

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Катасонова Дениса Николаевича «Методы и алгоритмы предварительной обработки и анализа сигналов бесконтактных датчиков беспроводной системы непрерывного дистанционного кардиомониторинга», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 - приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Актуальность работы

Методы исследования электрической функции сердца составляют значительную часть диагностического арсенала современной кардиологии, предоставляя широкие возможности по неинвазивному выявлению наиболее распространённых нарушений сердечного ритма и проводимости, а также кровоснабжения миокарда. Регистрация электрических потенциалов сердца с помощью поверхностных электродов технически проста, экономически доступна и высокоинформативна с клинической точки зрения.

Несмотря на более чем столетнюю историю метода электрокардиографии (ЭКГ), его развитие продолжается и по сей день. По мере разработки новой элементной базы для аналоговой и цифровой обработки сигналов и внедрения новых технологий изготовления первичных преобразователей наряду с миниатюризацией вычислительных устройств, ЭКГ выходит на качественно новый уровень .

Ключевые проблемы электрофизиологических методов исследования в настоящее время связаны с необходимостью расширения диапазона условий применения: при активных физических упражнениях, длительном (несколько недель) непрерывном мониторинге, в экстремальных климатических условиях, использование как компонента «умной одежды».

С технической точки зрения для создания подобных устройств необходимо решить ряд задач, направленных на повышение качества регистрации биопотенциалов при использовании электродов, не имеющих омического контакта с поверхностью кожи (так называемые «сухие», или, более корректно, ёмкостные

электроды). Кроме того, необходимо обеспечить низкий уровень энергопотребления для продления срока службы элементов питания. И, наконец, но не в последнюю очередь, современные устройства регистрации биопотенциалов сложно представить без развитого сервиса по сбору, обработке и хранению биосигналов с возможностью доступа через беспроводные каналы связи.

Представленное исследование направлено на поиск решения актуальных проблем в области современных технических средств электрокардиографии. Для достижения поставленной цели автор применяет комплексный подход, сочетающий оригинальные аппаратные и программно-алгоритмические разработки. Тематика диссертационной работы, без сомнения, актуальна, а полученные результаты представляют большой интерес как с научной, так и с практической точек зрения.

Структура и содержание диссертации

Пояснительная записка к диссертационной работе состоит из введения, трёх глав, заключения, списка цитируемой литературы и приложения. Работа изложена на 154 страницах машинописного текста, содержит 56 иллюстраций, 12 таблиц, список литературы, содержащий 89 наименований и 1 приложение.

Пояснительная записка оформлена, в основном, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11—2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления», имеются отдельные незначительные огрехи технического характера.

Структура пояснительной записки соответствует традиционному плану.

Во **введении** даны общие сведения о предметной области диссертационной работы, сформулированы цели и задачи, определены основные направления исследования. В подразделе «Научная новизна» обобщены наиболее существенные результаты, полученные при решении поставленных задач. Раздел завершается перечнем положений, выносимых на защиту.

В **первой главе**, имеющий обзорный характер, подробно рассмотрены существующие разработки в области цифровой электрокардиографии, проведён

аналитический обзор имеющихся технологий регистрации биопотенциалов сердца и технических средств регистрации, обработки и передачи данных. В целом использованные научно-технические источники отражают актуальное состояние предметной области.

Проведён критический анализ методов обнаружения артефактов в ЭКГ сигнале, описаны возможности и ограничения наиболее распространённых и широко применяемых методов цифровой обработки электрокардиосигнала в условиях высокого уровня нестационарных помех.

На основе сравнительного анализа известных методов выявления зашумлённых фрагментов ЭКГ автором сделан совершенно обоснованный вывод о том, что задача оценки качества электрокардиографического сигнала в настоящее время не имеет законченного решения, особенно при использовании режима реального времени и маломощных вычислительных устройств.

В заключении к первой главе автор обосновывает необходимость минимизации вычислительной сложности алгоритмов обработки, что требует применения комплексного подхода и нетривиальных структурных, алгоритмических и программных решений.

Вторая глава содержит основные результаты диссертационной работы. Подробно описаны методы решения поставленных задач и полученные результаты. При выполнении исследований и разработок автор использовал современные, хорошо обоснованные методы математического описания и моделирования, а также численные эксперименты с использованием верифицированных данных. Для изучения основных свойств и особенностей уже существующих и вновь разработанных автором алгоритмов были использованы оцифрованные электрокардиосигналы из общепризнанного мировым сообществом банка данных MIT Database. Эти сигналы прошли многоступенчатую экспертную верификацию и в настоящее время являются «золотым стандартом» в области цифровой электрокардиографии.

Выбранные автором методы исследования соответствуют поставленным задачам, научно обоснованы, надёжны и дают воспроизводимые результаты.

На основании проведённых теоретических исследований и численных экспериментов автор предлагает структурную схему системы для телемониторинга, оптимизированную с точки зрения массогабаритных показателей и энергопотребления, при этом обеспечивающую более точное и стабильное выявление искажённых участков ЭКГ по сравнению с существующими аналогами.

Предложенное автором решение заключается в комплексном подходе к оптимизации всех звеньев цифровой электрокардиографической аппаратуры для удалённого наблюдения за параметрами сердечной деятельности. Повышение точности и стабильности выявления зашумлённых фрагментов достигается при одновременном снижении вычислительной сложности и, как следствие, энергопотребления.

Особо следует отметить разработанный алгоритм сжатия ЭКГ на основе вейвлет-преобразования, обеспечивающий высокую степень сжатия при минимальных искажениях формы сигнала и работоспособный на мобильных вычислительных устройствах с малым энергопотреблением.

Обобщая содержание второй главы, можно сделать вывод о том, что поставленная в диссертационном исследовании цель достигнута, а задачи решены в полном объёме.

В **третьей главе** описан реализованный прототип системы для удалённого кардиомониторинга и результаты его лабораторных испытаний. Были проведены исследования основных технических характеристик и доказана работоспособность предложенных программно-алгоритмических решений.

Разработанный и реализованный прототип внедрён в научно-исследовательский процесс, что подтверждается соответствующим актом.

В **заключении** подведены итоги работы, даны примеры внедрения и сформулированы ключевые результаты.

Приложение А содержит копию акта внедрения результатов диссертационной работы в научно-исследовательский процесс института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, г. Новосибирск.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию пояснительной записки к диссертационной работе и отражает наиболее существенные результаты, полученные автором при решении поставленных задач.

Новизна результатов диссертационной работы

В диссертационной работе Катасонова Д.Н. разработаны новые критерии оценки качества электрокардиосигнала, способ удалённого мониторинга сердечной деятельности, метод адаптивного формирования обучающих выборок для оценки качества электрокардиографического сигнала, а также способ уменьшения объёма данных ЭКГ, обеспечивающий очень высокую степень сжатия при умеренной вычислительной сложности.

Практическая значимость результатов диссертационной работы

Представленная диссертационная работа носит ярко выраженный практико-ориентированный характер, что отражено в её названии, цели и поставленных задачах. Результаты теоретических исследований и численных экспериментов, наряду с предложенными подходами по оптимизации структурных и алгоритмических решений, были успешно применены при разработке и реализации прототипа программно-аппаратного комплекса для удалённого кардиомониторинга.

Достоверность полученных результатов и выводов

Достоверность научных положений и полученных результатов подтверждается соответствием между теоретическими предположениями и экспериментальными данными в пределах погрешности использованных измерительных устройств. При сравнительном анализе алгоритмов и их программных реализаций были использованы верифицированные данные оцифрованных электрокардиографических сигналов MIT Database.

Использованные автором методы соответствуют поставленным задачам, сделанные выводы в полной мере соответствуют полученным результатам.

Замечания по диссертационной работе

1. Предложенный критерий оценки качества электрокардиосигнала (ЭКС) на основе статистического момента четвёртого порядка μ_4 фактически является

мерой нестационарности ЭКГ-сигнала, и существенно изменяется при резком изменении амплитуды изоэлектрической линии, появлении высокоамплитудных высокочастотных шумов и других артефактов, приводящих к изменению значений статистических моментов от первого до четвёртого порядка включительно. При этом анализ морфологии участка - потенциального кандидата на искажённый фрагмент, не проводится (в отличие от альтернативных алгоритмов с предварительным распознаванием и анализом формы QRS комплексов). В результате некоторые виды патологических кардиосигналов, которые приводят к появлению нестационарности ЭКС (одиночные и множественные желудочковые экстрасистолы, би- и тригеминия, нарушения проводимости АВ-соединения с периодикой Самойлова — Винкебаха, когда выпадают QRS комплексы с периодом 2:1, 3:1 и т. д.) теоретически могут привести к ложному срабатыванию детектора искажений.

2. В работе не рассмотрены вопросы применения предложенного способа кардиомониторинга при наличии имплантированного электрокардиостимулятора. При этом количество пациентов, которым установлено вспомогательное устройство поддержания ритмической деятельности сердца, год от года увеличивается, и все они нуждаются в периодическом мониторинге. Реализация данной функции позволила бы значительно расширить сферу применения разработки.

3. При анализе актуального состояния предметной области автором были использованы, преимущественно, научно-технические источники последних лет, однако встречаются отдельные публикации, изданные более 30 лет назад, например:

81. Блейхут Р. Теория и практика кодов, исправляющих ошибки: Пер. с англ./ Р.Блейхут. Москва: Мир, 1982. 576 с.

82. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. 2-е изд. / У. Питерсон, Э. Уэлдон. Москва: Мир, 1976. 590 с.

Без сомнения, указанные источники являются хрестоматийными в области теории и практики передачи цифровой информации, они остаются актуальными и

по сей день, но за рамками обзора остались успехи в этой сфере, достигнутые в последние 5 — 7 лет.

4. В тексте пояснительной записки и автореферата имеются незначительные технические погрешности оформления, опечатки, пунктуационные и орфографические неточности.

Указанные замечания и недоработки носят, скорее, рекомендательный характер и не влияют на высокое качество выполненной работы, научную и практическую значимость полученных результатов.

Заключение

Диссертация Катасонова Дениса Николаевича «Методы и алгоритмы предварительной обработки и анализа сигналов бесконтактных датчиков беспроводной системы непрерывного дистанционного кардиомониторинга» является полностью законченной квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно с использованием современных научно обоснованных методов теоретических и экспериментальных исследований.

Представленные в диссертации результаты были доложены на международных научных конференциях и семинарах, а также опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Получен патент на изобретение и два свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ.

В работе решена научная задача по созданию новых способов обработки зашумленных электрокардиосигналов, регистрируемых с помощью емкостных электродов, а также разработаны и научно обоснованы новые технические решения для удалённого кардиомониторинга.

Считаю, что диссертационная работа Катасонова Дениса Николаевича «Методы и алгоритмы предварительной обработки и анализа сигналов бесконтактных датчиков беспроводной системы непрерывного дистанционного кардиомониторинга», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 — приборы, системы и изделия медицинского назначения, соответствует критериям п.9 Положения ВАК «О

порядке присуждения учёных степеней» в части требований к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а соискатель Катасонов Денис Николаевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 — приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Официальный оппонент:

доктор технических наук,
заведующий кафедрой медицинской и
биологической кибернетики с курсом
медицинской информатики Сибирского

государственного медицинского университета Бразовский Константин Станиславович



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

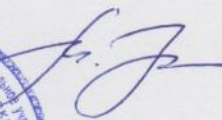
Адрес: 634050, г.Томск, Московский тракт, 2, строение 7

Телефон: 382 2 901101 доб. 1810

E-mail: brazovsky@ssmu.ru

Подпись д.т.н. Бразовского Константина Станиславовича удостоверяю

Ученый секретарь

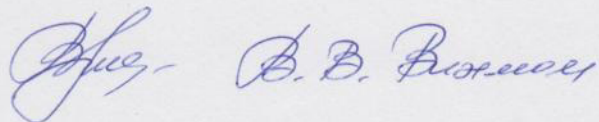



Хлусова Марина Юрьевна

Осудов Алексей

16.01.2018г

Удеева секретарь



Сомзюм ознакомили

17.01.2018г.

