

Оценка засоренности агрофитоценозов Ростовской области с использованием гиперспектральных данных дистанционного зондирования Земли

Weediness assessment of anthropogenic phytocenoses in Rostov region using hyperspectral remote sensing data

Качалина / Kachalina N.

Надежда Алексеевна
(nkachalina05@gmail.com)
ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет»,
аспирант кафедры глобальных информационных систем.
г. Ростов-на-Дону

Гречищев / Grechishev A.

Александр Владимирович
(agre4@yandex.ru)
кандидат технических наук.
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»,
доцент кафедры аэрокосмических съёмок.
г. Москва

Архипова / Arkhipova O.

Ольга Евгеньевна
(arkhipova@ssc-ras.ru)
кандидат технических наук.
ФГБУН Институт аридных зон Южного научного центра РАН,
ведущий научный сотрудник.
г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: дешифрирование данных дистанционного зондирования – remote sensing data interpretation; гиперспектральные данные – hyperspectral data; засоренность агрофитоценозов – weediness of anthropogenic phytocenoses.

В статье описано использование возможностей ГИС-анализа гиперспектральных данных дистанционного зондирования Земли для оценки засоренности сельскохозяйственных территорий. Основным преимуществом гиперспектральных данных перед мультиспектральными при решении задач тематического картографирования является возможность выбора наиболее репрезентативного набора спектральных зон для поставленной задачи. Использование всех каналов гиперспектрометра, из-за высокой корреляции части каналов, в этом случае ни имеет смысла.

The article describes the use of GIS analysis options of hyperspectral remote sensing data to assess the clogging of agricultural areas. The main advantage of hyperspectral data over multispectral one in solving problems of thematic mapping consists in enabling selection of the most representative set of spectral bands for assigned task. In this case, use of all hyperspectrometer channels makes no sense due to high correlation between part of channels.

Введение

Современное развитие методов и средств дистанционного зондирования Земли открывает совершенно новые

возможности исследования природных и природно-техногенных процессов и явлений [1]. В основе технологий обработки регистрируемых многоспектральных изображений традиционно лежат методы классификации типов подстилающей поверхности, базирующиеся на анализе соотношений яркости в различных каналах. Дальнейшие перспективы развития средств мониторинга поверхности Земли и околоземного пространства связаны с активным внедрением гиперспектральной съемки в видимом и инфракрасном диапазонах. Отличительной особенностью гиперспектральных данных является узкая ширина спектральных полос и большое количество регистрируемых каналов. На основе этого разработаны многочисленные подходы, реализующие анализ спектров пикселей изображений и их классификацию путем сравнения с эталонными спектральными кривыми (спектральная кривая характеризует связь между значениями коэффициентов отражения и длиной волны) [2].

Каналы гиперспектрального зондирования в видимой и ближней инфракрасной области несут информацию о составе и внутреннем строении объектов земной поверхности и атмосферы [3]. Открываются новые возможности оценки состояния природно-техногенных объектов по гиперспектральным изображениям с использованием программного обеспечения обработки данных. При этом расширяются традиционные подходы к использованию данных многоспектрального зондирования для решения прикладных задач мониторинга. Данные гиперспек-

трального зондирования могут использоваться для распознавания разных типов растительности.

Постановка задачи

На современном этапе развития сельского хозяйства в агрофитоценозах произошли значительные изменения, обусловленные нарушениями в технологии выращивания сельскохозяйственных культур, что привело к значительному увеличению степени засоренности посевов во всех регионах. Оценка засоренности посевов проводится для получения данных об общей засоренности сельскохозяйственных угодий, принятия решений о целесообразности защитных мероприятий, установления общего характера засоренности территории, определения границ распространения важнейших видов сорняков, изучения динамики засоренности, эффективности защитных мероприятий при возделывании культур, определения структуры сорного компонента и вреда, причиняемого сорняками. Гиперспектральная съёмка является одним из наиболее передовых и эффективных способов получения актуальной информации о свойствах, характеристиках и состоянии земель сельскохозяйственного назначения.

Отражательная способность растительности в синей и красной областях видимого диапазона спектра очень низкая. Эти диапазоны соответствуют двум полосам поглощения хлорофилла, расположенным приблизительно при 0,45 и 0,65 мкм. Отражение на длинах волн между этими полосами (~ 0,54 мкм) несколько выше, что и дает зеленый цвет здоровой растительности. Другие пигменты, обуславливающие спектральный отклик листа, это каротины и ксантофиллы (желтые пигменты, максимум поглощения – 0,45 мкм) и антоцианины (красные пигменты, максимум поглощения – 0,5 мкм). Их влияние в нормальных условиях маскируется хлорофиллом, однако, когда растительность в состоянии стресса, количество хлорофилла уменьшается и растения кажутся желтоватыми. Положение красной границы поглощения находится в диапазоне 0,70–0,75 мкм и зависит от соотношения указанных пигментов. В ближней инфракрасной области поглощение растительности практически отсутствует, а коэффициент отражения определяется рассеянием излучения на структурах листа и не имеет значительных особенностей. В среднем ИК-коэффициент отражения практически полностью определяется водным поглощением. По этой причине наибольший интерес при классификации растительности с использованием гиперспектральных данных представляет именно видимая область спектра и, в частности, положение красной границы поглощения. Гиперспектральные данные позволяют получать принципиально недоступные ранее характеристики объектов наблюдения, такие как положение отдельных линий поглощения и отра-

жения. В случае классификации типов и состояния растительности наиболее информативной является тонкая структура спектров на границе красного и ближнего ИК-диапазонов, не воспринимаемые мультиспектральными средствами ДЗЗ.

Целью работы является оценка засоренности сельскохозяйственных территорий с использованием гиперспектральных данных дистанционного зондирования.

В рамках работы были поставлены следующие задачи:

- выбор наиболее информативных каналов снимков со спутника EO-1 (Hyperion) для анализа растительности;
- обзор существующих методов дешифрирования гиперспектральных данных дистанционного зондирования;
- дешифрирование гиперспектральных данных дистанционного зондирования с использованием методов ГИС;
- верификация результатов дешифрирования для тестовых участков;
- применение алгоритма для оценки засоренности агрофитоценозов Ростовской области.

Методы

Природно-климатические условия Ростовской области благоприятны для возделывания целого ряда полевых культур, которые нуждаются в обязательной защите от сорной растительности. Основными причинами высокой засоренности посевов являются как естественно-биологические свойства сорных растений (повышенная плодовитость и жизнеспособность, устойчивость к мерам борьбы, экологическая пластичность и др.), так и несоблюдение севооборотов, сроков обработки почвы, посевов, ухода за посевами, посев некондиционными семенами, поступление семян сорной растительности с органическими удобрениями, с поливной водой и т.д. В качестве исследуемой области выбран участок, изображенный на рис. 1.

Выбор наиболее информативных каналов. При классификации гиперспектральных изображений с обучением актуальной становится проблема репрезентативности обучающей выборки (ОВ). Известно, что для обеспечения приемлемого качества классификации минимальный объем ОВ для параметрических классификаторов составляет 10k точек на класс (где k – число каналов), для непараметрических – 50k точек. На практике получение ОВ таких объемов, как правило, не представляется возможным. Исследования показывают, что для большинства задач с гиперспектральными изображениями доля существенных для обработки каналов составляет 10% от общего их числа и менее [4]. Таким образом, задача сокращения числа признаков при классификации с обучением является особенно актуальной. Существует целый ряд методов для сокращения размер-

ности пространства признаков: метод главных компонент, факторный анализ, метод случайных проекций, самоорганизующиеся нейронные сети Кохонена и др. Наиболее распространённым методом сокращения размерности является метод главных компонент (РСА), который сводится к вычислению собственных векторов и собственных значений ковариационной матрицы каналов изображения. Идея метода заключается в поиске в исходном пространстве гиперплоскости заданной размерности с последующим проектированием выборки на данную гиперплоскость. При этом выбирается та гиперплоскость, ошибка проектирования данных на которую является минимальной в смысле суммы квадратов отклонений.

Увеличение числа каналов даёт больший объём информации о сцене, но простое визуальное дешифрирование не позволяет извлечь все сведения, содержащиеся в кубе данных. Поэтому возникает необходимость автоматизированной обработки, которая может быть произведена с помощью следующих методов:

- построение индексных изображений;
- классификация без обучения;
- классификация с обучением.

Наиболее простым методом обработки является построение индексных изображений. Получение индексных изображений основано на выборе каналов, для которых изображения заданного объекта имеют максимальные различия яркостей. По такому принципу построены индексы NDVI, NDWI, SAVI и другие. Значение полученного индекса позволяет выделить исследуемый объект или оценить его состояние. Нормализованный вегетационный индекс (NDVI) был рассмотрен для оценки засоренности Ростовской области в работе [5].

Классификация представляет собой процесс назначения типа материала (или класса) каждому пикселу сцены. Обнаружение аномалий предполагает опреде-

ление местоположения пикселей сцены, отличающихся от всех остальных. Алгоритмы обнаружения целей предназначены для выделения пикселей, в которых присутствуют материалы с заданными спектральными свойствами. Технология обнаружения классов широко применяется в изучении окружающей среды.

Для реализации методов контролируемой классификации гиперспектральных изображений был выбран ПК ENVI 5.2. Программный комплекс ENVI обладает непревзойденными возможностями по анализу мультиспектральных и гиперспектральных изображений. Многие алгоритмы анализа изображений в ENVI специально разработаны для обработки больших объемов информации, содержащейся в гиперспектральных снимках. Инструменты, работающие с «целыми» пикселями, включают как стандартные алгоритмы классификации с обучением (например, минимальное расстояние или максимальное правдоподобие), так и алгоритмы, разработанные специально для анализа гиперспектральных данных (например, метод спектрального угла). Описанные ниже алгоритмы были применены в данной работе.

Методы классификации по расстоянию Махалано-биса (MahDist) и максимальному правдоподобию (ML) основаны на определении плотности распределения пикселей обучающей выборки в выбранной системе признаков. При этом в качестве меры близости используется евклидово расстояние от классифицируемого пикселя до центра кластера, нормированное на среднеквадратичное отклонение класса в данном направлении. Отсюда следует, что при равных расстояниях от классифицируемого пикселя до двух кластеров результатом классификации является именно разброс данных.

Метод минимального расстояния (MinDist) определяет кластер, центр которого находится на минимальном евклидовом расстоянии от классифицируемого пикселя в многомерном пространстве признаков. Метод

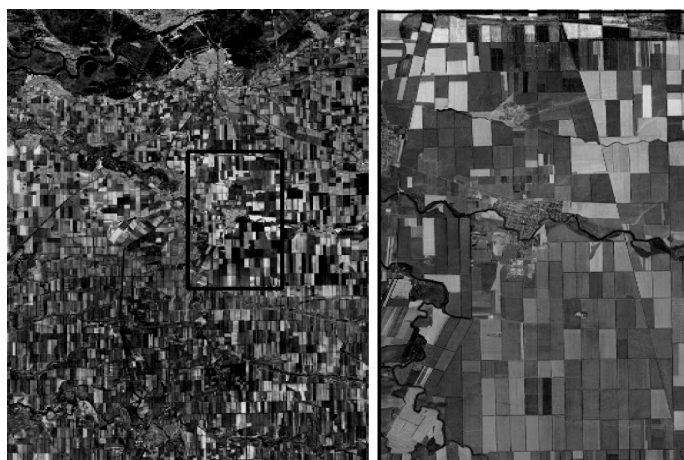


Рис. 1. Исследуемая территория

спектрального угла (SAM) [6] определяет кластер, угол между вектором, направленным к центру из начала координат, наиболее близок к углу вектора, направленного к классифицируемому пикселю. Метод параллелепипедов применяют, когда области значения яркости объектов не пересекаются. Этот метод заключается в отнесении пикселей изображения к эталонным классам, полученным в результате анализа гистограммы распределения яркости на изображении. Поскольку область распределения значений спектральных признаков каждого из классов имеет четкие рамки, на снимке могут оказаться пиксели, не попадающие ни в одну из областей, так называемые неклассифицированные пиксели [7].

Для выполнения перечисленных методов классификации были использованы эталонные классы, изображенные на рис. 2. Классификация снимков со спутника EO-1 (Hyperion) за период весна – лето была выполнена с использованием методов контролируемой классификации.

Результаты классификации по методу максимального правдоподобия представлены на рис. 3 (аналогичные результаты были получены по остальным методам).

Дальнейший анализ классифицированных снимков проводился в среде ArcGis Desktop (рис. 4). Растровое изображение было преобразовано в полигональные пространственные объекты, которые в дальнейшем были разбиты на основе маски полей. Для каждого поля на основе занимаемой площади была определена основная культура. Точность разделения исследуемых

снимков на классы по типам культур представлена в табл. 1.

Результаты и обсуждения

В результате исследования установлено, что наибольшая точность классификации сельскохозяйственных культур достигается при применении метода максимального правдоподобия, учитывающего оценку функции плотности вероятности распределения пикселей обучающей выборки.

При классификации на сельскохозяйственных полях наблюдается неоднородность, ярко выраженная по краям. Разбиение всех классифицируемых участков в пределах одного поля на участки с основной и второстепенной культурой позволило оценить степень засоренности исследуемой территории. Засоренность исследуемого участка составила приблизительно 13% от общей площади при применении методов Махалано-биса и максимального правдоподобия.

Основное преимущество гиперспектральных данных перед мультиспектральными при решении задач тематического картографирования – возможность выбора наиболее репрезентативного набора спектральных зон для каждого типа задач. Использование всех каналов гиперспектрометра, из-за высокой корреляции части каналов, в этом случае не имеет смысла.

Работа была выполнена в рамках проекта РФФИ № 15-35-50374 мол_нр.

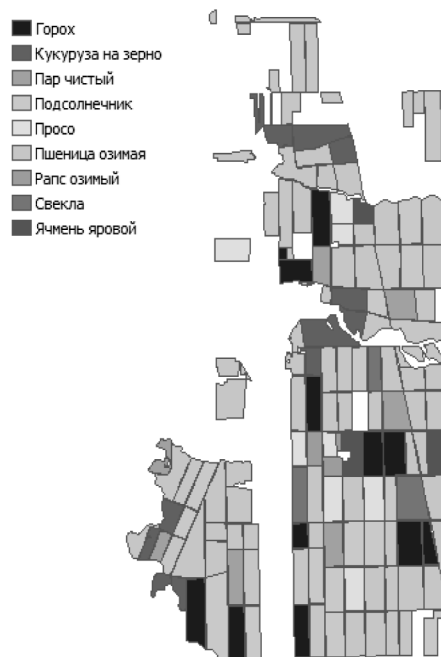


Рис. 2. Эталонные классы



Рис. 3. Результаты классификации методом максимального правдоподобия

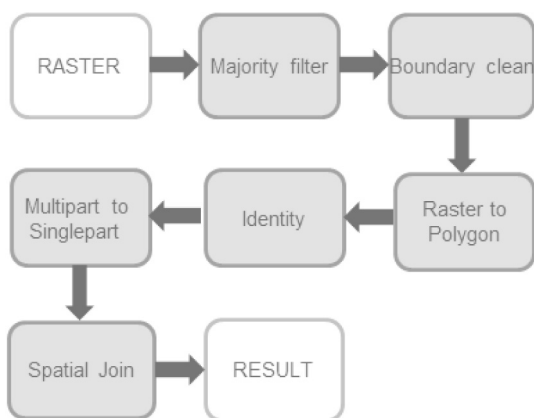


Рис. 4. Схема обработки классифицированного растра

Точность разделения исследуемых снимков на классы

	MaxLike	MahDist	SAM	MinDist	Paral
горох	98,33	86,67	75,00	83,33	98,33
кукуруза на зерно	80,07	81,66	51,67	63,33	83,33
пар чистый	94,29	68,57	77,14	62,86	42,86
подсолнечник	89,34	77,33	56,00	56,00	58,67
просо	97,50	87,50	77,50	80,00	62,50
пшеница озимая	87,69	68,57	61,19	56,19	64,52
рапс озимый	90,00	60,00	90,00	80,00	40,00
свекла	100,00	100,00	86,67	80,00	20,00
ячмень яровой	80,00	60,00	40,00	40,00	26,67
среднее значение	90,80	76,70	68,35	66,86	55,21

Литература

1. Современные подходы и технологии организации работы с данными дистанционного зондирования Земли для решения научных задач / Е.А. Лупян [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9. – № 5. – С. 21–44.
2. Остриков, В. Н. Обработка гиперспектральных данных, получаемых с авиационных и космических носителей / В.Н. Остриков, О.В. Плахотников, А.В. Кириенко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10. – № 2. – С. 243–251.
3. Исследование лесных и торфяных пожаров по данным гиперспектрального аэрозондирования / В.В. Козодеров [и др.] // Исследование Земли из космоса. – 2011. – № 5. – С. 70–79.
4. Rodarmel, C. Principal component analysis for hyperspectral image classification / C. Rodarmel, J. Shan // Surveying and Land Information Science. – 2002. – Vol. 62 (2). – P. 115–122.
5. Оценка засоренности антропогенных фитоценозов на основе данных дистанционного зондирования Земли (на примере амброзии полыннолистной) / О.Е. Архипова [и др.] // Исследования Земли из космоса. – 2014. – № 6. – С. 15–26.
6. The Spectral Image Processing System (SIPS) – Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data / F.A. Kruse [et al.] // Remote Sensing of Environment. – 1993. – Vol. 44. – P. 145–163.
7. Колесникова, О. Н. Возможности ПК ENVI для обработки мультиспектральных и гиперспектральных данных / О.Н. Колесникова, А.С. Черепанов // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 24–27.