

ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертационную работу 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. Космические системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в настоящее время широко используются для решения важных стратегических задач в народном хозяйстве и обороне страны. Главное назначение систем ДЗЗ – оперативное получение информации об геометрических и физико-химических характеристиках наблюдаемых объектов. При этом центральной проблемой, решаемой во многих практических приложениях, является проблема обнаружения и распознавания на космических снимках объектов интереса. В последнее время в странах, обладающих космическими технологиями (США, Китае, Японии) активно развивается одно из наиболее перспективных направлений ДЗЗ – гиперспектральная съёмка участков земной поверхности. Системы гиперспектральной съемки позволяют получать множество (сотни) изображений одной и той же сцены в различных узких соприкасающихся спектральных диапазонах, т.е. дискретные спектры наблюдаемых объектов. Это обеспечивает возможность пространственно-частотного анализа гиперспектральных изображений объектов интереса, что создает новое средство для решения трудно формализуемой задачи распознавания и классификации объектов интереса. В связи с этим можно сделать вывод, что диссертация Еремеева В.А. посвящена актуальной тематике, а ее результаты остро востребованы во многих практических приложениях.

Научная новизна диссертации определяется тем, что в ней впервые предложен и обоснован аналитико-нейросетевой подход к идентификации объектов земной поверхности по данным гиперспектральной съемки,

проводимой бортовым анализатором космического аппарата. Подход с привлечением искусственных нейронных сетей позволяет решать задачи распознавания и классификации объектов не только с использованием точных аналитических описаний отдельных звеньев сквозного информационного тракта (СИТ), но и при наличии звеньев СИТ, искажающих видео данные мультипликативно спектрально чувствительно при двойном прохождении солнечных лучей через атмосферу до попадания на сенсоры гиперспектрометра (солнце – атмосфера – земная поверхность – атмосфера – космический аппарат) и малого значения отношения сигнал/шум в отдельных спектральных дискретах гиперспектральных данных.

Конкретно **научную новизну работы** определяют пять Положений, вынесенных автором на защиту:

1. Аналитико-нейросетевая модель идентификации объектов земной поверхности по данным систем космической гиперспектральной съемки, основанная на использовании знаний о характеристиках видеотракта этих систем, получаемых при нейросетевой обработке видеоданных, и позволяющая повысить точность идентификации объектов на 20-30% (для выбранного класса задач и объектов).

2. Кусочно-линейная модель спектральной передаточной характеристики видеотракта систем гиперспектральной съемки Земли, позволяющая в общем случае некорректно поставленную задачу оценки коэффициентов спектрального отражения наблюдаемых объектов перевести в разряд корректно решаемых.

3. Алгоритм комплексирования информации от систем гиперспектральной съемки Земли с данными от систем моделирования видеотракта и сети опорных полигонов, позволяющий сделать обоснованный выбор единой дискретной сетки частот и обеспечить наилучшее спектральное разрешение гиперкуба гиперспектральных данных при аналитико-нейросетевой идентификации наблюдаемых объектов.

4. Алгоритм выделения границ объектов по гиперспектральным снимкам, основанный на их структурно-частотном анализе, и позволяющий на 30%

повысить точность идентификации границ объектов по сравнению с традиционными операторами «чисто» структурного анализа.

5. Алгоритм радиометрической калибровки гиперспектрометра, основанный на априорных знаниях о коэффициентах спектральной передачи звеньев сквозного видеоинформационного тракта и позволяющий в процессе его летной эксплуатации снизить СКО измерений с 8 до 3 %.

Степень достоверности и обоснованности результатов определяется:

- корректным использованием математического аппарата цифровой обработки изображений, математической статистики и искусственных нейронных сетей;

- широкими экспериментальными исследованиями Положений, выдвинутых на защиту, с привлечением статистически представительных данных от российской космической системы «Ресурс-П», моделирующей системы «6S» и сети опорных полигонов «RadCalNet».

Ценность для науки и практики.

Научная значимость диссертации состоит в том, что в ней дано обоснование и решение первоочередных задач в виде Положений, вынесенных на защиту, ориентированных на решение вопросов идентификации объектов земной поверхности по данным гиперспектральной съемки.

Практическая ценность работы определяется результатами экспериментальных исследований (глава 4), убедительно подтверждающих эффективность предложенных моделей и алгоритмов, а также внедрением результатов диссертации в Ракетно-космическом центре «Прогресс» и Корпорации «Российские космические системы».

По результатам диссертации автором опубликовано 29 работ: 9 статей (6 в изданиях, рекомендованных ВАК), 16 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях, получены 4 свидетельства на государственную регистрацию программ для ЭВМ.

Замечания по диссертации

1. В п. 2.2 рассматривается строгая модель сквозного информационного тракта, а в п. 2.3 ее кусочно-линейное приближение. При высокой степени корреляции мощности солнечного излучения, падающего на верхнюю границу атмосферы, напрашивается полиномиальное приближение по методу наименьших квадратов. Однако такой подход в диссертации детально не рассмотрен.

2. При комплексном информационном совмещении гиперспектральных данных, полученных от систем гиперспектральной съемки, моделирующих комплексов и сети опорных полигонов (п. 2.4), отмечается значительное влияние шумов оптико-электронных преобразователей гиперспектрометра. Но физику и статистические модели шумов следовало бы рассмотреть более подробно.

3. Не приведены оценки значения отношения сигнал/шум, при котором следует переходить к кусочно-постоянной модели сквозного информационного тракта (СИТ).

4. Не даны рекомендации по оптимизации вида ядра ω свертки рассматриваемой в работе сверточной нейронной сети.

5. Не рассмотрены особенности обработки ГСИ при наличии облачного покрова Земли.

6. Следовало бы привести оценку вычислительной сложности процедуры расчета базиса МГК по всей обучающей выборке.

7. Не рассмотрены возможности и особенности идентификации экологического состояния водных бассейнов с использованием ГСИ.

8. Глава 4 целиком посвящена численным оценкам эффективности решений, заложенных в пять Положений, выдвинутых на защиту. При этом привлекался достаточно большой объем гиперспектральных данных. К сожалению, не рассмотрен вопрос о доверительных границах и доверительной вероятности полученных точечных оценок.

Заключение по диссертации

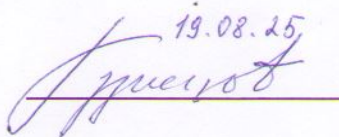
Несмотря на сделанные замечания в целом работа заслуживает положительной оценки. Диссертацию, выполненную Еремеевым В.А., можно охарактеризовать как научно-квалифицированную работу, выполненную на актуальную тему идентификации объектов земной поверхности по данным космической гиперспектральной съемки. В диссертации в виде моделей и алгоритмов представлены научно-обоснованные новые решения, которые имеют высокую научную и практическую ценность.

Следует отметить, что диссертация написана строгим научным языком, все формулировки введенных понятий и определений четкие и не допускают двойного толкования.

Диссертация отвечает всем требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Еремеев Виктор Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Официальный оппонент
д.т.н., профессор
Электротехнического факультета
ФГБОУ ВО «Самарский
государственный технический
университет»

Кузнецов
Павел
Константинович

19.08.25


Подпись Кузнецова П.К.
заверяю:
Главный ученый секретарь
ФГБОУ ВО «СамГТУ», д.т.н.

Малиновская
Юлия
Александровна

М.П.



Информация о месте работы оппонента: ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Адрес: 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244
Сайт: <http://www.samgtu.ru>. Телефон: (846) 278-43-53, E-mail: kurnesov@mail.ru

С отзывами означанными 08.09.2025
