

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова



А.А. Федянин
« 18 » марта 2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на диссертационную работу Чочиа Павла Антоновича «Теория и методы обработки видеоинформации на основе двухмасштабной модели изображения», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертационная работа Чочиа П.А. посвящена исследованию теории и методов обработки цифровой видеоинформации. В рамках работы предложены и обоснованы новые математические модели изображений, основанные на двухмасштабном многокомпонентном представлении изображения, разработаны подходы, численные методы и алгоритмы преобразования видеоинформации, на основе которых построен специализированный программный комплекс обработки и анализа видеоинформации.

Актуальность темы диссертации

Видеоинформация является одним из основных источников получения сведений о наблюдаемой сцене. В технических устройствах анализ поступающей видеоинформации выполняют системы технического зрения. Ключевую роль при этом играют методы обработки, анализа и извлечения требуемой информации из изображений. Работы по созданию единого подхода к описанию свойств изображения, как многомерного сигнала, который бы дал возможности для разработки, обоснования и сравнения новых и эффективных методов анализа и обработки видеоинформации, являются важными и необходимыми.

Разработка и применение методов преобразования и анализа любого сигнала строится на основе априорной информации о его свойствах. Формулировка свойств служит моделью сигнала и составляет один из фундаментальных аспектов теории и методов его обработки. Общий недостаток известных моделей, существенно ограничивающий возможности их применения, заключается в том, что они не универсальны с позиции величины области анализа (масштаба).

Построение теории, позволяющей, адекватно описывать свойства изображений как для малых, так и для больших областей анализа, которая бы позволила повысить

точность представления данных, и стала фундаментом для разработки новых эффективных методов и алгоритмов обработки и анализа видеоинформации, в том числе разделения изображения на самостоятельные информационные компоненты, является актуальной научной проблемой.

Структура диссертации

Работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы и приложений. В первой главе исследуются теоретические вопросы построения математических моделей изображения. Предложены двухмасштабная многокомпонентная модель цифрового изображения, объединяющая модели окрестности и фрагмента, а также вероятностная модель контурного изображения. Исследован вопрос оценивания сложности изображения с двумерными вариациями. Во второй главе исследован вопрос декомпозиции изображения, т.е. разделения изображения на компоненты с различным информационным содержанием, и предложен эффективный алгоритм для решения данной задачи. Третья и четвертая главы посвящены исследованию и разработке новых методов и алгоритмов фильтрации, коррекции, улучшения и анализа видеоинформации на основе предложенной двухмасштабной многокомпонентной модели изображения. В пятой главе исследованы проблемы сегментации изображений при сложном виде границ и цвето-текстурной сегментации изображений общего вида. В шестой главе исследованы возможности применения разработанных модели и методов обработки изображений для анализа видеоданных на примере автоматического анализа видеопоследовательностей, формируемых капилляроскопом. Седьмая глава посвящена вопросам модификации модели, алгоритмов и численных методов обработки при переходе от двумерных к трехмерным изображениям. В приложении приведены примеры применения разработанных методов, алгоритмов и комплекса программ для решения ряда важных практических задач, а также документы о внедрении результатов диссертации.

Научная новизна исследований и основные результаты

Научные результаты диссертационной работы П.А. Чочиа являются новыми на период их получения и опубликования. Основными новыми результатами являются:

1. Разработана двухмасштабная многокомпонентная математическая модель изображения, описывающая его свойства в пределах областей анализа малого и большого масштаба, представляющая изображение суммой кусочно-гладкой компоненты и случайных текстурно-детальной и шумовой компонент.
2. Построена вероятностная модель контурного изображения и разработан алгоритм источника, формирующего контурные изображения с задаваемыми характеристиками.

3. Предложен и исследован способ оценивания сложности изображения при помощи двумерных вариаций. Введены показатели оценивания характеристик объектов.

4. Решена задача сглаживания изображения при сохранении контурных перепадов. Разработаны и исследованы метод и алгоритм декомпозиции изображения на компоненты с различным информационным содержанием, соответствующие многокомпонентной модели. Предложен подход, заключающийся в том, что для анализа поступающих данных следует выбирать только ту компоненту, в которой должна содержаться искомая информация, а при обработке данных применять преобразования, специфические для каждой из компонент.

5. На основе двухмасштабной модели предложены новые подходы, разработаны новые и модифицированы известные методы и алгоритмы фильтрации, коррекции, улучшения и анализа изображений, среди которых:

- алгоритм фильтрации импульсных помех с динамическим определением порога;
- частотный и пространственный алгоритмы фильтрации периодических помех;
- метод автоматической градационной коррекции изображений;
- методы улучшения изображений усилением локальных контрастов, для которых сформулирована общая каноническая формула и предложена классификация;
- методы обнаружения объектов на изображении по их площади, нахождения различий изображений и выделения границ объектов;
- алгоритм быстрого корреляционного совмещения квазирегулярных изображений.

Для большинства методов обработки предложены варианты модификации, позволяющие применять их к цветным и многоканальным изображениям.

6. Исследованы вопросы и особенности модификации модели и численных методов обработки изображений при переходе от двумерных к трехмерным изображениям.

7. Разработан параллельный алгоритм вычисления гистограммы и порядковых статистик по скользящему фрагменту для двумерных и трехмерных изображений. Предложена схема его реализации на основе группы процессоров с простыми арифметико-логическими операциями.

8. Эффективность и достоверность разработанных моделей, методов и алгоритмов убедительно продемонстрированы их применением для решения ряда важных научно-технических задач:

- задачи обнаружения дефектов на поверхности электронных микросхем по снимкам, формируемым оптическим или электронным микроскопом;
- задачи сегментации изображений электронных микросхем на основе обнаружения и прослеживания границ сложного вида;
- задачи цвето-текстурной сегментации изображений на основе анализа расстояния в пространстве признаков и построения иерархического алгоритма.
- задачи автоматического анализа и извлечения информации из видеоданных, получаемых компьютерным капилляроскопом.

9. Все изложенные в диссертации методы и алгоритмы реализованы и исследованы в рамках современной версии разработанного диссертантом специализированного программного комплекса обработки изображений, предназначенного как для моделирования и исследования новых методов, так и для решения практических задач обработки и анализа видеоинформации. Данный комплекс на Международной выставке компьютерных и информационных технологий CeBit в 1992 г. был признан Национальным номинантом на Гран-при «Golden Softies» в области инноваций и разработки программного обеспечения в Европе.

Достоверность полученных выводов и научных результатов

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается корректностью и глубиной проведенных теоретических и экспериментальных исследований, результатами компьютерного моделирования и практических экспериментов, проверяющих теоретические положения, а также подтверждается эффективностью использования разработанных моделей, методов и алгоритмов при решении ряда важных научно-технических задач.

Методы исследований базируются на использовании теории обработки непрерывных и дискретных сигналов и изображений, теории информации, цифрового моделирования, статистического анализа, экспертного оценивания.

Теоретическая значимость и практическая ценность

Теоретическая значимость представленных в диссертационной работе результатов обусловлена следующими факторами. Во-первых, в диссертации удалось обобщить разработанные ранее модели изображений и экспериментальные данные, разработав двухмасштабную многокомпонентную модель изображения и вероятностную модель контурного изображения. Во-вторых, на основе двумерных вариаций предложить способ оценивания сложности изображений. В третьих, разработать метод и алгоритм декомпозиции изображения на компоненты с различным информационным содержанием и предложить подход, заключающийся в том, что для анализа и обработки данных следует применять преобразования, специфические для каждой из компонент. В четвертых, на основе предложенной модели изображения разработать новые и модифицировать известные методы и алгоритмы фильтрации, коррекции, улучшения и анализа видеоинформации.

Практическая ценность результатов диссертационной работы состоит в том, что разработанные методы и алгоритмы, реализованные в виде комплекса программ, могут быть непосредственно применены для решения различных задач, в которых видеоинформация выступает в качестве источника информации или средства передачи данных. К таковым относятся системы дистанционного зондирования (в том числе космические), системы видеонаблюдения, мониторинга, видеотелефонии, разнообразные автономные системы, принимающие решение на основе анализа

визуальной информации, системы телевизионного вещания, полиграфия, медицина, Интернет и многие другие направления. В диссертационной работе также исследованы особенности некоторых задач, таких как задачи автоматического обнаружения дефектов на снимках электронных микросхем, автоматического анализа видеопоследовательностей, сегментации изображений различного вида. В приложении проиллюстрированы применения разработанных соискателем методов и алгоритмов для обработки уникальных космических снимков поверхности планет, переданных автоматическими межпланетными станциями.

Полнота опубликования научных результатов

Основные научные результаты, полученные и изложенные в диссертационной работе, полностью опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях. В изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов докторских диссертаций, опубликовано 44 работы; всего по теме диссертации автором опубликованы 84 научные работы, включая 3 патента.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Научные результаты и выводы диссертации рекомендуется использовать для разработки новых методов анализа, обработки и сжатия неподвижных, движущихся или объемных изображений, при проектировании вновь создаваемых систем анализа и переработки видеоданных, в частности промышленных роботов, автоматических систем анализа в дефектоскопии и медицинском приборостроении, а также в других приложениях. Теоретические результаты могут быть использованы в дальнейших научных исследованиях и в учебном процессе при изучении основ цифровой обработки видеoinформации.

Результаты диссертационной работы могут быть непосредственно использованы в научно-практической работе в организациях, связанных с вопросами обработки и анализа изображений и видеоданных. Среди таковых можно назвать предприятия, специализирующиеся на разработке систем дистанционного зондирования (ИКИ РАН, НЦ оперативного мониторинга Земли), телевидения и видеомониторинга (ВНИИ телевидения, ВНИИТР), дефектоскопии (НИИ Интроскопии МНПО «Спектр»), предприятия полиграфии и медицинского приборостроения, а также многие другие.

Результаты диссертационной работы успешно использованы в ИППИ РАН и других организациях (АО «Российские космические системы», ЗАО «Центр Анализ Веществ», ООО «Визиллект Сервис», L.H. Conceil Optronic (France), Samsung Advanced Institute of Technology (South Korea), MicroSpec Technologies Ltd. (Carl Zeiss Group)) при создании программных комплексов обработки и средств анализа видеoinформации.

Замечания по диссертационной работе

1. Для алгоритма декомпозиции, который можно интерпретировать как сглаживание изображения, недостаточно полно проведены исследования по устранению различного вида шумов на изображении.
2. Вопрос определения фазы помехи при пространственной фильтрации периодических помех изложен недостаточно четко.
3. В диссертационной работе, за исключением ссылок на работы автора, очень мало ссылок на работы, опубликованные за последние пять лет.
4. При рассмотрении быстрого алгоритма корреляционного совмещения изображений было бы полезно провести исследование вопроса о границах требования условия квазирегулярности изображений, что позволило бы ввести оценку возможности применения предложенного алгоритма не только к квазирегулярным, но и к изображениям более общего вида.

Общая оценка диссертационной работы

Материал диссертации П.А. Чочиа изложен на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Полученные результаты являются новыми и обоснованными.

Автореферат соответствует диссертации и в достаточном объеме отражает научные положения, теоретическую и практическую значимость, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе.

Общее оформление диссертации и автореферата отвечает нормативным требованиям к оформлению научных публикаций.

Научные результаты диссертации полностью опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, и корректно отражают сущность выполненных исследований. Основные результаты диссертационной работы докладывались на многочисленных советских, российских и международных конференциях, симпозиумах и семинарах.

Содержание и полученные результаты диссертационной работы П.А. Чочиа соответствуют паспорту научной специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отмеченные выше недостатки не сказываются на достоверности полученных в работе результатов и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Чочиа П.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором разработаны и исследованы теоретические положения, которые можно квалифицировать как существенное научное достижение в теории обработки и анализа цифровой видеоинформации.

Таким образом, представленная диссертационная работа «Теория и методы обработки видеоинформации на основе двухмасштабной модели изображения» полностью соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней и критериям, предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор, Чочиа Павел Антонович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Отзыв одобрен и принят на заседании кафедры математической физики ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова 09 марта 2016 года, протокол №3.

Заведующий кафедрой
математической физики
факультета ВМК МГУ,
д.ф.-м.н.

А.М. Денисов

Отзыв на диссертацию подготовил
профессор кафедры математической физики,
заведующий лабораторией математических
методов обработки изображений
факультета ВМК МГУ,
д.ф.-м.н.

А.С. Крылов

Подписи А.М. Денисова и А.С. Крылова заверяю:
декан факультета ВМК МГУ,
д.ф.-м.н., академик РАН
«16» марта 2016 г

Е.И. Моисеев

Адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, ВМК МГУ.
Телефон: +7(495)939-1129