

ОТЗЫВ официального оппонента
о диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Хвостикова Александра Владимировича
на тему: «Математические методы обработки и анализа
слаботекстурированных 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 анализа слаботекстурированных медицинских изображений разных модальностей.

Актуальность работы обусловлена большой потенциальной практической применимостью разработанных методов анализа и обработки медицинских изображений, так как они ориентированы на решения прикладных медицинских задач, таких как автоматическая сегментация гистологических изображений, определение стадии фиброза по ультразвуковым изображениям печени, и детектирование болезни Альцгеймера по трёхмерным МРТ изображениям.

Слаботекстурированные изображения, анализу которых посвящена представленная диссертационная работа, характеризуются наличием на изображении неярко выраженной текстуры (в отличие от изображений искусственных текстур) и отсутствием у изображения фиксированного масштаба, на котором проявляются особенности текстуры. Подобный тип текстуры характерен для многих модальностей медицинских изображений.

Поэтому разработка методов анализа и обработки слаботекстурированных изображений является важной практической задачей, позволяющей развивать и совершенствовать медицинские системы компьютерной диагностики.

Во введении работы дается определение слаботекстурированных изображений, а также описываются основные задачи обработки слаботекстурированных медицинских изображений, рассматриваемые в работе.

Первая глава диссертационной работы посвящена разработке методов предобработки и текстурного анализа ультразвуковых медицинских изображений. Автором разработаны методы подавления спекл-шума на ультразвуковых изображениях, предобработки, нормализации и текстурного анализа ультразвуковых изображений, а также метод определения оптимальных параметров подавления спекл-шума. Разработанные методы используются как составляющие комплексного алгоритма детектирования стадии фиброза печени по ультразвуковым изображениям и данным эластографии. Разработка и тестирование упомянутых методов и итогового алгоритма проводится с использованием собранных в Российском научном центре хирургии им. акад. Б.В. Петровского данных реальных пациентов с подтверждёнными стадиями фиброза печени. Также в этой главе отдельное внимание уделяется анализу влияния подавления спекл-шума на результаты текстурного детектирования фиброза печени.

Вторая глава диссертационной работы посвящена применению нейросетевых методов к задачам анализа слаботекстурированных медицинских изображений на примере задач классификации и сегментации медицинских изображений. В качестве одной из таких задач рассматривается детектирование болезни Альцгеймера и её продромальной стадии по трёхмерным изображениям головного мозга различных модальностей (МРТ,

диффузионно-тензорная МРТ). В работе приведён обзор существующих методов диагностики, построенных на анализе изображений головного мозга, и разработана нейросетевая модель, основанная на архитектуре Inception и использующая совместный анализ изображений структурной и диффузионно-тензорной МРТ, для определения стадии болезни Альцгеймера. Для разработки и тестирования описанной модели использовались изображения из коллекции международного общества по выявлению болезни Альцгеймера (ADNI). В качестве второй задачи, рассматриваемой в этой главе диссертационной работы, выступает задача семантической сегментации слизистых желёз на гистологических изображениях желудочно-кишечного тракта. Рассматриваются основные подходы сегментации гистологических изображений, после чего описывается разработанный автором эффективный нейросетевой метод семантической сегментации. Предложенный метод основан на многомасштабном анализе гистологического изображения, использовании функции потерь, ориентирующейся на контуры сегментируемых объектов, а также использовании нелокальных нейросетевых блоков. Результаты сегментации с помощью предложенного метода приводятся для гистологических изображений из набора Warwick-QU, а также для набора полнокадровых гистологических изображений PATH-DT-MSU, собранного в МГУ имени М.В. Ломоносова. Для корректной работы метода на этих двух принципиально различных наборах данных используется техника переноса обучения.

В третьей главе диссертации описывается разработанный гибридный подход сегментации гистологических изображений. Отличительная особенность предлагаемого автором метода заключается в объединении основных концепций нейросетевых моделей с классической вариационной моделью активного контура. Свёрточная нейронная сеть используется для предсказания параметров полей внутренней и внешней энергий активного контура в каждом пикселе изображения. Разработанный гибридный метод

сегментации гистологических изображений позволяет проводить сегментацию отдельных слизистых желёз, что крайне востребовано при анализе гистологических изображений. Для тестирования разработанного гибридного метода в данной работе также используется набор данных PATH-DT-MSU.

Четвертая глава посвящена описанию программного комплекса, созданного в рамках данной диссертационной работы, и содержит описание трёх основных модулей, используемых для анализа ультразвуковых, МРТ и гистологических изображений соответственно. Программная реализация модулей выполнена с использованием языков программирования Java и Python, а также библиотек численных методов, общей обработки изображений, машинного обучения и фреймворков глубокого обучения.

Оценивая работу в целом, следует отметить, что автором произведено достаточно глубокое и разностороннее исследование проблемы, рассмотрены несколько основных задач обработки и анализа медицинских изображений, проведён подробный анализ разработанных подходов, построены новые методы и алгоритмы решения рассматриваемых задач.

Новизна данной работы заключается, прежде всего, в проведении анализа влияния подавления спекл-шума на ультразвуковых изображениях на результаты текстурной классификации и разработке гибридного метода объектной сегментации желёз на гистологических изображениях.

Значимость проведенного исследования заключается в том, что разработанные методы предобработки, классификации и сегментации медицинских изображений могут применяться как независимо при проведении медицинских исследований, так и могут быть реализованы в виде связанных модулей системы медицинской компьютерной диагностики.

Достоверность и обоснованность диссертационной работы подтверждается корректностью математических формулировок, согласованностью построенных моделей и используемых данных, подробном изложении проведенных экспериментов и сравнении результатов.

Автореферат полно отражает содержание диссертационной работы.

В качестве замечаний по содержанию и оформлению данной работы можно отметить следующее:

1. Избыточность в описании существующих компьютерных методов анализа изображений для диагностики болезни Альцгеймера.
2. Представлялось бы интересным во второй главе привести сравнение разработанного метода сегментации гистологических изображений с уже существующими методами.
3. При описании алгоритма компьютерной диагностики фиброза печени процесс формирования вектора текстурных признаков описан недостаточно подробно.

Вместе с тем, указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационного исследования.

Считаю, что диссертация отвечает 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 приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Хвостиков Александр Владимирович

заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник отдела 2 (компьютерная графика и
вычислительная оптика)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «Федеральный
исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В.
Келдыша Российской академии наук»

БОНДАРЕВ Александр Евгеньевич

подпись

19 ноября 2019 г.

Контактные данные:

тел.: 7(499)2207817, e-mail: bond@keldysh.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация:

01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Адрес места работы:

125047, г. Москва, Миусская площадь, д.4,
Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им.
М.В. Келдыша Российской академии наук
Тел.: 7(499)2207817; e-mail: bond@keldysh.ru

Подпись сотрудника ФИЦ ИПМ им.М.В. КЕЛДЫША РАН А.Е. Бондарева
удостоверяю:

Ученый секретарь ИПМ им. М.В. Келдыша РАН



Handwritten signature of A.I. Maslov

А.И. Маслов
19 ноября 2019 г.