

О. А. Атрошенко, профессор;
 С. И. Минкевич, аспирант;
 И. И. Правосуд, начальник
 сектора ИВЦ ГЛПО «Белгослес»

ПРОГРАММА И АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ВЫБОРОЧНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

The program and algorithm of data processing of sample forest inventory in Grodno region of Belarus are presented in this article.

Надежная и репрезентативная информация для оценки, контроля состояния и воспроизводства лесных ресурсов может быть получена выборочными методами лесоинвентаризации. Выборочные методы таксации лесов основаны на применении математико-статистических научно обоснованных методов планирования выборки, где заранее можно установить требуемую точность и надежность результатов на определенном уровне вероятности, объем выборки, необходимые затраты и т. д., т. е. в конечном итоге создавать модель сбора лесоводственной информации. Выборочные методы таксации леса, основанные на измерительной таксации древостоев, позволяют получать надежные данные о лесных ресурсах.

Система выборочной лесоинвентаризации должна обеспечивать: сбор информации, обработку информации, систему анализа результатов и получения лесной статистики.

Технология проведения выборочной лесоинвентаризации математико-статистическим методом позволяет:

- получать ежегодную достоверную статистику лесных ресурсов;
- повысить точность таксации лесов республики на 5%;
- корректировать данные базового и непрерывного лесоустройства;
- разрабатывать лесотаксационные нормативы и математические модели для лесоустройства, информационных систем и компьютерных технологий в лесном хозяйстве;
- выполнять независимую статистическую оценку качества рубок леса, лесовосстановления, лесопатологического состояния и продуктивности лесов;
- совершенствовать систему лесного мониторинга;
- разрабатывать долгосрочные программы ведения лесного хозяйства;

- организовать надежную систему контроля за состоянием лесных ресурсов.

В 1998 году была проведена выборочная лесоинвентаризация в 10 лесхозах (Волковысский, Гродненский, Дятловский, Ивьевский, Лидский, Новогрудский, Островецкий, Слонимский, Сморгонский, Щучинский) Гродненского ПЛХО, в процессе которой было заложено 236 трактов и 7891 круговая пробная площадка (реласкопические и постоянного радиуса).

Алгоритм обработки материалов выборочной инвентаризации лесов включает контроль данных таксации на площадках, расчет и статистический анализ таксационных показателей на площадках и в трактах, таксационных показателей для однородных совокупностей насаждений, данных о текущем приросте, о динамике запасов и сортиментной структуры составляющих пород и насаждений и др.

Площадь реласкопической круговой пробной площадки (РКПП) возрастает с увеличением наибольшего диаметра учтенных деревьев. Для дерева диаметром d радиус R круговой пробной площадки вычисляется из соотношения

$$g/\pi \cdot R^2 = (\pi \cdot d^2/4)/\pi \cdot R^2 = q/A, \quad (1)$$

где g – площадь сечения дерева на 1,3 м, m^2 ; A – единица площади учета; q – фактор реласкопа (полнотомера) Биттерлиха.

На каждой РКПП, отведенной полнотомером Биттерлиха с фактором полнотомера 1,0, выполнено измерение диаметров деревьев. Прирост и высоты деревьев измерялись по систематической выборке (каждое пятое дерево на пробе).

Для каждого дерева вычисляется число стволов, приходящееся на 1 квадратный метр суммы площадей сечений (i -го учетного дерева) древостоя.

$$N_i = G/g_i = 1/(\pi \cdot d_i^2/4) = (4/\pi)/d_i^2 = 12732,4/d_i^2, \quad (2)$$

где G – сумма площадей сечения, m^2 ; g_i – площадь сечения i -го дерева, m^2 ; d_i – диаметр i -го дерева.

Для каждой КПП по породам, категориям деревьев и пней вычисляются нижеследующие показатели.

Сумма площадей сечений:

$$G = q \cdot (n/k), \quad (3)$$

где G – сумма площадей сечений, m^2 ; q – фактор полнотомера; n – число учтенных деревьев; k – фактор учета неполной КПП.

По данным формы 3 (данные таксации учетных деревьев) вычисляются средняя высота и диаметр как среднеарифметические величины.

Если измерено менее 3 высот для древесной породы на РКПП, то среднюю высоту древостоя вычисляют по регрессионным уравнениям моделей связи. По исследованиям профессора Атрощенко О.А., лучшей для сосны по показателям является модель следующего вида:

$$\text{Lg}H = -0,3331 + 1,638 \cdot \text{Lg}D - 0,413 \cdot \text{Lg}^2D + 0,0066 \cdot H100. \quad (4)$$

В качестве моделей связи высот и диаметров деревьев в березовых древостоях можно применять уравнение Г. Бакмана

$$\text{Lg}H = -0,782 + 2,879 \cdot \text{Lg}d - 0,944 \cdot \text{Lg}^2d \quad (5)$$

и уравнение Корсуня:

$$H = \frac{d^2}{2,558 + 0,121 \cdot d + 0,031 \cdot d^2} \quad (6)$$

Для остальных древесных пород принят алгоритм определения средней высоты древостоя по данным измерений учетных деревьев с определением разряда высот. Для оцененного выше диаметра и разряда высот учетного дерева вычисляется средняя высота древостоя по моделям объемных (сортиментных) таблиц разрядов высот (Машковский В.П., Толкач И.В., 1996 г.):

$$\text{Дуб: } H = 1,3 + 34,70 \cdot [1 - \exp(-0,0696 \cdot D)]^{1,521} \cdot (1 - 0,0934 \cdot RV), \quad (7)$$

$$\text{Ель: } H = 1,3 + 37,10 \cdot [1 - \exp(-0,0635 \cdot D)]^{1,480} \cdot (1 - 0,0731 \cdot RV), \quad (8)$$

$$\text{Граб: } H = 1,3 + 23,64 \cdot [1 - \exp(-0,7170 \cdot D)]^{0,858} \cdot (1 - 0,0847 \cdot RV), \quad (9)$$

$$\text{Ясень: } H = 1,3 + 31,50 \cdot [1 - \exp(-0,0747 \cdot D)]^{1,532} \cdot (1 - 0,0888 \cdot RV), \quad (10)$$

$$\text{Клен: } H = 1,3 + 34,30 \cdot [1 - \exp(-0,0398 \cdot D)]^{0,737} \cdot (1 - 0,0902 \cdot RV), \quad (11)$$

$$\text{Листв-ца: } H = 1,3 + 44,30 \cdot [1 - \exp(-0,0512 \cdot D)]^{1,102} \cdot (1 - 0,0952 \cdot RV), \quad (12)$$

$$\text{Липа: } H = 1,3 + 30,46 \cdot [1 - \exp(-0,0716 \cdot D)]^{0,981} \cdot (1 - 0,0804 \cdot RV), \quad (13)$$

$$\text{Ольха (ч): } H = 1,3 + 28,87 \cdot [1 - \exp(-0,1020 \cdot D)]^{1,233} \cdot (1 - 0,0741 \cdot RV), \quad (14)$$

$$\text{Осина: } H = 1,3 + 34,50 \cdot [1 - \exp(-0,0537 \cdot D)]^{0,857} \cdot (1 - 0,0830 \cdot RV), \quad (15)$$

где H - высота дерева; D - диаметр дерева; RV - разряд высот.

Разряд высот устанавливается по таблицам для установления разряда высот древостоев ели (по Захарову), дуба, клена, граба, ольхи черной, липы (по Моисеенко), ясеня (по Шустову), осины (по Тюрину) [1].

По данным формы 3 (таксация учетных деревьев на КПП) вычисляются объемы стволов в момент таксации (V_a) и 5 лет тому назад ($V_{a-п}$).

Объем ствола в коре теперь равен

$$V = 0,785d^2hf, \quad (16)$$

где d - диаметр $D_{1,3}$; hf - видовая высота по моделям.

Видовые высоты (hf) получены по связи с высотой (h), диаметром (d) и индексом класса бонитета ($H100$). Модели для сосны разработаны проф. О. А. Атрощенко на основе данных перечислительной таксации сосновых древостоев на 665 пробных площадях, а для остальных пород - на основе местных таблиц хода роста еловых насаждений (В. С. Мирошников, О. А. Трулль), дубовых насаждений (Ф. П. Моисеенко), березовых насаждений (О. А. Атрощенко), осиновых насаждений (В. Ф. Багинский), черноольховых насаждений (И. Д. Юркевич, В. С. Гельтман, Н. Ф. Ловчий) [1]:

$$\text{Сосна: } hf = 1,1416 + 0,4161 \cdot h - 0,5608 \cdot h \cdot d^{-2} + 0,0086 \cdot H100, \quad (17)$$

$$\text{Ель: } hf = 1,0483 + 0,4523 \cdot h + 0,1006 \cdot h \cdot d^{-2} - 0,0035 \cdot H100, \quad (18)$$

$$\text{Дуб: } hf = 1,2781 + 0,379 \cdot h - 5,7413 \cdot h \cdot d^{-2} + 0,044 \cdot H100, \quad (19)$$

$$\text{Береза: } hf = 2,0404 + 0,3549 \cdot h - 1,3306 \cdot h \cdot d^{-2} - 0,0091 \cdot H100, \quad (20)$$

$$\text{Осина: } hf = 0,9244 + 0,4176 \cdot h - 0,1437 \cdot h \cdot d^{-2} + 0,0008 \cdot H100, \quad (21)$$

$$\text{Ольха (ч): } hf = 0,0291 + 0,4755 \cdot h + 2,3794 \cdot h \cdot d^{-2} - 0,0009 \cdot H100, \quad (22)$$

где $H100$ - индекс класса бонитета.

Для маломерных древесных стволов сосны ($d \leq 6$ см) видовые числа определяются по формуле В.К Захарова

$$f = 0,44 + \frac{1,13}{h}. \quad (23)$$

$$\text{Для ели: } f = 0,425 + \frac{1,341}{h}. \quad (24)$$

$$\text{Для дуба: } f = 0,432 + \frac{0,921}{h}. \quad (25)$$

$$\text{Для березы: } f = 0,397 + \frac{1,029}{h}. \quad (26)$$

Объем ствола без коры теперь равен:

$$V_a = 0,785d_a^2 h_a f_a. \quad (27)$$

$$d_a = d - 2Tk, \quad (28)$$

где Tk – толщина коры в см.

Объем ствола без коры 5 лет тому назад равен

$$V_{a-n} = 0,785d_{a-n}^2 \cdot h_{a-n} \cdot f_{a-n}. \quad (29)$$

$$d_{a-n} = d_a - 2Z_R^n, \quad (30)$$

где Z_R^n – текущий прирост по радиусу за 5 лет, вычисляемый на основе измерений прироста учетных деревьев на РКПП (форма 3).

Высота (h_{a-n}) вычисляется по модели связи с диаметром $d_{(a-n)}$, а видовые числа $f_{(a-n)}$ – по регрессионным уравнениям 17-22.

Абсолютный текущий периодический прирост по объему ствола:

$$Z_V^n = V_a - V_{a-n}. \quad (31)$$

Процент прироста по объему ствола:

$$P_V = \frac{Z_V^n \cdot 100}{(V_a + V_{a-n}) : 2} = \frac{200 Z_V^n}{V_a + V_{a-n}}. \quad (32)$$

Процент текущего периодического (за 5 лет) прироста по запасу древостоя:

$$P_M = \overline{P_V} = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3 + \dots + P_n V_n}{V_1 + V_2 + \dots + V_n}, \quad (33)$$

где P_1, P_2, \dots, P_n – процент прироста по объему ствола; V_1, V_2, \dots, V_n – объемы стволов без коры учетных деревьев.

Процент текущего прироста по запасу вычисляется там, где измерено 5 и более учетных деревьев на КПП.

Запас древостоя в коре:

$$M = GHF. \quad (34)$$

Процент коры отдельных стволов:

$$V_{\text{коры}} = V_{\text{в/к}} - V_{\text{б/к}}, \quad (35) \quad P_{\text{коры}} = \frac{V_{\text{коры}} \cdot 100}{V}. \quad (36)$$

$$\text{Средневзвешенный процент: } P_V = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3 + \dots + P_n V_n}{V_1 + V_2 + \dots + V_n}, \quad (37)$$

где P_1, P_2, \dots, P_n – процент коры по учетным деревьям; V_1, V_2, \dots, V_n – объемы стволов учетных деревьев в коре.

Запас древостоя без коры равен

$$M_{\text{б/к}} = M - \Sigma V_{\text{коры}} = M - (M \cdot \bar{P}_{\text{коры}}) / 100, \quad (38)$$

$$\text{Объем коры: } V_{\text{коры}} = M - M_{\text{б/к}}. \quad (39)$$

Абсолютный текущий периодический (за 5 лет) прирост по запасу:

$$Z_M^n = \frac{M_{\text{б/к}} \cdot P_M}{100}. \quad (40)$$

$$\text{Отсюда процент прироста (за 5 лет) равен } P_M^n = \frac{Z_M^n \cdot 100}{M(\text{в} \cdot \text{коре})}. \quad (41)$$

Абсолютный текущий среднепериодический (за 1 год) прирост по запасу:

$$\overline{Z_M^1} = \frac{\overline{Z_M^n}}{n}. \quad (42)$$

$$\text{Процент прироста (за 1 год): } P_M^1 = \frac{\overline{Z_M^1} \cdot 100}{M(\text{в} \cdot \text{коре})}. \quad (43)$$

$$\text{Относительная полнота древостоя на КПП: } \Pi = \frac{G_T}{G_H}, \quad (44)$$

где G_H – из стандартных таблиц [5].

Таксационные показатели древостоя определяются для преобладающей породы (диаметр, высота, возраст, класс бонитета). Состав древостоя вычисляется по запасу составляющих пород, сумма площадей сечения – как сумма по породам.

Комплекс программ должен обеспечивать автоматизированные решения статистического обоснования выборочной лесоинвентаризации на основе функции согласия минимальной стоимости и максимальной точности лесоинвентаризации, идентификацию и верификацию математических моделей роста деревьев и древостоев, использование различных схем выборки при лесоинвентаризации (случайная, стратифицированная, систематическая выборки), формирование выходных форм (выходная информация выводится в виде стандартных в отрасли форм учета лесов, а также произвольных форм по запросу пользователя).

Для разработки клиент-серверных приложений используется интегрированная среда Delphi, для хранения и обработки данных — мощная система управления базами данных СУБД Oracle v.7.3. Выходная информация представлена в виде стандартных форм государственного учета лесов, таксационных показателей древостоев по породам, классам возраста, типам леса, классам бонитета, группам полнот, данных оценки качества лесных культур, естественного возобновления, размера рубок леса, прироста лесов и сортиментации запасов древостоев.

В качестве сетевой операционной системы отобран Windows NT версии 4.0.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атрощенко О. А. Система моделирования и прогноза роста древостоев (на примере БССР): Дис. ... д-ра с.-х. наук.— Киев, 1985.
2. Атрощенко О. А., Костенко А. Г. Направление применения моделей роста леса (на примере БССР).— Мн.: БелНИИТИ, 1980.
3. Атрощенко О. А. Система выборочной лесоинвентаризации в Беларуси // Труды Белорусского технологического института. Лесное хозяйство.— Вып.1.— Мн., 1993.— С. 7-12.
4. Машковский В. П., Толкач И. В. Система кривых для аппроксимации связей высот и диаметров в разрядных таблицах // Труды Белорусского государственного технологического университета. Лесное хозяйство. - Вып.3.— Мн., 1996.— С. 71-74.
5. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР.— М., 1984.