

ЗАСТОСУВАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОДЕРНІЗАЦІЇ ОСВІТЬОГО МАТЕМАТИЧНОГО ПРОСТОРУ ВИКЛАДАЧА

Мар'яна КОВТОНЮК

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Україна
kovtonyukmm@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7444-1234>

Денис КОВАЛЬ

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Україна
d.koval197@ukr.net
<https://orcid.org/0009-0009-4510-8924>

Олена СОЯ ✉

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Україна
soya.o.m@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0937-299X>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Проаналізовано теоретичні аспекти імерсивних цифрових технологій, доцільність їх використання в трансфері знань та технологій, що може сприяти підвищенню рівня компетентності та кваліфікації молодого покоління, шляхом використання віртуальної реальності та розширеної реальності, що може значно покращити якість освіти та підготовки студентів до реального життя, ці технології можуть допомогти у збільшенні мотивації студентів до навчання, сприяти збільшенню кількості студентів, які здобувають вищу освіту у галузі науки, технологій, інженерії та математики (STEM). Це, своєю чергою, може допомогти в забезпеченні кваліфікованої робочої сили та збільшенні інноваційного потенціалу держави, що є важливим фактором для розвитку інноваційної економіки, і розглядається наразі як один з важливих чинників економічного зростання і технологічного оновлення виробництва в економіці, стратегічного напрямку розвитку економіки й країни в цілому.

Матеріали і методи. Зроблено систематичний огляд праць сучасних науковців, здійснено моніторинг Вебсайтів за тематикою дослідження, використано власний педагогічний досвід та методи наукового пізнання. Для дослідження використання імерсивних технологій у педагогічній практиці та отримання інформації про ступінь ознайомленості студентів із віртуальною реальністю проведено анкетування студентів.

Результати. Дослідження показало, що вплив імерсивних технологій на освітній процес та навчання студентів університету є досить значущим. Більшість студентів визнали користь використання віртуального освітнього простору (82% опитаних респондентів) та інтерактивних математичних інструментів (86% респондентів). Вони вважають, що такий підхід поліпшує їхнє розуміння математичних концепцій (86% респондентів) та сприяє підвищенню мотивації до вивчення математики (62% респондентів). Додаткові можливості, які надаються викладачам завдяки віртуальним ресурсам, також отримали визнання від студентів. Це може сприяти покращенню методів навчання та створенню більш інтерактивного навчального середовища (88% респондентів). Проте важливо враховувати, що не всі студенти однаково ознайомлені з імерсивними технологіями, і деякі можуть виявити їх менш ефективними порівняно зі звичайними методами навчання.

Висновки. Упровадження імерсивних технологій повинно бути збалансованим та враховувати індивідуальні потреби студентів. У цілому, використання таких технологій у вищій освіті має потенціал покращити навчальний процес та зробити математику більш доступною та цікавою для студентів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: цифрова освіта; імерсивні технології; моделювання освітнього середовища; віртуальне освітнє математичне середовище; ступінь ознайомленості студентів з імерсивними технологіями.

Для цитування:	Ковтонюк М., Коваль Д., Соя О. Застосування імерсивних технологій в модернізації освітнього математичного простору викладача. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 1. С. 21-28. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-03
	Ковтонюк, М., Коваль, Д., & Соя, О. (2024). Застосування імерсивних технологій в модернізації освітнього математичного простору викладача. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(1), 21-28. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-03
For citation:	Kovtoniuk, M., Koval, D., & Soia, O. (2024). Application of immersive technologies in the modernization of the teacher's educational mathematical space. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 21-28. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-03
	Kovtoniuk, M., Koval, D., & Soia, O. (2024). Zastosuvannia imersyvnnykh tekhnolohii v modernizatsii osvithnoho matematychnoho prostoru vykladacha [Application of immersive technologies in the modernization of the teacher's educational mathematical space]. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 21-28. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-03

APPLICATION OF IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN THE MODERNIZATION OF THE TEACHER'S EDUCATIONAL MATHEMATICAL SPACE

Mariana KOVTONIUK

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Ukraine
kovtonyukmm@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7444-1234>

Denis KOVAL

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Ukraine
d.koval197@ukr.net
<https://orcid.org/0009-0009-4510-8924>

Olena SOIA ✉

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Ukraine
soya.o.m@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0937-299X>

ABSTRACT

Formulation of the problem. The theoretical aspects of immersive digital technologies and the practicality of their use in the transfer of knowledge and technologies can contribute to increasing the level of competence and qualifications of the younger generation through the use of virtual reality and augmented reality, which can significantly improve the quality of education and student preparation for real life, are analyzed. It can increase student motivation to study and increase the number of students receiving higher education in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) fields. That, in turn, can help in providing a qualified workforce and increasing the innovation potential of the state, which is an essential factor for the development of an innovative economy and is currently considered one of the critical factors of economic growth and technological renewal of production in the economy, the strategic direction of the development of the economy and the country as a whole.

Materials and methods. We used several methods: a systematic review of the works of modern scientists, the monitoring of Websites on the subject of research, and one's own pedagogical experience and methods of scientific knowledge. A student questionnaire was conducted to study the use of immersion technologies in pedagogical practice and to obtain information about the degree of familiarity of students with virtual reality.

Results. The study showed that the impact of immersive technologies on the educational process and learning of university students is quite significant. Most students recognized the benefits of using the virtual educational space (82% of respondents) and interactive mathematical tools (86% of respondents). They believe this approach improves their understanding of mathematical concepts (86% of respondents) and increases motivation to study mathematics (62% of respondents). Students have also recognized the additional opportunities afforded to teachers by virtual resources. That can help improve teaching methods and create a more interactive learning environment (88% of respondents). However, it is essential to consider that not all students are equally familiar with immersive technologies; some may find them less effective than conventional learning methods.

Conclusions. Implementing immersive technologies should be balanced and consider students' individual needs. Using such technologies in higher education can improve the learning process and make mathematics more accessible and exciting for students.

KEYWORDS: digital education; immersive technologies; simulation of the educational environment; virtual educational mathematical environment; degree of familiarity of students with immersive technologies.

ВСТУП

Постановка проблеми. Потреба в інноваціях і їхньому ефективному трансфері в Україні сьогодні є надзвичайно актуальною. Україна є державою зі значним потенціалом у галузі інформаційних технологій та вищої освіти. Однак використання ІТ в освітньому процесі в Україні ще не розповсюджене настільки, як це може бути в кращих закладах вищої освіти (ЗВО) світу. Залучення імерсивних технологій у навчальний процес може покращити якість освіти, збільшити інтерес студентів до вивчення наукових дисциплін, а також допомогти випускникам розвинути потрібні компетентності, здобути необхідні знання та навички для подальшої роботи в індустрії. Крім того, використання ІТ в процесі виробництва є вагомим кроком до підвищення ефективності та конкурентоспроможності української промисловості. Розвиток інноваційного потенціалу та створення нових ринків праці та додаткових можливостей для розвитку бізнесу позитивно впливатиме на економіку країни та зробить її привабливішою для іноземних інвесторів.

Модельовання імерсивних цифрових технологій у математичному освітньому просторі може мати великий потенціал для трансферу інновацій в економічний простір держави. Імерсивні цифрові технології, такі як віртуальна реальність (VR), розширена реальність (AR) та змішана реальність (MR), дозволяють створювати віртуальне середовище, в якому викладач взаємодіятиме із студентами інформацією у більш інтуїтивний та імерсивний спосіб. Використання цих технологій у математичному освітньому просторі допоможе студентам краще розуміти складні математичні концепції та принципи, а також розвивати навички співпраці та комунікації. Якщо інноваційні підходи до освіти, такі як використання імерсивних цифрових технологій, будуть успішно впроваджені в освітній процес, це матиме значний вплив на економіку держави. Наприклад, розвиток нових технологій може призвести до створення нових ринків праці та робочих місць, а також до покращення конкурентоспроможності держави в глобальному економічному просторі. Використання імерсивних цифрових технологій в освітньому процесі створить нові можливості для співпраці між державою та приватним сектором. Зокрема, компанії, що спеціалізуються на розробці імерсивних технологій, можуть взаємодіяти з освітніми установами для розроблення та впровадження нових технологій у навчальний процес.

Аналіз актуальних досліджень. Потреба в інноваціях та їхньому ефективному трансфері в економіку України сьогодні є надзвичайно актуальною. Це передусім пов'язано з необхідністю трансформації сировинно-орієнтованої низько-технологічної економіки України в економіку, орієнтовану на інновації та високі технології.

У цих умовах інновації можуть бути ефективним засобом відновлення та модернізації виробництва та переходу української економіки на вищий технологічний рівень. Перш за все це можна забезпечити за допомогою трансформації технологій Індустрії 4.0 (Інтернет речей, штучний інтелект, аналітика великих даних, робототехніка, хмарні обчислення, віртуальна та доповнена реальність тощо), які докорінно змінюють технічні процеси виробництва товарів і послуг, маркетингу та інституційної структури суспільства (Васильєва та ін., 2022).

Застосування імерсивних технологій може сприяти підвищенню рівня компетентності та кваліфікації молодого покоління, що є важливим чинником для розвитку інноваційної економіки. Про це свідчить аналіз сучасних досліджень. Tao & Zhang (2013) дослідили характеристики багатопроєкційного імерсивного віртуального середовища та акцентували увагу на його важливій ролі в навчанні. Sadana et al. (2016) наголошують, що в галузі AR/VR необхідно переосмислити те, що очікується від дослідницьких зусиль у сфері візуалізації за допомогою імерсивних технологій. Механізми імерсивного навчання у ЗВО вивчали Sonntag & Göbel (2017). Результати систематичного аналізу літератури (Suh & Prophet, 2018) вказують на те, що кількість досліджень імерсивних технологій зростає й потребує додаткових емпіричних дослідження, щоб теоретизувати вплив їх використання. Hoff & Calhoun (2019) описали інновації в підготовці вчителів шляхом підвищення практичного досвіду за допомогою імерсивного моделювання. У статті Simprkins et al. (2020) розглядаються історичні витоки імерсивних технологій й сучасний стан їх розвитку, тематична термінологія, приклади роботи імерсивних технологій в лабораторії прикладної фізики Університету Джона Гопкінса (США) у широкому спектрі сфер застосування. Gaspar et al. (2020) розглядали перспективи імерсивного навчання та актуальні проблеми впровадження імерсивних технологій в навчання за трьома вимірами: доступ, створення та розгортання контенту. PhD дослідження Spittle (2021) спрямоване «на те, щоб визначити, як природні методи введення найкраще реалізуються у звичайних завданнях у імерсивних середовищах, і виявити, як підходи користувача адаптуються залежно від змін чинників навколишнього середовища, контексту взаємодії та використовуваного апаратного забезпечення». Dengel et al. (2021) проаналізували існуючі педагогічні умови для виявлення чинників впливу та викликів, пов'язаних із викладанням і навчанням із імерсивним навчальним середовищем; виокремили рівні для імерсивного викладання та навчання: мікрорівень здобувача освіти, мезорівень вчителя та класу, макрорівень інституційних та державних чинників. Kuhail et al. (2022) зробили систематичний огляд сорока двох статей, щоб «зрозуміти, порівняти та обміркувати новітні спроби інтегрувати імерсивні технології в освіту з використанням семи вимірів: область застосування, використовувана технологія, освітня роль, методи взаємодії, методи оцінювання та проблеми». У дослідженні Huamanachua et al. (2022) розглядаються основні імерсивні технології, що використовуються в науковій сфері Індустрії 4.0. Стаття Anastasaki et al. (2023) містить систематичний огляд сучасних наукових публікацій про механізми автентифікації користувача на основі імерсивних технологій (на основі знань, біометричні та багатфакторні методи), оскільки ключове значення у використанні імерсивних технологій відіграють конфіденційність, безпека та анонімність користувачів, тому автентифікація користувача є важливою вимогою в цих середовищах. Над переосмисленням навчальних просторів із імерсивним цифровим середовищем зосередили увагу Cooper & Thong (2023). Над дослідженням поточної ситуації та майбутніх тенденцій розвитку імерсивної віртуальної реальності у сфері освіти працювали Wei & Yuan (2023).

У нашій роботі опираємося на досвід Dengel et al. (2021), розрізняючи Immersive Learning як індивідуальні навчальні процеси, що підтримуються імерсивною технологією, й Immersive Teaching як процес навчання за технологією занурення. За Suh & Prophet (2018) імерсивна технологія – це технологія, яка стирає межі між фізичним і віртуальним світами та дозволяє користувачам відчувати відчуття занурення.

Мета статті полягає в аналізі впливу імерсивних цифрових технологій на модернізацію освітнього математичного простору викладача.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зроблено систематичний огляд праць сучасних науковців, здійснено моніторинг Вебсайтів за тематикою дослідження, використано власний педагогічний досвід та методи наукового пізнання. Для дослідження використання імерсивних технологій у педагогічній практиці та отримання інформації про ступінь ознайомленості студентів із віртуальною реальністю проведено анкетування студентів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Система вищої освіти відіграє важливу роль у розвитку людського капіталу, створенні інноваційних продуктів і побудові економіки інноваційного типу. «Освіта – це перший глобальний напрям, який матиме довгостроковий вплив на розвиток держави. Без розвитку науки неможливі інновації та розвиток новітніх технологій... А майбутнє освіти – за технологіями. ІТ – драйвер економічного зростання країн та інших окремих галузей, оскільки інтегрована в усі сфери економіки. Сьогодні розвиток жодної з індустрій неможливо уявити без новітніх технологій, цифрових рішень та диджиталізації. EdTech-стартапи, створені завдяки інтеграції найновіших технологій, AI та наукових розробок – це майбутнє, яке вже стає частиною нашого повсякденного життя» (Синергія освіти та інновацій, 2023). Зв'язок між системою вищої освіти та інноваційним розвитком країни науковці досліджують у багатьох аспектах (Васильєва та ін., 2022), це і формування інноваційного середовища країни; ринку праці; це і взаємозв'язок між вищою освітою та науковими дослідженнями; це і формування інноваційного підприємництва.

Мулеса & Семеніхіна (2023) зауважили, що «підготовка майбутніх учителів математики та інформатики до застосування засобів віртуальної наочності у професійній діяльності потребує дотримання таких педагогічних умов: 1) посилення мотивації використовувати засоби віртуальної наочності; 2) активне використання засобів комп'ютерної візуалізації у процесі вивчення професійно орієнтованих дисциплін; 3) розвиток здатності до впровадження інновацій в

галузі цифрових технологій». Водночас Mintii et al. (2023) зосередили увагу на визначенні педагогічних умов, що найкраще підготують вчителів STEM до використання інструментів доповненої реальності: 1) доступність імерсивних цифрових освітніх ресурсів для вчителів STEM та мобільного обладнання для доповненої реальності (ноутбуки, планшети, смартфони, окуляри доповненої реальності тощо); 2) включення тем, пов'язаних із доповненою реальністю, у навчальні програми вчителів STEM; 3) використання дослідницьких методологій та інтерактивних технологій у класі STEM, 4) наявність практичного досвіду використання технологій доповненої реальності в навчанні STEM. Тому визначальною є роль ЗВО в обміні знаннями та трансфері технологій, який визначається як «процес переміщення технології з наукового або академічного середовища до промислової організації, що комерціалізує технологію шляхом впровадження нових процесів, розробки та запуску нових продуктів чи сприяння успішним та інноваційним організаційним змінам» (Васильєва та ін., 2022). Автори Ковтонюк та ін. (2023) описали архітектуру цифрових технологій в освітньому середовищі викладача як трансфер інновацій в економічний простір держави.

Для дослідження використання імерсивних технологій в педагогічній практиці та отримання інформації про ступінь ознайомленості студентів Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського із віртуальною реальністю та доповненими розширеними реальностями було проведено анкетування. На участь в дослідженні зголосилися 50 учасників, які навчаються в бакалавраті та магістратурі факультету математики, фізики і комп'ютерних наук. Респондентам було запропоновано відповісти на низку запитань.

Аналіз отриманих відповідей показує, що більшість респондентів (54 %) володіють інформацією про можливості застосування імерсивних технологій в освітньому процесі; 40 % опитуваних вважають, що швидше не ознайомлені, ніж ознайомлені; лише 6 % взагалі не володіють інформацією про можливості застосування імерсивних технологій в освітньому процесі. Результати дослідження свідчать про інноваційний потенціал цих технологій, але також вказують на низький рівень їх використання в розв'язуванні практичних та творчих завдань, при вирішенні реальних проблем і ситуацій (рис. 1).

Аналіз отриманих відповідей свідчить, що більшість респондентів мають певний рівень ознайомленості з можливостями застосування імерсивних технологій в освітньому процесі, що свідчить про інтерес та активність серед студентів у вивченні сучасних технологічних тенденцій. З іншого боку, 40 % опитуваних вважають, що вони швидше не ознайомлені з імерсивними технологіями, що може вказувати на необхідність більш активної інформаційної роботи щодо популяризації цих технологій серед студентів. Отож робимо висновок про потребу у впровадженні інформаційних заходів та навчальних програм, спрямованих на підвищення інформованості та розуміння можливостей імерсивних технологій серед студентів.

Запитання про обізнаність сучасних напрямів розвитку технологій доповненої та віртуальної реальностей (рис. 2), показало такі результати: 40 % студентів знають сучасні напрями розвитку цих технологій; 44 % студентів вважають, що вони скоріш за все, знають про ці напрями, але можливо не в деталях. Це може вказувати на загальну ознайомленість з темою та можливо потребу в глибшому вивченні цих технологій. 14 % студентів вважають, що вони швидше не знають про ці напрями розвитку, тобто у них обмежена або відсутня інформованість щодо технологій доповненої та віртуальної реальності. Лише 2 % студентів відповіли, що вони не знають жодної інформації про ці технології. Ця група є найменш інформованою та потребує найбільшої уваги щодо надання інформації.

Загалом, можна зробити висновок, що існує різний рівень ознайомленості студентів з технологіями доповненої та віртуальної реальності. Для її підвищення серед студентів можуть бути вжиті заходи, такі як лекції, семінари або інші освітні програми, спрямовані на покращення їхніх знань у цій галузі.

Аналіз отриманих відповідей на третє запитання показує, що 30 % респондентів використовували віртуальний освітній простір під час навчання в університеті, що свідчить про наявність певного рівня інтеграції технологій у навчальний процес для цієї частини студентів. 38 % вважають, що вони, скоріш за все, використовували віртуальний освітній простір, але, можливо, це не було дуже поширеним або інтенсивним використанням. 12 % вважають, що вони швидше не використовували віртуальний освітній простір. Та 20 % відповіли, що вони взагалі не використовували віртуальний освітній простір (рис. 3).



Рис. 1. Обізнаність респондентів з можливостями використання імерсивних технологій в освітньому процесі



Рис. 2. Інформованість респондентів про сучасні напрями розвитку технологій доповненої та віртуальної реальностей



Рис. 3. Використання респондентами віртуального освітнього простору під час навчання

(Рис.1-3) Джерело: авторська розробка.

Загалом, результати свідчать про різноманітність досвіду використання віртуального освітнього простору серед респондентів. Серед ресурсів, які найчастіше використовують респонденти (рис. 4) на першому місці – Відеоуроки на YouTube (96 % респондентів), друге та третє місце розділяють Електронні підручники, та Онлайн тести та вправи, 76 % та 52 % відповідно.

Ці дані свідчать про різноманітність та широкий спектр ресурсів, які використовуються респондентами для навчання, включаючи традиційні інструменти та сучасні онлайнресурси.

Аналіз отриманих відповідей п'яте запитання (рис. 5), свідчить про сприйняття користі віртуального освітнього простору респондентами: 38 % вважають, що віртуальний освітній простір є дуже корисним для їхнього навчання. Це свідчить про високу оцінку і значущість використання віртуальних технологій для цієї частини респондентів. 44 % вважають, що віртуальний освітній простір є корисним, що також свідчить про позитивне сприйняття цих технологій більшістю респондентів. 16 % студентів вважають, що віртуальний освітній простір є середньо корисним. Це може вказувати на те, що для цієї групи респондентів важко визначити однозначну користь від використання цих технологій. Та лише 2 %, які вважають віртуальний освітній простір некорисним.

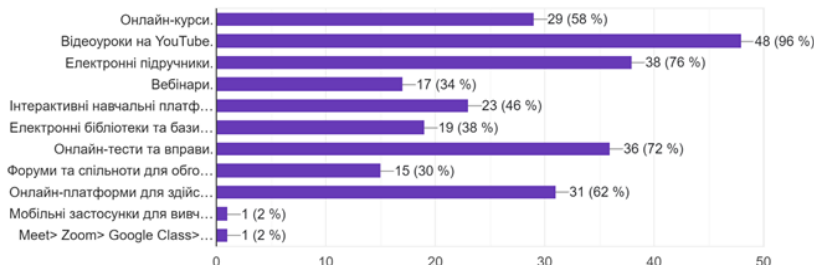


Рис. 4. Використання різноманітних ресурсів для навчання



Рис. 5. Оцінка користі віртуального освітнього простору для навчання

(Рис.4-5) Джерело: авторська розробка.

Результати свідчать про позитивне ставлення респондентів до використання віртуального освітнього простору, його значущість для їхнього навчання, та прийняття користі від використання віртуальних технологій. З переваг, які респонденти відзначають у використанні інтерактивних математичних інструментів у освітньому просторі (табл. 1), найвагоміші переваги це – Зручність і доступність навчання (90 %), Візуалізація математичних концепцій (70 %) та Миттєвий зворотній зв'язок (58 %).

Таблиця 1. Оцінка респондентами переваг використання інтерактивних математичних інструментів у освітньому просторі

Відсоток опитуваних	Відповіді
90 %	Зручність і доступність навчання.
70 %	Візуалізація математичних концепцій.
58 %	Миттєвий зворотній зв'язок.
50 %	Індивідуалізація навчання
50 %	Можливість співпраці та обміну даними
48 %	Оптимізація відслідковування прогресу та вивчених тем
50 %	Зменшення помилок та підвищення точності у розв'язаннях
2 %	Не має переваг

Джерело: авторська розробка.

Аналіз сприйняття студентами можливого впливу віртуального математичного освітнього простору на рівень їхнього розуміння математичних концепцій (рис. 6) є важливим аспектом дослідження використання інноваційних навчальних технологій в освітньому процесі. Наскільки такий віртуальний простір сприяє поліпшенню розуміння математики може мати важливе значення для подальшого розвитку освіти. Згідно отриманих відповідей: 42 % респондентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір може позитивно вплинути на рівень їхнього розуміння математичних концепцій. 44 % студентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір, швидше, може позитивно вплинути на їхнє розуміння математичних концепцій, ніж негативно. 12 % студентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір, швидше, може негативно вплинути на їхнє розуміння математичних концепцій, ніж позитивно. Лише 2 % студентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір не впливає позитивно на їхнє розуміння математичних концепцій.

Отримані дані свідчать про різноманітні погляди студентів на вплив віртуального математичного освітнього простору на їхнє розуміння математичних концепцій. Більшість студентів вважають, що такий простір буде корисним або швидше корисним, але є і ті, хто висловлює сумніви щодо користі цих технологій для вивчення математики.

Аналіз сприйняття студентами можливостей викладачів у використанні віртуальних ресурсів для навчання (рис. 7) є важливим для визначення ставлення до ролі технологій у навчальному процесі. Розуміння, наскільки студенти вважають, що віртуальні ресурси можуть допомогти викладачам в їхній роботі, є важливим аспектом розвитку сучасної освіти. 44 % опитуваних вважають, що викладачі мають додаткові можливості для навчання завдяки віртуальним ресурсам. Інші 44 % вважають, що викладачі, швидше, мають додаткові можливості завдяки віртуальним ресурсам, ніж ні. 10 % студентів вважають, що викладачі, швидше, не мають додаткових можливостей завдяки віртуальним ресурсам. Лише 2 % студентів вважають, що викладачі не мають жодних можливостей завдяки віртуальним ресурсам.

Отримані дані свідчать про загальне прийняття й віру в те, що віртуальні ресурси можуть надавати додаткові можливості для викладачів у навчальному процесі. Більшість студентів вважають, що такі технології можуть покращити роботу викладачів, що підкреслює важливість інтеграції інноваційних ресурсів у сучасну освіту.

Аналіз впливу віртуального математичного освітнього простору на мотивацію студентів до вивчення математики (рис. 8) має важливе значення для розвитку навчальних технологій та підвищення якості освіти. Розуміння, як цей простір впливає на студентську мотивацію, може допомогти оптимізувати навчальні програми та забезпечити більший інтерес до математики.



Рис. 6. Оцінка впливу віртуального математичного освітнього простору на рівень розуміння математичних концепцій



Рис. 7. Ставлення студентів до можливостей викладачів використовувати віртуальні ресурси для навчання



Рис. 8. Вплив віртуального математичного освітнього простору на мотивацію до вивчення математики

(Рис.6-8) Джерело: авторська розробка.

Згідно отриманих відповідей: 44 % студентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір позитивно впливає на їхню мотивацію до вивчення математики. Вони вважають, що віртуальний простір робить навчання цікавішим і заохочує до більш активного вивчення математики. 18 % студентів вважають, що віртуальне навчання може стимулювати їхню мотивацію, оскільки воно надає можливість використовувати інтерактивні інструменти та відслідковувати свій прогрес. 30% студентів вважають, що форма освітнього простору (віртуальний чи традиційний) не впливає на їхню мотивацію до вивчення математики. Лише 2 % студентів вважають, що віртуальне навчання не впливає на їхню мотивацію, оскільки математика залишається складною для них незалежно від формату. 6 % студентів вважають, що віртуальний простір може навіть знизити їхню мотивацію через відсутність особистого контакту з викладачем та спільнотою.

Аналіз сприйняття респондентами впливу віртуального математичного освітнього простору на доступність математики (рис. 9) має велике значення для розуміння, наскільки ці технології можуть робити математику більш доступною для студентів. Це питання стосується як освіти, так і доступності навчання, особливо для тих, хто має обмежений доступ до традиційних ресурсів.



Рис. 9. Сприйняття студентами впливу віртуального математичного освітнього простору на доступність математики

Джерело: авторська розробка.

46 % респондентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір робить математику доступнішою завдяки зручному навчанню та інтерактивним інструментам. 24 % також вважають, що віртуальне навчання робить математику доступнішою, особливо для тих, хто має обмежений доступ до традиційних ресурсів. Ще 24 % виражають нейтральну позицію і вважають, що доступність віртуального математичного освітнього простору залежить від індивідуальних обставин студента. Лише 2 % студентів вважають, що віртуальне навчання не робить математику більш доступною для всіх студентів. Ще 4 % студентів вважають, що віртуальний простір може бути менш ефективним для розуміння математичних концепцій.

Отримані дані свідчать про різноманітність сприйняття впливу віртуального математичного освітнього простору на доступність математики. Більшість студентів вважають, що такий простір робить математику доступнішою, але існують і ті, хто виражає певні обмеження чи нейтральну позицію. Це свідчить про важливість подальшого дослідження та оптимізації використання віртуальних математичних освітніх ресурсів з метою покращення доступності навчання математики для всіх студентів. Підсумки проведеного нами дослідження корелюють отримані результати з результатами інших дослідників та підтверджують їх актуальність. Для порівняння розглядалися дотичні дослідження з даної проблематики щодо розкриття особливостей імерсивних технологій та їх практичного використання як інструментів модернізації освітнього процесу в контексті євроінтеграції (Сова & Деніжна, 2022) та оцінювання уявлень студентів про застосування імерсивних технологій для покращення досвіду їхнього навчання (Baxte & Hainey, 2023).

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Проаналізовано теоретичні аспекти імерсивних цифрових технологій, доцільність їх використання в трансфері знань та технологій, що може сприяти підвищенню рівня компетентності та кваліфікації молодого покоління, шляхом використання віртуальної реальності та розширеної реальності, що може значно покращити якість освіти та підготовки студентів до реального життя. Ці технології можуть допомогти у збільшенні мотивації студентів до навчання, сприяти збільшенню кількості студентів, які отримують вищу освіту у галузі науки, технологій, інженерії та математики. Це може допомогти в забезпеченні кваліфікованої робочої сили та збільшенні інноваційного потенціалу держави, що є важливим фактором для розвитку інноваційної економіки, і розглядається наразі як один з важливих чинників економічного зростання і технологічного оновлення виробництва в економіці, стратегічного напрямку розвитку економіки і країни в цілому. Проте важливо враховувати, що не всі студенти однаково ознайомлені з імерсивними технологіями, і деякі

можуть виявити їх менш ефективними порівняно зі звичайними методами навчання. Тому впровадження таких технологій повинно бути збалансованим та враховувати індивідуальні потреби студентів. У цілому, використання імерсивних технологій у вищій освіті має потенціал покращити навчальний процес та зробити математику більш доступною та цікавою для студентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Anastasaki, I., Drosatos, G., Pavlidis, G., & Rantos, K. User Authentication Mechanisms Based on Immersive Technologies: A Systematic Review. *Information*, 14 (10), 538. <https://doi.org/10.3390/info14100538>.
2. Baxter, G., & Hailey, T. (2023). Using immersive technologies to enhance the student learning experience. *Interactive Technology and Smart Education* Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/ITSE-05-2023-0078>.
3. Cooper, G., & Thong, L. P. (2023). Re-imagining learning spaces with immersive digital environments. In: *Frontiers in Education* (p. 1239797). <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1239797>.
4. Dengel, A., Buchner, J., Mulders, M., & Pirker, J. (2021). Beyond the Horizon: Integrating Immersive Learning Environments in the Everyday Classroom. In: *2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.23919/iLRN52045.2021.9459368>.
5. Gaspar, H., Morgado, L., Mamede, H., Oliveira, T., Fernández-Manjón, B., & Guetl, C. (2020). Research priorities in immersive learning technology: the perspectives of the iLRN community. *Virtual Reality*, 24, 319–341. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00393-x>.
6. Hoff, D., & Calhoun, W. (2019). Innovation in Teacher Preparation: Enhancing Field Experiences Through Immersive simulation. In: *INTED2019 Proceedings* (pp. 1506–1506). <https://doi.org/10.21125/inted.2019.0455>.
7. Huamanchahua, D., de la Cruz-Chavez, R. G., Trinidad-Palacios, A. G., Salinas-Bolaños, Y. A., Rosa-Rodríguez, L. G., & Arancibia-de la Sota, R. A. (2022). The Use of Immersive Technologies in Industry 4.0: A State-of-Art Review. In: *2022 IEEE ANDESCON* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.1109/ANDESCON56260.2022.9989739>.
8. Kuhail, M. A., ElSayary, A., Farooq, S., & Alghamdi, A. (2022). Exploring Immersive Learning Experiences: A Survey. *Informatics 2022*, 9, 75. <https://doi.org/10.3390/informatics9040075>.
9. Mintii, M. M., Sharmanova, N. M., Mankuta, A. O., Palchevska, O. S., & Semerikov, S. O. (2023). Selection of pedagogical conditions for training STEM teachers to use augmented reality technologies in their work. *Journal of Physics: Conference Series*, 2611, 012022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2611/1/012022>.
10. Sadana, R., Setlur, V., & Stasko, J. (2016). Redefining a contribution for immersive visualization research. In: *Proceedings of the 2016 ACM Companion on Interactive Surfaces and Spaces* (pp. 41–45).
11. Simpkins, S. D., Allen, P. D., & DeMatt, N. W. (2020). Overview of Immersive Technology: Terminology, State of the Art, and APL Efforts. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, 35 (3), 161–168. <https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/content/techdigest/pdf/V35-N03/35-03-Simpkins.pdf>.
12. Sonntag, R., & Göbel, G. (2017). Experiences and acceptance of immersive learning arrangements in higher education. In: *International Conference on ICT Management for Global Competitiveness and Economic Growth in Emerging Economies* (pp. 45–46).
13. Spittle, B. (2021). Maximising the Transferability of Interaction Techniques for Immersive Technologies. In: *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)* (pp. 461–464). https://www.open-access.bcu.ac.uk/12316/1/Becky_DoctoralConsortium_ISMAR2021.pdf.
14. Suh, A., & Prophet, J. The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77–90, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>.
15. Tao, T. T., & Zhang, Y. P. (2013) Multi-Projection Immersive Virtual Environment in the Application of Teaching System. In: *1st Asia-Pacific Computational Intelligence and Information Technology Conference*. (pp. 965–970).
16. Wei, Z., & Yuan, M. (2023). Research on the Current Situation and Future Development Trend of Immersive Virtual Reality in the Field of Education. *Sustainability*, 15, 7531. <https://doi.org/10.3390/su15097531>.
17. Васильєва, Т. А. (2022). *Цифрові технології в освіті: сучасний досвід, проблеми та перспективи* : монографія (Т. А. Васильєва, & Ю. М. Петрушенко, Ред.). Суми : Сумський державний університет.
18. Ковтонюк, М. М., Косовець, О. П., Соя, О. М., & Леонова, І. М. (2023). Архітектура цифрових технологій в освітньому середовищі викладача як трансфер інновацій в економічний простір держави. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методи навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 68, 93–106. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-68-93-106>.
19. Міністерство освіти і науки України. (2023, 13 грудня). *Синергія освіти та інновацій: як розвиватиметься ІТ-освіта в Україні*. <https://mon.gov.ua/ua/news/sinerhiya-osviti-ta-innovacij-yak-rozvivatimetsya-it-osvita-v-ukrayini?fbclid=IwAR3slz4rpg7J9Njug7W75ACUtgbszJOAAbMUTaKexRONW3GywKMJ2TeUTzs>.
20. Мулеса, П., & Семеніхіна, О. (2023). Педагогічні умови підготовки майбутніх учителів математики та інформатики до використання засобів віртуальної наочності у професійній діяльності. *Фізико-математична освіта*, 38 (2), (с. 37–42). <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-006>.
21. Сова М. О., & Деніжна С. О. (2022). Імерсивні технології модернізації освітнього процесу в контексті євроінтеграції. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова*, Спецвипуск, Т 2, (с. 130–136). <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2022.spec.2.25>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Anastasaki, I., Drosatos, G., Pavlidis, G., & Rantos, K. User Authentication Mechanisms Based on Immersive Technologies: A Systematic Review. *Information*, 14 (10), 538. <https://doi.org/10.3390/info14100538>.
2. Baxter, G., & Hailey, T. (2023). Using immersive technologies to enhance the student learning experience. *Interactive Technology and Smart Education* Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/ITSE-05-2023-0078>.
3. Cooper, G., & Thong, L. P. (2023). Re-imagining learning spaces with immersive digital environments. In: *Frontiers in Education* (p. 1239797). <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1239797>.
4. Dengel, A., Buchner, J., Mulders, M., & Pirker, J. (2021). Beyond the Horizon: Integrating Immersive Learning Environments in the Everyday Classroom. In: *2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.23919/iLRN52045.2021.9459368>.

5. Gaspar, H., Morgado, L., Mamede, H., Oliveira, T., Fernández-Manjón, B., & Guetl, C. (2020). Research priorities in immersive learning technology: the perspectives of the iLRN community. *Virtual Reality*, 24, 319–341. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00393-x>.
6. Hoff, D., & Calhoun, W. (2019). Innovation in Teacher Preparation: Enhancing Field Experiences Through Immersive simulation. In: *INTED2019 Proceedings* (pp. 1506–1506). <https://doi.org/10.21125/inted.2019.0455>.
7. Huamanchahua, D., de la Cruz-Chavez, R. G., Trinidad-Palacios, A. G., Salinas-Bolaños, Y. A., Rosa-Rodríguez, L. G., & Arancibia-de la Sota, R. A. (2022). The Use of Immersive Technologies in Industry 4.0: A State-of-Art Review. In: *2022 IEEE ANDESCON* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.1109/ANDESCON56260.2022.9989739>.
8. Kuhail, M. A., ElSayary, A., Farooq, S., & Alghamdi, A. (2022). Exploring Immersive Learning Experiences: A Survey. *Informatics 2022*, 9, 75. <https://doi.org/10.3390/informatics9040075>.
9. Mintii, M. M., Sharmanova, N. M., Mankuta, A. O., Palchevska, O. S., & Semerikov, S. O. (2023). Selection of pedagogical conditions for training STEM teachers to use augmented reality technologies in their work. *Journal of Physics: Conference Series*, 2611, 012022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2611/1/012022>.
10. Sadana, R., Setlur, V., & Stasko, J. (2016). Redefining a contribution for immersive visualization research. In: *Proceedings of the 2016 ACM Companion on Interactive Surfaces and Spaces* (pp. 41–45).
11. Simpkins, S. D., Allen, P. D., & DeMatt, N. W. (2020). Overview of Immersive Technology: Terminology, State of the Art, and APL Efforts. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, 35 (3), 161–168. <https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/content/techdigest/pdf/V35-N03/35-03-Simpkins.pdf>.
12. Sonntag, R., & Göbel, G. (2017). Experiences and acceptance of immersive learning arrangements in higher education. In: *International Conference on ICT Management for Global Competitiveness and Economic Growth in Emerging Economies* (pp. 45–46).
13. Spittle, B. (2021). Maximising the Transferability of Interaction Techniques for Immersive Technologies. In: *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)* (pp. 461–464). https://www.open-access.bcu.ac.uk/12316/1/Becky_DoctoralConsortium_ISMAR2021.pdf.
14. Suh, A., & Prophet, J. The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77–90, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>.
15. Tao, T. T., & Zhang, Y. P. (2013) Multi-Projection Immersive Virtual Environment in the Application of Teaching System. In: *1st Asia-Pacific Computational Intelligence and Information Technology Conference*. (pp. 965–970).
16. Wei, Z., & Yuan, M. (2023). Research on the Current Situation and Future Development Trend of Immersive Virtual Reality in the Field of Education. *Sustainability*, 15, 7531. <https://doi.org/10.3390/su15097531>.
17. Vasylieva, T. A. (2022). *Tsyfrovii tekhnolohii v osviti: suchasnyi dosvid, problemy ta perspektyvy [Digital technologies in education: modern experience, problems and prospects]*. (T. A. Vasylieva, & Yu M. Petrushenko, Red.). Sumy : Sumskyi derzhavnyi universytet. (in Ukrainian).
18. Kovtoniuk, M. M., Kosovets, O. P., Soia, O. M., & Leonova, I. M. (2023). Akhitektura tsyfrovyykh tekhnolohii v osvitnomu seredovyshchi vykladacha yak transfer innovatsii v ekonomichnyi prostir derzhavy [The architecture of digital technologies in the educational environment of the teacher as a transfer of innovations into the economic space of the state]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia u pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy – Modern information technologies and innovative education methods in specialist’s training: methodology, theory, experience, problems*, 68, 93–106. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-68-93-106>. (in Ukrainian).
19. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy – Ministry of Education and Science of Ukraine. (2023, 13 hrudnia). *Synerhiia osvity ta innovatsii: yak rozvyvatymetsia IT-osvita v Ukraini [Synergy of education and innovation: how IT education will develop in Ukraine]*. <https://mon.gov.ua/ua/news/sinerhiya-osvity-ta-innovacij-yak-rozvyvatymetsia-it-osvita-v-ukrayini?fbclid=IwAR3slz4rpg7J9Njug7W75ACUtgbszJOAAbMUTaKexRONW3GywKMJ2TeUTzs>. (in Ukrainian).
20. Mulesa, P., & Semenikhina, O. (2023). Pedahohichni umovy pidhotovky maibutnykh uchyteliv matematyky ta informatyky do vykorystannia zasobiv virtualnoi naochnosti u profesiinii diialnosti [Pedagogical conditions for preparing future mathematics and computer science teachers for the usage of virtual clarity tools in professional activities]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 38 (2), 37–42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-006>. (in Ukrainian).
21. Sova M. O., & Dienizhna S. O. (2022). Imersyivni tekhnolohii modernizatsii osvitnoho protsesu v konteksti yevrointehratsii [Immersive technologies of modernization of the educational process in the context of European integration]. *Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova – Scientific journal of the M. P. Drahomanov NPU*, Spetsvypusk, T. 2, 130–136. <https://doi.org/10.31392/NPUnc.series5.2022.spec.2.25>. (in Ukrainian).

Матеріал надійшов до редакції 11.01.2024р.

