

УДК 630\*587

**И. В. Толкач**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (БГТУ)**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОСНОВНЫХ ТАКСАЦИОННО-ДЕШИФРОВОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ЦИФРОВЫХ СНИМКАХ**

В статье дан краткий анализ основных этапов технологии производства лесоустроительных плано-картографических материалов. Описаны особенности отображения полога древостоя на снимках, причины ошибок измерений и контурного дешифрирования. Приведены методы оценки основных таксационно-дешифровочных показателей древостоев по цифровым аэро- и космическим снимкам высокого и сверхвысокого пространственного разрешения с использованием ГИС-технологий.

An analysis in brief outline of data processing during forest inventory cartographical data production is given. The mapping features of crown cover of a forest stand in the images are described. The causes of errors of measurements as well as interpretation of forest stands delineation are analyzed. A methodic for estimating some main forest stand mensuration and decoding indexes for digital aerial and satellite images with high and super high spatial resolution based on the GIS technologies are proposed in the article.

**Введение.** Одной из основных задач Государственной программы развития лесного хозяйства Республики Беларусь на 2011–2015 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1626 от 03.11.2010 г., является модернизация лесохозяйственного производства путем его технического и технологического переоснащения, внедрения современных информационных технологий и аэрокосмических методов, новых программных средств, единой геоинформационной системы лесного хозяйства, электронных лесных измерительных инструментов. Среди предусмотренных программой направлений развития лесоустройства можно отметить применение цифровых аэро- и космических снимков высокого разрешения; составление цифровых лесных карт в единой географической системе координат; разработку технологии комплексной обработки данных дистанционного зондирования земли для инвентаризации и оценки состояния лесов, поэтому разработка методов автоматизированной оценки количественных и качественных показателей древостоев по аэро- и космическим снимкам является актуальной задачей.

Анализ основных этапов производства лесоустроительных плано-картографических материалов показал, что в последние годы в производстве лесных карт происходят значительные изменения:

– интенсивно используются современные цифровые технологии и компьютерное оборудование, информационные и навигационные системы;

– значительно повышаются требования к точности картографических материалов и пространственной привязке;

– оборудование, имеющееся для получения аналоговых аэрофотоснимков, исчерпало свой ресурс и в скором времени будет заменено на более совершенное и современное – цифровое,

а применение цифровых снимков (ЦС) потребует некоторых изменений в технологическом процессе;

– широко используются цифровые аэро- и космические снимки, доступность и пространственное разрешение которых постоянно повышаются [1].

Технология производства лесных карт достаточно современна, базируется на цифровых методах обработки информации, постоянно развивается, имеет хорошие возможности модернизации и может быть легко адаптирована к использованию в технологическом процессе цифровых снимков.

Цель исследования – разработка методов контурного дешифрирования и оценки основных таксационно-дешифровочных показателей с использованием ГИС-технологий, позволяющих повысить качество дешифрирования, автоматизировать и удешевить производство лесоустроительных плано-картографических материалов.

**Основная часть.** В последние годы для дешифрирования аэро- и космических снимков широко используются специализированные программные продукты, такие, как ENVI, ERDAS IMAGING и другие, предназначенные в основном для пиксель-ориентированной обработки изображений, практически не изучалась возможность использования для измерительного лесотаксационного дешифрирования геоинформационных систем.

На цифровых аэро- и космических снимках высокого пространственного разрешения на изображении полога древостоя достаточно хорошо выделяются кроны отдельных деревьев, что позволяет с помощью средств ГИС выполнить автоматизированную оценку состава и густоты древостоя, размеров крон, сомкнутости полога, а на их основе с использованием регрессионных моделей взаимосвязей дешифровочных и таксационных показателей, законо-

мерностей строения и роста – запаса древостоя. Для этой цели пригодна практически любая геоинформационная система, позволяющая работать с растровой графикой и имеющая стандартные средства измерений длин линий и площадей. В данной работе была использована свободно распространяемая открытая Quantum GIS Wroclaw версия (1.7.3).

При проведении контурного и таксационного дешифрирования следует учитывать особенности изображения полога древостоев на снимках. Снимок является центральной проекцией участка местности, однако лишь в центральной части снимка изображение близко к полученному в ортогональной проекции, а изображение на периферийной части является перспективным.

На плановых снимках при равнинной местности форма плоских объектов практически совпадает с их формой в ортогональной проекции [2]. Форма объектов и теней в условиях холмистой или гористой местности, а также объемных объектов в разных частях снимка в соответствии с законами центральной проекции сильно изменяется.

В центре и непосредственной близости от центра вертикально стоящие деревья изображаются почти в ортогональной проекции. Деревья, расположенные на некотором расстоянии от центра, – словно лежащими на земле, причем по мере удаления их от центра снимка их длина увеличивается. Вершина кроны смещается от основания ствола в радиальном направлении от центра к краям аэрофотоснимка. Форма кроны также изменяется и вытягивается.

Изображение полога древостоя состоит из освещенных или частично освещенных в момент экспозиции крон, а также промежутков между ними. Проекция крон и местоположение деревьев в центре снимка практически соответствуют их расположению на местности (ортогональной проекции). По мере удаления от центра к краю кроны частично перекрываются, поэтому видно лишь изображение их верхних частей. Не видны и соседние деревья меньшей высоты. По мере удаления от центра снимка форма промежутков между кронами также изменяется, а на периферийной части снимка не просматриваются вообще.

Величина смещения вершины дерева относительно основания определяется по известной в фотограмметрии формуле [4]:

$$\Delta R = Rh / H, \quad (1)$$

где  $\Delta R$  – параллактическое смещение (расстояние от основания до вершины дерева);  $R$  – расстояние от главной точки снимка до вершины дерева;  $h$  – высота дерева;  $H$  – высота фотогафирования.

Рассчитанные по вышеуказанной формуле значения смещения показывают, что при фокусном расстоянии 115 мм, высоте съемки 1150 м, масштабе 1 : 10000 и высоте дерева 25 м величина смещения вершин деревьев на краю рабочей области снимка составит в продольном направлении около 17 м, в поперечном – около 22 м. В масштабе снимка – это 1,7–2,2 мм, поэтому при дешифрировании границ насаждений, не покрытых лесом и нелесных земель, проведении измерений необходимо учитывать смещение, так как могут возникать значительные ошибки.

Для определения таксационно-дешифровочных показателей на аналоговых снимках широко используются палетки. Палетки предназначены для оценки густоты, состава и сомкнутости полога древостоев. Они имеют вид нанесенных на прозрачную основу различного размера окружностей, квадратов, прямоугольников, линий или точек [2]. Однако для работы с цифровыми снимками эти методы не пригодны. Современные ГИС-технологии открывают новые возможности в контурном и таксационном дешифрировании материалов дистанционного зондирования. Дешифровщик получает мощные средства измерений, масштабирования и цветовой коррекции цифровых снимков, а также совмещаются процессы дешифрирования и векторизации границ, что упрощает технологию производства лесных карт. Необходимо отметить, что все измерения должны выполняться на снимках, привязанных к системе координат.

**Определение густоты древостоя.** При определении густоты и состава насаждений в ГИС можно использовать аналогичные методы, основанные на подсчете числа видимых в пологе крон древесных пород на единицу площади.

Для этой цели применяется площадной объект с известной площадью или линейные объекты, формирующие сетку квадратов. В зависимости от текущего масштаба изображения площадь подбирается таким образом, чтобы на ней разместилось не менее 30 видимых крон деревьев, и подсчитывают их количество по породам. Подсчеты проводят несколько раз, смещая объект, или в нескольких квадратах сетки с последующим вычислением средних показателей состава. Полученные результаты редуцируются на один гектар.

Средства для автоматизированной генерации сетки квадратов (или точек) с заданным шагом есть во многих ГИС, но такую сетку можно создать и вручную.

Густоту древостоя можно определить также по среднему расстоянию между деревьями. Для этого в нескольких местах выдела измеря-

ются расстояния между расположенными вблизи деревьями и вычисляется среднее, по которому рассчитывается густота (2).

$$N = 10\,000 / l^2, \quad (2)$$

где  $N$  – количество деревьев (шт./га);  $l$  – среднее расстояние между ними (м).

**Определение сомкнутости полога.** Сомкнутость полога древостоя можно определить используя точечный или линейный методы. При точечном способе в ГИС формируется точечный слой с систематическим расположением точек. Затем производится подсчет точек, попадающих на кроны, края крон, и общее количество точек на выделе. Отношение суммы точек, попавших на кроны, и половины попавших на края крон к общему количеству точек на выделе дает сомкнутость полога.

Следует отметить, что подсчеты необходимо проводить на том снимке, на котором дешифрируемый выдел расположен как можно ближе к центру, с учетом особенностей изображения крон на снимке, описанных выше.

Сомкнутость полога древостоя может быть измерена также линейным методом. Для этого необходимо провести несколько параллельных прямых линий в пределах дешифрируемого таксационного участка, затем вдоль линий измерить длины отрезков, приходящиеся на изображения крон, и общую длину линии.

Измерение расстояний между деревьями, диаметров крон деревьев в ГИС выполняется стандартными средствами измерения длин линий. Для вычисления площади проекции кроны отдельного дерева необходимо создать полигональный объект и вычислить его площадь.

**Определение средней высоты древостоя.** Высоту отдельных деревьев или среднюю высоту древостоя в ГИС можно измерить стандартными средствами по длине теней или смещению вершины дерева от основания. Для определения высоты по длине теней нужно знать время съемки (дату и время дня), широту местности и измерить длину тени.

Однако необходимо помнить, что измерения по длине тени при сильно холмистом рельефе будут выполнены с грубыми ошибками, вызываемыми рельефом. Высоту определяют по формуле (3):

$$h = Lt \operatorname{tg} \alpha, \quad (3)$$

где  $h$  – высота дерева;  $L$  – длина тени;  $\alpha$  – угол солнцестояния.

Определение высоты деревьев по смещению вершины относительно комля основано на свойстве аэрофотоснимка как центральной проекции, обуславливающим смещение изображения точек, расположенных на различной высо-

те. Чем дальше дерево от центра снимка, тем больше смещение его вершины. Вычисляется высота дерева по следующей формуле (4):

$$h = H \Delta R / R. \quad (4)$$

Эти способы можно применять только в насаждениях с низкой полнотой или на границе с открытыми участками (вырубками, прогалинами и др.) [3, 4]. Более широкие возможности измерений дает цифровая фотограмметрическая станция.

Значительное влияние на изображение кроны дерева и полога древостоя оказывают направление солнечных лучей и угол солнцестояния. Поскольку на снимках отображается только освещенная часть кроны, размеры крон, изображенные на снимках, меньше их действительных размеров, так как часть кроны затенена и не просматривается. В данном случае необходимо разрабатывать нормативные таблицы (модели), отражающие взаимосвязи между видимыми на снимке и действительными размерами крон.

**Заключение.** Современные географические информационные системы имеют встроенные средства масштабирования, измерений линий и площадей, автоматизации процесса вычислений, что позволяет выполнять измерительное лесотаксационное дешифрирование древостоев на цифровых снимках. При этом целесообразно применять уже известные методы оценки таксационно-дешифровочных показателей древостоев с использованием средств ГИС. Можно рекомендовать применять для оценки густоты площадной способ или по среднему расстоянию между деревьями, сомкнутости полога – линейный либо точечный способы, средней высоты древостоя – по падающей тени или смещению вершины дерева относительно основания.

## Литература

1. Толкач, И. В. Производство лесоустроительных планово-картографических материалов с использованием цифровых снимков / И. В. Толкач // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. – 2009. – Вып. XVII. – С. 18–22.
2. Дмитриев, И. В. Лесная авиация и аэрофотосъемка / И. В. Дмитриев, Е. С. Мурахтанов, В. И. Сухих. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989. – 343 с.
3. Лобанов, А. Н. Фотограмметрия: учебник / А. Н. Лобанов М. И. Буров, Б. В. Краснопевцев. – М.: Недра, 1984. – 309 с.
4. Hildebrandt, G. Fernerkundung und Luftbildmessung: für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie / G. Hildebrandt. – Heidelberg: Wichmann, 1996. – 676 s.

Поступила 01.03.2012