

ЗМІСТОВИЙ АСПЕКТ МЕТОДИКИ ВИКОРИСТАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

THE CONTENT ASPECT OF THE METHODOLOGY FOR USING IMMERSIVE TECHNOLOGIES TO SUPPORT BLENDED LEARNING IN GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS

Цифрова трансформація освіти, що характеризується поширенням віртуальної, доповненої та змішаної реальності, змінює традиційні парадигми викладання й навчання, особливо в сфері природничих дисциплін. Завдяки використанню пристроїв віртуальної реальності забезпечується занурення в новий, створений комп'ютером простір. Доповнена реальність дозволяє використовувати в реальному просторі додаткові налаштування та параметри, які накладаються на реальний світ, коригуючи та ускладнюючи його. Змішана реальність є аналогом доповненої реальності, що суміщає можливості шлема VR і зовнішньої відеокамери та накладає на реальну картинку інші текстури для об'єктів. Для ефективного використання іммерсивних технологій важливим є правильний добір та відповідність змісту програми навчання цифрових інструментів (з урахуванням їх сильних сторін і ризиків), їх методично обґрунтоване й доцільне вбудовування в лекційне чи практичне заняття.

У статті обґрунтовано змістовий аспект методики використання іммерсивних технологій у процесі змішаного навчання природничих дисциплін в закладах загальної середньої освіти. Якщо змістовий аспект методики використання іммерсивних технологій буде сформований на основі системного підходу, дидактичної доцільності та відповідності до потреб змішаного навчання, то це сприятиме підвищенню ефективності освітнього процесу. Теоретичну базу дослідження становить когнітивно-афективна модель іммерсивного навчання (CAMIL), що пояснює взаємозв'язок між емоційною залученістю, відчуттям присутності у віртуальному середовищі, агентністю учня та якістю засвоєння знань. Результати дослідження можуть бути використані під час проєктування цифрових освітніх середовищ, розроблення навчальних сценаріїв, інтеграції VR/AR у практику сучасного вчителя природничих дисциплін. Отримані висновки слугують підґрунтям для подальших емпіричних досліджень ефективності іммерсивних технологій у змішаному навчанні.

Ключові слова: іммерсивні технології, змішане навчання, природничі дисципліни, методика навчання, віртуальна реальність, доповнена реальність, змістовий аспект, CAMIL.

The digital transformation of education, characterized by the spread of virtual, augmented and mixed reality, is changing traditional paradigms of teaching and learning, especially in the field of experiential learning. The use of virtual reality devices provides immersion in a new, computer-generated space. Augmented reality allows you to use additional settings and parameters in real space that are superimposed on the real world, adjusting and complicating it. Mixed reality is an analogue of augmented reality, combining the capabilities of a VR helmet and an external video camera and superimposing other textures for objects on a real picture. For the effective use of immersive technologies, it is important to correctly select and match the content of the training program to digital tools (taking into account their strengths and risks), and to methodically substantiate and appropriately integrate them into a lecture or practical session.

The article substantiates the content-related aspect of the methodology for using immersive technologies in the context of blended learning of natural science subjects in general secondary education institutions. If the substantive aspect of the methodology for using immersive technologies is formed on the basis of a systematic approach, didactic appropriateness and compliance with the needs of blended learning, then this will contribute to increasing the effectiveness of the educational process. The main structural components of content are defined, including the conceptual foundation, holistic educational content, technological tools, cognitive-affective mechanisms of interaction, and means of personalizing the learning experience. The theoretical foundation of the study is the Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL), which explains the relationship between emotional engagement, a sense of presence in the virtual environment, learner agency, and the quality of knowledge acquisition. The results of the study can be used in designing digital educational environments, developing learning scenarios, and integrating VR/AR into the practices of modern science teachers. The findings provide a basis for further empirical research into the effectiveness of immersive technologies in blended learning.

Key words: eimmersive technologies, blended learning, science education, teaching methodology, virtual reality, CAMIL model.

УДК 371.3:53:004.9
DOI <https://doi.org/10.32782/ip/89.66>
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Соколюк О.М.,
orcid.org/0000-0002-5963-760X,
канд. пед. наук, ст. науковий співробітник,
вчений секретар
Інституту цифровізації освіти
Національної академії педагогічних наук України

Постановка проблеми. Розвиток й поширення цифрових технологій, іммерсивних зокрема, обумовлює значні зміни, що відбуваються нині в усіх сферах життєдіяльності суспільства, включно з освітою. Високий рівень їх інтеграції трансформує як формати навчання так і освітній процес в цілому. При цьому електронне, гібридне (змішане) та онлайн-навчання доповнюють традиційне

(контактне) навчання, а іммерсивне навчання базується на зануренні у штучно створене (віртуальне) середовище.

Широке застосування інформаційно-комунікаційних технологій, а нині й іммерсивних (AR/VR/MR/XR; 360-градусні-відео; голограми; телеприсутність (Telepresence); тактильні технології (Haptics)) технологій, викликає потребу в трансформуванні

інформаційно-освітнього середовища навчання закладів освіти. Імерсивні технології відносять до «ключових освітніх технологій наступних десятиліть» [1].

Найбільш поширеними, в сенсі використання з навчальною метою, є технології AR, VR, 360-градусні-відео. Завдяки унікальним властивостям віртуальні середовища здатні відтворювати практично увесь спектр інформації. Засоби імерсивних технологій дозволяють створювати і відтворювати для користувачів інформацію різних модальностей. AR доповнює взаємодію з реальним навколишнім середовищем, додаючи до нього цифрові елементи, сприяючи більш насиченій взаємодії з цим середовищем. VR занурює користувачів у віртуальне середовище, надаючи комплексний сенсорний досвід. У змішаній (MR) реальності штучні об'єкти активно взаємодіють з реальним середовищем. Доповнена віртуальність (Augmented virtuality, AV) є синтезом реальних і віртуальних об'єктів. Занурення у таке навчальне середовище має сприяти формуванню в учнів навичок роботи з віртуальними об'єктами. Імерсивне цифрове середовище – це штучний та інтерактивний світ, створений «комп'ютером», в який учні можуть занурюватися [2]. Специфіка імерсивних технологій полягає в наявності ефекту присутності, можливості інтерактивної та соціальної взаємодії, мультисенсорності, які впливають на перебіг та результати навчання.

Впровадження імерсивних технологій в освітню систему має бути засноване на результатах досліджень впливу цих технологій на ефективність та якість навчання. Позитивний результат впровадження нових технологій в освіті залежить, перш за все, від їх використання згідно до поставлених навчальних цілей й вимог та відповідно побудованого освітнього середовища в цілому й створеного навчального контенту, зокрема. А, також, від побудови нових методичних рішень, через які будуть використовувати їх педагогічні можливості.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Технології віртуальної реальності мають властивості, завдяки яким вони можуть стати ефективним інструментом навчання [3].

Розширюється й предметне поле досліджень у галузі освіти й педагогіки щодо вивчення нових аспектів – застосовування та ефективності імерсивних технологій по відношенню до традиційних освітніх практик; вікових груп здобувачів освіти та напрямів їх підготовки; загального впливу на освітній процес й перспектив використання [4]. Так дослідження останніх років [5, 94] показують, що віртуальна реальність використовується в різних наукових галузях і спеціальностях: освіта та педагогіка (26,8%), інформатика, робототехніка, ІКТ та інформатика (12,2%), соціальні науки (11,5%) та медицини (9,4%).

Завдяки імерсивним технологіям здобувачі освіти мають доступ до цифрових інструментів – від онлайн-курсів, платформ і підручників до освітніх веб-сайтів, відео, штучного інтелекту (ШІ), за допомогою яких вони можуть покращити процес навчання.

Дослідження різних років (Helsel S., 1992; Dede C., 1993; Kjeldskov, J. (2001); S. Cobb, H. Neale, J. Crosier, J. R. Wilson, 2002; Roussou M., 2004; Hamada M., 2008) показали, що використання освітніх додатків віртуальної реальності має значні можливості, які недоступні під час використання інших освітніх технологій. М. Хамада [6] узагальнив деякі з цих можливостей, зосередивши увагу на перевагах використання віртуальної реальності (VR) у викладанні та навчанні

Проблеми інтеграції віртуальної реальності (VR) та доповненої реальності (AR) у навчальне середовище присвячене дослідження [7]. Автор зазначає, що «успішна інтеграція вимагає не тільки інвестицій у технології та інфраструктуру, а й всебічної підтримки та навчання педагогів для ефективного використання цих інструментів, а «результативне впровадження освітніх додатків на основі віртуальної або доповненої реальності – це складний та динамічний процес, що включає попередню підготовку викладачів, учнів, вимагає певних технічних й організаційних рішень» [7, 105–107].

У ході комплексного дослідження [8], серед іншого, зроблено висновок щодо освітніх VR-додатків, які слід оцінювати, використовуючи кількісні та якісні методи для оцінки знань та навичок здобувачів освіти. Оцінювання освітніх VR-додатків необхідно проводити як з точки зору технічної доцільності, з точки зору програмної інженерії, так і з точки зору результатів навчання – з педагогічної точки зору.

У дослідженні [9] запропоновано концептуальну схему, що враховує взаємодію між ключовими елементами, пов'язаними з використанням імерсивних технологій.

Аналізуючи у [10] відмінності VR/AR автори надають перевагу засобам доповненої реальності, враховуючи, в першу чергу, критерії доступності для користувача та стриманий вплив на сприйняття та психічні реакції учня.

У роботі [11] представлено результати аналізу досліджень впливу імерсивних технологій на причинно-наслідковий зв'язок між ефективністю навчання та когнітивним навантаженням й мотивацією. Аналіз досліджень також показав, що VR, часто викликаючи зовнішнє навантаження, ускладнює навчання, особливо для початківців. На відміну від цього, AR оптимізує когнітивне навантаження, виявляється корисним для початківців, але демонструє меншу ефективність для «просунутих» користувачів.

Дослідження [12] сфокусоване на системах віртуальної реальності з ефектом занурення (IVR),

які, пропонуючи ряд можливостей, можуть стимулювати навчальний інтерес, що сприятиме підвищенню освітніх результатів. Його метою було визначення можливостей використання систем віртуальної реальності з ефектом занурення (IVR) у навчальних контекстах закладів середньої та вищої освіти, дослідження їхньої ефективності у сприянні навчанню з точки зору отримання та збереження знань, а також підвищення мотивації. Системи віртуальної реальності з ефектом занурення (IVR), які, пропонуючи ряд можливостей, можуть стимулювати навчальний інтерес, що сприятиме підвищенню освітніх результатів.

Вченими Каліфорнійського університету [13] було проведено пілотне дослідження впливу технологій віртуальної, доповненої та змішаної реальності для трьох різних груп: викладачів (24), студентів-фізиків (105) та учнів старших класів (24). Для викладачів навчальна програма була комплексною, охоплюючи технічні аспекти роботи з обладнанням віртуальної реальності, розробку контенту віртуальної реальності, що відповідає цілям навчальної програми, та педагогічні стратегії для максимізації переваг імерсивного навчання. Оцінювання після навчання показало успішне підвищення кваліфікації викладачів, багато хто повідомив про підвищену впевненість у використанні інструментів віртуальної реальності. Результати тестувань учнів та студентів, які пройшли пілотне навчання виявилися вищими порівняно з тими, хто не пройшов навчання, що свідчить про те, що технологія віртуальної реальності підвищує залученість до навчального процесу й сприяє кращому розумінню фізичних явищ та концепцій. Дані пілотного дослідження з віртуальної реальності свідчать про те, що хоча імерсивні технології можуть бути потужним освітнім інструментом у викладанні різних дисциплін, фізики зокрема, їх інтеграція в навчальну програму повинна бути ретельно підготовлена, змодельована та оцінена з точки зору ефективності [13; 14–18].

Однією з найбільш релевантних теоретичних моделей, що пояснює ефективність використання імерсивних технологій в освіті, є когнітивно-афективна модель імерсивного навчання (Cognitive Affective Model of Immersive Learning, CAMIL), запропонована М. Макранскі (M. Makransky) та Г. Петерсеном (G. Petersen) у 2021 році [14].

Мета дослідження полягає в аналізі та структурному описі змістового складника методики застосування імерсивних технологій для підтримки змішаного навчання в ЗЗСО.

Виклад основного матеріалу дослідження. Імерсивна технологія, що використовується в педагогічних цілях, є і освітньою технологією, як система, послідовність дій, вкладених у реалізацію цілей, завдань освітніх концепцій і засобом навчання (рис. 1) [15].

Створюючи подібність реальних об'єктів за допомогою інформаційного моделювання, імерсивні технології підсилюють принцип наочності. У результаті учень отримує майже такий самий особистісний досвід у сприйнятті, у здійсненні дій, як і за реальної взаємодії у подібних ситуаціях.

Змінюються також зміст освіти (що стає інформаційним), взаємодія між учителем й учнями, їх дії, спосіб подачі та засвоєння матеріалу. Змінюється роль і завдання викладача – у віртуальному середовищі вони набувають нової якості. Педагог стає координатором й співучасником навчального процесу, одне з головних завдань вчителя – проектування віртуального оточення і розробка сценаріїв для занурення учнів у штучний простір. Для формування імерсивного середовища вчителю важливо використовувати не тільки сучасне обладнання, а й моделювати освітні процеси, застосовувати нові методичні підходи та стратегії.

У якості теоретичної основи нашого дослідження використано когнітивно-афективну модель імерсивного навчання (CAMIL) [14, 943], яка обґрунтовує механізми впливу імерсивних освітніх середовищ на пізнавальну активність, емоційне



Рис. 1. Дідактична особливість імерсивних технологій

залучення та формування глибших концептуальних знань. Дослідниками визначено зв'язки між основними факторами та компонентами когнітивно-афективної моделі імерсивного навчання (рис. 2*),

В моделі виокремлюються ключові компоненти: імерсивна присутність – відчуття «занурення» у навчальне середовище, агентність – відчуття контролю та впливу учня на перебіг подій у середовищі, що підсилює мотивацію, когнітивне навантаження – імерсивні технології можуть як знижувати, так і збільшувати навантаження, залежно від організації контенту, афективна реакція – позитивні емоції, зацікавленість, допитливість сприяють кращому засвоєнню знань. CAMIL обґрунтовує, що імерсивне навчання ефективне завдяки взаємодії когнітивних (інтелектуальних) та афективних (емоційних) чинників у віртуальному або доповненому середовищі.

CAMIL демонструє, що ефективність VR/AR у змішаному навчанні залежить не лише від новизни технологій, а від того, наскільки вони забезпечують психологічну присутність, інтерактивність та емоційно-пізнавальну залученість учнів.

Плануючи навчальний процес з використанням імерсивних технологій педагогу необхідно чітко окреслити навчальну мету й завдання. Сучасні VR/AR/MR-технології є принципово новими і перебувають у постійному розвитку. Тому перед викладачем постають завдання щодо вибору засобів/інструментів цих технологій відповідно навчальним програмам конкретної дисципліни, у межах певної теми. Дуже важливим є вибір контенту

з огляду на спеціалізацію й вік учнівського контингенту. Інтегруючи засоби імерсивних технологій в освітній процес, вчителі необхідно володіти інформацією щодо змістового наповнення цифрових навчальних ресурсів та їх експертизи [16]; здійснювати координацію роботи учнів у цифровому середовищі; здійснювати відбір ресурсів під конкретні навчальні цілі; підтримувати мотивацію учнів до використання засобів імерсивних технологій в освітньому процесі. Важливим аспектом є диференційований підхід та індивідуалізація освітнього процесу навчання, оскільки учнівська група/клас можуть бути різномірними (встигаючі та відстаючі), з різним темпом роботи та різними навичками роботи з цифровим обладнанням. І це має бути враховано при плануванні структури та змісту уроку/теми [4].

Імерсивні технології (VR/AR/360° відео тощо) у змішаному навчанні природничих дисциплін реалізуються через адаптацію навчального змісту відповідно до державного стандарту, типових навчальних програм та освітніх потреб здобувачів освіти.

Методика застосування імерсивних технологій у процесі змішаного навчання у закладах загальної середньої освіти передбачає системний підхід, що охоплює чітко визначені складники: теоретико-методологічний; цільовий; змістовий (предметний); технологічний; процедурний (організаційно-методичний); діагностичний (оцінювальний).

Одним із ключових структурних компонентів методики є змістовий (предметний) складник, який, перш за все, забезпечує відповідність

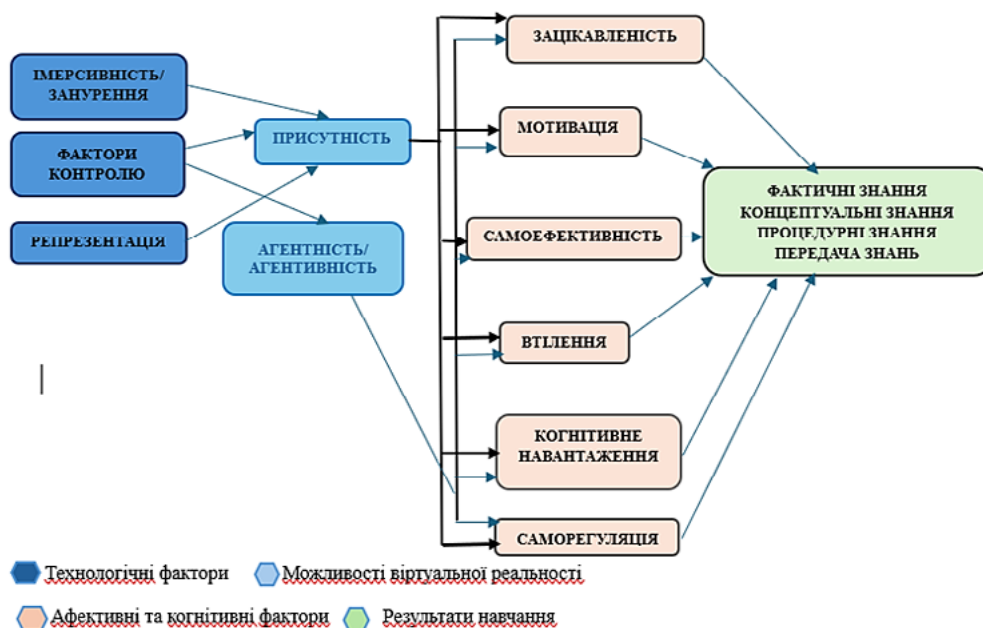


Рис. 2. Представлення зв'язків між компонентами когнітивно-афективної моделі імерсивного навчання (CAMIL) [14, 943] С. 943

* переклад автора статті

темам навчальних програм та вікову й пізнавальну доступність змісту пропонованого інтерактивного контенту. Змістовий (предметний) складник у цьому контексті визначає, які поняття, явища та процеси доцільно подати за допомогою імерсивних засобів. Його основна функція полягає у визначенні змістових елементів навчального матеріалу, які доцільно візуалізувати за допомогою технологій доповненої (AR), віртуальної реальності (VR) чи 360° відео з метою підвищення ефективності засвоєння учнями навчальної інформації.

Формування змістового складника методики на основі системного підходу, дидактичної доцільності та відповідності до потреб змішаного навчання сприятиме підвищенню ефективності освітнього процесу.

Застосування імерсивних технологій у структурі навчального предмету/теми знаходить місце між теоретичним блоком та експериментом, внаслідок чого учні отримують інформацію про застосування теоретичних знань на практиці і мають можливість відпрацьовувати їх. Предметний зміст імерсивного середовища має бути спрямований на формування ключових компетентностей (зокрема, математичної, природничої, технологічної); критичного мислення, умінь аналізу, моделювання, прогнозування.

Когнітивно-афективна модель імерсивного навчання є концептуальною основою для змістового аспекту методики використання імерсивних технологій як засобу підтримки змішаного навчання, оскільки дозволяє вибудовувати його структуру відповідно до психодидактичних закономірностей впливу імерсивного середовища на учня. Вона доводить, що ефективне навчання у імерсивному середовищі відбувається завдяки

інтеграції когнітивних факторів, емоційній залученості, зацікавленості, мотивації, впливу технологій на рівень присутності й агентності учня.

CAMIL стала методологічною базою для визначення ключових складників змістового аспекту методики використання VR/AR у змішаному навчанні (табл. 1).

При використанні імерсивних технологій як засобу підтримки навчання, необхідно враховувати результати досліджень [17; 18] щодо повного та часткового занурення у віртуальну реальність. «Це фундаментально різні досвіди користувача: часткове занурення підтримує відчуття «спостереження» за віртуальним середовищем, тоді як повне занурення підтримує відчуття «перебування» в цьому середовищі» (табл. 2) [18].

Отже, змістовий складник визначає елементи навчального матеріалу, які потребують імерсивної візуалізації; їх інтеграцію у структуру уроку, з урахуванням вікових особливостей учнів; компетентності, які при цьому формуються.

Змістовий (предметний) складник є основою дидактичного проєктування імерсивного освітнього середовища, у якому зміст виконує не лише пізнавальну, а й формуючу функцію. Його обґрунтоване наповнення забезпечує можливість цілеспрямованого, методично коректного та педагогічно доцільного впровадження імерсивних технологій у змішане навчання природничих дисциплін.

У попередніх дослідженнях, наприклад [19], наведено й проаналізовано включення додатків віртуальної та доповненої реальності для підтримки фізичного лабораторного експерименту при вивченні теми «Електричні явища» (модельна навчальна програма «Фізика 7–9 класи», 8 клас, «Електричні явища», гриф МОН від 20.02.2023 № 184).

Таблиця 1

Відповідність між компонентами CAMIL і змістовим складником методики використання імерсивних технологій

Компонент CAMIL	Змістовий складник
Імерсивність (присутність)	Тематичне наповнення, візуалізація природних процесів, 3D-моделі, ефект занурення
Агентність	Надання учневі можливості взаємодіяти з об'єктами, змінювати хід подій, управляти симуляціями
Когнітивне навантаження	Добір контенту відповідно до рівня складності, чітка структура, покрокове подання інформації
Емоційна реакція	Вибір тем, що викликають інтерес, допитливість, створення ситуацій здивування та дослідження
Мотивація	Зміст і формат, що пробуджують внутрішній інтерес до навчання через участь та активність

Таблиця 2

Повна та часткова імерсивність при використанні VR /AR технологій

Ознака	VR	AR
Глибина занурення	Повне	Часткове
Пристрій	Спеціальні гарнітури	Телефон, екран ПК або планшета
Застосування	Дослідження, тренажери, віртуальні лабораторії	Демонстрації, симуляція лабораторних дослідів, відеоогляди

Віртуальні експерименти з використанням VR/AR додатків істотно розширює поле для дослідницької діяльності учнів. Застосування імерсивних засобів навчання в освітньому процесі дозволяє активізувати розумову та пізнавальну діяльність учнів.

Доповнення реального фізичного обладнання віртуальним продикуване цифровізацією сфер людської діяльності, включно з освітою. Розробка методичного забезпечення є актуальним питанням для процесу організації віртуального лабораторного практикуму з фізики, оскільки можливості цифрових лабораторій набагато ширші за можливості традиційного практикуму.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Імерсивні технології (VR/AR/360° відео тощо) у змішаному навчанні природничих дисциплін реалізуються через адаптацію навчального змісту відповідно до державного стандарту, типових навчальних програм та освітніх потреб здобувачів освіти.

Змістовий складник методики використання імерсивних технологій у змішаному навчанні є комплексним, охоплює педагогічні, психологічні та технологічні компоненти та базується на інтеграції сучасних наукових підходів до навчання. Його формування на основі системного підходу, дидактичної доцільності та відповідності до потреб змішаного навчання сприятиме підвищенню ефективності освітнього процесу та розвитку природничих компетентностей учнів.

В ході дослідження встановлено, що ключовими чинниками успішної реалізації методики є забезпечення когнітивної активності учнів, афективного залучення, оптимального когнітивного навантаження та відчуття присутності у навчальному середовищі – відповідно до моделі CAMIL.

Приклади застосування додатків віртуальної та доповненої реальності в освітньому процесі свідчать про їх потенціал у розвитку дослідницьких умінь, критичного мислення та мотивації до вивчення природничих дисциплін.

Щоб отримати максимальну віддачу, важливо ретельно інтегрувати імерсивні технології в шкільні навчальні програми, визначити способи, якими ці технології можуть покращити сприйняття навчального матеріалу та забезпечити постійний професійний розвиток вчителів з питань використання VR/AR технологій.

Наразі необхідне оновлення методик й програм для підготовки майбутніх вчителів та підвищення кваліфікації педагогічних працівників, що і стане перспективою подальших досліджень і розробок.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition / Samantha Adams Becker and al. Louisville, CO: EDUCAUSE, 2018. URL: <https://library.educause.edu/~media/files/library/2018/8/2018horizonreport.pdf>

2. Crawford R., Jenkins L. Blended learning and team teaching: Adapting pedagogy in response to the changing digital tertiary environment. *Australasian Journal of Educational Technology*. 2017. Vol. 33 (2). P. 51–72. URL: <https://doi.org/10.14742/ajet.2924>

3. Slater M., Sanchez-Vives M.V. Enhancing our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*. (2016). Vol. 3. December. Art. No 74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>

4. Соколюк О. М. Огляд практичних застосувань імерсивних технологій у навчанні фізики. *Імерсивні технології в освіті* : збірник матеріалів V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 29 квітня 2025 р. ІЦО НАПН України, 2025. С. 160–164. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745731/>

5. Petrov, V., Hrechanovska, O., Shevchuk, B., Zakusylo, M., & Lekakh, A. The potential of virtual reality in modelling complex scientific processes for distance education: a scoping review. *Revista Eduweb*. 2024. 18(4), 89–103. <https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2024.18.04.6>

6. Hamada, Mohamed. An Example of Virtual Environment and Web-based. *The International Journal of Virtual Reality*. 2008, 7(3):1-8.

7. Afiya Dembe H. The Integration of Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) in Classroom Settings. *RESEARCH INVENTION JOURNAL OF ENGINEERING AND PHYSICAL SCIENCES (RIJEP)*. 2024. 3(1):102-113. <https://rijournals.com/wp-content/uploads/2024/05/RIJEP-3189-101-2024.pdf>

8. Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgemant, I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*. 2020. 147, Article 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

9. Suh, A., & Prophet, J. The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*. 2018. 86, 77–90. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>

10. Pinchuk O.P., Tkachenko V.A. and Burov O.Yu. AV and VR as Gamification of Cognitive Tasks. *Proc. 15 th Int. Conf. ICTERI 2019*. 2019. Vol-2387. P. 437–442. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190437.pdf>

11. Poupard, M., Larrue, F., Sauzéon, H., & Tricot, A. A systematic review of immersive technologies for education: Learning performance, cognitive load and intrinsic motivation. *British Journal of Educational Technology*. 2025. 56, 5–41. <https://doi.org/10.1111/bjet.13503>

12. Di Natale, A.F., Repetto, C., Riva, G. and Villani, D. Immersive virtual reality in K-12 and higher education: A 10-year systematic review of empirical research. *Br. J. Educ. Technol.* 2020. 51: 2006-2033. <https://doi.org/10.1111/bjet.13030>

13. Crogman, H. T., Cano, V. D., Pacheco, E., Sonawane, R. B., & Boroan, R. Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality in Experiential Learning: Transforming Educational Paradigms. *Education Sciences*. 2025. 15(3), 303. <https://doi.org/10.3390/educsci15030303>

14. Makransky, G., Petersen, G.B. The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. *Educ Psychol Rev*. 2021. 33, 937–958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>

15. Соколюк О. М. Планування навчальної діяльності в умовах використання засобів AR/VR. «Цифрова трансформація науково-освітніх середовищ в умовах воєнного стану» : збірник матеріалів, 27 лютого 2025 р., м. Київ. Київ : ІЦО НАПН України, 2025. С. 152-154. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745730/>

16. Литвинова С. Г., Соколюк О. М. Критерії та показники оцінювання якості освітніх об'єктів доповненої реальності в підручниках фізики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. 88 (2), 23–37. URL: <https://doi.org/10.33407/itlt.v88i2.4870>

17. Shneiderman, Ben. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction,

3rd Edition, Reprinted with corrections, March 1998. Addison-Wesley. 252 p. <https://ptabdata.blob.core.windows.net/files/2016/CBM2016-00087/Exhibit-1030.pdf>

18. Kjeldskov, J. Interaction: Full and partial Immersive Virtual Reality Displays. In *Proceedings of IRIS 24*. 2001. pp. 587–600. <http://people.cs.aau.dk/~jesper/pdf/conferences/Kjeldskov-C1.pdf>

19. Соколюк О.М. Імерсивні технології і засоби навчання для проведення шкільного навчального експерименту в умовах змішаного навчання. *Інноваційна педагогіка*. 2024. № 77. С. 282–288. <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2024/77.56>

Дата першого надходження рукопису до видання: 17.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 08.12.2025

Дата публікації: 30.12.2025