

УДК 630*587

О. С. Бахур, аспирант (БГТУ)

ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ТАКСАЦИОННЫМИ И ДЕШИФРОВОЧНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ В СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ I И Ia КЛАССОВ БОНИТЕТА

В статье приведен краткий анализ использования данных дистанционного зондирования и современных программных продуктов для их обработки, дан краткий обзор основных закономерностей и взаимосвязей между таксационными и дешифровочными показателями древостоя. Описана методика выполнения работ по закладке таксационно-дешифровочных выделов и измерительной таксации, исследованы взаимосвязи между таксационными показателями и показателями полога в чистых сосновых древостоях I и Ia классов бонитета.

The article provides a brief analysis data of remote sensing and advanced software for processing, a brief review of the basic regularities and relationships between mensuration and deciphering characteristics of forest stand. The technique of performance of works to lay mensuration and deciphering stratum and forest inventory, the relationship between mensuration characteristics and indicators of forest canopy in pure pine stands of I and Ia growth classes is investigated.

Введение. В последнее десятилетие в отрасли лесного хозяйства республики интенсивно развиваются и внедряются цифровые методы и современные цифровые технологии обработки информации и геоинформационные системы. В РУП «Белгослес» внедрена цифровая фотограмметрическая станция Photomod и используется современное программное обеспечение для обработки данных дистанционного зондирования, такие как ENVI, ScanEx, ERDAS IMAGINE и др. Таким образом, на смену традиционной обработке материалов аэрофотосъемки и космической съемки при помощи простых оптических приборов и визуального анализа приходят цифровые компьютерные технологии.

Применение геоинформационных систем и цифровых фотограмметрических станций открывает новые возможности для измерительного лесотаксационного дешифрирования, а использование закономерностей строения древостоя и взаимосвязей между таксационными и дешифровочными показателями позволяет определить основные таксационные характеристики древостоя.

С прошлого года при лесоустроительных работах начали применять космические снимки (в 2011 г. составило 5%, в 2012 г. – 10%). В настоящее время цифровые материалы аэрофотосъемки и космической съемки лесов все шире используются при мониторинге лесов, при оценке состояния лесного фонда и изменений, вызванных хозяйственной деятельностью человека и неблагоприятными погодными условиями, поэтому необходима разработка новых методов дешифрирования и интерпретации цифровых снимков.

22 июля 2012 г. был запущен белорусский космический аппарат дистанционного зондирования Земли, который в ближайшем времени обеспечит заинтересованные отрасли Республики Беларусь данными космической съемки,

которые будут использованы для решения различных задач градостроительства, геодезии, землеустройства, сельского и лесного хозяйства. В связи с этим разработка новых методов оценки количественных и качественных показателей лесного фонда, а также его изменений, является актуальной задачей.

Цель работы – исследование взаимосвязей между таксационными показателями и показателями полога в чистых сосновых древостоях на цифровых космических снимках высокого разрешения с использованием специализированного программного обеспечения и ГИС-технологий.

Основная часть. При составлении таксационной характеристики насаждений методами измерительного дешифрирования аэро- и космических снимков можно получить лишь часть показателей древостоя, характеризующих его полог. Поэтому еще в 1924 г. возник вопрос об использовании связи между размерами крон, видимыми на снимках, и другими таксационными признаками, невидимыми на них, например диаметрами на высоте груди. В дальнейшем исследования проводились с целью установления зависимостей не только между диаметрами крон D_K и диаметрами на высоте груди d_m , но также между диаметром крон, высотой деревьев и длиной крон. Они показали, что диаметры крон в наибольшей степени связаны с диаметрами на высоте груди (коэффициент корреляции 0,7–0,9). Связь же между диаметром крон, высотой деревьев и длиной крон оказалась несколько ниже (коэффициент корреляции 0,5–0,6) [1].

Между таксационно-дешифровочными показателями, характеризующими древостой и его полог, существуют не только парные, но и множественные зависимости, например между диаметром на высоте груди, высотой и полнотой – $d_m = f(h, P)$ или диаметром на высоте груди, высотой, диаметром крон, сомкнутостью и

классом бонитета – $d_m = f(h, D_K, C_n, \text{класс бонитета})$, которые моделируются с помощью различных корреляционных уравнений или выражаются в виде графиков, номограмм, таблиц, в том числе хода роста, дополненных дешифровочными показателями ($h, D_K, C_n, l_k, h_{Dk}, h_{Ok}$) [2].

И. М. Данилиным составлены уравнения взаимосвязей между d_m, h и P древостоев некоторых лесообразующих пород Сибири [2]. Уравнение взаимосвязи для сосны II класса бонитета выглядит так:

$$d_m = 4,791 + 0,749 h + 0,022 h_{cp}^2 - 4,616 P - 1,353 P^2, \quad (1)$$

где h – высота дерева, м; h_{cp} – средняя высота древостоя, м; P – полнота древостоя.

По измеренным на снимках диаметрам крон и корреляционным уравнениям можно определять диаметры на высоте груди, высоту и длину крон деревьев и другие таксационные показатели.

Изучение закономерностей полога древостоев позволяет глубже познать природу леса. Форма, размер и протяженность крон оказывают значительное влияние на рост и развитие деревьев. Поэтому исследование закономерностей строения крон и полога древостоя, а также особенностей их изображения на снимках, позволит более точно определить все таксационные показатели при измерительном дешифрировании цифровых аэро- и космических снимков.

Исследованиями в области изучения закономерностей и взаимосвязей между таксационными и дешифровочными показателями насаждений занимались Г. Г. Самойлович, И. Д. Дмитриев, В. И. Сухих, И. М. Данилин, Н. И. Баранов, А. С. Агеенко, И. Т. Трунов и др.

В качестве объектов исследования выбраны сосновые насаждения Барановичского, Быховского, Ивацевичского, Смолевичского лесхозов I и Ia классов бонитета, в которых была проведена закладка 56 круговых пробных площадей в 22 таксационно-дешифровочных выделах с использованием GPS-приемника Garmin 60C. Для выполнения измерительного дешифрирования использовались цифровые цветные космические снимки 2007 г., сделанные с космического спутника Quickbird, с разрешением 0,6 м, выполненные в красном, инфракрасном и зеленом диапазонах (RNIRG).

Таксационная характеристика насаждений в таксационно-дешифровочных выделах устанавливалась по данным выборочной измерительно-перечислительной таксации закладкой круговых пробных площадок (КПП) постоянного радиуса. Количество круговых площадок постоянного радиуса, необходимое для определения таксационных показателей, зависело от

полноты и площади выдела. Величина радиуса площадок в разных выделах колебалась от 9,8 до 17,8 м в зависимости от полноты и среднего диаметра древостоя.

При таксации древостоев на КПП постоянно-го радиуса применялась систематическая выборка. В пределах таксационно-дешифровочного выдела по диагонали располагали КПП через равный интервал. С помощью GPS-навигатора Garmin 60C определялись координаты центров КПП. Границы КПП отводились с помощью ультразвукового высотомера-дальномера VERTEX IV. В пределах КПП выполнялся сплошной пересчет деревьев с измерением диаметров в двух направлениях (север-юг, запад-восток) с точностью 0,1 см металлической мерной вилкой с делением 1 мм. При сплошном пересчете по участию крон в формировании полога дерева делились на свободные, частично закрытые и закрытые.

У ближайших к центру пяти учетных деревьев измерялась высота дерева, высота до наибольшего диаметра кроны и высота окончания кроны с помощью ультразвукового высотомера-дальномера VERTEX IV. Диаметр крон измерялся в двух взаимоперпендикулярных направлениях (1 – наибольший диаметр крон, 2 – перпендикулярно к нему), также описывалась густота и форма крон (по классификации Г. Г. Самойловича).

При дешифрировании сосновых насаждений на космических снимках использовались измерительные методы, разработанные для цифровых снимков с применением специализированного программного обеспечения и геоинформационных систем (ENVI и Quantum Gis) [3, 4].

Для обработки данных, полученных при измерительной таксации насаждений, использовались математико-статистические методы.

По полученным данным в программе Statgraphics, при помощи анализа параметров множественной регрессии, составлялись модели взаимосвязи между диаметром дерева, средним диаметром древостоя и другими таксационными показателями для I и Ia классов бонитета.

Анализ между таксационными показателями древостоя и его полога был выполнен вначале отдельно для I и Ia классов бонитета. Различия между полученными уравнениями оказались не значимыми, поэтому на последующих этапах данные были объединены в единую совокупность.

Было выполнено исследование взаимосвязи между диаметром ствола дерева и таксационными показателями древостоя, такими как: высота дерева, средняя высота древостоя, возраст, диаметр крон, густота, сомкнутость, сумма площадей сечения и др. Последовательно исключая не значимые переменные по t -критерию Стьюдента (табл. 1), получили следующее уравнение множественной регрессии:

$$d_m = 3,74950 D_K + 0,70263 h - 0,00604 N, \quad (2)$$

где d_m – диаметр дерева, см; D_K – диаметр крон, м; h – высота дерева, м; N – густота древостоя, шт./га.

Таблица 1
Значения t -критерия Стьюдента независимых переменных для расчета диаметра дерева

Параметры	t -критерий Стьюдента
D_K	16,7699
h	15,8916
N	-7,37411

Коэффициент детерминации (R^2) составляет 98,59%; средняя квадратическая ошибка уравнения (S_y) – 2,9171; F -критерий Фишера – 6492,09.

На рис. 1 графически представлена модель взаимосвязи между диаметром ствола дерева, высотой дерева и густотой насаждения по уравнению (2).

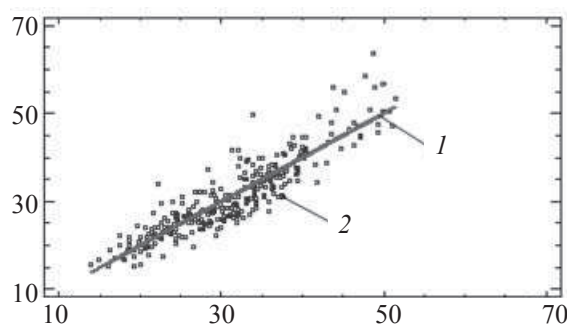


Рис. 1. Расчетные (1) и опытные (2) значения диаметров деревьев

При исследовании взаимосвязи между средним диаметром насаждения и показателями полога древостоя (табл. 2) лучшие результаты дала следующая функция:

$$D_{cp} = -6,52007 D_{Kcp} + 0,923253 D_{Kcp}^2 + 5,29728 L_{der} + 27,3359 C_{п}, \quad (3)$$

где D_{cp} – средний диаметр насаждения, см; D_{Kcp} – средний диаметр крон полога насаждения, м; L_{der} – среднее расстояние между деревьями, м; $C_{п}$ – сомкнутость полога насаждения.

Таблица 2
Значения t -критерия Стьюдента независимых переменных для расчета среднего диаметра

Параметры	t -критерий Стьюдента
D_{Kcp}	-18,0861
D_{Kcp}^2	17,8456
L_{der}	46,5218
$C_{п}$	24,4315

Коэффициент детерминации (R^2) составляет 99,90%; средняя квадратическая ошибка уравнения (S_y) – 0,7619; F -критерий Фишера – 68624,21.

На рис. 2 графически представлена модель взаимосвязи между средним диаметром насаждения, средним диаметром крон, средним расстоянием между деревьями и сомкнутостью полога по формуле (3).

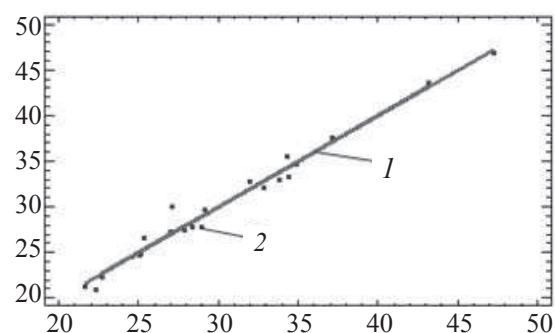


Рис. 2. Расчетные (1) и опытные (2) значения средних диаметров деревьев

Заключение. Результаты исследований подтверждают выводы других авторов о существовании тесных взаимосвязей между таксационными показателями древостоя и его полога.

Наиболее тесная связь наблюдается между диаметрами отдельных деревьев, диаметром крон, высотой и густотой, что подтверждает высокий коэффициент детерминации (98,59%), а также между средним диаметром насаждения, средним диаметром крон, средним расстоянием между деревьями и сомкнутостью полога (коэффициент детерминации составляет 99,90%).

Литература

1. Самойлович, Г. Г. Применение аэрофото-съемки и авиации в лесном хозяйстве / Г. Г. Самойлович. – 2-е изд. – М.: Лесная пром-сть, 1964. – 486 с.
2. Сухих, В. И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: учебник / В. И. Сухих. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 392 с.
3. Толкач, И. В. Методы оценки основных таксационно-дешифровочных показателей на цифровых снимках / И. В. Толкач // Труды БГТУ. – 2012. – № 1: Лесное хоз-во. – С. 63–65.
4. Толкач, И. В. Измерение основных таксационно-дешифровочных показателей древостоя с использованием цифровой фотограмметрической станции Photomod Lite 5.0 / И. В. Толкач, О. С. Бахур // Труды БГТУ. – 2012. – № 1: Лесное хоз-во. – С. 66–68.

Поступила 21.01.2013