

УДК 664.6

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

МЕТОДИКА РОЗРОБКИ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНО-АДАПТИВНОГО НАВЧАЛЬНОГО VR СЕРЕДОВИЩА

Пушкар О. І. – доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри мультимедійних систем і технологій
Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця
ORCID ID: 0000-0003-3592-3684

Євсєєв О. С. – кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри мультимедійних систем і технологій
Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця
ORCID ID: 0000-0002-6464-7036

Свічко Т. О. – аспірант спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,
викладач кафедри комп'ютерних систем та технологій
Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця
ORCID ID: 0009-0007-1303-6319

Серед мультимедійних інформаційних веборієнтованих систем на сьогодні все більше значне місце займають навчальні мультимедійні інформаційні системи. Тому, існує потреба у створенні методики розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища.

Відсутність чіткої персоналізації студентів для ефективного навчання є актуальною проблемою, яка вимагає сучасних рішень. Крім того, студенти можуть отримати підтримку, зіставивши стиль викладання зі своїми стилем навчання. VR дозволяє отримати доступ до досвіду в 3D-просторі в режимі реального часу, будучи частиною інтерактивних середовищ, які створюють у студента відчуття перебування в іншому просторі.

Потенціал простору віртуальної реальності поступово додався до наукових проривних тенденцій у дослідженнях у сфері вищої освіти завдяки творчому застосуванню інноваційних стратегій у взаємодії людини і комп'ютера.

Надання студентам навчальних матеріалів та занять, які відповідають їх кращим способам навчання, може полегшити навчання.

Метою дослідження є розробити методику 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. Такий підхід може значно підвищити ефективність формування необхідних компетентностей у студентів, підвищити залученість та збільшити якість отриманих знань за рахунок формування індивідуальних траєкторій навчання.

Ключові слова: персоналізоване навчання, інтелектуально-адаптивні системи, віртуальна реальність (VR), мультимедійні інформаційні системи, когнітивний профіль студента, навчальні AR/VR-середовища, інтерактивні освітні технології, штучний інтелект в освіті, навчальні мультимедійні системи.

Pushkar O. I., Yevsyeyev O. S., Svichko T. O. Methodology for developing a personalised intelligent and adaptive VR learning environment

Among multimedia information web-oriented systems, educational multimedia information systems are becoming increasingly important today. Therefore, there is a need to develop a methodology for creating a personalised, intellectually adaptive VR learning environment.

© Пушкар О. І., Євсєєв О. С., Свічко Т. О., 2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

The lack of clear personalisation of students for effective learning is a pressing issue that requires modern solutions. In addition, students can receive support by matching the teaching style to their learning style. VR allows access to experiences in 3D space in real time, being part of interactive environments that create a sense of being in another space for the student.

The potential of virtual reality space has gradually been added to the scientific breakthrough trends in higher education research through the creative application of innovative strategies in human-computer interaction.

Providing students with learning materials and classes that match their best learning styles can facilitate learning.

The aim of the study is to develop a methodology for implementing personalized, intellectually adaptive learning in a virtual environment based on modern VR tools for education, taking into account the cognitive profile of students (type of intelligence, learning style) in order to improve the effectiveness of learning material assimilation, motivation and engagement of students. This approach can significantly improve the effectiveness of developing the necessary competencies in students, increase engagement and improve the quality of knowledge acquired through the formation of individual learning trajectories.

Key words: *personalized learning, intelligent adaptive systems, virtual reality (VR), multimedia information systems, student cognitive profile, educational AR/VR environments, interactive educational technologies, artificial intelligence in education, educational multimedia systems.*

Постановка проблеми. У зв'язку із динамічними змінами в країні та світу українська освіта продовжує активну трансформацію, зокрема в цифровому аспекті. Цифровізація освіти стає ключовою складовою втілення концепції Державної стратегії цифрової трансформації до 2030 року. Дедалі більша увага приділяється впровадженню штучного інтелекту для впровадження персоналізованого навчання та підвищення якості освіти.

Міністерство освіти і науки України (МОН), спільно з Міністерством цифрової трансформації, розробляє рекомендації для інтеграції ШІ 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 [1].

Віртуальна та доповнена реальність сприяють глибшому зануренню в навчальний процес, покращуючи мотивацію та засвоєння матеріалу. ШІ, у свою чергу, дозволяє адаптувати навчальний контент до індивідуальних потреб студентів, автоматизувати оцінювання та забезпечити зворотний зв'язок.

Ще однією проблемою є відсутність чіткої нормативно-правової бази для використання ШІ в освітньому процесі. Рекомендації МОН і Мінцифри, щодо інтеграції ШІ в закладах освіти, перебувають на стадії впровадження, та потребують додаткових досліджень для врахування етичних ризиків, пов'язаних із захистом персональних даних здобувачів освіти.

Неготовністю дітей, батьків, педагогів до педагогічно виваженого використання комп'ютерно орієнтованих систем навчання, у тому числі демонструють дослідження [2], що також стає проблемою.

Виникає необхідність як саме штучний інтелект може сприяти індивідуалізації навчання та створювати інклюзивне середовище для різних категорій студентів. У літературі існує безліч моделей 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. Крім того, багато теоретиків та дослідників освіти вважають стилі навчання важливим фактором у процесі навчання та згодні з тим, що їх включення до освіти може сприяти навчанню студентів.

Проблема створення ефективної сучасної віртуальної освіти вимагає необхідності персоналізації навчального досвіду. Платформа, яка використовує систему VR та має великий потенціал для адаптивного навчання – Engage VR, VictoryXR. Надають можливості підтримки 3D-об'єктів, презентацій, відео та інтерактивності. Створення індивідуальних віртуальних аудиторій, лабораторій, сцен. Також Engage VR має функціонал для запису, тестування, інтеграції з LMS (системами управління навчанням).

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 роботи полягає у використанні підходу 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 підхід включає послідовність етапів: кластеризація навчального контенту, тестування та профілювання користувача, генерація індивідуального маршруту, динамічна адаптація на основі результатів взаємодії. Ключовою особливістю є моделювання віртуального простору у вигляді орієнтованого графа, де вершини відповідають навчальним об'єктам або сценам, а ребра – логічним та наративним переходам між ними. Така графова модель дозволяє гнучко перебудовувати навчальні траскторії, оптимізувати навігацію та інтегрувати просторові наративи, що розвиваються в залежності від когнітивного профілю студента та його успішності.

Мета статті – розробити методику 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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з дослідженнями [3–6] метою VR/AR є створення віртуальної реальності, де користувач відчуває себе її частиною через повне або часткове занурення. Потенціал простору віртуальної реальності поступово додався до наукових проривних тенденцій у дослідженнях у сфері вищої освіти завдяки творчому застосуванню інноваційних стратегій у взаємодії людини і комп'ютера.

Створення віртуалізованих середовищ, орієнтованих на пристрої в цифровому сенсі, 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 [8]. Приклади досліджень, які продемонстрували підтверджуючі результати цієї гіпотези, включають дослідження [9].

Останні дослідження демонструють потенціал впровадження штучного інтелекту в навчання. Зокрема, дослідження [10] продемонстрували, що учні, які навчаються за допомогою штучного інтелекту по дві години на день, ввійшли у топ-1–2 % найкращих по країні.

З постійним оновленням різних технологій, онлайн навчання та технології віртуальної реальності виділяються з-поміж багатьох інформаційних технологій та стали важливими технічними та дослідницькими інструментами для навчання [11, 12]. Однак деякі дослідники припускають, що зручність цифрових пристроїв

не лише допомагає учням досягти мети «навчання в будь-якому місці та в будь-який час», але й призводить до ризику того, що учні можуть стати залежними від соціальних мереж та цифрових пристроїв [13]. Крім того, відповідні дослідження показали, що ті, навчається, можуть мати вищу мотивацію до навчання у знайомому та реальному середовищі [14].

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 [15, 16, 17]. 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 [18].

Сучасні VR-середовища забезпечують високий рівень інтерактивності, однак більшість з них не інтегрують адаптивні механізми відповідно до когнітивного профілю користувача, зокрема – типу інтелекту чи стилю навчання. В результаті, значна частина студентів втрачає мотивацію або не досягає очікуваного рівня засвоєння матеріалу, оскільки контент не відповідає їхнім індивідуальним пізнавальним особливостям.

Проблема ускладнюється тим, що наявні підходи до персоналізації не завжди інтегровані з VR-архітектурами, а методи когнітивного профілювання залишаються малозастосованими в імерсивному навчальному середовищі. З іншого боку, платформи на кшталт Engage VR, Victory XR мають технічні можливості для побудови адаптивних маршрутів навчання, однак не забезпечують готових рішень для глибокої персоналізації контенту відповідно до множинного інтелекту (за Говардом Гарднером) чи когнітивного стилю.

Таким чином, виникає необхідність у створенні методики, яка дозволить не лише визначати когнітивний профіль студента у VR-середовищі, але й адаптивно формувати індивідуальний навчальний маршрут, що враховує особливості сприйняття, мислення й обробки інформації конкретного користувача.

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 одногрупниками у віртуальному просторі, а викладачі використовувати доповнену і віртуальну реальність для гейміфікації своїх уроків [20].

У рамках дослідження сучасних віртуальних освітніх середовищ доцільно провести порівняльний аналіз платформ, які активно використовуються в академічному середовищі. Зокрема, розглянемо функціональні можливості, обмеження та типові сценарії застосування таких VR-середовищ, такі як Engage VR, Spatial.io, Mozilla Hubs, FrameVR.io, ClassVR, Rumii та VictoryXR. Такий аналіз дозволяє визначити потенціал кожної платформи для створення адаптивного, інтерактивного та педагогічно ефективного навчального контенту.

Порівняльний аналіз VR-середовищ для освіти свідчить про значну варіативність функціональних можливостей, обмежень та сценаріїв використання кожної платформи. Серед розглянутих рішень найбільший потенціал для розробки персоналізованого, інтелектуально-адаптивного навчального середовища демонструє VictoryXR та Engage VR.

Платформа VictoryXR вирізняється розвиненими функціями моделювання навчального середовища: підтримкою лабораторій, віртуальних симуляцій та

Таблиця 1

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 англomовні модулі	Анатомія, біологія, природничі науки
	MindVerse.ai	Створення AI-аватарів у VR/метавсесвітах	Новий сервіс, обмежені кейси застосування	Ментори, боти для навчання та підтримки
	Talespin	Soft skills тренінги з AI-персонажами	Корпоративний фокус, англomовна аудиторія	Етика, управління командою, конфлікти

освітніх модулів. Попри обмеження у вигляді лише англomовного контенту, VictoryXR забезпечує гнучку інтеграцію навчального матеріалу природничо-наукового циклу, що дозволяє ефективно застосовувати її в академічній освіті. З огляду на якість візуалізації, фокус на предметному навчанні, реалістичну взаємодію та сумісність із III-сервісами, саме ця платформа має найвищий потенціал для подальшої персоналізації VR-освіти.

Було проаналізовано статті, які пов'язують стилі навчання з адаптивним навчанням, а саме: Фелдер і Сільверман, VARK, Хані і Мамфорд, теорія множинного інтелекту Гарднера, теорія Ентвіста. Теорія множинного інтелекту була розроблена Говардом Гарднером виступає проти ідеї єдиного домінуючого типу інтелекту і натомість визнає існування множинного інтелекту, який становить унікальне поєднання в кожній людині. Згідно з теорією, існує сім провідних інтелектів: лінгвістичний, логіко-математичний, просторовий, музичний, тілесно-кінестетичний, міжособистісний і внутрішньоособистісний [22].

Згідно зі стилем навчання Vark (Vark Learning Style), студенти віддають перевагу візуальному, аудіальному, читацькому та кінестетичному навчанню [23]. Згідно з 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.

Нарешті, студенти з категорії кінестетиків віддають перевагу навчанню через досвід, використовуючи всі попередні органи чуття. Хані та Мамфорд, на яких дуже вплинув Колб, створили опитувальник стилю навчання (LSQ), щоб розподілити студентів на активістів, теоретиків, прагматиків та рефлексивістів на основі їхніх уподобань. На основі введених типів інтелекту з'явилися стилі навчання, пов'язані з кожним типом.

Ентвістл працював над концепцією, що кожен студент навчається краще, коли конкретний навчальний процес розроблений з урахуванням його особливостей. Завдяки цій теорії з'явилися три категорії студентів. Поверхневі учні зосереджені на отриманні інформації, стратегічні учні націлені на досягнення, а глибокі учні зосереджені на особистому прогресі [24].

Дослідження довели, що стилі навчання можуть допомогти студентам підвищити рівень знань та покращити їхню активність під час навчального процесу. Студенти в середовищі, яке відповідає їхнім потребам і стилю навчання, можуть залишатися зосередженими довше і показувати кращі результати [25].

На рис. 1 наведено адаптивну модель, що забезпечує персоналізований підхід до навчання, підвищуючи ефективність та мотивацію здобувача освіти.



Рис. 1. Послідовність роботи користувача в адаптивній системі електронного навчання, яка базується на визначенні індивідуального стилю навчання за методикою VARK

Розуміння впливу когнітивних стилів на навчання та поведінку може надати викладачам цінну інформацію, що дозволяє їм проектувати освітні підходи, які краще враховують індивідуальні відмінності та підтримують різноманітні потреби учнів [33].

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.

Виклад основного матеріалу. У персоналізованому навчанні визначальним є не лише «що» подається (навчальний контент), а й «як» і «в якій послідовності» цей контент організовано та вивчається студентом. Імерсивне середовище додає до цієї тріади ще одну координату – просторову організацію досвіду, коли послідовність подій розгортається у мережі сцен, об'єктів та взаємодій. Такий

курс доцільно моделювати як орієнтований позначений граф, у якому педагогічна логіка та індивідуальний навчальний маршрут студента виступають властивостями графа, а не фіксованого «сценарію».

Під наративом розуміємо сюжетне поєднання *що розповідається і як це розповідається*. 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 виділяємо 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 забезпечують модулі ІІІ. 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 графа дозволяє поєднати педагогічні міркування з формальними механізмами оптимізації й оцінювання. Таким чином

створюється основа для побудови персоналізованих траєкторій у VR/AR, які є водночас керованими (через ваги та умови переходів), вимірюваними (через метрики досягнення та навантаження) та відтворюваними (через явну структуру G і протоколи протоколювання подій).

3.1. Базові визначення

Нехай $G = (V, E)$ – орієнтований граф VR-середовища, де:

- V – множина вершин (сцен/об'єктів навчання);
- $E \subseteq V \times V$ – множина орієнтованих ребер (можливих переходів).

Кожна вершина має атрибути, що задаються функціями розмітки:

$\lambda_{\text{int}} : V \rightarrow I$ (тип(и) інтелекту за Гарднером),

$\lambda_{\text{mod}} : V \rightarrow \{\text{text}, \text{video}, 3D, \text{sim}, \text{audio}, \text{story}\}$,

$\lambda_{\text{diff}} : V \rightarrow \{1, \dots, 5\}$ (складність),

$\lambda_{\text{ally}} : V \rightarrow A$ (доступність/адаптації),

$\lambda_{LO} : V \rightarrow 2^L$ (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:

$$\lambda(v) = (\lambda_{\text{int}}(v), \lambda_{\text{mod}}(v), \lambda_{\text{diff}}(v), \lambda_{\text{ally}}(v), \lambda_{LO}(v), \lambda_{\text{time}}(v)).$$

Кожне ребро $e = (u \rightarrow v)$ має умову переходу (guard):

$$g(e) : S \rightarrow \{\text{true}, \text{false}\},$$

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 :

$$s_t = (K_t, w, \rho_t),$$

де: $K_t \subseteq L$ – множина досягнутих навчальних результатів;

$w \in \mathbb{R}^m$ – вектор профілю (ваги типів інтелекту/стилів, напр. Gardner + VARK),
 $\sum w_i = 1$;

ρ_t – телеметрія взаємодії (часи, спроби, помилки, паузи).

Оновлення профілю виконується байєсівськи або експоненційним згладжуванням:

$$w_{(t+1)} = (1 - \eta)w_t + \eta \cdot \hat{w}_t,$$

де $\hat{w}_t$ – оцінка з опитування/поведінки, $\eta \in (0, 1]$.

Функція корисності вузла та вибір маршруту

Для вершини v визначимо багатокритеріальну корисність:

$$U(v | s_t) = \alpha \text{match}(\lambda_{\text{int}}(v), w) + \beta \text{prereq}(\lambda_{LO}(v), K_t) - \gamma \text{load}(\lambda_{\text{diff}}(v), \rho_t) + \\ + \delta \text{coh}(v | \text{шлях}) + \zeta \text{divers}(v | \text{шлях}) - \kappa \text{ally_pen}(v),$$

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;

ally_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:

$$\pi^* = \arg \max_{\pi \in \mathcal{P}} \sum_{v \in \pi} U_{\theta}(v|s_t) \quad \text{s.t.} \quad g_e(s_t) = \text{true} \quad \forall e \in \pi, \quad \bigcup_{v \in \pi} \lambda_{LO}(v) \supseteq \mathcal{L}_{\text{ціль}}.$$

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 $U(\cdot)$);
- верифікації логічної коректності маршрутів;
- вимірюваності якості наративу та навчальних результатів.

Це створює основу для масштабування курсу, автоматизованого перепланування та інтеграції з LMS і AI-тьюторами 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. Зокрема, вона надає можливість:

- створення диференційованого мультимедійного контенту за типами інтелекту;
- вбудованого штучного інтелекту – віртуального асистента, який веде діалог зі студентом;
- використання віртуальних лабораторій, сценаріїв, 3D об'єктів і тестування, що дозволяє побудувати адаптивне навчальне середовище відповідно до когнітивного профілю користувача.

Віртуальна реальність підтримує мультимедійне навчання та когнітивну теорію мультимедійного навчання [35], 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 [36]. У міру того як VR дедалі ширше впроваджується, кількість відповідних застосунків та навчальних матеріалів зростає, тоді як необхідне обладнання стає доступнішим і технологічно досконалішим [34–37].

Методика розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища. Запропонована методика 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 багатовимірна класифікація освітніх матеріалів, що включає відео, 3D-моделі, інтерактивні вправи, тести, текстові та аудіальні ресурси. Контент структурується за кількома критеріями: (i) форма подання (візуальна, текстова, аудіальна, практична тощо); (ii) відповідність типу інтелекту відповідно до теорії Говарда Гарднера (лінгвістичний, логіко-математичний, музичний, просторовий, кінестетичний, внутрішньоособистісний, міжособистісний, натуралістичний, екзистенційний); (iii) метадані, що відображають рівень складності, орієнтовний час опрацювання, ступінь інтерактивності та наявність адаптацій для

студентів з особливими освітніми потребами. Згрупований матеріал формалізується у вигляді орієнтованого графа $G = (V, E)$, де вершини відповідають навчальним об'єктам або сценам, а ребра – логічним і наративним зв'язкам, що задають можливі траєкторії руху студента.

Контент групується (кластеризується) за ознаками, які відповідають певним видам інтелекту.

Для більш глибокої інтеграції інтелектуальних типів у VR-середовище доцільно також враховувати інструкційні стратегії, які відповідають кожному типу. Використовуючи джерела [32, 33], 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. 2).

Таблиця 2

**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

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.

Попри активний розвиток досліджень у сферах персоналізованого навчання, штучного інтелекту, когнітивної аналітики, наразі відсутні інтегровані рішення, які б об'єднували всі ключові компоненти в єдиній адаптивній системі.

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 їхні комбінації та створити персоналізований вектор характеристик користувача.

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 тесту активує перехід до наступної сцени, тоді як помилки спрямовують студента на повторне пояснення або альтернативний приклад. Корисність кожного вузла визначається функцією:

$$U(v|w) = \alpha \cdot match(v, w) + \beta \cdot prereq(v) - \gamma \cdot cognitive_load(v),$$

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. Це створює основу для подальшого аналізу динаміки навчання та адаптації траєкторії.

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. 2 наведено схематичне подання запропонованої методики, що ілюструє основні завдання та обмін інформацією на окремих етапах.

Таким чином, описана методика поєднує когнітивну діагностику, формальне представлення знань у вигляді графа та механізми автоматичної адаптації, створюючи цілісний підхід до персоналізованого навчання в іммерсивних VR-середовищах.

Практичне застосування методики розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR середовища

Важливим етапом є демонстрація того, як запропонована методика може бути реалізована на практиці, розглянемо її інтеграцію у VR-навчальне середовище. Якщо раніше було розглянуто концептуальну основу – когнітивну діагностику, подання знань у вигляді графа та механізми адаптації, – то далі варто

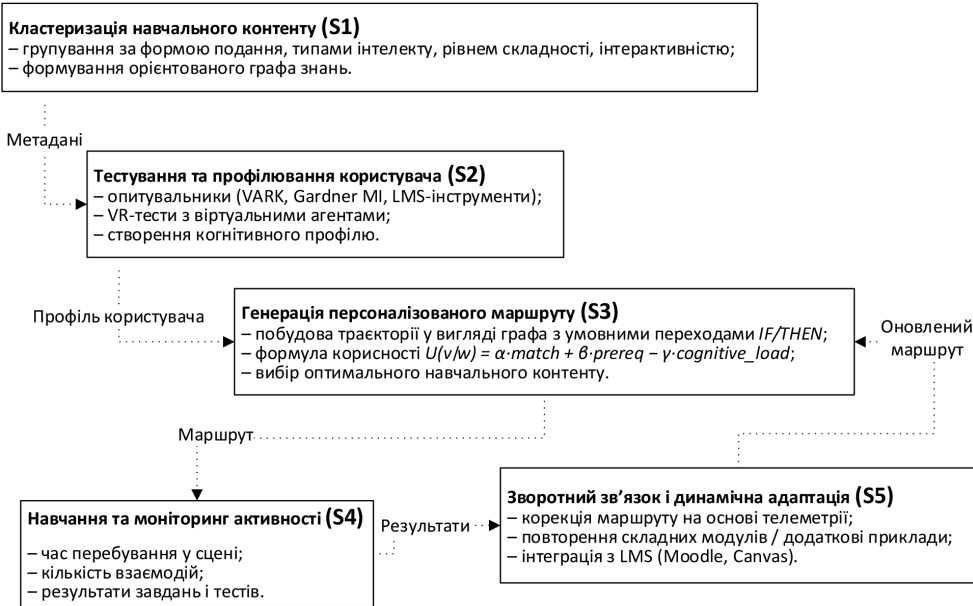


Рис. 2. Схематичне подання запропонованої методики

продемонструвати, як ці елементи можуть поєднуватися у рамках цілісної системи. Ключову роль у цьому відіграють агенти на основі великих мовних моделей (LLM), яким надаються специфічні функціональні ролі для підтримки персоналізації, управління процесом навчання та забезпечення інтерактивної взаємодії у VR-середовищі.

У межах запропонованої моделі персоналізованого VR-навчального середовища на основі великих мовних моделей (LLM) можна виділити низку функціональних ролей агентів. Кожна з них реалізує певний аспект взаємодії з користувачем та управління навчальним процесом.

Під LLM-ролями треба розуміти функціональні «маски» або сценарії роботи вбудованого агента, побудованого на базі великої мовної моделі, який працює всередині VR-навчального середовища.

1. Profiler (діагностика профілю користувача).

Ця роль забезпечує збір та інтерпретацію даних про користувача, включно з попередніми знаннями, стилем навчання (Gardner/VARK/FSLSM), рівнем мотивації та швидкістю засвоєння матеріалу. Profiler аналізує результати тестів, відповіді у діалозі з LLM, а також взаємодії у VR-сценах. На основі цих даних формується оновлений вектор профілю w , що впливає на вибір контенту та рівень складності завдань.

2. Router-Planner (маршрутизація навчального контенту).

Функція маршрутизації ґрунтується на представленні курсу як орієнтованого графа $G = (V, E)$, де вершини відображають навчальні об'єкти, а ребра – можливі переходи між ними. Router-Planner застосовує алгоритми планування (A^* , Dijkstra, евристичний пошук) із урахуванням профілю студента, доступних ресурсів і часових обмежень. У разі змін у стані користувача (наприклад, перевантаження або втрата концентрації) маршрут може перебудовуватися динамічно.

3. Tutor-Assessor (тьюторинг і формативне оцінювання).

Ця роль виконує функцію інтерактивного наставництва у VR-середовищі. Tutor-Assessor пояснює навчальний матеріал, відповідає на запитання користувача та надає контекстні підказки. Паралельно здійснюється формативне оцінювання: визначаються проміжні результати, виявляються прогалини у знаннях, пропонуються додаткові вправи або спеціальні ремедіаційні сцени (відновлювальні блоки для закріплення базових навичок).

4. Narrative-Generator (генератор мікросцен і пояснень).

Ця роль відповідає за створення контекстно-залежних наративів, діалогів, візуальних та аудіоелементів, які забезпечують узгодженість сюжету й навчальної логіки. Narrative-Generator інтегрує навчальні об'єкти у сюжетні арки, підтримуючи ефект занурення. Додатково враховуються аспекти локалізації та культурної релевантності, що забезпечує зрозумілість контенту для різних цільових аудиторій.

5. Monitor (моніторинг і перепланування).

Monitor акумулює телеметрію навчального процесу: час перебування у сценах, кількість спроб виконання завдань, а за наявності відповідних засобів – також фізіологічні та поведінкові індикатори. На основі цих даних виявляються ознаки перевантаження, втрати концентрації або зниження інтересу. У таких випадках Monitor ініціює перепланування маршруту через Router-Planner або модифікацію подачі матеріалу за допомогою Narrative-Generator.

Узгоджена робота цих ролей забезпечує замкнений цикл: від діагностики та планування маршруту – до інтерактивного викладання, генерації наративів і динамічного перепланування.

Аналіз використання та відгуки. 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 [посилання на першу статтю]. Згідно із розробленою методикою [посилання на першу статтю] для реалізації сторітелінгу використовувалися генеративні інструменти Leonardo AI, Pika Labs та Kling AI, які забезпечили візуальну естетику, анімовану динаміку та наративну цілісність сюжетної лінії [39, 40].

В якості вихідних даних береться анотація до навчальної дисципліни.

За допомогою генеративних ШІ (текстово-графічних, відео-генераторів, тексту-в-мову тощо) вона автоматично перетворюється на мультимедійний навчальний контент.

Отриманий контент імпортується до VR-середовища або іншої MBIC як окремий інтерактивний блок, що доповнює основну навчальну траєкторію.

Таким чином, створюється цілісний мультимедійний простір, де інтегрується контент, створений як вручну, так і автоматизовано.

На основі цього підходу в поточному дослідженні було створено навчальний сторітелінг (рис. 3), що являє собою навчальну метафору – «Чи зможе ШІ замінити веб-дизайнера?»

Сюжет короткометражного мотиваційного ролика:

У межах навчального курсу для студентів першого курсу було створено метафоричний відеоролик, що відкриває тему штучного інтелекту та творчості. На екрані постають дві паралельні сцени: в одній – людина, яка створює малюнок, і цей малюнок поступово оживає, наповнюючись емоціями, рухом, глибиною; в іншій – штучний інтелект генерує візуально досконалу, але «мертву» картинку, яка залишається статичною, позбавленою життя.

Основна ідея: попри здатність ШІ відтворювати форму, він поки що не здатен передати сенс, переживання та внутрішній зміст – ті речі, які народжуються лише через людський досвід. У цьому ролику ШІ постає як інструмент, а не як повноцінний творець. Його неможливо замінити, але й неможливо поставити вище за Людину.

Мета: цей відеоролик створено спеціально для першокурсників, щоб надихнути їх не боятися конкуренції з технологіями, а навпаки – осмислити унікальність власного мислення, відчуттів і здатності надавати сенс. ШІ – це потужний інструмент, але він не здатен оживити картинку так, як це робить Людина.

Педагогічний контекст: ролик є частиною дисципліни «Вступ до фаху» і виконує мотиваційну функцію, формуючи у студентів розуміння синергії між людською творчістю та новими технологіями.

Сторітелінг адаптований до потреб студентів із переважанням музичного та екзистенційного типів інтелекту. Зокрема, реалізовано:

- візуальні сцени (фото згенеровані у Leonardo AI, відео – у Kling AI та Pika Labs), які у подальшому трансюються у VR-просторі;
- аудіосупровід із фокусом на ритм, інтонацію та емоційне звучання (створено за допомогою ElevenLabs);
- наративна структура з філософськими питаннями й моральною дилемою (сценарій підготовлено вручну);
- персонаж-аватар у VictoryXR, які озвучені і запрограмовані на взаємодію зі студентом.

Завдяки цьому персоналізований контент став емоційно залучаючим і глибоко інтерактивним, забезпечивши високий рівень когнітивного занурення та відповідність освітнім потребам цільових когнітивних профілів.

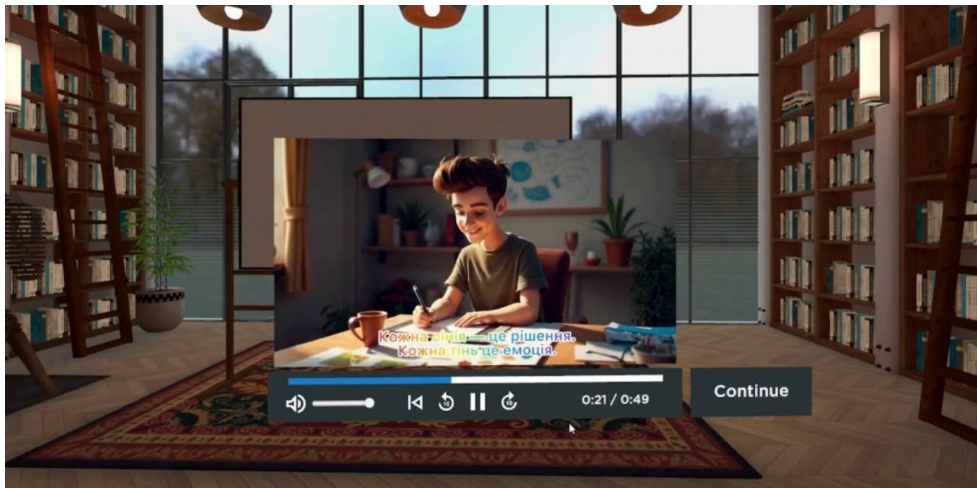


Рис. 3. Результат інтеграції компоненту сторітелінг у VR-середовище

Інтерактивні VR-об'єкти і симуляції – для кінестетичного та міжособистісного типів (рис. 4).

Тести – для самоперевірки, формативного оцінювання.

Кожен блок розроблено у форматах, сумісних з VR.

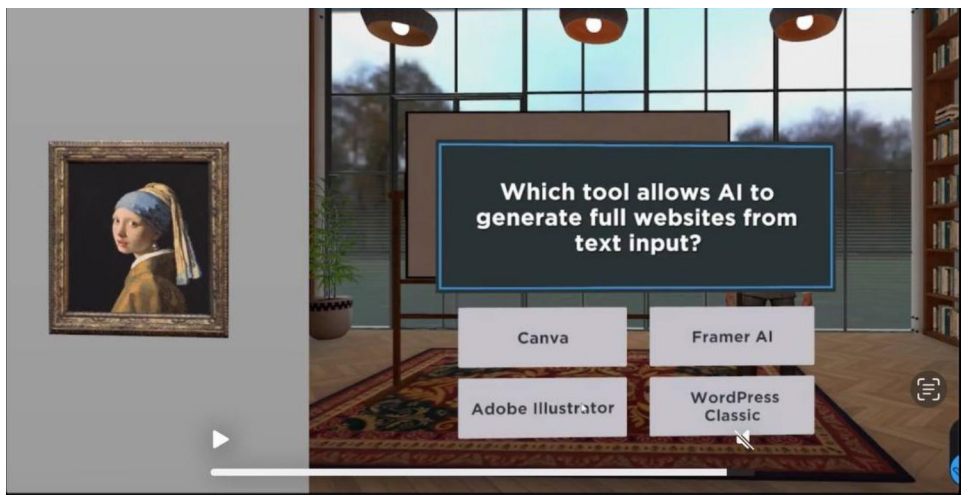


Рис. 4. Додавання VR-об'єкту у вигляді картину, яку можна рухати та взаємодіяти

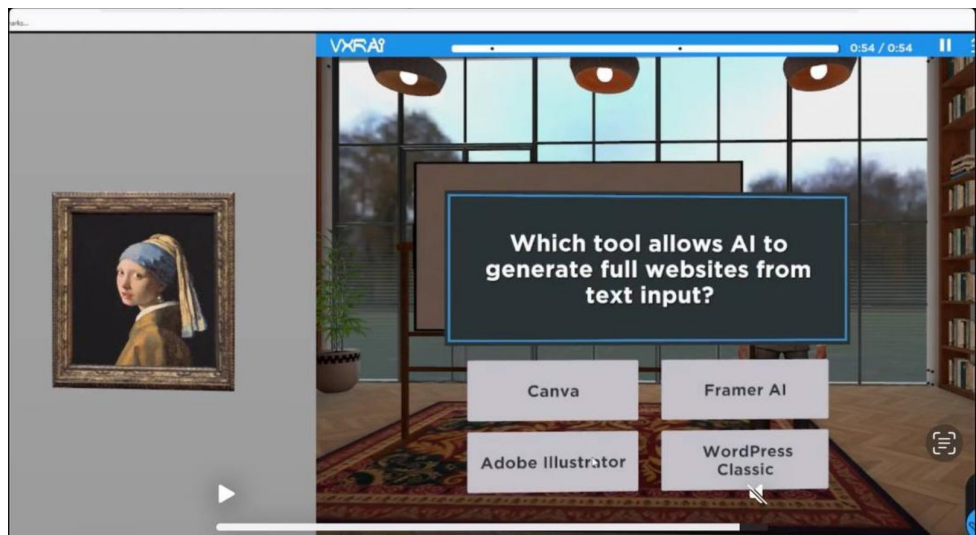


Рис. 5. Перевірка знань

У межах реалізації персоналізованого навчального середовища було створено два типи тестування для оцінювання рівня засвоєння матеріалу (рис. 5):

1. Тести з відповіддю «Так / Ні» (дихотомічні) – дозволяють швидко перевірити базове розуміння ключових фактів або тверджень, що відповідають змісту курсу.

2. Тести з вибором однієї правильної відповіді (multiple choice) – передбачають надання кількох варіантів відповіді, серед яких студент має обрати правильний. Такий тип завдань дає змогу оцінити аналітичне мислення, глибину розуміння та вміння застосовувати знання в контексті.

Ці тести було інтегровано до курсу у VR-середовищі VictoryXR, відповідно до індивідуальних особливостей студентів.

3. Створено навчальне середовища у VictoryXR.

У платформі VictoryXR Engage було:

- створено навчальну кімнату з курсом «Artificial Intelligence or Human? Who Wins in Web Design?», рис. 6;

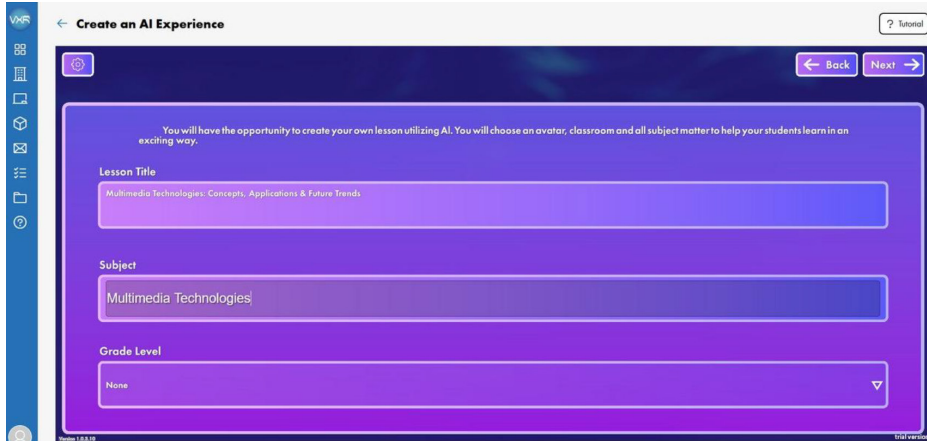


Рис. 6. Процес створення лекційного заняття

- створено AI-асистента лектора (рис. 7–8), який веде лекцію, читаючи навчальний матеріал, що було попередньо підготовлено. Створюючи AI-асистента є можливість обрати зовнішність лектора, його голос, настрій та оточуючу середу. В даному випадку було обрано лекційну залу.

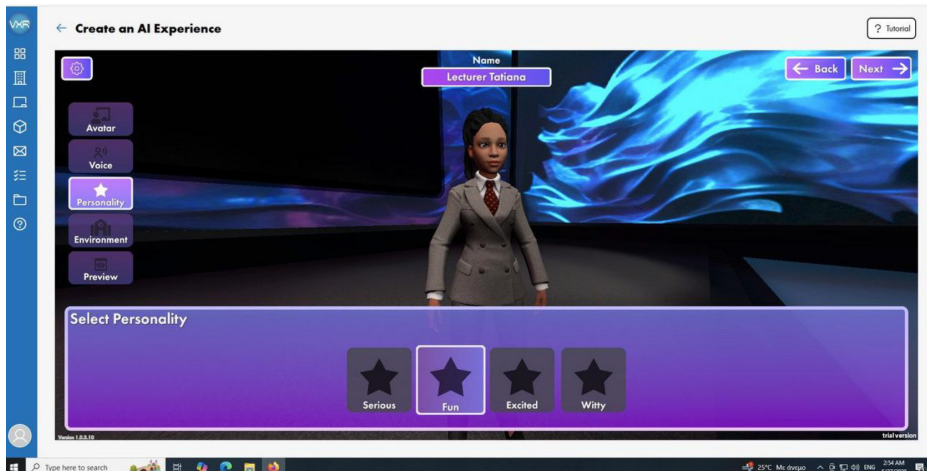


Рис. 7. Інтеграція AI-асистента (лектора), що веде заняття та консультує студентів

Після того як було створено весь необхідний контент для всіх типів інтелекту, його було завантажено на налаштовано у Victory XR.

Організовано віртуальні зони, де контент надається згідно з індивідуальним шляхом студента.

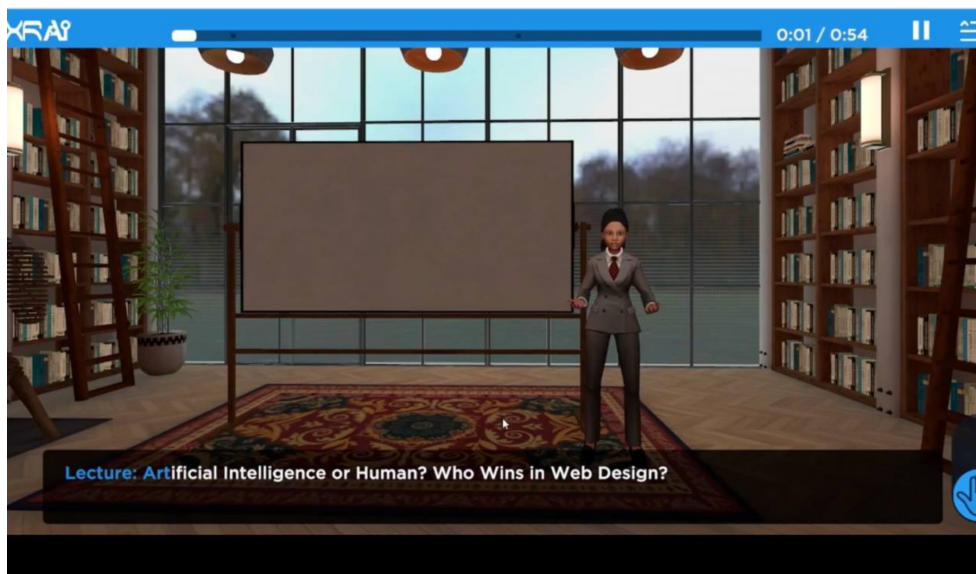


Рис. 8. AI-агент проводить лекційне заняття

4. Додано AI-асистента.

У VR-середовищі було реалізовано віртуального AI-асистента, який:

- вітає студента та отримує дані про його тип інтелекту.
- надає персоналізовані пояснення, підказки, запитання.
- веде діалог природною мовою (NLP) у режимі взаємодії.

5. Навчання та фіксація активності.

Вимірювалася тривалість перебування студента у VR, кількість переглядів матеріалів, кількість спроб.

Активність фіксувалась автоматично системою VictoryXR.

6. Отримання зворотного зв'язку та адаптація.

Студент проходив опитування після завершення курсу (через Google Form). Дані про результати тестів, успішність та відгуки необхідно у майбутньому використовувати для адаптації маршруту:

- покращення складних модулів;
- уточнення подачі контенту;
- оновлення формату пояснень.

В результаті було протестовано прототип персоналізованого навчання у середовищі Victory XR із застосуванням можливостей штучного інтелекту [44].

Висновки. Запропоновано методику розробки персоналізованого інтелектуально-адаптивного навчального VR-середовища, що поєднує когнітивно-орієнтований підхід із інструментами штучного інтелекту, дозволяє динамічно формувати індивідуальні траскторії навчання. В основі лежить кластеризація контенту за типами інтелекту, профілювання користувача та побудова маршруту у вигляді орієнтованого графа з урахуванням когнітивного навантаження. Запропоновано новий підхід до побудови мультимедійних навчальних середовищ, у якому ШІ виступає як інструмент доповнення існуючих систем навчання, дозволяючи масштабувати створення контенту відповідно до потреб студента та специфіки курсу.

Розроблено концептуальну та практичну модель, яка передбачає класифікацію студентів за домінуючим типом інтелекту за Говардом Гарднером з подальшою персоналізацією навчального маршруту у віртуальному середовищі.

Навчальний модуль, реалізований у середовищі Victory XR, був адаптований для різних типів інтелекту студентів. Також у рамках персоналізованого VR-навчального середовища на базі великих мовних моделей (LLM) запропоновано розмежування функціональних ролей агентів, кожна з яких відповідає за окремий аспект взаємодії з користувачем.

Перспективи подальшого розвитку методики:

- Розширення функціонального навантаження моделі на тестування методики в рамках інших навчальних курсів та дисциплін.
- Підтвердження універсальності методики, її масштабування на інші академічні напрямки, у тому числі в умовах онлайн- та змішаного навчання.
- Автоматизоване визначення когнітивного профілю студента на основі метаданих його поведінки.

Це відкриє можливість створити цілісне середовище персоналізованого навчання, де адаптація буде відбуватись автоматично на кожному етапі – від подачі контенту до оцінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гуназа Л. М. Штучний інтелект у сучасній освіті: трансформація ролі вчителя, підвищення якості навчання та нові можливості. Педагогіка формування творчої особистості у вишій і загальноосвітній школах, 90. С. 46–53.
2. Hrybiuk O. O. The phenomenon of social networks: the paradox of dependence and variability modeling. *Intercultural Communication*. Volume 1/2. 2017, Józefów–Warszawa. Wyższa Szkoła Gospodarki Euroregionalnej im. Alcide De Gasperi w Józefowie, 2017. S. 123–143. ISSN –2451-0998. E-ISSN 2543-7461.
3. González-Zamar, Mariana-Daniela & Abad-Segura, Emilio. (2020). Implications of Virtual Reality in Arts Education: Research Analysis in the Context of Higher Education. *Education Sciences*. 10. 225. 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 Rev. Docencia Univ.* 2019, 17, 105–118. [CrossRef].
5. Milgram, Paul & Kishino, Fumio. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Trans. Information Systems*. vol. E77-D, no. 12. 1321–1329.
6. Chandrasekera, T.; Yoon, S.-Y. The Effect of Augmented and Virtual Reality Interfaces in the Creative Design Process. *Int. J. Virtual Augment. Real.* 2018, 2, 1–13. [CrossRef].
7. Younan, S.; Treadaway, C. Digital 3D models of heritage artefacts: Towards a digital dream space. *Digit. Appl. Archaeol. Cult. Herit.* 2015, 2, 240–247. [CrossRef].
8. González-Zamar, M.-D., & Abad-Segura, E. (2020). Implications of virtual reality in arts education: Research analysis in the context of Higher Education. *Education Sciences*, 10(9), 225. <https://doi.org/10.3390/educsci10090225>
9. Кофілд, Ф., Мозелі, Д., Голл, Е. та Екклстоун, К. (2004). Стили навчання та педагогіка у післяшкільній освіті: систематичний та критичний огляд. Лондон: Learning and Skills Research Centre.
10. Wallace, D. (2024). AI is running the classroom at a Texas school – and students say it's 'awesome' [Електронний ресурс] / D. Wallace // Fox News. – 18 квітня 2024. Режим доступу: <https://www.foxnews.com/us/ai-running-classroom-texas-school-students-say-its-awesome>
11. Elaish, M.; Shuib, L.; Ghani, N. A.; Yadegaridehkordi, E. Mobile English Language Learning (MELL): A literature review. *Educ. Rev.* 2017, 71, 257–276. [Google Scholar] [CrossRef].

12. Karageorgakis, T.; Nisiforou, E. A. Virtual Reality in the EFL Classroom: Educational Affordances and Students' Perceptions in Cyprus. *Cyprus Rev.* 2018, 30, 381–396. [Google Scholar].
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. *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.* 2018, 15, 10. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version].
14. Shadiev, R.; Liu, T.; Hwang, W.Y. Review of research on mobile-assisted language learning in familiar, authentic environments. *Br. J. Educ. Technol.* 2020, 51, 709–720. [Google Scholar] [CrossRef]
15. Zhang, Y.; Liu, L. Using Computer Speech Recognition Technology to Evaluate Spoken English. *Educ. Sci. Theory Pr.* 2018, 18. [Google Scholar] [CrossRef].
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. *Comput. Educ.* 2019, 146, 103751. [Google Scholar] [CrossRef].
17. Psotka, J. Immersive training systems: Virtual reality and education and training. *Instr. Sci.* 1995, 23, 405–431. [Google Scholar] [CrossRef].
18. Cicek, I., Bernik, A., & Tomicic, I. (2021). Student thoughts on virtual reality in Higher Education – A survey questionnaire. *Information*, 12(4), 151. <https://doi.org/10.3390/info12040151>
19. (Oberdörfer et al., 2021 S. Oberdörfer, S. Birnstiel, M. E. Latoschik, S. Grafe Mutual benefits: Interdisciplinary education of pre-service teachers and hci students in vr/ar learning environment design *Frontiers in Education*, 6 (2021), p. 693012 (Frontiers Media SA)).
20. Mystakidis et al., 2021 S. Mystakidis, M. Fragkaki, G. Filippousis Ready teacher one: Virtual and augmented reality online professional development for K-12 school teachers *Computers*, 10 (10) (2021), p. 134).
21. Benefits of Virtual Reality in Education [Електронний ресурс] // American University. – URL: <https://soeonline.american.edu/blog/benefits-of-virtual-reality-in-education/> (дата звернення: 31.08.2025).
22. Multiple Intelligences in eLearning: The Theory and Its Impact [Електронний ресурс] // eLearning Industry. – URL: <https://elearningindustry.com/multiple-intelligences-in-elearning-the-theory-and-its-impact> (дата звернення: 31.08.2025).
23. Gonzalez, D. C., & Garnique, L. V. (2018). 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), 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/conii ti.2018.8587058> Entwistle, 1997
24. Graf, S., Liu, T. C., & Kinshuk, K. (2008). Interactions between students' learning styles, achievement and behaviour in mismatched courses. *IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age, CELDA 2008*, 1976, 223–230.
25. Dorça, F. A., Araújo, R. D., de Carvalho, V. C., Resende, D. T., & Cattelan, R. G. (2016). An automatic and dynamic approach for personalized recommendation of learning objects considering students learning styles: An experimental analysis. *Informatics in Education*, 15(3), 45–62. <https://doi.org/10.15388/infedu.2016.03> Felder & Silverman, 1988.
26. Adaptive e-learning systems through learning styles: A review of the literature [Електронний ресурс] // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/355317942_Adaptive_e-learning_systems_through_learning_styles_A_review_of_the_literature (дата звернення: 31.08.2025).
27. Impact of Virtual Reality in Medical Education [Електронний ресурс] // Journal of Clinical and Diagnostic Research. – 2014. – Vol. 8, № 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 (дата звернення: 31.08.2025).
28. Benefits of virtual reality simulation in medical education [Електронний ресурс] // PubMed. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29533532/> (дата звернення: 31.08.2025).

29. The Relationship Between Learning Styles and Cognitive Styles [Електронний ресурс] // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/385312612_The_Relationship_Between_Learning_Styles_and_Cognitive_Styles (дата звернення: 31.08.2025).
30. Amazing Instructional Design Strategies for Rapid eLearning [Електронний ресурс] // eLearning Industry. URL: <https://elearningindustry.com/amazing-instructional-design-strategies-for-rapid-elearning> (дата звернення: 31.08.2025).
31. Use of Gamification in Higher Education: A Systematic Literature Review [Електронний ресурс] // Journal of Educational Computing Research. 2017. Vol. 55, № 4. DOI: <https://doi.org/10.1177/0735633117697020> (дата звернення: 31.08.2025).
32. Mayer, Richard & Moreno, Roxana. (1998). A Split-Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory. *Journal of Educational Psychology*. 90. 312–320. 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. *Educ Inf Technol* 23, 1515–1529 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
34. Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. <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. (2020). 360-degree vid-eos, VR experiences and the application of education 4.0 technologies in Malaysia for exposure and immersion. *Advances in Science Technology and Engineering Systems Journal*, 5(1), 373–381.
36. Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students learning outcomes in k-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compe du.2013.07.033>
37. Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. *The International Scientific Conference Elearning and Software for Education*, 1–8
38. Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Wiley.
39. Will AI replace humans? [Відео] / YouTube. URL: <https://youtu.be/LHwhYOrxqo8> (дата звернення: 31.08.25).
40. VR-анотація до дисципліни [Відео] / YouTube. URL: <https://youtu.be/4UeZXIlk3kg> (дата звернення: [31.08.25]).

REFERENCES:

1. 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*, Issue 90, pp. 46–53.
2. Hrybiuk O. O. The phenomenon of social networks: the paradox of dependence and variability modeling. *Intercultural Communication*. Volume 1/2. 2017, Józefów–Warszawa. Alcide De Gasperi Euroregional University of Economics in Józefów, pp. 123–143. ISSN –2451-0998. E-ISSN 2543-7461.
3. González-Zamar, Mariana-Daniela & Abad-Segura, Emilio. (2020). Implications of Virtual Reality in Arts Education: Research Analysis in the Context of Higher Education. *Education Sciences*. 10. 225. <https://doi.org/10.3390/educsci10090225>
4. 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, 17, 105–118.
5. Milgram, Paul & Kishino, Fumio. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*. Vol. E77-D, No. 12, pp. 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, 2, 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, 2, 240–247.
 8. González-Zamar, M.-D., & Abad-Segura, E. (2020). Implications of virtual reality in arts education: Research analysis in the context of Higher Education. *Education Sciences*, 10(9), 225. <https://doi.org/10.3390/educsci10090225>
 9. Coffield, F., Moseley, D., Hall, E. & Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review*. London : Learning and Skills Research Centre.
 10. Wallace, D. (2024). AI is running the classroom at a Texas school – and students say it's 'awesome'. *Fox News*. April 18, 2024. <https://www.foxnews.com/us/ai-running-classroom-texas-school-students-say-its-awesome>
 11. Elaish, M.; Shuib, L.; Ghani, N. A.; Yadegaridehkordi, E. Mobile English Language Learning (MELL): A literature review. *Educational Review*. 2017, 71, 257–276.
 12. Karageorgakis, T.; Nisiforou, E. A. Virtual Reality in the EFL Classroom: Educational Affordances and Students' Perceptions in Cyprus. *Cyprus Review*. 2018, 30, 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, 15, 10.
 14. 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, 51, 709–720.
 15. Zhang, Y.; Liu, L. Using Computer Speech Recognition Technology to Evaluate Spoken English. *Educational Sciences: Theory and Practice*. 2018, 18.
 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, 146, 103751.
 17. Psotka, J. Immersive training systems: Virtual reality and education and training. *Instructional Science*. 1995, 23, 405–431.
 18. Cicek, I., Bernik, A., & Tomicic, I. (2021). Student thoughts on virtual reality in Higher Education – A survey questionnaire. *Information*, 12(4), 151. <https://doi.org/10.3390/info12040151>
 19. Oberdörfer, S., Birnstiel, S., Latoschik, M. E., & Grafe, S. (2021). Mutual benefits: Interdisciplinary education of pre-service teachers and HCI students in VR/AR learning environment design. *Frontiers in Education*, 6, 693012.
 20. Mystakidis, S., Fragkaki, M., Filippousis, G. (2021). Ready teacher one: Virtual and augmented reality online professional development for K-12 school teachers. *Computers*, 10(10), 134.
 21. Benefits of Virtual Reality in Education [Electronic resource] // American University. URL: <https://soeonline.american.edu/blog/benefits-of-virtual-reality-in-education/> (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> (accessed: 31.08.2025).
 23. Gonzalez, D. C., & Garnique, L. V. (2018). 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), 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/coniiti.2018.8587058>
 24. Graf, S., Liu, T. C., & Kinshuk. (2008). Interactions between students' learning styles, achievement, and behaviour in mismatched courses. *IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA)*, 223–230.
-

25. Dorça, F. A., Araújo, R. D., de Carvalho, V. C., Resende, D. T., & Cattelan, R. G. (2016). An automatic and dynamic approach for personalized recommendation of learning objects considering students' learning styles: An experimental analysis. *Informatics in Education*, 15(3), 45–62. <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 (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. (accessed: 31.08.2025).
28. Benefits of virtual reality simulation in medical education [Electronic resource] // PubMed. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29533532/> (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 (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> (accessed: 31.08.2025).
31. Use of Gamification in Higher Education: A Systematic Literature Review [Electronic resource] // Journal of Educational Computing Research. 2017. Vol. 55, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.1177/0735633117697020> (accessed: 31.08.2025).
32. Mayer, Richard & Moreno, Roxana. (1998). A Split-Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory. *Journal of Educational Psychology*. 90. 312-320. 10.1037/0022-0663.90.2.312.
33. Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23, 1515–1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
34. Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. <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. (2020). 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*, 5(1), 373–381.
36. Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
37. Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, 1–8.
38. Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. Wiley.
39. Will AI replace humans? [Video] / YouTube. URL: <https://youtu.be/LHwhYOrxqo8> (accessed: 31.08.2025).
40. VR course syllabus video [Video] / YouTube. URL: <https://youtu.be/4UeZXIlk3kg> (accessed: 31.08.2025).

Дата першого надходження рукопису до видання: 16.08.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 11.09.2025

Дата публікації: 30.10.2025