

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

**БОРСУКЕВИЧ МИХАЙЛО ВІКТОРОВИЧ**

УДК 004.6

**ІНТЕРАКТИВНА ПРОГРАМА-ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ОЧЕЙ З  
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ EYE-TRACKING**

Галузь знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю  
122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»  
122 - ДР.А - 401.21610104

Автореферат  
дипломної роботи на здобуття освітньої кваліфікації  
«бакалавр комп'ютерних наук та інформаційних технологій»

Миколаїв – 2020

Дипломна робота є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі інтелектуальних інформаційних систем.

Науковий керівник: д.т.н., професор, зав. кафедри ІС  
Ю.П. Кондратенко

Рецензент: к.т.н., доцент, доцент кафедри ІПЗ  
Є.О. Давиденко

Захист відбудеться «\_23\_» червня 2020 р. о 9<sup>30</sup> год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. 2-403) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

З дипломною роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

Автореферат представлений «\_\_\_\_» червня 2020 р.

Секретар  
екзаменаційної комісії,  
викладач кафедри ІС

М.О. Таранов

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Велика частина людей більшість свого часу проводить перед екранами електронних пристроїв, таких як мобільний телефон, планшет, комп'ютер, ноутбук та інші. У 90% таких користувачів виникає поширена проблема, яка має назву синдром комп'ютерного зору. Він має такі симптоми, як зменшення або розмитість зору, печіння в очах, надмірна чутливість до світла, головні болі та біль у спині та шії. Синдром комп'ютерного зору є результатом довготривалого проведення часу перед екраном електронного пристрою.

**Метою дипломної роботи** є допомога в покращенні зору користувачів за рахунок систематичного виконання вправ, шляхом розробки мобільного застосунку на базі операційної системи iOS із застосуванням технології eye-tracking.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у можливості застосування отриманої програми реальними користувачами для покращення здоров'я очей після довготривалого проведення перед екраном монітора.

**Структура дипломної роботи.** Пояснювальна записка до дипломної роботи складається із вступу, \_\_\_\_ розділів, висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає \_\_\_\_ сторінки, \_\_\_\_ рисунків, \_\_\_\_ таблиць та \_\_\_\_ посилань на літературні джерела.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Відстеження очей - стара технологія. Маючи близько 100-150 років історії позаду, її витoki передують винайденню літака і автомобіля. Це означає, що розвиток технології був тривалим процесом, від якого ми зараз починаємо бачити результати. Робота та інновації в цій сфері дали новітні технології, які починають формувати наше майбутнє.

Заглянувши в майбутнє, слідування очей вже застосовується до нової галузі спорту - конкурентної гри у відеоігри, інакше відомої як eSports. Дослідження досліджували, як гравці з експертами порівнюють новачків, майже так само, як перевіряли традиційні види спорту.

З останніх досліджень зрозуміло, що використання засобів відстеження очей надалі надаватиме відстежуванні та практичні дані для різних видів спорту, як у реальному, так і у віртуальному світі.

Зараз є багато різних програм, застосунків та розширень для браузерів, які допомагають нагадувати користувачу про те, що він повинен виконати деякі вправи очима для профілактики очей.

Наприклад, програма кожні 20 хвилин буде нагадувати користувачу про те, що він має відвести свій погляд від екрану монітора і подивитись на різні об'єкти на коротких та дальніх відстанях, покліпати декілька разів, щоб зволожити свої очі.

Подібних рекомендацій, які дають програми та застосунки, в більшості випадків буде достатньо, але також користувач може встановити додаток на свій смартфон, який у вигляді гри буде пропонувати різні вправи для очей і інтерактивно показувати на екрані позиції та стан його очей (відкриті або закриті).

Застосунок буде мати в собі безліч технік та вправ для якісної профілактики очей користувача.

Ця дипломна робота має на меті побудувати такий застосунок с використанням сучасних технологій на базі операційної системи iOS для мобільних пристроїв.

**Перший розділ.**

Медична наука часто виступає на передньому плані наукових розробок - існує чіткий поштовх для подальшого вдосконалення та інновації медичної допомоги будь-яким способом. Хоча багато інновацій зосереджені на розробці нових лікарських засобів або технологій, інші дослідження розглядають питання, як поліпшити існуючий догляд.

Дослідження показали, як відстеження очей може допомогти передбачити ефективність та точність інтерпретацій, зроблених медсестрами при оцінці життєвих ознак у клінічному контексті. Використовуючи ці висновки для побудови майбутніх тренувань або навіть дизайну клінічного простору, метод доставки ліків міг би бути значно вдосконалений. Ці результати можуть бути використані для покращення тренувань та догляду за ліжками без додавання дорогого обладнання.

Подібні заявки були також зроблені в галузях дерматології, педіатрії, хірургії та невідкладної медицини. Звідси зрозуміло, що знання, отримані про те, як працюють експерти в порівнянні зі стажистами, можуть бути важливими у багатьох галузях, а також можуть формувати майбутні тренінги для підвищення ефективності охорони здоров'я.

Дослідження зосереджувались не лише на тому, як такі технології, як відстеження очей, можуть покращити те, як ми вчимося, а й на те, як вони можуть сприяти навчальному процесу. Наприклад, дослідження показали, як здатність до читання може покращуватись у різних рівнях навичок за допомогою такої техніки, як "повторне читання", а також, як це має більший вплив серед читачів з низькою ефективністю.

Додаючи емпіричну основу до таких втручань і прийомів, процес навчання можна постійно удосконалювати, щоб забезпечити максимум для учнів, оскільки нові ідеї можуть бути перевірені відповідно до сучасних практик.

Майбутнє виглядає так, що воно буде формуватися численними способами завдяки подальшому застосуванню технології відстеження очей.

Сфери використання, в яких відстеження очей є більш звичним явищем (психологія, реклама, людські фактори тощо), також виграють від збільшення знань

про їх використання, а також від більшої доступності. Кількість публікацій у кожному полі із використанням цих пристроїв продовжує зростати з року в рік.

Яким би способом відстеження очей не було залучено до збільшення знань у майбутньому, ми знаємо, що ми можемо сподіватися на це.

Звісно, за допомогою технології eye-tracking ми можемо не тільки слідкувати за позиціями очей і збирати інформацію для подальшої її обробки, а й покращувати здоров'я очей.

### **Другий розділ.**

Eye-tracking - це процес вимірювання, куди ми дивимось, також відомий як наша точка погляду. Ці вимірювання проводяться очним трекером, який фіксує положення очей та рухи, які вони здійснюють.

Інфрачервоне світло спрямоване до центру очей (зіниці), викликаючи помітні відблиски як у зіниці, так і у рогівці (найбільш зовнішній оптичний елемент ока). Ці відбиття - вектор між рогівкою та зіницею - відслідковуються інфрачервоною камерою. Це оптичне відстеження віддзеркалень рогівки, відоме як відбиток рогівки по центру зіниці.

Інфрачервоне джерело світла необхідне, оскільки точність вимірювання напрямку погляду залежить від чіткого розмежування (і виявлення) зіниці, а також виявлення відбиття рогівки. Звичайні джерела світла (із звичайними камерами) не здатні забезпечити стільки контрасту, що означає, що відповідну кількість точності досягти набагато складніше без інфрачервоного світла.

Світло із видимого спектру, ймовірно, генерує неконтрольоване дзеркальне відбиття, тоді як інфрачервоне світло дозволяє точно розрізнити зіницю та райдужку - у той час як світло безпосередньо потрапляє до зіниці, воно просто «відскакує» від райдужної оболонки. Крім того, оскільки інфрачервоне світло не видно людям, воно не викликає відволікання під час відстеження очей.

Незважаючи на те, що існує багато різних очних трекерів, є два основні типи: екранний трекер та окуляри.

Екранні пристрої вимагають, щоб користувачі сиділи перед монітором та взаємодіяли із вмістом на екрані. Хоча ці пристрої відслідковують очі лише в

певних межах (так звана головна скринька), свобода пересування все ще достатньо велика, щоб користувачі були відносно необмеженими (принаймні, з точки зору нормального діапазону руху під час перегляду інформації на екрані).

Точність багато в чому залежить від типу дослідження, для якого використовується трекер. Окуляри для стеження за очима закріплюються на оці, де жоден рух голови не може перешкоджати захопленню даних, що чудово підходить для досліджень, коли користувачі повинні рухатись (наприклад, у магазині).

Використання системи відстеження очей на основі екрана для тривимірних параметрів - це більш вдосконалене і складне налаштування. Крім того, респонденти експерименту повинні сидіти нерухомо під час вимірювання.

Як правило, відстеження очей на основі екрана в основному рекомендується для відстеження об'єктів саме на екрані, тобто все, що може бути показано на екрані або на моніторі комп'ютера. Сюди входить графіка, наприклад нерухомі зображення, відео, комп'ютерні ігри, веб-сайти та багато іншого.

Відстеження очей використовується в різних сферах досліджень, а також для різних застосувань у комерційній сфері.

Отримання детальної інформації про те, куди дивиться людина чи група людей, є корисним у різних контекстах - від психологічних досліджень, до медичних діагнозів, нейромаркетингових застосувань та інших.

Розуміння того, коли і куди люди дивляться, є важливим для розуміння того, як розподіляється увага. Відстеження очей широко застосовується в таких психологічних тестах, як ІАТ (неявна перевірка асоціацій), Stroop Test та Азартне завдання Айови, а також у парадигмах надзвичайних ситуацій.

Дані відстеження очей також можуть надати цінну інформацію про схеми поглядів відвідувачів вашого веб-сайту - скільки часу потрібно для того, щоб знайти конкретний продукт на вашому веб-сайті, яку саме візуальну інформацію вони ігнорують? Куди відвідувачі вашого веб-сайту дивляться найбільше? На що вони звертають увагу і скільки часу витрачають на це?

Підсумовуючи, відстеження очей може виявити:

1. На що люди дивляться на екрані або в реальному світі;

2. Коли увага приділяється певним візуальним елементам;
3. Скільки триває кожна фіксація погляду;
4. Порядок фіксації візуальних елементів;
5. Чи повертається погляд людини до візуального елемента, на який вона дивилася раніше.

Однак відстеження очей не може виявити наступне:

1. Чому саме людина дивилася на певний візуальний елемент;
2. Як вони почували себе при огляді візуальної сцени.

З розвитком комп'ютерних технологій відстеження очей стало ненав'язливим, доступним та простим у використанні інструментом дослідження людської поведінки, що дозволяє вимірювати зорову увагу, оскільки об'єктивно стежить за тим, де, коли та на що люди дивляться.

Враховуючи простоту застосування та вимірювання, не дивно, що технологія відстеження очей знаходить все більшу популярність серед швидко зростаючих різноманітних навчальних та комерційних дисциплін.

### **Третій розділ.**

Під час реалізації дипломної роботи були використані сучасні технології. Під час розробки була використана мова програмування Swift. Здебільшого, для програми-тренажера для очей також було використано бібліотеку ARKit. Весь код було написано за допомогою мови програмування Swift.

Весь проект складається з двох частин, а саме: бібліотеки, в якій реалізований головний функціонал програми та клієнтський застосунок. Клієнтський застосунок реалізовано за допомогою фреймворку UIKit. В процесі виконання додатку й бібліотеки використовувалася система контролю git.

Swift - мова програмування високого рівня, розроблена Apple, і стала доступною в 2014 році. Вона призначена для написання програм для платформ Apple, до яких входять macOS, iOS, tvOS та watchOS.

Мова Swift заснована на Objective-C та має деякі схожі з ним параметри. Swift має подібний синтаксис і підтримує об'єктно-орієнтовані особливості Objective-C,



але забезпечує більш спрощений досвід програмування. Наприклад, код Swift легше читати і записувати, ніж Objective-C.

Оскільки Apple розробляє та підтримує мову Swift, вона оптимізована для апаратних засобів Apple. Тому додаток для iOS, розроблений у Swift, може працювати краще, ніж аналогічний додаток, розроблений на іншій мові. Apple також регулярно оновлює Swift новими функціями. Це дозволяє розробникам програмування в Swift скористатися останніми досягненнями в Mac, iPhone, iPad та інших продуктах Apple.

UIKit - це фреймворк, яким найчастіше користуються під час розробки програм для iOS. Він визначає основні компоненти програми iOS, від міток та кнопок до таблиць та навігації.

Хоча фреймворк Foundation визначає класи, протоколи та функції для розробки iOS та OS X, фреймворк UIKit орієнтована виключно на розробку iOS. Це еквівалент Application Kit або AppKit для розробки під OS X.

Як і Foundation, UIKit визначає класи, функції, типи даних та константи. Він також додає додаткову функціональність для різних класів Foundation, таких як NSObject, NSString та NSValue завдяки використанню категорій Objective-C.

ARKit - це фреймворк від Apple, який займається обробкою вбудованих додатків та ігор для пристроїв iOS. Це API високого рівня, який пропонує численні та потужні функції, що дозволяють “оживити” наш світ.

Доповнена реальність (AR) описує досвід користувачів, який додає 2D або 3D елементи до перегляду в реальному часі з камери пристрою таким чином, що ці елементи здаються реальним світом. ARKit поєднує відстеження руху пристрою, зйомку сцени камери, розширену обробку сцени та зручності відображення, щоб спростити завдання зі створення застосунку за допомогою технології AR. За допомогою цих технологій можна створити багато видів застосунків, використовуючи передню або задню камеру пристрою iOS.

Git - це приклад системи управління розподіленими версіями (DVCS), яка зазвичай використовується для розробки відкритого та комерційного програмного забезпечення. DVCS дозволяють отримати повний доступ до кожного файлу, гілки

та ітерації проекту та дозволяє кожному користувачеві отримати доступ до повної та самодостатньої історії всіх змін. На відміну від популярних колись централізованих систем управління версіями, DVCS типу Git не потребує постійного підключення до центрального сховища. Розробники можуть працювати в будь-якому місці та асинхронно співпрацювати з будь-якого часового поясу.

Без контролю над версіями, члени команди піддаються надмірним завданням, більш повільним термінам і декількома копіями одного проекту. Щоб усунути непотрібну роботу, Git та інші VCS надають кожному учаснику уніфікований та послідовний доступ до проекту. Бачення прозорої історії змін, хто їх вніс та як вони сприяють розвитку проекту, допомагає членам команди залишатися на одній лінії, працюючи незалежно.

### **Розділ з охорони праці.**

В спеціальному розділі з охорони праці було вивчено проблеми, пов'язані з забезпеченням здорових і безпечних умов, у яких відбувається праця людини – одне з найбільш важливих завдань у розробці нових технологій і систем виробництва. Дослідження й виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, і розробка заходів і вимог, спрямованих на усунення цих причин дозволяють створити безпечні й сприятливі умови для праці людини. Комфортні й безпечні умови праці – один з основних факторів, який впливає на продуктивність і безпеку праці, здоров'я працівників.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час написання дипломної роботи було проаналізовано існуючі методи, алгоритми й реалізації застосунків. Після чого було проведено порівняльну характеристику кожного й визначено їх переваги і недоліки.

В результаті виявлення недоліків, було запропоновано можливі рішення, які б могли покращити розпізнавання очей застосунком. Одним з запропонованих методів покращення, що стосується розпізнавання очей у реальному часі, є використання ІЧ світла. За допомогою ІЧ світла можна краще та точніше розпізнавати очі та позиції погляду. Використання камери пристрою не дасть такого точного результату як ІЧ світло. Також, за допомогою ІЧ світла можна розпізнавати очі навіть в темряві, що не можливо зробити за допомогою звичайної камери.

В дипломному проекті було реалізовано програму-тренажер для тренування та профілактики здоров'я очей. Було поставлено наступні задачі, які необхідно було вирішити під час реалізації проекту:

- ознайомитись з існуючими аналогами й визначити їх переваги й недоліки;
- проаналізувати існуючі методи та алгоритми з метою визначення найбільш відповідного до поставленої задачі;
- розробити застосунок для відстеження очей;
- провести тестування бібліотеки й клієнтського додатку.

Під час розробки проекту було детально описано головні складові програми-тренажеру для профілактики очей. Перед початком реалізації було визначено технології та алгоритми, які будуть використовуватись в розробці застосунку. Після визначення технологій, їх було порівняно з існуючими аналогами й визначено недоліки й переваги. Також, було поетапно розписано реалізацію додатку, починаючи з технологій та закінчуючи готовим застосунком.

Результатом виконання дипломної роботи є готова програма-тренажер для профілактики здоров'я очей, який допоможе підтримувати у тонусі свій зір та покращувати його. Реалізований додаток включає в себе:

- алгоритми відстеження очей за допомогою ІЧ світла;
- користувач-орієнтований інтерфейс, який є легким та логічним у використанні;
- набір програм для тренування очей;
- реалізацію, що є швидкодіючою й клієнтський додаток, який можна запустити на девайсах з iOS системою та з датчиком ІЧ світла;
- тести, які перевіряють головний функціонал застосунку на його коректну дію.

## **АНОТАЦІЯ** **до бакалаврської роботи**

Тема: «Інтерактивна програма-тренажер для очей з використанням технології eye-tracking»

Студент: Борсукевич Михайло Вікторович

Керівник: д.т.н, професор Кондратенко Юрій Пантелійович

Дипломна робота присвячена розробці мобільного застосунку як програми-тренажера для очей з використанням технології eye-tracking.

**Об'єкт дослідження** – профілактики здоров'я очей.

**Предмет дослідження** – технології та застосунки, які допомагають покращувати зір користувача.

**Метою роботи** є допомога в покращенні зору користувачів за рахунок систематичного виконання вправ, шляхом розробки мобільного застосунку на базі операційної системи iOS із застосуванням технології eye-tracking.

Дипломна робота складається з фахової частини і спеціальної частини з охорони праці. Пояснювальна записка дипломної роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків та додатків.

У першому розділі розкрито теоретичні відомості технології eye-tracking.

У другому розділі здійснено вибір інструментальних засобів та технологій розробки програми-тренажера для підтримки здоров'я очей.

У третьому розділі описано проектування та програмну реалізацію розробленої системи.

У четвертому розділі описана частина з охорони праці.

Ключові слова: окулографія, відстеження погляду, тренажер.

Дипломна робота містить \_\_\_ сторінок, \_\_\_ рисунків, \_\_\_ джерел, \_\_\_ додатків.

**ABSTRACT**  
**for bachelor's work**

Subject: “Interactive eye exercise program using eye-tracking technology”

Student: Borsukevych Mykhailo Viktorovych

Leader: D.Sc., Professor Kondratenko Yuriy Panteliyovych

Thesis is devoted to the development of a mobile application as an eye simulator using eye-tracking technology.

**The object of research** is eye health prevention.

**The subject of research** is technologies and applications that help improve user vision.

**The purpose of the thesis** is to help improve the vision of users through the systematic implementation of exercises, by developing a mobile application based on the iOS operating system using eye-tracking technology.

Thesis consists of a professional part and a special part on labor protection. The explanatory note of the thesis consists of an introduction, three sections, conclusions and appendices.

The first section reveals the theoretical information of eye-tracking technology.

The second section selects tools and technologies to develop an exercise program to maintain eye health.

The third section describes the design and software implementation of the developed system.

The fourth section describes the part of labor protection.

Keywords: oculography, eye tracking, simulator.

Diploma contains \_\_\_ pages, \_\_\_ drawings, \_\_\_ sources, \_\_\_ applications.