

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Скорюкиной Натальи Сергеевны «Методы локализации и идентификации плоских ригидных объектов на изображениях», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Актуальность работы

В настоящее время смартфоны и другие мобильные устройства с компактными цифровыми камерами становятся доминирующими источниками цифровых фото- и видеоданных. Одновременно, широкое распространение мобильных устройств, а также повышенное внимание к защите конфиденциальной информации пользователей формируют новые требования к методам обработки этих данных: соответствующие алгоритмы должны работать локально, быстро и с минимальными затратами вычислительных ресурсов. Однако мобильные устройства по сравнению с облачными или стационарными системами обладают меньшей производительностью и ограниченным запасом энергии, что значительно усложняет процесс разработки и реализации указанных алгоритмов.

Диссертационная работа Скорюкиной Н.С. посвящена поиску новых научно обоснованных технических и технологических решений, позволяющих с высокими качественными показателями находить/локализовать и классифицировать/идентифицировать объекты, изображенные на цифровых снимках мобильных устройств, даже в условиях ограниченных вычислительных возможностей. Таким образом, *актуальность темы* обусловлена сразу двумя факторами:

- необходимостью адаптации алгоритмов для исполнения на мобильных платформах, имеющих ограниченную вычислительную производительность и работающих в режиме автономного энергопотребления, при обеспечении высоких качественных показателей обработки и возможности работы в режиме поступающих данных;

- необходимостью соблюдения конфиденциальности обрабатываемых фото- и видеоматериалов, подразумевающей невозможность их передачи на внешние серверы.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа Скорюкиной Н.С. состоит из введения, трёх содержательных глав, заключения и приложения. Общий объем диссертации составляет 128 страниц, в списке литературы приведены 159 источников.

Во введении представлено обоснование актуальности темы диссертации, определена цель работы и сформулированы задачи, решение которых позволит достигнуть поставленной цели. Для основных полученных результатов исследования выделены их новизна и значимость.

В первой главе представлено обоснование выбора темы и основного используемого подхода, раскрыты характерные проблемы и сложности. Обзор существующих методов и подходов сконцентрирован вокруг представления изображения совокупностью признаков. Часть обзора посвящена методам поиска прямых и сегментов, четырёхугольников, а также особым точкам и дескрипторам. Соискатель акцентирует внимание на высокой вычислительной сложности нейросетевых методов. Отмечено, что число признаков, подлежащих сравнению, может быть значительным. Приведён обзор методов и структур для оптимизированного, быстрого сравнения признаков по вектору значения. Отдельная часть обзора посвящена анализу подходов к оценке матриц геометрического преобразования. При этом подробно разбираются алгоритмы семейства RANSAC, которые обычно рассматриваются как надёжный инструмент при работе с зашумлёнными или неполными данными.

Вторая глава содержательно состоит из двух частей. В первой части представлены два метода обнаружения на цифровом изображении четырёхугольника - образа зарегистрированного при съемке плоского прямоугольного ригидного объекта. Для решения этой задачи формулируются два различных набора ограничений, в соответствии с которыми анализируются возможные варианты построения четырёхугольника на основе выделенных сегментов или прямых линий. Искомый четырёхугольник рассматривается как центральная проекция параллелограмма в модели камеры, что позволяет сравнить его с реальными пропорциями объекта. Также соискатель предлагает использовать гипотезу, в которой одна из сторон четырёхугольника восстановлена проецированием. Во второй части главы представлены два метода обнаружения машиночитаемых зон (МЧЗ), текст которых должен соответствовать одному из специфических паттернов (структур). Скорюкина Н.С. также формулирует два набора ограничений, для каждого из которых предложен свой метод. Центральным элементом решения выступает предварительное выделение и кластеризация точечных признаков, после чего структурная информация помогает отбросить нерелевантные кластеры и точки. Такой подход даёт возможность эффективно локализовать требуемые текстовые поля даже в условиях ограниченного качества исходных изображений. В завершении главы описаны результаты проведённых экспериментов, которые демонстрируют точность методов и среднюю скорость работы на открытых наборах данных. Кроме того, приведено сравнение с воспроизводимыми результатами методов других исследователей.

Третья глава условно может быть поделена на две части. В первой части предложен метод идентификации параметров геометрического преобразования, названный автором PESAC. Метод представляет собой обобщение над семейством SAC-методов (методы построения модели по выборкам). PESAC представлен блочной структурой, используя которую можно представить/получить любой из методов указанного семейства алгоритмов. Этапы фильтрации некорректных выборок и гипотез вынесены в отдельные блоки, что позволяет устанавливать требования для различных задач и моделей. Кроме того, внимание акцентировано на возможностях параллельных вычислений на уровне данных. Предложена структура данных, которая позволяет

эффективно использовать методы обработки векторных данных на уровне процессора (такие как SIMD). Приведена реализация метода для поиска проективного преобразования в задаче идентификации и локализации плоских ригидных объектов на изображениях и предложены условия фильтрации для выборок и моделей. Во второй части описан предложенный метод идентификации и локализации плоских ригидных объектов на изображениях. В его основе лежит представление изображения набором признаков и последующее попарное сопоставление таких описаний. Скорюкина Н.С. предлагает объединить протяжённые признаки, рассмотренные в предыдущей главе, с локальными признаками для более полного и точного определения положения и классификации объектов. Глава завершается данными о результатах экспериментов на наборах данных документов и живописи. Соискатель показывает преимущества предложенного метода PESAC в открытом сравнении с более ранними методами, а также превосходство совокупности признаков в предложенном методе идентификации и локализации.

Заключение диссертационной работы содержит общие выводы о новизне и значении полученных результатов. Патенты и свидетельства, а также акты о внедрении и использовании результатов диссертации представлены в приложениях.

Значимость полученных результатов

Скорюкиной Н.С. предложены: алгоритм обнаружения машиночитаемых зон на изображениях, полученных с мобильных устройств; алгоритм (с модификациями) поиска на изображении четырёхугольника, соответствующего контуру прямоугольного объекта с известными пропорциями; модифицированный алгоритм оценки преобразования по неполным данным, обобщающий частные существующие решения, и его реализация для проективного преобразования между изображениями; метод локализации и идентификации плоских ригидных объектов с помощью представления изображения комбинацией из протяжённых и локальных признаков. Полученные результаты обладают как теоретической, так и практической значимостью для области компьютерного зрения в целом и направлений обнаружения, локализации и классификации в частности. Это подтверждается множеством авторских научных публикаций, а также полученными патентами и актами о внедрении - разработанные методы и алгоритмы реализованы в приложениях ООО «Смарт Энджинс Сервис», Альфа-Банк и Альфа-Страхование.

Степень обоснованности и достоверности результатов работы

Сформулированные в диссертации положения и выводы достаточно полно описаны и обоснованы. Достоверность полученных результатов подтверждена серией численных экспериментов, проведённых на различных типах изображений, для объектов разного характера и при использовании разных методов выделения признаков. Исследование Скорюкиной Н.С. прошло апробацию на профильных международных конференциях, а полученные результаты не противоречат имеющимся в литературе данным, согласуются между собой и с другими современными исследованиями в данной области.

Новизна исследования

Научной новизной обладают следующие результаты, полученные автором в диссертационной работе:

1. Быстрый алгоритм поиска машиночитаемых зон, устойчивый к искажениям съёмки в неконтролируемых условиях.
2. Алгоритм PESAC оценки параметров геометрических преобразований по неполным данным и краевым условиям, обобщающий частные решения из класса SAC (RANSAC и др.), его адаптация для использования параллельных вычислений на уровне данных в задаче оценки параметров проективного преобразования.
3. Метод локализации и идентификации плоских ригидных объектов с использованием представления изображения комбинацией из протяжённых и локальных признаков.

Замечания по содержанию и оформлению автореферата и диссертации

В диссертационной работе Скорюкиной Н.С. можно отметить следующие недостатки по оформлению и содержанию.

Замечания по оформлению

1. Значительное количество грамматических, синтаксических и стилистических ошибок и неточностей в тексте, например:

- а) «Определение надёжных границ *легло стало* основой подхода...» (стр.18);
 - б) «Подходы к оценке модели на зашумленных данных *зависят ожидаемого* характера шума» (стр. 36);
 - в) «*Затирание* с пересчётом БПХ на полном изображении слишком затратно...» (стр.54, сленг);
 - г) "Т.к. *известны* для сепаратора *известны* места обязательного размещения...", "...конец и начало, в случае *перевёртыша*..." (стр.63);
 - д) «Представление изображения в модели “созвездия признаков”...» (стр.74);
 - е) "...валидными, то *осмысленно сохранить* только их внутренние точки. Если же четырёхугольник невалиден или *ненайден*..." (стр. 79);
 - ж) «...конкретная *выборка малоосмысленна* в контексте...» на стр.86;
- и др.

2. Ошибки формального/математического изложения, например:

- а) функция $\rho(\dots)$ в выражении (1.14) имеет два аргумента, а в последующих выражениях – один;
- б) множественность смысловых значений одной и той же величины. Например, величина w на стр.50-51 вначале обозначает ширину прямоугольника, а позднее - вес прямой. Аналогично, в пределах одной стр.74 величина « i » обозначает тип объекта, номер точки и индекс класса;

в) формальное задание вида отображения/функции q_i на стр.51 некорректно, оно же указано и как отображение, и как результат этого отображения;

г) обозначение «множества выпуклых четырёхугольников» как « $\{Q\}$ » на стр.53 некорректно, представленная запись – множество-синглетон с неопределенным элементом Q ;

д) утеряны пределы суммирования в выражении (2.10) на стр.57;

е) на стр. 85 величина S вначале словесно определяется как последовательность пар точек соответствия между изображениями, а ниже в выражении (3.5) – как множество из четырех разнотипных элементов.

3. Неполнота изложения, не позволяющая однозначно воспринимать текст работы, в частности:

а) не объяснены причины выбора вида формулы (2.8) на стр.53;

б) цветовая маркировка вершин графа, использованная на рисунке 2.6 (стр.57), не описана;

в) не конкретизирован алфавит и правила сокращенной нотации (LT, LTRB, BLT и т.п.), использованной при классификации ребер графа на стр.57-58;

г) на стр.92 приведено выражение (3.10) для "остаточной оценке преобразования", завершающее подраздел 3.5. Нет пояснения, где и зачем приведенное выражение используется;

д) отсутствует общая схема для метода идентификации и локализации объектов, представленного в третьей главе 3.

Замечания по содержанию

4. Способ определения параметров взвешивания A и B в формуле (2.10) на стр. 57 не указан, как и границы их возможных значений.

5. Некорректное определение на стр.55: «Два отрезка считаются лежащими на одной прямой, если максимальное расстояние от конечных точек одного отрезка до линии, содержащей другой отрезок, меньше порогового значения». Под такое определение подходят и два перпендикулярных отрезка, один из которых короток (длиной меньше одного-двух пороговых значений) и пересекает длинный.

6. Акт использования результатов работы в АО «Альфа-Банк» приложен дважды (стр. 126-127).

7. В формулировке цели работы на стр.7-8 указано ограничение области применимости разработанных методов и алгоритмов идентификации и локализации в виде «плоских ригидных объектов». Из текста работы не ясно, является ли это ограничение/условие единственным (достаточным и/или необходимым). В частности, является ли предложенное решение работоспособным для таких объектов, как элементы пазла с отсутствующей текстурой, жестких листов выкройки и т.п.

Указанные замечания не являются критическими, поскольку их наличие не влияет на согласованность и корректность результатов.

Общая оценка работы

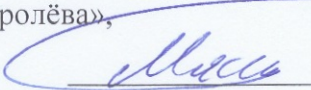
Диссертационную работу «Методы локализации и идентификации плоских ригидных объектов на изображениях» следует квалифицировать как завершенное научное исследование, выполненное на актуальную тему. Полученные результаты обоснованы и имеют теоретическое и практическое значение. Положения, выносимые на защиту, отражают результаты работы и обладают научной новизной. Данные результаты опубликованы в рецензируемых научных изданиях, в полной мере прошли апробацию на международных конференциях, а также внедрены в бизнес-процессы ряда организаций. Автореферат достаточно полно отражает содержание, научные положения и результаты диссертационной работы. Работа выполнена по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» и соответствует паспорту специальности.

Заключение

Диссертация «Методы локализации и идентификации плоских ригидных объектов на изображениях» является законченной научно-исследовательской работой и соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней. Автор работы, Скорюкина Наталья Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Официальный оппонент

профессор кафедры геоинформатики и информационной безопасности
ФГАОУ высшего образования «Самарский национальный
исследовательский университет имени академика С.П. Королёва»,
доктор физ.-мат. наук

 Мясников В.В.
«27» января 2025 г.

Сведения об организации:

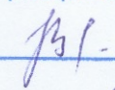
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва»
(Самарский университет)

Адрес: 443086, г. Самара, ул. Московское шоссе, д. 34

Тел.: +7 (846) 267-49-05

М. П.



Поставил И.П. Васильева удостоверяю
Исполнительный секретарь Самарского университета
 Васильева И.П.
«27» января 2025 г.