

материально-денежную оценку и объявляют продажу с торгов. Качество проведения рубки заклеименных деревьев гарантируется договорами с потребителем, в которых установлены двойные-тройные штрафы за несоблюдение оговоренных условий. Выполненные работы в натуре принимает комиссия, составленная из представителей лесхоза, ПЛХО, Минприроды, научных организаций. Несоблюдение лесозаготовителем требований договора влечет за собой крайне невыгодные для него штрафные санкции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР / Под ред. В. Ф. Багинского. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1984.
2. Багинский В.Ф., Есимчик Л.Д. Лесопользование в Беларуси. – Мн.: Беларуская навука, 1996.
3. Proházek J., Chroust M., - Les a lesni hospodárstvi v Československu. – Praha, 1986.
4. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии / Под редакцией А. З. Швиденко. – Киев, 1987.
5. Ермаков В.Е., Демид Н.П. К оценке промышленно-сырьевой базы хвойных лесов Республики Беларусь // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. Вып. 7. – Минск, 1999. – С.48-54.

УДК 630\*587.2; 587.5

О. А. Агрощенко, профессор;  
В. В. Гучек, гл. инженер НИП ГИС НАНБ;  
А. В. Тузиков, вед. н. с. НИП ИТ НАНБ;  
А. П. Кулагин, гл. инженер ГЛПО  
«Белгослес»;  
А. Р. Понтус, директор ГП  
«Лесмашинвест»

#### МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ И МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ

In clause the techniques of the space information processing for an estimation and monitoring of Belarusian woods are stated.

Техногенные нагрузки, стихийные природные явления оказывают существенное влияние на леса как один из важнейших компонентов живой природы, формирующих среду обитания человека. За последнее время, вследствие неблагоприятных природных и техноген-

ных явлений, наблюдается постепенная прогрессирующая деградация лесов, причины которой до конца не изучены. Для принятия оптимальных решений по использованию и сохранению лесных ресурсов Республики Беларусь важнейшее значение приобретает информация об их состоянии, то есть оперативная оценка текущих изменений в лесном фонде.

В настоящее время в мировой практике для оценки текущих изменений в лесном фонде широко применяются геоинформационные технологии, использующие в качестве основных источников информации о состоянии лесного покрова материалы аэрокосмического дистанционного зондирования Земли. Как показывает мировая практика, дистанционные методы сбора и обработки информации о природных объектах по качеству, объему, достоверности, объективности и доступности данных значительно превосходят традиционные наземные контактные методы. Что особенно важно - стоимость единицы информации, необходимой для принятия решения, в дистанционной системе ниже, чем в контактной [1,2,3].

В 1997-2000 годах БГТУ, ГЛПО «Белгослес» Министерства лесного хозяйства, НИП ГИС НАН Беларуси, НИП ИТ НАН Беларуси, ГНПП «Космоаэрогеология» проводят научные разработки и их практическую реализацию оперативного контроля за состоянием и рациональным использованием лесных ресурсов Беларуси на основе аэрокосмических и наземных измерений.

В данной статье представлены некоторые методы обработки космической информации для проведения оценки и мониторинга лесов Беларуси. На основе рассматриваемых методов разработаны программные комплексы, позволяющие проводить автоматизированное дешифрирование с учетом физико-географических особенностей территорий Республики Беларусь, а также условий космической съемки.

### **1. Методика автоматизированного дешифрирования материалов космической съемки на основе цифровой обработки на ПЭВМ спектральных характеристик лесного покрова**

Автоматизированное дешифрирование основано на определенной последовательности операций, выполняемых на АРМ, основой которых являются ПЭВМ и программные средства графической и картографической обработки информации. АРМ выполняют функции приема и ввода космоснимков, их обработки, привязки к тематической цифровой или растровой карте, выделения и обработки эталонно-ключевых участков (ЭКУ), выделения исследуемых участков и объек-

тов на космоснимке и нанесения их на карту. При этом производятся следующие основные работы и операции.

1. Оценка качества космоснимков, определение их пригодности для обработки.

2. Оценка помех и искажений при приеме изображений, облачности, возможности различить объекты в отдельных спектральных каналах, а также то, насколько космоснимок покрывает интересующий район исследования.

3. Предварительная обработка материалов в интерактивном режиме с подбором спектральных характеристик для улучшения качества изображения в следующей последовательности:

- выделяется из всего космоснимка та его часть, которая покрывает только исследуемую территорию;
- анализируется качество спектрального содержания выбранной части снимка, для повышения дешифровочных свойств космоснимка используется команда меню «Палитра», где содержатся функции управления характеристиками спектральных составляющих космоснимка;
- применяется операция «Редактирование палитры», позволяющая с помощью набора параметров изменять закономерность преобразования яркостных характеристик для каждого основного канала.

Точные значения параметров обработки оператором-дешифровщиком выбираются индивидуально и в основном зависят от условий съемки, качества космоснимка и индивидуальных особенностей оператора-дешифровщика.

Космоснимок и карта загружаются в картографический редактор цифровой тематической карты (ЦТК) по космоснимку. На снимке выделяются опорные объекты и ЭКУ.

По выделенным ЭКУ производится автоматический расчет их характеристик, а затем на основе попиксельного анализа (подробнее см. статью Гучека В.В. и Теран Е.Э в сборнике научных трудов ИТК НАН Беларуси «Цифровая обработка изображений». Выпуск № 4) выделение на всем снимке лесных объектов, аналогичных им.

Выявленные аналогичные лесные объекты наносятся на ЦТК, а их характеристики в базу данных.

В качестве ЭКУ для поддержания операций дешифрирования лесонасаждений на космических снимках возможно использование информации поведельной базы данных ГИС «Лесные ресурсы» со

сроком их последнего обновления по натурным измерениям не более 1-2 лет.

Результаты обработки космоснимков в виде оперативной тематической карты с количественным и качественным описанием дешифрованных объектов лесонасаждений в последующем необходимо использовать в системе ГИС «Лесные ресурсы» с целью их учета при обработке и оценке текущих изменений лесного фонда.

## 2. Методика автоматизированного дешифрирования космоснимков на основе спектральных характеристик и текстурных признаков изображения лесного покрова

Методика позволяет получать тематические план-схемы сегментированного изображения методом автоматизированного дешифрирования на основе спектральных характеристик и текстурных признаков изображения.

При проведении работ выполняются следующие функции: 1) анализ космического изображения; 2) создание эталонных классов; 3) классификация исходного изображения в соответствии с выбранными эталонными классами; 4) создание тематической план-схемы в рамках системы Khoros.

На основе данных наземных измерений создаются эталонные классы (подобно ЭКУ) интересующих участков. Критерием выбора служат яркостные параметры.

В основе решения данной задачи лежит алгоритм классификации образов по критерию минимума расстояний [2]. Рассмотрим  $M$  классов  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M$ , которые допускают представление с помощью эталонных образов  $z_1, z_2, \dots, z_M$ .

Классификатор, построенный по принципу минимума, вычисляет расстояние, отделяющее неклассифицированный образ  $x$  от эталона каждого класса, и зачисляет этот образ в класс, оказавшийся ближайшим к нему. Схема данного алгоритма имеет следующее описание.

П.1. Начало.

П.2. Загрузка эталонов :  $z_j, j=1, 2, \dots, M$ .

П.3. Загрузка исходного образа  $x$ .

П.4. Вычисление расстояний  $D_j = \|x - z_j\|, j=1, 2, \dots, M$ .

П.5. Зачисление образа  $x$  в класс  $\omega_i$ , если  $D_i \leq D_j$  для всех  $j \in I, j=1, 2, \dots, M$ .

П.6. Если массив закончен - остановка, иначе - переход происходит на П3.

Продолжая исследование общих свойств этой схемы классификации, необходимо рассмотреть выборку образов с известной классификацией  $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ , предполагая, что каждый образ выборки входит в один из классов  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M$ . Определяется правило классификации, основанное на принципе ближайшего соседа (БС-правило). Это правило относит классифицируемый образ к классу, к которому принадлежит его ближайший сосед, причем образ  $x_i \in \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$  называется ближайшим соседом образа  $x$ , если

$$D(x, x) = \min \{ D(x_i, x) \}, i = 1, 2, \dots, N,$$

где  $D$  - любое расстояние, определение которого допустимо на пространстве образов.

Эта процедура классификации относится к первому БС-правилу, т. к. при ее применении учитывается принадлежность некоторому классу только одного ближайшего соседа образа  $x$ . В данном алгоритме используется  $k$ -ое БС-правило, предусматривающее определение  $k$  ближайших к  $x$  образов и зачисление образа  $x$  в тот класс, к которому относится наибольшее число образов, входящих в эту группу. В качестве  $k$  выбрано нечетное целое число,  $k = 5$ .

Работа по тематической обработке изображений выполняется в рамках системы KHOROS на рабочей станции, действующей под управлением операционной системы Linux. Разработана программа для обработки исходного изображения, выполненная на языке визуального программирования Cantata.

В программе используются два алгоритма:

- 1) первый - классификация объекта по  $k$  ближайшим соседям ( $k=5$ );
- 2) второй - классификация объекта по всем соседям внутри гиперсферы радиуса  $R$  ( $R=10$  пикселей).

В текстовых файлах class1.txt, class2.txt, class3.txt, class6.txt определены координаты шести эталонных классов исходного изображения. Программа читает эти файлы с координатами, задающими прямоугольную область, и выделяет шесть областей интереса на исходном изображении.

Далее создается для каждого класса на основе информации из соответствующей выделенной области интереса вектор-представитель, т. е. подмножество точек, представляющее класс, для последующей классификации изображения. Поскольку векторы-представители классов имеют различные размеры, они связываются в единый блок для классификации. Созданные векторы-представители различного разме-

ра добавляются в один блок, который будет использоваться далее для классификации. Каждый представитель класса помечается так, чтобы классификатор мог в дальнейшем определить, какие данные принадлежат какому классу.

Далее подпрограмма-классификатор классифицирует исходное изображение, используя созданный на предыдущем этапе блок представителей классов. Эта программа вызывается дважды: первый раз - для классификации изображения по  $k$  ближайшим соседям ( $k=5$ ), второй раз - для классификации изображения по всем соседям внутри гиперсферы радиуса  $R$  ( $R=10$  пикселей).

В результате на основе полученного классифицированного изображения создается тематическая карта-схема, которая представляет цветовую версию результата классификации. Цвета классов задаются в ASCII файле CSF (Class Specification File).

*Входными данными* являются:

- исходное космическое изображение в формате tiff или bmp;
- текстовые файлы class1.txt, class2.txt, class3.txt, class6.txt, в которых определены координаты шести ЭКУ исходного изображения, выделенные после привязки МДС к карте и последующей их обработки.

*Выходными данными* являются:

- тематические план-схемы сегментированного изображения.

В результате обработки исходного космического изображения лесного покрова по двум указанным алгоритмам получают тематические схемы-планы сегментированного изображения, в которых различаются 6 яркостных значений для черно-белого изображения, или 6 цветовых значений (рис. 6 - тематическая схема-план, полученная с помощью первого алгоритма).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гершинзон В.Е., Гарбурк С.В. Космические системы дистанционного зондирования Земли. - М.: А и В, 1997.
2. Исаев А.С. Проблемы мониторинга и моделирование динамики лесных экосистем. - М.: Международный институт леса, 1995.
3. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли. - М.: Мир, 1988.
4. Методы и средства ДЗЗ и обработки космической информации в интересах народного хозяйства: Материалы Всесоюзной конф., г. Рязань, 12.04.89. - Рязань: РАН, 1989.
5. Цифровая обработка изображений: Сб. науч. трудов ИТК НАНБ.- Мн.: НАНБ, 1998. Вып. 2.

6. ГИС-обозрение (Раздел "Дистанционное зондирование").— М.: ГИС-ассоциация, 1996—1999.
7. Стратегический план развития лесного хозяйства Беларуси на 2000-2015 гг.— Мн.: Минлесхоз, 1997.
8. Харук В.И. и др. Дистанционные исследования леса.— М.: Недра, 1986.
9. Юркевич И.Д. и др. Справочник работника лесного хозяйства.— Мн.: Наука и техника, 1986.
10. Виноградов Б.В. Космические методы изучения природной среды.— М.: Мысль, 1976.

УДК 630\* 443,3

И. А. Тяшкевич, генеральный директор НПП «Космоаэрогеология»;  
 А. Р. Понтус, директор ГП «Лесмашинвест»;  
 Н. И. Федоров, профессор;  
 А. И. Блинцов, доцент;  
 Д. Г. Балабаев, зав. сектором НПП «Космоаэрогеология»;  
 Я. И. Марченко, директор РПП «Беллесозащита»;  
 Г. Ф. Мишнева, вед. инженер РПП «Беллесозащита»;  
 В. А. Ярмолевич, аспирант

### **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ**

Aerospace forestry patological monitoring includes remote indication of structure, scale, degrees and the centers of a defeat; the analysis and forecast of dynamics (changes) of the changed areas of the centers; spatial-temporary modeling of transformation of woods under influence of the adverse factors; natural areas planning and forecasting of forest renovation processes; automatization of thematic processing of the multizone aerospace information.

Аэрокосмический лесопатологический мониторинг включает в себя дистанционную индикацию структуры, масштаба, степени и природной приуроченности очагов поражения; анализ и прогноз динами-