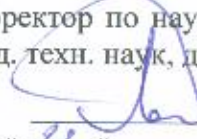




УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и инновациям,
канд. техн. наук, доцент


А.Г. Лоцилов
« 22 » 03 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

Диссертация «Методика обработки и анализа акустического сигнала сердечно-сосудистой системы плода» выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на кафедре комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС).

В период подготовки диссертации соискатель Костелей Яна Валерьевна обучалась в очной аспирантуре ТУСУРа по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность 05.13.17 «Теоретические основы информатики» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на кафедре комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС).

Во время обучения в аспирантуре Костелей Я.В. совмещала научную и педагогическую деятельность. В настоящее время она работает в должности старшего преподавателя кафедры экономической математики, информатики и статистики.

В 2017 году окончила магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» по специальности «Информатика и вычислительная техника».

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2021 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Научный руководитель – Боровской Игорь Георгиевич, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», профессор, заведующий кафедрой ЭМИС ТУСУР.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы.

Диссертационная работа Костелей Я.В. является самостоятельным законченным научным исследованием, содержит решение актуальной научно-технической в области фонокардиографии плода и матери.

Актуальность темы и направленность исследования

В работе Костелей Я.В. рассматривается разработка и применение алгоритмов обработки и анализа фонокардиограмм плода и человека для построения кардиоинтервалограммы. Применение данных алгоритмов в системах мобильного мониторинга состояния плода позволит повысить качество диагностики гипоксии плода в результате более частого проведения мониторинга состояния его сердечно-сосудистой системы небольшими дешевыми носимыми приборами. Целью диссертационной работы является разработка вычислительных алгоритмов обработки и анализа фонокардиограмм

плода с целью формирования кардиоинтервалограммы и расчета параметров оценки ее качества в условиях регистрации сигнала мобильным устройством.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.

Самостоятельной работой автора являлся анализ современных методов обработки фонокардиограмм плода и человека. Совместно с членами коллектива ООО «Диагностика+» Ждановым Д.С. и Земляковым И.Ю. было сформировано описание объекта исследования. Отдельные блоки алгоритмов обработки фонокардиограмм, которые не выносятся на защиту, но являются обязательными этапами для экспериментального исследования разработанных алгоритмов, были сформированы Ждановым Д.С., а именно: алгоритмы предварительной фильтрации, изменения частоты дискретизации, программный интерфейс алгоритма определения интервалов появления подобных тонам сердца звуков для потоковой реализации. Самостоятельно автором были разработаны алгоритмы, выносимые на защиту. Совместно с научным руководителем разработаны содержательная и математическая постановки задач, предложены способы проверки достоверности результатов, определена структура исследования. Стоит отметить, что отдельные аспекты обработки фонокардиограммы, которыми руководствовался автор, были определены в работах Жданова Д.С., которые предшествовали разработке алгоритмов, описанных в диссертационном исследовании. Совместно с коллективами ООО «Диагностика+» и ООО «Центр перинатального здоровья» был организован сбор данных, используемый для экспериментального исследования. Совместно со Ждановым Д.С. и Голобоковой Е.В. (Чехоцкой) было разработано программное обеспечение для экспериментального анализа алгоритмов, представленных в диссертационном исследовании. Консультирование автора в теоретических основах фонокардиографии и физиологии сердца проводилось специалистами с высшим медицинским образованием Буревым А.Ш. (ООО «Диагностика+») и Юрьевым С.Ю. (ООО «Центр перинатального здоровья»).

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается согласованием экспериментальных данных с результатами референтных методов.

Научная новизна диссертации.

В диссертации получены следующие новые результаты.

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.

Практическая значимость диссертации.

В других изданиях, сборниках трудов и тезисов конференций:

1. *Костелей Я. В.* Сравнительный анализ методов предварительной обработки фонокардиограмм плода / Я. В. Костелей, Е. В. Чехоцкая // *Материалы 55-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2017.* – Новосибирск, 2017. – С. 138.

2. *Костелей Я. В.* Разработка мобильного приложения для оценки состояния плода в антенатальном периоде развития в результате анализа фонокардиограмм / Я. В. Костелей, Е. В. Чехоцкая // *Материалы 55-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2017.* – Новосибирск, 2017. – С. 183.

3. Устройство для дистанционного мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы плода и матери / Я. В. Костелей, Д. С. Жданов, Е. В. Чехоцкая, Е. Ю. Дикман // *Оптико-электронные приборы устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание – 2017: сб. материалов XIII Международ. научн.-техн. конф.* – Курск, 2017. – С. 199–202.

4. Неинвазивные методы медицинской диагностики / Д. С. Жданов, Я. В. Костелей, Е. В. Чехоцкая // *SibTest 2017: Сборник тезисов IV международной конференции по инновациям в неразрушающем контроле SibTest.* – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – С. 103–104.

5. *Костелей Я. В.* Алгоритмы определения оценочных параметров сердечно-сосудистой системы плода в системе мобильного мониторинга / Я. В. Костелей, Д. С. Жданов // *Научная сессия ТУСУР–2018: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.* – Томск: В-Спектр, 2018: в 5 частях. – Ч. 3. – С. 98–100.

6. *Костелей Я. В.* Обзор методов автоматизированного анализа кардиоинтервалограмм / Я. В. Костелей, Д. С. Жданов, И. Г. Боровской / *Интеллектуальные информационные системы: труды международной научно-практической конференции: в 2 ч.* – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2018. – Ч. 2. – С.187–190.

7. *Костелей Я. В.* Алгоритм фильтрации акустического сигнала сердцебиений плода с использованием фильтра нелокального усреднения и энергии Шеннона / Я. В. Костелей, Д. С. Жданов // *Сборник избранных статей научно сессии ТУСУР.* – Томск: В-Спектр, 2020. – Ч. 2. – С. 88–90.

8. Выделение, идентификация и критерии оценки тонов и шумов сердца при фонокардиографических исследованиях / Д. С. Жданов, И. Ю. Земляков, Я. В. Костелей, Л. А. Хохлова // *IX Международная научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии»: материалы IX научно-практической конференции.* –2018. – с. 33–35.

9. Анализ подходов к математическому моделированию тонов сердца / Д. С. Жданов, И. Ю. Земляков, Я. В. Костелей, А. Ш. Буреев // *IX Международная научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии»: материалы IX научно-практической конференции.* –2018. – С. 32–33.

10. *Костелей Я. В.* Алгоритмы расчета параметров сердечно-сосудистой системы плода в системе мобильного мониторинга / Я. В. Костелей, Е. В. Чехоцкая // *Материалы XVII Всероссийской конференции молодых учёных по математическому моделированию.* – Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2016. — С. 45.

Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019660830. Программа для исследования индивидуальных особенностей сердечных сокращений на фонокардиограммах человека / Д. С. Жданов, Е. В. Голобокова, И. Ю. Земляков, Я. В. Костелей [и др.] – Заявка № 2019619814. Дата поступления 01.08.2019 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 13.08.2019 г.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016662743. Модуль «МРМ пациента» устройства суточного мониторинга состояния плода и матери в антенатальном периоде беременности / А. Ш. Буреев, Д. С. Жданов, Е. Ю. Дикман, Я. В. Костелей [и др.] – Заявка № 2016619096. Дата поступления 23.08.2016 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 21.11.2016 г.

Практическая значимость работы обуславливается возможностью применения разработанных алгоритмов:

1) в качестве этапа обработки и анализа фонокардиограммы плода в системе мобильного непрерывного мониторинга состояния плода и матери.

2) для разработки алгоритмов поиска точки размещения датчика на поверхности живота беременной и контроля качества сигнала во время проведения мониторинга.

Результаты диссертационного исследования использованы:

– при выполнении обязательств по проекту 18-31-20012 мол_а_вед «Разработка математической модели и вычислительных алгоритмов для решения задачи адаптивной идентификации и подсчета сердечных сокращений на фонокардиограмме при их неопределенных характеристиках в условиях высокого уровня помех» при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (регистрационный номер НИОКТР: АААА-А18-118103190017-6);

– при обновлении коммерческого продукта компании ООО «Диагностика +» 1к-МФ (акт внедрения от 02.09.2021 г.).

Полнота изложенных материалов диссертации в печатных работах, опубликованных автором.

Основные результаты по теме диссертации изложены в 19 печатных изданиях, 4 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК (2 из которых индексируемы в Scopus), 5 – индексируемые в Scopus, 10 – в тезисах докладов. Получены 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

В журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

1. Костелей, Я. В. Адаптация фильтра нелокального усреднения для усиления звуков тонов сердца на фонокардиограммах плода и человека / Я. В. Костелей, Д. С. Жданов, И. Г. Боровской // Вестник СибГУТИ. – 2021. – № 3(55). – С. 77-91.

2. Алгоритм определения пульса на фонокардиограмме человека и плода без классификации тонов сердца [Электронный ресурс] / Я. В. Костелей, Д. С. Жданов, И. Г. Боровской // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – 10(1). – Режим доступа: 10.26102/2310-6018/2022.36.1.018.

В журналах, рекомендованных ВАК и индексируемых в Scopus:

1. Мобильное устройство для оценки состояния плода на основе контроля параметров сердечно-сосудистой системы / Д. С. Жданов, А. Ш. Буреев, Я. В. Костелей [и др.] // Медицинская техника. – 2018. – № 2. – 308. – С. 13–14. Перевод: A Mobile Device for Assessing Fetal Status Based on Monitoring Cardiovascular System Parameters / D. S. Zhdanov, A. S. Bureev, Y. V. Kosteley [и др.] // Biomedical Engineering. – 2018. – Vol. 52. – No. 2. – pp. 87–91.

2. Выбор параметров вейвлет-фильтрации фонокардиограммы плода в условиях высокой зашумленности / Д. С. Жданов, И. Ю. Земляков, Я. В. Костелей, А. Ш. Буреев // Медицинская Техника. – 2021. – № 3. – С. 32–35.

В изданиях Scopus:

1. High-resolution phonocardiogram parameters / I. Yu. Zemlyakov, D. S. Zhdanov, Y. V. Kosteley [и др.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 1019. – pp. 012025.1–7. (Scopus)

2. Mathematical model of heart sounds / I. Zemlyakov, D. Zhdanov, Y. Kosteley [и др.] // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 862. – pp. 042021.1–8.

3. Analyzing approaches to mathematic modeling of heart sounds / I. Zemlyakov, D. Zhdanov, A. Bureev, Y. Kosteley // Prensa Medica Argentina. – 2019. – Vol. 105. – No. 9. – pp. 644–651.

4. 24-Hour Fetal/Maternal Monitoring System Based on Phonocardiogram Analysis / D. Zhdanov, A. Bureev, Y. Kosteley // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 155. – pp. 01046.1–6.

5. Mathematical heart sound model construction criteria / I. Zemlyakov, D. Zhdanov, A. Bureev, Y. Kosteley, E. Golobokova // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). – 2019. – Vol.8. – No. 5. – PP. 2168–2173.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности.

Диссертационная работа Костелей Я.В. по своему содержанию соответствует профилю специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики», в частности, по следующим пунктам:

5. Разработка и исследование моделей и алгоритмов анализа данных, обнаружения закономерностей в данных и их извлечения.

14. Разработка теоретических основ создания программных систем для новых информационных технологий.

Диссертация «Методика обработки и анализа акустического сигнала сердечно-сосудистой системы плода Костелей Яны Валерьевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

Заключение принято на заседании научно-технического семинара «Интеллектуальные системы моделирования, проектирования и управления» кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем факультета безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Присутствовало на заседании 23 чел. Результаты голосования: «за» – 23 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 365 от «19» марта 2022 г.

Председатель семинара,
канд. техн. наук, декан факультета
безопасности



Е.М. Давыдова

Ученый секретарь семинара,
канд. техн. наук, доцент каф. КИБЭВС



Е.Ю. Костюченко