

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО СОВЕТА ПО ЗАЩИТЕ
ДИССЕРТАЦИЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК, НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК
99.2.107.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА», МИНИСТЕРСТВА
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №

решение диссертационного совета от 30.10.2025 г. № 37

О присуждении Копелиовичу Михаилу Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Эффективная системная интеграция методических и алгоритмических средств дистанционной фотоплетизмографии» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки) принята к защите 27.06.2025 г., протокол заседания № 33, объединенным диссертационным советом 99.2.107.02, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 347922, пер. Некрасовский, 44, г. Таганрог, Ростовская область, Россия, приказ № 223/нк от 14.02.2023 г.

Срок полномочий совета – на период действия Номенклатуры научных специальностей.

Соискатель Копелиович Михаил Викторович, «22» июля 1992 года рождения, в 2013 г. окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», бакалавриат по направлению «Прикладная математика и информатика» (диплом РА № 86501 от 3.07.2013).

В 2015 году окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика, с присуждением квалификации магистра (диплом с отличием № 34/13 от 1.07.2015).

В период подготовки диссертации Копелиович Михаил Викторович обучался (форма обучения – очная) в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по направлению подготовки 09.06.01. Информатика и вычислительная техника, специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (диплом N 94/8 от 12.07.2019, присвоена квалификация – Исследователь. Преподаватель-исследователь) и работал в обществе с ограниченной ответственностью «Вижнтех» в должности программиста-исследователя.

В 2020 г. Копелиович Михаил Викторович успешно сдал кандидатский экзамен по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (справка об обучении № 11-203/38 от 26.01.2021) в процессе прохождения промежуточной аттестации в качестве экстерна в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Южно-российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова (справка об обучении № 11-203/38 от 26.01.2021).

Диссертация выполнена в Институте высоких технологий и пьезотехники федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Щербань Игорь Васильевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», лаборатория «Нейротехнологий и психофизиологии» Научно-исследовательского технологического центра нейротехнологий Южного федерального университета, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

1. Большаков Александр Афанасьевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа технологий искусственного интеллекта, профессор;

2. Бутакова Мария Александровна, доктор технических наук, профессор, филиал Акционерного общества «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», главный научный сотрудник, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (г. Курск) в своем положительном отзыве, подписанном Филистом Сергеем Алексеевичем, доктором технических наук, профессором кафедры «Биомедицинская инженерия» и Серегиним Станиславом Петровичем, доктором медицинских наук, профессором, заведующим кафедрой «Биомедицинская инженерия», указала, что диссертационная работа Копелиовича Михаила Викторовича является самостоятельной, завершённой научно-квалификационной работой, обладающей научной новизной и имеющей теоретическую и практическую значимость. Основные положения диссертации представлены в рецензируемых научных изданиях из Перечня ВАК, а также в изданиях,

индексированных в базах Scopus и Web of Science, апробированы на международных и всероссийских научных конференциях. Диссертационная работа соответствует пунктам 3, 4, 5 и 12 паспорта научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Несмотря на отмеченные замечания, работа Копелиовича М.В. по своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов полностью соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 "О порядке присуждения ученых степеней" (с изменениями и дополнениями) в редакции от 16 октября 2024 г., предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Копелиович Михаил Викторович, достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Соискатель имеет 43 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 28 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 19 работ, из которых: 2 статьи опубликованы в издании из перечня, утвержденного ВАК РФ, рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций; 9 статей опубликованы в научных изданиях, индексируемых международными базами данных, перечень которых определен в соответствии с рекомендациями ВАК РФ. Имеется 9 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Общий объем опубликованных по диссертации работ – 19.59 п.л., вклад соискателя – 8,41 п.л. (авторских 42.93 %).

Полнота изложения соискателем материалов диссертации подтверждается публикацией указанных научных работ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены научные результаты диссертации.

Наиболее значимые работы:

1. Копелиович, М. В. Метод дистанционной фотоплетизмографии, робастный к помехам видеорегистрации кожных покровов лица человека / М. В. Копелиович, И. В. Щербань // Информационные технологии. – 2024. – Т. 30, № 7. – С. 357–366. – DOI 10.17587/it.30.357-366. (ВАК, K1)

2. Копелиович, М. В. Метод выбора максимально дискриминативных областей на основе спектральной энтропии в дистанционной фотоплетизмографии / М. В. Копелиович, И. В. Щербань // Информационные технологии. – 2022. – Т. 28, № 2. – С. 102–112. – DOI 10.17587/it.28.102-112. (ВАК, K1)

3. Kopeliovich, M. V. Towards detection of cancer biomarkers in human exhaled air by transfer-learning-powered analysis of odor-evoked calcium activity in rat olfactory bulb / M. V. Kopeliovich, M. V. Petrushan, A. E. Matukhno, L. V. Lysenko // Heliyon. – 2024. – Vol. 10, № 1. – Art. No e20173. – DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e20173. (WoS, Q1)

4. Kopeliovich, M. V. Remote Photoplethysmography: Rarely Considered Factors / Y. Mironenko, K. Kalinin, M. Kopeliovich, M. Petrushan // IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops. – 2020. – P. 1197–1206. – DOI: 10.1109/CVPRW50498.2020.00156.

5. Kopeliovich, M. On indirect assessment of heart rate in video / M. Kopeliovich, K. Kalinin, Y. Mironenko, M. Petrushan // IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). – Seattle, WA, USA, 2020. – P. 1260–1264. – DOI: 10.1109/CVPRW50498.2020.00163.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет». Отзыв подписали: профессор кафедры «Биомедицинская инженерия», доктор технических наук, профессор Филист Сергей Алексеевич, заведующий кафедрой «Биомедицинская инженерия», доктор медицинских наук, профессор Серегин Станислав Петрович, 7 замечаний;

официального оппонента – профессора Высшей школы технологий искусственного интеллекта ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский

политехнический университет Петра Великого» (г. Санкт-Петербург), доктора технических наук, профессора Большакова Александра Афанасьевича, 6 замечаний;

официального оппонента – главного научного сотрудника филиала АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (г. Ростов-на-Дону), доктора технических наук, профессора Бутаковой Марии Александровны, 6 замечаний.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». Отзыв подписал заведующий кафедрой «Программное обеспечение автоматизированных систем», доктор технических наук, доцент Орлова Юлия Александровна, 2 замечания.

ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук». Отзыв подписал главный научный сотрудник лаборатории проблем компьютерной безопасности, доктор технических наук, профессор Котенко Игорь Витальевич, 2 замечания.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет». Отзыв подписал директор института инженерных и цифровых технологий, доктор технических наук, доцент Жихарев Александр Геннадиевич, 2 замечания.

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта». Отзыв подписал профессор Образовательно-научного кластера «Институт высоких технологий» Высшей школы киберфизических систем, доктор технических наук, профессор Чижма Сергей Николаевич, 2 замечания.

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет». Отзыв подписал заведующий кафедрой «Биотехнические и медицинские аппараты и системы» факультета «Радиотехника и биотехнические системы», кандидат физико-математических наук, доцент Темиров Алибулат Темирбекович, 2 замечания.

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет». Отзыв подписал заместитель директора по науке Института математики и компьютерных технологий, профессор департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ИМКТ, доктор технических наук, профессор Артемьева Ирина Леонидовна, 3 замечания.

Все **отзывы положительные**, во всех отзывах отмечено, что работа соответствует специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Наиболее существенные замечания:

1. В аналитическом обзоре недостаточно охвачены современные системы дистанционной фотоплетизмографии на основе методов глубокого обучения.
2. В главе 1 не проанализирована применимость систем дистанционной фотоплетизмографии при частоте кадров видеокамеры ниже 10 кадров в секунду, что актуально при использовании маломощного аппаратного обеспечения.
3. Не определены ограничения на допустимую скорость поворота головы человека в кадре по каждой оси для работы разработанной системы.
4. В автореферате на рисунке 1 представлена диаграмма функциональной модели процесса дистанционной фотоплетизмографии, однако отсутствие диаграммы первого уровня декомпозиции не позволяет проверить соответствие ее элементов описанным этапам процесса.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области разработки методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, а также наличием значительного количества публикаций в данной сфере исследования.

Выбор ведущей организации обосновывается широкой известностью своими научными и практическими достижениями в области методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления,

принятия решений и наличием значительного количества публикаций в данной сфере исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана функциональная модель процесса дистанционной фотоплетизмографии, которая позволяет повысить эффективность оценивания частоты сердечных сокращений;

разработан модифицированный метод дистанционной фотоплетизмографии, который позволяет обеспечить баланс между точностью и вычислительными затратами;

разработана методика выбора наиболее информативных областей на видеоизображении лица, которая позволяет повысить точность оценивания частоты сердечных сокращений;

разработан алгоритм адаптивного преобразования фотоплетизмографического сигнала, который позволяет повысить точность оценивания частоты сердечных сокращений;

предложен оригинальный способ выбора области лица с применением спектральной энтропии в оптимизационном критерии, что позволило повысить точность оценивания частоты сердечных сокращений;

доказана перспективность использования разработанных методики выбора наиболее информативных областей лица и алгоритма адаптивного преобразования фотоплетизмографического сигнала на устройствах с ограниченными ресурсами, что позволяет применять их для создания систем дистанционной фотоплетизмографии;

введено понятие «эффективность системы дистанционной фотоплетизмографии», используемое при интеграции нового компонента в систему, которое позволяет оптимизировать баланс роста точности и вычислительных затрат.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность применения подходов выбора информативной области на видеоизображении лица, рассмотренная в разработанном модифицированном методе системной фотоплетизмографии;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы теория и методы системного анализа, методы оптимизации, цифровой обработки сигналов, методы и алгоритмы предварительной обработки данных, методы статистического анализа, а также алгоритмы обработки изображений;

изложены факторы, влияющие на качество оценивания частоты сердечных сокращений по видеоизображению лица системами дистанционной фотоплетизмографии, что позволило их систематизировать и выявить ключевые факторы, представленные в открытых наборах данных;

раскрыты проблемы обработки видеоизображений лица с целью непрерывного оценивания частоты сердечных сокращений человека-оператора в контролируемых условиях эксплуатации и в условиях практического применения;

изучены основные ограничения и противоречия, возникающие при выборе наиболее информативной области в условиях зашумлённости фотоплетизмографического сигнала, которые могут привести к неоптимальному выбору области и, как следствие, повышению погрешности системы дистанционной фотоплетизмографии;

проведена модернизация существующих алгоритмов преобразования фотоплетизмографического сигнала с помощью вычисления его конечной разности и аппроксимации на базе нейронной сети с внутренним слоем радиально-базисных функций, обеспечивающих повышение точности оценивания частоты сердечных сокращений.

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

разработаны и внедрены теоретические и практические результаты при выполнении научно-исследовательской работы по договору между Центральным аэрогидродинамическим институтом имени профессора

Н.Е. Жуковского и Научно-исследовательским институтом нейрокибернетики имени А.Б. Когана федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», а также в ходе практической деятельности соискателя в информационно-технологической компании Общество с ограниченной ответственностью «Вижнтех»;

определены перспективы практического использования разработанных модифицированного метода, методики и алгоритмов при создании систем мониторинга функционального состояния человека-оператора на устройствах с ограниченными ресурсами;

создана система дистанционной фотоплетизмографии, которая обеспечивает требуемую точность оценивания частоты сердечных сокращений и способна работать в реальном времени с учётом заявленных ограничений на аппаратное обеспечение;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию систем дистанционной фотоплетизмографии путём расширения существующих наборов данных для изучения недостаточно исследованных факторов, влияющих на фотоплетизмографический сигнал, таких как возраст испытуемого и наличие заболеваний сердечно-сосудистой системы и кожных покровов, что позволит повысить точность оценивания частоты сердечных сокращений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на открытых наборах данных при использовании сертифицированного оборудования и согласуются с выдвинутыми теоретическими предположениями;

теоретические основы построены на достоверных данных и фактах и согласуются с опубликованными материалами по теме диссертации;

идея базируется на результатах исследований в области спектрального анализа, обработки биологических сигналов, а также нейросетевых методов оптимизации и алгоритмов машинного обучения, что позволяет создавать

системы измерения биологических параметров человека, удовлетворяющие необходимым характеристикам;

использованы результаты сравнительного анализа полученных автором решений с известными методами и алгоритмами дистанционной фотоплетизмографии;

установлена согласованность полученных автором решений с результатами, полученными и опубликованными другими исследователями в рецензируемых научных изданиях, применительно к оценке качества методов и алгоритмов оценивания частоты сердечных сокращений по видеозаписи;

использованы методы визуализации и анализа информации на основе обработки данных видеопоследовательностей и временных рядов, включая графическое представление зависимостей между измеренными и оценёнными параметрами, спектральный и корреляционный анализ, статистическую обработку и сравнительный анализ точностных характеристик разработанных алгоритмов.

Личный вклад соискателя состоит в реализации всех этапов проведённых исследований. Сформулированы цель и задачи диссертации, обоснован выбор основных направлений исследований; разработаны и исследованы подходы к оцениванию частоты сердечных сокращений по видеоизображению лица на устройствах с ограниченными ресурсами. Разработана функциональная модель процесса дистанционной фотоплетизмографии, содержащая формализованное описание его основных этапов при обработке видеозаписи и в режиме реального времени, что обеспечило формирование базы критериев и правил для сравнительного анализа эффективности интеграции компонентов в систему. Разработана новая методика выбора наиболее информативных областей на видеоизображении лица, использующая спектральную энтропию Шеннона, что позволило преодолеть принципиальные ограничения аналогов на основе отношения «сигнал/шум» и повысить точность измерений. Разработан алгоритм адаптивного преобразования фотоплетизмографического сигнала на основе аппроксимации его конечной разности однослойной нейронной

сетью с радиальными базисными функциями без применения полосовой фильтрации, что позволило повысить точность измерений. Разработан модифицированный метод дистанционной фотоплетизмографии, позволивший повысить эффективность оценивания частоты сердечных сокращений. Создана система дистанционной фотоплетизмографии для оценивания частоты сердечных сокращений, которая обеспечивает требуемые характеристики в качестве точности, скорости обработки данных, допустимой потребляемой мощности вычислительного устройства и ограничений на качество используемой видеокамеры. Соискателем реализован полный цикл построения системы: разработаны и реализованы в виде программного кода модули детектирования и выбора информативных областей лица, формирования и адаптивного преобразования фотоплетизмографических сигналов, визуализации и анализа результатов; проведена интеграция компонентов в единую систему с обеспечением работы в режиме реального времени; сформированы наборы видеозаписей и сценарии тестирования; проведён анализ точности разработанных алгоритмов на открытых наборах данных; описаны условия воспроизводимости; проведена апробация разработанной системы в режиме реального времени при оценивании потребляемой мощности.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1. Недостаточно обоснован выбор модели нейронной сети; 2. Не представлены количественные показатели повышения эффективности систем дистанционной фотоплетизмографии.

Соискатель Копелиович М.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

Диссертация Копелиовича М.В. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024 г., с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025 г.), предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

На заседании 30.10.2025 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи повышения эффективности бесконтактного оценивания частоты сердечных сокращений по видеоизображению путём разработки системы дистанционной фотоплетизмографии, интегрирующей в себе методические и алгоритмические средства и обеспечивающей повышенную точность в условиях помех при практическом применении в рамках мониторинга состояния человека-оператора, присудить Копелиовичу М.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве – 12 человек, из них – 7 докторов технических наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из – 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

диссертационного совета

Веселов Геннадий Евгеньевич

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

диссертационного совета

Кравченко Юрий Алексеевич

31.10.2025 г.