

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.073.04

на базе федерального государственного учреждения

«Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»

Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН)

по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 4 июня 2018 № 5

О присуждении Чернову Тимофею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Математические модели и алгоритмы оценки качества изображений в системах оптического распознавания» по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)» принята к защите 19 марта 2018 г., протокол №4, диссертационным советом Д 002.073.04 на базе федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН), 119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2, приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 747/нк от 22 июня 2016 г.

Соискатель Чернов Тимофей Сергеевич, 1992 года рождения, в 2013 году окончил НИТУ «МИСиС» по специальности «Прикладная математика». С 14.07.2013 по 14.07.2017 обучался в очной аспирантуре НИТУ «МИСиС» и сдал кандидатские экзамены по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации». С января 2015 года по январь 2018 года работал в лаборатории 9-1 «Системное программирование» ФИЦ ИУ РАН в должности младшего научного сотрудника, с февраля 2018 года по настоящее время – в должности программиста 1 категории отдела №91 ФИЦ ИУ РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории 9-1 «Системное программирование» ФИЦ ИУ РАН.

Научный руководитель – доктор технических наук, Славин Олег Анатольевич, Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр

«Информатика и управление» Российской академии наук», исполняющий обязанности главного научного сотрудника отделения №2 «Математическое обеспечение вычислительной техники».

Официальные оппоненты:

1. Николаев Петр Петрович, доктор физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича» Российской академии наук, главный научный сотрудник лаборатории 11 «Зрительные системы».

Отзыв оппонента положительный, имеются замечания:

- Намерение соискателя отразить ключевое положение о единообразной структуре формальных (алгоритмических и функциональных) отношений в подсистемах обработки изображений, выраженное в обобщающей блок-схеме предлагаемого им подхода на странице 54, создает трудности для конкретной детализации процедур в рассмотренных задачах распознавания на уровне самой блок-схемы. Добавление в текст диссертации отдельных блок-схем для каждой из решаемых задач (описываемых формально на языке процедур) могло бы существенным образом упростить понимание универсального характера обобщающего графа отношений, опосредуя функциональные цепочки связей «единой схемы» теми или иными специфическими процедурными решениями в неблизких технических задачах обработки изображений, рассмотренных в работе.
- Диссертационная работа вносит свою оригинальную специфику, расширяя «каноническую структуру задачи распознавания». Однако, цели конкретизации авторского взгляда на расширенную схему процесса распознавания могли бы послужить более подробно сформулированные ограничения на вид входных изображений (оптической и дискретной природы их представления) в той или иной технической системе, рассмотренной в диссертационной работе.
- Стилль изложения результатов диссертационной работы не всюду оптимален: литературный обзор рубрикационно не выделен, перемежаясь с вводными дефинициями к авторским предложениям, а неудачно komponуемые

сложные фразы можно было бы упростить. Имеются и опечатки (например на страницах 15, 21).

- Присутствуют логические «скачки» на страницах 18-20 между пп. 1.1.4-1.1.5 и между пп. 1.1.5-1.1.5.1: сначала повествование переходит от описания общей архитектуры систем распознавания к системам сжатия изображения документов, а сразу затем – к конкретной модели смешанного растрового содержимого. Далее по тексту становится понятным назначение данных параграфов, но переход между ними, возможно, было бы произвести более гладким образом.

2. Потапов Алексей Сергеевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», профессор кафедры компьютерной фотоники и видеоинформатики.

Отзыв оппонента положительный, имеются следующие замечания:

- Диссертация (особенно разделы 1.1-1.2) содержит много материалов учебного характера, представляющихся избыточными, в ущерб обзору и анализу конкретных современных методов. Как результат, вывод по первой главе «Во-вторых, отсутствуют модели, методологии или рекомендации к созданию систем распознавания, учитывающих качество входных изображений с целью повышения точности, надежности, производительности и других характеристик систем» представляется не вполне обоснованным.
- В диссертации отсутствует сравнение с существующими методами, решающими аналогичные задачи. В частности, отбраковка видеок кадров по критерию их размытости является стандартным приемом. При этом автором ставится лишь цель «показать, что с помощью выбора кадров видеопотока в соответствии с введенной функцией приоритета можно добиться большей точности и скорости распознавания, чем при произвольном выборе кадров», а вовсе не в сравнении с другими методами.
- Предложенная во второй главе модель распознавания с обратными связями, позиционируемая как основной теоретический результат, используется

весьма ограниченно и преимущественно в самой второй главе, что ставит под сомнение ее общность.

- Присутствует незначительное количество стилистических (например, «была протестирована точность») и грамматических ошибок (в частности, часто обособлены запятыми в начале предложений слова, не обособляемые запятыми, например «Тогда»).
- Имеется ряд терминологических неточностей. То, что в диссертации называется дельта-функцией, правильнее было бы определить как символ Кронекера, поскольку речь идет о дискретном случае. В предложении «Идеальные изображения периодических элементов могут быть недоступны, но имеется тестовая выборка, из которой могут быть получены примеры периодических элементов» термин «тестовая выборка» использован неудачно. В предложении «При классификации, векторы y_i обучающего набора T составляются так, что содержат нули на всех позициях, кроме позиций, соответствующих верным классам для x_i - там содержится единица.» конкретный способ кодирования меток классов преподносится как единственно применимый (помимо лишней запятой в начале предложения). Компоненты «обобщенной схемы работы систем распознавания» (рис. 1.1) представляются ни необходимым, ни достаточными.

Ведущая организация – Публичное акционерное общество «Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанным Николаем Борисовичем Парамоновым, доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником, указала, что «диссертационная работа Чернова Тимофея Сергеевича является завершенным научным исследованием, содержащим научно обоснованные программно-алгоритмические решения оценки качества изображений в системах оптического распознавания. Работа отвечает требованиям п. 9-13 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)». Диссертация Т.С. Чернова написана соискателем

лично, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты. Замечания:

- Недостаточно обоснован вид функции размытия (2.12) для автоматической фокусировки камеры.
- Не представлены ограничения на вид документов, для которых могут эффективно применяться алгоритмы цветовой сегментации и выделения бликов.

Соискатель имеет 18 опубликованных научных работ по теме диссертации, в том числе: 8 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России (1 статья входит в международную базу цитирования Scopus), 7 публикаций в сборниках трудов международных научных конференций, индексируемых Scopus и Web of Science, а также 3 публикации в трудах научных конференций. Общий объем опубликованных научных трудов – 12,89 п.л., в которых личный вклад соискателя составляет 9,25 п.л.

Наиболее значительные работы:

1. Оценка качества входных изображений в системах распознавания видеопотока / Т. Чернов, Н. Разумный, А. Кожаринов, Д. Николаев, В. Арлазаров // Информационные технологии и вычислительные системы. — 2017. — No 4. — С. 71—82.
2. Chernov, T. S. An algorithm for detection and phase estimation of protective elements periodic lattice on document image / T. S. Chernov, S. I. Kolmakov, D. P. Nikolaev // Pattern Recognition and Image Analysis. — 2017. — Vol. 27, no. 1. — 53—65
3. Smart IDReader: Document Recognition in Video Stream / K. Bulatov, V. Arlazarov, T. Chernov, O. Slavin, D. Nikolaev // 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition. Vol. 6. — IEEE, 2017. — 39—44
4. Diamond recognition algorithm using two-channel x-ray radiographic separator / D. P. Nikolaev, A. Gladkov, T. Chernov, K. Bulatov // Seventh International Conference on Machine Vision. Vol. 9445. — 2015. — 944507
5. Чернов, Т. Детектирование и фильтрация бликов в задачах распознавания документов с мобильных устройств / Т. Чернов // Труды Института системного анализа Российской академии наук. — 2017. — Т. 67, No 1. — С. 66—74.

На автореферат поступило 5 положительных отзывов, которые подписали:

1. Мышев Алексей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Компьютерные системы, сети и технологии» Обнинского института атомной энергетики — филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», отмечает:

- Не приведены сведения об итоговой трудоемкости алгоритма оценки фокусировки кадра, используемого во второй главе, а также разработанных в четвертой главе алгоритмов поиска и фильтрации бликов, подтверждающие возможность их работы в реальном времени на мобильных устройствах.
- В автореферате утверждается, что в четвертой главе экспериментально показано, что подавление бликов приводит к повышению точности распознавания документов, что подтверждается результатами экспериментальных исследований для случая распознавания каждого кадра в отдельности. Предположительно для случая распознавания видеопотока применение подавления бликов должно было дать еще больший рост точности, однако экспериментальные данные для случая распознавания видеопотока не приведены.
- Недостаточно полно описаны дальнейшие необходимые действия с рентгенографическим сепаратором после детектирования нештатной ситуации. Также неясно, в чем заключается динамическая корректировка его параметров.
- Не отражены такие аспекты цифровых технологий оценки качества изображений в системах оптического распознавания образов, как влияние среды вычислений и реализация форм компьютинга.

2. Садеков Ринат Наилевич, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры факультета филиала Военной академии Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого, отмечает:

- В автореферате описание модели проводится в теоретико-множественном виде. Не конкретизируются математические модели работы отдельных «новых» блоков, например, модуля оценки приоритета кадра P и модуля оценки качества.

- В автореферате не приводятся количественные характеристики качества работы алгоритма автоматической оценки качества цветовой сегментации.
- В автореферате не поясняется необходимость использования отличных от RGB цветовых подпространств для вычисления проективного оптического потока на содержащих блики данных.

3. Карпов Алексей Анатольевич, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник / руководитель лаборатории речевых и многомодальных интерфейсов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации» Российской академии наук (СПИИРАН), отмечает:

- Предложенная автором математическая модель, совмещающая методы оценки качества изображений с функциональностью систем распознавания, потенциально имеет множество актуальных приложений, однако в автореферате рассматривается их очень ограниченный набор. Например, отсутствует анализ задач сочетания сигналов с различных датчиков (sensor fusion) и биометрической идентификации лиц.
- Разработанные автором алгоритмы детектирования и локализации периодических элементов на изображениях документов основаны на математической модели изображения документа, в которой предполагается видимость всех периодических элементов на выделенном регионе изображения (в качестве примера автором приводится периодическое голографическое заполнение паспорта). Но очевидно, что в видеопотоке некоторые голографические элементы иногда могут быть не видны, судя по всему, автором рассматривается только случай сканирования документов, но автореферат об этом умалчивает.
- При анализе устойчивости алгоритма детектирования периодических элементов следовало бы кроме точности классификации использовать такие показатели оценки бинарной классификации как AUC-ROC, FPR, FNR и другие общепринятые количественные показатели, а при оценке результатов локализации стоило бы дополнительно вычислить коэффициент Жаккара для найденных окаймляющих прямоугольников периодических элемен-

тов.

4. Чукалина Марина Валерьевна, кандидат физико-математических наук, и.о. старшего научного сотрудника лаборатории рефлектометрии и малоуглового рассеяния Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук, отмечает:

- В пятой главе не приводится программная реализация алгоритмов обнаружения нештатных ситуаций сепаратора, их программного окружения и экспериментальной оценки их быстродействия в рамках всего программного комплекса сепарации алмазов.
- В той же пятой главе можно было бы упомянуть с какой частотой встречаются на практике рассматриваемые нештатные ситуации, вместе с тем показав экономический эффект от внедрения разработанного соискателем решения.
- Наконец, в автореферате отмечается, что представленные в диссертации алгоритмы были использованы при проектировании и реализации промышленных систем распознавания, но отсутствуют подтверждающие это акты о внедрении.

5. Немтинов Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», отмечает:

- целью данной работы является улучшение характеристик систем оптического распознавания и повышения качества изображения, а не разработка математических моделей и алгоритмов;
- отсутствие личного вклада автора в публикациях, выполненных совместно с другими исследователями;
- объем автореферата превышает принятые нормы;
- в заключении не приводятся рекомендации к производству и направления дальнейшей разработки темы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области распознавания образов, обработке изображений и системного анализа, что подтверждается направлениями их исследований и публикациями в высокорейтинговых научных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: построена модель системы распознавания изображений и видеопотока с модулями оценки качества и обратной связью на каждом этапе обработки, **разработан** алгоритм автоматической оценки качества цветовой сегментации изображений печатных документов, учитывающий особенности текстовых и графических типов информационных слоев, **разработан** алгоритм детектирования и локализации периодических фоновых элементов известной структуры на изображении документа, основанный на анализе Фурье-спектра, **показано** повышение точности детектирования документов методом Виолы-Джонса, точности распознавания документов в видеопотоке, устойчивости алгоритма вычисления взвешенного проективного оптического потока за счет подавления бликов, **разработан** алгоритм контроля качества входного сигнала двухканального рентгенографического сепаратора алмазосодержащей руды.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что: была предложена новая модель системы распознавания изображений и видеопотоков с модулями оценки качества и обратной связью на каждом этапе обработки, **разработан** новый алгоритм автоматической оценки качества цветовой сегментации изображений печатных документов, **разработан** новый алгоритм детектирования и локализации регулярной пространственной помехи на изображении документа, **разработан** новый алгоритм контроля качества и детектирования разладки регистрирующей системы оптического распознавания алмазов в рентгеновском диапазоне.

Практическая значимость полученных соискателем результатов исследования подтверждается тем, что реализации разработанных алгоритмов **внедрены** в ряд промышленных распознающих систем:

- программные продукты для обработки и распознавания изображений документов «Smart PDF/A», «Smart 3D OCR MRZ», «Smart PassportReader» и «Smart IDReader» компании ООО «Смарт Энджинс Сервис», **интегрирован-**

ные в информационные решения крупнейших российских банков, страховых компаний и организаций различных государственных структур, в том числе – международных;

- программный комплекс сепарации алмазов в рамках коммерческого проекта компании ООО «Визиллект Сервис», уже более трех лет **эксплуатирующийся** на обогатительных фабриках.

При проектировании данных программных продуктов **использовалась** предложенная в работе модель системы распознавания изображений и видеопотока с модулями оценки качества и обратной связью.

Достоверность полученных результатов исследования обеспечивается согласованностью разработанных моделей и алгоритмов с экспериментальными результатами, подтверждающими их эффективность и свидетельствующими об их корректности, использованием методологии и методов исследования, основанных на системном анализе, математическом моделировании, методах цифровой обработки изображений и распознавания образов, Фурье-анализе. Основные результаты работы прошли апробацию на профильных российских и международных научных конференциях и семинарах и были успешно внедрены в коммерческие системы распознавания.

Личный вклад соискателя состоит в:

- построении модели системы распознавания изображений и видеопотоков с модулями оценки качества и обратной связью на каждом этапе обработке;
- разработке алгоритма автоматической оценки качества цветовой сегментации изображений печатных документов;
- разработке алгоритма детектирования и локализации периодических фоновых элементов известной структуры на изображении документа;
- выполнении экспериментального исследования, подтверждающего положительное влияние подавления бликов на точность работы детектора документа методом Виолы-Джонса, на точность распознавания документов в видеопотоке, на устойчивость алгоритма вычисления взвешенного проективного оптического потока;
- разработке алгоритма контроля качества входного сигнала двухканального

рентгенографического сепаратора;

- реализации разработанных моделей и алгоритмов в составе программных комплексов, получении и анализе экспериментальных результатов.

На заседании 4 июня 2018 года диссертационный совет принял решение при-
судить Чернову Т.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 29 человек, из них 13 докторов наук (отдельно по каждой специальности рассматрива-
емой диссертации), участвовавших в заседании, из 42 человек, входящих в состав
совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 29
, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного
совета Д 002.073.04, академик РАН



 Ю.С. Попков

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 002.073.04, д.т.н., профессор
«4» июня 2018 г.



В.Н. Крутько