

Л и т е р а т у р а

1. Антанайтис В.В. Современное направление лесоустройства. - М., 1977. - 280 с. 2. Ермаков В.Е. Лесоустройство. - Минск, 1975. - 240 с. 3. Ермаков В.Е., Слобода В.Т. Некоторые вопросы автоматизации процесса создания математических моделей эталонных насаждений. - В сб.: Формирование эталонных насаждений. Каунас - Гирьонис, 1979, ч. 1, с. 20-22.

УДК 630^X566:681.31

О.А.Атрошенко, канд. с.-х. наук
(БТИ)

СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РОСТА ЛЕСА НА ЭВМ

Моделирование роста леса на ЭВМ - относительно новое направление в науке. Поэтому первоначальное внимание было сконцентрировано на решении узких задач в разработке математических моделей роста насаждений, которые хорошо согласуются с данными наблюдений на пробных площадях. Системный подход к моделированию роста леса связан с пересмотром идей и способов моделирования. Решение проблемы рассматривается с позиций разработки системы прогноза роста насаждений и оптимальных программ ведения лесного хозяйства, создания общей системы контроля и управления лесными ресурсами.

В моделировании роста насаждений наметилось три основных направления: 1) математическое описание роста отдельных деревьев и имитация роста насаждения; 2) регрессионные модели роста совокупности насаждений; 3) модель роста леса как случайный стохастический процесс.

Модели первого типа разрабатываются на основе детальной информации о росте отдельных деревьев: индекс класса - бонитета, фактор конкуренции деревьев, расстояние между деревьями, диаметр и текущий прирост по диаметру для 5-летних периодов роста дерева, высота и текущий прирост по высоте, положение деревьев в системе координат. Эти переменные выражаются функциями от диаметра и высоты ствола, длины и ширины кроны деревьев. Математические уравнения, описывающие рост отдельных деревьев, используются для построения имитационной модели роста насаждения. Это направление получило наибольшее распространение в Северной Америке. Модели Newnham (1964), Lee (1967), Lin (1970), Bella (1971), Mitchell

(1969), Arney (1972) и др., хотя отчасти различные в деталях, являются подобными в принципе [1].

Каждая модель основывается на утверждении о том, что размер конкуренции, которой подвергается дерево, пропорционален части круга, перекрывающейся кругами конкуренции соседних деревьев. Круг конкуренции обычно определяется как некоторая функция диаметра дерева на 1,3 м. Фактическое количество перекрытия (т. е. конкуренции) выражалось авторами в единицах площади, окружности или углов. Newnham, например, проверил влияние различных пространственных распределений на отпад. Lin показал, что конкуренция, которой дерево подвергалось в последние 5 лет, является полезной переменной в модели роста дерева. Велла дал итеративный алгоритм для определения пределов влияния конкуренции.

Модели данного типа дают весьма детальную информацию о строении насаждений, поэтому преимущество их хорошо заметно при исследованиях влияния рубок ухода, схем посадки и удобрения на рост леса. Одно из наибольших препятствий к практическому применению моделей – требование информации о пространственном распределении деревьев. Такая информация дорогостоящая и не всегда имеется в наличии. Большой недостаток моделей заключается в трудности количественного измерения биологической конкуренции деревьев и значительном объеме вычислительных работ на ЭВМ.

В скандинавских странах модели первого типа разрабатывают с использованием меньшего объема информации. Y. Vuokila (1965) при построении таблиц производительности сосновых насаждений Финляндии использовал функции относительного текущего прироста деревьев и древостоев по диаметру, высоте и объему [2]. Независимыми переменными в моделях явились: показатели среднего дерева (диаметр, высота, возраст, объем); показатели древостоя (диаметр, верхняя высота, возраст, площадь сечения, запас, процент отпада по площади сечения); переменные окружающей среды (среднее расстояние до соседних деревьев, средняя температура сезона роста, общая величина осадков и длина сезона роста, число дней с температурой более +16°C). Рубки ухода (выбираемой части) моделируются по программам рубок ухода (способу, интенсивности и повторяемости рубок) путем прогнозирования динамики строения древостоев по диаметру с помощью бета-функции. Модели данного типа могут быть полезны при разработке системы принятия решения в оценке вариантов ведения лесного хозяйства. Серьезный недостаток

моделей – отсутствие надежности в прогнозировании прироста деревьев и имитации роста насаждений.

Регрессионные модели роста насаждений широко используются в различных странах в виде таблиц хода роста. Н.Н.Свалов (1974, 1978) весьма детально изложил вопрос о построении таблиц производительности насаждений, использовании регрессионных моделей связи и функций роста леса [5]. Современные ЭВМ позволяют разработать сложные математические модели с неограниченным числом параметров. К сожалению, ценность таких регрессионных моделей в прогнозировании роста леса невелика. Во многих случаях исследователю лесной экосистемы приходится ограничиваться пассивным экспериментом, оставаясь в роли пассивного наблюдателя за изменением ряда неуправляемых в опыте факторов (температуры, осадков, почвенно-грунтовых условий, случайного отпада деревьев и т. д.). Как следствие пассивного эксперимента многие переменные нельзя включить в регрессионную модель: часть из них трудно поддается надежному измерению; часть переменных, как правило, имеет сильную взаимную корреляцию. Это неизбежно приводит к смещению в оценках коэффициентов регрессии [6]. Оно может оказаться столь сильным, что регрессионная модель потеряет всякий смысл. С другой стороны, информация, полученная по регрессионным моделям роста леса, необходима для разработки имитационной системы прогноза роста насаждений, для контроля и управления лесохозяйственным предприятием. Большое преимущество регрессионных моделей – в возможности использовать массовую лесоводственную информацию, получаемую в процессе инвентаризации леса, в их простоте и меньшем объеме вычислений на ЭВМ.

T.Suzuki (1971, 1974), L.M.Peden, J.C.Williams, W.E.Frayer (1973), H.D.Bruner, J.W.Moser (1973) представили рост насаждения как случайный стохастический (вероятностный) процесс. Информация собирается в виде данных периодических таксаций насаждений на постоянных пробных площадях в процессе лесоинвентаризации. Распределение деревьев по ступеням толщины в 1 см (классам диаметра) рассматривается как первоначальное вероятностное состояние. Вероятность представлена как частность от деления числа деревьев в классе диаметра (данного состояния) к общему числу деревьев в насаждении. За период роста (1 год) дерево может остаться в данном классе диаметра или перейти в другое состояние – следующий класс диаметра, в отпад или назначено в рубку леса и вы-

рублено. Процесс роста леса рассматривается как марковский стохастический процесс в виде непрерывно-временной модели описания вероятностей перехода дерева из одного состояния в другое. Как показали Т. Suzuki и Т. Umemura (1974), условные переходные вероятности описываются дифференциальным уравнением типа дифференциального уравнения переходной функции А. Н. Колмогорова [3]. Предполагая, что число деревьев отпада пропорционально общему числу деревьев и величине временного интервала, это дифференциальное уравнение сводится к более простому типа Bachelier, которое сходно с известной в технике формулой распространения тепла при наличии теплопоглощающего барьера.

Из первоначального распределения деревьев по диаметру разрабатывают модели вероятностей возможных состояний дерева. На основании системы дифференциальных уравнений вычисляют условные переходные вероятности и оценки аппроксимирующих распределений деревьев по диаметру в будущем периоде роста [4]. Выход модели представлен в виде перечетов деревьев по диаметру, распределения отпада и вырубленных деревьев в процессе рубок ухода. Максимальная ошибка при 12-летнем прогнозе составила 7 деревьев в классе диаметра 10 см [4]. Это направление в моделировании роста насаждений является попыткой еще глубже и точнее описать процесс роста леса. Основная цель – прогнозирование роста насаждений. Значительным недостатком системы является трудность в оценке адекватности моделей реальному процессу роста леса и эффективности работы системы моделирования, большой объем информации и вычислительных работ на ЭВМ.

Моделирование роста леса на ЭВМ в значительной степени определяется наличием достаточно надежной и полной лесоводственной информации. Сбор этой информации – весьма трудоемкий и дорогостоящий процесс. Однако в противоположность распространенному мнению огромный банк долговременных наблюдений на постоянных пробных площадях не обязателен. Относительно малое число таких проб, особенно полезных для создания системы принятия решения (выбора оптимальной модели), в сочетании с временными выборочными пробами и анализами хода роста древесных стволов могут обеспечить данные для разработки приемлемых функций роста леса. В большинстве случаев модели роста используются в оценке продуктивности насаждений или производительности условий произрастания. Главная же цель моделей роста леса – проверка многочисленных гипотез относительно режимов ведения лесного хозяйства в разных лесорастительных условиях.

тельных условиях, т. е. для контроля и управления лесами. Совместно с моделями оптимизации модели роста леса смогут дать ключевую информацию для принятия правильных решений ведения лесного хозяйства.

Л и т е р а т у р а

1. Munro D.D. Forest growth models - a prognosis. - In Col.: Growth models for tree and stand simulation. Royal college of forestry. Stockholm, 1974, 7-19 p.
2. Vuokila Y. Functions for variable density yield tables of pine based on temporary sample plots. Communicationes instituti Forestalis Fenniae, 1966, t. 60, 86 p.
3. Suzuki T., Umemura T. Forest transition as a stochastic process. - In Col.: Growth models for tree and stand simulation. Stockholm, 1974, p. 358-371.
4. Peden L.M., Williams T.S., Frayer W.E. A Markov model for stand projection. - Forest science, 1973, vol. 19, N 4, p. 303-314.
5. Свалов Н.Н. Прогнозирование роста древостоев. - В кн.: Лесоведение и лесоводство. М., 1978, т. 2. - 150 с.
6. Налимов В.В. Теория эксперимента. - М., 1971. - 207 с.

УДК 630^x56:681.3

Л.Н.Толкачев, канд. с.-х. наук
(Гомельская лесохозяйственная экспедиция)

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ КРИВЫХ ПИРСОНА И КРИТЕРИЕВ СОГЛАСИЯ И ИХ ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЭВМ

Большое значение в биологических исследованиях имеет закон нормального распределения. Опубликованные за последнее столетие работы по изучению строения насаждений показывают, что характер распределения числа деревьев по ступеням толщины, высоты, коэффициентов формы и т.д. приближается к нормальному.

Но эта кривая является довольно жесткой, так как определяется лишь двумя параметрами - M и σ и требует равенства нулю асимметрии и эксцесса. По исследованиям же ряда авторов [1 - 6], изучавших строение насаждений, асимметрия и эксцесс всегда отличны от нуля и, следовательно, без-