

ВОЗМОЖНОСТИ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

HYPERSPSPECTRAL REMOTE SENSING OPPORTUNITIES

V. Antonova

Summary. Hyperspectral imaging is a priority for the development of remote sensing systems of the Earth's surface. The article provides an overview of studies on the use of hyperspectral remote sensing systems to detect and identify various objects. The advantages of using multi — and hyperspectral data are outlined. The data of the above studies allowed us to draw conclusions about the prospects of remote study of the spectral properties of objects. The possibility of detecting and recognizing masked objects is considered. The question of counteracting hyper-spectral intelligence is raised.

Keywords: hyperspectral images, multispectral data, spectral recognition, monitoring, object detection.

Антонова Варвара Александровна
Ассистент, Московский Государственный
Технический Университет им. Н.Э. Баумана
varvara_zi@mail.ru

Аннотация. Гиперспектральная съемка является приоритетным направлением развития систем дистанционного зондирования поверхности Земли. В статье представлен обзор исследований, посвященных применению гиперспектральных систем дистанционного зондирования с целью обнаружения и идентификации различных объектов. Изложены преимущества использования мульти — и гиперспектральных данных. Данные приведенных исследований позволили сделать выводы о перспективности дистанционного изучения спектральных свойств объектов. Рассматривается возможность обнаружения и распознавания замаскированных объектов. Поднимается вопрос противодействия гиперспектральным средствам разведки.

Ключевые слова: гиперспектральная съемка, мультиспектральные данные, спектральное распознавание, мониторинг, обнаружение объектов.

Введение

В наши дни одним из приоритетных направлений развития методов видовой разведки является гиперспектральная съемка, которая позволяет оперативно выявлять цели и контролировать местность, создавая в автоматическом режиме детализированную карту поверхности для исследования географического пространства.

Дистанционное зондирование представляет собой процесс измерения характеристик интересующих пользователя объектов с помощью чувствительных датчиков, размещенных на авиационных и космических платформах, не находящихся в непосредственном контакте с предметом исследования.

Под гиперспектральностью понимаются спектры, имеющие большое количество узких, смежно расположенных спектральных полос. Спектры отражения естественной поверхности получают спектрометрами, используемыми в лабораториях, полевых условиях, на самолетах или спутниках. Таким образом, гиперспектральное дистанционное зондирование сочетает в себе преимущества дистанционного зондирования и спектроскопии.

Гиперспектральные изображения обычно включают сотни спектральных полос относительно узкой полосы пропускания (5–10 нм), тогда как мультиспектральные

наборы данных состоят примерно из 5–10 полос относительно большой полосы пропускания (70–400 нм). Узкие спектральные каналы способны обнаруживать незначительные спектральные особенности, которые могли бы остаться незамеченными в более широких диапазонах мультиспектральных сканирующих систем. Гиперспектральные снимки обладают высоким спектральным, но низким пространственным разрешением, в то время как мультиспектральные изображения характеризуются высоким пространственным, но низким спектральным разрешением. Исследования по комбинированию данных продемонстрировали, что объединение мульти — и гиперспектральных данных позволяет точнее классифицировать объекты.

Гиперспектральные сенсоры собирают данные в виде набора изображений, каждое изображение в наборе представляет собой узкополосный диапазон длин волн электромагнитного спектра, также известный как спектральный диапазон. Эти изображения объединяются для формирования трехмерного гиперспектрального куба данных для обработки и анализа. Гиперспектральный куб содержит спектральные данные по одному измерению и пространственные данные по двум другим, которые могут быть использованы для создания подробной попиксельной химической и пространственной карты. Каждый пиксель изображения несет в себе спектральную характеристику излучения, поэтому оценка отдельного пикселя часто полезна для обнаружения уникальных объектов в сцене.

Доступность и получение гиперспектральных данных

Спутниковые снимки, полученные с использованием гиперспектральных сенсоров, доступны не так широко, как мультиспектральные, ввиду небольшого числа космических аппаратов, на борту которых установлены соответствующие сенсоры. К таким относится выведенный из эксплуатации Nuregion на борту спутника NASA EO-1, CHRIS на борту спутника PROBA, принадлежащего Европейскому космическому агентству, FTNSI на борту спутника MightySatII исследовательской лаборатории военно-воздушных сил США, гиперспектральная аппаратура на российских космических аппаратах «Ресурс-П».

Характеристики съёмочной аппаратуры космического аппарата «Ресурс-П» позволяют одновременно получить 7 мультиспектральных снимков в диапазоне длин волн от 0,45 до 0,9 мкм с пространственным разрешением 3 м и гиперкуб данных той же территории со спектральным разрешением 5–10 нм в диапазоне длин волн от 0,4 до 1 мкм и пространственным разрешением 30 м. Наличие такой информации позволяет использовать метод комплексирования гиперспектральных и мультиспектральных данных, обеспечивая синтез изображения, обладающего и пространственными, и спектральными свойствами, присущими отдельно взятым снимкам от различных видов аппаратуры [1].

Применение гиперспектрального дистанционного зондирования в различных областях

Гиперспектральное дистанционное зондирование с помощью бортовых и спутниковых систем используется в качестве источника данных для многочисленных применений дистанционного зондирования в течение последних двух десятилетий.

Гиперспектральное дистанционное зондирование первоначально использовалось в горнодобывающей промышленности и геологии, однако в настоящее время этот метод распространился на такие области, как сельское и лесное хозяйство, экология, управление прибрежной зоной, геология и разведка полезных ископаемых.

При разработке новых вычислительных методов, некоторые из них, благодаря возможности параллельного внедрения аппаратного и программного обеспечения, системы гиперспектральной визуализации, стали более доступными с точки зрения цены и вычислительных затрат за счет увеличения их способности получать и обрабатывать огромные объемы данных.

В последние годы в мире изучаются спектральные характеристики различных типов почвенно-растительного, а так же снежного покровов. В результатах исследований, полученных с использованием полевого спектрорадиометра, выявлено отличие отражательных характеристик свежеснежного покрова от старого или подтаявшего снега, а также снега, лежащего на растительности [2]. Так же в Китае были проведены некоторые исследования по изучению спектральных характеристик растительности, почвы, водоемов и минералов [3–6].

Хорошие результаты показали исследования по выделению снежного покрова на фоне облаков, на основе изображений с умеренным разрешением, получаемых системой наблюдения Земли (EOS) NASA [7]. Исследования показали различия особенностей спутникового изображения низких облаков, растительности, пустыни, снежного покрова, высоких ледяных облаков. Метод ложного цвета изменяет значения пикселей для низких облаков и ледяных облаков, что помогает отделить его от пикселей снежного покрова, который принимает форму рельефа.

В результате спектрометрических исследований по изучению связи запыленности снега с его отражательной способностью установлено, что снег с различным содержанием пыли имеет отличные по абсолютным значениям коэффициенты спектральной яркости [8].

В области сельского хозяйства проводились исследования, в которых основной задачей была оценка плотности хлорофилла на рисовых полях с использованием малых высот полета [9]. С этой целью был собран гиперспектральный сенсор, способный считывать 256 полос, равномерно распределенных между 340 и 763 нм. Сравнение показаний сенсора с результатами наземных проверок продемонстрировало высокую точность оценки плотности хлорофилла.

Лесное хозяйство является еще одной областью, имеющей многочисленные применения гиперспектрального дистанционного зондирования. Чтобы определить наличие заражений короедом ели норвежской был разработан новый подход обработки данных лесной среды с высоким пространственным разрешением [10]. Анализ включал в себя коррекцию изображений в соответствии с лабораторными калибровками, создание трехмерной геометрической модели, определение мозаик спектральных изображений, идентификацию отдельных деревьев, выделение спектральных характеристик и, наконец, классификацию. Для трех классов цвета (здоровые, зараженные, мертвые) была достигнута общая точность 76%, в то время как при использовании 2 классов (здоровые, мертвые) точность достигла 90%.

Гиперспектральное дистанционное зондирование имеет много потенциальных применений в области геологии и разведки полезных ископаемых от литологического картирования до разведки экономических полезных ископаемых. Приведены примеры использования гиперспектральных данных (аэро- и космических) для выявления зон гидротермально-метасоматических изменений горных пород, перспективных на золотое оруденение на Суеткинской (Республика Алтай) и Многовершинной площадях (Амурская область) [11]. Опыт проведенных работ доказал, что использование японских космических данных ASTER является эффективным инструментом при прогнозировании и на начальных стадиях поиска месторождений, обеспечивая убедительной информацией о распределении минералов-индикаторов оруденения на изучаемой территории.

Технологии гиперспектральной визуализации доказали свою применимость в военной сфере для обнаружения наземных мин [12]. Исследования показали отличия спектральных откликов 6 типов наземных мин в различных фоновых условиях. Таким образом, благодаря получению изображений с большой высоты с использованием беспилотных летательных аппаратов или самолетов возможно быстрое и эффективное обнаружение целей.

Одним из самых последних применений является использование систем гиперспектральной визуализации с целью патрулирования морских границ с использова-

нием беспилотных летательных аппаратов [13–14]. Задача системы гиперспектрального зондирования состояла в том, чтобы обнаружить присутствие судов, используя чисто пространственную и спектральную гиперспектральную информацию.

Принимая во внимание результаты приведенных выше исследований, можно сделать вывод, что гиперспектральная съемка позволяет получать богатую информацию об объектах, которая недоступна при использовании традиционных камер и невидима для человеческого глаза.

Применение гиперспектральных технологий, так же перспективно для решения таких военных задач, как:

- ◆ поиск вооружения, военной техники;
- ◆ вскрытие замаскированных объектов;
- ◆ селекция макетов и боевых образцов военной техники;
- ◆ оценка экологической обстановки в местах размещения военных объектов.

Практическое применение гиперспектральных систем показало способность обнаруживать маскированные объекты, замаскированные самими современными средствами маскировки [15]. В связи с этим, возникает вопрос противодействия гиперспектральным средствам дистанционного зондирования, спектральное и пространственное разрешение которых стремительно увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аншаков Г.П., Ращупкин А.В., Журавель Ю.Н. Комплексирование гиперспектральных и мультиспектральных данных ка «Ресурс-П» для повышения их информативности // Компьютерная оптика, 2015. том 39, № 1. С. 77–81.
2. Jiahua Zhang. Spectra reflectance characteristics of different snow and snow covered land surface objects and mixed spectrum fitting // Guang pu xue yu guang pu fen xi = Guang pu, China, 2011. 31(9):2499. pp. 502.
3. G. Tian, P. Gong, C. Zhao. A feasibility study on diagnosing wheat water status using spectral reflectance // Chinese Science Bulletin, 2001. vol.46(8). pp.666–669.
4. X. Xiao. Review of the project of quantitative remote sensing of major factors for spatial-temporal heterogeneity on the land surface // Advances in Earth Sciences, 2006. vol. 21(8). pp. 771–780.
5. S. Liu, X. Liu, and J. Hou. Study on the spectrum response of Brassica Campestris L leaf to the copper pollution // Sciences in China (E), 2007. vol. 375. pp. 693–699.
6. X. Yao, Y. Zhu, F. Feng. Exploring novel hyperspectral band and key index for leaf nitrogen accumulation in wheat // Spectroscopy and Spectral Analysis, 2009, vol.29 (8). pp. 2191–2195.
7. Nawal k. Ghazal, Mustafa J. Shahbaz. Detection of Snow Cover using NDSI and False Color Methods // Iraqi Journal of Science, 2017. vol. 58, No.3A. pp. 1355–1362.
8. О.А. Чепелев, О. М. Ломиворотова, П. А. Украинский, Э. А. Терехин. Изучение связи запыленности снега с его спектральной отражательной способностью // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2010, т. 12, № 1(4). С. 1162–1166.
9. Uto, K., Seki, H., Saito, G., Kosugi, Y. Characterization of Rice Paddies by a UAV–Mounted Miniature Hyperspectral Sensor System // EEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens, 2013. 6, pp. 851–860
10. Nasi R., Honkavaara E., Lyytikainen-Saarenmaa P., Blomqvist M., Litkey P., Hakala T., Viljanen N., Kantola T., Tanhuanpaa T., Holopainen M. Using UAV-Based Photogrammetry and Hyperspectral Imaging for Mapping Bark Beetle Damage at Tree-Level, 2015. Remote Sens., 7. pp. 15467–15493.
11. Кирсанов А. А., Липияйнен К. Л., Смирнов М. Ю., Кирсанов Г. А., Смирнова И. О., Павлова В. О. Выявление площадей, перспективных на золотое оруденение, на основе результатов обработки аэро- и космических гиперспектральных данных // Региональная геология и металлогения, 2019. № 78. С. 82–90.
12. Ihab Makki. Hyperspectral Imaging for Landmine Detection. Optimization and Control [math.OG].POLITECNICO DITORINO, 2017.
13. Sara Freitas, Hugo Silva, Jose Miguel Almeida. Convolutional neural network target detection in hyperspectral imaging for maritime surveillance // International Journal of Advanced Robotic Systems, 2019. vol. 16 issue: 3.

14. Freitas, S, Silva, H, Almeida, J. Hyperspectral imaging for real-time unmanned aerial vehicle maritime target detection // J Intell Robot Syst, 2018. 90(3). pp. 551–570.
15. Молчанов А. С. Состояние, развитие и применение гиперспектральных технологий в аэрокомплексах и системах воздушной разведки // Сборник тезисов докладов научно-технической конференции «Гиперспектральные приборы и технологии» (17–18 января 2013 г., г. Красногорск). С. 21–22.

© Антонова Варвара Александровна (varvara_zi@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

