

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Приорова Андрея Леонидовича на диссертацию Чыонг Тхи Лан Нхи «Методы и алгоритмы визуализации электрической активности сердца в системах электрокардиодиагностики на основе многоканальной обработки электрокардиосигналов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения

Актуальность темы и ее соответствие специальности

Сердечно-сосудистые заболевания, признанные Всемирной организацией здравоохранения основной причиной смертности от болезней во всем мире, представляют собой серьезную проблему для современных систем здравоохранения. Основные стратегии снижения смертности от них включают профилактику и своевременную диагностику. Следовательно, важнейшей социальной задачей является повышение точности и эффективности диагностики таких заболеваний в ходе процессов электрокардиологического скрининга. При этом существенную роль играет возможность дополнительного предоставления кардиологу визуальной информации о пространственно-временных распределениях электрической активности непосредственно на поверхности сердца. Диссертационная работа Чыонг Тхи Лан Нхи посвящена решению данной задачи на основе многоканальной обработки электрокардиосигналов. Таким образом, можно считать, что данная работа является актуальной и востребованной. Диссертация по ряду признаков соответствует пунктам 2, 19 специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, приложений и списка сокращений. Все обязательные по требованию ГОСТ Р 7.0.11-2011 разделы присутствуют.

Во **введении** обоснована актуальность темы, определена цель и перечислены основные задачи диссертации, приведены научно-практические результаты работы, данные о ее апробации, сформулированы научная новизна и выносимые на защиту положения.

В **первой главе** проведен аналитический обзор используемых методов электрокардиодиагностики и также проблемы систем неинвазивной электрокардиодиагностики. Предложена функциональная схема работы скрининговой системы неинвазивной электрокардиодиагностики, опорная для дальнейшей разработки программно-алгоритмического обеспечения данной системы.

Во **второй главе** рассмотрены основные этапы регистрации, включая предобработку многоканальных электрокардиосигналов (ЭКС), формирование электрических потенциалов в точках расположения электродов. Представлен алгоритм поиска моментов времени для вершин и границ сегментов выбранного кардиоцикла, предложен алгоритм привязки геометрических моделей поверхности сердца к системе координат торса для реконструкции распределения электрического потенциала на поверхности сердца. Рассмотрен также алгоритм решения задачи реконструкции потенциала на поверхности эпикарда.

Третья глава посвящена разработке метода визуализации карт распределения электрического потенциала на поверхности эпикарда. Предложен алгоритм 2D визуализации, основанный на плоской развертке поверхности сферического квазиэпикарда (UV-mapping) и позволяющий сохранять расстояния между точками на поверхности квазиэпикарда и соответствующими точками на поверхности плоской развертки. Предусмотрен поворот 2D карты в соответствии с положением электрической оси сердца. Предложен алгоритм 3D визуализации, основанный на объемном изображении поверхности эпикарда с использованием реалистической триангуляционной модели этой поверхности.

В четвертой главе рассмотрены вопросы реализации системы неинвазивной электрокардиодиагностики на основе визуализации электрической активности на поверхности сердца. Предложены варианты использования фиксированного и динамически изменяющегося масштаба цветовой палитры, а также способы отображения временной динамики электрической активности сердца. Проведен анализ ресурсоемкости и временных затрат на обследование. Представлено меню выбора режима обследования для АРМ врача-кардиолога. Проведено исследование устойчивости результатов картирования, предложена предварительная оценка диагностической значимости получаемых карт потенциала.

В заключении диссертации приводятся краткие итоги и выводы из проведенного исследования.

В приложениях содержатся свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, справка об использовании результатов и акт о внедрении результатов диссертационной работы.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность результатов подтверждается их корректным сравнением с известными данными, анализом полученных результатов, проверками согласованности, актом о внедрении результатов и апробацией результатов диссертации на международных и всероссийских конференциях.

Научной новизной характеризуются следующие результаты диссертации:

1. Разработан алгоритм предобработки многоканальных ЭКС, отличающийся введением виртуального нуля потенциалов, сегментацией выбранного фрагмента ЭКС и отбраковкой артефактов.

2. Предложен метод реконструкции карт потенциала на поверхности эпикарда, отличающийся привязкой геометрических моделей поверхности эпикарда к системе координат торса.

3. Предложены методы визуализации карт потенциала на поверхности эпикарда, позволяющие совместно использовать 2D карты на плоской

развертке поверхности эпикарда и 3D карты для реалистической триангуляционной модели поверхности эпикарда.

4. Разработана методика исследования работоспособности программно-алгоритмического обеспечения скрининговой системы электрокардио-диагностики, отличающаяся контролем устойчивости и согласованности карт потенциала, учетом временных затрат и затрат памяти.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждаются корректным использованием методов исследования, сопоставлением результатов работы с данными опубликованных научных статей, а также наличием свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Ценность для науки и практики результатов работы

Предложенные в диссертационной работе алгоритмы и методы позволяют:

- проводить предобработку многоканальных ЭКС, включая синхронизацию, отбраковку, сегментацию и введение виртуального нуля потенциалов;

- осуществлять привязку геометрических моделей поверхности сердца к системе координат торса на основе обработки зарегистрированных многоканальных ЭКС и проводить реконструкцию распределений эпикардиального потенциала;

- проводить совместную визуализацию 2D и 3D карт эпикардиального потенциала в динамическом режиме синхронно со стандартным ЭКГ-сигналом.

Представленные сведения о внедрении результатов работы показывают, что разработанная компьютерная программа используется в

тестовом режиме в ГБУЗ «Клиническая больница № 6» им. Г.А. Захарьина г. Пензы. Предложенные в работе методики, алгоритмы и принципы обработки многоканальных ЭКС применяются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

По материалам диссертации опубликовано 26 печатных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, 5 публикаций в изданиях, индексируемых в Scopus или Web of Science. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата полностью отражает основные идеи, результаты и выводы диссертации.

Замечания по работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Обзор методов решения обратных задач электрокардиографии слишком краткий.
2. В первой главе на рисунке 1.6 представлены основные этапы работы информационной скрининговой системы электрокардиодиагностики, но не пояснено взаимодействие основных этапов работы данной системы.
3. Не объяснен выбор числа электродов на электрокардиографическом жилете.
4. Не обоснован выбор числа разбиений при дискретизации поверхности эпикарда и поверхности торса.

Заключение по работе

Указанные недостатки не носят принципиального характера и не снижают существенным образом ценности полученных результатов. Диссертационная работа Чыонг Тхи Лан Нхи является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны методы и алгоритмы визуализации электрической активности сердца в системах электрокардиодиагностики на основе многоканальной обработки электрокардиосигналов. Представленная диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (ред. от 25.01.2024 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и требованиям паспорта специальности 2.2.12 (пп. 2, 19), а ее автор, Чыонг Тхи Лан Нхи, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры цифровых
технологий и машинного обучения
ФГБОУ ВО «Ярославский
государственный университет
им. П.Г. Демидова»


Приоров Андрей Леонидович

Дата: 22.04.2025

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ярославский
государственный университет им. П.Г. Демидова»
Адрес: 150003, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14, лаб. 309
Телефон: 8-4852-79-77-75
E-mail: andcat@yandex.ru

Подпись д.т.н., проф. Приорова Андрея Леонидовича заверяю

Заместитель начальника управления
директор центра кадровой политики

Л.Н. Куфирина



С отзывом ознакомлена 07.05.2025
Л.Н. Чыонг Тхи Лан Нхи.