

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.05,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 6 декабря 2018 г. № 6

О присуждении Гергет Ольге Михайловне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Модель и инструментальные средства анализа информационных процессов биологической системы Мать-плод» по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики принята к защите 28 июня 2018 г. (протокол № 3) диссертационным советом Д 212.268.05, созданным на базе ТУСУРа (634050, г. Томск, пр. Ленина, 40). Приказ о создании диссертационного совета № 1236/нк от 12.10.2015.

Соискатель Гергет Ольга Михайловна, 1974 года рождения, в 2002 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей на тему «Разработка моделей и алгоритмов оценки адаптационных стратегий и дифференциальной диагностики развивающихся систем. (На примере системы оценки здоровья в раннем неонатальном периоде)» в диссертационном совете, созданном на базе Томского политехнического университета. С 2007 года имеет ученое звание доцента. В 2016 году закончила докторантуру ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (НИ ТПУ).

В настоящее время работает доцентом Отделения информационных технологий НИ ТПУ.

Диссертация выполнена в НИ ТПУ.

Научный консультант — доктор технических наук профессор Мещеряков Роман Валерьевич, главный научный сотрудник Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (на момент представления диссертации – заведующий кафедрой безопасности информационных систем ТУСУРа).

Официальные оппоненты: Белик Дмитрий Васильевич, доктор технических наук, профессор, директор научно-исследовательского института медицинской инженерии Новосибирского государственного технического университета; Масель Людмила Васильевна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН (г. Иркутск); Сырямкин Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления качеством факультета инновационных технологий Национального исследовательского Томского государственного университета, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматизации и процессов управления» Дальневосточного отделения РАН (г. Владивосток), в своем положительном отзыве, подписанном заместителем директора по научной работе, доктором технических наук В.В. Грибовой и утвержденном директором доктором физико-математических наук академиком РАН Ю.Н. Кульчиным, указала, что диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком профессиональном научном уровне, и посвященной решению крупной народнохозяйственной проблемы. Поддержка исследования рядом грантов РФФИ, РГНФ, Президента России, Администрации города Томска, государственным заданием «Наука» подчеркивает особую значимость исследования для решения проблем на критически важных направлениях государственного планирования – построения развитых систем информационного анализа данных и развития здоровьесберегающих технологий для повышения длительности и качества жизни граждан. Диссертационная работа расширяет теорию и инстру-

ментарий информационного анализа данных, получения новых знаний методами машинного обучения, в том числе нейросетевого. Представленные в работе результаты достоверны, выводы и рекомендации обоснованы. Диссертация содержит достаточное количество поясняющих формул, таблиц и иллюстраций. Работа соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», удовлетворяет всем необходимым требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики, и её автор Гергет Ольга Михайловна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Соискатель имеет 153 опубликованные работы, в том числе 63 по теме диссертации. Основные результаты отражены в 17 статьях в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК; 1 монографии; 16 статьях в журналах, индексируемых Scopus/Web of Science; 26 статьях в прочих научных изданиях; 2 учебных пособиях. Общий объем – 54,29 печ.л., авторский вклад – 31,64 печ.л. Получены 1 патент на изобретение, 4 свидетельства о регистрации программ ЭВМ. В совместных работах автору принадлежат постановочная часть, участие в проведении исследований и интерпретация результатов. Наиболее значимые работы:

1. Gerget O.M. Bionic models for identification of biological systems / O.M. Gerget // Journal of Physics. – 2017. – Vol. 803. – P. 1–6.
2. Гергет О.М. Математическое моделирование сложных гомеостатических систем / О.М. Гергет, В.А. Кочегуров // Научный вестник НГТУ. – 2014. – № 4(57). – С. 89–94.
3. Гергет О.М. Бионическая модель для идентификации биологических систем / О.М. Гергет, Д.В. Девярых // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2017. – № 2(6). – С. 21–29.
4. Gerget O. Neurodynamic Non-invasive Fetal Electrocardiogram Extraction / O. Gerget, D. Devyatykh // CITDS: 2nd International Workshop «Creativity in Intelligent Technologies & Data Science», 2016. – P. 125-137.

5. Гергет О.М. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования развития перинатального поражения нервной системы /О.М. Гергет, Д.В. Девярых, И.В. Михаленко // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2013. – Т. 16, № 8(111). – С. 77–80.

6. Gerget, O.M. Data-driven approach for modeling of control action impact on anemia dynamics based on energy-informational health state criteria/ O. Gerget, D. Devyatykh, M. Shcherbakov// Communications in Computer and Information Science. – 2017. – Vol. 754. – P. 833-846.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы из 15 организаций, все отзывы – положительные. Отзывы предоставили: 1) д.т.н. проф. Аверченков В.И. (зав. каф. «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета); 2) д.т.н. проф. Курейчик В.В. (зав. каф. систем автоматизированного проектирования Южного федерального университета, г. Таганрог); 3) д.ф-м.н. доц. Тулупьев А.Л. (главный науч. сотрудник с возложенными обязанностями зав. лабораторией теоретических и междисциплинарных проблем информатики Санкт-Петербургского института информатики и автоматки РАН); 4) д.ф-м.н. проф. Галактионов В.А. (зав. отделом № 2 Федерального исследовательского центра «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша» РАН, г. Москва); 5) д.ф-м.н. проф. Карпенко А.П. (зав. каф. «Системы автоматизированного проектирования» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана); 6) д.т.н. Щербаков М.В. (и.о. зав. каф. «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования» Волгоградского государственного технического университета); 7) д.т.н. проф. Оскорбин Н.М. (профессор кафедры теоретической кибернетики и прикладной математики Алтайского государственного университета, г. Барнаул); 8) д.т.н. проф. Медведев А.В. (профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск); 9) д.т.н. проф. Большаков А.А. (профессор каф. «Телематика (при ЦНИИ РТК)» Санкт-Петербургского политехнического универси-

тета Петра Великого); 10) д.т.н. проф. Квятковская И.Ю. (директор Института информационных технологий и коммуникаций Астраханского государственного университета); 11) д.т.н. проф. Юсупова Н.И. (зав. каф. вычислительной математики и кибернетики, декан факультета информатики и робототехники Уфимского государственного авиационного технического университета); 12) д.т.н. Симонов К.В. (ведущий сотрудник Института вычислительного моделирования Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр» Сибирского отделения РАН); 13) д.т.н. Тюменцев Ю.В. (вед. научный сотрудник, профессор каф. «Динамика полета и управления», профессор каф. «Вычислительная математика и программирование» Московского авиационного института (Национального исследовательского университета), вице-президент Российской Ассоциации нейроинформатики, г. Москва); 14) д.т.н. проф. Янковская А.Е. (профессор каф. прикладной математики, зав. лабораторией интеллектуальных систем Томского государственного архитектурно-строительного университета); 15) д.т.н. проф. Мельников А.В. (директор Югорского научно-исследовательского института информационных технологий, г. Ханты-Мансийск).

В отзывах на диссертацию и автореферат указаны следующие основные замечания: следовало привести сравнительный анализ методов вычисления обобщенных характеристик, а также области, в которых полученные обобщенные оценки биосистемы показали наилучшие результаты; в работе недостаточно внимания уделено выбору ограничений на параметры сигнала; нет подробного описания взаимодействия методов информационного анализа данных и выбора последовательности управляющих воздействий; целью диссертационного исследования должна была стать разработка методологии информационного анализа данных, однако автор не счел нужным включить это в цель диссертации; в работе не ставилась очень важная задача генерации содержательных объяснений для врача; из работы неясно, учитывалось ли влияние на состояние системы величины отклонения показателей от нормы; не освещен аспект возможности изменения набора входных данных и их нормализации, если нормализация не требуется, то не описано, как это влияет на

процесс обучения нейронной сети; для выделения сигнала использованы нейросетевые модели, следовало привести более полное обоснование использования глубоких нейронных сетей и итоговую архитектуру нейронной сети; следовало больше внимания уделить специфике биосистемы «Мать-плод» и информационным процессам, ее характеризующим; отсутствует описание возможности применения разработанных методов анализа для решения другого класса задач и объектов исследования; принцип представления данных в бионических моделях и алгоритм выбора гиперпараметров бионической модели не объединены в систему; в тексте диссертации не описан оператор скрещивания генетического алгоритма; из текста диссертации не ясно, как происходит выделение R-пика электрокардиосигнала; слабо отмечено влияние факторов матери на состояние здоровья плода.

**Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:** оппонент Белик Д.В. является специалистом в области сбора, хранения и обработки информации, разработки методов мониторинга сложных биологических объектов исследования, математического моделирования биомедицинских данных и вычислительной математики и имеет профильные научные публикации; оппонент Массель Л.В. является специалистом в области разработки методов и интеллектуальных технологий извлечения знаний и поддержки принятия решений, моделирования процессов стратегического ситуационного управления в социальных системах, что подтверждается соответствующими публикациями; оппонент Сырямкин В.И. является квалифицированным специалистом по обработке и анализу многомерной информации, распознаванию образов в комплексах мониторинга, прогноза, диагностики, а также машинному обучению с помощью нейросетевых технологий, что подтверждается публикациями в рецензируемых научных изданиях.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН широко известен своими достижениями в областях проведения вычислительных экспериментов, разработки алгоритмов машинного обучения и обнаружения новых знаний. В штат института

входят высококвалифицированные специалисты в области исследования процессов накопления и обработки информации, включая медицину и здравоохранение. Они имеют значительный объем публикаций по тематике диссертации в ведущих изданиях и способны определить и аргументировано обосновать научную и практическую ценность диссертационной работы Гергет О.М.

**Диссертационный совет отмечает,** что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны:**

– оригинальная модель выбора управляющих воздействий, позволяющая на основе объединения современных нейротехнологий, вычисления обобщенных показателей и генетического алгоритма формализовать сложные информационные взаимодействия между элементами развивающейся биосистемы и повысить эффективность выбора управляющих воздействий;

– структура системы поиска последовательности управляющих воздействий, обеспечивающая мониторинг, прогнозирование и выбор управляющих воздействий;

– алгоритм разделения источников ЭКГ-сигнала, базирующийся на синтезе модели слепого разделения источников и глубокой нейронной сети с перекрестными связями;

– инструментальные средства анализа информационных процессов биосистемы Мать-плод, включающие новые метод и алгоритмы мониторинга, прогнозирования, выбора последовательности управляющих воздействий и их программную реализацию, с целью снижения временных затрат на обработку информации и минимизацию возникновения критических состояний биосистемы Мать-плод.

**предложены:**

– научная гипотеза о возможности адаптации состояния биосистемы к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды посредством корректного выбора и применения управляющих воздействий на основе использования

искусственных систем обработки информации, структурно отражающих функционирование биосистемы;

– способ повышения качества мониторинга за счет нового метода вычисления обобщенного показателя биосистемы Мать-плод, позволяющего получить количественную оценку состояния развивающейся биосистемы, включающую исследование динамических параметров формирования признаков;

– оригинальный подход к обучению глубоких нейронных сетей с помощью развертывания нейронной сети при решении задачи слепого разделения источников ЭКГ-сигнала;

– новый подход инкапсуляции информации в гене хромосомы генетического алгоритма, что расширяет функциональные возможности генетического алгоритма за счет многомерного представления данных;

– новый принцип представления данных в бионических моделях выбора управляющих воздействий и алгоритм выбора гиперпараметров бионической модели, отличающийся от существующих возможностью явного или неявного представления информации.

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

**раскрыта** необходимость использования методологии анализа информационных потоков, характеризующих состояние биосистемы; корректность метода вычисления обобщенного показателя биосистемы Мать-плод; перспективность использования алгоритма Resilient propagation through time для обучения глубокой нейронной сети, к которой применяется процедура параллельного развертывания;

**применительно к проблематике диссертации эффективно использованы** методы теории информации, технологии машинного обучения и прикладного программирования;

**изложены** модели и инструментальные средства анализа информационных процессов, протекающих в биологической системе Мать-плод;

**раскрыто** влияние длительности входного сигнала на величину коррекции значений весовых коэффициентов глубокой нейронной сети;



**изучены** системные взаимосвязи в процессах обработки информации в задачах мониторинга, прогнозирования состояния биосистемы и выбора последовательности управляющих воздействий;

**проведена модернизация** алгоритма минимизации целевой функции обучения нейронной сети, которая дала возможность решить проблему зависимости коррекции значений весовых коэффициентов от количества развертываний рекуррентной нейронной сети и определять величину коррекции веса в зависимости от динамики знака суммы частных производных.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что разработанные модель и инструментальные средства анализа информационных процессов внедрены в практику Восточно-Сибирского института медико-экологических исследований (г. Ангарск); Консультативно-диагностического центра (г. Бийск), ЛОЦ «Здоровая мама – крепкий малыш» (г. Томск), Национального центра акушерства, гинекологии и перинатологии (г. Астана), Научно-клинического консультативного центра гормонального здоровья (г. Томск); Томского национального исследовательского медицинского центра РАН «Научно-исследовательский институт кардиологии». Алгоритмы прогнозирования интегральной характеристики на основе глубоких нейронных сетей и алгоритмы выделения плодовой составляющей из абдоминального сигнала внедрены в практику фирмы-разработчика программного обеспечения ООО «Элекард-мед» (г. Томск);

**определены** скрытые закономерности в изменениях показателей, качественно характеризующих упругие свойства организма, характера напряженности системы и темпов изменения переменных состояния; магистральные и оптимальные траектории развития биосистемы, которые дают возможность оценить тенденцию изменения состояния здоровья; взаимосвязи между адаптационным потенциалом матери и ребенка, которые позволяют использовать полученные адаптационные стратегии беременных женщин и их детей в качестве прогностических критериев оценки функционального состояния;

**создана** подсистема обучения параллельно развернутых рекуррентных нейронных сетей, которая в отличие от стандартных алгоритмов обучения нейронных сетей размещает в «буфер краткосрочной памяти» предыдущие выходные значения нейросети вместо желаемых откликов, что позволяет учитывать динамический характер данных.

**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 коэффициентов которой определяется с помощью метода анализа независимых компонент; технические и программные решения для проектирования систем мониторинга, прогнозирования и выбора управляющих воздействий.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**установлено** соответствие моделируемой обобщенной оценки состояния биосистемы клиническим показателям; соответствие моделируемой электрокардиограммы плода сигналу, полученному инвазивным путем, по таким критериям как количество QRS-комплексов и значения RR-интервалов;

**теория** построена на известных, проверяемых данных и фактах, достоверных методах обучения нейронных сетей, бионической модели и интегральных критериях, с использованием обоснованных допущений по длительности временного интервала, на котором исследуются динамические данные, соотношению амплитуд материнской и плодовой составляющих абдоминальной электрокардиограммы, количеству отведений и согласуется с опубликованными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на обобщении передового опыта исследователей в области: разработки методов разделения сигналов; обучения глубоких нейронных сетей; получения количественных обобщенных оценок; создания информационных технологий нового поколения;

**установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с известными результатами других исследователей;

**использованы** современные программные средства для моделирования и анализа результатов исследования, в частности, Tensorflow, Pandas, Matlab, Python.

**Личный вклад соискателя состоит в** постановке задач исследования, разработке бионической модели, методов и алгоритмов, адекватно отражающих информационные взаимодействия между элементами биосистемы Мать-плод, непосредственном участии в разработке программного обеспечения решения задач, внедрении результатов, подготовке публикаций по результатам работы.

Диссертация Гергет О.М. на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики является научно-квалификационной работой, в которой содержится важное социально-экономическое решение проблемы построения систем информационного анализа данных и развития здоровьесберегающих технологий для повышения длительности и качества жизни граждан, имеющей существенное значение для развития отрасли информационных технологий, машинного обучения, анализа и обработки информации, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

На заседании 6 декабря 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Гергет Ольге Михайловне ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за — 15, против — нет, недействительный бюллетень — 1.

Зам. председателя  
диссертационного совета  
Ученый секретарь  
диссертационного совета  
« 07 » декабря 2018 г.



Ходашинский Илья Александрович

Костюченко Евгений Юрьевич