

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.029.03,

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14 февраля 2025 года № 3

О присуждении Серебровскому Андрею Вадимовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Развитие технологий биоимпедансного анализа для классификаторов риска рака молочной железы, построенных на основе гибридных технологий искусственного интеллекта» по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки) принята к защите 10 декабря 2024 г. (протокол заседания № 14) диссертационным советом 99.2.029.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94), федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (302026, г. Орел, ул. Комсомольская д. 95), федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (308015, г. Белгород, ул. Победы, 85) приказом Минобрнауки России №1196/нк от 07 октября 2016 года (№889/нк от 25 сентября 2024 года).

Соискатель Серебровский Андрей Вадимович, 25 июня 1996 года рождения, в 2020 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» с присвоением квалификации магистр по направлению подготовки «Биотехнические системы и технологии». В 2024 году окончил очную аспирантуру при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Юго-Западный государственный университет», работает научным сотрудником на кафедре биомедицинской инженерии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Юго-Западный государственный

университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре биомедицинской инженерии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Шаталова Ольга Владимировна, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», кафедра биомедицинской инженерии, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Фролов Сергей Владимирович – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», кафедра биомедицинской техники, заведующий кафедрой;

Алексанян Грайр Каренович – кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», кафедра информационных и измерительных систем и технологий, доцент кафедры

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, **в своем положительном отзыве**, подписанном и составленном Родионовым Олегом Валерьевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры системного анализа в медицинских системах, утвержденном проректором по науке и инновациям Башкировым Алексеем Викторовичем, доктором технических наук, доцентом, указала, что диссертация Серебровского Андрея Вадимовича «Развитие технологий биоимпедансного анализа для классификаторов риска рака молочной железы, построенных на основе гибридных технологий искусственного интеллекта» является законченной научно-квалификационной работой, которая содержит новые и усовершенствованные результаты исследования актуальных научных задач в области систем интеллектуальной поддержки диагностики онкологических заболеваний. Результаты диссертационного исследования рекомендуются к использованию в образовательных, научно-исследовательских и лечебно-профилактических учреждениях, занимающихся системами поддержки принятия решений для диагностики и прогнозирования онкологических заболеваний. Диссертационная работа «Развитие технологий биоимпедансного анализа для классификаторов риска рака молочной железы, построенных на основе гибридных технологий искусственного интеллекта» соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, и требованиям паспорта специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия

медицинского назначения (технические науки). Серебровский Андрей Вадимович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, общим объемом 7,57 печатных листа, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 научных работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 (4,2 печатных листа, авторский вклад 60%). Соискателем опубликовано 11 работ в материалах международных и всероссийских конференций (2,7 печатных листа, авторский вклад 70%).

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые статьи по теме диссертации:

1. Серебровский, А.В. Мультимодальный классификатор риска рака молочной железы на основе анализа импеданса биоматериала / А.В. Серебровский, О.В. Шаталова, А.В. Лях, И.А. Халин, И.А. Башмакова, З.У. Протасова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2024. – Т. 14, № 2. – С.142-159. – DOI: <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2024-14-2-142-159>.

2. Серебровский, А.В. Мультимодальный классификатор медицинского риска на основе многоэлектродного биоимпедансного преобразователя / А.В. Серебровский, Н.А. Корсунский, А.В. Лях, В.Н. Мишустин, О.В. Шаталова, Л.В. Шульга // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 121–143. – DOI: <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2024-14-3-121-143>.

3. Шаталова, О.В. Биомедицинская спектроскопия в классификаторах функционального состояния органов и систем человека, построенных на основе гибридных технологий искусственного интеллекта / О.В. Шаталова, А.В. Серебровский, Н.С. Стадниченко, А.Ю. Новоселов, А.В. Лях // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2023. – Т. 22, № 2. – С. 100-113. – DOI: 10.36622/VSTU.2023.22.2.015.

На автореферат диссертации поступили 4 отзыва из организаций: ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», подписан кандидатом технических наук, доцентом факультета технологий искусственного интеллекта Копаницей Георгием Дмитриевичем. (Отзыв положительный. Замечания: 1. Из автореферата неясно, какие помехи оказывают влияние на получение биоимпедансных данных и насколько стабильны показания биоимпеданса в пространстве и времени. 2. В автореферате на странице 16 соискатель пишет о физической модели получения данных, но не раскрывает ее сущность); ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», подписан кандидатом физико-математических наук, доцентом, начальником лаборатории беспроводных биомедицинских интерфейсов Института БМС МИЭТ Даниловым Арсением Анатольевичем (Отзыв положительный. Замечание: В автореферате имеются некоторые ошибки и неточности, в частности, мультимодальный классификатор агрегирует решения интеллектуальных агентов, и не сами интеллектуальные

агенты, по определению они должны быть автономными); ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет», подписан доктором медицинских наук, доцентом, профессором кафедры онкологии Станоевич Ириной Васильевной (Отзыв положительный. Замечания: 1. Получены ли информированные согласия у пациенток экспериментальной группы и одобрено ли проводимое исследование этическим комитетом? 2. Каковы клинические характеристики пациенток в экспериментальной группе и по какому критерию они вводились/не вводились в состав экспериментальной группы? 3. Чем объясняется очень высокий показатель точности диагностики (99%), полученный на классификаторе, выполненном на СНС?); ФГБОУ ВО «Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова», подписан кандидатом технических наук, доцентом кафедры электротехники и электроэнергетики Мясоедовой Мариной Анатольевной (Отзыв положительный. Замечания: 1. Из рисунка 3 автореферата неясно, сколько эквивалентных двухполюсников было получено при формировании дескрипторов нейронной сети и каким образом они были получены? 2. В автореферате не освещена роль БУ и роль ЗУ в структуре нейронной сети, рисунок 3 автореферата).

Все поступившие в совет отзывы положительные. Во всех отзывах отмечается, что диссертационная работа выполнена на актуальную тему, на высоком научном уровне, отличается научной новизной, теоретической и практической значимостью, выполнена лично соискателем и имеет завершённый характер, соответствует паспорту научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения и критериям, предъявляемым Положением о присуждении ученых степеней, к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

На все поступившие замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты обладают высокой компетентностью в области исследования систем поддержки принятия врачебных решений, наличием публикаций за последние пять лет в ведущих рецензируемых научных изданиях по теме диссертационной работы, что позволило им определить научную и практическую ценность диссертации. Ведущая организация является передовым научно-исследовательским образовательным учреждением в области систем интеллектуальной поддержки принятия решений в медицинских системах, обладает высококвалифицированными научными специалистами, известными в стране и за рубежом, специализирующимися в области проблематики диссертационной работы. Официальные оппоненты не имеют совместных проектов и совместных публикаций с соискателем. Ведущая организация не имеет договорных отношений с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан мультимодальный классификатор риска рака молочной железы с тремя каналами анализа данных и двумя уровнями анализа данных в первом канале, позволяющий агрегировать системы машинного и глубокого обучения, а также экспертного оценивания медицинского риска;

предложена модель биоимпеданса для электродной матрицы, основанная на трехзвенном эквивалентном двухполюснике, позволяющая определять его параметры, которые используются в качестве дескрипторов для классификатора риска рака молочной железы;

доказана перспективность использования матричных биоимпедансных преобразователей в классификаторах риска рака молочной железы;

введены понятия, характеризующие процедуру биоимпедансной спектроскопии в системах поддержки принятия врачебных решений: матричный биоимпедансный преобразователь, двухэтапная схема определения параметров эквивалентного двухполюсника, топологические структуры инжектируемого тока, формирующие отведения в многоэлектродном импедансном преобразователе.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о формировании дескрипторов для классификаторов риска заболеваний молочной железы с матричным биоимпедансным преобразователем;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс базовых методов биомедицинских исследований и анализа их результатов, в том числе, теория биотехнических систем медицинского назначения, теоретические основы электротехники, математический аппарат цифровой обработки сигналов, статистический анализ, теория проектирования систем машинного и глубокого обучения;

изложены идеи классификации риска онкологических заболеваний молочной железы на основе моделей биоимпедансного картирования;

раскрыты особенности моделирования биоимпеданса молочной железы для матричного биоимпедансного преобразователя с учетом анизотропии биоматериала;

изучены методы формирования дескрипторов при получении сырых данных от матричного биоимпедансного преобразователя, основанные на моделях биоматериала в виде эквивалентных двухполюсников и нейросетевом моделировании;

проведена модернизация схемы управления формированием отведений матричного биоимпедансного преобразователя, позволяющая учитывать анизотропию биоматериала молочной железы, и обеспечивать показатели чувствительности не ниже 0,60 при показателях диагностической специфичности 0,70.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработанные методы, модели и алгоритмы внедрены в образовательный процесс Юго-Западного государственного университета при подготовке магистров по направлению 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» и прошли клинические испытания в ООО «Бионика», которые

показали целесообразность их использования для интеллектуальной поддержки выявления онкологических заболеваний молочной железы;

определены перспективы практического использования моделей классификаторов с матричным биоимпедансным преобразователем в системах поддержки принятия врачебных решений;

созданы программно-аппаратные средства поддержки принятия врачебных решений, предназначенные для диагностики онкологических заболеваний молочной железы посредством классификаторов с мультиагентной структурой;

представлены практические рекомендации по дальнейшему совершенствованию систем поддержки принятия врачебных решений в практике диагностики онкологических заболеваний молочной железы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов биоимпедансной спектроскопии у пациентов с онкологическими заболеваниями молочной железы;

теория построена на известных, проверяемых данных и фактах, все теоретические результаты согласуются с опубликованными экспериментальными данными и результатами практического внедрения созданных методов, алгоритмов и моделей;

идея базируется на анализе практики обработки результатов моделирования биоматериала посредством звеньев Войта и биоимпедансной спектроскопии, а также на теоретических и практических работах по использованию мультимодальных классификаторов в интеллектуальных системах медицинского назначения;

использовано сравнение авторских данных, и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы известные и авторские методы обработки, анализа и классификации биомедицинских данных, при разработке моделей классификаторов в качестве инструментария использовался MATLAB 2018b с графическим интерфейсом пользователя для Neural Network Toolbox.

Личный вклад соискателя состоит в разработке методов построения гибридных моделей классификации риска онкологических заболеваний молочной железы, методов визуализации результатов биоимпедансного анализа, в непосредственном участии в получении исходных данных и научных экспериментах, в апробации результатов исследования, разработке ключевых модулей экспериментального программного обеспечения, обработке и интерпретации результатов биоимпедансной спектроскопии, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1. При разработке конструкции матричного импедансного преобразователя не раскрыта тема разъёмного соединения. Матрица содержит 256 электродов, что требует использования специальных шлейфов. Насколько это усложнит конструкцию и технологичность изготовления и эксплуатации самого импедансного преобразователя в диссертации не раскрыто. 2. При построении классификаторов риска рака молочной железы соискатель использовал методы биоимпедансного картирования. Известно, что в настоящее время в компьютерных методах диагностики онкологических заболеваний интенсивно используются методы биоимпедансной томографии. В первом разделе и в последующих разделах автор не обосновывает выбор кластера биоимпедансной визуализации.

Соискатель, Серебровский Андрей Вадимович, исчерпывающе ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию выбранных им алгоритмических решений по построению гибридных нейросетевых классификаторов по оценке риска онкологических заболеваний молочной железы, детализировал и пояснил процесс формирования дескрипторов при использовании матричного биоимпедансного преобразователя.

На заседании 14 февраля 2025 года диссертационный совет принял решение: за успешное решение научно-технической задачи разработки методов и средств поддержки принятия врачебных решений, позволяющих повысить качество оказания медицинской помощи пациентам с онкологической патологией молочной железы, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, присудить Серебровскому Андрею Вадимовичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования в удаленном интерактивном режиме диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, воздержавшихся – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

14 февраля 2025 года



Филист Сергей Алексеевич

Милостная Наталья Анатольевна