. *Multimedia Tools and Applications*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11042-021-11665-7>.
2. A. Web-based Information Management Systems Feature Usage Case Study on European Telecom Sector. *TEM Journal*. 2021. Vol. 10. P. 592–596. DOI: <https://doi.org/10.18421/TEM102-14>.
3. Guni A., Normahani P., Davies A., Jaffer U. Harnessing Machine Learning to Personalize Web-Based Health Care Content. *Journal of Medical Internet Research*. 2021. Vol. 23, No. 10. DOI: <https://doi.org/10.2196/25497>
4. Wang G. Design and Research of an Online Education System Based on Web Service. *Proceedings of the 2025 2nd International Conference on Informatics Education and Computer Technology Applications (IECA '25)*. New York : Association for Computing Machinery, 2025. P. 461–468. DOI: <https://doi.org/10.1145/3732801.3732882>.
5. Немченко А.Б. Бізнес-інкубатори у сфері сучасної державної підтримки розвитку регіональної інноваційної інфраструктури. *Наукові праці КНТУ. Економічні науки*. 2022. Вип. 17. С. 25–34.
6. Онопко А.С. Застосування інформаційних технологій в управлінні підприємством. *Актуальні проблеми економіки та управління*. 2022. № 11. URL: <http://ape.fmm.kpi.ua/article/viewFile/102782/97865>.
7. Черняк О. І. Нечіткий підхід до оцінювання рівня інформаційних ризиків у CRM-системах. *Нейронечіткі технології моделювання в економіці*. 2023. № 5. С. 199.
8. Остроушко Ю. В. Вплив євроінтеграційних процесів на підготовку майбутнього вчителя технології до професійної діяльності у сфері інклюзивної освіти. *Обговорюємо проблему Наукові записки Серія: Педагогіка*. 2011. № 4. С. 200-206.

9. Pressman R. S., Lewis T., Adida B., Ullman E., DeMarco T., Gilb T., Gorda B., Humphrey W., Johnson R. Can internet-based applications be engineered? *IEEE Software*. 1998. Vol. 15, No. 5. P. 104–110.

10. Laudon K. C., Laudon J. P. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. 16th ed. Harlow : Pearson, 2020.

11. Блажук О. А. Підготовка майбутніх офіцерів-прикордонників до застосування інформаційно-телекомунікаційних технологій у забезпеченні системи зв'язку прикордонних підрозділів : дис. канд. пед. наук : 13.00.04 / Блажук Олександр Анатолійович. Хмельницький, 2012. 172 с.

12. Воронка продаж в інтернет маркетингу: Що таке Tofu, Bofu і Mofu? URL: <https://it-rating.ua/news-2807>.

13. Бєлова А. Сторітелінг у рекламі та брендингу. Пізнання, комунікація, дискурс, 2021. С. 13–26. DOI: <https://doi.org/10.26565/2218-2926-2021-22-01>.

14. Wiley. Особливості Альти. Персоналізоване навчання для всіх студентів [Електронний ресурс]. URL: <https://www.wiley.com/en-ie/education/alta/features> (дата звернення: 27.04.2025).

15. Smart Sparrow. Solutions for Higher Education [Електронний ресурс]. URL: <https://www.smartsparrow.com/solutions/highered/> (дата звернення: 27.04.2025).

16. Smart Sparrow. Bridging English Demo [Електронний ресурс]. URL: <https://www.smartsparrow.com/demos/bridging-english/> (дата звернення: 27.04.2025).

17. Smart Sparrow. Professional Accounting Demo [Електронний ресурс]. URL: <https://www.smartsparrow.com/demos/professional-accounting/> (дата звернення: 27.04.2025).

18. IED EDU. Visual storytelling: what it is and how you do it [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ied.edu/news/visual-storytelling-what-it-is-and-how-you-do-it> (дата звернення: 27.04.2025).

19. Hernández-Santaolalla V., Barrientos-Bueno M. (eds.). *Handbook of Research on Transmedia Storytelling, Audience Engagement, and Business Strategies*

[Electronic resource]. Hershey, PA : IGI Global, 2020. URL: <https://www.igi-global.com/book/handbook-research-transmedia-storytelling-audience/240166> (Last accessed: 27.04.2025).

20. Scherman J. What is Visual Storytelling? The Growing Trend in Multimedia Design [Електронний ресурс]. URL: <http://www.rasmussen.edu> (дата звернення: 27.04.2025).

21. Shiao D. 3 Stunning examples show visual storytelling at its best [Електронний ресурс]. URL: <http://www.contentmarketinginstitute.com> (дата звернення: 27.04.2025).

22. Kang J.-A., Han S., Hubbard G. T. The role of storytelling in advertising: consumer emotion, narrative engagement level, and word-of-mouth intention. *Journal of Consumer Behaviour*. 2020. Vol. 19, No. 1. P. 47–56. DOI: <https://doi.org/10.1002/cb.1793>.

23. Carter R. Once upon a time... The rise of storytelling in marketing [Електронний ресурс]. URL: <https://fabrikbrands.com/the-rise-of-storytelling-in-marketing/> (дата звернення: 27.04.2025).

24. Chief Marketer. Storytelling in marketing: the importance of brand narrative [Електронний ресурс]. URL: <https://www.chiefmarketer.com/gated/storytelling-in-marketing-the-importance-of-brand-narrative/> (дата звернення: 27.04.2025).

25. Ledin P., Machin D. Replacing actual political activism with ethical shopping: the case of Oatly. *Discourse, Context & Media*. 2020. Vol. 34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dcm.2019.100344>.

26. Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Воропаєва О. В. Методика розробки навчального курсу з використанням інтерактивних медіа та доповненої реальності. *Поліграфія і видавнича справа*. 2024. № 2 (88). С. 105–123.

27. Mayer R. E. *Multimedia Learning*. 3rd ed. Cambridge ; New York : Cambridge University Press, 2020.

28. Holsti O. R. *Content Analysis for the Social Sciences and Humanities*. Reading, MA : Addison-Wesley Publishing, 1969.

29. Krippendorff K. *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. London : Sage Publications, 1980.
30. *Digital 2021: Global Overview Report* [Electronic resource]. URL: <https://datareportal.com/reports/digital-2021-global-overview-report> (Last accessed: 27.04.2025).
31. *Statistical Data About Content Marketing* [Electronic resource]. URL: <https://marketsplash.com/ru/statistika-kontient-markietingha> (Last accessed: 27.04.2025).
32. Wang W. L., Malthaus E. K., Calder B., Uzunoglu E. B2B content marketing for professional services: personal and digital contacts. *Industrial Marketing Management*. 2019. Vol. 81. P. 160–168.
33. Holliman J., Rowley J. Business-to-business digital content marketing: marketers' views on best practices. *Journal of Research in Interactive Marketing*. 2014. Vol. 8, No. 4. P. 269–293.
34. Harrigan P., Evers W., Miles M., Daley T. Customer engagement and the relationship between engagement, involvement, brand connection, and brand intention. *Journal of Business Research*. 2018. P. 388–396.
35. Saaty T. L. An Exposition of the AHP in Reply to the Paper: Remarks on the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*. 1990. Vol. 36, No. 3. P. 259–268.
36. Ishizaka A., Nemery P. *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software*. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118644898>.
37. Євсєєв О., Грабовський Є. Створення контенту для інтерактивних мультимедійних проєктів на основі штучного інтелекту. *Наука, технології, інновації*. 2024. № 3(31). С. 91–98. DOI: <https://doi.org/10.35668/2520-6524-2024-3-10>.
38. Eldesouky D. Visual Storytelling in Advertising: A Study of Visual Storytelling as a Marketing Approach for Creating Effective Ads. *International Journal of Humanities Social Sciences and Education*. 2020. Vol. 7. P. 118–127. URL: <https://doi.org/10.20431/2349-0381.0710015>.

39. Canva. Canva Magic. URL: <https://www.canva.com/magic/> (дата звернення 27.04.2025).

40. Pushkar O. I., Tataryntseva Yu. L. Інтернет-дослідження в маркетингу. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/b6f4bee9-7e3b-4a36-bc25-94f81df91c68/content> (дата звернення: 27.04.2025).

41. Пушкар О. І., Татаринцева Ю. Л. Проблеми організації дистанційної трудової діяльності працівників цифрового маркетингу в умовах економіки вражень. *Соціально-трудові відносини: проблеми науки та практики*: монографія / за ред. Т. А. Костишиної. Полтава, 2020. С. 161–173. URL: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/10229> (дата звернення: 27.04.2025).

42. Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Свічко Т. О. Методика створення адаптивних інтерактивних мультимедійних просторів з використанням штучного інтелекту. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2025. № 2(84). С. 126–140. DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2025.84.15>. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/37382>.

43. Свічко Т. О. Методологія для оцінки ефективності мультимедійного контенту під час програмування сайту. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2024. Вип. 1. С. 81–90. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.9>. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/32983>

44. Свічко Т. О. Методологія для оцінки ефективності мультимедійного контенту в умовах високої конкуренції. *Global Science: Prospects and Innovations: Proceedings of VII International Scientific and Practical Conference*, Liverpool, United Kingdom, 1–3 March 2024. Liverpool : Cognum Publishing House, 2024. P. 172–184. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38404>

45. Свічко Т. О. Аналіз та оцінка ефективності мультимедійного контенту під час програмування сайту. *Scientific Achievements of Contemporary Society: Proceedings of I International Scientific and Practical Conference*, London, United Kingdom, 15–18 August 2024. London : Cognum Publishing House, 2024. P. 155–161. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38407>.

46. Свічко Т. О. Удосконалений підхід до розробки веббазованої мультимедійної інформаційної системи. *Scientific Research: Modern Challenges and Future Prospects: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. Munich, Germany : MDPC Publishing, 2024. P. 106–111. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38408>.

47. Свічко Т. О. Оцінювання ефективності контенту для мультимедійних інформаційних систем. *Topical Aspects of Modern Scientific Research: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference*. Tokyo, Japan : CPN Publishing Group, 2023. P. 310–320.

48. Козінець Т. О. Розвиток готовності педагогів до використання смарт-технологій у процесі навчання. *Science and Technology: Problems, Prospects and Innovations: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference*. Osaka, Japan : CPN Publishing Group, 2023. P. 172–174. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38413>.

49. Chuhai A., Yaskov G., Starkova O. et al. Intelligent adaptive packing system based on phi-functions and agent-controlled interactions. *Artificial Intelligence*. 2025. No. 4. P. 7–12

50. Піх І. В., Сеньківський В. М., Андріїв Р. Р. Оптимізована модель чинників достовірності текстових даних. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2024. Т. 34, № 4. С. 78–85.

51. Pastur L. On random matrices arising in deep neural networks: Gaussian case. *Pure and Applied Functional Analysis*. 2020. Vol. 5, No. 6. P. 1395–1424.

52. Pastur L., Slavin V. On random matrices arising in deep neural networks: general I.I.D. case. *Random Matrices: Theory and Applications*. 2023. Vol. 12, No. 1. Article 2250046. DOI: <https://doi.org/10.1142/S2010326322500460>.

53. Couillet R., Liao Z. *Random Matrix Methods for Machine Learning*. Cambridge : Cambridge University Press, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009128490>.

54. Martin C. H., Mahoney M. W. Implicit self-regularization in deep neural networks: evidence from random matrix theory and implications for learning. *Journal*

of Machine Learning Research. 2021. Vol. 22, No. 165. P. 1–73. URL: <http://jmlr.org/papers/v22/20-410.html>.

55. Шовковий Є., Гриньова О., Удовенко С., Чала Л. Система автоматичного сурдоперекладу з використанням нейромережних технологій та 3D-анімації. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023. № 4(26). С. 108–121.

56. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Yakovleva O., Hudáková M., Gorokhovatskyi O. Application a committee of Kohonen neural networks to training of image classifier based on description of descriptors set. *IEEE Access*. 2024. Vol. 12. P. 73376–73385.

57. Потрашкова Л. В., Ларіна А. А. Проєктування інтерактивності та гейміфікації на вебсайтах, присвячених образотворчому мистецтву. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2025. № 5. Т. 1. С. 276 – 283.

РОЗДІЛ 3

СТВОРЕННЯ ТА АДАПТАЦІЯ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВЕББАЗОВАНИХ
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НАВЧАЛЬНОГО СПРЯМУВАННЯ3.1. Метод розробки MBIC навчального спрямування з урахуванням
індивідуальних характеристик користувачів

Сучасні MBIC навчального спрямування функціонують в умовах високої насиченості цифрового освітнього середовища та зростаючих вимог до якості, адаптивності й ефективності подання навчального контенту. У таких умовах ключовою проблемою розробки MBIC є необхідність комплексного підходу до оцінки ефективності контенту, що включає аналіз візуальної привабливості, залученості користувачів, технічної ефективності та оптимізації для пошукових систем. Ефективність мультимедійних навчальних ресурсів визначається сукупністю чинників, серед яких особливе значення мають дидактична доцільність, когнітивна зрозумілість, рівень залученості користувачів, а також можливість персоналізації навчального процесу. У зв'язку з цим актуальною є проблема комплексної оцінки ефективності мультимедійного навчального контенту, що потребує урахування як якісних, так і кількісних характеристик інформаційного середовища.

У роботі [2] розглядаються методи комплексної оцінки ефективності контенту мультимедійних сайтів. Особливістю мультимедійних технологій, що відрізняються від традиційних обчислювальних та інформаційних технологій [3], є те, що вони є комплексною технологією, яка охоплює багато аспектів із значною технічною інтеграцією та міждисциплінарністю. Ефективна обробка мультимедійного наповнення вимагає використання великих баз даних.

Мультимедійні технології змінюють стиль взаємодії між комп'ютером та людиною. З розвитком Інтернету мультимедійні застосунки, такі як освітні

програмне забезпечення, застосунки електронної комерції та відеоігри, мали значний вплив на те, як люди мислять і використовують комп'ютери. Однією з найважливіших технологій для підтримки цих застосунків є розподілена система управління мультимедійними базами даних (MDBMS) [4, 74].

Сучасне програмне забезпечення МІС передбачає інтеграцію баз даних, аналітичних модулів та веб-застосунків для автоматизації обробки та візуалізації даних, що підтверджується результатами досліджень у сфері розробки ІС [69].

Системи баз даних мультимедіа (MMDBMS) організовують та зберігають мультимедійні дані для пошуку на основі контенту [5]. Ці системи покладаються на моделі мультимедійних даних, що представляють високо- та низькорівневу абстракцію об'єктів мультимедіа для полегшення різних операцій, наприклад, вставки, індексації, запиту та пошуку [22]. У минулому було запропоновано багато моделей, які відображають потреби користувачів та розробників баз даних. Однак ці моделі виявляють важливі недоліки: вони або обмежені використанням одного виду мультимедійних даних (наприклад, підтримуються лише зображення), або можливостями семантичного моделювання (наприклад, можна ввести лише ключове слово для опису контенту).

Традиційні алгоритми пошуку мультимедіа можна розділити на три категорії: текстові, контентні та семантичні. Текстові алгоритми легко реалізувати, і вони широко використовуються в традиційному пошуку мультимедіа. Інтерфейс простий і зручний в експлуатації. Користувачам потрібно вводити лише ключові слова, а пошукова система шукає і повертає документи, що містять ключові слова в навколишньому тексті [12]. Алгоритми на основі ключових слів підтримують гетерогенний пошук мультимедіа; однак, ключові слова не можуть точно описати наміри запиту і, як правило, занадто короткі для опису контенту мультимедіа [23]. Таким чином, результат може містити значну кількість шуму.

Іншим традиційним підходом до пошуку мультимедіа є алгоритм на основі контенту [13]. У підході на основі контенту користувачі надсилають зразки мультимедіа, і пошукова система шукає мультимедійні документи у базі даних,

використовуючи вилучення ознак і вимірювання схожості. Як правило, алгоритми на основі контенту вимагають більше обчислювальних ресурсів. Намір запитів користувачів не може бути добре описаний у цьому підході, і оскільки різні типи мультимедійних даних мають різні формати, складно підтримувати вилучення різнорідних мультимедійних даних.

Традиційний погляд на пошук великих мультимедійних даних як на текстовий або контент-центрований поступово стає семантично орієнтованим [14]. При такому підході семантична інформація генерується на основі користувачів або постачальника контенту. Потім семантична інформація представляється певними структурами даних. Останні дослідження посиляються на методи, засновані на онтологіях [15]. У підході на основі семантики семантичні анотації мультимедійних документів перетворюються в онтології, і механізм виконує пошук на основі алгоритмів зіставлення онтологій. Однак цей підхід має такі недоліки: анотування мультимедійних документів є складним, а семантична інформація може бути втрачена при копіюванні або переміщенні документів. Альтернативним підходом до обробки мультимедійних даних є використання методів кластеризації та аналізу ознакових просторів, що дозволяють автоматизувати процес структуризації даних без необхідності їх ручного семантичного анотування. Зокрема, у роботі [67] запропоновано мультимодальну технологію кластеризації слабоструктурованих текстово-графічних документів із використанням нейромережових моделей та алгоритму SOINN, що забезпечує формування динамічних кластерів. У дослідженні [68] розглянуто метричні методи грануляції та кластеризації у векторному просторі, що підтверджує ефективність застосування кластеризаційних підходів для обробки та класифікації мультимедійного контенту. Додатково у роботі [75] досліджено використання методів машинного навчання для кластеризації цільової аудиторії веб-додатків, що підтверджує доцільність застосування кластеризаційних підходів для сегментації користувачів та подальшої персоналізації інформаційного наповнення.

Мультимедійна система навчання включає в себе багато інформації, такої як текстові та графічні матеріали, діаграми, різні анімаційні, звукові та відеодані, необхідні в процесі навчання [16, 17]. Використання баз даних в освіті включає персоналізоване навчання, систему адаптивного навчання та аналіз тенденцій [18, 19, 20]. Персоналізоване навчання та адаптивна система навчання є кінцевими цілями застосування великих даних.

З огляду на індивідуальні особливості сприйняття інформації ефективність MBIC значною мірою визначається здатністю враховувати модальності користувачів, які пов'язані з їхніми соціотипами та когнітивними характеристиками. Домінування певних каналів сприйняття (візуального, аудіального, текстового чи інтерактивного) зумовлює необхідність побудови MBIC на основі мультимодальної технології, що поєднує різні формати подання контенту та забезпечує адаптацію структури й способів взаємодії відповідно до індивідуального профілю користувача, створюючи умови для персоналізованого навчання, підвищення залученості та ефективності засвоєння інформації.

У межах даного підрозділу розглядається інформаційна модель MBIC навчального спрямування, що базується на інтеграції структурованих, напівструктурованих та неструктурованих даних з урахуванням індивідуальних характеристик користувачів.

Наразі мало уваги приділяється неструктурованим або напівструктурованим даним, хоча вони часто містять важливу інформацію, що формує стиль навчання. Крім того, сучасне сховище даних стикається з двома проблемами: по-перше, учні генерують великі обсяги даних у процесі навчання, і частка напівструктурованих і неструктурованих даних зростає; по-друге, реляційні бази даних не підходять для зберігання структурованих даних, що не відповідають вимогам. Нереляційні бази даних (NoSQL) погано зчитуються і записуються в режимі реального часу, не можуть виконувати складні операції SQL, особливо запити, пов'язані з кількома таблицями, та інші недоліки. Таким чином, ефективна інтеграція цих двох систем є необхідною вимогою для зберігання даних в умовах великих даних.

У літературних джерелах зазначається, що дані, отримані за допомогою технології аналізу великих баз даних, стосуються інформації та знань, які люди не знають, але вони мають певне значення, і ці знання вилучаються [11]. Весь процес інтелектуального аналізу включає в себе постановку завдання, збір даних, попередню обробку даних, реалізацію інтелектуального аналізу даних, а також інтерпретацію та дослідження результатів інтелектуального аналізу даних [12].

Запропонований у цьому підрозділі метод дозволяє використовувати інформацію з великих баз даних і формувати навчальні матеріали з урахуванням соціотипу учнів. Для поділу учнів на групи застосовувався кластерний аналіз, а саме метод k-середніх.

З метою формування вхідних даних інформаційної моделі MBIC навчального спрямування використовуються результати анкетування користувачів, отримані за допомогою онлайн-опитувальників. Збір первинних даних здійснюється з використанням сервісу Google Forms, що дозволяє оперативно отримувати структуровані відповіді великої кількості респондентів у цифровому форматі.

З метою формування персоналізованої навчальної траєкторії в межах MBIC було проведено анкетування користувачів, що базується на концепції множинних інтелектів Г. Гарднера. Анкета складається з 70 тверджень, кожне з яких спрямоване на виявлення особливостей пізнавальної діяльності, стилю мислення та когнітивних уподобань респондентів (табл. 3.1).

Твердження згруповано відповідно до семи типів інтелекту, визначених у межах теорії множинних інтелектів, при цьому кожному типу відповідає однакова кількість запитань. Респонденти оцінювали ступінь згоди з кожним твердженням за чотирибальною шкалою, що дозволило здійснити кількісну формалізацію суб'єктивних характеристик користувачів.

Отримані результати анкетування використовуються як вхідні дані для подальшої алгоритмічної обробки та адаптації мультимедійного навчального контенту.

Таблиця 3.1

Розподіл 70 тверджень анкети за типами інтелекту (за Г. Гарднером)

№	Тип інтелекту	Номери тверджень анкети (питання)	Кількість питань
1	Мовний (лінгвістичний)	6, 8, 9, 14, 23, 31, 33, 50, 52, 60	10
2	Логіко-математичний	5, 10, 11, 17, 20, 29, 32, 40, 49, 54	10
3	Музичний	2, 4, 13, 18, 25, 30, 39, 51, 64, 66	10
4	Тілесно-кінестетичний	3, 7, 15, 22, 34, 38, 42, 45, 47, 53	10
5	Просторово-візуальний	21, 24, 26, 37, 44, 48, 59, 61, 67, 68	10
6	Інтерперсональний (міжособистісний)	19, 27, 36, 43, 46, 58, 62, 63, 65, 70	10
7	Інтраперсональний (внутрішньоособистісний)	1, 12, 16, 28, 35, 41, 55, 56, 57, 69	10

Джерело: складено автором за [1].

Результати опитування експортуються у табличний формат (Excel), після чого підлягають подальшій автоматизованій обробці. Для аналізу отриманих даних та визначення домінуючого типу інтелекту користувачів розроблено програмний модуль мовою Python.

Програмна реалізація забезпечує зчитування табличних даних, їх попередню обробку та обчислення інтегральних показників відповідно до методики множинного інтелекту.

З метою автоматизованої інтерпретації результатів анкетування та подальшої персоналізації навчального контенту в межах мультимедійної веб-інформаційної системи було розроблено алгоритм обчислення домінуючого типу інтелекту користувача на основі кількісної обробки відповідей респондентів.

Вхідні дані алгоритму:

T – таблиця відповідей респондентів, сформована в результаті експорту анкетування з сервісу Google Forms у форматі Excel або CSV, де елемент $T(r, q)$ – оцінка респондента r , за твердженням q , $q = 1 \dots 70$; $T(r, q)$ відповідає оцінці респондента r за твердженням q ;

Q_k – множини номерів тверджень, що відповідають k -му типу інтелекту згідно з теорією множинних інтелектів Г. Гарднера (табл. 3.1).

Вихідні дані алгоритму:

$I^*(r)$ – домінуючий тип інтелекту для кожного респондента r ;

$S(r)$ – вектор сумарних оцінок $S(r) = S_1(r), S_2(r) \dots S_7(r)$, що відображає інтенсивність прояву кожного типу інтелекту (опційно використовується для розширеної персоналізації).

Опис алгоритму

1. Для кожного респондента r ініціалізується вектор сумарних оцінок (формула 3.1):

$$S(r) = (0, 0, \dots, 0), \quad (3.1)$$

2. Для кожного типу інтелекту k здійснюється агрегація оцінок за відповідними твердженнями шляхом обчислення суми (формула 3.2):

$$S_k(r) = \sum_{q \in Q_k} T(r, q), \quad (3.2)$$

3. Після обчислення всіх компонент вектора $S(r)$ визначається домінуючий тип інтелекту як індекс максимального значення (формула 3.3):

$$I^*(r) = \arg \max_{k \in 1, \dots, 7} S_k(r), \quad (3.3)$$

4. Отримане значення $I^*(r)$ використовується як формалізований когнітивний профіль користувача для:

адаптації мультимедійного контенту;

вибору домінуючих форматів подання навчального матеріалу;

персоналізації сценаріїв взаємодії у MBIC.

Отримані результати використовуються для персоналізації навчального контенту, формування індивідуальних освітніх траєкторій та адаптації інтерфейсу MBIC. Для автоматизованої обробки результатів анкетування розроблено програмний модуль мовою Python (Додаток Б). Метод k -середніх

використовується для кластеризації схожих даних та виявлення характеристик різних груп користувачів.

5. Для визначення відстані між кластерами використовується евклідова відстань (формула 3.4):

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}, \quad (3.4)$$

де d – евклідова відстань; x_i и y_i – вибіркові значення.

6. У процесі кластеризації на кожній ітерації необхідно перераховувати центроїди кластеризації за рівнянням (формула 3.5):

$$C_i = \frac{1}{|c_i|} \sum x_i, \quad (3.5)$$

де C_i – означає центр кластеризації.

Процес ітерації завершується, коли ітерації досягають максимального значення, меншого за порогове значення. У поєднанні з рівняннями (3.4) і (3.5) виявлено, що в процесі аналізу показників моніторингу та оцінки даних алгоритм k -середніх перебирає всі об'єкти даних і класифікує кластери класів за кількістю ітерацій.

7. Після отримання класифікації кластерів класів виконується ітерація циклу та виводяться результати, якщо цільова функція забезпечує збіжність. Рівняння (3) виражає цільову функцію для дослідницького застосування (формула 3.6):

$$E = \sum_{i=1}^k \sum_{x_i} (x_i - \bar{x}_i)^2, \quad (3.6)$$

де $\bar{x}_i$ – означає середнє значення вибірки.

Більше значення цільової функції в процесі кластеризації вказує на те, що схожість у кластерах його класів є нижчою, і навпаки, схожість у кластерах його класів є вищою.

Шляхом попереднього аналізу результатів кластеризації встановлено, що для отримання високоточних результатів моніторингу під час кластерного аналізу соціотипів учнів необхідно встановити метод оцінки змінних параметрів високої розмірності. Змінні параметрів у даному випадку включають стандарти на освітні програми, статус навчання студентів, результати іспитів тощо.

8. Ці параметри використовуються для побудови потоку даних конвергентних змінних показників (формула 3.7):

$$x_n = x(t_0 + n\Delta t) + \omega_n, \quad (3.7)$$

де x – конкретне значення вибірки;

t_0 – момент початку потоку даних;

n – кількість ітерацій;

Δt – величина зміни потоку даних у часі;

ω_n – функція виявлення зсуву оцінки.

9. Після отримання потоку багатовимірних даних можна виконати кореляційне злиття для розрахунку вектора рішення індексу оцінки кластерів. Підмножина навчання отримується на основі вектора рішення, який має відповідати таким обмеженням (формула 3.8):

$$\bigcup_{i=1}^L S_i = V - \varepsilon_i, \quad (3.8)$$

де L – крок ітерації;

V – значення вектора;

ε_i – значення власного вектора.

10. Після врахування конвергенції виявляється, що кластеризація схильна до локальних оптимальних рішень, тому в дослідженні представлено метод кількісного рекурсивного аналізу, який здатен забезпечити підтримку даних для прийняття рішень шляхом кореляційної кластеризації, яку можна використовувати для побудови цільової функції (формула 3.9):

$$F(a) = (SP, AB, LB, IH, DP), \quad (3.9)$$

де SP – якість навчальних матеріалів;

AB – успішність учнів;

LB – успішність учнів;

IH – залученість;

DP – частота взаємодії.

11. У просторі багатовимірних ознак шляхом об'єднання великих даних можна знайти взаємозв'язок показників якості навчальних матеріалів та рівня засвоєння знань. Нижченаведене рівняння виражає отримане значення кількісних рекурсивних ознак у процесі спостереження та оцінки навчальної діяльності і може бути оцінене кількісно на основі індексного зв'язку (формула 3.10):

$$x_a = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_{n-i} + \sum_{j=0}^k b_{n-j}, \quad (3.10)$$

де a_0 – амплітуда вибірки під час початкового процесу контрольної оцінки;

x_{n-1} – значення часової послідовності скаляра під час процесу оцінки;

b_{n-j} – значення затухання в процесі контролю та оцінки навчального процесу.

Використовуючи великі бази даних і поділ учнів на соціотипи, можна отримати достовірні вхідні дані для оцінки формування освітніх компетентностей та ефективної оцінки якості навчальних матеріалів.

У даному підрозділі було запропоновано метод і інформаційну модель, які можуть бути використані під час розробки мультимедійних веборієнтованих інформаційних систем навчального спрямування. Запропонований підхід акцентує увагу на необхідності врахування індивідуальних характеристик учнів, зокрема їхніх соціотипів, у процесі формування навчального контенту та побудови освітньої траєкторії.

Отримані результати попередньої апробації свідчать про зростання рівня сформованих компетентностей у студентів, які навчалися за індивідуалізованою траєкторією, порівняно з тими, хто навчався за традиційною методикою. Зокрема, середні бали таких студентів є вищими, що підтверджує доцільність використання розробленого інтерактивного користувацького інтерфейсу у навчальному процесі.

3.2. Проектування контурів адаптації у навчальних MBIC

Розвиток інформаційної революції та широке впровадження Інтернету суттєво трансформували підходи до організації інформаційних процесів у різних сферах діяльності, зокрема в електронному бізнесі та освіті. Сучасні користувачі отримали можливість аналізувати альтернативи та приймати рішення в режимі реального часу, що істотно впливає на структуру ринку, характер конкуренції та вимоги до інформаційних систем.

Актуальність зазначених проблем підтверджується статистичними даними щодо зростання обсягів електронної комерції. Так, у 2023 році обсяг продажів товарів та послуг через інтернет склав 182 млрд грн., що становить близько 10% від загального обсягу роздрібної торгівлі у 2023 році. Для порівняння: у 2022

році це було 151 млрд грн (10,8% від загального обсягу роздрібної торгівлі), а у 2021 році – 129 млрд грн (8,9%) [31].

Методи проєктування традиційних інформаційних систем [24–26], як правило, орієнтовані на роботу з чітко структурованими, регулярними даними та не передбачають активної участі користувача в умовах значної невизначеності. Такі підходи є малоефективними у випадках, коли користувачеві необхідно здійснювати вибір серед великої кількості альтернатив із близькими характеристиками або працювати з новою, складною для сприйняття інформацією, що потребує глибокого осмислення та засвоєння, зокрема в навчальних системах.

У даному розділі розглядається один із можливих шляхів розв’язання зазначених проблем шляхом модифікації методів розробки MBIC із впровадженням контурів адаптації.

Сучасні тенденції розвитку бізнесу та інформаційних технологій зумовлюють віртуалізацію багатьох аспектів соціального життя. Віртуальні тури, соціальні мережі, інтерактивні розважальні сервіси та електронне навчання стають невід’ємною частиною повсякденної діяльності користувачів. У цьому контексті мультимедійний контент відіграє ключову роль у формуванні вражень, залученні користувачів і підтримці процесів прийняття рішень.

Сучасні стратегії розвитку інформаційних сервісів дедалі більше орієнтуються на боротьбу за увагу та час користувача як обмежений ресурс. Це зумовлює необхідність впровадження гнучких механізмів адаптації, які дозволяють змінювати окремі компоненти системи без повної трансформації її архітектури. Використання мультимедійного контенту дозволяє впливати на процес прийняття рішень користувачем у ситуаціях обмеженої раціональності. У таких умовах включення в інформаційний процес візуальних, аудіальних та інтерактивних образів сприяє формуванню асоціативних зв’язків, що наближають користувача до точки прийняття рішення. Прикладом такого підходу є використання мікросценаріїв, зокрема коротких відеовідгуків або

емоційно забарвлених візуальних матеріалів, інтегрованих у структуру інтернет-магазину чи навчального ресурсу

Практична реалізація проблеми вибору для користувача певного товару чи послуги пов'язана з відсутністю достатньої інформації про моделі вибору для прийняття раціонального рішення. Це пов'язано з ситуацією прийняття рішення в умовах обмеженої раціональності, розглянутої в роботах Герберта Саймона [27, 28].

У межах даного дослідження пропонується розв'язувати це протиріччя шляхом цілеспрямованого проектування мультимедійного контенту MBIC на спеціалізованому етапі розробки. Обов'язковим елементом цього процесу є створення сценаріїв та специфічного дизайну. Під сценарієм у даній роботі розуміється літературно оформлена модель майбутньої мультимедійної веб-інформаційної системи, у якій матеріалізується аудіовізуальне бачення команди розробників.

Процедура формування сценаріїв розглядається як розгалужена послідовність проєктних рішень, що дозволяє сформувати спектр можливих сценаріїв, серед яких можна виділити оптимальний, ризикований та інерційний.

Для підвищення інтуїтивності доцільно застосовувати ментальні моделі та метафори, засновані на об'єктах реального світу. Проектування MBIC потребує мультидисциплінарного підходу, що поєднує дизайн, психологію, маркетинг, інформаційну архітектуру та управління проєктами.

Багатоконтурна адаптація розглядається як процес взаємодії цифрового освітнього середовища і студента, при якому відбувається зміна структури, складу елементів та їх властивостей в системі «Студент –Викладач –Зміст освіти–Дидактичний програмний інтерфейс – Програмне забезпечення Цифрових навчальних систем –Цифровий світовий простір науки і технологій.

При цьому адаптація спрямована на зміну структури, складу елементів та їх властивостей у вищезазначеній системі.

Такими контурами адаптації можуть бути наприклад:

1. Світовий Інтернет простір знань – МІС цифрового освітнього простору (головний актор - викладач).

2. МІС цифрового освітнього простору – Студент (головний актор – програмний інструментарій адаптації дидактичного інтерфейсу) [30].

Запропонований підхід базується на низці гіпотез. По-перше, методи розробки МВІС у сучасних умовах істотно залежать від предметної області, для якої вони створюються, а також від функцій і завдань, що вирішуються користувачем у процесі роботи з системою.

Це зумовлює необхідність введення метаспецифікацій, які описують не окрему систему, а клас систем із подібними властивостями. У даному дослідженні розглядаються два таких класи: бізнес-орієнтовані мультимедійні інформаційні системи інтернет-торгівлі та мультимедійні інформаційні системи цифрового освітнього простору.

По-друге, метод проєктування МВІС повинен забезпечувати формування засобів підвищення мотивації та залученості користувачів до виконання конструктивних дій у межах цілей, на досягнення яких орієнтована система. Сучасні МІС активно використовуються як у бізнесі, так і в освіті, і ефективність їх функціонування значною мірою визначається здатністю стимулювати користувачів до активної взаємодії, навчання або участі в інформаційних процесах.

У межах даного дослідження розглянуто основні принципи проєктування сучасних мультимедійних інформаційних систем, зокрема веббазованих, з урахуванням їх адаптації до специфіки різних предметних областей. Показано, що ефективність таких систем значною мірою визначається відповідністю методів їх проєктування умовам функціонування замовника та характеристикам цільової аудиторії. З цією метою доцільним є використання метаспецифікацій, які дозволяють узагальнено описувати класи систем і адаптувати їх до конкретних умов експлуатації.

Обґрунтовано необхідність урахування потреб різних категорій користувачів у процесі розробки мультимедійних інформаційних систем,

особливо користувачів із нерегулярним досвідом взаємодії з подібними системами. Такий підхід є особливо важливим для навчальних платформ та бізнес-орієнтованих систем, зокрема інтернет-магазинів і торгових порталів, де зручність і зрозумілість інтерфейсу безпосередньо впливають на досягнення цільових результатів.

Встановлено, що формування контенту мультимедійних інформаційних систем доцільно здійснювати на основі сценарного підходу, який забезпечує цілісність подання матеріалу та орієнтацію інтерфейсу на користувача. Такий підхід сприяє підвищенню інтуїтивності взаємодії, ефективності сприйняття інформації та рівня залученості користувачів.

Показано, що проєктування мультимедійних інформаційних систем потребує мультидисциплінарного підходу, який передбачає залучення фахівців з економіки, маркетингу, архітектурного проєктування, вебдизайну, психології та розробки мультимедійного контенту. Інтеграція знань з різних галузей дозволяє забезпечити комплексне вирішення завдань проєктування та відповідність систем сучасним вимогам користувачів.

Зроблено висновок, що важливою складовою проєктування MBIC є формування контурів адаптації між різними компонентами системи. Реалізація таких контурів забезпечує гнучкість і масштабованість системи, а також її здатність ефективно функціонувати в умовах різноманітних бізнесових та освітніх сценаріїв використання.

3.3. Метод використання мультимедійних баз навчального контенту з орієнтацією на модальність

У зв'язку з динамічними соціально-економічними змінами в Україні та світі система освіти перебуває в активному процесі трансформації, зокрема в напрямі цифровізації навчального середовища. Цифрова трансформація освіти

визначається як одна з ключових складових реалізації Державної стратегії цифрової трансформації до 2030 року та передбачає впровадження сучасних інформаційних технологій, зокрема інструментів штучного інтелекту, для забезпечення персоналізованого навчання та підвищення якості освітніх послуг.

Міністерство освіти і науки України, спільно з Міністерством цифрової трансформації, розробляє рекомендації для інтеграції технологій штучного інтелекту та імерсивних технологій в освітній процес. Однією з ключових проблем є цифрова нерівність серед учасників освітнього процесу. Як показують дослідження, 91% здобувачів освіти в Україні вже знайомі з сервісами ШІ, проте лише третина педагогів має достатній рівень підготовки для їх інтеграції у свою роботу [32].

Використання технологій віртуальної та доповненої реальності сприяє глибшому зануренню в навчальний процес, підвищенню мотивації та ефективності засвоєння матеріалу. У поєднанні зі штучним інтелектом такі технології забезпечують адаптацію контенту до когнітивних особливостей студентів, автоматизацію оцінювання та персоналізований зворотний зв'язок.

Водночас актуальною залишається проблема недостатньо сформованої нормативно-правової бази щодо використання ШІ в освіті, а також недостатня готовність учасників освітнього процесу до педагогічно обґрунтованого використання комп'ютерно орієнтованих систем [33].

У зв'язку з цим зростає актуальність досліджень, спрямованих на визначення способів використання штучного інтелекту для індивідуалізації навчання та створення інклюзивного освітнього середовища. У науковій літературі описано численні моделі стилів навчання, наприклад, модель стилю навчання Колба, Хані та Мамфорда, Паска, Горварда та Фелдера та Сільвермана. Все ще залишається багато відкритих питань щодо стилів навчання, моделі стилів навчання сходяться на думці, що студенти вважають за краще вчитися по-різному. Значна частина дослідників вважає врахування стилів навчання та модальностей сприйняття важливим чинником підвищення ефективності освітнього процесу.

Проблема створення ефективної сучасної віртуальної освіти обумовлює необхідність персоналізації навчального досвіду на основі мультимедійних баз навчального контенту. Прикладом таких рішень є сучасні VR-платформи, зокрема Engage VR та VictoryXR, які підтримують роботу з тривимірними об'єктами, презентаціями, відеоматеріалами та інтерактивними сценаріями, забезпечують створення віртуальних аудиторій, лабораторій і навчальних сцен, а також інтеграцію з системами управління навчанням (LMS).

Отже, інтерес до впровадження технологій штучного інтелекту та персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR середовища в освітній процес продовжує зростати, що вказує на велику необхідність подальших наукових розробок для ефективного використання цих інструментів з метою підвищення якості освіти.

Наукова новизна даного підходу полягає у використанні персоналізації навчання у імерсивному оточенні на основі теорії множинного інтелекту Говарда Гарднера, та у впровадженні чітко структурованої методики побудови адаптивного навчального процесу у VR-середовищі. Запропонований метод передбачає послідовну реалізацію таких етапів: кластеризація навчального контенту, тестування та профілювання користувача, генерація індивідуального маршруту, динамічна адаптація на основі результатів взаємодії.

Ключовою особливістю методу є моделювання віртуального навчального простору у вигляді орієнтованого графа, де вершини відповідають навчальним об'єктам або сценам, а ребра – логічним, дидактичним та наративним переходам між ними. Така графова модель дозволяє гнучко перебудовувати навчальні траєкторії, оптимізувати навігацію та інтегрувати просторові наративи, що розвиваються в залежності від когнітивного профілю студента та його успішності.

Метою даного підрозділу є розробка методу реалізації персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчання у віртуальному середовищі на базі інструментів сучасних VR-середовищ для освіти, та з урахуванням когнітивного профілю студента (тип інтелекту, стиль навчання) з метою підвищення

ефективності засвоєння навчального матеріалу, мотивації та залученості здобувачів освіти. Актуальність застосування інтелектуальних технологій у навчальних середовищах підтверджується сучасними дослідженнями, які вказують на доцільність інтеграції нейронних мереж в освітні екосистеми з метою персоналізації навчального процесу та підвищення адаптивності освітніх систем, водночас враховуючи їхні обмеження та методологічні виклики [71-73].

У сучасних наукових дослідженнях віртуальна та доповнена реальність розглядаються як технології, спрямовані на створення імерсивного цифрового середовища, у якому користувач відчуває себе активною частиною віртуального простору завдяки повному або частковому ефекту занурення. Згідно з результатами дослідженнями [34-37] застосування VR/AR у навчанні відкриває нові можливості для реалізації інноваційних стратегій у взаємодії людини і комп'ютера, що зумовлює зростання інтересу до цих технологій у сфері вищої освіти.

Дослідження у сфері доповненої реальності також підтверджують важливість обґрунтованого вибору програмного забезпечення для реалізації мультимедійних систем. Так, у роботі [70] запропоновано методику вибору інструментів AR-розробки на основі дерева рішень та методу продукційної діагностики, що дозволяє формалізувати процес прийняття рішень з урахуванням параметрів проєкту та характеристик програмних засобів.

Створення віртуалізованих освітніх середовищ, орієнтованих на цифрові пристрої, становить повний спектр сприйняття, що створюється студентами у згенерованому симульованому середовищі, де встановлюється зв'язок між студентами, викладачами та дослідниками в цифровому комп'ютеризованому системному середовищі [38, 39]. Емпіричні дослідження підтверджують ефективність цього підходу та демонструють позитивний вплив імерсивних середовищ на глибину засвоєння навчального матеріалу [40].

Окремий напрям сучасних досліджень пов'язаний із впровадженням інструментів штучного інтелекту в освітній процес. Зокрема, дослідження [41]

продемонстрували, що учні, які навчаються за допомогою штучного інтелекту по дві години на день, увійшли у топ-1–2% найкращих по країні.

На тлі стрімкого розвитку цифрових технологій онлайн-навчання та віртуальна реальність виокремлюються серед інших інформаційних технологій як важливі технічні та дослідницькі інструменти навчання [42, 43]. Водночас низка дослідників звертає увагу на потенційні ризики надмірного використання цифрових пристроїв, зокрема зниження концентрації уваги та формування залежності від соціальних мереж [44]. Крім того, встановлено, що для частини здобувачів освіти навчання у знайомому або фізично реальному середовищі може бути більш мотиваційно ефективним [45].

Як результат, VR-технологія забезпечує ефективний спосіб для тих, хто навчається, відчувати багатші та реалістичніші сцени. Інтерактивність та занурення, що забезпечуються VR-технологією у віртуальних ситуаціях, можуть задовольнити екологічні та ситуативні потреби вивчення мови [46-48]. Надзвичайним досягненням є використання віртуальної реальності в темах курсів, що забезпечує спільне проходження поетапних тем курсу, об'єднуючи студентів, викладачів і дослідників в одній кімнаті, що сприяє поглибленню знань [49].

Аналіз сучасних VR-освітніх середовищ показує, що вони забезпечують високий рівень інтерактивності, однак переважно не інтегрують адаптивні механізми з урахуванням когнітивного профілю користувача. Через це частина студентів втрачає мотивацію або не досягає очікуваного рівня засвоєння матеріалу.

Платформи Engage VR і VictoryXR мають технічні можливості для побудови адаптивного навчання, проте не забезпечують глибокої персоналізації контенту відповідно до типів інтелекту чи когнітивних стилів. Це обумовлює необхідність розробки методики адаптивного формування індивідуальних навчальних маршрутів у VR-середовищі.

Доповнену і віртуальну реальність також можна використовувати для створення динамічних та інтерактивних занять, пристосованих до

індивідуальних потреб кожного студента, що забезпечує більш персоналізований досвід навчання. Студенти можуть працювати разом зі своїми однокласниками у віртуальному просторі, а викладачі використовувати доповнену і віртуальну реальність для гейміфікації своїх уроків [50].

У межах дослідження сучасних VR-освітніх середовищ проведено порівняльний аналіз платформ Engage VR, Spatial.io, Mozilla Hubs, FrameVR.io, ClassVR, Rumii та VictoryXR (табл. 3.2.) з метою оцінки їх функціональних можливостей, обмежень і потенціалу для створення адаптивного та педагогічно ефективного навчального контенту.

Таблиця. 3.2

Порівняльна таблиця VR-середовищ для освіти

	VR-середовище	Функціональність	Обмеження	Типові сценарії
1.	ENGAGE VR + AI	AI-аватари, генерація голосу, інтерактивний контент	Високі вимоги до обладнання і навчання	VR-лекції, тренінги, медичні симуляції
2.	Spatial.io	Презентації, 3D-аватари, спільна робота	Менше навчальних функцій, фокус на візуалізацію	Презентації, творчі проекти, галереї
3.	Mozilla Hubs	Браузерна VR, голос, 3D-об'єкти	Примітивна графіка, нестабільність	Семінари, зустрічі, обговорення
4.	FrameVR.io	Кастомізовані простори, спільна робота	Обмежені освітні функції, простий інтерфейс	Навчальні сесії, воркшопи
5.	ClassVR	Готові VR-сценарії, бібліотека, освітні пакети	Платне ПЗ і обладнання, закритість системи	STEM-уроки, історія, мови
6.	Rumii	VR-класна кімната, відео, дошка, PDF	Застарілий інтерфейс, обмежена гнучкість	Дистанційне навчання в малих групах
7.	VictoryXR	Лабораторії, симуляції, освітні модулі	Тільки англомовні модулі	Анатомія, біологія, природничі науки
8.	MindVerse.ai	Створення AI-аватарів у VR/метавсесвітах	Новий сервіс, обмежені кейси застосування	Ментори, боти для навчання та підтримки
9.	Talespin	Soft skills тренінги з AI-персонажами	Корпоративний фокус, англомовна аудиторія	Етика, управління командою, конфлікти

Джерело: систематизовано автором

Порівняльний аналіз VR-середовищ для освіти показав, що найбільший потенціал для створення персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального середовища мають платформи VictoryXR та Engage VR. Зокрема, VictoryXR забезпечує підтримку віртуальних лабораторій, симуляцій та інтеграцію навчального контенту природничо-наукового спрямування, що робить платформу перспективною для VR-освіти.

У межах дослідження також проаналізовано підходи до адаптивного навчання, зокрема моделі Фелдера і Сільвермана, VARK, Хані і Мамфорда, теорію множинного інтелекту Гарднера та теорію Ентвіста. Теорія Гарднера розглядає множинні типи інтелекту як основу індивідуалізації навчального процесу [51].

Згідно з моделлю стилів навчання Vark, студенти віддають перевагу візуальному, аудіальному, читацькому та кінестетичному навчанням [52]. За Флемінгом, студенти-візуали воліють отримувати інформацію через графіки, діаграми та блок-схеми. Студенти з аудіальним типом сприйняття воліють отримувати інформацію на слух. Що стосується студентів, які належать до підкатегорії «читати/писати», то для них кращим способом отримання інформації є читання або написання сценаріїв.

Подальший розвиток теорій стилів навчання представлений у роботах Хані та Мамфорда, які розробили класифікацію студентів за навчальними уподобаннями: активісти, теоретики, прагматики та рефлексивісти. На основі типів інтелекту й стилів навчання формуються індивідуалізовані освітні стратегії. Ентвістл обґрунтував концепцію відповідності навчального процесу особливостям студента, виокремивши поверхневий, стратегічний і глибинний підходи до навчання [53]. Дослідження підтверджують, що врахування когнітивних особливостей студентів підвищує ефективність засвоєння матеріалу та навчальні результати [54].

На рис. 3.1. наведено адаптивну модель, що забезпечує персоналізований підхід до навчання, підвищуючи ефективність та мотивацію здобувача освіти.

Розуміння впливу когнітивних стилів на навчання та поведінку може надати викладачам цінну інформацію, що дозволяє їм проєктувати освітні підходи, які краще враховують індивідуальні відмінності та підтримують різноманітні потреби учнів [55, 56].

Враховуючи різноманітність індивідуальних особливостей здобувачів освіти, персоналізація у VR-середовищі буде реалізована відповідно до типів інтелекту за теорією Говарда Гарднера, а також з урахуванням когнітивних стилів (аналітичний / глобальний, імпульсивний / рефлексивний, тощо). Такий підхід дозволить підібрати для кожного користувача оптимальні формати подачі матеріалу, візуалізацію, тип взаємодії та рівень складності.



Рис. 3.1. Послідовність роботи користувача в адаптивній системі електронного навчання, яка базується на визначенні індивідуального стилю навчання за методикою VARK

Джерело: систематизовано автором

У персоналізованому навчанні визначальним є не лише зміст навчального матеріалу («що» подається), а й спосіб та послідовність його подання («як» і «в якій послідовності» відбувається навчання). Використання імерсивного середовища доповнює цю тріаду просторовою координатою, у межах якої навчальний досвід розгортається як система сцен, об'єктів і взаємодій. У такому підході освітній курс доцільно розглядати не як фіксований лінійний сценарій, а

як динамічну структуру, що може бути формалізована у вигляді орієнтованого позначеного графа, де педагогічна логіка та індивідуальний навчальний маршрут студента є властивостями графа.

Під наративом у даному дослідженні розуміється спосіб сюжетної організації навчального досвіду, який поєднує зміст того, що вивчається, і форму його подання. Наратив охоплює: (1) події та стани, що відбуваються з учнем у середовищі; (2) персонажів і агенти (віртуальні тьютори, NPC), які спрямовують взаємодію; (3) причинно-наслідкові зв'язки, що пояснюють зміни станів; (4) темп і порядок подання інформації (зокрема модальність та ритм переходів); (5) медіасередовище – текст, аудіо, відео, 3D-сцени, AR-об'єкти тощо. До складу наративу також включаємо механізми оцінювання прогресу та його узгодження з індивідуальними цілями (learning outcomes), що забезпечує цикли зворотного зв'язку й адаптації. Від «сюжету» як лінійної послідовності подій наратив відрізняється тим, що визначає спосіб організації, подання та сприйняття цієї послідовності. Один і той самий сюжет («студент відкриває новий принцип/артефакт») може бути реалізований як текстова вставка, як квест із NPC і маніпуляцією об'єктами у VR або як комбінована траєкторія з AR-підказками та 3D-сценами – і це будуть різні наративи з різною педагогічною динамікою.

Формально наратив подаємо як граф $G=(V,E)$. Вершини відповідають елементам розповіді та навчання (відеосцени, інтерактивні місії, діалоги з NPC, події в AR/VR), а ребра – можливим переходам між ними. Ребра маркуються вагами та умовами активації (guards), що кодують часові витрати, очікуване когнітивне навантаження, передумови, пороги успішності тестів або показники телеметрії. Типологічно виділюються щонайменше три базові рівні складності вузлів: від (1) пасивного медіаконтенту (зображення, звуковий супровід, відео та анімація), (2) інтерактивних завдань до (3) діалогових вузлів із NPC, та четвертий рівень – (4) просторовий наратив, коли сюжет цілком визначається навігацією у просторі та взаємодією з об'єктами.

Персоналізація здійснюється на основі профілю студента, що включає інтереси, стиль сприйняття, попередні знання, типи інтелекту (за Гарднером) і

поведінкові ознаки. Формування індивідуальний маршрут (learning path) здійснюється з використанням методів прийняття рішень та штучного інтелекту, коригуючи ваги ребер і доступність вузлів залежно від досягнень, результатів діагностик, виявлених патернів взаємодії та явних уподобань. Питання інклюзивності вирішується завдяки наявності альтернативних модальностей (аудіоопис, текстові субтитри, жести, висококонтрастна графіка тощо) і відповідних обмежень до штрафів у функції якості маршруту, що гарантує доступність для різних груп.

Керування наративом у реальному часі здійснюється модулями штучного інтелекту. Підсистема генерації/адаптації контенту створює або модифікує вузли під конкретний профіль. Experience (Drama) Manager виконує диспетчеризацію переходів, обираючи «наступний вузол» відповідно до багатокритеріальної мети, що поєднує навчальну корисність, часові бюджети, навантаження, різноманіття та ризики. Dynamic Difficulty Adjustment (DDA) здійснює тонке налаштування темпу та складності через зміну параметрів вузлів і ваг ребер або їхніх guard-умов. NPC-агенти на основі великих мовних моделей ведуть змістовні діалоги, реагують на дії студента, ініціюють розгалуження сюжету й надають мікропояснення або ремедіації. Відповідно, процедурна генерація (PCG) розширює граф новими вузлами/сценами, узгодженими з цілями навчання та вимогами когерентності, що підвищує масштабованість підходу.

Зазначене трактування наративу як графової структури дає змогу поєднати педагогічні міркування з формалізованими механізмами оптимізації та оцінювання. Це створює методичну основу для побудови персоналізованих траєкторій у VR/AR-середовищах, які є водночас керованими (через ваги та умови переходів), вимірюваними (через метрики досягнень і когнітивного навантаження) та відтворюваними (через явну структуру графа G і протоколи реєстрації подій взаємодії).

3.1. Базові визначення

Нехай $G = (V, E)$ - орієнтований граф VR-середовища, де:

- V - множина вершин (сцен/об'єктів навчання);

– $E \subseteq V \cdot V$ - множина орієнтованих ребер (можливих переходів).

Кожна вершина має атрибути, що задаються функціями розмітки:

$\lambda_{\text{int}} : V \rightarrow I$ (тип(и) інтелекту за Гарднером),

$\lambda_{\text{mod}} : V \rightarrow \text{text, video, 3D, sim, audio, story,}$

$\lambda_{\text{diff}} : V \rightarrow 1, \dots, 5$ (складність),

$\lambda_{\text{ally}} : V \rightarrow A$ (доступність/адаптації),

$\lambda_{\text{LO}} : V \rightarrow 2^L$ які LOs покриває вершина),

$\lambda_{\text{time}} : V \rightarrow \mathbb{R}^+$ (орієнтовний час).

Кожній вершині $v \in V$ відповідає навчальна сцена/об'єкт із атрибутами:

$\lambda(v) = (\lambda_{\text{int}}(v), \lambda_{\text{mod}}(v), \lambda_{\text{diff}}(v), \lambda_{\text{ally}}(v), \lambda_{\text{LO}}(v), \lambda_{\text{time}}(v))$. Кожне ребро

$e = (u \rightarrow v)$ має умову переходу (guard): $g(e) : S \rightarrow \text{true, false}$, де, S - стан навчання (результати тестів, виконані LOs, профіль, телеметрія).

Приклади guard-умов: «пройдено тест на 80%», «час у вузлі $u \geq$ мінімум», «відсутня перевантаженість».

3.2. Стан студента і профіль

Стан у момент t (формула 3.11):

$$s_t = (K_t, w, \rho_t), \quad (3.11)$$

де $K_t \subseteq L$ – множина досягнутих навчальних результатів;

$w \in \mathbb{R}^m$ – вектор профілю;

ρ_t – телеметрія взаємодії (часи, спроби, помилки, паузи).

Оновлення профілю виконується байєсівськи або експоненційним згладжуванням (формула 3.12):

$$w^{(t+1)} = (1 - \eta)w_t + \eta \hat{w}_t \quad (3.12)$$

де $\hat{w}_t$ – оцінка з опитування/поведінки, $\eta \in (0,1]$.

Функція корисності вузла та вибір маршруту. Для вершини v визначимо багатокритеріальну корисність (формула 3.13):

$$U(v | S_t) = \alpha \text{match}(\lambda_{\text{int}}(\vartheta), w) + \beta_{\text{prereq}}(\lambda_{\text{LO}}(v), K)_t - \gamma_{\text{load}}(\lambda_{\text{diff}}(\vartheta), \rho_t) + \delta \text{coh}(\vartheta | \text{шлях}) + \zeta_{\text{divers}}(\vartheta | \text{шлях}) - a_{\text{pen}}(\vartheta), \quad (3.13)$$

де match – відповідність типам інтелекту/модальності профілю;

prereq – виконання передумов LOs (0/1 або $[0,1]$);

load – оцінка когнітивного навантаження (узгоджена з ρ_t);

coh – наративна та педагогічна когерентність (мінімізація «стрибків»);

divers – різноманітність подачі;

a_{pen} – штраф за відсутність потрібних адаптацій.

Ваги $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \zeta, \kappa \geq 0$ налаштовуються під курс/аудиторію. Маршрут будується як пошук шляху з максимальною сумарною корисністю за обмежень guard -умов та цільових LOs:

1. Система шукає оптимальний маршрут навчання (формула 3.14):

$$\pi^* = \operatorname{argmax}_{\pi \in P} \sum_{v \in \pi} U_{\vartheta}(v | s_t), \quad (3.14)$$

2. Перше обмеження – усі guard -умови/умови переходу повинні виконуватись (формула 3.15):

$$g_e(s_t) = \text{true}, \forall e \in \pi, \quad (3.15)$$

3. Друге обмеження – маршрут має покривати всі цільові learning outcomes (формула 3.16):

$$\bigcup_{v \in \pi} \lambda_{\text{LO}}(v) \supseteq L_{\text{ціль}}, \quad (3.16)$$

Представлення VR-курсу як просторового наративу на графі $G = (V, E)$ надає формальний апарат для:

- явної персоналізації (через w та *match*);
- контрольованої адаптації (через guard-умови та $U()$);
- верифікації логічної коректності маршрутів;
- вимірюваності якості наративу та навчальних результатів.

Це створює основу для масштабування курсу, автоматизованого перепланування та інтеграції з LMS і AI-т'юторами без втрати педагогічної цілісності.

У статті [34] наголошено, що адаптивне мультимедійне середовище, що використовує різні канали подачі (візуальні, аудіальні, інтерактивні), демонструє високу ефективність у студентів з різним рівнем інформаційної залежності. Таку можливість надає Victory XR за допомогою віртуального асистента, який на основі штучного інтелекту веде діалог із студентом.

Платформа Victory XR виступає як ефективний інструмент реалізації описаних концепцій.

Віртуальна реальність підтримує мультимедійне навчання та когнітивну теорію мультимедійного навчання [58], яка стверджує, що порівняно з виключно текстовою інформацією, використання аудіовізуального контенту може призводити до більш захопливого навчального досвіду, що, у свою чергу, покращує результати навчання [59].

У міру того як VR дедалі ширше впроваджується, кількість відповідних застосунків та навчальних матеріалів зростає, тоді як необхідне обладнання стає доступнішим і технологічно досконалішим [57-60].

Модель розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища. Запропонована модель ґрунтується на поєднанні когнітивно-орієнтованого підходу та інструментів штучного інтелекту, що дозволяє забезпечити індивідуалізацію навчальної траєкторії у віртуальному середовищі.

Етап 1. Кластеризація навчального контенту.

На першому етапі здійснюється багатовимірною класифікація освітніх матеріалів, що охоплює відео, 3D-моделі, інтерактивні вправи, тести, текстові й аудіальні ресурси. Контент структурується за кількома критеріями: (i) форма подання (візуальна, текстова, аудіальна, практична тощо); (ii) відповідність типу інтелекту згідно з теорією Говарда Гарднера (лінгвістичний, логіко-математичний, музичний, просторовий, кінестетичний, внутрішньоособистісний, міжособистісний, натуралістичний, екзистенційний); (iii) метадані, що характеризують рівень складності, орієнтовний час опрацювання, ступінь інтерактивності та адаптивність для студентів з особливими освітніми потребами.

Згрупований матеріал формалізується у вигляді орієнтованого графа $G = (V, E)$, у якому вершини відповідають навчальним об'єктам чи сценам, а ребра – логічним та наративним зв'язкам, що визначають можливі траєкторії руху студента.

Контент кластеризується за ознаками, пов'язаними з відповідними типами інтелекту.

Для більш глибокої інтеграції інтелектуальних типів у VR-середовище доцільно також враховувати інструкційні стратегії, які відповідають кожному типу. Використовуючи джерела [55, 56], було адаптовано використання множинного інтелекту в контексті методики розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища, з додаванням стратегій навчання до кожного типу інтелекту відповідно (табл. 3.3.)

Після кластеризації навчального контенту відповідно до типів інтелекту, наступним кроком є ранжування (тобто встановлення пріоритетності та відповідності) кожного навчального матеріалу для конкретного типу інтелекту на основі низки критеріїв. Це дозволяє динамічно обирати найбільш релевантний контент у межах персоналізованого адаптивного середовища.

Слід зазначити, що попри активний розвиток досліджень у сферах персоналізованого навчання, штучного інтелекту та когнітивної аналітики, на сьогодні відсутні комплексні інтегровані рішення, які б поєднували

кластеризацію контенту, когнітивне профілювання користувачів, побудову адаптивних навчальних маршрутів та їх динамічну корекцію в єдиній системі, особливо в імерсивному VR-середовищі.

Таблиця 3.3

**Інтеграція теорії множинного інтелекту Говарда Гарднера в
персоналізоване навчальне VR-середовище**

Тип інтелекту (за Говардом Гарднером)	Приклади інтеграції в освітній процес	Інструкційні стратегії (українською)
Музичний (ритмічний)	Використання аудіо-супроводу, музичних фрагментів, озвучення	Сторітелінг через музичні наративи, Навчання з наставником із озвученням (ШІ-аватари)
Лінгвістичний	Робота з текстами, створення сценаріїв, дискусії, блоги	Сторітелінг, Сценарії (моделювання діалогу), Гейміфікація із завданнями на основі тексту
Логіко-математичний	Робота з графіками, алгоритмами, логічними викликами	Симуляції, Сценарії, Гейміфікація з логічними завданнями
Кінестетичний	Інтерактивна взаємодія з об'єктами, VR-жести, фізична навігація у VR-просторі	Симуляції, Навчання через дослідження, Гейміфікація з керуванням жестами
Просторовий	Навігація у віртуальних просторах, 3D-візуалізації, маніпуляції об'єктами	Дослідження, Сторітелінг із візуальними елементами, Симуляції з просторовими завданнями
Внутрішньоособистісний	Саморефлексія, опитування, особисті щоденники у VR	Навчання з наставником, Сторітелінг з рефлексивними завданнями
Міжособистісний	Робота в групах, рольові ігри, спільні VR-сцени	Сценарії, Гейміфікація, Навчання з наставником (ШІ-аватаром)
Натуралістичний	Віртуальні експедиції в природу, біологічні об'єкти у VR	Дослідження, Сценарії, Сторітелінг у природничому контексті
Екзистенційний	Дискусії про сенс, етичні дилеми, філософські квести	Сценарії, Сторітелінг, Кейс-стаді на глибокі теми

Джерело: запропоновано автором.

Етап 2. Тестування та профілювання користувача.

Подальший крок передбачає визначення індивідуального когнітивного профілю студента. Для цього використовуються як традиційні опитувальники

(наприклад, форми Google або інструменти LMS), так і інтегровані VR-тести з віртуальними агентами, що ведуть діалог природною мовою. Результати діагностики дозволяють ідентифікувати домінуючі типи інтелекту або їх комбінації, а також сформувати персоналізований вектор характеристик користувача, який використовується для подальшої адаптації навчального процесу.

Етап 3. Генерація персоналізованого навчального маршруту. З урахуванням отриманого профілю система формує індивідуальний навчальний маршрут у VR-просторі. Траєкторія представлена орієнтованим графом, де вершини відповідають навчальним об'єктам, а ребра – переходам, що можуть мати форму умов IF/THEN. Наприклад, успішне виконання тестового завдання або досягнення заданого рівня засвоєння матеріалу може ініціювати перехід до наступної навчальної сцени, тоді як помилки або ознаки перевантаження – спрямовувати студента до повторного пояснення, альтернативного прикладу чи іншої модальності подання матеріалу.

Корисність кожного вузла визначається функцією формула 3.17:

$$U(v \mid w) = \alpha \cdot \text{match}(v, w) + \beta \cdot \text{prereq}(v) - \gamma \cdot \text{cognitive_load}(v), \quad (3.17)$$

де параметри α , β , γ відображають ваги відповідності профілю, наявності передумов та когнітивного навантаження.

Етап 4. Навчання та фіксація активності. У процесі взаємодії студента з VR-середовищем система реєструє ключові параметри активності: час перебування у сцені, кількість взаємодій з об'єктами, результати виконання завдань і тестів.

Етап 5. Зворотний зв'язок і динамічна адаптація.

На фінальному етапі відбувається динамічне коригування індивідуального маршруту. Використовуючи дані телеметрії та відгуки студентів, система може змінювати формат подачі матеріалу, повторювати складні модулі або пропонувати додаткові приклади. Передбачена також інтеграція з платформами

управління навчанням (Moodle, Canvas), що дозволяє зберігати індивідуальну траєкторію та забезпечувати безперервний моніторинг прогресу.

На рис. 3.2. наведено схематичне подання запропонованої моделі, що ілюструє основні завдання та обмін інформацією на окремих етапах.



Рис. 3.2. Схематичне подання запропонованої моделі.

Джерело: запропоновано автором.

Таким чином, описана модель поєднує когнітивну діагностику, формальне представлення знань у вигляді графа та механізми автоматичної адаптації, створюючи цілісний підхід до персоналізованого навчання в імерсивних VR-середовищах.

Висновки до розділу 3

1. Удосконалено метод розробки MBIC навчального спрямування на основі інтеграції технологій великих даних та алгоритму кластеризації k-середніх, що забезпечує персоналізацію структури та змісту навчального контенту відповідно до індивідуальних характеристик користувачів.

2. Обґрунтовано інформаційну модель навчальної MBIC, яка поєднує обробку структурованих, напівструктурованих та неструктурованих даних і забезпечує формування індивідуальних навчальних траєкторій на основі когнітивного профілю користувача.

3. Доведено доцільність використання теорії множинного інтелекту Г. Гарднера разом з автоматизованою обробкою анкетування для формалізації когнітивних характеристик здобувачів освіти та персоналізації навчального контенту.

4. Розроблено підхід до проєктування контурів адаптації в навчальних MBIC, у межах якого адаптація розглядається як взаємодія користувача, викладача, контенту та цифрового освітнього середовища.

5. Запропоновано сценарний підхід до формування мультимедійного навчального контенту, спрямований на підвищення залученості користувачів, мотивації та цілісності сприйняття навчального матеріалу.

6. Побудовано модель персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища, що поєднує когнітивно-орієнтований підхід із динамічним формуванням індивідуальних освітніх траєкторій.

7. Набула подальшого розвитку модель персоналізованого VR-середовища за рахунок інтеграції механізмів кластеризації користувачів, що дозволяє адаптувати навчальний контент у реальному часі відповідно до змін у поведінці та характеристиках користувачів.

8. Показано, що подання навчального процесу у вигляді орієнтованого графа з формалізованими вершинами та умовами переходів забезпечує

ефективний інструмент для реалізації керованої персоналізації та адаптації навчального контенту.

9. Встановлено наявність технічних передумов для реалізації запропонованої методики на базі сучасних VR-платформ, зокрема VictoryXR, що підтверджує практичну реалізованість розроблених підходів та перспективність їх подальшої інтеграції з LMS і AI-технологіями.

Основні результати дослідження, викладені в розділі 3, відображено у наукових працях автора [61, 62, 63, 64, 65, 66].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Davis K., Christodoulou J., Seider S., Gardner H. The Theory of Multiple Intelligences. – 2011.
2. Свічко Т. О. Оцінювання ефективності контенту для мультимедійних інформаційних систем. *Global Science: Prospects and Innovations: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference*. Liverpool, United Kingdom : Cognum Publishing House, 2024. P. 21–27. URL: <https://sci-conf.com.ua/vii-mizhnarodna-naukovo-praktichnakonferentsiya-global-science-prospects-and-innovations-1-3-03-2024-liverpulvelikobritaniya-arhiv/>
3. Zhou Z., Zhao L. Cloud computing model for big data processing and performance optimization of multimedia communication. *Computer Communications*. 2020. Vol. 160. P. 326–332. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.06.015>
4. Shih T. K. Multimedia Database Systems in Education, Training, and Product Demonstration // Database and Data Communication Network Systems / ed. by C. T. Leondes. – Academic Press, 2002. – P. 327–366. – DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-012443895-8/50012-X>.
5. Cord M., Gosselin P. H., Philipp-Foliguet S. Stochastic exploration and active learning for image retrieval. *Image and Vision Computing*. 2007. Vol. 25, No. 1. P. 14–23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2006.01.004>.
6. Albagli S., Ben-Eliyahu-Zohary R., Shimony S. E. Markov network based ontology matching. *Journal of Computer and System Sciences*. 2012. Vol. 78, No. 1. P. 105–118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcss.2011.02.014>
7. Guo K., Pan W., Lu M., Zhou X., Ma J. An effective and economical architecture for semantic-based heterogeneous multimedia big data retrieval. *Journal of Systems and Software*. 2015. Vol. 102. P. 207–216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2014.09.016>.

8. Jung J. J. Evolutionary approach for semantic-based query sampling in large-scale information sources. *Information Sciences*. 2012. Vol. 182, No. 1. P. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2010.08.042>.
9. Guo K., Zhang R., Kuang L. TMR: Towards an efficient semantic-based heterogeneous transportation media big data retrieval. *Neurocomputing*. 2016. Vol. 181. P. 122–131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.06.101>.
10. Ivkova V., Oprisky I. R. Research into the possibility of integrating the compartmentalization method into the protection of information in open sources. *Computer Systems and Networks*. 2025. Vol. 7. P. 71–83. DOI: <https://doi.org/10.23939/csn2025.02.071>.
11. Babenko V., Hrabovskyi Y., Gordyeyev A., Pushkar O., Akhmedova O. Development of Database-Driven Multimedia Training Products. *Proceedings of the 8th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems. Volume III: Intelligent Systems Workshop (ISW-CoLInS 2024)*, Lviv, Ukraine, April 12–13, 2024. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3688/paper6.pdf>.
12. Wang J., Peng J., Liu O. A classification approach for less popular webpages based on latent semantic analysis and rough set model. *Expert Systems with Applications*. 2015. Vol. 42, No. 1. P. 642–648. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.08.013>.
13. Zhang S., Liu X., Wang J., Cao J., Min G. Energy-efficient active tag searching in large scale RFID systems. *Information Sciences*. 2015. Vol. 317. P. 143–156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.04.048>.
14. Tousch A. M., Herbin S., Audibert J. Y. Semantic hierarchies for image annotation: A survey. *Pattern Recognition*. 2012. Vol. 45, No. 1. P. 333–345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2011.05.017>.
15. Guo K., Liang Z., Tang Y., Chi T. SOR: An optimized semantic ontology retrieval algorithm for heterogeneous multimedia big data. *Journal of Computational Science*. 2018. Vol. 28. P. 455–465. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2017.02.005>.
16. Lin C., Zhang W., Chen Y. et al. Multimodal 3D object detection for autonomous driving under vision-language supervision: a contrastive-learning

perspective // Science China Information Sciences. – 2026. – Vol. 69. – Article 150106.
– DOI: <https://doi.org/10.1007/s11432-025-4853-5>.

17. Nozari A. Y., Siamian H. The effect of applying podcast multimedia teaching system on motivational achievement and learning among the boy students. *Acta Informatica Medica*. 2015. Vol. 23, No. 1. P. 29.

18. Picciano A. G. The evolution of big data and learning analytics in American higher education. *Journal of Asynchronous Learning Networks*. 2012. Vol. 16, No. 3. P. 9–20.

19. Daniel B. Big Data and analytics in higher education: Opportunities and challenges. *British Journal of Educational Technology*. 2015. Vol. 46, No. 5. P. 904–920.

20. Eynon R. The rise of Big Data: what does it mean for education, technology, and media research? *British Journal of Educational Technology*. 2013. P. 237–240.

21. Adilkhanova A. S. The place of education of e-learning. *The American Journal of Applied Sciences*. 2021. Vol. 3. P. 22–26. DOI: <https://doi.org/10.37547/tajas/Volume03Issue07-05>.

22. Hrabovskyi Y. M., Kots P. G. Methods of development of mobile application graphic design for remote interaction with patients. *Наукові записки Української академії друкарства*. 2023. Т. 2, № 67. С. 93–106.

23. Starkova O., Bondarenko D., Hrabovskyi Y. Providing software support for economic analysis. *Technology Audit and Production Reserves*. 2023. Vol. 5, No. 2(73). P. 34–39.

24. Langer A. M. *Information Technology and Organizational Learning*. Boca Raton : CRC Press, 2018.

25. Gregor S. Design Theory in Information Systems. *Australasian Journal of Information Systems*. 2002. Vol. 10, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.3127/ajis.v10i1.439>.

26. Strohmman T., Siemon D., Elshan E., Gnewuch U. Design Principles in Information Systems Research: Trends in Construction and Formulation. 2023.

27. McGuire C. B., Radner R. (Eds.). *Decision and Organization*. Amsterdam : North-Holland Publishing Company, 1972. 373 p.
28. McGuire C. B., Radner R. (Eds.). *Decision and Organization: A Volume in Honor of Jacob Marschak*. Minneapolis : University of Minnesota Press, 1987. 373 p. ISBN 978-0816613656.
29. Barros G. Herbert A. Simon and the concept of rationality: Boundaries and procedures. *Revista de Economia Política*. 2010. Vol. 30. P. 455–472. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31572010000300006>.
30. Пушкар О., Полякова Г. Багатоконтурна адаптація у цифровому освітньому середовищі закладу вищої освіти. *Адаптивне управління: теорія і практика*. Серія «Педагогіка». 2024. Вип. 19(37). DOI: [https://doi.org/10.33296/2707-0255-19\(37\)-06](https://doi.org/10.33296/2707-0255-19(37)-06).
31. У 2023 році сума онлайн-продажів зросла на 17% [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://skilky-skilky.info/u-2023-rotsi-suma-onlayn-prodazhiv-zroslo-na-17/> (дата звернення: 27.04.2025)
32. Gunaza L. M. Artificial intelligence in modern education: transformation of the teacher's role, improving the quality of education, and new opportunities // *Pedagogy of forming a creative personality in higher and general education schools*. – 2024. – Issue 90. – P. 46–53.
33. Hrybiuk O. O. The phenomenon of social networks: the paradox of dependence and variability modeling // *Intercultural Communication*. – 2017. – Vol. 1/2. – P. 123–143. – ISSN 2451-0998. – E-ISSN 2543-7461.
34. González-Zamar M.-D., Abad-Segura E. Implications of Virtual Reality in Arts Education: Research Analysis in the Context of Higher Education // *Education Sciences*. – 2020. – Vol. 10. – Art. 225. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci10090225>.
35. Cabero J., Barroso J., Llorente C., Cabero-Almenara J., Barroso-Osuna J., Llorente-Cejudo C. Augmented reality in university education // *REDU University Teaching Journal*. – 2019. – Vol. 17. – P. 105–118.

36. Milgram P., Kishino F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays // *IEICE Transactions on Information and Systems*. – 1994. – Vol. E77-D, No. 12. – P. 1321–1329.

37. Chandrasekera T., Yoon S.-Y. The Effect of Augmented and Virtual Reality Interfaces in the Creative Design Process // *International Journal of Virtual and Augmented Reality*. – 2018. – Vol. 2. – P. 1–13.

38. Younan S., Treadaway C. Digital 3D models of heritage artefacts: Towards a digital dream space // *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. – 2015. – Vol. 2. – P. 240–247.

39. González-Zamar M.-D., Abad-Segura E. Emotional Creativity in Art Education: An Exploratory Analysis and Research Trends // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2021. – Vol. 18(12). – Art. 6209. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18126209>.

40. Coffield F., Moseley D., Hall E., Ecclestone K. *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review*. – London : Learning and Skills Research Centre, 2004.

41. Wallace D. AI is running the classroom at a Texas school – and students say it's 'awesome' // *Fox News*. – 18 April 2024. – Режим доступа: <https://www.foxnews.com/us/ai-running-classroom-texas-school-students-say-its-awesome> (дата звернення: 27.04.2025).

42. Elaish M., Shuib L., Ghani N. A., Yadegaridehkordi E. Mobile English Language Learning (MELL): A literature review // *Educational Review*. – 2017. – Vol. 71. – P. 257–276.

43. Karageorgakis T., Nisiforou E. A. Virtual Reality in the EFL Classroom: Educational Affordances and Students' Perceptions in Cyprus // *Cyprus Review*. – 2018. – Vol. 30. – P. 381–396.

44. Pedro L. F. M. G., Barbosa C. M. M. D. O., Santos C. M. D. N. A critical review of mobile learning integration in formal educational contexts. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2018. Vol. 15. Art. 10.

45. Shadiev R., Liu T., Hwang W. Y. Review of research on mobile-assisted language learning in familiar, authentic environments. *British Journal of Educational Technology*. 2020. Vol. 51. P. 709–720.
46. Zhang Y., Liu L. Using Computer Speech Recognition Technology to Evaluate Spoken English. *Educational Sciences: Theory & Practice*. 2018. Vol. 18. DOI: <https://doi.org/10.12738/estp.2018.5.033>.
47. Chien S.-Y., Hwang G.-J., Jong M.S.-Y. Effects of peer assessment within the context of spherical video-based virtual reality on EFL students' English-speaking performance and learning perceptions. *Computers & Education*. 2019. Vol. 146. Art. 103751.
48. Psotka J. Immersive training systems: Virtual reality and education and training. *Instructional Science*. 1995. Vol. 23. P. 405–431.
49. Cicek I., Bernik A., Tomicic I. Student thoughts on virtual reality in Higher Education – A survey questionnaire. *Information*. 2021. Vol. 12, No. 4. Art. 151. DOI: <https://doi.org/10.3390/info12040151>.
50. Mystakidis S., Fragkaki M., Filippousis G. Ready teacher one: Virtual and augmented reality online professional development for K-12 school teachers. *Computers*. 2021. Vol. 10, No. 10. Art. 134.
51. Multiple Intelligences in eLearning: The Theory and Its Impact [Electronic resource]. *eLearning Industry*. URL: <https://elearningindustry.com/multiple-intelligences-in-elearning-the-theory-and-its-impact> (дата звернення: 31.08.2025).
52. Gonzalez D. C., Garnique L. V. Development of a simulator with HTC Vive using gamification to improve the learning experience in medical students. *2018 International Congress on Innovation and Trends in Engineering (CONIITI)*. 2018. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/coniiti.2018.8587058>.
53. Graf S., Liu T. C., Kinshuk. Interactions between students' learning styles, achievement, and behaviour in mismatched courses. *IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA)*. 2008. P. 223–230.
54. Dorça F. A., Araújo R. D., de Carvalho V. C., Resende D. T., Cattelan R. G. An automatic and dynamic approach for personalized recommendation of learning

objects considering students' learning styles: An experimental analysis. *Informatics in Education*. 2016. Vol. 15, No. 3. P. 45–62. DOI: <https://doi.org/10.15388/infedu.2016.03>.

55. Mayer R., Moreno R. A Split-Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory. *Journal of Educational Psychology*. 1998. Vol. 90. P. 312–320. DOI: <https://doi.org/10.1037/0022-0663.90.2.312>.

56. Jensen L., Konradsen F. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*. 2018. Vol. 23. P. 1515–1529. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>.

57. Mayer R. E. *Multimedia Learning*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781316941355>.

58. Adnan A. H. M., Shak M. S. Y., Karim R. A., Tahir M. H. M., Shah D. S. M. 360-degree videos, VR experiences, and the application of Education 4.0 technologies in Malaysia for exposure and immersion. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. 2020. Vol. 5, No. 1. P. 373–381.

59. Merchant Z., Goetz E. T., Cifuentes L., Keeney-Kennicutt W., Davis T. J. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*. 2014. Vol. 70. P. 29–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>.

60. Freina L., Ott M. A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*. 2015. P. 1–8.

61. Свічко Т. О., Гордєєв А. С. Розробка мультимедійних інформаційних веббазованих навчальних систем із застосуванням технології великих баз даних. *Таврійський науковий вісник. Серія: технічні науки*. 2024. Вип. 4. С. 147–159. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.4.14>. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/35819>.

62. Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Свічко Т. О. Методика розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR середовища.

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2025. № 1(4). С. 248–269.

DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.1.26>.

URL:

<https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/37800>.

63. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Методологія побудови адаптивних інтерактивних мультимедійних середовищ з використанням штучного інтелекту. *Поліграфія та упаковка майбутнього. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «NextGen Print & Packaging»* (Львів, 21–23 травня 2025 р.). Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2025. С. 155–157. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38411>.

64. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Особливості проектування сучасних мультимедійних веббазованих інформаційних систем. *Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності. Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції*. Київ, Україна, 6 листопада 2024 р. Київ: Київський авіаційний інститут, 2025. С. 48–54. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38412>.

65. Лук'янова В. А., Свічко Т. О., Кобзев І. В. Вибір моделі 3D-зображень. *Глобальні тенденції розвитку інформаційних технологій і науки. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції*. Стокгольм, Швеція, 8–10 січня 2024 р. С. 67–70. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/35380>.

66. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Методика створення персоналізованого навчального VR середовища гібридною командою з використання III. *Multimedia technologies in education and other areas of activity: materials of reports of the scientific-practical conference*. Kyiv, Ukraine, November 12–13, 2025.

67. Удовенко С. Г., Грабовський Є. М., Донський Д. О., Чала Л. Е. Мультимодальна технологія пошуку та кластеризації слабоструктурованих текстово-графічних документів. *Біоніка інтелекту*. 2024. Т. 2, № 101.

68. Gorokhovatskyi V., Stiahlyk N., Mazur Y., Vechirska A. Metric granulation methods for image description in the image classification problem. *Control, Navigation and Communication Systems*. 2024. Vol. 3, No. 77.

69. Starkova O., Bondarenko D., Hrabovskyi Y. Providing software support for economic analysis. *Technology Audit and Production Reserves*. 2023. Vol. 5, No. 2(73). P. 34–39.
70. Потрашкова Л., Гмирак М. Дерево рішень з вибору програмного забезпечення для створення доповненої реальності. *Наукові записки*. 2023. № 2(67). С. 42–50.
71. Макогон Ю. О., Руденко О. Г. Порівняльний аналіз підходів до інтеграції нейронних мереж в освітні екосистеми: можливості, обмеження та епістемологічні виклики. *Системи обробки інформації*. 2026. № 1(184). С. 75–82.
72. Макогон Ю., Руденко О. Оптимізація індивідуальних освітніх траєкторій на основі гібридних нейромережових архітектур в умовах цифрової трансформації. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інформатика і моделювання*. 2026. № 1(15). С. 23–41.
73. Makohon Y., Rudenko O. Syntesis of composite neural network architectures for predictive data processing in digital infocommunication educational environments. *Information and Communication Technologies, Electronic Engineering*. 2026. № 6(1). С. 75–85.
74. Pikh I., Senkivskyi V., Sikora L., Lysa N., Kudriashova A. Automated System for Evaluating Alternatives for Developing Innovative IT Projects. *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15, No. 3. Art. 1167.
75. Піх І. В., Меренич Ю. Ю. Використання машинного навчання для кластеризації цільової аудиторії веб-додатків. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2025. № 3. С. 121–125.

РОЗДІЛ 4

РЕАЛІЗАЦІЯ УДОСКОНАЛЕНИХ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ МВІС У КОМЕРЦІЙНОМУ ТА НАВЧАЛЬНОМУ СПРЯМУВАННІ

4.1. Програмна реалізація створення МВІС та модуля персоналізації інформаційного наповнення

Для підтвердження працездатності реалізованого підходу наведено приклад інтеграції генеративного модуля у систему Цифрового освітнього простору на основі персональних навчальних систем (ПНС). Здобувач має можливість ініціювати генерацію відповіді за допомогою відповідного інтерфейсного елемента, після чого система формує варіанти відповіді на основі контексту діалогу та персоналізаційних параметрів.

Особливістю реалізації є використання підходу Retrieval-Augmented Generation (RAG), який забезпечує доповнення запиту до генеративної моделі релевантною інформацією з внутрішніх джерел системи. У процесі формування відповіді здійснюється семантичний пошук за результатами тестування здобувачів освіти та враховуються характеристики когнітивного профілю користувача, що дозволяє адаптувати зміст і форму подання інформації відповідно до індивідуальних особливостей здобувача.

1. Практичне впровадження підходу показало, що використання генеративного модуля з елементами RAG дозволяє скоротити час формування персоналізованого навчального контенту приблизно на 60–70% порівняно з традиційним підходом.

Загальна архітектура модуля. Програмна реалізація включає наступні основні компоненти:

- модуль обробки запиту здобувача;
- модуль формування контексту взаємодії;

модуль побудови prompt;
 модуль генерації відповіді;
 модуль персоналізації на основі embeddings.

Загальна логіка функціонування може бути подана як відображення (формула 4.1):

$$R = h(U, T, E), \quad (4.1)$$

де U – вхідний запит здобувача (навчальне запитання, відповідь, взаємодія);

T – історія взаємодії (thread);

E – множина персоналізаційних параметрів, що включає результати тестування на модальність сприйняття інформації та когнітивні характеристики здобувача (embeddings);

R – генероване персоналізоване інформаційне наповнення або рекомендація.

2. Обробка запиту користувача. Вхідною точкою системи є функція генерації відповіді, яка виконує:

ідентифікацію здобувача освіти;
 отримання профілю користувача;
 отримання результатів тестування на модальність;
 формування персоналізованого контексту для генерації відповіді.

Код фрагмент реалізації обробки запиту користувача наведено у Додатку В. Таким чином, у процесі обробки запиту здійснюється ідентифікація здобувача освіти, отримання його профілю, результатів тестування на модальність та формування персоналізованого контексту взаємодії.

3. Формування контексту взаємодії. Контекст взаємодії формується на основі історії навчальних запитів здобувача (формула 4.2):

$$T = m_1, m_2, \dots, m_n, \quad (4.2)$$

де кожен елемент m_i відповідає окремій взаємодії здобувача із системою (запит, відповідь або навчальна дія), яка перетворюється у текстове представлення із зазначенням ролі учасника взаємодії.

Фрагмент реалізації:

```
foreach ($thread as $message) {
    $sender = $message['role'] === 'system' ? 'System' :
    'Learner';
    $threadText .= $sender . ': ' . trim($message['text']) .
    "\n\n";
}
```

Обробка запиту здобувача освіти реалізується у вигляді функції, що виконує перевірку прав доступу, ініціалізацію сесії взаємодії, отримання персоналізаційних параметрів користувача та запуск генеративного модуля формування адаптивного інформаційного наповнення. Приклад програмної реалізації функції ініціалізації генеративного модуля наведено в Додатку Г.

Таким чином, відбувається інтеграція даних здобувача освіти, історії його взаємодії із системою та персоналізаційних параметрів із генеративним модулем, що забезпечує формування адаптивного інформаційного наповнення відповідно до індивідуального профілю користувача.

4. Побудова prompt. У запропонованій системі запит формується як поєднання системних інструкцій та контексту навчальної взаємодії здобувача, що дозволяє враховувати як загальні правила генерації, так і індивідуальні особливості освітнього сценарію.

Формально процес побудови запиту до генеративної моделі може бути представлений у вигляді (формула 4.3):

$$P = f(U, T, E_{\text{learner}}), \quad (4.3)$$

де P – сформований prompt для генеративної моделі;

U – навчальний запит здобувача освіти;

T – історія навчальної взаємодії здобувача із системою;

E_{learner} – embeddings-представлення профілю здобувача освіти.

Персоналізація інформаційного наповнення забезпечується за рахунок включення до складу `prompt embeddings`-представлень, які формуються на основі індивідуальних характеристик здобувача освіти та результатів його попередньої навчальної діяльності. Це дозволяє генеративній моделі враховувати особливості користувача під час формування адаптованого навчального контенту, код реалізації наведено в Додатку Д.

4. Персоналізація через `embeddings`. Персоналізація реалізується шляхом інтеграції додаткового контексту, що відображає індивідуальні характеристики здобувача освіти та параметри навчального середовища (формула 4.4):

$$E = \{E_{\text{system}}, E_{\text{learner}}\}, \quad (4.4)$$

де E_{system} – системні параметри персоналізації, що задають правила формування адаптивного інформаційного наповнення в межах ПНС університету;

E_{learner} – `embeddings`-представлення профілю здобувача освіти, що формується на основі результатів тестування на модальність сприйняття інформації, когнітивних характеристик та історії попередньої навчальної взаємодії.

Наступним етапом є формування `system prompt`, у якому до системних інструкцій інтегруються `embeddings`-представлення, що описують параметри навчального середовища та індивідуальний профіль здобувача освіти. Код реалізації наведено у Додатку Е.

У наведеному фрагменті функція `buildEducationalSystemPrompt()` реалізує побудову системного запиту до генеративної моделі шляхом поєднання базових системних інструкцій із `embeddings`-представленнями навчального контенту та профілю здобувача освіти. Системні `embeddings` визначають структуру й стиль подання матеріалу, а `embeddings` профілю забезпечують урахування індивідуальних характеристик користувача.

5. Генерація відповіді. На даному етапі реалізується безпосередній виклик генеративної моделі, якій передається сформований структурований запит, що включає системні інструкції, контекст навчальної взаємодії та персоналізаційні параметри.

У відповідь модель генерує персоналізоване інформаційне наповнення, яке може бути представлене у вигляді пояснення навчального матеріалу або рекомендації щодо вибору відповідного (з урахуванням модальності сприйняття) модуля навчальної MBIC. Генерація виконується шляхом виклику моделі, код реалізації наведено у Додатку Є.

Після цього результат повертається як (формула 4.5):

$$R = \text{model}(P), \quad (4.5)$$

де P – сформований запит (system + user + embeddings);

R – результат (згенерована відповідь).

У Додатку Ж наведено приклад фрагмента системного prompt, який використовується для задання ролі моделі, обмежень генерації та правил адаптації інформаційного наповнення в межах персоналізованої навчальної MBIC. Зміст системного запиту, адаптований до навчального середовища MBIC, українською мовою, подано у Додатку Ж.

Важливим елементом інтеграції інтелектуального модуля є використання документації API, що забезпечує взаємодію із зовнішніми сервісами та інформаційними системами, а також стандартизацію обміну даними між компонентами системи [46]. Застосування підходів до розробки та використання документації API дозволяє підвищити масштабованість, розширюваність і сумісність мультимедійної веббазованої інформаційної системи з іншими цифровими платформами.

З метою наочної демонстрації принципу організації адаптивної взаємодії між здобувачем освіти та інтелектуальним асистентом наведено приклад

реалізації тьюторського підходу (індивідуального супроводу навчання із поетапним поясненням матеріалу).

У межах спрощеної прототипної реалізації модуля персоналізації інформаційного наповнення розглянуто підхід, заснований на використанні результатів тестування здобувачів освіти за теорією множинного інтелекту Г. Гарднера.

На першому етапі здобувач освіти проходить тестування, розміщене у персоналізованій навчальній системі (ПНС), метою якого є визначення домінуючого типу інтелекту (модальності сприйняття інформації). За результатами тестування формується профіль здобувача, що містить інформацію про превалюючий тип інтелекту (наприклад: візуально-просторовий, вербально-лінгвістичний, логіко-математичний, кінестетичний тощо). На рис. 4.1 представлено фрагмент інтерфейсу персоналізованої навчальної системи університету, в якому реалізовано доступ до модуля тестування на визначення домінуючого типу інтелекту здобувача освіти.

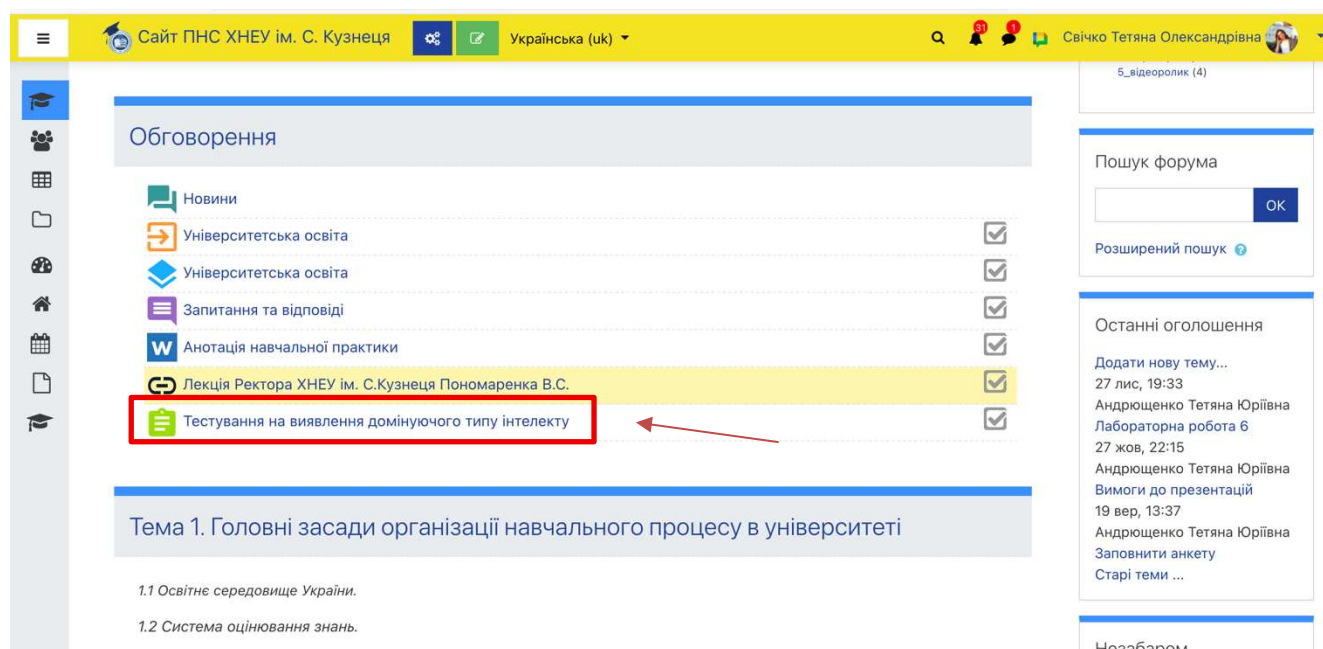


Рис. 4.1. Інтерфейс персоналізованої навчальної системи (ПНС) із модулем тестування на визначення домінуючого типу інтелекту

Зокрема, у структурі навчального курсу передбачено окремий елемент «Тестування на виявлення домінуючого типу інтелекту», що інтегрований у загальний освітній контент дисципліни. Таким чином, реалізація тестування в межах ПНС створює основу для подальшої адаптації навчального контенту відповідно до індивідуального профілю здобувача освіти.

На другому етапі здобувач отримує доступ до навчального контенту в ПНС. Система не генерує матеріали динамічно, а обирає їх із попередньо підготовленої бази відповідно до модальності сприйняття інформації користувача.

На рис. 4.2 представлено інтерфейс вибору навчального матеріалу, що реалізує адаптацію контенту до когнітивних особливостей здобувача освіти.

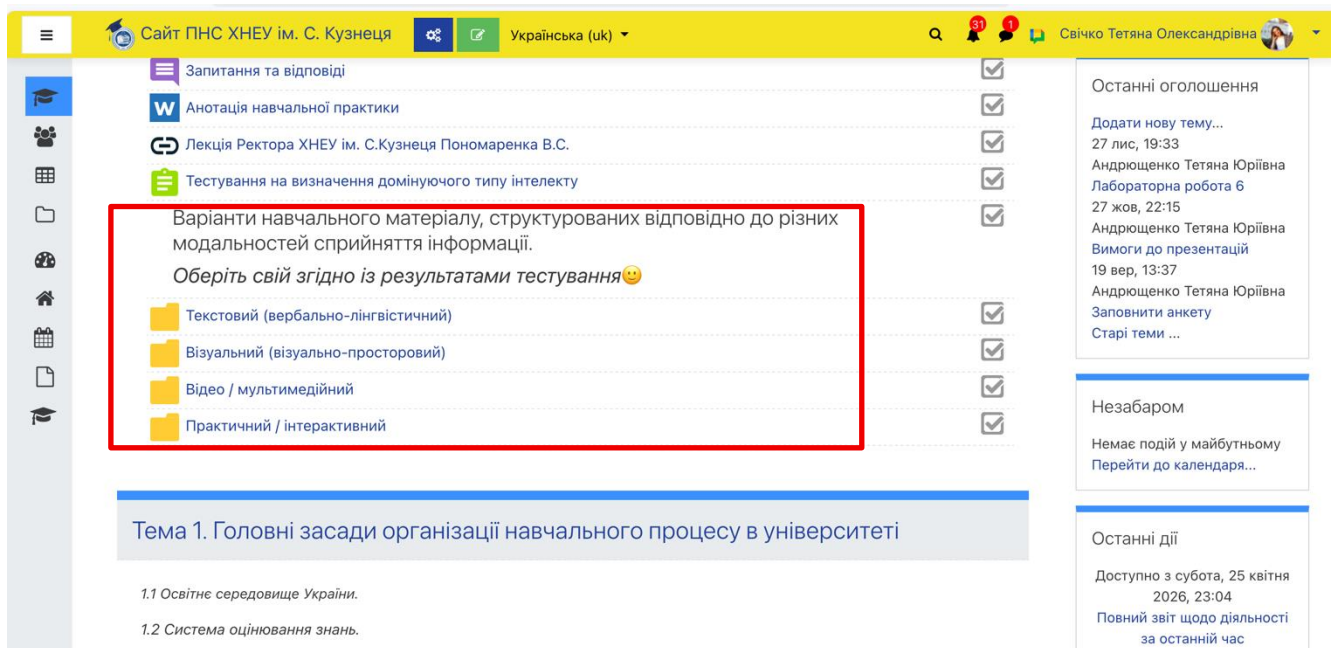


Рис. 4.2. Інтерфейс вибору навчального матеріалу, структурованого за модальностями сприйняття інформації у ПНС

Навчальні матеріали готуються викладачем заздалегідь для різних типів інтелекту здобувачів. Запропонований підхід забезпечує базовий рівень персоналізації без використання складних алгоритмів машинного навчання та може бути основою для подальшої інтеграції генеративних моделей і Retrieval-Augmented Generation.

Далі представлено практичну реалізацію запропонованого методу розробки навчальних MBIC на основі інтеграції технологій великих даних, алгоритму k-середніх та механізмів персоналізації навчального контенту. Особливу увагу приділено вибору технологічного стеку, реалізації ключових компонентів системи та програмній реалізації методу персоналізації.

1. Обґрунтування вибору технологічного стеку. Для реалізації MBIC було обрано стек технологій, який забезпечує:

- високу продуктивність обробки мультимедійних даних;
- масштабованість системи;
- підтримку інтеграції AI-модулів;
- ефективну роботу з поточними даними.

Стек технологій розробки MBIC подано у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Стек технологій розробки MBIC

Рівень системи	Технологія	Обґрунтування
Frontend	React.js	Компонентний підхід, ефективний рендеринг мультимедіа
Backend	Python (FastAPI) / Node.js	Асинхронна обробка запитів, висока продуктивність
База даних	PostgreSQL + MongoDB	Гібридна модель зберігання
AI-модулі	OpenAI API / ML-моделі	Генерація та адаптація контенту
Обробка медіа	FFmpeg / OpenCV	Трансcoderування та аналіз
Стрімінг	HLS / WebRTC	Низька затримка передачі

Джерело: удосконалено автором.

Використання зазначеного стеку дозволяє забезпечити ефективну інтеграцію мультимедійних та інтелектуальних компонентів системи, а також знизити час обробки контенту та формування відповіді системи порівняно з традиційними підходами.

На рис. 4.3 представлено UML-діаграму діяльності, що відображає послідовність реалізації методу.

Реалізація методу включає наступні етапи:

1. Завантаження даних

імпорт результатів анкетування (з Google Forms у форматі CSV або Excel).

Для автоматизованої обробки результатів анкетування та визначення домінуючого типу інтелекту було розроблено програмний модуль мовою Python.

2. Виконується очищення даних, їх нормалізація та перевірка повноти.

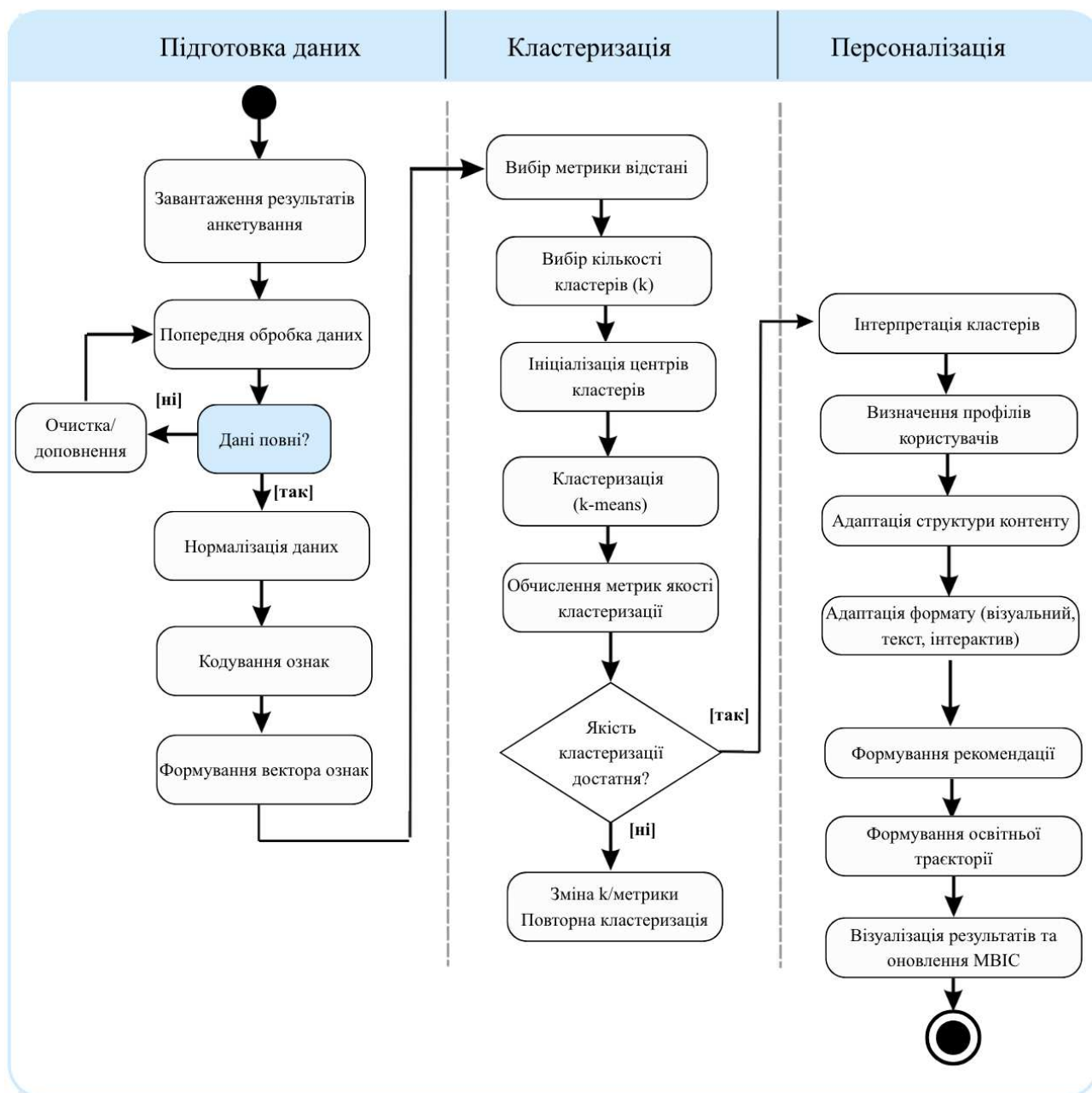


Рис. 4.3. UML-діаграма діяльності процесу персоналізації мультимедійної веббазованої інформаційної системи на основі методу k-середніх.

Джерело: запропоновано автором.

3. Формування вектора ознак (формула 4.6):

$$S(r) = (S_1(r), S_2(r), \dots, S_7(r)), \quad (4.6)$$

4. Налаштування параметрів кластеризації.

На даному етапі визначаються: метрика відстані (зокрема евклідова); кількість кластерів k .

Відстань між об'єктами обчислюється за формулою 4.7:

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}, \quad (4.7)$$

Центри кластерів визначаються як (формула 4.8):

$$C_i = \frac{1}{|c_i|} \sum x_i, \quad (4.8)$$

5. Кластеризація користувачів. Застосування алгоритму k -середніх, що виконує призначення об'єктів до кластерів та оновлення центрів кластерів.

6. Оцінка якості кластеризації. Якість результатів оцінюється за допомогою відповідних метрик. У разі недостатньої якості виконується зміна параметрів моделі (k або метрики) та повторна кластеризація.

7. Інтерпретація кластерів. На основі отриманих кластерів визначаються характерні ознаки груп користувачів.

8. Персоналізація контенту. На основі визначених соціотипів користувачів реалізується процес персоналізації інформаційного наповнення системи.

9. Формування навчальної траєкторії. Реалізація програмного забезпечення MBIC здійснюється за модульним принципом, що передбачає розподіл функціональності між компонентами обробки даних, генерації контенту та інтерфейсної взаємодії.

10. Візуалізація результатів. Результати персоналізації відображаються користувачу та інтегруються у функціональність MBIC.

Програмна реалізація MBIC базується на модульному підході, що забезпечує розподіл функціональності між окремими компонентами системи та можливість їх незалежного розвитку.

4.2. Реалізація моделей проектування елементів MBIC комерційного спрямування

З метою перевірки ефективності розробленої моделі створення мультимедійного візуального сторітелінгу було реалізовано експериментальний проєкт комерційного спрямування, орієнтований на емоційне позиціонування бренду засобами мультимедійної візуальної нарації. Як демонстраційний приклад обрано художню інтерпретацію рекламного сюжету для парфумів Dior J'adore, який традиційно характеризується високим рівнем візуальної естетики, символізму та чуттєвості.

Слід зазначити, що наведений приклад використовується виключно з науково-демонстраційною метою та не є комерційним продуктом; усі права на бренд і візуальні образи належать @Christian Dior SE.

Етап 1: Підготовчий етап (створення сценарію, концепції та стилістики)

На підготовчому етапі було сформульовано основну мету та ідею відеоролика, яка поєднує образи жіночності, розкоші та свободи – ключові смислові домінанти бренду Dior. У межах сценарного проектування було визначено 10 логічно завершених сцен (рис. 4.4.) та сформовано 19 кадрів-промтів для подальшої генерації контенту засобами штучного інтелекту. Було визначено основні характеристики епохи, одягу, психологічні поведінки, стиль рухів. А також кольорова палітра фонів, дизайн приміщення.

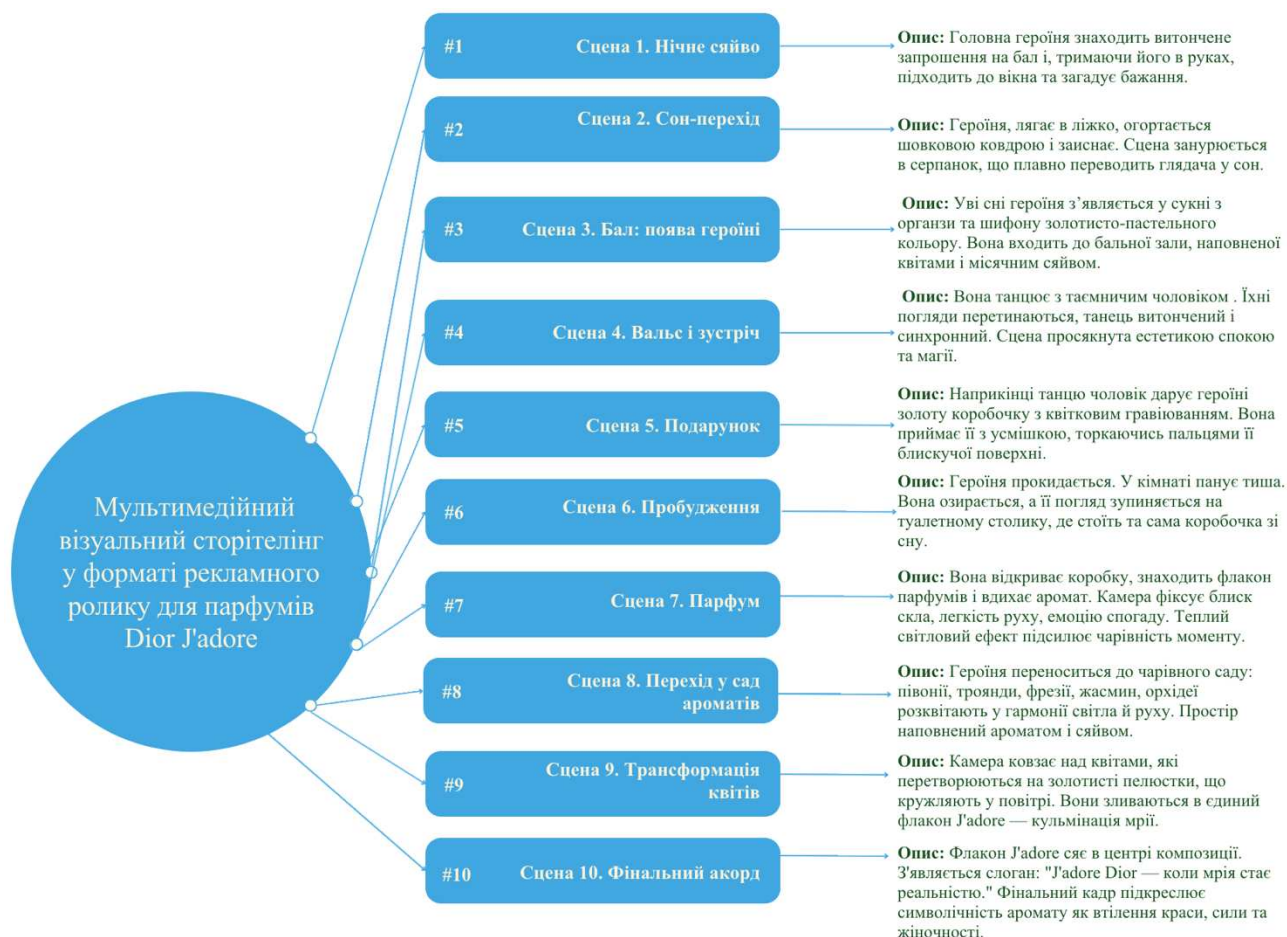


Рис. 4.4. Сценарій мультимедійного візуального сторітелінгу у форматі рекламного ролику для парфумів Dior J'adore

Джерело: авторська розробка.

Кожна сцена була описана в термінах модальностей сприйняття (візуальна, аудіальна, кінетична), часу, емоційної насиченості, а також настроєвих характеристик. Опис сцен здійснювався у формалізованому вигляді, що дозволило використовувати їх як структуровані запити (prompts) для генеративних моделей.

Результати генерації візуальних образів представлено у Додатку 3 на рис. 3.1 та рис. 3.2.

Етап 2: Візуальне наповнення (генерація зображень та анімацій).

Для створення графічних елементів використовувалися генеративні інструменти штучного інтелекту:

Leonardo AI – для генерації стилізованих ілюстрацій персонажів.

У наведеному прикладі у Додатку 3 на рис. 3.3 використано квадратний формат зображення (1:1), що забезпечує універсальність подальшого використання контенту у вебінтерфейсах MBIC.

Pika AI – для відеогенерації ключових сцен. У наведеному прикладі у Додатку 3 на рис. 3.4 використано формат 16:9 із частотою 24 кадри на секунду, що відповідає стандартам відтворення відеоконтенту.

Інтерфейс системи передбачає можливість завантаження початкових кадрів (frames), що подано у Додатку 3 на рис. 3.5, що використовуються як основа для генерації відеоряду, а також налаштування тривалості сцени та кількості кадрів.

Kling AI – для відеогенерації ключових сцен. У Додатку 3 на рис. 3.6 представлено інтерфейс системи Kling AI у режимі генерації відеоконтенту, що використовується в процесі створення мультимедійного наповнення персоналізованої MBIC.

Однією з технічних проблем етапу стала необхідність збереження візуальної ідентичності головної героїні упродовж усієї послідовності сцен, оскільки генеративні моделі мають схильність до варіативності образів. Це було вирішено шляхом використання знімків (скріншотів) попередніх кадрів як вхідних візуальних референсів для наступних генерацій.

Етап 3: Звукове оформлення та озвучення.

Звуковий супровід включав три складові:

1. Фонова музика – Suno AI.
2. Озвучення фінального меседжу за допомогою ElevenLabs (TTS-озвучка з жіночим голосом).
3. Подієві звуки (вода, шовковиста тканина, кроки на мармурі) – безкоштовні готові звукові ефекти.

Етап 4: Композиція та фінальна збірка.

На завершальному етапі всі мультимедійні компоненти було об'єднано та скомпоновано за допомогою мобільного відеоредактора InShot (рис.4.5.).Також

була необхідність в усуненні «підрізці» кадрів, які є не реальними – наприклад, різке зникнення рук, нереалістичне переплітання рук і тд.

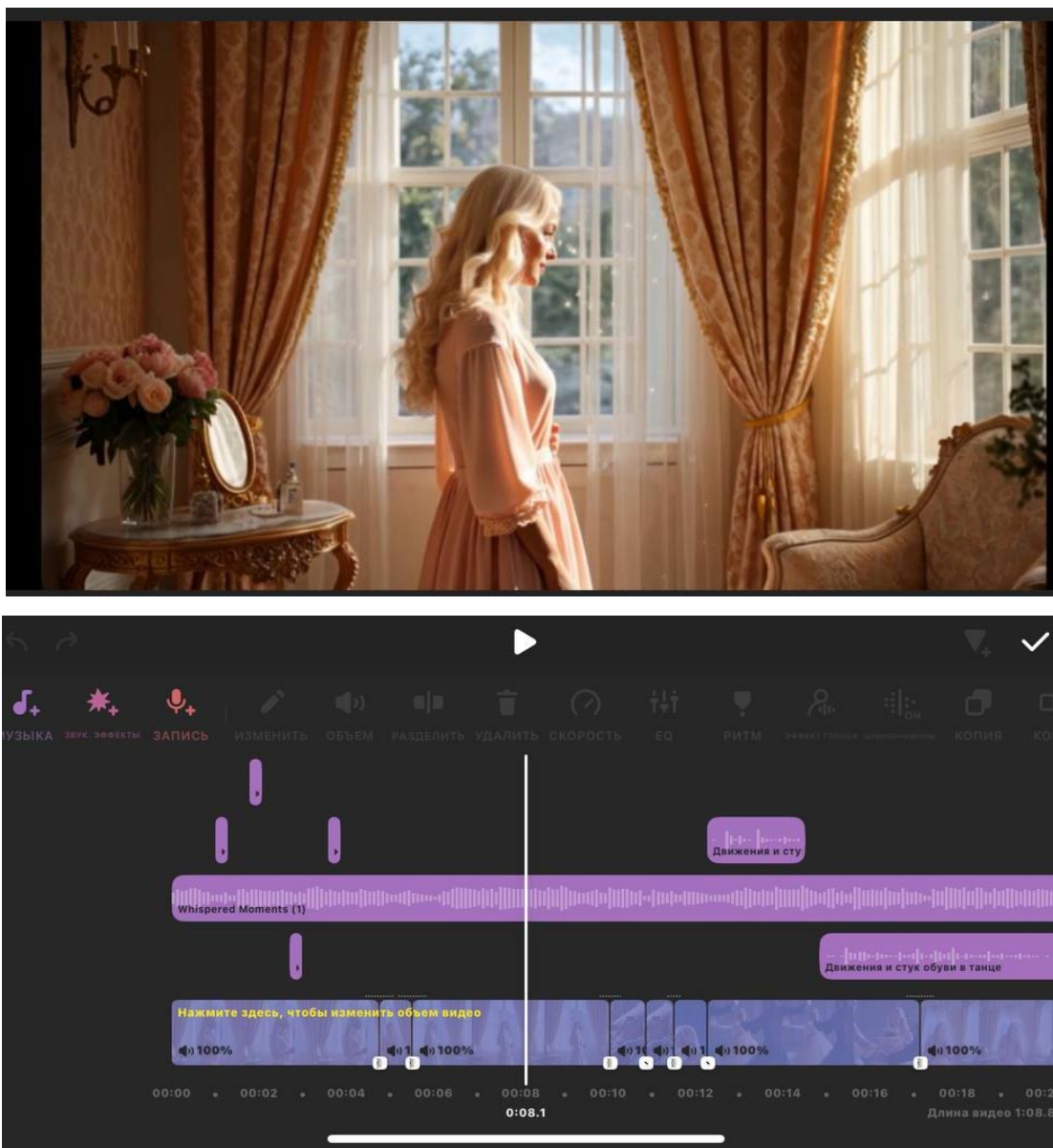


Рис. 4.5. Фінальна збірка відео за допомогою відеоредактора InShot

Фінальний відеопроодукт адаптовано під формати Instagram Stories, TikTok і YouTube, що забезпечує його придатність для комерційного поширення. Також передбачено збереження проєкту у форматах MP4 і WebM для кросплатформної сумісності.

Практична реалізація підтвердила доцільність використання сценарного підходу, поетапної генерації мультимедійного контенту та інтеграції

інструментів штучного інтелекту для створення естетично цілісного рекламного продукту з високим рівнем емоційного залучення користувача. Отримані результати підтверджують перспективність застосування методики у сфері цифрового брендингу, мультимедійного маркетингу та креативних індустрій.

4.3. Модель проєктування емоційного контенту в MBIC навчального спрямування

Практичне застосування методики розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища.

У межах підрозділу здійснюється інтеграція когнітивної діагностики користувача, подання навчального контенту у вигляді орієнтованого графа та механізмів адаптації навчальної траєкторії в єдину функціональну систему.

Ключову роль у реалізації персоналізованого навчального процесу відіграють інтелектуальні агенти на основі великих мовних моделей (LLM), яким надаються спеціалізовані функціональні ролі:

1. Profiler — збір та інтерпретація даних про користувача, формування профілю здобувача освіти.
2. Router-Planner — маршрутизація навчального контенту на основі орієнтованого графа та алгоритмів планування.
3. Tutor-Assessor — інтерактивне наставництво, пояснення матеріалу та формативне оцінювання.
4. Narrative-Generator — генерація контекстно-залежних наративів, діалогів і мультимедійних елементів.
5. Monitor — моніторинг телеметрії навчального процесу та динамічне перепланування маршруту.

Узгоджена взаємодія зазначених ролей забезпечує замкнений адаптивний цикл – від діагностики та планування маршруту до інтерактивного навчання й динамічної адаптації контенту.

У межах даного дослідження було застосовано методику створення емоційно-сміслового сторітелінгу, розроблену раніше у попередній науковій роботі, присвяченій створенню візуальної новели для рекламного відео ролику [39]. Згідно із розробленою методикою [39] для реалізації сторітелінгу використовувалися генеративні інструменти Leonardo AI, Pika Labs та Kling AI, які забезпечили візуальну естетику, анімовану динаміку та наративну цілісність сюжетної лінії [40, 41].

В якості вихідних даних використовувалася анотація навчальної дисципліни. За допомогою генеративних інструментів штучного інтелекту (текстових, графічних, відео- та аудіогенераторів) анотація автоматично трансформувалася у мультимедійний навчальний контент. Отримані матеріали імпортувалися до VR-середовища або іншої MBIC як інтерактивні блоки, що доповнюють основну навчальну траєкторію.

На основі цього підходу в поточному дослідженні було створено навчальний сторітелінг (Додаток Л рис. Л.8), побудований у формі навчальної метафори – «Чи зможе штучний інтелект замінити веб-дизайнера?», що слугує прикладом застосування емоційно-орієнтованого наративу для підвищення мотивації та залученості здобувачів освіти.

У межах навчального курсу для студентів першого курсу було створено мотиваційний відеоролик, присвячений взаємодії штучного інтелекту та людської творчості. Сюжет побудовано на зіставленні двох візуальних ліній: людина створює малюнок, що поступово набуває емоційної глибини та смислового наповнення, тоді як штучний інтелект генерує технічно досконале, але емоційно нейтральне зображення.

Відеоролик інтегровано у дисципліну «Вступ до фаху» як мотиваційно-орієнтаційний елемент. Його метою є формування у студентів усвідомленого ставлення до сучасних технологій, зменшення тривожності щодо автоматизації та підкреслення цінності людського мислення, емоційності й здатності до смислотворення.

Це забезпечило глибоке когнітивне занурення студентів і відповідність освітнім потребам цільових когнітивних профілів, що підтверджує ефективність запропонованої методики проєктування емоційно орієнтованого контенту в MBIC навчального спрямування.

У процесі практичної реалізації персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища було створено та інтегровано низку мультимедійних елементів, орієнтованих на різні когнітивні типи студентів.

1. Інтерактивні VR-об'єкти і симуляції – для кінестетичного та міжособистісного типів (Додаток Л, рис. Л.9).

2. Тестові завдання для самоперевірки та формативного оцінювання.

3. Створення навчального середовища у VictoryXR.

У платформі VictoryXR Engage було створено віртуальну навчальну кімнату з курсом «Artificial Intelligence or Human? Who Wins in Web Design?» (Додаток Л рис. Л.9). Навчальне середовище структуровано у вигляді зон, доступ до яких визначається індивідуальним навчальним шляхом студента.

Крім того, було реалізовано AI-асистента лектора (Додаток Л, рис. Л.9 та рис. Л.10), який проводить заняття, озвучує навчальний матеріал та консультує студентів у процесі навчання. Під час створення AI-асистента передбачено можливість вибору зовнішнього вигляду, голосу, інтонації, емоційного стану та навчального середовища. У даному випадку обрано формат класичної лекційної зали.

4. Інтеграція віртуального AI-асистента. У VR-середовищі реалізовано AI-асистента, який взаємодіє зі студентом природною мовою, надає персоналізовані пояснення та підказки.

5. Навчання та фіксація активності. Також здійснювалася автоматична фіксація активності користувачів: тривалості перебування у VR, кількості переглядів матеріалів і спроб виконання завдань.

6. Отримання зворотного зв'язку та адаптація. Після завершення курсу студенти проходили опитування за допомогою Google Forms, а отримані результати планується використовувати для подальшої адаптації навчального

контенту та маршрутів. У результаті було апробовано прототип персоналізованого навчання у VR-середовищі VictoryXR із використанням інструментів штучного інтелекту [40].

У Додатку 3 на рис. 3.13 представлено інтерфейс платформи VictoryXR, що використовується для управління користувачами у віртуальному навчальному середовищі. Система дозволяє створювати облікові записи студентів, задавати їхні ідентифікаційні параметри та забезпечувати контроль доступу до навчального контенту. Використання VictoryXR у MBIC забезпечує інтеграцію мультимедійного контенту у VR-середовище, що підвищує рівень залученості здобувачів освіти та розширює можливості імерсивного навчання.

У Додатку 3 на рис. 3.14 представлено інтерфейс платформи VictoryXR у режимі створення AI-орієнтованого навчального середовища, який використовується викладачем для проєктування інтерактивних освітніх сценаріїв. Система надає можливість обрати тип навчального досвіду (урок або діалог), інтегрувати мультимедійний контент та формувати структуру взаємодії із застосуванням AI-персонажів. Це забезпечує реалізацію адаптивних імерсивних сценаріїв навчання в межах мультимедійної веббазованої інформаційної системи.

У Додатку 3 на рис. 3.15 представлено інтерфейс платформи VictoryXR, який використовується викладачем для задання основних параметрів навчального заняття в процесі створення AI-орієнтованого освітнього середовища. На даному етапі визначаються назва уроку, предметна область та рівень підготовки здобувачів освіти, що забезпечує адаптацію змісту та складності навчального матеріалу.

У Додатку 3 на рис. 3.16 представлено інтерфейс платформи VictoryXR, який використовується викладачем для налаштування параметрів AI-персонажа, що виступає як віртуальний викладач у навчальному середовищі. На даному етапі визначаються характеристики аватара, зокрема його стиль поведінки (personality), голосові параметри та зовнішній вигляд, що дозволяє адаптувати форму подання навчального матеріалу відповідно до освітніх цілей.

У Додатку 3 на рис. 3.17 представлено інтерфейс платформи VictoryXR, що використовується для централізованого управління користувачами навчального середовища. Система дозволяє переглядати список студентів, визначати їх ролі, а також виконувати адміністративні дії, зокрема зміну ролі, скидання пароля та видалення облікових записів.

У Додатку 3 на рис. 3.18 представлено інтерфейс платформи VictoryXR, який використовується викладачем для формування навчального контенту в межах AI-орієнтованого освітнього середовища.

У Додатку 3 на рис. 3.19 представлено інтерфейс платформи VictoryXR, що забезпечує можливість налаштування профілю користувача та персоналізації аватара у віртуальному освітньому середовищі. Викладач може змінювати основні параметри профілю, а також налаштовувати зовнішній вигляд аватара, включаючи характеристики тіла, обличчя, одягу та аксесуарів.

З метою оцінювання ефективності запропонованої моделі персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища було проведено експериментальне дослідження за участю 23 студентів. Дослідження передбачало порівняння показників навчального процесу до та після впровадження мультимедійного персоналізованого середовища.

Експериментальне дослідження проводилося на базі Навчально-наукового інституту інформаційних технологій. У дослідженні брали участь студенти 4 курсу спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» (освітня програма «Технології електронних мультимедійних видань»). Анкетування було проведено серед студентів академічних груп 6.04.186.010.22.1, 6.04.186.013.22.1 та 6.04.186.010.22.2, що забезпечило репрезентативність вибірки та можливість подальшого статистичного аналізу отриманих результатів.

Для кількісної оцінки використовувалася анкета з використанням п'ятибальної шкали Лайкерта (наведено у Додатку II). Узагальнені результати анкетування наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

**Порівняння результатів анкетування до та після впровадження
персоналізованого VR-середовища**

№	Показник	До (середнє)	Після (середнє)	Δ (приріст)
1	Легкість засвоєння матеріалу	3.1	4.3	+1.2
2	Концентрація під час навчання	2.9	4.1	+1.2
3	Інтерес до навчання	2.8	4.5	+1.7
4	Залученість у процес	3.0	4.4	+1.4
5	Задоволеність форматом	3.2	4.6	+1.4
6	Зручність роботи з матеріалами	3.3	4.5	+1.2
7	Запам'ятовування матеріалу	3.0	4.2	+1.2
8	Відповідність стилю сприйняття	2.7	4.5	+1.8
9	Ефективність візуального контенту	3.4	4.6	+1.2
10	Ефективність аудіо	3.2	4.3	+1.1
11	Ефективність інтерактиву	3.1	4.7	+1.6
12	Відчуття персоналізації	2.5	4.6	+2.1
13	Загальна ефективність навчання	3.0	4.5	+1.5
14	Мотивація до навчання	2.9	4.6	+1.7

Аналіз отриманих результатів свідчить про суттєве покращення всіх досліджуваних показників після впровадження персоналізованого VR-середовища. Найбільший приріст зафіксовано за показниками «відчуття персоналізації» (+2.1), «відповідність стилю сприйняття» (+1.8), а також «інтерес до навчання» та «мотивація» (+1.7). Загалом середнє зростання показників становить понад 40%, що підтверджує ефективність поєднання когнітивно-орієнтованого підходу та адаптивної побудови індивідуальних навчальних маршрутів.

Порівняльний аналіз частоти виникнення труднощів до та після впровадження персоналізованого мультимедійного середовища наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Динаміка труднощів навчання до та після експерименту

Труднощі	До (%)	Після (%)
Втрата концентрації	65% (15 студентів)	26% (6 студентів)
Нудьга / низький інтерес	70% (16)	17% (4)
Недостатня наочність	61% (14)	13% (3)
Відсутність інтерактиву	74% (17)	9% (2)
Складно запам'ятовувати	57% (13)	22% (5)
Недостатньо практики	52% (12)	17% (4)

Отримані результати свідчать про значне зниження рівня труднощів у навчальному процесі після впровадження VR-середовища. Зокрема, частка студентів, які відчувають втрату концентрації, зменшилася з 65% до 26%, а рівень недостатньої зацікавленості — з 70% до 17%. Особливо суттєвим є зниження показника «відсутність інтерактивності» з 74% до 9%, що підтверджує ефективність використання інтерактивних мультимедійних компонентів.

Респондентам було запропоновано обрати формати, які, на їхню думку, сприяли найкращому засвоєнню матеріалу. Результати розподілу відповідей наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Розподіл переваг студентів за форматами навчального контенту

Формат	Кількість студентів	%
VR / 3D	18	78%
Інтерактивні завдання	17	74%
Відео	14	61%
Аудіо	9	39%
Текст	6	26%

Аналіз результатів показує, що найбільш ефективними форматами навчального контенту студенти вважають VR/3D середовище (78%) та інтерактивні завдання (74%), що підтверджує доцільність використання імерсивних технологій у навчальному процесі.

Рис. 4.6 ілюструє розподіл переваг студентів щодо форматів навчального контенту, де найбільш ефективними визначено імерсивні (VR/3D) та інтерактивні форми подачі матеріалу.

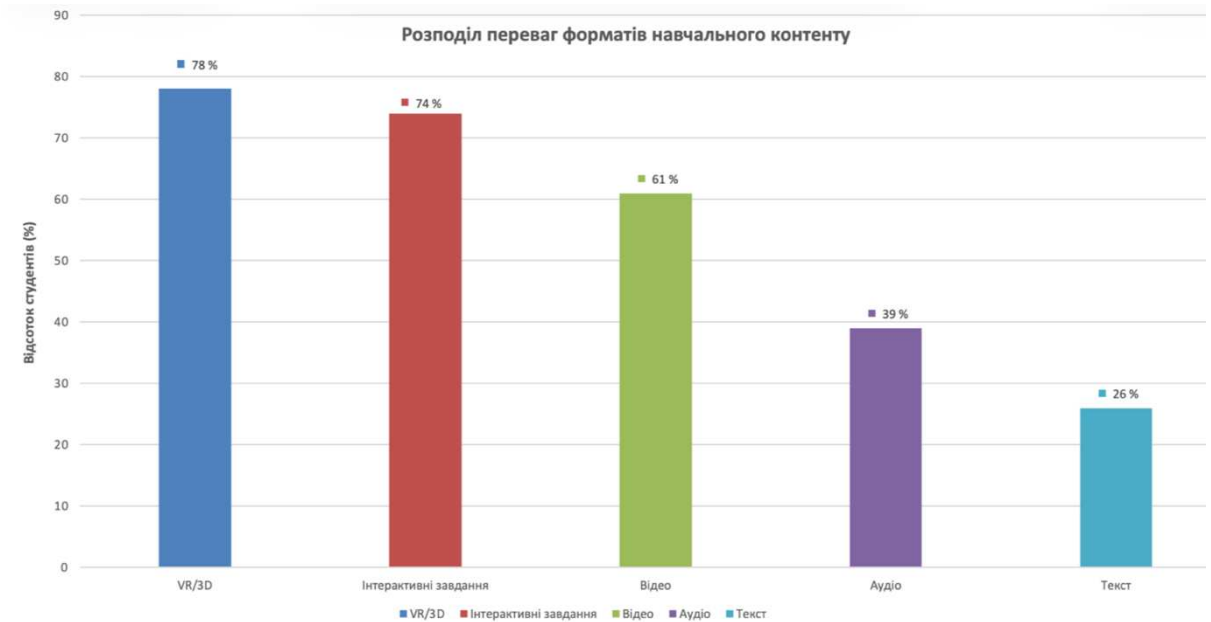


Рис. 4.6. Розподіл переваг форматів навчального контенту серед студентів

Отримані результати свідчать про домінування мультимедійних та інтерактивних форматів навчального контенту. Найвищий показник продемонстрував формат VR/3D (78%). Високі значення інтерактивних завдань (74%) і відеоматеріалів (61%). Натомість аудіоформат (39%) і текстові матеріали (26%) отримали нижчі оцінки через менш активний характер сприйняття.

Найбільші зміни зафіксовано у показниках «відчуття персоналізації», «ефективність інтерактиву» та «мотивація до навчання», що показано на рис. 4.7. Як видно з рис. 4.8. після впровадження персоналізованого VR-середовища спостерігається суттєве зниження частки студентів, які відчувають труднощі під час навчання.

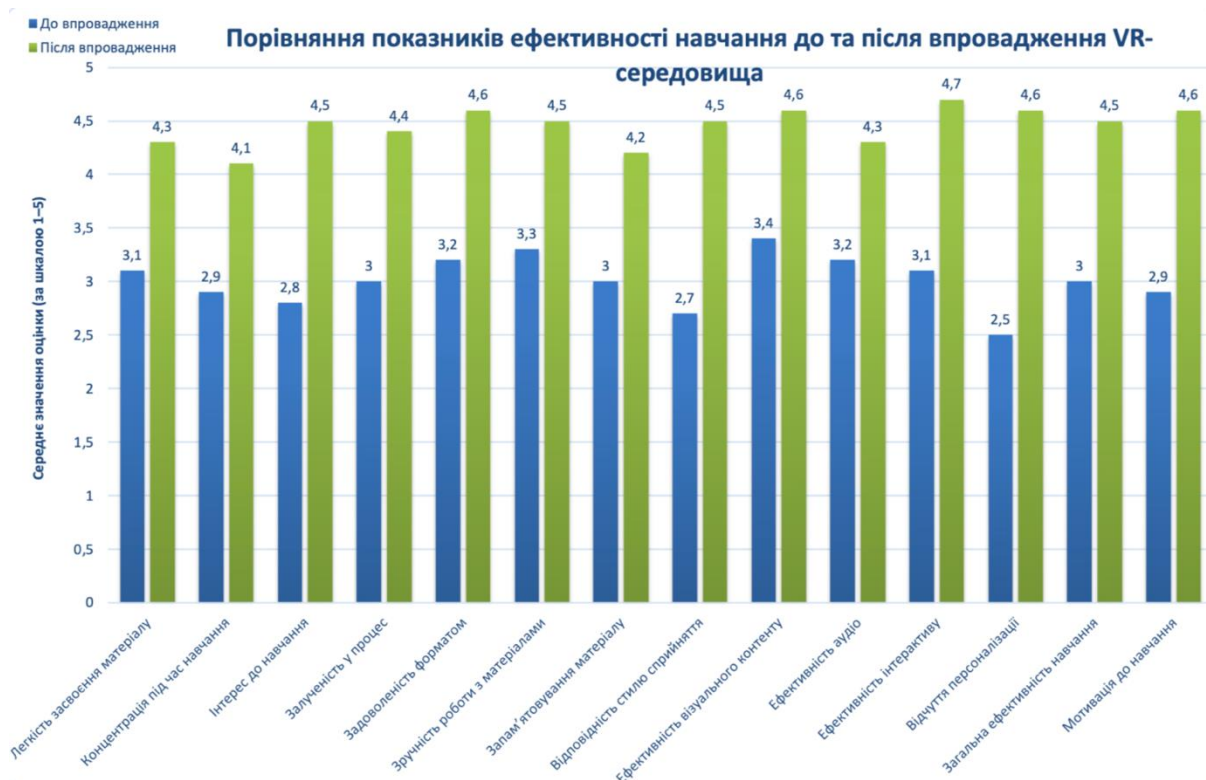


Рис. 4.7. Порівняння показників ефективності навчання до та після впровадження персоналізованого мультимедійного VR-середовища

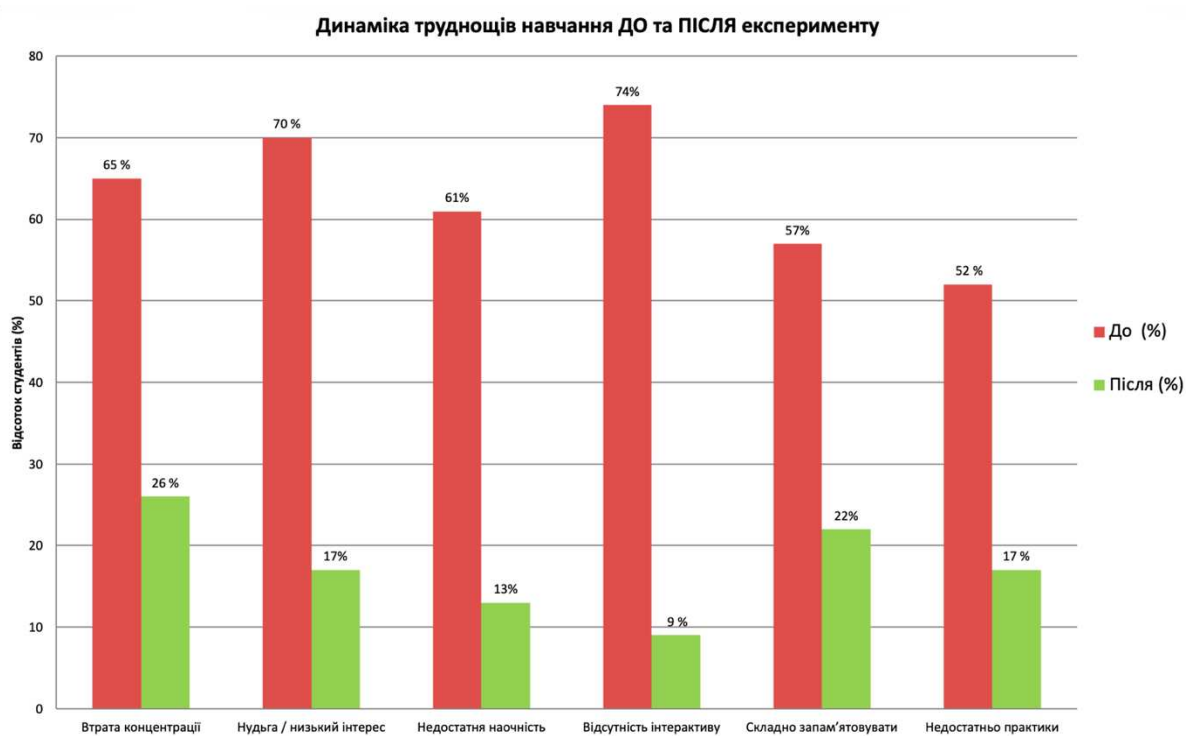


Рис. 4.8. Динаміка труднощів навчання до та після впровадження персоналізованого мультимедійного VR-середовища

Найбільш значні зміни зафіксовано за показниками «відсутність інтерактиву», «низький інтерес» та «втрата концентрації», що підтверджує ефективність запропонованого підходу.

З метою обґрунтування доцільності персоналізації навчальних МВІС було проведено експериментальне дослідження, спрямоване на виявлення соціотипів студентів першого, другого та третього курсів спеціальності 186 – «Поліграфія та видавнича справа».

Для діагностики індивідуальних особливостей студентів було розроблено анкету, побудовану на основі уявлень про структуру інтелекту, сформульованих у теорії множинного інтелекту Говарда Гарднера [42]. Анкета дозволяла виявити домінуючі канали сприйняття та типи інтелекту, що безпосередньо впливають на ефективність засвоєння навчального матеріалу.

Отримані дані було згруповано за такими кластерами соціотипів:

- А) лінгвістичний;
- Б) математико-логічний;
- В) візуально-просторовий;
- Г) кінестетичний;
- Д) аудіали.

Формальна постановка задачі кластеризації виглядає наступним чином: нехай X – множина об'єктів, Y – множина номерів кластерів. Задана функція відстані між об'єктами $p(x, x')$. Існує кінцева навчальна вибірка об'єктів $X^m = \{x_1 \dots x_m\} \in X$. Необхідно розбити вибірку на неперетинні підмножини, названі кластерами, так, щоб кожен кластер складався з об'єктів, близьких за метрикою p , а об'єкти різних кластерів суттєво відрізнялися. При цьому кожному об'єкту $x_i \in X^m$ приписується номер кластера y_i . Алгоритм кластеризації – це функція $a : X \rightarrow Y$, яка будь-якому об'єкту $x \in X$ ставить у відповідність номер кластера $y \in Y$. Множина Y в нашому випадку відома заздалегідь (А, Б, ..., Д).

Загальний алгоритм кластеризації з використанням алгоритму k -середніх можна представити в такому вигляді:

1) випадково сформувати початкове наближення центрів усіх кластерів $u \in Y$. Як центри можна взяти найбільш віддалені один від одного об'єкти вибірки μ_y ;

2) віднести кожен об'єкт вибірки до найближчого центру (формула 4.9):

$$y_i := \operatorname{argmin} p(x_i, \mu_i), \quad (4.9)$$

3) обчислити нове положення центрів (формула 4.10):

$$\mu_{ki} := \frac{\sum_{i=1}^t (y_i = k) x_{ij}}{\sum_{i=1}^t (y_i = k)}, \quad (4.10)$$

де x_{ij} – значення j -ї ознаки для i -го об'єкта вибірки;

y_i – номер кластера, до якого віднесено об'єкт x_i ;

k – номер кластера;

t – кількість об'єктів у вибірці;

$(y_i = k)$ – індикаторна функція, що дорівнює 1, якщо об'єкт x_i належить до кластера k , і 0 – в іншому випадку;

μ_{kj} – значення j -ї координати центру k -го кластера.

4) продовжувати обчислення, доки y_i не перестануть змінюватися.

Результати експерименту. Анкетування проводилося серед студентів 1–3 курсів. Усього в експерименті взяли участь 148 студентів. Обробка отриманих даних проводилася методом k -середніх. При цьому кожен об'єкт x_i розподіляється по всіх кластерах з ймовірностями p_i . В алгоритмі k -середніх кожен об'єкт жорстко приписується лише до одного кластера. Експеримент виявив таке розподілення студентів за соціотипами (рис. 4.9).

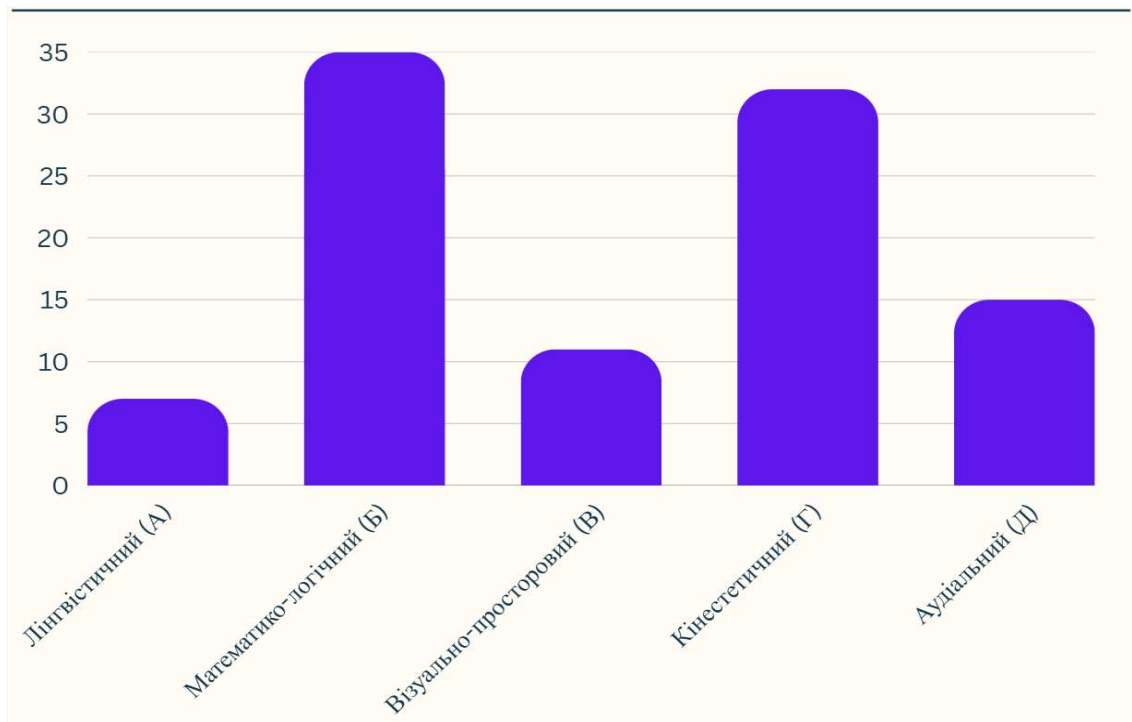


Рис. 4.9. Розподіл студентів за соціотипами

Аналізуючи належність елементів вибірки до кластерів, можна відзначити наступне:

- кластер А (7%) представлений лінгвістичним типом;
- кластер Б (35%) представлений математико-логічним типом;
- кластер В (11%) представлений візуально-просторовим типом;
- кластер Г (32%) представлений кінестетичним типом.
- кластер Д (15%) представлений аудіалами.

Результати проведеного дослідження підтверджують необхідність застосування андрагогічного підходу до навчання. Навчальні програми повинні бути побудовані на основі можливого застосування їх у житті, а послідовність і час вивчення цих програм повинні визначатися не тільки системними принципами, але й готовністю студентів до подальшого навчання.

Висновки до розділу 4

1. Розроблено програмну модель MBIC із модулем персоналізації на основі генеративного ШІ та підходу Retrieval-Augmented Generation, що забезпечує адаптивне формування контенту з урахуванням контексту й характеристик користувача.
2. Запропоновано клієнт–серверну архітектуру MBIC з елементами мікросервісного підходу для масштабованої інтеграції AI-модулів та обробки мультимедійного контенту.
3. Реалізовано алгоритми персоналізації навчального контенту на основі технологій великих даних і алгоритму k-середніх для кластеризації користувачів та адаптації навчального матеріалу.
4. Підтверджено ефективність AI-модуля персоналізації, який дозволив скоротити час формування адаптованого контенту на 60–70%.
5. Проведено практичну реалізацію методів створення мультимедійного контенту комерційного спрямування із застосуванням генеративних AI-інструментів.
6. Розроблено та апробовано модель проєктування емоційно орієнтованого навчального контенту у VR-середовищі.
7. Реалізовано інтелектуально-адаптивне VR-середовище з використанням LLM-агентів для формування індивідуальних навчальних траєкторій у реальному часі.
8. Результати експериментального дослідження показали зростання рівня залученості, мотивації та засвоєння матеріалу більш ніж на 40%.
9. Встановлено суттєве зниження труднощів навчання після впровадження VR-середовища, зокрема втрати концентрації та низького рівня інтерактивності.

10. Отримані результати підтверджують практичну значущість розроблених методів і можливість їх використання у навчальних та комерційних МВІС.

Основні результати дослідження, викладені в розділі 4, відображено у наукових працях автора [43, 44, 45].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Гуназа Л. М. Штучний інтелект у сучасній освіті: трансформація ролі вчителя, підвищення якості навчання та нові можливості. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. 2024. Вип. 90. С. 46–53.
2. Hrybiuk O. O. The phenomenon of social networks: the paradox of dependence and variability modeling. *Intercultural Communication*. 2017. Vol. 1/2. P. 123–143. ISSN 2451-0998. E-ISSN 2543-7461.
3. González-Zamar M.-D., Abad-Segura E. Implications of Virtual Reality in Arts Education: Research Analysis in the Context of Higher Education. *Education Sciences*. 2020. Vol. 10. Art. 225. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci10090225>.
4. Cabero J., Barroso J., Llorente C., Cabero-Almenara J., Barroso-Osuna J., Llorente-Cejudo C. La realidad aumentada en la enseñanza universitaria. *REDU Revista de Docencia Universitaria*. 2019. Vol. 17. P. 105–118.
5. Milgram P., Kishino F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems*. 1994. Vol. E77-D, No. 12. P. 1321–1329.
6. Chandrasekera T., Yoon S.-Y. The Effect of Augmented and Virtual Reality Interfaces in the Creative Design Process. *International Journal of Virtual and Augmented Reality*. 2018. Vol. 2. P. 1–13.
7. Younan S., Treadaway C. Digital 3D models of heritage artefacts: Towards a digital dream space. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. 2015. Vol. 2. P. 240–247.
8. González-Zamar M.-D., Abad-Segura E. Implications of virtual reality in arts education: Research analysis in the context of Higher Education. *Education Sciences*. 2020. Vol. 10, No. 9. Art. 225. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci10090225>.

9. Coffield F., Moseley D., Hall E., Ecclestone K. *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review*. London: Learning and Skills Research Centre, 2004.
10. Wallace D. AI is running the classroom at a Texas school – and students say it's 'awesome' [Electronic resource]. *Fox News*. 18 April 2024. URL: <https://www.foxnews.com/us/ai-running-classroom-texas-school-students-say-its-awesome> (Last accessed: 27.04.2025).
11. Elaish M., Shuib L., Ghani N. A., Yadegaridehkordi E. Mobile English Language Learning (MELL): A literature review. *Educational Review*. 2017. Vol. 71. P. 257–276.
12. Karageorgakis T., Nisiforou E. A. Virtual Reality in the EFL Classroom: Educational Affordances and Students' Perceptions in Cyprus. *Cyprus Review*. 2018. Vol. 30. P. 381–396.
13. Pedro L. F. M. G., Barbosa C. M. M. D. O., Santos C. M. D. N. A critical review of mobile learning integration in formal educational contexts. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2018. Vol. 15. Art. 10.
14. Shadieiev R., Liu T., Hwang W. Y. Review of research on mobile-assisted language learning in familiar, authentic environments. *British Journal of Educational Technology*. 2020. Vol. 51. P. 709–720.
15. Zhang Y., Liu L. Using Computer Speech Recognition Technology to Evaluate Spoken English. *Educational Sciences: Theory & Practice*. 2018. Vol. 18. DOI: <https://doi.org/10.12738/estp.2018.5.033>.
16. Chien S.-Y., Hwang G.-J., Jong M. S.-Y. Effects of peer assessment within the context of spherical video-based virtual reality on EFL students' English-speaking performance and learning perceptions. *Computers & Education*. 2019. Vol. 146. Art. 103751.
17. Psotka J. Immersive training systems: Virtual reality and education and training. *Instructional Science*. 1995. Vol. 23. P. 405–431.

18. Cicek I., Bernik A., Tomicic I. Student thoughts on virtual reality in Higher Education – A survey questionnaire. *Information*. 2021. Vol. 12, No. 4. Art. 151. DOI: <https://doi.org/10.3390/info12040151>.
19. Oberdörfer S., Birnstiel S., Latoschik M. E., Grafe S. Mutual benefits: Interdisciplinary education of pre-service teachers and HCI students in VR/AR learning environment design. *Frontiers in Education*. 2021. Vol. 6. Art. 693012.
20. Mystakidis S., Fragkaki M., Filippousis G. Ready teacher one: Virtual and augmented reality online professional development for K-12 school teachers. *Computers*. 2021. Vol. 10, No. 10. Art. 134.
21. Benefits of Virtual Reality in Education [Electronic resource]. *American University*. URL: <https://soeonline.american.edu/blog/benefits-of-virtual-reality-in-education/> (Last accessed: 31.08.2025).
22. Multiple Intelligences in eLearning: The Theory and Its Impact [Electronic resource]. *eLearning Industry*. URL: <https://elearningindustry.com/multiple-intelligences-in-elearning-the-theory-and-its-impact> (Last accessed: 31.08.2025).
23. Gonzalez D. C., Garnique L. V. Development of a simulator with HTC Vive using gamification to improve the learning experience in medical students. *2018 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*. 2018. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/CONIITI.2018.8587058>.
24. Graf S., Liu T. C., Kinshuk K. Interactions between students' learning styles, achievement and behaviour in mismatched courses. *IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2008)*. 2008. P. 223–230.
25. Dorça F. A., Araújo R. D., de Carvalho V. C., Resende D. T., Cattelan R. G. An automatic and dynamic approach for personalized recommendation of learning objects considering students learning styles: An experimental analysis. *Informatics in Education*. 2016. Vol. 15, No. 3. P. 45–62. DOI: <https://doi.org/10.15388/infedu.2016.03>.
26. Adaptive e-learning systems through learning styles: A review of the literature [Electronic resource]. *ResearchGate*. URL:

https://www.researchgate.net/publication/355317942_Adaptive_e-learning_systems_through_learning_styles_A_review_of_the_literature (Last accessed: 31.08.2025).

27. Impact of Virtual Reality in Medical Education [Electronic resource]. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2014. Vol. 8, No. 8. P. GC01. URL: https://www.jcdr.net/article_fulltext.asp?issn=0973-709x&year=2014&volume=8&issue=8&page=GC01&issn=0973-709x&id=4667 (Last accessed: 31.08.2025).

28. Benefits of virtual reality simulation in medical education [Electronic resource]. *PubMed*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29533532/> (Last accessed: 31.08.2025).

29. The Relationship Between Learning Styles and Cognitive Styles [Electronic resource]. *ResearchGate*. URL: https://www.researchgate.net/publication/385312612_The_Relationship_Between_Learning_Styles_and_Cognitive_Styles (Last accessed: 31.08.2025).

30. Amazing Instructional Design Strategies for Rapid eLearning [Electronic resource]. *eLearning Industry*. URL: <https://elearningindustry.com/amazing-instructional-design-strategies-for-rapid-elearning> (Last accessed: 31.08.2025).

31. Use of Gamification in Higher Education: A Systematic Literature Review. *Journal of Educational Computing Research*. 2017. Vol. 55, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.1177/0735633117697020> (Last accessed: 31.08.2025).

32. Mayer R., Moreno R. A Split-Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory. *Journal of Educational Psychology*. 1998. Vol. 90. P. 312–320. DOI: <https://doi.org/10.1037/0022-0663.90.2.312>.

33. Jensen L., Konradsen F. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*. 2018. Vol. 23. P. 1515–1529. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>.

34. Mayer R. E. *Multimedia Learning*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781316941355>.

35. Adnan A. H. M., Shak M. S. Y., Karim R. A., Tahir M. H. M., Shah D. S. M. 360-degree videos, VR experiences and the application of Education 4.0 technologies in Malaysia for exposure and immersion. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. 2020. Vol. 5, No. 1. P. 373–381.
36. Merchant Z., Goetz E. T., Cifuentes L., Keeney-Kennicutt W., Davis T. J. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*. 2014. Vol. 70. P. 29–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>.
37. Freina L., Ott M. A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*. 2015. P. 1–8.
38. Kapp K. M. *The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*. Wiley, 2012.
39. Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Свічко Т. О. Методика створення адаптивних інтерактивних мультимедійних просторів з використанням штучного інтелекту. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2025. № 2(84). С. 126–140.
40. Will AI replace humans? [Video]. *YouTube*. URL: <https://youtu.be/LHwhYOrxqo8> (Last accessed: 31.08.2025).
41. VR-анотація до дисципліни [Video]. *YouTube*. URL: <https://youtu.be/4UeZXIlk3kg> (Last accessed: 31.08.2025).
42. Davis K., Christodoulou J., Seider S., Gardner H. *The Theory of Multiple Intelligences*. 2011.
43. Свічко Т. О., Гордєєв А. С. Розробка мультимедійних інформаційних веббазованих навчальних систем із застосуванням технології великих баз даних. *Таврійський науковий вісник. Серія: технічні науки*. 2024. Вип. 4. С. 147–159. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.4.14>. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/35819>.
44. Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Свічко Т. О. Методика розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR середовища.

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2025. № 1(4). С. 248–269.

DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.1.26>.

URL:

<https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/37800>.

45. Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Свічко Т. О. Методика створення адаптивних інтерактивних мультимедійних просторів з використанням штучного інтелекту. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил.* 2025. № 2(84). С. 126–140. DOI:

<https://doi.org/10.30748/zhups.2025.84.15>.

URL:

<https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/37382>.

46. Hrabovskyi Y., Bondarenko D., Starkova O. Development of a methodology for creating a website for online healthcare services. *EUREKA: Physics and Engineering.* 2024. P. 183–200.

47. Starkova O., Bondarenko D., Hrabovskyi Y. Providing software support for economic analysis. *Technology Audit and Production Reserves.* 2023. Vol. 5, No. 2(73). P. 34–39.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дисертаційного дослідження удосконалено та набули подальшого розвитку теоретичні і методичні засади розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем. Розроблено прикладні методи та моделі інтеграції технологій штучного інтелекту, VR/AR-середовищ, алгоритмів обробки великих даних і формалізованих методів підтримки прийняття рішень. Отримані результати орієнтовані на створення адаптивних, масштабованих та інтелектуальних інформаційних систем, придатних для використання в освітній, науковій та комерційній діяльності.

Основні результати дисертаційної роботи полягають у такому:

1. Проаналізовано сучасні підходи до визначення MBIC та встановлено, що їх розвиток пов'язаний з інтеграцією мультимедійних даних, інтелектуальних алгоритмів і адаптивних механізмів взаємодії. Визначено ключові вимоги до MBIC: масштабованість, персоналізація та інтерактивність.
2. Досліджено існуючі методи проектування IC та виявлено їх обмеження щодо обробки мультимедійного контенту, персоналізації й інтеграції інтелектуальних компонентів, що обумовлює необхідність використання AI-орієнтованих підходів.
3. Удосконалено структурно-функціональну модель концепції удосконалення методів розробки MBIC, що визначає взаємозв'язок між інформаційними, алгоритмічними та архітектурними компонентами системи та задає напрями її розвитку на основі принципів адаптивності, мультимодальності.
4. Обґрунтовано та адаптовано метод аналізу ієрархій для оцінювання ефективності мультимедійного контенту, що дозволило формалізувати суб'єктивні критерії оцінювання та реалізувати їх у вигляді числових показників, придатних для подальшої алгоритмічної обробки та автоматизації прийняття рішень.

5. Удосконалено модель створення адаптивних мультимедійних середовищ шляхом інтеграції генеративних моделей ШІ, сучасних веб-технологій та механізмів персоналізації, що забезпечує ефективне формування, обробку та подання мультимедійного контенту.

6. Удосконалено метод розробки навчальних MBIC на основі застосування технологій великих даних та алгоритму кластеризації k-середніх, що дозволяє здійснювати автоматизовану сегментацію користувачів, формування їх профілів та адаптацію навчального контенту відповідно до індивідуальних характеристик.

7. Набула подальшого розвитку модель персоналізованого інтелектуально-адаптивного VR-середовища, яка реалізує динамічне формування індивідуальних навчальних траєкторій на основі аналізу когнітивних та поведінкових характеристик користувачів.

8. Розроблено програмну реалізацію MBIC із модулями персоналізації, embeddings-представленнями та інтеграцією генеративних AI-моделей, що забезпечує адаптивну взаємодію з користувачем у реальному часі.

9. Запропоновано архітектурні рішення MBIC на основі клієнт–серверного та мікросервісного підходів, які забезпечують масштабованість, модульність і інтеграцію інтелектуальних компонентів.

10. Проведено експериментальну перевірку запропонованих методів і моделей, результати якої підтвердили підвищення ефективності обробки контенту, рівня персоналізації та якості взаємодії користувачів із системою.

Отримані результати підтверджують досягнення поставленої мети дисертаційної роботи та свідчать про наукову обґрунтованість і практичну значущість удосконалених методів розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем. Запропоновані підходи можуть бути використані при створенні сучасних адаптивних MBIC у сфері освіти, науки та комерційної діяльності й становлять основу для подальших наукових досліджень у напрямі розвитку персоналізованих і гібридних інформаційних систем.

ДОДАТКИ

Додаток А

Знайдені найбільш значущі критерії

1.	СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ, ЕКСПЕРТНІ ДУМКИ	8.	ІНТЕРАКТИВНІ ОПИТУВАННЯ
2.	ВІДЕОРОЛИКИ (НАВЧАЛЬНІ, РЕКЛАМНІ ТОЩО)	9.	АУДІОКНИГИ
3.	ПОДКАСТИ (ЗВУКОВІ ЕПІЗОДИ НА РІЗНІ ТЕМИ)	10.	ВЕБІНАРИ
4.	ІНФОГРАФІКА	11.	КЕЙС-СТАДІ
5.	ФОТОГРАФІЇ	12.	КОРИСТУВАЛЬНИЦЬКИЙ КОНТЕНТ, ЩО ГЕНЕРУЄТЬСЯ: ВІДГУКИ, ФОТОГРАФІЇ КОРИСТУВАЧІВ
6.	ТЕКСТОВІ НОВИНИ	13.	ІНТЕРВ'Ю (РОЗМОВИ З ЕКСПЕРТАМИ ТА ОСОБИСТОСТІ)
7.	СОЦІАЛЬНІ МЕДІА-ПОСТИ	14.	ЕКСКЛЮЗИВНИЙ КОНТЕНТ (УНІКАЛЬНІ ПРОПОЗИЦІЇ ТА МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПЕРЕДПЛАТНИКІВ АБО ПЕРЕДПЛАТНИКІВ)

Рис. А.1. Найбільш значущі критерії

Додаток Б

Програмна реалізація алгоритму визначення домінуючого типу інтелекту

У даному додатку наведено програмну реалізацію алгоритму автоматизованої обробки результатів анкетування з метою визначення домінуючого типу інтелекту респондентів відповідно до теорії множинного інтелекту Г. Гарднера.

Програмний модуль реалізовано мовою Python з використанням бібліотеки pandas та призначено для обробки табличних даних, експортованих із сервісу Google Forms у форматі Excel.

```
import pandas as pd
df = pd.read_excel('Answers.xlsx')
df.head(4)
def calc_feature(df):
    response = []

    for i in df.iloc:
        response.append(i)

    iter = 1
    for i in response[2:]:
        print("Респондент " + str(iter) + ": ")
        iter += 1
        sum1 = i[6] + i[8] + i[9] + i[14] + i[23] + i[31] + i[33] +
i[50] + i[52] + i[60]
        sum2 = i[5] + i[10] + i[11] + i[17] + i[19] + i[29] + i[32] +
i[40] + i[49] + i[54]
        sum3 = i[2] + i[4] + i[13] + i[18] + i[25] + i[30] + i[39] +
i[51] + i[64] + i[66]
        sum4 = i[3] + i[7] + i[15] + i[22] + i[34] + i[38] + i[42] +
i[45] + i[47] + i[53]
        sum5 = i[21] + i[24] + i[26] + i[37] + i[44] + i[48] + i[59] +
i[61] + i[67] + i[68]
        sum6 = i[19] + i[27] + i[36] + i[43] + i[46] + i[58] + i[62] +
i[63] + i[65] + i[70]
        sum7 = i[1] + i[12] + i[16] + i[28] + i[35] + i[41] + i[55] +
i[56] + i[57] + i[69]
        super_sum = [sum1, sum2, sum3, sum4, sum5, sum6, sum7]
        super_sum.sort(reverse=True)

        if sum1 == super_sum[0]:
            print("Мовний інтелект" + '\n')
        elif sum2 == super_sum[0]:
            print("Логіко-математичний інтелект" + '\n')
```

```
elif sum3 == super_sum[0]:
    print("Музичний інтелект" + '\n')
elif sum4 == super_sum[0]:
    print("Тілесно-кінетичний інтелект" + '\n')
elif sum5 == super_sum[0]:
    print("Просторово-візуальний інтелект" + '\n')
elif sum6 == super_sum[0]:
    print("Інтерперсональний (міжособистісний) інтелект" + '\n')
elif sum7 == super_sum[0]:
    print("Інтраперсональний (внутрішньоособистісний) інтелект" +
'\n')

print(calc_feature(df))
```

Додаток В

Фрагменти реалізації

```
public function GenerateAIReply($UserId, $Subject, $Thread)
{

\Aurora\System\Api::checkUserRoleIsAtLeast(\Aurora\System\Enums\UserRole::NormalUser);

    if (!ConfigManager::getFromEnv('OPENAI_API_KEY')) {
        return ['success' => false];
    }

    $user = $userHelper->getUserById($UserId);
    $profile = $userHelper->getUserProfile($user);
    $modalityResults = $userHelper->getUserModalityResults($user);
    $embeddings = $userHelper->getLearningEmbeddings($user,
$Thread);

    $response = $analyzer->generateLearningResponse(
        $Subject,
        $Thread,
        $embeddings,
        $profile,
        $modalityResults
    );

    return ['success' => true, 'response' => $response];
}
```

Додаток Г

Фрагменти реалізації

```

/**
 * Generate adaptive learning response
 *
 * @param int $AccountId Account ID
 * @param string $LearnerEmail Email of the learner
 * @param string $Subject Request subject
 * @param array $Thread Interaction thread
 * @return array
 */
public function GenerateAIReply($AccountId, $LearnerEmail,
$Subject, $Thread)
{

\Aurora\System\Api::checkUserRoleIsAtLeast(\Aurora\System\Enums\UserRole::NormalUser);

    try {
        if (!ConfigManager::getFromEnv('OPENAI_API_KEY')) {
            return [
                'success' => false,
                'message' => 'AI module not configured'
            ];
        }

        $loggedEmail = $this->getAccountEmail($AccountId);

        if (!$loggedEmail) {
            return [
                'success' => false,
                'message' => 'Unable to determine account email
address'
            ];
        }

        $learnerHelper = new
\Aurora\Modules\CustomEmailButton\Classes\LearnerHelper();
        $learner = $learnerHelper-
>searchLearnerByEmail($LearnerEmail, $loggedEmail);

        if (!$learner) {
            return [
                'success' => false,
                'message' => 'Learner not found'
            ];
        }
    }

```

```

        $embeddings = $learnerHelper->getReplyEmbeddings($learner,
$Thread);
        $analyzer = new
\Aurora\Modules\CustomEmailButton\Classes\ChatGPTAnalyzer();
        $response = $analyzer->generateReplySuggestions($Subject,
$Thread, $embeddings);

        return [
            'success' => true,
            'response' => $response
        ];

    } catch (\Exception $e) {
        Logger::log('GenerateAIReply error: ' . $e->getMessage());
        return [
            'success' => false,
            'message' => 'Failed to generate adaptive response: '
. $e->getMessage()
        ];
    }
}

```

Додаток Д

Фрагменти реалізації

```
/**
 * Generate personalized educational content based on learner
interaction
 *
 * @param string $sRequest Навчальний запит здобувача освіти
 * @param array $aInteractionHistory Історія взаємодії (role,
text, date)
 * @param array $aEmbeddings Персоналізаційні embeddings здобувача
 * @return array Масив згенерованих рекомендацій/пояснень
 * @throws \Exception
 */
public function generatePersonalizedContent($sRequest,
$aInteractionHistory, $aEmbeddings = [])
{
    $interactionText = "";

    // Формування текстового представлення історії взаємодії
    foreach ($aInteractionHistory as $message) {
        $role = strtolower($message['role'] ?? 'learner');
        $sender = $role === 'system' ? 'System' : 'Learner';

        $interactionText .= $sender . ": \"" .
trim($message['text']) . "\"\n";
    }

    /**
 * Generate adaptive learning response
 *
 * @param int $AccountId Account ID
 * @param string $LearnerEmail Email of the learner
 * @param string $Subject Request subject
 * @param array $Thread Interaction thread
 * @return array
 */
public function GenerateAIReply($AccountId, $LearnerEmail,
$Subject, $Thread)
{
    \Aurora\System\Api::checkUserRoleIsAtLeast(\Aurora\System\Enums\UserRole::NormalUser);

    try {
        if (!ConfigManager::getFromEnv('OPENAI_API_KEY')) {
            return [
                'success' => false,
                'message' => 'AI module not configured'
            ];
        }
    }
}
```

```

    }

    $loggedEmail = $this->getAccountEmail($AccountId);

    if (!$loggedEmail) {
        return [
            'success' => false,
            'message' => 'Unable to determine account email
address'
        ];
    }

    $learnerHelper = new
\Aurora\Modules\CustomEmailButton\Classes\LearnerHelper();
    $learner = $learnerHelper-
>searchLearnerByEmail($LearnerEmail, $loggedEmail);

    if (!$learner) {
        return [
            'success' => false,
            'message' => 'Learner not found'
        ];
    }

    $embeddings = $learnerHelper->getReplyEmbeddings($learner,
$Thread);
    $analyzer = new
\Aurora\Modules\CustomEmailButton\Classes\ChatGPTAnalyzer();
    $response = $analyzer->generateReplySuggestions($Subject,
$Thread, $embeddings);

    return [
        'success' => true,
        'response' => $response
    ];

    } catch (\Exception $e) {
        Logger::log('GenerateAIReply error: ' . $e->getMessage());
        return [
            'success' => false,
            'message' => 'Failed to generate adaptive response: '
. $e->getMessage()
        ];
    }
}

```

Додаток Е

Фрагменти реалізації

```

/**
 * Build system prompt for personalized educational content
generation
 * by injecting learner embeddings and educational context
 */
private function buildEducationalSystemPrompt(array $aEmbeddings):
string
{
    $prompt = ConfigManager::getPrompt('educational_system');

    // Inject system educational templates
    if (!empty($aEmbeddings['system'])) {
        $prompt .= "\n\n---\n"
            . "NOTE: The following educational templates were
selected automatically "
            . "using semantic similarity and may not be fully
applicable in every case. "
            . "Use them only as guidance for structure, style, and
didactic presentation. "
            . "Do NOT include information that is irrelevant to
the current learning request.\n\n"
            . "EDUCATIONAL CONTENT TEMPLATES:\n";

        foreach ($aEmbeddings['system'] as $i => $template) {
            $prompt .= "\nTemplate " . ($i + 1) . ":\n" .
$template;
        }
    }

    // Inject learner profile data
    if (!empty($aEmbeddings['learner'])) {
        $prompt .= "\n\n---\n"
            . "NOTE: The following learner profile data were
selected automatically. "
            . "Use ONLY the information explicitly provided here.
"
            . "Do NOT infer missing learner characteristics from
your own assumptions.\n\n"
            . "RELEVANT LEARNER PROFILE DATA:\n";

        foreach ($aEmbeddings['learner'] as $chunk) {
            $prompt .= "\n- " . $chunk;
        }
    }
    return $prompt;
}

```

Додаток Є

Фрагменти реалізації

```
$payload = [  
  'model' => $this->model,  
  'messages' => [  
    [  
      'role' => 'system',  
      'content' => $systemPrompt  
    ],  
    [  
      'role' => 'user',  
      'content' => $userPrompt  
    ]  
  ],  
  'max_tokens' => 700,  
  'temperature' => 0.2  
];
```

Додаток Ж

Фрагменти реалізації

You are an AI assistant **for** a personalized university learning system.

Your task **is** to support the generation of adaptive educational content **for** learners.

You act exclusively **as** an educational assistant **and** generate explanations, recommendations, **and** structured learning materials that can be further used within a multimedia web-based information system.

The system operates **in** the field of personalized digital learning **and is** aimed at supporting learners **with** different cognitive characteristics **and** modalities of information perception.

EDUCATIONAL DOMAIN

The system performs the following functions:

- provides personalized explanations of educational material;
- recommends appropriate learning modules depending on the learner's modality of perception;
- adapts the presentation format of information to the learner's profile;
- supports structured navigation through educational content;
- generates concise recommendations **for** further study;
- takes into account previous interaction history **and** learner profile data.

GENERATION RULES

- Use only the information explicitly provided **in** the context **and** learner profile.
- Do **not** invent learner characteristics that are **not** specified.
- Adapt the explanation to the learner's level of preparation.
- If the learner has a visual modality, provide structured **and** step-by-step explanations.
- If the learner has a textual modality, provide concise but logically complete descriptions.
- If the learner has an interactive modality, focus on action-oriented recommendations **and** sequential steps.
- Keep the explanation relevant to the educational request.
- Generate content **in** a clear, academically appropriate **and** understandable form.

Додаток Ж

Фрагменти реалізації

Ви є AI-асистентом персоналізованої університетської навчальної системи.

Ваше завдання полягає у підтримці генерації адаптивного освітнього контенту для здобувачів освіти. Ви функціонуєте виключно як освітній асистент та формуєте пояснення, рекомендації і структуровані навчальні матеріали, які можуть бути використані в межах мультимедійної веб-орієнтованої інформаційної системи.

Система функціонує у сфері персоналізованого цифрового навчання та орієнтована на підтримку здобувачів освіти з різними когнітивними характеристиками та модальностями сприйняття інформації.

ОСВІТНЯ ПРЕДМЕТНА ОБЛАСТЬ

Система виконує такі функції:

надає персоналізовані пояснення навчального матеріалу;
 рекомендує відповідні навчальні модулі залежно від модальності сприйняття здобувача;
 адаптує форму подання інформації відповідно до профілю здобувача;
 забезпечує структуровану навігацію навчальним контентом;
 генерує стислий набір рекомендацій щодо подальшого навчання;
 враховує історію попередньої взаємодії та дані профілю здобувача.
ПРАВИЛА ГЕНЕРАЦІЇ

Використовуйте лише інформацію, явно надану в контексті та профілі здобувача.

Не додавайте характеристики здобувача, які не задані явно.

Адаптуйте пояснення відповідно до рівня підготовки здобувача.

Якщо здобувач має візуальну модальність, надавайте структуровані покрокові пояснення.

Якщо здобувач має текстову модальність, формуйте стислий, але логічно завершений опис.

Якщо здобувач має інтерактивну модальність, орієнтуйтеся на дії та послідовність кроків.

Забезпечуйте релевантність пояснення навчальному запиту.

Формуйте контент у зрозумілій, чіткій та академічно коректній формі.

Додаток 3

Ілюстрації процесу генерації та інтеграції мультимедійного контенту із застосуванням AI та VR-технологій

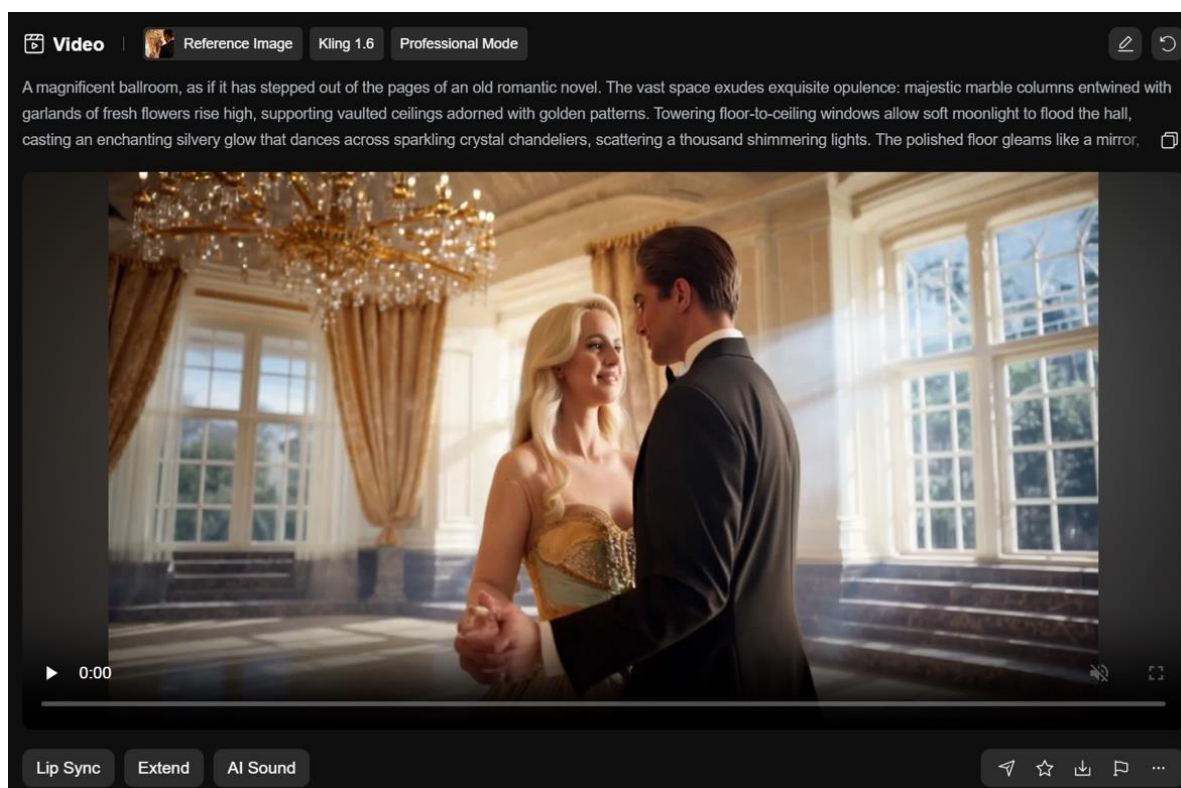


Рис. 3.1. Результат генерації промптів

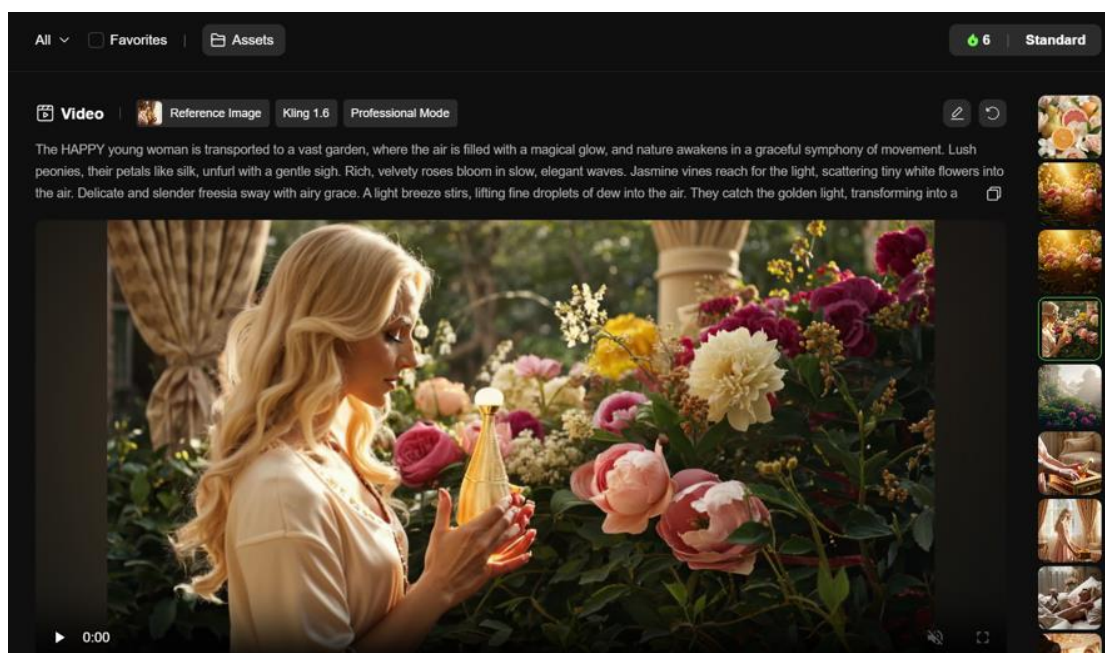


Рис. 3.2. Результат генерації промптів. Демонстраційний приклад, не є комерційним продуктом, всі права належать Christian Dior SE



Рис. 3.3. Інтерфейс середовища Leonardo AI з налаштуваннями параметрів генерації мультимедійного контенту

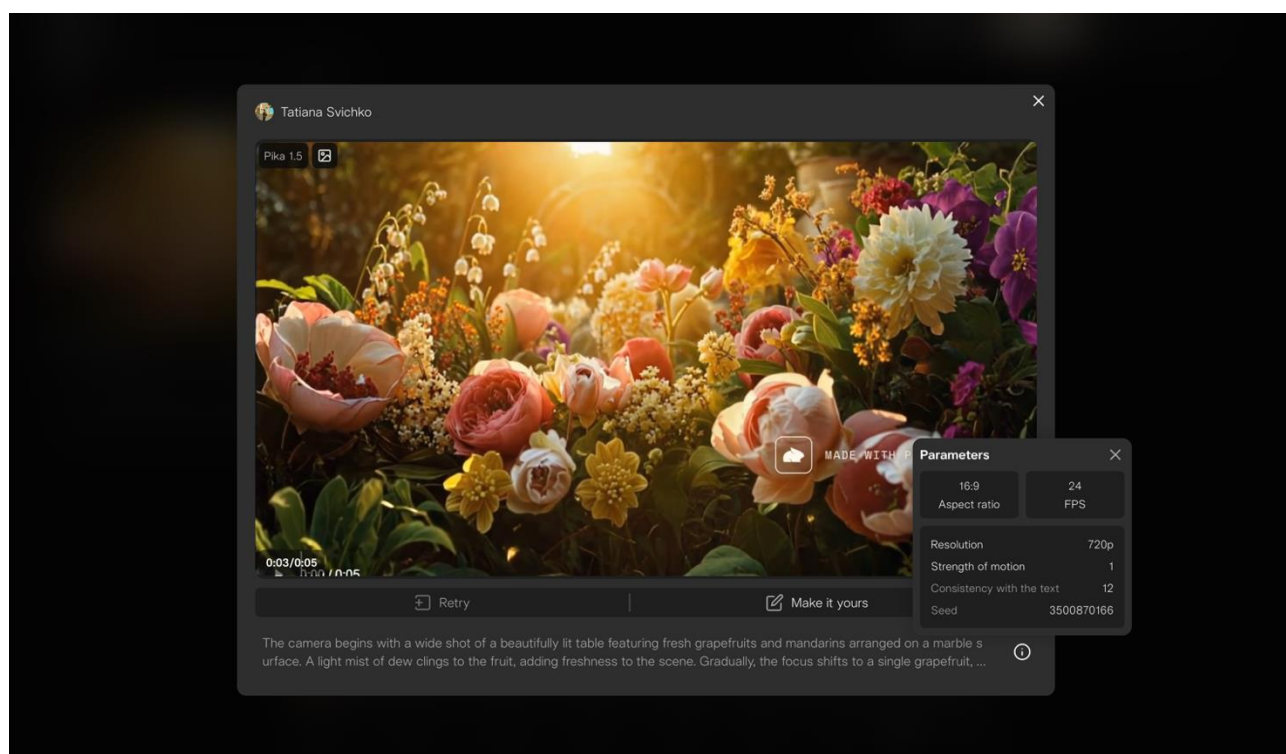


Рис. 3.4. Інтерфейс середовища Pika AI з конфігурацією параметрів генерації анімованого мультимедійного контенту

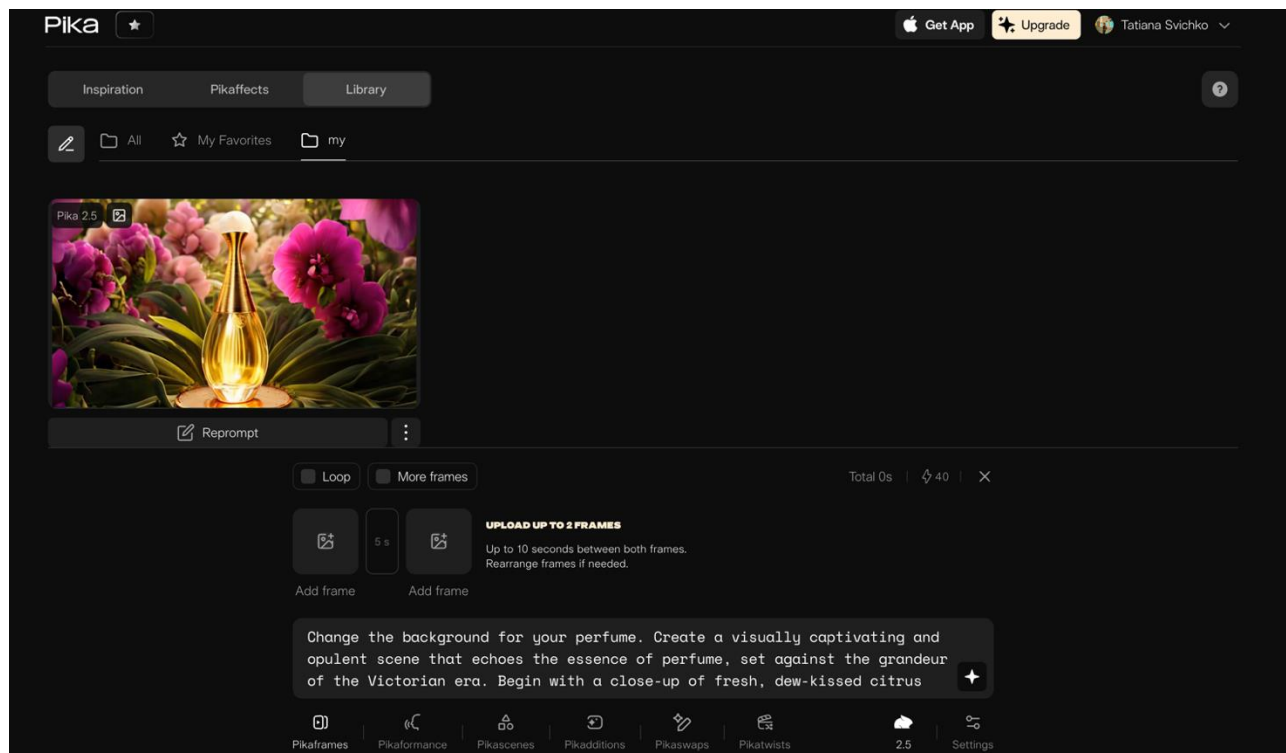


Рис. 3.5. Інтерфейс середовища Pika AI у режимі формування відеосценарію та налаштування параметрів генерації анімованого контенту

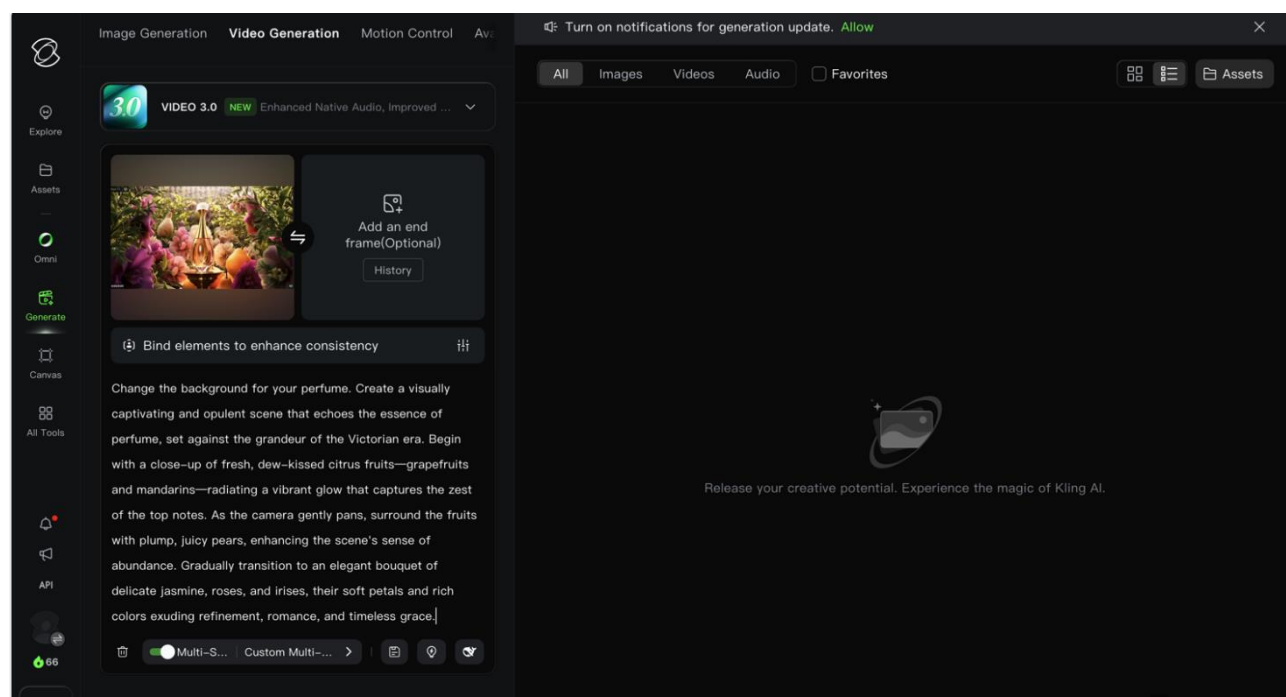


Рис. 3.6. Інтерфейс Kling AI у режимі генерації відеоконтенту з використанням текстового сценарію та налаштування параметрів узгодженості елементів сцени

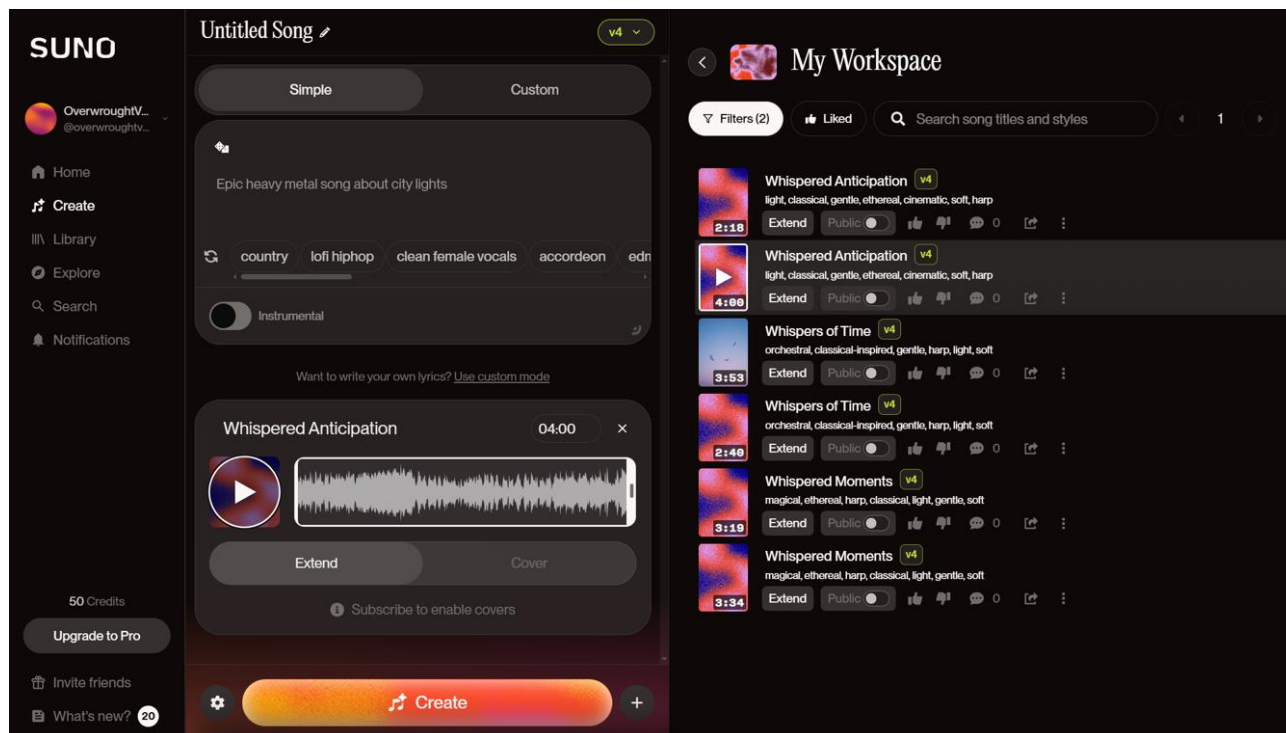


Рис. 3.7. Створення фонові музики за допомогою SUNO AI

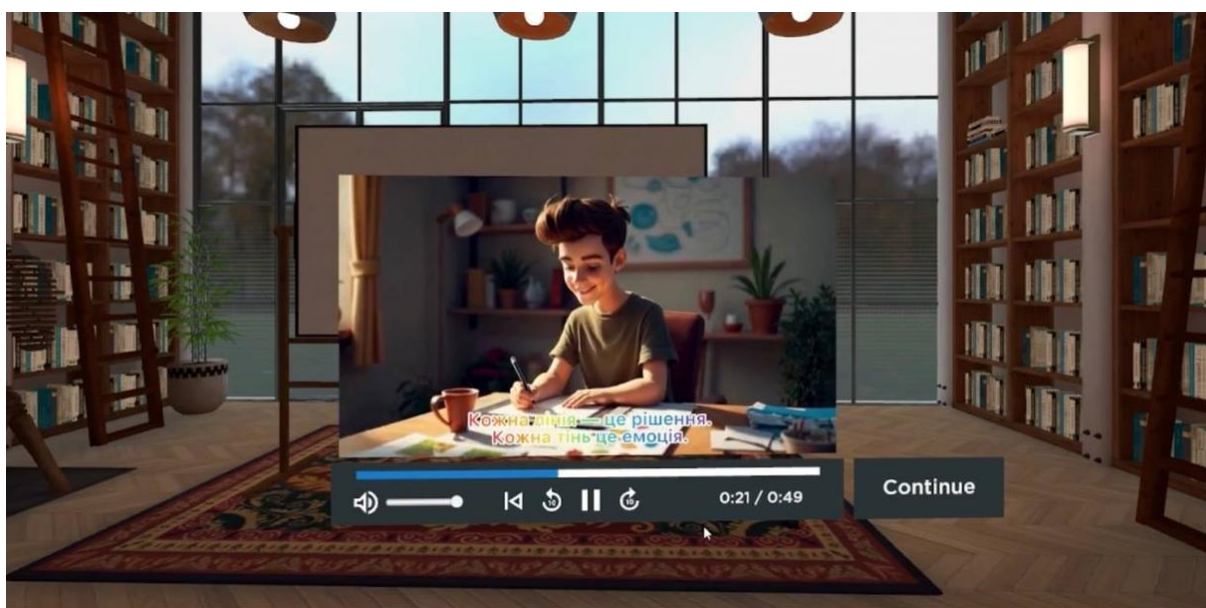


Рис. 3.8. Результат інтеграції компоненту сторітелінгу у VR-середовище

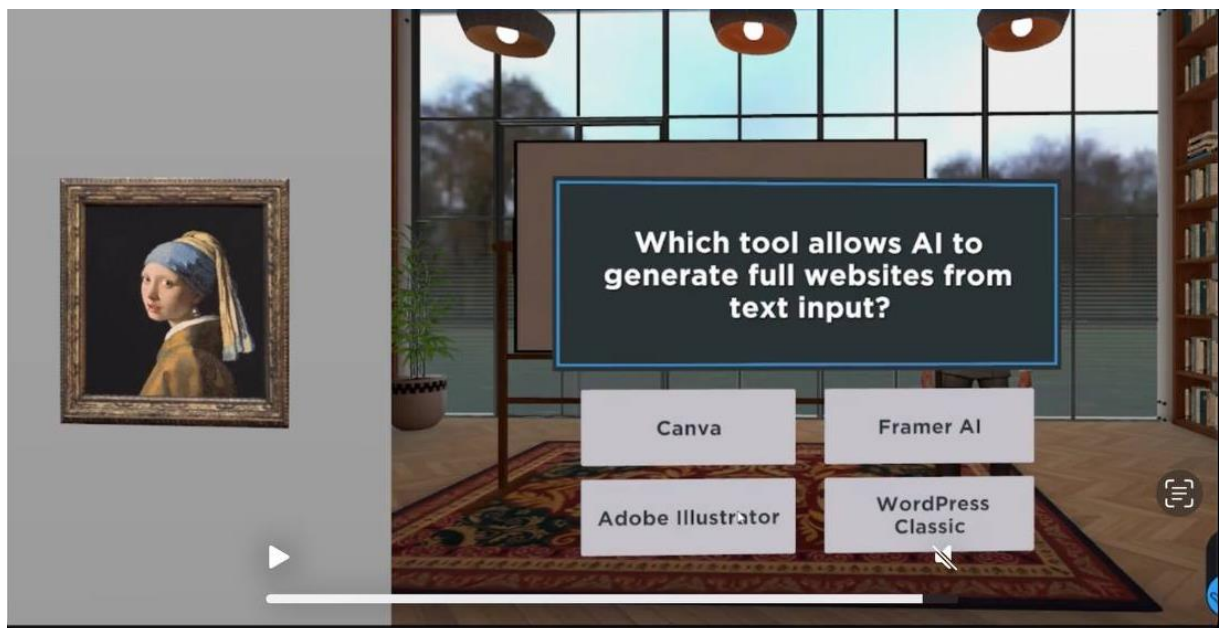


Рис. 3.9. Додавання VR-об'єкту у вигляді картини, з якою можна взаємодіяти

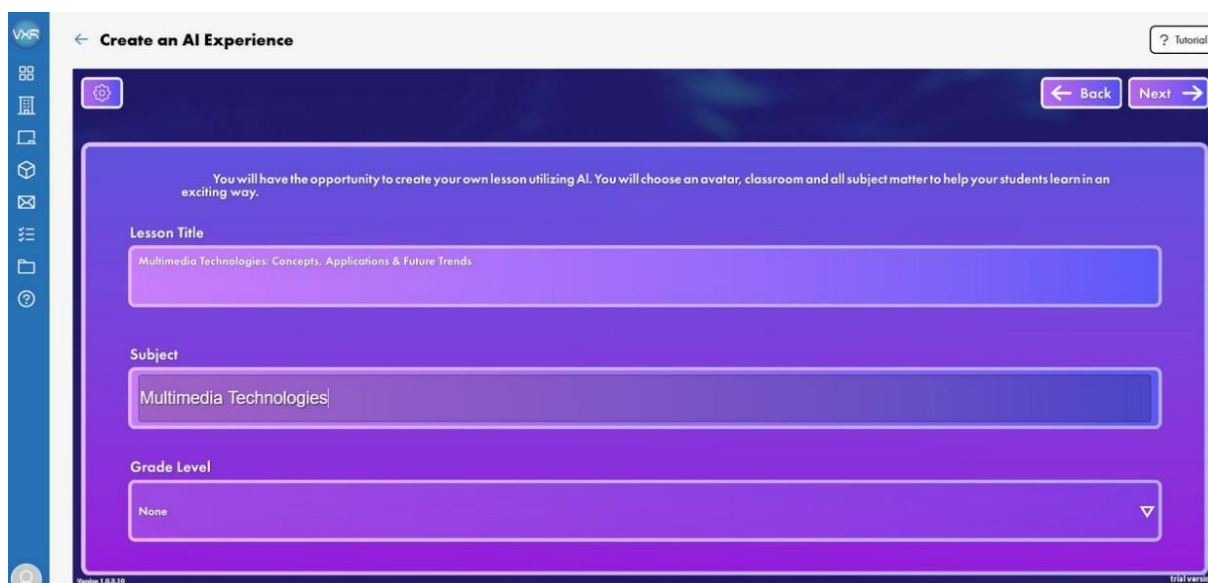


Рис. 3.10. Процес створення лекційного заняття у VictoryXR

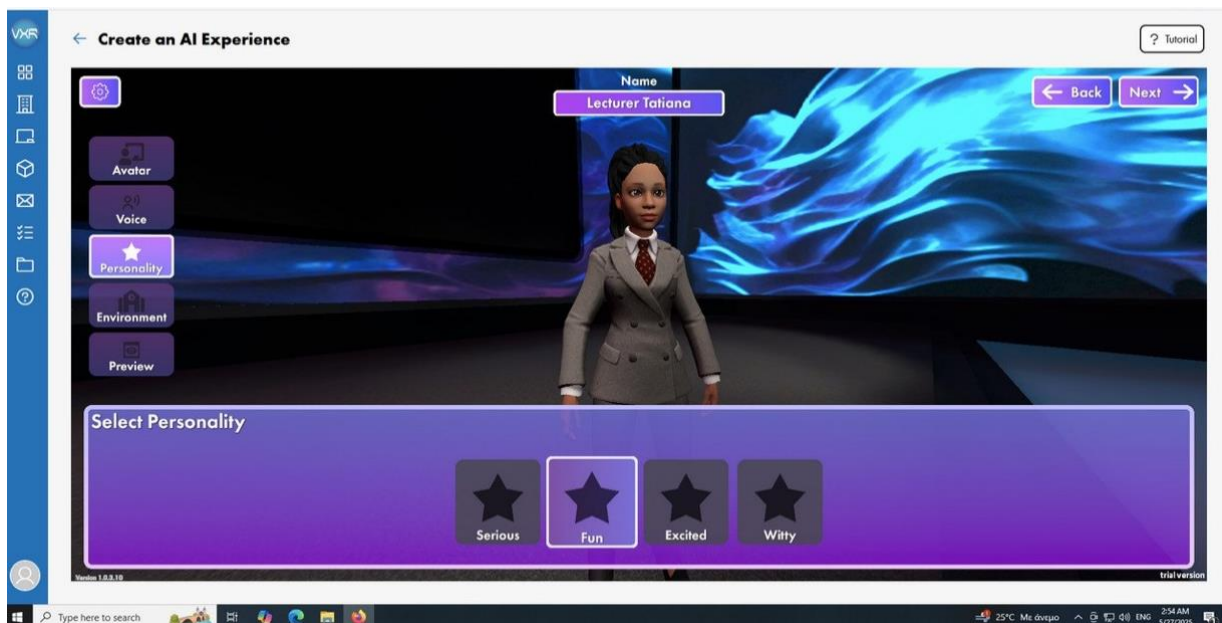


Рис. 3.11. Інтеграція AI-асистента (лектора), що веде заняття та консультує студентів

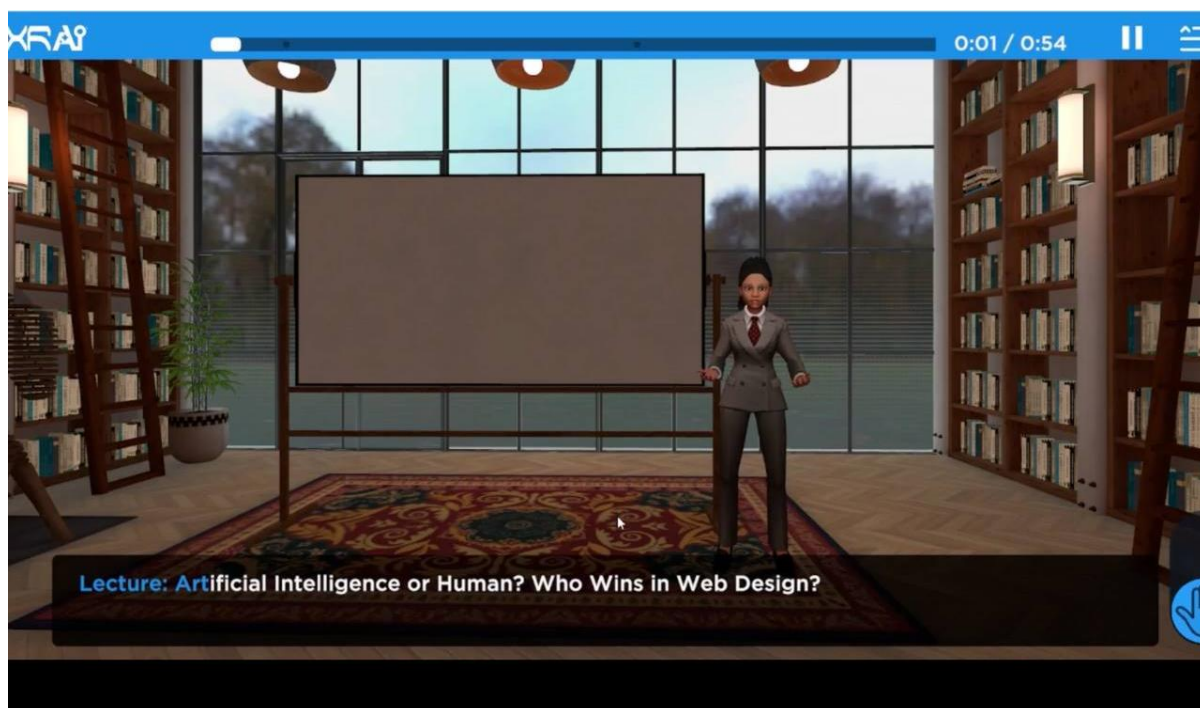


Рис. 3.12. AI-агент проводить лекційне заняття

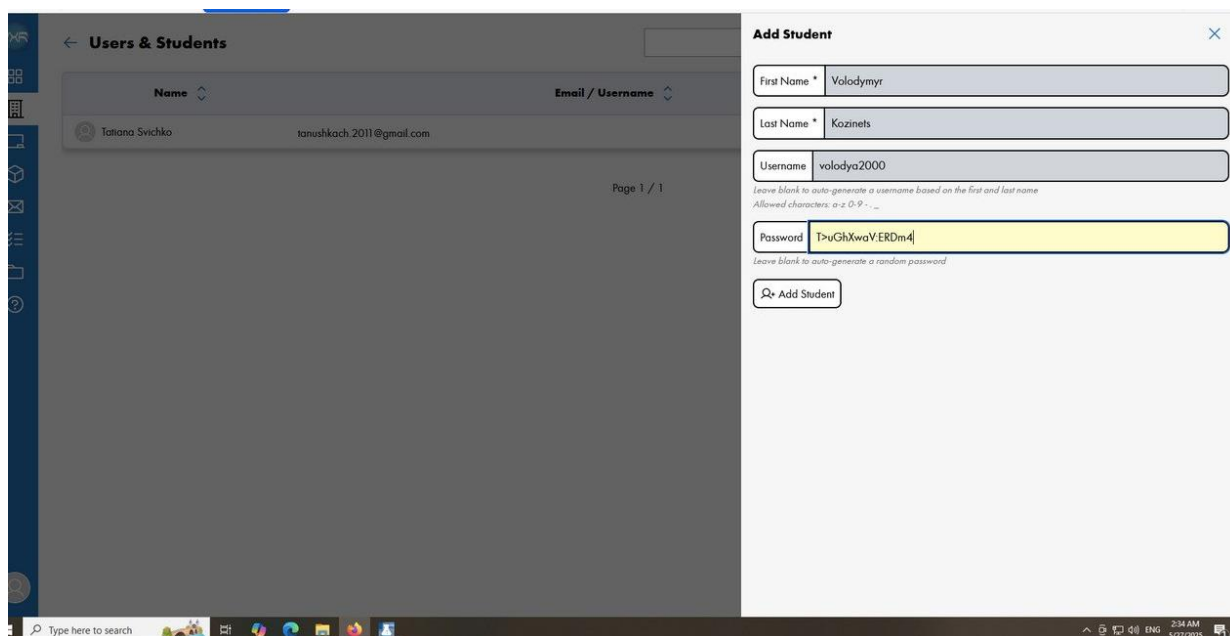


Рис. 3.13. Інтерфейс VictoryXR у режимі адміністрування користувачів та додавання студентів до навчального середовища

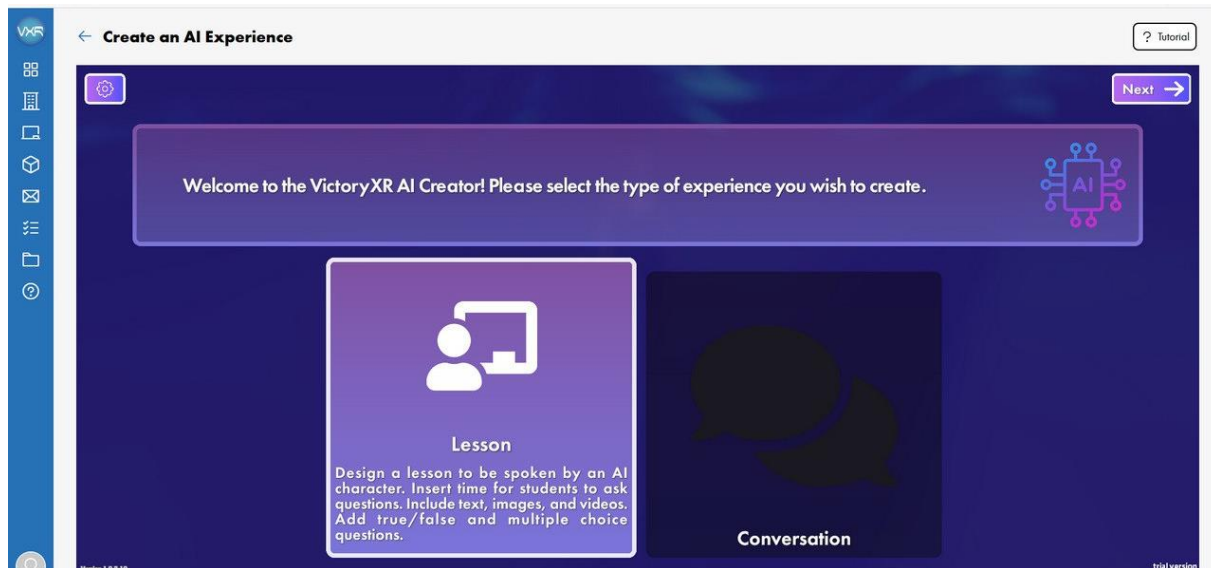


Рис. 3.14. Інтерфейс VictoryXR у режимі створення AI-орієнтованого навчального досвіду (AI Experience)

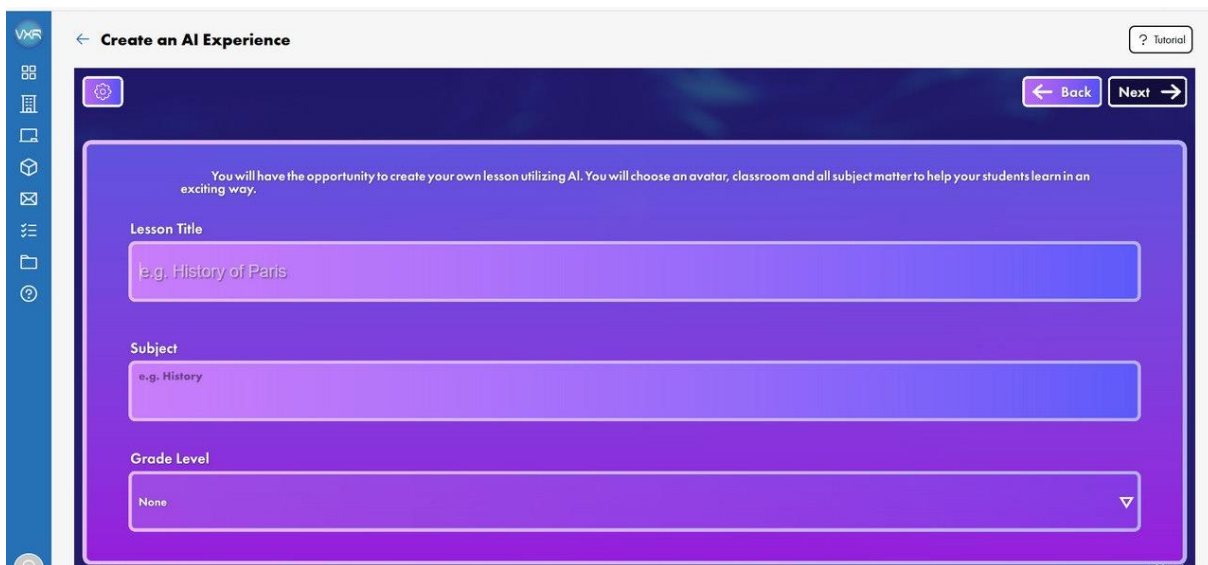


Рис. 3.15. Інтерфейс VictoryXR у режимі налаштування параметрів навчального заняття при створенні AI-досвіду

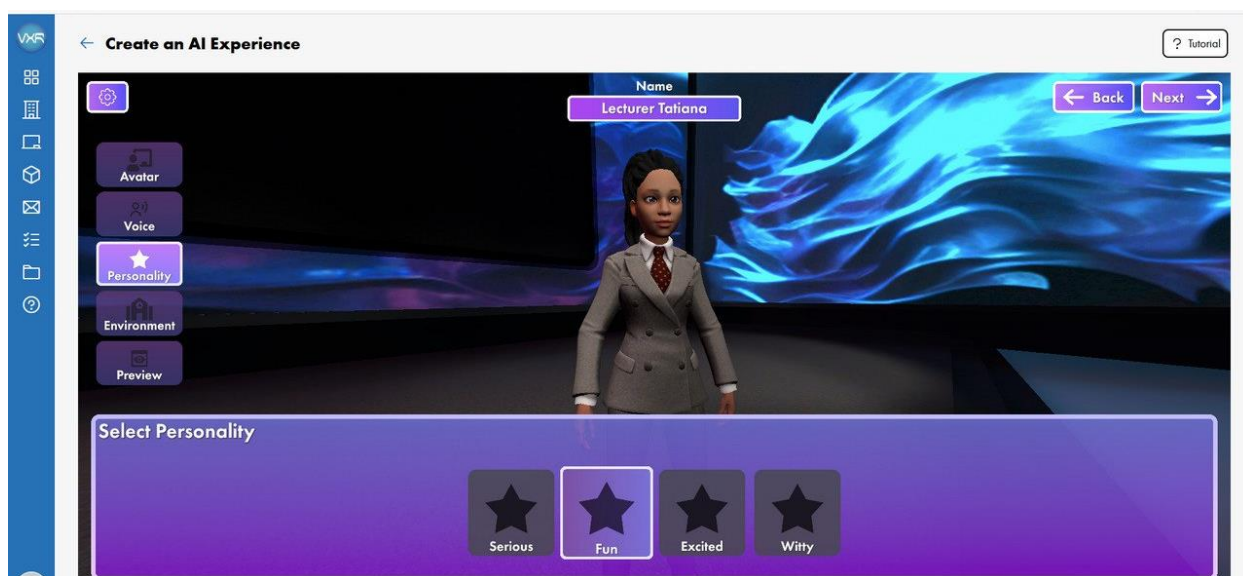


Рис. 3.16. Інтерфейс VictoryXR у режимі налаштування параметрів AI-персонажа (аватара) навчального середовища

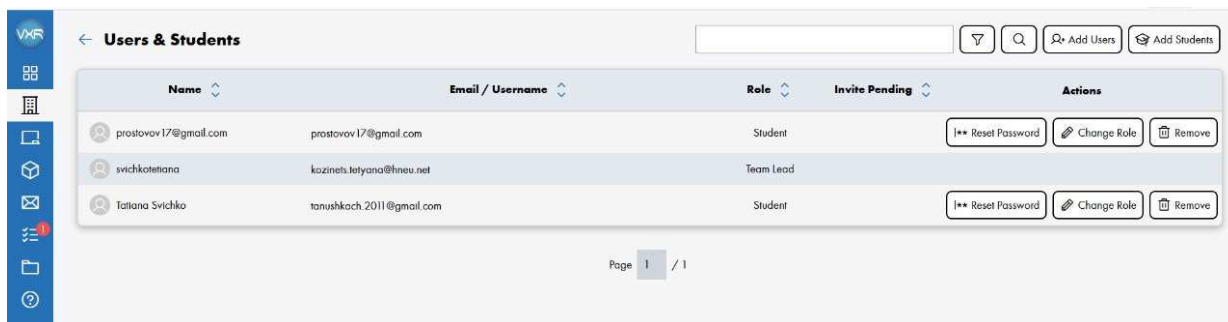


Рис. 3.17. Інтерфейс VictoryXR у режимі управління користувачами навчального середовища

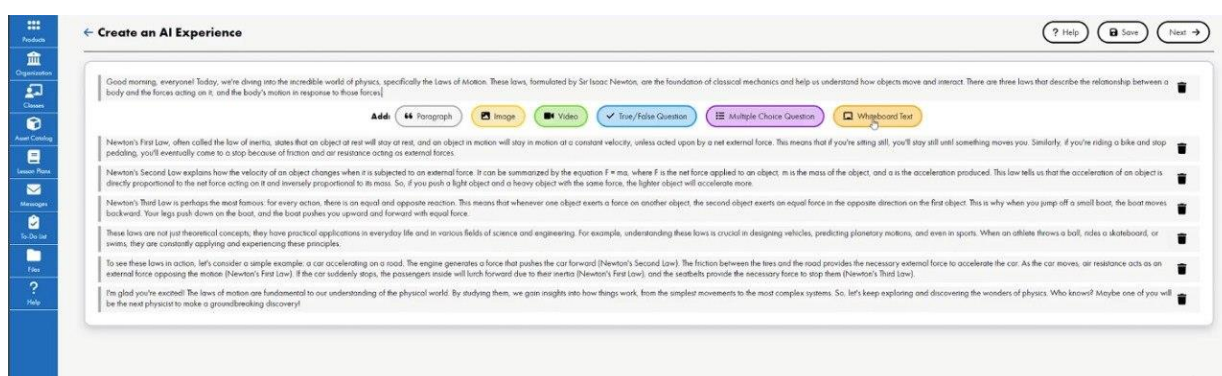


Рис. 3.18. Інтерфейс VictoryXR у режимі формування навчального контенту з використанням AI-інструментів



Рис. 3.19. Інтерфейс VictoryXR у режимі налаштування профілю та персоналізації аватара користувача

Додаток И

Анкета для оцінювання ефективності навчального процесу в результаті впровадження персоналізованого мультимедійного середовища

Таблиця И.1

Анкета оцінювання навчального процесу до впровадження персоналізованого мультимедійного середовища

№	Питання	Варіанти відповіді
1	Чи маєте Ви досвід використання VR або інтерактивних мультимедійних систем у навчанні?	Так; Ні
2	Мені легко засвоювати навчальний матеріал у традиційному форматі (лекції, текстові матеріали)	1–5 (шкала Лайкерта)
3	Я швидко втрачаю концентрацію під час навчання	1–5
4	Мені цікаво навчатися в межах звичайного формату занять	1–5
5	Я відчуваю достатню залученість у навчальному процесі	1–5
6	Я задоволений(а) форматом подання навчального матеріалу	1–5
7	Мені зручно працювати з навчальними матеріалами, які використовуються зараз	1–5
8	Я легко запам'ятовую матеріал після занять	1–5
9	Мені легше сприймати інформацію у вигляді тексту	1–5
10	Мені легше сприймати інформацію у вигляді відео або зображень	1–5
11	Мені легше сприймати інформацію на слух (пояснення, аудіо)	1–5
12	Мені важливо взаємодіяти з матеріалом (інтерактив, практика)	1–5
13	Я вважаю, що спосіб подання матеріалу впливає на ефективність навчання	1–5
14	Різним студентам потрібні різні формати подання навчального матеріалу	1–5
15	Використання мультимедійних технологій може підвищити ефективність навчання	1–5
16	Які труднощі Ви найчастіше відчуваєте під час навчання?	Множинний вибір (перелік варіантів)
17	Я вважаю, що традиційний формат навчання можна покращити	1–5
18	Я зацікавлений(а) у використанні нових технологій у навчанні	1–5

**Анкета оцінювання навчального процесу після впровадження
персоналізованого мультимедійного середовища**

№	Питання	Варіанти відповіді
1	Мені було легко засвоювати навчальний матеріал	1–5 (шкала Лайкерта)
2	Я зберігав(ла) концентрацію під час навчання	1–5
3	Мені було цікаво навчатися у такому форматі	1–5
4	Я відчував(ла) залученість у навчальному процесі	1–5
5	Я задоволений(а) форматом подання навчального матеріалу	1–5
6	Мені було зручно працювати з навчальними матеріалами	1–5
7	Я легко запам'ятовував(ла) матеріал після навчання	1–5
8	Поданий матеріал відповідав моєму стилю сприйняття	1–5
9	Візуальні елементи допомагали краще зрозуміти матеріал	1–5
10	Аудіо/пояснення сприяли кращому засвоєнню	1–5
11	Інтерактивні елементи покращували розуміння теми	1–5
12	Я відчував(ла), що навчання є персоналізованим	1–5
13	Такий формат навчання є більш ефективним, ніж традиційний	1–5
14	Я відчув(ла) підвищення мотивації до навчання	1–5
15	У порівнянні з традиційним навчанням цей формат є більш зрозумілим	1–5
16	У порівнянні з традиційним навчанням цей формат є більш цікавим	1–5
17	У порівнянні з традиційним навчанням цей формат забезпечує кращу залученість	1–5
18	У порівнянні з традиційним навчанням цей формат сприяє кращому запам'ятовуванню	1–5
19	Я вважаю доцільним впровадження таких систем у навчальний процес	1–5
20	Які формати були для Вас найбільш ефективними?	Текст; Відео; Аудіо; Інтерактив; VR/3D

Додаток К

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Публікації, що відтворюють наукові результати дисертації:**Статті у наукових періодичних виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України**

1. Свічко Т. О. Методологія для оцінки ефективності мультимедійного контенту під час програмування сайту. *Таврійський Науковий Вісник. Серія: технічні науки*. 2024. Вип. 1. С. 81–90. **(Фахове, категорія Б)**.
DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.9>.
URL: <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/542/504>
2. Свічко Т. О., Гордєєв А. С. Розробка мультимедійних інформаційних веббазованих навчальних систем із застосуванням технології великих баз даних. *Таврійський Науковий Вісник. Серія: технічні науки*. 2024. Вип. 4. С. 147 – 159. **(Фахове, категорія Б)**.
DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.4.14>
URL: <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/650/608>
3. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Концепція удосконалення методів проектування мультимедійних веббазованих інформаційних систем. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2025. Вип. 1. С. 167 – 182. **(Фахове, категорія Б)**.
DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.16>.
URL: <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/790/734>
4. Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Свічко Т. О. Методика створення адаптивних інтерактивних мультимедійних просторів з використанням штучного інтелекту. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2025. № 2(84). С. 126-140. **(Фахове, категорія Б)**.
DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2025.84.15>.

URL: <https://journal-hnups.com.ua/index.php/zhups/article/view/1989/1808>

5. Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Свічко Т. О. Методика розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR середовища. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2025. № 1(4). С. 248–269. **(Фахове, категорія Б).**

DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.1.26>

URL: <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/1078/991>

Праці апробаційного характеру:

6. Свічко Т. О. Методологія для оцінки ефективності мультимедійного контенту в умовах високої конкуренції. *Global science: prospects and innovations. Proceedings of VII International Scientific and Practical Conference* (Liverpool, United Kingdom, 1-3 March, 2024). Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom, 2024. Pp. 172-184.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38404>

7. Свічко Т. О. Аналіз та оцінка ефективності мультимедійного контенту під час програмування сайту. *Scientific achievements of contemporary society. Proceedings of I International Scientific and Practical Conference* (London, United Kingdom 15-18 August 2024). Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2024. Pp. 155-161.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38407>

8. Свічко Т. О. Удосконалений підхід до розробки веббазованої мультимедійної інформаційної системи. *Scientific research: modern challenges and future prospects. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference*. MDPC Publishing. Munich, Germany. 2024. Pp.106-111.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38408>

9. Свічко Т. О. Аналіз чинників до формування сучасного визначення мультимедійних інформаційних систем. *Current trends in scientific research development. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference*. BoScience Publisher. Boston, USA. 2024. Pp. 101-106.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38406>

10. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Методологія побудови адаптивних інтерактивних мультимедійних середовищ з використанням штучного інтелекту. *Поліграфія та упаковка майбутнього*. Матеріали I Міжнародна науково-практична конференція («NextGen Print & Packaging») (Львів, 21–23 травня, 2025 р.). Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2025. С. 155-157.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38411>

11. Свічко Т. О. Взаємодія інформаційних систем та бізнеспроцесів на прикладі мультимедійної веббазованої системи Amazon. *Current trends in scientific research development. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference*. BoScience Publisher. Boston, USA. 2025. Pp. 184-195.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38405>

12. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Особливості проектування сучасних мультимедійних веббазованих інформаційних систем. *Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності*. Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 6 листопада, 2024 р.). Київ: Київський Авіаційний Інститут, 2025. С. 48-54.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38412>

13. Лук'янова В. А., Свічко Т. О., Кобзев І. В. Вибір моделі 3d-зображень. *Глобальні тенденції розвитку інформаційних технологій і науки*. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (м. Стокгольм, Швеція 8–10 січня 2024 р.). С. 67-70.

URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/35380>

14. Свічко Т. О. Оцінювання ефективності контенту для мультимедійних інформаційних систем. *Topical aspects of modern scientific research. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference*. CPN Publishing Group. Tokyo, Japan. 2023. Pp. 310-320.

15. Козінець Т. О. Розвиток готовності педагогів до використання смарт-технологій у процесі навчання. *Science and technology: problems, prospects and*

innovations. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2023. Pp. 172-174.

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38413>

16. Пушкар О. І., Свічко Т. О. Методика створення персоналізованого навчального VR середовища гібридною командою з використання III. *Multimedia technologies in education and other areas of activity: materials of reports of the scientific-practical conference.* (Ukraine, Kyiv, November 12-13 2025). Pp. 298-306.

17. Свічко Т. О. Аналіз мультимедійних інформаційних систем. Визначення та напрямки використання *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "INNOVATION AND DEVELOPMENT IN WORLD SCIENCE". Технічні науки* (Цюрих, Швейцарія, 29-31.12.2025).

URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38480>



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

61166, м. Харків, пр. Науки, 9-А, тел. (057) 702-03-04, факс: (057) 702-07-17
 E-mail: post@hneu.edu.ua, http://www.hneu.edu.ua, ЄДПРОУ 02071211

№ 25/86-27-82 від 30.09.2025

На № _____ від _____

ДОВІДКА

Про використання результатів та окремих пропозицій
 Свічко Тетяни Олександрівни
 поданих у дисертації на здобуття наукового ступеня
 доктора філософії за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки" на тему:
 "Удосконалення методів розробки мультимедійних веб-базованих інформаційних
 систем"

У процесі дисертаційного дослідження Свічко Тетяною Олександрівною були отримані науково-практичні результати, що полягають в обґрунтуванні інтеграції сучасних технологій, таких як штучний інтелект, віртуальна та доповнена реальність, адаптивні освітні середовища та великі дані в процес та методи розробки мультимедійних веб-базованих інформаційних систем. Провідна ідея дослідження полягає у створенні нових методичних підходів, які забезпечують персоналізацію, інтерактивність, когнітивну адаптацію і ефективне управління мультимедійним контентом у веб-середовищі.

Свічко Т.О. підготувала розділ навчального матеріалу для дисципліни «Мультимедійні технології», який розміщено в персональній навчальній системі ОПП "Технології електронних мультимедійних видань". Для студентів 4-го курсу цієї ж ОПП проведена лекція на тему "Удосконалення методів розробки мультимедійних веб-базованих інформаційних систем", яка внесена до робочої програми дисципліни.

Реалізовано прототип персоналізованого VR-середовища на платформі VictoryXR, Engage, інтегрований із III-інструментами (Leonardo AI, Pika Labs, Kling AI, ElevenLabs). Вихідною базою слугувала анотація до навчальної дисципліни, яка за допомогою генеративних моделей автоматично перетворювалась на мультимедійний навчальний контент (зображення, відео, аудіо).

Створено навчальний сторітелінг-метафору «Чи може III замінити вебдизайнера?», який виконує мотиваційну функцію при викладанні дисципліни «Вступ до фаху».

Проректор
 з навчально-методичної роботи



Каріна НЕМАШКАЛО

251989

УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ
№02071211

№ 64/2025
30 09 2025 р.

61165, м. Харків, пр. Науки, 9-А
тел./факс: 70-20-717, 70-20-304

Д О В І Д К А № 64/2025
від 30.09.2025 р.

Дана **СВІЧКО ТЕТЯНИ ОЛЕКСАНДРІВНИ**,

яка брала участь у розробці госпдоговірної науково-дослідної роботи
Замовник — **ТОВ «АСТРОН+»** по темі № 141-46 «**Проектування
мультимедійних веб-базованих інформаційних систем комерційного
спрямування**» на посаді молодшого наукового співробітника з 01.07.2025
року по 31.07.2025 року.

Розділ 1. Мультимедійні веббазовані інформаційні системи
комерційного спрямування – сучасний стан і перспективи розвитку.

Розділ 2. Огляд методів проектування і розробки мвіс.

Розділ 3. Концептуальні положення щодо удосконалення методів
розробки мвіс мультимедійних веббазованих інформаційних систем.

Розділ 4. Методика створення адаптивних інтерактивних
мультимедійних систем з використанням штучного інтелекту.

Розділ 5. Метод використання мультимедійних баз контенту
комерційного спрямування з орієнтацією на модальність споживачів.

Державний реєстраційний номер **0125U002549**

Начальник НДС



Ірина ЛИТОВЧЕНКО

УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

№02071211

№ 65/2025

" 30 " 09 2025 р.

61165, м. Харків, пр. Науки, 9-А
тел./факс: 70-20-717, 70-20-304

Д О В І Д К А № 65/2025
від 30.09.2025 р.

Дана **СВІЧКО ТЕТЯНІ ОЛЕКСАНДРІВНІ,**

яка брала участь у розробці бюджетно-кафедральної науково-дослідної роботи за темою «Теоретичні та методичні засади впровадження мультимедійних систем STEM-освіти у закладах вищої освіти України» з 01.09.2024 року по 30.06.2025 року.

Розділ 9. Методи розробки мультимедійних інформаційних систем.

Державний реєстраційний номер **0123U103885**

Начальник НДС

Ірина ЛИТОВЧЕНКО



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ
№02071211

№ 66/2025
30. 09. 2025 р.
61165, м. Харків, пр. Науки, 9-А
тел./факс: 70-20-717, 70-20-304

Д О В І Д К А № 66/2025
від 30.09.2025 р.

Дана **СВІЧКО ТЕТЯНІ ОЛЕКСАНДРІВНІ**,
яка брала участь у розробці бюджетно-кафедральної науково-дослідної
роботи за темою «Теоретичні та методичні засади впровадження
мультимедійних систем STEM-освіти у закладах вищої освіти України» з
01.09.2023 року по 30.06.2024 року.

Розділ 3. Модифікований метод розробки веббазованої інформаційної
мультимедійної системи.

Державний реєстраційний номер **0123U103885**

Начальник НДС

Ірина ЛИТОВЧЕНКО



ДОВІДКА

про використання результатів та окремих пропозицій
Свічко Тетяни Олександрівни,
поданих в дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» на тему: «Удосконалення методів
проектування мультимедійних веббазованих інформаційних систем»

№ 76 від 30.10.25 р.

Розроблене удосконалення методичного забезпечення організації гібридної роботи та принципів взаємодії в розподіленій команді IT-проекту зі створення мультимедійних веб-базованих інформаційних систем (МВІС) дає можливість підвищити ефективність управління проектними процесами, забезпечити синхронізацію діяльності між учасниками команди та оптимізувати взаємодію між технічними, дизайнерськими й аналітичними підкомандами. Результати дослідження були впроваджені для фізичної особи-підприємця Єнгаличева Сергія Олександровича.

Використаними є такі результати дослідження:

концепція удосконалення гібридної моделі роботи IT-команд, що визначає вимоги до координації підкоманд у розподіленому середовищі;

методика організації ефективної міжкомандної комунікації з використанням систем управління проектами, хмарних сервісів, контролю версій і цифрових інструментів синхронізації;

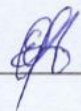
формування мультипрофільних команд із фахівців різних галузей — інформаційних технологій, педагогіки, дизайну та аналітики, що забезпечує комплексний міждисциплінарний підхід до створення мультимедійних веб-базованих систем;

модель організаційної взаємодії гібридної команди, що поєднує Agile-підходи, багаторівневі зустрічі та чіткий розподіл ролей у процесі розроблення МВІС.

Зазначені наукові здобутки за госпдоговірною НДР за договором № 139-46 від 16.05.2025р. «Організаційно-економічне забезпечення формування розподілених команд для виконання IT-проектів в режимі гібридної роботи». Впровадження підтвердило ефективність запропонованої методики, що забезпечує підвищення узгодженості дій команди, зменшення часу розроблення та покращення якості створюваних мультимедійних веб-базованих систем.

Довідка видана без фінансових зобов'язань перед авторами.

Фізична особа-підприємець



Сергій ЄНГАЛИЧЕВ