

ОТЗЫВ официального оппонента
о диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Довганича Андрея Артуровича

«Адаптивные методы обработки медицинских изображений»
по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ»

Технологии и методы работы с цифровыми изображениями получили широкое распространение в современном мире. Одним из практических приложений работы с цифровыми изображениями является область медицины. Представленная диссертационная работа посвящена вопросам разработки адаптивных методов обработки медицинских изображений.

В настоящее время в распоряжении медиков имеется широкий спектр технических средств для осуществления неинвазивной или малоинвазивной диагностики. Соответственно доступен широкий спектр медицинских изображений, полученных на основании различных принципов извлечения информации. Большой объем получаемых изображений, различное качество получаемых изображений, а также различные настройки приборов при их получении приводят к необходимости применения автоматизированного анализа. В свою очередь, развитие вычислительной техники и методов обработки и анализа медицинских изображений привели к тому, что задача обработки и анализа медицинских изображений может быть решена прямо на рабочем месте врача при помощи систем компьютерной диагностики.

Крайне важными в данном контексте представляются задачи по оценке качества медицинских изображений и их фильтрация по критериям, позволяющим улучшить качество предсказания и классификации при применении автоматизированных методов анализа. Для разработки автоматизированных методов контроля качества требуется работа в постоянном контакте с медиками для того, чтобы достаточно точно формализовать их опыт в виде алгоритмов и математических моделей.

В своей работе автор рассматривает целый ряд задач, связанных разработкой и реализацией методов нахождения хребтовых структур, выравнивания освещенности,

шумоподавления, оценки качества изображений, классификации, в области обработки медицинских изображений.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во **введении** производится постановка целей и задач работы, обосновывается актуальность и описывается научная новизна работы, обосновывается теоретическая и практическая ценность работы, описывается степень разработанности темы, приводится методология и методы исследования, применяемые в работе, даются сведения об апробации работы и публикациях по теме диссертации.

В **первой** главе рассматривается проблема автоматической сегментации изображений иммунофлюоресцентной микроскопии тканей кожи при пузырьных кожных заболеваниях, проводится выделение на них хребтовых структур для анализа и прогнозирования на их основе дальнейшего течения болезни. Предлагаемый в ней подход основан на поэтапном анализе изображений иммунофлюоресцентной микроскопии тканей кожи. Результаты каждого из этапов являются входной информацией для следующего шага. Рассматриваются различные подходы на каждом из этапов и выбирается оптимальный. Кроме этого в главе подробно рассмотрен вопрос влияния предобработки изображений на итоговый результат. В заключительной части главы строится математическая модель, основанная на алгоритме «сопротивлений», которая позволяет в теории полностью автоматизировать процесс прогнозирования дальнейшего течения болезни.

Во **второй** главе рассматриваются различные методы оценки качества изображений. Разрабатываются методы оценки качества изображений применимые как составная часть алгоритма шумоподавления. В начале главы рассматривается совершенствование алгоритма шумоподавления, основанного на самоподобии – алгоритма нелокального среднего. Алгоритм нелокального среднего обеспечивает высокое качество получаемого изображения, но он имеет высокую вычислительную сложность. В главе производится обзор различных модификаций алгоритма нелокального среднего. Рассматриваются их достоинства и недостатки. Показано, что большую роль в качестве и эффективности работы алгоритма играет метрика, по которой считается расстояние между блоками. Отдельно рассматривается процедура отбора похожих блоков в алгоритме нелокального среднего. В конце главы проводится тестирование всех разработанных методов.

В **третьей** главе описывается процедура создания сбалансированного набора изображений рентгена легких. Разрабатываются критерии первоначального отбора изображений в итоговую базу. Решается задача предобработки рентгеновских снимков для подавления различных присутствующих на них артефактов. Далее вводится понятие «жесткости» снимка и рассматривается влияние данного параметра на качество диагностики. Для разработки автоматизированного метода контроля качества рентгеновских снимков формализуется эмпирический метод оценки «жесткости», применяемый рентгенологами. В заключительной части главы описывается методика применения современных сверточных нейронных сетей для анализа изображений рентгена легких при диагностике туберкулеза. Проводится валидация разработанных методов и оценка качества их совместной работы.

В **четвертой** главе описаны аспекты программной реализации алгоритмов и методов, разработанных в предыдущих главах. Приведено описание трех разработанных программных модулей: модуля обработки и анализа изображений иммунофлюоресцентной микроскопии тканей кожи, модуля шумоподавления на основе модифицированного индекса структурного сходства и модуля обработки и анализа рентгеновских снимков легких. Приведены технические характеристики ЭВМ, на которых выполнялось обучение и тестирование моделей глубокого обучения.

В **заключении** формулируются основные результаты работы.

Актуальность работы подтверждается высоким распространением прикладных методов обработки и анализа изображений при медицинской диагностике. Крайне важным представляются здесь метод оценки качества рентгеновских снимков легких в виду высокой частоты применения данной процедуры для диагностики легочных заболеваний и низкой её инвазивности.

Научная и практическая значимость работы заключается в том, что разработанные алгоритмы предобработки, классификации, сегментации и оценки качества медицинских изображений могут применяться как независимо при проведении медицинских исследований, так и могут быть реализованы в виде связанных модулей системы медицинской компьютерной диагностики.

Научную новизну диссертационной работы Довганича А.А. составляют методы обработки и анализа хребтовых структур на изображениях иммунофлюоресцентной микроскопии тканей кожи, а также метод контроля качества рентгеновских снимков и

модифицированный индекс структурного сходства, основанный на математическом моделировании особенностей человеческого восприятия изображений. Алгоритмы и модели, предложенные в работе реализованы в едином программном комплексе.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечена широкой теоретической базой, математической обоснованностью алгоритмов, многочисленными экспериментами и тестированием разработанных методов на реальных медицинских изображениях.

Работа прошла апробацию в докладах автора, представленных на различных научных конференциях. Основные результаты работы опубликованы в 9 статьях, из них 4 работы в журналах WoS, Scopus, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности 05.13.18 и 5 работ, опубликованных в иных изданиях.

Диссертационная работа структурирована и обладает внутренней связностью. Оформление диссертационной работы выполнено на должном уровне.

Автореферат диссертации верно и достаточно полно отражает её содержание и включает все основные положения.

К недостаткам работы можно отнести:

1. Обзор методов вычисления текстурных признаков и методов сегментации изображений в первой главе небольшой. Автор рассматривает классические методы и совершенно не рассматривает современные нейросетевые методы сегментации, которые активно применяются в т.ч. и для медицинских изображений.
2. Экспериментальная оценка алгоритма подавления шума, предлагаемого во второй главе, проводилась на наборе данных TID2013, который не имеет никакого отношения к медицинским изображениям. Автору следовало подобрать (или создать искусственно) набор данных, который был бы более релевантен теме диссертационной работы.
3. Нейросетевой алгоритм для диагностики туберкулеза по рентгеновским снимкам протестирован только на данных из внешних источников. Было бы интересно проанализировать его применимость для данных пациентов, полученных в РФ.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертационная работа отвечает требованиям требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «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, а также оформлена, согласно положениям №5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Довганич Андрей Артурович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Шахуро В.И.

Дата 5.06.2022

канд. комп. наук НИУ ВШЭ (соответствует специальности ВАК 05.13.17)

старший инженер департамента искусственного интеллекта
ООО «Исследовательский центр Самсунг»

Подпись В.И. Шахуро удостоверяю:

кадровый работник

Цариков Н.В.



Шахуро Владислав Игоревич — кандидат компьютерных наук НИУ ВШЭ (соответствует специальности ВАК 05.13.17), старший инженер департамента искусственного интеллекта ООО «Исследовательский центр Самсунг».

г. Москва, ул. Лесная д. 5, тел.: +7 (495) 797-25-00, e-mail: v.shakhuro@samsung.com