

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
инновационной деятельности ФГАОУ
ВО НИУ «БелГУ»,

доктор технических наук, профессор
Константинов Игорь Сергеевич



«*шале*» _____ 2016 года

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Иванкова Александра Юрьевича «Модели и алгоритмы обработки изображений для построения сверхразрешения в условиях аппликативных помех», представленную в диссертационный совет при ФГБОУ ВО «ВГУ» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (радиотехника, автоматика, связь)».

Актуальность темы диссертации. В связи с интенсивным развитием систем обработки информации (СОИ) различного назначения (систем телекоммуникации, дистанционного мониторинга, видеонаблюдения, технической и медицинской диагностики и пр.) возникает целый ряд задач, связанных с последующим анализом получаемых цифровых графических материалов (изображений и видео). Данные задачи часто являются плохо формализуемыми и в каждом конкретном случае требуют индивидуального подхода, применения комплекса методов и алгоритмов, взаимно дополняющих друг друга. Одним из основных требований, определяющей эффективность работы системы обработки графической информации, наряду с требованием повышения общего качества получаемых на выходе СОИ данных, является обеспечение необходимого пространственного разрешения изображений. При этом повысить разрешение только за счет совершенствования технических средств регистрации не представляется возможным и требуется применять специальные методы, обеспечивающие соответствующую обработку первичной измерительной информации. Известные методы решения данной задачи основаны на использовании эффекта сверхразрешения, достижение которого, в

случае обработки крупных изображений, требует значительных вычислительных ресурсов.

Одной из проблем, возникающей при решении задач анализа изображений, является наличие помех, имеющих весьма разнообразный характер. Причины их возникновения связаны с изменчивостью условий внешней среды, несовершенством устройств формирования изображений, наличием помех в каналах передачи видеoinформации. В связи с этим, немаловажно значение приобретают исследования, направленные на разработку алгоритмов повышения разрешения изображений в условиях аддитивных шумов и помех аппликативного характера, при возникновении которых появляются эффекты «закрытия» (затенения) отдельных локальных областей изображений. Известны различные подходы обработки и анализа изображений в условиях помех аппликативного характера, однако они ранее не рассматривались в контексте задачи повышения разрешения изображений.

Таким образом, тема диссертационной работы Иванкова А.Ю., посвященная разработке и исследованию моделей и алгоритмов построения сверхразрешения изображений, позволяющих учитывать влияние аномальных воздействий и осуществлять компенсацию аппликативных помех на обрабатываемых снимках или кадрах, представляется актуальной.

Тема диссертации непосредственно связана с научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами, выполняемыми в высших учебных заведениях и научно-исследовательских организациях РФ.

Диссертационная работа содержит введение, четыре раздела основного текста, заключение и список литературы. Во введении обоснована актуальность работы, ясно сформулированы цель и задачи исследования, отражены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов исследования.

В первом разделе диссертации на основе публикаций отечественных и зарубежных авторов проведен подробный анализ алгоритмов построения сверхразрешения изображений и известные подходы к удалению импульсных и аппликативных помех на изображениях, а также модели изображений и аппликативных искажений.

Во втором разделе рассматривается задача блочной декомпозиции процесса оптимальной (в среднеквадратичном) линейной фильтрации в интересах построения сверхразрешения по последовательности изображений. Предложены несколько альтернативных подходов к реализации блочной

декомпозиции процесса оптимальной фильтрации, обеспечивающих повышение быстродействия обработки и возможность распараллеливания вычислительных процессов.

В третьем разделе проведены синтез и анализ моделей и алгоритмов фильтрации в блочной форме для построения сверхразрешения изображений, учитывающих возможность пропусков и получения ложных наблюдений в компонентах векторов регистрируемых изображений. Рассмотрены случаи независимого и некоррелированного характера возникновения пропусков и/или ложных наблюдений, проявляющихся на наблюдаемых изображениях в форме импульсного шума, а также коррелированного по пространству характера появления пропусков и/или ложных наблюдений, которые проявляются на наблюдаемых изображениях в форме локальных областей закрытия аппликативного характера. Предложен и обоснован метод включения результатов независимой сегментации в процесс обработки последовательности наблюдений для построения сверхразрешения в условиях пропусков и ложных наблюдений.

В четвертом разделе проведены синтез и анализ моделей и алгоритмов оценивания, адаптированных к блочной обработке изображений, включающих в общий процесс обработки оценку неизвестных параметров кадров видеопоследовательности.

Научная новизна результатов работы определяется следующим.

1. Предложены и обоснованы модели и алгоритмы построения сверхразрешения изображений на основе методов оптимальной линейной фильтрации, позволяющие реализовать обработку последовательности изображений в блочной форме и обеспечить сокращение объема вычислений при анализе изображений большого размера. При обосновании методов блочной обработки доказано утверждение об оптимальности оценок ненаблюдаемых изображений высокого разрешения при блочной декомпозиции процесса оптимальной фильтрации. Получены оценки вычислительной сложности различных вариантов построения алгоритмов.

2. Предложены и обоснованы модели и алгоритмы построения сверхразрешения на основе оптимальной линейной фильтрации, обеспечивающие обработку в условиях пропусков элементов изображений и воздействия аппликативных помех, проявляющихся в виде импульсного шума или локальных областей закрытия. Исследования проведены применительно к модели наблюдений, предполагающей наличие однозначно

идентифицированных пропусков информации в элементах наблюдаемых изображений низкого разрешения, а также наличие мешающей (ложной) информации в компонентах вектора наблюдений. Задание последней основано на введении априорного вероятностного описания. Синтезированные алгоритмы фильтрации исследованы как для моделей, предполагающих некоррелированный характер возникновения пропусков и ложных наблюдений в компонентах наблюдений, так и наличие коррелированных по пространству аномальных наблюдений, которые проявляются на наблюдаемых изображениях в форме локальных областей закрытия аппликативного характера.

3. Предложен метод включения результатов сегментации обрабатываемых изображений в процесс обработки последовательности наблюдений для построения сверхразрешения. Сегментация используется для определения расположения областей, искаженных аппликативной помехой и проведения расчета вероятностей совместного появления полезных и ложных наблюдений для каждой пары пикселей изображения низкого разрешения. В итоге формируются апостериорные вероятностные характеристики появления ложных наблюдений аппликативной характера на каждом изображении. Рассмотрено и исследовано три различных варианта сегментации: по порогу дисперсии, на основе определения минимального разреза графа, k -средних. Для последнего алгоритма сегментации доказано утверждение, определяющее теоретическую оценку верхней границы вероятности ошибок классификации.

4. Предложены и исследованы адаптивные алгоритмы построения сверхразрешения последовательностей изображений, реализованные на основе метода нелинейной фильтрации в соответствии с принципом разделения, обеспечивающие обработку в условиях неизвестных межкадровых субпиксельных сдвигов наблюдаемых изображений низкого разрешения, а также параметров функции рассеяния фотоприемника.

Степень обоснованности и достоверность результатов диссертации. Приведенные в работе выводы и рекомендации, в целом, следует признать обоснованными. Их достоверность подтверждается использованием взаимно дополняющих друг друга теоретических и экспериментальных (имитационное моделирование с использованием реализаций случайных полей, обработка реальных изображений) методов исследований, совпадением результатов, полученных различными методами, между собой, а также, в ряде частных случаев, с известными результатами, наглядной физической трактовкой установленных закономерностей и соотношений.

Автор проявил достаточно уверенное владение методами математического анализа, теории вероятностей, теории графов, теории оптимальной марковской фильтрации.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки не вызывает сомнений. Она определяется возможностью использования развитого в диссертации методического аппарата для проведения синтеза алгоритмов обработки информации в интересах анализа цифровых изображений в современных системах обработки информации, а также управляющих и информационно-измерительных системах различного назначения.

Разработанные модели и алгоритмы построения сверхразрешения изображений на основе методов оптимальной фильтрации, адаптированные к блочной обработке, особенно эффективны для анализа изображений большой размерности, что определяют возможность их применения в задачах компьютерного зрения и аэрокосмического мониторинга. Модели и алгоритмы, адаптированные к ситуациям пропусков фрагментов изображений и воздействию аппликативных помех, расширяют возможности получения эффекта сверхразрешения в реальных условиях функционирования систем обработки информации.

Результаты диссертационной работы также имеют практическое значение для разработки специального математического и программного обеспечения в интересах создания средств обработки и анализа изображения и видео.

Реализация результатов и рекомендации по их дальнейшему использованию. В настоящее время, полученные в диссертации результаты в части разработки алгоритмов обработки изображений, использованы при выполнении НИР, выполняемых ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

В дальнейшем, результаты, полученные в диссертации целесообразно использовать в организациях, занимающихся вопросами создания систем компьютерного зрения, компьютерной обработки изображений, аэрокосмического мониторинга. В частности, полученные результаты могут быть использованы в научных и прикладных исследованиях, проводимых в Федеральном исследовательском центре «Информатика и управление» РАН (г. Москва), Воронежском государственном университете, Белгородском государственном национальном исследовательском университете, в Институте систем обработки изображений РАН (г. Самара), ЦНИИ ТОЧМАШ

(г. Климовск), Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации РАН, Ярославском государственном университете им. П.Г. Демидова, Южном федеральном университете (г. Ростов-на-Дону), Саратовском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского.

Результаты работы также целесообразно использовать в учебном процессе вузов, осуществляющих подготовку бакалавров, магистров и специалистов соответствующих специальностей и направлений.

Следует отметить достаточно полную апробацию основных результатов диссертационной работы и достаточный уровень публикаций. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, причем 4 из них – в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных работ.

По диссертации необходимо сделать следующие замечания:

1. Недостаточно четко определена область применимости гауссовых моделей изображений, используемых при синтезе алгоритмов построения сверхразрешения.

2. Рассмотренные модели аппликативных помех не учитывают эффектов полупрозрачности, часто возникающих на практике при обработке изображений в системах аэрокосмического дистанционного зондирования, например, полупрозрачности облачных образований.

3. При оценке качества восстанавливаемых при обработке изображений автор ограничился только расчетом матрицы ковариаций вектора ошибки, тогда как для этой цели могут быть использованы и другие показатели, например, индекс структурного сходства (Бовика), которые позволяют, на наш взгляд, более адекватно оценивать эффект от улучшения качества изображений.

4. В ходе экспериментальных исследований алгоритмов построения сверхразрешения в условиях ложных наблюдений, оценка полезного наблюдения $\tilde{z}_{k|k^*}$ задавалась только на основе априорных сведений, в то время как анализ данных алгоритмов при использовании $\tilde{z}_{k|k^*}$, формируемой по всей совокупности предшествующих изображений в соответствии с формулой (3.24), не проводился.

5. При описании эксперимента с аэрокосмическими изображениями в третьем разделе недостаточно подробно раскрыты исходные условия получения указанных изображений использованными техническими средствами наблюдения.

6. Имеется умеренное количество опечаток и стилистических погрешностей.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация Иванкова А.Ю. является законченной научно-квалификационной работой, содержит новые результаты в области обработки и восстановления изображений и удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации – Иванков Александр Юрьевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (радиотехника, автоматика, связь)».

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы.

Отзыв обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры информатики, естественнонаучных дисциплин и методик преподавания Белгородского государственного национального исследовательского университета, протокол №13 от 29.06.2016.

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент

Красовская Людмила Владимировна

Профессор кафедры информатики,
естественнонаучных дисциплин и
методик преподавания
доктор физико-математических наук,
доцент

Блажевич Сергей Владимирович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Почтовый адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Телефон: +7 (4722) 30-12-11

E-mail: info@bsu.edu.ru

Web-сайт: <http://www.bsu.edu.ru/>

