

Анастасія КУЩЕНКО,

orcid.org/0000-0001-8157-6156

*аспірантка, асистент кафедри графічного дизайну
Київського національного університету технологій та дизайну
(Київ, Україна) inastyia394@gmail.com*

ДИЗАЙН ІНТЕРФЕЙСІВ ЗМІШАНОЇ РЕАЛЬНОСТІ (MRUI)

У сучасному світі інформаційних технологій змішана реальність (Mixed Reality, MR) займає унікальне місце, поєднуючи елементи віртуальної та доповненої реальності для створення нових взаємодій між людиною та цифровим середовищем. Це відкриває безпрецедентні можливості для розширення горизонтів взаємодії з цифровим контентом та інтеграції віртуальних об'єктів у реальне життя, що вимагає інноваційного підходу до проєктування дизайну інтерфейсів змішаної реальності (MRUI).

У статті досліджено значення графічного дизайну в MRUI для створення інтуїтивно зрозумілих, ефективних та естетично привабливих інтерфейсів, що сприяють підвищенню залученості користувачів та покращенню загального досвіду використання. Встановлено що графічний дизайн допомагає вирішувати унікальні виклики, які постають перед розробниками MR, включаючи забезпечення безперервності взаємодії між реальним і віртуальним світами, оптимізацію візуального сприйняття та навігації.

Проаналізовано останні тенденції в розвитку MRUI, включаючи адаптацію інтерфейсів до потреб користувачів, розробку природних та інтуїтивних форм взаємодії наприклад, жестів і голосових команд, та інтеграцію тактильних відчуттів для збагачення досвіду використання MR. В результаті аналізу виявлено технологічні можливості дизайну інтерфейсів змішаної реальності. Аналіз інтерфейсу доповненої реальності, зокрема розвитку технологій носимих пристроїв, які забезпечують ефективність взаємодії користувача з реальним та віртуальним світами, та використання змішаної реальності в різноманітних сферах – від освіти та медицини до розваг та промисловості. На основі аналізу інтерфейсу, інноваційного продукту змішаної реальності, гарнітури Meta Quest Pro виявлено що завданням сучасних графічних дизайнерів є інноваційне мислення та адаптація до нових викликів в створенні дизайну інтерфейсу змішаної реальності. Дослідження вказує на успіх майбутніх застосунків змішаної реальності які значною мірою залежать від розвитку інноваційних підходів до дизайну MRUI, які задовольняють вимоги користувачів до зручності, функціональності та естетичної привабливості.

Ключові слова: *дизайн інтерфейсів користувача (UI), графічний дизайн, доповнена реальність (AR), змішана реальність (MR), інформаційні технології (IT).*

Anastasiia KUTSENKO,

orcid.org/0000-0001-8157-6156

*Postgraduate, Assistant at the Department of Graphic Design
Kyiv National University of Technologies and Design
(Kyiv, Ukraine) inastyia394@gmail.com*

MIXED REALITY INTERFACE DESIGN (MRUI)

In the modern world of information technology, Mixed Reality (MR) holds a unique place, combining elements of virtual and augmented reality to create new interactions between humans and the digital environment. This opens unprecedented opportunities for expanding the horizons of interaction with digital content and integrating virtual objects into real life, requiring an innovative approach to the design of Mixed Reality interfaces (MRUI).

The article explores the significance of graphic design in MRUI for creating intuitive, effective, and aesthetically appealing interfaces, which contribute to increasing user engagement and improving the overall user experience. It is established that graphic design helps address the unique challenges faced by MR developers, including ensuring continuity of interaction between the real and virtual worlds, optimizing visual perception and navigation. The latest trends in MRUI development are analyzed, including the adaptation of interfaces to user needs, the development of more natural and intuitive forms of interaction, for example, gestures and voice commands, and the integration of tactile sensations to enrich the MR experience. As a result of the analysis, technological possibilities for the design of mixed reality interfaces have been revealed.

The analysis of MRUI, particularly the development of wearable technology devices that ensure the efficiency of user interaction with the real and virtual worlds, and the use of mixed reality in various fields—from education and medicine to entertainment and industry—is crucial. Based on the analysis of the interface of the innovative mixed reality product, the Meta Quest Pro headset, it has been revealed that the task of modern graphic designers is to think innovatively and adapt to new challenges in creating mixed reality interface design. The research indicates that the success of future mixed

reality applications will largely depend on the development of innovative approaches to MRUI design that can meet user requirements for convenience, functionality, and aesthetic appeal.

Key words: *user interface design (UI), graphic design, augmented reality (AR), mixed reality (MR), information technology (IT).*

Постановка проблеми. Дизайн інтерфейсів змішаної реальності (MRUI) акцентує на зростаючій потребі розробки ефективних, інтуїтивно зрозумілих та естетично привабливих інтерфейсів для технологій змішаної реальності (MR). Розвиток технологій змішаної реальності визначає унікальні завдання для дизайнерів інтерфейсів, зокрема: забезпечення інтуїтивності та доступності; інтеграція фізичного та цифрового світів; врахування візуального сприйняття та комфорту користувачів; адаптація до різноманітних сценаріїв використання; безпека та приватність.

Розв'язання поставлених завдань вимагає міждисциплінарного підходу, який об'єднує знання з графічного дизайну, когнітивної психології, інформаційних технологій та ергономіки. Також виникає потреба у розробці нових методів проектування, що дозволять створювати інтерфейси, які відповідають високим стандартам зручності використання, естетики та функціональності в контексті змішаної реальності.

Аналіз досліджень. У швидко змінюваному ландшафті цифрових технологій змішана реальність (MR) виступає як поєднання фізичного та віртуального світів, відкриваючи нові можливості для взаємодії людини з інформаційною системою. З розвитком технології MR, дизайн інтерфейсів користувача змішаної реальності (MRUI) є критичною сферою досліджень, що вимагає глибокого розуміння потреб користувачів, технологічних можливостей та контекстів середовища. Сучасний стан досліджень дизайну MRUI, досліджує виклики, інновації та методології, які визначають цю динамічну область. Дослідження в області дизайну інтерфейсів змішаної реальності відкриває нові можливості для покращення інтерактивних технологій, створення інноваційних користувацьких досвідів та розробки нових підходів до інтеграції цифрового та фізичного світів.

У статті “A taxonomy of mixed reality visual displays”, автори П. Мілгрем та Ф. Кішіно розробили таксономію візуальних дисплеїв змішаної реальності, яка охоплює діапазон від повністю реального до повністю віртуального середовища. Автори дослідження ввели поняття «Віртуально-реального континууму» (Virtuality Continuum), на якому розташовані різні типи середовищ змішаної реальності. Таксономія П. Мілгрема та Ф. Кішіно демонструє, як можуть бути поєднані реальні та

віртуальні об'єкти в одному середовищі, пропонує систематичний підхід до класифікації та дослідження візуальних дисплеїв змішаної реальності. Ця робота має значний вплив на розвиток досліджень у галузі змішаної (MR), доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR), надаючи фундаментальну основу для подальшого аналізу та проектування систем змішаної реальності.

У статті “What is mixed reality?”, автори М. Шпайхер, Б. Д. Холл та М. Небелінг досліджують поняття змішаної реальності (Mixed Reality, MR), намагаючись надати йому чітке визначення та відмежування від суміжних технологій, таких як віртуальна (VR) та доповнена реальність (AR). Стаття була представлена на конференції СНІ 2019, що є однією з провідних платформ для обговорення досліджень у галузі людсько-комп'ютерної взаємодії. На основі своїх досліджень, М. Шпайхер, Б. Д. Холл та М. Небелінг запропонували новий підхід до визначення MR, який враховує широкий спектр можливостей інтеграції реальних та віртуальних компонентів. Ця робота сприяє кращому розумінню MR як області, що швидко розвивається, і вказує на необхідність подальших досліджень для розробки стандартів і методологій в цій області, щоб сприяти інноваціям та покращенню користувацького досвіду в системах змішаної реальності.

Стаття “Real-time Object Detection and Tracking in Mixed Reality using Microsoft HoloLens”, авторства А. Фарасін, Ф. Печароло, М. Гранжетто, Е. Джанарія та П. Гарца, зосереджена на реалізації системи в реальному часі для виявлення та відстеження об'єктів у змішаній реальності, використовуючи гарнітуру Microsoft HoloLens. Дослідники розробили систему, яка інтегрується з гарнітурою HoloLens для створення інтерактивного досвіду змішаної реальності, де користувачі можуть взаємодіяти з віртуальними об'єктами, які вбудовані в реальне середовище. Результати дослідження показали, що запропонована система забезпечує ефективно виявлення та відстеження об'єктів у змішаній реальності, відкриваючи нові можливості для розробки додатків у сферах освіти, розваг, промисловості та медицини.

У статті “Visual Coherence in Mixed Reality: A Systematic Enquiry”, авторів Д. Коллінза, Х. Регенбрехта та Т. проводиться систематичне дослідження візуальної узгодженості в зміша-

ній реальності (MR). Автори статті прагнуть розкрити, як візуальна узгодженість впливає на досвід користувача в середовищі MR, визначаючи ключові фактори, що сприяють збереженню візуальної консистентності між реальними та віртуальними елементами. Дослідження зосереджено на аналізі різних аспектів візуальної узгодженості, включаючи світлові умови, тіні, відбиття та інші візуальні ефекти, які впливають на сприйняття реалістичності змішаної реальності.

Одним із ключових висновків статті є те, що високий рівень візуальної узгодженості між реальним та віртуальним компонентами значно підвищує рівень іммерсії та задоволення користувачів від взаємодії з середовищем MR. Також автори наголошують на важливості розробки інструментів та технік для дизайнерів і розробників, які дозволяють підвищити візуальну узгодженість в додатках змішаної реальності.

У статті “The future of mixed reality is adaptive”, опублікованій Д. Ліндлбауером, розглядається майбутнє змішаної реальності (MR) через призму адаптивних технологій. Автор стверджує, що розширенням можливостей та покращенням користувацького досвіду в MR є розвиток адаптивних систем, які можуть динамічно змінюватися відповідно до контексту користувача, його потреб та навколишнього середовища. Автор також обговорює виклики, пов’язані з реалізацією адаптивних MR-систем, включаючи потребу в розширених даних про користувача та середовище, необхідність забезпечення приватності та безпеки даних, а також складнощі в інтеграції фізичних та цифрових компонентів середовища.

Мета статті. Головною метою роботи є дослідження дизайну MRUI, зокрема як він сприяє підвищенню продуктивності користувачів, поліпшенню навчального досвіду і наданню більш ефективних інструментів для професійних застосувань, а також вивчити, як аспекти візуального дизайну впливають на сприйняття та ефективність MR-інтерфейсів. Визначити поточні тенденції та майбутні напрямки розвитку в дизайні інтерфейсів змішаної реальності, зокрема, з урахуванням новітніх технологій та потреб користувачів.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні концепції, які здавались фантастичними ще декілька десятиліть тому, втілились у реальність технологічного світу. Технології віртуальної (Virtual Reality, VR), доповненої (Augmented Reality, AR) та змішаної реальності (Mixed Reality, MR) перевернули людське сприйняття світу і стали частиною його фізичного середовища, змінивши багато аспектів повсякденного життя та різних галузей.

В галузі освіти та навчання віртуальна, доповнена та змішана реальності забезпечують інтерактивні та занурюючі навчальні досвіди, поліпшуючи пізнавальне засвоєння та практичні навички. В галузі медицини ці технології використовуються для тренування медичних фахівців, хірургічного моделювання та покращення пацієнтського досвіду. В сфері бізнесу технології VR, AR та MR підвищують ефективність та інноваційність бізнес-процесів, таких як дизайн продуктів і презентацій, та інше. Доповнена та змішана реальність відкривають нові можливості для віртуальної соціалізації та взаємодії.

Змішана реальність (Mixed Reality, MR) представляє собою фундаментальне нововведення в області інформаційних технологій і відкриває принципово нові можливості імерсивної взаємодії з користувачами. Технологія змішаної реальності (Mixed Reality, MR) поєднує віртуальну (Virtual Reality, VR) і доповнену реальність (Augmented Reality, AR), та пропонує новий інтерфейс для взаємодії користувача з інформаційною системою.

Змішана реальність (Mixed Reality, MR) – це технологія, яка об’єднує елементи реального та віртуального світу, створюючи новий простір взаємодії. Інтерфейс користувача змішаної реальності (Mixed Reality User Interface, MRUI) прагне максимізувати занурення користувача та його можливості взаємодії (Milgram, P., Kishino, F., 1994: 1).

На сьогоднішній день тривають наукові дискусії та дослідження для уточнення і розширення визначення змішаної реальності, які забезпечують чіткі орієнтири для дизайнерів, розробників і науковців в галузі інформаційних технологій.

Основні дискусії щодо визначення змішаної реальності стикаються через її схожість з доповненою реальністю. В процесі дослідження науковці М. Шпайхер, Б. Д. Холл і М. Небелінг встановили головний аспект який характеризує MR – це рух і взаємодія в цілому. В результаті аналізу 68 наукових публікацій дослідниками було сформовано шість працюючих визначень змішаної реальності і концептуальну основу із семи вимірів MR (Speicher, M., Hall, B. D., Nebeling, M., 2019: 2).

Різниця між змішаною і доповненою реальністю полягає в тому що доповнена реальність (AR) накладає цифровий вміст на реальний світ, покращуючи реальність за допомогою накладеної інформації, а змішана реальність є злиттям середовищ віртуального та реального світу, де цифрові та фізичні об’єкти співіснують і можуть взаємодіяти один з одним (Brian J. Park,

Stephen J. Hunt, Charles Martin, Gregory J. Nadolski, Bradford J. Wood, Terence P. Gade, 2020: 3).

Традиційно змішана реальність є континуумом із середовищем реального світу на одному кінці спектру до повністю віртуального середовища на протилежному (рис. 1) (Milgram P., Takemura H., Utsumi A., Kishino F., 1994: 4).

Змішана реальність є однією з передових технологій в світі. Сьогодні MR активно розвивається і впроваджується в різних галузях, включаючи ігри, навчання, медицину, дизайн і багато інших. Технологія змішаної реальності розширює можливості дизайну інтерфейсів, створюючи нові способи взаємодії користувача з інформацією та об'єктами навколо нього.

Дизайн інтерфейсів змішаної реальності використовує ряд технологій, до основних належить трекінг руху та жестів для взаємодії з віртуальними об'єктами, стереоскопічне відображення для глибини та перспективи віртуальних об'єктів, а також звукову взаємодію яка забезпечує аудіо-візуальний досвід користувача (Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M., 2011: 5).

На сьогоднішній день інноваційним продуктом змішаної реальності є гарнітура Meta Quest Pro, яка призначена для додатків змішаної та віртуальної реальності і орієнтована на широкий спектр користувачів (рис. 2). Гарнітура змішаної реальності Meta Quest Pro була офіційно представлена компанією Facebook у 2022 році (Meta Quest Pro. Wikipedia, 2023: 6).

Інтерфейс гарнітури змішаної реальності Meta Quest Pro розроблено з акцентом на зручність та

інтуїтивність використання. Інтерфейс MR в Meta Quest Pro поєднує передові технології візуалізації та трекінгу і забезпечує плавну та реалістичну взаємодію користувача з віртуальними об'єктами, а також вміщує інноваційні рішення для управління жестами, голосовими командами та іншими елементами взаємодії. Окрім цього, інтерфейс гарнітури забезпечує високоякісну графіку та плавність рухів, для реалістичного відчуття присутності користувача в змішаній реальності. Гарнітура має розширені можливості соціальної взаємодії і колаборації, для використання змішаної реальності в освіті, роботі та розвагах (Meta Quest Pro. Meta, 2023: 7).

Гарнітура Meta Quest Pro містить інтерфейс в якому функції, спрямовані на підвищення комфорту та безпеки користувача, а саме інтеграцію з фізичним середовищем, для підвищення обізнаності про навколишнє середовище під час використання гарнітури (рис. 3). Інтерфейс гарнітури зосереджений на ергономіці і на точності трекінгу рухів рук і голови що забезпечує комфортну та природну взаємодію з віртуальним середовищем для підвищення іммерсивності досвіду користувача.

Інтерфейс змішаної реальності гарнітури Meta Quest Pro містить розширені можливості для персоналізації та інтеграції з іншими пристроями та платформами, це забезпечує гнучкість у використанні гарнітури для різних потреб і сценаріїв. Такий підхід підкреслює важливість розробки дизайну інтерфейсів користувача змішаної реальності, які адаптуються до вимог користувачів та різних сфер застосування, підтверджуючи інноваційний потенціал змішаної реальності.

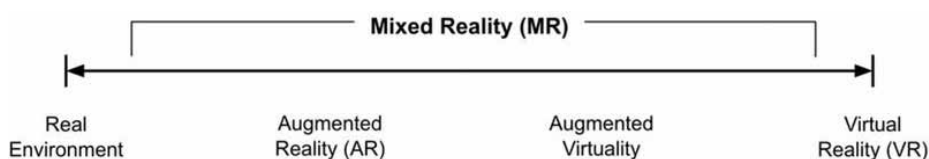


Рис. 1. Simplified representation of a RY Continuum by Milgram P [4]



Рис. 2. Гарнітура Meta Quest Pro



Рис. 3. Інтерфейс гарнітури Meta Quest Pro

Значна кількість досліджень в сфері дизайну MRUI фокусуються на розробці ефективних та інтуїтивних методів взаємодії в змішаній реальності. Основними темами є оптимізація трекінгу, адаптивність інтерфейсів та створення ефективних візуальних відгуків (Bowman, D. A., & McMahan, R. P., 2007: 8).

Оптимізація трекінгу в дизайні інтерфейсів змішаної реальності є критично важливою для забезпечення стабільної та високоякісної роботи MR додатків. Трекінг – це процес визначення розташування та орієнтації гарнітури змішаної реальності або інших пристроїв в реальному просторі. Оптимізація цього процесу допомагає забезпечити точну взаємодію віртуальних об'єктів з реальним світом і покращити загальний досвід користувача (Farasin, A.; Pesciarolo, F.; Grangetto, M.; Gianaria, E. and Garza, P., 2020: 9).

Сьогодні значна кількість дослідників і компаній активно працюють над оптимізацією трекінгу в дизайні інтерфейсів змішаної реальності, серед яких компанія Google і Microsoft, Magic Leap і Facebook. Компанія Facebook активно досліджує трекінг та розробляє продукти для змішаної реальності, такі як гарнітура Meta Quest Pro, через свою лабораторію Facebook Reality Labs. Команда дослідників у Microsoft активно працює над розробкою та оптимізацією трекінгу для гарнітури HoloLens.

Адаптивність дизайну інтерфейсів користувача змішаної реальності є головним аспектом, який забезпечує ефективність та зручність користувацького досвіду. Адаптивні інтерфейси в MR відповідають на зміни в контексті користувача та середовища, автоматично налаштовуючись для забезпечення оптимальної взаємодії.

Забезпечення оптимальної взаємодії в дизайні інтерфейсів змішаної реальності вміщує регулювання розмірів, положення та формату візуальних елементів, а також адаптацію до різних умов освітлення та фізичного простору. Адаптивні

інтерфейси змішаної реальності також враховують індивідуальні переваги та потреби користувачів, що підвищує інтуїтивність та загальну зручність використання MR-систем (David Lindlbauer, 2022: 10).

Створення ефективних візуальних відгуків за допомогою графічного дизайну у створенні інтерфейсів змішаної реальності має вагомe значення у забезпеченні інтуїтивної користувацької взаємодії. Візуальні відгуки повинні бути чіткими, швидкими та відповідними до дій користувача, щоб забезпечити зрозуміле і зручне спілкування з інтерфейсом MR (Jonny Collins, Holger Regenbrecht, Tobias Langlotz, 2017: 11).

Для забезпечення зрозумілого та зручного спілкування користувача з інтерфейсом змішаної реальності використовуються анімації, кольорні підказки, текстові повідомлення та інші елементи графічного дизайну, які допомагають користувачам орієнтуватися та взаємодіяти з MR-системою (рис. 4).

Ефективні візуальні відгуки в дизайні інтерфейсів користувача змішаної реальності, сприяють створенню інтуїтивно зрозумілого середовища. Використання візуальних елементів графічного дизайну сприяє легкості навігації та ефективній взаємодії користувача с середовищем змішаної реальності. За допомогою візуальної послідовності, контрасту та організації інформації графічний дизайн допомагає візуально розділяти віртуальні об'єкти від реального світу, підвищуючи якість занурення користувача в середовище змішаної реальності (рис. 5).

Графічний дизайн сприяє створенню інтерфейсу, який є не тільки естетично привабливим, але й функціонально зручним. Графічний дизайн застосовується для створення метафор та символів, які допомагають користувачам інтуїтивно розуміти та використовувати інтерфейс змішаної реальності, забезпечуючи плавну та зрозумілу взаємодію.

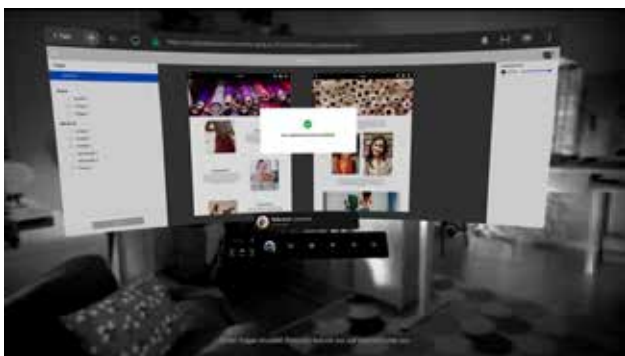


Рис. 4. Графічний дизайн в інтерфейсі змішаної реальності гарнітури Meta Quest Pro



Рис. 5. Приклад візуального розділення віртуальних об'єктів від реального світу в гарнітурі Meta Quest Pro



Рис. 6. Приклад зрозумілості і простоти графічного дизайну в інтерфейсі змішаної реальності гарнітури Meta Quest Pro

В дизайні інтерфейсів змішаної реальності значна увага приділяється інтуїтивності використання. Наприклад, в гарнітурі змішаної реальності Meta Quest Pro графічний дизайн відображає зрозумілість і простоту інтерфейсу, спрощуючи навігацію та взаємодію в змішаній реальності, що забезпечує позитивний користувацький досвід (рис. 6). Використовуючи візуальні елементи графічний дизайн підсилює занурення користувача в змішану реальність, тим самим підкреслюючи інноваційні можливості продуктів MR.

В дизайні інтерфейсів користувача змішаної реальності головним завданням графічного дизайну є створення гармонійного та цілісного середовища, яке враховує як естетичні, так і функціональні аспекти. Метою графічного дизайну є вдосконалення загального користувацького досвіду в середовищі змішаної реальності. Графічний дизайн продовжує еволюціонувати, відповідаючи на зміни в технологіях і користувацьких вимогах, а також забезпечує підтримку динамічно зростаючого потенціалу дизайну інтерфейсів змішаної реальності.

MRUI пропонує унікальні можливості, такі як колаборативна взаємодія в реальному часі та поглиблене навчання. Однак існують виклики, такі як технічні обмеження, потреби в забезпеченні ергономіки та безпеки користувача (Gabbard, J. L., Swan II, J. E., Nix, D., Kim, S. J., & Fitch, G., 2007: 12).

Інтерфейс користувача змішаної реальності представляє новий напрямок, який революціонізує спосіб, яким користувачі взаємодіють з інформаційними системами. Основним завданням дизайну інтерфейсів змішаної реальності є роз-

робка методів взаємодії, які є інтуїтивними, ефективними та комфортними для користувача.

Висновки. Дослідження сфери дизайну інтерфейсів змішаної реальності (MRUI) вказує ряд унікальних викликів та можливостей, які відкриває ця швидко розвиваюча область. Дослідження підкреслило критичну важливість інтуїтивно зрозумілих, доступних та естетично привабливих інтерфейсів для забезпечення ефективної взаємодії користувачів зі змішаною реальністю. Використання MRUI відкриває нові горизонти для розширення можливостей людського сприйняття та взаємодії з інформаційними системами, пропонує інноваційні рішення для навчання, розваг, медицини та інших сфер.

В результаті дослідження виявлено різницю між доповненою і змішаною реальністю, а також визначення MR. Аналіз можливостей дизайну MRUI показав ряд технологічних особливостей які забезпечують природню та інтуїтивну взаємодію користувача з MR-системою. Встановлено вагомий вплив графічного дизайну на проєктування MRUI, який оптимізує візуальне сприйняття та допомагає користувачу орієнтуватися та взаємодіяти з середовищем змішаної реальності. Виявлено що візуальна послідовність допомагає розділити віртуальні об'єкти від реального світу.

Отже, дизайн інтерфейсів змішаної реальності зазнає революційних змін та пропонує не лише нові виклики, але й необмежені можливості для розширення цифрового світу інформаційних систем. Активне дослідження, інновації та міждисциплінарна співпраця є ключовими факторами у реалізації потенціалу MRUI для створення залучаючих та ефективних користувацьких взаємодій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Milgram P., Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems* Vol. E77-D, № 12. 1994. P. 1321–1329.

2. Speicher M., Hall B. D., Nebeling M. What is mixed reality. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*. 2019. P. 1–15.
3. Park J. B., Hunt J. S., Charles M., Nadolski J. G., Wood J. B., Gade P. T. Augmented and Mixed Reality: Technologies for Enhancing the Future of IR. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. Elsevier. Vol. 31, № 7. 12 February. 2020. P. 1074–1082.
4. Milgram P., Takemura H., Utsumi A., Kishino F. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering 2351*. Telemanipulator and Telepresence Technologies. 1994. P. 282–292.
5. Carmigniani J., Furht B., Anisetti M., Ceravolo P., Damiani E., Ivkovic M. Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*. Vol. 51, № 1. 2011. P. 341–377.
6. Meta Quest Pro. Wikipedia : веб-сайт. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Meta_Quest_Pro (дата звернення 02.11.2023)
7. Meta Quest Pro. Meta : веб-сайт. URL: <https://www.meta.com/quest/quest-pro/#overview> (дата звернення 14.11.2023)
8. Bowman D. A., McMahan R. P. Virtual reality: how much immersion is enough?. *Computer, IEEE*. Vol. 40, № 7. 2007. P. 36–43.
9. Farasin A., Peciarolo F., Grangetto M., Gianaria E., Garza P. Real-time Object Detection and Tracking in Mixed Reality using Microsoft HoloLens. In *Proceedings of the 15th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*. SciTePress. Vol. 4. 2020. P. 165–172.
10. Lindlbauer D. The future of mixed reality is adaptive. *XRDS: Crossroads*. The ACM Magazine for Students. Vol. 29, № 1. 2022. P. 26–31.
11. Collins J., Regenbrecht H., Langlotz T. Visual Coherence in Mixed Reality: A Systematic Enquiry. Massachusetts Institute of Technology. Presence: Teleoperators and Virtual Environments. Vol. 26, № 1. 2017. P. 16–41.
12. Gabbard J. L., Swan II J. E., Hix D., Kim S. J., Fitch G. Active Text Drawing Styles for Outdoor Augmented Reality: A User-Based Study and Design Implications. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*. 2007. P. 193–196.

REFERENCES

1. Milgram P., Kishino F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *Ieice transactions on Information and Systems*, 77(12), p 1321–1329.
2. Speicher M., Hall B. D., Nebeling M. (2019). What is mixed reality?. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*, p 1–15.
3. Park J. B., Hunt J. S., Charles M., Nadolski J. G., Wood J. B., Gade P. T. (February 12, 2020) Augmented and Mixed Reality: Technologies for Enhancing the Future of IR. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. Elsevier 31(7), p. 1074–1082.
4. Milgram P., Takemura H., Utsumi A., Kishino F. (1994) Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proc SPIE 2351*, Telemanipulator and Telepresence Technologies, p 282–92.
5. Carmigniani J., Furht B., Anisetti M., Ceravolo P., Damiani E., Ivkovic M. (2011) Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), p. 341–377.
6. Meta Quest Pro. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Meta_Quest_Pro (Last accessed: 02.11.2023).
7. Meta Quest Pro. Meta. URL: <https://www.meta.com/quest/quest-pro/#overview> (Last accessed: 14.11.2023).
8. Bowman D. A., McMahan R. P. (2007) Virtual reality: how much immersion is enough. *Computer, IEEE* 40(7), p. 36–43.
9. Farasin A., Peciarolo F., Grangetto M., Gianaria E., Garza P. (2020). Real-time Object Detection and Tracking in Mixed Reality using Microsoft HoloLens. In *Proceedings of the 15th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*. SciTePress 4, p. 165–172.
10. Lindlbauer D. (2022) The future of mixed reality is adaptive. *XRDS: Crossroads*, The ACM Magazine for Students. 29 (1), p. 26–31.
11. Collins J., Regenbrecht H., Langlotz T. (2017) Visual Coherence in Mixed Reality: A Systematic Enquiry. Massachusetts Institute of Technology. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 26 (1), p. 16–41.
12. Gabbard J. L., Swan II J. E., Hix D., Kim S. J., Fitch G. (2007) Active Text Drawing Styles for Outdoor Augmented Reality: A User-Based Study and Design Implications. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*, p. 193–196.