

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică
Departamentul Ingineria Software și Automatică**

**Admis la susținere
Șef departament:
Fiodorov Ion, conf. univ., dr.**

„_” _____ 2022

Analiza unilizării tehnologiei eye tracking

Teză de master

Student:

Cernei Irina, gr. TI-201M

Conducător:

**Scorohodova Tatiana, lect.
univ.**

Consultant:

Cojocarua Svetlana, lect. univ.

Chișinău, 2022

ADNOTARE

Tema acestei teze este analiza utilizării tehnologiei eye tracking. Scopul acestei lucrări este de a studia principiul urmăririi ochilor cu determinarea ulterioară a opțiunilor de utilizare a tehnologiei în diferite domenii ale vieții umane.

Primul capitol al tezei oferă și analizează informații despre numărul existent în prezent de metode de măsurare și evaluare a direcției privirii umane. Pentru a compara metodele avute în vedere, au fost identificate avantajele și dezavantajele fiecăreia dintre ele, în urma cărora s-a formulat o concluzie. Principiul de funcționare a celui mai răspândit și popular tip de eye-tracker în acest moment a fost luat în considerare și descris în detaliu. Sa constatat că utilizarea unei abordări parametrice pentru determinarea pupilei poate oferi o stabilitate ridicată a rezultatelor.

În cel de-al doilea capitol al tezei au fost descrise principalele caracteristici și au fost comparate eye trackere moderne, clasificate pe tip. De asemenea, a fost identificat cel mai optim tip de interpretare a datelor obținute de la eye trackere și au fost enumerate cele mai semnificative domenii de aplicare a tehnologiei cu exemple specifice. A fost descris un algoritm de urmărire a pupilei ochiului, inclusiv preprocesarea imaginii și găsirea marginilor.

Cuvinte cheie: eye tracking, oculografie, eye tracker, biblioteca OpenCV, detectarea pupilei.

ABSTRACT

The topic of this thesis is the analysis of the use of eye tracking technology. The aim of this work is to study the principle of eye tracking with the subsequent determination of the options for using the technology in various areas of human life.

The first chapter of the thesis provides and analyzes information about the currently existing number of methods for measuring and assessing the direction of human gaze. To compare the considered methods, the advantages and disadvantages of each of them were identified, as a result of which a conclusion was formulated. The principle of operation of the most widespread and popular type of eye-tracker at the moment was considered and described in detail. It was found that the use of a parametric approach to determining the pupil can provide high stability of the results.

In the second chapter of the thesis, the main characteristics were described and modern eye trackers classified by type were compared. Also, the most optimal type of interpretation of data obtained from eye trackers was identified and the most significant areas of application of the technology were listed with specific examples. A pupil-tracking algorithm was described, including image preprocessing and edge finding.

Key words: eye tracking, oculography, eye tracker, OpenCV library, pupil detection.

АННОТАЦИЯ

Темой данной дипломной работы является анализ использования технологии айтрекинг. Целью данной работы ставится изучение принципа работы айтрекинга с последующим определением вариантов применения технологии в различных областях жизнедеятельности человека.

В первой главе дипломной работы приведена и проанализирована информация про существующие в настоящее время ряд способов измерения и оценки направленности взора человека. Для сравнения рассмотренных методов были определены преимущества и недостатки каждого из них, в результате чего был сформулирован вывод. Подробно был рассмотрен и описан принцип работы самого распространённого и популярного на данный момент вида айтрекер. Было выявлено, что использование параметрического подхода определения зрачка может обеспечить высокую стабильность результатов.

Во второй главе дипломной работы были описаны основные характеристики и сравнены современные айтрекеры, классифицированные по видам. Также был выявлен наиболее оптимальным тип интерпретации данных, полученных с айтрекеров и перечислены наиболее значимые области применения технологии с приведением конкретных примеров. Был описан алгоритм трекинга зрачка, включающий препроцессинг изображения и нахождение контуров.

Ключевые слова: айтрекинг, окулография, айтрекер, библиотека OpenCV, детекция зрачка.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	9
1.1 Актуальность выбранной темы.....	9
1.2 Общая характеристика айтрекинга.....	10
1.3 Методы регистрации движения глаз.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Сравнение методов регистрации движения глаз.....	16
1.5 Виды айтрекеров	19
1.6 Оптические айтрекеры.....	Error! Bookmark not defined.
2 ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АЙТРЕКИНГ	Error!
Bookmark not defined.	
2.1 Интерпретация данных с айтрекера	Error! Bookmark not defined.
2.2 Сравнение современных айтрекеров.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Медицина и взаимодействие человека с компьютером	Error! Bookmark not defined.
2.4 Маркетинг и исследования интерфейсов.....	Error! Bookmark not defined.
2.5 Обучение, спорт и профессиональная деятельность	Error! Bookmark not defined.
2.6 Описание алгоритма трекинга зрачка	Error! Bookmark not defined.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52

ВВЕДЕНИЕ

В повседневной жизни каждый человек, обладающий зрением, постоянно осматривает окружающее, выделяя для себя ту или иную полезную информацию. Люди всегда стремились изучать глаза как один из самых важных органов системы человеческого восприятия, еще Аристотель в своих трудах описывал механизм их движения. Однако вплоть до XIX века глаза в основном рассматривали с физиологической точки зрения, пытаясь понять, как лечить глазные болезни или вернуть остроту зрения.

Айтрекинг же или окулография, зародившаяся в конце XIX века, ставит перед собой задачи сбора и анализа данных о том, как двигаются глаза, например, во время чтения, или при просмотре визуально воспринимаемых стимулов. Изучение движения глаз может использоваться при диагностировании неврологических заболеваний, исследовании абстрактного мышления человека, в юзабилити-исследованиях в области маркетинга, для понимания фундаментальных основ процессов восприятия, механизмов внимания и порождения языка.

В данной дипломной работе будет описано исследование предметной области и рассмотрены основные аспекты айтрекинга. Актуальность выбранной темы будет подкреплена весомыми аргументами, основывающимися на выборке подобранных научных статей, книг и журналов. Будет представлена общая характеристика технологии айтрекинг, перечислены и сравнены, наиболее полно описанные в литературе, методы регистрации движения глаз. А также будет составлены классификация различных видов современных айтрекеров и подробнее будут рассмотрены цифровые системы оптических окулографов, их принцип работы, варианты определения зрачка и блика при видеорегистрации. Будет описан алгоритм трекинга зрачка, включающий препроцессинг изображения и нахождение контуров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. MEDUNIVER: Электронистагмография, электроокулография [цитирован 09.10.21]. Режим доступа: https://meduniver.com/Medical/otorinolaringologia_bolezni_lor_organov/elektronistagmografia_e_lektrookulografia.html
2. UNIBE: Journal of Eye Movement Research [цитирован 10.10.21]. Режим доступа: <https://bop.unibe.ch/JEMR>
3. SCIENCEDIRECT: Scleral Search Coil Technique [цитирован 10.10.21]. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/scleral-search-coil-technique>
4. ABDULIN, E., FRIEDMAN, L., & KOMOGORTSEV, O. V. Method to detect eye position noise from video-oculography when detection of pupil or corneal reflection position fails, 2017.
5. OZLIB: Методы регистрации движений глаз [цитирован 10.10.21]. Режим доступа: https://ozlib.com/969549/psihologiya/metody_registratsii_dvizheniy_glaz
6. LIVERBERDGE S. P., GILCHRIST I. D., EVERLING S. The Oxford Handbook of Eye Movements. L.: Oxford University Press, 2011.
7. IGAZE: Исследования с айтрекером [цитирован 11.10.21]. Режим доступа: <https://www.igaze.ru/projects/igaze-ru/provesti-issledovanie-s-aytrekerom/>
8. HSE: Восприятие мира: скачками и точками [цитирован 11.10.21]. Режим доступа: <https://www.hse.ru/news/communication/181116160.html>
9. SKILLBOX: Что такое айтрекинг? [цитирован 11.10.21]. Режим доступа: https://skillbox.ru/media/design/chto_takoe_eyetracking/
10. HABR: Айтрекинг в UX-исследованиях [цитирован 11.10.21]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/322324/>
11. HABR: Айтрекинг: доступные решения и их особенности [цитирован 01.11.21]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/neurodatalab/blog/339424/>
12. TECHNOVERY: Технология айтрекинга: отслеживание взгляда может раскрыть невероятный объем информации о вас [цитирован 01.11.21]. Режим доступа: <https://technovery.com/tehnologiya-ajtrekinga-otslezhivanie-vzglyada-mozhet-raskryt-neveroyatnyj-obem-informaczii-o-vas/>
13. IGAZE: Нейромаркетинговые исследования [цитирован 02.11.21]. Режим доступа: <https://www.igaze.ru/oblasti-primeneniya/neuromarketing/>
14. MEDSIM: Айтрекинг (окулография) - инновационная технология в клинической практике [цитирован 02.11.21]. Режим доступа: <https://www.medsim.ru/jour/article/view/384/147>

15. TOBIIGAMING: Что такое Eye Tracking? [цитирован 02.11.21]. Режим доступа: <http://tobiigaming.buka.ru/#eyetracking>
16. EYECOMTEC: Айтрекинг и его применение в медицине [цитирован 02.11.21]. Режим доступа: <https://eyecomtec.com/ru/812>
17. VC: Eye-tracking, как метод нейромаркетинговых исследований [цитирован 04.11.21]. Режим доступа: <https://vc.ru/marketing/146045-eye-tracking-kak-metod-neyromarketingovyh-issledovaniy>
18. IN-SCALE: Что такое айтрекинг? [цитирован 05.11.21]. Режим доступа: <https://in-scale.ru/blog/ajtreking/>
19. USABILITYLAB: Современные айтрекеры и их возможности для юзабилити-тестирования [цитирован 05.11.21]. Режим доступа: <https://usabilitylab.ru/blog/obzormodelej-aj-trekerov/>
20. RESEARCHGATE: Quantifying gaze and mouse interactions on spatial visual interfaces [цитирован 08.11.21]. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/figure/Experimental-setup-Windows-workstation/>
21. HABR: Математическая морфология [цитирован 08.12.21]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/113626/>
22. SFEDU: Возможности и перспективы применения инструментальных методов исследования [цитирован 08.12.21]. Режим доступа: <https://sfedu.ru/files/upload/per/56755/7-1>
23. GRAPHICS: Медианная фильтрация [цитирован 14.12.21]. Режим доступа: <http://graphics.cs.msu.su/courses/cg02b/lectures/lecture4/sld036.htm>
24. ROBOCRAFT: OpenCV шаг за шагом. ROI - интересующая область изображения [цитирован 14.12.21]. Режим доступа: <https://robocraft.ru/blog/computervision/289.html>
25. RESEARCHGATE: Quantifying gaze and mouse interactions on spatial visual interfaces [цитирован 14.12.21]. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/figure/Experimental-setup-Windows-workstation/>