



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279, ОКПО 02068574
ул. Политехническая, д. 29 литера Б,
вн. тер. г. муниципальный округ Академическое,
г. Санкт-Петербург, 195251
тел.: +7(812)552-60-80, office@spbstu.ru

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Ю.В. Фомин

03.06.2025

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Акопян Беллы Кареновны на тему «Модели и алгоритмическое обеспечение автоматизированного комплекса экспресс-диагностики состояния сердечно-сосудистой системы человека при аритмии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность диссертационного исследования

Актуальность диссертационной работы определяется необходимостью разработки новых эффективных технологий для диагностики, лечения и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Ведущей тенденцией в данной предметной области является автоматизация неинвазивной экспресс-диагностики с использованием цифровых диагностических систем, предназначенных для оперативной оценки состояния сердечно-сосудистой системы (ССС), в частности, для обследуемых с аритмией.

С момента развития данной проблемной области и по настоящее время, исследованию моделей и алгоритмов автоматизированной диагностики сердечно-сосудистой системы посвящены работы целого ряда отечественных научных школ, среди которых можно выделить таких исследователей как А.П. Немирко, А.Н. Калиниченко, З.М. Юлдашев, Л.А. Манило, О.В. Мельник, А.А. Михеев, А.А. Соколова, Э.К. Шахов и др. Предложенные этими авторами

алгоритмы позволяют решать задачу отсроченного анализа записанных фрагментов электрокардиограммы (ЭКГ) и измерений артериального давления, полученных с использованием цифровых вычислительных устройств. Вопросы экспресс-диагностики с использованием цифровых вычислительных устройств пока остаются малоизученными.

Текущее состояние исследований в данной области характеризуется рядом нерешенных вопросов, среди которых наиболее существенными являются недостаточная точность автоматизированных систем диагностики при выявлении различных форм аритмий и отсутствие комплексного учета взаимосвязей между динамикой сердечного ритма и показателями артериального давления. Эти методические недостатки существенно снижают диагностическую ценность существующих систем и обуславливают необходимость разработки новых подходов к математическому моделированию и алгоритмической обработке кардиологических данных.

На основании вышеизложенного, диссертационное исследование, направленное на разработку моделей и алгоритмов, обеспечивающих качественную автоматизированную экспресс-диагностику состояния ССС обследуемых с заданными состояниями сердечного ритма (нормальный ритм, желудочковая экстрасистолия, предсердная экстрасистолия) с применением электронных вычислительных устройств, представляет собой актуальное и значимое научное исследование, в полной мере соответствующее современным теоретическим и практическим тенденциям развития цифровых медицинских технологий.

Анализ структуры и содержания работы

Диссертационная работа Акопян Б.К. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и четырех приложений. Работа изложена на 130 страницах, содержит 54 рисунка и 14 таблиц; список литературы включает 93 наименования. Содержание работы соответствует целям и задачам исследования. Материалы диссертации и автореферата изложены в логической последовательности, соответствуют принципам целостности содержания и его внутреннего единства. Текст диссертации и автореферата оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ.

По результатам проведенных исследований автором опубликовано 18 работ, среди которых 3 статьи – в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ, 1 статья – в издании, включенном в международную базу цитирования Scopus. Автором также получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Опубликованные работы достаточно полно отражают основные результаты диссертационного исследования.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна результатов диссертационной работы обусловлена созданием новых моделей и алгоритмов автоматизированной экспресс-диагностики состояния сердечно-сосудистой системы человека, а именно:

1. Математические модели процессов записи электрокардиограммы и измерения артериального давления, сопровождающих процедуру экспресс-диагностики сердечно-сосудистой системы человека, отличаются от известных учетом влияния состояния сердечного ритма, что позволяет проводить экспресс-диагностику в условиях, близким к реальным.

2. Алгоритмы определения положения опорных точек электрокардиокомплекса на ЭКГ и их классификации по информативным признакам с возможностью визуализации во время процедуры экспресс-диагностики отличаются от известных независимостью качества обнаружения опорных точек от формы ЭКГ, что позволяет выполнять классификацию состояний ЭКГ с высокой достоверностью.

3. Методика оценивания артериального давления в условиях вариабельности и нарушений сердечного ритма отличается от известных применением крайних порядковых статистик на малой выборке, что позволяет повысить точность результатов оценки артериального давления по критерию минимизации абсолютного отклонения результатов оценки от истинного значения.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертации, корректно формализованы, достоверны и обоснованы. Все основные результаты диссертации получены автором самостоятельно.

Полученные теоретические и экспериментальные результаты не противоречат общепринятым научным положениям. Высокая степень достоверности результатов диссертационного исследования подтверждается грамотным применением методов системного анализа, теории принятия решений, математического моделирования, теории вероятностей и математической статистики, машинного обучения.

Значимость для науки и практики результатов, полученных автором диссертации

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования определяется разработкой новых моделей и алгоритмов автоматизированной экспресс-диагностики состояния ССС человека. Полученные результаты вносят существенный вклад в развитие теории обработки биомедицинских сигналов и системного анализа сложных физиологических процессов.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в возможности непосредственной реализации предложенных моделей и алгоритмов в цифровых устройствах экспресс-диагностики с целью обнаружения заболеваний сердечно-сосудистой системы и повышения точности и достоверности клинической диагностики.

Основные научные результаты диссертационного исследования внедрены:

в методики, алгоритмы и программные средства, разрабатываемые и применяемые в лаборатории физиологии биоуправления федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт экспериментальной медицины» для анализа физиологических сигналов функционирования сердечно-сосудистой системы;

в учебный процесс при проведении лекционных и практических занятий по дисциплинам «Моделирование», «Теория систем и системный анализ» в подготовке по направлению «Прикладная информатика»,

реализуемого кафедрой прикладной информатики Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Представленные в диссертации решения обладают значительным потенциалом и могут быть использованы для совершенствования систем клинической диагностики и создания интеллектуальных систем мониторинга состояния пациентов. Предложенное в работе алгоритмическое и программное обеспечение целесообразно использовать в клинической и амбулаторной экспресс-диагностике при мониторинге состояния сердечно-сосудистой системы в медицинских учреждениях. Разработанные математические модели и алгоритмическое обеспечение рекомендуется интегрировать в автоматизированные системы анализа ЭКГ для кардиологических отделений, мобильные диагностические комплексы скорой медицинской помощи, системы автоматизированного предварительного скрининга сердечно-сосудистых патологий.

Основные результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию при проведении работ в области клинической экспресс-диагностики в таких медицинских организациях, как ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова», СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница», клинике НИИ сердечно-сосудистых заболеваний ПСПбГМУ им. академика И. П. Павлова и др., осуществляющих диагностику заболеваний сердечно-сосудистой системы или подготовку специалистов по моделированию и анализу биомедицинских сигналов.

Общая оценка диссертационной работы (с замечаниями)

1. В третьей главе диссертационной работы автор приводит утверждение: «...опорную точку можно считать правильно обнаруженной, если определенный алгоритмом отсчет будет отклоняться от истинного положения не более, чем на $\pm L/2$ отсчетов» для алгоритма на основе методов цифровой фильтрации. Однако не приведено обоснование аналогичного

показателя для корреляционно-экстремального алгоритма и алгоритма Пана-Томпкинса (стр. 56).

2. В четвертой главе нет обоснования выбора конкретных показателей variability и давления, используемых для моделирования процедуры измерения и оценки артериального давления (стр. 76, 77, 79, 84).

3. В пятой главе указано, что сохранение результатов работы программного средства для компьютерного моделирования сигнала ЭКГ осуществляется в файле формата .txt, что позволяет использовать их для исследований в различных средах компьютерного моделирования (стр. 102). Однако было бы целесообразно предусмотреть возможность для хранения результатов и в других общепринятых форматах хранения биомедицинских сигналов, таких как формат двоичного сигнала (dat), европейский формат данных биосигналов (edf), общий формат данных биосигналов (gdf), формат MAT-файла (mat) и формат файла базы данных Physionet.

4. В приложении содержатся акты внедрения, в которых тема диссертации имеет расхождение с утверждённой темой диссертации, хотя результаты внедрения полностью идентичны (стр. 119, 120).

5. В тексте диссертационной работы обнаружены опечатки (стр. 31, 105) и неточности в оформлении рисунков, в частности, блок-схем алгоритмов, разработанных в третьей главе (стр. 51, 52, 55).

Заключение

Отмеченные недостатки существенно не влияют на качество теоретических и практических результатов диссертационного исследования.

Диссертация «Модели и алгоритмическое обеспечение автоматизированного комплекса экспресс-диагностики состояния сердечно-сосудистой системы человека при аритмии» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи разработки моделей и алгоритмов, обеспечивающих качественную автоматизированную экспресс-диагностику состояния ССС обследуемых с заданными состояниями сердечного ритма (нормальный ритм, желудочковая экстрасистолия, предсердная экстрасистолия) с применением электронных вычислительных устройств.

Основные научные результаты, представленные в диссертации, обладают необходимой научной новизной, достоверны, обоснованы, апробированы на научных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня, рекомендованного ВАК РФ. Название работы полностью отражает ее содержание, а научные результаты диссертации соответствуют пунктам 5, 7 и 12 паспорта научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Автореферат диссертации отражает основное содержание диссертации.

На основании изложенного считаем, что представленная диссертационная работа «Модели и алгоритмическое обеспечение автоматизированного комплекса экспресс-диагностики состояния сердечно-сосудистой системы человека при аритмии» соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены пп. 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, и оценивается положительно, а ее автор, Акопян Белла Кареновна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Диссертация и автореферат заслушаны и обсуждены на заседании ученого совета Института компьютерных наук и кибербезопасности «2» июня 2025 года, протокол № 4/25.

Директор Института
компьютерных наук и
кибербезопасности,
член-корреспондент РАН,
профессор РАН,
доктор технических наук,
профессор

2 июня 2025 г.



Дмитрий Петрович Зегжда

Сведения об организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая д.29, литера Б

Сайт: <https://www.spbstu.ru>

Тел. +7(812) 552-76-32

Эл. почта: iccs@spbstu.ru