

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
КАФЕДРА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЙ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
магістра
(освітній рівень)

на тему: «Дослідження методів програмної підтримки реабілітолога на основі
комп'ютерного зору»

Виконав: студент групи 6ПР2
спеціальності
121 - «Інженерія програмного забезпечення»
(шифр і назва спеціальності)

Козлов Нікіта Дмитрійович
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Доровська І.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н. доцент. Козел В.М.
(прізвище та ініціали)

Хмельницький - 2025

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет, відділення Інформаційних технологій та дизайну
Кафедра Програмних засобів і технологій
Освітній рівень магістр
(шифр і назва)
Напрямок підготовки ОПП - Програмне забезпечення систем
Спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЗіТ
к.т.н. доц. О.Є. Огнева
“ _____ ” _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Козлову Нікіті Дмитрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження методів програмної підтримки реабілітолога на основі комп'ютерного зору»

керівник роботи к.т.н., доц. Доровська І.О.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від 15.09.2025 р. №417-С

2. Строк подання студентом роботи 15.12.2025

3. Вихідні дані до роботи мова програмування: Kotlin, середовище розробки Android Studio, бібліотеки ML Kit Pose Detection, ARKit, ARCore.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) аналіз та порівняння існуючих технологій комп'ютерного зору та доповненої реальності; 2) вибір оптимальних інструментів для реалізації мобільного віртуального асистента; 3) проектування архітектури програмної системи; 4) розробка програмних модулів обробки відео, порівняння рухів та візуалізації підказок; 5) проведення експериментів та аналіз отриманих результатів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1) порівняння технологій доповненої реальності; 2) порівняння технологій розпізнавання поз; 3) архітектура системи; 4) результати експерименту; порівняльні графіки

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 103 сторінки, 17 рисунків, 6 таблиць, 1 додаток, 16 джерел.

Об'єкт дослідження: застосування сучасних інформаційних технологій, зокрема, доповненої реальності та комп'ютерного зору, для автоматизації реабілітаційних процесів.

Предмет дослідження: інтеграція технологій доповненої реальності та комп'ютерного зору для забезпечення високої точності аналізу та зворотного зв'язку в реальному часі.

Мета дослідження: розроблення та експериментальна оцінка методів створення мобільного віртуального асистента реабітолога для моніторингу та корекції виконання фізичних вправ у реальному часі, що використовує технології комп'ютерного зору на основі Flutter, ML Kit Pose Detection, ARKit, ARCore.

Новизна отриманих результатів полягає у проведенні комплексного порівняльного аналізу окремих підходів – AR-підказок та алгоритмів комп'ютерного зору, щодо їх здатності точно оцінювати якість фізичних вправ на основі відеопотоку мобільної камери без зовнішніх сенсорів.

Практична цінність результатів роботи полягає у тому, що запропоновані рішення можуть бути впроваджені в клінічні та домашні програми телереабілітації, знизивши навантаження на лікарів-реабітологів і покращивши якість виконання вправ пацієнтами.

Перелік ключових слів: ВІРТУАЛЬНИЙ АСИСТЕНТ, ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНОСТЬ, КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР, РЕАБІЛІТАЦІЯ, ARCORE, ARKIT, FLUTTER, ML KIT POSE DETECTION.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку використаних джерел та додатків.

Сучасні технології комп'ютерного зору та доповненої реальності створюють передумови для розроблення мобільних застосунків, здатних автоматично оцінювати правильність виконання фізичних вправ, надавати візуальний зворотний зв'язок у реальному часі.

Кваліфікаційну роботу присвячено питанням пошуку та оптимізації методів проектування віртуального асистента реабілітолога, що включає дослідження окремо застосування AR, комп'ютерного зору і оцінює їх порівняльну ефективність на мобільній платформі.

В роботі проаналізовано сучасні підходи до використання AR та комп'ютерного зору у фізичній реабілітації, сформульовано вимоги до архітектури мобільного застосунку, обґрунтовано вибір алгоритмів комп'ютерного зору і машинного навчання, розроблено прототип, що поєднує захоплення відео, визначення ключових точок тіла та AR-візуалізацію підказок. Розроблено удосконалену методику адаптивного зіставлення траєкторій пацієнта з еталонними шаблонами, а також окреслено рекомендації щодо вибору стратегії персоналізації тренувань.

Проведений експеримент дозволив дослідити точність виявлення помилок і оцінити використані методи за критеріями точності, продуктивності та зручності інтеграції.

Запропоновані рішення можуть бути впроваджені в клінічні та домашні програми телереабілітації, знизивши навантаження на лікарів-реабілітологів і покращивши якість виконання вправ пацієнтами.

ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of sources and appendices.

Modern computer vision and augmented reality technologies create the prerequisites for the development of mobile applications capable of automatically assessing the correctness of physical exercises and providing visual feedback in real time.

The master thesis is devoted to the issues of finding and optimizing methods for designing a virtual assistant for a rehabilitation specialist, which includes research into the separate use of AR and computer vision and evaluates their comparative effectiveness on a mobile platform.

The thesis analyzes modern approaches to the use of AR and computer vision in physical rehabilitation, formulates requirements for the architecture of a mobile application, justifies the choice of computer vision and machine learning algorithms, develops a prototype that combines video capture, identification of key points of the body and AR visualization of prompts. An improved method for adaptive matching patient trajectories with reference templates is developed, and recommendations for choosing a training personalization strategy are outlined.

The experiment conducted allowed to investigate the accuracy of error detection and evaluate the used methods according to the criteria of accuracy, productivity and ease of integration.

The proposed solutions can be implemented in clinical and home telerehabilitation programs, reducing the workload on rehabilitation doctors and improving the quality of exercise performance by patients.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	11
1.1. Впровадження та використання комп'ютерного зору і доповненої реальності в процесі реабілітації	11
1.2. Стан розвитку технологій у сфері реабілітації	16
1.3. Огляд програмних продуктів для реабілітації	18
1.4. Аналіз результатів існуючих досліджень	22
1.5. Проблеми та виклики	31
1.6. Постановка задачі	33
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	35
2.1. Вибір напрямку дослідження	35
2.2. Підходи до вирішення завдання	36
2.3. Порівняльна оцінка технологій	47
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВІРТУАЛЬНОГО АСИСТЕНТА	64
3.1. Архітектура програми	64
3.2. Модуль захоплення відеопотоку	66
3.3. Модуль обробки відеопотоку	67
3.4. Модуль розпізнавання поз	69
3.5. Модуль порівняння поз	70
3.6. Створення ефекту доповненої реальності	72
РОЗДІЛ 4. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ	75
4.1. Організація проведення експерименту	75

	9
4.2. Оцінка результатів	81
4.3. Висновки та рекомендації з експериментального дослідження	89
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	93
ДОДАТОК А. ТЕКСТ ПРОГРАМИ	95

ВСТУП

Реабілітація є невід'ємною складовою сучасної системи охорони здоров'я [1], що забезпечує відновлення рухових та когнітивних функцій пацієнтів після травм, операцій або захворювань. Традиційні підходи базуються на постійному очному супроводі фахівця-реабітолога, що обмежує доступність якісних послуг у регіонах із нерозвиненою інфраструктурою та знижує ефективність контролю домашніх занять. Прогрес у сферах комп'ютерного зору, доповненої реальності (AR) створює передумови для розроблення мобільних застосунків, здатних автоматично оцінювати правильність виконання фізичних вправ, надавати візуальний зворотний зв'язок у реальному часі. Таким чином, актуальною науковою проблемою є пошук та оптимізація методів проектування віртуального асистента реабітолога, що досліджує окреме застосування AR, комп'ютерного зору і оцінює їх порівняльну ефективність на мобільній платформі.

Актуальність теми обумовлена зростанням кількості пацієнтів, які потребують тривалої фізичної реабілітації, одночасно зі скороченням людського ресурсу медичних працівників, зумовлює необхідність упровадження інноваційних інструментів віддаленої підтримки. Використання мобільного застосунку з AR-підказками підвищує доступність реабілітаційних послуг, покращує мотивацію пацієнтів і скорочує витрати часу фахівців на рутинний контроль рухів.

Мета полягає у розробленні та експериментальній оцінці методів створення мобільного віртуального асистента реабітолога.

Для досягнення цієї мети необхідно:

- проаналізувати сучасні підходи до використання AR та комп'ютерного зору у фізичній реабілітації;
- сформулювати вимоги до архітектури мобільного застосунку та обґрунтувати вибір алгоритмів комп'ютерного зору і МН;
- розробити прототип, що поєднує захоплення відео, визначення ключових точок тіла та AR-візуалізацію підказок;
- провести експериментальне дослідження точності виявлення помилок і оцінити користувацьке сприйняття системи;
- порівняти різні бібліотеки AR (ARCore [2], ARKit [3] тощо) за критеріями точності, продуктивності та зручності інтеграції.

Наукова новизна полягає у проведенні комплексного порівняльного аналізу окремих підходів – AR-підказок, алгоритмів комп'ютерного зору,

щодо їх здатності точно оцінювати якість фізичних вправ на основі відеопотоку мобільної камери без зовнішніх сенсорів. Розроблено удосконалену методику адаптивного зіставлення траєкторій пацієнта з еталонними шаблонами, а також окреслено рекомендації щодо вибору стратегії персоналізації тренувань.

Запропоновані рішення можуть бути впроваджені в клінічні та домашні програми телереабілітації, знизивши навантаження на лікарів-реабілітологів і покращивши якість виконання вправ пацієнтами.

Матеріали дослідження також придатні для навчального процесу при підготовці спеціалістів з сучасної медичної реабілітології.