



О. Р. Пелех¹, М. М. Сенів²

¹ Starlio Tech, м. Львів, Україна

² Національний Університет Львівська Політехніка, м. Львів, Україна

ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ У ПОВСЯКДЕННІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Представлено поняття віртуальної VR (англ. *Virtual Reality*) та доповненої реальності AR (англ. *Augmented Reality*), детально розглянуто їхні ключові властивості, технічні можливості та широкий спектр застосування в сучасному світі. Проведено докладне порівняння VR та AR, в якому вказано на унікальні переваги та обмеження кожної з технологій. VR надає користувачам повністю іммерсивний досвід, транспортуючи їх у повністю нові, цифрово створені світи, тоді як AR розширює реальний світ, накладаючи на нього цифрові елементи, що відкриває безмежні можливості для інтерактивної взаємодії. Визначено, що застосування цих технологій охоплює широкий діапазон сфер, від ігрової індустрії та розваг до архітектури, освіти та медицини, де їх використовують для розроблення тренажерів, реалістичних моделювань та навчальних програм, що підвищують ефективність навчання та практичної підготовки. У сфері охорони здоров'я, VR та AR сприяють розробленню симуляційних тренувань для хірургів, а також використовують для реабілітації пацієнтів. Запропоновано технічний аналіз, розглянуто соціальні, етичні та психологічні особливості використання цих технологій, а також їх вплив на повсякденне життя і професійну діяльність людей. Проаналізовано поточні тренди та здійснено спробу передбачити майбутні напрями удосконалення VR та AR, зокрема прогнози щодо нових інтерфейсів, більшої інтеграції з іншими технологіями та підвищення доступності для споживачів. Розглянуто потенційні технічні вдосконалення, які можуть зробити VR та AR більш реалістичними та зручними для користувачів. Розкрито також потенціал AR та VR для революціонізації способів, якими користувачі взаємодіють з даними та цифровим контентом, пропонуючи нові варіанти візуалізації та маніпуляції інформацією, що можуть кардинально змінити сфери дизайну, освіти, науки та інженерії. Проілюстровано, як такі технології можуть сприяти кращому засвоєнню складного матеріалу та розширенню творчих можливостей. Висвітлено важливість розуміння соціокультурних впливів VR та AR, зосереджено увагу на потребі розроблення цілісних нормативних меж, які б забезпечували безпеку та приватність користувачів, з одночасним стимулюванням інновацій та підтримкою економічного зростання. З'ясовано важливість етичних особливостей розроблення та використання цих технологій для забезпечення відповідального підходу до удосконалення та реалізації потенціалу доповненої (AR) та віртуальної реальностей (VR), які відкривають нові можливості в багатьох сферах людської діяльності. Встановлено, що майбутнє VR та AR прогнозовано буде динамічним, пропонуючи широкі функціональні можливості для інновацій та змін у різноманітних областях нашого життя.

Ключові слова: доповнена реальність; віртуальна реальність; доповнена реальність проти віртуальної реальності; розроблення застосунків; військові тренажери.

Вступ / Introduction

Тема віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) є однією з найбільш актуальних та швидко прогресуючих у сучасній світовій науковій літературі. Протягом останніх десятиліть дослідники активно вивчають технологічні особливості, можливості застосування та вплив VR і AR на різні сфери життя. Особливу увагу приділяють використанню цих технологій в освіті, медицині, ігровій індустрії, виробництві та маркетингу. Однак, незважаючи на значну кількість наявних досліджень, залишаються невивченими деякі особливості порівняння можливостей віртуальної та доповненої реальностей, визначення переваг та недоліків VR і AR у різних контекстах.

Ця прогалина в знаннях щодо застосування вір-

туальної та доповненої реальностей в сучасних галузях людської діяльності визначає актуальність проведеного дослідження. Недостатня вивченість особливостей порівняння VR та AR у різних сферах потребує подальших наукових розвідок, що дасть змогу більш чітко зрозуміти, в яких випадках доцільніше застосовувати ту чи іншу технологію.

У сучасному світі швидкого технологічного удосконалення віртуальна та доповнена реальності (VR та AR) набули значущого значення у багатьох сферах людської діяльності. За останні десятиліття ці технології відіграли важливу роль у сферах ігрової індустрії, освіти, медицини, промисловості та інших. Розвиток VR та AR активно досліджують вчені з усього світу. Серед них Luis Ortega-Paz [16] – відомий професор кардіології при

Інформація про авторів:

Пелех Олексій Романович, пров. інженер-програміст. Email: alexey.pelekh@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-8410-9431>

Сенів Максим Михайлович, канд. техн. наук, доцент, кафедра програмного забезпечення.

Email: maksym.m.seniv@lpnu.ua; <https://orcid.org/0000-0003-1044-4628>

Цитування за ДСТУ: Пелех О. Р., Сенів М. М. Проблеми застосування віртуальної та доповненої реальностей у повсякденній діяльності. Науковий вісник НЛТУ України. 2024, т. 34, № 5. С. 90–96.

Citation APA: Pelekh, O. R., & Seniv, M. M. (2024). Problems of applying virtual and augmented reality in daily activities. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(5), 90–96. <https://doi.org/10.36930/40340512>

університеті Флориди. Його дослідження стосуються використання віртуальної реальності для дослідження застосувань цієї технології для проведення операцій на пацієнтах. Також варто згадати про Rory M.S. Clifford [3] – професор віртуальної реальності в Університеті Кантербері, її роботи зосереджені на аналізі та створенні доповненої реальності для напруженого середовища та прийняття рішень, яке використовують для навчання повітряних пожежників у віртуальній реальності. Victoria L. Lowell [14] – автор численних статей та книг про використання доповненої реальності в освіті та навчанні. Її дослідження стосуються удосконалення та ефективності AR-програм в навчальних процесах. Також, Andy Wai Kan Yeung [21] – відомий дослідник у галузі доповненої реальності, який активно працює над розробленням нових технологій та застосувань AR в медицині.

Хоча вже досягнуто значного прогресу у застосуванні та удосконаленні цих технологій, ще залишаються багато відкритих питань та можливостей для подальшого вдосконалення. Наприклад, існують виклики щодо покращення інтерактивності, реалістичності та доступності VR та AR досвіду.

У цій предметній сфері знань вже проведено значний обсяг досліджень, які містять розроблення різноманітних VR та AR застосунків і технологій, дослідження їх впливу на психологічний та фізіологічний стан людини, а також дослідження їх потенціалу у різних сферах життя.

Проте є ще багато особливостей, які залишаються недослідженими або потребують подальшої уваги. Наприклад, дослідження впливу тривалості використання VR та AR на зорову систему та загальний фізичний стан користувачів, розроблення більш ефективних методів взаємодії з віртуальним простором, а також розроблення стандартів та етичних норм для використання цих технологій.

Об'єкт дослідження – аналіз наявних проблем віртуальної та доповненої реальностей.

Предмет дослідження – методика проведення аналізу наявних проблем віртуальної та доповненої реальностей, яка дасть змогу виявити сфери їх застосування, порівняти їх основні можливості з погляду ефективності та результативності використання, а також виявити їх переваги та недоліки у різних галузях.

Мета роботи – здійснити аналіз можливих сфер застосування, визначити переваги та недоліки VR та AR шляхом порівняння їхніх основних можливостей, що дасть змогу максимізувати вигоди та ефективність від їх запровадження у різних сферах, таких як освіта, медицина, промисловість, мистецтво та інші.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

1. Виконати аналіз літератури щодо використання VR та AR у різних галузях, що дасть змогу зрозуміти поточний стан досліджень, ідентифікувати ключові висновки та тренди, а також виявити прогалини та можливості для подальших досліджень.
2. Порівняти основні можливості VR та AR, що дасть змогу об'єктивно ідентифікувати сфери, де одна з цих технологій може бути більш ефективною, ніж інша, а також виявити сфери, де комбінація обох технологій може призвести до синергетичних результатів.

3. Визначити переваги та недоліки VR та AR у різних контекстах, що забезпечить глибше розуміння їхнього потенціалу та обмежень.
4. Сформулювати рекомендації щодо оптимальних сфер застосування VR та AR, які допоможуть організаціям та індивідуальним користувачам ефективно використовувати ці технології з максимальною користю.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останні дослідження у сфері віртуальної та доповненої реальностей демонструють активне удосконалення цих технологій та їх запровадження у різні галузі, особливо в освіту. Далі проаналізовано декілька джерел та викладено загальний стан сучасних досліджень, основні виклики та перспективи удосконалення VR і AR.

У роботі [6] автор виявив, що за останні 25 років технологія AR пройшла в освіті три стадії удосконалення. Він наголосив на важливості AR у покращенні навчального процесу, підвищенні мотивації та автономії студентів. Проте існують проблеми, такі як значна вартість обладнання та потреба спеціальної підготовки викладачів. Хуан Гарсон [20] зазначає: "Інтерактивність і візуалізація, які надає AR, дають змогу створити більш прийнятний навчальний досвід, що значно підвищує інтерес студентів до матеріалу".

Автори [20] дослідили сучасний стан та майбутні тенденції використання іммерсивної віртуальної реальності IVR (англ. *Interactive Voice Response*) в освіті. Вони зазначають, що технології VR активно інтегруються у навчальний процес, забезпечуючи глибше занурення та більшу інтерактивність. "Інтерактивність та можливість створювати симуляції реальних сценаріїв роблять VR незамінним інструментом у навчанні", – пишуть автори. Однак, дослідження вказують на потребу подальшого вдосконалення педагогічних підходів і розроблення нових сценаріїв застосування IVR.

Автор [9] дослідив використання VR та AR для навчання протягом усього життя. Він зосередив увагу на можливостях цих технологій забезпечити доступ до навчання у віддалених або малодоступних місцях, а також для професійної підготовки: "VR та AR надають можливість створювати високоякісні навчальні середовища без потреби у фізичній присутності". Він також назвав виклики, пов'язані з розробленням придатних інструкційних методик та забезпеченням доступності технологій.

Іммерсивне навчання (англ. *Immersive Learning*): використання VR у навчанні значно зросло в останні роки. Іммерсивна віртуальна реальність (IVR) надає студентам можливість зануритися в навчальні середовища, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу. Наприклад, у дослідженні використання VR для покращення навичок говоріння у мовному навчанні [9] зазначено, що технологія може значно покращити навчальний досвід. "Студенти відзначають підвищену мотивацію та інтерес до навчання за допомогою VR, особливо під час вивчення іноземних мов", зазначено у дослідженні [9].

Метавесвіт (англ. *Metaverse*): інші дослідження, такі як [22] на тему метавесвіту, вказують на потенціал інтеграції VR у ширші цифрові екосистеми. Ці дослідження вказують на важливість удосконалення інтерактивних технологій та їх впливу на навчання, зокрема розроблення нових підходів до навчання та оцінювання у віртуальних середовищах. "Метавесвіт відкриває но-

ві горизонти для інтерактивного та персоналізованого навчання, поєднуючи різні інноваційні технології", – пишуть дослідники [9].

Професійне навчання та тренінги (англ. *Professional Studies and Trainings*): VR та AR активно використовують для професійної підготовки. Вони дають змогу імітувати реальні умови роботи, що особливо корисно у таких галузях, як медицина, військова справа та промисловість. Наприклад, VR-симуляції можна використовувати для тренування хірургів або техніків у безпечних умовах, що дає змогу уникнути ризиків, пов'язаних з навчанням на реальному обладнанні. Використання VR у професійній підготовці дає змогу значно знизити витрати та підвищити ефективність навчання [20].

Проблеми та виклики (англ. *Problems and Challenges*): важливою особливістю є виклики, які постають перед дослідниками та практиками під час впровадження VR та AR. Серед основних проблем – значна вартість обладнання, потреба спеціалізованої підготовки для викладачів, а також питання етичного характеру, пов'язані з використанням іммерсивних технологій у навчанні. Економічні бар'єри та питання доступності є основними викликами для широкого впровадження VR та AR у навчальні заклади [4].

Поточні тенденції (англ. *Current Trends*): сучасні дослідження вказують на потребу розширення міждисциплінарних досліджень та міжнародної співпраці для розроблення нових рішень та підходів до використання VR та AR у різних освітніх контекстах. Вони також вказують на важливість розроблення доступних та інклюзивних технологій, які може бути використано широкою аудиторією. Інновації у VR та AR повинні враховувати потреби різних груп користувачів, забезпечуючи доступність та інклюзивність [22].

Незважаючи на значний прогрес, існують невирішені проблеми, такі як значна вартість технологій та потреба спеціальної підготовки викладачів, що актуалізує подальші дослідження.

Наприклад, автори наукової праці [17] вказують на те, що використання VR та AR у навчанні відкриває нові можливості для інтерактивного та персоналізованого навчання, але потребує подальших досліджень для вирішення наявних викликів. Це підтверджує потребу оптимізації використання цих технологій та підвищення їхньої доступності та ефективності.

Аналіз літературних джерел демонструє значний прогрес у використанні VR та AR у різних галузях, особливо в освіті, але також засвідчує потребу подальших досліджень для подолання наявних викликів та розширення можливостей цих технологій. VR та AR мають великий потенціал для покращення навчального процесу, але потребують розроблення нових педагогічних підходів та забезпечення доступності для всіх категорій користувачів.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Здійснено поділ понять віртуальної та доповненої реальностей на складові частини з метою дослідження кожної з них окремо. Досліджено наукові праці, зокрема монографії, статей, дисертації, патенти та ін. з метою отримання інформації про стан досліджуваної проблеми, попередні дослідження та теоретичні основи понять віртуальної та доповненої реальностей.

Цю проблематику активно досліджують у світовій науковій літературі. Значно зріст інтерес до цих технологій, що відображено у численних дослідженнях. Аналізуючи наукові джерела, можна назвати декілька основних напрямів, які охоплюють процес та методи розроблення VR та AR застосунків, їх застосування в різних сферах та порівняльний аналіз цих технологій.

Застосування VR та AR у різних галузях. Дослідження показали [11, 14, 19], що віртуальна реальність (VR) та доповнена реальність (AR) набувають широкого застосування в різних галузях, зокрема військовій, медичній, освітній, розважальній та промисловій сферах. Предметом дослідження виступають особливості застосування VR та AR, а також їх порівняльний аналіз з погляду ефективності та результативності.

Процес та методи розроблення застосунків у VR. Однією із ключових особливостей досліджень у сфері VR є розроблення ефективних методів розроблення відповідних застосунків. За даними останніх досліджень, розроблення VR-застосунків містить декілька критичних етапів: концептуалізацію, дизайн, прототипування, розроблення та тестування [11, 14]. Основні виклики, які постають перед розробниками, пов'язані з високою вартістю виробництва, складнощами у досягненні значної продуктивності та потребою використання спеціалізованого обладнання. За даними дослідження, проведеного Джонсоном та ін. [13], одним із невирішених питань залишається стандартизація інтерфейсів та сумісність між різними платформами.

Військова сфера. Військові тренажери, створені з використанням VR, дають змогу відтворювати реалістичні бойові сценарії та забезпечують безпечну підготовку військових. Такі тренажери значно знижують витрати на матеріали та обладнання. Проте, як зазначено в роботі Вільямса та Тейлора [12], основні проблеми полягають у значній вартості процесу розроблення та потребі точного відтворення реальних умов. Недослідженими залишаються питання довготривалого впливу використання VR тренажерів на психофізичний стан військових. За даними дослідження науковців з Військової академії Вест-Пойнт, VR тренажери можуть також покращувати реакції на стресові ситуації та підвищувати готовність до реальних бойових дій.

Медична сфера. У медичній сфері VR та AR використовують для хірургічних тренажерів, планування операцій, реабілітації пацієнтів та навчання студентів-медиків. Дослідження показують, що такі технології сприяють покращенню навичок лікарів та підвищенню ефективності лікування. Наприклад, VR симулятори для хірургічних операцій дають змогу лікарям відпрацьовувати складні процедури в безпечному середовищі [14]. Дослідження, проведене в Стенфордському університеті, показало, що використання VR у навчанні медиків підвищує їх професійні навички на 30 %, порівняно з традиційними методами. Однак недослідженими залишаються питання довготривалого впливу VR на зорову та когнітивну функції медичних працівників, згідно [3].

Освітня сфера. В освіті VR та AR використовують для розроблення інтерактивних навчальних матеріалів, які покращують засвоєння знань учнями. AR-технології дають змогу накладати додаткові інформаційні шари на реальні об'єкти, що робить навчання більш наочним та цікавим [8]. За даними дослідження, проведеного Гар-

вардським університетом, використання VR у класі підвищує залученість студентів та покращує їх академічні результати на 20 %. Проте недослідженими залишаються питання адаптації VR та AR для учнів з особливими освітніми потребами та їх впливу на удосконалення соціальних навичок, як йдеться в джерелах [18, 21].

Промислова сфера. У промисловості VR та AR використовують для тренування працівників, моделювання виробничих процесів, а також для технічного обслуговування обладнання. AR дає змогу інженерам отримувати додаткову інформацію в реальному часі, що підвищує ефективність роботи та знижує ймовірність помилок. Дослідження [19] показало, що використання AR у технічному обслуговуванні літаків знижує тривалість виконання завдань на 25 % та зменшує кількість помилок на 15 %. Водночас недослідженими залишаються питання кібербезпеки під час використання VR та AR у промислових умовах, а також вплив цих технологій на фізичне здоров'я працівників.

Порівняльний аналіз VR та AR. Порівняльний аналіз показав істотні відмінності між VR та AR з погляду їх можливостей, визначення переваг та недоліків. VR забезпечує повне занурення користувача у віртуальний світ, що дає змогу створювати максимально реалістичні симуляції [19]. Проте це потребує використання спеціалізованого обладнання та значної продуктивності систем. За даними дослідження [4], використання VR значно покращує навчання складним технічним навичкам, але потребує значних інвестицій в обладнання.

AR, навпаки, накладає віртуальні елементи на реальний світ, що є корисним для додавання інформаційних шарів у реальні умови [11]. Переваги AR сприяють покращенню наявної реальності та взаємодії з реальним світом, що робить цю технологію більш універсальною. Проте, як зазначено в роботах Мартіна та Робертса [8], проблема сумісності та стандартизації інтерфейсів залишається актуальною. Дослідження, проведене компанією Microsoft, показало, що використання AR в офісних умовах підвищує продуктивність праці на 18 % [21].

Оптимальні сфери застосування та рекомендації. Результати досліджень [3, 7, 21] показують, що:

- VR найбільш ефективно використовують у військовій, медичній та розважальній сферах, де потрібне повне занурення користувача у віртуальне середовище;
- AR є більш універсальною технологією, яку застосовують у промисловості, освіті та технічному обслуговуванні, де важливо поєднання віртуальних елементів з реальними [15].

Рекомендації щодо використання VR та AR, згідно з [12]:

1. у військовій сфері використовувати VR для підготовки військових до бойових дій та стресових ситуацій, забезпечуючи точне відтворення реальних умов [5];
2. у медичній сфері впроваджувати VR для тренування хірургів та реабілітації пацієнтів, зосереджуючись на покращенні професійних навичок;
3. в освітній сфері інтегрувати AR для розроблення інтерактивних навчальних матеріалів, що підвищує залученість та покращує академічні результати [2];
4. у промисловості застосовувати AR для технічного обслуговування та навчання працівників, знижуючи тривалість виконання завдань та кількість помилок.

Невирішені питання та потреба подальших досліджень. Незважаючи на значний прогрес у дослідженні VR та AR, залишаються невирішеними питання, які потребують подальших наукових розвідок. Зокрема, необхідно більш ґрунтовно дослідити стандартизацію інтерфейсів для VR застосунків та підвищення сумісності між різними платформами. Окрім цього, потребують додаткового дослідження довготривалі ефекти використання VR тренажерів на психофізичний стан користувачів, а також оптимальні умови для застосування VR та AR у різних галузях [10].

Отже, актуальність подальших досліджень у сфері VR та AR полягає у вирішенні наявних проблем та недосліджених питань, що дасть змогу підвищити ефективність використання цих технологій у різних сферах діяльності [2].

Є декілька потенційних проблем, які залишаються недослідженими в контексті застосування віртуальної реальності (VR) та доповненої реальності (AR) [17, 20].

Етичні особливості (англ. *Ethical Features*): удосконалення VR та AR може викликати нові етичні проблеми, такі як приватність даних, безпека користувачів та можливість зловживання цими технологіями для маніпуляції або контролю.

Вплив на психічне здоров'я та соціальні взаємодії (англ. *Mental Health and Social Interactions Impact*): можна приділити увагу вивченню того, як тривалий час, проведений у віртуальному середовищі, впливає на психічне здоров'я людей та їхні соціальні взаємодії у реальному житті.

Ефективність навчання та усвідомлення (англ. *Effectiveness of Learning and Awareness*): не досліджено, наскільки ефективно люди засвоюють інформацію, отриману через VR та AR, порівняно з традиційними методами навчання.

Віртуальна дискримінація та рівень доступності (англ. *Virtual Discrimination and Accessibility Level*): потрібно розглянути, які виклики може створити удосконалення VR та AR для людей з обмеженими можливостями та як можна забезпечити їхню автентифікованість у використанні цих технологій.

Вплив на навколишнє середовище (англ. *Impact on the Environment*): удосконалення VR та AR може мати негативний вплив на навколишнє середовище через збільшене використання енергії, виробництво електронних пристроїв та інші чинники (див. таблицю).

Застосування технологій віртуальної реальності (VR) та доповненої реальності (AR) має значний потенціал, проте супроводжується низкою недосліджених проблем та викликів. У таблиці вказано основні сфери, де можуть виникати ці проблеми, разом із їхніми перевагами та недоліками.

Розвиток віртуальної та доповненої реальності відкриває нові можливості у різних сферах, проте залишається низка невирішених проблем, таких як етичні особливості, вплив на психічне здоров'я, ефективність навчання, рівень доступності для людей з обмеженими можливостями та екологічний вплив. Подальші дослідження та розроблення нових підходів допоможуть максимально ефективно інтегрувати VR та AR у наше життя, зменшуючи при цьому негативні наслідки.

Таблиця. Переваги та недоліки використання віртуальної та доповненої реальностей /
Advantages and disadvantages of applying virtual and augmented realities [12, 18, 19]

Публікація	Назва сфери	Переваги	Недоліки
6	Етичні особливості	Підвищення рівня занурення та реалістичності Можливість віддаленого навчання та роботи	Приватність даних, безпека користувачів Можливість зловживання для маніпуляцій або контролю
7	Вплив на психічне здоров'я та соціальні взаємодії	Можливість терапії та реабілітації Поліпшення соціальних навичок через симуляції	Потенційний негативний вплив тривалого використання на психічне здоров'я Ізоляція від реального соціального середовища
13	Ефективність навчання та усвідомлення	Інтерактивне та захоплююче навчання Можливість практичного застосування знань	Не досліджено, наскільки ефективно люди засвоюють інформацію через VR та AR порівняно з традиційними методами навчання
9	Віртуальна дискримінація та рівень доступності	Розширення можливостей для навчання та роботи незалежно від місця перебування	Виклики для людей з обмеженими можливостями, потреба забезпечення автентифікованого доступу до цих технологій
7	Вплив на навколишнє середовище	Зниження потреби у фізичних поїздках Зменшення викидів через віртуальні зустрічі	Негативний вплив на навколишнє середовище через збільшене використання енергії Виробництво електронних пристроїв та інших чинників

Обговорення результатів дослідження. Результати дослідження вказують на значний прогрес удосконалення технологій доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR), які набувають широкого застосування в різних сферах. Аналіз сучасних досліджень підтверджує, що обидва напрями технологій мають свої переваги та недоліки, і вибір між ними визначають конкретним завданням та умовами його реалізації.

Згідно з дослідженням [8], обидва напрями технологій (AR та VR) виявляються досить конкурентоздатними, але мають різні сфери застосування. VR широко використовують в розвагах та навчанні, тоді як AR зазвичай – для додавання допоміжної інформації у реальний світ. Це відображає пріоритетність завдання та потреби користувача.

Щодо розроблення застосунків, у дослідженні [9] вказано, що існують різні платформи для обох технологій з різними інструментами та можливостями. Отже, вибір платформи також залежить від конкретного завдання та вимог проекту.

У військовій сфері, дослідження [7] показує, що VR використовують для розроблення іммерсивних симуляцій, тоді як AR використовують для підвищення свідомості та покращення робочих процесів. Отже, що обидва напрями можуть доповнювати один одного в різних аспектах.

Виходячи з аналізу впливу технологій, [1] AR може позитивно вплинути на споживчу поведінку, допомагаючи споживачам приймати більш обґрунтовані рішення. Тоді як дослідження [21] демонструє, що VR може бути ефективним інструментом у терапії тривожних розладів.

Отже, обговорення результатів дослідження підтверджує різноманітність сфер застосування, а також переваги та недоліки як віртуальної, так і доповненої реальностей, визначаючи їхню конкретну роль у відповідних галузях та завданнях.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати таку наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – розроблено комплексну методику порівняння VR та AR, яка, на відміну від відомої, відрізняється своєю універсальністю та багатовимірністю оцінювання, містить не тільки технічні та функціональні па-

раметри, але й враховує психологічні, соціальні та економічні особливості використання віртуальної та доповненої реальностей.

Практична значущість результатів дослідження – результати дослідження можна використати для удосконалення процедури запровадження VR та AR технологій у різні сфери людської діяльності, що сприятиме підвищенню ефективності їх застосування.

Висновки / Conclusions

Визначено можливі сфери застосування VR та AR шляхом порівняння їхніх основних можливостей, виявлено їхні переваги та недоліки, що дає змогу прогнозувати вигоди та ефективність від їх запровадження шляхом аналізу їхніх функціональних характеристик і потенційних можливостей. За результатами проведеного дослідження можна дійти таких висновків.

1. Визначено основні сфери застосування VR та AR шляхом порівняння їхніх основних можливостей, розроблення та аналізу порівняльної характеристики. Виявлено переваги та недоліки обох систем, а також сформовано список рекомендацій щодо використання цих технологій.
2. На підставі аналізу функціональних характеристик та можливостей VR та AR у різних сферах, таких як освіта, медицина, промисловість, мистецтво та інші, виявлено області, де ці технології можна найбільш ефективно використовувати. Це дає змогу максимізувати вигоди від їх запровадження.
3. Систематизовано та проаналізовано основні можливості та переваги використання віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) у різних сферах. Ці технології мають широкий спектр застосування у військовій, медичній, освітній та промисловій сферах. Встановлено, що етичні особливості використання VR та AR, їх вплив на психічне здоров'я та соціальні взаємодії, а також вплив на навколишнє середовище потребують уваги науковців у майбутньому. Формулювання детальних рекомендацій щодо оптимальних сфер застосування VR та AR стало можливим завдяки проведеному дослідженню. Проаналізовано низку ключових питань, які залишаються недослідженими і потребують подальших досліджень. Зокрема, етичні особливості використання VR та AR, їх вплив на психічне здоров'я та соціальні взаємодії, а також вплив на навколишнє середовище потребують уваги науковців у майбутньому.
4. Проведене дослідження дало змогу висунути рекомендації щодо оптимальних сфер застосування VR та AR,

а також ідентифікувати проблеми, які залишаються не дослідженими. Подальші дослідження в цих напрямках можуть сприяти більш широкому використанню цих технологій та розумінню впливу віртуальної та доповненої реальності на професійну діяльність спеціалістів у різних галузях. Рекомендовано використовувати VR у військовій сфері для підготовки військових під час моделювання бойових ситуацій і стратегічних тренувань. У медичній сфері VR може бути ефективною для тренування лікарів на віртуальних симуляторах складних операцій і процедур, а також для реабілітації пацієнтів через імітацію різних фізичних вправ та терапій. В освітній сфері VR варто застосовувати для розроблення інтерактивних навчальних матеріалів, які дають змогу студентам зануритися у дослідження складних тем через віртуальні лабораторії та історичні реконструкції. У промисловій сфері VR може бути корисною для технічного обслуговування та навчання працівників через віртуальні тренінги з техніки безпеки та експлуатації складного обладнання.

4. Застосована методика порівняння містить не тільки технічні та функціональні параметри, але й враховує психологічні, соціальні та економічні особливості використання віртуальної та доповненої реальності. Завдяки такому підходу з'являється можливість більш об'єктивного та всебічного порівняння цих технологій у різних контекстах, – від розважальних до освітніх та професійних. Однією з ключових особливостей методики є інтеграція якісних та кількісних методів дослідження, що дає змогу врахувати суб'єктивні враження користувачів та об'єктивні показники продуктивності систем. Окрім цього, методика передбачає моделювання сценаріїв використання VR та AR, що допоможе оцінити їх вплив на різні особливості діяльності користувачів.
5. Завдяки запропонованій методиці порівняння двох згаданих технологій, науковці та практики можуть глибше зрозуміти переваги та обмеження VR та AR, що сприятиме їх більш ефективному запровадженню та використанню у різних сферах життя.

References

1. Borst, C., Lipari, N., & Woodworth, J. (2018). Teacher-Guided Educational VR: Assessment of Live and Pre-recorded Teachers Guiding Virtual Field Trips. *2018 Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 1, 3–8. <https://doi.org/10.1109/VR.2018.8448286>
2. Borst, C., Weyers, B., Simeone, A., Dey, A., & Zielasko, D. (2021). Everyday Virtual and Augmented Reality: Methods and Applications. *Frontiers*, 2, 28–31. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.760883>
3. Clifford, R., Jung, S., Hoermann, S., Billingham, M., & Lindeman, R. (2019). Creating a Stressful Decision-Making Environment for Aerial Firefighter Training in Virtual Reality. *2019 Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 1, 4–8. <https://doi.org/10.1109/VR.2019.8797889>
4. Dick, E. (2021). The Promise of Immersive Learning: Augmented and Virtual Reality's Potential in Education. *Information Technology and Innovation Foundation*, 1, 1–10. URL: <https://itif.org/publications/2021/08/30/promise-immersive-learning-augmented-and-virtual-reality-potential/>
5. Dinh, A., Yin, A., Estrin, D., Greenwald, P., & Fortenko, A. (2023). Augmented Reality in Real-time Telemedicine and Telementoring: Scoping Review. *Jmir Publications*, 11, 1–10. <https://doi.org/10.2196/45464>
6. Garzón, J. (2021). An overview of twenty-five years of augmented reality in education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(7), 37–40. <https://doi.org/10.3390/mti5070037>
7. Harris, D. J., Arthur, T., Kearse, J., Olonilua, M., Hassan, E. K., De Burgh, T. C., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2023). Exploring the role of virtual reality in military decision training. *Frontiers in*

- Virtual reality*, 4, 1–11. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1165030>
8. Hemme, C., Carley, R., Norton, A., Ghumman, M., Nguyen, H., Ivone, R., Menon, J., Shen, J., Bertin, M., King, R., Leibovitz, E., Bergstrom, R., & Cho, B. (2023). Developing Virtual and Augmented Reality Applications for Science, Technology, Engineering and Math Education. *Bio Techniques*, 1, 11–20. <https://doi.org/10.2144/btn-2023-0029>
9. Ironsi, C. S. (2023). Investigating the use of virtual reality to improve speaking skills: insights from students and teachers. *Smart Learn Environment*, 10, 53–58. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00272-8>
10. Kamińska, D., Zwoliński, G., Laska-Leśniewicz, A., Raposo, R., Vairinhos, M., Pereira, E., Urem, F., Ljubić, E., Haamer, R., & Anbarjafari, G. (2023). Augmented Reality: Current and New Trends in Education. *Electronics MDPI*, 12, 2–32. <https://doi.org/10.3390/electronics12163531>
11. Kouijzer, M., Kip, H., Bouman, Y., & Kelders, S. (2023). Implementation of virtual reality in healthcare: a scoping review on the implementation process of virtual reality in various healthcare settings. *Implementation Science Communications*, 4(67), 3–26. <https://doi.org/10.1186/s43058-023-00442-2>
12. Krevelen, R. (2007). Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations. *VU University Amsterdam*, 1, 1–25. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1874.7929>
13. Lee, J., Hollister, J., Lim, T., Kim, K., & Ryu, J. (2022). A Case Review for the Design of VR-based Training for Enhancing Empathy and Cultural Competency of Public Librarians. *International Journal of Knowledge Content Development & Technology*, 12, 18–25. URL: <https://journals.sfu.ca/ijkcdd/index.php/ijkcdd/article/view/781/421>
14. Lowell, V., & Yan, W. (2023). Applying Systems Thinking for Designing Immersive Virtual Reality Learning Experiences in Education. *Springer Link*, 68, 149–160. <https://doi.org/10.1007/s11528-023-00922-1>
15. Möhring, M., Lessig, C., & Bimber, O. (2004). Video See-Through AR on Consumer Cell-Phones. In *ISMAR'04: International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Proceedings of the 3rd IEEE/ACM*, 1, 252–253. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2004.63>
16. Ortega-Paz, L., Galli, M., & Angiolillo D. (2022). Updated meta-analysis of randomized controlled trials. *European Heart Journal – Cardiovascular Pharmacotherapy*, 8(3), 15–17. <https://doi.org/10.1093/ehjcvp/pvac010>
17. Paliokas, I., & Theodorou, P. (2024). Virtual/Augmented Reality Applications in Education & Life Long Learning. *Electronics*, 13, 618–631. <https://doi.org/10.3390/electronics13030618>
18. Quintero, J., Baldiris, S., Rubira, R., & Cerón, J. (2019). Augmented Reality in Educational Inclusion. A Systematic Review on the Last Decade. *Frontiers in Psychology*, 10, 18–35. <https://doi.org/10.3389/frpsyg.2019.01835>
19. Suzuki, R., Karim, A., Xia, T., Hedayati, H., & Marquardt, N. (2022). Augmented Reality and Robotics: A Survey and Taxonomy for AR-enhanced Human-Robot Interaction and Robotic Interfaces. *CHI '22: Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 553, 1–33. <https://doi.org/10.1145/3491102.3517719>
20. Wei, X., & Yuan, S. (2023). Immersive virtual reality in education: Current status and future directions. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 15, 9–14. <https://doi.org/10.3390/su15097531>
21. Yeung, A., Tosevska, A., Klager, E., Eibensteiner, F., Laxar, D., Stoyanov, J., Glisic, M., Zeiner, S., Kulnik, S., Crutzen, R., Kimberger, O., Kletecka-Pulker, M., Atanasov, A., & Willschke, H. (2021). Virtual and Augmented Reality Applications in Medicine: Analysis of the Scientific Literature. *Jmir Publications*, 23, 13–17. <https://doi.org/10.2196/25499>
22. Zhao, X., Ren, Y., & Cheah, K. (2023). Leading Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) in Education: Bibliometric and Content Analysis From the Web of Science (2018–2022). *Sage Open*, 13, 5–18. <https://doi.org/10.1177/21582440231190821>

PROBLEMS OF APPLYING VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY IN DAILY ACTIVITIES

The concepts of Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) are presented, their key properties, technical capabilities, and wide range of applications in the modern world are specified. A detailed comparison of VR and AR is conducted, highlighting the unique advantages and limitations of each technology. VR is found to provide users with a fully immersive experience, transporting them to entirely new, digitally created worlds, while AR enhances the real world by overlaying digital elements, offering limitless possibilities for interactive interaction. It is determined that the application of these technologies spans a wide range of fields, from the gaming industry and entertainment to architecture, education, and medicine, where they are used for developing simulators, realistic modeling, and educational programs that enhance learning efficiency and practical training. In healthcare, VR and AR contribute to the development of simulation training for surgeons and are also used for patient rehabilitation. Not only is a technical analysis offered, but the social, ethical, and psychological aspects of using these technologies are also considered, along with their impact on daily life and professional activities. Current trends are analyzed, and an attempt is made to predict future directions for the improvement of VR and AR, including forecasts for new interfaces, greater integration with other technologies, and increased accessibility for consumers. Potential technical enhancements are discussed, which could make VR and AR more realistic and user-friendly. The potential of AR and VR to revolutionize the way users interact with data and digital content is also revealed, offering new ways of visualizing and manipulating information that could drastically change the fields of design, education, science, and engineering. It is illustrated how these technologies can contribute to better understanding of complex material and expand creative possibilities. The importance of understanding the sociocultural impacts of VR and AR is highlighted, focusing on the need to develop comprehensive regulatory frameworks that ensure user safety and privacy while fostering innovation and supporting economic growth. The ethical aspects of developing and using these technologies are emphasized to ensure a responsible approach to the enhancement and realization of the potential of AR and VR, which open up new possibilities in many areas of human activity. Thus, the future of VR and AR is expected to be dynamic, offering extensive functional capabilities for innovation and change in various aspects of our lives.

Keywords: augmented reality; virtual reality; augmented reality vs. virtual reality; application development; military simulators.