

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Костелей Яны Валерьевны

на тему «Методика обработки и анализа акустического сигнала сердечно-сосудистой системы плода» по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики», представленную на соискание ученой степени кандидата наук.

1. Актуальность темы исследования

Забота о здоровье матери и плода является одной из центральных задач демографической политики государства. Одним из способов выявления угрожающих состояний плода является мониторинг его сердечной деятельности. Поэтому разработка доступных средств удаленного мониторинга состояния плода и матери является актуальной задачей. Одним из перспективных направлений для решения данной задачи является анализ акустического сигнала сердечно-сосудистой системы, заключающийся в получении графика частоты сердечных сокращений. По мнению соискателя, для формирования работоспособных решений в данной области необходимо провести исследование и разработку алгоритмов обработки акустического сигнала сердцебиений плода, направленных на оценку качества сигнала и построения графика частоты сердечных сокращений в условиях помех, потери входного сигнала и изменения его качества.

2. Краткий обзор содержания диссертации

Диссертация Костелей Я.В. содержит введение, три главы, заключение, список использованной литературы, включающий 121 наименование, 10 приложений. Общий объем работы составляет 170 страниц, содержащего 57 рисунков и 8 таблиц.

Во введении изложена актуальность разработки алгоритмов обработки акустического сигнала сердечно-сосудистой системы плода, применимых для создания мобильных устройств мониторинга состояния плода. Сформулированы цель, объект, предмет, задачи и научная новизна исследования, приведены научные положения, выносимые на защиту, и основные научные результаты.

В первой главе представлен обзор литературы, в котором рассматриваются основные методы и принципы обработки акустического сигнала сердца, проблемы данного направления, а также обосновывается причина отсутствия готовых широко применяемых решений в данной области. Приводится описание свойств и особенностей акустического сигнала сердечно-сосудистой системы плода. Формулируются проблемы,

которые необходимо решить для проектирования систем мобильного мониторинга состояния плода.

Во второй главе представлено описание алгоритмов, выносимых соискателем на защиту. Первично автор формулирует требования к предварительной фильтрации фонокардиограммы плода, которая должна предшествовать защищаемым алгоритмам. Далее приводится описание модификации фильтра нелокального усреднения для решения задачи определения интервалов появления подобных тонам сердца звуков. Приводится обоснование выбора параметров полученного фильтра, основанного на свойствах фонокардиограмм и физиологии сердцебиений. Глава содержит описание операций алгоритма определения сердцебиений на акустическом сигнале и принципы его работы, основанные на автокорреляционном свойстве акустического сигнала сердцебиений плода, а также на корреляционной зависимости продолжительности систолы и диастолы от частоты сердечных сокращений. Далее автором представлен заключительный этап обработки фонокардиограммы плода – алгоритм построения кардиоинтервалограммы плода. Глава завершается описанием места применения комплекса алгоритмов в системе мобильного мониторинга состояния плода.

В третьей главе приводится описание и результаты отдельных экспериментов для оценки полученных алгоритмов, как по отдельности, так и всего комплекса алгоритмов в целом. В экспериментах описывается сравнение результатов полученных алгоритмов с референтными методами, включающие сигналы и графики частоты сердечных сокращений таких технологий, как электрокардиография, кардиотокография и плетизмография. Первично проводится сравнение результатов разметки акустического сигнала на звуки сердцебиений алгоритмом определения интервалов появления подобных тонам сердца звуков с результатами сегментации энергии Шеннона и огибающей Гилберта. Сравнение показало на используемом наборе данных предложенный алгоритм позволил выделить большее количество звуков, относящихся к тонам сердца, и меньшее количество звуков помех. Далее приводится эксперимент, заключающийся в расчете отклонения результатов алгоритма определения сердцебиений плода на ФКГ от показаний пульсоксиметра и значений пульса, рассчитанного экспертами. В заключении описывается эксперимент, оценивающий алгоритм построения кардиоинтервалограммы плода на основе фонокардиограммы и весь комплекс алгоритмов в целом. Эксперимент показывает 2 % относительное отклонение полученных результатов алгоритма от графиков электрокардиограммы и кардиотокографии.

В заключении перечислены основные результаты научной работы соискателя.

3. Научная новизна полученных результатов

Соискателем определены следующие формулировки научной новизны:

1. Предложен алгоритм определения интервалов появления подобных тонам сердца звуков на фонокардиограмме, отличающийся от существующих методов повышенной точностью детектирования сигналов в условиях изменения их амплитуды. Точность достигается тем, что проводится выделение только значимых по длительности, последовательности возникновения и выраженности амплитуды звуков относительно фонового акустического сигнала при отсутствии необходимости подбора динамического уровня пороговой сегментации.

2. На основании алгоритма определения интервалов появления подобных тонам сердца звуков разработан потоковый алгоритм определения сердцебиений на акустическом сигнале, отличающийся возможностью распознавания моментов возникновения сердцебиений на акустическом сигнале при наличии одного или обоих типов тонов сердца, а также позволяющий оценивать его соответствие требованиям проведения мониторинга состояния плода на основании следующих параметров: частоты сердечных сокращений, амплитуды и выраженности полезного сигнала.

3. На основании алгоритма определения сердцебиений плода предложен алгоритм построения кардиоинтервалограммы плода на основе фонокардиограммы, отличающийся тем, что позволяет получить результат в условиях низко- и высокоамплитудных помех, потери сигнала сердцебиений плода и изменения качества сигнала, что реализует альтернативный подход мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы плода на основании мобильных устройств, стоимость которых на порядок ниже аналогов.

4. Достоверность полученных результатов и выводов

Достоверность полученных результатов обеспечена непротиворечивостью с результатами и выводами других разработок и исследований по обозначенным проблемам, а также подтверждается проведенными автором экспериментальными исследованиями, показавшими соответствие полученных результатов результатам референтных методов расчета графика частоты сердечных сокращений плода и матери.

5. Практическая ценность и внедрение результатов

Полученные Костелей Я.В. результаты диссертационного исследования имеют несомненную практическую значимость, которая обуславливается тем, что полученный комплекс алгоритмов может быть использован в качестве основы для систем мобильного

мониторинга состояния плода. Полученные результаты диссертационного исследования использованы автором при исполнении обязательств по проекту РФФИ, а полученный комплекс алгоритмов внедрен в приложение для эксплуатации фетального монитора 1к-МФ (ООО «Диагностика +»).

6. Полнота опубликования и апробации результатов работы

По материалам диссертации опубликовано 19 работ, из которых 4 статьи в журналах из списка ВАК; 5 статьи в изданиях, индексируемых базой данных Scopus; 10 работ в материалах международных конференций; получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

7. Замечания по диссертационной работе:

1. В первой главе сказано, что выбор оптимальной фильтрации фонокардиограммы плода требует создания механизмов оценки качества фильтрации реальных сигналов сердца (стр. 22), но при этом далее в работе явно не указано, как могут быть применены полученные алгоритмы для решения данной задачи.

2. Для алгоритма построения кардиоинтервалограммы нет обоснования, почему в качестве аппроксимирующей функции взята линейная функция, хотя также сказано, что можно использовать полиномы других степеней.

3. В экспериментах результаты исследования сравниваются с показаниями приборов-аналогов, но при этом точность изменения частоты сердечных сокращений приборами не указывается автором.

4. Имеют место опiski и опечатки. Например, на стр. 72 использовано слово «ресинхронизация», а должна быть «рассинхронизация». На стр. 24 «методы проверки сигналов», а из контекста следует, что должно быть «методы проверки качества фильтрации сигналов». На той же странице «для оценки достоверности полученных алгоритмов», а должно быть «оценки достоверности полученных результатов алгоритмов».

Однако отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают значимость диссертационной работы.

8. Общая оценка диссертации

Автореферат соответствует основному содержанию диссертационной работы. Тема диссертации и её содержание соответствует паспорту специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

Диссертационная работа Костелей Я.В. соответствует требованиям п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения

ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

Официальный оппонент —

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Управление качеством» ФИТ, Директор центра (превосходства) «Интеллектуальные технические системы», Заслуженный работник Высшей школы РФ, Лауреат Премии Правительства РФ в области образования.

Сырямкин Владимир Иванович

17.08.2022

Адрес: 634050, Россия, Томская область, г. Томск, пр. Ленина, 36

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Тел.: +7 (3822) 52-95-85

E-mail: rector@tsu.ru

Подпись доктора технических наук, профессора

Сырямкина Владимира Ивановича заверяю:

Ученый секретарь

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».



Н.А.Сазонтова