



УДК 528.94

Использование данных дистанционного зондирования Земли и цифровой модели рельефа для картографирования лесов особо охраняемых природных территорий (на примере Забайкальского национального парка)

М. В. Цыдыпова (ecovie@mail.ru)

Аннотация. Рассматривается методика картографирования лесов на основе автоматизированного дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и цифровой модели рельефа на примере Забайкальского национального парка. В работе использованы методы контролируемой и неконтролируемой классификации многоспектральных космических снимков. На основе описанной методики создан предварительный вариант карты лесов Забайкальского национального парка и сформирована база пространственных и статистических данных.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование, данные дистанционного зондирования Земли, автоматизированная классификация, интерпретация, база данных, ГИС.

Введение

Научно-исследовательские работы последних лет нацелены на поиск и апробацию методов интеграции спутниковых данных и компьютерных технологий в интересах повышения эффективности управленческой, природоохранной деятельности, лесоустроительных работ, мониторинга и картографирования современного состояния лесов. При решении основных задач охраны и исследования лесов особо охраняемых природных территорий (ООПТ) необходимо составление различных оценочных и природоохранных тематических карт, среди которых большое значение имеют карты лесов.

Объекты и методы исследования

Забайкальский национальный парк является одним из звеньев сети ООПТ центральной экологической зоны Байкальской природной территории (БПТ). Территория парка охватывает акваторию Баргузинского и Чивыркуйского заливов, западный макросклон Баргузинского хребта, полуостров Святой Нос, Ушканьи и Чивыркуйские острова.

Все работы по подготовке данных дистанционного зондирования и проведению их дешифрирования были выполнены с использованием про-

граммного обеспечения (ПО) ArcView 3.2 (с модульными расширениями Spatial Analyst, Image Analysis) и ERDAS Imagine 8.3.

Для картографирования лесов Забайкальского национального парка были отобраны и дешифрированы более 15 сцен со спутников Landsat с пространственным разрешением от 60 до 30 м, спектральным диапазоном от 3 до 8 каналов, временным промежутком с 1975 по 2010 гг.

Также были привлечены космические снимки высокого пространственного разрешения: фрагмент сцены со спутника IRS-P6 (LISS-4) с пространственным разрешением 6 м и 3 сцены со спутника Terra (Aster) с пространственным разрешением – 15 м).

В качестве топографической основы были использованы топографические карты масштаба 1: 100 000 и растровый слой абсолютных высот, созданный на основе цифровой модели рельефа местности (SRTM), с разрешением 90 м/пиксел. Данные SRTM являются простым 16-битным растровым изображением, значениями пикселей которого являются высоты над уровнем моря в данной точке.

Для визуального дешифрирования и интерпретации результатов автоматизированной классификации данных ДЗЗ были привлечены лесоустроительные материалы лесничеств, входящих в территорию национального парка (М 1: 50 000), а также карты растительности, ландшафтов Забайкальского национального парка.

Предварительная подготовка данных дистанционного зондирования (ДЗЗ):

1. Синтезирование цветных изображений и приведение к единой картографической проекции.

После загрузки данных Landsat с ftp-сервера Университета Мэриленд из однозональных были созданы многозональные снимки с помощью функции Layer stack программного обеспечения Erdas Imagine 8.7 (Leica geosystem). В результате данной операции мы получили цветные изображения с возможностью варьировать комбинации каналов для улучшения визуального восприятия информации со снимков. Остальные спутниковые данные (IRS-P6 (LISS-4) и Terra (Aster)) были получены в виде многозональных снимков.

Все данные ДЗЗ, растровый слой абсолютных высот (SRTM), топографические карты и лесоустроительные материалы были преобразованы средствами Erdas Imagine в Коническую Равновеликую проекцию Альберса, с параметрами датум Пулково 42, сфероид Красовского.

2. Улучшение пространственного разрешения данных со спутника Landsat

В качестве базовых снимков для создания карты лесов были выбраны два мультиспектральных снимка со спутника Landsat ETM+, покрывающих всю территорию Забайкальского национального парка, съемка которых была произведена 1 сентября 2007 г. Пространственное разрешение данных Landsat ETM+ в шести зонах – 30 м, а в панхроматическом канале – 15 м. Для улучшения пространственного разрешения выбранных снимков был ис-

пользован метод объединения разрешений панхроматического канала с остальными каналами снимка для получения трехканальных снимков с пространственным разрешением 15 метров. Для выполнения данной операции была использована пространственная модель Resolution Merge Spatial model, метод слияния – главных компонент, техника пересчета (Resampling method) – метод билинейной интерполяции (Bilinear Interpolation). В качестве используемых каналов многозонального снимка были использованы 3, 4, 5-й каналы.

3. Тематическая обработка данных

Для визуального распознавания лесов хорошо подходят 3, 4 и 5-й каналы снимков Landsat, так как растительность характеризуется увеличением отражательной способности в зеленой зоне (0,55 мкм) и минимумом – в красной (0,66 мкм) и резким увеличением отражения в ближней инфракрасной зоне. Низкие значения спектральной яркости вегетирующей растительности связаны с поглощением ее хлорофиллом, и увеличение в зеленой зоне – с отражением лучей хлорофиллом [1]. Наиболее часто использованные комбинации каналов для дешифрирования лесов: 5–4–3, 4–3–2, 3–2–1, 7–4–2.

Для предварительного дешифрирования космических снимков была проведена автоматизированная неконтролируемая классификация на основе алгоритма ISODATA (от Iterative Self- Organizing Data Analysis Technique – итеративный самоорганизующийся способ анализа данных). Под автоматизированной классификацией подразумевается подразделение всех пикселей снимка на группы, соответствующие разным объектам (классы) – на основе различий в значениях спектральной яркости. Основным параметром, задаваемый программе — число классов, которое необходимо получить.

Для получения желаемого количества классов снимки были классифицированы на 16 классов. Дешифрирование полученных классов основывалась на сопоставлении данных результатов классификации с привлеченными тематическими и топографическими картами и лесоустроительными материалами. В результате интерпретации результатов автоматизированной классификации и объединения классов, относящихся к одним и тем же объектам, были выделены следующие классы:

1. Светлохвойные леса.
2. Темнохвойные леса.
3. Мелколиственные леса.
4. Заболоченные луга и болота, восстанавливающиеся гари.
5. Скалы и каменистые россыпи, подгольцовые редколесья, заросли кедрового стланика и других кустарников, пески.
6. Вода, затемненные склоны, свежие гари.

Для улучшения результатов автоматизированной классификации были проведены полевые исследования для выявления и описания ключевых участков разных типов лесов и других классов объектов для создания обучающих выборок контролируемой классификации космических снимков.

По данным Лурье, «считается, что истинные «наземные» данные – наиболее точные из всех имеющихся сведений об области исследования. Чтобы возможно более полно соответствовать снимку, они должны быть собраны одновременно – синхронно – с его получением (это так называемые данные подспутниковых наблюдений). Добиться такого соответствия достаточно сложно из-за погрешностей измерений и атмосферных факторов. Поэтому полезна информация не столько о точных спектральных характеристиках объектов, сколько об их местоположении» [2, с. 122].

В основу полевого исследования лег маршрутно-полевой метод, который состоит из описания лесных сообществ на ключевых участках, географической привязки описываемых площадок (с использованием GPS-навигаторов), сбора гербарных образцов, описания геоботанических профилей, фотографирования эталонных участков. По результатам полевых работ был создан точечный векторный слой описанных ключевых участков, каждой точке которого присвоена атрибутивная информация о географических координатах мест описания, даты описания, названия лесного сообщества и краткое описание. Данный слой также был преобразован в Коническую Равновеликую проекцию Альберса для совмещения с остальными пространственными данными.

Алгоритм проведения управляемой автоматизированной классификации космических снимков:

1. Создание обучающих выборок

Обучающие полигоны были созданы путем цифрования векторных полигонов по космическим снимкам Landsat вокруг областей, определенных как эталонные участки по результатам полевых исследований или по лесоустроительным материалам, точно определенным на местности и соотнесенным с космоснимками. Значения пикселей в пределах таких полигонов и используют для определения спектральных значений обучающих выборок. В процессе классификации значения яркости текущего пикселя сравниваются с эталонными (обучающими), и пиксел относится в наиболее подходящий класс объектов. Полученная карта классификации представляет собой изображение, пикселям которого вместо исходных значений яркости присвоены значения классов объектов [3].

Для проведения классификации с обучением была создана обучающая выборка, состоящая из следующих классов обучающих полигонов: сосновые леса, лиственничные леса, кедровые леса, пихтовые леса, березовые и осиновые леса, гольцы и подгольцовые редколесья, заросли кедрового стланика, заболоченные луга и болота, горные луговые степи, альпийские и субальпийские луга и кустарники ледниковых цирков, вода. На каждый класс было создано от 5 до 10 тренировочных полигонов.

2. Оценка качества эталонов

Получить эталоны близких по своей природе объектов, спектральные значения которых не перекрывались бы полностью, практически не возможно. Тем более, таких как леса, так как в природе они образуют чаще смешанные насаждения. Для проведения классификации были отобраны наиболее разде-

лимые в пространстве спектральных признаков обучающие полигоны, точно соотнесенные с данными полевых исследований и лесоустроительных материалов, представляющие область не менее 100 пикселей.

3. Проведение классификации

В качестве решающего правила классификации был выбран алгоритм классификации на основе метода максимального правдоподобия.

В результате контролируемой классификации была получена карта классификации, состоящая из 11 вышеперечисленных классов. Полученная карта лишена картографической генерализации. Для удаления единичных неправильно классифицированных или выбивающихся пикселей была проведена операция «фильтрации» изображения. Результаты фильтрации («сглаживания») изображения отображаются в отдельной теме, сохраняющей ту же самую схему классификации, что и тема, к которой было применено сглаживание.

Для дальнейшей корректировки и генерализации растровой карты классификации необходимо перевести ее в векторный формат. Векторизация карты классификации проводилась в автоматическом режиме. В результате сформировался полигональный векторный слой, связанный с таблицей, которая содержит информацию об атрибутах каждого полигона векторного слоя. Изначально данная таблица содержала поля, отражающие индивидуальный номер полигона (ID) и номер класса, к которому он принадлежит (Gridcode). Благодаря возможности редактирования атрибутивной таблицы векторного слоя, набор характеристик, описывающих каждый полигон, был расширен. Инструментальными методами были рассчитаны площади полигонов. Каждому полигону, относящемуся к лесам, был присвоен класс формации (хвойные/лиственные леса), группа формации (темнохвойные/светлохвойные/мелколиственные леса), географическое положение, высотный пояс.

Недостатком данного векторного слоя являлась избыточность количества полигонов каждого класса объектов (несколько десятков тысяч мелких полигонов). Для проведения генерализации изображения многие мелкие полигоны, принадлежащие к одному классу объектов, были объединены в более крупные полигоны.

Также на основе контролируемой классификации проведена классификация растрового слоя распределения высот (SRTM) для выделения наиболее крупных растительно-высотных поясов, так как значениям каждого пикселя данного слоя присвоено значение высот в данной точке, в качестве обучающих эталонов были использованы диапазоны значений высот, соответствующие выделяемым поясам: 1701–2600 м (гольцовый), 1201–1700 м (подгольцовый), 456–1200 м (лесной). Полученная карта классификации была преобразована в векторный слой растительно-высотных поясов.

На основе анализа и обработки разновременных данных ДЗЗ, топографических карт и лесоустроительных материалов были созданы дополнительные векторные слои рек и озер, гарей, производных лесов, возникших на местах гарей и рубок. Для слоя гарей и рубок были рассчитаны площадные характеристики и указаны даты возникновения пожаров.

Результаты исследования

По описанной выше методике сформирована предварительная векторная карта лесов Забайкальского национального парка (рис.), связанная с атрибутивной таблицей, хранящей статистическую и качественную информацию о лесах. На карте отображены леса с доминированием лиственницы, сосны, осины и березы, кедра и пихты. В легенде карты лесные формации указаны с наиболее распространенными ассоциациями на территории исследования.

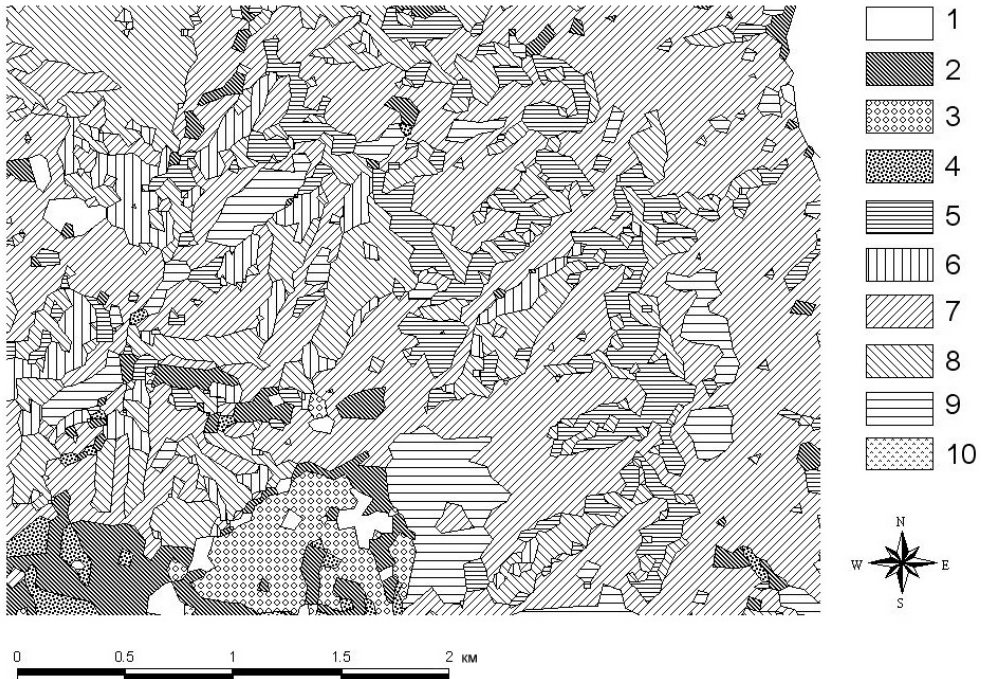


Рис. Фрагмент предварительного варианта карты лесов Забайкальского национального парка.

Гольцы и подгольцовые редколесья: 1 – скалы и каменные осыпи со мхами и лишайниками, фрагментами альпийских лугов; 2 – заросли кедрового стланика в сочетании с карликовой березкой и сообществами редкостойных пихтовых редколесий; 3 – горные луговые степи в сочетании с кедровым стлаником и карликовой березкой; 4 – альпийские и субальпийские луга, кустарники ледниковых цирков.

Горно-таежные леса: 5 – кедровые и пихтово-кедровые бруснично-зеленомошные, бадановые, разнотравные, на увлажненных участках – багульниково-зеленомошные леса; 6 – пихтовые и кедрово-пихтовые зеленомошные, бадановые, разнотравные леса; 7 – сосновые душекиево-рододендроновно-зеленомошные леса, сосново-стланиковые леса, сосновые бруснично-толокнянковые леса на песчаных террасах; 8 – сосново-лиственничные и лиственничные вейниковые, баданово-разнотравные, бруснично-зеленомошные леса; 9 – березовые и осиновые разнотравные и разнотравно-злаковые леса.

Болота, луга, ерники: заболоченные луга и болота

На основе созданной векторной карты лесов, а также собранных пространственных и статистических материалов создана база данных и система геоинформационных запросов в среде ArcView GIS 3.2 в виде согласованных растровых и векторных слоев и атрибутивных таблиц.

Выводы

Процесс подбора и оценки обучающих эталонов и интерпретация результатов классификации являются наиболее сложным этапом автоматизированного дешифрирования спутниковых данных. Создание достоверных обучающих эталонов объектов со схожими спектральными характеристиками для контролируемой классификации, так же как и разделение таких объектов в разные классы при неконтролируемой классификации – трудоемкий процесс, требующий хорошего знания территории исследования и особенностей распространения растительного покрова, высокой точности при выборе обучающих полигонов и их комбинации. Спектральные характеристики и визуальные признаки сосновых и лиственных лесов очень схожи, поэтому разделить данные формации в разные классы очень сложно. При оценке достоверности классификации мы ориентировались на данные лесоустройств, экологические особенности распространения этих формаций и описания геоботаников, проводивших на территории Забайкальского национального парка полевые исследования. Также привлекались весенние и осенние снимки, когда хвоя лиственных насаждений опадает и можно по косвенным признакам выделить границы лиственных лесов.

Сформированная база данных является информационным ядром для разработки локальной ГИС Забайкальского национального парка и включает в себя ряд взаимосвязанных цифровых картографических слоев и атрибутивных таблиц, характеризующих различные аспекты состояния лесов исследуемой территории.

Возможность использования данных дистанционного зондирования Земли для изучения состояния и картографирования растительности подтверждена многочисленными исследованиями в данной области. Но успех создания каждой отдельной карты зависит от многих факторов: выбора метода дешифрирования данных ДЗЗ, наличия дополнительных источников информации об исследуемой территории (топографических и тематических карт, лесоустроительных материалов, статистики, материалов наземных исследований и др.), знания дешифровщиком географических особенностей территории исследования и др.

Список литературы

1. *Кравцова В. И.* Космические методы исследования почв : учеб. пособие для студ. / В. И. Кравцова. – М. : Аспект Пресс, 2005. – 190 с.
2. *Лурье И. К.* Теория и практика цифровой обработки изображений // Дистанционное зондирование и географические информационные системы / И. К. Лурье, А. Г. Косиков ; под ред. Берлянта. – М. : Науч. мир, 2003. – 168 с.
3. *Книжников Ю. Ф.* Аэрокосмические методы географических исследований / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. – М. : Академия, 2004. – 336 с.

Using remote sensing data and digital terrain model for mapping of forest protected areas (on example of the Zabaikalsky National Park)

M. V. Tsydyпова

Annotation. This paper is devoted to the methodology of mapping forests, based on automated classification of remote sensing data and digital elevation model (DEM) on example of the Zabaikalsky National Park. The methods of supervised and unsupervised classification applied to remote sensing data and DEM, forest taxation materials and field data were used. Based on the methodology described, a preliminary version of forest map of the Zabaikalsky National Park and a database of spatial and statistical dataset were created.

Key words: geoinformatical mapping, remote-sensed data, automatical classification, interpretation, database, GIS.

Цыдыпова Марина Владимировна

аспирант

Иркутский государственный университет

664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1

тел: 8(3952)426342