

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертацию Каменского Андрея Викторовича

### **«Рекурсивно-сепарабельные методы и алгоритмы повышения качества изображений в телевизионных измерительных системах»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

#### **Актуальность темы**

Тема диссертационной работы связана с повышением эффективности и быстродействия двумерной обработки изображений за счет использования адаптивной внутрикадровой фильтрации с применением рекурсивно-сепарабельных алгоритмов.

Актуальность данной работы связана с тем фактом, что в современной жизни человека широкое распространение получают телевизионные системы видеонаблюдения используемые в различных сферах жизнедеятельности человека, так же неотъемлемой частью роста их количества является и увеличение разрешения формируемых изображений, в том числе, и в телевизионных измерительных системах, что влечет за собой задачи повышения качества получаемых изображений при сохранении вычислительных затрат, на процесс обработки формируемого изображения, поэтому диссертационная работа Андрея Викторовича, направлена на решение данной проблемы, является актуальной.

#### **Общая характеристика работы**

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 109 наименований и приложений с актами внедрения результатов работы соискателя и свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ. Объем диссертации с приложениями 161 с., 63 рисунка и 30 таблиц.

**Автореферат** диссертации написан и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ, отражает содержание диссертационной работы.

Во **введении** определены цели и задачи, подлежащие исследованию, приведены основные научные результаты, обосновано научное и практическое значение работы, представлены положения, выносимые на защиту, показана актуальность работы и личный вклад автора.

В **первой главе** диссертации представлен аналитический обзор существующих методов и алгоритмов обработки изображений, в том числе направленных на сокращение вычислительных затрат. Проведено описание факторов, влияющих на качество изображения и изложены принципы формирования изображения в оптической системе и факторы, из-за которых возникают искажения на изображении. Сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во **второй главе** приводится описание разработанных рекурсивно-сепарабельных алгоритмов лапласиан “усеченная пирамида” и “двойная

пирамида” предназначенных для сокращения вычислительных затрат при обработке изображений. Представлена программная реализация разработанных алгоритмов. Определены оптимальные коэффициенты фильтрации для разработанных алгоритмов, применительно к телевизионной измерительной системе. Приведены результаты вычислительного эксперимента по оценке быстродействия разработанных алгоритмов.

**В третьей главе** описывается распределение разрешения по полю изображения. Выделены основные зоны на изображении с различным уровнем разрешения. Приведено экспериментальное подтверждение утверждений о распределении разрешения по полю изображения. Также представлено большое количество результатов оценки распределения разрешения по полю изображения при различных ситуациях наблюдения. Приведены примеры обработки с применением методики позонной обработки изображений, показывающие ее эффективность при обработке изображений, как при увеличении разрешения до предельного значения, так и при выравнивание разрешения по полю изображения.

**Четвертая глава** содержит описание разработанного программного обеспечения, реализующего описываемые в диссертационной работе алгоритмы и используемого при проведении описываемых исследований.

**В заключительной пятой главе** содержится описание использования результатов диссертационного исследования.

**В приложениях** содержатся акты внедрения результатов диссертационной работы и свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

### **Научная новизна**

Научная новизна работы заключается в следующих результатах.

1. Предложены и исследованы быстродействующие рекурсивно-сепарабельные алгоритмы повышения качества изображений (лапласиан “усеченная пирамида” и лапласиан “двойная пирамида”), позволяющие увеличить их четкость.

2. Оценено быстродействие разработанных рекурсивно-сепарабельных алгоритмов.

3. Предложен метод определения оптимальных коэффициентов обработки изображений, которые повышают эффективность их использования в телевизионных измерительных системах.

4. Разработан метод адаптивной внутрикадровой позонной обработки изображений с применением оптимальных коэффициентов фильтрации, отличающийся повышенной эффективностью обработки изображения по полю его разрешения.

### **Научная значимость**

В диссертации Каменского А.В. предлагается решение проблемы увеличения быстродействия алгоритмов обработки искаженных изображений в телевизионных измерительных системах с целью повышения их качества.

### **Достоверность результатов**

Достоверность результатов диссертационной работы основывается на результатах моделирования и применении результатов на практике.

По результатам выполненных исследований опубликовано 27 работ (7 работ без соавторов), в том числе 4 работы опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК, 19 докладов в трудах международных конференций, 2 доклада в трудах всероссийских конференций, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

### **Практическая значимость**

Практическая значимость работы заключается в том, что автор предлагает рекурсивно-сепарабельные методы и алгоритмы повышения качества изображений, позволяющие получить выигрыш от 5 до 7 раз в быстродействии при их программно-аппаратной реализации. Так же представлен способ оценки распределения разрешения по полю изображения, который позволяет выполнять более эффективный процесс их фильтрации. Результаты работы автора нашли применение как в учебном процессе, так и при выполнении НИР, что подтверждается документально.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В формулах (2.1) и (2.2) автор использует термины строчный и кадровый рециркулятор, при этом первое разностное уравнение выполняет фильтрацию по строкам ( $n_1$ ), а второе по столбцам ( $n_2$ ) одного кадра. Правильно будет – рециркулятор по строке и рециркулятор по столбцу кадра изображения.

2. В разделах 2.2. - 2.3 для программной реализации и оптимизации фильтров используются коэффициенты  $A_1$ - $A_4$ , но при этом эти коэффициенты отсутствуют в выражениях для системных функций (2.3) и (2.4), а также в структурных схемах (рис. 2.6) и (рис.2.7).

3. В разделе 2.1 не приводятся полные разностные уравнения для рекурсивно-сепарабельных фильтров, поэтому непонятно из каких уравнений получены маски лапласианов (рис. 2.5 и 2.8) и на основании каких результатов выбрана апертура  $7 \times 7$  элементов для БИХ фильтров.

4. В разделе 2.4. приводится оценка быстродействия алгоритмов в среде программирования MATLAB в виде экспериментальных таблиц с оценкой времени обработки в секундах. Очевидно, что для процессоров с разной производительностью эти результаты будут отличаться. Поэтому, целесообразно было бы оценивать быстродействие алгоритмов не временем, а количеством вычислительных операций (КВО) на один пиксель изображения.

5. В главе 3 приводятся результаты измерений разрешения тестового изображения «Шахматное поле». Возникает вопрос – как по такому изображению измеряется количество ТВЛ и какие алгоритмы используются? Описание программных модулей в главе 4 не дает ответа, т.к. возможно автор использовал программные модули разработчиков «Imatest» без подробного описания методов измерения.

## Заключение

Указанные замечания и недостатки не снижают научную и практическую значимость полученных результатов. Считаю, что диссертационная работа представляет собой полноценное научное исследование в области быстродействующих систем анализа и обработки изображений. В работе решены поставленные задачи и достигнута цель по повышению быстродействия алгоритмов рекурсивной фильтрации с целью повышения качества цифровых изображений. Результаты диссертации достоверны, обоснованы и опубликованы в печатных работах. Выводы и рекомендации обоснованы. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения» о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 "О порядке присуждения ученых степеней", а ее автор Каменский Андрей Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

### Официальный оппонент

доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой вычислительной  
техники ФГБОУ ВО «Тихоокеанский  
государственный университет»,  
ул. Тихоокеанская, 136, г. Хабаровск,  
680035

Тел. +7(4212) 22-43-78  
Email: sail111@rambler.ru



Сергей Владимирович Сай  
«04» 12 2019 г.

