

**К.мед.н. В.Ф. Петров**Львівський національний медичний університет
ім. Данила Галицького

Термінологія медичних застосунків цифрових реальностей

Цифрові реальності (ЦР) охоплюють такі комп'ютерні технології, як віртуальна реальність (ВР), підсилена реальність (ПР), змішана реальність (ЗмР), опосередкована реальність (ОР), а також збірне поняття розширена реальність (РР). Володіючи значним потенціалом розвитку, ЦР знаходить застосування у всіх царинах сучасної медицини. Кількість практичних ужитків ЦР, як і відповідних наукових публікацій, щороку стрімко зростає, що вимагає правильного розуміння відповідних термінів. В той же час, на початку 20-х років ХХІ ст. відомо десятки трактувань різних понять ЦР, що іноді є взаємосуперечливими [1–8]. Даний огляд фахових джерел має на меті висвітлення основних термінів і положень ЦР, які використовуються у медицині.

Концепція ЦР виникла і розвинулась на основі віртуальних технологій, тому спочатку доцільно розглянути походження і зміст поняття «віртуальний».

Віртуальний. Латинський прикметник *virtualis* похідний від іменника *virtus*, який, в свою чергу, утворився від слова *vir*. *Vir* перекладається як «людина» або «мужність». Древні римляни були переконані, що мужні люди завжди фізично сильні. З часом богатирів почали вважати не лише мужніми, але і мудрими, справедливими, поміркованими. Тому *virtus* еволюціонувало у чесноту, а *virtualis* — у такий, що володіє чеснотами, досконалий [9].

В Середньовіччі семантика *virtualis* розширилась, в це слово вклали новий зміст. Шотландський філософ Дунс Скот (ХІІІ–ХІV ст.) у теологічних дискусіях про можливості Творця над всім світом, в тому числі відсутніми об'єктами, висунув думку, що предмет може призвести до каузального зв'язку навіть якщо його фізично немає. Д. Скот пояснив це наслідком, який стався від *virtual act*, а тому результат був *virtual* [10,11]. Рене Декарт (ХVІ–ХVІІ ст.) поставив мислення в центр існування, а значить саме розум створює ідеї і оперує ними. Іммануїл Кант (ХVІІІ–ХІХ ст.) у конструкції перцепції обстоював центральну роль

свідомості, яка формує уяву про світ. В такий спосіб, моральна складова *virtual* поступово замінилась на механістичні категорії. Тому класичне розуміння віртуальності відносилось до здатності людської психіки створювати образ у вигляді уявної моделі [12].

Всередині ХХ ст. властивість створювати віртуальні моделі була перенесена від людини до комп'ютера, відтоді *virtual* повністю належить комп'ютерним технологіям. Цей перехід розпочався завдяки футуристичним науковим публікаціям. Однією із визначних робіт виступив «Неперевершений дисплей» Айвана Сазерленда (1965 р.). А. Сазерленд описав створений комп'ютером «віртуальний світ», в який людина занурюється через шолом з екранами [13]. Остаточного сучасного смислового навантаження термін отримав після того, як Джарон Ланье в 1980-х р.р. ввів у користування словосполучення «віртуальна реальність» [14].

Оксфордський словник для поглибленого навчання надав декілька тлумачень слову віртуальний, зокрема наступне: *фізично неіснуючий, проте створений програмним забезпеченням для того, щоб виглядати так, як справжній* [15]. Для порівняння доцільно навести слово справжній з того ж словника: *фактично існуючий або такий, що відбувається, а не уявний чи удаваний* [16]. Slater & Wilbur (1997) в своїй ґрунтовній статті пояснили, що віртуальний пов'язаний із середовищем, яке моделюється за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення та представлено користувачеві таким чином, що він сприймає його як реальне [17].

Віртуальна реальність. У своїх роботах А. Сазерленд запропонував, що у ВР світ виглядає реально, звучить реально, відчувається справжніми та реалістично реагує на дії глядача [13]. Для того, щоб створити такий світ і забезпечити взаємодію користувача з ним, необхідно виготовити пристрої прийому інформації від людини до комп'ютера (input) і видачі сенсорних моделей від комп'ютера людині (output), тоді як комп'ютер повинен мати спеціальне

програмне забезпечення для роботи з тривимірною графікою. На час написання статей у 1960-х рр. таких технологій не було, а їх створення постало однією з центральних проблем на шляху до реалізації ідей VR. Попри те, що перші станції VR були побудовані понад півстоліття тому, вони не могли створити високої якості зображень, були громіздкими та дорогими. Тому можна сказати, що до вирішення проблеми створення апаратів VR, а паралельно — і практичним поширенням, вдалось підійти лише у 2010-х рр., коли відповідні прилади стали більш якісними та доступними (Рис. 1). Таким чином, сучасні визначення VR включають в себе технічні характеристики.



Рис. 1. Загальний вигляд роботи станції VR. Користувач розглядає віртуальний світ у наголовному шоломі (I) і маніпулює контролером (II). Екран комп'ютера (III) відтворює віртуальний світ для спостерігачів.

На думку Steuer (1992), VR — це середовище, що складається з інтерактивних комп'ютерних симуляцій, які сприймають позицію та дії учасника та замінюють або підсилюють зворотний зв'язок до одного чи кількох органів чуття, створюючи відчуття подумки або присутності в симуляції (Steuer, 1992). Slater & Wilbur (1997) пояснили, що VR — це технологія, яка створює імітаційне середовище, яке занурює користувача в повністю цифровий світ. VR можна відчувати за допомогою спеціальних гарнітур або дисплеїв, які відстежують рухи голови користувача та відповідно налаштовують дисплей [17]. McCloy & Stone (2001) зійшлися на думці, що VR — це набір технологій, які дозволяють людям ефективно взаємодіяти з тривимірними комп'ютерними базами даних у режимі реального часу, використовуючи свої природні почуття та навички [18]. Sherman & Craig (2019) нещодавно підсумували, що VR — це середовище, що складається з інтерактивних комп'ютерних симуляцій, які відчувають позицію та дії учасника та замінюють або доповнюють зворотний зв'язок

з одним або декількома органами чуття, створюючи відчуття ментального занурення або присутності у симуляції (віртуальному світі) [2].

В такий спосіб, даючи визначення VR, дослідники акцентували увагу на особливих комп'ютерних методах, з одного боку, та відчуттях і досвіді, які отримує користувач, з іншого. Виходячи з цього, необхідно встановити перелік приладів і чуттєві показники, що дають можливість віднести ту чи іншу технологію до VR.

Станція VR складається з пристроїв прийому інформації від людини до комп'ютера (контролери, рукавички, трекери, які відстежують рухи людини), пристрої видачі сенсорних даних від комп'ютера людині (візуальні, звукові, тактильні засоби), комп'ютер з базою даних віртуальних об'єктів, програмне забезпечення, що відтворює реалістичні тривимірні об'єкти і дії з ними [5,6].

Користуючись станціями VR, оператор отримує специфічний досвід, які описують наступним поняттями. Занурення — відчуття присутності у певному середовищі. У VR користувач не бачить справжнього світу та занурюється у віртуальне середовище, в якому відбуваються події. Інтерактивність — здатність технології реагувати на дії користувача. До цих дій можуть належати маніпуляції з віртуальними об'єктами через контролери або зміна позиції голови людини для розгляду об'єкту з іншої точки зору. Крім того, що користувач може представити себе у віртуальному світі через аватар. Аватар — це віртуальний об'єкт, який відповідає учаснику справжнього світу [1,2].

В літературі немає звуженого «медичного» визначення VR [4]. Дослідники медичних застосунків VR користуються названими підходами. Наприклад, Orlosky et al. (2017) надали наступне узагальнення: *технологія, яка занурює користувача у віртуальний світ, замінюючи ним справжній світ. В кінцевому результаті користувач не зможе відрізнити справжній світ від віртуального* [19]. В той же час, у медичному застосуванні VR можна виділити дві тенденції — VR симулятор анатомії або засіб для спілкування.

Застосування VR як симулятора анатомії є найбільш зрозумілим і необхідним для хірургів, травматологів та лікарів, які займаються втручаннями на органах. Такий прикладний підхід сформульований Burdea et al. (1996): *кінцева мета VR полягає в представленні віртуальних об'єктів для кожного людського почуття способом так, щоб вони були ідентичними своїм природнім аналогам* [20,21]. Це визначення відтворює ряд практичних напрямків VR: дослідження нормальної анатомії органів і їх аномалій, планування операційного прийому та загального менеджменту операцій, симуляція втручань на віртуальних моделях органів, візуалізація наслідків хірургічних маніпуляцій на віртуальному органі [1,4,22].

Розглядаючи VR як засіб для спілкування та взаємодії, Gorini & Riva (2008) виявили наступні можливості VR: *тривимірні віртуальні світи можна розглядати як тривимірні соціальні мережі, де люди можуть спільно створювати та редагувати об'єкти*

(наприклад, спільний тривимірний інтернет простір), а також зустрічаються один з одним і взаємодіяти з об'єктами [23]. Цей напрям відкрив ряд практичних застосувань: сеанси групової психотерапії, під час яких VR створює найбільш комфортні умови для клієнта і терапевта; можливість «безпечної» демонстрації емоцій; лікування болю за рахунок відволікаючого ефекту; віртуальний світ Second Life, в якому аватари пацієнтів отримують можливість психологічної реабілітації; опанування фобій, неспокую, болю, посттравматичних стресових розладів. Наприклад, військовослужбовець, який переніс травму під час бойових дій, може повторно дозовано зануритись у відповідну віртуальну симуляцію і таким чином опанувати страх [1,22,23].

Підсилена реальність. Caudell & Mizell, працюючи в корпорації Boeing (США), висунули пропозицію оптимізації складання компонентів літака. На початку 1990-х рр. вони запропонували надати працівнику наголовний шолом з прозорим екраном, крізь який можна бачити конвеєр, і водночас на екран шолому комп'ютер виводить «підказки» для монтування деталей. Так запропоновано термін і концепція «підсиленої реальності»: *це головний набір із прозорим дисплеєм і системою відстеження положення голови та реєстрації робочого місця* [24].

Azuma (1997) детально пояснив нове поняття: *технології VR повністю занурюють користувача у синтетичне середовище. Під час занурення користувач не може бачити реальний світ. PR, навпаки, дозволяє користувачеві бачити реальний світ з віртуальними об'єктами, що накладені або поєднані з реальним світом* [25]. Таке розуміння PR залишається і до сьогодні, за виключенням того, що PR не обмежується лише візуальними ефектами. На цей аспект звернули увагу Mann et al. (2023) і пояснили, що PR — *це засоби, пристрої або методи нашіарування (додавання, накладення) технологічно створеного вмісту в режимі реального часу на сприйняту користувачем реальність, що узгоджуються або пов'язані з цією реальністю* [26].

В такий же спосіб PR тлумачать в медичних застосунках. Orlosky et al. (2017) описали PR наступним чином: *технологія, яка накладає створену комп'ютером інформацію на справжній світ* [19]. Bin et al. (2020) вважають PR розширеним видом VR в тому змісті, що віртуальний об'єкт або дані інтегруються у реальне середовище [27]. Venkatesan et al. (2021) зауважили, що підсилити можна не лише медичні зображення: *це досвід, який передбачає накладання таких цифрових елементів, як графіка, аудіо та інші сенсорні покращення на відеопотоки реального світу з взаємодією в реальному часі між користувачем і цифровими елементами* [28]. Тому в PR користувач ніколи не втрачає відчуття реальності, хоча віртуальна модель не впливає на справжній світ [29–31].

У медицині PR використовують як тренувальні платформи або під час виконання лікувальних втручань. У першому випадку віртуальні об'єкти PR виступають в якості тривимірних симуляторів органів,

на яких планується втручання. В другому випадку прилади PR направлені на асистенцію під час виконання медичних маніпуляцій. Прикладом останньої методики є мобільний додаток, який показує порядок дій під час лікування пневмотораксу [32].

Змішана реальність. Термін «змішана реальність» запропоновано Milgram & Kishino у 1994 р. Автори назвали таким терміном будь-який із можливих способів взаємодії реальності та віртуальності, і згідно цієї концепції VR і PR розглядались як підвиди ЗМР. Потрібно відмітити, що дослідники обговорили сценарії, коли комп'ютер міг не знати характеристик об'єктів справжнього світу, накладаючи віртуальну модель на екран, або ж знати що саме він показує, додаючи при цьому до картини реального світу віртуальне зображення з відповідними модифікаціями цього зображення [31]. Останній спосіб взаємодії віртуальних і реальних об'єктів деталізований MacKay (1998), яка звернула увагу на системи, які дозволяють людям взаємодіяти з реальним світом, тобто їх інтерактивність [33]. Dalton (2021) розкрив деталі цього прийому: *цифрові елементи можуть бути прив'язані до точок у фізичному середовищі ... на відміну від простого їх накладання* [34]. В такий спосіб ЗМР постала самостійною технологією, на рівні з PR і VR.

Потрібно зауважити, що деякі науковці залишаються прихильниками поглядів Milgram & Kishino (1994) про те, що ЗМР є узагальненням різних способів взаємодії віртуальності з реальністю. Ряд експертів вважає, що ЗМР виступає сучасним синонімом PR і між ними немає принципових відмінностей. Існують думки, що ЗМР становить собою поглиблений вид PR, коли інтеграція віртуального об'єкту в картину справжнього світу графічно максимально реалістична. Деякі автори притримуються концепції, що віртуальні об'єкти PR можуть бути як інтерактивними, так і не взаємодіяти з справжнім світом, а тому необхідності у терміні ЗМР немає. Навіть викремлюючи ЗМР у самостійне поняття, серед авторів тривають дискусії про ступінь і вид взаємодії віртуальних та справжніх об'єктів в цьому середовищі, що, в свою чергу, породжує неоднозначність трактувань [7,8,32,35,36]. Окремий вплив на розвиток галузі продемонстрували не науковці, а компанії-виробники, зокрема, Intel (США) та Microsoft (США), які показали своїми продуктами, що у PR віртуальні об'єкти не взаємодіють з справжнім світом, тоді як у ЗМР віртуальні моделі, накладаючись на зображення справжніх тіл, модифікуються відповідно до геометрії реальних об'єктів [37,38].

Дослідники медичного застосування ЦР найчастіше приймають концепцію виділення ЗМР у самостійну технологію, в якій віртуальна модель «накладається» на реальний світ і його тіла з врахуванням будови і в такий спосіб взаємодіє з ними [39–41]. Skarbez et al. (2021) підсумували, що системи ЗМР володіють знаннями про реальний світ, тоді як системи PR таких знань не мають [35]. В той же час потрібно зауважити, що в ряді медичних публікацій ЗМР використовується як синонім PR і тому для правильного

розуміння застосунку потрібно безпосередньо вивчити його методику [30,32,39]. Прикладом є нещодавня праця Navab et al. (2022), автори якої ретельно схарактеризували синхронізовану з тілом та органами пацієнта ЦР, користуючись при цьому терміном «медична підсилена реальність» [42].

У медицині застосунки ЗМР використовують для телемедичних операцій або в якості інтраопераційного навігатора. У першому випадку керівник телемедичного проекту виконує маніпуляції на манекені, а водночас користувач розглядає тіло пацієнта через смарт-окуляри і повторює рухи керівника завдяки підказкам смарт-окулярів. У другому випадку, оператор оглядає тіло чи орган пацієнта через смарт-

окуляри, що проєкціюють на них віртуальне зображення (напр., кістки, судини, лімфовузли чи пухлину) [41].

Розширена реальність. РР не відноситься до певної цифрової технології, під цим терміном розуміють «парасольку», яка охоплює сукупність природніх і цифрових реальностей, а саме ВР, ПР, ЗМР, дозволяючи їм співіснувати та взаємодіяти. В той же час, вид і ступінь цих взаємодій, а також їх таксонометрія залишаються відкритими питаннями, над якими триває активна робота [8,35,36,43].

У медичних застосунках термін РР часто застосовують у збірному розумінні доступних технологій ЦР (Рис. 2).

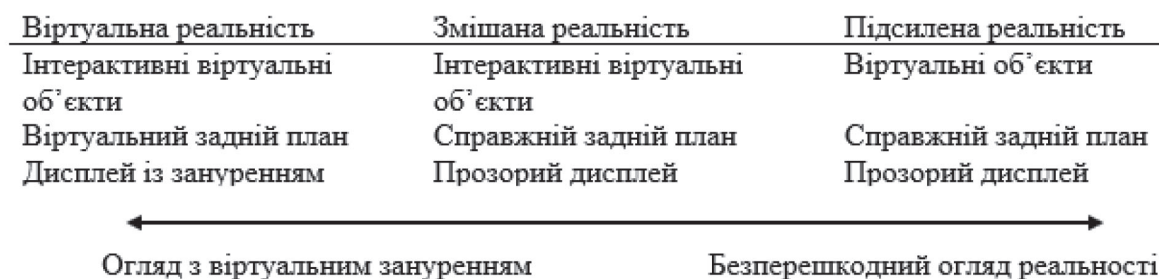


Рис. 2. Спектр технологій РР (за [39])

Опосередкована реальність. Манн запропонував поняття ОР у 1999 р. і схарактеризував його наступним чином: *ОР відрізняється від ВР (або ПР) у тому сенсі, що дозволяє нам відфільтрувати речі, які ми не хочемо, щоб нам нав'язували проти нашої волі* [44]. Проблема ОР стає зрозумілою з наступного прикладу. Спостерігач розглядає світ опосередковано через певний пристрій, який, в свою чергу, працює в режимі РР і додає віртуальний об'єкт до зображення. В такий спосіб спостерігач не бачить ту ділянку справжнього світу, яка накрита віртуальною моделлю, а значить реальність стає змодельованою. Ця проблема постає більш значимою якщо синтетичний об'єкт додано до справжнього зображення максимально реалістично і користувач не розпізнає що є справжнім, а що ні. Можливий і протилежний ефект ОР — прилад бачення усуває частину справжнього світу в такий спосіб модифікує його картину [43]. З цього випливає, що ОР є очевидним наслідком і неминуче присутня у вищезгаданих технологіях ЦР.

В медичних застосунках цей термін використовують в оригінальному значенні або прирівнюють до семантики РР [45,46].

Всі реальності. З метою систематизації ЦР, Mann et al. (2018) запропонували поняття *Р (всі реальності). Символ підстановки * використаний за аналогією до мов програмування, у яких ця зірочка може означати будь-що [43]. Іншими словами, авторами розроблено ще ширше, ніж РР, поняття для систематизації природніх і синтетичних реальностей (Рис. 3).

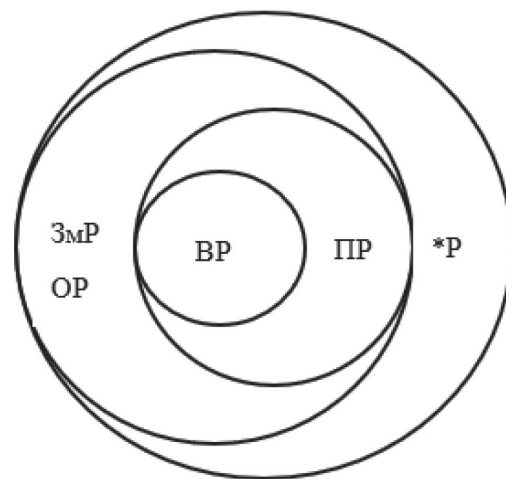


Рис. 3. Діаграма Венна співвідношення різних реальностей.
*Р — усі можливі реальності (за [43])

Обговорення. Досвід, отриманий користувачем від медичних застосунків ЦР, постає центральним інтересом для дослідників таких технологій. Користуючись пристроями і програмами ЦР, працівник сфери охорони здоров'я або пацієнт розширюють свої навички та можливості. Провідним засобом отримання такого досвіду виступають цифрові образи, тобто віртуальні об'єкти, поміщені у віртуальне або реальне середовище. Виходячи з провідної ролі штучно створених об'єктів у медичних застосунках ЦР, нами пропонується наступна схема співвідношення роз-

глянутих реальностей з точки зору досвіду користувача (Рис. 4).

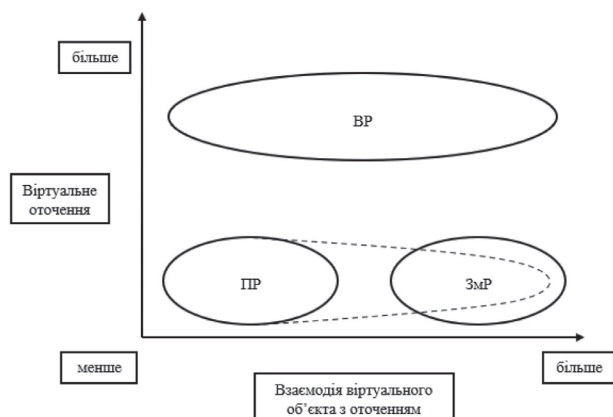


Рис. 4. Співвідношення медичних застосунків VR, PR і ЗмР. Пунктиром показано суперечливі погляди на широту меж PR

Як показано на Рис. 4, вертикальна вісь відповідає виду оточення, а горизонтальна — взаємодії з даним оточенням. Вертикальна вісь має два дискретних рівня, оскільки оточення може бути або віртуальним (VR), або справжнім (PR, ЗмР). Горизонтальна вісь може мати декілька рівнів взаємодії — відсутня (віртуальний об'єкт поміщений в світ незалежно від інших предметів світу), часткова (віртуальний об'єкт поміщений у справжній світ за даними маркерів чи геолокації, тобто узгоджується із іншими предметами різним ступенем точності) та повна (віртуальний об'єкт «правильно» поміщений між предметами світу і змінюється з рухами оточуючих предметів).

Список використаної літератури

1. Tacgin Z. Virtual and augmented reality: an educational handbook. Cambridge Scholars Publishing; 2020.
2. Sherman WR, Craig AB. Introduction to virtual reality: interface, application and design. Understanding Virtual Reality. 2nd ed., Elsevier; 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800965-9.00001-5>.
3. Mazuryk T, Gervautz M. Virtual reality: history, applications, technology and future 1999.
4. Pensieri C, Pennacchini M. Overview: virtual reality in medicine. J Virtual Worlds Res 2014;7:353–401. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22041-3_14.
5. Brooks FP. What's real about virtual reality? IEEE Comput Graph Appl 1999;19:16–27. <https://doi.org/10.1109/38.799723>.
6. Burdea G, Coiffet Philippe. Virtual reality technology. 2nd ed. J. Wiley-Interscience; 2003.
7. Speicher M, Hall BD, Nebeling M. What is mixed reality? Conference on Human Factors in Computing Systems — Proceedings 2019. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300767>.
8. Rauschnabel PA, Felix R, Hinsch C, Shahab H, Alt F. What is XR? Towards a framework for augmented and virtual reality. Comput Human Behav 2022;133. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2022.107289>.
9. Hadot P. Philosophy as a way of life: spiritual exercises from Socrates to Foucault. 1st ed. Wiley-Blackwell; 1995.
10. Cross R. Duns Scotus. Oxford University Press; 1999.
11. Gill ML, Lennox JG. Self-motion: from Aristotle to Newton. Princeton University Press; 1994.
12. Shields R. The virtual. London: Routledge; 2003.
13. Sutherland I. The ultimate display. Proceedings of IFIP Congress, 1965, p. 506–8.
14. Blanchard C, Burgess S, Harvill Y, Lanier J, Lasko A, Oberman M, et al. Reality built for two: a virtual reality tool. ACM SIGGRAPH Computer Graphics 1990;24:35–6. <https://doi.org/10.1145/91394.91409>.
15. Oxford Advanced Learner's Dictionary. virtual adjective — Definition, pictures, pronunciation and usage notes 2023. <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/virtual> (accessed February 20, 2023).
16. Oxford Advanced Learner's Dictionary. real adjective — Definition, pictures, pronunciation and usage notes 2023. https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/real_1?q=real (accessed February 20, 2023).
17. Slater M, Wilbur S. A framework for immersive virtual environments (FIVE): speculations on the role of presence in virtual environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 1997;6:603–16. <https://doi.org/10.1162/PRES.1997.6.6.603>.
18. McCloy R, Stone R. Science, medicine, and the future: virtual reality in surgery. BMJ : British Medical Journal 2001;323:912. <https://doi.org/10.1136/BMJ.323.7318.912>.

Відповідно до схеми Рис. 4, у VR користувач спостерігає за віртуальним об'єктом у віртуальному світі, при цьому віртуальні об'єкти можуть мати широкий ступінь інтерактивності. У PR користувач спостерігає за віртуальним об'єктом на фоні справжнього світу, проте віртуальний об'єкт у ньому не реагує на можливі зміни оточення. У ЗмР користувач у реальному світі спостерігає за віртуальним об'єктом, при цьому останній може змінювати свою геометрію якщо справжні тіла рухаються. Враховуючи триваючі дискусії щодо можливостей інтерактивності об'єктів PR, на Рис. 4 пунктиром відтворено найширші можливості PR.

Обмеження даної роботи. В даній роботі відображено тенденції розробок цифрових технологій, а не усталені конструкції. Галузь ЦР інтенсивно розвивається, що передумовлює майбутні зміни семантичного навантаження термінів.

Висновки

1. В медичній фаховій літературі немає прийнятих специфічних термінів цифрових реальностей, дослідники користуються похідними від основних розробок комп'ютерних наук.
2. В медичних галузях спостерігається неоднозначність і суперечливість трактувань та застосування термінів цифрових реальностей, що вимагає від фахівця розуміння широкого спектру понять.
3. Триваюча еволюція цифрових реальностей потребуватиме подальшого дослідження і систематизації їх медичних застосунків, в першу чергу таких термінів, як підсилена реальність та змішана реальність.

19. Orlosky J, Kiyokawa K, Takemura H. Virtual and augmented reality on the 5G highway. *Journal of Information Processing* 2017;25:133–41. <https://doi.org/10.2197/IPSJIP.25.133>.
20. Székely G, Satava RM. Virtual reality in medicine. *BMJ : British Medical Journal* 1999;319:1305. <https://doi.org/10.1136/BMJ.319.7220.1305>.
21. Burdea G, Richard P, Coiffet P. Multimodal virtual reality: input-output devices, system integration, and human factors. *International Journal of Human-Computer Interaction* 1996;8:5–24. <https://doi.org/10.1080/10447319609526138>.
22. Riener R, Harders M. Virtual reality in medicine. Springer-Verlag London Ltd; 2012. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4011-5/COVER>.
23. Gorini A, Riva G. Virtual reality in anxiety disorders: the past and the future. *Expert Rev Neurother* 2008;8:215–33. <https://doi.org/10.1586/14737175.8.2.215>.
24. Caudell TP, Mizell DW. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); 1992*, p. 659–69. <https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317>.
25. Azuma RT. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 1997;6:355–85. <https://doi.org/10.1162/PRES.1997.6.4.355>.
26. Nee AYC, Ong SK, editors. Springer handbook of augmented reality. Cham: Springer International Publishing; 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67822-7>.
27. Bin S, Masood S, Jung Y. Virtual and augmented reality in medicine. *Biomedical Information Technology, Elsevier; 2020*, p. 673–86. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816034-3.00020-1>.
28. Venkatesan M, Mohan H, Ryan JR, Schürch CM, Nolan GP, Frakes DH, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications. *Cell Rep Med* 2021;2:1–13. <https://doi.org/10.1016/J.XCRM.2021.100348>.
29. Ma JY, Choi JS. The virtuality and reality of augmented reality. *J Multimed* 2007;2:32–7. <https://doi.org/10.4304/jmm.2.1.32-37>.
30. Lungu AJ, Swinkels W, Claesen L, Tu P, Egger J, Chen X. A review on the applications of virtual reality, augmented reality and mixed reality in surgical simulation: an extension to different kinds of surgery. *Expert Rev Med Devices* 2021;18:47–62. <https://doi.org/10.1080/17434440.2021.1860750>.
31. Milgram P, Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems* 1994;77:1321–9.
32. Eckert M, Volmerg JS, Friedrich CM. Augmented reality in medicine: systematic and bibliographic review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2019;7. <https://doi.org/10.2196/10967>.
33. Mackay WE. Augmented reality: linking real and virtual worlds a new paradigm for interacting with computers. *Proceedings of the Workshop on Advanced Visual Interfaces AVI 1998*:13–21. <https://doi.org/10.1145/948496.948498>.
34. Dalton Jeremy. Reality check: how immersive technologies can transform your business. Kogan Page; 2021.
35. Skarbez R, Smith M, Whittton MC. Revisiting Milgram and Kishino's reality-virtuality continuum. *Front Virtual Real* 2021;2:27. <https://doi.org/10.3389/FRVIR.2021.647997/BIBTEX>.
36. Barba E, MacIntyre B, Mynatt ED. Here we are! Where are we? Locating mixed reality in the age of the smartphone. *Proceedings of the IEEE* 2012;100:929–36. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2182070>.
37. Virtual reality vs. augmented reality vs. mixed reality. Intel 2023. <https://www.intel.com/content/www/us/en/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html> (accessed June 18, 2023).
38. What is mixed reality? Microsoft Learn 2023. <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality> (accessed June 18, 2023).
39. Silva JNA, Southworth M, Raptis C, Silva J. Emerging applications of virtual reality in cardiovascular medicine. *JACC Basic Transl Sci* 2018;3:420–30. <https://doi.org/10.1016/J.JACBTS.2017.11.009>.
40. Sauer IM, Queisner M, Tang P, Moosburner S, Hoepfner O, Horner R, et al. Mixed reality in visceral surgery: development of a suitable workflow and evaluation of intraoperative use-cases. *Ann Surg* 2017;266:706–12. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000002448>.
41. Hu H zhi, Feng X bo, Shao Z wu, Xie M, Xu S, Wu X huo, et al. Application and prospect of mixed reality technology in medical field. *Curr Med Sci* 2019;39. <https://doi.org/10.1007/S11596-019-1992-8>.
42. Navab N, Martin-Gomez A, Seibold M, Sommersperger M, Song T, Winkler A, et al. Medical augmented reality: definition, principle components, domain modeling, and design-development-validation process. *J Imaging* 2022;9. <https://doi.org/10.3390/JIMAGING9010004>.
43. Mann S, Furness T, Yuan Y, Iorio J, Wang Z. All reality: virtual, augmented, mixed (X), mediated (X,Y), and multimediated reality. *ArXivOrg* 2018.
44. Mann S. Mediated reality. *Linux Journal* 1999;5es. <https://doi.org/10.5555/327697.327702>.
45. Ibrahim Z, Money AG. Computer mediated reality technologies: a conceptual framework and survey of the state of the art in healthcare intervention systems. *J Biomed Inform* 2019;90:103102. <https://doi.org/10.1016/J.JBI.2019.103102>.
46. Themelis K, Newport R. An investigation of contextual factors in the application of multisensory illusions for analgesia in hand osteoarthritis. *Rheumatol Adv Pract* 2018;2:1–10. <https://doi.org/10.1093/RAP/RKY019>.

Термінологія медичних застосунків цифрових реальностей

К.мед.н. В.Ф. Петров

Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

До цифрових реальностей належать віртуальна, підсилена, змішана і опосередкована реальності, а також збірне поняття розширена реальність. Швидкий розвиток теоретичних положень і практичних застосунків цих технологій може ускладнити тлумачення відповідних термінів, особливо при їх використанні у медицині. У статті обговорено деякі питання виникнення і становлення віртуальності та віртуальних цифрових технологій. Розглянуто медичні трактування і застосування різних видів цифрових реальностей. Досліджено співвідношення цифрових реальностей в межах концепцій розширеної реальності і всіх реальностей. Особливу увагу приділено питанню різних підходів до визначення підсиленої і змішаної реальності.

Ключові слова: віртуальна реальність, підсилена реальність, змішана реальність, опосередкована реальність, розширена реальність.

Terminology of medical applications of digital realities

PhD V. Petrov

Danylo Halytskiy Lviv National Medical University, Department of Surgery and Transplantology

Digital realities include virtual, augmented, mixed and mediated reality, as well as the collective concept of extended reality. The rapid progress is theoretical advances and practical applications of these technologies can complicate the interpretation of the relevant terms, especially when they are used in medicine. The article discusses some issues of the emergence and formation of virtuality and virtual reality technologies. Medical interpretations and applications of various types of digital realities are considered. The relationship between digital realities within the concepts of extended reality and all realities is studied. Special attention is paid to the issue of different approaches to the definition of augmented and mixed reality.

Key words: virtual reality, augmented reality, mixed reality, mediated reality, augmented reality.

Контактна інформація: Петров Віталій Федорович —
к.мед.н., асистент кафедри хірургії та трансплантології,
Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького,
orcid.org/0000-0002-2205-5403
79010, вул. Пекарська 69, м. Львів
e-mail: Vtly.12@gmail.com

Стаття до редакції надійшла 13.09.2023 р.