

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВ-
СКОГО»**

Кафедра институт физики

**Определение количественных характеристик саккадических движений
глаз**

АВТОРЕФЕРАТ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Студентки 4 курса 4021 группы

Направления подготовки бакалавриата 03.03.02 Физика

Компьютерные технологии в медицинской физике

Трошиной Варвары Евгеньевны

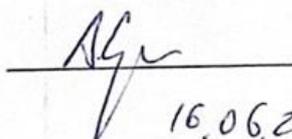
Научный руководитель:

Доцент, к. ф.- м. н.

 16.06.2025 А.Э. Постельга

Зав.кафедрой

Профессор, д.ф.-м.н.

 16.06.25 А.В. Скрипаль

Саратов 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Глазодвигательная активность	4
1.1 Орган зрения	4
1.2 Динамичность движений глаз	Error! Bookmark not defined.
2 Виды движений глаз	Error! Bookmark not defined.
2.1 Микродвижения.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Тремор	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 Микросаккады	Error! Bookmark not defined.
2.2 Макродвижения	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Макросаккады	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Прослеживающие и вергентные движения	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Нистагм и торзионные движение.....	Error! Bookmark not defined.
3 Методы регистрации движений глаз.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Видеоокулография.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Электроокулография	Error! Bookmark not defined.
3.3 Фотооптический и электромагнитный методы	Error! Bookmark not defined.
4 Eyes Office	Error! Bookmark not defined.
4.1 Описание главного окна.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Алгоритм детектирования	Error! Bookmark not defined.
4.4 Калибровка.....	Error! Bookmark not defined.
4.5 Преобразование изображения.....	Error! Bookmark not defined.
4.6 Детектирование	Error! Bookmark not defined.
4.7 Редактирование записи.....	Error! Bookmark not defined.
5 Методики исследования движений глаз.....	Error! Bookmark not defined.
6 Экспериментальная часть	Error! Bookmark not defined.
6.1 Оборудование и программное обеспечение	Error! Bookmark not defined.
6.2 Результаты исследования	Error! Bookmark not defined.
Заключение.....	8
Список литературы.....	Error! Bookmark not defined.
Приложение	Error! Bookmark not defined.

Введение

Саккадические движения глаз являются важным элементом зрительной функции человека, играя значимую роль в переключении внимания, сканировании окружающей среды и фиксации на интересующих объектах. Для более глубокого понимания и изучения характеристик саккад, в современных исследованиях широко применяется метод видеокуллографии. Этот метод позволяет не только точно регистрировать движения глаз, но и анализировать различные параметры саккад, такие как амплитуда, скорость, длительность, вариабельность и координация движений. Метод видеокуллографии обеспечивает высокую эффективность и надежность в измерении саккадических движений, что делает его широко используемым в исследованиях нейрофизиологии, когнитивной психологии, медицине и других областях.

Вот перефразированный текст, сохраняющий основную информацию, но использующий другие слова и структуру предложений:

Движения глаз, особенно быстрые саккады, играют ключевую роль в зрительном внимании, которое, в свою очередь, неразрывно связано с когнитивными процессами. Повреждения в зрительно-моторной системе приводят к нарушениям психических функций, зависящих от зрительного восприятия. Характеристики саккад, такие как количество и длительность фиксаций, амплитуда и скорость движений, местоположение первой фиксации, общее время просмотра и траектория сканирования, отражают работу мозговых структур, отвечающих за восприятие и внимание.

Современный метод айтрекинга (видеоокулография) позволяет количественно оценить эти параметры. Он основан на отслеживании положения зрачка в инфракрасном свете, используя контраст между зрачком и радужной оболочкой. Существует множество айтрекеров, включая стационарные, мобильные и системы с биологической обратной связью.

Айтрекинг – неинвазивный, физиологичный и объективный метод, что обуславливает его широкое применение в клинической практике. Он используется для:

- 1) диагностика нарушений, выявление маркеров патологии, феноменологии;
- 2) оценка эффективности реабилитационных мероприятий;
- 3) реабилитация в виде зрительной биологической обратной связи (БОС).

Примером применения айтрекинга в диагностике неврологических расстройств является исследование М.А. Шуруповой, проведенное на детях, перенесших опухоли задней черепной ямки. Были выявлены окуломоторные признаки мозжечковой дисфункции, включая гиперметрию саккад. Также была обнаружена связь между нарушениями саккадической системы, локомоторными функциями и когнитивными способностями, связанными со зрением. Оценка реабилитации с помощью айтрекинга показала статистически значимое улучшение саккадических функций после специализированного курса у этих же пациентов. Использование метода айтрекинга в виде реабилитации со зрительной БОС также ведется авторским коллективом в клинике постинсультных больных, страдающих нарушениями зрительно-глазодвигательной системы. Основные реабилитационные упражнения направлены на тренировку зрительного внимания, обеспечиваемого саккадической системой. Таким образом, метод айтрекинга является перспективным методом для применения в медицинской практике.

Целью работы является определение количественных характеристик саккадических движений методом видеоокулографии у людей с разным зрением.

1 Глазодвигательная активность

1.1 Орган зрения

Среди всех органов чувств зрение играет для человека первостепенную роль. Благодаря ему мы получаем до 90% информации об окружающей среде.

Уникальность зрительного восприятия заключается в его способности не только распознавать предметы, но и определять их пространственное положение и отслеживать их перемещения. Рассмотрим рисунок 1.

Роговица: Это прозрачная передняя часть глаза, действующая как линза. Она не имеет кровеносных сосудов и обладает сильной преломляющей способностью, что делает ее важной частью оптической системы глаза. Роговица переходит в непрозрачную склеру.

Передняя камера глаза: Пространство между роговицей и радужкой, заполненное специальной жидкостью.

Радужка: Окрашенная часть глаза с отверстием (зрачком) в центре. Она состоит из мышц, которые регулируют размер зрачка, контролируя количество света, попадающего в глаз. Цвет радужки зависит от количества пигмента: мало пигмента – голубые глаза, много – карие. Подобно диафрагме в фотоаппарате, радужка регулирует световой поток.

Зрачок: Отверстие в центре радужки, которое сужается при ярком свете и расширяется в темноте.

Хрусталик: Прозрачная и эластичная линза, расположенная внутри глаза. Он может менять свою форму, обеспечивая четкое зрение на разных расстояниях. Удерживается на месте ресничным пояском и заключен в капсулу. Вместе с роговицей хрусталик формирует оптическую систему глаза.

Стекловидное тело: Гелеобразное вещество, заполняющее пространство позади хрусталика. Оно поддерживает форму глаза и участвует в обмене веществ внутри глаза. Также является частью оптической системы.

Сетчатка: Внутренняя оболочка глаза, содержащая светочувствительные клетки (фоторецепторы) – палочки и колбочки. Палочки отвечают за зрение в условиях низкой освещенности и периферическое зрение. Колбочки обеспечивают зрение при ярком свете, цветовое зрение и остроту зрения. В фоторецепторах происходит преобразование света в нервные импульсы. Наибольшая концентрация колбочек находится в макуле, области, отвечающей

за самое четкое зрение. Сетчатка неплотно прилегает к сосудистой оболочке, что делает ее подверженной отслоению.

Склера: Плотная, непрозрачная внешняя оболочка глаза, защищающая его. К склере прикрепляются мышцы, отвечающие за движение глаз.

Сосудистая оболочка: Расположена между склерой и сетчаткой и обеспечивает кровоснабжение внутренних структур глаза. Заболевания сетчатки часто затрагивают и сосудистую оболочку. В ней отсутствуют нервные окончания, поэтому ее заболевания могут протекать бессимптомно.

Зрительный нерв: Передает зрительные сигналы от сетчатки в мозг.

Глазница, также известная как орбита, представляет собой костное углубление в черепе, предназначенное для размещения глазного яблока. Она имеет форму четырехгранной пирамиды, основание которой обращено к лицу, а вершина уходит вглубь черепа. Стенки орбиты формируются несколькими костями черепа: лобной, скуловой, верхней челюстью, носовой, слезной, решетчатой и клиновидной. Близость орбиты к придаточным пазухам носа может приводить к распространению воспалений или опухолей из пазух в орбиту. В орбите выделяют четыре стенки: верхнюю, нижнюю, внутреннюю и наружную. В самой вершине орбиты находится зрительное отверстие (около 4 мм в диаметре), через которое проходят зрительный нерв (из глаза в мозг) и глазничная артерия (в глаз). Внутри орбиты располагаются глазное яблоко, жировая ткань, фасции, мышцы, кровеносные сосуды и нервы. Всего в орбите находится восемь мышц, включая шесть глазодвигательных (четыре прямые и две косые), мышцу, поднимающую верхнее веко, и орбитальную мышцу.

Веки – это подвижные складки кожи и мышц, которые защищают глазное яблоко спереди и формируют глазную щель. Они состоят из пяти слоев: кожи, рыхлой подкожной клетчатки (без жира), круговой мышцы глаза, хряща и конъюнктивы. Основная функция век – защита глаз от внешних воздействий благодаря рефлекторному смыканию.

Конъюнктивa – это тонкая, прозрачная соединительная оболочка, которая покрывает переднюю часть глазного яблока (за исключением роговицы) и внутреннюю поверхность век. Она имеет розоватый оттенок,

гладкая, блестящая и влажная. При закрытых веках конъюнктива образует конъюнктивальный мешок.

Конъюнктива выполняет следующие функции:

1. Защитная: защищает глаз при попадании инородных тел или развитии патологических процессов.
2. Механическая: обеспечивает удаление инородных тел благодаря обильной секреции слезной и слизистой жидкости.
3. Увлажняющая: поддерживает постоянное увлажнение поверхности глаза за счет постоянной выработки секрета.
4. Питательная: обеспечивает питание роговицы через свои сосуды.
5. Барьерная: содержит лимфоидные элементы, обеспечивающие защиту от инфекций.

Слезный аппарат состоит из слезной железы и слезоотводящих путей (слезных точек, слезных канальцев, слезного мешка и слезно-носового канала). Слезная железа находится в углублении в верхней наружной части орбиты и отвечает за выработку слезы (начиная со второго месяца жизни). В состоянии покоя человек выделяет около 1 мл слезы в сутки. Слеза равномерно распределяется по поверхности глаза, затем всасывается через верхнюю и нижнюю слезные точки, откуда поступает в слезные канальцы. Канальцы соединяются в общий слезный каналец, который впадает в слезный мешок. Слезный мешок переходит в слезно-носовой канал, открывающийся в носовую полость под нижней носовой раковиной.

Мышечный аппарат имеет шесть мышц, которые контролируют движения глазного яблока: четыре прямые (верхняя, нижняя, наружная и внутренняя) и две косые (нижняя и верхняя). Благодаря такому количеству мышц, глаз может двигаться во всех направлениях.

Акт зрения – сложный нейрофизиологический акт, состоящий из 4 этапов:

1. Оптическая система глаза фокусирует свет, формируя на сетчатке перевернутое изображение рассматриваемых объектов.

2. Световая энергия, попадая на фоторецепторы сетчатки (палочки и колбочки), запускает фотохимическую реакцию, которая генерирует нервный импульс.
3. Эти импульсы, зародившиеся в сетчатке, передаются по зрительным нервам в мозг, к зрительным центрам, расположенным в коре.
4. В зрительной коре происходит обработка нервных импульсов, в результате чего формируется зрительное ощущение и восприятие увиденного. Зрительная система состоит из трех ключевых компонентов: рецепторного отдела (сетчатка глаза), проводящих путей (зрительные нервы и глазодвигательные нервы) и коркового отдела (затылочная доля коры головного мозга).

Заключение

Данная работа вносит вклад в развитие методов компьютерной офтальмодиагностики и подтверждает эффективность применения вейвлет-анализа совместно со статистическими методами для обработки биометрических данных. Использование вейвлет-анализа позволило выявить скрытые временно-частотные закономерности, что может быть полезно для дальнейшего изучения механизмов зрительного восприятия при аметропиях.