

4. Критерий металлоемкости технологического оборудования лесозаготовительных машин является важным показателем при выборе системы машин из рассматриваемых вариантов.

Последовательность принятия решения по оптимизации выбора системы машин для проведения заготовки древесины можно представить следующим образом:

- создается N модельных лесосек и выбирается K стратегий (систем машин);
- проводится окончательный выбор оптимальной системы машин для заготовки древесины в конкретном древостое с использованием теории игр и статистических решений.

Таким образом, предложенная методология использования геоинформационных систем для решения лесозаготовительных задач позволяет решить широкий их круг, в том числе на основе комплексного подхода.

Работы по данному направлению начаты на кафедре лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов Ю.Ю., Кильпелайнен С.А., Давыдков Г.А. Геоинформационные системы. – Йозенсуу, 2001. – 201 с.
2. Лесные машины «Беларус»: Учеб. пособие / А. В. Жуков, А. С. Федоренчик, В. А. Коробкин, А. Н. Бычек. – Мн.: БГТУ, 2001. – 149 с.
3. Герц Э. Ф., Безгина Ю. Н., Мехренцев А. В. Оценка вероятности заготовки деревьев при несплошных рубках манипуляторной ЛЗМ // Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие: Материалы междунар. науч.-практич. конф., Минск, 4–6 декабря 2002 г. / БГТУ. – Мн., 2002. – С. 201–204.

УДК 630*585; 630*587.5

И. А. Тяшкевич, начальник отдела УП «Белгослес»; М. А. Ильючик, мл. науч. сотрудник; Е. В. Котова, инженер I категории УП «Белгослес»

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ ЛЕСНЫХ КАРТ

Bases of the methods of processing at thematic classification of the remote sensing data forests are described.

Целью исследований являлось определение спектральной отражательной способности различных категорий земель лесного фонда по разным данным дистанционного зондирования, а также выполнение тематической обработки снимков в специализированных пакетах программного обеспечения.

Объектами изучения являются: сплошные вырубki и гари; участки, на которых проводится или была проведена подготовка почв; участки, где проводились постепенные и выборочные рубки; участки с усыхающими еловыми насаждениями; участки, поврежденные буреломом и ветровалом; участки различного породного состава.

Классификация, дешифрирование и интерпретация изображений выполняется на основе анализа спектров отражения, поглощения и излучения электромагнитной энергии дешифрируемыми объектами. Интенсивность излучения регистрируется сенсорами съемочных систем наземного, авиационного или спутникового базирования.

Главными целями специальной обработки изображений являются [1]:

- 1) трансформирование снимков с их привязкой к географическим или условным координатам;

- 2) коррекция изображений (радиометрическая, спектральная, частотная), используемая для улучшения читаемости при визуальном и машинном дешифрировании;
- 3) выделение на снимке объектов или их классов;
- 4) выявление изменений по ретроспективным аэрокосмоснимкам.

Определение пространственных, таксационных и дополнительных характеристик леса при многоуровневой инвентаризации производилось с помощью компьютерной классификации: автоматического разделения пикселей изображения на классы, величина которых может устанавливаться системой, задаваться или корректироваться оператором.

При дешифрировании лесов по аэро- и космическим фотоснимкам в качестве классификационных признаков используются общие и спектральные коэффициенты оптической плотности, а при дешифрировании нефотографических изображений – записи спектров отражения.

Особую значимость при оценке изменений получили так называемые «индексы растительности» (vegetation indices). Их вычисляют как простое отношение коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) в ближнем инфракрасном и красном диапазонах или в нормализованном виде (NDVI) по формуле [1]

(1)

где NIR – коэффициент спектральной яркости в ближней инфракрасной зоне; Red – коэффициент спектральной яркости в красной зоне.

Коэффициент спектральной яркости [2] – это отношение спектральной плотности энергетической яркости исследуемой поверхности V_λ к спектральной плотности энергетической яркости идеально рассеивающей эталонной поверхности $V_{\lambda_{эт}}$ в строго фиксированном направлении.

КСЯ вычислялся по формуле

$$R = V_\lambda / V_{\lambda_{эт}} . \quad (2)$$

Самым простым способом определения текущих изменений в лесном фонде по данным дистанционного зондирования лесов является визуальное сравнение двух аналоговых изображений, полученных в разный период времени. Более усложненным является сравнительный анализ двух изображений сканерных систем (или оцифрованных матриц), полученных в результате автоматизированной классификации на ЭВМ.

В качестве основного метода распознавания объектов лесного фонда и определения изменений состояний их компонентов обычно выбирается интерактивная классификация, позволяющая шире использовать материалы наземных обследований для выявления и анализа текущих изменений. Неконтролируемая классификация больше подходит для предварительного обследования территорий с выявлением крупных объектов и их совокупностей.

Для определения характера текущих изменений лесного массива использовались снимки высокого разрешения Terra системы Aster за 2000–2002 годы и космические снимки, полученные станцией приема в УП «Белгослес» с российского спутника Meteor-3М 3 июня и 19 августа 2002 года для части Лебедевского лесничества Молодечненского лесхоза.

С использованием материалов выборочной таксации лесных площадей и выделенной базы данных ГИС «Лесные ресурсы» был проведен сравнительный анализ

имеющихся изображений. По результатам анализа снимков Terra-Aster видно, что на изображениях разных временных периодов хорошо выделяются участки с вырубками лесного массива, а также участки с усыханием еловых насаждений, находящиеся по границам вырубок прошлых лет, которые отображаются светло-зеленым цветом изображения. Сами усыхающие насаждения отображаются на снимках более светлыми (оранжевыми) цветами на фоне здорового лесного массива, имеющего темный зеленый цвет.

На космических снимках выделены классы объектов (вырубки и насаждения). Изменения, происходящие при естественном росте и развитии лесной растительности, а также характер антропогенного и природного воздействия отражаются в цвете изображения, определяющем спектральные отражательные свойства объекта в разных спектральных зонах. С учетом этих особенностей для некоторых выделенных классов были рассчитаны коэффициенты спектральной яркости для каждой зоны и коэффициент вегетационного индекса по снимкам Метеор-3М (таблица).

По анализу коэффициентов спектральных яркостей классов можно установить характерные различия в зонах спектра на снимках, полученных в разный вегетационный период. Определенную зависимость можно выявить также по коэффициентам вегетационного индекса для различных категорий земель и насаждений. Так, для чистых еловых насаждений коэффициент NDVI значительно изменился за период июнь – август с 0,200 до 0,776, для смешанных еловых насаждений разного возраста и состава – с 0,074 до 0,623 и с 0,203 до 0,408. Все это объясняется различной поглощающей и отражающей способностью объектов.

Разности в оптических плотностях объектов характеризуют цвет и контрастность изображения, на основании которых и проводится дешифрирование по снимкам. Различия значений спектральных яркостей лежат в основе автоматизированных систем тематической обработки изображений.

Таблица

Корреляция коэффициентов спектральной яркости и вегетационного индекса для разных категорий лесных земель

Выделяемые классы	Снимок Метеор-3М 3.06.2002 г.				Снимок Метеор-3М 19.08.2002 г.			
	Коэффициент спектральной яркости			Коэффициент NDVI	Коэффициент спектральной яркости			Коэффициент NDVI
	$\Gamma_{0.5-0.6}$	$\Gamma_{0.6-0.7}$	$\Gamma_{0.8-0.9}$		$\Gamma_{0.5-0.6}$	$\Gamma_{0.6-0.7}$	$\Gamma_{0.8-0.9}$	
Свежие вырубки	0,706	0,392	0,856	0,323	0,760	0,484	0,840	0,318
Вырубки прошлых лет	0,596	0,720	0,631	-0,029	0,508	0,724	0,528	-0,128
Еловые насаждения 10Е(50), полнота 0,7	0,272	0,208	0,312	0,200	0,376	0,056	0,444	0,776
Смешанные насаждения 4Д6Е(60), полнота 0,7	0,280	0,316	0,336	0,074	0,440	0,104	0,448	0,623
Смешанные насаждения 8Е2Д(80), полнота 0,5	0,452	0,403	0,556	0,203	0,448	0,204	0,512	0,408

Для тематической обработки сканерных снимков Terra-Aster и Метеор-3М использовался специализированный пакет Envi 3.4. Envi имеет множество поддерживаемых форматов изображений для обработки снимков, полученных со спутников Landsat, Spot, Ikonos, IRS, Radarsat и других. Он также поддерживает расширения файлов программных продуктов ArcView, Erdas, Er. Mapper как векторных, так и растровых форматов. Имеет функции калибровки, геопривязки, контрастирования, статистической

обработки изображений. Этот программный продукт широко используется для тематической классификации различных аэрокосмических данных. С учетом множества классификационных методов при автоматизированной обработке КС представленный специализированный пакет и был принят для обработки снимков, получаемых станцией приема в УП «Белгослес», а также космических изображений Terra-Aster.

Выборка изображений (фотовыборка) включала совокупность пикселей по категориям земель и насаждений. При выполнении тематической обработки были определены участки, характеризующие тот или иной объект (фотовыборки), и таким образом выделено несколько классов различных категорий земель и насаждений. При выделении классов на изображении использовали данные, полученные при выборочной таксации древостоев круговыми площадками Биттерлиха, и информацию базы таксационных характеристик выделов из ГИС «Лесные ресурсы».

После выделения классов на изображении выбирался один из способов тематической классификации. По выбранному способу в автоматическом режиме осуществляется определение пикселей с заданными параметрами выделяемых классов по всему изображению. Для сравнения было выполнено классифицирование следующими способами: параллелепипеда, минимального расстояния, методом Махаланобиса и спектрального угла. По результатам выполненных классификаций наилучшим признан способ параллелепипеда, наиболее точно определяющий выделяемые классы. При классификации по методу параллелепипеда используется простое решающее правило для классификации многоспектральных данных. Границы класса формируют n -мерный параллелепипед в пространстве данных изображения. Границы параллелепипеда определяются на основе порога стандартных отклонений от среднего значения каждого выбранного класса. Если значение пикселя лежит выше нижнего порога и ниже верхнего порога для всех n полос, подлежащих классификации, он относится к данному классу. Если значение пикселя попадает в несколько классов, то пиксель относится к последнему из отображенных классов. Области, которые не попадают ни в один параллелепипед, остаются неклассифицированными [3]. Полученные результаты тематической классификации можно сохранять в файле растрового формата со всеми выделенными классами или каждым классом по отдельности.

Для обновления картографических и атрибутивных баз данных в ГИС «Лесные ресурсы» используют информацию, полученную наземными методами при лесоустройстве, авиационными (аэрофотосъемка), а также с космических станций фотографирования и сканирования поверхности земли (лесной растительности). В лесном хозяйстве данные дистанционного зондирования используются для учета текущих изменений лесного фонда, возникших в результате лесохозяйственной деятельности (вырубка лесных массивов, посадка лесных культур и т. п.), а также при воздействии абиотических факторов среды, вызывающих повреждения насаждений (буреломы, ветровалы, усыхания древостоев и т. п.).

Используемые нами данные космических съемок после тематической обработки были увязаны с картографической базой ГИС «Лесные ресурсы», где квартальная и повыдельная сети были нанесены на космическое изображение и на тематические карты, полученные после классификации. Привязку аэрокосмических материалов к картографическим данным можно осуществить по программным продуктам: «Formar», «Arc View», «Envi», «Erdas Imagine» и другим, позволяющим работать с векторными форматами карт. Для привязки картографических данных, взятых из ГИС «Лесные ресурсы», нами использовался специализированный пакет «Arc View 3.2», позволяющий работать

с многочисленными векторными слоями и растровыми изображениями. Использование увязанного изображения с векторными картами позволяет более точно отдешифрировать космический снимок по каждому выделу и объекту распознавания и внести текущие изменения в базу данных ГИС «Лесные ресурсы».

Таким образом, практически все виды изменений состояния насаждений, которые необходимо выявить и оценить, могут быть обнаружены на сканерных космоснимках в результате компьютерной классификации и визуальной интерпретации результатов. При многих видах нарушений естественного роста резко меняется спектральная яркость в красном диапазоне. Во всех случаях превышение спектральной яркости эталона является верным признаком нарушений естественных процессов роста, и этого достаточно для принятия соответствующих решений. Аналогичное положение наблюдается и в ближнем инфракрасном диапазоне. Для надежного выявления нарушений естественного роста необходимо проанализировать спектры излучения во всех зарегистрированных диапазонах.

Для разработки методики и технологии автоматизированной классификации, интерактивного дешифрирования и аналитической интерпретации космических изображений необходимо исследовать относительные плотности объектов лесной растительности как в узких интервалах (моноканалах), так и на синтезированных многозональных изображениях различных категорий земель лесного фонда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Любимов А. В., Ксенофонтов Н. И., Колесников Ю. Е. Геоинформационные системы в отраслях лесного комплекса и охране природы. Дешифрирование и интерпретация материалов аэрокосмических съемок для совершенствования инвентаризации особо охраняемых лесов. – СПб.: ЛТА, 2001. – 179 с.
2. Сухих В. И., Гусев Н. Н., Данюлис Е. П. Аэрометоды в лесоустройстве. – М., 1977. – 192 с.
3. Разработать и внедрить авиационный аппаратно-программный комплекс оперативного контроля за состоянием лесов: Отчет о научно-исследовательской работе, ГНТП «Леса Беларуси и их рациональное использование». – Мн., 2000.

УДК 631.3

В. П. Машковский, доцент

СГЛАЖИВАНИЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

This paper describes algorithm for calculating the smooth curve on base of the experimental data.

Исследователи постоянно сталкиваются с задачей сглаживания различных эмпирических зависимостей. Раньше такие проблемы решались преимущественно графическим методом. Однако при данном способе сглаживания полученная графическая модель процесса является весьма субъективной. В последнее время для сглаживания опытных зависимостей строят различные математические модели исследуемых процессов. Довольно часто для этой цели используют регрессионный анализ. Тогда подбор коэффициентов уравнения выполняется математическим методом, исключая субъективизм полученных результатов. Чаще всего для этой цели применяют метод наименьших квадратов. Однако при таком способе сохраняется субъективизм при под-