

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Мурынина Александра Борисовича

«Методы анализа данных дистанционных измерений для исследования объектов земной поверхности и океана»,
представленную на соискание учёной степени доктора
технических наук по специальности 2.3.8 «Информатика и
информационные процессы»

Диссертация посвящена проблеме выделения объектов и оценки их пространственных характеристик по аэрокосмическим изображениям. Прорабатывались технологии всей цепочки обработки данных: улучшение пространственного разрешения изображений с подавлением шумов и восстановлением запорченных изображений; учет свойств объектов для повышения информативности изображений и качества выделения объектов; восстановление трехмерных характеристик объектов, а также характеристик движущихся объектов; использование разработанных и адаптированных методов и технологий для решения конкретных задач - распознавания людей и их лиц, машин, объектов железнодорожного транспорта, расчета пространственных спектров поверхностных волн. Особенностью большей части созданных методов является их ориентация на выделение объектов с четкими и резкими границами, что использовалось при их разработке. В данной области диссертантом проработаны основные проблемы обработки данных и найдены эффективные решения, что является крупным достижением. Созданные методы и технологии внедрены в форме программного обеспечения в различные организации. Методы работают в основном в автоматическом режиме. Важной особенностью созданного программного обеспечения для некоторых приложений является реализация обработки данных в режиме реального времени, что потребовало создание эффективных вычислительных алгоритмов.

1. Актуальность работы

Актуальность работы не вызывает сомнения. Экспоненциально нарастающий поток видеoinформации со спутников и беспилотных летательных аппаратов, а также улучшение пространственно-временного и спектрального разрешения данных открывают новые возможности обнаружения различных объектов и оценки их свойств, что подразумевает необходимость в создании эффективных методов и технологий обработки поступающей информации. Диссертационная работа А.Б. Мурынина посвящена решению данной проблемы. Наличие внедрений в основном в коммерческих организациях подтверждает востребованность результатов работы.

2. Новизна результатов диссертационной работы

Новизна результатов диссертационной работы определяется разработкой автором новых методов и алгоритмов анализа данных дистанционных измерений для исследования земной поверхности и океана. В диссертации представлены новые результаты, полученные автором:

1. Методы и алгоритмы повышения пространственного разрешения мультиспектральных изображений, основанные на пространственном спектральном анализе и синтезе изображений с экстраполяцией энергетических и фазовых спектров, а также на учёте статистических закономерностей, связывающих панхроматические изображения с мультиспектральными на локальных участках поверхности. При этом традиционные методы объединяются с методом сверхразрешения на основе искусственных нейронных сетей, в том числе генеративно-состязательных.

2. Метод и алгоритмы восстановления пространственных спектров поверхностных волн на морской поверхности по аэрокосмическим оптическим изображениям, позволяющие учесть нелинейный характер модуляции поля яркости уклонами морской поверхности с привлечением

численного синтеза полей уклонов морской поверхности и моделирования поля яркости с учётом условий формирования изображений.

3. Результаты параметризации пространственно-частотных фильтры для восстановления спектров поверхностного волнения по спектрам оптических изображений, полученные путем минимизации меры расхождения спектров волнения, полученных по спутниковым изображениям с данными подспутниковых измерений.

4. Разработанный метод дистанционного измерения двумерных пространственных спектров морского волнения по одиночному спутниковому изображению, который позволяет получать оценки углового распределения энергии морских волн даже при наличии дефицита спектральных данных, возникающего вследствие однопозиционного характера спутниковой съёмки.

Основные результаты диссертации Мурынина А.Б. докладывались и обсуждались на международных конференциях, опубликованы в печати. Объём и содержание публикаций отражает основные защищаемые положения диссертации.

3. Обоснованность и достоверность положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность положений, выводов и рекомендаций диссертации определяется результатами экспериментальных исследований, в том числе результатами подспутниковых измерений, результатами численного моделирования исследуемых физических процессов, а также практическим применением полученных результатов для решения различных задач дистанционного зондирования. Разработанные автором методы обработки аэрокосмических изображений реализованы в макетах программ и прошли проверку работоспособности на реальных данных.

4. Научная и практическая ценность результатов работы

Научная ценность работы состоит в создании и апробации новых методов анализа спутниковых изображений для исследования объектов земной поверхности и океана, основанных на едином подходе к обработке аэрокосмических изображений объектов различной физической природы, построенном на использовании пространственного спектрального анализа, статистического анализа, численном моделировании физических процессов, синтезе изображений и машинном обучении.

Научную и практическую ценность представляет разработанный комплексный подход к повышению информативности аэрокосмических изображений, который позволяет автоматизировать наиболее трудоемкие процессы обработки спутниковых изображений, такие как повышение пространственного разрешения изображений, семантическая сегментация изображений для выделения антропогенных объектов, а также восстановления пространственных характеристик этих объектов.

Практическая ценность состоит в том, что разработанные методы и алгоритмы реализованы в виде программных комплексов, которые внедрены в ряде организаций: исследовательский программный комплекс, реализующий в интерактивном и пакетном режимах полный цикл обработки спутниковых изображений; исследовательское программное обеспечение для восстановления спектров морской поверхности по космическим изображениям, созданное для обработки данных дистанционного зондирования океанских акваторий в масштабе времени, близком к реальному.

5. Содержание работы

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографии.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, описаны научная новизна, практическая ценность работы.

В первой главе сформулированы численные критерии оценки качества при повышении разрешения изображений, описаны базовые методы

повышения пространственного разрешения изображений, основанные на пространственно-спектральном анализе и синтезе изображений, а также вероятностный метод повышения разрешения мультиспектральных изображений, основанный на учёте статистических закономерностей, связывающих изображения на участках поверхности.

Во второй главе рассматриваются методы, разработанные для получения информации о ригидных антропогенных объектах на аэрокосмических изображениях. Описан алгоритм повышения пространственного разрешения космических изображений с использованием векторной модели представления априорной информации, предназначенный для повышения чёткости границ. Описан комплексный подход к применению искусственных нейронных сетей для извлечения и интерпретации пространственной информации о ригидных объектах из спутниковых изображений, который включает повышение пространственного разрешения изображений на основе генеративно-состязательных нейросетей и нейросетевую сегментацию изображений для выделения объектов.

В третьей главе описана система методов реконструкции трёхмерной поверхности объектов по двумерным изображениям и на основе трёхмерных моделей этих объектов по совокупности признаков. Представлены подходы, позволяющие развить методы и алгоритмы, работающие в режиме близком к реальному времени. Представлен метод автоматизации извлечения трёхмерных пространственных данных о наземных объектах из спутниковых изображений.

В четвертой главе представлены методы и алгоритмы восстановления пространственных спектров морского волнения по оптическим изображениям. Описаны методы построения восстанавливающих операторов на основе учёта различных условий формирования изображений с учётом характеристик аппаратуры дистанционного зондирования, условий формирования морских волн.

В пятой главе описаны результаты валидации метода дистанционного измерений спектров морского волнения с использованием результатов измерений, выполняемых на месте с помощью решётки струнных волнографов, дрейфующих волновых буёв, а также путём обработки стереоизображений, снятых со стационарной платформы. Путём численной оптимизации подобраны значения параметров восстанавливающих фильтров, эффективно работающих в условиях ветрового волнения, а также в присутствии волн зыби. Экспериментально подтверждена адекватность дистанционного измерения как средних по времени спектров морской поверхности, так и спектров аномалий морской поверхности, связанных с антропогенными воздействиями.

В заключении приведены основные полученные результаты.

Название диссертации верно отражает ее содержание. Объём работы соответствует рекомендациям для докторских диссертаций по техническим наукам. Структура текста диссертации не вызывает существенных замечаний.

Автореферат соответствует содержанию и структуре диссертации и не искажает ее смысла и полученных результатов.

Диссертация и автореферат соответствуют специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы».

5. Замечания по диссертационной работе

1. В работе не приведен анализ влияния аппаратной функции на улучшения пространственного разрешения изображения. Целесообразность такого анализа связана с тем, что при формировании пикселя датчик имеет конкретную аппаратную функцию, собирающую излучение в некоторой окрестности и часто неравномерно по площади.

2. При описании методов повышения разрешения мультиспектральных изображений на основе опорного панхроматического не оценивается влияние функция спектральной чувствительности каналов.

Исследование повышения точности синтезированного изображения, связанное с таким влиянием, представляло бы интерес.

3. В диссертации приводится набор различных критериев точности восстановления изображений. Автор отмечает, что нет общепринятого критерия качества. Выбор оптимального критерия зависит как от конечной цели задачи, так и от качества (в первую очередь яркостного разрешения) исходных данных. В тесте на конкретных примерах приводятся величины различных критериев, но не объясняется их применимость для решаемых задач.

4. При распознавании ригидных объектов, например, машин, используется сегментация изображений. При этом в диссертации мало внимания уделено анализу существующих эффективных алгоритмов обнаружения по конфигурации реперных точек, ищущихся автоматически на изображении.

Отмеченные замечания не снижают уровня научных и практических результатов работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Мурынина А.Б. является законченной научно-квалификационной работой. Совокупность полученных результатов представляет собой крупное научное достижение и вносит важный вклад в теорию и практику создания систем обработки и анализа данных дистанционных измерений для исследования объектов земной поверхности и океана. Работа соответствует требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к докторским диссертациям.

Считаю, что автор работы, Мурынин Александр Борисович, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы».

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
главный научный сотрудник

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской
академии наук

Адрес: РФ, 690041, г. Владивосток, улица Радио, дом 5
Телефон: +7(423)2310468
E-mail: aleks@iacp.dvo.ru



А.И. Алексанин
«ЗАВЕРЯЮ» 14.09.2023
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ИАПУ ДВО РАН
КАНД. ТЕХН. НАУК, ДОЦЕНТ

С.Б.ЗМЕУ