

А.В. Марков (ВКА им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург)

В 1991 г. окончил Военный инженерно-космический институт им. А.Ф. Можайского по специальности «оптико-электронные средства». В настоящее время — начальник управления Военно-космической академии (ВКА) им. А.Ф. Можайского. Кандидат технических наук.

О.В. Григорьева (ВКА им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург)

В 2004 г. окончила Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения по специальности «инженерная защита окружающей среды». В настоящее время — старший научный сотрудник ВКА им. А.Ф. Можайского. Кандидат технических наук.

О.В. Бровкина (ВКА им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург)

В 2003 г. окончила Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения по специальности «автоматизированные системы управления». В настоящее время — старший научный сотрудник ВКА им. А.Ф. Можайского. Кандидат географических наук.

В.Ф. Мочалов (ВКА им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург)

В 1981 г. окончил Военный инженерный Краснознаменный институт им. А.Ф. Можайского, факультет автоматики и вычислительной техники. В настоящее время — старший научный сотрудник ВКА им. А.Ф. Можайского.

Д.В. Жуков (ВКА им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург)

В 2007 г. окончил Балтийский государственный технический университет по специальности «инженерная защита окружающей среды», в настоящее время — научный сотрудник ВКА им. А.Ф. Можайского.

Автоматизированные методы оценки состояния окружающей среды по данным мульти- и гиперспектральной космической съемки

В настоящее время существует целый ряд программ, предназначенных для автоматизированной обработки данных мульти- и гиперспектральной космической съемки в интересах исследования состояния компонентов окружающей среды. Они включают набор процедур предварительной коррекции, трансформирования и разнообразные методы классификации, в том числе объектно-ориентированной сегментации изображений, в комплексе с ГИС-технологиями.

Вместе с тем применение стандартных пакетов обработки геопространственных данных во многих тематических задачах доступно лишь узкому кругу специалистов-дешифровщиков, которые должны знать:

- особенности математического аппарата, заложенного в применяемых методах классификации изображений;
- преимущества и недостатки исходных дешифровочных признаков исследуемых объектов и явле-

ний, влияющих на эффективность используемого метода (алгоритма) обработки;

- влияние на результативность решения конкретной тематической задачи технических характеристик съемочной аппаратуры (пространственное, спектральное разрешение и т.п.) и условий, при которых производилась съемка.

Кроме того, существенным недостатком стандартных программ является отсутствие возможности решения узких тематических задач – идентификации конкретного объекта по заранее рассчитанным спектрально-энергетическим или пространственным признакам и регистрация сопроводительной информации об идентифицированных объектах ландшафта в геоинформационной системе.

Для решения этой проблемы в Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского был проведен цикл исследований, связанных с разработкой автоматизированных методов оценки состояния окружающей среды по данным мульти- и гиперспектральной космической съемки, которые могут быть зарегистрированы системами RapidEye, SPOT-5, Landsat ETM, WorldView-2 и Hyperion. Эти методы позволяют решать различные тематические задачи, связанные с выявлением и определением количественных и качественных характеристик атмосферного воздуха, водной поверхности, растительного и почвенного покровов.

Разработанные методы и реализующие их программы основываются на следующих принципах:

Таблица 1

Требования к данным космической съемки

Тематическая задача	Спектральный диапазон, мкм	Линейное разрешение на местности, м	Период повторного обзора	Космическая съемочная система
Выявление рубок и сухостоев	G, R, RedEdge, NIR	Не хуже 10 м	1 раз в год	RapidEye, WorldView-2, SPOT-5
Выявление ветровалов	B, G, R, NIR	Не хуже 2 м	При наступлении события	GeoEye, WorldView-2
Выявление гарей	G, R, RedEdge, NIR	Не хуже 30 м	После пожара	RapidEye, WorldView-2, SPOT-5, Hyperion
Выявление загрязнений водной поверхности взвесями	B, G, R, RedEdge	Не хуже 6 м	2 раза в год	RapidEye, WorldView-2
Выявление загрязнений водной поверхности нефтепродуктами	Coastal, B, G, Y, R, RedEdge, NIR-1, NIR-2	Не хуже 30 м	2 раза в год или после аварий	WorldView-2, Hyperion
Выявление загрязнений почв нефтепродуктами (минимальная площадь – 50 м ²)	Coastal, B, G, Y, R, RedEdge, NIR-1, NIR-2	Не хуже 2 м	1 раз в год	WorldView-2
Выявление свалок (минимальная площадь – 50 м ²)	B, G, R, NIR			GeoEye, WorldView-2
Определение степени освоенности с/х полей	G, R, NIR, MIR	Не хуже 30 м	20 дней	Hyperion
Выявление аэрозолей	B, R, SWIR, MIR		1 раз в год	Landsat ETM
Зонирование лесов по степени антропогенного воздействия	B, G, R, NIR, SWIR, PAN			

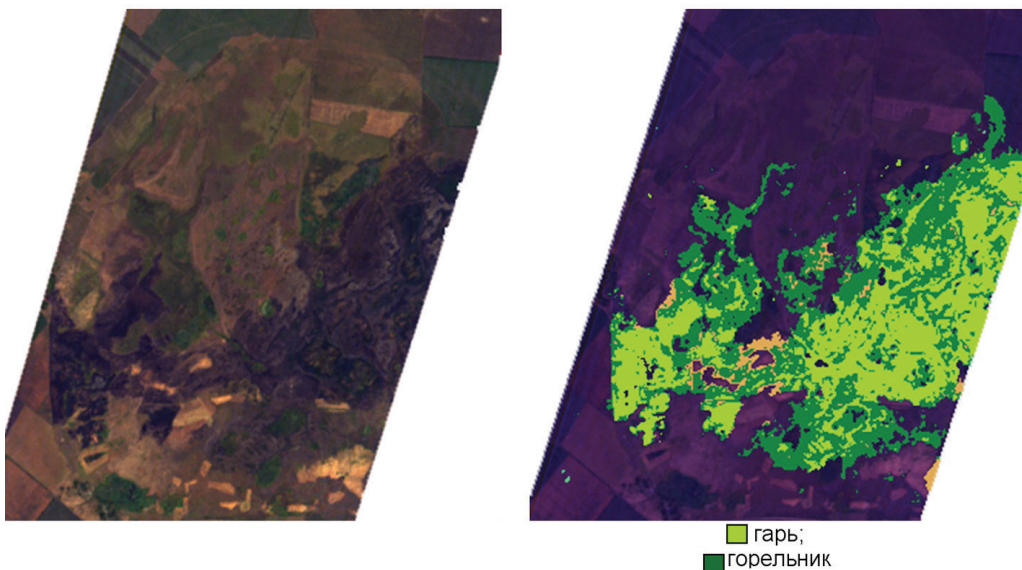


Рис. 1. Автоматизированное выявление гарей. Слева — синтезированное изображение (фрагмент снимка Nuregion), справа — результат автоматизированной обработки

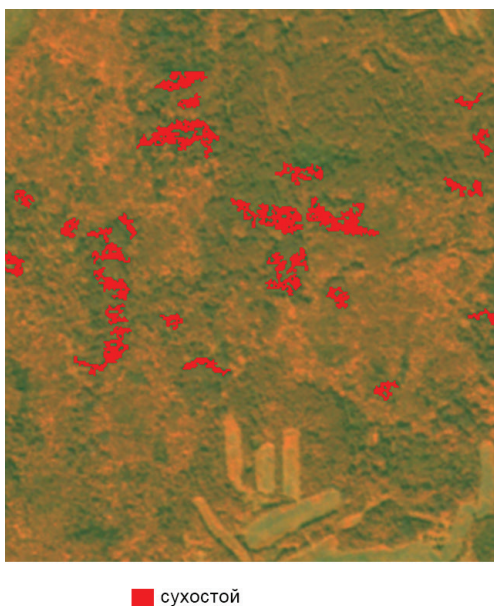


Рис. 2. Автоматизированное обнаружение сухостоев

- учета контролируемых и неконтролируемых методов классификации снимков;
- использовании методов пространственноориентированной сегментации, базирующихся на признаках геометрии и структуры зарегистрированного на снимке объекта;
- применении уникальной библиотеки спектрально-яркостных характеристик объектов ландшафта, адаптированных под природно-климатические условия региона исследования (библиотека содержит спектральную информацию о видовом составе растительных сообществ, типах почв, антропогенных объектах и нарушениях ландшафта и других элементах);
- интеграции алгоритмов тематической обработки с геоинформационными системами (при этом осуществляется автоматизированная конвертация результатов тематической обработки в ГИС, регистрация сопроводительной информации об объекте и его состоянии в пространственноориентированной базе геоданных ГИС, интерактивный режим работы ГИС, позволяющий проводить пространственный анализ тематической информации);

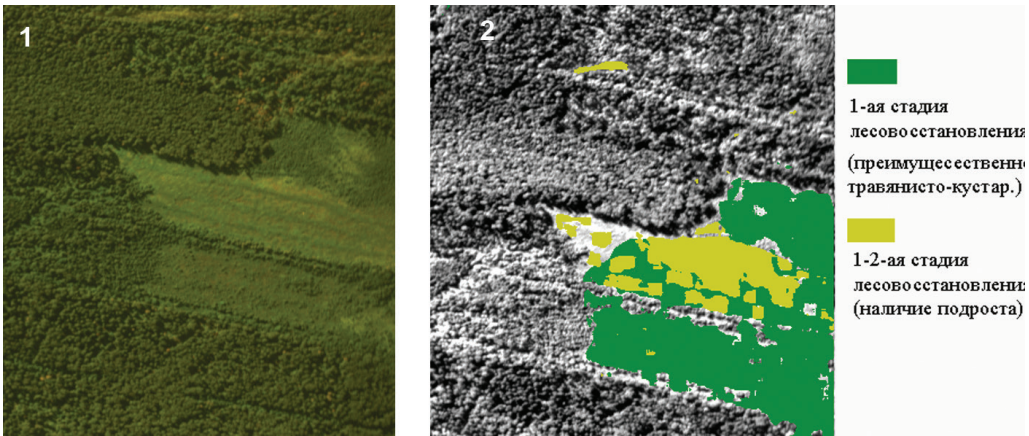


Рис. 3. Стадии лесовосстановления

- обеспечении максимальной автоматизации алгоритмов обработки, что предоставляет возможность эксплуатации разработанных методов и программ пользователями, не имеющими глубоких знаний в области анализа геопространственных данных.

При разработке методов также учитывались информационные возможности современных космических съемочных систем, которые определяются прежде всего рабочим спектральным диапазоном, спектральным и пространственным разрешением аппаратуры наблюдения. В табл. 1 приведены требования к этим техническим параметрам применительно к ряду тематических задач, для которых были разработаны методы решения в автоматизированном режиме.

Метод автоматизированного выявления гарей в лесных массивах основан на расчете модифицированного нормализованного разностного вегетационного индекса области ближнего инфракрасного склона, применении алгоритма кластеризации «нечетких множеств» с разбиением пространства признаков минимум на 8 классов. Класс «гари» из полученной карты кластеров выделяется по модулю вектора эталонных значений коэффициента спектральной яркости (КСЯ) из библиотеки спектрально-яркостных характеристик объектов ландшафта (рис. 1).

В методе автоматизированного обнаружения сухостоев в лесных массивах используются алгорит-

мы кластеризации ISODATA и реклассификации Max Like, расчет нормализованного разностного вегетационного индекса и модифицированного индекса сухости PSRIRE (рис. 2).

В задаче выявления рубок учитывается фенологический период растительности, характерный для исследуемой местности на дату проведения космической съемки. Метод основан не только на алгоритмах спектральной классификации ISODATA и SAM, но и на применении пространственноориентированной идентификации рубок по текстурным показателям. Принятие решения о принадлежности объекта к классу «рубка» осуществляется по эталонным значениям КСЯ, степень лесовозобновления — по нормализованному разностному вегетационному индексу и индексу NIR/RE (рис. 3).

Метод идентификации свалок включает кластеризацию мультиспектрального снимка методом «нечетких множеств», расчет текстуры изображения свалок с использованием комбинаций коэффициентов Фурье-спектра, вычисление модуля вектора яркости и применение эталонных значений КСЯ свалок твердых бытовых отходов.

Выявление ветровалов в лесных массивах основано на кластеризации мультиспектрального снимка методом «нечетких множеств», расчете текстуры изображения ветровала и нормализованного разностного вегетационного индекса. В класс «ветровалы» попадают те объекты, значе-

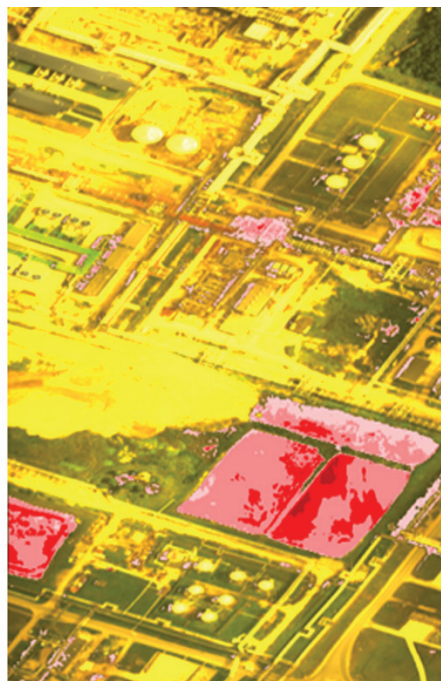
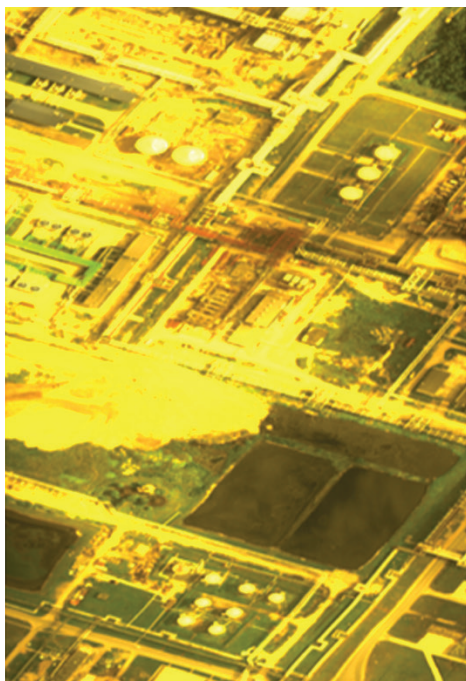


Рис. 4. Обнаружение нефтепродуктов. Слева — синтезированное RGB-изображение (фрагмент снимка WorldView-2), справа — результат автоматизированной обработки

ние вегетационного индекса которых меньше 0,6.

Метод обнаружения нефтепродуктов на почве базируется на распознавании уровня загрязнения с помощью индекса IS по экспоненциальным кривым, описываемым функцией Ричардса, для всех типов почв с различным содержанием гумуса в чистом образце. В задаче применяются алгоритмы классификации гиперспектральных снимков SAM и методы статистического анализа текстуры для фильтрации антропогенных объектов (рис. 4).

Автоматизированное выявление взвешенных веществ и нефтепродуктов на водной поверхности основано на выделении водного объекта методом яркостного контраста объекта со смежным фоном путем наращивания областей, кластеризации выделенных фрагментов алгоритмом ISODATA, формировании признакового пространства участков

загрязнения минеральными взвесями и нефтепродуктами с помощью регрессионных зависимостей уровня загрязнения от коэффициента отражения в информативном спектральном диапазоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рис У. Основы дистанционного зондирования. – М: Техносфера, 2006. – 336 с.
2. Роберт А. Шовенгердт. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений. – М. Техносфера, 2010. – 556 с.
3. Чапурский Л.И. Отражательные свойства природных объектов в диапазоне 400–2500 нм, Ч.1. министерство обороны СССР, 1986. – 159 с.
4. Электронный ресурс: <http://www.sovzond.ru/satellites/436/438.html>