

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Домахиной Людмилы Григорьевны  
«Скелетная сегментация и циркулярная морфология многоугольников»  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности

01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика

Концепция непрерывного медиального представления (скелета и радиальной функции) для дискретных растровых изображений была предложена в работах научного руководителя диссертации. Эта концепция представляет собой альтернативу традиционным «дискретным» подходам к построению скелета изображения. В отличие от дискретных подходов, которые преобразуют исходное растровое изображение в новое растровое изображение, интерпретируемое как множество срединных осей исходной картинки, непрерывный подход приводит к математически корректной модели скелета в виде геометрического графа с радиальной функцией на вершинах и рёбрах графа. Было показано, что непрерывное медиальное представление скелета является существенно более информативным источником для построения признаков описаний в задачах распознавания формы объектов. Перед Л.Г.Домахиной была поставлена задача исследовать новые возможности, которые предоставляет непрерывный подход для сегментации изображений и для построения метрик сходства формы изображений. Поскольку в основе непрерывного подхода лежит аппроксимация объектов растрового изображения многоугольными фигурами, поставленная задача свелась к анализу скелетов многоугольных фигур, что нашло отражение в названии темы диссертации.

Актуальность темы диссертации вытекает из потребностей современных систем машинного зрения в эффективных методах анализа и распознавания формы объектов. Цель работы состоит в создании методов сегментации формы многоугольных фигур на основе их непрерывного медиального представления и разработке формальных показателей качества сегментации. Возможность аппроксимации объектов изображения сколь угодно сложной формы многоугольными фигурами обеспечивает широкие возможности по практическому приложению разработанных методов к задачам распознавания изображений.

В качестве основного инструмента сегментации формы изображений в диссертации рассматривается выделение в структуре геометрического графа непрерывного скелета подграфов, адекватно описывающих структурные элементы изображения. Выделение таких подграфов должно осуществляться по определенным критериям, отражающим содержательные аспекты анализа формы. Представленная диссертация посвящена разработке и формализации таких критериев выбора скелетных подграфов, подходящих для решения задач сравнения формы. Формальная математическая модель основывается на использовании понятия циркуляра – объединения семейства кругов с центрами на скелетном подграфе и радиусами, задаваемыми радиальной функцией. Метрическая оценка близости циркуляра и исходного объекта является основой для построения критериев выбора скелетных подграфов. Используемые до этого методы выбора скелетных представлений основаны на эвристических правилах на базе визуальных и субъективных оценок.

Наиболее существенным математическим результатом работы является теоретическая формализация методов сегментации при помощи аппарата циркулярной морфологии многоугольных фигур и критериальной морфологии. Использование этого теоретического аппарата позволило определить критерии качества скелетной сегментации фигуры и пар фигур, а

также методы построения скелетных сегментаций, оптимальных по этим критериям. Предложен метод скелетной сегментации фигуры, основанный на минимизации циркулярной функции штрафа. Также предложен новый подход к сегментации пар фигур, использующий априорную информацию об изоморфизме оптимальной пары. Доказаны существование и единственность решения задачи поиска оптимальной пары. В диссертации предложен конструктивный алгоритм поиска оптимальной сегментации пары фигур. Полученное решение может считаться наилучшим в том смысле, что найденная пара циркуляров, с одной стороны, хорошо в смысле расстояния Хаусдорфа аппроксимирует обе фигуры, с другой стороны, полученное решение является устойчивым.

Для прикладных задач в работе предложены оригинальные меры оценки сходства формы фигур, основанные на проекции циркулярной функции штрафа на множестве пар циркуляров.

Для того, чтобы оценить применимость предложенных теоретических решений к прикладным задачам, автором проведены эксперименты на модельных и реальных данных. Вычислительные эксперименты проведены применительно к задачам распознавания формы плоских фигур и к поиску заданных форм по базе изображений. Вычислительные эксперименты показывают достоверность и эффективность предложенного подхода.

Корректность и эффективность предложенных подходов, моделей и методов обосновываются теоретическими выкладками, оформленными в виде утверждений с доказательствами. Практическая реализуемость и работоспособность алгоритмов подтверждены разработкой соответствующего программного обеспечения и вычислительными экспериментами.

Полученные результаты нашли применение в НИР «Методы распознавания формы изображений на основе дискретно-непрерывных преобразований» и «Методы анализа и распознавания формы изображений

на основе непрерывных моделей» по грантам РФФИ 05-01-00542-а и 08-01-00670. В рамках этих проектов Л.Г.Домахина исследовала вопросы построения мер сходства и различия формы объектов в изображениях на основе построения и анализа их непрерывных скелетов, а также применения этих мер для сегментации объектов. Диссертация представляет собой теоретическое обобщение этих исследований.

По своим творческим и деловым качествам Л.Г. Домахина является вполне зрелым высококвалифицированным специалистом, способным самостоятельно решать теоретические задачи и разрабатывать прикладные наукоёмкие проекты. Подготовленная ею работа соответствует требованиям, которые предъявляются к кандидатским диссертациям по физико-математическим наукам по специальности 01.01.09. В соответствии со статьёй 9 Положения ВАК диссертация может быть охарактеризована, как научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задачи скелетной сегментации и морфологического анализа многоугольных фигур, имеющей существенное значение для математической теории распознавания и классификации формы объектов в изображениях.

Доктор технических наук, профессор

17 апреля 2014 г.



Л.М. Местецкий

Подпись Л.М. Местецкого, профессора кафедры математических методов прогнозирования заверяю

*Уч. секретарь Ученого Совета ВМК.*

*Е.А. Григорьев*