

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»

Диссертационная работа Пчелинцева Якова Антоновича посвящена вопросам анализа и адаптивного повышения качества биологических и медицинских изображений.

Актуальность выбранной темы обусловлена значимостью визуальных данных в этих областях и потребностью в эффективных инструментах для их анализа, основанных на математических моделях и методах. В частности, рассматриваемые в работе задачи повышения разрешения и резкости биомедицинских изображений тесно связаны с информативностью этих изображений во время работы с ними с точки зрения специалистов, а решение задачи контроля качества медицинских изображений позволяет повысить точность диагностики заболеваний.

Работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы и содержит 104 страницы.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы и кратко описываются рассматриваемые в работе задачи. Также в нём приведён список выносимых на защиту положений. Более подробная характеристика рассматриваемых задач и степень разработанности соответствующей темы приводится в начале каждой из соответствующих глав.

Первая глава посвящена задаче повышения разрешения изображений флуоресцентной микроскопии. Предлагаемый в ней подход направлен на построение изображения высокого разрешения на основе серии снимков объекта, сделанных с использованием стохастически мигающих красителей.

Приводится описание предлагаемой модели искажения изображений, описываются использованные для экспериментов данные и оборудование, даётся базовая характеристика некоторых существующих алгоритмов решения рассматриваемой задачи. Предлагается модель формирования серии снимков объекта и алгоритм для построения на их основе изображения объекта в повышенном разрешении и устранения размытия. Проводится сравнение результатов работы разработанного метода с некоторыми существующими алгоритмами.

Вторая глава посвящена задаче повышения резкости медицинских изображений. Приводится краткая характеристика обработки изображений в этой области, идея и преимущество используемого деформационного метода повышения резкости изображений. Приведена информация о некоторых типах оптического размытия изображений, встречаемых на практике, и их математические модели. Работа предлагаемого алгоритма повышения резкости определяется используемой функцией смещений узлов пиксельной сетки, и в данной главе предлагаются двух- и однопараметрические функции смещения в качестве основы метода. Поиск их оптимальных параметров для каждой из рассмотренных моделей размытия проводится на наборе тестовых изображений, в тексте даны описания методик построения этого набора и поиска оптимальных параметров предлагаемых функций смещения, а также результаты сравнения этих функций в контексте качества обработки изображений.

В третьей главе рассматривается вопрос контроля качества рентгенограмм грудной клетки в задаче компьютерной диагностики туберкулёза и повышения качества обучающего набора снимков для нейросетевого метода диагностики. Дано понятие уровня жёсткости рентгеновского снимка грудной клетки, показана важность его оценки в задаче диагностики туберкулёза и описана методика этой оценки. Для контроля качества рентгенограмм разработан нейросетевой алгоритм. В тексте приводится характеристика данных, использованных при создании

метода автоматического определения жёсткости снимка; описывается адаптивный алгоритм предварительной обработки входных изображений для снижения различий изображений с разных аппаратов и с разными условиями съёмки; детали предлагаемого метода программной оценки жёсткости и процедура проведения экспериментов вместе с полученными результатами. Кроме того, демонстрируется применимость предложенного метода оценки жёсткости для повышения качества компьютерной диагностики туберкулёза путём фильтрации обучающей выборки алгоритма диагностики и контроля его входных данных.

Четвёртая глава содержит описание программной реализации предложенных методов. Кроме того, автором совместно с сотрудниками НПЦ «Фтизиатрия» им. Е.Н. Андреева был сформирован и выложен в открытый доступ набор рентгеновских снимков грудной клетки здоровых и больных туберкулёзом лёгких пациентов, который может быть использован для расширения существующих общедоступных наборов данных в целях создания репрезентативной обучающей выборки для методов компьютерной диагностики туберкулёза лёгких с помощью искусственного интеллекта. Его описание также приведено в четвёртой главе.

В работе используются как классические методы обработки изображений, так и алгоритмы машинного и глубокого обучения. Раскрыты теоретические основания предлагаемых методов, подробно описаны использованные для создания алгоритмов и проведения вычислительных экспериментов данные и приведено сравнение результатов работы разработанных методов с существующими.

Достоверность работы обуславливается тем, что предлагаемые методы разработаны с опорой на теоретическую базу, результатами экспериментов на искусственных и реальных данных и апробацией основных результатов работы в статьях и докладах на научных конференциях.

Новизну представляют разработанные алгоритмы повышения разрешающей способности и резкости биомедицинских изображений и

программной оценки уровня жёсткости рентгенограмм грудной клетки и диагностики туберкулёза, а также предлагаемые математические модели.

Основные результаты опубликованы 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.

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

К недостаткам работы можно отнести:

1. На с. 29 не указано, по какой причине объём вычислений в разработанном методе повышения разрешения быстро растёт при росте разрешения, и какие модификации можно ввести в алгоритм, чтобы с этим бороться.
2. В главе 2.3, где описан деформационный метод повышения резкости изображения, недостаёт упоминания о том, какие нежелательные артефакты могут появляться при применении разработанного метода. Учитывая, что при его применении происходит деформация текстур, насколько сильно может проявляться пересглаживание изображения? Также, стоит отметить, что применение формулы на с. 41 (раздел 2.3.2 «Интерполяция на равномерную сетку») может вызывать появление ступенек в яркости, и вместо этого типа интерполяции может быть более уместным использовать интерполяцию радиально-базисными функциями.
3. Наконец, вызывает вопросы неоднозначное определение понятия жёсткости рентгеновского снимка в разделе 3.1.4. Автор указывает, что жёсткость связана с количеством уверенно определяемых на снимке позвонков. В то же время, разработанный автором классификатор исследует всё изображение, а не только ту его часть, где находится

позвоночник. Это может объяснить не очень высокие (около 0.6 по критерию Спирмана) показатели качества ранжирования данных по жёсткости. Впрочем, эти показатели можно также объяснить низким качеством размеченных данных, ввиду неоднозначности критериев, которыми могли руководствоваться врачи-разметчики.

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 паспорту 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, а также оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Пчелинцев Яков Антонович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

кандидат технических наук,
начальник отдела департамента искусственного интеллекта
ООО «Исследовательский центр Самсунг»

ЧЕРНЯВСКИЙ Алексей Станиславович

20 декабря 2023

Контактные данные:

тел.: +7 (916) 444-00-79, e-mail: aleksei.c@samsung.com

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»

Адрес места работы:

127018, Москва, ул. Двинцев, д. 12, к. 1, офис № 1500,
ООО «Исследовательский центр Самсунг», департамент искусственного
интеллекта

Тел.: +7 (495) 797-25-00; e-mail: aleksei.c@samsung.com

Подпись сотрудника А.С. Чернявского удостоверяю:

Начальник отдела по работе с персоналом Царьков Н. В. _____