

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Н. А. Ломова
*«Морфологические дескрипторы объектов переменной
ширины на цифровых изображениях»*,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 05.13.17
(Теоретические основы информатики)

Проблема математического описания формы плоского изображения, которой посвящена диссертация Ломова, играет существенную роль в оптическом распознавании образов — важном компоненте искусственного интеллекта. Откуда видна несомненная **актуальность** тематики диссертации.

Построенные в диссертации эффективные алгоритмы вычисления признаков формы основаны на развитых Л. М. Местецким и его учениками методах скелетного анализа формы изображений, использующих быстрые алгоритмы вычислительной геометрии для определения срединного множества на основе диаграмм Вороного и триангуляции Делоне.

Основным инструментом, которым оперирует диссертация Ломова, является формализация понятия ширины. Ширина изображения определяется во всех его точках. На основе локальной (точечной) ширины определяется его «морфологическая ширина» — функция распределения ширины, являющаяся глобальной характеристикой изображения, инвариантной не только при поворотах, но и при «изгибаниях», сохраняющих внутреннюю метрику наблюдаемого объекта.

Диссертация Ломова состоит из введения, четырех глав и заключения.

История вопроса и убедительная мотивировка предмета исследований изложены во **введении** диссертации.

Первая глава представляет общий подход математической морфологии к понятию ширины. Здесь показано, что понятие дискового покрытия, площадь которого представляет ключевой в диссертации дескриптор формы, хорошо согласуется с общими принципами гранулометрии.

Вторая глава диссертации содержит анализ формы дискового покрытия, представляющего собой объединение всех кругов радиуса r , содержащихся в данной плоской многоугольной области. Основным достижением диссертации является высокоэффективный алгоритм вычисления площади дискового покрытия. Высокая эффективность представленного алгоритма обусловлена наличием аналитической формулы, вы-

ражающей площади дискового r -покрытия через радиус r и параметры медиального скелета рассматриваемой области. Справедливость формулы для расчёта площади покрытия обосновывается доказательством теоремы 2.1. Эта формула позволяет эффективно определить функцию зависимости площади дискового r -покрытия от радиуса. Именно эта функция под именем «морфологической ширины» и является основным дескриптором формы фигур, рассматриваемым в диссертации.

Третья глава диссертации посвящена развитию теории морфологической ширины в двух направлениях: для анализа полутоновых изображений и для «частного» анализа бинарных. Среди представленных здесь результатов отметим формулу площади замкнутой области с кусочно-круглой границей (теорема 3.1). Обоснована корректность алгоритма вычисления частной морфологической ширины (теорема 3.2). Предложен фундаментальный гранулометрический подход к определению понятия морфологической ширины для полутоновых изображений, основанный на возрастании операции оптимальной полигональной аппроксимации бинарных дискретных изображений (теорема 3.4). В разделе 3.4 показано, что метод вычисления площади дискового покрытия на основе аналитических формул можно распространить на геометрические моменты покрытия.

Приложениям посвящена последняя **четвертая глава** диссертации. Рассмотрены задачи распознавания шрифтов и оценки скорости регенерации плоских червей-планарий. Проведены эксперименты по сравнению скорости работы запрограммированных методов с имеющимися аналогами.

В **заключении** диссертации перечислены перспективные направления развития идей и методов диссертации.

Позволю себе сделать пару **критических замечаний**. Во-первых, укажу на неправильное определение морфологической ширины в точке, данное на стр. 36. Во-вторых, для сравнения различных функций ширины в диссертации используется l_1 -метрика. Этот выбор не кажется мне достаточно обоснованным. Стоило бы попробовать вместо неё хотя бы l_2 -метрику. А есть и другие перспективные метрики, способные учесть монотонность функций ширины. Так что этот аспект диссертации заслуживает дальнейшей проработки.

Итак, диссертация Ломова представляет собой значительный вклад в математическую морфологию. В диссертации разработаны **новые** математические модели и алгоритмы, предназначенные для вычисления признаков ширины объектов на цифровых изображениях и работающие с непрерывным представлением формы объектов. Результаты Ломова представляют значительный интерес для специалистов, работающих в

области оптического распознавания. Предложенный метод детально проработан, на его основе разработаны конкретные вычислительные алгоритмы, доказана их **корректность**. Также получены оценки вычислительной эффективности алгоритмов, обоснованные как теоретическими доказательствами, так и практической программной реализацией и вычислительными экспериментами. И, наконец, все разработанные алгоритмы были запрограммированы и применены для решения прикладных задач.

Основное содержание диссертации опубликовано в рецензируемых научных изданиях, пять из которых входят в перечень ВАК РФ. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Диссертация Ломова удовлетворяет всем требованиям ВАК для кандидатских диссертаций и сам Ломов заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 (Теоретические основы информатики)

Официальный оппонент,
член-корреспондент РАН,
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник
отдела геометрии и топологии
института математики им. В.А. Стеклова РАН
Адрес: 119991, Москва, ул. Губкина, д. 8
Телефон: +7 (495) 984 81 41
E-mail: scep@mi-ras.ru



Е. В. Щепин

Подпись Е. В. Щепина заверяю.

26 ноября 2020 г.

Ученый секретарь МЦАН



С.А. Толмачев