

Влияние комплексирования спектральных каналов и сезонных космических снимков на различимость хвойного и лиственного леса

С.М. Зраенко

*Институт радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ
Уральский федеральный университет
Екатеринбург, Россия
z_sm@mail.ru*

Аннотация—Произведено исследование по повышению различимости хвойных и лиственных пород лесной растительности для разных сезонов года при комплексировании спектральных каналов прибора ЕТМ+ спутника Landsat-7. Отличия анализируемых пород определялись расстоянием по яркости и спектральному углу между векторами спектральной яркости для каждого из их пикселей. При этом наибольшее отличие пород, наблюдавшееся для четвертого канала июльского снимка, увеличилось более чем в 1,35 раза после объединения его спектральных каналов. Наибольшая разница по спектральному углу была также получена для июльского снимка при объединении его каналов. Для большего увеличения различий между породами осуществлено одновременное комплексирование спектральных каналов и сезонных снимков. Наибольший выигрыш в различимости пород здесь был получен по яркости и составил 1,61 раза по сравнению с наилучшим результатом комплексирования только спектральных каналов. По сравнению с наилучшим результатом для одного канала выигрыш в различимости достиг 2,18 раза.

Ключевые слова— хвойная и лиственная растительность, снимки Landsat-7, спектральная яркость, спектральный угол, комплексирование спектральных каналов, комплексирование сезонных снимков.

1. ВВЕДЕНИЕ

Одной из задач при проведении лесоустроительных работ является определение видового состава растительности. При этом для определения формулы состава древостоя обычно оценивают соотношение видов, выделяя по 10 стволов в разных местах биотопа при полевых исследованиях. Трудоемкость такой работы обуславливает необходимость применения современных методов основанных на использовании мультиспектральных космических снимков. Указанные методы, наряду с используемой аэрофотосъемкой, в том числе и съёмкой с беспилотных летательных аппаратов позволяют существенно облегчить составление карт лесной растительности. При этом информативным признаком является спектральный коэффициент яркости [1]. Конечно, отражательная способность растительности зависит не только от состава, но и от ее фенологических фаз и состояния, определяемого погодными условиями сезона и года съёмки. Кроме этого на значения отражательной способности влияют радиометрическое, спектральное и пространственное разрешение съёмочной аппаратуры. Дополнительно к этому необходимо учитывать время и сезон съёмки с точки зрения изменения азимута и высоты Солнца, крутизну и экспозицию поверхности, характеристики прозрачности атмосферы,

скорость и направление ветра. Отмеченные особенности существенно усложняют применение данных дистанционного зондирования для построения карт лесной растительности. Актуальность проблемы подтверждается активными исследованиями по формированию спектральных библиотек растительных и природных объектов на основе спутниковых снимков [2–4], мониторингу состояния этих объектов и их классификации по мультиспектральным и гиперспектральным данным [5–7].

В настоящей работе представлены новые результаты относительно представленных ранее [8, 9] по формированию классификационных признаков хвойной и лиственной растительности. Эти признаки основаны на комплексировании не только спектральных яркостей, но и их значений, соответствующих разным сезонам года. Полученные при этом объединенные классификационные признаки могут быть использованы для повышения надежности выделения лесных пород.

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследования использовались космические снимки спутника Landsat-7 лесных участков с хвойной и лиственной растительностью.

В качестве классификационных признаков этих объектов выбраны их спектральные яркости в шести спектральных каналах прибора ЕТМ+ спутника Landsat-7. Это все каналы ЕТМ+ с пространственным разрешением 30 метров. Их номера 1, 2, 3, 4, 5, 7.

По результатам проведенного анализа определены спектральные каналы, в которых отличия пород максимальны для разных сезонов. Эти отличия определялись в соответствии с соотношением (1) в котором использованы математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение для разности яркостей:

$$\Delta_k = M\{D_k^{ij}\} - 2\sigma\{D_k^{ij}\}. \quad (1)$$

В этом выражении расстояние по яркости между каждым пикселем лиственной и каждым пикселем хвойной растительности в k -м спектральном канале рассчитывалось на основе соотношения:

$$D_k^{ij} = B_k^{Fi} - B_k^{Cj}, \quad i = 1, \dots, N_F, \quad j = 1, \dots, N_C, \quad (2)$$

где N_F и N_C – количество пикселей лиственных и хвойных пород в известных фрагментах изображения, а B_k^{Fi} и B_k^{Cj} соответственно – их яркости в k -м канале.

Для повышения различимости растительности осуществлено комплексирование спектральных каналов. При этом в качестве одного из новых информативных признаков используется модуль вектора в k -мерном пространстве яркостей, базис которого образован спектральными каналами ЕТМ+. Степень отличия лиственного от хвойного объекта при этом определяется модулем разности их векторов.

В качестве второго информативного признака используется спектральный угол. Это угол между векторами лиственной и хвойной растительности.

Следует отметить, что используемое пространство спектральных яркостей не является ортогональным. В этой связи необходимо говорить о разложении векторов объектов в некотором условно ортогональном базисе. Таким образом, условными являются модули векторов яркости растительностей, расстояние и угол между ними. Несмотря на это, значения этих параметров позволяют оценить целесообразность объединения спектральных каналов для повышения различимости хвойных и лиственных пород.

Дальнейшее повышение различимости пород можно обеспечить комплексированием снимков разных сезонов наряду с комплексированием спектральных каналов. Одновременное комплексирование сезонных снимков и снимков спектральных каналов осуществлялось так же на основании отличий растительных пород по яркости и спектральному углу. Далее осуществлялось вычисление статистических характеристик для этих параметров – математического ожидания и среднеквадратичного отклонения по совокупности всех пикселей анализируемых участков растительности.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Было показано, что наибольшее отличие между породами 14,36 получено для четвертого канала июльского снимка при представлении изображений в формате одного байта на пиксель [8].

При комплексировании спектральных каналов наилучшая комбинация увеличила различия растительности до 19,44. Наибольшие отличия между породами по спектральному углу составляют 5,72 градуса.

При объединении спектральных каналов и сезонных снимков рассматривалось два варианта. В первом при поиске наилучшей комбинации снимков разных сезонов выбирался спектральный канал, в котором отличие пород максимально для каждого из комплексированных месяцев. Во втором при комплексировании месяцев в них выбирались спектральные каналы уже давшие наилучшие результаты по отличиям пород при их объединении. В первом варианте при объединении сезонных снимков наибольшее отличие пород по яркости составило 28,05. Во втором варианте это значение увеличилось до 31,35. Таким образом, объединение спектральных и сезонных снимков дает выигрыш в различимости пород в 1,61 раза по сравнению с наилучшим результатом при комплексировании только спектральных каналов. Если же сравнивать с наилучшим результатом для одного канала, то выигрыш в различимости достигает 2,18 раза.

Что касается спектрального угла, то при объединении сезонных снимков выигрыша в различимости

растительных пород по сравнению с объединением каналов получено не было.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования определены каналы ЕТМ+ спутника Landsat-7 с максимальными яркостными различиями хвойной и лиственной растительности для разных сезонов года. Для увеличения различимости хвойной и лиственной растительности, произведено объединение спектральных каналов. При этом наибольшая разница в яркости пород по сравнению с одним каналом увеличилась более чем в 1,35 раза. Наибольшая разница для растительности по спектральному углу составляет 5,72 градуса. Для большего увеличения различий между породами осуществлено одновременное комплексирование спектральных каналов и сезонных снимков. При этом рассмотрены два варианта комплексирования. Максимальный выигрыш в различимости пород составил 1,61 раза по сравнению с наилучшим результатом при комплексировании только спектральных каналов и 2,18 раза по сравнению с наилучшим результатом для одного канала. Полученные результаты позволят повысить эффективность выделения хвойной и лиственной растительности на спутниковых снимках.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа поддержана РФФИ, контракт № 19–29–09022.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Книжников, Ю.Ф. Спектральная яркость / Ю.Ф. Книжников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0132521> (07.02.2022).
- [2] Jet Propulsion Laboratory, ECOSTRESS spectral library. Version 1.0. – 2018 [Electronic resource]. – Access mode: <https://speclib.jpl.nasa.gov> (07.02.2022).
- [3] Zomer, R.J. Building spectral libraries for wetlands land cover classification and hyperspectral remote sensing / R.J. Zomer, A. Trabucco, S.L. Ustin // J. Environ. Management. – 2009. – Vol. 90(7). – P. 2170-2177. DOI:10.1016/j.jenvman.2007.06.028.
- [4] Boori, M.S. Comparison of hyperspectral and multi-spectral imagery to building a spectral library and land cover classification performance / M.S. Boori, R.A. Paringer, K. Choudhary, A.V. Kupriyanov // Computer Optics. – 2018. – Vol. 42(6). – P. 1035-1045. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-6-1035-1045.
- [5] Варламова, А.А. Информационная технология обработки данных ДЗЗ для оценки ареалов растений / А.А. Варламова, А.Ю. Денисова, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 864-876. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-5-864-876.
- [6] Yukun, L. A change detection method using spatial-temporal-spectral information from Landsat images / L. Yukun, Zh. Lifu, W. Nan // Int. J. Remote Sens. – 2020. – Vol. 41(2). – P. 772-793. DOI: 10.1080/01431161.2019.1648905.
- [7] Ghazaryan, G. Vegetation monitoring satellite time series: An integrated approach for user-oriented knowledge extraction / G. Ghazaryan, O. Dubovyk, V. Graw, S. Jchellberg // Proc. SPIE. – 2018. – Vol. 10783. DOI: 10.1117/12.2325762.
- [8] Zraenko, S. Increasing the distinctiveness of forest species composition by satellite images / S. Zraenko // CEUR-WS. – 2020. – Vol. 2665. – P. 109-112.
- [9] Zraenko, S.M. Combining Channels to Increase the Differences Between Coniferous and Hardwood Vegetation in Satellite Images / S.M. Zraenko // IEEE Xplore. – 2021. – P. 1-4. DOI: 10.1109/ITNT52450.2021.9649083.