

文章编号:1001-1498(2004)06-0687-06

林分空间结构参数角尺度的标准角选择

惠刚盈¹, K. v. Gadow², 胡艳波¹

(1. 中国林业科学研究院林业研究所,北京 100091;

2. Institute of Forest Management, Georg-August-University Göttingen, B. Ügenweg 5, D-37077 Göttingen, Germany)

摘要:角尺度是一个刻画森林空间结构的新参数,通过描述相邻木围绕参照树的均匀性来进行林木分布格局的判定。角尺度对复杂森林的空间结构有很强的解析能力。标准角是衡量参照树周围4株最近相邻木分布均匀性的标准,是影响角尺度使用精度的关键因子。理论推导出的标准角应为 72° ,这个标准角能使随机分布林分的角尺度均值最接近0.5,从而与角尺度定义中林木随机分布时角尺度取值为0.5相一致,这个观察被进一步模拟的100个随机分布的林分所证实。

关键词:林分空间结构参数;角尺度;标准角

中图分类号:S753.3 **文献标识码:**A

空间结构是森林的重要特征,因为即使具有相同频率分布的林分也可能具有不同的空间结构,从而表现出不同的生态稳定性^[1]。空间分布格局是研究种群空间行为的基础。任何种群都是在空间不同位置分布的,但由于种群内个体间的相互作用及种群对环境的适应,使得同一种群在不同环境条件下呈现不同的空间分布格局。林木分布格局是种群生物学特性、种内与种间关系以及环境条件综合作用的结果,是种群空间属性的重要方面,也是种群的基本数量特征之一。格局研究不仅可以对种群和群落的水平结构进行定量描述,给出它们之间的空间关系,同时能够说明种群和群落的动态变化,因此,格局研究在植被生态学中一直备受重视。人们很早就利用样方法和距离法来进行种群空间分布格局的研究^[2,3]。随着研究的深入,新近还出现了既不用测距又不用准确度量角度的角尺度方法来进行格局分析^[4]。角尺度既可用均值也可用单个值的分布来表达结果,对空间结构有很强的解析能力^[5,6],所以,进一步发展和完善角尺度的理论将对结构复杂的天然林的可持续经营有十分重要的意义。

1 角尺度的定义

角尺度(W_i)是描述相邻木围绕参照树*i*的均匀性。对参照树*i*的4株相邻最近树而言,绝对均匀分布时其位置分布角的期望值为 $360/4 = 90^\circ$ (图1),这个期望值被定义为标准角。从参照树出发,任意两个最近相邻树的夹角有两个,小角为 α ,大角为 β ,显然, $\alpha + \beta = 360^\circ$ 。为明确起见,特用图2示意此种关系。图2中

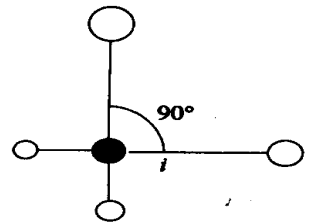


图1 参照树及其4株相邻最近树的绝对均匀分布

收稿日期:2003-07-14

基金项目:国家林业局天然林经营技术研究(99-4-18)

作者简介:惠刚盈(1961—),男,陕西富平人,研究员,林学博士。

参照树与其最近相邻木 1 和 2、1 和 4、2 和 3、3 和 4 构成的夹角都是用较小夹角 α_{12} 、 α_{14} 、 α_{23} 、 α_{34} 表示。

角尺度被定义为 角小于标准角 α_0 的个数占所考察的最近相邻木的比例用 (1) 式表示:

$$W_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 z_{ij} \quad (1)$$

其中: $z_{ij} = 1$, 当第 j 个 角小于标准角 α_0
 0 , 否则

$W_i = 0$ 表示 4 株最近相邻木在参照树周围分布是特别均匀的; 而 $W_i = 1$ 则表示 4 株最近相邻木在参照树周围分布是特别不均匀的或聚集的。图 3 进一步明确给出了角尺度 (W_i) 的可能取值和意义。

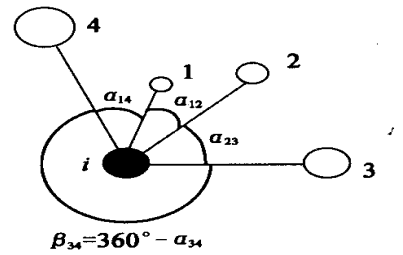
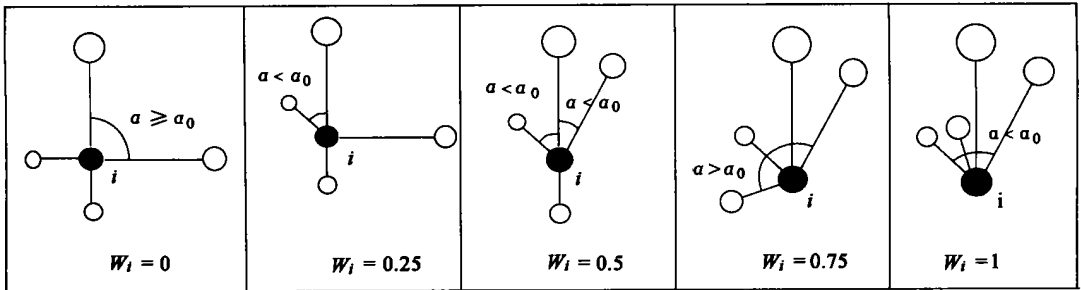


图2 参照树与其相邻最近的树构成的夹角示意图



$W_i = 0$: 所有 角都大于或等于 α_0 (很均匀); $W_i = 0.25$: 1 个 角小于 α_0 (均匀); $W_i = 0.5$: 2 个 角小于 α_0 (随机); $W_i = 0.75$: 3 个 角小于 α_0 (不均匀); $W_i = 1$: 所有 角小于 α_0 (很不均匀)。

图3 角尺度的可能取值及意义

图 3 是对角尺度 (W_i) 的定义以及可能的取值范围分析,重要的是图 3 中每种可能在林分中出现的频率。显然, W_i 值的分布就能反映出一个林分中林木个体的分布格局,其分布的特征值即均值 (\bar{W}) 也反映了一个林分的整体分布情况。均值 (\bar{W}) 的计算公式为:

$$\bar{W} = \frac{1}{N} \sum_i W_i \quad (2)$$

在角尺度的定义中,首先涉及到标准角 α_0 的大小。惠刚盈等^[4]在提出角尺度概念时,考虑到自然界中几乎没有正好等于绝对均匀的分布角 $\alpha_0 = \frac{360^\circ}{4}$,故将标准角的大小直接定义为 $\alpha_0 = \frac{360^\circ}{4} (1 \pm 0.1)$ 。实际上,标准角是衡量参照树周围几株最近相邻木分布均匀性的标准。按照角尺度的定义,如果标准角过大, $\alpha < \alpha_0$ 的概率就大,均匀分布被误判为不均匀分布的可能性就增加;反之, $\alpha > \alpha_0$ 的概率就大,分布格局易被误判为均匀分布。可见,标准角是影响角尺度使用精度的一个关键因子,它的取值大小必然存在一个优化的选择过程。

2 标准角的理论推导

对参照树 i 的 4 株最近相邻木而言,绝对均匀分布时其位置分布角应均为 90° ,但自然状

态下,绝对均匀几乎不可能达到。理论上,自然界中存在两种具有最大规则性的分布即正六边形分布和正方形分布(图 4),这两种最大均匀分布中相邻木的夹角分别为 60° 和 90° 。据此标准角的可能取值范围为: $60^\circ \sim 90^\circ$ 。

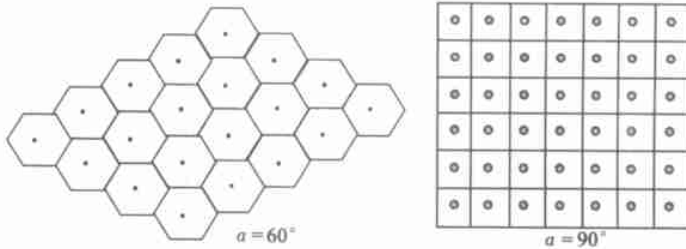


图 4 树种的两种绝对均匀的分布(●:树种)

如果采用 60° 作为标准角,很容易将单侧分布误判为均匀分布(图 5 左),因此, 60° 偏小。林木分布为绝对方形(图 5 右)的情况并不常见,说明标准角应小于 90° ,因此标准角必然在 60° 和 90° 之间,可能是两者的中值。两者的中值有三种:算术平均值($\bar{x} = 75^\circ$)、几何平均值($\bar{x}_G = 73.5^\circ$)、协调平均值($\bar{x}_H = 72^\circ$)。其中,协调平均值 \bar{x}_H 的计算公式为:

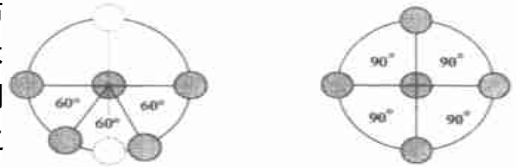


图 5 标准角的取值

$$\bar{x}_H = 2 / (1/60^\circ + 1/90^\circ) = 72^\circ \tag{3}$$

由此可知 $\bar{x}_H < \bar{x}_G < \bar{x}$,由角尺度的定义($\alpha < \alpha_0$)可知,当选择协调平均值($\bar{x}_H = 72^\circ$)作为标准角时,其它两种均值亦属于均匀的范畴,覆盖面广,故 72° 是标准角的恰当取值。

另外,介于 60° 和 90° 之间的 α_0 角,在误差范围都是 x 时应满足下列方程:

$$\alpha_0 = 60^\circ(1 + x) \tag{4}$$

$$\alpha_0 = 90^\circ(1 - x) \tag{5}$$

当 $x = 0.2$ 时,对应的 $\alpha_0 = 72^\circ$,也可证明该角度的合理性(图 6)。

标准角也应该是能够等分圆周的均匀角。 72° 正好是圆周 5 等分时的相邻木夹角,从这一点上看 72° 也是合适的标准角。图 7 显示了最小(60°)、最优(72°)和最大(90°)标准角构成的规则分布单元。由图 7 可见,最优的标准角所表示的均匀分布的程度若差于绝对均匀分布,但较单侧分布而言又不失其均匀性,这也许就是自然界的模糊性所在。

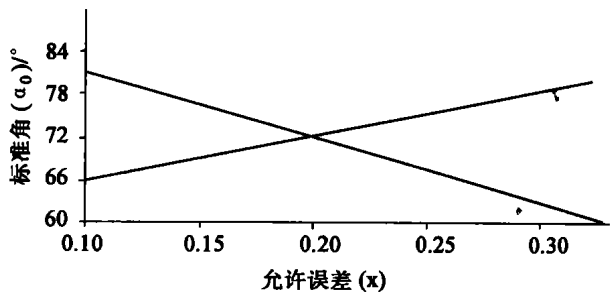


图 6 优化解图示

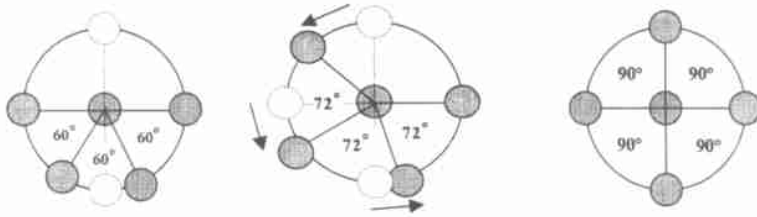


图 7 3 种标准角的取值

3 标准角的数字验证

与角尺度定义相一致,随机分布林分的角尺度均值也应接近 0.5。为了验证上述理论推导,特用地统计模拟软件^[7]模拟产生了 10 个随机分布的林分,并用双相关函数^[7]进行了确认。图 8 给出了模拟林分的分布格局及其所对应的双相关函数。用分析软件对 10 个随机分布的林分以大于、小于和等于 72 的标准角计算了角尺度的均值(表 1)。由表 1 可见,同一个随机分布的林分,如果标准角不同将会有不同的角尺度分布。与其它两个标准角相比,用标准角 72 可以获得随机分布的林分的角尺度均值最接近 0.5。这个观察被进一步模拟的 100 个随机分布的林分所证实。图 9 显示了此 100 个随机分布林分的角尺度平均值的分布。

表 1 10 个随机分布的林分在不同标准角时的角尺度分布

标准角 / $^{\circ}$	参数 取值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	角尺度 均值
67.5	0.00	0.036	0.009	0.010	0.027	0.006	0.017	0.013	0.034	0.009	0.010	
	0.25	0.258	0.301	0.262	0.288	0.273	0.245	0.286	0.225	0.288	0.307	
	0.50	0.527	0.485	0.570	0.508	0.550	0.555	0.576	0.545	0.553	0.614	
	0.75	0.158	0.161	0.120	0.150	0.139	0.141	0.113	0.174	0.132	0.058	
	1.00	0.022	0.045	0.039	0.027	0.032	0.041	0.013	0.023	0.018	0.005	
	平均	0.468	0.483	0.479	0.465	0.480	0.486	0.457	0.482	0.466	0.433	0.470
72.0	0.00	0.018	0.003	0.005	0.020	0.006	0.010	0.008	0.006	0.005	0.005	
	0.25	0.233	0.265	0.219	0.236	0.215	0.217	0.240	0.197	0.247	0.249	
	0.50	0.520	0.497	0.572	0.535	0.580	0.552	0.601	0.579	0.566	0.646	
	0.75	0.201	0.185	0.166	0.175	0.158	0.176	0.134	0.191	0.155	0.095	
	1.00	0.029	0.051	0.039	0.034	0.041	0.045	0.017	0.028	0.027	0.005	
	平均	0.497	0.504	0.504	0.492	0.504	0.507	0.478	0.510	0.489	0.462	0.495
76.5	0.00	0.007	0.000	0.002	0.007	0.002	0.003	0.004	0.000	0.005	0.000	
	0.25	0.179	0.208	0.176	0.188	0.173	0.183	0.202	0.157	0.215	0.196	
	0.50	0.552	0.533	0.582	0.565	0.591	0.548	0.634	0.573	0.548	0.661	
	0.75	0.233	0.191	0.195	0.204	0.185	0.214	0.139	0.242	0.206	0.138	
	1.00	0.029	0.068	0.046	0.036	0.049	0.052	0.021	0.028	0.027	0.005	
	平均	0.524	0.530	0.526	0.519	0.526	0.532	0.493	0.535	0.509	0.488	0.518

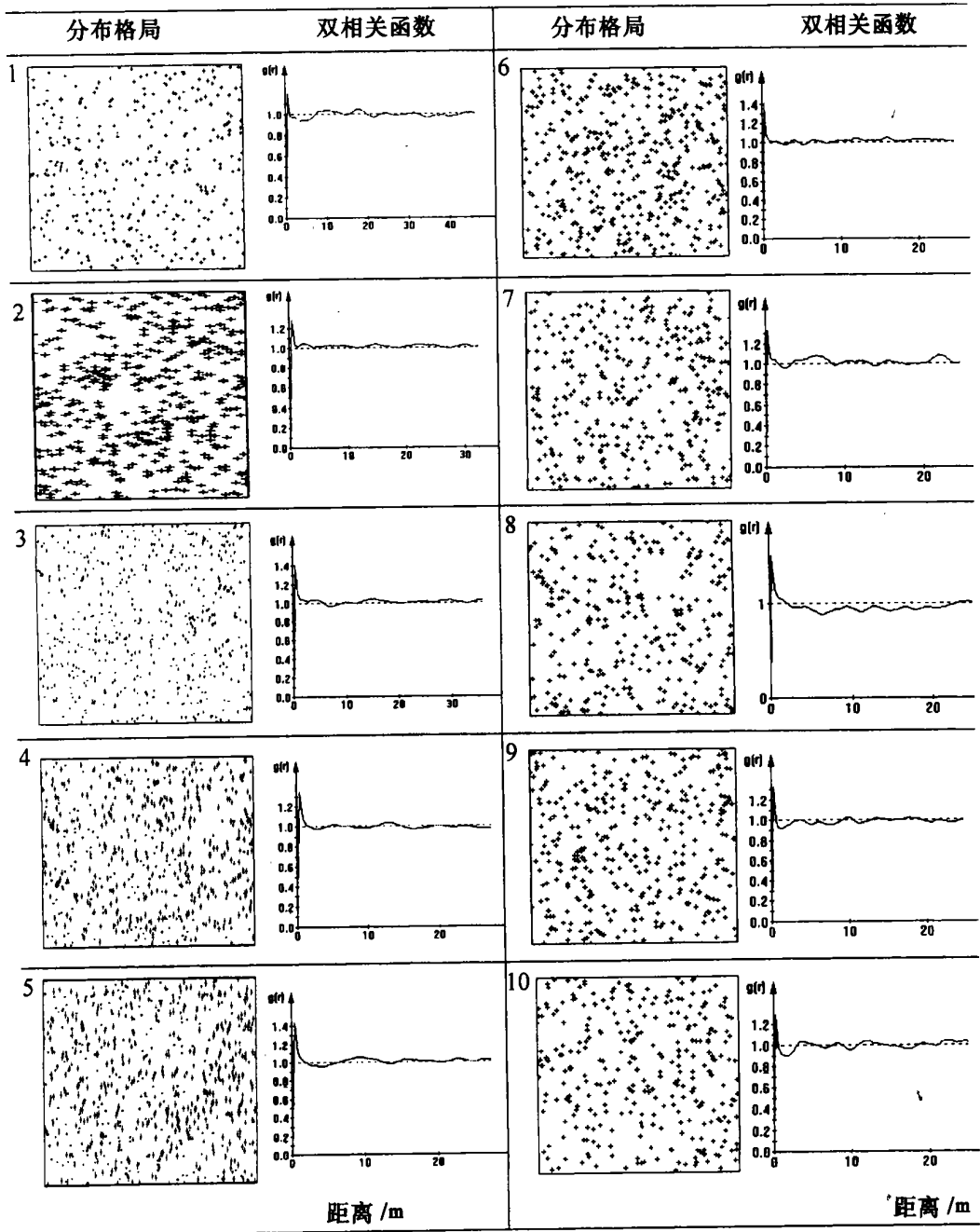


图 8 模拟林分的分布格局及其所对应的双相关函数($g(r)$)

4 结论与讨论

角尺度是一个刻画森林空间结构的参数,通过描述相邻木围绕参照树 i 的均匀性来进行林木分布格局的判定。在森林地段可以相对简单地通过抽样调查来测定角尺度的大小,不需

要对林木进行费时费力的测距和定位,调查结果既可用均值也可用单个值的分布来表达,这一点优于目前所有其他的方法,对复杂森林的空间结构有很强的解析能力,因此,将在天然林的可持续经营中发挥十分重要的作用。

标准角是衡量参照树周围4株最近相邻木分布均匀性的标准。它是影响角尺度使用精度的关键因子。本文利用自然界中的两种最大均匀分布的均匀角确定出标准角的范围。对于参照树的4株最近相邻木,如果采用60°作为标准角,很容易将单侧分布误判为均匀分布,而自然界中林木分布为绝对方形配置的情况并不常见,所以,标准角应小于90°。研究认为两者的协调平均值即72°为标准角的恰当取值,该标准角能使随机分布林分的角尺度均值最接近0.5,从而与角尺度定义中林木随机分布时角尺度取值为0.5相一致。这个观察被进一步模拟的100个随机分布的林分所证实。

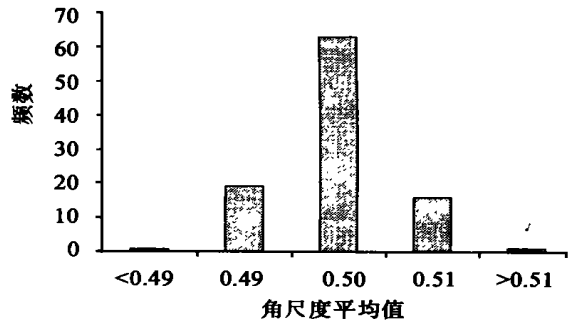


图9 应用标准角为72°时角尺度平均值的分布

参考文献:

- [1] 惠刚盈, 克劳斯·冯佳多. 德国现代森林经营技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001
- [2] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001
- [3] 周国法, 徐汝梅. 生物地理统计学-生物种群时空分析的方法及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1998
- [4] 惠刚盈, v Gadow K, Albert M. 角尺度——一个描述林木个体分布格局的结构参数[J]. 林业科学, 1999, 35(1): 37~42
- [5] Albert M. Analyse der eingriffbedingten Strukturveränderung und Durchforstungsmodellierung in Mischbeständen [D]. Dissertation Universität Göttingen. Hainholz Verlag, 1999, 63~68
- [6] Pommerening A, v Gadow K. Zu den Möglichkeiten und Grenzen der Strukturerfassung mit Waldinventuren[J]. Forst und Holz, 2000, 55(19): 622~630
- [7] Stoyan D, Stoyan H. Fraktale Formen Punktfelder. Methoden der Geometrie-Statistik[M]. Berlin: Akademie-Verlag, 1992. 394

The Optimum Standard Angle of the Uniform Angle Index

HUI Gang-ying¹, Klaus von Gadow², HU Yarr-bo¹

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;

2. Institute of Forest Management, Georg-August-University Göttingen, B. Ügenweg 5, D-37077 Göttingen, Germany)

Abstract: The paper was to improve the theory of the uniform angle index, a measure for describing spatial forest structure. The standard angle, which implied absolute regularity of the spatial distribution of the neighboring trees around a reference tree, was an important factor influencing the efficiency of the uniform angle index for describing the spatial distribution of a forest. Based on theoretical arguments, and 100 simulation stands of one ha including 1 000 trees each, a standard angle of 72° was found to be optimal, producing a uniform angle index-mean value \bar{W} of 0.5 in Poisson distributed tree populations.

Key words: forest spatial structure; uniform angle index; standard angle