

УДК 630*587

И. В. Толкач, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (БГТУ); **О. С. Бахур**, магистрант (БГТУ)

КОНТУРНОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ ГРАНИЦ ВЫДЕЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

В статье приводится краткий анализ использования данных дистанционного зондирования для лесного хозяйства, дан обзор основных этапов технологии производства лесоучастительных плано-картографических материалов и применяемого программного обеспечения. Описана методика выполнения работ и приведены результаты оценки контурного дешифрирования выделов по космическим снимкам высокого и сверхвысокого пространственного разрешения различными исполнителями.

An analysis in brief outline of remote sensing application for forestry purposes has been done in given research. Also analysis of some stages of data processing during forest inventory cartographical data production as well as description of special computer software that is being in use is given. A methodic of the above given research is proposed. Also some results of forest stands delineation based on space images with high resolution according to different interpreters are published in the article.

Введение. В последние годы в связи с повышением интенсивности ведения лесного хозяйства в отрасли широко внедряются компьютерные технологии и информационные системы, для обеспечения функционирования которых особое значение приобретает получение актуальной и достоверной информации о лесном фонде.

В настоящее время в мире используются различные технологии получения картографических данных. Частично они основаны на оцифровке имеющихся карт разного масштаба, частично на методах, использующих непосредственные измерения на местности, или методах интерпретации данных дистанционного зондирования (ДЗ) поверхности Земли, которые из вышеназванных являются наименее затратными и наиболее эффективными [1, 2, 3, 4].

Современное лесоустройство в Республике Беларусь на всех стадиях лесоучастительного проектирования и производства плано-картографических материалов широко применяет компьютерные средства и геоинформационные системы. В 2001–2002 гг. специалистами отдела картографии информационно-вычислительного центра РУП «Белгослес» и РУП «Белгеодезия» разработана технология автоматизированного формирования плано-картографических лесоучастительных материалов, основой которой служат специализированные программные продукты Formod, Geographic transformer, Easy Trace, Photomod. Начиная с 2003 г., данная технология интенсивно используется РУП «Белгослес» [5, 6].

Можно выделить следующие ведущие этапы производства плано-картографических лесоучастительных материалов: аэрофотосъемка и проявка негативов, печать аналоговых аэрофотоснимков, контурное дешифрирование и подготовка их к таксации, таксация насаждений и корректировка отдешифрированных аэ-

рофотоснимков, оцифровка, формирование квартальной сети и привязка к топооснове, трансформирование и привязка к топооснове цифровых снимков, векторизация изображения, экспорт данных в ГИС, печать плано-картографических материалов [6].

Аэрофотосъемка проводится, как правило, за год до лесоустройства с использованием спектрально-аналитических фотопленок и фотобумаг.

Дешифрирование выполняется в рабочей области одного из снимков с помощью стереоскопа. При этом на снимки наносятся границы землепользователей, кварталов, выделов, водоемов, дороги, линии электропередач, каналы, реки, т. е. выполняется контурное дешифрирование изображения.

В ходе натурной таксации, наряду с оценкой таксационных показателей древостоев на местности, выполняется таксационное дешифрирование снимков (густоты, сомкнутости полога и полноты, размера крон, породного состава) и корректировка границ выделов. В камеральный период проводится сканирование аналоговых и получение цифровых снимков, их трансформирование, привязка и векторизация ситуации. Операции трансформирования привязки и векторизации выполняются с использованием современных вычислительных средств и программного обеспечения.

Традиционно для выполнения контурного дешифрирования и таксации насаждений использовались материалы аэрофотосъемки. Однако в связи с происходящими изменениями – переходом на цифровые технологии, планирующимся выводом на орбиту белорусского спутника и, как следствие, доступностью снимков высокого разрешения, развитием методов лазерной локации (лидарной съемки), необходимо проведение исследований по оценке возможностей применения цифровых снимков

(ЦС), получаемых различными методами дистанционного зондирования для целей лесоустройства и таксации леса [7].

Основным достоинством современных цифровых технологий является возможность формирования планово-картографических материалов на базе данных, получаемых из различных источников, которыми могут быть:

- материалы съемки с воздушных летательных аппаратов;
- данные натурной съемки с использованием GPS приемника;
- материалы съемки с космических летательных аппаратов;
- данные актуализации;
- вторичные данные (картографическая и поведельная базы данных прошлых лет).

Переход на использование цифровых снимков потребует некоторых изменений в технологическом процессе производства картографических материалов, и хотя основные этапы производства останутся практически без изменений, поменяется их очередность [6].

Современный уровень технологий дистанционного зондирования и автоматизированных систем интерпретации данных ДЗ позволяет значительно повысить оперативность получения данных о состоянии и динамике лесного фонда республики. В связи со значительным улучшением пространственного разрешения материалов дистанционного зондирования из космоса целью данного исследования является оценка точности контурного дешифрирования границ выделов по космическим снимкам высокого и сверхвысокого разрешения.

Основная часть. В качестве объекта исследования послужила часть лесов Величковичского лесничества ГЛХУ «Старобинский лесхоз». Для выполнения дешифрирования использовались синтезированные цифровые снимки 2010 г., сделанные с космического спутника GeoEye. Для синтеза применялись панхроматический снимок с разрешением 0,5 м (450–900 нм), и мультиспектральные снимки с разрешением 2 м, выполненные в синем (450–520 нм), зеленом (520–600 нм), красном (625–695 нм) и ближнем инфракрасном (760–900 нм) диапазонах.

Работы выполнялись в несколько этапов:

- улучшение визуальных дешифровочных свойств снимков;
- контурное дешифрирование;
- оценка результатов.

Визуальная оценка и улучшение дешифровочных свойств снимка выполнялась с использованием программного комплекса ENVI и графических редакторов методами линейной и нелинейной пространственной фильтрации и контрастирования. Все объекты имеют раз-

личные спектральные отражательные характеристики и по-разному изображаются на снимке. Тон и цвет изображения фактически является функцией отражательной способности объекта в части спектра, в которой производится съемка.

Как показал анализ, интервал яркостей снимка занимает около 25% всего диапазона (0–255), поэтому были выполнены два типа яркостных преобразований, основывающихся на растяжении диапазона и перераспределении значений. Для растяжения диапазона были использованы два способа преобразования: линейный и нелинейный.

И первый, и второй методы преобразований заключаются в расширении диапазона яркостей, в котором находится большинство значений. В одном случае пересчет значений яркости происходит в соответствии с линейным уравнением, во втором – с нелинейными (логарифмическим или экспоненциальным). Метод выравнивания (эквализации) заключается в аппроксимации исходной гистограммы гистограммой идеальной формы, в которой каждому значению яркости соответствует одинаковое число пикселей. Лучшие результаты показали методы преобразования Гаусса и выравнивания гистограммы (рис. 1).

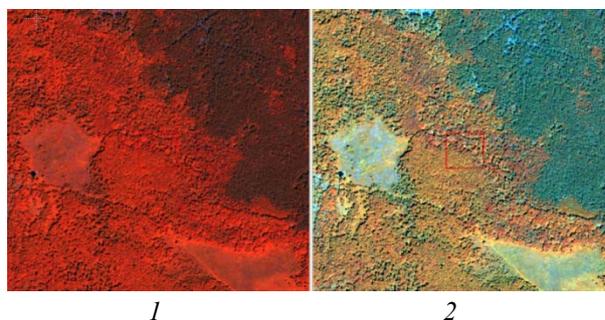


Рис. 1. Изображение части снимка до (1) и после (2) контрастирования кривой Гаусса

Контурное дешифрирование проводилось на снимках различного пространственного разрешения (0,5; 2; 4 и 8 м) разными исполнителями. Для получения снимков различного пространственного разрешения с помощью редактора растровой графики были выполнены ступенчатое увеличение размера пикселя и сглаживание изображения. Сглаживание производилось с использованием пространственной фильтрации, суть которой заключается в том, что значение яркости каждого пикселя рассчитывалось с учетом значений соседних пикселей и «весовых» коэффициентов, присвоенным каждому пикселю. Применялись маски 3×3, 5×5 и 7×7 элементов. Значения яркости пикселя определялось как среднее из произведений коэф-

фициентов маски на значения яркости соответствующих пикселей.

В зависимости от поставленных целей дешифрирование можно подразделить на два вида: общее, или комплексное (топографическое, ландшафтное и др.), и отраслевое, или специальное (лесное, геологическое, сельскохозяйственное и пр.) [3, 8].

Лесное дешифрирование направлено на выявление по аэрофотоснимкам категорий лесных земель и разделение их на однородные участки, определение планового положения этих участков и их характеристик. Лесное дешифрирование в зависимости от решаемых задач подразделяют на лесохозяйственное (выполняемое при обследовании вырубок, гарей, ветровалов, естественного возобновления, лесных культур, зараженных энтомовыми вредителями участков и др.) и лесотаксационное, которое, в свою очередь, подразделяется на контурное – определение границ выделов и таксационное – оценка таксационных показателей насаждений.

В зависимости от используемых приборов и оборудования дешифрирование может быть глазомерным, измерительным и автоматизированным. При глазомерном дешифрировании исследуемый объект описывают с использованием различных увеличительных приборов и стереоскопа. Для измерительного дешифрирования применяются оптико-механические приборы, имеющие специальные устройства для измерений фотоизображений. Автоматизированное дешифрирование выполняется с использованием ЭВМ.

Однако следует отметить, что наиболее часто применяются комбинированные методы. Это обусловлено интенсивным развитием ЭВМ и программного обеспечения для цифровой обработки ДДЗ.

Признаки, по которым объекты земной поверхности могут быть распознаны на снимках, называют дешифровочными. Некоторые признаки, такие, как цвет, тон, форма, размеры, границы, особенности и текстура изображения, можно непосредственно увидеть на снимке. Их называют прямыми.

Однако многие характеристики и свойства объектов непосредственного отражения на снимках не получают, а дешифрируются на основе закономерностей строения объектов и взаимосвязей с другими признаками. Эти признаки называются косвенными. В качестве косвенных обычно выступают прямые дешифровочные признаки других объектов, или сам факт наличия (либо отсутствия) этих объектов на снимке [8].

Специфической особенностью контурного дешифрирования является отсутствие границ

выделов в натуре и высокая степень субъективизма. Точность контурного дешифрирования во многом зависит от квалификации дешифровщика, качества и масштаба снимков, поэтому использование цифровых снимков и геоинформационной системы, позволяющей масштабировать изображение, обеспечивает улучшение качества дешифрирования. Для выполнения контурного дешифрирования и векторизации применялись снимки с пространственным разрешением 0,5; 2; 4; 8 м. Дешифрирование каждого снимка выполняли разные исполнители. Векторизация сделана с использованием геоинформационной системы ARCVIEW, при этом контурное дешифрирование выполнялось на снимках в текущем масштабе от 1 : 7000 до 1 : 15000 (рис. 2).

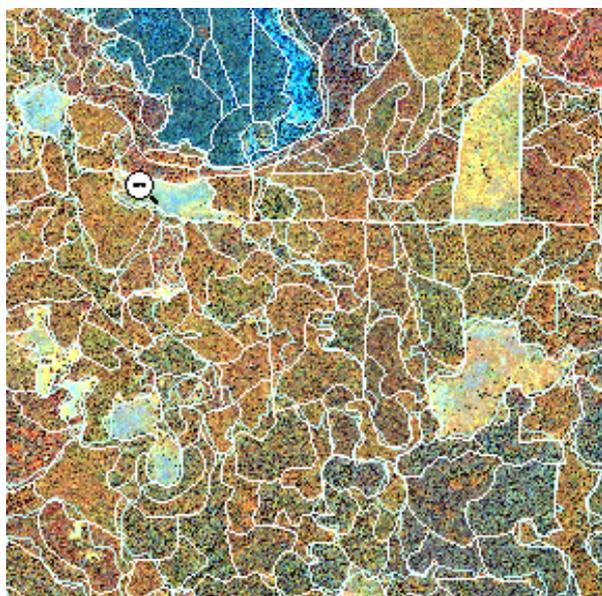


Рис. 2. Часть снимка с границами выделов (разрешение 2 м)

Оценка результатов контурного дешифрирования выполнялась путем подсчета числа совпадающих границ выделов у разных исполнителей на снимках с различным разрешением.

В горизонтальном и вертикальном направлениях равномерно по снимку прогладывались по три линии. Перемещаясь по линии, подсчитывалось количество границ выделов на снимках различного пространственного разрешения, которые обозначались 1 – разрешение 0,5 м; 2 – разрешение 2 м; 4 и 8 соответственно 4 и 8 м. Учитывались четыре исхода: совпадение границ выделов на одном, двух, трех и четырех снимках. При этом разрешение снимков, на которых границы выделов совпали, не учитывалось. Границы считались совпавшими в случае, если расстояние между ними не превышало ± 20 м (таблица).

**Количество совпадений
границ выделов на снимках различного
пространственного разрешения**

Совпали границы выделов	Количество совпадений	
	шт.	%
1	13	4,4
2	13	4,4
4	11	3,7
8	8	2,7
<i>Итого</i>	45	15,1
12	8	2,7
14	29	9,7
18	3	1,0
24	21	7,0
28	18	6,0
48	2	0,7
<i>Итого</i>	81	27,2
124	25	8,4
128	4	1,3
148	6	2,0
248	19	6,4
<i>Итого</i>	54	18,1
1248	118	39,6
<i>Всего</i>	298	100,0

Заключение. Как показал анализ результатов контурного дешифрирования, практически полное совпадение границ наблюдалось у всех исполнителей при дешифрировании нелесных и не покрытых лесом категорий земель, водоемов. При дешифрировании насаждений границы совпали не у всех исполнителей. В зависимости от пространственного разрешения снимков общее количество отдешифрированных выделов также различалось. На снимках с разрешением 0,5; 2; и 4 м различия были незначительные и составили менее 10%. При более низком пространственном разрешении снимка (8 м) количество отдешифрированных выделов было меньше на 65%.

Как показал анализ таблицы, количество границ выделов, совпавших на снимках различного разрешения, составило: совпали границы на 2 снимках – 27,2% случаев, на 3 сним-

ках – 18,1%, на четырех – 39,6%. Границы не совпали в 15,1% случаев. Совпадение границ выделов на трех и четырех снимках наблюдалось в 57,7% случаев.

Однако следует отметить, что дешифрирование выполнялось разными исполнителями и в полученных результатах присутствует некоторый субъективизм.

Литература

1. Hildebrandt, G. Fernerkundung und Luftbildmessung: für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie / G. Hildebrandt. – Heidelberg: Wichmann, 1996. – 676 s.
2. YE, R. Waldsimulation auf der Basis automatischer Luftbildmessung und unter Kontrolle von GIS / R. YE. – Freiburg i. Br., 1995. – 110 s.
3. Дмитриев, И. Д. Лесная авиация и аэрофотосъемка / И. Д. Дмитриев, Е. С. Мурахтанов, В. И. Сухих. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 366 с.
4. Сердюков, В. М. Фотограмметрия: учеб. пособие / В. М. Сердюков. – М.: Высш. шк., 1983. – 351 с.
5. Атрощенко, О. А. Технология создания автоматизированной системы лесного картографирования / О. А. Атрощенко, А. А. Пушкин // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. – 2002. – Вып. X. – С. 64–70.
6. Толкач, И. В. Производство лесоустроительных планово-картографических материалов с использованием цифровых снимков и ГИСТехнологий / И. В. Толкач // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2010. – Вып. 70. – С. 374–382.
7. Данилин, И. М. Лазерная локация Земли и леса: учеб. пособие / И. М. Данилин, Е. М. Медведев, С. Р. Мельников. – Красноярск: Ин-т леса имени В. Н. Сукачева СО РАН, 2005. – 182 с.
8. Лабутина, И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: учеб. пособие для студентов вузов / И. А. Лабутина. – М.: Аспект Пресс, 2004. – 184 с.

Поступила 17.02.2011