

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.375.03,

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20.06.2025 г. № 8

о присуждении Черненко Анне Дмитриевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Алгоритмы построения пространственно-временных дескрипторов признаков для обнаружения микролицевых движений» по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения, принята к защите 09.04.2025 г. (протокол заседания №8) диссертационным советом 24.2.375.03, созданным на базе ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1 приказом Минобрнауки России №449/нк от 18.12.2013 г., срок полномочий продлен приказом Минобрнауки России №561/нк от 03.06.2021 г.

Соискатель Черненко Анна Дмитриевна, 20 декабря 1994 года рождения. В 2019 г. окончила с отличием магистратуру ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» по направлению подготовки 02.04.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем».

В настоящее время соискатель Черненко Анна Дмитриевна является аспирантом ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» и работает инженером-программистом I категории в АО РКБ «Глобус», г. Рязань, Министерство промышленности и торговли РФ.

Диссертация выполнена на кафедре электронных вычислительных машин ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет

им. В.Ф. Уткина», г. Рязань, Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – Мельник Ольга Владимировна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационно-измерительной и биомедицинской техники ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина».

Официальные оппоненты:

Фролов Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов.

Николаев Дмитрий Петрович, доктор технических наук, доцент, руководитель отдела 95 «Зрительные системы» Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург **в своем положительном отзыве, подписанном Юлдашевым Зафаром Мухамедовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой биотехнических систем, указала, что** диссертационная работа Черненко А.Д. выполнена на актуальную тему, на высоком научно-техническом уровне, качественно оформлена и обладает внутренним единством. Диссертационное исследование проведено автором самостоятельно, автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Диссертационная работа Черненко А.Д. представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи по обнаружению микролицевых движений, имеющей значение для развития отрасли знаний в области автоматизированной диагностики эмоционального состояния человека. Исследование актуально и ориентировано на практику, в частности, на разработку технических решений, позволяющих объективно оценивать признаки подавляемых эмоций, что может быть полезно как при диагностике, так и в терапии различных расстройств эмоциональной сферы. Материалы диссертационной

Черненко А.Д. полностью соответствуют научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения. При этом имеется соответствие пунктов научной новизны диссертационного исследования 4, 14, 19 и 22 направлениям исследований из паспорта вышеуказанной научной специальности. Диссертация соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а соискатель, Черненко Анна Дмитриевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Соискатель имеет 22 опубликованные работы, из них: 4 работы – статьи в журналах из перечня ВАК, и 3 работы, опубликованные в изданиях, индексируемых базами данных Web of Science и Scopus. Также имеются 13 статей и тезисов докладов внутривузовских, всероссийских и международных конференций, 2 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1) Мельник О.В., Саблина В.А., Черненко А.Д. Распознавание микровыражений лица с использованием классификаторов на основе методов машинного обучения // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе, 2023. – № 1. – С. 125-135.

Черненко А.Д. разработан подход к подбору параметров алгоритма вычисления дескрипторов признаков LBP-TOP и метода машинного обучения для классификации векторов признаков для обнаружения микродвижений лица.

2) Мельник О.В., Саблина В.А., Черненко А.Д. Применение дескриптора признаков FHOOF для обнаружения микролицевых движений // Биомедицинская радиоэлектроника, том 26, № 3. – М.: Издательство «Радиотехника», 2023. – С. 61-70.

Черненко А.Д. выполнен сравнительный анализ пространственно-временных дескрипторов LBP-TOP и FHOOF по результатам обнаружения микролицевых движений.

3) Мельник О.В., Никифоров М.Б., Саблина В.А., Черненко А.Д. Обнаружение микролицевых движений с помощью пространственно-временных дескрипторов на основе оптического потока // Биомедицинская радиоэлектроника, том 27, № 2. – М.: Издательство «Радиотехника», 2024. – С. 60-68.

Черненко А.Д. разработан подход к подбору параметров для алгоритмов вычисления дескрипторов нечеткой гистограммы направленного оптического потока и нечеткой гистограммы ориентаций оптического потока для обнаружения микродвижений лица.

4) Мельник О.В., Саблина В.А., Черненко А.Д. Программный комплекс для исследования пространственно-временных дескрипторов признаков // Биомедицинская радиоэлектроника, том 27, № 4. – М.: Издательство «Радиотехника», 2024. – С. 48-55.

Черненко А.Д. разработан интерфейс и описан процесс подбора параметров программного комплекса для исследования пространственно-временных дескрипторов признаков.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов, все они положительные и были подготовлены и присланы из:

1) ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева». Отзыв подписал ведущий научный сотрудник научно-технического центра биомедицинской фотоники, профессор кафедры приборостроения, метрологии и сертификации института приборостроения, автоматизации и информационных технологий, д.т.н., доцент Дунаев Андрей Валерьевич. 2) ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Отзыв подписала заведующий кафедры математики, физики и медицинской информатики, к. ф.-м. н., доцент Авачева Татьяна Геннадиевна. 3) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых». Отзыв подписала профессор кафедры электроники, приборостроения и биотехнических систем, д.т.н., профессор Сушкова Людмила Тихоновна. 4) ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет». Отзыв

подписал профессор кафедры биомедицинской инженерии, д.т.н. Корневский Николай Алексеевич. 5) ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова». Отзыв подписал доцент кафедры цифровых технологий и машинного обучения, к.т.н., доцент Хрящев Владимир Вячеславович. 6) ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет». Отзыв подписал заведующий кафедрой «Биомедицинская инженерия», д.т.н., профессор Бодин Олег Николаевич. 7) ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет». Отзыв подписала профессор кафедры «Газовая динамика», д.т.н., доцент Ивахно Наталия Валериевна. 8) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО». Отзыв подписал доцент научно-образовательной лаборатории «Техническое зрение», к.т.н. Маргарянц Никита Борисович. 9) ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева». Отзыв подписал директор центра «Интеллектуальная мобильность многофункциональных беспилотных авиационных систем», профессор кафедры суперкомпьютеров и информатики, д.т.н. Никоноров Артём Владимирович. 10) ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина». Отзыв подписала заведующий кафедрой психологии и социальной работы, кандидат психологических наук, доцент Евтешина Наталья Викторовна.

В отзывах указаны следующие замечания:

необходима дальнейшая оптимизация вычислительной сложности, повышение точности, производительности алгоритмов для работы в режиме реального времени; учитывая специфику специальности 2.2.12, следует более подробно осветить взаимодействие технического аспекта с медицинскими и психологическими аспектами, подчеркивая возможность интеграции результатов исследования в клиническую практику; не обсуждается применение глубокого машинного обучения (например, 3D-CNN), которое активно развивается в задачах анализа видеоданных; автор использует метрическое пространство с координатами ХУТ, в котором не указан диапазон изменения координат. Известно [<https://mederispb.ru/articles/open/110>], что количество мышц окружности глаз – 7 мышц, количество мышц окружности рта – 10 мышц. В автореферате рассмотрены

только мышцы окружности глаз; конкретизация понятия «диагностическая эффективность»: в автореферате неоднократно используется термин «диагностическая эффективность», с указанием процентных значений. Однако не уточняется, какая именно метрика используется (например, точность F1-мера, специфичность, чувствительность?); ограниченность тестовых наборов данных: в работе использован набор SAMM, но отсутствует анализ других доступных датасетов (например, CASME), что могло бы повысить достоверность результатов; хотя SAMM является релевантным для данной задачи, было бы интересно увидеть в диссертации более подробное обсуждение его характеристик (размер, разнообразие испытуемых, типы эмоций и микродвижений) и возможных ограничений; отсутствуют тесты на изображениях, характерных для реальной практики, например, на лицах более старшего поколения, изображения с помехами на лице; в автореферате отсутствует информация о том, на ПЭВМ с какими параметрами было вычислено среднее время вычисления дескрипторов, представленное в таблице 1; из автореферата неясно, рассмотрены ли в тексте диссертации недостатки представленных алгоритмов построения пространственно-временных дескрипторов признаков, характерные для их практического применения, а также ограничения применения алгоритмов дескрипторов признаков LBP-TOP, FHOOF и FHOFO, например при сильных вариациях освещенности, частых перекрытиях лица (очки, волосы, руки), крайне низком качестве видеозаписи.

Все отзывы **положительные** и содержат вывод о том, что диссертационная работа соответствует актуальным на момент написания отзыва требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Черненко Анна Дмитриевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в соответствующей области наук и наличием

тематических публикаций, что позволяет компетентно определить теоретическую и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационной совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан алгоритм обнаружения антропометрических точек вокруг глаз и модифицирован алгоритм вычисления дескриптора локальных бинарных шаблонов по трем ортогональным плоскостям и методика подбора его параметров;

предложена методика определения параметров для алгоритмов вычисления дескриптора нечеткой гистограммы направленного оптического потока и дескриптора нечеткой гистограммы ориентаций оптического потока;

доказано, что разработанный алгоритм обеспечивает в 2,2 раза меньшее среднеквадратичное отклонение координат обнаруженных точек от искомым по сравнению с алгоритмом модели активной формы, а комплексное применение разработанных и модифицированных алгоритмов повышает диагностическую эффективность обнаружения микролицевых движений до 98%;

введено понятие вектора признаков для описания наличия или отсутствия микролицевых движений в выбранных антропометрических точках лица.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что диагностическая эффективность обнаружения микролицевых движений может быть повышена за счет использования пространственно-временных дескрипторов признаков, вычисляемых с помощью предложенных алгоритмов;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы машинного обучения и теория математических алгоритмов вычисления дескрипторов антропометрических точек;

изложена проблема и развита идея диагностики эмоционального состояния человека на основе автоматизированного анализа микровыражений лица;

раскрыта специфика применения пространственно-временных дескрипторов признаков в задачах обнаружения микролицевых движений по видеопоследовательностям изображений;

изучены особенности микролицевых движений и их обнаружения с помощью пространственно-временных дескрипторов признаков;

проведена модернизация известного алгоритма вычисления дескриптора локальных бинарных шаблонов по трем ортогональным плоскостям.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в профильную деятельность Центра практической психологии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, в разработки ООО «Биотехпродуктс» и в учебный процесс ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» программно-алгоритмические средства для проведения экспериментальных исследований по оценке эмоциональных реакций по микролицевым движениям в ответ на воздействие эмоционально окрашенных стимулов;

определено, что совокупность предложенных алгоритмических и программных решений позволяет достоверно обнаруживать признаки подавляемых эмоций на видеопоследовательности изображений;

создан программный комплекс, обеспечивающий обнаружение антропометрических точек, задействованных в микролицевых движениях, и проведения оценки влияния настраиваемых параметров алгоритмов вычисления пространственно-временных дескрипторов признаков на диагностическую эффективность обнаружения микролицевых движений;

представлены результаты экспериментальных исследований по обнаружению микролицевых движений на собственном наборе данных.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность подтверждается корректным использованием математического аппарата, результатами моделирования на ЭВМ и экспериментальными исследованиями с использованием специализированных аннотированных наборов данных;

теория основана на известных подходах к вычислению пространственно-временных дескрипторов в задачах распознавания движений по видеопоследовательности изображений;

идея базируется на возможности использования современных методов обработки видеоизображений для автоматизированной диагностики нарушений эмоциональной сферы;

использован набор данных спонтанных действий и микродвижений Spontaneous Micro-Facial Movement Dataset (SAMM), соответствующих системе кодирования лицевых движений, фреймворка MediaPipe Face Mesh на основе библиотеки TensorFlow;

установлено, что созданные программно-алгоритмические средства, выявляющие признаки подавляемых эмоций на видеопоследовательности изображений, могут быть использованы при диагностике и в терапии различных нарушений эмоциональной сферы человека;

использованы языки программирования MATLAB и Python в качестве инструментальных средств для проведения экспериментальных исследований.

Личный вклад соискателя состоит в: разработке нового алгоритма обнаружения антропометрических точек вокруг глаз; модификации алгоритма вычисления дескриптора локального бинарного шаблона по трем ортогональным плоскостям и разработке методики подбора его параметров; разработке методики подбора параметров для алгоритмов дескриптора нечеткой гистограммы направленного оптического потока и дескриптора нечеткой гистограммы ориентаций оптического потока; разработке программного комплекса, предоставляющего возможности обнаружения антропометрических точек, задействованных в микролицевых движениях, и проведения исследований оценки влияния настраиваемых параметров пространственно-временных дескрипторов признаков на диагностическую эффективность обнаружения микролицевых движений; обработке и интерпретации результатов экспериментальных исследований; апробации полученных результатов на практике; подготовке основных научных публикаций по теме диссертации. Основные научные результаты получены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: предложенные алгоритмы и методики не были реализованы в составе системы принятия решений для применения психологом, а только в программном комплексе для проведения исследований; в работе накладывается очень много ограничений на условия применения разработанных алгоритмов и методик, что позволяет использовать их только в лабораторных условиях; ограниченный объем экспериментальных исследований.

Соискатель Черненко Анна Дмитриевна ответила на все задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, с частью замечаний согласилась и часть развернуто пояснила.

На заседании от 20.06.2025 года диссертационный совет принял решение присудить Черненко А.Д. ученую степень кандидата технических наук за новые научно обоснованные решения повышения диагностической эффективности обнаружения микролицевых движений с помощью применения разработанных и модифицированных алгоритмов для вычисления пространственно-временных дескрипторов признаков на видеопоследовательности, которые вносят существенный вклад в развитие направления объективной автоматизированной оценки эмоционального состояния человека.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности 2.2.12 «Приборы, системы и изделия медицинского назначения»; участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Кошелев Виталий Иванович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Овечкин Геннадий Владимирович

20.06.2025 г.