



ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ МАШИН им. И.С. Брука»
(ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука»)

119334, Москва, ул. Вавилова, 24
ineum@ineum.ru
www.ineum.ru

тел. (499) 135-33-21, 135-33-49, 135-40-79, 135-54-32
факс (499) 135-89-49

ОКПО 11494554
ОГРН 1027700297426
ИНН/КПП 7736005096/773601001

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука»

кандидат технических наук

А.К. Ким



«29» 01 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Публичного акционерного общества

«Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука»

на диссертационную работу Скорюкиной Натальи Сергеевны на тему:

«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 диссертационного исследования

Современные системы распознавания изображений относятся к области повседневного использования, в том числе на мобильных устройствах. Среди множества задач особое внимание уделяется локализации и идентификации объектов. С распространением мобильных камер возникла потребность в методах, устойчивых к искажениям: смазам, бликам, непредсказуемым поворотам и изменениям геометрии. Использование серверных решений с вычислительными ресурсами устраняет жёсткие ограничения по скорости и памяти, но требует стабильного интернета и способа безопасной передачи данных. На устройстве распознавание не требует передачи изображения, однако накладывает ограничения на вычислительные затраты. Все эти факторы подтверждают важность разработки методов распознавания, сочетающих точность, скорость и защищённость данных в условиях ограниченных ресурсов мобильных устройств.

В работе исследуются плоские объекты с жесткой либо полужесткой структурой. Если рассматривать изображение как совокупность признаков, то на разных изображениях класса для объекта с полужесткой структурой часть признаков может меняться, а часть

остаётся стабильной. Это дополнительно осложняет определение принадлежности к классу, т.к. стандарт класса не может быть выражен единым вектором признаков.

Хотя нейронные сети способны давать высокие результаты, им требуются обширные обучающие выборки, мощные графические процессоры и дополнительное время для дообучения. Другой известный подход заключается в представлении изображений набором локальных признаков. Скорюкина Н.С. отмечает, что методы такого подхода можно оптимизировать, используя протяжённые признаки (линии, текстовые зоны) для более эффективной локализации и экономии памяти.

Научная новизна. В диссертационной работе предложены новые оригинальные методы поиска текстов с заданной структурой (тексты машиночитаемых зон), устойчивые к искажениям, характерным для съёмки малоформатными камерами. Стоит отметить, что это первые методы, которые демонстрируют покадровую точность поиска свыше 90% при высокой скорости работы (>24 кадров в секунду). Представлен новый метод расчёта параметров преобразования, относящийся к семейству RANSAC и объединяющий возможности нескольких существующих алгоритмов. Он дополнен этапами фильтрации выборок и гипотез, параметры которых зависят от конкретных условий задачи, что позволяет применять метод в различных сценариях с различающимися параметрами. Предложен новый метод для локализации и идентификации плоского ригидного объекта на изображении с помощью нового признакового представления изображения (сочетание локальных и “протяженных” признаков). Выполнено оригинальное исследование точности метода с разными типами локальных признаков.

Оценка содержания диссертации

В главе 1 сформулированы задачи классификации и локализации, выделены два подхода к их решению: последовательный (поочередное решение каждой задачи) и параллельный (сведение обеих задач к единой постановке). В работе предлагается использовать параллельный подход, опирающийся на аналитическое сопоставление признаков изображений. Далее приведен обзор методов, связанных с выделением признаков на изображении, их быстрым сопоставлением с предварительно вычисленным набором (базой признаков) для ранжирования классов, а также точным сопоставлением признаков в плоскости для расчёта локализации и окончательного выбора класса.

В главе 2 представлены методы поиска для двух видов признаков: текст с заданной структурой и прямоугольники. Предполагается, что положение объекта либо строго ограничено (при известных параметрах), либо является произвольным. Для поиска четырёхугольников методы включают такие общие этапы, как построение полутоновой карты границ, выделения линий по преобразованию Хафа, пересечение линий, классификация углов, построение гипотез ответа (четырёхугольников), фильтрация и ранжирование гипотез. Ограничения на положение объекта проявляются в отличиях методов выполнения перечисленных шагов. В качестве текстов со структурой рассмотрены строки машиночитаемой зоны личных документов. Предложенные методы

рассчитывают окаямляющий прямоугольник для всех строк. Методы поиска машиночитаемой зоны включают такие общие этапы, как выделение примитивов (точек либо пиксельных компонент), фильтрация примитивов, построение графа расстояний между примитивами, построение минимального остовного дерева графа, выделение кластеров на остовном дереве, отсеивание кластеров и выбор ответа. Для фильтрации выбора соискатель предлагает использовать знания о структуре, в т.ч. поиск специфичного для машиночитаемых строк символа. Для предложенных методом проведены замеры точности и времени работы на наборах данных, релевантных задаче.

В главе 3 представлено решение основной задачи работы -- локализации и идентификации объекта на изображении. Вначале предложен улучшенный метод для локализации PESAC, который отличается тем, что позволяет отсеивать и отдельные подвыборки, т.е. базис гипотетической модели, и варианты моделей, по заданным критериям. При этом критерии не фиксированы -- они могут быть выражены для разных моделей и воплощать разные ограничения. Скорюкина Н.С. предлагает реализацию PESAC для расчёта проективного преобразования по 4 парам точек, которое должно соответствовать локализации объекта. Преобразование может быть порождено только камерой, а значит должно быть выпуклым, невырожденным и соответствовать какой-либо позе камеры. Для этого расстояние между точками ограничено снизу, а отличие растяжения-сжатия сторон - сверху.

Далее описано вычисление и создание базы признаков множества классов и вычисление признаков входного изображения. Соискатель предлагает выделить прямоугольники границ либо текста до локальных признаков и по ним оценить часть параметров для дальнейшего анализа - масштаб и угол поворота. Также описаны метод фильтрации локальных признаков после выделения и фильтрация похожих дескрипторов, найденных в базе. Отфильтрованные данные попадают в предложенную реализацию PESAC, где похожих по дескрипторам классов рассчитывают параметры преобразования и оценку. Тестирование выполнено на изображениях с документами, удостоверяющими личность, и произведениями живописи. В таблицах отражены улучшения от дополнения локальных признаков прямоугольниками, фильтраций, критериев в PESAC. Таким образом, результаты демонстрируют достижение цели, поставленной в работе.

Практическая значимость результатов и выводов диссертационной работы состоит в том, что разработанные в диссертации методы, способы и программы для решения задачи локализации и идентификации объекта на изображении могут быть внедрены в деятельность предприятий, занимающихся разработкой систем распознавания и обработки документов и иных объектов с жесткой структурой. В частности, результаты работы применимы в работе банков (Альфа Банк), страховых компаний (Альфа Страхование), ВУЗов (РТУ МИРЭА), предприятий промышленности (SmartEngines), государственных служб и др.

Замечания.

В ходе анализа содержания и оформления диссертации и автореферата отмечены следующие недостатки:

1. Несмотря на то, что целью работы является повышение точности, скорости и затрат памяти для методов идентификации и локализации объектов, в работе не представлены абсолютные оценки скорости разработанных методов, а приведены только относительные оценки времени работы.
2. Современные средства вычислительной техники для мобильных устройств содержат специализированные ускорители, такие как: видеоядра, тензорные ядра, нейропроцессоры, однако оценки эффективности разработанных методов проводились на устаревших настольных (AMD FX-8350, 2012 г.) и мобильных (ARM Cortex-A73, 2016 г.) микропроцессорах.
3. В работе не приведены схемы для всех разработанных методов, в диссертации приведена только схема PESAC).
4. Во второй и третьей главе диссертации содержится излишне большое количество аналитического материала.

Отмеченные недостатки, тем не менее, не оказывают существенного влияния на научную и практическую ценность результатов проведенного диссертационного исследования, работа в целом оценивается положительно.

Достоверность и значимость результатов.

Основные результаты работы опубликованы в рецензируемых изданиях и доложены на международных профильных конференциях. Предложенные методы реализованы для использования предприятиями, что подтверждено актами о внедрении, и запатентованы в РФ и США. Ключевые эксперименты описаны достаточно для возможности их воспроизведения и выполнены на общедоступных наборах изображений, а полученные результаты не противоречат сами себе и известным данным. Эти факторы указывают на достоверность полученных результатов и их практическую значимость.

Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Скорюкиной Н.С. является завершённой научно-исследовательской работой, обладает внутренним единством, выполнена на высоком научном уровне. Сформулированная цель диссертационного исследования достигнута, поставленные задачи решены в полном объёме.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. В автореферате обосновывается актуальность темы диссертационной работы, определяется объект, предмет, цель и задачи исследования, приводятся пункты научной новизны и положения на защиту, обосновывается теоретическая и практическая значимость работы, приводятся результаты апробации и внедрения результатов, описывается структура работы.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», в частности п.3 («Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»), п.4 («Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации») и п.5 («Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»).

Представленные в диссертационной работе результаты и их значимость в полной мере соответствуют требованиям п.9 Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а её автор, Скорюкина Наталья Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Отзыв на диссертационную работу обсужден и одобрен на заседании научного управления 3.4 «Адаптация общего программного обеспечения на УВК», протокол №3.4/9 от 27.01.2025. Результаты голосования: «за» - 13, «против» - 0, «воздержалось» – 0.

Заместитель руководителя управления 3.4

«Адаптация общего программного обеспечения на УВК» –

главный научный сотрудник

кандидат технических наук



Н.А. Бочаров

«27» января 2025 г.

Подпись Бочарова Н.А. заверяю:

Начальник отдела

по работе с персоналом



С.М. Комазенкова

«27» января 2025 г.

Сведения о ведущей организации:

Полное наименование: Публичное акционерное общество «Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука».

Сайт организации: <http://www.ineum.ru/>

Почтовый адрес: 119334, Москва, ул. Вавилова, д.24

Контактный телефон: +7 (499) 135-44-49

e-mail: ineum@ineum.ru