

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

MIROSHNYCHENKO Inga Stanislavivna – PhD in Economics, Assistant Professor at Aviation Management Department Flight Academy of the National Aviation University.

Scientific interests: relevant issues of compliance with the academic integrity principles by Ukrainian higher education institutions applicants; specific features and prospects of Ukraine's economy development; economic activity of business entities (micro- and macroeconomic aspects), enterprises functioning in the global environment; enterprise management efficiency.

KALINICHENKO Vira Ihorivna – PhD in Linguistics, Associate Professor at Foreign Languages for

Specific Purposes Department, Head of the Department of Vasyly' Stus Donetsk National University.

Scientific interests: relevant issues of compliance with the academic integrity principles by Ukrainian higher education institutions applicants; topical issues of the English for Specific Purposes teaching methodology used at Ukraine's higher education institutions for students majoring in non-linguistic specialisms; the specific linguamental world features of the English-speaking and Ukrainian-speaking language communities' representatives in the intercultural post-colonial context PEACE – WAR at the psycholinguistic and linguacognitive levels.

Стаття надійшла до редакції 18.09.2024 р.

УДК 37.091.3:004.946:37.01

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-216-237-242

НОСЕНКО Юлія Григорівна –

кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу технологій відкритого навчального середовища Інституту цифровізації освіти НАПН України
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9149-8208>
e-mail: nosenko@iitlt.gov.ua

КЛАСИФІКАЦІЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СЕРВІСІВ ДЛЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Актуальність дослідження проблеми класифікації імерсивних технологій та сервісів для освіти зумовлена зростанням їхньої ролі у сучасному навчальному процесі. Класифікація є ключем до розуміння можливостей і обмежень кожної технології, що допоможе оптимізувати інтеграцію імерсивних інструментів, уникати перевантаження учнів/студентів та підвищувати якість їхньої підготовки. У статті охарактеризовано основні види імерсивних технологій, до яких відносяться: віртуальна реальність (VR), доповнена реальність (AR), змішана реальність (MR), розширена реальність (XR), 360-градусні-відео, голограми, телеприсутність, тактильні технології (Haptics).

Аналіз характеристик і особливостей цих технологій дозволив класифікувати їх за різними ознаками: за галуззю використання та цільовим призначенням, за тривалістю впливу, за середовищем використання, за ступенем занурення, за типом обладнання, за способом взаємодії, за рівнем доступності та складності використання, за моделлю монетизації.

Оскільки найбільш поширеними в сенсі використання з навчальною метою є технології AR, VR та 360-градусні-відео, було класифіковано також кожен з цих технологій, враховуючи їхні особливості: AR (маркерні AR, безмаркерні AR, AR на основі розташування, AR з накладанням об'єктів), VR (VR для віртуальних симуляцій, інтерактивні навчальні середовища, гейміфіковане навчання, віртуальні тури та подорожі), 360-градусні-відео (за тематикою, за дидактичною метою, за рівнем складності, за інтерактивністю, за тривалістю, за типом контенту, за технологією).

Класифікація імерсивних технологій в освітньому контексті дозволила створити критерії для добору відповідних інструментів і сервісів, що у перспективі сприятиме ефективному впровадженню таких технологій в освітні процеси: мета використання; користувацький досвід; технічні вимоги; масштабованість; витрати; локалізація; безпека; підтримка. Користуючись цими критеріями можна обрати доцільну імерсивну технологію для впровадження в освітній процес.

Ключові слова: імерсивні технології, віртуальна реальність, доповнена реальність, 360-градусне відео, класифікація, освіта.

NOSENKO Yuliia Hryhorivna –

Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Open Learning Environment Technologies at the Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9149-8208>
e-mail: nosenko@iitlt.gov.ua

CLASSIFICATION OF IMMERSIVE TECHNOLOGIES AND SERVICES FOR THE EDUCATIONAL PROCESS

The relevance of studying the problem of classification of immersive technologies and services for education is determined by the growth of their role in the modern educational process. Classification is the key to understanding the capabilities and limitations of each technology, which will help optimize the integration of immersive tools, avoid students' overload, and improve the quality of their training. The article describes the main types of immersive technologies, which include: virtual reality (VR), augmented reality (AR), mixed reality (MR), extended reality (XR), 360-degree video, holograms, telepresence, tactile technologies (Haptics).

The analysis of the characteristics and features of these technologies allowed us to classify them according to various features: by the field of use and intended purpose, by the duration of exposure, by the environment of use, by the degree of immersion, by type of equipment, by the method of interaction, by the level of accessibility and complexity of use, by the monetization model.

Since AR, VR, and 360-degree video technologies are the most common in the sense of educational use, each of these technologies was also classified according to their characteristics: AR (marker AR, markerless AR, location-based AR, overlay AR objects), VR (VR for virtual simulations, interactive learning environments, gamified learning, virtual tours and trips), 360-degree videos (by topic, by didactic purpose, by level of complexity, by interactivity, by duration, by type of content, by technology).

The classification of immersive technologies in the educational context made it possible to create criteria for the selection of appropriate tools and services, which in the future will contribute to the effective implementation of such technologies in educational processes: purpose of use; user experience; technical requirements; scalability; costs; localization; security; support. Using these criteria, you can choose an appropriate immersive technology for implementation in the educational process.

Key words: *immersive technologies, virtual reality, augmented reality, 360-degree video, classification, education.*

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Актуальність дослідження проблеми класифікації імерсивних технологій та сервісів для освіти зумовлена зростанням їхньої ролі у сучасному навчальному процесі. Зважаючи на різноманіття технологій віртуальної, доповненої та змішаної реальності, ефективне впровадження потребує чіткої класифікації, що допоможе освітянам та адміністраторам обирати відповідні інструменти для різних навчальних цілей. Розробка класифікаційної системи дозволить створити стандарти і критерії для відбору сервісів, що відповідають вимогам конкретних дисциплін, рівнів освіти та освітніх програм.

Крім того, класифікація є ключем до розуміння можливостей і обмежень кожної технології, що допоможе оптимізувати інтеграцію імерсивних інструментів, уникати перевантаження учнів/студентів та підвищувати якість їхньої підготовки. Здійснюване дослідження важливе для розробки методологічних основ використання імерсивних технологій, що забезпечить кращі освітні результати і дозволить адаптувати процес навчання до потреб нового покоління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень у сфері імерсивних технологій в освіті відображає прогрес у розвитку, застосуванні та оцінці ефективності цих технологій. Деякі категорії досліджень зосереджуються на вивченні позитивного впливу та загалом доцільності використання цих технологій в освітньому процесі. У багатьох дослідженнях підтверджено позитивний вплив VR та AR на здобуття знань та навичок, особливо в областях, що потребують практичного застосування знань, як-от медицина та інженерія. Висока взаємодія і сенсорна насиченість VR і AR можуть підвищувати зацікавленість і мотивацію учнів/студентів до навчання, а також покращувати результати навчання, що продемонстровано в дослідженнях із STEM-дисциплін і біомедичної освіти [4; 8; 9; 10; 12; 13].

У межах теорії когнітивного навантаження дослідження виявили, що високий рівень сенсорної насиченості в VR та AR може допомагати знизити когнітивне навантаження, якщо воно правильно структуроване. Це важливо для підтримки мотивації та ефективного засвоєння інформації, особливо при виконанні складних завдань, які вимагають високого рівня концентрації і взаємодії [5; 6; 7; 11].

В Україні активно досліджуються можливості впровадження і використання імерсивних технологій в закладах загальної середньої освіти [1; 3].

Застосування імерсивних технологій у навчанні дає значні переваги, але водночас потребує детального вивчення їх впливу на різні аспекти освітнього процесу. Існує необхідність розширення та систематизації доступних інструментів для ефективною інтеграції імерсивних технологій у навчальні середовища. На часі

залишається і проблема вибору імерсивних сервісів, її доцільність і науково-педагогічне обґрунтування.

Мега статті – на основі аналізу джерельної бази і характеристик різних імерсивних сервісів і технологій розробити класифікацію цих засобів за різними ознаками.

Виклад основного матеріалу дослідження. *Імерсивні технології* (від англ. *immerse* – занурювати) – це різновид сучасних технологій, що забезпечують користувачеві повне занурення у віртуальне середовище, створюючи відчуття присутності та інтерактивної взаємодії з ним. Головною метою використання імерсивних технологій є створення реалістичного і багато-вимірного досвіду, що стимулює органи чуття користувача, такі як зір, слух, дотик.

Основні види імерсивних технологій. До імерсивних технологій відносяться:

- віртуальна реальність (Virtual Reality, VR);
- доповнена реальність (Augmented Reality, AR);
- змішана реальність (Mixed Reality, MR);
- розширена реальність (Extended Reality, XR);
- 360-градусні-відео;
- голограми;
- телеприсутність (Telepresence);
- тактильні технології (Haptics).

Розглянемо їх детальніше.

Віртуальна реальність (VR) – це технологія, що створює повністю штучне, інтерактивне середовище, в яке користувач занурюється за допомогою спеціальних пристроїв, таких як VR-окуляри або шоломи. У цьому середовищі користувач може взаємодіяти з об'єктами, відчуваючи ефект присутності в іншому просторі, що зазвичай відрізняється від реального світу.

Для використання VR необхідні як апаратні пристрої (шоломи, контролери, датчики), так і програмні технології (платформи, додатки). Залежно від цілей (ігри, навчання, тренінги), можна вибрати різні гарнітури та аксесуари для максимального занурення у віртуальний світ.

Доповнену реальність (AR) розглядають як технологію, що накладає цифрові елементи (зображення, звуки, текст) на реальний світ, створюючи таким чином змішане середовище. Користувачі зазвичай взаємодіють з AR через смартфони, планшети або спеціальні окуляри.

Для використання AR потрібен пристрій з камерою та датчиками (смартфон, планшет чи AR-окуляри) і відповідне програмне забезпечення (ARKit (Apple), ARCore (Google)). У більш складних випадках можуть знадобитися додаткові датчики або хмарні сервіси для покращення роботи. Цікавою розробкою є смарт-лінзи – пристрої майбутнього, які поки що лише проєктуються. Вони зможуть накладати AR-контент прямо на зір користувача. Прототипи таких лінз вже розробляють компанії, наприклад Mojo Vision.

Змішана реальність (MR) – це технологія, що поєднує елементи фізичного та віртуального світу, дозволяючи користувачам взаємодіяти з віртуальними об'єктами у реальному середовищі в режимі реального часу. MR займає проміжне місце між доповненою реальністю (AR), яка лише накладає цифрові елементи на реальний світ, і віртуальною реальністю (VR), яка повністю занурює користувача у віртуальне середовище. MR працює таким чином: 1) використовуються датчики та камери, щоб розуміти оточення користувача; 2) шоломи або окуляри MR накладають 3D-графіку на реальне середовище та дозволяють взаємодію з нею; 3) інтеракція може бути жестами, голосом або через контролери.

Розширена реальність (XR) – це загальний, свого роду «парасольковий» термін, що охоплює всі технології, які змішують реальний і віртуальний світи. XR включає в себе такі поняття, як віртуальна реальність, доповнена реальність та змішана реальність.

Для використання XR необхідне спеціальне обладнання, зокрема: шоломи VR (Oculus, HTC Vive), окуляри AR/MR (Microsoft HoloLens, Magic Leap), смартфони та планшети з AR-додатками (ARKit, ARCore), контролери і датчики руху для взаємодії з цифровим простором. Приклади можливого використання XR в освіті: вивчення історії через інтерактивні реконструкції, лабораторні роботи у VR тощо.

360-градусні-відео – це тип відеозапису, який охоплює всі напрямки навколо точки зйомки (повний кут огляду – 360° по горизонталі і часто 180° або більше по вертикалі). Це дає змогу глядачу відчувати повне занурення, оскільки він може вільно оглядати сцену в будь-якому напрямку під час перегляду.

Для застосування цієї технології необхідний VR-шолом (Oculus, HTC Vive, PlayStation VR), смартфон (YouTube або Facebook підтримують перегляд 360-градусних відео), або смарт-телевізор чи комп'ютер (перегляд із мишею або стрілками для огляду). 360-градусні-відео можна використовувати для проведення віртуальних турів, «подорожей» до океанських глибин чи інших планет, симуляції реальних ситуацій тощо.

Голограми – це тривимірні зображення або проекції, які створюють ілюзію реальних об'єктів у просторі. Ця технологія дозволяє сприймати цифрові об'єкти з усіх боків, що підсилює ефект присутності та взаємодії з ними. Голограми є важливим компонентом у розвитку імерсивних технологій, таких як доповнена реальність (AR), змішана реальність (MR) та віртуальна реальність (VR).

Поширення цієї технології дещо сповільнене через низку недоліків і перешкод: висока вартість обладнання (лазерів і дисплеїв), обмеження у якості (деякі голограми мають низьку роздільну здатність або обмежені кути огляду), високі технологічні вимоги (голографічний контент потребує високих обчислювальних ресурсів та сучасних дисплеїв).

Телеприсутність (Telepresence) – це технологія, яка створює відчуття фізичної присутності в іншому місці за допомогою відео,

аудіо та інших сенсорних систем. Вона дозволяє користувачам дистанційно взаємодіяти з людьми, об'єктами та середовищем у реальному часі, забезпечуючи максимально реалістичне занурення. Телеприсутність застосовується в таких сферах, як дистанційні наради, медицина, освіта, промисловість, віддалене управління роботизованими системами.

Сьогодні телеприсутність – це перспективна імерсивна технологія, що забезпечує нові способи взаємодії з людьми та об'єктами на відстані. Завдяки розвитку технологій (5G, робототехніка, AR/VR) телеприсутність стає дедалі доступнішою та важливішою для різних галузей.

Тактильні технології (Haptics) – це сукупність технологій, які забезпечують відчуття дотику, тиску, вібрації та текстури у віртуальних або цифрових середовищах. Ці технології додають тактильний (дотиковий) зворотний зв'язок, підсилюючи ефект занурення (імерсивності). Haptics є важливою частиною віртуальної реальності (VR), доповненої реальності (AR) та інших інтерактивних систем, дозволяючи користувачам «відчувати» взаємодію з цифровими об'єктами.

Тактильні системи створюють відчуття через:

- вібрацію (короткі імпульси для імітації ударів або тремтіння);
- тиск (сила, прикладена до шкіри, щоб імітувати контакт чи натиск);
- деформацію (зміну форми пристрою для створення ефекту пружності або опору);
- тепло або холод (температурний зворотний зв'язок для створення більш реалістичних взаємодій);
- тактильні текстури (за допомогою швидких вібрацій імітуються різні поверхні (наприклад, гладка або бугриста)).

Реалістичність відчуттів забезпечується за допомогою тактильних рукавичок та костюмів (HaptX Gloves, SenseGlove, Teslasuit), контролерів з тактильним зворотним зв'язком (PlayStation DualSense, Meta Quest Touch), тактильних дисплеїв (наприклад, тактильні екрани з інтерфейсом для незрячих), аудіо-тактильних систем (наприклад, Woojer Vest).

Незважаючи на виклики та обмеження (висока вартість обладнання, обмеження у точності передачі, реалістичності, затримка в передачі сигналу, значні енерговитрати тощо), тактильні технології розвиваються і поширюються у різних сферах діяльності – іграх і розвагах, професійному навчанні (хірургів, інженерів, військових та ін.), медицині та реабілітації, соціальній взаємодії (імітації дотиків, об'ємів під час спілкування), промисловості та управлінні дронами, роботами.

Класифікація імерсивних технологій і сервісів. Імерсивні технології можуть бути класифіковані за кількома ознаками. Аналіз різних характеристик і особливостей цих технологій дозволив нам виявити наступні ознаки:

- 1) За галуззю використання, цільовим призначенням: імерсивні сервіси для медицини, освіти, комерції і маркетингу, промисловості, військової сфери тощо.

- 2) За тривалістю впливу:

- тривалий вплив: використовуються для занурення на тривалий час (VR-ігри, медичні тренажери);

- короточасний вплив: використання для швидкої взаємодії (навчальні сесії) або інформаційної підтримки (AR-навігація).

3) За середовищем використання:

- фізичні простори (музеї з AR-гідами);

- віртуальні середовища (окремі віртуальні світи, де користувач взаємодіє тільки з цифровим контентом).

4) За ступенем занурення:

- середовище повного занурення: використовуються шоломи та контролери для створення глибокого віртуального досвіду;

- змішане середовище: комбінація фізичних і віртуальних об'єктів у єдиному просторі, коли віртуальний контент накладається на реальне середовище (змішана реальність, MR-системи, як Microsoft HoloLens);

- середовище часткового занурення: (AR-окуляри або AR-додатки на смартфоні);

- невіртуалізоване середовище: наприклад, комп'ютерні симуляції на екранах моніторів.

5) За типом обладнання:

- натільні (окуляри, шоломи, рукавички та ін.);

- мобільні (смартфони, планшети та ін.);

- стаціонарні (Імерсивні кімнати, спеціальні тренажерні зали з проєкціями та ін.).

6) За способом взаємодії:

- активна взаємодія: користувач активно взаємодіє з об'єктами у віртуальному середовищі (наприклад, маніпулюючи предметами чи персонажами), використовують фізичні датчики та пристрої, що реагують на дотик або рухи тіла (наприклад, рукавички з тактильним зворотним зв'язком).

- пасивна взаємодія: користувач здебільшого спостерігає або отримує інформацію без можливості втручання (наприклад, віртуальні тури чи історичні реконструкції), також взаємодія через голосові команди, жести або погляд (AR-додатки з трекінгом рухів очей).

7) За рівнем доступності та складності використання:

- масовий доступ (інтуїтивні інтерфейси): імерсивні сервіси, доступні через комерційні продукти для широкої аудиторії (наприклад, мобільні ігри з AR), прості у використанні додатки (наприклад, фільтри в соцмережах);

- професійні середовища: високоспеціалізовані продукти для професійного використання, вимагають спеціальної підготовки (хірургічні тренажери або військові симулятори).

8) За моделлю монетизації:

- безкоштовні сервіси;

- умовно безкоштовні сервіси (пробний безкоштовний період, безкоштовний план);

- платні сервіси: Продаються як ліцензії або за передплатою (навчальні або корпоративні програми).

Оскільки найбільш поширеними в сенсі використання з навчальною метою є технології AR, VR та 360-градусні-відео, пропонуємо окремо

класифікувати кожну з цих технологій, враховуючі їхні особливості.

Класифікація сервісів доповненої реальності (AR). AR можна класифікувати за кількома критеріями, залежно від того, як вони використовують дані та інтегрують віртуальні елементи з реальним світом:

- маркерні AR – ці системи використовують спеціальні візуальні маркери (наприклад, QR-коди чи зображення), на які накладається 3D-контент при розпізнаванні. Такі технології зазвичай застосовують для внутрішньої навігації та в інтерактивній рекламі;

- безмаркерні AR – ці системи використовують дані з камери, GPS, акселерометрів або компасу для розпізнавання простору. Вони популярні у додатках для візуалізації, як-от меблеві симулятори (IKEA Place), що дозволяють побачити, як предмети виглядатимуть у приміщенні;

- AR на основі розташування – працюють за допомогою GPS і датчиків для надання контенту залежно від місця перебування користувача. Вони широко застосовуються в туризмі для створення інтерактивних екскурсій чи геоігрових додатків (наприклад, Pokémon Go);

- AR з накладанням об'єктів – віртуальні об'єкти накладаються поверх реальних, змінюючи вигляд середовища. Наприклад, програми, які в реальному часі змінюють колір меблів або показують історичний вигляд місцевості.

Класифікація сервісів віртуальної реальності (VR):

- VR для віртуальних симуляцій – використовуються для практичних занять, як-от тренування медиків або пілотів;

- інтерактивні навчальні середовища – створюють простори для навчання, як-от віртуальні лабораторії або музеї;

- гейміфіковане навчання – освітні ігри у VR для розвитку навичок та мотивації;

- віртуальні тури та подорожі – допомагають учням/студентам відвідувати історичні місця або досліджувати космос.

Класифікація імерсивних (360-градусних) відео:

- За тематикою – історія, географія, мистецтво і т.д.;

- за дидактичною метою – навчальні, тренувальні, оцінювальні;

- за рівнем складності – початковий, середній, високий;

- за інтерактивністю – пасивний перегляд, інтерактивні елементи, інтерактивні завдання;

- за тривалістю – короткі (декілька хв.), середні (до 15 хв.), довгі (понад 15 хв.);

- за типом контенту (документальні, ігрові симуляції);

- за технологією (монокопічні, стереоскопічні).

Як бачимо, імерсивні технології швидко розвиваються, з'являються нові види сервісів, що пропонують більшу різноманітність функціоналу, перетворюючись на важливий інструмент у багатьох сферах діяльності, в т.ч. освітній.

Висновки та перспективи подальших розвідок напрямку. Імерсивні технології, такі як віртуальна та доповнена реальність, 360-градусні відео відкривають нові перспективи для освіти, значно підвищуючи рівень залученості учнів/студентів і ефективність навчання. Вони сприяють інтерактивному засвоєнню знань і практичному тренуванню, що особливо корисно в складних і практико орієнтованих дисциплінах.

Класифікація імерсивних технологій в освітньому контексті дозволяє створити чіткі критерії для добору відповідних інструментів і сервісів, що у перспективі сприятиме ефективному впровадженню таких технологій в освітні процеси, покращенню навчальних результатів. Для обрання доцільної імерсивної технології або сервісу рекомендуємо використовувати наступні критерії:

- мета використання – продумати, яких цілей ми прагнемо досягти, впроваджуючи нову технологію, визначити конкретні завдання, які необхідно виконати. Усвідомлення потреб використання дозволяє вирішити, які функції є найважливішими;

- користувачький досвід – визначити цільову групу користувачів і оцінити їх загальний досвід використання імерсивної технології (чи потрібна попередня підготовка, інструктаж, навчання?);

- технічні вимоги – перевірити, чи обрана технологія сумісна з пристроями, програмним забезпеченням і мережами, якими користується цільова група;

- масштабованість – розглянути можливу допустиму кількість користувачів, чи забезпечує технологія бажаний рівень співпраці та взаємодії, чи дозволить охопити необхідну кількість користувачів;

- витрати – оцінити вартість технології, включно з будь-яким обладнанням, програмним забезпеченням або ліцензійними зборами, і визначити, чи відповідає це наявному бюджету;

- локалізація – визначити, які мови доступні в налаштуваннях, чи відсутній мовний бар'єр;

- безпека – оцінити функції безпеки технології, включаючи захист даних, шифрування та контроль доступу, щоб забезпечити захист конфіденційної інформації;

- підтримка – визначити рівень підтримки, доступний від постачальника технологій, включаючи технічну допомогу, навчання, форуми користувачів.

Подальшого вивчення потребують методичні аспекти використання різних видів імерсивних технологій.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Використання засобів доповненої та віртуальної реальності в навчальному середовищі закладів загальної середньої освіти : методичні рекомендації / С. Г. Литвинова, Н. В. Сороко, Ю. М. Богачков, О. О. Гриб'юк, Н. П. Дементієвська, О. М. Соколюк, О. В. Слободяник, П. С. Ухань / за наук. ред. С. Г. Литвинової. Київ : ЦО НАПН України, 2023. 74 с.

2. Литвинова С. Г. Методичні аспекти використання 360-градусного відео в умовах змішаного навчання. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2024. № 213. С. 279–286. URL: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-213-279-286>

3. Проектування освітнього середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальності в закладах загальної середньої освіти: колективна монографія / Литвинова С. Г., Сороко Н. В., Баценко С. В., Богачков Ю. М., Гриб'юк О. О., Дементієвська Н. П., Коркішко І. А., Слободяник О. В., Соколюк О. М., Ухань П. С. / за наук. ред. Литвинової С. Г. Київ : ЦО НАПН України, 2023. 219 с.

4. Artyukhov, A., Volk, I., Dluhopolskyi, O., Mieszajkina, E., Myśliwiecka, A. Immersive University Model: A Tool to Increase Higher Education Competitiveness. *Sustainability*. 2023. 15 (10):7771. URL: <https://doi.org/10.3390/su15107771>

5. Buchner, J., Katja Buntins, K., Kerres, M. et al. The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 2021. 38 (2). URL: <https://doi.org/10.1111/jcal.12617>.

6. Elford, D. et al. Exploring the Effect of Augmented Reality on Cognitive Load, Attitude, Spatial Ability, and Stereochemical Perception. *Journal of Science Education and Technology*, 2022. Vol. 31, 322–339. URL: <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09957-0>.

7. Geng, X., & Yamada, M. An augmented reality learning system for Japanese compound verbs: study of learning performance and cognitive load. *Smart Learning Environments*, 2020. 7 (27). URL: <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00137-4>.

8. Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., Johnson, E. Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Comput. Educ.* 2016, 95, 174–187. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.001>

9. Liubchak, V.O., Zuban, Y.O., Artyukhov, A.E. Immersive learning technology for ensuring quality education: Ukrainian university case. *CEUR Workshop Proc.*, 2022. 3085, 336–354. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3085/paper12.pdf>.

10. McGovern, E., Moreira, G., Luna-Nevarez, C. An application of virtual reality in education: Can this technology enhance the quality of students' learning experience? *J. Educ. 2020. Bus.*, 95 (3), 1–7. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/08832323.2019.1703096>

11. Poupard, M., Larrue, F., Sauzéon, H., Tricot, A. A systematic review of immersive technologies for education: effects of cognitive load and curiosity state on learning performance. 2024. URL: <https://hal.science/hal-03906797v3>

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

13. Tene, T., Marcato, T., Palacios, R. MdL, Mendoza, S., Vacacela, G. C., & Bellucci, S. Integrating immersive technologies with STEM education: a systematic review. *Front. Educ.*, 2024. 9, Article 1410163. URL: <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1410163>

REFERENCES

1. Lytvynova, S., Soroko, N., Bohachkov, Yu., Hrybiuk, O., Dementiivska, N., Sokoliuk, O., Slobo-dianyk, O., U Khan, P. (2023). *Vykorystannia zasobiv dopovnenoї ta virtualnoї realnosti v navchalnomu seredovyschchi zakladiv zahalnoi serednoi osvity : metodychni rekomendatsii* [The use of augmented and virtual reality tools in the educational environment of general secondary education institutions: methodical recommendations]. / ed. by S. Lytvynova. Kyiv: IDE NAES Ukraine, 74 p. [in Ukrainian]

2. Lytvynova, S. (2024). *Metodychni aspekty vykorystannia 360-hradusnoho video v umovakh zmishanoho navchannia* [Methodical aspects of using 360-degree video in conditions of blended learning]. *Naukovi zapysky. Seriya:*

Pedahohichni nauky, (213), 279-286. URL: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-213-279-286> [in Ukrainian]

3. Lytvynova, S., Soroko, N., Batsenko, S., Bohachkov, Yu., Hrybiuk, O., Dementiivska, N., Korkishko, I., Slobodiansky, O., Sokoliuk, O., Ukhan, P. (2023). Proiektuvannia osvithnoho seredovyscha z vykorystanniam zasobiv dopovnenoi ta virtualnoi realnosti v zakladakh zahalnoi serednoi osvity: kolektyvna monohrafiia [Designing an educational environment using augmented and virtual reality tools in general secondary education institutions: a collective monograph] / ed. by S. Lytvynova. Kyiv: IDE NAES Ukraine, 219 c. [in Ukrainian]

4. Artyukhov, A., Volk, I., Dluhopolskyi, O., Mieszajkina, E., Myśliwiecka, A. (2023). Immersive University Model: A Tool to Increase Higher Education Competitiveness. *Sustainability*, 15 (10):7771. URL: <https://doi.org/10.3390/su15107771> [in English]

5. Buchner, J., Katja Buntins, K., Kerres, M. et al. (2021). The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38 (2). URL: <https://doi.org/10.1111/jcal.12617> [in English]

6. Elford, D. et al. (2022). Exploring the Effect of Augmented Reality on Cognitive Load, Attitude, Spatial Ability, and Stereochemical Perception. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 31, 322–339. URL: <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09957-0>. [in English]

7. Geng, X., & Yamada, M. (2020). An augmented reality learning system for Japanese compound verbs: study of learning performance and cognitive load. *Smart Learning Environments*, 7 (27). URL: <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00137-4>. [in English]

8. Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Comput. Educ.* 95, 174–187. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.001> [in English]

9. Liubchak, V.O., Zuban, Y.O., Artyukhov, A.E. (2022). Immersive learning technology for ensuring quality education: Ukrainian university case. *CEUR Workshop Proc.*, 3085, 336–354. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3085/paper12.pdf>. [in English]

10. McGovern, E., Moreira, G., Luna-Nevarez, C. (2020). An application of virtual reality in education: Can this technology enhance the quality of students' learning experience? *J. Educ. Bus.*, 95 (3), 1–7. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/08832323.2019.1703096> [in English]

11. Poupard, M., Larrue, F., Sauzéon, H., Tricot, A. (2024). A systematic review of immersive technologies for education: effects of cognitive load and curiosity state on learning performance. URL: <https://hal.science/hal-03906797v3> [in English]

12. Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Comput. Educ.*, 147, Article 103778. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778> [in English]

13. Tene, T., Marcatoma, T., Palacios, R. MdL, Mendoza, S., Vacacela, G. C., & Bellucci, S. (2024). Integrating immersive technologies with STEM education: a systematic review. *Front. Educ.*, 9, Article 1410163. URL: <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1410163> [in English]

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

НОСЕНКО Юлія Григорівна – кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу технологій відкритого навчального середовища Інституту цифровізації освіти НАПН України.

Наукові інтереси: цифровізація освіти, імерсивні технології в загальній середній освіті, змішане навчання.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

NOSENKO Yuliia Hryhorivna – Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Open Learning Environment Technologies at the Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine.

Scientific interests: digitization of education, immersive technologies in general secondary education, blended learning.

Стаття надійшла до редакції 11.10.2024 р.

УДК 373.5.016:811'243

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-216-242-246

ОСАДЧУК Ольга Петрівна –

викладач кафедри німецької мови Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6206-204X>

e-mail: osadchuk.olga@kpnu.edu.ua

КАЛИНЮК Тетяна Василівна –

кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри німецької мови Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8696-3286>

e-mail: kalyniuk@kpnu.edu.ua

БРАТИЦЯ Ганна Георгіївна –

кандидат філологічних наук, старший викладач кафедри німецької мови Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2716-5561>

e-mail: bratytsya@kpnu.edu.ua