

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д.212.268.02  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР) МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 15 декабря 2016 г. № 13

О присуждении Девятым Дмитрию Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модель, алгоритмы и комплекс программ для неинвазивной фетальной электрокардиографии» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 05.10.2016 г., протокол № 11 диссертационным советом Д 212.268.02 на базе ТУСУРа (634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40). Приказ о создании совета № 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель Девятым Дмитрий Владимирович, 1988 года рождения, в 2012 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (НИ ТПУ), в 2015 году окончил очную аспирантуру НИ ТПУ на кафедре прикладной математики института кибернетики. Работает программистом на кафедре прикладной математики НИ ТПУ.

Диссертация выполнена на кафедре прикладной математики института кибернетики НИ ТПУ. Научный руководитель – кандидат технических наук доцент заведующий кафедрой прикладной математики института кибернетики НИ ТПУ Гергет Ольга Михайловна.

Официальные оппоненты: Фокин Василий Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры медицинской и биологической кибернетики с курсом медицинской информатики ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет», г. Томск; Костюченко Евгений Юрьевич, кандидат техни-

ческих наук, доцент, доцент кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем Томского Государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ), в своем положительном заключении, рассмотренном на расширенном семинаре научно-исследовательского института медицинской инженерии и подписанном директором научно-исследовательского института медицинской инженерии НГТУ д.т.н. профессором Беликом Д.В., утвержденном проректором по научной работе НГТУ д.т.н. профессором Вострецовым А.Г., указала, что диссертация Девярых Д.В. является завершенной научно-квалификационной работой, удовлетворяющей всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Соискатель имеет 14 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 8 – публикации в рецензируемых научных изданиях. Общий объем – 3,9 п.л., авторский вклад – 2,7 п.л. Наиболее значимые работы соискателя:

1. Девярых Д.В. Нейродинамическое диагностирование состояния в условиях подготовки или проведения космических полетов / Д.В. Девярых, О.М. Гергет // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2016. №2. С. 302-308.
2. Гергет О.М. Применение искусственных нейронных сетей для дифференциальной диагностики ишемических и геморрагических перинатальных поражений ЦНС у новорожденных детей различного срока гестации / О.М. Гергет, Д.В. Девярых, И.В. Михаленко // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2013. №. 3-2(91). С. 13-16.
3. Девярых Д.В. Нейродинамическая диагностика нарушений дыхания во время сна / Д.В. Девярых, О.М. Гергет, О.Г. Берестнева // Прикаспийский журнал «Управление и высокие технологии», 2014. № 4. С. 144-156.



На диссертацию и автореферат поступило 6 положительных отзывов из следующих организаций: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Карпенко А.П., д.ф.-м.н.); Волгоградский государственный технический университет (Щербаков М.В., д.т.н.); Институт информационных технологий Челябинского государственного университета (Мельников А.В. д.т.н., профессор); Институт космических и информационных технологий СФУ, г. Красноярск (Симонов К.В., д.т.н.); Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, г. Иркутск (Массель Л.В., д.т.н., профессор).

В отзывах указаны следующие основные замечания: отсутствие экспериментальных результатов обучения нейронной сети с использованием рассмотренного в теоретической части метода параллельно-последовательного развёртывания; неполное обоснование выбора длительности отрезков сигналов, принимающих участие в формировании обучающей и тестовой выборок; ограниченность разработанных алгоритмов малым диапазоном соотношений амплитуд материнских и плодовых составляющих; пунктуационные и стилистические ошибки, допущенные в тексте автореферата.

Выбор официального оппонента Фокина В.А. обоснован его компетентностью в областях математического моделирования биомедицинских данных и вычислительной математики, наличием научных публикаций в данных областях. Официальный оппонент Костюченко Е.Ю. является квалифицированным специалистом по распознаванию образов и машинному обучению с помощью нейро-сетевых технологий, что подтверждается публикациями в рецензируемых научных изданиях. Ведущая организация (НГТУ) широко известна своими достижениями в областях проведения вычислительных экспериментов, численного моделирования, разработки алгоритмов машинного обучения. В штат НГТУ входят высококвалифицированные специалисты, чье понимание актуальности, научной ценности и практической значимости диссертационной работы Девярых Д.В. не вызывает сомнений.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны:** нейросетевая модель электрокардиограммы плода, базирующаяся на синтезе модели слепого разделения источников и глубокой нейронной сети с перекрестными связями; новый численный метод минимизации целевой функции нейронной сети, определяющий коррекцию весов в зависимости от динамики знака суммы производных; комплекс программ для неинвазивной фетальной электрокардиографии, в структуре которого присутствует взаимосвязь между подсистемой обучения нейронной сети и краткосрочной памятью;

**предложен** подход к обучению нейронной сети с использованием параллельного развертывания при решении задачи слепого разделения источников;

**показана** эффективность применения динамической нейронной сети для решения задачи слепого разделения источников; использования разработанного комплекса программ для неинвазивной фетальной электрокардиографии на примере слепого разделения источников многоканальных записей электрокардиограмм, зарегистрированных в абдоминальных отведениях;

**доказана** перспективность использования алгоритма эластичного распространения во времени для обучения нелинейной авторегрессионной нейронной сети с внешними входами, к которой применяется процедура параллельного развертывания.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

**изложены** следующие положения:

нейросетевая модель позволяет в слепом режиме выделять фетальную составляющую абдоминальной электрокардиограммы вне зависимости от длительности сигнала и выбора точки отсчета;

при обучении параллельно развернутой нейронной сети с использованием предложенного в работе численного метода достигается на порядок меньшее значение среднеквадратичной ошибки по сравнению с алгоритмами Левенберга-Марквардта, сопряженных градиентов и эластичного распространения.

разработанный комплекс программ позволяет: точнее выделять R-зубцы плода; достигать меньших значений среднеквадратичной ошибки определения частоты сердечных сокращений плода и корня среднеквадратичной ошибки определе-



ния RR-интервалов по сравнению с моделью слепого разделения источников, для нахождения матрицы разделения которой использовалась максимизация негэнтропии;

**применительно к проблематике диссертации** эффективно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе методов математической статистики, слепого разделения источников, нейросетевых технологий и алгоритмов машинного обучения;

**изучены** причинно-следственные связи линейности процедуры обратного распространения ошибки во времени, случайной инициализации весовых коэффициентов и обращения градиентов в ноль при наличии у нейронной сети множества скрытых слоев;

**проведена** модернизация алгоритма эластичного сопротивления для обучения динамической нейронной сети, определяющая величину коррекции весов в зависимости от динамики знака суммы частных производных.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что разработанные численный метод, модель и алгоритмы применяются при выполнении научно-исследовательских работ, связанных с анализом электрокардиограмм, зарегистрированных в абдоминальных отведениях, в Лечебно-оздоровительном центре «Здоровая мама – крепкий малыш», г. Томск; ОГАУЗ «Первая детская городская больница города Томска».

**Представлены** ограничения, накладываемые: отношением амплитуд материнской и плодовой составляющей в абдоминальной электрокардиограмме, продолжительностью и размерностью сигнала на эффективность выделения его источников с использованием модели слепого разделения, матрица разделения которой определяется с помощью метода анализа независимых компонент.

**Оценка достоверности результатов** выявила высокую степень соответствия моделируемой электрокардиограммы плода и сигнала, полученного инвазивным путем, по таким критериям как количество QRS-комплексов, значения RR-интервалов, частота сердечных сокращений.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии в разработке представленной модели электрокардиограммы плода; обосновании использования алгоритмов глубокого обучения для определения весовых коэффициентов динамической нейронной сети; разработке комплекса программ для неинвазивной фетальной электрокардиографии; непосредственном получении и интерпретации экспериментальных данных; подготовке основных публикаций, их докладе и обсуждении на конференциях различных уровней.

На заседании 15.12.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Девятым Д.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 10 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета \_\_\_\_\_ Ю.А. Шурыгин

Ученый секретарь диссертационного совета \_\_\_\_\_ Т.Н.Зайченко

19.12.2016 г.

