

сухотарной клепки, все прочие сортименты выгоднее получать на базе других древесных пород. При выходе указанных сортиментов в 30-35% от общего запаса (по Ф.П.Моисеенко [2]) и участия осины в составе спелых осинников в 60% расчетной лесосеки в 650-700 тыс. м<sup>3</sup> (порядка действующей) достаточно для обеспечения уровня потребления 1990 г.

Если же учесть, что 40% всей осиновой древесины от главного пользования мы получаем из древостоев других пород, что получение целевых сортиментов, хотя и в значительно меньшем объеме, возможно от промежуточного пользования, где доля осины составляет около 10% заготовленного сырья, то дефицита осиновых сортиментов не предвидится и через 30 лет, когда в рубку станут поступать сегодняшние молодняки, площадь класса которых в 2-3 раза меньше площадей остальных возрастных групп.

Таким образом: 1) камеральный расчет текущего прироста по процентам из ТХР производится намного проще и быстрее при одинаковой точности с определением через вычисленную ширину годового слоя; 2) при оценке пользования показателями прироста для совокупности насаждений следует учитывать состав древостоев, их возрастное распределение и общую перспективность преобладающей породы; 3) угрозы дефицита осиновой древесины на обозримую перспективу не существует - с точки зрения обеспечения промышленности сырьем доля осины в общей площади лесов МЛХ не должна превышать 1%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР. - Москва, ЦБНТИ, 1984.
2. Справочник таксатора. - Минск: Ураджай, 1980.
3. В.В.Антанайтис, В.В.Загребев. Прирост леса. - М.: Лесная промышленность, 1969.

УДК 630\*24 + 681\*51

В.П. Машковский, ст.преп.

#### ПРОДУКЦИОННАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПО НАЗНАЧЕНИЮ РУБОК УХОДА В ЛЕСАХ БЕЛАРУСИ

The rule-based expert system is described in this article. It permits to design thinnings in Belarus forests.

Бурное развитие средств вычислительной техники, увеличение ее доступности привело к необходимости поиска новых областей применения компьютеров. Одной из таких областей являются экспертные системы.

Экспертные системы - это компьютерные программы, моделирующие действия эксперта-человека при решении задач в узкой предметной области на основе накопленных знаний, составляющих базу знаний. Не является исключением в этом смысле и лесное хозяйство. За последние годы разработаны экспертные системы для диагностики биотических повреждений сосны обыкновенной [6,7], диагностики и прогнозирования развития вредителей (короедов) [5], для выбора метода восстановления леса [3,8], и назначения деревьев в рубку при лесопользовании [4], для ведения лесного хозяйства [2] и т.д.

В данной работе рассматривается продукционная экспертная система по назначению рубок ухода в лесах Беларуси.

База знаний данной экспертной системы составлялась на основе наставления по рубкам ухода [1]. Знания представлялись в виде правил. Вся база знаний состоит из следующих основных блоков.

1. Блок определения типов леса. В данном блоке в зависимости от главной породы определяются типы леса, в которых, как правило, произрастают чистые или с небольшой примесью других пород, смешанные или сложные древостои. Данная информация сообщается пользователю в качестве справочной в момент запроса значения факта "Группа насаждений", который характеризует состав древостоя и может принимать значения: "Чистые", "Смешанные" или "Сложные". В качестве примера приведем правило из данного блока, определяющее типы леса ольхи серой:

RULE 37. Определение типов леса ольхи серой.

```
IF Порода IS Ольха серая
THEN Типы леса известны
AND Чистые типы леса:=""
AND Смешанные типы леса:="(кисличные, таволговые)."
AND Сложные типы леса:="(снытевые, папоротниковые)."
```

Данное правило срабатывает в том случае, если главной породой в выделе является ольха серая (часть "IF"). Вторая часть правила ("THEN") информирует экспертную систему о том, что типы леса для групп насаждений "Чистые", "Смешанные" и "Сложные" установлены (строка "Типы леса известны") и присваивает фактам "Чистые типы леса", "Смешанные типы леса" и "Сложные типы леса" необходимые значения.

2. Блок определения усеченных полнот. В "Наставлении по рубкам ухода в лесах Республики Беларусь" [1] при выборе интенсивности изреживания рекомендуется максимальный процент выборки из предлагаемого диапазона использовать в том случае, если древостой имеет полноту 1.0.

Если же относительная полнота древостоя меньше 1.0, то и интенсивность рубки следует снижать соответствующим образом. Рассматриваемая экспертная система в случае, если полнота насаждения оказывается больше 1.0, рекомендует максимальный процент выборки, также как и для древостоев с полнотой 1.0. В этой связи в данном блоке для упрощения расчетов полноты древостоев, превышающие 1.0, усекаются до этой величины.

**3. Блок определения режима защитности.** В данном блоке в зависимости от категории лесов выдел относится к одному из четырех режимов защитности. В один режим защитности объединяются категории лесов, имеющие одинаковые возраста рубок и относящиеся к одной группе лесов. К четвертому режиму защитности относятся эксплуатируемые леса, к третьему - запретные полосы лесов вдоль рек, ко второму режиму защитности относятся защитные полосы лесов вдоль железных и автомобильных дорог и зеленые зоны лесохозяйственные. Все остальные категории лесов относятся к первому режиму защитности. Фактор "Режим защитности" используется для определения группы лесов и возраста рубки. Ниже приведен пример правила из этого блока:

```
RULE 14. Режим защитности 4
  IF Категория лесов IS Эксплуатационные леса
  THEN Режим защитности IS 4
```

**4. Блок определения возраста рубки главного пользования и возраста окончания рубок ухода.** Данный блок содержит правила, обеспечивающие определение возраста главной рубки для данного выдела, на основании значения фактора "Режим защитности", определенного в предыдущем блоке. Далее это значение используется для определения возраста окончания рубок ухода. В приводимом примере в том случае, если главная порода в древостое ольха черная, а определенное в предыдущем блоке значение факта "Режим защитности" равно 2, возраст рубки главного пользования устанавливается равным 61 году ("Возраст РГП:=61"):

```
RULE 26. Возраст РГП - 61 год
  IF Порода IS Ольха черная
  AND Режим защитности IS 2
  THEN Возраст РГП известен
  AND Возраст РГП:=61
```

**5. Блок определения видов уходов.** В данном блоке базы знаний содержатся правила, которые позволяют в зависимости от категории земель, бонитета и возраста определить подходящий для данного выдела вид

ухода. В правиле “Прореживание березняков” в части “IF” проверяется выполнение всех условий, при которых может проводиться прореживание в березовых древостоях в том случае, если это позволяет полнота:

RULE 7. Прореживание березняков.

IF Порода IS Береза

AND Группа категорий земель IS Лес

AND Возраст > 20

AND Возраст окончания РУ известен

AND Возраст < Возраст окончания РУ

AND Вышние бонитеты

THEN Предполагаемое хозмероприятие IS Прореживание в березняках

В результате работы данного правила факту “Предполагаемое хозмероприятие” будет присвоено значение “Прореживание в березняках”.

**6. Блок определения нормативов ухода.** В данном блоке в зависимости от возможного вида ухода, определенного ранее, а также в зависимости от значения факта “Группа насаждений”, характеризующего степень смешения пород в древостое и ярусность, возраста и полноты, выбираются основные нормативы проектируемого ухода: интенсивность, повторяемость и очередность проведения рубок ухода.

Ниже приведен пример правила из данного блока, описывающего прореживания в чистых сосновых древостоях. Эти правила позволяют определить вид рубок ухода, который необходимо проводить в насаждении, интенсивность рубки, повторяемость и очередность. В приводимом примере факту “Хозмероприятие” приписывается атрибут “Прореживание”, факту “Повторяемость” присваивается значение “15-20 лет”, а факту “Очередь” - значение “3”. Значение факта “Интенсивность” вычисляется таким образом, что при величине факта “Полнота РУ”, равном 1.0, она совпадает с максимальным процентом выборки, рекомендованным наставлениями по рубкам ухода, пропорционально снижаясь до нижней границы предлагаемого диапазона интенсивности рубки с уменьшением полноты до минимальной величины, при которой еще проводится уход. Вычисления выполняются с точностью до пяти процентов.

RULE 1. Сосна. Прореживание 1.

IF Предполагаемое хозмероприятие IS Прореживание в сосняках

AND Группа насаждений IS Чистые

AND Полнота РУ >= 0.8

THEN Хозмероприятие IS Прореживание

AND Интенсивность := INT(Полнота РУ\*20-13.5)\*5

AND Повторяемость := "15-20 лет"

AND Очередь IS 3

Значение факта "Группа насаждений" (в данном примере это значение - "Чистые") запрашивается у пользователя, а значения фактов "Предполагаемое хозмероприятие" и "Полнота РУ" определяются в блоках 2 и 3.

Программа, интерпретирующая данную базу знаний, при осуществлении логического вывода использует обратную цепочку. Вывод в данном случае начинается с конечного объекта-цели. В данной экспертной системе объект-цель - это объект "хозмероприятие".

Описываемая экспертная система может работать на IBM-совместимых компьютерах в операционной системе MS-DOS и позволяет проектировать все виды рубок ухода в соответствии с "Наставлениями по рубкам ухода в лесах Республики Беларусь".

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Наставление по рубкам ухода в лесах Республики Беларусь.- Мн., 1992.
2. Garela - de Ceca Valero I.L., Elena - Rossello R. An expert system to systematize forest management // 19th World Congr, "Sci. Forest: JUFRO's 2nd Century", Monreal, 5-11 Aug, 1990. Div. 4 / Int. Union Forest Res. organ.- Monreal, 1990.- P. 468.
3. Kolstrom T., Ahonen J. Rule-based reasoning in the selection of forest regeneration method // Current Advances in the Use of Computers in Forest Research. Workshop of the IUFRO Working Party S4.11-03. Joensuu, Finland, February 14, 1991. - Helsinki, 1991. - P. 36-41.
4. Roslan I., Fauzidar A. Development of an expert system for a decision - maning in timber harvesting // 19th World Congr, "Sci. Forest: JUFRO's 2nd Century", Monreal, 5-11 Aug, 1990. Div. 4 / Int. Union Forest Res. organ.- Monreal, 1990.- P. 473.
5. Saarenmaa H. Frame- and rule-based knowledge representation in an expert system for integrated management of bark beetles // Silva Fennica.- 1990.- Vol. 24, N 2.- P. 249-260.
6. Vakeva J., Saarenmaa H. Knowledge representation in the diagnosis of biotic damage on scots pine - a rule-based expert system // Current Advances in the Use of Computers in Forest Research. Workshop of the IUFRO Working Party S4.11-03. Joensuu, Finland, February 14, 1991. - Helsinki, 1991. - P. 51-60.

7. Vakeva J., Saarenmaa, H. A rule-based expert system for the diagnosis of biotic damage on Scots pine // Scand. J. For. Res.- 1992.- N 2.- P. 1-14.
8. Yong Yong - Chi. Expert System for silvicultural Decision - making in the National Forest of the Republic of China // 19th World Congr, "Sci. Forest: JUFRO's 2nd Century", Monreal, 5-11 Aug, 1990. Div. 4 / Int. Union Forest Res. organ.- Monreal, 1990.- P. 508.

УДК 630\*:681.31

И.В. Толкач, ассистент

### ПРИКЛАДНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БАЗОЙ ДАННЫХ ТАКСАЦИИ ДРЕВОСТОЕВ НА СТАЦИОНАРАХ

The managing sistem of data base for stand taxation indexes on permanent sample plots are discribed in this article

В настоящее время во все отрасли народного хозяйства, в том числе и в лесное хозяйство, внедряются новые компьютерные технологии обработки информации и информационные системы. Использование информационных систем позволяет в короткие сроки получать и обрабатывать текущую информацию о состоянии лесов республики, что значительно повышает эффективность управления лесным хозяйством.

Во многих лесхозах республики, в заповедниках, заказниках находятся стационары (постоянные пробные площади), на которых ведутся наблюдения за состоянием и ростом насаждений. Данные таксации древостоев на постоянных пробных площадях представляют собой ценный опытный материал, позволяющий получать полную информацию о ходе роста древостоев. Каждое дерево на пробной площади имеет номер и периодически, через 5-10 лет, выполняются замеры таксационных показателей деревьев, на основании которых определяются таксационные характеристики древостоев. За 45-50 лет наблюдений (например, в Беловежской пуши имеются стационары, заложенные, в 1952 году) накапливаются большие объемы информации, обработка которой является достаточно сложной задачей. На кафедре лесоустройства создана прикладная система управления базой данных таксации древостоев на постоянных пробных площадях, позволяющая сохранять и обрабатывать эту информацию.

Структурно система состоит из нескольких реляционных баз данных (рис.), связанных по ключевому полю. Ключевым полем является уникальный для каждого стационара шифр, содержащий номер пробы и год таксации.

1. База данных "Общая характеристика пробной площади" содержит информацию о преобладающей породе, типе леса, типе условий местопро-