

ми числа деревьев, например на лесосеке № 7 по сплошному перечету — 316 деловых деревьев, а по данным учета II способом — 286.

Поэтому для практического применения имитационной модели необходимо разработать оптимальные методы выборочной таксации лесосек без перечета деревьев в зависимости от требуемой точности, стоимости работ и других ограничений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богачев А.В. О совершенствовании материально-денежной оценки лесосек и сортиментации лесосечного фонда // Лесн. хоз-во, 1987, № 7. С.50—52.
2. Атрощенко О.А. Аналитическое описание распределений по диаметру с помощью бета-функции // Лесоведение и лесн. хоз-во. Мн., 1979. Вып.14.
3. Атрощенко О.А. Система моделирования и прогноза роста древостоев (на примере БССР) // Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Киев, 1986.
4. Мусеенко Ф.П. Таблицы для сортиментного учета леса на корню. Мн., 1972.
5. Väliaho H., Vuokila Y. A system for simulation of the development of stem — diameter distribution // Comm. Onstituti Forestalis Fenniae. 1973. V.78. N.9.

УДК 630*

Е.Т.ДИМИТРОВ, д-р с.-х. наук (Софийский лесотехн. ин-т)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ПО ВЫСОТЕ СОСНОВЫХ, ЕЛОВЫХ И ПИХТОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

Закономерности строения древостоев по высоте используются в лесной таксации в оценке запаса древостоя, его сортиментной структуры, изменчивости трудноизмеряемых таксационных показателей, разработке программ рубок ухода.

Строение древостоев по высоте исследовано в лесах Болгарии по материалам перечислительной таксации насаждений I—IV классов бонитета на 180 пробных площадях (ПП): в сосновых древостоях (57 ПП) в возрасте 15—130 лет, еловых (93 ПП) — 21—150 лет и пихтовых (30 ПП) — 30—150 лет. На 147 ПП измерены высоты всех деревьев, на остальных произведены выборочные измерения высот.

У средневозрастных, приспевающих и спелых насаждений высоты значительно варьируют. Коэффициент вариации сосняков изменяется от 48,3 (17 лет) до 9,5 % (90 лет), ельников — от 54,9 (21 год) до 11,8 % (65 лет), пихтовых древостоев — от 50,8 (30 лет) до 17,3 % (69 лет).

На компьютере ИМКО-4 вычислены регрессионные модели связи коэффициента вариации (y) с возрастом древостоев (x), которые имеют вид:

$$\text{сосна} \quad y = 6,41 + 483,63/x \quad (R^2 = 0,892; S_y = 5,45); \quad (1)$$

$$\text{ель} \quad y = 12,95 + 630,78/x \quad (R^2 = 0,783; S_y = 6,56); \quad (2)$$

$$\text{пихта} \quad y = 11,15 + 929,59/x \quad (R^2 = 0,834; S_y = 4,56). \quad (3)$$

Коэффициенты детерминации ($R^2 = 0,78—0,89$) показывают, что ре-

грессии (1) — (3) объясняют 78—89 % коэффициентов вариации в зависимости от возраста насаждений со стандартной ошибкой $S_y = 4,6—6,6$.

По регрессиям связи (1) — (3) вычислены средние коэффициенты вариации ($V, \%$) и достаточное число измерений высот деревьев (N) для оценки средней высоты древостоя со среднеквадратической ошибкой выборки $p = 2 \%$ и $p = 5 \%$ (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициенты вариации высот деревьев и объем выборки в древостоях

Показатель	Возраст, лет						
	15	20	40	60	80	100	150
<i>Сосновые древостои</i>							
$V, \%$	38,6	30,6	18,5	14,5	12,4	11,2	9,6
(N) при $p = 2 \%$	372	234	85	52	38	31	23
(N) при $p = 5 \%$	60	37	14	8	6	5	4
<i>Еловые древостои</i>							
$V, \%$	-	44,5	28,7	23,5	20,8	19,3	17,2
(N) при $p = 2 \%$	-	495	206	138	108	93	74
(N) при $p = 5 \%$	-	79	33	22	17	15	12
<i>Пихтовые древостои</i>							
$V, \%$	-	-	34,4	26,6	22,8	20,4	17,3
(N) при $p = 2 \%$	-	-	296	177	130	104	75
(N) при $p = 5 \%$	-	-	47	28	21	17	12

Наибольшая изменчивость высот деревьев наблюдается в пихтовых насаждениях, наименьшая — в сосняках. К возрасту спелости варьирование высот деревьев в ельниках и пихтовых насаждениях одинаково. Для определения средней высоты с относительной ошибкой $p = \pm 5 \%$ в сосновых молодняках (20 лет) необходимо измерить высоты 37 деревьев, в спелых древостоях (100 лет) — всего 5.

Результаты исследования в известной степени соответствуют данным, полученным В.К.Захаровым [1], Н.М.Глазовым [2], И.Ф.Коростелевым [3], И.И.Гусевым [4].

Статистический анализ опытных распределений числа деревьев по высоте в древостоях выполнен по программам О.А.Атрощенко на ЕС ЭВМ [5].

В сосняках асимметрия изменяется от +0,8 до -0,9. При этом 92 % древостоев характеризуются отрицательной асимметрией (преобладанием высоких деревьев) в отличие от положительной асимметрии распределений числа деревьев по диаметру. В ельниках 94 % древостоев ($A_s =$ от +0,4 до -0,8), а в пихтовых насаждениях 90 % имеют отрицательную асимметрию ($A_s =$ от +0,7 до -1,0) распределений высот деревьев.

С возрастом асимметрия уменьшается. Наименьшую асимметрию имеют сосняки, наибольшую — пихтовые древостои.

Экссесс, или крутость, опытных рядов распределения числа деревьев по

высоте в древостоях значительно варьирует. В сосняках 56 % древостоев характеризуется положительным эксцессом (преобладанием высот, близких к средним), который изменяется от +1 до -0,8. В ельниках 82 % древостоев имеют отрицательный эксцесс распределений высот (от +0,8 до -1), а в пихтовых насаждениях — 60 % (от +0,6 до -0,7).

Асимметрия и эксцесс опытных распределений деревьев по высоте зависят от объема выборки (числа деревьев на пробной площади), условий местопроизрастания, возраста, режима рубок ухода и т.д.

Опытные распределения высот деревьев в древостоях выравнивались по теоретическим моделям нормального, логарифмически нормального, гамма- и бета-распределений [5]. Модели распределения имеют вид:

сосновые древостои (90 лет)

$$\text{нормальное } f(d) = \frac{1}{2,2\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(d - 23,6)^2/2,2\right\};$$

$$\text{гамма } f(d) = \frac{N}{\Gamma(5,04)} 118,89^{5,04} (d - d_{\text{мин}})^{4,04} e^{-118,8(d - d_{\text{мин}})};$$

$$\text{бета } f(d) = 0,257 \cdot 10^{-2} (d - 7,5)^{3,7} (14,5 - d)^{4,44};$$

еловые древостои (70 лет)

$$\text{нормальное } f(d) = \frac{1}{4,3\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(d - 20,0)^2/4,3\right\};$$

$$\text{логнорм. } f(d) = \frac{1}{0,24\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-(\ln d - 3,01)^2/0,115\right\};$$

$$\text{бета } f(d) = 5,21(d - 4,5)^{1,43} (14,5 - d)^{1,19};$$

пихтовые древостои (47 лет)

$$\text{нормальное } f(d) = \frac{1}{3,2\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(d - 18,9)^2/3,2\right\};$$

$$\text{логнорм. } f(d) = \frac{1}{0,166\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-(\ln d - 2,928)^2/0,055\right\};$$

$$\text{бета } f(d) = 0,0176(d - 4,5)^{2,924} (13,5 - d)^{2,364}.$$

Соответствие теоретических моделей опытным распределениям проверялось по критерию Пирсона χ^2 -квадрат на 5 %-м уровне значимости, а также по квадрату коэффициента корреляции для бета-распределения [6].

Модель нормального распределения может применяться в виде стати-

стической модели при незначительных асимметрии и эксцессе. На 28 ПП (58 %) в сосняках, 27 пробах (40 %) в ельниках и 3 пробах (30 %) в пихтовых насаждениях теоретическая модель нормального распределения согласуется с опытными данными.

Логнормальное и гамма-распределения хуже подходят для аналитического описания распределений высот деревьев. В ельниках только на 3 пробах из 64 (4,7 %) модель логнормального распределения соответствует опытными данным.

Наиболее гибким является бета-распределение. В сосновых древостоях на 45 (94 %), в ельниках на 47 (70 %), в пихтовых насаждениях на 8 (80 %) ПП модель бета-распределения описывает 90 % ($r^2 > 0,90$) вариаций высот деревьев. В молодняках со значительными асимметрией и эксцессом модель бета-распределения хорошо согласуется с опытными распределениями. Таким образом, модель бета-распределения может использоваться в виде статистической модели распределения для разработки автоматизированных систем на ЭВМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Захаров В.К.* Варьирование таксационных признаков древостоев // Лесн. хоз-во. Кн.2. 1950.
2. *Глазов Н.М.* Коэффициенты вариации отдельных таксационных признаков у деревьев в древостое // Лесн. журн. 1968. № 2.
3. *Коростелев И.Ф.* Изменчивость диаметров и высот стволов в сосновых древостоях Челябинской области // Лесн. журн. 1976. № 3.
4. *Гусев И.И.* Динамика изменчивости высоты деревьев таежных ельников // Лесн. журн. Кн.2. 1986. № 2.
5. *Атрощенко О.А.* Применение ЭВМ в научных исследованиях и дипломном проектировании. Ч.1. Мн., 1980.
6. *Атрощенко О.А.* Аналитическое описание распределения деревьев по диаметру с помощью бета-функции // Лесоведение и лесн. хоз-во. Мн., 1979. Вып.14. С. 70—74.

УДК 630* 652.5

Л.Н.РОЖКОВ, канд. с.-х. наук (БТИ)

ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТНОЙ ТАКСАЦИИ НАСАЖДЕНИЙ

Ландшафтная таксация проводится по элементам леса на основе топографических планшетов или аэро съемки (желательно иметь спектральные аэрофотоснимки) в масштабе 1:10 000 с использованием материалов ранее произведенных лесоустроительных работ и почвенно-типологических обследований. Таксацию проводят с заходом в каждый выдел, применяя новые средства и приборы. Запасы корректируются в соответствии с таблицами, используемыми при лесоустройстве Беларуси, и данными пробных площадей.

При ландшафтной таксации вводятся дополнительные показатели, раскрывающие ландшафтно-архитектурные свойства и декоративные качества леса: 1) тип ландшафта; 2) эстетическая оценка; 3) класс санитарного состояния; 4) кислородопроизводительность; 5) удельный вес дорог, троп и