

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Якушева Дениса Игоревича 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 темы диссертации

Геоинформационные системы (ГИС) на основе данных воздушной съемки в настоящее время широко используются для обнаружения и поиска техногенного мусора с целью его оперативной ликвидации. Более того, согласно Указу Президента РФ от 07.07.2011 № 899 (ред. от 16.12.2015) "Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации"<sup>1</sup> они входят в "Перечень критических технологий РФ":

- п. 13: Технологии информационных, управляющих, навигационных систем.

- п. 19: Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения.

- п. 20: Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи.

- п. 21: Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Поэтому актуальность темы диссертационной работы А.В. Кириенко не вызывает сомнений.

### 2. Выносимые на защиту научные результаты

Наиболее существенными новыми научными результатами являются:

1. Модели и методики первичной обработки данных видеоспектральной съемки, включающие: новую модель и методику оценки спектрального разрешения данных видеоспектральной съемки по тестовой съемке на основе атмосферной модели MODTRAN, на их основе – методику радиометрической калибровки данных видеоспектральной съемки, методику атмосферной коррекции данных видеоспектральной съемки по наземным эталонам, которые отличаются тем, что обеспечивают оценку точности спектрального разрешения до 0.5 нм во всем интервале чувствительности прибора без использования специальных дорогостоящих установок и позволяют оперативно решать задачу радиометрической калибровки в

<sup>1</sup> URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_116178/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116178/) (дата обращения 08.09.2022).



любых, включая натурные, условиях эксплуатации аппаратуры.

2. Модели и методики предварительной обработки данных видеоспектральной съемки, включающие: адаптацию модели и методику компенсации шумовых искажений данных видеоспектральной съемки, новую модель и методику комбинированной геометрической коррекции и геокодирования данных видеоспектральной съемки, которые отличаются тем, что позволяют демпфировать полосовые искажения и случайный шум данных видеоспектральной съемки 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 видеоспектральной съемки на основе оригинальной имитационной модели геоинформационного представления объектов поиска, процесса формирования и обработки данных для априорной оценки возможностей информационного обеспечения ГИС на основе видеоспектральной съемки 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 и параметров обработки данных.

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 видеоспектральной съемки, практические рекомендации по построению и реализации информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора с применением воздушной видеоспектральной съемки, которые показали, что при более высокой вероятности идентификации объектов техногенного мусора, использование ГИС на основе видеоспектральной съемки в 5 раз повышает оперативную производительность системы распознавания техногенного мусора в сравнении к стандартному применению оптико-электронной съемки для информационного обеспечения ГИС.

### **3. Новизна научных результатов исследования**

3.1. Разработана новая модель и методика оценки спектрального разрешения аппаратуры видеоспектральной съемки по результатам тестовой съемки, реализуемая путем аналитического сравнения полученных данных с совокупностью расчетов на основе атмосферной модели MODTRAN. На их основе реализована методика радиометрической калибровки, обеспечивающая качественное функционирование средства видеоспектральной съемки в реальных условиях эксплуатации.

3.2. Доработана до практического применения модель и методика атмосферной коррекции результатов видеоспектральной съемки с использованием наземных эталонов.



3.3. Адаптированы и обоснованы модель и методика коррекции случайных шумов и демпфирования полосовых искажений применительно к данным видеоспектральной съемки, позволяющие значительно снизить влияние шумовых возмущений.

3.4. Разработана новая модель и методика комбинированной геометрической коррекции данных видеоспектральной съемки, позволяющая демпфировать высокочастотный «джиттер» визуальных образов искомых объектов.

3.5. Разработана новая имитационная модель геоинформационного представления объектов поиска, процесса формирования и обработки данных видеоспектральной съемки для произвольных условий наблюдения. Обосновано ее применение для предварительной оценки качества информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора; обоснован выбор и применение метрик тематической обработки данных видеоспектральной съемки для решения рассматриваемой задачи.

3.6. Разработана методика системного оценивания эффективности оперативного информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора, позволяющая провести сравнительную оценку информационного обеспечения ГИС для двух вариантов построения: на основе использования традиционной аппаратуры оптико-электронной съемки и с применением видеоспектральной съемки.

3.7. Разработаны практические рекомендации по построению информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора с применением воздушной видеоспектральной съемки.

#### **4. Достоверность полученных научных результатов**

Обоснованность и достоверность сформулированных в диссертации научных результатов и выводов обеспечивается применением апробированных методов системного анализа, математического моделирования, методов теории оптико-электронных систем и их построения, методов теории атмосферной оптики, методов автоматизированной обработки сигналов и теории вероятностей. А также тем фактом, что полученные результаты хорошо согласуются с теоретическими расчетами и лабораторными измерениями, априорные теоретические расчеты полностью подтверждаются данными реальной экспериментальной съемки в ходе тематической обработки полученных данных.

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

Особо следует подчеркнуть, что полученные научные результаты были внедрены в создание комплекса "Питатель-С", а также использовались в 3-х научно-исследовательских работах по специальной тематике в интересах Министерства обороны РФ.



## **5. Теоретическая и практическая значимость результатов исследования**

Теоретическая значимость работы определяется:

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

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

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

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

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

Практическая ценность работы состоит:

- в создании программного обеспечения первичной обработки данных видеоспектральной съемки для информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора для оценок спектрального разрешения аппаратуры и его использования для последующей радиометрической калибровки, а также программного обеспечения атмосферной коррекции данных видеоспектральной съемки;

- в создании программного обеспечения предварительной обработки данных видеоспектральной съемки для информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора с целью компенсации полосовых искажений и случайного шума, а также программного обеспечения геометрической коррекции и геокодирования данных видеоспектральной съемки;

- в создании программного обеспечения имитационной модели геоинформационного представления объектов поиска, процесса формирования и обработки данных для априорной оценки возможностей информационного обеспечения ГИС на основе видеоспектральной съемки;

- в создании программного обеспечения тематической обработки данных для информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора, обеспечивающего автоматизированную спектральную идентификацию объектов;



- в разработке программного обеспечения системного сравнения информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора на основе использования традиционных данных оптико-электронной съемки и с применением видеоспектральной съемки;

- в разработке практических рекомендаций по построению информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора с применением воздушной видеоспектральной съемки.

## **6. Соответствие диссертации техническим требованиям**

Диссертация по своей теме, содержанию и результатам соответствуют паспорту специальности 25.00.35 – «Геоинформатика» и требованиям Положения ВАК Минобразования РФ.

Сформулированные соискателем А.В. Кириенко тема, задачи, результаты и выводы изложены логически последовательно, тематически взаимосвязаны друг с другом. Диссертация оформлена в традиционном плане и включает введение, пять глав, заключение, список литературы.

Содержание автореферата раскрывает и соответствует содержанию диссертационной работы.

Основные научные результаты диссертации с достаточной полнотой опубликованы в 20 работах, включая 6 статей из перечня изданий, рекомендованных ВАК, а также 7 свидетельств о регистрации в Государственном реестре программ.

Результаты работы внедрены в ОКР «Питатель» (головной исполнитель Санкт-Петербургский филиал АО «Вега», заказчик работы – Министерство промышленности и торговли РФ), использованы в обеспечение 3-х научно-исследовательских работ по специальной тематике в интересах Министерства обороны РФ; применялись в ходе научного эксперимента по обнаружению отделяемых частей ракетносителя на тестовом полигоне для оценки возможностей решения экологической задачи поиска фрагментов техногенного мусора, использованы в учебном процессе на географическом факультете в МГУ им. М.В. Ломоносова.

## **7. Замечания по содержанию и оформлению диссертации и автореферата**

7.1. Во Введении сначала сформулированы пять задач, которые необходимо решить для повышения эффективности информационного обеспечения ГИС. В Заключении же содержатся 4 результата, которые совпадают с положениями, выносимыми на защиту. Решение задачи № 1 имеется в диссертационной работе, но об этом не упоминается в Заключении.

7.2. Как диссертационная работа, так автореферат, перегружены сокращениями и специальной терминологией, что затрудняет восприятие написанного.

7.3. Повышение вероятности предпочтительнее приводить в абсолютных, а не в относительных величинах (с. 142).

7.4. Не определены границы применимости разработанных методик.



**Выводы:**

1. Диссертационная работа А.В. Кириенко на тему «Модели и методики информационного обеспечения геоинформационной системы поиска техногенного мусора на основе воздушной видеоспектральной съемки» является самостоятельно выполненной, законченной квалификационной работой. В ней решена актуальная научно-техническая задача разработки моделей и методик информационного обеспечения ГИС поиска техногенного мусора на основе применения воздушной видеоспектральной съемки, которые, в отличие от известных подходов, позволяют решить конечную задачу идентификации техногенного мусора в предельно жестких условиях с требуемым качеством. Отмеченные в отзыве недостатки не снижают общий высокий уровень выполнения работы, не препятствуют уяснению сути, новизны и достоверности полученных автором научных и практических результатов.

2. Диссертация Кириенко Андрея Васильевича соответствует паспорту специальности 25.00.35, отвечает требованиям Положения ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.35 – «Геоинформатика».

Официальный оппонент

Якушев Денис Игоревич

доктор технических наук, специальность 25.00.35 – «Геоинформатика»

Ученое звание без звания

Должность профессор

кафедра Специальных информационных технологий

Санкт-Петербургский университет МВД России

Адрес: 198206, г. Санкт-Петербург, ул. Лётчика Пилютова, д. 1

Интернет сайт организации: <https://университет.мвд.рф>

e-mail: [https://университет.мвд.рф/request\\_main](https://университет.мвд.рф/request_main)

раб. тел.: +7(812)744-72-29

Я, Якушев Денис Игоревич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«08» сентября 2022 года

Подпись Якушева Д.И. заверяю



Подпись руки *Якушева Д.И.*

**ЗАВЕРЯЮ:**  
Начальник отдела кадров  
Санкт-Петербургского университета МВД России

*А.Е. Смирнов*

«08» сентября 2022 г.