

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Пенкина Максима Александровича
на тему: «Гибридные методы анализа и повышения качества
медицинских изображений»
по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ**

Диссертационная работа посвящена исследованию и программной реализации методов, основанных на объединении классических математических методов и подходов глубокого обучения, для анализа и повышения качества медицинских изображений различных типов.

Актуальность выбранной темы не вызывает сомнений. В условиях стремительного роста объемов медицинских визуальных данных задачи повышения качества изображений, сегментации и классификации патологий приобретают принципиальное значение для современной клинической практики. При этом традиционные методы математической обработки изображений, обладая строгой теоретической базой и интерпретируемостью, зачастую демонстрируют ограниченную эффективность при работе с зашумленными, низкоконтрастными и разнородными медицинскими данными.

Методы глубокого обучения показывают высокую точность, однако характеризуются значительными вычислительными затратами, зависимостью от объема размеченных данных и недостаточной интерпретируемостью, что особенно критично для медицинских приложений. В этой связи разработка гибридных подходов, сочетающих преимущества классических численных методов и нейросетевых методов, является актуальной научной задачей.

Степень обоснованности положений, выносимых на защиту

В **первой главе** рассматривается задача подавления осцилляций Гиббса на изображениях магнитно-резонансной томографии головного мозга. Автором проведен анализ причин возникновения данных артефактов и

разработан гибридный метод DGAS9-CNN, сочетающий классический поиск оптимальных субпиксельных сдвигов и сверточную нейронную сеть. Обоснованность соответствующего положения, выносимого на защиту, подтверждается результатами экспериментов, демонстрирующих улучшение количественных показателей качества и снижение вычислительных затрат в сравнении с известными аналогами.

Вторая глава посвящена разработке методов повышения качества медицинских изображений различных типов на основе нейронных операторов, а также сегментации изображений с помощью проекционных нейронных архитектур. В первой части главы применение нейронного оператора Фурье для аппроксимации решения модели анизотропной диффузии Перона-Малика обосновано как с теоретической, так и с экспериментальной точек зрения. Экспериментальные результаты на наборе сканов головного мозга IXI демонстрируют устойчивость метода к изменению пространственного разрешения входных данных, подтверждая заявленное свойство масштабной инвариантности. Во второй части главы автором предложен проекционный метод сегментации изображений на основе функциональных сетей Колмогорова-Арнольда. Корректность и эффективность метода подтверждены результатами экспериментов на нескольких клинически различных наборах данных (ультразвуковые, гистологические и колоноскопические изображения), где продемонстрировано устойчивое превосходство по метрике IoU при одновременном снижении вычислительной сложности по сравнению с современными аналогами. Особое внимание было уделено надежности оценок: количественные показатели рассчитывались на основе трех независимых запусков с различными значениями генераторов случайных чисел (50, 100, 150), что обеспечило воспроизводимость и статистическую достоверность полученных результатов.

В третьей главе рассматривается задача выбора масштаба для анализа гистологических полнослайдовых изображений. Автором предложен метод

автоматического выбора масштаба, основанный на геометрической интерпретации последнего линейного слоя нейронного классификатора. Обоснованность данного положения, выносимого на защиту, обеспечивается результатами применения метода на реальных полнослайдовых данных из набора PATH-DT-MSU. Экспериментальная апробация метода подтверждает его способность корректно определять масштаб, близкий к оптимальному для предобученной нейронной сети, без использования априорной информации.

В четвертой главе изложены вопросы программной реализации разработанных методов и обеспечения воспроизводимости проведенных экспериментов. Автором реализован проблемно-ориентированный программный комплекс с модульной архитектурой, позволяющей воспроизводить представленные в работе результаты. Обоснованность положения о практической применимости предложенных методов подтверждается апробацией программного комплекса при получении результатов, представленных в диссертационной работе.

Положения, выносимые на защиту, и научные выводы, сформулированные в диссертационной работе, являются обоснованными и логически вытекают из проведенных исследований.

Достоверность результатов обеспечивается проведением обширных экспериментов на различных наборах данных, сравнением с современными методами по общепринятым метрикам качества (PSNR, SSIM, TV, IoU, F1), воспроизводимостью результатов, обеспеченной разработанным программным комплексом, а также опорой на теоретическую базу и апробацией основных результатов работы на научных конференциях.

Новизну представляют разработанные методы повышения качества изображений магнитно-резонансной томографии головного мозга, сегментации ультразвуковых, гистологических и колоноскопических изображений, анализа полнослайдовых гистологических изображений.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений и содержит 103 страницы.

Автореферат диссертации включает основные положения работы и достаточно полно и точно отражает ее содержание.

К недостаткам работы можно отнести:

1. В главе 1 при анализе эффективности гибридного метода автор в основном опирается на стандартные количественные метрики качества изображений (PSNR, SSIM, TV). Включение дополнительных метрик, отражающих клиническую значимость (например, чувствительность к малым патологическим изменениям), позволило бы расширить интерпретацию полученных результатов.
2. В главе 2, в которой предлагаются функциональные сети Колмогорова-Арнольда, не рассмотрены теоретические ограничения предложенной гипотезы.
3. В работе не в полной мере обсужден вопрос переносимости разработанных методов при применении к данным, полученным с использованием различных медицинских сканеров, протоколов съемки и условий подготовки пациентов, что представляет практический интерес для клинического внедрения.
4. Использование большого количества специфических терминов без их определения. Например, «T1-взвешенное изображение», «размер рецептивного поля», «сверточные нейронные сети» (нет не только определения, но даже и ссылки), «обобщающая способность», «признаковые описания», «эпоха», «персептроны», «сегментация опухолей» и др.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о

присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Пенкин Максим Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, доцент
заведующий лабораторией вычислительных систем и
прикладных технологий программирования
Научно-исследовательского вычислительного центра
Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова
СУЛИМОВ Владимир Борисович

Дата: 16.02.2026

Контактные данные:

тел.: 7 (495) 939-24-81, e-mail: v.sulimov@srcc.msu.ru
Специальность, по которой официальным оппонентом
защита диссертация: 01.04.10 – Физика полупроводников и диэлектриков
по физико-математическим наукам

Адрес места работы:

119234, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В.
Ломоносова, д. 1, стр. 4,
НИВЦ МГУ имени М. В. Ломоносова
Тел.: 7 (495) 939-24-81; e-mail: v.sulimov@srcc.msu.ru

Подпись сотрудника
НИВЦ МГУ имени М.В. Ломоносова
В.Б. Сулимова удостоверяю:
Ученый секретарь

В.В. Суворов
дата 16.02.2026