

УДК 630*587

И. В. Толкач, доцент (БГТУ)

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЦИФРОВЫХ АЭРОФОТО- И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Приведен краткий обзор спутников, поставляющих снимки высоко разрешения, даны основные подходы к классификации изображений цифровых космических снимков высокого разрешения и спектрально-аэрофотоснимков, кратко описана методика и приведены особенности формирования обучающих выборок на основе повыведельной базы данных ГИС и цифровых планово-картографических лесоустроительных материалов. Проанализированы результаты статистической обработки яркостных и спектральных показателей оцифрованных изображений аэрофото- и космических снимков для основных лесообразующих пород, даны рекомендации по выделению классов.

In this article some results of analysis of spectral and light characteristics of images on some satellite and aero photo pictures based on investigations of the part of Beresino and Negarelae Forest Enterprise are given. In the course of research digitization of satellite and aero photo pictures and statistic analysis histograms of distribution of levels of brightness for three channels of image (red, green, blue) was executed. The statistic analysis was executed for images of crowns of trees of pine, fir, birch and aspen. The image of crowns of trees and spaces between crowns was researched separate. As a result of research statistical law of distribution of levels of brightness for plantations of trees was ascertained. Possibilities of classification of digital satellite and aero pictures are investigated. The principle of the extract can be successfully applied in the classification of forest land.

Введение. Своевременная и достоверная информация является главным компонентом всех информационных технологий, а ее получение – основная задача обеспечения функционирования информационных систем. Количество и уровень детализации данных напрямую связаны с затратами на их получение и степенью востребованности конечным пользователем.

Это относится и к системе лесохозяйственной информации, сбор которой является трудоемким процессом, связанным с большими затратами, и поэтому проводится через достаточно длительные периоды времени. Однако, для современного лесного хозяйства с высоким уровнем интенсивности это неприемлемо, и в настоящее время используются технологии, имеющие достаточно низкую стоимость и позволяющие хотя бы частично выполнять актуализацию информации о лесном фонде (технология непрерывного лесоустройства, выборочные методы инвентаризации лесов, актуализация данных и использование имитационного моделирования).

Потребность в получении актуальной и дешевой информации обуславливает интенсивное развитие технологий дистанционного зондирования и автоматизированных систем распознавания окружающего мира (в том числе систем распознавания и анализа объектов, находящихся на поверхности Земли).

Возрастающая роль материалов дистанционного зондирования Земли из космоса объясняется постоянным улучшением качества снимков, оперативностью получения информации, возможностью сбора информации на территории, где применение традиционных

наземных и аэрометодов невозможно или нецелесообразно. В последние годы разрешающая способность космических снимков значительно повысилась, были запущены спутники, позволяющие получать изображения с пространственным разрешением в 1 м и выше.

Так, в 2006 г. был запущен спутник Ресурс ДК, позволяющий получать цифровые изображения земной поверхности с пространственным разрешением 1 м в панхроматическом режиме и 2–3 м в мультиспектральном режиме. В 2007 г. запущен космический аппарат Cartosat-2, разработанный специалистами космического агентства Индии ISRO. Он предназначен для высокодетальной оптической съемки с пространственным разрешением выше 1 метра [1].

Космический аппарат GeoEye-1, запущенный в 2008 г., имеет беспрецедентное пространственное разрешение 41 см в панхроматическом режиме и 1,65 м в мультиспектральном. Спутник WorldView-2 был запущен 8 октября 2009 г. и имеет пространственное разрешение 0,5 м в панхроматическом и 2 м в мультиспектральном режиме.

С запуском этих спутников качество и разрешающая способность цифровых космических снимков приблизились к снимкам, сделанным с воздушных летательных аппаратов, что дало возможность их интерпретации с более высоким уровнем детализации.

Доступность космических снимков повлекла за собой и интенсивное развитие программного обеспечения для обработки данных дистанционного зондирования. Многие компании разрабатывают автоматизированные системы обработки и интерпретации данных, картографирования

и ввода данных в ГИС. Среди наиболее известных можно отметить такие компании, как ERDAS и ITT Visual Information Solutions (ITT VIS).

Компания ERDAS как подразделение компании Leica Geosystems специализируется на разработке программного обеспечения для обработки изображений космических и аэроснимков. Основным продуктом компании – система обработки изображений ERDAS IMAGINE, которая в настоящее время является наиболее развитым коммерческим продуктом.

Одним из наиболее доступных программных продуктов для визуализации и обработки данных дистанционного зондирования является программный комплекс ENVI (the Environment for Visualizing Images), который разработан компанией ITT VIS. В отличие от других пакетов по обработке снимков, в ENVI встроен язык программирования IDL (Interactive Data Language), позволяющий расширить функциональные возможности ENVI и создавать собственные подпрограммы. Современный ENVI обеспечивает поддержку новых типов снимков, а также имеет наиболее развитый на сегодняшний день набор функций обработки данных дистанционного зондирования и их интеграции с данными ГИС.

Чтобы преодолеть многочисленные ограничения и недостатки традиционных пиксель-ориентированных систем, в конце 2000 г. компанией Definiens Imaging был разработан программный продукт eCognition, который использовал объектно-ориентированный подход. Было обращено внимание на дополнительные сведения об объекте: оттенки, форма, текстура, площадь, контекстная информация и данные из других слоев классификации. Концепция системы заимствована из методики Fractal Net Evolution, в которой сложный предмет представляется посредством семантических сетей. Специально для целей лесного хозяйства компания разработала программный продукт eCognition Forester, позволяющий идентифицировать на снимке отдельные деревья и измерять размеры их кроны (рис. 1).

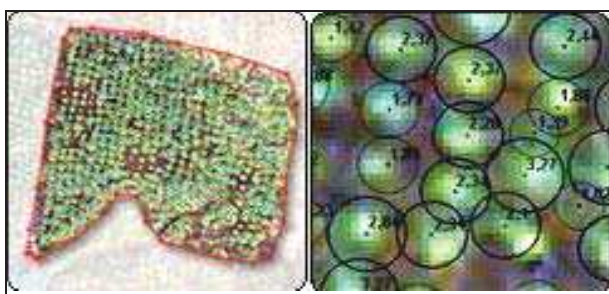


Рис. 1. Результаты автоматизированной интерпретации изображения полога леса eCognition Forester

Целью исследования была классификация изображений насаждений на цифровых космических и спектральных аэрофотоснимках. Работа выполнялась работниками кафедры лесоустройства (БГТУ) в сотрудничестве с отделом приема и обработки Космической информации (РУП «Белгослес»). Для классификации использовались материалы дистанционного зондирования высокого разрешения ALOS AVNIR – 10 м (мультиспектральная съемка), ALOS PRISM – 2,5 (панхроматическая съемка) и оцифрованные с негативов спектральные аэрофотоснимки масштаба 1 : 15000.

В качестве основного программного продукта использовался программный комплекс ENVI. При работе с векторными данными использовались ГИС MapInfo и ArcView.

Основная часть. Контурное и таксационное дешифрирование изображений – основная задача при использовании снимков для целей лесного хозяйства. Дешифрирование включает распознавание объектов (выявление объектов на снимке), отнесение их к некоторому типу, измерение или определение их размерно-качественных показателей (размеров, расстояний между объектами, количества объектов на единицу площади, процента покрытия и т. п.).

На цифровом изображении реальные объекты земной поверхности представлены совокупностью отдельных элементов (пикселей), однако изображение не несет всей информации об отражательной способности объекта, так как физические возможности камеры ограничены количеством принимаемых спектральных диапазонов [2, 3].

Яркие признаки пикселя отдельного спектрального канала изображения являются основой для дешифрирования. По ним фактически и выделяются все остальные признаки – форма, размеры, текстура изображения и т. д.

Каждый природный объект имеет свои спектральные показатели, но для объектов одного класса они могут иметь близкие значения. Часто диапазоны распределения яркостей пикселей для объектов, принадлежащих разным классам, могут перекрываться, а спектральные показатели объектов одного класса не всегда являются надежным признаком для их выделения. Спектральная яркость легко искажается как во время съемки, так и при постобработке и зависит от высоты стояния Солнца, времени суток и года, влияния атмосферы, рельефа местности и т. д., что приводит к снижению достоверности классификации [4].

В представленной работе на примере части территории ГЛХУ «Березинский лесхоз» была выполнена контролируемая классификация космических снимков ALOS с использованием

обучающих выборок, сформированных на основе картографической и поведельной баз данных ГИС «Лесные ресурсы».

Для этого предусматривалось решение следующих основных задач:

- привязка векторных слоев выделов и снимков;
- формирование поведельной базы данных и ее конвертация в формат, поддерживаемый программным комплексом ENVI;
- оценка спектральных и яркостных показателей изображений выделов, статистический анализ их изменчивости и формирование обучающих выборок;
- классификация изображений, оценка разделимости классов и точности классификации.

Отбор выделов для формирования обучающих выборок для участка изображения ГЛХУ «Березинский лесхоз» выполнялся в программном комплексе ENVI на основе векторного слоя выделов и поведельной базы данных насаждений. Из базы данных выбирались все выделы, относящиеся к данному классу. Выборки формировались по преобладающим породам с различной долей участка породы и возрастным группам. Всего было отобрано пять наиболее представленных на данной территории пород деревьев (ель, сосна, береза, осина и ольха черная), которые были разделены на четыре возрастные группы: молодняки, средневозрастные, приспевающие и спелые. Выборки были выполнены также и для категорий непокрытых лесом и нелесных земель – сельскохозяйственных угодий, гарей, вырубок, прогалин.

Для классификации аэрофотоснимков использовались спектральные снимки масштаба 1 : 15 000 Центрального лесничества Негорельского учебно-опытного лесхоза. Для формирования обучающих выборок использовались поведельная база данных, лесоустроительные планово-картографические материалы и данные таксации насаждений на 8 таксационно-дешифровочных площадях.

Классификация изображений аэрофотоснимков выполнялась в несколько этапов. На первом этапе была выполнена оцифровка негативов снимков на участках с заложенными временными пробными площадями.

Негативы были оцифрованы на сканере с разрешением 56 микрон в цифровой графический формат «tif» с глубиной цвета 24 бит. В дальнейшем полученные цифровые изображения обрабатывались на ЭВМ с помощью графических редакторов для цветовой корректировки изображений и улучшения дешифровочных признаков насаждений.

На втором этапе выполнялся статистический анализ цифровых изображений снимков.

Для этого по данным отвода на местности были обозначены границы пробных площадей и выполнен статистический анализ распределения яркостей синего, зеленого и красного каналов для всей пробной площади, отдельно для изображений крон, промежутков между кронами и затененных участков. В каждом случае определялось минимальное, максимальное и среднее значения, а также среднеквадратическое отклонение распределения яркостей.

На следующих этапах выполнялись формирование обучающих выборок и классификация изображений. В качестве обучающих выборок использовались следующие категории: кроны деревьев (сосны, ели, березы, ольхи черной), промежутки между кронами, затененные участки. Следует отметить, что изображение полога леса включает различные породы с различными морфологическими признаками, обусловленными возрастом древостоя, составом, условиями произрастания, что дает различия в оптических характеристиках изображений. Кроме того, используемые аэрофотоснимки имели значительные различия по тону в пределах одного снимка, что сильно затрудняло классификацию.

Результаты. Обобщение итогов формирования обучающих выборок показало, что выделение классов в соответствии с категориями земель, принятыми в лесоустроительной и лесохозяйственной практике, не дает положительных результатов. Как правило, это искусственные категории, не всегда имеющие четко выделяемые спектральные и яркостные показатели (например вырубки, прогалины и т. д.).

Значительно лучшие результаты по критериям разделимости показали выборки, сформированные по естественным признакам, четко дешифрируемым на снимках, таких как степень увлажнения и минерализации почв, напочвенный покров, вид растительности (древесная или кустарниковая), преобладающая порода и т. д.

В итоге, на основе полученных результатов анализа разделимости классов лесных и нелесных земель, на снимках ALOS были классифицированы следующие категории:

- земли, покрытые лесом:
 - хвойные: сосна, ель;
 - лиственные: береза; ольха черная, осина (рис. 2);
- земли, покрытые травянистой растительностью:
 - поля с травой;
 - прогалины;
 - несомкнувшиеся лесные культуры;

– земли без растительности (с поверхностной минерализацией):

- свежие вырубки;
- почвы;
- почвы с увлажнением;
- воды;
- облака;
- тени облаков;
- болота и заболоченные участки.

Анализ результатов формирования обучающих выборок для классификации изображений спектрально-аэрофотоснимков показал, что границы распределений и средние значения различны для каждой породы.

Оценивая изображение полого леса на аэрофотоснимке можно отметить, что оно имеет сложную структуру и состоит из изображений крон отдельных деревьев, а также промежутков между кронами, затененных участков, поэтому при формировании обучающих выборок они выделялись отдельно.

Статистический анализ распределений яркостей показал, что интервалы значений яркости красного, зеленого, синего спектральных диапазонов варьируют в широких пределах и перекрываются друг с другом.

Классификация изображений крон отдельных деревьев по породам затруднена (рис. 3), так как в пределах изображения отдельной кроны выделяется несколько классов (как правило, в той или иной степени участвуют практически все выделяемые классы). Это объясняется значительными различиями в освещенности частей крон деревьев: от ярких верхушек и участков, освещенных солнцем до затененных собственными тенями и тенями соседних деревьев.

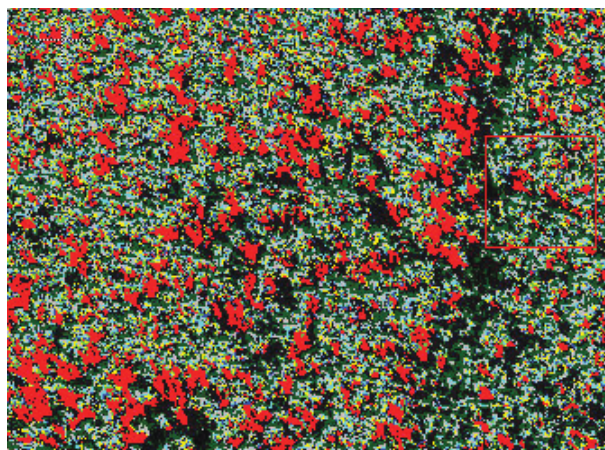


Рис. 3. Результаты классификации изображений цифрового аэрофотоснимка участка (8С2Б, 60 лет)

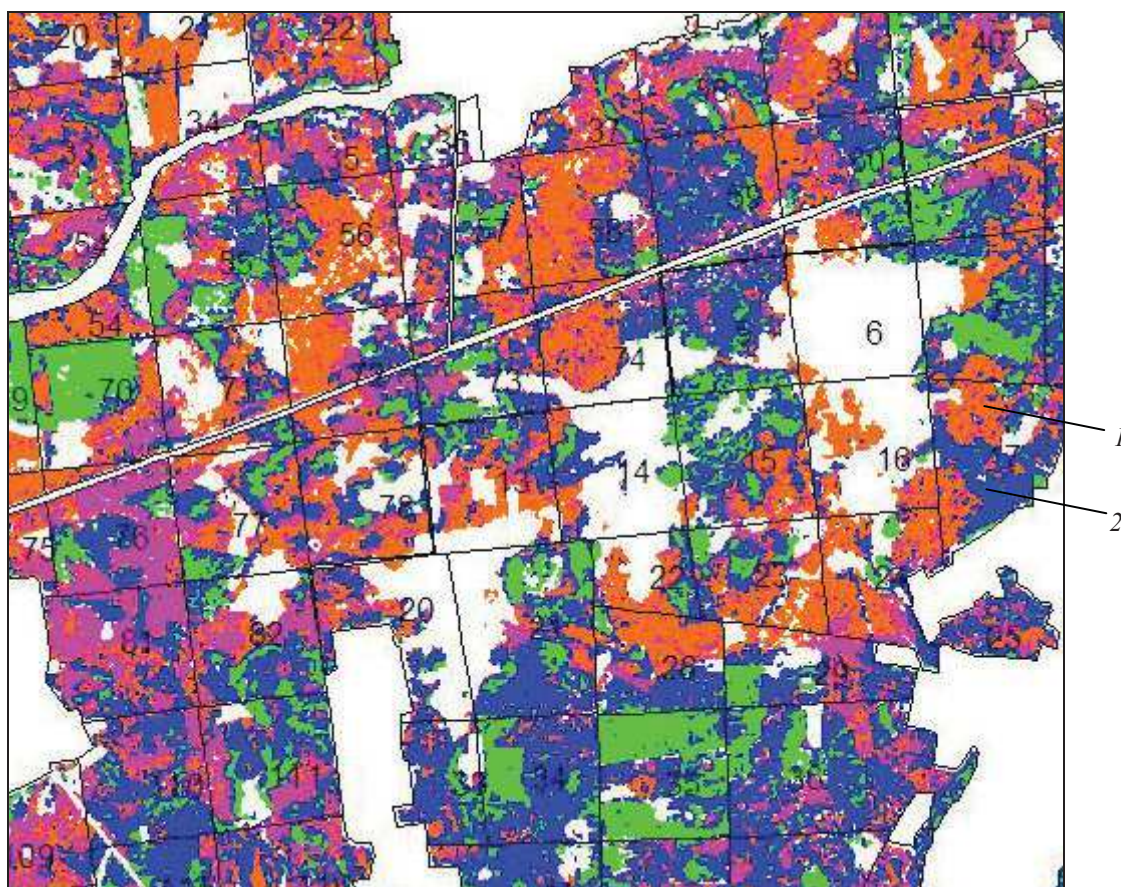


Рис. 2. Классификация снимка ALOS по породам:
1 – хвойные; 2 – лиственные

Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод, что для достоверной классификации объектов как на аэро-, так и на космических снимках использование лишь их (объектов) спектральных яркостей недостаточно, а необходимо учитывать также другие (метрические, текстурные) показатели.

Для повышения достоверности и надежности классификации могут быть использованы различные приемы: увеличение количества признаков, увеличение количества классов, использование размерных, текстурных и топологических показателей [4, 5].

Заключение. Для повышения достоверности дешифрирования целесообразно использовать комплексные показатели, включающие сочетания специфических для объекта яркостных и геометрических признаков и определяющие структуру (текстуру) изображений, характерную для конкретных объектов и природных образований. Автоматизированные методы интерпретации текстуры изображения возможны с использованием объектно-ориентированных программных модулей, учитывающих семантические взаимосвязи между объектами.

Проведенные исследования яркостных и спектральных показателей цифровых изображений основных лесобразующих пород показали, что распределения яркостных показателей для отдельных пород имеют близкие параметры, что дает возможность выполнять классификацию насаждений по преобладающим породам как на космических, так и на аэрофотоснимках.

Использование при формировании обучающих выборок вторичных данных (повыдельной

базы данных лесохозяйственных учреждений и планово-картографических лесоустроительных материалов) позволит минимизировать работы по закладке эталонно-калибровочных участков и тем самым снизить затраты.

При формировании обучающих выборок необходимо использовать естественные категории группировки объектов, которые можно достоверно классифицировать на изображении.

Литература

1. SOVZOND Satellites [Elektronic resource]. – Минск, 2010. – Режим доступа: <http://www.sovzond.ru/satellites/>. – Дата доступа 10.03.2010.
2. Чандра, А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош; пер. с англ. А. В. Кирюшина. – М.: Техносфера, 2008. – 307 с.
3. Лурье, И. К. Теория и практика цифровой обработки изображений / И. К. Лурье, А. Г. Косиков // Дистанционное зондирование и географические информационные системы / под ред. А. М. Берлянта. – М.: Научный мир, 2003. – 168 с.
4. Ye, R. Waldsimulation auf der Basis automatischer Luftbildmessung und unter Kontrolle von GIS / R. Ye. – Freiburg i.Br, 1995. – 110 s.
5. Книжников, Ю. Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. – М.: Академия, 2004. – 336 с.

Поступила 14.04.2010