



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

космических исследований РАН

академик РАН

Анатолий Алексеевич Петрукович



26.08. 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию Еремеева Виктора Андреевича

«Алгоритмы аналитико-нейросетевой идентификации
объектов по данным космической гиперспектральной съемки Земли»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ,
управление и обработка информации, статистика»

Актуальность темы

Во всем мире широко используются системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) самого различного назначения и принципа действия. Главное их предназначение – это получение объективной информации о характеристиках объектов наблюдаемой сцены (геометрических, радиометрических, спектральных и др.). Среди разнообразия систем ДЗЗ в последние годы важное место отводится системам гиперспектральной съемки Земли. Они позволяют одновременно сформировать сто и более изображений одной и той же сцены в очень узких



соприкасающихся спектральных диапазонах, так называемый гиперкуб, т.е. получить для каждой точки наблюдаемого объекта земной поверхности спектральную характеристику, которая определяет физико-химические свойства этого объекта.

Гиперспектральное наблюдение Земли – новое и многообещающее направление развития систем ДЗЗ, нацеленное на эффективное решение весьма сложной трудноформализуемой задачи идентификации объектов земной поверхности. Поэтому тема диссертации Еремеева В. А. является актуальной и соответствует современным научным и практическим задачам в области ДЗЗ.

Новизна выполненных исследований

В диссертации поставлены и решены первоочередные задачи, которые определяют эффективность различных информационных технологий идентификации объектов земной поверхности по данным гиперспектральной съемки. Научную новизну полученных результатов определяют Положения, вынесенные на защиту.

- Аналитико-нейросетевой подход к идентификации объектов, основанный на строгом аналитическом описании отдельных звеньев сквозного информационного тракта (СИТ) систем гиперспектральной съемки и нейросетевой обработке данных от других звеньев СИТ, представленных на сегодня лишь приближенными моделями.

- Кусочно-линейная модель СИТ, позволяющая представить в общем случае некорректно поставленную задачу оценки коэффициентов спектрального отражения (КСО) наблюдаемых объектов, как корректно решаемую задачу.

- Алгоритм комплексирования данных от реальных систем гиперспектральной съемки Земли, систем моделирования видеотракта и сетей опорных радиометрических полигонов, обеспечивающих наилучшую точность измерений гиперспектральной информации.

- Алгоритм идентификации границ наблюдаемых объектов, основанный на структурно-частотном анализе мер близости точек гиперспектральных

изображений, обеспечивающий более качественное решение этой задачи по сравнению с традиционными операторами структурного анализа.

- Информационная технология радиометрической калибровки гиперспектральной аппаратуры в ходе ее летной эксплуатации, обеспечивающая значительное повышение точности измерений гиперспектральных данных и их более эффективное использование при нейросетевой обработке.

Достоверность полученных результатов

Подтверждается грамотным использованием математического аппарата и широкими экспериментальными исследованиями с привлечением статистически представительных данных.

По основным положениям и результатам диссертации соискателем сделано 5 докладов на международных и 11 докладов на всероссийских научно-технических конференциях, которые получили положительную оценку. По теме диссертации опубликовано 29 работ: 9 статей (6 в изданиях, рекомендованных ВАК), 16 тезисов докладов, получены 4 свидетельства на регистрацию программ для ЭВМ.

Значимость для науки и практики

Научная значимость полученных автором результатов определяется тем, что в диссертации:

- научно обоснована модель аналитико-нейросетевой идентификации объектов земной поверхности по данным гиперспектральной съемки;
- предложены модели и алгоритмы решения первоочередных задач формирования и структурно-частотного анализа гиперспектральных изображений;
- обоснованы структурные решения по использованию знаний о сквозном информационном тракте для повышения эффективности нейросетевой идентификации объектов земной поверхности.

Практическая ценность диссертации определяется следующими результатами:

- выполнена оценка эффективности предложенных решений с привлечением статистически представительных гиперспектральных данных от российской космической системы «Ресурс-П», моделирующей системы «6S» и информации от сети опорных радиометрических полигонов «RadCalNet», получены достоверные численные оценки эффективности разработанных моделей и алгоритмов идентификации наблюдаемых объектов;

- созданы программы аналитико-нейросетевой идентификации объектов по данным гиперспектральной съемки, получившие внедрение в Ракетно-космическом центре «Прогресс» (г. Самара) и Корпорации «Российские космические системы» (г. Москва).

Рекомендации по использованию результатов

Системы гиперспектральной съемки Земли в России находятся в стадии становления и развития. Можно выделить два направления использования результатов диссертационной работы Еремеева В.А.

Первое. Расширение и углубление научно-экспериментальных исследований с целью разработки новых, более совершенных моделей и алгоритмов идентификации объектов по материалам гиперспектральной съемки с привлечением более широкого круга объектов интереса. Здесь первостепенная роль отводится головным разработчикам систем гиперспектральной съемки Земли.

Второе. Усилить научные исследования по идентификации объектов земной поверхности по данным гиперспектральной съемки целому ряду ВУЗов и научных организаций России, которые имеют научный и практический задел в этой области: МГУ им. Ломоносова, МФТИ, ВКА им. Можайского, Самарский национальный исследовательский университет им. академика Королева, НИЦ «Планета» и др.

Для продолжения исследований имеются значительные объемы гиперспектральных данных, полученных от пяти космических аппаратов системы «Ресурс-П», а также доступные данные от зарубежных систем ДЗЗ.

Замечания по диссертации и автореферату

1. В п. 2.1 диссертации сформулированы концептуальные соображения по организации аналитико-нейросетевой идентификации объектов земной поверхности по данным гиперспектральной съемки. Было бы разумно дать более детальный анализ этих предложений с точки зрения их содержания и целевых установок.

2. В главе 2 представлена кусочно-линейная модель сквозного информационного тракта систем гиперспектрального наблюдения Земли. К сожалению, альтернативные подходы не рассмотрены, например, приближение СИТ степенными полиномами по методу наименьших квадратов, кусочно-параболическое приближение и др.

3. В главе 3 рассматривается алгоритм выделения границ наблюдаемых объектов, дается оценка его эффективности с использованием* введенного критерия и анализа выходных данных нейронной сети. Тем не менее, в работе отсутствуют количественные оценки, демонстрирующие эффективность алгоритма в части сокращения временных затрат оператора на процесс обучения нейронной сети, поскольку он определяет эталонные границы объектов интереса.

4. В диссертации недостаточно рассмотрен вопрос общей устойчивости разработанных алгоритмов при обработке гиперспектральных изображений, различающихся по содержанию и условиям формирования.

5. В работе не рассмотрена эффективность аналитико-нейросетевой модели при разделении объектов на более детализированные категории крупных классов (вода, растительность, почва, застройка).

Заключение

Диссертация Еремеева В.А. на тему «Алгоритмы аналитико-нейросетевой идентификации объектов по данным космической гиперспектральной съемки Земли» представляет значимый вклад в развитие современных методов обработки и практического использования гиперспектральной информации. Несмотря на указанные замечания, работа обладает высокой актуальностью, новизной и

практической значимостью. Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Представленная диссертация является законченной научно-квалифицированной работой, которая по форме и содержанию соответствует Положению о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 и предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор диссертации Еремеев Виктор Андреевич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Отзыв составлен на основании Заключения по результатам обсуждения диссертации, проведенного отделом технологий спутникового мониторинга – структурного подразделения ИКИ РАН. Присутствовало 16 человек, в том числе 2 докторов и 8 кандидатов наук, заключение принято единогласно (Протокол № 08-2025/1 от «20» августа 2025 г.).

Отзыв подготовил: Бурцев М.А., с.н.с, зав. лаб. 564 ИКИ РАН, к.т.н.

26.08.2025

Подпись Бурцева М.А. заверяю:



ученый секретарь ИКИ РАН
А.М. Садовский

С отзывами ознакомлен 08.09.2025