



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

В.А.Тупик



сентябрь 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина) на диссертационную работу

Кириенко Андрея Васильевича

**«МОДЕЛИ И МЕТОДИКИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ТЕХНОГЕННОГО МУСОРА НА
ОСНОВЕ ВОЗДУШНОЙ ВИДЕОСПЕКТРАЛЬНОЙ СЪЕМКИ»,**

представленную на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности 25.00.35 – Геоинформатика

1. Актуальность научной работы

Вопросы повышения качества информационного обеспечения (ИО) ГИС поиска фрагментов мусора являются определяющими для оперативной борьбы с токсичными техногенными загрязнениями. К таким загрязнениям относятся рассматриваемые в работе обломки отделяемых частей (ОЧ) ракетносителей (РН), образующиеся в ходе проведения запусков.

Традиционно в качестве источника ИО ГИС выступают средства дистанционного зондирования Земли, развитие которых идет по пути совершенствования сенсоров получения данных. В работе предлагается использовать видеоспектральную съемку (ВСС), которая позволяет автоматизировано выявлять объекты поиска на основе спектрального анализа. Однако на данный момент остаются не вполне решенными ряд вопросов прикладного характера, связанных со спецификой обработки данных ВСС:

- реализация радиометрической калибровки приборов в полевых условиях;
- обоснование выбора метода атмосферной коррекции для практического применения в различных условиях эксплуатации;
- эффективное снижение шумовых и геометрических искажений данных ВСС;
- априорный выбор метрик спектрального сравнения применительно к объектам заданного типа в ходе тематической обработки данных поиска.

По этим причинам актуальность диссертационной работы Кириенко А.В., в которой решается научная задача разработки моделей и методик информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора на основе ВСС, не вызывает сомнения.

2. Состав и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы из 81 наименования. Объем работы составляет 151 страницу, 56 рисунков и 3 таблицы.

Во введении раскрывается актуальность решаемой научной задачи, сформулированы объект, предмет, цели и задачи исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, перечислены основные научные результаты, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ возможности применения воздушного дистанционного видеоспектрального зондирования для ИО ГИС поиска техногенного мусора, особенности построения аппаратуры и проблемы обработки данных ВСС, рассматривается применение атмосферной модели MODTRAN для учета влияния атмосферы как основного фактора, влияющего на формирование спектральных идентифицирующих свойств получаемых данных. В конце главы сформирована общая схема оперативного информационного обеспечения разрабатываемой ГИС и определены ключевые задачи проведения исследований.

Вторая глава посвящена разработке моделей и методик первичной обработки данных ВСС, включая методики радиометрической калибровки и атмосферной коррекции данных. Методика радиометрической калибровки основана на использовании атмосферной модели MODTRAN и на новой модели и методике оценки спектрального разрешения калибруемого прибора, в основе которой используется аналитическое сравнение результатов тестовой съемки участка неба с рассчитанными модельными данными. Далее описывается методика атмосферной коррекции данных на основе эталона, расположенного в зоне съёмки. Валидация предложенных методик проведена на специальных тестовых мирах, также попадающих в зону съемки.

Третья глава посвящена разработке моделей и методик предварительной обработки данных ВСС, включая методику компенсации шумовых искажений, методику комбинированной геометрической коррекции и геокодирования данных. Для компенсации полосовых шумовых искажений производится оригинальная адаптация метода «глобального линейного согласования детекторов». Далее описана новая методика комбинированной геометрической коррекции и геокодирования данных ВСС, суть которой состоит в сочетании компенсации высокочастотных колебаний строк (так называемого

«джиттера») с использованием корреляционного анализа и низкочастотных колебаний (региструемых навигационным прибором). Для оценки шумовых искажений реальных данных приводится методика оценки шумов, построенная комбинированным (теоретико-эмпирическим) методом.

В четвертой главе рассматривается методика тематической обработки данных ВСС с применением оригинальной вновь разработанной имитационной модели геоинформационного представления объектов поиска, процессов формирования и обработки. Приведены рекомендации по конкретному применению созданной имитационной модели для предсказания результатов функционирования комплекса обработки в заранее заданных условиях наблюдения и параметрах аппаратуры. Приводится апробация разработанной методики на результатах реальных экспериментов воздушной ВСС местности с объектами техногенного мусора. Валидация разработанной имитационной модели проводится в ходе двух экспериментов воздушной ВСС путем сравнения ее результатов с заранее предсказанными результатами.

Пятая глава посвящена методике системного оценивания эффективности оперативного информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора и проведению сравнения двух подходов к реализации ИО ГИС на основе ВСС и обычной оптико-электронной съемки. Приведены практические рекомендации по построению ИО ГИС поиска техногенного мусора с применением воздушной ВСС.

В заключении приведены результаты работы, определены направления дальнейших исследований.

3. Достоверность результатов исследования

Достоверность полученных научных результатов обоснована:

- применением апробированных методов системного анализа, математического моделирования, методов автоматизированной обработки сигналов и теории вероятностей;
- их согласованием с теоретическими расчетами и лабораторными измерениями;
- качество применения разработанных и используемых моделей и методик первичной и предварительной обработки данных ВСС, а также априорные теоретические расчеты по имитационной модели, полностью подтверждены данными реальной экспериментальной съемки в ходе тематической обработки полученных данных.

Кроме того, достоверность подтверждается апробацией, публикациями по теме диссертации, полученными свидетельствами о регистрации в Государственном реестре программ, а также внедрением результатов в ОКР, НИР и учебный процесс.

4. Научная новизна полученных результатов

К основным результатам диссертационного исследования, обладающим научной новизной, относятся следующие положения и разработки соискателя:

1. *Модели и методики первичной обработки данных ВСС, включающие: новую модель и методику оценки спектрального разрешения данных ВСС по тестовой съемке на основе атмосферной модели MODTRAN, на их основе – методику радиометрической калибровки данных ВСС, методику атмосферной коррекции данных ВСС по наземным*

эталонам, которые отличаются тем, что обеспечивают оценку точности спектрального разрешения до 0,5 нанометра во всем интервале чувствительности прибора без использования специальных дорогостоящих установок на производстве и позволяют оперативно решать задачу радиометрической калибровки в любых, включая натурные, условиях эксплуатации аппаратуры.

2. *Модели и методики предварительной обработки данных ВСС, включающие: адаптацию модели и методику компенсации шумовых искажений данных ВСС, новую модель и методику комбинированной геометрической коррекции и геокодирования данных ВСС, которые отличаются тем, что позволяют демпфировать полосовые искажения и случайный шум данных ВСС с повышением отношения сигнала к шуму в 1,5 -1,8 раза и существенно уменьшают высокочастотный «джиттер», что повышает визуальную дешифрируемость снимков и точность геокодирования данных до 20%.*

3. *Методика тематической обработки данных ВСС на основе оригинальной имитационной модели геоинформационного представления объектов поиска, процесса формирования и обработки для априорной оценки возможностей информационного обеспечения ГИС на основе ВСС с использованием разработанных методик первичной и предварительной обработки, которая отличается тем, что позволяет в 1,4-1,5 раза повысить вероятность выявления объектов техногенного мусора за счет априорного выбора метрик спектрального сравнения и параметров обработки.*

4. *Модель и методика системного оценивания эффективности оперативного информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора, сравнение построения информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора с использованием традиционной оптико-электронной съемки и с применением ВСС, практические рекомендации по построению и реализации информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора с применением воздушной ВСС, которые показали, что при более высокой вероятности идентификации объектов техногенного мусора, использование ГИС на основе ВСС в 5 раз повышает оперативную производительность системы распознавания техногенного мусора в сравнении к стандартному применению оптико-электронной съемки для информационного обеспечения ГИС.*

Теоретической основой исследования стали труды отечественных и зарубежных ученых в области обработки данных дистанционного зондирования Земли, исследования оптики атмосферы. При решении поставленных задач использованы методы математического моделирования, методы теории оптико-электронных систем и их построения, методы теории атмосферной оптики, методы автоматизированной обработки сигналов и теории вероятностей. В ходе экспериментальных исследований применялись методы планирования эксперимента, статистической обработки результатов наблюдений.

Выносимые на защиту научные результаты полностью обоснованы.

5. Личный вклад автора

Основные результаты, выносимые на защиту, получены автором лично. Соискатель непосредственно участвовал в постановке задач, обсуждении методов их решения, получении и обработке данных ВСС в ходе экспериментов, разработке моделей и методик,

анализе и обобщении результатов исследований.

6. Значимость полученных в диссертации результатов

Теоретическая значимость работы определяется:

- разработанной новой методикой оценки спектрального разрешения видеоспектральной аппаратуры и на ее основе построения методики радиометрической калибровки, реализуемой путем применения тестовой съемки с использованием атмосферной модели MODTRAN, позволяющих осуществлять качественную коррекцию данных ВСС непосредственно в полевых условиях;

- проведением адаптации методики компенсации полосовых искажений и случайных шумов к обработке данных ВСС, обеспечивающей повышение качества исходных данных без искажения спектральных составляющих сигналов;

- разработанной новой методикой комбинированной коррекции геометрических искажений и геокодирования данных ВСС, демпфирующей высокочастотный «джиттер» образов искомых объектов с повышением точности геокодирования;

- разработанной новой оригинальной имитационной моделью геоинформационного представления объектов поиска, процесса формирования и обработки данных ВСС применительно к решению тематической задачи поиска объектов техногенного мусора;

- разработанной методикой системного оценивания эффективности оперативного ИО ГИС поиска техногенного мусора.

Практическая ценность работы состоит:

- в создании программного обеспечения (ПО) первичной обработки данных ВСС для ИО ГИС поиска техногенного мусора для оценок спектрального разрешения аппаратуры и его использования для последующей радиометрической калибровки, а также ПО атмосферной коррекции данных ВСС;

- в создании ПО предварительной обработки данных ВСС для ИО ГИС поиска техногенного мусора с целью компенсации полосовых искажений и случайного шума, а также ПО геометрической коррекции и геокодирования данных ВСС;

- в создании ПО имитационной модели геоинформационного представления объектов поиска, процесса формирования и обработки данных для априорной оценки возможностей ИО ГИС на основе ВСС;

- в создании ПО тематической обработки данных для ИО ГИС поиска техногенного мусора, обеспечивающего автоматизированную спектральную идентификацию объектов;

- в разработке ПО системного сравнения ИО ГИС поиска техногенного мусора на основе использования традиционной оптико-электронной съемки и с применением ВСС;

- в разработке практических рекомендаций по построению ИО ГИС поиска техногенного мусора с применением воздушной ВСС.

7. Рекомендации по использованию результатов работы

Научные результаты могут применяться в мобильных комплексах и ситуационных центрах обработки данных дистанционного зондирования Земли от средств ВСС как для

собственно оперативного информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора, так и для оперативного мониторинга других техногенных загрязнений.

Разработанные методики калибровки и оценки спектрального разрешения могут быть использованы разработчиками видеоспектральной аппаратуры, а имитационная модель - заказчиками аппаратуры наблюдения для априорной оценки возможностей построения систем наблюдения с заданными параметрами по решению конкретных тематических задач.

8. Недостатки диссертационной работы

8.1. Эмпирико-математическую модель формирования сигналов в видеоспектрометре целесообразно описывать при обосновании построения имитационной модели.

8.2. При описании методик для выделения высокочастотной составляющей сигнала принято использование фильтра Савицкого-Голая, выбор которого не обосновывается.

8.3. В методике тематической обработки не ясно, как производится учет геометрических условий съемки при спектральном распознавании.

8.4. В имитационной модели предложено «шахматное» расположение объектов и фона, что явно не обосновывается.

8.5. В методике оценивания эффективности оперативного информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора явно не заданы критерии, по которым можно считать эффективной ту или иную систему.

8.6. Недостаточно уделено внимания вопросам оценки дополнительной погрешности, которая может возникнуть при изменении погодных условий после калибровки (усиление облачности).

Указанные недостатки не затрагивают значимость научных и практических результатов автора, полученных в ходе исследования.

9. Заключение

Диссертация Кириенко Андрея Васильевича является законченной, логично обоснованной, самостоятельно выполненной научно-исследовательской работой. Содержание автореферата соответствует содержанию работы.

По теме диссертации опубликовано 20 работ, включая 6 статей из перечня изданий, рекомендованных ВАК, 4 подраздела в рецензируемой монографии, 3 работы в материалах всероссийских научно-технических конференций, 7 свидетельств о регистрации в Государственном реестре программ.

Диссертация Кириенко Андрея Васильевича выполнена на хорошем научном уровне, соответствует паспорту специальности 25.00.35 и отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает

присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.35 – «Геоинформатика».

Доклад по диссертационной работе Кириенко А.В. заслушан на заседании кафедры Информационно-измерительных систем и технологий Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина).

Отзыв рассмотрен и одобрен на этом же заседании (протокол №6 от «21» сентября 2021г.).

Заведующий кафедрой Информационно-измерительных систем и технологий Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина), доктор технических наук, профессор, специальность: 05.11.16



Алексеев Владимир Васильевич

197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д.5, 1-й корпус
Тел: (812)234-93-93
E-mail: vvalekseyev@mail.ru

Ученый секретарь кафедры Информационно-измерительных систем и технологий, кандидат технических наук, доцент, специальность: 05.11.16



Бишард Екатерина Георгиевна