

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики
наименование кафедры

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ
СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПО
ХАРАКТЕРУ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ С
ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ВИДЕООКУЛОГРАФИИ**

**АВТОРЕФЕРАТ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ МАГИСТРА**

студентки 2 курса 2221 группы

направления 03.04.02 «Физика», профиль «Медицинская физика»

Института физики

Михайловой Светланы Михайловны

Научный руководитель
доцент, к.ф.-м. н.

 14.06.2022
подпись, дата

А.Э.Постельга

Зав. кафедрой медицинской физики
доктор ф.м-н., профессор

 14.06.22
подпись, дата

Ан.В. Скрипаль

Саратов 2022 г.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АД – артериальное давление

ИНС – искусственная нейронная сеть

КГР – кожно-гальваническая реакция

ЧСС – частота сердечных сокращений

FACS – Facial Action Coding System (система кодирования активности лицевых мышц)

FMCW – Frequency Modulated Continuous Wave (технология непрерывного частотно-модулированного излучения)

ВВЕДЕНИЕ

Эмоции являются неотъемлемой частью существования человека, сопровождающая его на протяжении всей жизни и участвующая во всех сферах его деятельности. Оценка психоэмоционального состояния человека является важной темой современных исследований, вызывающей интерес у широкого круга специалистов в различных областях робототехники или систем поддержки принятия решений, юридической психологии, криминологии, у разработчиков медицинских диагностических систем, в анализе физиологического состояния человека и диагностики различного рода патологий.

В настоящее время наиболее часто для оценки и мониторинга психоэмоционального состояния человека используют методы окулографии. Применение этих методов обусловлено ролью движений глаз в структуре взаимодействий человека с миром. При регистрации движений глаз возможно отследить разнообразные сложные процессы организма, такие как механизмы работы мозга и их нарушения, динамику мышления, восприятия, внимания, психические процессы, установки личности. Результаты исследований движений глаз носят междисциплинарный характер и имеют широкое применение во многих сферах и профессиях.

За последние несколько лет популярность окуломоторной тематики сильно возросла. Все больше исследований, использующих движения глаз в качестве важного показателя нейрофизиологических процессов, психических явлений, связанных с ними нарушений и для оценки психоэмоционального состояния человека в целом. Роль регистрации направленности взора (айтрекинга) и программных продуктов, позволяющих результативно собирать и обрабатывать полученные данные, становится всё более актуальной.

На данный момент айтрекинг представляет собой сложную систему процедур, которая соединяет в единое целое оборудование, необходимое для регистрации движений глаз, различные способы проведения тестирования, компьютерную

обработку данных, их оценивание и интерпретацию. Искусственные нейронные сети во многом облегчают задачу оценки результатов исследований, если их обучение строится вокруг одной или нескольких экспериментальных задач.

В настоящей работе исследуется алгоритм метода диагностики психоэмоционального состояния человека с использованием видеофиксации движения глазных яблок испытуемых и анализ графиков их траекторий искусственной нейронной сетью.

Цель данной работы разработка метода диагностики психоэмоциональных состояний по характеру траекторий движений глаз, регистрируемых с помощью метода видеоокулографии и оцениваемые с использованием алгоритмов искусственных нейронных сетей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести критический анализ методов исследования психоэмоционального состояния человека;
2. Провести критический анализ метода видеоокулографии;
3. Провести критический анализ алгоритмов искусственных нейронных сетей;
4. Разработать методику диагностики психоэмоционального состояния человека по характеристикам движений глаз;
5. Разработать алгоритм искусственных нейронных сетей для оценки экспериментальных данных;
6. Провести исследование на добровольцах;
7. Провести анализ полученных результатов.

1 Оценка психоэмоционального состояния человека

Психоэмоциональное состояние является особой формой психического состояния человека, в которой преобладает эмоциональное реагирование. Эмоциональные проявления в реакции на реальность необходимы для человека,

поскольку они регулируют его самочувствие и функциональное состояние. В свою очередь, человек ежедневно испытывает различные стрессовые ситуации, которые порождают множество эмоций, как положительные, так и негативные. Эмоциональные состояния человека имеют прямое и обратное отношение ко всем системам и органам человека, и возникают прямо в центральной нервной системе, которая контролирует всю жизнедеятельность человека. Таким образом, любое изменение в работе дыхательных органов, пищеварительной системы, сердечно - сосудистой системы, желез внутренней секреции или скелетных и гладкой мускулатуры и так далее, приводит к изменению эмоционального фона человека. Также недостаток эмоций уменьшает активность центральной нервной системы, что может послужить причиной ухудшения работоспособности человека. Чрезмерное влияние эмоциогенных факторов может спровоцировать состояние нервно-психического напряжения, а также срыв высшей нервной деятельности. Оптимальным эмоциональным возбуждением является условие готовности к деятельности и ее благоприятному для здоровья осуществлению. При этом состояние психоэмоционального фона способно также влиять на работу организма в целом. Поэтому методы и приборы, используемые для оценки психоэмоционального состояния человека, помогают определить стрессовое состояние, а также могут помочь предупредить порождаемую стрессом болезнь.[1]

Оценка психоэмоционального состояния человека на сегодняшний день является социально-значимой проблемой для всего мира, так как она напрямую относится к формированию здорового образа жизни и профилактике психических заболеваний. По данным ВОЗ современные социально-значимые заболевания, которые являются главной причиной временной нетрудоспособности, инвалидности и смертности населения, напрямую связаны с психоэмоциональным состоянием населения.

Наиболее частыми и традиционными методами изучения эмоциональных реакций являются:

- 1. Наблюдение;**

Данный метод является основным эмпирическим методом целенаправленного систематического изучения человека. Наблюдаемый не знает, что он является объектом наблюдения.

Различают несколько вариантов данного метода:

- *Внешнее наблюдение* является способом, при котором сбор данных о поведении и психологии индивида, осуществляется через прямое наблюдения за ним со стороны.
- *Внутреннее наблюдение, или самонаблюдение*, применяется при решении задачи изучить интересующее явление в том виде, в котором оно представлено в сознании наблюдателя (исследователя).
- *Свободное наблюдение* при таком методе не предусмотрены заранее установленных рамок, программ и процедур его проведения. Предмет или объект наблюдения может меняться в процессе самого наблюдения в зависимости от желания наблюдателя.

2. Опросник;

Опросники представляют собой большую группу методик, задания которых представляют собой вопросы или утверждения, и задача испытуемого заключается в самостоятельном сообщении некоторых сведений о себе в виде ответов.

Виды опроса:

- *Устный опрос* применяется при необходимости наблюдения за поведением и реакциями человека, который отвечает на вопросы.
- *Письменный опрос* данный вид позволяет охватить большее количество людей. Самая распространенная его форма — анкета.
- *Свободный опрос* — является разновидностью устного или письменного опроса, при которой список задаваемых вопросов и возможных ответов на них не ограничен заранее определенными рамками. Опрос этого типа дает возможность достаточно гибко менять тактику исследования, содержание задаваемых вопросов и получать на них нестандартные ответы.

3. Анкетирование;

Такой метод соответствует типично опросным и не предполагает прямой связи и разговора между исследователем и участником анкетирования.

Вопросы анкетирования классифицируются следующим образом:

- По содержанию. Вопросы бывают прямые и косвенные.
- По степени свободы ответа. Открытые вопросы не ограничивают ответ респондента и дают возможность получать ответы в естественным образом. Открытые вопросы, которые чаще всего носят пространственный характер, затрудняют обработку полученных результатов. Закрытые вопросы ограничивают определенным числом вариантов ответов.

- По цели. В качестве цели может быть – получение новой информации, подтверждение каких-либо данных, проверка лжи и др.

- По форме вопросы могут быть – дезьюктивные с одним вариантом ответа, конъюктивные – выбор нескольких вариантов, шкалированные вопросы для перевода качественного показателя в количественный показатель.

1.1 Основные виды психоэмоционального состояния

Эмоциональное состояние является достаточно сложным психическим процессом, состоящим из трех взаимосвязанных компонентов:

- Физиологический – это внешнее отражение происходящего в организме при проявлении того или иного эмоционального состояния. Например, учащенный пульс и сердцебиение, повышение частоты дыхания и т.д.

- Психологический – определяет непосредственно эмоции, которые переживает человек. Например, радость, страх, грусть и т.д.

- Поведенческий – выражается в виде жестикуляции, мимики, разнообразных действий (активность, заторможенность, плач, агрессия и т.д.).

Физиологический и психологический элементы являются внутренним формированием эмоционального состояния человека, а поведенческий компонент характеризует его внешне проявление.

На сегодняшний день существует множество классификаций, различных подходов, направленные на систематизацию и типологизацию видов психоэмоционального состояния.

Наиболее простым и распространенным является следующее деление:

- Позитивные эмоциональные состояния – вызывают состояния удовлетворения, счастья и довольства от происходящего.
- Негативные эмоциональные состояния – выражаются в ощущение человеком неудовлетворенности и плохого настроения.
- Нейтральные эмоциональные состояния – не оказывают прямого воздействия на состояние человека, его поведение и поступки.

Еще одна известная классификация – классификация Додонова, где состояния делятся на виды в зависимости от выполняемых функций:

- Коммуникативные – проявляется у человека в процессе общения.
- Альтруистические – находятся во взаимосвязи с стремлением приносить другим людям пользу и радость.
- Практические – возникает в случае, успешного выполнения задуманного и получение ожидаемого результата.
- Глорические – связаны с потребностью человека самоутвердиться.
- Путнические – обусловлены тягой к опасности и риску.
- Романтические – связаны со стремлением к необычному, нестандартному, новому.
- Эстетические – возникают у человека при взаимодействии с областью искусства.
- Гностические – связаны с тягой к познанию нового.
- Акзигитивные – основаны на собирательстве и накоплении.
- Гедонистические – обусловлены испытанием удовольствия от осуществляемой деятельности или результата своего труда.

2 Методы айтрекинга (окулографии)

Окулография или айтрекинг (англ. eye – глаз, tracking – отслеживание) – это технология, используемая для отслеживания, регистрации и записи движений глаз, которые также могут называться окуломоторными характеристиками.

Айтрекинг нашел свое применение в различных областях исследований от маркетинговых до изучения когнитивных процессов мозга, механизмов принятия решения и др. Метод окулографии основан на определении положения зрачка глаза и построении зависимости положения центра зрачка от времени с последующим спектральным анализом временных зависимостей. Траектория перемещения взгляда регистрируется при помощи системы бесконтактной видеорегистрации движений глаз, использующей принцип отражения инфракрасного света от роговицы. [3,49]

2.1 Технология айтрекинга в исследованиях психоэмоционального состояния

Исследование движения глаз с помощью технологии окулографии как метод выявления отдельных психологических феноменов является устоявшимся, хотя в науке это относительно новый метод исследования. Системы айтрекинга предназначены для точного обнаружения и записи движений глаз и таких параметров, как саккады (быстрое перемещение глаз), плавные следящие движения глаз, расширение зрачка, фиксации взгляда (частота зрительного внимания) и время задержки взгляда (продолжительность зрительного внимания). На протяжении некоторого периода времени айтрекинг являлся инструментом исследования в области психологии познания, внимания и восприятия, что позволяло понимать когнитивные процессы, связанные с выполнением визуальных задач. Благодаря совершенствованию технологий и развитию науки применение окулографии возможно в различных направлениях исследований психологии, например таких как социально-эмоциональном, клиническом и возрастном направлениях.[5]

Имеется прямое соотношение между фиксацией внимания на объектах и появлением саккад, так называемых быстрых движений глаз, направленных к ним. Кроме того, установлено, что большинство объектов выпадает из центра внимания и находится в поле скрытого внимания [6]. При этом зона скрытого внимания вызывает изменения в частности перехода взгляда между точками или другими словами в ортогональности саккад, но, как показывают исследования, человек получает информацию только во время фиксации взгляда, а не во время саккад [7]. Это возникает из-за того, что визуальная обработка в период движений глаз блокируется мозгом — ни движение глаз, ни разрыв в зрительном восприятии не заметны для человека. Отсюда можно сказать о том, что продолжительность и количество фиксаций связаны со вниманием к этому объекту, а саккады — с поиском нужных данных. В своем обзоре Д. Л. Ричардсон и М. Дж. Спрайвей обращают внимание, что установлено как наличие влияния саккад и фиксаций, вызванных характером объекта, на нейрофизиологические процессы в коре головного мозга, так и влияние этих процессов, связанных с памятью, установками, знаниями, на особенности проявлений саккад и фиксаций [7].

Следовательно, были выявлены два основных компонента зоны интереса. Прежде всего, это — статистические свойства изображения, например такие как высокая пространственная частота и локальный контраст, которые тесно связаны с вероятностью фиксации. Данные «восходящие» свойства можно проанализировать для создания «карты значимости» (в других источниках — «тепловой карты») любого изображения, которое может соответствовать нервному представлению в зрительной зоне коры головного мозга. Во-вторых, влияние на восприятие объектов оказывает «нисходящие» характеристики: знания, убеждения или цели, воспоминания, которые человек может привнести в изображение [7]. Таким образом, отдельная часть авторов говорят о том, что движения глаз могут быть частью стимула, а не просто реакцией. В некоторых случаях изменение стимула может зависеть от того, куда направлен взгляд [8]. В своей статье авторы указывают на то, что внимание человека в процессе зрительного восприятия фиксируется по

большой части на тех составляющих множественного стимула, которые характеризуются наибольшей субъективной значимостью для личности [9].

Огромное применение технологии айтрекинга нашла также и в социально-когнитивных исследованиях. Поэтому, на основе анализа особенностей движения глаз учитываются особенности и нарушения восприятия эмоций других людей человеком [10], специфика зрительного контакта между людьми [11], характеристика концентрации внимания на отдельных эмоциональных проявлениях человека и его уровня эмпатии [12], субъективная привлекательность партнёра [13] и прочие не менее важные социально-когнитивные качества человека. В таких исследованиях оцениваются особенности отношения личности к социальным объектам и понимание их характеристик. Реакции движения глаз показывали характерные черты социальных установок, значимость тех или иных элементов для индивида, которые представлены в качестве стимулов. Таким образом, из полученной информации можно сделать следующий вывод, что айтрекинг, как новая технология исследования, имеет большие перспективы в научной психологии при выявлении социально-психологических феноменов, отношения и установок человека.

Также окулография нашла своё применение в области организационной психологии. Эксперименты, основанные на инструментальном методе диагностики, позволяют ученым регистрировать глазодвигательные реакции индивида при определённой деятельности, что таким образом позволяет им «понять когнитивные процессы, лежащие в основе широкого спектра поведения человека» [14]. Большинство организационных исследований, которые проводятся с помощью технологии айтрекинга, связана с областью маркетинга, usability (эргономичность использования визуальных материалов) и анализа особенностей протекания процесса внимания (например, переключаемость и многозадачность) в ходе выполнения служебных задач сотрудниками [15], а также для диагностики лжи [16]. Однако, в то же время авторы сталкиваются с некоторыми проблемами при проведении исследований данным методом: взгляд человека не всегда точно

соответствует области внимания, а сами саккадические задержки (время между планированием и движением глаз) могут достигать 150 мс.[4]

2.2 Методы регистрации движения глаз

В настоящее время известен ряд методов регистрации и оценки направленности взора человека, их можно классифицировать на:

- ***Контактные***

Данные методы связаны с установкой регистрирующих датчиков непосредственно на роговицу глаза или вокруг него (электроокулография, фотооптический и электромагнитный методы).

- ***Бесконтактные***

Соответственно к таким методам относятся те, которые не требуют непосредственно установку датчиков и контакта с телом человека (фотоэлектрический, кино- и видеорегистрация).

Среди этих методов на практике чаще всего применяются следующие: электроокулография, склеральные поисковые витки, инфракрасная окулография, видеоокулография [17].

Современные же системы слежения взгляда применяют в основном электроокулографию и видеоокулографию.

3 Обучения и создания искусственных нейронных сетей

На сегодняшний день разработано множество новых методик и технологий, которые хорошо приспособлены к моделированию социальных объектов: искусственные нейронные сети, мультиагентный подход и т.д. Большое значение в оценке психоэмоционального состояния имеет использование аппарата искусственных нейронных сетей.

Аппарат искусственных нейронных сетей – это математический аппарат, который в некоторой степени представляет собой компьютерную модель нейронных сетей биологических объектов и человека, и имеет способности обучаться на основе эмпирических данных, работать в случае нехватки информации или при ее значительной зашумленности. Этот аппарат обладает невероятной «гибкостью», позволяющей «адаптировать» ИНС-моделей к различным эмпирическим данным путем изменения их структуры и параметров настройки.[41]

ИНС является инструментом для самообучения на основе полученных данных, который позволяет моделировать, прогнозировать и делать расчет.

Основные идеи аппарата ИНС как инструмента заключаются в следующем:

– как модель нейронных сетей человека, ИНС может обучаться на основе полученной информации; они могут обучаться также в условиях неполной, сильно зашумленной информации, что в свою очередь очень важное свойство для того, чтобы распознавать образы в реальном мире;

– в связи с тем, что все элементы ИНС – искусственный нейрон, является относительно простым, их использование как аппарата не ассоциируется у пользователя со сложными математическими методами, что очень удобно в большинстве случаев, к например, если пользователь специалист в гуманитарной сфере;

– если изучать объект, структура которого изначально непонятна, можно создавать структуры с большим числом нейронов, связей и т. д.; незначительные элементы впоследствии могут легко удаляться, если в дальнейшем абсолютные значения весовых коэффициентов не превысят некоторого порогового уровня; указанное свойство позволяет выполнять структурную идентификацию объекта только с помощью входных и выходных значений;

– после обучения ИНС можно наблюдать всю структуру связей и функции передачи отдельных каналов, которые при необходимости могут быть использованы для параметрической идентификации объекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе были проведён критический анализ методов психоэмоционального состояния человека, в результате чего среди разнообразия применяемых методов исследования было отдано предпочтение дистанционному методу, позволяющему осуществлять непрерывный мониторинг измеряемых параметров психофизического состояния человека, методам окулографии (айтрекинга). При дальнейшем изучении методов айтрекинга наиболее широко используемым, эффективным, доступным и безопасным методом, который был использован в данной работе для проведения исследования, стал метод видеоокулографии. Литературный обзор алгоритмов искусственных нейронных сетей, методики обучения и их создания позволил разработать алгоритм искусственных нейронных сетей.

В ходе проведенного исследования была разработана методика диагностики психоэмоционального состояния человека по характеристикам движений глаз и алгоритм искусственных нейронных сетей для оценки экспериментальных данных.

Анализ результатов исследования показал, что при прохождении теста «алфавит» без ошибок движение глаз испытуемых более равномерное и на графиках не наблюдается резких скачков. Когда же испытуемые совершают ошибки, их глаза совершают произвольное отклонение от равномерного движения и наблюдается резкое изменение на графиках движений глаз. Полученные артефакты регистрировались методом видеоокулографии.

Разработанный алгоритм искусственной нейронной сети для определения психоэмоционального состояния по характеру движений глаз показал вероятность правильного определения состояния испытуемого в 73%. При дальнейшем улучшении нейронной сети, путём уменьшения входных параметров, удалось сократить количество входных параметров с четырех до двух, с вероятностью правильного определения состояния испытуемого в 73%, что говорит об оптимизации ИНС.

Таким образом, можно говорить о достижении поставленной цели, а именно о разработке метода диагностики психоэмоциональных состояний по характеру траекторий движений глаз, регистрируемых с помощью методов видеоокулографии и оцениваемые с использованием алгоритмов искусственных нейронных сетей.

Используемые в данной работе методы могут быть применены и представляют особый интерес в медицине и психологии, а конкретно в таких отраслях, как: диагностика функционального состояния человека, диагностика заболеваний центральной нервной системы и заболеваний глазодвигательных мышц.

Помимо вышеизложенного полученные в ходе выполнения работы результаты могут быть применены в производственных условиях с целью диагностики психофизического состояния сотрудников, контроля утомления водителей и летчиков, а также позволят минимизировать риски, связанные с человеческим фактором.

