

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Чернова Тимофея Сергеевича
«Математические модели и алгоритмы оценки качества изображений
в системах оптического распознавания», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации
(информационно-вычислительное обеспечение)»

Актуальность темы диссертации

Распознавание изображений является важнейшей областью современного компьютерного зрения и искусственного интеллекта. В диссертации большое внимание уделяется проблеме неустойчивости систем распознавания изображений к входным данным низкого качества, искаженным в результате наличия бликов, расфокусировки камеры, неполадок сенсора и по другим причинам. Как следствие, системы становятся ненадежными и непредсказуемыми относительно возвращаемого результата. Для индустриальных систем распознавания это может означать серьезные убытки и даже фатальные исходы, что подтверждается недавними авариями с участием беспилотных автомобилей, в том числе происшедших в неблагоприятных погодных условиях. Данной проблеме, хотя она и была известна давно, до последнего времени не уделялось должного внимания. В качестве подхода к ее решению соискателем предлагается использование методов оценки качества изображений в виде неотъемлемых составляющих процесса распознавания изображений. Предлагаемый подход формализуется в оригинальной математической модели архитектуры системы распознавания, не только открывающей возможности к повышению надежности и производительности рассматриваемого класса систем, но и расширяющей возможные сценарии их работы. С этой точки зрения тема диссертации представляется крайне актуальной и востребованной.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Полный объем диссертации составляет 157 страниц, включая 63 рисунка и 3 таблицы. Список литературы содержит 206 наименований.

Во введении оценивается актуальность работы, ставятся задачи диссертационного исследования, приводятся положения, выносимые на защиту и показывается научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава состоит из четырех разделов, включая раздел выводов. Раздел 1.1 первой главы посвящен обзору основных архитектур и приложений современных систем

оптического распознавания, в нем рассматриваются основные функциональные блоки систем и формально ставятся некоторые задачи распознавания. В разделе 1.2 проводится анализ проблемы неустойчивости систем оптического распознавания к искажениям входных данных, перечисляются основные причины искажений. Раздел 1.3 посвящен обзору существующих методов оценки качества изображений и анализу их применимости в системах распознавания. В последнем разделе первой главы соискателем ставятся основные задачи диссертации, затрагивающие вопросы оценки качества изображений в нескольких промышленных приложениях систем распознавания.

Вторая глава диссертации посвящена разработке модели систем оптического распознавания с встроенными модулями оценки качества входных данных. Помимо основных модулей обработки изображений, данная модель состоит из модулей оценки качества изображений, коррекции помех, принятия решений о дальнейшей обработке и снижения уверенности в результате, а также модуля вычисления приоритета кадра. Использование разработанной модели не только открывает возможности к повышению качественных характеристик работы систем распознавания, но и расширяет возможные сценарии их работы. Это подтверждается в экспериментальной части главы при решении задачи выбора наиболее сфокусированного кадра при распознавании в видеопотоке, где наблюдается значительное увеличение точности и производительности распознавания при выборе кадра в соответствии с введенной автором функцией приоритета.

В третьей главе представлен алгоритм автоматической оценки качества цветовой сегментации изображений печатных документов. Алгоритм основан на независимой оценке текстового и графического слоя и их последующей комбинации для получения итоговой численной оценки качества сегментации. Пригодность алгоритма подтверждается экспериментально при автоматической оптимизации некоторых параметров рассматриваемой системы расслоения.

Четвертая глава состоит из трех разделов. В первых двух разделах исследуется проблема бликов при распознавании документов. Предлагаются алгоритмы детектирования бликов и реконструкции поврежденного ими фона, в результате чего экспериментально демонстрируется увеличение точности поиска и распознавания документов. Экспериментально подтверждается неустойчивость алгоритма оценивания оптического потока к бликам вместе с возможностью повышения его устойчивости за счет перехода в другое цветовое пространство. В третьем разделе четвертой главы представлены оригинальные алгоритмы детектирования и локализации периодических фоновых элементов известной структуры на изображении документа. В основе алгоритмов лежит введенная соискателем модель изображения документа и последующий Фурье-анализ. Экспериментально подтверждается высокая точность разработанных алгоритмов. В конце раздела приводятся результаты моделирования ошибок нахождения границ документа, подтверждающие устойчивость разработанных алгоритмов к небольшим ошибкам нахождения границ.

Пятая глава посвящена разработке алгоритмов детектирования нештатных ситуаций, возникающих при формировании входного сигнала рентгенографического сепаратора. В частности, рассмотрены случаи раскалибровки пары источник/детектор, заслонения детектора и загрязнения конвейерной ленты. Разработанные соискателем алгоритмы имеют высокую производительность, пригодную для их внедрения в промышленные решения, а также экспериментально показали высокую точность детектирования.

Научная новизна основных результатов исследования

1. Предложена оригинальная математическая модель системы оптического распознавания, в которой на каждом этапе работы системы могут быть добавлены дополнительные модули, связанные с оценкой качества изображений.
2. Разработан новый алгоритм автоматической оценки качества цветовой сегментации изображений печатных документов, основанный на комбинации оценок текстовых и графических информационных слоев.
3. Разработаны новые алгоритмы детектирования и локализации регулярной пространственной помехи на изображении документа, основанные на Фурье-анализе.
4. Выполнено оригинальное исследование, подтверждающее эффективность подавления бликов в процессе поиска и распознавания документов, а также при построении единой межкадровой системы координат с помощью оптического потока.
5. Разработаны новые алгоритмы контроля качества регистрирующей системы оптического распознавания алмазов в рентгеновском диапазоне, позволяющие производить диагностику нештатных ситуаций, анализируя только входное рентгенографическое изображение.

Практическая значимость результатов исследования

Реализация представленного в диссертации алгоритма контроля качества входного сигнала двухканального рентгенографического сепаратора внедрена в программный комплекс сепарации алмазов в рамках коммерческого проекта компании ООО «Визиллект Сервис». Другие разработанные соискателем в рамках диссертационной работы алгоритмы реализованы и внедрены в программное обеспечение «Smart PDF/A», «Smart 3D OCR MRZ», «Smart PassportReader» и «Smart IDReader» компании ООО «Смарт Энджинс Сервис», интегрированные в информационные решения крупнейших российских банков, страховых компаний и организаций различных российских и международных государственных структур. При проектировании данных программных продуктов использовалась предложенная в диссертации модель системы распознавания, включающая модули оценки качества и обратную связь на этапах работы системы.

Публикации и апробация основных результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 24 работы, среди которых 8 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК, 10 публикаций в сборниках трудов профильных конференций. 8 публикаций соискателя входят в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. Получен один патент на изобретение, один патент на полезную модель и 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Основные положения и результаты диссертационной работы Т.С. Чернова были апробированы на российских и международных научных конференциях и семинарах.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Все основные положения и выводы диссертационной работы научно обоснованы, что подтверждается корректным использованием методологий и методов системного анализа, математического моделирования, обработки изображений, распознавания образов и другого математического аппарата. Достоверность результатов обеспечивается согласованностью разработанных моделей и алгоритмов с экспериментальными результатами, а также их успешной апробацией и внедрением в коммерческие программные системы распознавания.

Замечания по диссертации

1. 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.

2. 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.

3. Стиль 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).

4. 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.

Указанные замечания не относятся к разряду критических, являясь «тезисами по оптимизации изложения», не снижая характеристики целостности работы и ее общей высокой оценки.

Заключение

Диссертационная работа Чернова Тимофея Сергеевича «Математические модели и алгоритмы оценки качества изображений в системах оптического распознавания» является законченным научно-квалификационным трудом, ее результаты получены соискателем лично. Работа написана в ясном, математически и логически корректном стиле, исключая двусмысленные трактовки, что полностью соответствует паспорту специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)» и удовлетворяет требованиям пунктов 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 г. Москва «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Чернов Тимофей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)».

Главный научный сотрудник
лаборатории 11 «Зрительные системы» ИППИ РАН
доктор физико-математических наук

_____ / П.П. Николаев

Петр Петрович Николаев,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича
Российской академии наук,
лаборатория 11 «Зрительные системы»,
127051, г. Москва, Большой Каретный переулок, д. 19 стр. 1.
+7 (495) 650-42-25, nikol@iitp.ru

