

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)

_____ Моделі використання технологій доповненої,
_____ віртуальної та змішаної реальності у медичній
_____ сфері
(тема)

Виконав:

студент _____ II курсу, групи _____ КСМм-21-1
_____ Лутай В.О.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність _____
_____ 123 «Комп'ютерна інженерія»
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____
_____ Комп'ютерні системи та мережі
(повна назва освітньої програми)

Керівник: _____ доц. Мартовицький В.О.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ЕОМ

_____ Коваленко А.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 123 «Комп'ютерна інженерія» _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Комп'ютерні системи та мережі _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту _____ Лутаю Владиславу Олеговичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Моделі використання технологій доповненої, віртуальної та змішаної
реальності у медичній сфері

затверджена наказом по університету від “ 07 ” листопада 2022 р. № 1453СТ

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 13 грудня 2022 р.

3. Вхідні дані до роботи Спостереження лікарів, відомі спроби подібних експериментів

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі Вивчення медичного матеріалу,
знайомство з відомими експериментами, вивчення технології віртуальної реальності,
розробка архітектури програми, розробка програми, тестування.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) 11 слайдів презентації

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Опрацювання теоретичного матеріалу	07.11.2022	
2	Аналіз та вибір методів рішення задачі	20.11.2022	
3	Розробка алгоритмів вирішення, вибір засобів	25.11.2022	
4	Проектування програмної реалізації завдання	30.11.2022	
5	Тестування та усунення проблем	05.12.2022	
6	Оформлення пояснювальної записки	08.12.2022	

Дата видачі завдання 07 листопада 2022 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Мартовицький В.О.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 79 с., 10 рис., 2 дод., 20 джерел.

AR, VR, UNITY, C #, ПРОГРАМА, КОД.

Метою кваліфікаційної роботи є реабілітаційна терапія на основі LMC яка виконує аналіз на основі візуального судження терапевта, використовуючи лише наявний вміст та може бути застосована до пацієнтів з нервовою системою в клініці, щоб терапевт міг розпізнати будь-яку аномальну картину на основі об'єктивних даних.

Результати цього дослідження також можуть бути використані як базові дані для доказової діагностичної оцінки. Майбутня робота може бути застосована до медичних досліджень, які можна оцінити шляхом класифікації ступеня одужання відповідно до типу захворювання верхньої кінцівки шляхом реєстрації відстежуваного кистьового суглоба розробленої системи ВВТ.

ABSTRACT

Master's thesis: 79 pages, 10 figures, 2 appendices, 20 sources.

AR, VR, UNITY, C #, PROGRAM, CODE.

The aim of the qualification work is an LMC-based rehabilitation therapy that performs analysis based on the therapist's visual judgment, using only the available content, and can be applied to nervous system patients in the clinic, so that the therapist can recognize any abnormal pattern based on objective data.

The results of this research can also be stable to the basic data for evidential diagnosis of the results. Future work can be applied to medical research, which can be evaluated by classifying the degree of recovery according to the health of the upper extremity disease by registering the tracked acid joint of the loosened BBT system.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	9
1.1 Актуальність	9
1.2 Сфери застосування	15
1.3 Здоров'я та безпека	19
2 AR ТА VR У МЕДИЧНІЙ СФЕРІ	23
2.1 Призначення віртуальної реальності. Розваги	23
2.2 Дослідження.....	32
2.3 Експерименти	38
3 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ І АЛГОРИТМІВ ПРОГРАМИ	45
3.1 Модель.....	45
3.2. Матеріали та методи	47
3.3 Результати роботи	51
4 РОЗРОБКА ТА ТЕСТУВАННЯ.....	61
4.1 Програмне забезпечення	61
4.2 Допоміжні прилади	62
4.3 Схема роботи	63
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	66
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	68
ДОДАТОК Б Лістинг класів.....	75
Б.1 Основні класи.....	75

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

ООП – об'єктно-орієнтоване програмування

ПК – персональний комп'ютер

ПЗ – програмне забезпечення

AR – доповнена реальність

JSON – текстовий формат обміну даними між комп'ютерами

MR – змішана реальність

UML – уніфікована мова моделювання

VR – віртуальна реальність

XML – розширювана мова розмітки

ВСТУП

Доповнена реальність (AR) та віртуальна реальність (VR) використовуються в багатьох сферах, включаючи медицину, освіту, виробництво та розваги. Завдяки прогресу в оптиці, комп'ютерних системах і хірургічних інструментах, застосування доповненої реальності в медицині активно досліджується. Зокрема, оскільки хірургічне втручання з використанням лапароскопії, ендоскопії або катетеризованого втручання збільшилося, VR відіграє важливу роль у багатьох медичних застосуваннях.

VR означає техніку поєднання реального світу та віртуальних об'єктів, які є штучно створеним комп'ютером цифровим контентом. Оскільки іншим аспектом VR є реєстрація між реальним світом і віртуальними об'єктами, його метою є оцінка тривимірного (3D) положення віртуальних об'єктів, пов'язаних із реальним світом. Таким чином, VR може дозволити користувачеві бачити 3D віртуальні об'єкти, накладені на реальний світ. За допомогою доповненої реальності в медицині хірург може побачити приховані органи всередині тіла та покращити сприйняття процедури лікування за допомогою взаємодії площини зображення. Це відображення називається перспективною проекцією, а перетворення між зображенням і координатами реального світу можна представити у вигляді матриці проекції. Таким чином, калібрування камери - це оцінка параметрів проекційної матриці для моделі обскури.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Актуальність

Віртуальна реальність (VR) – це симуляція досвіду, яка використовує відстеження поз і 3D-дисплеї поблизу очей, щоб дати користувачеві відчуття занурення у віртуальний світ. Застосування віртуальної реальності включає розваги (зокрема відеоігри), освіту (наприклад, медичну чи військову підготовку) і бізнес (наприклад, віртуальні зустрічі). Інші типи технологій у стилі VR включають доповнену реальність і змішану реальність, які іноді називають розширеною реальністю або XR, хоча визначення зараз змінюються через зародження галузі.

В даний час стандартні системи віртуальної реальності використовують або гарнітури віртуальної реальності, або багатопроектні середовища для створення реалістичних зображень, звуків та інших відчуттів, які імітують фізичну присутність користувача у віртуальному середовищі. Людина, яка використовує обладнання віртуальної реальності, може оглядати штучний світ, пересуватися в ньому та взаємодіяти з віртуальними об'єктами чи предметами. Ефект зазвичай створюється гарнітурами віртуальної реальності, які складаються з дисплею, встановленого на голові, з маленьким екраном перед очима, але його також можна створити за допомогою спеціально розроблених кімнат із кількома великими екранами. Віртуальна реальність зазвичай включає слуховий і відеозворотний зв'язок, але також може допускати інші типи сенсорного та силового зворотного зв'язку за допомогою тактильної технології.

З середини 1400-х років «віртуальний» має значення «бути чимось по суті або ефекту, хоча не фактично чи фактично». Термін «віртуальний» використовувався в комп'ютерному значенні «фізично не існуючий, але створений програмним забезпеченням» з 1959 року.

У 1938 році французький авангардний драматург Антонен Арто описав ілюзорну природу персонажів і об'єктів у театрі як «la réalité virtuelle» у збірці есе Le Théâtre et son double. Англійський переклад цієї книги, опублікований у 1958 році під назвою The Theatre and its Double, є першим опублікованим використанням терміну «віртуальна реальність». Термін «штучна реальність», введений Майроном Крюгером, використовується з 1970-х років. Термін «віртуальна реальність» вперше був використаний у контексті наукової фантастики в «Мандалі Юди», романі Демієна Бродеріка 1982 року.

Широке застосування терміну «віртуальна реальність» у популярних засобах масової інформації пояснюється Джароном Ланьєром, який наприкінці 1980-х розробив деякі з перших апаратних засобів віртуальної реальності бізнес-класу під керівництвом своєї фірми VPL Research, а також фільму «Людина-газонокосарка» 1992 року, в якому представлені використання систем віртуальної реальності[1].

Одним із методів, за допомогою якого можна реалізувати віртуальну реальність, є віртуальна реальність на основі моделювання. Симулятори водіння, наприклад, створюють у водія враження, ніби він справді керує справжнім транспортним засобом, передбачаючи рух транспортного засобу, спричинений введенням водія, і передають відповідні візуальні, рухові та звукові сигнали водієві.

Завдяки віртуальній реальності на основі зображень аватарів люди можуть приєднатися до віртуального середовища у формі реального відео, а також у формі аватару. Можна брати участь у 3D розподіленому віртуальному середовищі як у формі звичайного аватара, так і у вигляді реального відео. Користувачі можуть вибрати власний тип участі на основі можливостей системи.

У віртуальній реальності на основі проектора моделювання реального середовища відіграє життєво важливу роль у різних додатках віртуальної реальності, таких як навігація роботів, моделювання конструкції та моделювання літака. Системи віртуальної реальності на основі зображень

набувають популярності в спільнотах комп'ютерної графіки та комп'ютерного зору. При створенні реалістичних моделей важливо точно зареєструвати отримані 3D-дані; зазвичай для моделювання невеликих об'єктів на невеликій відстані використовується камера.

Віртуальна реальність на основі настільного комп'ютера передбачає відображення 3D-віртуального світу на звичайному дисплеї настільного комп'ютера без використання будь-якого спеціалізованого обладнання відстеження позиції VR. Багато сучасних відеоігор від першої особи можна використати як приклад, використовуючи різноманітні тригери, чуйних персонажів та інші подібні інтерактивні пристрої, щоб користувач почував себе у віртуальному світі. Загальною критикою цієї форми занурення є відсутність відчуття периферійного зору, що обмежує здатність користувача знати, що відбувається навколо нього.

На головний дисплей (HMD) більш повно занурює користувача у віртуальний світ. Гарнітура віртуальної реальності зазвичай включає два невеликих OLED- або РК-монітори високої роздільної здатності, які забезпечують окремі зображення для кожного ока для стереоскопічної графіки, що відтворює 3D-віртуальний світ, бінауральну аудіосистему, відстеження положення та обертання голови в реальному часі для шести градусів руху. Опції включають елементи керування рухом із тактильним зворотним зв'язком для фізичної взаємодії у віртуальному світі інтуїтивно зрозумілим способом без абстракцій і ненаправленою біговою доріжкою для більшої свободи фізичних рухів, що дозволяє користувачеві виконувати локомотивний рух у будь-якому напрямку.

Доповнена реальність (AR) – це тип технології віртуальної реальності, яка поєднує те, що користувач бачить у своєму реальному оточенні, з цифровим вмістом, створеним комп'ютерним програмним забезпеченням. Додаткові зображення, згенеровані програмним забезпеченням із віртуальною сценою, як правило, певним чином покращують вигляд реального оточення. Системи доповненої реальності передають віртуальну інформацію через живу

трансляцію з камери в гарнітуру чи смарт-окуляри або через мобільний пристрій, що дає користувачеві можливість переглядати тривимірні зображення.

Змішана реальність (MR) – це злиття реального та віртуального світу для створення нових середовищ і візуалізацій, де фізичні та цифрові об'єкти співіснують і взаємодіють у реальному часі. Кіберпростір іноді визначають як мережеву віртуальну реальність.

Симульована реальність – це гіпотетична віртуальна реальність, яка настільки ж захоплююча, як і справжня реальність, уможливаючи передовий реалістичний досвід або навіть віртуальну вічність.

У 2010 році Палмер Лакі розробив перший прототип Oculus Rift. Цей прототип, побудований на оболонці іншої гарнітури віртуальної реальності, міг лише відстежувати обертання. Однак він міг похвалитися полем огляду 90 градусів, чого раніше не бачили на споживчому ринку того часу. Lukey усунув проблеми спотворення, пов'язані з типом об'єктива, який використовувався для створення широкого поля зору, використовуючи програмне забезпечення, яке попередньо спотворювало відтворене зображення в режимі реального часу. Цей початковий дизайн згодом послужить основою для подальших проектів. У 2012 році Rift вперше представлений на виставці відеоігор E3 від Carmack. У 2014 році Facebook придбав Oculus VR за 2 мільярди доларів, але пізніше виявилось, що точніша сума — 3 мільярди доларів. Ця покупка відбулася після того, як у 2013 році було відправлено перші комплекти розробки, замовлені через Oculus 2012 Kickstarter, але до відправлення других наборів розробки в 2014 році. ZeniMax, колишній роботодавець Кармака, подав до суду на Oculus і Facebook за те, що вони передали Facebook секрети компанії.

У 2013 році компанія Valve відкрила та вільно поширила прорив дисплеїв із низьким рівнем стійкості, які роблять можливим відображення VR-контенту без затримок і розмазування. Це було прийнято Oculus і використовувалося в усіх їхніх майбутніх гарнітурах. На початку 2014 року

Valve продемонструвала свій прототип SteamSight, попередника обох споживчих гарнітур, випущених у 2016 році. Він мав спільні з споживчими гарнітурами основні функції, включаючи окремі дисплеї 1К на око, низьку стійкість, позиційне відстеження на великій площі та лінзи Френеля. HTC і Valve анонсували гарнітуру віртуальної реальності HTC Vive і контролери в 2015 році. Набір включав технологію відстеження під назвою Lighthouse, яка використовувала настінні «базові станції» для відстеження позиції за допомогою інфрачервоного світла.

У 2014 році Sony анонсувала Project Morpheus (його кодова назва для PlayStation VR), гарнітуру віртуальної реальності для ігрової консолі PlayStation 4. У 2015 році Google анонсувала Cardboard, стереоскопічний оглядач своїми руками: користувач кладе свій смартфон у картонний тримач, який надягає на голову. Майкл Наймарк був призначений першим в історії Google «постійним художником» у новому підрозділі VR. Кампанія Kickstarter для Gloveone, пари рукавичок, що забезпечують відстеження руху та тактильний зворотний зв'язок, була успішно профінансована, внесків понад 150 000 доларів США. Також у 2015 році Razer представила свій проект з відкритим кодом OSVR.

До 2016 року було щонайменше 230 компаній, які розробляли продукти, пов'язані з VR. Amazon, Apple, Facebook, Google, Microsoft, Sony і Samsung мали спеціальні групи AR і VR. Динамічний бінауральний звук був звичайним для більшості гарнітур, випущених того року. Однак тактильні інтерфейси не були добре розроблені, і більшість апаратних пакетів включали телефони з кнопками для сенсорної інтерактивності. Візуально дисплеї все ще мали досить низьку роздільну здатність і частоту кадрів, щоб зображення все ще можна було ідентифікувати як віртуальні.

У 2016 році компанія HTC випустила свої перші одиниці гарнітури HTC Vive SteamVR. Це стало першим великим комерційним випуском відстеження на основі датчиків, що дозволяє вільно пересуватися користувачам у визначеному просторі. Патент, поданий Sony у 2017 році, показав, що вони

розробляють технологію відстеження місцезнаходження, подібну до Vive для PlayStation VR, з потенціалом для розробки бездротової гарнітури .

У 2019 році Oculus випустила Oculus Rift S і окрему гарнітуру Oculus Quest. Ці гарнітури використовували відстеження назовні в порівнянні з зовнішнім відстеженням назовні в гарнітурах попередніх поколінь.

Пізніше у 2019 році Valve випустила Valve Index. Помітні особливості включають кут огляду 130°, навушники поза вуха для занурення та комфорту, контролери з відкритою рукою, які дозволяють відстежувати індивідуальні пальці, фронтальні камери та передній слот розширення, призначений для розширення.

У 2020 році Oculus випустив Oculus Quest 2. Деякі нові функції включають чіткіший екран, знижену ціну та підвищену продуктивність. Facebook тепер вимагає, щоб користувач увійшов за допомогою облікового запису Facebook, щоб використовувати нову гарнітуру. У 2021 році на Oculus Quest 2 припадало 80% усіх проданих гарнітур VR.

У 2021 році EASA схвалила перший тренажер для симуляції польотів на основі віртуальної реальності (VR). Пристрій для пілотів вертольотів підвищує безпеку, відкриваючи можливість відпрацювання ризикованих маневрів у віртуальному середовищі. Це стосується ключової сфери ризику під час експлуатації вертольотів , де статистика показує, що близько 20% аварій відбувається під час тренувальних польотів.

З 2017 року було зроблено серйозні кроки в інтеграції віртуальної реальності та когнітивно-поведінкової терапії, зосереджуючись на тому, як пристосувати досвід для кожного окремого пацієнта.

З обмеженнями, пов'язаними з COVID-19 у 2020 році, VR переживає величезне зростання. За даними Grand View Research, глобальний ринок VR зросте до 62,1 мільярда доларів у 2027 році.

Зараз, у постпандемічний період, доповнена реальність і віртуальні технології створили новий шлях, який може вплинути на майбутнє навчання та реабілітації з охорони праці.

1.2 Сфери застосування

Віртуальна реальність найчастіше використовується в розважальних програмах, таких як відеоігри, 3D-кінотеатри, атракціони в парках розваг, включаючи темні атракціони та соціальні віртуальні світи. Споживчі гарнітури віртуальної реальності були вперше випущені компаніями відеоігор на початку-середині 1990-х років. Починаючи з 2010-х років, Oculus (Rift), HTC (Vive) і Sony (PlayStation VR) випустили комерційні прив'язані гарнітури нового покоління, що поклало початок новій хвилі розробки програм. 3D-кінотеатр використовувався для спортивних подій, порнографії, образотворчого мистецтва, музичних відео та короткометражних фільмів. З 2015 року американські гірки та тематичні парки включають віртуальну реальність, щоб поєднати візуальні ефекти з тактильним відгуком.

У соціальних науках і психології віртуальна реальність пропонує економічно ефективний інструмент для вивчення та відтворення взаємодій у контрольованому середовищі. Його можна використовувати як форму терапевтичного втручання. Наприклад, є випадок експозиційної терапії віртуальної реальності (VRET), форми експозиційної терапії для лікування тривожних розладів, таких як посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) і фобії.

Програми віртуальної реальності використовуються в процесах реабілітації людей похилого віку, у яких діагностовано хворобу Альцгеймера. Це дає цим літнім пацієнтам можливість імітувати реальний досвід, який вони інакше не змогли б відчувати через свій поточний стан. 17 останніх рандомізованих контрольованих досліджень показали, що додатки віртуальної реальності ефективні в лікуванні когнітивних розладів із неврологічними діагнозами. Втрата рухливості у літніх пацієнтів може призвести до почуття самотності та депресії. Віртуальна реальність здатна допомогти зробити старіння на місці рятівним кругом для зовнішнього світу, в якому вони не

можуть легко орієнтуватися. Віртуальна реальність дозволяє проводити експозиційну терапію в безпечному середовищі.

У медицині симульоване хірургічне середовище VR було вперше розроблено в 1990-х роках. Під наглядом експертів VR може забезпечити ефективне та повторюване навчання за низьку вартість, дозволяючи слухачам розпізнавати та виправляти помилки, коли вони виникають.

Віртуальна реальність використовується у фізичній реабілітації з 2000-х років. Незважаючи на численні проведені дослідження, для лікування хвороби Паркінсона недостатньо якісних доказів його ефективності порівняно з іншими методами реабілітації без складного та дорогого обладнання. Огляд 2018 року щодо ефективності дзеркальної терапії за допомогою віртуальної реальності та робототехніки для будь-якого типу патології зробив аналогічний висновок. Було проведено інше дослідження, яке показало потенціал віртуальної реальності сприяти мімікрії та показало різницю між нейротиповими особами та особами з розладами спектру аутизму в їхній реакції на двовимірний аватар.

Імерсивна технологія віртуальної реальності з міоелектричним контролем і контролем відстеження руху може бути можливим варіантом терапії стійкого до лікування фантомного болю в кінцівках. Було враховано вимірювання шкали болю та розроблено інтерактивне 3-D кухонне середовище на основі принципів дзеркальної терапії, щоб дозволити контролювати віртуальні руки під час носіння гарнітури VR із відстеженням руху. Було проведено систематичний пошук у Pubmed і Embase, щоб визначити результати, які були об'єднані в два мета-аналізи. Мета-аналіз показав значний результат на користь VRT для балансу.

У швидкоплинному та глобалізованому діловому світі зустрічі у VR використовуються для створення середовища, у якому взаємодія з іншими людьми (наприклад, колегами, клієнтами, партнерами) може бути більш природною, ніж телефонний дзвінок або відеочат. У настроюваних кімнатах для переговорів усі сторони можуть приєднатися за допомогою гарнітури VR

і взаємодіяти так, ніби вони знаходяться в одній фізичній кімнаті. Презентації, відео або 3D-моделі (наприклад, продуктів або прототипів) можна завантажувати та взаємодіяти з ними. У порівнянні з традиційним СМС на основі тексту, взаємодія на основі Аватарів у 3D віртуальному середовищі призводить до більш високого рівня консенсусу, задоволення та згуртованості серед членів групи[2].

VR може імітувати реальний робочий простір для цілей безпеки та гігієни праці, освіти та навчання. Його можна використовувати, щоб надати учням віртуальне середовище, де вони можуть розвивати свої навички без реальних наслідків невдачі. Він використовувався та вивчався в початковій освіті, при викладанні анатомії, у військовій справі, підготовці космонавтів, на авіасимуляторах, у підготовці шахтарів, медична освіта, географічна освіта, архітектурне проектування, підготовка водіїв та перевірка мостів. Імерсивні інженерні системи віртуальної реальності дозволяють інженерам бачити віртуальні прототипи до того, як з'являться фізичні прототипи. Стверджується, що доповнення до навчання віртуальними навчальними середовищами пропонує можливості реалізму у військовій та медичній підготовці при мінімізації витрат. Також було стверджено, що він зменшує витрати на військову підготовку за рахунок мінімізації кількості боєприпасів, витрачених під час навчання. VR також можна використовувати для навчання та навчання медиків.

У галузі інженерії VR виявилася дуже корисною як для викладачів інженерів, так і для студентів. Раніше дорогі витрати на освітній відділ, які тепер стали набагато доступнішими завдяки зниженим загальним витратам, виявилися дуже корисним інструментом у навчанні майбутніх інженерів. Найважливішим елементом є можливість студентів взаємодіяти з 3-D моделями, які точно реагують на можливості реального світу. Цей додатковий інструмент освіти забезпечує багатьом занурення, необхідне для розуміння складних тем і вміння їх застосовувати. Як зазначалося, майбутні архітектори та інженери отримують велику користь від того, що вони здатні формувати

розуміння між просторовими зв'язками та пропонувати рішення, засновані на реальних майбутніх додатках.

Перший віртуальний світ образотворчого мистецтва був створений у 1970-х роках. З розвитком технології протягом 1990-х років створювалося більше художніх програм, у тому числі художніх фільмів. Коли комерційно доступні технології набули більшого поширення, у середині 2010-х почали з'являтися фестивалі VR. Перше використання віртуальної реальності в музейних приміщеннях почалося в 1990-х роках, значне зростання спостерігалось в середині 2010-х років. Крім того, музеї почали робити частину свого вмісту віртуальною реальністю доступною.

Зростаючий ринок віртуальної реальності представляє можливість і альтернативний канал для цифрового маркетингу. Його також розглядають як нову платформу для електронної комерції, особливо в спробі кинути виклик традиційним роздрібним торговцям. Однак дослідження 2018 року показало, що більшість товарів все ще купується у звичайних магазинах.

У випадку з освітою використання віртуальної реальності продемонструвало здатність сприяти мисленню вищого рівня, сприянню інтересу та відданості студентів, отриманню знань, сприянню розумовим звичкам і розумінню, які загалом корисні в академічному контексті.

Також було наведено аргументи на користь включення технології віртуальної реальності в контекст публічних бібліотек. Це дасть користувачам бібліотеки доступ до передових технологій і унікального освітнього досвіду. Це може включати надання користувачам доступу до віртуальних інтерактивних копій рідкісних текстів і артефактів, а також до екскурсій відомими пам'ятками та археологічними розкопками (як у випадку з проектом Virtual Ganjali Khan).

Починаючи з початку 2020-х років, віртуальна реальність також обговорювалася як технологічне середовище, яке може підтримувати процес горя людей на основі цифрових відтворень померлих людей. У 2021 році ця практика привернула значну увагу ЗМІ після південнокорейського

телевізійного документального фільму, який запрошував горе-матір поспілкуватися з віртуальною копією її померлої дочки. Пізніше вчені узагальнили кілька потенційних наслідків таких зусиль, у тому числі їх потенціал для полегшення адаптивного трауру, а також багато етичних проблем.

Зростання інтересу до метавсесвіту призвело до організаційних зусиль, спрямованих на включення багатьох різноманітних програм віртуальної реальності в такі екосистеми, як VIVERSE, які, як повідомляється, пропонують підключення між платформами для широкого спектру використання.

21 лютого 2019 року DJ Marshmellow влаштував концерт у Fortnite. Тревіс Скотт виступив у Fortnite 23 квітня 2020 року. У червні того ж року Жан Мішель Жарр виступав у VRChat. У липні Брендан Бредлі випустив безкоштовну веб-платформу віртуальної реальності FutureStages для живих подій і концертів протягом періоду припинення роботи в 2020 році. Джастін Бібер виступив 18 листопада 2021 року в WaveXR. 2 грудня 2021 року персонаж, який не грав, виступив у The Mugar Omni Theatre, де глядачі спілкувалися з живим виконавцем у віртуальній реальності та проектувалися на купольний екран IMAX. Концерт Meta Foo Fighters Super Bowl VR відбувся на Venues. Пост Мелоун виступав у Venues з 15 липня 2022 року. Megan Thee Stallion протягом 2022 року виступала на AmazeVR в AMC Theaters[3].

1.3 Здоров'я та безпека

Віртуальна реальність пов'язана з багатьма міркуваннями щодо здоров'я та безпеки. Тривале використання віртуальної реальності спричинило низку небажаних симптомів, і це могло уповільнити поширення технології. Більшість систем віртуальної реальності постачаються з попередженнями для споживачів, зокрема про: напади; проблеми розвитку дітей; попередження про наїзд і падіння та зіткнення; дискомфорт; повторювані стресові травми; і

втручання в медичні пристрої. Деякі користувачі можуть відчувати посмикування, судороги або втрату свідомості під час використання гарнітур VR, навіть якщо вони не хворіли на епілепсію і ніколи раніше не мали втрат свідомості чи нападів. Одна з 4000 осіб, або 0,025%, може відчувати ці симптоми. Хвороба руху, втома очей, головний біль і дискомфорт є найпоширенішими короткочасними побічними ефектами. Крім того, через велику вагу гарнітур віртуальної реальності діти можуть відчувати дискомфорт. Тому дітям не рекомендується використовувати гарнітури VR. Інші проблеми можуть виникнути під час фізичної взаємодії з навколишнім середовищем. Під час носіння гарнітур віртуальної реальності люди швидко втрачають усвідомлення реального оточення та можуть поранитися, спіткнувшись об об'єкти реального світу або зіткнувшись з ними.

Гарнітури віртуальної реальності можуть регулярно спричиняти втому очей, як і всі екрановані технології, тому що люди, як правило, менше кліпають під час перегляду екранів, через що їхні очі стають більш сухими. Існують деякі занепокоєння щодо того, що гарнітури віртуальної реальності сприяють короткозорості, але хоча гарнітури віртуальної реальності сидять близько до очей, вони не обов'язково можуть сприяти короткозорості, якщо фокусна відстань зображення, що відображається, є достатньо далекою.

Хвороба віртуальної реальності (також відома як кіберхвороба) виникає, коли вплив людини на віртуальне середовище викликає симптоми, схожі на симптоми заколисування. Жінки значно частіше, ніж чоловіки, страждають від симптомів, викликаних гарнітурою, приблизно на 77% і 33% відповідно. Найбільш поширеними симптомами є загальний дискомфорт, головний біль, відчуття шлунка, нудота, блювота, блідість, пітливість, втома, сонливість, дезорієнтація та апатія. Наприклад, Virtual Boy від Nintendo отримав багато критики за негативні фізичні ефекти, включаючи «запаморочення, нудоту та головні болі». Ці симптоми заколисування викликані розривом між тим, що бачать, і тим, що сприймає інша частина тіла. Коли вестибулярна система, внутрішня система балансування тіла, не відчуває руху, якого вона очікує від

візуального введення через очі, користувач може відчувати хворобу VR[4]. Це також може статися, якщо система VR не має достатньо високої частоти кадрів або якщо є затримка між рухом тіла та візуальною реакцією на нього на екрані.

Оскільки приблизно 25–40% людей відчувають певну хворобу VR під час використання машин VR, компанії активно шукають способи зменшити хворобу VR.

Конфлікт вергенції-акомодації (VAC) є однією з основних причин хвороби віртуальної реальності.

У січні 2022 року The Wall Street Journal виявив, що використання віртуальної реальності може призвести до фізичних травм, включаючи травми ніг, рук, плечей і плечей. Використання VR також було пов'язане з інцидентами, які призвели до травм шиї та смерті.

Дослідження Пайпер Сендлер за 2022 рік показало, що лише 26% підлітків у США мають VR-пристрій, 5% використовують його щодня, а 48% власників підлітків-гарнітур «рідко» використовують його. З підлітків, у яких немає гарнітури VR, 9% планують придбати її. 50% опитаних підлітків не впевнені щодо метавсесвіту або не мають жодного інтересу та не планують купувати гарнітуру VR.

Дослідження показують, що маленькі діти, порівняно з дорослими, можуть когнітивно та поведінково реагувати на захоплюючий VR способами, які відрізняються від дорослих. VR розміщує користувачів безпосередньо в медіаконтенті, потенційно роблячи досвід дуже яскравим і реальним для дітей. Наприклад, діти 6–18 років повідомили про вищий рівень присутності та «реальності» віртуального середовища порівняно з дорослими 19–65 років.

Дослідження поведінки споживачів віртуальної реальності або її впливу на дітей, а також кодекс етичної поведінки щодо неповнолітніх користувачів особливо необхідні, враховуючи доступність VR-порно та насильницького контенту. Пов'язані дослідження насильства у відеоіграх показують, що вплив насильства в ЗМІ може вплинути на ставлення, поведінку та навіть на самооцінку. Я-концепція є ключовим показником базових установок і

здатності долати проблеми, особливо у підлітків. Ранні дослідження, проведені щодо спостереження та участі в насильницьких VR-іграх, показують, що фізіологічне збудження та агресивні думки, але не ворожі почуття, є вищими для учасників, ніж для спостерігачів гри у віртуальній реальності.

Відчуття віртуальної реальності дітьми може також передбачати одночасне утримання ідеї віртуального світу в пам'яті під час досвіду фізичного світу. Надмірне використання технології занурення, яка має дуже помітні сенсорні функції, може поставити під загрозу здатність дітей дотримуватися правил фізичного світу, особливо якщо вони носять гарнітуру VR, яка блокує розташування об'єктів у фізичному світі. Імерсивна VR може надати користувачам мультисенсорний досвід, який повторює реальність або створює сценарії, які неможливі або небезпечні у фізичному світі. Спостереження за 10 дітьми, які вперше стикалися з віртуальною реальністю, показали, що 8-12-річні діти більш впевнено досліджували контент віртуальної реальності, коли він перебував у знайомій ситуації, напр. дітям подобалося грати в контексті кухні Job Simulator, і їм подобалося порушувати правила, беручи участь у діях, які їм заборонено робити насправді, наприклад, підпалювати речі.

Постійне відстеження, необхідне для всіх систем віртуальної реальності, робить цю технологію особливо корисною для масового стеження та вразливою до нього. Розширення VR збільшить потенціал і зменшить витрати на збір інформації про особисті дії, рухи та відповіді. Дані датчиків відстеження очей, які, за прогнозами, стануть стандартною функцією в гарнітурах віртуальної реальності, можуть опосередковано розкривати інформацію про етнічну приналежність користувача, риси особистості, страхи, емоції, інтереси, навички, а також фізичне та психічне здоров'я. стан[5].

2 AR TA VR У МЕДИЧНІЙ СФЕРІ

2.1 Призначення віртуальної реальності. Розваги

Терапія віртуальною реальністю (VRT), також відома як терапія зануренням у віртуальну реальність (VRIT), симуляція для терапії (SFT), терапія впливом віртуальної реальності (VRET) і комп'ютеризована КПТ (CCBT), – це використання технології віртуальної реальності для психологічної або трудотерапії та у впливі на віртуальну реабілітацію. Пацієнти, які отримують терапію віртуальної реальності, переміщуються в цифровому середовищі та виконують спеціально розроблені завдання, часто призначені для лікування конкретної хвороби; і розроблено, щоб ізолювати користувача від навколишніх сенсорних введів і створювати ілюзію занурення в створене комп'ютером інтерактивне віртуальне середовище. Ця технологія має доведену клінічну користь як допоміжний анальгетик під час перев'язки опікової рани та інших болючих медичних процедур. Технологія може варіюватися від простого комп'ютера та налаштування клавіатури до сучасної гарнітури віртуальної реальності. Він широко використовується як альтернативна форма експозиційної терапії, у якій пацієнти взаємодіють із нешкідливими віртуальними репрезентаціями травматичних подразників, щоб зменшити реакцію страху. Він виявився особливо ефективним при лікуванні посттравматичних стресових розладів і показує значні перспективи в лікуванні різноманітних неврологічних і фізичних станів.

Терапія віртуальної реальності також використовувалася, щоб допомогти пацієнтам з інсультом відновити контроль над м'язами, для лікування інших розладів, таких як дисморфія тіла, і для покращення соціальних навичок у тих, у кого діагностовано аутизм.

Терапія віртуальної реальності (VRT) використовує спеціально запрограмовані комп'ютери, пристрої візуального занурення та штучно

створене середовище, щоб надати пацієнту симуляцію досвіду, який можна використовувати для діагностики та лікування психологічних станів, які викликають труднощі у пацієнтів. У багатьох екологічних фобіях реакція на передбачувані небезпеки, такі як висота, публічні виступи, політ, близькі простори, зазвичай викликана візуальними та слуховими стимулами. У терапії на основі віртуальної реальності віртуальний світ є засобом надання штучних, контрольованих стимулів у контексті лікування, а терапевт може стежити за реакцією пацієнта.

На відміну від традиційної когнітивно-поведінкової терапії, лікування на основі віртуальної реальності може включати коригування віртуального середовища, наприклад додавання контрольованих інтенсивних запахів або додавання та регулювання вібрацій, і дозволяє клініцисту визначати тригери та рівні тригерів для реакції кожного пацієнта. Терапевтичні системи на основі віртуальної реальності можуть дозволяти відтворювати віртуальні сцени з налаштуванням або без нього, щоб звикнути пацієнта до такого середовища. Терапевти, які застосовують терапію впливом віртуальної реальності, як і ті, хто застосовують терапію експозицією *in vivo*, можуть використовувати один із двох підходів щодо інтенсивності впливу.

Перший підхід називається наводненням, що відноситься до найінтенсивнішого підходу, коли стимули, які викликають найбільше занепокоєння, представлені першими. Для солдатів, у яких розвинувся посттравматичний стресовий розлад під час бою, це може означати спочатку виставлення їх на сцену віртуальної реальності, де їх товаришів по службі отримують поранення або поранення, а потім менш стресові подразники, як-от лише звуки війни. З іншого боку, те, що називається поступовою експозицією, має більш спокійний підхід, коли спочатку вводяться найменш тривожні стимули. VR-опромінення, порівняно з *in vivo*, має перевагу в тому, що забезпечує пацієнту яскравий досвід без відповідних ризиків або витрат. VRT має великі перспективи, оскільки історично виробляє «лікування» приблизно в 90% випадків приблизно вдвічі дешевше, ніж у традиційній

когнітивно-поведінковій терапії, і особливо багатообіцяюче як лікування посттравматичного стресового розладу, коли його просто немає. Достатньо психологів і психіатрів для лікування всіх ветеранів із тривожними розладами, діагностованими у зв'язку з їхньою військовою службою.

VRT також є багатообіцяючою допоміжною терапією для лікування інших клінічних популяцій, таких як особи з психозами. Нещодавній систематичний огляд психосоціальних втручань із використанням віртуальної реальності показує, що ці втручання безпечні та добре сприймаються цією популяцією. Дослідження, визначені в огляді, показують, що психосоціальна VRT може покращити когнітивні, соціальні та професійні навички, а також симптоми слухових вербальних галюцинацій і параної в осіб з психозом.

Останнім часом відбувся певний прогрес у сфері медицини віртуальної реальності. Віртуальна реальність - це повне занурення пацієнта у віртуальний світ шляхом одягання гарнітури з LED екраном в лінзах гарнітури. Це відрізняється від останніх досягнень у доповненій реальності. Доповнена реальність відрізняється в тому сенсі, що вона покращує несинтетичне середовище, додаючи синтетичні елементи до сприйняття світу користувачем. Це, у свою чергу, «доповнює» поточну реальність і використовує віртуальні елементи для створення на основі існуючого середовища. Доповнена реальність дає додаткові переваги та зарекомендувала себе як засіб, за допомогою якого люди з певною фобією можуть «безпечно» познайомитися з об'єктом(ами) свого страху без витрат, пов'язаних із програмуванням повного віртуального середовища. Таким чином, доповнена реальність може запропонувати ефективну альтернативу деяким менш вигідним методам лікування, заснованим на впливі[6].

Терапія віртуальної реальності (VRT) була започаткована та спочатку названа Максом Нортон, задокументована першою відомою публікацією (Віртуальне середовище та психологічні розлади, Макс М. Норт і Сара М. Норт, Електронний журнал віртуальної культури, 2, 4, липень 1994 р.), його докторська дисертація VRT завершилася в 1995 році (почалася в 1992 році), а

потім була перша відома опублікована книга VRT у 1996 році (Терапія віртуальної реальності, інноваційна парадигма, Макс М. Норт, Сара М. Норт і Джозеф Р. Кобл, 1996. IPI Press. ISBN 1-880930-08-0). Його піонерська робота над технологіями віртуальної реальності почалася ще в 1992 році на дослідницькому факультеті Університету Кларка в Атланті за підтримки науково-дослідної лабораторії армії США.

У 1993–1994 роках раннє дослідження VRT було проведено Ральфом Ламсоном, випускником USC, який тоді навчався в Kaiser Permanente Psychiatry Group. Ламсон почав публікувати свою роботу в 1993 році. Як психолога він був найбільше стурбований медичними та терапевтичними аспектами, тобто тим, як лікувати людей за допомогою технології, а не апаратури, яка була отримана від Division, Inc. Psychology Today повідомила в 1994 році, що ці лікування 1993–1994 років були успішними приблизно у 90% пацієнтів віртуальної психотерапії Ламсона. Ламсон написав у 1993 році книгу під назвою «Віртуальна терапія», яка була опублікована в 1997 році, спрямовану головним чином на детальне пояснення анатомічної, медичної та терапевтичної основи успіху VRT.

У 1994–1995 роках він розв'язав власну акрофобію під час тестування стороннього симулятора віртуальної реальності, а потім створив тест на 40 пацієнтах, фінансований Kaiser Permanente. Незабаром після цього, у 1994–1995 році Ларрі Ходжес, на той час комп'ютерний науковець у Georgia Tech, який займався VR, почав вивчати VRT у співпраці з Максом Нортом, який повідомив про аномальну поведінку під час досліджень симуляції літаючого килима VR і приписав це фобічній реакції невідомої природи. У 1994 році Ходжес безуспішно намагався найняти Ламсона, а замість цього почав співпрацювати з Барбарою Ротбаум, психологом з Університету Еморі, щоб перевірити VRT у контрольованих групових тестах, отримавши приблизно 70% успіху серед 50% суб'єктів, які пройшли програму тестування.

У 2005 році Скіп Ріццо з Інституту креативних технологій USC за фінансування досліджень від Управління військово-морських досліджень

(ONR) розпочав перевірку створеного ним інструменту з використанням ресурсів із гри Full Spectrum Warrior для лікування посттравматичного стресового розладу. Віртуальний Ірак згодом був оцінений і вдосконалений за фінансування ONR і підтримується Virtually Better, Inc. Вони також підтримують застосування терапії на основі VR для аерофобії, акрофобії, глоссофобії та зловживання психоактивними речовинами.

Віртуальний Ірак виявився успішним у нормалізації понад 70% людей з посттравматичним стресовим розладом, і тепер це стало стандартним лікуванням, прийнятим Асоціацією боротьби з тривогою та депресією Америки. Однак VA продовжує наголошувати на традиційній тривалій експозиційній терапії як на лікуванні вибору, а терапії на основі віртуальної реальності набули лише обмеженого поширення, незважаючи на активне просування Міністерством оборони та незважаючи на те, що VRT має набагато нижчу вартість і, очевидно, вищі показники успіху.

Наразі проводиться дослідження, фінансоване ONR, вартістю 12 мільйонів доларів, щоб остаточно порівняти ефективність двох методів, ПЕТ і ВРТ. Згодом військові лабораторії створили десятки лабораторій VRT і лікувальних центрів для лікування як посттравматичного стресового розладу, так і ряду інших захворювань. Таким чином, використання VRT стало основним психіатричним методом лікування тривожних розладів і знаходить все більше застосування в лікуванні інших когнітивних розладів, пов'язаних з різними захворюваннями, такими як залежність, депресія та безсоння[7].

Технологія віртуальної реальності особливо корисна для експозиційної терапії – методу лікування, при якому пацієнти знайомляться, а потім повільно піддаються впливу травматичного подразника. У віртуальному середовищі пацієнти можуть безпечно взаємодіяти з уявленнями про свою фобію, і дослідникам не потрібно мати доступ до реальної версії самої фобії. Однією з основних проблем ефективності експозиційної терапії є відтворення рівня травми, що існує в реальному середовищі, у віртуальному середовищі. Віртуальна реальність допомагає подолати це, взаємодіючи з різними

сенсорними подразниками пацієнта, одночасно підвищуючи реалістичність і зберігаючи безпеку навколишнього середовища.

Віртуальна реальність використовується в експозиційній терапії для лікування посттравматичних стресових розладів у документальній групі на об'єднаній базі Льюїс-Маккорд у Вашингтоні, США.

Одним із дуже успішних прикладів експозиційної терапії віртуальної реальності є система лікування посттравматичних стресових розладів «Віртуальний Ірак». Використовуючи наголовний дисплей і ігрову панель, пацієнти керують Humvee навколо віртуальних місць Іраку, Афганістану та Сполучених Штатів. Піддаючись безпечному впливу травматичних середовищ, пацієнти навчилися зменшувати свою тривожність.

Відповідно до огляду історії віртуального Іраку, одне дослідження показало, що воно зменшило симптоми посттравматичного стресового розладу в середньому на п'ятдесят відсотків і дискваліфікувало більше сімдесяти п'яти відсотків учасників через посттравматичний стресовий розлад після лікування. Терапія впливу віртуальної реальності (VRET) також широко використовується для лікування специфічних фобій, особливо фобії дрібних тварин. Тварин, яких зазвичай бояться, таких як павуки, можна легко створити у віртуальному середовищі, замість того, щоб знайти реальну тварину. VRET також використовувався експериментально для лікування інших страхів, таких як публічні виступи та клаустрофобія.

В іншому успішному дослідженні намагалися лікувати 10 осіб, які зазнали травми внаслідок подій 11 вересня. Завдяки неодноразовому впливу все більш травматичних подій Всесвітнього торгового центру суб'єкти тестування повідомляли про негайні позитивні результати. Під час 6-місячного спостереження 9 суб'єктів тестування, доступних для подальшого спостереження, зберегли свої результати після впливу.

Експозиційна терапія віртуальної реальності (VRET) пропонує широкий спектр переваг порівняно з традиційними методами експозиційної терапії. Останні роки свідчать про зростання знайомства та довіри до технологій

віртуальної реальності як прийняттого дзеркала реальності. Більша довіра до технології може призвести до більш ефективних результатів лікування, оскільки більше людей із фобією звертаються за допомогою. Іншим фактором для VRET є економічна ефективність.

Незважаючи на те, що фактична вартість VRET може змінюватися залежно від апаратного та програмного забезпечення, він нібито є більш ефективним, ніж традиційне лікування *in vivo*, яке використовується для експозиційної терапії, зберігаючи позитивний прибуток від інвестицій. Майбутні дослідження можуть створити альтернативу широкомасштабним автоматизованим лабораторним або лікарняним середовищам. Наприклад, у 2011 році дослідники з Йоркського університету запропонували доступну систему терапії впливом віртуальної реальності (VRET) для лікування фобій, яку можна було б встановити вдома. Подібні розробки у VRET можуть прокласти новий шлях індивідуального лікування, яке також усуває стигму, пов'язану з клінічним лікуванням. Хоча ще багато невідомого про довгострокову ефективність відносно нового VRET, майбутнє здається багатообіцяючим із зростаючими дослідженнями, які відображають переваги VRET для боротьби з фобіями.

Термін «віртуальна реабілітація» був введений у 2002 році професором Даніелем Тальманном з EPFL (Швейцарія) та професором Григоре Бурдеа з Університету Рутгерса (США). На їхню думку, цей термін стосується як фізичної терапії, так і когнітивних втручань (наприклад, для пацієнтів із посттравматичним стресовим розладом, фобіями, тривогою, дефіцитом уваги або амнезією). З 2008 року «спільнота» віртуальної реабілітації підтримується Міжнародним товариством віртуальної реабілітації.

Віртуальна реабілітація – це концепція в психології, згідно з якою підготовка терапевтичного пацієнта повністю базується або доповнюється вправами моделювання віртуальної реальності. Якщо традиційна терапія не надається, реабілітація називається «віртуальною реальністю». В іншому випадку, якщо віртуальна реабілітація є доповненням до традиційної терапії,

втручання є «доповненим віртуальною реальністю». Сьогодні більшість населення використовує віртуальне середовище для навігації у своєму повсякденному житті, і майже чверть населення світу використовує Інтернет. В результаті віртуальна реабілітація та ігрова реабілітація, або реабілітація за допомогою ігрових консолей, стали досить поширеними. Насправді віртуальна терапія використовується замість звичайних терапевтичних методів для лікування ряду захворювань.

Деякі фактори, які слід враховувати при віртуальній реабілітації, включають культурну чутливість, доступність і здатність фінансувати віртуальну терапію.

Віртуальна реабілітація пропонує низку переваг порівняно з традиційними терапевтичними методами: це розважає, тим самим мотивуючи пацієнта, потенціал для залучення модальностей стимулів пацієнтів для більш реалістичного середовища для лікування, він надає об'єктивні кінцеві показники ефективності терапії (швидкість кінцівки, діапазон рухів, частота помилок, результати гри тощо), ці дані прозоро зберігаються комп'ютером, на якому виконується симуляція, і можуть бути доступні в Інтернеті, віртуальну реабілітацію можна проводити вдома у пацієнта та контролювати на відстані (стає телереабілітацією), пацієнт відчуває більш активну участь у десенсибілізації, пацієнт може «забути», що перебуває на лікуванні або спостереженні, що призводить до більш автентичних виразів, ефективно для лікарень, щоб зменшити свої витрати через зниження вартості ліків та обладнання, великий вплив віртуальної реальності на полегшення болю.

Незважаючи на всі переваги VR-терапії, перераховані в розділах вище, існують підводні камені та перешкоди в розробці широко поширених рішень VR.

VRET може продемонструвати багатообіцяючу віддачу від інвестицій, але факт залишається фактом: справжня вартість розробки середовищ VRET значною мірою залежить від вибору апаратного та програмного забезпечення. Щоб лікування дало ефект, пацієнт повинен мати можливість успішно

проекувати та переживати свою тривогу у віртуальному середовищі. На жаль, ця проекція є дуже суб'єктивною та індивідуальною для кожного пацієнта; і поза контролем терапевтів. Це обмеження може негативно вплинути на терапію. Ще один скептицизм полягає у зв'язку між віртуальною та реальною реальністю. Якщо пацієнт успішно бореться зі своєю фобією у віртуальному середовищі, чи гарантує це успіх і в реальному житті? Крім того, при лікуванні більш складних захворювань, таких як шизофренія, існує неадекватна проекція того, як марення та галюцинації можуть перейти з реального світу у віртуальний. Кажуть, що рух у віртуальному середовищі викликає зоровий дискомфорт. Тривалі періоди впливу VR можуть призвести до побічних ефектів, таких як сухість очей, головний біль, нудота та пітливість; симптоми, схожі на хворобу руху[8].

Оскільки VR є відносно новою технологією, її етичні наслідки не такі вичерпні, як інші форми лікування. Існує потреба офіційно закріпити обмеження, побічні ефекти, застереження, правила конфіденційності, оскільки ми збільшуємо масштаб впливу терапії VR; особливо у справах, пов'язаних із судово-медичними справами.

Прийняття медичною спільнотою: оскільки терапія на основі віртуальної реальності зростає, це може стати проблемою для ліцензованих терапевтів і медичних працівників, які можуть сприймати віртуальну реальність як загрозу. Зрештою, VR відхиляється від попередньо встановленої норми «лікування розмовою» .

У лютому 2006 року Національний інститут охорони здоров'я та клінічної майстерності Великої Британії (NICE) рекомендував зробити VRT доступним для використання в Національній службі охорони здоров'я Англії та Уельсу для пацієнтів із легкою/помірною депресією, а не негайно вибирати антидепресанти.] Деякі райони розвинулися або перебувають у випробуванні.

В Університеті Окленда в Новій Зеландії команда під керівництвом доктора Саллі Меррі розробляє комп'ютеризовану фентезійну «серйозну» гру СВТ, яка допоможе впоратися з депресією серед підлітків. Гра, Spax, має

низку функцій, які допомагають боротися з депресією, де користувач бере на себе роль персонажа, який подорожує фантастичним світом, борючись із «буквальними» негативними думками та навчаючись технікам боротьби зі своєю депресією.

Розлади харчування та дисморфія тіла Завдання включали показ пацієнтам наслідків досягнення бажаної ваги, порівняння їхньої фактичної форми тіла з аватаром, створеним з використанням їх сприйнятого розміру тіла, і зміну віртуального відображення, щоб відповідати їхньому фактичному розміру тіла.

2.2 Дослідження

Ранні дослідження показують, що досвід віртуальної реальності може запропонувати терапевтичні переваги для трансгендерів, які відчувають гендерну дисфорию. Потрібні додаткові експерименти та професійне обстеження, перш ніж віртуальну реальність можна буде призначити як лікування на практиці. Проте деякі трансгендерні особи брали участь у тому, що можна охарактеризувати як анекдотичну полегшену форму самостійної віртуальної терапії зміни статі. Цифрові простори пропонують форму анонімного самовираження, яку транс-індивіди, через те, що вони зазнають дискримінації та насильства, не повністю надаються їм у реальному житті чи IRL.

Витонченість віртуальної реальності розширює ці нововіднайдені свободи, надаючи тим, хто страждає на гендерну дисфорию, можливість втілити свою гендерну ідентичність, якщо вона недоступна для них у реальному житті. Завдяки використанню доступних відеоігор і чатів у віртуальній реальності люди з гендерною дисфореєю можуть створювати свої аватари, анонімно взаємодіяти та працювати над досягненням терапевтичних цілей.

Дослідження, опубліковане в *The Lancet Psychiatry*, довело, що терапія віртуальною реальністю може допомогти в лікуванні акрофобії. У ході дослідження учасники познайомилися з жахливими висотами у середовищі віртуальної реальності, а потім попросили виконати різні дії на цих висотах під наглядом і підтримкою тренера. Це дослідження, незважаючи на те, що воно недостатнє з точки зору обсягу та ретельності для безпосереднього впровадження в лікувальні практики, оточує майбутні дослідження та моделювання лікування багатообіцяючими, оскільки більшість учасників вважали, що більше не бояться висоти.

Дослідження показують, що пацієнти, які перенесли інсульт, вважали реабілітаційні методи віртуальної реальності (VR) у своїх планах фізіотерапії дуже корисними. Під час реабілітаційної програми, спрямованої на відновлення та/або збереження рівноваги та навичок ходьби, пацієнти, які часто перенесли інсульт, повинні заново навчитися контролювати певні м'язи.

У більшості закладів фізіотерапії це робиться за допомогою високоінтенсивних, повторюваних і конкретних завдань. Програми такого типу можуть виявитися фізично важкими, дорогими та потребують кількох днів тренувань на тиждень. Крім того, схеми лікування можуть здаватися зайвими та спричиняти лише помірний та/або відстрочений ефект у одужанні пацієнта. Режим фізичної терапії з використанням VR дає можливість індивідуалізувати навчання відповідно до конкретних потреб пацієнта. Хоча вправи та рухи, необхідні для правильного навчання моторики, можуть здаватися повторюваними, використання VR додає рівень інтриги та залученості для пацієнта. Навчання з VR покращує рухове навчання, надаючи пацієнту можливість практикувати свої рухи/протокол вправ у різних середовищах VR. Це гарантує, що пацієнти завжди стикаються з проблемами та можуть бути краще підготовленими до роботи в своєму середовищі.

Зворотний зв'язок є важливим елементом фізіотерапії для пацієнтів, які одужують після інсульту та/або інших нервово-м'язових розладів. У рамках моторного навчання отримання зворотного зв'язку під час виконання завдання

покращує швидкість навчання. Відповідно до Кокранівського огляду, було показано, що візуальний зворотний зв'язок, зокрема, допомагає відновити рівновагу пацієнтам, які перенесли інсульт. VR може забезпечити безперервний візуальний зворотний зв'язок, який фізіотерапевт може не мати під час сеансів. Результати також свідчать про те, що окрім покращення рівноваги, позитивні ефекти також спостерігаються в здатності ходити. В одному дослідженні пацієнти, які навчалися VR у поєднанні з програмою фізіотерапії, мали кращі покращення швидкості ходьби, ніж інші, які не застосовували тренування VR. Останній огляд впливу тренувань VR на рівновагу та здатність до ходи показав значні переваги тренувань VR щодо швидкості ходи, балів за шкалою балансу Берга (BBS) і результатів тесту «Up & Go» за часом, коли VR відповідала часовій дозі до традиційної терапії.

Є припущення, що ці покращення відбулися через те, що VR надавав пацієнту більше зворотного зв'язку щодо його продуктивності під час сеансів VR. VR стимулює рухові та когнітивні процеси пацієнта, обидва з яких можуть бути порушені внаслідок захворювання. Ще одна перевага VR полягає в тому, що вона відтворює реальні життєві сценарії, дозволяючи пацієнтам практикувати функціональну діяльність.

Крім того, VR забезпечує сприятливі результати, якщо його впровадити для пацієнтів, які проходять реабілітацію по догляду за ранами. Дослідження припускають, що чим більший ефект занурення у віртуальну реальність, тим більше досвіду та концентрації пацієнт матиме на віртуальному середовищі. Не менш важливо, що VR показали, що зменшують біль, тривогу та симптоми депресії, а також підвищують прихильність до лікування.

В інших дослідженнях результати вказують на переваги VR у зв'язку зі збільшенням відволікання, і пацієнти повідомили, що менше часу думають про біль, менш інтенсивний біль і занурення, що полегшує догляд, наприклад зміну пов'язки та фізіотерапію.

Пов'язка на рану часто викликає відчуття болю. Таким чином, використання VR було пов'язане з більш ефективними перев'язками, більшим

відволіканням від болю під час процедур (наприклад, перев'язка та фізична реабілітація), що зменшувало стрес і занепокоєння пацієнтів.

Серцево-судинна система Доведено, що певні ігри, призначені для фізичних вправ, сприяють прискоренню пульсу, сприйняттю втоми та фізичній активності. Крім того, було показано, що він зменшує біль і підвищує прихильність до програм фізіотерапії у пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями. Нарешті, віртуальна реальність і відеоігри підвищують мотивацію та прихильність до програм реабілітації серця .

Доведено, що віртуальна реальність покращує соціальні навички молодих людей з аутизмом. В одному дослідженні учасники керували віртуальним аватаром у різних віртуальних середовищах і маневрували різними соціальними завданнями, такими як інтерв'ю, знайомство з новими людьми та вирішення суперечок. Дослідники виявили, що учасники покращилися в сферах емоційного розпізнавання голосів і облич, а також у розгляді думок інших людей. Учасників також опитували через кілька місяців після дослідження щодо ефективності лікування, і відповіді були виключно позитивними. Багато інших досліджень також вивчали цей варіант професійної терапії.

Клінічне випробування, опубліковане в *Journal of Attention Disorders*, виявило, що діти шкільного віку з СДУГ, які пройшли серію когнітивних процедур у віртуальному класі, змогли досягти такого ж контролю над симптомами імпульсивності та відволікання, як і діти, які приймали стимулятори.

Також можна використовувати віртуальну реальність, щоб допомогти людям із посттравматичним стресовим розладом. Віртуальна реальність дозволяє пацієнтам знову пережити свої бойові ситуації в різних екстремальних ситуаціях, оскільки терапевт може бути поруч з ними, проводячи їх через процес. Деякі вчені вважають, що це ефективний спосіб лікування пацієнтів з ПТСР, оскільки він дозволяє відтворити саме те, що вони пережили[9]. «Це дозволяє пацієнтові більше залучитися і, як наслідок,

більшою активацією травматичної пам'яті, яка необхідна для зникнення умовного страху».

Віртуальна реальність також має застосування у фізичній стороні ерготерапії. Для пацієнтів, які перенесли інсульт, різні технології віртуальної реальності можуть допомогти повернути точний контроль над різними групами м'язів. Терапія часто включає ігри, керовані контролерами тактильного зворотного зв'язку, які вимагають тонких рухів, таких як гра на піаніно віртуальною рукою. Ігрова система Wii також використовувалася в поєднанні з віртуальною реальністю як метод лікування.

Віртуальна реальність (VR) виявилася ефективною для негайного зменшення процедурного або гострого болю. На сьогоднішній день проведено кілька досліджень щодо його ефективності при хронічному болю. Такі пацієнти з хронічним болем можуть переносити сеанс VR без побічних ефектів, які іноді супроводжуються VR, таких як головний біль, запаморочення або нудота.

Віртуальна реальність також допомагає пацієнтам подолати проблеми з рівновагою та рухливістю, спричинені інсультом або травмою голови. У дослідженні VR скромна перевага VR над звичайним тренуванням підтверджує подальше дослідження ефекту VR відеозахоплення або VR у поєднанні з традиційною терапією в масштабних рандомізованих, більш інтенсивних контрольованих дослідженнях. Це показує, що пацієнти, які отримували VR, мали кращу мобільність, коли лікарі перевірялися через два місяці. Інші дослідження показали такі ж успішні результати для пацієнтів з церебральним паралічем, які проходять реабілітацію через проблеми з рівновагою.

VR плавно стирає межі між фізичним світом і комп'ютерною симуляцією, оскільки хірурги можуть використовувати останні версії окулярів віртуальної реальності, щоб взаємодіяти в тривимірному просторі з органом, який потребує хірургічного лікування, переглядати його під будь-яким кутом

і мати можливість перемикатися між ними. Тривимірне зображення та реальні КТ зображення.

Рандомізовані, суворо контрольовані дослідження лікування акрофобії в Kaiser Permanente забезпечили >90% ефективності, проведені в 1993–94 роках. З 40 пацієнтів, які пройшли лікування, 38 показали помітне зниження фобічної реакції на висоту та самі повідомили про досягнення своїх цілей. Дослідження показали, що VRT дозволяє пацієнтам досягти перемоги у ситуаціях віртуальної висоти, з якими вони не могли зіткнутися в реальному житті, і що поступове збільшення висоти та небезпеки у віртуальному середовищі призвело до збільшення перемог і більшої впевненості пацієнта в тому, що він справді може протистояти ситуація в реальному житті. «Втручання у віртуальну терапію розширюють можливості людей. Технологія моделювання віртуальної реальності піддається лікуванню, орієнтованому на майстерність... Замість того, щоб справлятися із загрозами, фобічні хворі поступово керують все більш загрозливими аспектами в створеному комп'ютером середовищі... Діапазон застосувань можна розширити. шляхом підвищення реальності та інтерактивності, щоб дії викликали реакцію середовищ, у які люди занурюються» .

Інше дослідження вивчало ефективність терапії віртуальною реальністю в лікуванні військовослужбовців, які нещодавно повернулися з поточних конфліктів в Іраку та Афганістані. Раух, Ефтехарі та Рузек провели дослідження з вибіркою 42 військовослужбовців, у яких вже був діагностований хронічний ПТСР (посттравматичний стресовий розлад). Ці бойові військовослужбовці пройшли попередню перевірку за допомогою кількох різних діагностичних самозвітів, включаючи військовий контрольний список посттравматичних стресових розладів, інструмент скринінгу, який використовується військовими для визначення інтенсивності діагнозу посттравматичних стресових розладів шляхом вимірювання наявності симптомів ПТСР.

Незважаючи на те, що 22 військовослужбовці вибули з дослідження, результати дослідження щодо 20 військовослужбовців, що залишилися, все ще мають значення. Військовослужбовцям проводили ті самі діагностичні тести після дослідження, яке складалося з кількох сеансів впливу віртуальної реальності та терапія впливу віртуальної реальності. Військовослужбовці продемонстрували значне покращення діагностичних показників, що свідчить про зменшення симптомів ПТСР.

2.3 Експерименти

Крім того, тримісячний контрольний діагностичний скринінг також проводився після початкових сеансів, які пройшли військовослужбовці. Результати цього дослідження показали, що 15 із 20 учасників більше не відповідали діагностичним критеріям посттравматичного стресового розладу та покращили свій бал у військовому контрольному списку посттравматичного стресового розладу на 50% для оцінки після дослідження. Незважаючи на те, що лише 17 із 20 учасників брали участь у 3-місячному контрольному обстеженні, 13 із 17 все ще не відповідали критеріям посттравматичних стресових розладів і зберегли 50% покращення у військовому контрольному списку посттравматичних стресових розладів. Ці результати показують багатообіцяючі ефекти та допомагають перевірити терапію віртуальної реальності як ефективний спосіб терапії для лікування посттравматичних стресових розладів.

VR комбіноване тренування на реальних інструментах було ефективним у сприянні відновленню верхніх кінцівок і когнітивних функцій пацієнтів, і, таким чином, може бути інноваційною трансляційною стратегією нейрореабілітації після інсульту. У дослідженні експериментальна група показала більший терапевтичний ефект залежно від часу, ніж контрольна група, особливо щодо моторної сили розгинання зап'ястя, спастичності згинання ліктя та розгинання зап'ястя, а також тестів Бокса та Блоку. Пацієнти

в експериментальній групі, але не в контрольній групі, також продемонстрували значне покращення сили латерального, долонного та кінчиковаго щипків, Vox and Block і 9-NPTs до і одразу після тренування[10].

Ларрі Ходжес, який раніше працював у Технічному університеті Джорджії, а тепер у Клемсонському університеті, і Барбара Ротбаум з Університету Еморі провели значну роботу в VRT, а також мають кілька патентів і заснували компанію Virtually Better, Inc.

У Сполучених Штатах Міністерство оборони США (DOD) продовжує фінансувати дослідження VRT і активно використовує VR у лікуванні посттравматичних стресових розладів.

Мільйони коштів спрямовуються на розробки та перші випробування у сфері віртуальної реальності, оскільки компанії змагаються за схвалення FDA для своїх медичних застосувань.

У 2014 році було повідомлено про програму віртуальної реальності, яка використовується як інструмент тривалої експозиції (PE) для лікування травм, пов'язаних із військовими, під назвою BRAVEMIND. BRAVEMIND — це акронім від Battlefield Research Accelerating Virtual Environments for Military Individual Neuro Disorders. Додатки експозиційної терапії віртуальної реальності (VRET) використовувалися, щоб допомогти цивільному населенню, яке хвилюється про польоти, публічні виступи та висоту. BRAVEMIND досліджували на популяціях військових медиків, а також осіб, які пережили військові сексуальні насильства та бойові дії. Ця технологія була розроблена дослідниками з Університету Південної Каліфорнії у співпраці з Дослідницькою лабораторією армії США.

У 2004 році звіти стверджували, що 40% військовослужбовців відчують ПТСР, але лише 23% звертаються за медичною допомогою. Лікарі Еморі назвали одним із найсильніших показників посттравматичного стресового розладу уникання, кажучи, що це заважає тим, хто постраждав, звертатися за лікуванням. PE вимагає, щоб пацієнт заплющив очі і розповів про відповідний епізод якомога детальніше. Методологія ґрунтувалася на

концепції, що під час зустрічі з подією заряд тригерів може бути послаблений з часом. Програма VRET BRAVEMIND відрізняється від PE тим, що пацієнт не переосмислює епізод, а натомість носить гарнітуру, яка поміщає його у знайоме середовище. Ця гарнітура оснащена двома екранами (по одному для кожного ока), навушниками та монітором положення, який зміщує візуальну сцену відповідно до рухів голови пацієнта. Залежно від досвіду пацієнта вони можуть стояти або сидіти на верхній частині піднятої платформи з бас-шейкером. Це дозволяє створювати вібрації, які імітують досвід їзди на військовій машині. Інші аксесуари, такі як джойстики або макети кулеметів, надаються пацієнтам, якщо це необхідно, для підвищення реалістичності.

Клініцист вводить тригери, такі як стрілянина, вибухи тощо, у віртуальне середовище, як вважає за потрібне. Клініцист також може адаптувати умови звуку та освітлення відповідно до опису пацієнта. Дослідники, які розробили систему BRAVEMIND, повідомили, що під час випробування за участю 20 пацієнтів оцінки пацієнтів у військовому контрольному списку діагностичного ПТСР (PCL-M) знизилися з 54,4 до 35,6 після лікування після одинадцяти сеансів. В іншому клінічному дослідженні, яке складалося з 24 військовослужбовців дійсної служби, було повідомлено, що після 7 сеансів 45% більше не були ідентифіковані як позитивні щодо ПТСР, тоді як 62% продемонстрували симптоматичне покращення. Ці експериментальні результати порівнювали з результатами альтернативного лікування ПЕ.

Програмне забезпечення BRAVEMIND має 14 різних середовищ, включаючи військові казарми, іракські ринки та пустельні дороги. Сюди входять середовища, характерні для військової сексуальної травми (MST). Після консультацій з експертами з Університету Еморі було розроблено спеціально розроблене середовище, наприклад, базу США, душові зони, вигрібні ями, віддалені притулки та інші.

Прихильники цього дослідження стверджують, що, оскільки військові відеоігри настільки поширені, ця технологія може бути більш привабливою

для пацієнтів і зменшити стигму навколо лікування. Вони також стверджували, що в міру того, як розгортаються дослідження ПТСР, можливі підтипи можуть по-різному реагувати на лікування, і тому найкраще диверсифікувати варіанти лікування. Інші висловили застереження щодо можливості належним чином персоналізувати VRET для індивідуального лікування та використання етнічних стереотипів під час розвитку арабського середовища.

Терапія віртуальної реальності має дві багатообіцяючі потенційні переваги для лікування пацієнтів із напівпросторовою нехтуванням. Вони включають вдосконалення діагностичних методик і як доповнення до реабілітаційних методик.

Сучасні діагностичні методи зазвичай включають тести ручки та паперу, такі як тест розділення лінії навпіл. Хоча ці тести дали відносно точні діагностичні результати, прогрес у терапії віртуальної реальності (VRT) довів, що ці тести не є повністю ретельними. Дворкін та ін. використовували систему камер, яка занурювала пацієнта у світ віртуальної реальності та вимагала від пацієнта схопити або перемістити об'єкт у світі шляхом відстеження рухів рук і кистей. Ці методи показали, що тести з ручкою та папером забезпечують відносно точні якісні діагнози пацієнтів із напівпросторовою нехтуванням, але VRT забезпечила точне відображення в 3-вимірному просторі, виявляючи області простору, які, як вважалося, були знехтувані, але які пацієнти принаймні трохи усвідомлювали. Пацієнти також пройшли повторне тестування через 10 місяців після початкових вимірювань, протягом яких кожен проходив регулярну реабілітаційну терапію, і більшість показали помітно менше нехтування тестуванням у віртуальній реальності, тоді як жодних вимірних покращень не було виявлено в тесті розрізу лінії.

Терапія віртуальної реальності також довела свою ефективність у реабілітації пацієнтів із занедбаними ураженнями. Було проведено дослідження за участю 24 осіб із напівпросторовим нехтуванням. Контрольна група з 12 осіб пройшла звичайну реабілітаційну терапію, включаючи

тренування візуального сканування, тоді як група віртуальної реальності (VR) була занурена в 3 віртуальні світи, кожен з яких мав певне завдання.

Кожен із пацієнтів VR пройшов 3 тижні 5-денних 30-хвилинних інтервалів, які виникли в цих програмах. Контрольна група пройшла еквівалентний час у традиційній реабілітаційній терапії. Кожен пацієнт пройшов тест на скасування зірки, тест на бісекцію лінії та шкалу Кетрін Бергеге (CBS) за 24 години до та після тритижневого лікування, щоб оцінити тяжкість одностороннього просторового нехтування. Група VR показала більший приріст у тесті скасування зірочки та балах CBS після лікування, ніж контрольна група ($p < 0,05$), але обидві групи не показали жодної різниці в тесті розрізу лінії та К-МВІ до та після лікування. Ці результати свідчать про те, що програми віртуальної реальності можуть бути більш ефективними, ніж звичайна реабілітація, і тому потребують подальших досліджень.

Часто обговорюється перевага експозиційної терапії віртуальної реальності перед експозиційною терапією *in vivo*, але є багато очевидних переваг експозиційної терапії віртуальної реальності, які роблять її більш бажаною. Наприклад, близькість між клієнтом і терапевтом може спричинити проблеми, коли використовується терапія *in vivo*, а транспортування не є надійним для клієнта або для нього непрактично подорожувати так далеко, як це необхідно. Проте терапію впливом віртуальної реальності можна проводити з будь-якої точки світу, якщо мати необхідні інструменти. Відповідно до ідеї недоступності транспорту та близькості, існує багато людей, які потребують терапії, але через різні форми знерухомлення (параліч, крайнє ожиріння тощо) їх неможливо фізично перемістити туди, де проводиться терапія. Знову ж таки, оскільки терапію впливом віртуальної реальності можна проводити будь-де у світі, люди з проблемами мобільності більше не будуть дискриміновані. Ще однією важливою перевагою є менша кількість етичних проблем, ніж експозиційна терапія *in vivo*.

Ще однією перевагою реабілітації віртуальної реальності перед традиційним методом є мотивація пацієнта. Коли протягом тривалого часу

ставляться перед важкими завданнями, пацієнти, як правило, втрачають інтерес до них. Це призводить до зниження комплаєнсу через зниження мотивації виконання певного завдання. Реабілітація у віртуальній реальності є перевагою, оскільки вона кидає виклик і мотивує пацієнта робити більше. Завдяки таким простим речам, як високі бали, ігрові нагороди та звання, пацієнти не лише мотивовані виконувати щоденну терапію, але й отримують від цього задоволення. Це вигідно не тільки пацієнтам, але й фізіотерапевту. Маючи ці високі бали та дані, які збирає гра чи програма, терапевти можуть аналізувати дані, щоб побачити прогрес. Цю прогресію можна відобразити на карті та наочно показати пацієнту для підвищення мотивації щодо їх ефективності та прогресу, якого вони досягли на даний момент у своїй терапії. Потім ці дані можуть бути нанесені на діаграму з іншими учасниками, які виконують подібні завдання, і можуть показати їх порівняння з людьми з подібними схемами терапії. Ці графічні дані в програмі чи грі потім можуть використовувати дослідники та науковці для подальшої оцінки оптимальних схем терапії. У нещодавньому дослідженні, проведеному в 2016 році, було зроблено віртуальне моделювання міста під назвою Reh@City на основі VR. Це місто у віртуальній реальності викликало пам'ять, увагу, зорово-просторові здібності та завдання виконавчих функцій інтегровано у виконання кількох щоденних процедур. Це дослідження вивчало повсякденну активність пацієнтів після інсульту та виявило, що воно має більший вплив на процес відновлення, ніж звичайні методи[11].

Є кілька етичних проблем щодо використання та розвитку моделювання віртуальної реальності для надання допомоги клієнтам/пацієнтам із проблемами психічного здоров'я. Одним із прикладів цих проблем є потенційні побічні ефекти та наслідки впливу віртуальної реальності. Деякі з цих побічних ефектів і наслідків можуть включати кіберхворобу (тип заколисування, спричинений досвідом віртуальної реальності), перцептивно-моторні порушення, спогади та загальне зниження збудження (Rizzo, Schultheis, & Rothbaum, 2003). Якщо ці наслідки досить серйозні та широко

поширені, ті терапевти, які використовують віртуальну реальність, повинні пом'якшити за допомогою різних методів.

Інше етичне питання полягає в тому, як клініцисти повинні отримати сертифікат VRT. Через відносну новизну віртуальної реальності в цілому може бути небагато клініцистів, які мають досвід роботи з нюансами впливу віртуальної реальності або передбачуваною роллю програм VR у терапії. За даними Rizzo et al. (2003), технологію віртуальної реальності слід використовувати лише як інструмент для кваліфікованих клініцистів, замість того, щоб використовувати її для подальшої практики чи залучення нових клієнтів/пацієнтів.

Деякі традиційні проблеми терапії віртуальної реальності пов'язані з ціною. Оскільки віртуальна реальність у сфері науки та медицини є настільки примітивною та новою, вартість обладнання віртуальної реальності буде набагато вищою, ніж деякі з традиційних методів. Оскільки медичні витрати зростають експоненціально, це буде ще одна вартість, яка додається до зростаючого списку медичних рахунків за процес одужання пацієнтів. Незважаючи на переваги реабілітації віртуальної реальності, вартість обладнання та ресурсів для установки віртуальної реальності ускладнить її масовість і доступність для всіх пацієнтів, включаючи незаможне населення. Проте з'являється новий ринок більш дешевого обладнання для віртуальної реальності, зокрема з покращеними накладними дисплеями.

Крім того, є деякі проблеми, пов'язані з віртуальною реальністю, які можуть виникнути внаслідок її використання, наприклад соціальна ізоляція, коли користувачі можуть відірватися від реальних соціальних зв'язків, і переоцінка здібностей людини, коли користувачі, особливо молоді – часто не вміють відрізнити свої подвиги в реальному житті від віртуальної реальності.

3 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ І АЛГОРИТМІВ ПРОГРАМИ

3.1 Модель

Недосвідченому терапевту бракує аналізу рухів пацієнта. Крім того, пацієнт не отримує об'єктивного зворотного зв'язку від терапевта через візуальне суб'єктивне судження. Мета полягає в тому, щоб надати керівництво для поглибленої реабілітаційної терапії у віртуальному просторі шляхом постійного відстеження кистьового суглоба користувача під час дій Leap Motion Controller (LMC) і представлення основних даних для підтвердження стабільних результатів терапії в режимі реального часу. Традиційний тест Box and Block Test (BBT) зазвичай використовується в реабілітаційній терапії верхніх кінцівок. Він був змодельований пропорційно до фактичного розміру, і Auto Desk Inventor використовувався для виконання 3D-моделювання. Потім створений 3D-об'єкт було реалізовано на C# через Unity5.6.2p4 на основі LMC. Після отримання значення руху суглоба зап'ястка рух аналізували за допомогою тривимірного графіка. У цьому дослідженні брали участь здорові суб'єкти (23 чоловіки та 25 жінок, $n = 48$). Не було статистично значущої різниці підрахунку між звичайним BBT і системним BBT. Це свідчить про можливість ефективної діагностики та оцінки постінсультних пацієнтів з геміплегією. Ми можемо відстежувати зап'ясткові суглоби, перевіряти безперервний зворотний зв'язок у реальному часі у реалізованому віртуальному просторі та надавати основні дані для кількісного посібника з реабілітаційної терапії на основі LMC.

Останніми роками через збільшення тривалості життя зростає кількість інсультів, черепно-мозкових травм, деменції тощо. Приблизно 85% пацієнтів з інсультом відчувають геміплегію, яка є однією з найбільших причин погіршення якості життя, оскільки вона заважає нормальному використанню інших частин тіла через моторні пошкодження у верхніх кінцівках[12]. Крім

того, верхні кінцівки важче відновити, ніж нижні кінцівки. Таким чином, першочерговою метою терапевта є уможливлення відновлення уражених верхніх кінцівок . Навчання, орієнтоване на завдання, є дуже корисною терапією для реабілітації верхніх кінцівок . Інтенсивне багаторазове тренування також є важливою терапією для реабілітації нервів, оскільки воно може сприяти регенерації нервів і покращенню функції верхніх кінцівок .

Однак звичайна реабілітаційна терапія є виснажливою та екологічно обмеженою. Крім того, це вимагає від терапевта досвіду та навичок . Щоб вирішити цю проблему, доступне навчання віртуальній реальності (VR), оскільки воно дозволяє тривимірне (3D) спостереження в режимі реального часу, переміщаючи частину тіла користувача у віртуальному просторі. Це також дозволяє суб'єктам виконувати високоінтенсивне, повторюване та орієнтоване на завдання тренування . Однак важко відстежувати рухи положення рук для верхніх кінцівок під час навчання на основі VR, хоча рухи положення рук важливі для відновлення функцій у пацієнтів з геміплегією . Крім того, навчання VR має обмеження, оскільки воно може викликати запаморочення через важкі завдання .

Leap Motion Controller (LMC; Leap Motion, Inc., Сан-Франциско, Каліфорнія, США), новий пристрій для реабілітаційної терапії, може уникнути обмежень існуючих методів . За допомогою LMC можна фіксувати та відстежувати рухи пальців. Нещодавно методи класифікації були використані для додатків з використанням LMC відповідно до розпізнавання руки . Зокрема, можна проаналізувати мову жестів за допомогою якісного вимірювання пози на основі суглобів, що відстежуються в жестах рук . Крім того, LMC впроваджується як допоміжний пристрій, здатний забезпечити платформу реабілітаційної терапії шляхом моніторингу в реальному часі відновлення пацієнта . Можна аналізувати унікальні патерни рухів, які базуються на реабілітації, шляхом автоматичного виділення особливостей рухів рук пацієнта . Виходячи з цього, LMC можна розширити до реабілітації шляхом аналізу руху складного зап'ясткового суглоба в захоплюючій

реальності. Також можливо виконувати відповідну нейрореабілітаційну терапію верхньої кінцівки, орієнтовану на завдання, навіть у віртуальному середовищі. Крім того, вимірювання амплітуди рухів (ROM) кисті через LMC дозволяє оцінити м'язовий тонус в умовах реабілітаційної терапії. Згідно з попередніми дослідженнями, реабілітаційний тренінг на основі LMC є оптимальною реабілітаційною терапією, заснованою на нейропластичній теорії. Було доведено, що це більш ефективний терапевтичний підхід, ніж звичайна реабілітаційна терапія.

Проте реабілітаційне навчання LMC все ще зосереджено як терапевтичний підхід. Крім того, недосвідчений терапевт не може забезпечити об'єктивний зворотний зв'язок з пацієнтом, аналізуючи лише візуальне оцінювання рухів пацієнта. Таким чином, ні терапевт, ні пацієнт не отримують належного зворотного зв'язку. Терапевту потрібні різні техніки та навички, щоб ідентифікувати пацієнтів, мотивувати їх брати участь у терапевтичних програмах, використовувати відповідні методи реабілітації та зробити системні розробки доступними для проведення ефективної реабілітаційної терапії. При об'єктивному 3D-аналізі кистьового суглоба за допомогою LMC важливо захистити дані медичного зображення в суб'єктивній реабілітаційній сфері. Таким чином, мета цього дослідження полягала в тому, щоб надати керівництво для поглибленої реабілітаційної терапії у віртуальному просторі шляхом постійного відстеження кистьового суглоба користувача під час діяльності LMC і повторної передачі основних даних для підтвердження стійких результатів терапії в режимі реального часу.

3.2. Матеріали та методи

У це дослідження були включені здорові дорослі (23 чоловіки та 25 жінок, $n = 48$) у віці двадцяти років ($22,71 \pm 1,65$ років), які не мали захворювань опорно-рухового апарату верхніх кінцівок протягом останніх

трьох місяців. Експерименти проводилися на всіх учасниках після отримання експериментальних методів і попередньої інформованої згоди[13].

Тест Box and Block Test (BBT) був розроблений А. Jean Ayres, а Patricia Holser Buehler використовує блоки для оцінки моторики рук у дорослих з церебральним паралічем. Його легко використовувати людям, які не мають моторики рук. BBT був модифікований Патрісією Холсер Бюлер і Елізабет Фукс у коробки. Для BBT суб'єкта просять перемістити 150 дерев'яних блоків в одній коробці в іншу через перегородку з коробки з перегородкою між двома коробками. Потім підраховується кількість переміщених блоків. Це найважливіший тест для оцінки рухової здатності рук пацієнтів з ураженням нервової системи шляхом порівняння переданого числа з попередньо встановленим оціночним показником.

Доповнена реальність (AR) – це техніка, яка має переваги сенсорного залучення, взаємодії та автономності. AR може індукувати спеціальні відчуття, такі як тактильне відчуття, слухове відчуття, відчуття запаху, відчуття смаку та соматосенсорне у користувача в просторовій системі, наближеній до реальності. Крім того, він може забезпечити негайний зворотний зв'язок з користувачем, який випробував віртуальне середовище. Він може працювати автономно відповідно до рухів користувача.

Реабілітаційна терапія з використанням LMC може застосовувати індивідуальну терапію пацієнта у віртуальному просторі та запропонувати ефективну систему реабілітації, яка може підтвердити терапевтичну ефективність. Крім того, LMC може розпізнавати десять пальців до 0,01 мм і відстежувати рух зі швидкістю 200 кадрів на секунду, що забезпечує точну роботу. Крім того, фактичний рух руки розпізнається як координата осі Z, що представляє глибину різкості та глибину надширокого кута 150 градусів, вираженого в 3D-просторі. Це дає змогу точно вимірювати рух того самого користувача, що й реального. LMC – спеціальний пристрій для розпізнавання рухів руки. Він складається з інфрачервоного (ІЧ) датчика для відстеження 3D просторових координат. ІЧ-датчик може відстежувати інформацію з суглобів

рук, щоб можна було відстежувати рухи користувача як вони є. Діапазон розпізнавання ЛМК дозволяє отримати положення кожного суглоба, розташованого на руці.

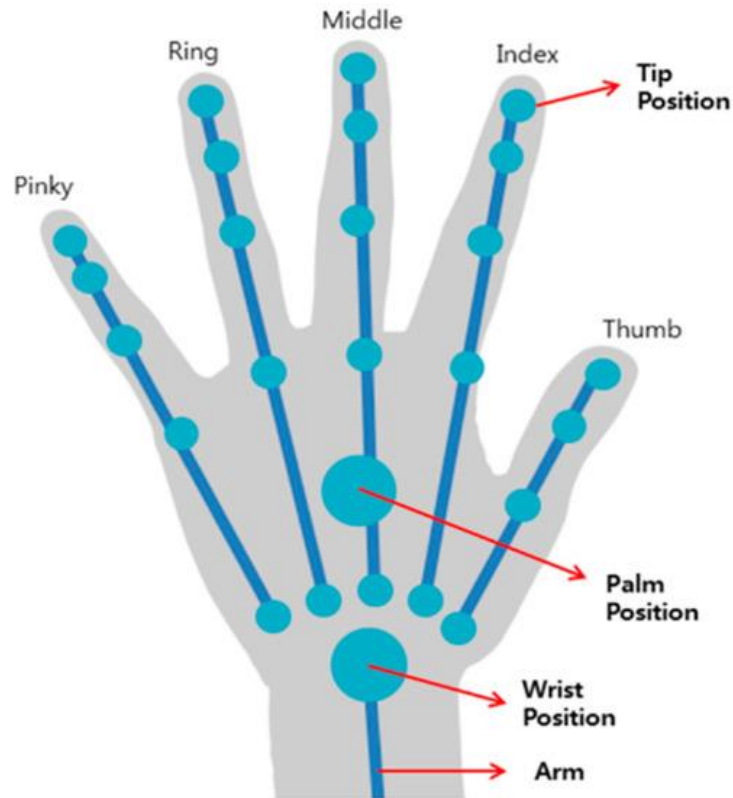


Рисунок 3.1 – Діапазон розпізнавання кистьового суглоба ЛМС. ЛМС розпізнає верхню кінцівку в режимі реального часу та дає змогу дізнатися модель руху користувача

Використовуючи Unity5.6.2p4, ігровий движок та інтегроване середовище розробки, щоб візуалізувати ЛМС у віртуальному просторі. Unity – це інструмент розробки, який переважно використовується у VR та AR. Він підтримує різні платформи та в основному певні функції. В якості платформи для розробки віртуальної реальності можна створювати 3D-віртуальний простір і відображати на екрані координати 3D-віртуального простору, відстежуваного ЛМС, включаючи додатковий механізм, який може взаємодіяти з ЛМС (рисунок 3.1).

Фактичний тест включав 150 дерев'яних блоків. Однак ми виконали два блоки, щоб розпізнати точні координати пальців (рисунок 3.2). Дві коробки, перегородки та дерев'яні блоки були змодельовані пропорційно до їх фактичного розміру для використання у віртуальному просторі за допомогою ВВТ, традиційного методу реабілітаційної терапії. Робота з 3D-модельовання була виконана за допомогою Auto Desk Inventor (Professional 2016, Autodesk, СА, США). Потім 3D-об'єкти були реалізовані в 3D-просторі за допомогою C-sharp (C #) через Unity.

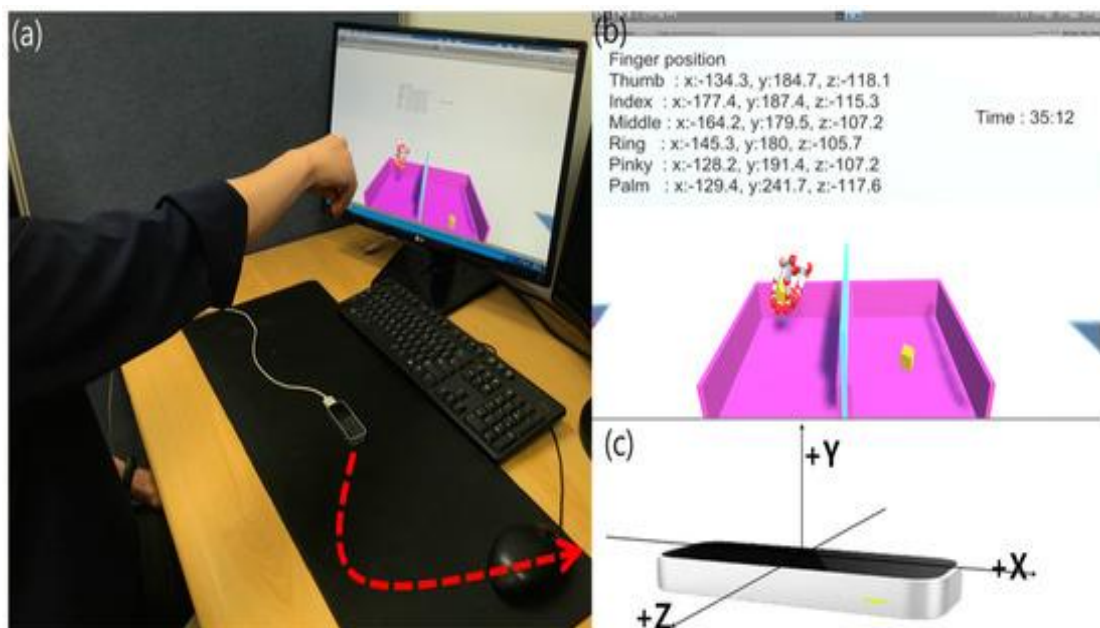


Рисунок 3.2 – Система ВВТ реалізована на C# через Unity5.6.2p4 на основі LMC. Коли система запускається, користувач може ефективно виконувати ВВТ системи за допомогою значень часу та координат

Коли система запускається, на екрані відображається таймер, щоб користувач міг перевірити час. З моменту, коли ми вперше ловимо об'єкт, тривимірні координати руки зберігаються, щоб розпізнаватися початкова рука та належним чином розпізнаватися положення об'єкта. Крім того, коли блок переміщується в ліве поле, підраховується кількість рухомих блоків. Коли блок досягає правої коробки або випадає назовні, користувач може

повернутися до правої коробки, щоб виконати повторюваний процес. Як і у звичайному ВВТ, суб'єкта просять перемістити кожен блок з однієї коробки в іншу протягом однієї хвилини, і підраховується кількість переміщених блоків. Після трьох тренувань з адаптації до системи ВВТ користувач пройшов тестування та вимірювання. Тест був записаний через 60 с, коли рука могла пересувати блоки на протилежну сторону. Крім того, коли підраховано кількість блоків, рука повинна впасти через середню перегородку. Коли одночасно вказували на два блоки, вони зараховувалися як один. Якщо палець не проходив над перегородкою і блок був викинутий, рахунок був 0[14]. Після отримання значень руху зап'ястя користувача в системі ВВТ, рух аналізувався за допомогою 3D-графіків через MATLAB (The MathWorks, Natick, Массачусетс, США). Тестом цього дослідження були вправи з відкритим ланцюгом (ОСЕ). ОСЕ проводили для дистального сегмента тіла (зап'ястковий суглоб). Це підходяща вправа для оцінки дефекту роботи м'язів. Це також ефективний підхід у ранній реабілітаційній терапії.

Усі статистичні аналізи проводили за допомогою SPSS версії 21.0 (IBM, Нью-Йорк, Нью-Йорк, США). Передбачалося, що немає істотної різниці між звичайним ВВТ і системним ВВТ. Було підраховано кількість ящиків, переміщених за 1 хв із звичайного ВВТ і системного ВВТ. Крім того, була проведена стандартизація Z-показника, щоб порівняти розмір даних кожної групи та зробити розподіл даних подібним один до одного. Потім було проведено незалежний t-тест ($p < 0,05$), щоб порівняти середні значення двох методів.

3.3 Результати роботи

На відміну від існуючих методів реабілітаційної терапії, впровадивши ВВТ – реабілітаційну терапію верхніх кінцівок, яка проводиться у віртуальному просторі. ЛМС може замінити дороге обладнання, оскільки легко проводити індивідуальну реабілітаційну терапію. Крім того, користувач

може неодноразово проводити самостійно, і результат терапії можна побачити. Система, розроблена в цьому дослідженні, може аналізувати весь процес лікування від початку до кінця руху, постійно відстежуючи рухи руки користувача, одночасно графічно відображаючи моделі рухів, коли користувач виконує систему ВВТ. Крім того, він може надати дані для діагностики пацієнта з невеликими рухами під час тесту. Це можна використовувати як об'єктивний показник для визначення рівня функціонального відновлення шляхом чисельного представлення поведінки пацієнта, який проходить реабілітаційну терапію. Крім того, на відміну від звичайних систем реабілітації верхніх кінцівок, це система, яка дає можливість об'єктивної оцінки для встановлення діагнозу, який відповідає меті терапії. Крім того, користувач може проводити реабілітаційну терапію без обмеження простору в комфортних умовах, оскільки немає потреби у дорогому апаратному обладнанні. Таким чином, можна реалізувати програми домашньої реабілітації, які можна практикувати вдома, реалізуючи реабілітаційну терапію верхніх кінцівок, яка використовується у віртуальному просторі. Це може привести до зацікавленості пацієнта в безпечному середовищі, об'єктивному графіку та чіткому усвідомленні мети процесу відновлення функцій пацієнта.

Результат шаблону руху можна отримати шляхом побудови 2D-графіків за допомогою MATLAB з використанням 3D-координат кожного пальця, отриманого з результату руху системи ВВТ, як показано на малюнку 4. Це показує точні початкову та кінцеву точки. Також користувач може аналізувати характеристики та глибину руху зап'ястя за допомогою 3D-графіку. Зокрема, великий палець захоплює об'єкт із протитиском (гравітацією) зібраного великого пальця при зігнутому положенні пальця в зап'ястному суглобі в процесі утримання коробки у віртуальному просторі. У цей час в основному виконується ізометричний рух. Великий палець є найважливішою частиною захоплення (протистояння), щоб зміцнити інші пальці, щоб допомогти контролювати силу невеликих рухів. Під час системного процесу ВВТ

відстежуються долоні та п'ять кінчиків пальців користувача, а тривимірний графік, що використовує кожен вісь, може створити різноманітні планові координати (рисунок 3.3). Після відстеження руху користувача та збереження кожного значення координати можна оцінити рухову здатність верхньої кінцівки. Таким чином, можна представити більш об'єктивні дані діагностики, ніж звичайний ВВТ[15]. Зап'ястковий суглоб є двовісним (двовісним) суглобом, здатним до згинання/розгинання, відведення/приведення та циркумдукції. Хват зап'ястя виконується основними м'язами кистьового суглоба. Зокрема, сила м'язів-розгиначів зап'ястя і скорочення зап'ястка пропорційні силі захоплення. У цей час м'язи-розгиначі зап'ястя, включаючи довгий променеви м'яз-розгинач зап'ястя, протистоять м'язам-згиначам, перебувають у стані, коли початкова частина вставки віддалена силою довжини-натягу, не маючи можливості докласти достатньої сили. Це послаблює силу скорочення і призводить до стану пасивної недостатності, що перешкоджає подальшому розтягуванню м'язів-розгиначів зап'ястка. Роль кистьового суглоба в захопленні полягає в підтримці напруги зв'язок м'язів-згиначів/розгиначів зап'ястка та компенсації, щоб запобігти пошкодженню та розриву м'язів. М'язове веретено і сухожилльні органи Гольджі відповідають за зміну довжини-напруги під час скорочення/розслаблення м'яза. Потім пропріорецептор передає сигнал до центральної нервової системи та належним чином контролює м'яз. Пацієнти, які перенесли інсульт, можуть відчувати ригідність м'язів через ці функціональні порушення. Вони лікуються на основі суб'єктивного оцінювання патернів рухів відповідно до досвіду терапевта. Прийняття рішень на основі об'єктивного аналізу патерну рухів і поведінки в реабілітаційній терапії є важливим фактором, який може показати різницю в якості життя пацієнта. Результати цього дослідження показали, що коли за допомогою 3D-аналізу в русі користувача було створено ненормальний шаблон, результат відстеження можна було підтвердити, а рухові здібності можна було оцінити.

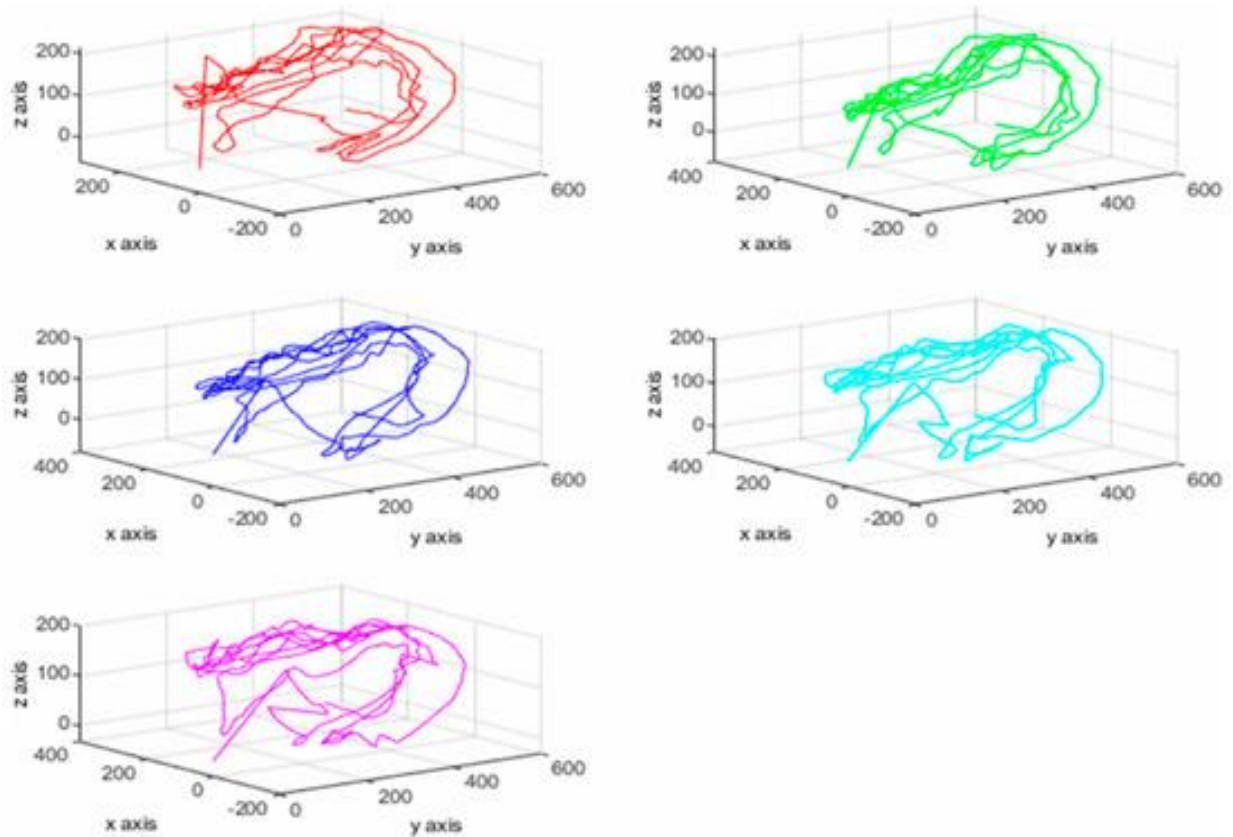


Рисунок 3.3 – Відстеження координат долоні та пальців через тривимірний графік. Червона лінія: великий палець (палець); зелена лінія: індекс; темно-синя лінія: середина; блакитна лінія: кільце; фіолетова лінія: мізинець. Можна проаналізувати рухову здатність верхньої кінцівки, відстежуючи рухи кожного пальця користувача, щоб це можна було представити як дані об'єктивної діагностичної оцінки, які не можуть запропонувати звичайні ВВТ

На рисунку показано зміни кожної осі в залежності від часу. Він може аналізувати рух користувача відповідно до зміни відстані, яку користувач може досягти. Вісь X відповідно до часу – це переміщення в ширину, а вісь Y - це поздовжнє переміщення. Крім того, вісь Z означає глибину руху.

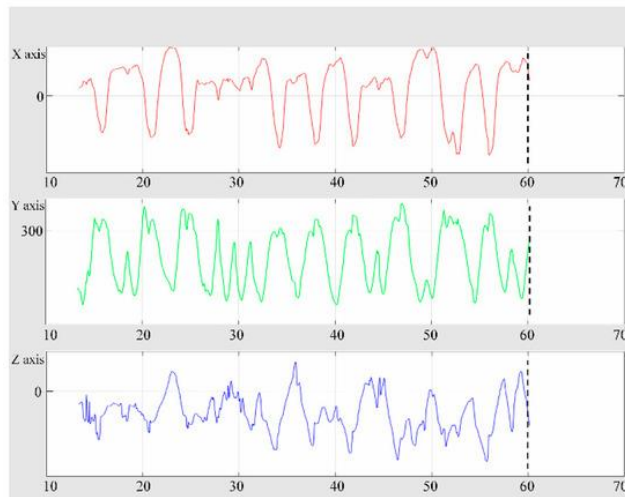


Рисунок 3.4 – Можливість розтягувати руку користувача і аналізувати рух кожної осі з часом. Вісь X відповідно до часу – це переміщення в ширину, а вісь Y – це поздовжнє переміщення. Крім того, вісь Z означає глибину руху.

Алгоритм, розроблений у цьому дослідженні, дозволяє вимірювати розтягування (тремтіння), що не можна було б зробити у звичайній ВВТ. Також можна проаналізувати об’єктивний тремор рук, церебральний параліч, атаксію, хворобу Паркінсона

Вимірювання розтягування є ефективним діагностичним методом для оцінки ROM та м’язової сили пацієнтів із скороченням суглобів і м’язів[16]. Крім того, це може бути важливим показником об’єктивного аналізу тремору рук при захворюваннях центральної нервової системи, таких як церебральний параліч, атаксія та хвороба Паркінсона. Фігура 7 є графіком, що показує зміну вектора руху, яка переміщує блок ВВТ, створений у повторюваній діяльності. Векторні зміни були встановлені з моменту першого утримання блоку. Потім блок переміщується в протилежну коробку. Секція, що повторюється, закінчується, як тільки вона опускається на підлогу. Починаючи з моменту, наступний блок буде спійманий. Він представляє значення вектора руху відповідно до кількості повторень. Коли час змінюється, ми можемо аналізувати інтервали, де вектор змінюється через повторювані дії. Крім того, це означає, що користувач зробив функціональне вдосконалення, оскільки

повторювані дії можуть стимулювати пропріоцепцію користувача за допомогою візуального зворотного зв'язку секції, де зроблено помилку, щоб користувач міг перемістити поле до протилежного поля, не зробивши помилки. Клінічно повторювані дії (звикання) можуть стимулювати активність нових білків у пошкодженому мозку. Крім того, повторювані дії можуть базуватися на теорії нейропластичності, яка пояснює, як зміни збудливості нейронів можуть спричинити ріст нових синапсів у пошкоджених дендритах аксонів. Таким чином, він може виконувати доказову реабілітаційну терапію для верхньої кінцівки.

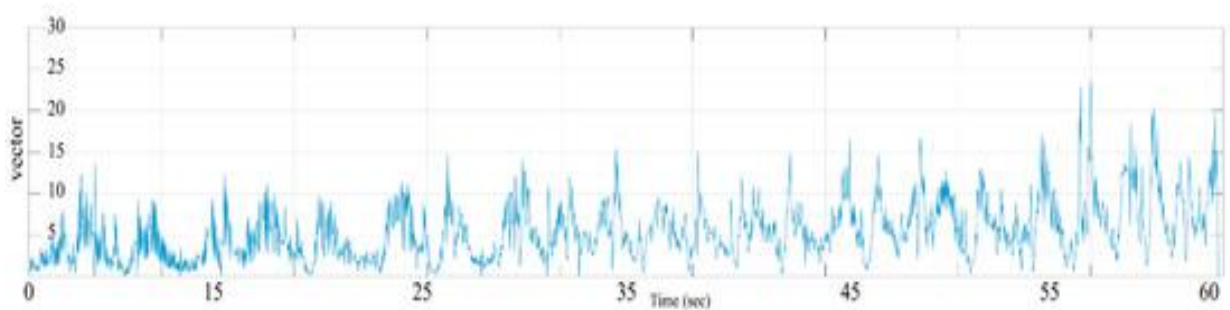


Рисунок 3.5 – Виконував аналіз відстеження зміни вектора руху користувача як повторювану дію. У міру зміни часу можна аналізувати ділянку, де змінюється вектор. Також можна покращити функціональну здатність переміщати коробку до протилежної коробки без помилок, стимулюючи пропріорецептори через повторювані дії користувача

Виконавши процес стандартизації за Z-показником, щоб зробити розподіл даних подібним, щоб показати, наскільки дані кожної групи відрізнялися з точки зору відмінностей у середньому стандарті. Потім дані двох груп можна переглядати на одній основі. Рівняння стандартизації Z-показника виглядає наступним чином:

$$Z = \frac{(X - m)}{\sigma}$$

Рисунок 3.6 – Рівняння стандартизації Z-показника

X – числове значення, m – середнє, а σ – стандартне відхилення. Результат процесу стандартизації традиційного ВВТ і системного ВВТ, реалізованого в AR, показано на рисунку 9. Дані виражені як середнє \pm стандартне відхилення (n = 48). Різниця між середнім значенням традиційного ВВТ ($0,8214 \pm 0,5385$) і середнім значенням системи ВВТ ($0,8442 \pm 0,5470$) не була статистично значущою. Цей результат свідчить про ефективність системної ББТ у реабілітаційній терапії верхньої кінцівки. Крім того, існуючі методи лікування обмежені високою вартістю реабілітаційної терапії, візуальним оцінюванням терапевта, обмеженим простором тощо. Результати цього дослідження можуть бути використані для аналізу можливих програм домашньої реабілітації та розпізнавання патернів руху вдома, щоб показати можливість об'єктивної діагностичної оцінки даних.

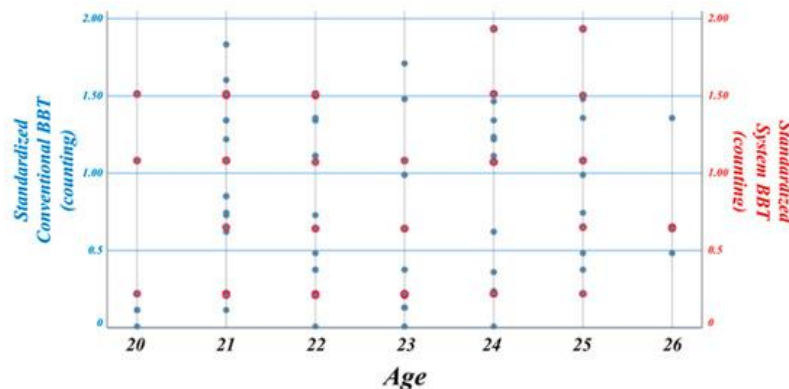


Рисунок 3.7 – Процес стандартизації, під час якого дані кожної групи змінюються до однакового розміру. Оскільки важко порівняти значення даних кожної групи, ефективно порівняння можливе після стандартизації Z-показника

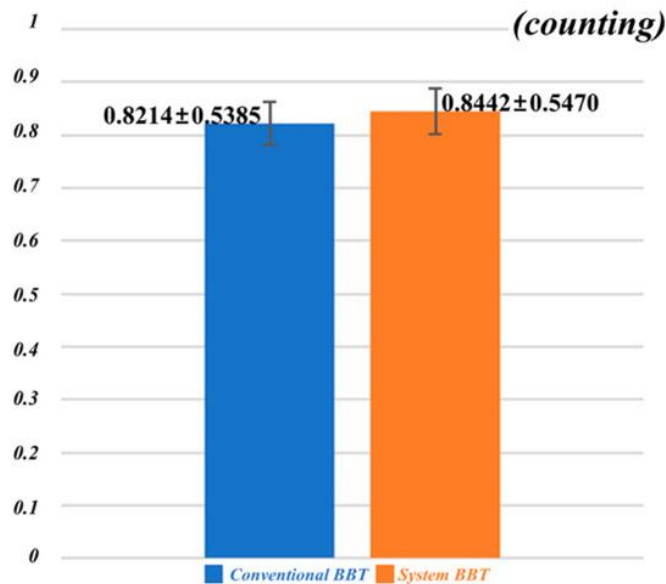


Рисунок 3.8 – Після стандартизації виконується незалежний аналіз t-критерію для середніх значень традиційного ВВТ і системного ВВТ. Дані виражені як середнє \pm стандартне відхилення ($n = 48$). Звичайний ВВТ ($0,8214 \pm 0,5385$) і системний ВВТ ($0,8442 \pm 0,5470$) не були статистично значущими

Результати цього дослідження можуть бути використані для аналізу можливої домашньої реабілітаційної програми та розпізнавання патернів руху вдома, щоб показати можливість об'єктивної діагностичної оцінки даних[17].

Залучивши 48 здорових учасників (23 чоловіків і 25 жінок) у віці двадцяти років ($22,71 \pm 1,65$ років), щоб об'єктивізувати відстеження рухів і діагностику пацієнтів після відстеження моделі реабілітаційної терапії верхніх кінцівок у віртуальному просторі за допомогою ЛМС. Результати демонструють, що система ВВТ є кількісним діагностичним методом оцінки, який забезпечує індекс об'єктивного судження, використовуючи зміну координат кожного пальця та долоні за допомогою відстеження руху користувача у 3D віртуальному просторі. У сфері реабілітації досі рухи пацієнта контролювали за допомогою фізичних пристроїв. Потім терапевт проводить суб'єктивний аналіз для діагностики та оцінки. Тому важко проаналізувати ефект індивідуальної терапії через різне середовище кожного

пацієнта. Крім того, різноманітні допоміжні пристрої та тренінги, що використовуються для реабілітаційної терапії верхніх кінцівок, в основному використовувалися в реабілітаційних лікарнях, обладнаних справжнім терапевтичним обладнанням. Попередній метод оцінки був обмежений клінічним аспектом з обмеженнями об'єктивності та кількісних факторів для діагностичної оцінки. Існуюча суб'єктивна оцінка створює труднощі для терапевта в постановці точного діагнозу. Крім того, існує межа об'єктивної оцінки пацієнта. Крім того, ступінь втрати рухової функції є важливим показником для прогнозу пацієнтів з інсультом.

Однак важко об'єктивно оцінити складність м'язового напруження, синергію руху і пов'язану з ним реакцію. Тому реабілітаційна терапія повинна бути об'єктивною і точною зі зміною стану поточного терапевтичного процесу. Під час повсякденної діяльності (ADL) функція кисті верхньої кінцівки є найважливішою частиною. Поведінковий аналіз вимагає об'єктивного та послідовного відстеження рухів. Тому ручна терапія вимагає витонченості та зосереджена на тому, щоб починати з маленьких інструментів. Метою має бути розширення за допомогою різних процесів, таких як самостійна діяльність, щоб отримати делікатні рухи, які можуть допомогти з ADL[18]. Природний жест рукою дозволяє виконувати основні рухи, необхідні для ADL через повторювані тренування. Подальшу роботу можна застосувати в клінічній практиці, зв'язавши тактильний елемент, який дозволяє користувачеві відчувати дотик коробки під час роботи в AR, з LMC. Клінічно повторювані дії можуть зменшити вивільнення збуджуючих нейромедіаторів, включаючи глутамат, і сприяти активації мозку. Завдяки повторенню специфічних стимулів синтез і активація нових білків може викликати збудливі зміни в нейронах і сприяти зростанню нових синапсів у дендритах [40]. Крім того, активація мозку може бути досягнута рухом за допомогою рухової терапії, спричиненої обмеженнями, ураженої верхньої кінцівки та підходу, що ґрунтується на доказах, як повторюваної діяльності тримання за руки.

Таким чином, можна забезпечити об'єктивний індекс продуктивності шляхом точного аналізу руху пацієнта за допомогою подальшого клінічного дослідження. Порівняно з суб'єктивною оцінкою спеціалістів з реабілітаційної медицини та терапевтів щодо існуючих результатів терапії, ця система кількісно визначає результати, такі як відстеження швидкості траєкторії руху та помилки позиції поза траєкторією, щоб можна було представити можливість об'єктивного та точного судження. Кінцева мета терапевта функціональне відновлення за допомогою реабілітаційної терапії. Результати цього дослідження можуть бути використані як базові дані для діагностичної оцінки доказової дегенеративної неврології.

4 РОЗРОБКА ТА ТЕСТУВАННЯ

4.1 Програмне забезпечення

Мова моделювання віртуальної реальності (VRML), вперше представлена в 1994 році, була призначена для розробки «віртуальних світів» без залежності від гарнітур. Згодом у 1997 році було засновано консорціум Web3D для розробки галузевих стандартів тривимірної веб-графіки. Згодом консорціум розробив X3D на основі VRML як архівний стандарт із відкритим вихідним кодом для веб-розповсюдження контенту VR. WebVR – це експериментальний інтерфейс прикладного програмування JavaScript (API), який забезпечує підтримку різних пристроїв віртуальної реальності, таких як HTC Vive, Oculus Rift, Google Cardboard або OSVR, у веб-браузері.

Сучасні дисплеї гарнітур віртуальної реальності базуються на технології, розробленій для смартфонів, включаючи: гіроскопи та датчики руху для відстеження положення голови, тіла та рук; малі HD екрани для стереоскопічних дисплеїв; і невеликі, легкі та швидкі комп'ютерні процесори. Ці компоненти забезпечили відносну доступність для незалежних розробників віртуальної реальності та призвели до появи на Kickstarter 2012 Oculus Rift першої незалежно розробленої гарнітури віртуальної реальності.

Незалежне виробництво зображень і відео VR зросло разом із розробкою доступних всенаправлених камер, також відомих як 360-градусні камери або VR-камери, які мають можливість записувати 360 інтерактивну фотографію, хоча з відносно низькою роздільною здатністю або у форматах із високим ступенем стиснення для онлайн потокове відео 360. Навпаки, фотограмметрія все частіше використовується для об'єднання кількох фотографій високої роздільної здатності для створення детальних 3D-об'єктів і середовищ у додатках VR[19].

4.2 Допоміжні прилади

Для створення відчуття занурення потрібні спеціальні пристрої виведення для відображення віртуальних світів. Добре відомі формати включають накладні дисплеї або CAVE. Для того, щоб передати просторове враження, генеруються два зображення, які відображаються з різних ракурсів (стереопроекція). Існують різні технології, щоб перенести відповідне зображення на праве око. Розрізняють активні (наприклад, затворні окуляри) і пасивні технології (наприклад, поляризаційні фільтри або Infitec).

Щоб покращити відчуття занурення, багатострунні кабелі, які можна носити, пропонують тактильні відчуття складних геометрій у віртуальній реальності. Ці струни забезпечують точне керування кожним суглобом пальця, щоб імітувати тактильні дії, пов'язані з дотиком до цих віртуальних геометрій.

Для взаємодії з віртуальним світом потрібні спеціальні пристрої введення. Одними з найпоширеніших пристроїв введення є контролери руху та оптичні датчики відстеження. У деяких випадках використовуються дротяні рукавички. Контролери зазвичай використовують оптичні системи відстеження (переважно інфрачервоні камери) для визначення місця розташування та навігації, щоб користувач міг вільно пересуватися без проводів. Деякі пристрої введення надають користувачеві силу зворотного зв'язку з руками або іншими частинами тіла, щоб людина могла орієнтуватися в тривимірному світі за допомогою тактильних і сенсорних технологій як додаткових сенсорних відчуттів і виконувати реалістичне моделювання. Це дозволяє глядачеві мати відчуття напрямку в штучному ландшафті. Додатковий тактильний зворотний зв'язок можна отримати від всеспрямованих бігових доріжок (за допомогою яких ходьба у віртуальному просторі контролюється реальними рухами ходьби) і вібраційних рукавичок і костюмів[20].

4.3 Схема роботи

Камери віртуальної реальності можна використовувати для створення фотографій віртуальної реальності за допомогою 360-градусних панорамних відео. 360-градусні знімки камери можна змішувати з віртуальними елементами, щоб об'єднати реальність і вигадку за допомогою спеціальних ефектів. Камери VR доступні в різних форматах із різною кількістю встановлених у них об'єктивів.

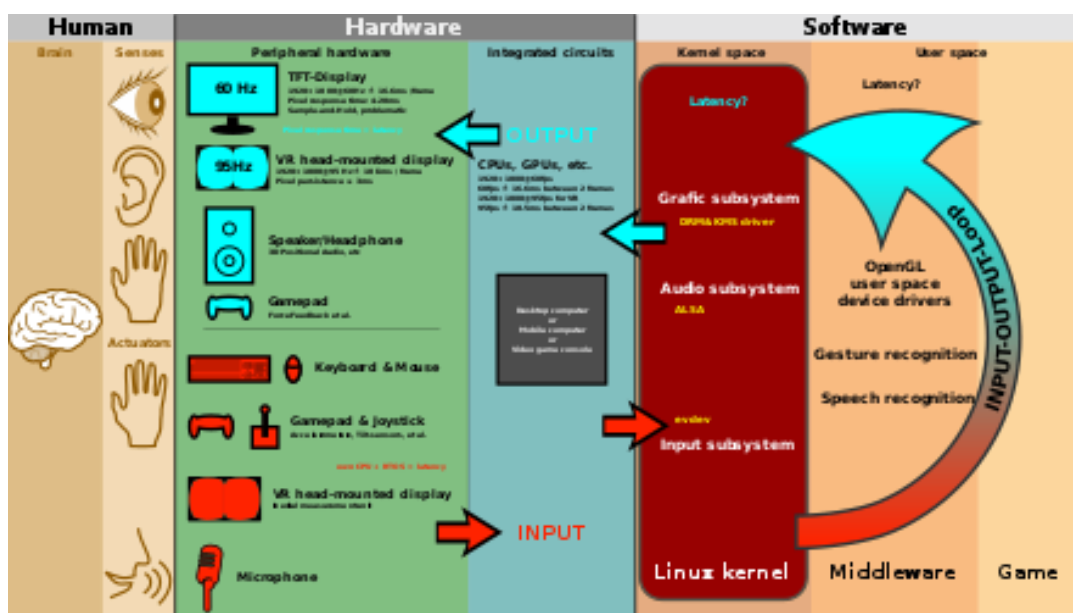


Рисунок 4.1 – Схема

Крім якості зображення, нам потрібно враховувати наше поле зору (FOV). Наші очі мають горизонтальний кут зору приблизно 120 градусів на кожну сторону і вертикальний кут огляду приблизно 135 градусів. Зір стереопсиса обмежений 120 градусами, де правий і лівий бачення накладаються. Загалом, ми маємо кут зору 200 градусів x 135 градусів з двома очима. Однак більшу частину це периферичний зір, який різниться від однієї людини до іншої. Отже, ми консервативно беремо середнє значення, тобто 160 градусів. Тому, якщо ми тримаємо очі нерухомими, звичайний учасник матиме

принаймні стереопсис 160 градусів x 135 градусів або 1/6 360-градусного кута огляду. Ми можемо кількісно визначити абстрактну концепцію занурення за допомогою індексу занурення, отримавши співвідношення площі перегляду дисплея та 1/6 кута огляду на 360 градусів.

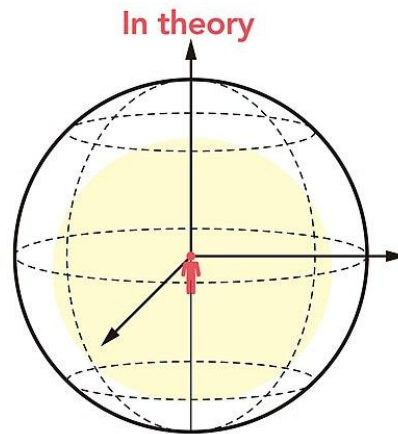
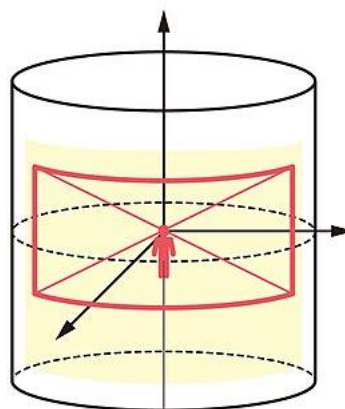


Рисунок 4.2 –Поле зору учасника (жовта область)



Yellow: Viewer's FOV Area

Red Frame: Display Area

Рисунок 4.3 – Поле зору учасника (жовта область)

На практиці, враховуючи, що вигнутий дисплей не може бути перетворений у сферичну форму, він апроксимується циліндром.

ВИСНОВКИ

Реабілітаційна терапія на основі LMC має обмеження в тому, що вона виконує лише аналіз на основі візуального судження терапевта, використовуючи лише наявний вміст. Однак система ВВТ, розроблена в цьому дослідженні, показала результати, подібні до реальної звичайної ВВТ. Об'єктивний графік рухів користувача показав, що оцінювач міг його кількісно проаналізувати. Таким чином, система ВВТ може бути застосована до пацієнтів з нервовою системою в клініці, щоб терапевт міг розпізнати будь-яку аномальну картину на основі об'єктивних даних. Результати цього дослідження також можуть бути використані як базові дані для доказової діагностичної оцінки. Майбутня робота може бути застосована до медичних досліджень, які можна оцінити шляхом класифікації ступеня одужання відповідно до типу захворювання верхньої кінцівки шляхом реєстрації відстежуваного кистьового суглоба розробленої системи ВВТ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Dr. M. Claudia tom Dieck, Augmented Reality and Virtual Reality [Текст], 2019. – 94 с.
2. Rakesh Baruah, AR and VR Using the WebXR[Текст], 2020.–203 с.
3. Vladyslav Lutai, Augmented Reality in Medicine [Текст], 2022.–1 с.
4. Jorge R. López Benito, Enara Artetxe González, Enterprise Augmented Reality Projects[Текст], 2019.–306 с.
5. Jason Jerald, The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality[Текст], 2020.–54 с.
6. Tony Parisi, Learning Virtual Reality: Developing Immersive Experiences and Applications[Текст], 2020.–123 с.
7. Dr. M. Claudia tom Dieck, Augmented Reality and Virtual Reality: The Power of AR and VR for Business[Текст], 2020.–257 с.
8. Jesse Glover, Complete Virtual Reality and Augmented Reality Development with Unity[Текст], 2019.–133 с.
9. William R. Sherman, Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design[Текст], 2018.–193 с.
10. Steve Aukstakalnis, Practical Augmented Reality: A Guide to the Technologies, Applications, and Human Factors for AR and VR[Текст], 2017.–350 с.
11. Jaron Lanier, Dawn of the New Everything: Encounters with Reality and Virtual Reality[Текст], 2017.–250 с.
12. Teasell, R.; Mayer, M.J.; McClure, A.; Pan, C.; Murie–Fernandez, M.; Foley, N.; Salter, K. Stroke Rehabilitation: An International Perspective. Top. Stroke Rehabil. 2009, 16, 44–56.
13. Kaber, D.; Tupler, L.A.; Clamann, M.; Gil, G.-H.; Zhu, B.; Swangnetr, M.; Jeon, W.; Zhang, Y.; Qin, X.; Ma, W.; et al. Evaluation of an Augmented Virtual Reality and Haptic Control Interface for Psychomotor Training. Assist.

Technol. 2014, 26, 51–60

14. Laver, K.E.; Lange, B.; George, S.; Deutsch, J.E.; Saposnik, G.; Crotty, M. Virtual Reality for Stroke Rehabilitation. *Stroke* 2012, 43, e20–e21.

15. Cohen, M.W.; Regazzoni, D. Hand Rehabilitation Assessment System using Leap Motion Controller. *AI Soc.* 2019, 126, 1–14.

16. Choi, H.; Kim, M.; Lee, O. An Extended Kalman Filter for Mouse Tracking. *Med. Biol. Eng. Comput.* 2018, 56, 2109–2123.

17. Mathiowetz, V.; Volland, G.; Kashman, N.; Weber, K. Adult Norms for the Box and Block Test of Manual Dexterity. *Am. J. Occup. Ther.* 1985, 39, 386–391

18. Feldman, D.E. Synaptic Mechanisms for Plasticity in Neocortex. *Annu. Rev. Neurosci.* 2009, 32, 33–55

19. Lee, K.; Kim, M.; Lee, O.; Kim, K. Roughness Preserving Filter Design to Remove Spatial Noise from Stereoscopic Skin Images for Stable Haptic Rendering. *Skin Res. Technol.* 2017, 23, 407–415.

20. Ogawa, M.; Nishida, S.; Shirai, H. A Qualitative Study to Explore Ways to Observe Results of Engaging Activities in Clients with Dementia. *Occup. Ther. Int.* 2017, 2017, 7513875

21. Ros, T.; Munneke, M.A.M.; Ruge, D.; Gruzelier, J.H.; Rothwell, J.C. Endogenous Control of Waking Brain Rhythms Induces Neuroplasticity in Humans. *Eur. J. Neurosci.* 2010, 31, 770–778.