

Отзыв научного руководителя

на диссертационную работу Мангилевой Дарьи Владимировны
«Нейросетевые методы анализа динамических сцен и математические модели
электрофизиологии сердца для изучения аритмий», представленную на **соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. –
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».**

Мангилева Дарья Владимировна закончила магистратуру департамента математики, механики и компьютерных наук Института естественных наук и математики (ИЕНиМ) Уральского федерального университета (УрФУ) им. первого Президента России Б.Н. Ельцина в 2020 году. В период подготовки диссертации Мангилева Дарья Владимировна обучалась в очной аспирантуре УрФУ по направлению подготовки 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника (Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ) с 01 сентября 2020 года по 31 августа 2024 года, выполняя научные исследования под моим руководством. Во время обучения в аспирантуре была трудоустроена в лаборатории математической физиологии имени чл.-корр. РАН В.С. Мархасина Института иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук (ИИФ УрО РАН) в должности младшего научного сотрудника (с 2020 по 2022 г.г.) и в научной лаборатории «Математическое моделирование в физиологии и медицине с использованием суперкомпьютерных технологий» ИЕНиМ УрФУ в должности инженера-исследователя (с 2022 по 2024 г.г.). С 2024 года и по настоящее время работает ассистентом кафедры вычислительной математики и компьютерных наук и департамента биологии и фундаментальной медицины ИЕНиМ УрФУ, разработала и преподаёт основные курсы для студентов специальности «медицинская кибернетика».

Направление исследований Мангилевой Д.В. - анализ данных с использованием нейронных сетей, математическое моделирование в медико-биологической области. Она принимала участие в реализации научных проектов, выполняемых в УрФУ и ИИФ УрО РАН и поддержанных грантами РНФ, Министерства науки и высшего образования РФ. Проявила себя активным и трудолюбивым студентом и аспирантом, и к настоящему времени сформировалась как квалифицированный молодой ученый и преподаватель, способный к освоению новых областей математики и компьютерных наук, самостоятельной продуктивной работе. Профессионально владеет разнообразными методами машинного обучения, в том числе нейросетевого моделирования, методами обработки изображений, математического моделирования динамических процессов. Может

продуктивно работать в мультидисциплинарных областях исследований, требующих освоения смежных тематик, в частности в биомедицинской области. Способна к анализу научной литературы, ориентируется в современных тенденциях в предметной области.

Тематика диссертационного исследования сформировалась во время участия Д.В. Мангилевой в научных проектах, выполняемых совместно сотрудниками УрФУ и ИИФ УрО РАН, а также Института физиологии Коми НЦ УрО РАН, по изучению фундаментальных механизмов развития аритмий при помощи компьютерных моделей сердца, а также нативных экспериментов на сердце экспериментальных животных. Теоретические задачи, которые были предложены и решены Мангилевой Д.В., связаны с анализом периода спиральных волн возбуждения миокарда, т.е. высокочастотной авторитмической активности сердечной ткани, которая может возникать при постинфарктных структурно-функциональных повреждениях сердца, нарушающих нормальную последовательность распространения волны электрической активации миокарда. Впервые в диссертационной работе при помощи разработанных и реализованных диссертантом реакционно-диффузионных моделей, описывающих изменение электрического мембранного потенциала сердечных клеток в идеализированных двумерных областях ткани и в реалистичных анатомических трехмерных моделях желудочков сердца, был проведен анализ влияния размеров непроводящей зоны (постинфарктный рубец) миокарда и окружающей его зоны с измененными электрофизиологическими свойствами ткани (“серая” зона) на период и паттерн вращения спиральных волн электрической активности. Установлены диапазоны изменения размеров препятствия и его серой зоны, линейно влияющие на период волны, и диапазоны зависимости либо от размера рубца, либо от размера серой зоны. Эти результаты могут в дальнейшем быть использованы для выбора возможных терапевтических воздействий.

Другой фрагмент работы Д.В. Мангилевой также связан с анализом вихревой активности в миокарде, только уже реально наблюдаемой в физиологических экспериментах на свиньях при фибрилляции желудочков, вызванной острой ишемией. Целью научного проекта было установление связей между нарушениями электрической и механической активности в миокарде. Для анализа механической активности миокарда в открытом неизолированном сердце животного потребовалось разработать новые инструменты анализа видеозаписей сокращения сердца. Насколько нам известно, имеются лишь единичные работы, посвященные решению подобных задач. Это весьма нетривиальная и наукоемкая задача в связи со спецификой изображений, наличием артефактов движения сердца, не связанных с его собственной механической активностью, нестабильностью регистрируемых динамических процессов. Эта область обработки

изображений относится к задаче анализа “динамических сцен”, т.е. количественной оценке изменений в изображениях во временном процессе. Для этого необходимо было вычислить поля смещений изображения от кадра к кадру, которые далее могут быть преобразованы в оценки деформаций визуализируемой ткани и их числовые характеристики. Для решения этой задачи Д.В. Мангилева разработала оригинальную нейросетевую модель, основанную на многослойных персептронах (MLP). Ее преимущество по сравнению с другими методами машинного обучения заключается в высокой точности восстановления изображения и его смещения, высоком уровне локальной детализации процесса, отсутствием потребности в обучающем датасете для настройки модели. Отобранная на основе многочисленных синтезированных тестовых примеров MLP модель на тестовых примерах продемонстрировала сравнимую или более высокую точность по сравнению с существующими современными моделями. Ее применение к анализу экспериментальных данных позволило выявить значимое увеличение усредненного смещения в изображениях сердца, записанных в период фибрилляции, по сравнению с контролем. Д.В. Мангилева впервые предложила применить индекс вихревого растяжения для детекции участков с потенциальной вихревой активностью миокарда. Применение этого подхода было верифицировано на модельных данных. Благодаря разработанному подходу впервые удалось визуализировать механическую вихревую активность миокарда во время эпизода фибрилляции желудочков.

Все поставленные задачи исследования были успешно решены в рамках диссертационной работы, предложены неординарные математические и компьютерные подходы для решения задач, создан комплекс программ для их решения. По результатам работы поданы заявки на свидетельство РИД на программу и патент, которые позволят внедрить разработанные подходы в различных областях визуализации экспериментальных данных и обработки изображений.

Результаты работы были представлены на многочисленных конференциях и полноценно опубликованы в 7 статьях в изданиях, входящих в список рекомендованных ВАК РФ и в международные реферативные базы данных, утвержденные согласно решению Аттестационного совета УрФУ. Стоит обратить внимание, что у диссертанта имеется 3 статьи в высокорейтинговых индексируемых журналах первого и второго квартиля (Q1, Q2), а также 1 единоличная публикация в профильных изданиях, подготовленных ей самостоятельно. Индекс Хирша цитируемости работ в отечественных и международных наукометрических базах: 2.

Во время работы над диссертационным исследованием Д.В. Мангилева проявила упорство и настойчивость в достижении научной цели, эрудицию и высокую

профессиональную подготовку в выборе инструментов исследования, информированность об актуальных достижениях в предметной области, активность в формулировке задач и обсуждении полученных результатов, самостоятельность и владение академическим стилем написания текстов статей и докладов на научных мероприятиях.

Диссертация Д.В. Мангилевой написана хорошим научным языком, является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, содержащей новые конкретные решения важной научной задачи разработки математических моделей, численных методов и комплексов программ для анализа вихревой активности в миокарде с целью изучения механизмов нарушений функции сердца.

Высокая научная квалификация Д.В. Мангилевой, его профессиональная подготовка как специалиста в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ соответствуют требованиям, предъявляемым к соискателям ученой степени кандидата наук, — способности соискателя самостоятельно решать новые научные задачи.

Считаю, что диссертационная работа «Нейросетевые методы анализа динамических сцен и математические модели электрофизиологии сердца для изучения аритмий» в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Мангилева Дарья Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научный руководитель

Директор ФГБУН Институт иммунологии и физиологии

Уральского отделения российской академии наук,

профессор кафедры вычислительной математики

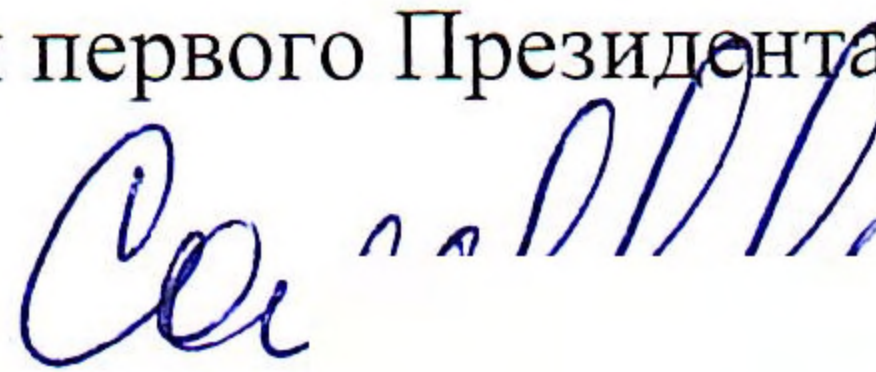
и компьютерных наук Института естественных наук и математики

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

д.ф.-м.н., профессор

07.04.2025

620078, г. Екатеринбург ул. Первомайская, 106.

 Соловьёва Ольга Эдуардовна

