

## **ОТЗЫВ официального оппонента**

доктора технических наук Луцива Вадима Ростиславовича на диссертационную работу Кучуганова Александра Валерьевича «Методология семантического анализа и поиска графической информации», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности) (технические науки).

### **1. Актуальность темы диссертационного исследования**

Проблема повышения релевантности результатов семантического анализа и поиска графической информации в условиях различного качества изображений и большого числа вариантов представления одного и того же объекта требует дальнейшего развития моделей и методов распознавания, применения структурного анализа, привлечения новых подходов, в том числе основанных на сочетании математических моделей и методов распознавания образов и логического вывода.

В частности, для систем управления промышленными предприятиями характерны большие базы конструкторских и технологических данных, основную долю которых составляет графическая информация. Задачи анализа и поиска этой информации играют существенную роль в поддержке принятия проектных решений. Например, для инструментально-технологического сопровождения процессов проектирования на промышленных предприятиях широко используются средства, ориентированные на чертёжную регистрацию результатов проектирования, которые не только поддерживают работу на этапах принятия проектных решений, но и доведены до их нормативного включения в технологические и производственные процессы, использующие хранилища чертежей и схем. Для осуществления поиска в них широко используются ключевые слова и коды классификации, что вводит в процесс поиска явно недостаточную семантику и указывает на полезность предоставления пользователям возможности «интеллектуального» поиска по заданному изображению-образцу.

Потребность в создании новых сквозных методологий, сочетающих различные подходы к решению задач анализа графической информации, начиная от первичных признаков и заканчивая семантической интерпретацией структур, дает основания говорить об актуальности цели и задач исследования, сформулированных в диссертации. В связи с вышесказанным, актуальность избранного соискателем направления исследования не вызывает сомнения.

## **2. Оценка содержания работы**

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы базовые принципы организации семантического анализа графической информации, цель и задачи исследования; представлены научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** показаны особенности представления и использования различных видов графической информации; проанализированы существующие методы выделения контуров, векторизации, скелетизации, цветовой сегментации изображений, сопоставления графов; кратко представлены существующие подходы и технологии поиска графической информации в автоматизированных системах, даны их сравнительные характеристики; сформулированы выводы, цель и задачи исследования.

**В второй главе** сформулированы принципы обработки графической информации, которые следует учитывать при проектировании систем компьютерного зрения, представлены разработанная в ходе данного исследования методология семантического анализа и поиска графической информации, её теоретические основы, структура и требования к формализованным представлениям данных. Показаны особенности применения семиотического подхода к исследуемой проблеме.

**В третьей главе** описаны разработанные автором методы и алгоритмы синтаксического анализа графической информации. Объектами анализа являются простейшие элементы изображения: контурные точки, разветвления и концы линий, объекты образованные контурными точками. Рассмотрены методы выделения локальных морфологических признаков; методы, анализирующие фрагменты изображения – компактные области морфологических особенностей.

Описан общий алгоритм анализа морфологических признаков изображения. На их основе формируются сложные синтаксические конструкции. Предложены методы аппроксимации графической информации с целью повышения эффективности алгоритмов семантического анализа: сегментация цветных изображений; аппроксимация контурных и граничных линий отрезками прямых и дугами окружностей; аппроксимация плоских невыпуклых фигур их скелетонами.

**В четвертой главе** представлена синтаксическая модель изображения в виде многослойного атрибутивного графа, содержащего слой цветовых сегментов, слой границ сегментов, слой скелетонов, слой контуров. Описаны метод сопоставления нечетких пространственно нагруженных графов и алгоритм, позволяющий выявлять совпадающие и несовпадающие вершины сравниваемых графов. Представлены формулы для оценки близости объектов в пространстве признаков. Предложена дескрипционная логика семантического анализа в совокупности с описаниями графических объектов и алгоритмом

логического вывода на базе этой логики. Даны примеры предметных терминологий для описания графической информации. Рассмотрена методика контроля корректности описаний в рамках предложенной логики.

В главе представлен также алгоритм синтеза классификаторов деталей и конструктивных элементов путем кластеризации по геометрическим, техническим, технологическим, производственным параметрам.

**В пятой главе** описана технология семантического анализа, сопоставления и поиска графической информации, основанная на разработанной автором методологии. Представлены структурная схема разработанного программного комплекса и результаты экспериментов при решении задач векторизации архивных чертежей, поиска чертежей по наброску или эскизу, группирования деталей в рамках технической подготовки производства.

**В заключении** приведены основные результаты и выводы, полученные в ходе исследования, которые подтверждают достижение цели диссертационного исследования: повышение релевантности результатов семантического анализа и поиска графической информации в системах поддержки принятия решений.

**В приложениях** кратко описаны системы анализа и дешифрирования аэрокосмических снимков, анализа папиллярных узоров пальцевых отпечатков, распознавания старославянских текстов, основанные на разработанной в рамках диссертационного исследования методологии. Приведены акты внедрения (использования) результатов диссертационной работы.

### **3. Научная новизна диссертационной работы**

Как оппонент я подтверждаю научную новизну методологии, математических моделей и алгоритмов, предложенных автором для решения проблемы обработки графической информации в системах поддержки принятия решений.

- Предложенная методология основывается на семиотическом подходе к анализу изображений и включает три уровня новых моделей и методов, развивающие средства автоматического анализа и извлечения знаний из графической информации: морфология, грамматики конструкций (синтаксический уровень); распознавание и логический вывод (семантический уровень); контекстная интерпретация.

- Концептуальная модель процесса семантического анализа графической информации, основанная на широко известной когнитивной модели "треугольник Фреге" восприятия информации человеком. Предложенная модель отличается развернутым представлением графических

информационных структур с целью совершенствования алгоритмов анализа и преобразования представлений.

- Математическая модель изображения в виде многослойного атрибутивного графа, вершины и ребра которого содержат количественные и качественные значения атрибутов, характеризующих объекты изображения, отличающаяся тем, что с целью получения более информативного описания изображений включает границы областей, скелетоны, контуры и наборы их атрибутов формы и пространственной ориентации. Предложенная модель обеспечивает более эффективное решение задач анализа графической информации.
- Метод сопоставления атрибутивных графов изображений, отличающийся тем, что с целью повышения надежности распознавания и автоматического выявления сходства и отличий между объектами для каждой вершины сопоставляемых графов формируются так называемые лучевые графы, в которых дуги упорядочены по значениям атрибутов пространственной ориентации.
- Математическая модель базы знаний изображений на основе дескрипционной логики *ALC*, отличающаяся расширением на область данных, представленных в виде атрибутивных графов. Предложенная модель позволяет решать задачи поиска и анализа пространственно распределенной информации об объектах.
- Метод выделения скелетона графических объектов, позволяющий снизить вычислительную сложность и ускорить процессы поиска и анализа графической информации за счет разбиения фигуры на выпуклые многоугольники в местах, где граница имеет отрицательный перегиб, и выделения осевых линий полученных выпуклых фигур с последующим объединением их в связные цепочки.

#### **4. Обоснованность и достоверность основных результатов исследования**

Достоверность результатов диссертационного исследования определяется корректным использованием математической логики, нечеткой логики, теории множеств, теории графов, теории распознавания образов, вычислительной геометрии, кластерного анализа.

Дополнительным подтверждением достоверности являются результаты проведенных экспериментальных исследований и опыт практической эксплуатации разработанного программного комплекса, что подтверждается актами внедрения (использования).

## 5. Значимость полученных результатов для науки и практики

Разработанный метод семантического анализа графической информации, основанный на семиотическим подходе, позволил получить ряд важных научных результатов:

- Математическая модель изображения в виде многослойного атрибутивного графа, предлагаемая автором, развивает возможности нечетких атрибутивных графов (FARG – Fuzzy Attributed Relational Graph) изображений и удобна для решения задач сопоставительного анализа (Graph Matching) благодаря лучшей структурированности.

- Предложенный метод сопоставления и анализа атрибутивных графов путем формирования лучевых графов, в которых дуги упорядочены по значениям атрибутов пространственной ориентации, позволяет автоматически выявлять сходство и отличия между объектами графической информации в процессе поиска аналогов, вносит существенный вклад в развитие методов анализа графической информации.

- Применение синтаксиса и семантики описательной логики *ALC* для анализа атрибутивных графов расширяет область применения описательных логик и использующих их баз знаний. Системы управления базами данных графов используются во многих предметных областях, поэтому научное и практическое значение данного решения представляется существенным.

- Интересна с теоретической точки зрения разработанная автором методология автоматического семантического анализа и поиска графической информации на основе кооперация, моделей и методов теории распознавания образов с логическим выводом на основе информации, представленной на основе графов.

Полезным, как с теоретической, так и с практической точки зрения представляется применение аппроксимации графической информации с использованием предложенного автором эффективного метода выделения скелетона.

Практическую значимость имеет разработанный под руководством и при непосредственном участии автора программный комплекс, реализующий предложенную методологию анализа, содержательного описания и сопоставления графической информации. Параметры комплекса сопоставимы с показателями аналогов, а в ряде случаев и превосходят их.

Результаты диссертации использованы в ряде промышленных предприятий и организаций, а также в учебном процессе на кафедрах «Вычислительная техника» и «Автоматизированные системы обработки информации и управления» Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова.

## **6. Общие замечания по диссертационной работе**

В тексте диссертации (стр. 113, 197) и автореферата (стр. 15) встречается утверждение о том, что разработанные автором методы имитируют особенности зрительного восприятия в живых системах. В указанных текстах не удалось найти этому взятного подтверждения.

Одной из положительных особенностей разработанного автором метода векторизации является, как он утверждает, снижение количества отрезков аппроксимирующих контуры, по сравнению с другими средствами векторизации. Однако сравнительные данные, приведенные автором в таблицах 5.1 и 5.2 на стр. 179 диссертации, не подтверждают этого утверждения.

Автор не достаточно точно описывает особенности объектно-независимого структурного анализа на стр. 22 и 51 диссертации. Вопреки утверждению автора при этом анализе структурные элементы выделяются в исходном изображении, а не в его Фурье-спектре, и для этого используются универсальные детекторы, а не детекторы, специально разрабатываемые для разных структур изображения.

В тексте диссертации (стр. 8, 10, 12, 55, 65) и автореферата (стр. 4, 5, 8, 11, 28) многократно встречается тавтология «на основе семиотического подхода к организации знаковых коммуникативных систем». Семиотика сама по себе является наукой о знаках и знаковых системах. Представляется, что и в ряде других случаев стоило вместо специфических общетеоретических терминов («онтологическая база знаний изображений», стр. 5, 7 автореферата, стр. 9, 10, 12 диссертации; «прагматические измерения параметров», стр. 60, 72 диссертации; «Вербализация изображения заключается в логическом анализе графа...», стр. 73 диссертации) применять выражения, более конкретно поясняющие применяемые методы. Согласно словарю онтологии – это учение о бытии, его основах, принципах, структуре и закономерностях. Согласно словарю вербализация – это реализация мысли в устной речи, а прагматика – это раздел семиотики, изучающий отношения между знаковыми системами и теми, кто их использует, а также это – совокупность условий, сопровождающих употребление языкового знака.

В тексте встречаются непонятные термины (например, "широкополосные объекты" на стр. 16 автореферата), странные фразы (например, "замена разрешающей способности на чувствительность" на стр. 15 автореферата) и утверждение о том, что глаза соответствуют синтаксическому уровню обработки изображения (на стр. 12 автореферата). Указанные высказывания требуют дополнительных пояснений.

Указанные замечания не снижают, однако, ценности выполненного исследования. Диссертационная работа представляет собой значимый научный труд, в котором также предложены практически полезные модели, методы и средства поддержки принятия управленческих решений в промышленности на основе использования графической информации.

## **7. Общая характеристика диссертационной работы**

Диссертационная работа изложена на 248 страницах с иллюстрациями, состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений. Список литературы включает 176 наименований.

Содержание диссертации соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности) (технические науки):

- п. 2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
- п. 3. Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
- п. 4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
- п. 5. Разработка специального математического и программного обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
- п. 10. Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических, экономических, биологических, медицинских и социальных системах.
- п. 12. Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации.

Название диссертационной работы соответствует её содержанию. Поставленные задачи диссертационной работы выполнены, а заявленная цель исследования достигнута. Ссылки на использованные информационные источники оформлены корректно. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Представленная к защите диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, связанную с решением важной научно-технической проблемы эффективного использования графической информации, широко представленной в автоматизированных системах современных промышленных предприятий.

## 8. Заключение

Считаю, что диссертационная работа отвечает критериям п.9 Положения о присуждении ученых степеней № 842 от 24 сентября 2013 г., а её автор, Кучуганов Александр Валерьевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности) (технические науки).

Официальный оппонент,  
д.т.н., профессор кафедры  
"Компьютерной фотоники и  
видеоинформатики" ФГАОУ ВО  
«Санкт-Петербургский национальный  
исследовательский университет  
информационных технологий,  
механики и оптики»

В.Р. Луцив

Почтовый адрес: Университет ИТМО,  
Кронверкский пр., д. 49,  
Санкт-Петербург, 197101

Телефон: (812) 232-97-04

e-mail: [od@mail.ifmo.ru](mailto:od@mail.ifmo.ru)



Подпись Луцив В.Р.  
удостоверяю

Р.С. Сериков 08.10.2015