

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

УТВЕРЖДАЮ

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный
технический университет
имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)

Ректор ФГБОУ ВО «ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова»

В.П. Грахов

Студенческая ул., д. 7, г. Ижевск, УР, 426006
тел. (3412) 77-20-22, 77-60-55 (многоканальный)
факс: (3412) 50-40-55
e-mail: info@istu.ru <http://www.istu.ru>
ОКПО 02069668 ОГРН 1021801145794
ИНН/КПП 1831032740/183101001



Грахов
«*14*» *ноября* 2020

№ _____
на № _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу

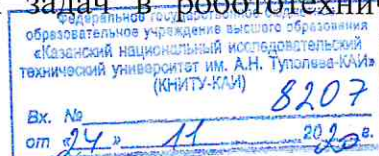
Костюхиной Галины Викторовны

на тему «Модель, метод и комплекс программ выделения контуров
на изображениях с использованием энергетических признаков»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы диссертации

Диссертация Костюхиной Г.В. посвящена решению актуальной научной задачи разработки эффективных алгоритмов выделения контуров для систем автоматического обнаружения объектов, работающих в режиме реального времени, позволяющих уменьшить влияние шумовой составляющей и сократить вычислительные затраты на выполнение тех или иных операций, при которых результат будет пригоден для последующего контурного анализа в рамках решаемых задач.

В настоящее время широко применяются технологии компьютерного зрения для решения задач в различных областях науки и техники. При помощи данных технологий осуществляется анализ и извлечение полезной информации из изображений, полученных с помощью камер или датчиков, для дальнейшего их применения при решении функциональных задач в робототехнических



системах, системах промышленного контроля, геоинформационных системах, системах медицинского и военного назначения и т.д.

Ввиду большого разнообразия решаемых системами компьютерного зрения задач, таких, как детектирование движения, распознавание символов, обнаружение и распознавание человеческих фигур, лиц, наблюдение за животными, измерение геометрических параметров объектов, определение жестов, обнаружение дефектов деталей и зданий и др., существует и продолжает развиваться большое количество методов обработки графической информации, в частности методы выделения контуров на цифровых изображениях.

Выделение контуров является важным этапом при построении признаков для обнаружения и распознавания объектов и событий на изображениях с помощью методов контурного анализа. Достоинствами применения данных методов являются: возможность рассмотрения только контуров, что позволяет снизить вычислительную и алгоритмическую сложность, и инвариантность к преобразованиям переноса, поворота и масштабирования. Однако многие из них чувствительны к шуму, что означает необходимость в дополнительных операциях предварительной обработки.

С развитием техники и технологий постоянно растёт объем графической информации. При этом часто необходимо обеспечить ее обработку в условиях реального времени, что связано с устойчивостью к воздействию шума и скоростью выполнения операций.

Для обеспечения при заданном качестве результирующего изображения низкой чувствительности к шуму и низкой вычислительной сложности автором предлагается контурная модель на основе энергетических признаков вейвлет-преобразования, метод выделения контуров с использованием данной модели и реализующий его комплекс программ.

Оценка содержания работы

Диссертационная работа Костюхиной Г.В состоит из введения, 5 глав, заключения, 146 наименований списка использованной литературы и 4 приложений.

Во введении приводится обоснование актуальности темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, приводятся выносимые на защиту основные научные положения и результаты.

В первой главе приводится аналитический обзор методов контурного анализа. Излагаются основные понятия методов выделения контуров на изображениях и области его применения. Проводится сравнительный анализ существующих методов, выделяются их достоинства и недостатки, формулируется общая постановка задачи.

Вторая глава посвящена разработке контурной модели на основе энергетических признаков. Представлены основные понятия и описание вейвлет-преобразования. Рассматриваются основные методы выделения контуров на изображениях с использованием вейвлет-преобразования, приведено их описание. Рассмотрено вычисление энергетических характеристик с использованием вейвлет-преобразования, на основе которых предложено построение контурной модели изображения.

Третья глава диссертации содержит описание разработанного метода выделения контуров на изображениях на основе анализа энергетических признаков вейвлет-преобразования. Приведён метод вычисления оценочных коэффициентов весового изображения и описание каждого этапа разработанного алгоритма.

Четвертая глава диссертации посвящена описанию разработанного программного комплекса выделения контуров на изображениях, в котором реализован описанный в третьей главе метод выделения контуров на основе энергетических признаков вейвлет-преобразования с возможностью задать тип вейвлета, число уровней разложения, весовые коэффициенты, нижний и верхний пороги и отобразить результат выполнения каждого из этапов алгоритма. Для выполнения сравнительного анализа разработанного метода и существующих методов выделения контуров реализованы методы выделения контуров на основе алгоритмов Малла и Танга и детектор Кэнни с возможностью настройки соответствующих параметров. Программный комплекс позволяет

автоматизировать расчёт пороговых значений, выбрав из нескольких методов: алгоритм Отсу, подходы на основе среднего значения и стандартного отклонения интенсивности изображения, гистограммы матрицы направлений градиентов, среднего значения детализирующих коэффициентов. Глава также включает в себя пример работы программного комплекса.

Пятая глава диссертации посвящена описанию основных результатов экспериментальных исследований. Представлены технические характеристики оборудования и данные тестовой выборки для выполнения экспериментальных исследований.

Приложения содержат тестовые изображения, характеристики полученных изображений, включая время их обработки, программную реализацию разработанных алгоритмов и программ, копии актов внедрения результатов работы. Содержание автореферата соответствует структуре текста диссертации.

Научная новизна работы

Научная новизна работы заключается в разработке:

- контурной модели изображения, отличающейся от существующих тем, что использует энергетические признаки изображения, полученных в результате прямого вейвлет-преобразования, для оценки значимости каждой его точки;

- метода выделения контуров на изображениях, отличающийся от существующих методов применением контурной модели, построенной в результате выполнения вейвлет-анализа исходного изображения, и метода вычисления весовых коэффициентов. Исследованы и сформулированы основные условия применения метода;

- комплекса программ выделения контуров на изображениях, отличающийся новым составом программных модулей, которые реализуют разработанный метод выделения контуров на основе энергетических признаков изображения и позволяют выполнить сравнительный анализ его с существующими методами.

Достоверность и обоснованность результатов исследования

Разработанные в диссертации модель и метод обоснованы теоретическими решениями и не противоречат известным положениям других авторов. Полученные результаты основаны на использовании математического аппарата вычислительных моделей компьютерного зрения и вейвлет-анализа, методов цифровой обработки изображений и методологии программирования.

Достоверность полученных результатов подтверждена экспериментальной реализацией разработанных алгоритмов и результатами существенного количества экспериментов на разного рода изображениях.

Обоснованность научных положений диссертационного исследования подтверждается 8 публикациями, 3 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 2 – индексируемых в Scopus, 3 – в материалах конференций, индексируемых в РИНЦ, а также апробацией на 4 научных конференциях.

Практическая значимость результатов работы

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке оригинального программного комплекса, реализующего разработанный метод выделения контуров на основе анализа энергетических признаков. Программный комплекс обеспечивает необходимую функциональность для исследования алгоритмов выделения контуров. Результаты исследования внедрены в производство на предприятии АО НПО «ОКБ имени М.П. Симонова», программный комплекс применяется при обучении бакалавров КНИТУ-КАИ.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные автором метод и алгоритмы имеют практическую и научную значимость при решении задач реконструкции объекта-оригинала технической и естественной природы и позволяют создать аппаратно-программные средства, обеспечивающие повышенную точность пространственной реконструкции сцены в реальном времени. Результаты работы можно рекомендовать организациям, занимающимся задачами обработки изображений и распознавании образов, например при анализе изображений лиц

в криминалистике, при анализе аэрокосмоснимков и выделении на них пространственных объектов в геоинформационных целях, при графическом поиске изображений различного происхождения (чертежи, фотографии, снимки и т.д.), при анализе томографических снимков с целью построения трехмерных структур исследуемых объектов, в производственных задачах при дефектовке выпускаемых изделий, детектирования средств индивидуальной защиты и спецодежды (каска, маски, жилеты) и т.д.

Замечания по диссертации

1. В диссертации отсутствует четкое определение того, что представляют собой энергетические характеристики изображения в рамках предложенной контурной модели.

2. Не хватает количественных показателей эффективности предложенного метода выделения контуров на изображениях в зависимости от вида вейвлет-преобразования и числа уровней разложения.

3. В работе часто используется термин "вычислительная сложность алгоритма", но не представлена теоретическая оценка сложности в виде функции $O(\dots)$ для разработанного алгоритма.

4. Отсутствуют результаты применения предложенного метода к выделению контуров на кадрах видеопоследовательностей, что наиболее актуально в задачах машинного зрения.

5. Отсутствуют результаты сравнения предложенного метода с существующими подходами при решении задач классификации изображений.

6. В экспериментальной части работы было бы целесообразно применение общедоступных бенчмарков изображений (например, BSDS500), в которых имеется эталонная разметка, позволяющая объективно оценить качество работы метода выделения контуров в сравнении с аналогами.

Приведенные замечания не уменьшают теоретической и практической ценности полученных результатов и не снижают положительного впечатления от представленной диссертационной работы.

Заключение

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа «Модель, метод и комплекс программ выделения контуров на изображениях с использованием энергетических признаков» является завершённой научно-квалификационной работой, удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Костюхина Галина Викторовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены и одобрены на расширенном заседании кафедр «Автоматизированные системы обработки информации и управления» и «Программное обеспечение» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» 19 сентября 2020 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой
«Автоматизированные системы обработки
информации и управления»,
кандидат технических наук, доцент



М.Н. Мокроусов

Заведующий кафедрой
«Программное обеспечение»,
кандидат технических наук, доцент



А.В. Коробейников

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова».

426069, г. Ижевск, ул. Студенческая 7, тел. (3412) 77-60-55, e-mail: info@istu.ru,
<https://istu.ru/>

Сведения о ведущей организации
по диссертационной работе **Костюхиной Галины Викторовны**
на тему **«Модель, метод и комплекс программ выделения контуров на изображениях с использованием энергетических признаков»**
представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук
по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»
Почтовый индекс, адрес организации	426069, Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7
Веб-сайт	https://istu.ru/
Телефон	+7 (3412)77-60-55
Адрес электронной почты	info@istu.ru
Список основных публикаций работников структурного подразделения, в котором будет готовиться отзыв, по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гафаров Р.М., Коробейников А.В., Куликов В.А., Шляхтин К.А. Система технического зрения для контроля внешнего вида неметаллических трубчатых изделий. Интеллектуальные системы в производстве. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ. – 2016, №2. – С. 32-33. 2. Kasimov, D.R., Kuchuganov, A.V., Kuchuganov, V.N., Oskolkov, P.P. Vectorization of raster mechanical drawings on the base of ternary segmentation and soft computing. Programming and Computer Software. 2017. № 43 (6). С. 337-344. 3. Гафаров, Р.М. Применение метода статистической дифференциации для координатной привязки аэрофотоизображения к космическому снимку / Р.М. Гафаров, И.О. Архипов, А.В. Коробейников, М.О. Еланцев // Интеллектуальные системы в производстве. - 2017. - Т. 15, № 2. - С. 109-112. 4. Korobeynikov A., Khokhlachev A., Smirnov V. OpenCL application to accelerate the lossless image compression algorithm based on cascading fragmentation and the pixels sequence ordering. CEUR Workshop Proceedings, 2017. 1901. pp. 110-118. 5. Kasimov, D.R., Kuchuganov, A.V., Kuchuganov, V.N., Oskolkov P.P. Approximation of color

	<p>images based on the clusterization of the color palette and smoothing boundaries by splines and arcs. Programming and Computer Software. 2018. № 5 (44). С. 295-302.</p> <p>6. Ситников В.В., Люминарский В.В., Коробейников А.В. Обзор методов распознавания объектов, используемых в системах машинного зрения. Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. 2018. № 4 (21). С. 222-229.</p> <p>7. Кучуганов, А.В. Упрощенный метод скелетизации невыпуклых фигур // Программные продукты и системы. 2019. № 3. С. 384-388.</p> <p>8. Kuchuganov, V.N., Kasimov, D.R., Kuchuganov, A.V. A Logical Approach to the Analysis of Aerospace Images. In: Bjørner N., Virbitskaite I., Voronkov A. (eds) Perspectives of System Informatics. PSI 2019. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2019. Vol. 11964. pp. 156-166.</p> <p>9. Kasimov, D.R. Techniques for Improving Color Segmentation in the Task of Identifying Objects on Aerial Images. Proceedings of the 24th Conference of Open Innovations Association (FRUCT). 2019. pp. 148-155.</p> <p>10. Elantcev, M.O., Arkhipov, I.O., Gafarov, R.M. A method of iterative image normalization for tasks of visual navigation of UAV. CEUR Workshop Proceedings. 2019. 2391. pp. 144-152.</p> <p>11. Кучуганов В.Н., Кучуганов А.В., Касимов Д.Р. Алгоритм кластеризации множества деталей по чертежам // Программирование. 2020. № 1. С. 29-38.</p> <p>12. Kuchuganov, A.V., Kasimov D.R., Khvorenkov, D.A., Lebedev, O.B., Zhiglaty, A.A. Augmenting reality in the tasks of classifying objects in aerospace images. Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1582. Is. 1. Article No. 012049.</p>
--	---

Верно

Ректор ИжГТУ имени М.Т. Калашникова

В.П. Грахов

« 16 » ноябрь 2020 г.

