



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «ЛУЧ»

152920, Россия, Ярославская обл., г. Рыбинск, б-р Победы, д. 25
ОГРН 1047601614390, ИНН 7610063043
Тел.: +7(4855)28-58-22
Факс: +7(4855) 28-58-35
e-mail: kb@kb-lutch.ru
www.kb-lutch.ru



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор АО «КБ «Луч»,
председатель НТС,
кандидат технических наук


М.Ф. Шебакпольский

«20» мая 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

предприятия

Акционерное общество «Конструкторское бюро «Луч»
на результаты диссертационных исследований соискателя
ученой степени кандидата технических наук
Кириенко Андрея Васильевича

Исследования на тему «Модели и методики информационного обеспечения геоинформационной системы поиска техногенного мусора на основе воздушной видеоспектральной съемки» проведены в Санкт-Петербургском филиале АО «КБ «Луч», являющимся структурным подразделением АО «КБ «Луч».

В период исследований для подготовки диссертации Кириенко Андрей Васильевич являлся сотрудником Санкт-Петербургского филиала АО «КБ «Луч» в должности начальника отдела «Исследований методов машинной обработки видовой информации и разработки специального программного обеспечения» и выполнял диссертационные исследования по собственной инициативе.

Кириенко Андрей Васильевич в 2005 году окончил с отличием Военно-космическую академию им. А.Ф. Можайского, специальность – организация и технология защиты информации. С 2005 года по 2012 год проходил военную службу на должностях от младшего научного сотрудника до старшего научного сотрудника, где участвовал в научно-исследовательских работах специальной тематики, связанной с обработкой данных дистанционного зондирования Земли; с 2012 года по настоящее время работает в Санкт-Петербургском филиале АО «КБ «Луч», где возглавляет направление работ по предварительной, фотограмметрической и тематической обработке видовых данных от аппаратуры наблюдения различного диапазона.

Научный руководитель – Бурлов Вячеслав Георгиевич, доктор технических наук, профессор, Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ).

Научный консультант - Остриков Вадим Николаевич, кандидат технических наук, доцент, главный научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала АО «КБ «Луч».

По итогам обсуждения на НТС АО КБ «Луч», протокол №3 от 18.05.2021 г. принято следующее заключение.

Актуальность темы определяется следующим.

Интенсивное функционирование экономики и развитие производства страны неизбежно сопровождаются ростом объемов техногенных загрязнений окружающей среды. Характерным примером является техногенный мусор, засоряющий обширные территории вблизи полигонов проведения ракетных пусков, где присутствуют обломки отделяемых частей (ОЧ) ракетносителей (РН), в том числе с остатками горючего, представляющие собой весьма токсичные компоненты.

Большие размеры территорий загрязнения и сравнительно маломерные фрагменты мусора требуют эффективных методов их обнаружения, в связи с чем целесообразным является применение воздушной съемки, позволяющей оперативно выявить (с определением координат) и впоследствии быстро ликвидировать искомые объекты. Такое информационное обеспечение (ИО) геоинформационного обеспечения (ГИС) воздушного мониторинга традиционно строится на основе оптико-электронной аппаратуры (ОЭА). Этот подход, при его использовании в оперативном режиме, требует проведения съемки с высоким пространственным разрешением (с малых высот), что приводит к весьма большим объемам анализируемых данных. В итоге их последующая обработка требует больших временных и финансовых затрат при часто низкой вероятности решения задачи.

Для повышения эффективности ИО ГИС поиска техногенного мусора на основе воздушной съемки, в диссертационной работе предлагается использовать видеоспектральную (ВС) аппаратуру. Ее преимущество перед обычной ОЭА в настоящее время до конца не обосновано. Вместе с тем, использование видеоспектральной съемки (ВСС) обеспечивает, в отличие от традиционного подхода, автоматизированное распознавание (классификацию) элементов поверхностей, что позволяет существенно повысить конечную информативность обработки и производительность работы оператора, что в свою очередь снижает финансовые затраты.

С другой стороны, ВС средства построены на необходимости реализации измерительного режима получения данных, который, в свою очередь, в силу своей специфики, требует разработки специальных моделей и методик первичной, предварительной и тематической обработки, включая:

приборную калибровку, атмосферную коррекцию, снижения шумов, геометрическую коррекцию, а также выбор реализуемых метрик спектральной классификации применительно к конкретному типу объектов поиска.

Таким образом, для повышения эффективности информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора требуется решить актуальную важную научно-техническую и практическую задачу разработки моделей и методик информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора на основе воздушной видеоспектральной съёмки. Цель исследований **«Разработка моделей и методик повышения эффективности решения задач информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора путем применения воздушной видеоспектральной съёмки»** является актуальной и своевременной, и имеет существенное научное и практическое значение.

Тема диссертации **«Модели и методики информационного обеспечения геоинформационной системы поиска техногенного мусора на основе воздушной видеоспектральной съёмки»** и содержание проведенных автором исследований соответствуют тематике научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполняемых в АО «КБ «Луч» и других научно-исследовательских организаций. В диссертации **изложены новые научно обоснованные технические и программные решения в части разработки моделей и методик обработки данных ВСС для информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Основными научными положениями и результатами, вынесенными на защиту, являются:**

1. Модели и методики первичной обработки данных ВСС, включающие: модель и методику оценки спектрального разрешения данных по тестовой съёмке на основе применения атмосферной модели MODTRAN, на их основе – методику радиометрической калибровки результатов ВС съёмки, методику атмосферной коррекции данных ВСС по наземным эталонам, которые отличаются тем, что позволяют оценить *точность спектрального разрешения до 0,5 нанометра* во всем интервале чувствительности прибора, проводить обработку *без использования специальных дорогостоящих установок на производстве* и позволяют оперативно *решать задачу в любых, включая натурные, условиях эксплуатации аппаратуры.*

2. Модели и методики предварительной обработки данных ВСС, включающие: модель и методику компенсации шумовых искажений данных ВСС, 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 уменьшить высокочастотный «джиттер», что повышает визуальную дешифрируемость данных и точность геокодирования данных для ГИС до 20%.

3. Модели и методики тематической обработки данных ВСС, включающие оригинальную имитационную модель геоинформационного представления объектов поиска, процесса формирования и обработки данных для априорной оценки возможностей информационного обеспечения ГИС на основе ВСС с применением разработанных методик первичной и предварительной обработки, которые при апробации на данных реальной экспериментальной съемки показывают, что реализация предложенных выше методик предварительной обработки данных ВСС, а также априорно правильный выбор метрик спектральной идентификации на основе имитационной модели, *позволяет в 1,4-1,5 раза повысить вероятность выявления объектов техногенного мусора.*

4. Модель и методика системного оценивания эффективности оперативного информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора, на ее основе 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.*

Личный вклад автора: результаты получены автором лично. Во всех работах, которые выполнены в соавторстве, соискатель непосредственно участвовал в постановке задач, обсуждении методов их решения, получении и анализе результатов исследований.

Обоснованность и достоверность сформулированных научных положений и выводов обеспечивается: непротиворечивостью полученных результатов известным работам в предметной области; аналитическими выводами зависимостей, используемых в моделях и доказательством выдвинутых утверждений; корректным применением математических методов при проведении вычислений; аналитико-имитационным моделированием для выбора варианта решений.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработана модель и методика оценки спектрального разрешения данных аппаратуры ВСС ИО ГИС поиска техногенного мусора, по результатам тестовой съемки, путем аналитического сравнения полученных данных с совокупностью расчетов на основе атмосферной модели MODTRAN. На их основе реализована методика радиометрической калибровки данных ВСС, обеспечивающая качественное функционирование средства ВСС в реальных условиях эксплуатации.

2. Доработана до реального применения модель и методика атмосферной коррекции результатов ВСС с использованием наземных эталонов для ИО ГИС поиска техногенного мусора.

3. Адаптирована и обоснована модель и методика коррекции случайных шумов и демпфирования полосовых искажений применительно к данным ВСС, позволяющая значительно снизить влияние шумовых возмущений.

4. Разработана модель и методика комбинированной геометрической коррекции данных ВСС для ИО ГИС поиска техногенного мусора, демпфирующая раздвигание визуальных образов искомым объектов.

5. Разработана имитационная модель геоинформационного представления объектов поиска, тракта формирования и обработки сигналов в аппаратуре ВСС для произвольных условий наблюдения, обосновано ее применение для априорной оценки качества ИО ГИС поиска техногенного мусора; обоснован выбор и применение метрик тематической обработки данных ВСС для решения рассматриваемой задачи.

6. Разработана методика системного оценивания эффективности оперативного ИО ГИС поиска техногенного мусора, позволяющая провести сравнительную оценку ИО ГИС для двух вариантов построения: на основе использования традиционной аппаратуры ОЭС и с применением ВСС.

7. Разработаны практические рекомендации по построению ИО ГИС поиска техногенного мусора с применением воздушной ВСС.

Теоретическая значимость работы заключается в:

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

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

- разработке новой методики комбинированной коррекции геометрических искажений и геокодирования данных ВСС, демпфирующей слу-

чайное раздергивание образов искомых объектов с повышением точности геокодирования;

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

- разработке методики системного оценивания эффективности оперативного ИО ГИС поиска техногенного мусора.

Практическая значимость 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 с использованием наземных эталонов;

- 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;

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

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

- разработке ПО системного сравнения ИО ГИС поиска техногенного мусора на основе использования традиционных данных ОЭС и с применением ВСС;

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

Практическая значимость подтверждается внедрением результатов исследований в ряде научно-исследовательских работ, заданных МО РФ, в ходе научного эксперимента и использованием в учебном процессе для подготовки специалистов по геоинформатике.

Ценность научных работ соискателя. Теоретические и практические результаты, полученные в процессе исследования, использованы при проведении ряда научно-исследовательских работ по специальной тематике в интересах МО РФ, в ходе проведения научного эксперимента по обнаружению обломков ОЧ РН и ОКР «Питатель-С» в интересах Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Результаты исследований реализованы в ряде работ, заданных МО РФ в течение 2012-2019 г.г.: НИР «Верификация», НИР «Наблюдение», НИР

«Редактор», ОКР «Питатель-С», в ходе научного эксперимента по поиску фрагментов ОЧ РН, в учебном процессе на географическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова.

Реализация результатов подтверждается соответствующими документами.

Результаты работы могут быть использованы при создании, разработке, и эксплуатации средств дистанционной видеоспектральной съемки различного назначения.

Результаты исследований опубликованы в 19 научных трудах автора, соответствующих направлению исследований и включают: 5 статей из перечня изданий, рекомендованных ВАК, 4 подраздела в монографии, 3 доклада в материалах всероссийских научно-технических конференций, 7 свидетельств о регистрации в Государственном реестре программ, в технической и отчетной документации по результатам ОКР «Питатель-С», заданной Министерством промышленности и торговли РФ и 3-х отчетах по НИР. К ним относятся:

а) публикации работы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1 *Остриков В.Н., Кириенко А.В.* Навигационно-корреляционная коррекция изображений, искаженных взаимными сдвигами строк// Информационно-измерительные и управляющие системы. Т.7, №7, 2009, с. 52-57.

2 *Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В.* Обработка гиперспектральных данных, получаемых с авиационных и космических носителей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т.10, №2, 2013, с.243-251.

3 *Остриков В.Н. Плахотников О.В., Кириенко А.В., Смирнов С.И.* Оценка содержания азота и калия в биомассе растений по атмосферно скорректированным гиперспектральным данным дистанционного зондирования// Оптика атмосферы и океана, т.29, № 7, 2016, с.566-571.

4 *Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В.* Применение авиационной видеоспектральной съемки для поиска на местности фрагментов отделяющихся частей ракет-носителей// Исследование Земли из космоса, № 2,2019,с.45-54.

5 *Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В.* Оценка спектрального разрешения видеоспектрометра по данным регистрации фраунгоферовых линий с использованием атмосферной модели MODTRAN// Оптика атмосферы и океана, т.32,№ 7,2019, с.1-6.

б) публикации в 8-й главе монографии «Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Книга 2: Робототехнические комплексы на

основе БЛА», под ред. Вербы В.С., Татарского Б.Г.- М.: Радиотехника, 2016:

6 Смирнов С.И., Михайлов В.В., Остриков В.Н., Кириенко А.В. Использование рандомизированной модификации метода главных компонент для сжатия и тематической обработки данных в перспективных типах аппаратуры дистанционного зондирования земли, применяемых на борту БЛА. - с.529-538.

7 Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В., Шулика К.М. Имитационно-модельное исследование влияния качества оптической системы гиперспектрометра на вероятность различения спектров - с.538-549.

8 Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В. Модельная оценка влияния шума гиперспектрометра БЛА на вероятность спектральной идентификации наблюдаемых объектов. - с.567-579.

9 Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В. Оценка характеристик гиперспектрометра по результатам тестовой съемки - с.579-587.

в) материалы конференций, свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

10 Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В. Оценка возможностей модельно-экспериментального контроля радиометрической калибровки авиационного гиперспектрометра в области 450-1000 нм // Геоинформационные науки и экологическое развитие: новые подходы, методы, технологии. Материалы VI международной конференции (8-13 сентября 2013г.). - Ростов-на-Дону, 2013. Том 2, с. 332-333.

11 Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В., Смирнов С.И. Возможность оценки содержания азота и калия на пшеничных полях по данным авиационной дистанционной гиперспектральной съемки// Материалы всероссийской научной конференции «Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве», Санкт-Петербург, 16-17 сентября 2015г.- СПб.: ФГБНУ АФИ, 2015, с.100-105.

12 Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В., Шулика К.М. Калибровка данных гиперспектральной аппаратуры авиационной съемки для проведения дистанционного спектрального анализа состояния сельскохозяйственных культур// Материалы всероссийской научной конференции «Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве», Санкт-Петербург, 16-17 сентября 2015г.- СПб.: ФГБНУ АФИ, 2015, с.20-24.

13 Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В. Радиометрическая калибровка данных. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013613039 от 21.03.13.

14 *Остриков В.Н., Плахотников О.В., Кириенко А.В.* Оценка качества данных. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013613040 от 21.03.13.

15 *Остриков В.Н., Кириенко А.В., Плахотников О.В., Смирнов С.И., Михайлов В.В.* Обработка гиперспектральных данных. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013613042 от 21.03.13.

16 *Кириенко А.В., Остриков В.Н., Плахотников О.В.* Модельно-экспериментальная радиометрическая калибровка гиперспектральных данных. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014616087 от 10.06.14.

17 *Кириенко А.В., Остриков В.Н., Плахотников О.В.* Модельно-экспериментальная спектральная коррекция данных гиперспектральной аппаратуры. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014616088 от 10.06.14.

18 *Кириенко А.В., Остриков В.Н.* Геометрическая коррекция данных воздушной гиперспектральной съемки. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014616089 от 10.06.14.

19 *Кириенко А.В., Остриков В.Н.* Модельно-экспериментальная оценка спектрального разрешения данных гиперспектральной аппаратуры. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014614600 от 29.04.14.

Отчеты о НИР и ОКР:

1. 3 отчета о НИР по специальной тематике в интересах МО РФ, шифры: НИР «Верификация», НИР «Наблюдение», НИР «Редактор»;
2. Техническая и отчетная документация по результатам ОКР «Питатель-С», заданной Министерством промышленности и торговли РФ.

Замечания по результатам исследований.

В публикуемых материалах недостаточно подробно изложены вопросы алгоритмической и программной реализации разработанного по теме исследования программного обеспечения.

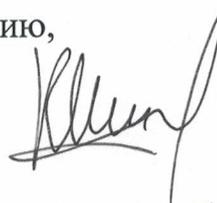
Научно-технический совет АО «Кб «Луч» отмечает, что автор показал научную зрелость, умение проводить научные исследования по широкому кругу теоретических и практических вопросов и получать обоснованные выводы и результаты. Материалы исследований изложены последовательно, логически связано. Замечания в целом не снижают качество результатов. Основное содержание представленной диссертации соответствует специальности 25.00.35 – «Геоинформатика».

Обсудив результаты исследований Кириенко А.В. научно-технический совет АО «Кб «Луч» считает, что они могут быть оформлены как завершенная

научно-квалификационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук, в которой представлены **новые научно обоснованные технические и программные решения в части разработки моделей и методик обработки данных ВСС для информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.**

По степени актуальности, практической и теоретической значимости результатов, научному уровню и глубине проработки поставленных задач работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор по деловым качествам и научной квалификации может претендовать на присуждение ему ученой степени кандидата технических наук. Диссертация на тему «Модели и методики информационного обеспечения геоинформационной системы поиска техногенного мусора на основе воздушной видеоспектральной съемки» автора Кириенко Андрея Васильевича после соответствующего оформления и экспертизы рекомендуется к представлению для защиты на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.35 – «Геоинформатика» в диссертационном совете Д 212.197.03 при РГГМУ (г.Санкт-Петербург).

Заместитель генерального директора
по НИОКР и научно-техническому развитию,
заместитель председателя НТС,
кандидат технических наук



К.М. Шулика

Ученый секретарь НТС,
кандидат технических наук



К.Л. Лобацевич