

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета ВМК МГУ
Академик РАН

Соколов И.А.

15.02.2020 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Диссертация Ломова Никиты Александровича на тему «Морфологические дескрипторы объектов переменной ширины на цифровых изображениях» подготовлена на кафедре Математических методов прогнозирования факультета Вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова.

В 2015 году Н.А. Ломов окончил Московский государственный университет по специальности «Прикладная математика и информатика», и ему присвоена квалификация «Математик, системный программист». В 2015 году он поступил в очную аспирантуру МГУ, в 2016-2017 годах сдал кандидатские экзамены. В 2019-м году он окончил очную аспирантуру по направлению подготовки 01.01.09 – «Дискретная математика и математическая кибернетика». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2020 году в МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель аспиранта – доктор технических наук профессор Местецкий Леонид Моисеевич работает в МГУ имени М.В. Ломоносова на факультете вычислительной математики и кибернетики в должности профессора кафедры математических методов прогнозирования.

По итогам обсуждения научно-исследовательской работы принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертации определяется потребностями развития современных систем компьютерного зрения при решении задач распознавания формы объектов на изображениях. Успешное решение подобных задач требует подбора информативных признаков формы; одним из важных аспектов формы может служить ширина объектов на изображениях, так как она подходит для описания гибких форм, например, фигуры человека. Растущие объёмы входных данных для систем компьютерного зрения, а также недостаточная вычислительная эффективность известных процедур получения признаков ширины ставят задачу разработки новых математических моделей для описания ширины объектов сложной формы и создания вычислительно эффективных алгоритмов на их основе.

Целью работы является разработка дескрипторов формы объектов на бинарном изображении, способных служить интегральным описанием ширины, а также разработка математических моделей формы этих объектов, обеспечивающих точное и вычислительно эффективное извлечение таких дескрипторов. Предлагается использовать средства непрерывной морфологии, в рамках которой предложен ряд моделей описания формы, удобных для обработки с помощью быстрых алгоритмов вычислительной геометрии.

Неотъемлемой частью работы является реализация соответствующего программного комплекса, проведение вычислительных экспериментов, доказывающих корректность и эффективность предложенных методов, а также поиск практических задач, которые могут быть решены этими методами.

В рамках диссертационной работы лично соискателем учёной степени получены следующие результаты, обладающие **научной новизной и выносимые на защиту**:

1. Морфологические дескрипторы объектов на цифровых изображениях, основанные на непрерывном медиальном представлении формы: площадь и моменты дискового покрытия многоугольных фигур, описывающих форму объектов.
2. Метод вычисления площади дискового покрытия многоугольной фигуры и функции морфологической ширины как интегрального описания ширины.
3. Метод вычисления геометрических моментов дискового покрытия многоугольной фигуры и функции морфологических моментов как интегрального описания пространственного распределения ширины.
4. Методы вычисления производных дескрипторов ширины — площади покрытия сегментированной фигуры и совокупной интенсивности системы дисковых покрытий полутонового изображения.
5. Методы вычисления точечных дескрипторов ширины бинарного изображения — карты расстояний (distance transform) и карты толщин — на базе непрерывного медиального представления формы объектов бинарного изображения.
6. Методы идентификации шрифта по изображению текста и оценки скорости регенерации плоских червей-планарий на основе разработанных дескрипторов ширины.

Все результаты, выносимые на защиту, **получены лично автором** при научном руководстве профессора Л.М. Местецкого.

Достоверность и обоснованность полученных аспирантом результатов основывается на корректности постановок рассматриваемых задач исследования, строгих математических доказательствах корректности и вычислительной эффективности предложенных методов и алгоритмов, а также программной реализации и вычислительных экспериментах, проведенных на реальных базах изображений биологических снимков и синтезированных базах символов компьютерных шрифтов.

Научная значимость работы состоит в разработке методов вычисления дескрипторов ширины для распознавания формы объектов и теоретическом обосновании их корректности. Предложен подход, позволяющий сравнивать объекты между собой по ширине, используя их медиальное представление, независимо от сложности формы объектов. Изложенная в работе методика предоставляет математический аппарат для конструирования новых дескрипторов формы изображений на основе ширины объектов, а также методов классификации формы изображений.

Практическая значимость заключается в реализации разработанных методов в виде высокоэффективных алгоритмов, позволяющих решать задачи анализа формы сложных объектов цифровых изображений. Разработанные алгоритмы значительно превосходят по скорости известные аналоги. Они могут быть использованы для решения задач распознавания изображений в реальном времени систем компьютерного зрения и для

обработки больших массивов изображений. Практическая значимость работы подтверждается детальной программной реализацией всех предложенных в диссертации методов и алгоритмов, а также их использованием для решения прикладных задач.

Полученные результаты могут быть рекомендованы для использования в МГУ имени М.В. Ломоносова, Федеральном исследовательском центре «Информатика и Управление» РАН, Федеральном государственном унитарном предприятии «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», Институте систем обработки изображений РАН.

Апробация работы проводилась на следующих конференциях и семинарах:

- 1) 24-я международная конференция по компьютерной графике, обработке изображений и машинному зрению «ГрафиКон-2014» (Ростов-на Дону, 2014) [1];
- 2) 26-я международная конференция по компьютерной графике, обработке изображений и машинному зрению «ГрафиКон-2016» (Нижний Новгород, 2016) [2];
- 3) 11-я международная конференция «Интеллектуализация обработки информации» ИОИ-2016 (Барселона, 2016) [3; 4];
- 4) 8-я научно-техническая конференция «Техническое зрение в системах управления» ТЗСУ-2017 (Москва, 2017) [5];
- 5) Международная конференция «Техники фотограмметрии и компьютерного зрения для задач видеонаблюдения, биометрии и биомедицины» PSBB-2017 (Москва, 2017) [6];
- 6) 12-я международная конференция по теории и приложениям компьютерного зрения VISAPP 2017 (Порту, 2017) [7];
- 7) 27-я международная конференция компьютерной графике, обработке изображений и машинному зрению «ГрафиКон-2017» (Пермь, 2017) [8];
- 8) 18-я Всероссийская конференция с международным участием «Математические методы распознавания образов» ММРО-2017 (Таганрог, 2017) [9].
- 9) Московский семинар «Морфологический анализ данных» под руководством Ю.П. Пытьева (физический факультет МГУ, ноябрь 2015)
- 10) Международный семинар «Распознавание RGB-D изображений в системе компьютерного зрения» (факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ, август 2017)
- 11) Мероприятия в рамках совместного российско-индийского научного проекта (доклады в университетах городов Хайдарабад, Майсур и Мангалор, декабрь 2017).

Материалы исследования опубликованы в 12 печатных изданиях, 3 из них изданы рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК [10–12], 2 опубликованы на английском языке в изданиях, индексирующихся системами Scopus и Web of Science [6; 7], 3 — в сборниках трудов конференций [1; 2; 8], 4 — в сборниках тезисов докладов [3–5; 9].

В рамках исследования разработана система идентификации шрифта по изображению текста, использующаяся в качестве вспомогательного инструмента в компании «ПараТайп». Описания отдельных результатов работы включены в отчёты по проектам РФФИ №№ 14-01-00716, 15-07-01323 и 17-01-00917.

Публикации по теме диссертации:

- 1) Зак Е.М., Ломов Н.А., Местецкий Л.М. Сравнение формы изображений на основе спектра ширины объектов // Труды 24-й Международной конференции по компьютерной графике и зрению ГрафиКон'2014. — Академия архитектуры и искусств ЮФУ, Ростов-на-Дону, 2014. — С. 150—154.
- 2) Ломов Н.А., Местецкий Л.М. Идентификация цифровых шрифтов на основе морфологической ширины // GraphiCon2016 Труды Международной научной конференции. — ННГАСУ, 2016. — С. 89—95.
- 3) Ломов Н.А., Местецкий Л.М. Распознавание цифровых шрифтов по изображениям на основе дискового покрытия // Интеллектуализация обработки информации: Тезисы докладов 11-й Международной конференции. — ТОРУС ПРЕСС, Москва, 2016. — С. 108—109.
- 4) Ломов Н.А., Сидякин С.В., Визильтер Ю.В. Классификация двумерных фигур с использованием скелетно-геодезических гистограмм толщин-расстояний // Интеллектуализация обработки информации: Тезисы докладов 11-й Международной конференции. — ТОРУС ПРЕСС, Москва, 2016. — С. 106—107.
- 5) Ломов Н.А., Сидякин С.В., Визильтер Ю.В. Классификация двумерных фигур с использованием контурных, скелетных и толщинных описаний // Тезисы 8-й научно-технической конференции «Техническое зрение в системах управления». — ИКИ РАН Москва, 2017. — С. 71—72.
- 6) Lomov N., Sidyakin S. Morphological Moments of Binary Images // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. — 2nd International ISPRS Workshop on PSBB Moscow, Russia, 2017. — С. 19—25. — (WG II/10, II/5).
- 7) Lomov N., Mestetskiy L. Pattern Width Description through Disk Cover — Application to Digital Font Recognition // Proceedings of the 12th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2017). — Setubal, Portugal, 2017. — С. 484—492.
- 8) Липкина А.Л., Ломов Н.А. Распознавание шрифтов по изображениям на основе анализа структуры букв // ГРАФИКОН'2017 Труды 27-й Международной научной конференции. — Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, 2017. — С. 359—366.
- 9) Ломов Н.А., Сидякин С.В. Классификация бинарных фигур с использованием мешка контекстов ребер скелета // Математические методы распознавания образов: Тезисы докладов 18-й Всероссийской конференции с международным участием. — ТОРУС ПРЕСС, Москва, 2017. — С. 118—119.
- 10) Местецкий Л.М., Зак Е.М., Ломов Н.А. Распознавание формы гибких объектов изображений на основе спектров ширины // Приволжский научный журнал. — Нижний Новгород, 2014. — № 4. — С. 59—67.
- 11) Ломов Н.А., Местецкий Л.М. Площадь дискового покрытия — дескриптор формы изображения // Компьютерная оптика. — 2016. — Т. 40, № 4. — С. 516—525.
- 12) Ломов Н.А., Сидякин С.В., Визильтер Ю.В. Классификация двумерных фигур с использованием скелетно-геодезических гистограмм толщин-расстояний // Компьютерная оптика. — 2017. — Т. 41, № 2. — С. 227—236.

Диссертация является завершённой научно-исследовательской работой на актуальную тему, содержащей новые теоретические результаты в области вычислительной геометрии и анализа изображений. Содержание работы соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней, пунктам 5 и 7 паспорта специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики.

Диссертация «Морфологические дескрипторы объектов переменной ширины на цифровых изображениях» **Ломова Никиты Александровича** рекомендуется к представлению в диссертационный совет Д002.073.05 при федеральном исследовательском центре «Информатика и управление» РАН на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики.

Заключение принято на заседании кафедры Математических методов прогнозирования факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова. На заседании присутствовали 13 преподавателей и научных сотрудников кафедры. Результаты голосования: "за" — 13, "против" — нет, "воздержались" — нет. Протокол № 6 от 25.09 2020.

Д. ф.-м. н., профессор РАН

 Дьяконов А.Г.