

Отзыв научного руководителя

о диссертационной работе Демушкиной Ксении Михайловны на тему «Методики и алгоритмы обработки цифровых данных электрокардиографии и биоимпедансометрии для систем поддержки принятия решений» Представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

Демушкина Ксения Михайловна в 2018 году окончила Пензенский государственный технологический университет по специальности «Информатика и вычислительная техника» (бакалавриат). В 2019 году окончила Финансовый университет при Правительстве РФ по специальности «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» (бакалавриат). В 2021 году окончила Пензенский государственный технологический университет по специальности «Программная инженерия» (магистратура). В 2025 году окончила Пензенский Государственный Университет по специальности «Управление в социальных и экономических системах» (аспирантура). С 2019 по настоящее время работает в АО «НПП «Рубин» в должности инженера-программиста 2 категории.

За время прохождения учебы и в рамках рабочего процесса Демушкина К.М. проявляла повышенный интерес к научно-исследовательской деятельности, что подтверждается публикационной активностью в области информационно-вычислительной техники. С 2021 года научные интересы Демушкиной К.М. сконцентрировались в направлении совершенствования и разработки методик и алгоритмов исследования биомедицинских данных в системах поддержки принятия решений. В частности, особое внимание уделялась исследованиям в области анализа цифровых данных ЭКГ и биоимпедансометрии. С 2021 года Демушкиной К.М. ведутся научные изыскания, посвященные исследованию методик и алгоритмов анализа биомедицинских данных средствами технологии анализа процессов.

Диссертационная работа Демушкиной К.М. на соискание ученой степени кандидата технических наук посвящена решению актуальной научно-технической и социально-значимой проблеме – исследование биомедицинских данных средствами технологии анализа процессов для задач систем поддержки принятия решений.

Разработка новых методик и алгоритмов анализа цифровых данных электрокардиографии и бимпедансометрии средствами технологии анализа процесса с целью совершенствования существующих систем поддержки принятия решений являются актуальными задачами и соответствуют направлениям из Стратегии научно-технологического развития РФ.

Достоинством кандидатской диссертации Демушкиной К.М. являются предложенные методики анализа цифровых биомедицинских данных, в частности электрокардиографии и биоимпедансометрии, с помощью технологии анализа процессов, которая позволяет улучшить интерпретируемость процесса анализа цифровых данных электрокардиографии за счет визуализации промежуточных этапов поиска решения.

При работе над диссертацией Демушкиной К.М. создан алгоритм формирования цифровых данных электрокардиографии для визуализации процессов сердечной активности, отличающийся тем, что данные представляются в виде журнала событий стандарта XES, что позволяет обеспечить возможность анализа цифровых данных электрокардиографии средствами технологии анализа процессов и повысить интерпретируемость процесса принятия решения.

Демушкиной К.М. разработан модифицированный алгоритм определения R-пика на цифровых данных электрокардиографии, основанный на алгоритме Пана-Томпкинса, отличающийся адаптивным определением границ QRS-комплекса, который позволяет повысить точность определения пиков в среднем на 2% во всех отведениях электрокардиографии по сравнению с аналогами.

Обоснованность научных положений и выводов Демушкиной К.М. подтверждается положительными результатами экспериментальных исследований, выполненных с использованием реальных цифровых данных электрокардиографии и биоимпедансометрии.

В практической части диссертационной работы соискателем разработаны методики, алгоритмы и программные средства для анализа цифровых данных ЭКГ и биоимпедансометрии. На языке программирования *Python* реализованы алгоритмы поиска R-зубца и сегментации сигналов ЭКГ, формирования журнала событий для последующего анализа. Анализ электрокардиографических данных на предмет возможных аномалий реализован с использованием технологии анализа процессов (*Process Mining*), фреймворка *ProM 6.11*. Анализ статистических параметров диэлектрической импедансной спектроскопии реализован с использованием библиотек *hausdorff*, *sklearn.metrics* и *scipy*.

Результаты диссертационного исследования Демушкиной К.М. успешно использованы и внедрены в виде:

- методики анализа биомедицинских данных с помощью технологии анализа процессов (*process mining*), а также схема взаимодействия инструментов технологии анализа процессов с имеющимися системами поддержки принятия решений АО «НПП «Рубин», г. Пенза;

- методики применения плагина *Multi-perspective Process Explorer* фреймворка *ProM*, и плагина *Dotted Chart* и *Filter Log by attribute* фреймворка *ProM* в проектах по выявлению уязвимостей в библиотеках исходного кода («MaSCA») ООО «Максофт», г. Москва;

- теоретических и практических результатов при подготовке специалистов Передовой медицинской инженерной школы по программам «Инженерия искусственного интеллекта» и «Телемедицина и поддержка принятия врачебных решений» направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, г. Самара;

- программы для сравнительного анализа результатов биоимпедансной спектроскопии с использованием статистических показателей и метрики Хаусдорфа при выполнении проекта в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации "Разработка технологии раннего

обнаружения новообразований молочной железы на основе методов микроволновой томографии и биоимпедансной спектроскопии", г. Пенза;

– теоретических и практических результатов при изучении курса «Экспертные системы», прохождении Производственной практики (Научно-исследовательской работы) студентам, обучающимся по специальности 09.05.01 Применение и эксплуатация автоматизированных систем специального назначения по профилю «Автоматизированные системы обработки информации и управления специального назначения», г. Пенза.

Основные результаты получены при выполнении следующих НИОКР (в качестве ответственного исполнителя):

– Разработка технологии раннего обнаружения новообразований молочной железы на основе методов микроволновой томографии и биоимпедансной спектроскопии (Государственное задание РФ). № 124020200015-7, 2024–2026 гг.

– Разработка и исследование способа и программного обеспечения для анализа ЭКГ на основе подхода Process Mining с возможностью построения деревьев диагностических решений (Грант «Ректорские гранты для молодых ученых и аспирантов – 2023» Пензенского Государственного университета приказ №78/О от 25.01.2023г).

По теме диссертационного исследования опубликовано 15 печатных трудов, из них 5 статей – в журналах ВАК РФ, 2 статьи – в материалах конференций, индексируемых в базах данных *Scopus* и *Web of Science*, 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Основные положения работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях:

– XXVII Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение — DSPA-2025» (Институт проблем управления РАН, Москва, 2025 г.);

– Научно-техническая конференция с международным участием «Информационные технологии и системы (ИСТ-2023)» (Самара, 2023 г.);

– XXIII Международная научно-техническая конференция «Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике» (Пензенский государственный университет, Пенза, 2023 г.);

– Международная конференция «Мерно-информационные технологии (MIT-2023)» (г. Нови-Сад, Сербия);

– X Всероссийская научно-практической конференции «Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы» (Пензенский государственный университет, Пенза, 2023 г.);

– Всероссийская научно-практической конференции «Студент-Наука» (Воронеж, 2022 г.);

– Университетская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы науки и образования» (Пензенский государственный университет, Пенза, 2022-2024 гг.).

В процессе работы над диссертацией Демушкина К.М. проявила себя как целеустремленный, работоспособный и активный ученый, продемонстрировала

способности к самостоятельному решению научно-технических задач в области обработки информации, профессиональной разработке алгоритмического и программного обеспечения, подготовке научных публикаций.

Считаю, что диссертационная работа на тему «Методики и алгоритмы обработки цифровых данных электрокардиографии и биоимпедансометрии для систем поддержки принятия решений» удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а Демушкина Ксения Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Научный руководитель
доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой
«Информационно-вычислительные системы»



А.В. Кузьмин

11.09.2025

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования «Пензенский государственный университет»
440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40,
тел.: 8 (8412) 66-65-70
e-mail: a.v.kuzmin@pnzgu.ru

Докторская диссертация на тему «Симуляционные системы для неинвазивной кардиодиагностики и обучения» Кузьмина А.В. защищена по специальности 05.11.17 (2.2.12) Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки)

Подпись Кузьмина А.В. заверяю
Начальник управления кадров
ФГБОУ ВО «Пензенский
государственный университет»
к.т.н., доцент



О.С. Дорофеева