

ловных станках в соответствующие моменты времени  $t$  будем иметь заготовки не только разного числа, но и различных типов, появляющихся с определенной вероятностью. Первое обстоятельство диктует изменение состава координат выходного сигнала с головных станков, а второе - дополнительно и адресатов их передачи. В этой связи, лесообрабатывающий цех можно интерпретировать как систему со стохастической структурой, связь между элементами которой имеют случайный характер.

При использовании методов теории графов для изучения структуры связей между контактами элементов оператор  $R$  задают в виде таблицы, представляющей матрицу смежностей ориентированного графа, вершинами которого являются контакты, а ребрами - элементарные каналы связи.

Вышеизложенное позволяет выбрать для исследования технологического процесса лесообрабатывающего цеха математические схемы динамических систем. Особую значимость из этих схем для проведения научной работы имеет обобщенный (универсальный) подход ( $A$  - схемы). Реализация  $A$ -схемы подразумевает применение имитационного моделирования объекта исследования.

УДК 630.323

Э.Ф. Герц, В.А. Азаренок, Ю.Н. Безгина

(Уральский государственный лесотехнический университет)

## **ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРОВ КРОН НА ВЕРОЯТНОСТЬ ПЕРВИЧНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ОСТАВЛЯЕМЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

*Рассмотрено влияние диаметров кроны на вероятность первичных повреждений при валке деревьев в процессе сплошных рубок. С использованием теории нечетких множеств предложена методика расчета вероятности степени первичных повреждений деревьев, оставляемых на дорощивание, при заданной степени изреживания.*

Расчет вероятности беспрепятственной валки дерева при сплошных рубках основывается на наличии свободной площадки (просвета) между деревьями, оставляемыми на дорощивание. Геометрические размеры площадки, принимаемые в расчетах, должны учитывать не только параметры вырубемого дерева, но и диаметры кроны деревьев, ограничивающих эту площадку, что исключает возможность пересечения кроны вырубемого и оставляемых на дорощивание деревьев. Вероятность отсутствия

деревьев в направлении валки дерева не дает полной картины возможного повреждения деревьев, оставляемых на дорашивание, так как она характеризуется не только вероятностью соударения деревьев, но и степенью пересечения крон деревьев при их соударении. Степень пересечения крон деревьев при валке может варьироваться от полного, т. е. лобового соударения, до касательного, при котором кроны двух деревьев практически не пересекаются. Частичное пересечение крон вырубаемых и оставляемых на дорашивание деревьев в процессе валки, не имеющее своим последствием ошмыг кроны растущего дерева, может в соответствии с принятым определением рассматриваться как беспрепятственная валка. С учетом этого определение беспрепятственной валки дерева как валки в просвет между стоящими деревьями не может считаться полной, поскольку частичное, в известной мере, пересечение крон вырубаемых и оставляемых на дорашивание деревьев в процессе валки не приводит к видимым последствиям. Из этого можно сделать вывод об отсутствии четкой границы понятия «беспрепятственный повал дерева», т.е. отнести его к разряду нечетких множеств [1], используя в дальнейшем введенное Л. Заде [2] понятие возможности. Здесь рассматривается возможность отнесения валки дерева с частичным пересечением крон к категории беспрепятственной валки.

Возможная степень пересечения крон вырубаемых и ограничивающих просвет деревьев в процессе валки определяется расстоянием между деревьями, ограничивающими просвет  $b_d$ , и диаметром крон деревьев в каждом случае. Вероятность  $P_0$  отсутствия деревьев на рассматриваемой площадке при наиболее распространенном случайном типе распределения деревьев по лесосеке в соответствии с законом Пуассона составит:

$$P_0 = e^{-\frac{hb_d}{S_d}}, \quad (1)$$

где  $h$  - высота дерева, м;

$S_d$  - площадь приходящаяся на одно дерево, м<sup>2</sup>/дер.

На рис. 1 представлена схема для определения степени пересечения крон подлежащего валке и ограничивающих просвет деревьев в зависимости от диаметров их крон при расстоянии между деревьями, ограничивающими просвет  $O_1, O_{np} = d_{расч}^{np}$ , равном  $d_{мин}^{np}$  и  $d_{кр}^{np}$ .

Значение параметра расстояние между деревьями, ограничивающими просвет для валки, не может быть меньше двух минимальных диаметров кроны, поскольку в этом случае не будет обеспечена возможность бес-

препятственной валки даже деревьев с кроной минимального диаметра (рис. 1а).

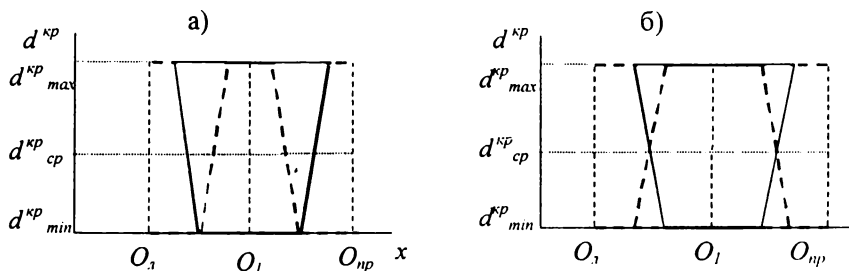


Рис. 1. Степень пересечения крон подлежащего валке и ограничивающих просвет деревьев в зависимости от диаметра крон при расстоянии между деревьями, ограничивающими просвет ( $O_л, O_нр$ ):

$$\text{а) } O_л O_нр = d_{\min}^{кр}; \quad \text{б) } O_л O_нр = d_{ср}^{кр}$$

Вместе с тем значения диаметров крон подлежащего валке и ограничивающих просвет деревьев могут варьироваться до максимальных, что потребует во избежание чрезмерного пересечения крон увеличения расстояния между деревьями, ограничивающими просвет. Решение по определению расстояния между деревьями, ограничивающими просвет для валки может быть принято по заданному условию валки с учетом допустимой степени пересечения крон. В качестве ограничений условий валки может рассматриваться возможность повала дерева в просвет без зависания на кронах деревьев, ограничивающих просвет, или ограничение степени ошмыга кроны дерева, ограничивающего просвет для валки.

Первое из них может устанавливаться при расчете возможности выполнения валки при несплошных рубках с заданной степенью изреживания. При этом требуется решить задачу возможности повала дерева в просвет без зависания на кронах деревьев, ограничивающих просвет. Решение этой задачи заключается в определении расчетного расстояния между деревьями, ограничивающими просвет, при условии минимума зависших и не вырубленных деревьев.

Второе ограничение представляет собой степень первичных повреждений деревьев, оставляемых на дорастивание. Расстояние между деревьями, ограничивающими просвет, определяется при этом с учетом времени года рубки, породы деревьев, их возраста и других факторов, определяющих

ших способность кроны противостоять ошмыгу. Далее рассчитывается вероятность наличия такого просвета для выполнения валки в заданном направлении.

Полная вероятность беспрепятственной валки дерева в каждом из двух рассмотренных частных случаев определится как произведение вероятности наличия расчетного просвета в заданном секторе валки и возможности пересечения кроны вырубаемого и ограничивающих просвет деревьев в степени, не превышающей установленный уровень.

$$P = P_0 P_b, \quad (2)$$

где  $P_b$  - вероятность беспрепятственной валки дерева в расчетный просвет кроны вырубаемого и ограничивающих просвет деревьев.

Функция нечеткого подмножества пересечения кроны подлежащего валке и ограничивающих просвет деревьев характеризуется функцией принадлежности  $\mu_p : X \rightarrow [0,1]$ , которая ставит в соответствие каждому  $x \in X$  число  $\mu_p(x)$  из интервала  $[0,1]$ , характеризующее степень принадлежности элемента  $x$  подмножеству  $p$ . Причем 0 и 1 представляют собой соответственно низшую и высшую степень принадлежности элемента к подмножеству  $p$ .

Численное значение функции принадлежности характеризует степень принадлежности элемента некоторому нечеткому множеству, являющемуся в выражении естественного языка некоторой, как правило, элементарной характеристикой явления. Функция принадлежности степени пересечения кроны вырубаемого и ограничивающих просвет деревьев может быть записана следующим образом:

$$\mu_p = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a \\ \frac{x-a}{c-a}, & \text{если } a < x < c \\ \frac{b-x}{b-c}, & \text{если } c < x < b \\ 0, & \text{если } x \geq b, \end{cases} \quad (3)$$

где  $c-a = (d_{\max}^{kp} - d_{расч}^{kp}) / 2$  - дерева, ограничивающего просвет, м;

$b-c = (d_{\max}^{kp} - d_{расч}^{kp}) / 2$  - вырубаемого дерева, м.

Здесь  $d_{расч}^{kp} = b_d / 2$ .

Значение функции принадлежности пересечения крон вырубаемого и ограничивающего просвет деревьев (рис. 2) строится с учетом расстояния между деревьями, ограничивающими просвет, и диаметров крон вырубаемого и ограничивающих просвет деревьев. Значение  $\mu_p(x) = 1$  соответствует максимальному значению диаметров крон вырубаемого и ограничивающего просвет деревьев. Значение  $\mu_p(x) = 0$  соответствует расчетному значению диаметров крон вырубаемого и ограничивающего просвет деревьев. Расчетное значение диаметров крон деревьев соответствует возможности валки дерева в просвет без пересечения крон.

Функция принадлежности может быть использована как функция желательности, где значение функции определяет степень предпочтения того или иного значения аргумента. В этом случае значение аргумента, соответствующее  $\mu_p(x) = 0$ , определяется в соответствии с условиями валки (возможностью валки дерева без зависания или ограничением возможной степени ошмыга кроны деревьев, оставляемых для дорастивания).

На основе функции принадлежности пересечения крон вырубаемого и ограничивающего просвет деревьев может быть построена функция принадлежности (желательности) беспрепятственной валки дерева:

$$\mu_b = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq b_d \\ \frac{b_d - x}{d_{крит}^{кр} - b_d}, & \text{если } b_d < x < 2d_{крит}^{кр} \\ 0, & \text{если } x \geq 2d_{крит}^{кр} \end{cases} \quad (4)$$

где  $d_{крит}^{кр}$  - диаметр крон вырубаемого и ограничивающих просвет деревьев, при котором степень их пересечения превышает критическую, м.

В качестве критического диаметра кроны может рассматриваться такая, при котором происходит взаимное перекрытие крон на 0,5 их диаметра. Очевидно, что величина критического диаметра будет при прочих равных условиях определяться расстоянием между деревьями, ограничивающими просвет, и диапазоном изменчивости диаметров крон.

Выбор значения расстояния между деревьями, ограничивающими просвет, соответствующего критическому диаметру кроны, близкому к максимальному, будет соответствовать условию, при котором вероятности отсутствия деревьев на площадке, необходимой для валки дерева, и беспрепятственной валки в расчетный просвет будут пропорционально формировать полную вероятность беспрепятственной валки (2).

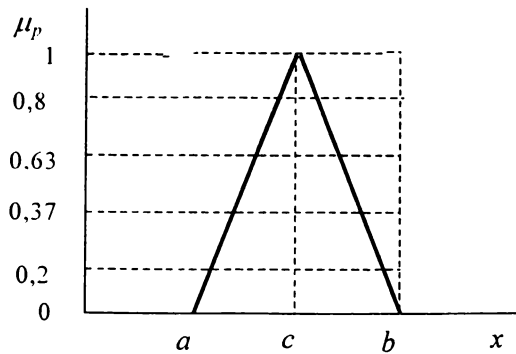


Рис. 2. Функция принадлежности пересечения крон вырубаемого и ограничивающего просвет деревьев

Полная вероятность беспрепятственной валки дерева может быть записана с учетом функции (4) в следующем виде:

$$P = e^{-\frac{hb_d}{S_d}} \mu_b . \quad (5)$$

Таким образом, вероятность беспрепятственной валки в расчетный просвет между деревьями, оставляемыми на доразживание, может быть оценена функцией принадлежности (желательности). Значение  $\mu(x) = 0.37$  обычно соответствует границе допустимых значений.

Степень желательности пересечения крон деревьев в зависимости от ширины крон подлежащего валке и ограничивающего просвет деревьев для расстояний между деревьями, ограничивающими просвет, в два минимальных и два средних диаметра кроны приведены соответственно в табл. 1 и 2. Значению  $\mu(x) = 0$  при этом соответствует степени пересечения крон вырубаемого и ограничивающего просвет деревьев  $ab \leq b_{cr}^{np} - b_{min}^{np} = b_{max}^{np} - b_{cr}^{np}$ .

При расстоянии между деревьями, ограничивающими просвет, равном  $2d_{min}^{np}$  (табл. 1) только при 6 из 25 сочетаний диаметров крон вырубаемого и ограничивающих просвет деревьев степень пересечения крон позволяет считать валку дерева беспрепятственной. Увеличение расстояния между деревьями, ограничивающими просвет, до  $2d_{cr}^{np}$  (табл. 2) приводит к увеличению доли благоприятных сочетаний диаметров крон до 22/25.

Таблица 1

Степень желательности пересечения крон деревьев в процессе валки при расстоянии между деревьями  $2d_{мин}^{кр}$

Диаметр кроны дерева, подлежащего валке, м	Диаметр кроны деревьев, ограничивающих просвет, м				
	минимальный	ниже среднего	средний	выше среднего	максимальный
Минимальный	ОХ	Х	У	П	ОП
Ниже среднего	Х	У	П	ОП	ОП
Средний	У	П	ОП	ОП	ОП
Выше среднего	П	ОП	ОП	ОП	ОП
Максимальный	ОП	ОП	ОП	ОП	ОП

Таблица 2

Степень желательности пересечения крон деревьев в процессе валки при расстоянии между деревьями  $2d_{ср}^{кр}$

Диаметр кроны дерева, подлежащего валке, м	Диаметр кроны деревьев, ограничивающих просвет, м				
	минимальный	ниже среднего	средний	выше среднего	максимальный
Минимальный	ОХ	ОХ	ОХ	ОХ	ОХ
Ниже среднего	ОХ	ОХ	ОХ	ОХ	Х
Средний	ОХ	ОХ	ОХ	Х	У
Выше среднего	ОХ	ОХ	Х	У	П
Максимальный	ОХ	Х	У	П	ОП

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений.-М: Мир, 1976.-165с.
2. Заде Л.А. Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе: - Классификация и кластер.-М: Мир, 1980.- С. 208-247.