

# Комплексирование спектральных каналов при классификации хвойной и лиственной растительности по космическим снимкам

С.М. Зраенко  
Уральский федеральный  
университет им. первого  
Президента России Б.Н. Ельцина  
Екатеринбург, Россия  
z\_sm@mail.ru

**Аннотация**— Представлены результаты по исследованию процедуры классификации хвойной и лиственной, а также хвойной и смешанной (в равном процентном соотношении) растительности по снимкам Landsat-7 для разных сезонов года. При этом использовались спектральные каналы с пространственным разрешением 30 метров. Классификация растительности осуществлялась по яркостным признакам методом ближайшего соседа. Эталонные яркости объектов определялись их математическими ожиданиями в каждом спектральном канале для каждого сезона (простые эталоны). Дополнительно сформированы агрегированные эталоны комбинированием спектральных каналов. Показано, что при разделении хвойных и лиственных объектов вероятность правильного выделения хвойных может достигать 1,0000 при использовании простых эталонов. В то же время вероятность правильного выделения лиственных не превышает 0,9697. Применение агрегированных эталонов позволяет повысить эту вероятность до 0,9899. При классификации хвойной и смешанной растительности эффективность агрегированных эталонов оказалась хуже простых подобранных по спектральным каналам и сезонам съемки. Полученные результаты предполагают продолжение исследований при разбиении растительных объектов на большее количество классов.

**Ключевые слова** — хвойная и лиственная растительность, снимки Landsat-7, спектральная яркость, вероятность правильной классификации, комплексирование спектральных каналов

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Данные дистанционного зондирования (ДДЗ) являются важным источником объективной информации при картографировании лесного растительного покрова. Космические снимки различного пространственного разрешения широко применяются для оперативного решения различных задач лесной отрасли [1, 2].

Одной из таких задач является определение видового состава растительности. Состав насаждений определяют по перечню древесных пород, с указанием доли каждой на исследуемом лесном участке. При этом формула лесной растительности указывается с точностью до 10% от её фактического породного состава. Трудоёмкость выполнения такой работы при полевых исследованиях требует применения методов дистанционного зондирования лесных массивов. Указанные методы, реализуются с помощью спектральной съёмки с авиационных и космических носителей, а также беспилотных летательных аппаратов. Применение такой технологии существенно облегчает составление карт лесной растительности. Информативным признаком

здесь является спектральный коэффициент яркости [3]. Зависимость коэффициента отражения от растительности определяется не только её составом, но и состоянием, определяемым погодными условиями и фенологической фазой развития. На отражательную способность влияют также параметры аппаратуры (радиометрическое, спектральное и пространственное разрешение). Дополнительные коррективы в изменение коэффициента отражения вносят азимут и высота Солнца, прозрачность атмосферы, ветровая нагрузка на растительность, а также крутизна и экспозиция поверхности. Отмеченные факторы значительно усложняют решение поставленной задачи. Актуальность проблемы дистанционного картирования леса подтверждается многочисленными исследованиями относящимися к этой области. К работам проводимым в этом направлении необходимо отнести предпринимаемые усилия по формированию спектральных библиотек растительных объектов [4, 5]. Кроме этого множество публикаций посвящено также мониторингу состояния растительности и её классификации [6–8].

В настоящей работе представлены результаты по классификации лесной растительности, являющиеся продолжением исследований автора по формированию её классификационных признаков [9, 10].

## 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследования выбраны шесть космических снимков спутника Landsat-7 соответствующих разным сезонам года. Это снимки 21.02.2000, 28.04.2001, 14.05.2010, 14.07.2000, 12.10.2001, 24.11.1999. При этом использовались шесть спектральных каналов прибора ЕТМ+ этого спутника с номерами 1, 2, 3, 4, 5, 7. Пространственное разрешение у этих каналов одинаково и равняется 30 метрам. Объектом исследования является равнинный лесной участок, расположенный на 60° С.Ш. в Пермском крае России. Для этого участка известно размещение хвойной и лиственной растительности.

При проведении эксперимента выбраны три лесных объекта. Первый состоит из растительности только хвойных пород (10X). Второй состоит из объектов только лиственных пород (10L). Третий состоит из объектов хвойных и лиственных пород в равном соотношении (5X5L). Будем именовать далее первый тип – хвойной, второй – лиственной, третий – смешанной растительностью. Первичными классификационными признаками этих объектов являются их спектральные яркости в шести спектральных каналах для каждого из сезонов.

На первом этапе исследовалась точность классификации в случае наличия только хвойных и лиственных объектов. При этом анализ проводился в каждом из сезонов и для каждого из спектральных каналов. Решение о принадлежности объекта к первому или второму классу выносилось на основании метода ближайшего соседа. Эталоны здесь являлись математические ожидания яркости каждого из объектов в соответствующих каналах для каждого из сезонов.

### 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведения эксперимента получено, что наибольшие вероятности правильной классификации при разделении хвойных ( $P_{10X}$ ) и лиственных ( $P_{10L}$ ) получены для хвойной растительности. Так,  $P_{10X \max} = 1,0000$  получены для снимков апреля (7 канал), мая (4 канал) и октября (1, 2, 3 каналы). Для лиственных при этом получено  $P_{10L \max} = 0,9697$  для 4 и 5 каналов июльского снимка.

Для повышения вероятности правильной классификации сформированы дополнительные признаки. Эти признаки основаны на агрегировании спектральных каналов по 2, по 3, по 4, по 5 и по 6 в различных комбинациях как это было предложено в предыдущих работах автора [9, 10]. При этом  $P_{10X \max} = 1,0000$  получено также и для снимка июля при агрегировании 1 и 4 каналов и нескольких комбинаций из трех, четырех и пяти каналов. Что касается лиственных, то для них вероятность правильной классификации увеличилась до  $P_{10L \max} = 0,9899$  при агрегировании 2 и 4 каналов майского снимка. Такой же результат получен и для июльского снимка при объединении 4 и 8 каналов.

При разделении хвойной и смешанной растительности наилучший результат по вероятности правильной классификации получился равным  $P_{10X \max} = 1,0000$ ,  $P_{5X5L \max} = 1,0000$  для 7 канала апрельского снимка. Этот результат может быть объяснен отсутствием листвы на лиственных и отсутствием снега на кронах деревьев мешающего правильной классификации. Для других же месяцев  $P_{5X5L \max}$  не превышает значения 0,8469. При агрегировании спектральных каналов наибольшие значения для вероятностей правильной классификации  $P_{10X \max} = 0,9824$  (при объединении 1 и 3 каналов октябрьского снимка),  $P_{5X5L \max} = 0,9498$  (при объединении 2 и 8 каналов апрельского снимка).

Таким образом, результат объединения каналов получился лучше при классификации хвойной и лиственной растительности, но хуже при классификации хвойной и смешанной растительности.

### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе произведено исследование процедуры классификации хвойной и лиственной, а также хвойной и смешанной растительности по шести снимкам Landsat-7 для разных сезонов года. При этом использовались шесть спектральных каналов аппаратуры этого спутника с одинаковым пространственным разрешением 30 метров. Классификация растительных объектов осуществлялась на основании их яркостных признаков с использованием метода ближайшего соседа. При этом эталонные яркости классифицируемых объектов определялись их математическими ожиданиями в каждом из спектральных каналов для каждого сезона (простые эталоны). Дополнительно были сформированы агрегированные эталоны из комбинаций спектральных

каналов. С использованием простых эталонов показано, что при разделении хвойных и лиственных объектов вероятность правильного выделения хвойных может достигать 1,0000 для некоторых спектральных каналов и сезонов съёмки. В то же время вероятность правильного выделения лиственных не превышает 0,9697. Применение агрегированных эталонов позволяет повысить эту вероятность до 0,9899. При классификации хвойной и смешанной растительности эффективность агрегированных эталонов оказалась хуже простых подобранных по спектральным каналам и сезонам съёмки. Полученные результаты предполагают продолжение исследований при разбиении растительных объектов на большее количество классов.

### БЛАГОДАРНОСТИ

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

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сухих, В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве / В.И. Сухих. – Йошкар-Ола: Издательство Марийского государственного технического университета, 2005. – 392 с.
- [2] Рыжкова, В.А. Классификация лесного покрова и геоинформационное моделирование его восстановительной динамики (на примере южной части приенисейской Сибири) / В.А. Рыжкова, И.В. Данилова, М.А. Корец // Сибирский экологический журнал. – 2016. – Т. 6. – С. 817-831.
- [3] Книжников, Ю.Ф. Спектральная яркость [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia/0132521> (06.12.2022).
- [4] Jet Propulsion Laboratory, ECOSTRESS spectral library. Version 1.0. [Electronic resource]. – Access mode: <https://speclib.jpl.nasa.gov> (06.12.2022).
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Yukun, L. A change detection method using spatial-temporal-spectral information from Landsat images / L. Yukun, Zh. Lifu, W. Nan, e.a. // Int. J. Remote Sens. – 2020. – Vol. 41(2). – P. 772–793. DOI: 10.1080/01431161.2019.1648905.
- [8] 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.
- [9] Zraenko, S. Increasing the distinctiveness of forest species composition by satellite images / S. Zraenko // CEUR-WS. – 2020. – Vol. 2665. – P. 109–112.
- [10] 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.