

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Уральский федеральный
университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Корнилова Федора Андреевича «Разработка методов распознавания структурных различий изображений», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики

Актуальность темы исследования.

Диссертация Ф.А. Корнилова посвящена задаче поиска структурных различий на паре разновременных изображений, в качестве сферы применения которой рассмотрена задача анализа цифровых космических снимков земной поверхности. Актуальность тематики диссертационной работы связана с тем, что поиск существенных различий на последовательности входных изображений возникает во многих прикладных задачах, связанных с обработкой и анализом данных. Среди них: сжатие видеоданных, системы видеонаблюдения, дистанционное зондирование Земли и другие. Особый интерес связан с дешифрированием аэрокосмических фотоснимков, востребованным в различных геоинформационных системах. Здесь наиболее сложные и трудоемкие этапы дешифрирования (обнаружение и распознавание) в настоящее время выполняются ручном или полуавтоматическом режиме человеком-оператором, что делает актуальным вопрос автоматизации этой процедуры. Трудность автоматизации подобных процессов связана с большой вариативностью изображений объектов земной поверхности и широким спектром решаемых задач, что делает математическую постановку задачи,

включающую определение структурного различия, его математическую модель и теоретическое исследование алгоритмов, не менее актуальной темой для исследования. Появляющиеся в связи с этим задачи распознавания и вопросы обнаружения изображений объектов местности являются одними из наиболее значимых областей применения и развития средств обработки изображений, распознавания образов, компьютерного и технического зрения.

Критический анализ содержания диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка. Все главы по объему и содержанию хорошо сбалансированы и написаны хорошим научным языком.

Во *введении* объемом 9 стр. обосновывается актуальность темы диссертации, ее научная новизна, теоретическая значимость и практическая ценность, указывается предмет и область исследования, определяется цель работы, раскрываются задачи и методы исследования. Целью работы выбрано создание и исследование алгоритмов поиска структурных различий изображений из класса методов, основанных на предварительном относительном яркостном выравнивании исходных изображений.

Первая, обзорная, глава (17 стр.) содержит описание существующих подходов к решению поставленной задачи. Приводится общая схема алгоритма поиска структурных различий и различные варианты реализации ее шагов. Многообразие существующих алгоритмов связано с различным пониманием структуры изображения, поэтому также рассматриваются существующие определения структуры и место предлагаемых в диссертации методов в ряду предшественников.

Замечания по главе 1.

1. На стр. 13 дается определение изображения как скалярнозначной функции $f : X \rightarrow R$, где значение $f(x)$ является яркостью точки $x \in X$.

С математической точки зрения $f: X \rightarrow R$ есть закон (правило), по которому каждой точке $x \in X$ в соответствие ставится некоторое значение яркости $f(x)$. С этой точки зрения, закон (правило) не может быть изображением и такое его определение не является корректным. Под изображением понимают график функции $f: X \rightarrow R$, т.е. следующее подмножество в $X \times R$:

$$G(f) := \{(x, f(x)) \mid x \in X\},$$

состоящее из всех пар $(x, f(x))$, когда x бежит по X . Очевидно, пара $(x, f(x))$ называется пикселем, если $x \in R^2$ и вокселем, если $x \in R^3$.

2. На стр. 27 остается непонятной фраза о “форме изображения”, которая отождествляется с оператором проектирования. Интересно знать в каком смысле оператор проектирования характеризует форму изображения. Неправильным является утверждение диссертанта о том, что если на пространстве Φ задать отношение частичного порядка, то это пространство разобьется на классы изображений с эквивалентными формами. Такое возможно только тогда и только тогда, когда бинарное отношение является отношением эквивалентности, а не частичным порядком.

Во *второй* главе (27 стр.) вводится вероятностная модель структурных различий пары изображений, основанная на понятии структуры изображения как набора множеств уровней яркости. Такая модель достаточно адекватно отражает возникновение на реальных снимках изменений, связанных с появлением или исчезновением объектов сцены. Также показывается связь полученной теоретической модели с морфологическим анализом изображений Ю.П. Пытьева. Для введенной модели строится конструктивная формула распределения вероятности яркости точек разностного изображения, представляющего собой разность исходного изображения и его

морфологической проекции, с помощью которой получен оптимальный порог исследуемого алгоритма. Полученные здесь результаты являются оригинальными. Это наиболее интересная и оригинальная часть диссертации, содержащая новые научные результаты.

Замечания по главе 2.

1. Определение 2.1 на стр. 31 некорректно, поскольку понятие “взаимодействие пикселей” не определено. Чем оно является и как конструктивно определяется? Что означает символ \leftrightarrow ? Как взаимодействие зависит от $f: X \rightarrow R$, если оно должно характеризовать структуру изображения? В определении 2.1 эта зависимость не видна. Как строится подмножество L_f при известной $f: X \rightarrow R$?
2. На стр. 32 диссертант пытается уточнить определение структуры изображения, вводя новые понятия “геометрической” и “яркостной связей”. Геометрическая связь с его точки зрения характеризуется пространственной близостью пикселей $(x, f(x))$. Для обозначения этой близости используется бинарные отношения \sim и $-$.

 - 2.1. Каков смысл этих бинарных отношений?
 - 2.2. Что означает геометрическая близость двух пикселей $(x_1, f(x_1))$ и $(x_2, f(x_2))$? Она определяется через близость x_1 и x_2 ?
 - 2.3. Что означает яркостная близость двух пикселей $(x_1, f(x_1))$ и $(x_2, f(x_2))$? Она определяется через близость $f(x_1)$ и $f(x_2)$?
 - 2.4. Как определяется близость x_1 с x_2 и $f(x_1)$ с $f(x_2)$? Если для определения близости на X и R вводятся метрики, то как от них перейти к бинарным отношениям \sim и $-$ на X и R ?
 - 2.5. Что означает $x_1 \sim x_2$, $x_1 - x_2$ и $f(x_1) \sim f(x_2)$, $f(x_1) - f(x_2)$?
 - 2.6. Какова связь бинарных отношений \sim и $-$ с ранее определенным отношением взаимодействия \leftrightarrow ?

3. В определении структуры изображения 2.1.

$$\Omega(f) := \{L_f \mid \forall x_1, x_2 \in L_f, x_1 \leftrightarrow x_2\}$$

присутствует обратная логическая связь: при определении L_f идет ссылка на определяемое понятие $\forall x_1, x_2 \in L_f$.

4. На стр. 32 в определениях геометрической и яркостной связей предикаты не объединяются логическими связками: что означает перечисление предикатов $x_1 \sim x_2, f(x_1) - f(x_2)$? Это $(x_1 \sim x_2) \& (f(x_1) - f(x_2))$, или $(x_1 \sim x_2) \wedge (f(x_1) - f(x_2))$, или $(x_1 \sim x_2) \oplus (f(x_1) - f(x_2))$?

5. На стр. 34 используется понятие эквивалентности структур изображений. Хотя к этому моменту оно еще не определено.

6. Для учета эквивалентности структур (еще не определенной) вводятся три “характеристические функции”. С терминологической точки зрения это не *функции*, а *бинарные функционалы*, имеющие смысл штрафных (стоимостных) функционалов. Штрафной функционал ω_x недоопределен.

7. На странице 35 используется понятие *близости* структур. Понятие близости не определено ни формально, ни на интуитивном уровне.

8. Какой математический смысл в определении 2.3 (стр. 35) имеет союз ИЛИ: это объединительное \vee или разделительное \oplus ?

В *третьей* главе (37 стр.) приводится ряд прикладных алгоритмов, решающих задачу поиска структурных различий изображений, которые можно разделить на два класса: алгоритмы, основанные на сканирующем окне и функциях преобразования яркости, и алгоритм, основанный на глобальной оптимизации. Также в данной главе приводится анализ времени работы алгоритмов и дается описание созданного на базе проведенного исследования программного комплекса, решающего задачу оперативной оценки изменчивости топографических объектов местности по разновременным космическим снимкам. Ввиду вычислительной сложности предложенных методов

описывается реализация алгоритмов, использующая высокопроизводительные многоядерные графические процессоры.

Замечания по главе 3.

1. Модифицированный диссертантом оператор Пытьева путем замены характеристических функции гауссовскими уже не является оператором проектирования (он не является в этом случае идемпотентным оператором) и поэтому его не следует называть проектором (стр. 63).
2. Использование билатеральной добавки возможно только в том случае, когда отношение сигнал/шум > 1 . В противном случае (особенно при импульсном шуме) билатеральный фильтр не удаляет шум, а его подчеркивает, принося дополнительные артефакты и усиливая ложное структурное различие между изображениями. Для устранения этого эффекта используют модифицированные билатеральные фильтры, лишенные этих классических недостатков.

В *четвертой* главе (31 стр.) предлагается специализированная методика численного эксперимента для сравнения качества работы алгоритмов поиска структурных различий изображений. С помощью данной методики проводится объемный вычислительный эксперимент, результаты которого позволяют оценить оптимальные параметры новых и существующих алгоритмов, и выбрать наиболее подходящий для прикладного применения метод.

Научная новизна.

В диссертационной работе Корнилова Ф. А. получен ряд новых научных результатов, среди которых, на наш взгляд, наиболее интересными являются:

1. Формализации задачи поиска структурных различий изображений, в рамках которой получена оригинальная формула распределения вероятности яркостей пикселей изображения, представляющего собой разность исходного

изображения и его морфологической проекции, а также формула для оптимального порога алгоритма поиска структурных различий.

2. Ряд новых прикладных алгоритмов, решающих задачу поиска структурных различий изображений.

Достоверность.

Математические утверждения, полученные в рамках диссертационного исследования, снабжены строгими доказательствами, что обеспечивает достоверность результатов. Теоретические положения подтверждены вычислительными экспериментами по сравнительному анализу предложенных методов. Также достоверность результатов подтверждается внедрением результатов диссертационной работы в производственную деятельность АО "НИиП центр Природа".

Основные результаты диссертации изложены в пятнадцати публикациях, в том числе двух в рецензируемых журналах, входящих в перечень журналов, рекомендованных ВАК, и доложены на международных и всероссийских конференциях по тематике диссертационной работы. Опубликованные работы достаточно полно отражают содержащиеся в диссертации научные результаты.

Заключение.

В целом, диссертация Корнилова Федора Андреевича представляет собой законченную научную квалификационную работу, содержащую новые научные результаты в области теоретической информатики. Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание, а список научных публикаций в общероссийских изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, свидетельствует о достаточной апробации полученных автором результатов. Приведенные замечания в основном носят терминологический характер, они не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Оценивая диссертационную работу Ф.А. Корнилова следует отметить, что она выполнена на достаточно высоком уровне и представляет собой законченную и цельную научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальной задачи разработки методов поиска структурных различий изображений. Учитывая новизну и практическую важность полученных результатов, считаю, что диссертационная работа Ф.А.Корнилова «Разработка методов распознавания структурных различий изображений» полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям, на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики», а ее автор, Корнилов Федор Андреевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Д.т.н., профессор, ФГАОУ ВПО «Уральский
федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина,
профессор кафедры «Теоретические
основы радиотехники»,
620002, Екатеринбург, проспект Мира, 19
e-mail: vlabunets05@yahoo.com,
8(343)-375-48-48

Лабунец Валерий Григорьевич

22.11.2015

Подпись
Лабунца Валерия Григорьевича
заверю!

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В. А.

