

УДК 630\*587.5, 630\*521.2

UDK 630\*587.5, 630\*521.2

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОЛОГО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ ДЛЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ РАЗМЕРОВ ДЕРЕВЬЕВ ПО ТОЛЩИНЕ В ДРЕВОСТОЯХ ЗАПАДНОЙ И ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

**USE OF MORPHOLOGICAL-SPATIAL RELATIONSHIPS FOR INTERPRETATION OF SIZES OF TREES ON THICKNESS IN FOREST STANDS OF THE WESTERN AND THE EASTERN SIBERIA**

Вайс Андрей Андреевич  
к. с-х. н., доцент  
*Сибирский государственный технологический университет, Красноярск, Россия*

Vays Andrey Andreevich  
Cand.Agr.Sci., associate professor  
*Siberian state technological university, Krasnoyarsk, Russia*

В статье предлагается с учетом мозаично-ярусной структуры лесов при оценке растущего дерева учитывать пространственный признак. Отмечается, что диаметр стволов имеет опосредованную (косвенную) связь со средним расстоянием до ближайших деревьев

In the article it is offered to count the spatial sign with provision for mosaic-tiered structure of wood when estimating rising trees. It is noted that the diameter of stems has mediated (indirect) relationship with average distance to the nearest tree

Ключевые слова: ДЕШИФРИРОВАНИЕ, СОСНА, МОДЕЛЬ, СРЕДНЕЕ РАССТОЯНИЕ, СОМКНУТОСТЬ ПОЛОГА ДЕРЕВА, БИОМЕТРИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТР, ДИАМЕТР НА ВЫСОТЕ ГРУДИ, ДИАМЕТР КРОНЫ

Keywords: INTERPRETATION, PINE, MODEL, AVERAGE DISTANCE, DENSITY OF CROWN LAYER OF TREE, BIOMETRIC PARAMETER, DIAMETER AT BREAST HEIGHT, DIAMETER OF THE CRONE

**Введение.**

В последние годы возможности распознавания наземных объектов с помощью воздушных и космических средств резко возросли [1,2,3]. Особое развитие получили методы лазерной локации [2,3].

И. М. Данилин с соавторами отмечают, что основным базовым элементом лазерного сканирования леса является модель высотной структуры совокупности деревьев и древостоя (ЦМД). Предлагаемый авторами метод обеспечивает детальную сегментацию модели высоты дерева и древостоя в отдельные части деревьев (крона, отдельные ветви, ствол), которые в последующем используются для точной биометрической оценки. Отдельные деревья в бореальной зоне могут быть измерены с точностью 10-15 см при частоте импульсного сканирования 30 КГц и выше (авторы указывают, что увеличение частоты сканирования до 50-100 КГц позволяет получить морфометрические параметры отдельных деревьев и промежутков между ними).

Всё это позволяет предполагать, что развитие аэрокосмических методов приведёт к таксации до уровня растущего (отдельного) дерева.

Современная лесная парадигма [4] указывает на мозаично-ярусную структуру естественных лесов. Поэтому, безусловно, пространственный признак, характеризующий растущее дерево относит его не к категории отдельного растения (на наш взгляд это неудачное понятие и применимо только к срубленному дереву). Древостой необходимо рассматривать как совокупность взаимодействующих друг с другом на надземном, наземном и подземном уровне растущих растений.

Таким признаком на наземном уровне может являться среднее расстояние до ближайших по радиусу «соседей»:

$$l_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n}, \quad (1)$$

где  $l_{\text{cp}}$  – среднее расстояние до ближайших по радиусу «соседей», м;

$\sum_{i=1}^n l_i$  - сумма расстояний до ближайших «соседей», м;

$n$  – число деревьев, шт.

На надземном уровне пространственной оценкой роста являлась сомкнутость полога растущего дерева (СПД):

$$\text{СПД} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i + \sum_{i=1}^n l_{0i}}{\sum_{i=1}^n L_i}, \quad (2)$$

где СПД – сомкнутость полога на уровне растущего дерева;

$\sum_{i=1}^n l_i$  - сумма расстояний до ближайших «соседей» занятых

кронами, м;

$\sum_{i=1}^n l_{oi}$  - сумма расстояний до ближайших «соседей», перекрытых

кроной растущего дерева, м;

$\sum_{i=1}^n L_i$  - сумма расстояний до ближайших «соседей», м.

По данным Н.С. Саниковой, Е.И. Локосовой [5] ведущую системообразующую роль в функционировании ценоэкосистем играет корневая конкуренция (подземный уровень пространственной оценки). К сожалению, научный уровень на данный момент времени не позволяет без трудоёмких измерений установить параметр подземной пространственной оценки (методы оценки площади роста, зоны влияния имеют ряд недостатков).

В дешифровочных работах среднее расстояние до ближайших «соседей» и сомкнутость полога могут являться прямыми признаками для оценки биометрических параметров растущих деревьев (например, диаметра на высоте груди).

Если оценивать процесс роста в динамике, то на уровне растущего дерева происходит как снижение плотности стояния растений (увеличение расстояния), так и уменьшение сомкнутости полога. Без влияния эндогенных факторов (лесной пожар, болезни, вредители, рубки) горизонтальная структура древостоев со временем становится более регулярной, с переходом от группового размещения к равномерному виду [6].

В результате пространственные признаки несут в себе информационный элемент ростовых процессов.

Низкий уровень связи между пространственными признаками и размерами деревьев отмечались рядом авторов [7,8]. Это можно объяснить

адаптационными и приспособительными механизмами растений. В любом случае густота стояния стволов является одним из показателей характеризующих устойчивость и рост деревьев.

### **Экспериментальные исследования.**

Для построения множественных регрессионных моделей исследования проводились в различных районах Западной и Восточной Сибири: сосновые насаждения (Среднеобские боры Новосибирской области; пригородная зона г. Красноярска – учебно-опытный лесхоз и заповедник «Столбы»; модели – Ленский лесхоз республика Саха, Пировский лесхоз Красноярского края, Газимур-Заводский лесхоз Читинской области); смешанные пихтовые насаждения (Большемуртинский лесхоз Красноярского края); кедровые насаждения (Абазинский лесхоз республики Хакассия).

В таксационной практике морфологические связи используются для определения показателей на уровне древостоя (средний диаметр, относительная полнота, запас на 1 га, возраст, товарность древостоя) [9]. При переходе на уровень растущего дерева вероятность ошибки возрастает, но при этом для визуализированных деревьев биометрические параметры (БП) могут быть определены с абсолютной точностью.

На первом этапе были вычислены парные и линейные модели. Необходимо сразу отметить, что диаметр ствола ( $d_{1.3}$ ) – это величина, которая не имеет временного размерного ограничения. Поэтому связь  $d_{1.3} = f(\text{БП})$  всегда будет линейной по форме.

Одной из задач множественного регрессионного анализа является установление входных переменных наиболее значимо влияющих на выходную величину.

Таблица – Параметры линейных моделей связи толщины стволов на высоте груди и морфолого-пространственных признаков растущих деревьев (насаждения Западной и Восточной Сибири)

Насаждения (район исследова- ний)	Выходные и входные переменные	Кoeffи- циент кореляции	Величина ошибки, см	Критерий Фишера
Среднеобские боры – - чистые условно- одновозрас- тные насаждения (Новосибир- ская область)	$d_{1.3} = f(l_{cp})$	0,038-0,508	0,6-7,7	0,2-69
Смешанные пихтовые насаждения – разновозрас- тные с невыраженным и поколениями (южная часть средней тайги Красноярского края)	Средневоз- растные $d_{1.3} = f(l_{cp})$	0,077-0,214	-	2-10
	$d_{1.3} = f(l_{cp}, dk)$	0,668-0,784	1,2-3,0	12-23
	Приспевающие , спелые $d_{1.3} = f$ (спд, dk, H)	0,864-0,950	1,8-4,6	41-93
	пихта кедр ель	0,925-0,997 0,699-0,953	0,6-4,1 3,0-9,9	38-235 8-56

Продолжение таблицы

Модели Сосновые насаждения (Пировский гослесхоз, Боготольский лесхоз, Абанский лесхоз Красноярского края) Сосновые	$d_{1.3} = f(l_{cp}, dk)$	0,837	2,5	16
		0,927	3,9	256
		0,940	4,3	338

насаждения (Газимур- Заводский лесхоз Читинской области)		0,975	2,4	443
Сосновые насаждения (Ленский лесхоз – Саха- Якутия)		0,663	3,7	11
Кедровые насаждения (Абазинский лесхоз Хакасской АССР)	$d_{1,3} = f(l_{cp})$	0,062-0,283	-	1,2-8,0
Сосновые насаждения пригородной зоны г. Красноярска: модальные сосняки био- станции «Караульная», модальные сосняки заповедника «Столбы», нормальные сосняки заповедника «Столбы»,	$d_{1,3} = f(l_{cp}, l_{cp}^2)$	0,095-0,615	6,2-4,1	2,3-24
	$d_{1,3} = f(l_{cp}, dk)$	0,415-0,482	6,8-6,0	23-42
	$d_{1,3} = f(l_{cp}, dk)$	0,586-0,602 0,437-0,680	6,2-7,0 5,8-5,9	29-31 13-58

Окончание таблицы

Сосновое насаждение биостанция «Караульная» (наблюдения с 42 до 71 года)	$d_{1,3} = f(H, l_{cp}, dk)$	0,806-0,915	1,8-3,7	74-566
-----------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------	-------------	---------	--------

Примечание:  $d_{1,3}$  – диаметр ствола на высоте груди, см;  $l_{cp}$  – среднее расстояние, м;  $dk$  – диаметр кроны, м;  $H$  – высота, м; спд – сомкнутость полога дерева. Диапазон значений входных переменных варьировал в широких пределах –  $l_{cp}=0,5-14,2$  м;  $H = 6,0-34,0$  м;  $dk = 0,2-12,4$  м; спд = 0,1-1,0.

В таблице отражены параметры линейных моделей вида  $d_{1.3} = f(x)$  и  $d_{1.3} = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  с использованием в качестве входных переменных среднего расстояния для условного дерева, диаметра кроны, высоты, сомкнутости полога растущего дерева.

Анализируя данные таблицы можно констатировать, что вне зависимости от типа насаждения для получения достоверных значений толщины растущего дерева (ошибка в пределах ступени толщины) необходимо, помимо среднего расстояния до ближайших «соседей», в качестве входных значений использовать дешифровочные признаки высоты, диаметр кроны и модификации этих переменных.

#### **Выводы.**

В результате проведённых исследований можно сделать следующие выводы.

а) Новые компьютерно-дешифровочные технологии позволяют с высокой точностью перейти с уровня древостоя до уровня растущего дерева (определение морфологических признаков).

б) Для сохранения принципов мозаично-ярусной структуры лесов, непрерывности растительного сообщества (континуума) необходимо при таксации или дешифрировании растущего дерева учитывать пространственный признак (среднее расстояние до ближайших «соседей», сомкнутость полога древесной особи в социальной группе).

в) Толщина стволов имеет опосредованную (косвенную) связь со средним расстоянием до ближайших «соседей». Это связано с «оконным» формированием древостоев, с высокой пластичностью деревьев и многофакторностью роста деревьев. С одной стороны структурные особенности определяют в целом ростовые процессы древостоя, с другой стороны на уровне растущего дерева слабая структурная зависимость

позволяет активно реагировать на другие факторы (минеральное питание, водный режим, климатические условия и т.д.).

г) Во множественной регрессионной модели определения диаметра ствола на высоте груди при дешифровочных работах входными переменными могут быть высота, диаметр кроны, модификации этих данных и пространственный признак (среднее расстояние до ближайших «соседей» или сомкнутость полога древесной особи).

Таким образом, переход на уровень растущего дерева расширит информационную составляющую о древостоях и позволит разработать ряд новых нормативов.

### Список литературы

1. Дмитриев И.Д., Мурахтанов Е.С., Сухих В.И. Лесная авиация и аэрофотосъёмка (учебник для вузов). Изд. 2-е. М., 1989. 366 с.
2. Данилин И.М., Медведев Е.М., Мельников С.Р. Лазерная локация земли и леса (учебное пособие). – Красноярск, 2005. 182 с.
3. Данилин И.М., Медведев Е.М., Абэ Н.И., Худак Т., Санит-Онге Б. Высокие технологии XXI века для аэрокосмического мониторинга и таксации лесов // Лесная таксация и лесоустройство. 2005. №1(34), с. 28-39.
4. Попадюк Р.В., Чистякова А.А., Чумаченко С.И. и др. Восточноевропейские широколиственные леса. М., 1994. 364 с.
5. Санникова Н.С., Локосова Е.И. Количественный микроэкосистемный анализ структуры и функций лесных биогеоценозов // Структурно-функциональная организация и динамика лесов (Матер. Всерос. конф.). Красноярск, 2004. с.464-466
6. Грейг – Смит П. Количественная экология растений. М., 1967. 288 с.
7. Бузыкин А.И. и др. Анализ структуры древесных ценозов. Новосибирск, 1985. 93 с.
8. Вайс А.А., Данилин А.И. Взаимосвязь размещения деревьев с морфологическими признаками // Химико-лесной комплекс: проблемы и решения (Матер. всерос. конф.). Красноярск, 2003. с. 142-144.