

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

**АВТОРЕФЕРАТ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА**

студентки 4 курса 4021 группы
направления 03.03.02 «Физика» (профиль - Компьютерные технологии в ме-
дицинской физике)
института физики
Барышниковой Елизаветы Юрьевны

Научный руководитель:

к.ф.-м.н., доцент

должность, уч. ст., уч. зв.

 16.06.2025

личная подпись, дата

А.Э. Постельга

инициалы, фамилия

Зав.кафедрой медицинской физики

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

 _____

личная подпись, дата

16.06.25

Ан.В. Скрипаль

инициалы, фамилия

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе проблема точного определения психоэмоционального состояния человека имеет большое значение, поскольку психическое состояние оказывает прямое влияние на поведение в обществе и результаты рабочей деятельности. Особенно важно следить психическим состоянием и анализировать его у людей, находящихся в трудных и ответственных жизненных условиях, пребывающих в сложных эмоциональных и физических ситуациях, где они подвержены большому стрессу.

Быстрый и точный анализ психоэмоционального состояния позволяет диагностировать различные отклонения, что способствует предотвращению негативных последствий. Например, такой анализ применяется при реабилитации людей, побывавших в горячих точках. В экстремальных условиях организм мобилизует все ресурсы, обеспечивая адаптацию к стрессовой среде, однако по возвращении в мирную жизнь многие участники конфликтов испытывают трудности в том, чтобы адаптироваться к новым условиям мирной жизни, в этот момент развивается посттравматический синдром. Однако точное определение психического состояния человека важно не только для людей, принимавших участие в военных конфликтах.

Современное общество отличается высоким темпом жизни, стрессы и различные раздражители преследуют жителей больших городов каждый день, поэтому все большее количество людей имеет склонность к психическим заболеваниям. Такая временная помощь, как прием антидепрессантов, не всегда является решением проблемы, ведь, хотя они и способны кратковременно стабилизировать психоэмоциональное состояние, их прием часто приводит к появлению зависимости. В результате этого человеку требуется квалифицированная медицинская помощь.

Также применять методики определения эмоционального состояния человека можно в судебных целях. В основе работы детекторов лжи и различных тестов по получению действительной информации в той или иной степени

лежат методы определения психоэмоционального состояния, с помощью которых можно идентифицировать признаки лжи.

При прохождении медицинского обследования важно правильно определить психоэмоциональное состояние и психические наклонности человека. Это связано с расширением области применения методов распознавания и оценки состояния человека по различным критериям. Оценка психоэмоционального состояния человека на данный момент привлекает внимание большого количества специалистов, которые с помощью различных методов и приборов стремятся его проанализировать. Специалисты, как правило, для анализа используют такие невербальные признаки как голос и выражение лица человека; дополнительно применяются различные тестирования. Тесты позволяют выявлять наличие или отсутствие психических расстройств, оценивать уровень стресса и тревожности. Однако основная проблема тестов заключается в субъективности: человеку сложно объективно оценить себя, а специалисту - предоставить полностью беспристрастную оценку.

Можно сделать вывод, что тема определения психического состояния людей является *актуальной* в связи с тем, что общество может существовать только в результате взаимодействия индивидов, находящихся в нем, а взаимодействие подразумевает общение на разных социальных уровнях.

Целью исследования является написание алгоритма, основанного на принципах искусственной нейронной сети и методах машинного обучения, представляющего собой совокупность различных методов, дополняющих друг друга, предназначенного для определения психоэмоционального состояния человека, с использованием метода самоотчета испытуемого.

Поставленная цель определила следующие *задачи*:

1. Разобрать существующие методы оценки случайности бинарных последовательностей;
2. Проанализировать собранные данные испытуемых, оценки психоэмоционального состояния и бинарные последовательности;

3. Создать алгоритм на основе искусственных нейронных сетей и методов машинного обучения, определяющий психоэмоциональное состояние по результатам бинарных последовательностей;

4. Произвести вейвлет-анализ и автодинное СВЧ-моделирование для неинвазивного, точного и безопасного контроля физиологических процессов.

Структура работы определена задачами исследования, логикой раскрытия темы. Работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы и приложений.

Во введении по выбранной теме приведены обоснование актуальности, определены цели и задачи выбранной темы.

В первой главе рассматриваются особенности разработанных методик и алгоритмов работы для определения состояния человека.

Во второй главе разработана методика определения психоэмоционального состояния испытуемого и приведены результаты практического применения определения психоэмоционального состояния.

В заключении приведены основные результаты данной работы.

В приложениях представлены программы, используемые для определения психоэмоционального состояния человека, включая использование методов машинного обучения и вейвлет-преобразования для оценки дыхания.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В первой главе «Теоретические методы оценки эмоционального состояния» выявлены перспективы развития определения психоэмоционального состояния.

В первую очередь изучено психоэмоциональное состояние, которое ученые определяют как совокупность чувств и эмоций человека, основу его здоровья. Эмоциональные проявления в реагировании на окружающий мир очень важны для человека, они помогают оценить собственную жизнь, выделить неблагоприятные факторы, контролировать баланс психической деятельности. Психоэмоциональное состояние включает в себя такие показатели, как настроение, чувствительность, уровень тревожности, депрессивность, уровень стресса, уровень самооценки и др. В настоящее время возросло количество выявляемых психических расстройств среди населения во всем мире, кроме этого, известно, что многие заболевания психоневрологического спектра тяжело поддаются лечению и большинство из них лишь выводятся в более или менее долгосрочную ремиссию. Изучение методов анализа психических процессов может открыть совершенно новые направления терапии и диагностики данной категории болезней, и, возможно, стать сменой парадигмы в неврологии и психиатрии.

Было выявлено, что для изучения психических состояний могут быть использованы следующие методы, которые описывает Н. Д. Левитов:

1. Наблюдение за внешними проявлениями состояния, в том числе с использованием фото- и видеосъемки;
2. Эксперимент, проводимый в естественных или в лабораторных условиях;
3. Беседа, данные самонаблюдения и самоотчета;
4. Изучение продуктов деятельности, по качеству выполнения которых можно судить о состояниях, которые испытывал человек, когда трудился над их созданием.

В свою очередь, по мнению Л. В. Куликова, главным недостатком при организации и проведения эксперимента является то, что не все состояния можно смоделировать в эксперименте, а также, что в эксперименте проще смоделировать условия для исследования волевых и познавательных состояний, а эмоциональные состояния вызвать гораздо труднее.

В целом, Ю. Е. Сосновикова выделяет три большие группы методов изучения психологических состояний, которые проводились в данной работе:

1. Теоретическое исследование философских вопросов проблемы;
2. Изучение медицинских, физиологических и биологических характеристик и параметров психических состояний;
3. Собственно психологические методы: наблюдение и самонаблюдение, беседа, анкетирование, тестирование и др.

Кроме этого, было рассмотрено использование искусственных нейронных сетей в медицине. Так, в своей работе «Системы искусственного интеллекта в профилактике и диагностике сердечно-сосудистой патологии в России» М. Н. Ковелькова и др. анализируют работы, проводимые в России за последние 5 лет по выявлению рисков развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) с использованием методов и технологий искусственного интеллекта (ИИ). Среди моделей представления знаний наиболее распространенными оказались онтология и семантические сети, которые часто применяются для структурирования и анализа сложных данных в различных областях знаний. Авторы утверждают, что практически все исследователи в своих работах оценивали созданную модель на тестовой выборке и рассматривали численные метрики: accuracy (точность измерения), precision (точность средства измерения), recall (полнота), specificity (специфичность), sensitivity (чувствительность), AUC (площадь под ROC-кривой), F-measure (F-мера).

Для более детального изучения, потребовалось рассмотреть статистическую случайность теории вероятности для определения психоэмоционального состояния. Был проведен анализ научной литературы, который показал, что случайные двоичные последовательности должны удовлетворять

определенным критериям, включая равномерное распределение единиц и нулей, отсутствие корреляции между элементами последовательности и соблюдение других статистических свойств. Также рассмотрены различные подходы к оценке случайности, включая классические тесты, такие как частотный побитовый тест, частотный блочный тест и тест на одинаковые идущие подряд биты.

Было выявлено, что современные методы неинвазивного контроля физиологических параметров все чаще находят применение в задачах мониторинга состояния человека, особенно в медицине и психофизических исследованиях. Одним из перспективных направлений является использование СВЧ-автодинов - устройств, работающих на принципе самогенерации колебаний в микроволновом диапазоне, чувствительных к смещениям фаз отраженного сигнала. Это позволяет регистрировать микродвижения поверхности тела, в частности, колебания грудной клетки при дыхании, пульсацию сосудов, а также микромимику.

В основе метода лежит радиоинтерференционная схема, где перемещения объекта изменяют фазу отраженной волны, воспринимаемой автодином. Это приводит к модуляции амплитуды сигнала на выходе генератора, которая зависит от скорости и амплитуды движений. В экспериментальную установку входят:

- 1 - генератор на диоде Ганна;
- 2 - волноводный тройник;
- 3 - аттенюатор;
- 4 - короткозамыкающий поршень (опорное плечо);
- 5 - рупорная антенна;
- 6 - испытуемый (пациент);
- 7 - аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- 8 - персональный компьютер для регистрации и обработки сигнала.

Продетектированный сигнал, отраженный от грудной клетки, поступает на АЦП. Колебания соответствуют дыхательным и сердечным движениям, частоты которых можно выделить с помощью спектрального анализа.

Анализ частотного состава позволяет дифференцировать дыхательные сигналы, количественно оценить амплитуду и частоту дыхания, зафиксировать изменения под воздействием внешних факторов (стресс, упражнения, релаксация и др.).

Для того чтобы получить алгоритм, который совмещал бы в себе психофизиологические параметры, была проведена опытно-экспериментальная проверка случайности бинарных последовательностей и дальнейших выводов методов оценки точности различных параметров для испытуемых с различными физиологическими данными.

Этот результат представлен во второй главе «Практическая реализация методов определения и контроля психоэмоционального состояния».

В рамках эксперимента по оценке психоэмоционального состояния человека на основе бинарных последовательностей были использованы данные, содержащие анкетные и числовые физиологические параметры участников. Данные хранились в формате электронной таблицы Excel, размещенной в облачном хранилище Google Drive. Обработка проводилась в среде Google Colab с использованием встроенных библиотек, обеспечивающих удобство анализа структурных данных.

Кроме всех методов анализа, используемых в работе, в данном исследовании была реализована модель на базе полносвязной нейронной сети (Multi-Layer Perceptron), задействующая метод скользящего окна для анализа бинарных временных последовательностей. Точность модели вычисляется на тестовых данных, которая, в свою очередь, рассчитывается как отношение правильно предсказанных значений к общему количеству предсказаний (предсказание 0 или 1). Модель обучалась отдельно на «положительной» и «отрицательной» бинарных последовательностях. Несмотря на наличие некоторого числа ошибок, модель на «положительной» последовательности демонстрирует умеренную способность выявлять закономерности в данной бинарной последовательности, что подтверждает способность частично «запоминать» паттерны при адекватной ширине окна. В случае «отрицательной»

последовательности модель показывает низкую точность, что является ожидаемым, так как подобные данные не содержат повторяющихся или легко обучаемых закономерностей, а значит, нейросеть не может выучить устойчивые шаблоны. Такой результат является индикатором того, что модель может использоваться в задачах аномалий - например, для детекции нестабильных состояний.

Дополнительно к этому исследованию было проведено сравнение дыхательной активности испытуемых до и после выполнения когнитивного теста «Алфавит», направленного на индукцию состояния потока. Для регистрации респираторной активности использовалась технология СВЧ-автодина, обеспечивающая высокую чувствительность при неинвазивном мониторинге. Применение вейвлет-анализа позволило выявить тонкие изменения в дыхательной активности, которые могут не фиксироваться классическими методами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы была разработана методика оценки психоэмоционального состояния человека на основе анализа бинарных последовательностей, с применением алгоритмов машинного обучения и инструментальных методов СВЧ-диагностики.

В теоретической части рассмотрены существующие подходы к определению эмоционального состояния: от классических психофизиологических тестов до использования нейронных сетей. Особое внимание уделено статистическим методам оценки случайности, а также перспективам применения неинвазивного метода СВЧ-автодина для контроля дыхательных и сердечных ритмов как индикаторов состояния.

Практическая часть работы включала реализацию экспериментального протокола, в ходе которого участники генерировали двоичные последовательности до и после выполнения когнитивного теста («Алфавит»), способного индуцировать изменённое состояние сознания («состояние потока»). С применением метода скользящего окна и моделей глубокого обучения была

продемонстрирована зависимость точности классификации от состояния субъекта. Дополнительно проведен анализ спектральных и вейвлет-характеристик дыхания, что позволило связать физиологические параметры с психологическими.

Основные выводы можно сформулировать следующим образом:

1. Предложенный метод демонстрирует высокую чувствительность к изменению психоэмоционального состояния;
2. Использование машинного обучения, в частности стекинга и Random Forest, позволило достичь высокой точности классификации при минимальной человеческой интерпретации;
3. Вейвлет-анализ и автодинное СВЧ-моделирование дают возможность неинвазивного, точного и безопасного контроля физиологических процессов;
4. Совмещение когнитивной и физиологической диагностики открывает новые возможности для объективной оценки состояния человека.

Таким образом, достигнута поставленная цель, решены все исследовательские задачи, а полученные результаты могут быть применены в психофизиологической диагностике, телемедицине и мониторинге состояния человека в условиях повышенного стресса.