

**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЛЕСОВ**

This article deals with the describing of some satellite systems that provide remote sensing data. Also their space resolution, computer software, and research directions for data interpretation are given.

Современная наука развивается бурными темпами, а ее результаты широко внедряются во все сферы деятельности человека. Потребность в получении актуальной и дешевой информации обуславливает развитие автоматизированных систем распознавания окружающего мира, в том числе систем распознавания и анализа объектов, находящихся на поверхности Земли на основе данных дистанционного зондирования (ДДЗ) с воздушных и космических летательных аппаратов.

По результатам обзора, представленного компанией «СОВЗОНД» ([www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)), прогнозируется значительный (с 3 млрд долл. в 2003 году до 6 млрд в 2012) рост продаж ДДЗ с коммерческих спутников. Национальное агентство США по дистанционному зондированию и картографии начало программу NextView, которая предусматривает работы по созданию и выводу на орбиту нового поколения коммерческих спутников высокого разрешения, при условии гарантированных закупок данных, получаемых с этих спутников.

В последние годы были запущены спутники, позволяющие получать изображения с пространственным разрешением в 1 м и менее ([www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)). Это QuickBird, IKONOS, ORBVIEW, EROS, SPOT, LANDSAT, RADARSAT, ASTER.

Космический аппарат QuickBird был запущен в 2001 году. Владельцем спутника является компания DigitalGlobe (США). Орбита обеспечивает прохождение спутника над любым районом Земли каждые 1–3,5 дня. Он предназначен для получения цифровых изображений земной поверхности с пространственным разрешением 64 см в панхроматическом режиме и 2,5 м в мультиспектральном режиме. Основными преимуществами являются широкая полоса охвата (размер сцены – 16,5 × 16,5 км) и высокая метрическая точность.

Космический аппарат IKONOS был запущен в сентябре 1999 года. Владельцем спутника является компания Space Imaging (США). Спутник был выведен на низкую солнечно-синхронную орбиту, обеспечивающую его прохождение над любым районом Земли каждые 2–3 дня. Спутник IKONOS предназначен для получения панхроматических изображений с пространственным разрешением до 1 м и мультиспектральных данных с разрешением до 4 м. Кроме того, возможно получение цветных изображений с раз-

решением 1 м, полученных в результате совмещения панхроматических и мультиспектральных изображений.

В июне 2003 года компания ORBIMAGE вывела в космос спутник OrbView-3, данные которого успешно используются для целей картографирования, мониторинга территорий, экологического контроля, управления природными ресурсами, оценки ущерба, нанесенного стихийными бедствиями, т. д. Спутник позволяет получать изображения с пространственным разрешением 1 м в панхроматическом режиме и 4 м в спектрзональном режиме.

Спутник EROS A1, построенный отделением MBT («Мабат») компании IAI, позволяет получать снимки со стандартным (1,8 м) или особо высоким (менее 1 м) разрешением.

EROS B будет иметь камеру высокого разрешения (20 тыс. пикселей на линию), позволяющую получать качественные изображения с разрешением не менее 0,82 м даже при плохих условиях освещения места съемки.

Спутниковая система наблюдения за поверхностью Земли SPOT (Satellite Pour L'Observation de la Terre) спроектирована CNES и разработана Францией совместно с Бельгией и Швецией. Система SPOT начала функционировать с февраля 1986 года. Наибольшими возможностями обладает спутник Spot 5, который оснащен высокоточным стереоскопическим детектором, позволяющим получать стереопары для топографических целей и построения моделей рельефа, и двумя камерами высокого разрешения (High Resolution Geometric imagers), позволяющими получать черно-белые изображения с разрешением 2,5 м и цветные – с разрешением 10 м. Кроме того, на Spot 5 установлена камера Vegetation 2, которая даст возможность получать практически ежедневно снимки всей поверхности Земли с разрешением 1 км.

Комплексы Landsat начали эксплуатироваться в 1972 г. Спутники Landsats 1–3 осуществляли сбор данных при помощи камеры Return Beam Vidicon (RBV) и мультиспектрального сканера (MSS). На втором поколении спутников Landsat в дополнение к мультиспектральному сканеру установлен тематический картограф (TM). В апреле 1999 г. на орбиту был выведен спутник Landsat-7. На спутнике установлена съемочная аппаратура – усовершенствованный тематический картограф Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), обес-

печивающий съемку земной поверхности в шести каналах с разрешением 30 м, в одном ИК канале – с разрешением 60 м, и одновременную панхроматическую съемку с разрешением 15 м при ширине полосы обзора для всех каналов около 185 км.

Космические аппараты серии RADARSAT предназначены для глобального всепогодного сбора информации о состоянии окружающей среды и для изучения природных ресурсов. Первый космический аппарат системы был выведен на орбиту 4 ноября 1995 года.

ASTER – это аппаратный комплекс космического дистанционного зондирования, установленный на спутнике TERRA, запущенном NASA в декабре 1999 года. ASTER используется для детального картографирования и анализа характеристик элементов земной поверхности – температуры, способности отражать и поглощать солнечную энергию, а также для изучения рельефа.

Комплекс ASTER состоит из трех различных подсистем: VNIR (видимый диапазон и ближний ИК), позволяющий получать данные с пространственным разрешением до 15 м, SWIR (коротковолновый (ближний) ИК диапазон) с пространственным разрешением 30 м и TIR (тепловой (дальний) ИК диапазон) с пространственным разрешением 90 м.

Можно отметить, что большой интерес представляют именно изображения с высоким пространственным разрешением, которые пригодны для самых различных целей. Качество цифровых изображений постоянно улучшается и приближается к качеству снимков, получаемых с воздушных летательных аппаратов, что позволит значительно увеличить точность получаемой информации.

Использование изображений высокого разрешения даст возможность перейти на новый качественный уровень получения информации о лесных ресурсах и для целей лесного хозяйства.

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, Leica Geosystems, Research Systems Inc.

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, доступ-

ным широкому кругу пользователей. Последняя версия – ERDAS IMAGINE содержит усовершенствованные инструменты обработки изображений, новые инструменты импорта, экспорта, монтажа и трехмерной визуализации изображений.

Одним из наиболее удачных и доступных программных продуктов для визуализации и обработки данных дистанционного зондирования является программный комплекс ENVI (the Environment for Visualizing Images), который разработан американской компанией RSI (Research Systems, Inc.). В отличие от других пакетов по обработке снимков, в ENVI встроены язык программирования IDL (Interactive Data Language), позволяющий расширить функциональные возможности ENVI или создавать собственные подпрограммы. Современный ENVI обеспечивает поддержку новых типов снимков, новых методов получения информации, удобный способ отображения на экране как растровых, так и векторных данных, а также имеет наиболее развитый на сегодняшний день набор функций обработки данных дистанционного зондирования и их интеграции с данными ГИС.

Однако перечисленные программные продукты используют пиксель-ориентированные методы обработки данных дистанционного зондирования. Системы, созданные на их основе, зачастую не в состоянии распознать элементы изображения, доступные человеческому восприятию. Причина заключается в том, что классификация и дешифрирование снимков на основе пиксельного анализа используют спектральную информацию лишь отдельных пикселей изображения.

Чтобы преодолеть многочисленные ограничения и недостатки традиционных пиксель-ориентированных систем, в конце 2000 года компанией Definiens Imaging был разработан программный продукт eCognition, который использует совершенно иной подход к классификации. Важная семантическая информация, необходимая для интерпретации изображения, представляется не в виде отдельных пикселей, а в виде целостных объектов и связей между ними. Система eCognition не подразделяет на классы отдельные пиксели, а выделяет и классифицирует объекты, которые выделяются из предшествующего этапа сегментации снимка (рис. 1). При этом принимаются во внимание дополнительные данные 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.



а – исходное изображение      б – сегментированное изображение      в – классифицированное изображение

Рис. 1. Сегментирование и классификация изображений в eCognition

Полное описание программы, лежащей в основе системы, находится в BAATZ & SCHAPE (1999, 2000) и в Интерактивном руководстве пользователя (Online User Guide). Недостатком eCognition является то, что система позволяет выполнять только классификацию изображений. Все операции по обработке изображения до классификации проводятся отдельно от eCognition с использованием других программных продуктов.

Несмотря на мощные средства классификации и анализа в ERDAS IMAGINE и ENVI, они не позволяют выполнять с достаточной для целей лесного хозяйства точностью интерпретацию количественных и качественных показателей насаждений. При анализе существующих программных продуктов и разработок, предназначенных для интерпретации данных дистанционного зондирования лесов, можно выделить еще одно направление. Компания Definiens Imaging разработала программный продукт eCognition Forester (рис. 2), позволяющий выполнять измерения крон отдельных деревьев, на основе которых становится возможным определять таксационные показатели древостоев ([www.definiens-imaging.com](http://www.definiens-imaging.com)).

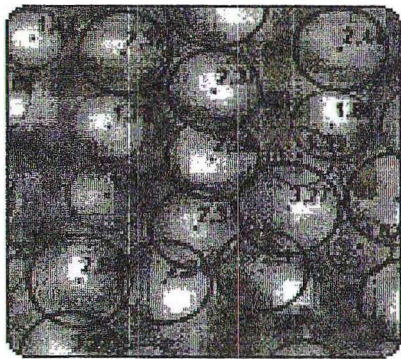


Рис. 2. Измерение диаметров крон деревьев в eCognition Forester

Система работает в автоматизированном режиме, позволяет идентифицировать на снимке отдельные деревья и измерять размеры их крон.

Выделенные таким образом контуры крон деревьев преобразовываются в векторный формат и экспортируются в ГИС. Фактически, при наличии в ГИС информации об условиях местопроизрастания насаждений, производительности (классе бонитета) и возрасте, моделей взаимосвязи данных параметров, размеров кроны и густоты с другими таксационными показателями можно создавать автоматизированную систему таксации древостоев на основе ДДЗ.

Подобная система моделирования роста древостоя на базе автоматизированных измерений на аэрофотоснимках с использованием ГИС была разработана в 1995 году Ronghua Ye. С использованием автоматизированной системы были получены распределения запаса насаждений по породам, классам возраста, ступеням толщины (выбраны 5 и 10 см. ступени толщины). Для сравнения применялись данные выборочной инвентаризации 1984 и 1994 годов. Система показала достаточно высокую точность в оценке распределения запаса по породам (ошибка не более 5%) и по ступеням толщины (не более 3%). Распределение запасов древостоев по классам возраста было оценено с ошибкой около 10%. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой точности работы системы и возможности ее использования для оценки распределения древостоев по отдельным таксационным показателям (породам, группам возраста и др.).

### Литература

1. YE R. Waldsimulation auf der Basis automatischer Luftbildmessung und unter Kontrolle von GIS. Freiburg i.Br. –1995. –110 с.