



А. Є. Батюк, Ю. Р. Кулик

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ СОЦІАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЇХНЬОЇ ВЗАЄМОДІЇ

Проведено комплексне дослідження потенціалу використання віртуальної реальності (ВР) для соціального моделювання у контексті сучасних технологічних досягнень та їх впливу на суспільство. Виявлено ключові переваги застосування ВР у соціальних дослідженнях, зокрема і можливість створення контрольованих експериментальних умов та збирання детальних даних про поведінку учасників у режимі реального часу. Встановлено, що ВР забезпечує високий рівень занурення, сприяючи більш природній та автентичній поведінці досліджуваних у віртуальному просторі. З'ясовано основні технологічні особливості реалізації ВР-імітацій, охарактеризовано сучасні апаратні та програмні рішення для створення реалістичних віртуальних соціальних середовищ. Оцінено вплив технічних обмежень сучасних ВР-систем на якість соціальних імітацій та запропоновано шляхи їх подолання. Охарактеризовано підходи до проведення соціальних досліджень у віртуальній реальності, зокрема дизайн експериментів, збирання та аналіз даних, а також оцінювання валідності та надійності отриманих результатів. Виявлено етичні особливості використання ВР у соціальних дослідженнях, зокрема питання мінімізації психологічних ризиків для учасників. Охарактеризовано міждисциплінарний характер досліджень у галузі ВР-моделювання соціальних процесів і обґрунтовано потребу співпраці фахівців з різних галузей для повноцінного розкриття потенціалу цієї технології. Оцінено вплив ВР-технологій на розвиток соціальних досліджень та поглиблення розуміння складних соціальних феноменів. З'ясовано перспективні напрями застосування ВР для соціального моделювання. Наведено результати проведеного експерименту з 25 учасниками, які використовували ВР-середовище та виконували спільні завдання, що на практиці показало можливість вивчення реальних соціальних процесів і взаємодій засобами ВР. Її метою було дослідження того, як незнайомі люди формують групи, встановлюють комунікаційні зв'язки та адаптуються до змінних умов під час виконання спільного завдання.

**Ключові слова:** віртуальне середовище; імітація; інтерактивність; моделювання поведінки; поведінкові шаблони.

### Вступ / Introduction

У сучасну епоху стрімкого технологічного прогресу віртуальна реальність (ВР) постає як потужний інструмент, що відкриває нові горизонти в різноманітних сферах людської діяльності. Особливо перспективним є застосування ВР у галузі соціального моделювання, де вона надає можливість створювати унікальні імітації соціальних взаємодій та середовищ. Ця інноваційна технологія надає дослідникам, педагогам і практикам безпрецедентні можливості для вивчення, аналізу та прогнозування соціальних феноменів у контрольованому, але реалістичному віртуальному просторі.

Соціальне моделювання за допомогою ВР поєднує досягнення комп'ютерних наук, соціальної психології, антропології та інших суміжних дисциплін, створює складні соціальні сценарії, які було б важко або неможливо відтворити в реальному житті через етичні, практичні чи фінансові обмеження. Застосування таких азартних систем, як Oculus Quest 2 (автори статті та учасники експерименту напряму застосовували це обладнання), HTC Vive Pro (цю гарнітуру використовували

ли учасники) та програмного забезпечення SteamVR, VRChat та GMod (Garry's Mod), відкриває широкі можливості для реалізації різноманітних соціальних експериментів і досліджень.

Актуальність цього дослідження зумовлена зростанням інтересу до ВР як інструменту соціального моделювання, оскільки така технологія пропонує унікальні переваги для вивчення соціальних процесів, зокрема можливість створення контрольованих експериментальних умов, збирання детальних даних про поведінку користувачів і забезпечення високого рівня занурення учасників у середовище.

*Об'єкт дослідження* – застосування технології віртуальної реальності.

*Предмет дослідження* – методи і засоби використання технології віртуальної реальності для соціального моделювання, що дасть змогу створити реалістичні віртуальні соціальні середовища для проведення успішних експериментів.

*Мета роботи* – проаналізувати потенціал використання віртуальної реальності для соціального моделю-

### Інформація про авторів:

**Батюк Анатолій Євгенович**, канд. техн. наук, доцент, кафедра автоматизованих систем управління.

Email: anatolii.y.batiuk@lpnu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-7650-7383>

**Кулик Юрій-Марко Романович**, аспірант, кафедра автоматизованих систем управління.

Email: yurii-marko.r.kulyk@lpnu.ua; <https://orcid.org/0009-0006-1121-3302>

**Цитування за ДСТУ:** Батюк А. Є., Кулик Ю. Р. Застосування технології віртуальної реальності для соціального моделювання та їхньої взаємодії. Науковий вісник НЛТУ України. 2024, т. 34, № 7. С. 92–99.

**Citation APA:** Batiuk, A. Ye., & Kulyk, Yu. R. (2024). Application of virtual reality technology for social modeling and interaction.

*Scientific Bulletin of UNFU*, 34(7), 92–99. <https://doi.org/10.36930/40340712>

вання, що дасть змогу дослідити можливості її впровадження у реальну дослідницьку практику та сприяти розвитку інноваційних підходів до вивчення соціальних взаємодій.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- 1) обґрунтувати концепцію соціального моделювання у віртуальній реальності та порівняти її із традиційними методами соціальних досліджень, щоб виявити переваги та обмеження віртуальних імітацій;
- 2) проаналізувати технологічні особливості створення імітацій для соціального моделювання, зокрема сучасні платформи та програмне забезпечення, що дасть змогу визначити раціональні технічні рішення для проведення високоякісних імітацій соціальної взаємодії у віртуальних середовищах;
- 3) провести соціальні експерименти у віртуальному середовищі, проаналізувати практичні методи застосування VR для соціального моделювання в різних контекстах, що допоможе оцінити ефективність цих методів і розробити рекомендації для їхнього впровадження у реальну дослідницьку практику;
- 4) оцінити потенціал інтеграції технологій та окреслити перспективні напрями їх розвитку у галузі моделювання соціальних процесів, що приведе до виявлення ключової сфери майбутнього застосування VR та сприяння розвитку інноваційних підходів до вивчення соціальних взаємодій.

Автори роботи прагнуть не тільки узагальнити поточний стан досліджень щодо використання VR для соціального моделювання, але й стимулювати подальший розвиток та інновації на перетині соціальних наук і технологій VR, сприяючи глибшому розумінню складних соціальних феноменів і відкриваючи нові можливості для вирішення актуальних соціальних проблем за допомогою інноваційних технологічних рішень.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Використання VR для соціального моделювання є відносно новим напрямом досліджень, який привертає дедалі більше уваги наукової спільноти. Аналіз літературних джерел показує, що ця галузь знаходиться на перетині кількох дисциплін, зокрема соціальної психології, комп'ютерних наук, антропології та когнітивістики.

Проведений аналіз досліджень у сфері VR розкриває значний потенціал цієї технології для соціальної взаємодії. Дослідження [17] показало, що користувачі відчували високий рівень залученості та інтересу під час спілкування, а також емоційні стани, подібні до тих, що виникають під час особистих зустрічей. Його автори підтверджують можливість перенесення соціальних взаємодій у віртуальний простір, висновки демонструють великий потенціал VR як платформи для зміцнення міжособистісних відносин, спонукаючи до подальших досліджень у цій сфері та сприяючи розвитку нових додатків для соціального моделювання.

Проведений глибинний аналіз соціальної динаміки в онлайн-просторі, заснований на детальних інтерв'ю з користувачами [16], виявляє важливі закономірності у формуванні віртуальних спільнот, досліджуючи, як віртуальна реальність змінює способи зустрічей, взаємодії та соціалізації людей в онлайн-просторі. Використовуючи інтерв'ю з 30 учасниками, вчені розширили наявні поняття щодо соціальної динаміки в онлайн-просторі, наводячи приклади спільної діяльності у віртуальних просторах, а на підставі отриманих даних надаючи рекомендації з покращення дизайну рішень, щоб зробити

їх використання більш корисним та доступним. Відкриваючи нові перспективи для подальших розробок у галузі соціального моделювання, вказуючи на важливість розуміння потреб і досвіду користувачів.

Велику увагу привертають й рішення у сфері вищої освіти, де системи соціальної VR демонструють значний потенціал для створення інноваційних навчальних середовищ. Дослідження ефективності електронного навчання, зокрема в контексті використання систем соціальних віртуальних реальностей SVREs (англ. *Social Virtual Reality Environments*) у вищій освіті [18], було проведено для виявлення факторів і умов, що сприяють глибокому та змістовному навчанню DML (англ. *Deep And Meaningful Learning*). Науковці провели систематичний літературний аналіз, який охоплює результати тридцяти трьох емпіричних досліджень у сфері вищої освіти, здійснених між 2004 та 2019 роками, що стало особливо актуальним в умовах пандемії коронавірусу (COVID-19), коли дистанційне навчання набуло найбільшої популярності. У самому дослідженні зосереджено увагу на тому, що системи соціальної VR можуть надавати автентичні, стимулятивні та інтелектуальні результати досвіду, що сприяють відкритим соціальним взаємодіям, а також покращеному досвіду навчання. У роботі зазначено, що педагоги та розробники SVRE повинні звертати більшу увагу на етичні та емоційні особливості віртуального навчання, а також вказують на позитивні результати в когнітивній, соціальній та емоційній сферах.

Водночас, дослідження виявляють і проблемні особливості використання VR, зокрема появу нових форм соціальної напруженості та негативної поведінки у віртуальному просторі. У дослідженні [10] розглянуто та детально описано проблеми негативного соціального досвіду у віртуальній реальності. У роботі зосереджено увагу на новому явищі "онлайн-харасменту" (форми дискримінації, яка проявляється у настирливій фізичній чи словесній поведінці) та соціальної тривожності, що доволі часто трапляється у VR-просторах. Дослідження ґрунтується на результатах тридцяти глибоких інтерв'ю, проведених з користувачами домашніх VR-систем, його автори стверджують, що, оскільки віртуальна реальність є ще новою технологією, необхідно вивчати не тільки його позитивну специфіку та користь, а й можливі фізичні та психологічні проблеми, які можуть виникати у таких середовищах. Вони пропонують критичний аналіз негативного досвіду користувачів і надають рекомендації з його уникнення, роблять внесок в активну профілактику дискримінації у віртуальних середовищах, розширюючи розуміння того, як такі агресії можуть впливати на різні групи користувачів.

А експериментальне дослідження [11] описує можливість використання технології VR для проведення віртуального обміну досвідом, VE (англ. *Virtual Exchange*), а саме вивчення, студентами, іноземної мови. Дослідження включало 27 студентів з Нідерландів і Німеччини, які впродовж чотирьох тижнів виконували навчальні завдання, використовуючи англійську мову. Учасники заповняли анкети до та після поставленого експерименту, вели журнали, записували свої VR-зустрічі, брали участь в інтерв'ю. Результати показали, що рівні присутності та залучення, а також зацікавленості у вивченні нових матеріалів, порівняно з типовим та дистанційним (проведення відеоконференцій) навчан-

ням, залежать від індивідуальних особливостей студентів. Було виявлено, що ставлення учасників до технології VR та їх суб'єктивний досвід відіграють важливу роль, вона надає безпечний простір для спілкування. Дослідження вказує на те, що VR може надавати більші можливості для соціальної взаємодії, ніж традиційні відеоконференції, а автори вказують на те, що соціальні VR-додатки є хорошим стимулом для покращення мовного навчання, і рекомендують заохочувати викладачів у використанні нових імерсивних технологій, які можуть збагачувати навчальний процес студентів.

Отже, аналіз літературних джерел підтверджує актуальність та новизну обраної теми дослідження. Виявлені прогалини у знаннях та невирішені проблеми обґрунтовують потребу подальшого вивчення потенціалу VR для розроблення комплексних підходів і методів дослідження нових напрямів застосування цієї технології у соціальних науках.

**Матеріали та методи дослідження.** У роботі застосовано теоретичні методи (грунтовний аналіз літератури, мета-аналіз експериментальних досліджень) та емпіричні методи (тестування VR-обладнання, аналіз платформ та опитування учасників). Дослідження проведено з використанням імерсивних VR-систем і спеціалізованого програмного забезпечення, що дало можливість комплексно оцінити потенціал технології VR та особливості її застосування для соціальних імітацій.

## Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

**Аналіз ефективності VR як інструменту соціального моделювання.** Віртуальна реальність стрімко розвивається як потужний інструмент для соціальної взаємодії. Це дослідження розпочнеться з проведення аналізу ефективності VR як інструменту соціального моделювання, розглядаючи її переваги та обмеження, а також оцінюючи вплив рівня занурення на достовірність отриманих результатів.

Порівняння результатів VR-імітацій з традиційними методами соціальних досліджень виявляє низку істотних переваг технології VR. На відміну від класичних лабораторних експериментів, які часто критикуються за штучність умов, VR-імітації дають можливість створювати високореалістичні сценарії, що максимально наближені до реальних життєвих ситуацій. Це особливо важливо під час вивчення складних соціальних феноменів, таких як групова динаміка, міжособистісні конфлікти або процеси прийняття рішень у стресових ситуаціях. Наприклад, дослідження [11, 17, 18], проведені з використанням системи VR, продемонструвало, що реакції учасників на соціальні дилеми у віртуальному середовищі були значно ближчими до їх реальної поведінки, ніж відповіді, отримані за допомогою традиційних опитувальників або лабораторних імітацій, що свідчить про високий потенціал VR для підвищення достовірності та точності соціально-психологічних експериментів.

Віртуальна реальність надає дослідникам безпрецедентний рівень контролю над експериментальними умовами, надаючи можливість легко маніпулювати різними змінними та створювати складні соціальні сценарії, які було б важко або неможливо відтворити в реальному житті. Це особливо цінно під час вивчення рідкісних або етично проблематичних ситуацій, таких як по-

ведінка людей в надзвичайних умовах або реакції на соціальну дискримінацію.

Оцінюючи ефективність VR як інструменту соціального моделювання, потрібно враховувати рівень занурення та його вплив на достовірність результатів. Рівень занурення у віртуальному середовищі є ключовим фактором, що визначає, наскільки реалістичними і валідними будуть отримані дані.

Дослідження [11, 13, 16, 18] показують, що високий рівень занурення, який досягається за допомогою сучасних VR-систем, значно підвищує відчуття присутності учасників у віртуальному світі, що, водночас, призводить до більш автентичних реакцій та поведінки, а експеримент з вивчення соціальної тривожності [10], проведений з використанням високоякісних VR-гарнітур, показує, що фізіологічні реакції учасників були майже ідентичними тим, що спостерігаються в реальних соціальних ситуаціях. Це вказує на потенціал для створення по-справжньому занурювальних соціальних імітацій, які можуть надати цінні інсайти про людську поведінку.

Сам рівень занурення може варіюватися залежно від якості VR обладнання та дизайну віртуального середовища. Менш досконалі системи можуть створювати відчуття "несправжності" або дискомфорту, що потенційно може вплинути на поведінку учасників і спотворити результати досліджень. Тому під час проведення соціальних експериментів критично важливо ретельно оцінювати та контролювати рівень занурення, використовуючи як об'єктивні метрики (наприклад, точність відстеження руху), так і суб'єктивні оцінки учасників щодо їхнього відчуття присутності у віртуальному світі.

Незважаючи на високий рівень реалістичності, який можуть забезпечити сучасні рішення, вони все ще не можуть повністю відтворити всю складність реального соціального світу. Наприклад, тонкі нюанси невербальної комунікації, такі як мікровирази обличчя або зміни в тоні голосу, можуть бути втрачені або спотворені у віртуальному середовищі, що може вплинути на якість соціальних взаємодій. Це особливо помітно у платформах VR, де аватари (віртуальне тіло людини, цифровий персонаж) можуть мати обмежену виразність порівняно з реальними людьми.

Деякі люди можуть відчувати дискомфорт або кінетоз (це стан, що виникає внаслідок конфлікту між різними відчуттями руху) під час використання VR-гарнітур, що також може вплинути на репрезентативність вибірки та якість отриманих даних [8].

Існують і обмеження, пов'язані з етичними аспектами проведення соціальних експериментів. Хоча віртуальне середовище надає можливість досліджувати ситуації, які було б неетично або небезпечно відтворювати в реальному житті, це також порушує питання про потенційний психологічний вплив таких експериментів на учасників. Наприклад, дослідження соціальних конфліктів або травматичних подій у VR може викликати сильні емоційні реакції [10, 14], які можуть мати довготермінові наслідки для психологічного благополуччя учасників. Тому необхідно розробляти та використовувати протоколи для отримання інформованої згоди учасників, забезпечення їх приватності у віртуальному середовищі та створення механізмів для швидкого виходу з імітації у разі дискомфорту.

Кожна платформа має свої унікальні характеристики, переваги та обмеження, які можуть істотно вплину-

ти на якість та реалістичність соціальних імітацій. Наприклад, SteamVR, як одна з найпопулярніших платформ для VR, пропонує широкий спектр можливостей для створення складних соціальних сценаріїв завдяки своїй відкритій архітектурі та великій бібліотеці додатків. Це надає можливість дослідникам розробляти та впроваджувати "кастомізовані" (адаптовані для вибраної аудиторії) віртуальні середовища, які точно відповідають вимогам конкретного соціального експерименту. З іншого боку, програмні рішення, орієнтовані на соціальну взаємодію, такі як VRChat, надають готові інструменти для створення аватарів і соціальних просторів, що може бути особливо корисним для досліджень, зосереджених на міжособистісній комунікації та груповій динаміці.

**Технологічні особливості VR-імітацій для соціального моделювання.** Аналіз впливу технічних характеристик VR-систем на якість соціальних імітацій є ще важливою особливістю, яка потребує ретельного розгляду. Роздільна здатність дисплеїв, частота оновлення, поле зору, точність відстеження руху та якість звуку, всі ці фактори можуть істотно вплинути на рівень занурення учасників та, відповідно, на достовірність отриманих даних [5]. Наприклад, системи з високою роздільною здатністю та широким полем зору, такі як Oculus Quest 2 (роздільною здатністю 3664×1920 пікселів з частотою 120 Hz та 113 градусами діагонального обзору) [4] чи HTC Vive Pro (роздільною здатністю 1880×1600 пікселів з частотою 90 Hz та 110 градусами діагонального обзору) [3], забезпечують більш реалістичне візуальне сприйняття віртуального середовища, що може бути критичним для досліджень, які фокусуються на невербальній комунікації або просторовій поведінці.

Точність відстеження руху, особливо рук та пальців, є ключовим для дослідження, яке вивчають жестикуляцію або маніпуляції з віртуальними об'єктами. Системи з більш досконалим відстеженням, такі як ті, що використовують технологію Lighthouse (технологія трекінгу, яка використовується для визначення положення і орієнтації гарнітури та контролерів у просторі), можуть забезпечити більш природну та інтуїтивну взаємодію у віртуальному просторі [23]. Системи "inside-out tracking" (технології трекінгу) визначають позицію користувача тільки за допомогою вбудованих у гарнітуру сенсорів, камер та алгоритмів оброблення зображень (такі як ті, що використовуються в Oculus Quest 2) [6], пропонують більшу портативність та легкість налаштування, що може бути перевагою для польових досліджень або експериментів, які вимагають часті зміни локацій.

Необхідно також розглянути вплив обчислювальної потужності на якість соціальних імітацій. Високопродуктивні системи дають можливість створювати більш складні та деталізовані віртуальні середовища, підтримувати більшу кількість одночасних учасників і забезпечувати плавність анімацій, що є важливим для реалістичного відтворення соціальних взаємодій. Однак, використання потужних стаціонарних систем може обмежити мобільність та доступність проведених досліджень. З іншого боку, автономні VR-гарнітури пропонують більшу портативність та легкість налаштування, але можуть мати обмеження щодо складності віртуальних сценаріїв та кількості одночасних учасників. Баланс між продуктивністю та портативністю є ключовим фактором при виборі VR-системи для проведення соціальних досліджень.

На підставі аналізу технологічних особливостей VR-імітацій можна сформулювати низку рекомендацій щодо оптимізації середовища для проведення соціальних досліджень.

Важливо обирати VR-платформу та обладнання, які найкраще відповідають специфічним вимогам конкретного дослідження. Для досліджень, які вимагають високого рівня контролю та можливості детального збирання даних, може бути доцільним використання потужних стаціонарних систем з програмними платформами, які підтримують розроблення кастомізованих додатків, наприклад SteamVR. Для досліджень, які фокусуються на природних соціальних взаємодіях у віртуальному просторі, платформи на зразок VRChat можуть бути більш придатними [9].

Необхідно приділяти особливу увагу й оптимізації продуктивності VR системи для забезпечення стабільної частоти кадрів і мінімізації латентності (затримки між введенням і реакцією програмного чи ігрового рушія). Використання технік оптимізації, таких як зміна рівнів деталізації 3D-моделей, залежно від відстані до неї, та ефективне управління освітленням, може значно покращити продуктивність без істотного зниження візуальної якості.

Потрібно також розробити ефективні методи збирання та аналізу даних у VR-середовищі. Це може містити інтеграцію систем "eye-tracking" (для визначення точок, на які спрямовується погляд людини), використання сенсорів для вимірювання фізіологічних показників, наприклад частоти серцевих скорочень або електродермальної (електропровідності шкіри внаслідок активності потових залоз) активності [24], а також розроблення інструментів для автоматизованого аналізу поведінки аватарів.

Обчислювальна потужність VR-систем також є критичним фактором, що впливає на якість соціальних імітацій. Високопродуктивні системи, які використовують графічні процесори NVIDIA RTX 4080 або її близький аналог AMD RX 7900 XTX, дають можливість створювати більш складні та деталізовані віртуальні середовища, підтримувати більшу кількість одночасних учасників і забезпечувати плавність анімацій для реалістичного відтворення соціальних взаємодій [19]. Однак, використання потужних стаціонарних систем може обмежити мобільність та доступність досліджень. Автономні VR-гарнітури пропонують більшу портативність та легкість налаштування, але можуть мати обмеження щодо складності віртуальних сценаріїв та кількості одночасних учасників.

Потрібно враховувати ергономіку та комфорт використання VR-систем, особливо для тривалих сесій соціальних досліджень. Фактори, такі як вага гарнітури, вентиляція та можливість налаштування під різні розміри голови, можуть значно вплинути на комфорт учасників і, як наслідок, на якість отриманих даних.

Оцінюючи ефективність будь-яких платформ та рішень, необхідно враховувати такі фактори, як гнучкість налаштування середовища, можливості для збирання даних, підтримка різних типів VR-пристроїв та здатність забезпечити стабільну роботу за одночасної участі багатьох користувачів.

**Практичне застосування VR для соціального моделювання.** Віртуальна реальність (VR) відкриває безпрецедентні засоби для соціального моделювання, на-

даючи можливість дослідникам створювати контрольовані, але реалістичні середовища для вивчення складних соціальних феноменів.

Одним з найбільш перспективних напрямів є використання VR для вивчення групової поведінки в екстремальних або небезпечних ситуаціях, які було б неетично або неможливо відтворити в реальному житті, наприклад, реакції людей на симульовані надзвичайні ситуації, такі як пожежі або землетруси, надаючи цінні дані для розроблення ефективних протоколів евакуації та навчання персоналу екстрених служб.

VR-імітації є досить ефективним інструментом для моделювання групової динаміки в організаційному контексті, вони дають можливість експериментувати з різними конфігураціями команд, стилями лідерства та комунікаційними стратегіями в контрольованому середовищі. Використання систем на зразок Oculus Quest 2 з їх можливостями відстеження рук надає можливість створювати реалістичні сценарії для вивчення невербальної комунікації та її впливу на групову взаємодію, що особливо цінно для досліджень у сфері організаційної психології та менеджменту.

Для ілюстрації потенціалу використання VR у соціальному моделюванні, було вибрано спеціальне середовище, яке представляло собою просторі апартаменти з різноманітними інтерактивними елементами та зонами для групової активності.

На початку експерименту було вибрано рішення GMod (повна назва: Garry's Mod) [20] з модифікацією VRMod (повна назва: VRMod – Experimental Virtual Reality) [7] (скрін 1), проте через обмеження продуктивності (частота кадрів падала нижче від значень комфортного мінімуму 60 кадрів за секунду, та досягала значень 20-30 кадрів на секунду) у більшості добровольців, під час їх приєднання до виділеного серверу (20 та більше гравців на одній локації), більшістю голосів було підтримана ідея до переходу в спеціалізоване та безкоштовне рішення, що було створене спеціально для соціальної взаємодії.

На жаль, GMod не застосовувався у подальших експериментах, застарілий рушій Source та недостатні можливості програмного рішення, на практиці, показали важливість вибору найбільш придатних інструментів для проведення експериментів.



Скрін 1. Віртуальне середовище в рішенні GMod, попередня підготовка до проведення експериментів / Virtual environment in GMod solution, preliminary preparation for experiments

Практична частина експерименту під назвою "Адаптивна групової динаміка у віртуальному просторі" була проведена завдяки програмному рішенню VRChat. Вона досліджувала динаміку групової поведінки в умовах,

що змінюються, демонструвала унікальні можливості VR-середовища для вивчення соціальних процесів і взаємодій. Її метою було дослідження того, як незнайомі люди формують групи, встановлюють комунікаційні зв'язки та адаптуються до змінних умов під час виконання спільного завдання.

В експерименті взяли участь 25 добровольців (імена користувачів, у цілях конфіденційності, у графічних та текстових результатах приховані), які не були знайомі один з одним і ніколи не траплялися до моменту проведення експерименту. Вони були випадково розподілені на групи по 5 осіб, мали можливість до вільного вибору аватарів і персональних налаштувань керування, кожна група проводила у віртуальних апартаментах 90 хвилин, розділених на три послідовні фази по 30 хвилин кожна.

У першій фазі, названій "Дослідження та взаємодія", учасникам було надано повну свободу дій для ознайомлення з віртуальним простором та встановлення контакту один з одним. Спостерігач фіксував, як добровольці досліджували різні зони апартаментів, які теми для розмов вони обирали, і як формувалися перші соціальні зв'язки між ними. Цікаво відзначити, що в чотирьох з п'яти груп уже впродовж перших 15 хвилин почали виділятися неформальні лідери, які пропонували ідеї для спільних активностей, наприклад, перегляд відеороликів на вбудованому в інтер'єр медіа-плеєрі (скрін 2, 3).



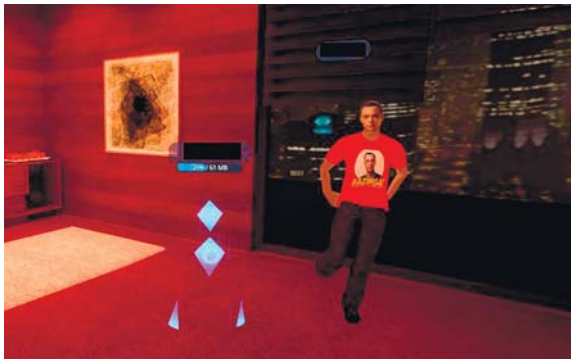
Скрін 2. Вбудований в інтер'єр медіаплеєр, що імітує медіасистему у віртуальному середовищі / Media player integrated in the interior that simulates a media system in the virtual environment



Скрін 3. Аналіз відеоролика з платформи YouTube, як запропонований вибір активності, перша група / Review of a YouTube video as a suggested activity choice, first group

Друга фаза, "Соціальні ролі та відповідальність", передбачала більш структуроване завдання: учасникам було запропоновано спланувати та організувати віртуальну вечірку в межах апартаментів (скрін 4). Вона виявилася особливо інформативною з погляду розподілу соціальних ролей та обов'язків. У всіх групах спостеріга-

лася тенденція до спонтанного розподілу завдань відповідно до особистих уподобань та навичок учасників: деякі займалися "декоруванням" віртуального простору, інші відповідали за музичний супровід, а ще інші починали байдикувати та заздалегідь починали святкування. Необхідно відзначити, що цей розподіл відбувся здебільшого природно, без явного призначення ролей, що може свідчити про позитивний вплив комфортного віртуального середовища на групу самоорганізацію.



**Скрін 4.** Імітація реальної вечірки, захоплення та відображення рухів у віртуальному середовищі, два учасники експерименту, група номер три / Simulation of a real party, capturing and displaying movements in a virtual environment, two participants from group number three

Третя фаза експерименту, "Коллективне рішення", ставила перед учасниками завдання з реконфігурації віртуальних апартаментів, що вимагало досягнення консенсусу щодо дизайнерських рішень. Вона виявилася найбільш динамічною та інформативною з погляду вивчення процесів групового прийняття рішень. Необхідно відзначити, що в більшості груп дискусії велися активно, але конструктивно, з високим рівнем залученості всіх учасників. Цікаво, що у трьох із п'яти груп виникли спонтанні "підгрупи", які займалися окремими аспектами дизайну (наприклад, кольорова схема, розташування віртуальних об'єктів), перш ніж представити свої ідеї на загальне обговорення.

Для збирання даних використовувалися різноманітні методи, зокрема реєстрацію рухів і взаємодій аватарів учасників, запис аудіокомунікацій, а також аналіз текстових повідомлень у внутрішньому чаті VRChat. Окрім цього, після кожної фази учасники заповнювали короткі опитувальники щодо їх відчуття присутності, рівня стресу та задоволеності груповою роботою.

Аналіз даних, зібраних упродовж усіх трьох фаз експерименту, виявив кілька ключових тенденцій. Рівень вербальної та невербальної комунікації між учасниками був значно вищим, ніж під час відеозустрічі, що була проведена після третього етапу, а також, за суб'єктивним досвідом авторів дослідження, набагато більш активно, ніж між людьми в умовах реального світу та середовища.

Користувачі активно використовували жести своїх аватарів, що сприяло більш природній та невимушеній взаємодії. Просторова поведінка у віртуальному середовищі виявилася досить динамічною: користувачі часто змінювали своє розташування, формуючи різні конфігурації груп залежно від поточного завдання або теми обговорення.

Особливо цікавим результатом стало спостереження за формуванням та еволюцією лідерських ролей протягом експерименту. У чотирьох з п'яти груп лідерство

мало плинний характер, переходячи від одного учасника до іншого залежно від контексту та необхідних навичок. Це істотно відрізняється від традиційних спостережень у фізичних середовищах, де лідерські ролі зазвичай більш стабільні. Такий феномен може бути пов'язаний з відсутністю деяких звичних соціальних маркерів у віртуальному просторі та більшим фокусуванням на комунікативних навичках та ідеях, а не на фізичній присутності.

Аналіз опитувань, проведених після кожної фази, показав високий рівень задоволеності від взаємодії у віртуальному середовищі. Більшість респондентів відзначили, що відчували себе більш розслабленими та відкритими для спілкування, ніж у звичайних соціальних ситуаціях, це може вказувати на потенціал віртуальних середовищ для створення комфортних умов соціальної взаємодії, особливо для людей, які відчують труднощі у традиційних соціальних контекстах.

Цей експеримент продемонстрував потенціал програмного рішення VRChat та ВР для проведення соціальних досліджень. А також вказав на можливість динамічно змінювати умови експерименту, забезпечуючи при цьому високий рівень контролю та точності вимірювань, що відкриває нові горизонти для вивчення групової динаміки, лідерства, комунікації та адаптації до стресових ситуацій.

Потрібно відзначити, що цей експеримент також виявив й певні обмеження та виклики використання VR для соціальних досліджень. Деякі учасники повідомляли про легке відчуття втоми від тривалого перебування у віртуальному середовищі, що може вплинути на результати довготривалих експериментів. А обмеження у відтворенні тонких невербальних сигналів, таких як міміка, можуть впливати на якість соціальних взаємодій.

Також необхідно враховувати програмні та апаратні обмеження, особливо в умовах застосування рішень, що потребують значного обсягу ресурсів для забезпечення обчислювальної чи графічної (рендерингу, візуалізації комп'ютерної графіки) продуктивності, а також виділених серверів, що могли б використовуватися для одночасного підключення та роботи з великою кількістю учасників (у режимі реального часу).

Ці особливості вказують на важливість подальшого вдосконалення ВР-технологій та проведення відповідних досліджень для максимізації їх потенціалу в галузі соціального моделювання.

Отже, дослідження особливостей застосування технології ВР для соціального моделювання відкриває нові горизонти у сфері соціальних наук, пропонуючи інноваційні методи вивчення людської поведінки та соціальних взаємодій. Наведені в дослідженні рішення демонструють значний потенціал ВР як потужного інструменту для створення контрольованих експериментальних умов, дослідження складних соціальних феноменів.

**Обговорення результатів дослідження.** Отримані нами результати щодо ефективності застосування технології ВР для соціального моделювання корелюють з нещодавніми дослідженнями у цій галузі знань. Зокрема, експериментальне дослідження [15, 22] підтверджує ефективність віртуальних імітацій для вивчення групової динаміки, оскільки взаємодія та відчуття "присутності" можуть бути значущими навіть у схожих до реальних середовищах. Існує позитивний зв'язок між відчуттям присутності у просторі та спільною присутністю

(відчуттям перебування разом з іншими людьми), групова згода зростає і, як і результати успішності групи.

Результати аналізу технологічних особливостей узгоджуються з висновками дослідження [2], де було встановлено, що сучасні VR-системи з високою роздільною здатністю та частотою оновлення, достовірності передачі зображення та рухів (роботою трекінгових систем відстеження) забезпечують високий рівень імерсивності. Це підтверджується також роботою [1], яка демонструє значущу кореляцію між технічними характеристиками VR-обладнання та якістю занурення у віртуальний простір, досягнення рівня схожості досвіду.

Виявлені переваги використання віртуальних платформ для соціального моделювання знаходять підтвердження в, дещо схожій на цю роботу, науковій праці [21], де на вибірці з 10 учасників було продемонстровано підвищення ефективності соціальних досліджень, а також доказано, що програмне рішення VRChat може бути ефективним інструментом для VR-досліджень, відкриваючи нові можливості для масштабування експериментів і залучення великої кількості учасників.

Отже, внаслідок виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

*Наукова новизна отриманих результатів дослідження* – розроблено методика проведення соціального моделювання з використанням технології віртуальної реальності, що дало змогу провести соціальні експерименти у віртуальному середовищі, значно підвищити ефективність і достовірність проведення соціальних досліджень.

*Практична значущість результатів дослідження* – отримані результати можуть бути застосовані для розроблення віртуальних платформ соціального моделювання, впроваджені в практику проведення соціологічних досліджень та в освітній процес для підвищення ефективності вивчення соціальної взаємодії, а також використані при створенні методичних рекомендацій щодо проведення соціальних експериментів у віртуальному середовищі.

## Висновки / Conclusions

Проаналізовано основний потенціал використання віртуальної реальності для соціального моделювання, що дало змогу дослідити можливості її впровадження у реальну дослідницьку практику та сприяло розвитку інноваційних підходів до вивчення соціальних взаємодій. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. Встановлено, що віртуальна реальність забезпечує високий рівень імерсивності та природності поведінки учасників, що істотно підвищує екологічну валідність експериментів порівняно з традиційними методами соціальних досліджень. Виявлено основні обмеження методу, зокрема технологічну складність систем та можливий дискомфорт учасників при тривалому використанні.
2. Проаналізовано технічні характеристики сучасних VR-систем та визначено, що найефективнішими є рішення, які поєднують високу якість візуалізації з підтримкою природних жестів і міміки.
3. Досліджено практичне застосування VR-технологій через експеримент з 25 учасниками, що підтвердив високу ефективність віртуального середовища для вивчення групової динаміки, спонтанного розподілу ролей та процесів прийняття колективних рішень. Результати

підтвердили високу ефективність у створенні умов для природної взаємодії та формування групової динаміки.

4. Оцінено потенціал інтеграції технологій VR у соціальні експерименти, напрями розвитку технології. Обґрунтовано потребу аналізу апаратного забезпечення для створення більш реалістичних та імерсивних віртуальних середовищ.
5. Визначено, що віртуальна реальність забезпечує високий рівень імерсивності, яка сприяє більш природній та автентичній поведінці учасників дослідження, що значно підвищує валідність експериментів, наближаючи поведінку в віртуальному середовищі до реального.

Для проведення подальших досліджень необхідно вдосконалити методи аналізу даних, отриманих у VR-імітаціях, зокрема, розроблення алгоритмів машинного навчання для автоматизованого аналізу складних соціальних взаємодій у віртуальному просторі. Окрім цього, рекомендуємо приділяти увагу дослідженням довготермінових ефектів участі у VR-експериментах, у т.ч. вплив на соціальні навички та поведінку учасників у реальному житті.

## References

1. Al-Jundi, H. A., & Tanbour, E. Y. (2022). A framework for fidelity evaluation of immersive virtual reality systems. *Virtual Reality*, 26(3), 1103–1122. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00618-y>
2. Angelov, V., Petkov, E., Shipkovenski, G., & Kalushkov, T. (2020, June). Modern virtual reality headsets. In *2020 International congress on human-computer interaction, optimization and robotic applications*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/HO-RA49412.2020.9152604>
3. Brown, R. (2024). HTC Vive Pro specifications. *VRCompare*. URL: <https://vr-compare.com/headset/htcvivepro>
4. Brown, R. (2024). Oculus Quest 2 specifications. *VRCompare*. URL: <https://vr-compare.com/headset/oculusquest2>
5. Brunnstrom, K., Sjostrom, M., Imran, M., Pettersson, M., & Johanson, M. (2018). Quality of experience for a virtual reality simulator. In *Human Vision and Electronic Imaging (HVEI). International Symposium on Electronic Imaging Science and Technology 2018*, Burlingame, California USA. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1185554&dsid=3185>
6. Butler, S. (2021). What Is Inside-Out Tracking in VR. *How-To Geek*. URL: <https://www.howtogeek.com/756785/what-is-inside-out-tracking-in-vr>
7. Catse. (2021). vrmod-module. OpenVR support to Garrys Mod. *GitHub*. URL: <https://github.com/catsethecat/vrmod-module>
8. Dvorak, M. (2024). Virtual Reality Sickness and its Impact on the Effectiveness of Virtual Reality Training. *Journal of Electrical Systems*, 20(10 s), 2469–2477. URL: [https://www.researchgate.net/publication/383311510\\_Virtual\\_Reality\\_Sickness\\_and\\_its\\_Impact\\_on\\_the\\_Effectiveness\\_of\\_Virtual\\_Reality\\_Training](https://www.researchgate.net/publication/383311510_Virtual_Reality_Sickness_and_its_Impact_on_the_Effectiveness_of_Virtual_Reality_Training)
9. Figueroa, P., Bischof, W. F., Boulanger, P., & Hoover, H. J. (2005). Efficient comparison of platform alternatives in interactive virtual reality applications. *International journal of human-computer studies*, 62(1), 73–103. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2004.08.004>
10. Freeman, G., Zamanifard, S., Maloney, D., & Acena, D. (2022). Disturbing the peace: Experiencing and mitigating emerging harassment in social virtual reality. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 6(CSCW1), 1–30. <https://doi.org/10.1145/3512932>
11. Gruber, A., Canto, S., & Jauregi-Ondarra, K. (2023). Exploring the use of social virtual reality for virtual exchange. *ReCALL*, 35(3), 258–273. <https://doi.org/10.1017/S0958344023000125>
12. Hrytsiuk, Y. I. (2022). Comprehensive software quality assessment system. *Scientific Bulletin of UNFU*, 32(2), 81–95. <https://doi.org/10.36930/40320213>

13. Hudson, S., Matson-Barkat, S., Pallamin, N., & Jegou, G. (2019). With or without you? Interaction and immersion in a virtual reality experience. *Journal of business research*, 100, 459–468. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.062>
14. Lavoie, R., Main, K., King, C., & King, D. (2021). Virtual experience, real consequences: the potential negative emotional consequences of virtual reality gameplay. *Virtual Reality*, 25(1), 69–81. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00440-y>
15. Lee, J. E., & Shin, M. (2014). How Group Dynamics Affect Team Achievements in Virtual Environments. *International Journal of Contents*, 10(3). <https://doi.org/10.5392/IJoC.2014.10.3.064>
16. Maloney, D., & Freeman, G. (2020). Falling asleep together: What makes activities in social virtual reality meaningful to users. *In Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 510–521. <https://doi.org/10.1145/3410404.3414266>
17. Moustafa, F., & Steed, A. (2018). A longitudinal study of small group interaction in social virtual reality. *In Proceedings of the 24th ACM symposium on virtual reality software and technology*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3281505.3281527>
18. Mystakidis, S., Berki, E., & Valtanen, J. P. (2021). Deep and meaningful e-learning with social virtual reality environments in higher education: A systematic literature review. *Applied Sciences*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/app11052412>
19. Poppin, M. (2022). The RTX 4080 VR Performance Review. *BabelTechReviews*. URL: <https://babeltechreviews.com/the-1199-rtx-4080-vr-performance-review>
20. Rubartovich, R., Harris, C., Newman, G., & Meer, S. (2024). garrysmod. *Garrys Mod*. *GitHub*. URL: <https://github.com/Facepunch/garrysmod>
21. Saffo, D., Yildirim, C., Di Bartolomeo, S., & Dunne, C. (2020, April). Crowdsourcing virtual reality experiments using vrchat. *In Extended abstracts of the 2020 chi conference on human factors in computing systems*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3334480.3382829>
22. Sparks, D. C. (2023). A study of group effectiveness in a virtual reality environment. *University of Louisville*. URL: <https://ir.library.louisville.edu/etd/4217>
23. Virtual Reality Society. (2017). SteamVR Lighthouse. *Virtual Reality Society*. URL: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-gear/motion-tracking/steamvr-lighthouse.html>
24. Weibel, R. P., Grubel, J., Zhao, H., Thrash, T., Meloni, D., Holscher, C., & Schinazi, V. R. (2018). Virtual reality experiments with physiological measures. *Journal of Visualized Experiments*, 138 p. <https://doi.org/10.3791/58318>

**A. Ye. Batiuk, Yu. R. Kulyk**

*Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

## APPLICATION OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY FOR SOCIAL MODELING AND INTERACTION

The paper presents the results of a comprehensive study of the potential use of virtual reality (VR) for social modeling in the context of modern technological advancements and their impact on society. Key advantages of using VR in social research have been identified, including the ability to create controlled experimental conditions and collect detailed data on participant behaviour in real-time. It has been suggested that VR provides a high level of immersion, promoting more natural and authentic behaviour of subjects in the virtual space. The main technological aspects of implementing VR simulations, and modern hardware and software solutions for creating realistic virtual social environments have been characterized. The impact of technical limitations of modern VR systems on the quality of social simulations is assessed, and ways to overcome them have also been proposed. Some approaches to conducting social research in virtual reality, including experiment design, data collection and analysis, as well as evaluation of the validity and reliability of obtained results are characterized. Some ethical aspects of using VR in social research, particularly the issue of minimizing psychological risks for participants, are identified. The interdisciplinary nature of research in the field of VR modeling of social processes, and the necessity of collaboration between specialists from various fields for fully unlocking the potential of this technology have been substantiated. The impact of VR technologies on the development of social research and deepening the understanding of complex social phenomena is evaluated, promising directions for applying VR to social modeling have been identified. The experiment involving 25 participants who used a VR environment and performed collaborative tasks is presented, which practically demonstrated the possibilities of studying real social processes and interactions through virtual reality means. Its aim was to investigate how strangers form groups establish communication links, and adapt to changing conditions while performing a joint task.

**Keywords:** virtual environment; simulation; interactivity; behaviour modeling; behavioural patterns.