

Отзыв официального оппонента

кандидата технических наук, доцента М.Н. Крамма

на диссертационную работу **Аед Валид Мохаммед Ахмед** «Развитие методов и алгоритмов обработки и нейросетевого анализа фонокардиосигнала», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Актуальность темы

Методы и средства радиотехники и электроники находят широкое применение во многих областях человеческой деятельности. Анализ формы и параметров сигналов на фоне помех, несущих информацию о состоянии того или иного объекта, в том числе живые системы, является одной из основных задач радиотехники. Особенность сигналов, характеризующих живые системы, заключается в сложности их формы и структуры за счет специфики объектов живых систем, в частности, их двигательной активности. Поэтому разработка методов и алгоритмов анализа подобных сигналов является актуальной научно-технической задачей.

Диссертация Аед Валид Мохаммед Ахмед посвящена разработке и развитию методов и алгоритмов обработки и анализа сигнала, несущего информацию о функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы (ССС) человека, заболевания которой в настоящее время занимают первое место среди причин смертности во всем мире. Это обуславливает актуальность научно-практического обоснования и разработки эффективных радиотехнических методов и алгоритмов получения достоверной ранней информации о наличии отклонений в ССС при наличии минимальной симптоматики.

Совершенствование и развитие современных методов анализа биомедицинских сигналов способствует увеличению объёма и качества получаемой информации о функциональном состоянии биообъекта, и, как следствие, созданию более эффективных аппаратно-программных средств. Основными требованиями к таким методам являются простота реализации,

информативность и достоверность результатов профилактической диагностики ССС.

Одним из методов выявления нарушений в работе ССС является фонокардиография (ФКГ), что обусловлено его информативностью и безопасностью. Особенностью этого метода исследования деятельности сердца и сердечно-сосудистой системы является использование акустических сигналов. Метод ФКГ заключается в графической регистрации акустических сигналов в определенных диапазонах частот и их дальнейшем анализе. Основной задачей фонокардиографии является выделение энергетически слабых, но диагностически важных высокочастотных шумов сердца. Диагностика ССЗ осуществляется путем исследования очередности и мощности тоновых и шумовых явлений сердца, приведенных к уровню, доступному для исследования медицинским персоналом.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Анализируя представленную работу, сформулированные в ней положения, выводы, результаты и рекомендации можно констатировать, что, по существу, в работе сделано следующее.

1. Проведен обзор современных методов и алгоритмов обработки и анализа фонокардиосигнала. Выполнен подробный их сравнительный анализ. На основании сравнительного анализа для решения задачи сегментации основных компонентов ФКГ-сигнала (тоны S1, S2) необходима разработка эвристических алгоритмов на основе использования энергетических свойств. Также показано, что искусственные нейронные сети являются эффективным инструментом классификации ФКГ-сигнала. Для формирования данного вывода автор проводит обширный анализ научных источников (список литературных источников по данному анализу включает 103 наименований), среди которых большее количество (50) зарубежных публикаций. Это свидетельствует и том, что при проведении исследований, принятии решений и формировании выводов соискатель опирается на состояние исследуемых вопросов не только в России, но и во всем мире.

2. Для повышения качества обработки и анализа ФКГ-сигнала соискатель разработан алгоритм адаптивной компенсации внешних помех, построенного на основе получения образца шумового сигнала путём установления второго микрофона, позволяющего уменьшить влияние звуковых помех окружающей среды, а для дополнительной фильтрации использована полосовая фильтрация в полосе от 25 Гц до 400 Гц.
3. Соискатель разработан методики и алгоритма идентификации и сегментации основных компонентов фонокардиографического сигнала (S1, систола; S2, диастола) на основе вычисления и определения уровня свободной энергии ФКГ- сигнала, не требующие применения дополнительных (вспомогательных) биоэлектрических сигналов, эффективность работы которых подтверждается значениями критериев: чувствительности (порядка 98-99 %) и специфичности (98%) по сравнению с эталонной аннотированной обучающей базой данных ФКС.
4. Соискатель разработал методику и соответствующего алгоритма построения кардиоинтервалограмм на основе ФКС. Корреляционный анализ кардиоинтервалограмм, полученных с помощью разработанного алгоритма и кардиоинтервалограмм, полученных на основе ЭКГ, показал коэффициент корреляции порядка 0,99, что подтверждает тесную взаимосвязь сравниваемых подходов и возможность использования ФКС для оценки динамических характеристик работы сердца.
5. Для осуществления классификации ФКС по типу «Норма/Аномалия» выбрана ИНС. Соискатель провел подробные экспериментальные исследования разработанной ИНС. Сформированы обучающая и тестовая базы данных (БД) фонокардиографических сигналов, необходимые для разработки системы классификации ФКС.
6. С целью поиска более эффективного варианта построения системы классификации ФКГ-сигнала соискатель провел анализ работы ИНС для трех вариантов входного образа, а именно: исходные кардиоциклы (КЦ), полученные в результате разработанной процедуры сегментации; частотный спектр КЦ, полученных с помощью преобразования Фурье; огибающая КЦ,

полученная с помощью преобразования Гильберта. Показано преимущество варианта использования огибающей КЦ, а именно, повышение значений чувствительности, специфичности и точности на 17%, 14% и 16% соответственно.

7. Проведенные экспериментальные исследования разработанной нейросетевой системы классификации ФКГ-сигнала по типу «Норма / Аномалия» показали следующие результаты: чувствительность 90%, специфичность 88% и точность 89%. При сопоставительном анализе полученных результатов с аналогом, представляющим собой работу, занявшую первое место в конкурсе «Computing in Cardiology Challenge 2016» на базе известного сайта PhysioNet, показал повышение эффективности классификации ФКГ по критериям специфичности и точности на 10% и 3% соответственно.

8. В целом полученные результаты позволили разработать систему цифровой обработки и нейросетевого анализа ФКГ-сигнала, способствующую расширению функциональных возможностей фонокардиографии и повышению достоверности и информативности ранней диагностики работы сердца.

Достоверность и новизна

Выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается:

Результатами тестирования с использованием верифицированных баз данных записей фонокардиографического сигнала из архива PhysioNet, экспериментальных исследований и апробации разработанных специализированных нейросетевых блоков анализа фонокардиографического сигнала на предмет наличия аномалий;

Оценкой эффективности функционирования, разработанной нейросетевой системы классификации фонокардиограммы на основе использования общепризнанного инструмента ROC-анализа и критериев чувствительности, специфичности и точности.

Новизна полученных результатов исследований подтверждается их приоритетным опубликованием в 12 работах, в том числе 3 статей в профильных журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Практическая значимость работы заключается в:

1. Расширении области применения метода фонокардиографии и повышении информативности этого метода путём построения на основе ФКС кардиоинтервалограммы и ее последующего анализа для оценки динамических характеристик ритма сердца, в том числе его вариабельности. Для сопоставления результатов применения разработанного алгоритма был проведен корреляционный анализ кардиоинтервалограмм, полученных на основе ФКГ и ЭКГ. Корреляционный анализ подтвердил тесную взаимосвязь полученных результатов.

2. Повышении эффективности постановки первичного диагноза в ФКГ за счет применения нейросетевой технологии классификации ФКГ-сигнала по типу «Норма/Аномалия», что подтверждается значениями известных критериев: чувствительности (90.06%) и специфичности (88%).

3. Разработке комплекса программ, обеспечивающих регистрацию и предварительную обработку ФКС, в т.ч. фильтрацию, а также построение ритмограммы сердца на основе ФКС и последующий анализ для оценки параметров вариабельности сердца.

Замечания

В качестве замечания по работе следует отметить следующее.

1. В тексте диссертации присутствуют синтаксические и пунктуационные ошибки.
2. Математическое описание алгоритма адаптивной фильтрации недостаточно полное.
3. Неясна структура сформированных баз данных ФКС, относительно соотношения здоровых и больных и по видам патологий.

Заключение о соответствии диссертации требованиям ВАК

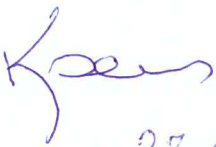
В диссертационной работе «Развитие методов и алгоритмов обработки и нейросетевого анализа фонокардиосигнала» разработана система

обработки и анализа фонокардиосигнала, способствующая повышению достоверности и информативности функциональной диагностики сердечно-сосудистой системы и расширению возможностей применения фонокардиографических систем.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка, включающего 103 наименований, списка сокращений и 4 приложения.

В целом диссертация Аед Валид Мохаммед Ахмед выполнена на высоком научно-техническом уровне, актуальность, новизна и практическая значимость полученных решений не вызывают сомнений. Диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, в котором содержится решение научно-технической проблемы обработки и анализа фонокардиографического сигнала, что позволяет сделать вывод о ее соответствии требованиям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям а ее автор – Аед Валид Мохаммед Ахмед заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук, по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент
Крамм Михаил Николаевич,
к.т.н., доцент кафедры основ радиотехники,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»
111250, Россия, г. Москва,
Красноказарменная улица, дом 14
тел.: 8 (495) 362 71 04
E-mail: krammn@mail.ru


27.11.2017

Подпись доцента М.Н. Крамма удостоверяю

