

Федеральное государственное учреждение  
«Федеральный исследовательский центр  
«Информатика и управление»  
Российской академии наук»  
(ФИЦ ИУ РАН)

Россия, 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2  
Тел. 8(499) 135-62-60, факс 8(495) 930-45-05  
E-mail: [ipiran@ipiran.ru](mailto:ipiran@ipiran.ru) <http://www.ipiran.ru>

От \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального  
государственного учреждения  
«Федеральный исследовательский  
центр «Информатика и управление»  
Российской академии наук»



*[Signature]*  
И.А. Соколов

«31» мая

2017 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Зубюка Андрея Владимировича  
«Морфологические методы идентификации объектов со случайно изменяющейся  
формой по их изображениям», представленную на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и  
комплексы программ

### Актуальность выбранной темы

Автоматизация процессов обработки и анализа изображений и видео — важное направление научных исследований, активно развивающееся с середины XX века. Их актуальность в целом обусловлена постоянным ростом объёма фото- и видеоинформации, поступающей из многочисленных источников: с камер наружного наблюдения, космических и других летательных аппаратов, диагностического медицинского оборудования и т. п. Диссертация А.В. Зубюка посвящена развитию математических методов решения задачи идентификации изображений — одной из наиболее значимых задач анализа изображений, возникающей в медицинской диагностике, системах контроля и управления доступом, в геологической разведке, при визуальном контроле качества промышленных изделий и т. д.

Исследуемые в диссертации математические методы морфологического анализа изображений наряду с широко известными методами корреляционного анализа, методами, базирующимися на преобразованиях Радона и Хафа, и др. можно отнести



к интегральным методам анализа изображений. В отличие от методов, основанных на выделении локальных признаков, например, границ раздела и углов областей, отличающихся яркостью или цветом, с дальнейшим анализом их формы и взаимного расположения, интегральные методы позволяют анализировать изображённую сцену в целом за счёт использования интегральных преобразований изображения. Такие методы хорошо зарекомендовали себя в задачах выделения, узнавания и идентификации объектов заданной формы, они демонстрируют высокую устойчивость к локальным искажениям изображений, их искажению случайным аддитивным шумом, а также к изменению в широком диапазоне яркостей и цветов объектов на изображениях.

В то же время им свойственны и общие ограничения — для решения задач анализа сцен по их изображениям необходимо точное задание геометрических форм интересующих объектов. Однако практически это не всегда возможно, так как формы реальных объектов могут быть подвержены изменениям, а знания о них могут быть неполными или неточными. В связи с этим представляет интерес исследование влияния неточного соответствия геометрических форм объектов на изображениях модельным представлениям о них на качество работы интегральных методов анализа изображений, а также разработка математических методов моделирования неполноты знаний о формах объектов при анализе их изображений.

Диссертационная работа А.В. Зубюка, посвящённая морфологическому анализу изображений объектов с изменяющейся геометрической формой, призвана в определённой степени удовлетворить этот интерес. В ней предложены методы математического моделирования случайных форм изображений, позволившие разработать их вероятностную и возможностьную модели, методы идентификации объектов со случайной геометрической формой по их изображениям, а также методы обучения такой идентификации. Таким образом, тема диссертации А.В. Зубюка является актуальной как в теоретическом, так и в практическом плане.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендации, сформулированных в диссертации**

Выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы приведёнными в её тексте выкладками и доказательствами теорем. Полученные в диссертации оценки качества работы предложенных методов и алгоритмов и их сходимость не противоречат известным результатам из теории вероятностей и теории возможностей, а также подтверждаются результатами проведённых вычислительных экспериментов. Результаты, демонстрирующие

помехозащищённость разработанных методов при искажении изображений случайным аддитивным шумом, согласуются с известными результатами из морфологического анализа изображений. Методы, применённые для ускорения вычислений на видеокартах, основаны на корректном использовании различных видов памяти видеокарт фирмы NVIDIA.

### **Достоверность результатов и выводов**

Результаты и выводы диссертации апробированы в ходе 5 научных конференций и 7 научных семинаров. Результаты диссертации опубликованы в 6 статьях в рецензируемых научных журналах, из которых 5 входят в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ.

### **Научная новизна полученных результатов**

Методы морфологического анализа изображений изначально разработаны для детектирования, идентификации и узнавания объектов заданной геометрической формы на изображениях и для выделения структурных отличий изображений схожих сцен. Главной особенностью данных методов является их инвариантность относительно изменения условий освещения сцен и характеристик регистрирующей аппаратуры, но не геометрических форм изображённых объектов. Таким образом, методы математического моделирования неопределённости форм изображений объектов с изменяющимися геометрическими формами рассматриваются в рамках морфологического анализа впервые и являются новыми.

В ходе разработки численных методов решения поставленных задач идентификации изображений со случайной формой автором предложены новые методы сравнения форм изображений как линейных подпространств, характеризующие близость всех элементов одного подпространства к другому подпространству в сравнении с третьим. Введённая в диссертации числовая мера близости форм отличается от известных ранее, основанных на индексах морфологической связности и независимости, трансформационной метрике и др.

В диссертации впервые разработаны программные реализации методов морфологического анализа изображений для современных высокопроизводительных видеокарт. Впервые разработан комплекс программ с графическим интерфейсом пользователя для компьютерного моделирования вероятностной случайности теоретико-возможностными методами.



## **Соответствие содержания диссертации специальности**

Содержание, результаты и выводы диссертационной работы А.В. Зубюка соответствуют паспорту специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

К пункту 1 «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений» паспорта специальности 05.13.18 относятся следующие результаты, выносимые на защиту и полученные в главе 2 диссертационной работы:

- разработаны методы математического моделирования случайных форм изображений и реализованы для вероятностной и возможностной моделей.

К пункту 3 «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий» паспорта специальности 05.13.18 относятся следующие результаты, выносимые на защиту и полученные в главах 3 и 4 диссертационной работы:

- предложены методы сведения задач минимизации ошибок идентификации объектов со случайно изменяющейся формой по их изображениям к упрощенным конечномерным задачам оптимизации; разработаны численные методы и алгоритмы поиска приближенных решений задач минимизации ошибок идентификации, в том числе с использованием обучающей выборки изображений; получены оценки, характеризующие отклонение приближенных решений от истинных в зависимости от размера изображений в пикселях, а также величины допустимых вариаций условий освещения и параметров регистрирующей аппаратуры,
- разработаны алгоритмы поиска объектов со случайно изменяющейся формой на предъявленном изображении, допускающие программную реализацию с использованием параллельных вычислений на графических процессорах.

К пункту 4 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента» паспорта специальности 05.13.18 относятся следующие результаты, выносимые на защиту и полученные в главе 4 диссертационной работы:

- разработан комплекс программ для идентификации и обучения идентификации объектов со случайно изменяющейся формой по их изображениям, поиска на предъявленном изображении объектов со случайно изменяющейся формой с использованием параллельных вычислений на графических процессорах, компьютерного моделирования вероятностной случайности возможностными методами.

## **Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных в диссертации**

Исследования, проведённые в диссертационной работе А.В. Зубюка, выполнены на высоком теоретическом уровне. Разработанные методы математического моделирования неопределённости форм изображений позволяют учесть неполные и неточные знания о геометрических формах изображённых объектов в задачах их идентификации по изображениям методами морфологического анализа, что расширяет область их применимости. Разработанные методы могут быть реализованы не только в рамках теории вероятностей и теории возможностей Пытьева в 1-ом варианте, как это сделано в диссертации, но и для других моделей неопределённости, например, для теории возможностей Пытьева во 2-ом варианте, теории возможностей Де-Кумана и др., что представляет значительный теоретический интерес.

Следует отметить, что основные результаты исследования строго обоснованы доказанными в диссертации теоремами, которые имеют самостоятельную ценность для морфологического анализа изображений. Разработанные в диссертации подходы к анализу близости форм изображений и полученные на их основе оценки могут быть использованы для исследования качества методов морфологического анализа изображений, искажённых случайным шумом, и для разработки быстрых морфологических алгоритмов анализа изображений объектов, геометрические формы которых могут изменяться известным образом.

Практическая значимость результатов диссертации обусловлена важностью для практики задач идентификации и поиска объектов на изображениях, возникающих в медицинской диагностике, системах контроля и управления доступом, в геологической разведке, при визуальном контроле качества промышленных изделий и т. д. Возможность применения разработанных методов на практике подтверждается результатами их тестирования в вычислительном эксперименте, проведённом на изображениях реальных объектов, и подкрепляется предложенной в диссертации программной реализацией этих методов для современных высокопроизводительных видеокарт.

## **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертации А.В. Зубюка могут быть рекомендованы к использованию и развитию в следующих организациях: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Национальный



исследовательский университет «Московский институт электронной техники»,  
Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,  
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, ФГУП  
«Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем».

### **Замечания по материалам диссертации**

По диссертации А.В. Зубюка имеется ряд замечаний:

1. Введённый в диссертации термин *каркаса семейства форм изображений* не вполне удачен, так как ассоциируется с понятием *каркаса связного графа* в теории графов, однако не имеет с ним и теорией графов никакой связи.
2. В главе 4 исследование методов поиска объектов со случайной формой проведено на примере вероятностной модели и метода отношения правдоподобия. При этом не дано разъяснений относительно того, какой метод может быть использован для поиска объекта в случае, если задана возможностная модель нечёткой формы его изображения, не проведён соответствующий вычислительный эксперимент.
3. Не разъяснено обозначение *blockIdx*, впервые встречающееся на странице 111 диссертации.

Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Автореферат полностью и верно отражает содержание диссертационной работы.

### **Заключение**

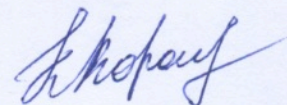
Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной задачи, имеющей значение для развития морфологических методов анализа изображений и теории возможностей.

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертационная работа Зубюка Андрея Владимировича «Морфологические методы идентификации объектов со случайно изменяющейся формой по их изображениям» является научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям Министерства образования и науки РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Зубюк Андрей Владимирович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.



Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на заседании отдела интеллектуальных систем Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук, протокол № 3 от 6 апреля 2017 г.

Составитель отзыва,  
заведующий отделом интеллектуальных систем  
Федерального исследовательского центра  
«Информатика и управление» РАН  
доктор физико-математических наук,  
профессор РАН  
e-mail: [voron@forecsys.ru](mailto:voron@forecsys.ru)



К.В. Воронцов

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук»

**Адрес:** 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, кор. 2

**Телефон:** +7 (499) 135-62-60.

**E-mail:** [ipiran@ipiran.ru](mailto:ipiran@ipiran.ru)

**Web:** <http://www.frccsc.ru>