

ОТЗЫВ официального оппонента
о диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Пчелинцева Якова Антоновича
на тему: «Математические методы адаптивного повышения качества
биомедицинских изображений»
по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ»

Темой диссертационного исследования является разработка алгоритмов анализа и адаптивного повышения качества изображений флуоресцентной микроскопии и медицинских изображений на основе математических методов. **Актуальность** данной темы обусловлена тем, что подобные задачи часто встречаются на практике в связи с необходимостью повышения визуального качества изображений для врачей, особенно, в тех случаях, когда исходное качество изображений недостаточно из-за несовершенства используемого для их получения оборудования. Кроме того, необходимо обеспечить автоматический контроль качества входных данных, получаемых от медицинского, в частности, рентгенологического оборудования.

Содержание работы соответствует теме исследования.

Во введении описаны цели работы, её научная новизна, обоснованы теоретическая и практическая ценность работы, описаны методология и методы исследования, приведены сведения о публикациях автора по теме диссертации и об апробации работы.

В первой главе описано решение задачи повышения разрешающей способности флуоресцентной микроскопии. Выбранный подход заключается в построении резкого изображения повышенного разрешения на основе серии изображений образца, где в качестве красителя используются спонтанно мигающие флуорофору. Приведена математическая модель формирования изображений в исследуемой области и математическая модель ядра оператора размытия в общем случае и для использованного при получении реальных тестовых данных оборудования. Описаны предложенные автором математическая модель формирования серии наблюдаемых изображений и итерационный алгоритм для построения на основе такой серии снимков изображения с повышенной разрешающей

способностью. Приведены результаты обработки нескольких серий снимков известными методами и результаты их сравнения с разработанным алгоритмом.

Во второй главе рассмотрена задача повышения резкости медицинских изображений с использованием метода деформации пиксельной сетки. Рассмотрены три модели оптического размытия. Описан способ построения набора изображений, используемого в процессе разработки. Описаны принципы работы деформационного метода, требования к используемой им функции смещения узлов пиксельной сетки. Дано описание предложенного автором алгоритма, основанного на новой функции смещения. Проведен поиск оптимальных параметров предложенной функции смещения для рассматриваемых моделей размытия. Проведено сравнение качества работы алгоритма с разными функциями смещения. Показано, что при малом отклонении параметров от оптимальных качество обработки снижается незначительно.

В третьей главе рассматривается задача контроля входных данных при компьютерной диагностике туберкулёза лёгких по рентгеновским снимкам грудной клетки на основании программной оценки жёсткости снимков. Описаны предложенная для решения задачи оценки жёсткости нейросетевая модель, алгоритм её обучения вместе с деталями его реализации и алгоритм её применения, а также использованные для обучения и тестирования наборы данных. Описан предложенный алгоритм адаптивной предобработки входных изображений для повышения качества оценки. Проведено тестирование разработанного метода оценки жёсткости на различных наборах рентгенограмм. Показано, что его применение для фильтрации обучающей выборки и входных изображений алгоритма компьютерной диагностики туберкулёза лёгких позволяет повысить точность диагностики.

В четвёртой главе описан разработанный автором программный комплекс реализации предложенных алгоритмов. Также приведена информация о формировании открытого набора рентгенограмм грудной клетки для задачи компьютерной диагностики туберкулёза лёгких. Набор был собран из снимков, сделанных в различных медицинских учреждениях с разными условиями съёмки, размечен врачами и предназначен для повышения качества компьютерной диагностики туберкулёза лёгких путем

расширения обучающей выборки алгоритмов машинного обучения. Продемонстрирован положительный эффект от добавления созданного набора в обучающую выборку нейросетевого алгоритма диагностики туберкулёза лёгких.

Достоверность результатов исследования основана на том, что работоспособность предложенных моделей и разработанных методов подтверждена экспериментами на реальных и синтетических данных. **Обоснованность** научных положений и выводов диссертации обеспечивается корректностью применяемых математических методов. Основные результаты диссертационного исследования были представлены в 8 публикациях, из них 7 – в изданиях WoS, Scopus, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности 1.2.2, и 1 – в ином издании. Работа также прошла апробацию на нескольких международных научных конференциях.

В работе получены следующие **основные результаты**:

1. Математическая модель и численный метод для повышения разрешения изображений мигающей флуоресцентной микроскопии.

2. Метод повышения резкости медицинских изображений на основе деформации пиксельной сетки для различных математических моделей оптического размытия изображений.

3. Метод автоматического анализа качества рентгенограмм грудной клетки, основанный на нейросетевой оценке уровня жёсткости рентгеновских снимков.

4. Программный комплекс, включающий модули повышения резкости медицинских изображений, повышения разрешения изображений мигающей флуоресцентной микроскопии и оценки уровня жёсткости рентгенограмм грудной клетки для задачи диагностики туберкулёза лёгких.

Новизна перечисленных результатов определяет **научную новизну** данной диссертационной работы.

Диссертационная работа в достаточной степени структурирована и обладает внутренней связностью. Автореферат диссертации верно и достаточно полно отражает её содержание и включает основные положения диссертации.

По содержанию и оформлению диссертационной работы имеются следующие **замечания**:

1. При решении задачи повышения разрешающей способности флуоресцентной микроскопии автор не приводит каких-либо объективных критериев сравнения качества решения задачи предложенным методом и конкурентными методами. Желательно было бы такие количественные критерии ввести и сравнить по ним разработанный подход с известными альтернативами.

2. При решении задачи повышения резкости медицинских изображений с использованием метода деформации пиксельной сетки выбор вида функции деформации $d(x)$ никак не обосновывается. После этого параметры предложенной функции подбираются в работе экспериментально на основе обработки тестового набора изображений. Между тем, в исходной статье, где был предложен развиваемый подход, как раз был обоснован вид функции деформации $d_0(x)$, определяемый классом и параметрами функции искажений резкости (в частности, размытия с гауссовым ядром). Желательно было бы по аналогии провести аналитическое или хотя бы численное исследование (обоснование) вида предлагаемой функции деформации $d(x)$ для случая восстановления одномерного ступенчатого сигнала, подвергаемого размытию с различными типами и параметрами функции искажений резкости.

3. В разделе 3.2.2 диссертации описан предложенный метод компьютерной диагностики туберкулёза лёгких на основе нейросетевой модели EfficientNetV2-S. Описание метода занимает полстраницы, и при этом он никак не сравнивается с другими известными методами. Неясно, как проходило обучение – было ли использовано предобучение и т.д. Подобная лаконичность описания не позволяет в полной мере судить о качестве и новизне данного метода. Также желательно было бы сравнить данный метод с другими методами на публичных наборах данных.

Указанные замечания не снижают уровня и значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.2.2 – «Математическое

моделирование, численные методы и комплексы программ» (по физико-математическим наукам) и критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, а соискатель, Пчелинцев Яков Антонович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
директор по направлению – руководитель научного комплекса
«Искусственный интеллект и техническое зрение»
ФАУ «ГосНИИАС»



Визильтер Юрий Валентинович

Дата: 15.12.2023

Контактные данные:

тел.: +7(499)157-94-98, e-mail: viz@gosniias.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

05.13.17 – «Теоретические основы информатики»

Адрес места работы:

125319, г. Москва, ул. Викторенко, д. 7,

Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФАУ «ГосНИИАС»)

Подпись Визильтера Ю. В. заверяю.

Ученый секретарь

ФАУ «ГосНИИАС»

д.т.н., профессор



Мужичек Сергей Михайлович