

基于大小比数的林分空间优势度表达方法及其应用

赵中华  惠刚盈  胡艳波  李远发  王宏翔  
(1 中国林业科学研究院林业研究所  2 国家林业局林木培育重点实验室)

**摘要:**以大小比数为基础,结合比较指标的变化幅度,提出了林分空间优势程度的量化表达方法,并以6块红松阔叶混交林样地和2块锐齿栎针阔混交林样地调查数据对林分空间优势度的表达方法进行验证。结果表明:基于大小比数的林分空间优势度表达方法能够很好地反映出林分整体的空间优势程度,而且能够表达出林分经营前后的空间优势程度变化,可以用来评价森林经营措施的得当与否及经营效果的优劣。此外,林分空间优势度量化表达方法为实现构造森林空间结构优化目标函数提供了依据。

**关键词:**大小比数;林分;空间优势程度;量化表达方法

中图分类号:S758.5<sup>+</sup>3    文献标志码:A    文章编号:1000-1522(2014)01-0078-05  
ZHAO Zhong-hua; HUI Gang-ying; HU Yan-bo; LI Yuan-fa; WANG Hong-xiang. **Method and application of stand spatial advantage degree based on the neighborhood comparison.** *Journal of Beijing Forestry University* (2014)**36**(1)78-82 [Ch,13 ref. ]

1 Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing, 100091, P. R. China;  
2 Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing, 100091, P. R. China.

Based on the neighborhood comparison and combined with the comparative indicators of variations in size, the paper puts forward a quantify method describing the stand spatial advantage degree. The investigated data of 6 plots in Korean pine-broadleaf mixed forest and 2 plots in *Quercus aliena* natural forest were used to test and verify this method. The results show that the method not only can express the stand spatial advantage degree but also the changes of stand spatial advantage degree after management, and it can be used to evaluate the forest management measures and operating results. Also, stand spatial advantage degree quantify method provids basis for the realization of optimized objective function for forest spatial structure.

**Key words** neighborhood comparison; stand; spatial advantage degree; quantified express method

森林空间结构是森林生长过程的驱动因子,对森林未来的发展具有决定性的作用<sup>[1]</sup>。近年来,随着森林可持续经营对森林精确信息的需求增加,森林空间结构研究日显重要<sup>[2-3]</sup>。惠刚盈等<sup>[4-7]</sup>提出的混交度、大小比数和角尺度3个空间结构参数分别用来描述林分的树种隔离程度、林木个体的大小分化程度和林木的水平分布格局,已被国内外有关森林空间结构的研究广泛应用<sup>[8-12]</sup>。如何将角尺度、混交度和大小比数3个参数整合,构造森林空间

结构优化目标函数,直观表达林分整体空间结构的差异,是森林空间结构研究未来发展的趋势。目前,已有学者对此进行了初步探讨,如董灵波<sup>[13]</sup>等以林分空间结构参数为切入点,运用微观经济学中柯布-道格拉斯生产函数边际递减效益的思想,构建了以混交度、大小比数和角尺度为“投入”与林分空间结构为“产出”的林分空间结构生产函数和林分空间结构距离,并应用于不同林分类型的空间结构分析与评价中。3个结构参数反映了林分整体空间

收稿日期:2012-12-27  修回日期:2013-07-05  
基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD22B03)。  
第一作者:赵中华,博士,助理研究员。主要研究方向:森林经营理论与技术、森林结构。Email:zhz-zhao@163.com  地址:100091 北京市颐和园后中国林业科学研究院林业研究所。  
责任作者:惠刚盈,研究员,博士生导师。主要研究方向:天然林经营模拟。Email:hui@caf.ac.cn  地址:同上。  
本刊网址: <http://journal.bjfu.edu.cn>

结构的不同方面,其中:林分中所有由参照树与其 4 株最近相邻木组成的结构单元的平均角尺度用来反映林分中林木整体的分布情况,它也可以通过分树种计算,从而获得林分中每一个树种的分布格局;林分的隔离程度可以通过林分平均混交度或修正的林分混交度来表达,也可以通过计算每个树种的混交度来了解林分中树种的隔离程度;而对于林木个体的大小分化程度通常是分树种计算的,以树种的大小比数均值来比较每个树种的优劣态势;对于林分的平均大小比数,由于在计算时林分中的每一株林木既作为参照树,同时也作为其他林木的相邻木,因此它并不能反映出林分整体的空间优势程度,这对评价经营前后林分整体的空间优势程度变化以及比较相同气候区域、相似类型林分的优势程度带来不便。因此,有必要开展林分空间整体优势程度量化表达方法的研究,本文就是针对这一问题进行探讨。

1 林分空间优势度的表达方法

大量的森林群落样地调查结果得到相同的结论:在相同的气候区域,相同的环境条件下,相似地段上的森林群落由于林分的起源、年龄、密度及立地等因子的不同,而常常表现出不同的林木组成。在群落生态学中常用林分的优势种来区别,即林分中个体数量最多、盖度大、生物量高、体积大、生活能力强的植物种类的数量特征。

大小比数是表达树种空间优势程度的良好指标。大小比数 ( $U_i$ ) 被定义为大于参照树的相邻木数所占考察的 4 株最近相邻木的比例<sup>[4-7]</sup>,用公式表示为:

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n k_{ij}$$

$k_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{如果相邻木 } j \text{ 比参照树 } i \text{ 小} \\ 1 & \text{否则} \end{cases} \quad (1)$

由大小比数的定义可知,  $U_i$  的取值有 5 种,即  $U_i = 0, U_i = 0.25, U_i = 0.5, U_i = 0.75$  和  $U_i = 1$ ,  $U_i$  值越小,说明比参照树大的相邻木越少。由此定义可知,林分  $U_i = 0$  的比例越高,说明林分中处于绝对优势的林木的比例越高,整个林分处于空间优势的可能性就越大。所以,可将  $U_i = 0$  的比例 ( $P_{U_i=0}$ ) 作为林分空间优势度的一个指标。另外,断面积是考量林分大小优势程度的重要指标。其中,林分平均断面积  $\bar{G}$  反映了林分整体的大小优势程度;林分中的最大林木个体反映了在此立地条件下和年龄阶段时该林分的林木个体的潜在大小。显然,林分中所有林木株数与最大个体的断面积 ( $G_{\max}$ ) 的积就是对该

林分在此立地条件下和年龄阶段潜在的最大断面积的恰当表达,反映了该林分的潜在生产力,其值越大林分越有优势; $G_{\max}$  与  $\bar{G}$  的差值越小,表明林分中比平均个体大的林木数量越多,林分就越有优势。因此,为表达林分空间上的优势程度,我们构造了如下林分空间优势度 ( $S_D$ ) 表达式:

$$S_D = \sqrt{P_{U_i=0} \cdot \frac{G_{\max}/2}{G_{\max} - \bar{G}}} \quad (2)$$

式中:  $S_D$  为林分空间优势度,  $G_{\max}$  为林分中最大个体的断面积,  $\bar{G}$  为林分平均断面积。

由于  $\frac{G_{\max}/2}{(G_{\max} - \bar{G})} = \frac{1}{2(1 - \bar{G}/G_{\max})} =$

$$\frac{1}{2\left(1 - \frac{\pi N \bar{d}^2/4}{\pi N d_{\max}^2/4}\right)} = \frac{1}{2\left(1 - \frac{\bar{d}^2}{d_{\max}^2}\right)},$$

其中,  $\bar{d}$  和  $d_{\max}$

分别为林分的平均胸径和林分中最大林木的胸径,  $N$  为林分的株数,因此,式(2)也可以写成

$$S_D = \sqrt{P_{U_i=0} \cdot \frac{d_{\max}^2/2}{(d_{\max}^2 - \bar{d}^2)}} \quad (3)$$

由林分空间优势度定义可以看出,  $P_{U_i=0}$  的性质和平均胸高断面积及最大林木的胸高断面积的关系,决定了  $S_D$  的值越大林分的空间优势度越大。此外,式(3)中还可以将平均胸径换成树高或冠幅作为比较指标对林分的空间优势度进行度量。

2 林分优势度的应用实例

以吉林省蛟河林业实验区管理局设置的 6 块红松 (*Pinus koraiensis*) 阔叶混交林样地和甘肃省小陇山林区 2 块锐齿栎 (*Quercus aliena* var. *acuteserrata*) 针阔混交林样地为例来说明林分优势度的应用。红松阔叶林样地位于吉林省蛟河林业实验区管理局东大坡经营区内,地理坐标为 127°35′ ~ 127°51′ E、43°51′ ~ 44°05′ N。该地段地势较为平坦,坡向北,平均坡度约为 12°。植被类型属于温带针阔混交林区域—温带针阔混交林地带—长白山山地红松针阔混交林、杉松针阔混交林区,主要植物属于长白植物区系。本区的主要森林类型有红松针阔混交林、云冷杉 (*Picea-Abies* spp.) 林和硬阔叶林等天然林。锐齿栎针阔混交林位于甘肃省小陇山林区百花林场漫坪营林区小阳沟,百花林场地理坐标为 106°15′ ~ 106°30′ E、34°16′ ~ 34°25′ N。该地段位于甘肃省东南部,地处秦岭西端,我国华中、华北、喜马拉雅、蒙新 4 大自然植被区系的交汇处,属暖温带向北亚热带过渡地带,兼有我国南北气候特点,海拔 2 200 m

以下主要分布有锐齿栎和辽东栎(*Q. liaotungensis*)为主的天然林。

蛟河林业实验区管理局东大坡经营区 52 林班、54 林班内由坡底到坡中部共设立 6 块 100 m × 100 m 的方形样地(样地 A ~ F),其中,样地 A、样地 B、样地 D 和样地 F 运用结构化森林经营方法进行了经营;小陇山林区百花林场埂坪营林区小阳沟 71 林班设立了 2 块 70 m × 70 m 的长方形样地(样地 G 和

样地 H),样地 G 应用结构化森林经营方法<sup>[6-7]</sup>进行了经营。各样地均采用 TOPCON 全站仪对胸径大于 5 cm 的林木定位并进行全面调查,调查内容包括郁闭度、胸高断面积、坡度、树种、胸径、树高以及林下更新等内容。用空间结构分析软件 Winkelmass 计算林分的空间结构指标,为避免边缘效应对林分结构的影响,本研究设置了 5 m 缓冲区。表 1 为各林分经营前的基本特征。

表 1 经营前的林分基本特征  
Tab.1 Stand basic characteristics of pre-management

林分 类型	样地 编号	样地 面积/m <sup>2</sup>	郁闭度	密度/ (株·hm <sup>-2</sup> )	胸径/cm			树种数	树种 组成	胸高断面积/ (m <sup>2</sup> ·hm <sup>-2</sup> )
					最小	最大	平均			
红松阔叶林	A	100 × 100	0.90	797	5.0	77.7	22.1	19	3 针+7 阔	31.9
	B	100 × 100	0.85	1 178	5.0	80.2	18.2	20	2 针+8 阔	31.3
	C	100 × 100	0.85	748	5.0	99.0	21.8	22	2 针+8 阔	28.0
	D	100 × 100	0.80	816	5.0	73.2	21.1	22	2 针+8 阔	30.2
	E	100 × 100	0.85	808	5.0	85.0	21.0	19	3 针+7 阔	28.1
	F	100 × 100	0.90	936	5.0	79.2	19.5	19	2 针+8 阔	29.3
锐齿栎针阔混交林	G	70 × 70	0.80	933	5.0	61.0	19.7	33	5 锐+1 针+4 其他	27.9
	H	70 × 70	0.80	843	5.0	70.5	19.8	35	3 锐-1 针+6 其他	25.3

从表 1 可以看出:6 块红松阔叶林样地中样地 A 的平均胸径和胸高断面积最大,分别达到了 22.1 cm 和 31.9 m<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup>;样地 B 的密度最大,为 1 178 株/hm<sup>2</sup>,但其平均胸径最小,仅为 18.2 cm;样地 C 的密度最小,仅有 748 株/hm<sup>2</sup>,平均胸径为 21.8 cm,但其胸高断面积却是 6 个林分中最小的,为 28.0 m<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup>;样地 D 和样地 E 的密度和平均胸径相差不大,但其每公顷胸高断面积相差较大,样地 E 仅为 28.1 m<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup>。2 块锐齿栎针阔混交林密度不同,每公顷胸高断面积也相差较大,但它们的平均胸径几乎相同。从以上分析可以看出,相同或相似类型的林分仅从平均胸径、断面积很难判断出哪个林分在空间上更具有优势,因为林分的密度及林分中林木大小分布比例不同,会导致林分的平均胸径和断面积差异很大。

以林木胸径为比较指标,统计了各林分的大小比数的分布频率,结果见表 2。

由表 2 可以看出:8 块样地中,大小比数分布频率的规律基本一致,即无论  $U_i=0.5$  的比例为多少,分布其两边的比例是基本相等的。这正是由于在固定样地计算大小比数时,林分中的每一株林木既作为参照树,同时也作为其他林木的相邻木造成的,这也是大小比数不能用来反映林分整体的优势程度的主要原因。但从表 2 也可以看出:各个林分中林木处于不同状态的比例是不同的,在 6 块红松阔叶林

样地中,样地 A 中林木处于绝对优势状态的林木比例最高(达到了 21.9%),其次为样地 C(21.3%),样地 F 中处于绝对优势状态的林木比例最小(仅为 20.1%);样地 D 和样地 C 中处于优势状态的林木所占的比例在 6 个阔叶红松林林分中相对较大(分别为 20.2%和 20.1%),其他几个林分处于优势状态的林木比例均在 20%以下。从以上分析可以看出:仅用林分中处于绝对优势的结构单元比例来表达林分的整体优势度尚不能说明哪个林分的优势度更大,例如阔叶红松林样地 B 和样地 D,二者处于绝对优势的结构单元比例均为 21.1%,不能直接说明二者哪个优势度更高。运用本文提出的林分优势度表达方法对各林分进行计算,结果见表 3。

表 2 各林分大小比数分布频率  
Tab.2 Distributing frequency of neighborhood comparison of each stand

林分 类型	样地 编号	分布频率				
		$U_i=0$	$U_i=0.25$	$U_i=0.5$	$U_i=0.75$	$U_i=1$
红松 阔叶林	A	0.219	0.190	0.186	0.213	0.193
	B	0.211	0.196	0.206	0.189	0.198
	C	0.213	0.201	0.191	0.185	0.210
	D	0.211	0.202	0.186	0.199	0.201
	E	0.208	0.199	0.217	0.179	0.197
	F	0.201	0.191	0.199	0.210	0.199
锐齿栎针 阔混交林	G	0.185	0.216	0.201	0.173	0.225
	H	0.183	0.214	0.204	0.189	0.211



表 3 林分空间优势度计算结果

Tab. 3 Calculating results of stand spatial advantage degree

林分 类型	样地 编号	$P_{U_i=0}$	$\frac{d_{\max}^2/2}{d_{\max}^2 - \bar{d}^2}$	$S_D$
红松阔叶林	A	0.219	0.544	0.345
	B	0.211	0.527	0.334
	C	0.213	0.525	0.335
	D	0.211	0.545	0.339
	E	0.208	0.533	0.333
	F	0.201	0.532	0.327
锐齿栎针阔混交林	G	0.185	0.558	0.321
	H	0.183	0.543	0.315

表 4 经营后林分的基本特征和林分空间优势度

Tab. 4 Stand basic characteristics and stand spatial advantage degree after management

林分 类型	样地 编号	郁闭度	密度/ (株·hm <sup>-2</sup> )	胸径/cm			树种数	胸高断面积/ (m <sup>2</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	$P_{U_i=0}$	$S_D$
				最小	最大	平均				
红松阔叶林	A	0.85	693	5.0	77.7	22.4	19	28.5	0.206	0.335
	B	0.80	985	5.0	80.2	18.4	20	26.2	0.221	0.342
	D	0.80	666	5.0	73.2	22.2	22	25.9	0.207	0.338
	F	0.85	754	5.0	79.2	20.4	19	25.6	0.217	0.341
锐齿栎针阔混交林	G	0.70	841	5.0	61.0	18.1	33	21.8	0.198	0.329

从表 4 可以看出,运用结构化森林经营方法经营后的林分,郁闭度、密度和胸高断面积均较经营前有所下降,但林分的平均胸径均较经营前有所上升,这是因为在经营中对林分中的不健康、生长势弱及影响培育目标树生长的小径级林木进行了伐除,从而导致林分的平均胸径上升,郁闭度、密度和每公顷胸高断面积下降。对于林分中处于绝对优势的结构单元分布频率而言,样地 A 和样地 D 的比例有所下降,分别由经营前的 0.219 和 0.211 下降为 0.206 和 0.207,而其他几个林分处于绝对优势的结构单元比例则有不同程度的上升;对经营前后的林分空间优势度进行比较可以看出,样地 A 的  $S_D$  值由经营前的 0.345 下降到 0.335,样地 D 的  $S_D$  值较经营前略有下降,由经营前的 0.339 下降到 0.338,说明林分经营后空间优势度有所下降,但下降的幅度很小,这是由于这 2 个样地在经营时对部分达到了培育目标直径的林分进行了采伐利用,从而降低了处于绝对优势结构单元的比例;其他 3 个样地的  $S_D$  值均较经营前明显上升,说明经营后林分的空间优势度得到了提高,经营措施得当,提高了林分的优势程度,达到了经营目标。

由表 3 可以看出:运用本文提出的林分空间优势度表达方法可以表达出不同林分的空间优势程度,在 6 块阔红松林样地中,样地 A 的  $S_D$  值最大,其次为样地 D,最小的为样地 F;2 块锐齿栎针阔混交林样地中,样地 G 的林分  $S_D$  值明显大于样地 H。结合表 1 可以看出,林分空间优势度与林分的总断面积具有一定的正相关性,但其并不是线性关系,因为林分空间优势度不仅考虑了林分中绝对优势的空间结构单元比例,而且还考虑了林分中林木大小的变化幅度。为进一步说明林分空间优势度  $S_D$  的应用,对上述 8 个林分中运用结构化森林经营方法经营后的 5 个林分的基本特征和林分优势度进行分析,结果见表 4。

3 结论与讨论

在群落生态学研究,往往是关注群落中某个种群或某几个种群的优势程度,因而表达优势度的指标主要是用种的盖度和密度,如相对多度、相对显著度、相对频度以及重要值等指标;而林分的蓄积量在一定程度上能够表达出林分的优势程度,表达了林地的生产力的高低,但在实际调查中还需要知道林木的材积计算公式、形数等因子。对于森林生态系统来说,它是一个由各组成要素同时发挥各种功能的整体,构成森林生态系统的所有因素都对整体功能的发挥起着不可替代的作用,因此,仅考虑某个种群或某些种群的优势程度显然是不足的。本研究提出了基于大小比数的林分空间优势度的表达方法,它既考虑了林分的空间结构信息,即用林分中处于绝对优势的结构单元比例反映林分空间上的优势程度,也体现了林分的非空间结构,即用比较指标(胸径、树高或冠幅)的平均值和最大值来反映林分中处于优势的个体的变化幅度。此外,该公式中隐含了一个假设,即在当前立地条件下和年龄阶段时,林分中最大林木个体为该林分林木个体的潜在大小,当前林分密度与最大个体的断面积( $G_{\max}$ )的乘

积反映了该林分的潜在生产力,因为林分的断面积是一个与立地、年龄及密度密切相关的函数。8 个林分的优势度计算结果表明,本文提出的林分空间优势度不仅可以很好地反映相同或相似林分的空间优势度情况,而且可以反映出经营前后林分空间优势度的变化情况,可用来评价经营方向及经营措施的正确性。

林木的分布格局、树种隔离程度和林木的大小分化程度是构成复杂林分结构的基础,三者之间是不可分割的,它们的变化影响了林分结构的差异,进而影响森林结构和功能。因此,将林分空间结构的 3 个方面作为整体来分析,不仅有利于进一步深入研究林分空间结构的特征,而且能够更加客观地表征林分干扰对森林结构的影响,实现林分空间结构的优化,但其前提是建立合适的目标函数。如前面所述,角尺度、林分混交度不仅能够分析种群的分布格局和树种隔离程度,其均值还能够体现整个林分的分布格局和树种隔离程度,但大小比数仅能从种群的角度来了解某个种在林分中的竞争情况,而基于大小比数的林分空间优势度为实现从整体上表达林分的空间优势程度,从而为森林空间结构的 3 个参数作为整体建立目标函数奠定了基础。

参 考 文 献

[ 1 ] PRETZSCH H. Analysis and modeling of spatial stand structures methodological considerations based on mixed beech-larch stands in Lower Saxony [J]. Forest Ecology and Management, 1997, 3:

237-253.  
[ 2 ] POMMERENING A. Approaches to quantifying forest structures [J]. Forestry, 2002, 75(3):305-324.  
[ 3 ] 汤孟平,唐守正,雷相东,等. 林分择伐空间结构优化模型研究[J]. 林业科学, 2004, 40(5): 25-31.  
[ 4 ] 惠刚盈, GADOW K V, ALBERT M. 一个新的林分空间结构参数:大小比数[J]. 林业科学研究, 1999, 12(1): 1-6.  
[ 5 ] 惠刚盈,克劳斯·冯佳多. 森林空间结构量化分析方法[M]. 北京:中国科学技术出版社, 2003.  
[ 6 ] 惠刚盈, GADOW K V ,胡艳波,等. 结构化森林经营[M]. 北京:中国林业出版社,2007.  
[ 7 ] 惠刚盈,赵中华,胡艳波. 结构化森林经营指南[M]. 北京:中国林业出版社,2010.  
[ 8 ] 胡艳波,惠刚盈. 优化林分空间结构的森林经营方法探讨[J]. 林业科学研究, 2006,19(1):1-8.  
[ 9 ] 赵中华,袁士云,惠刚盈,等. 经营措施对林分空间结构特征的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(7): 135-141.  
[ 10 ] 赵中华,惠刚盈,袁士云,等. 小陇山天然林空间结构特征[J]. 林业科学,2009,45(3):1-6.  
[ 11 ] 岳永杰,余新晓,李钢铁,等. 北京松山自然保护区蒙古栎林的空间结构特征[J]. 应用生态学报, 2009, 20(8): 1811-1816.  
[ 12 ] AGUIRRE O, HUI G Y, GADOW K V, et al. An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 183: 137-145.  
[ 13 ] 董灵波,刘兆刚,马妍,等. 天然林林分空间结构综合指数的研究[J]. 北京林业大学学报,2013, 35(1):16-22.

( 责任编辑 冯秀兰)