

УДК 630\*58

С. С. Цай, инженер отдела приема и обработки  
космической информации (РУП «Белгослес»);  
М. А. Ильючик, начальник отдела приема  
и обработки космической информации (РУП «Белгослес»);  
С. В. Ковалевский, ассистент (БГТУ)

## ОЦЕНКА ТЕКУЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ НА ОСНОВЕ РАЗНОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

В статье рассматриваются вопросы использования разновременных данных дистанционного зондирования для целей определения текущих изменений в лесном фонде.

The questions of using a remote sensing data occurring at different times for the same area for purpose of detecting of change in forest stands are considered in the article.

**Введение.** В настоящее время в мировой практике материалы дистанционного зондирования широко используются для оценки текущих изменений в лесном фонде, особенно для мониторинга рубок леса. Этому способствует относительная дешевизна таких материалов в сравнении с материалами аэрофотосъемки. Поэтому актуальным является разработка технологий, позволяющих в автоматизированном (или полуавтоматизированном) режиме обнаруживать местоположение свежих вырубок, ветровалов или буреломов, оценивать их площадь и вносить изменения в векторные картографические материалы.

**Цель и задачи.** Целью работы являлось формирование на основе программного комплекса *ENVI* и геоинформационных систем надежных методов и технологий для фиксации текущих изменений в лесном фонде по разновременным материалам космической съемки. Работа выполнялась в рамках задания по теме «Разработать технологию комплексной обработки данных дистанционного зондирования Земли для решения задач лесного хозяйства» подпрограммы «Применение космической информации в интересах лесного хозяйства» в 2009 г. сотрудниками отдела приема и обработки космической информации (РУП «Белгослес») совместно с сотрудниками кафедры лесоустройства (БГТУ).

В процессе выполнения работ необходимо было на базе программного комплекса *ENVI* и ГИС-средств предусмотреть решение следующих задач:

- на основе разновременных космических материалов высокого разрешения выделить те участки изображения, на которых наблюдались значительные изменения в спектрально-яркостных характеристиках, вызванные изменениями в лесном фонде (вырубки, ветровалы, буреломы, гари);
- оконтурить такие участки векторными полигонами и определить их площадь;
- максимально автоматизировать выполнение всех технологических операций.

**Основная часть.** При решении вышеуказанных задач было решено использовать методы геоинформационного пространственного анализа. Под пространственным анализом в общем смысле понимается группа функций, обеспечивающих анализ размещения, связей и иных пространственных отношений пространственных объектов. Выполнение данных процедур предусматривает использование специализированного программного обеспечения геоинформационных систем. Геоинформационный пространственный анализ можно определить как класс анализа графических (географических) объектов, взаимосвязанных с базами данных.

Современные геоинформационные системы представляют широкий спектр возможностей проведения пространственного анализа. Наиболее распространены в данной области специализированные программные модули *ArcGIS* и *ArcView GIS* пространственного и геостатистического анализа (*Spatial Analyst* и *Geostatistical Analyst*).

Существует несколько методов выявления текущих изменений на основе использования разновременных данных дистанционного зондирования. В работе рассматриваются только два, наиболее интересные, на наш взгляд.

**Выявление текущих изменений в лесном фонде по разновременным панхроматическим материалам космосъемки.** Разновременные панхроматические изображения предпочтительно использовать для целей фиксации существенных изменений в лесном фонде, таких как рубки, ветровалы, буреломы.

Определение местоположения вырубок выполнялась нами по материалам панхроматической съемки со спутников *SPOT* (дата съемки – 2004 г.) и *ALOS* (дата съемки – 2007 г.) с пространственным разрешением 2,5 м. Съемка выполнена на территорию Налибокского лесничества Столбцовского лесхоза. Выявление изменений проводилось в пакете *ENVI* с помощью функции «*Change detection*».

В процессе выполнения данной процедуры программный комплекс *ENVI* формирует карту изменений, на которой различными цветами представлены изменения в различных классах пространственных объектов (рис. 1). Для определения классов, участвующих в отображении вырубок, выполнялось сопоставление полученной карты с материалами съемки со спутника *ALOS* (содержащими вырубки). Для этих классов выполнялась перекодировка изображения с целью объединения кластеров поврежденных лесных массивов в один класс, а оставшихся кластеров в другой. Участки со сплошными вырубками окрашивались в один цвет (черный на рис. 1), тогда как все остальные – в другой цвет (белый на рис. 1).

Для снижения погрешности классификации проводилась генерализация (объединение) полигонов классифицированного изображения, где минимальный размер сохраняемого полигона равняется 20–50 пикселей. В результате формируется изображение, содержащее маску поврежденных лесных массивов (рис. 1). Маска классификации представлена в растровом формате. Для получения нового векторного слоя возможны два варианта: автоматическая векторизация или оцифровка с экрана.



Рис. 1. Маска поврежденных участков на территорию Налибокского лесничества, полученная в результате выполнения операции «Change detection» в пакете *ENVI*

Процедура автоматической векторизации растрового изображения заключается в оконтуривании всех пикселей, различающихся по яркости или присвоенному значению (имени) с соседними элементами. В процессе векторизации не предусматривается обобщение границ полигонов, поэтому необходимо редактирование полученных контуров.

Возможно применение ручной векторизации изображения и, при необходимости, генерализации классифицированного растрового изображения. Выполнение этой операции занимает больше времени. Однако, в случае, когда карто-

графируемые объекты представляют сочетание разнородных элементов или они слишком мелкие относительно масштаба создаваемой карты, оцифровка экранного изображения может оказаться эффективной.

В нашем случае для получения векторного файла проводилась автоматическая векторизация полученного растрового изображения, заключающаяся в оконтуривании всех пикселей маски поврежденных лесных массивов. Программный комплекс *ENVI* позволяет формировать векторные данные в формате shape-файла (*ESRI*).

Результирующая тематическая карта поврежденных строилась в ГИС-среде путем нанесения на векторный лесостроительный планшет векторной маски поврежденных участков (рис. 2).



Рис. 2. Фрагмент векторной карты Налибокского лесничества с нанесенными повреждениями

Таким образом, можно получить информацию о месторасположении поврежденных выделов, а также определить площадь повреждений и импортировать их в текстовый файл, используя функциональные возможности ГИС-пакета.

**Выявление текущих изменений в лесном фонде на основе двух разновременных классифицированных изображений.** Для выявления текущих изменений в лесном фонде данным способом используются разновременные мультиспектральные материалы съемки высокого разрешения на выбранную территорию. После подбора разновременных данных дистанционного зондирования на территорию объекта необходимо выполнение точной геометрической коррекции материала – космические снимки должны быть точно привязаны друг к другу до полного их совпадения (пиксель в пиксель). В противном случае возможны ошибки в получаемых картографических и фактографических данных.

На следующем этапе выполняется тематическая классификация этих снимков по одному и тому же набору выделяемых классов. В нашем

случае выполнялась тематическая классификация с обучением на основе эталонно-калибровочных участков. В результате формируются две растровые тематические карты на заданную территорию. Эти карты конвертируются в векторный формат. Векторные слои должны быть представлены в формате *shape*-файла (*ESRI*), в атрибутивной базе каждого из которых должно присутствовать поле грид-кода с указанием шифра класса или его символического названия.

На заключительном этапе выполняется формирование карты текущих изменений. Указанные векторные слои загружаются в среду программного комплекса *ArcView*, в котором непосредственно и выполняется процедура геопространственного анализа. Для этого используется дополнительный программный модуль, реализованный в программной среде *ArcView – Avenue*. Функциональные возможности программного модуля «*Change Detection*» включают:

- выявление трансформаций дешифрируемых классов объектов;
- создание тематических карт динамики дешифрируемых классов объектов;
- расчет площадей наблюдаемых изменений.

В качестве исходных данных для работы используются векторные карты, полученные на основе тематического дешифрирования разновременных данных космической съемки. В результате работы программного модуля формируются следующие данные:

- тематические карты динамики дешифрируемых классов объектов;
- атрибутивная информация, содержащая указание направления выявленной трансформации земель и ее площадь.

По вышеприведенной технологии была получена карта динамики дешифрируемых классов объектов на часть территории Березинского лесхоза за период с 2008 по 2009 г. В качестве исходных материалов дистанционного зондирования использовались материалы съемки *ALOS/AVNIR* за 2008–2009 гг.

**Заключение.** Наиболее надежным методом выявления грубых повреждений лесного

фонда, на наш взгляд, является использование разновременных панхроматических космических снимков высокого разрешения. Данный метод является наиболее простым и легко автоматизируемым.

Метод выявления текущих изменений в лесном фонде на основе двух разновременных классифицированных изображений значительно сложнее, поскольку требует предварительной тематической классификации исходных мультиспектральных изображений. От качества ее выполнения зависит точность конечного результата (получаемой карты динамики дешифрируемых классов объектов и площадей произошедших изменений). Процедура тематической классификации космических снимков, в свою очередь, достаточно сложная и трудоемкая, требует от оператора наличие высокой квалификации и опыта. При выделении на снимках большого числа классов объектов (8–10 или более) возникают сложности с интерпретацией переходов одного класса в другой, теряется наглядность полученной карты. Последовательность операций данного метода сложнее автоматизировать. Однако, его важным положительным моментом является возможность отслеживания не только грубых изменений в лесном фонде (сплошные вырубki, ветровалы, буреломы) но и менее выраженных.

Приведенные выше данные по использованию разновременных материалов дистанционного зондирования для выявления текущих изменений в лесном фонде свидетельствуют о возможности использования данных технологий для практического применения.

### Литература

1. Модель и технология автоматизированной классификации земных покрытий по данным дистанционного зондирования / Т. Соукап [и др.] // Материалы третьего белорусского космического конгресса, 23–25 октября, 2007. – Минск, 2007. – С. 214–218.

Поступила 14.04.2010