

林木分布格局类型的角尺度均值分析方法

惠刚盈¹, K. v. Gadow², 胡艳波¹, 陈伯望¹

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091, 中国; 2. 德国哥廷根大学森林经营研究所, 哥廷根 37075, 德国)

摘要:空间结构是森林的重要特征,它反映了森林群落内物种的空间关系即林木的分布格局及其属性在空间上的排列方式。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。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。与其他的描述分布格局的指数相比,角尺度具有调查费用低、结果的体现既可用均值也可用频率分布的形式,对复杂结构具有很强的解析能力,在结构复杂天然林的可持续经营中将发挥十分重要作用。为在实践中快速准确地应用这一新的空间结构参数,研究分析了 2000 个模拟林分的角尺度均值,并用 3 倍标准差原理提出了林木分布格局类型的角尺度均值评判标准,指出随机分布时角尺度均值范围为 $[0.475, 0.517]$,大于 0.517 时为团状分布,而小于 0.475 时为均匀分布。这一标准的提出进一步完善了角尺度理论。

关键词:分布格局;空间结构;角尺度;判别方法

Characterizing forest spatial distribution pattern with the mean value of uniform angle index

HUI Gang-Ying¹, K. v. Gadow², HU Yan-Bo¹, CHEN Bo-Wang¹ (1. *Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China*; 2. *Institute of Forest Management, Georg-August-University Gottingen, Busgenweg 5 D-37077 Gottingen, Germany*). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1225~1229.

Abstract: An important characteristic of a forest ecosystem is the spatial structure. The "spatial structure" refers to the spatial relationships among different species in a forest community, to the distribution of tree positions and the spatial arrangement of their attributes. The distribution of tree positions is not only an important spatial characteristic, but also an essential quantitative quality of the population. It is determined by the combined impact of the biological characteristic of the population, the relations within the same species, the relation between different species and the environment. The *uniform angle index* is a new parameter for describing forest spatial structures. This variable describes the degree of spatial regularity of the neighboring trees around a given reference tree. The uniform angle index is very easy to assess in the field. More significantly, this parameter can be used to analyze complicated forest spatial structures. Both its mean value and its frequency distribution can be used in the structure analysis. Thus the uniform angle index can be used to advantage to facilitate the management of natural forests with complicated spatial structures. In this paper, the mean values of 2000 simulated forest distributions were analyzed. The critical value for the identification of tree spatial distribution pattern was discussed within the interval $\mu \pm 3\sigma$. The \bar{W} -value for the random case is defined by the bounds $[0.475, 0.517]$. A \bar{W} -value of less than 0.475 is most likely from a regular distribution, values exceeding 0.517 are most likely from a clumped distribution. The possibility to characterize the type of spatial tree distribution represents an improvement of the uniform angle index theory.

Key words: distribution of tree position; forest spatial structure; uniform angle index; the judgment method

文章编号:1000-0933(2004)06-1225-05 中图分类号:S718.5,S757.1 文献标识码:A

基金项目:国家林业局天然林经营技术研究资助项目(99-4-18)

收稿日期:2003-08-08;修订日期:2004-02-29

作者简介:惠刚盈(1961~),男,博士,研究员.主要从事天然林经营模拟研究. E-mail: hui@forestry. ac. cn

Foundation item: Supported by the Project of State Administration of Forestry: Study on Natural Forest Management (No. 99-4-18)

Received date: 2003-08-08; Accepted date: 2004-02-29

Biography: HUI Gang-Ying, Ph. D., Professor, mainly engaged in natural forest management and simulation. E-mail: hui@forestry. ac. cn

1 问题的提出

空间结构是森林的重要特征,它反映了森林群落内物种的空间关系即林木的分布格局及其属性在空间上的排列方式。所以,现代森林经营更加强调森林的空间结构研究。其目的在于实时破译森林的奥秘,为有效地保护和合理地经营森林提供可行的方法。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。所以,格局研究在植被生态学中一直备受重视^[1]。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,近来还出现了既不用测距又不需准确度量角度的角尺度方法可用于格局分析^[4]。角尺度对复杂森林的空间结构有很强的解析能力^[5-7]。已成为新的刻画森林空间结构的重要参数^[8]。可见,发展和完善角尺度理论对结构复杂天然林的可持续经营将有十分重要意义。本研究的目的在于给出角尺度均值的判别标准。

2 研究方法

角尺度(W_i)是描述 4 株最近相邻木围绕参照树 i 的均匀性。通过将参照树及其相邻木构成的交角(α)与均匀分布时的期望夹角(标准角 $\alpha_0=72^\circ$)的比较来分析林木的分布状况。他被定义为 α 角小于标准角 α_0 的个数占所考察的最近相邻木的比例。用下式来表示:

$$W_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 z_{ij} \quad \text{其中: } z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当第 } j \text{ 个 } \alpha \text{ 角小于标准角 } \alpha_0 \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (1)$$

$W_i=0$ 表示 4 株最近相邻木特别均匀地分布在参照树周围;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 1 进一步明确给出了角尺度(W_i)的可能取值和意义。

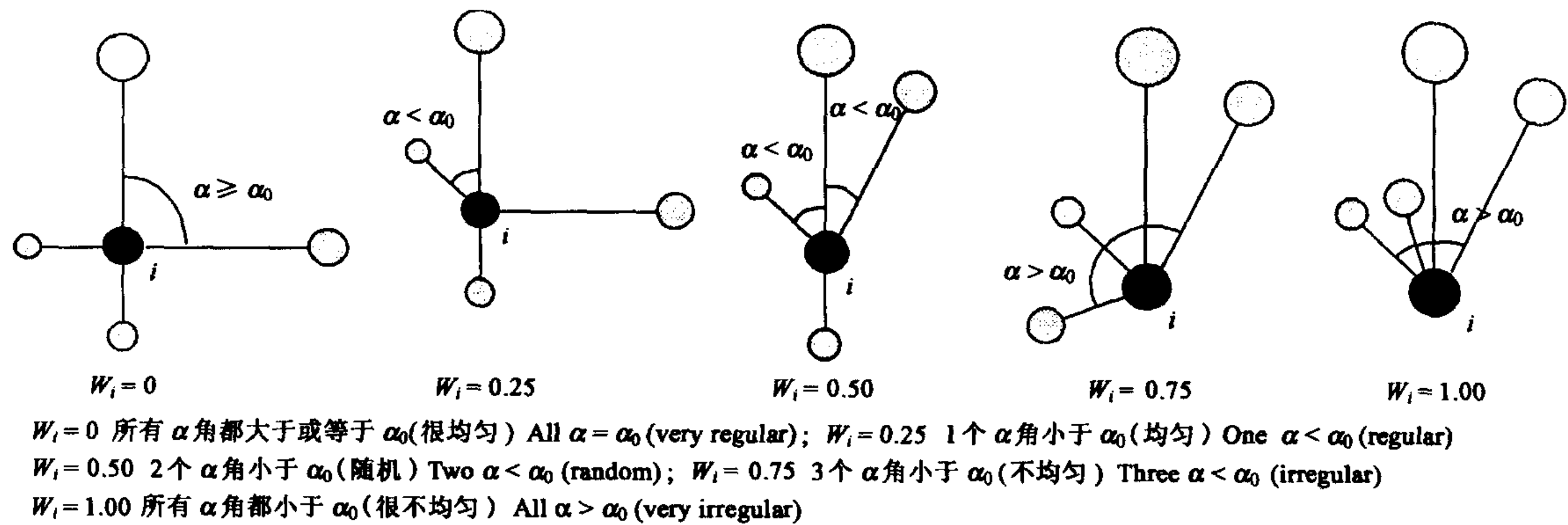


图 1 角尺度的可能取值及意义

Fig. 1 Possible values of the uniform angle index and their implicating

角尺度均值(\bar{W})的计算公式为:

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

由角尺度的定义可知,当 $W_i=0, W_i=0.25$ 时,对参照树 i 来讲为均匀分布, $W_i=0.5$ 时为随机分布, $W_i=0.75, W_i=1$ 时为不均匀分布。显然,所有参照树的集合就体现了整个林分的林木分布格局。另外,随机分布的林分平均角尺度取值应介于均匀和团状分布之间,即按照定义下面的不等式成立: $\bar{W}_{\text{均匀}} < \bar{W}_{\text{随机}} < \bar{W}_{\text{团状}}$ 。

因此只要界定了随机分布的 \bar{W} 值范围,均匀和团状分布的判定将一目了然。本研究模拟产生了 1000 个随机分布的林分(密度均为 1000 株/hm²),另外模拟产生了 500 个团状分布和 500 个均匀分布的林分(密度同前)作为辅助分析。检验模拟林分的分布格局采用了双相关函数^[9]。角尺度均值及其分布由专门为此研制的软件计算。图 2 给出了所模拟林分的分布格局及其分析范例。

3 结果与分析

1000 个模拟随机林分的 \bar{W} 值的分析结果显示:随机分布林分的 \bar{W} 的均值为 0.496,最小值为 0.477,最大值为 0.520,标准差为 0.007。 \bar{W} 的频率分布为常态(图 3)。进一步对图 3 的数据进行 K-S 检验得知,随机分布的 \bar{W} 值分布遵从正态分布(图 4)。这一结论为提出随机分布的判别标准提供了统计基础。

由正态分布理论^[10]可知,在 $\pm 1\sigma$ 的范围内包含变数个数(即面积)68.13%;在 $\pm 2\sigma$ 的范围内包含变数个数 95.46%;在 $\pm 3\sigma$ 的范围内包含变数个数 99.74%。考虑到均匀和团状分布在一定的条件下可以转化为随机分布,所以可采用相对宽的幅度来确定随机分布时角尺度的范围。也就是说,按照 3 倍标准差原则来确定:

$$\mu \pm 3\sigma = 0.496 \pm 3 \times 0.007 = 0.496 \pm 0.021 \quad (3)$$

由此得到, 随机分布时 \bar{W} 取值范围为 $[0.475, 0.517]$ 。从而有当 $\bar{W} > 0.517$ 时为团状分布; $\bar{W} < 0.475$ 时为均匀分布。图 5 显示了所模拟的 2000 个林分的角尺度均值的分布。

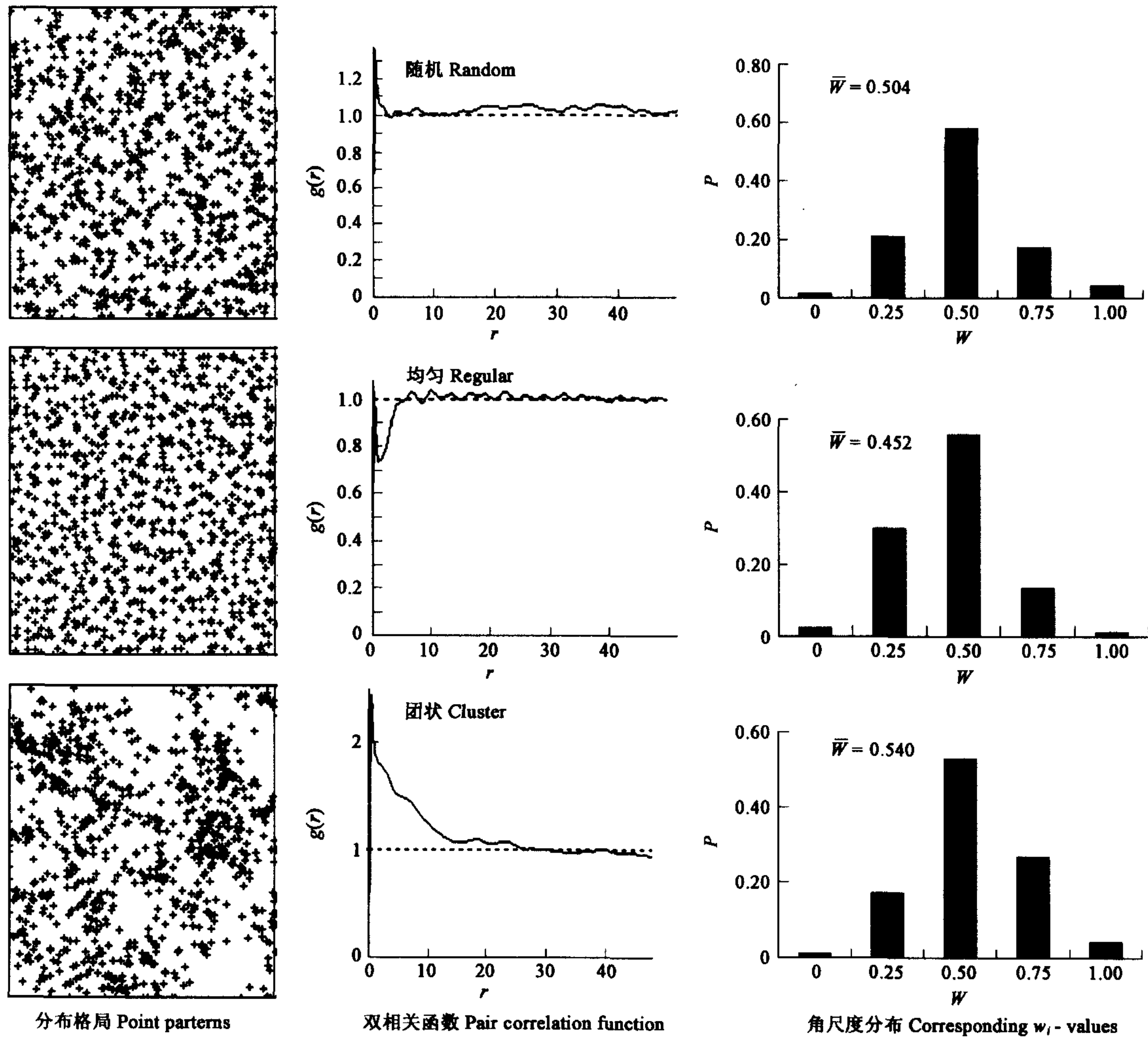


图 2 模拟林分的格局及其分析示例图

Fig. 2 Distribution patterns of simulated stands and pattern analysis

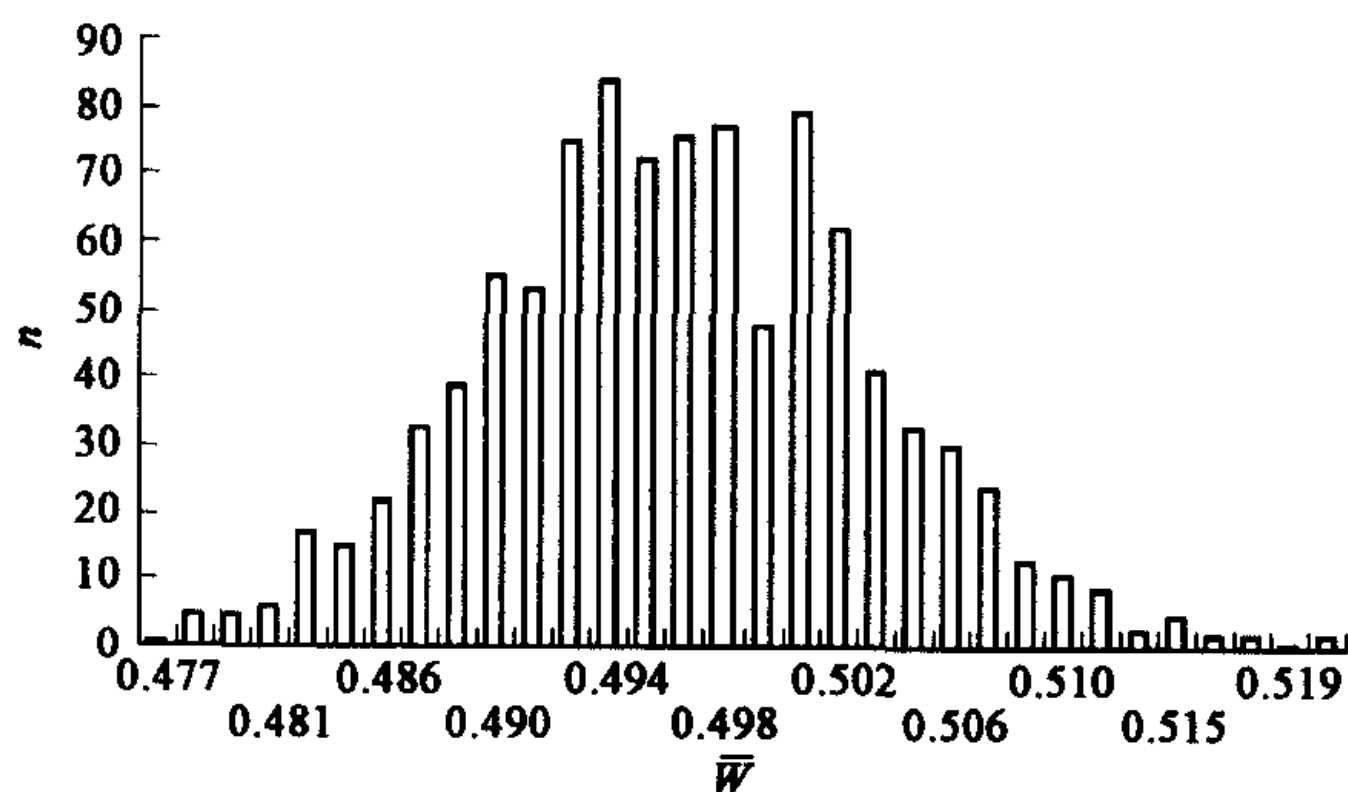


图 3 随机分布林分平均角尺度的概率分布

Fig. 3 Frequency distribution of mean uniform angle index values of random pattern

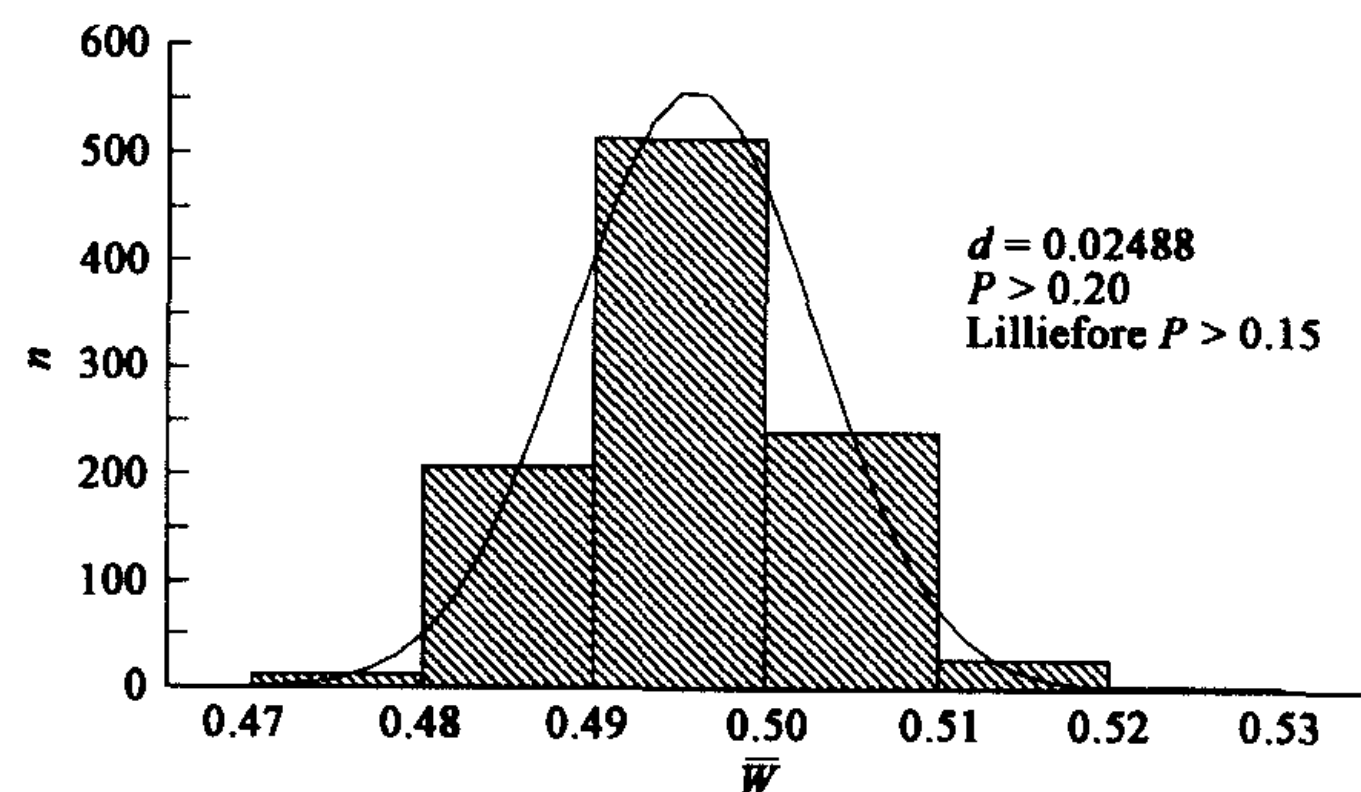


图 4 K-S-角尺度均值正态分布检验结果

Fig. 4 The result of K-S test of normal distribution of the mean uniform angle index

下面以我国东北红松阔叶混交林的调查数据为例, 演示上述角尺度方法在林木格局判定中的具体应用。图 6 展示的是其林木的点分布图式。试验地面积为 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 。

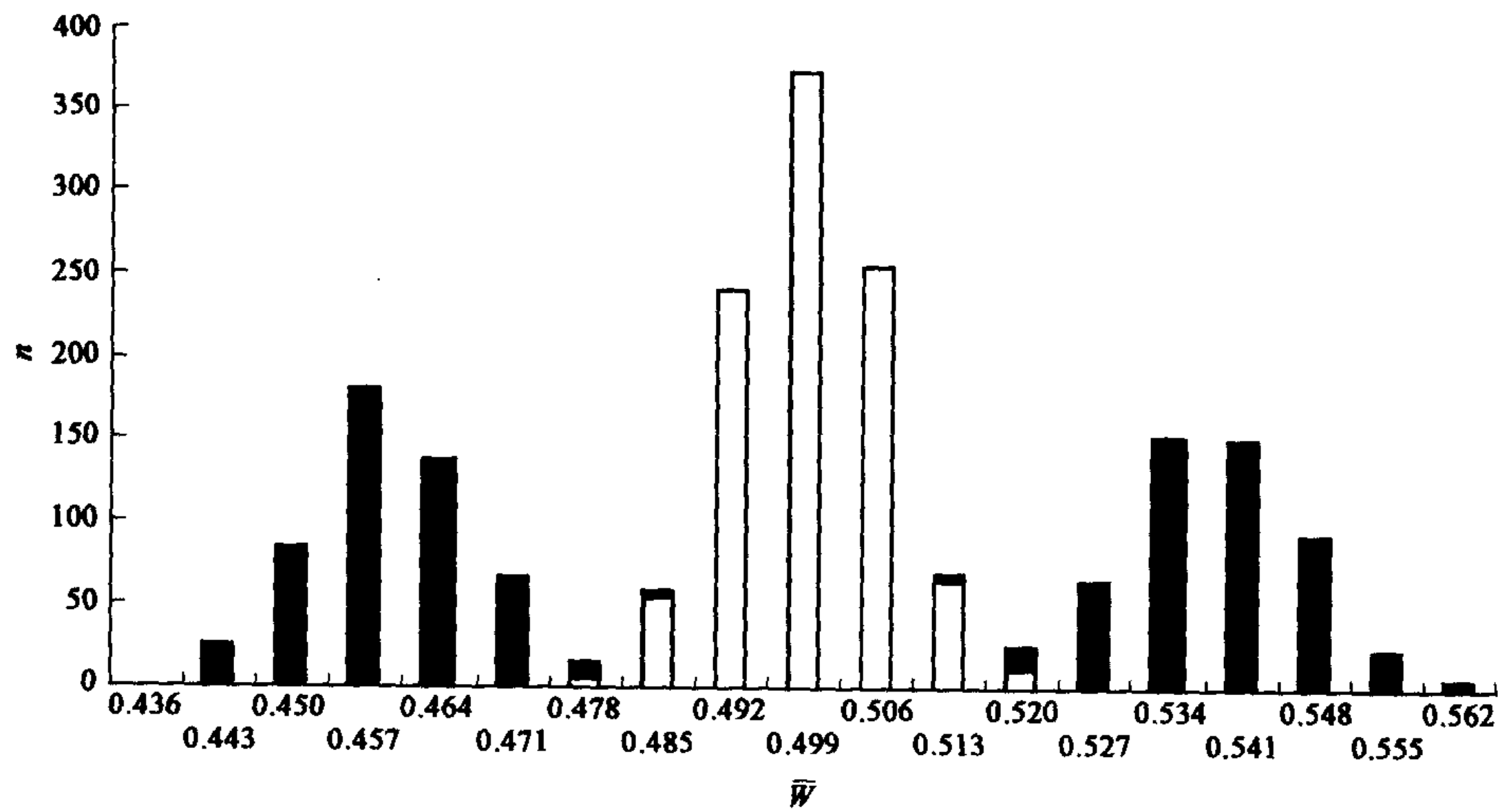


图5 模拟的2000个林分的角尺度均值的分布(左:均匀;右:团状;中:随机)

Fig. 5 Distribution of mean uniform angle index of 2000 simulated stand (Left: regular distribution; right: cluster; center: random distribution)

图7展示了该林分的角尺度分布,它的均值 $\bar{W} = 0.509$ 。这一角尺度均值落在 $[0.475, 0.517]$ 的范围,故可以认为该试验地的林木分布属于随机分布。双相关函数曲线亦表明该试验地的林木分布为随机分布,从而进一步证实了该判断的正确性(图8)。

4 结论与讨论

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。与其他的描述分布格局的指数相比,角尺度具有调查费用低、结果的体现既可用均值也可用频率分布的形式,对复杂结构具有很强的解析能力,在结构复杂天然林的可持续经营中将发挥十分重要作用。为提出角尺度的评判标准,本研究模拟产生了随机分布的林分1000个(密度均为 $1000 \text{ 株}/\text{hm}^2$)、团状和均匀分布的林分各500个(密度同上)作为辅助分析。检验所产生林分的分布格局采用了双相关函数。通过对模拟的1000个随机林分的值的分析发现,随机分布林分的 \bar{W} 的频率分布遵从正态分布。利用3倍标准差原理确定了随机分布时角尺度均值的范围为 $[0.475, 0.517]$,并有当 $\bar{W} > 0.517$ 时为团状分布; $\bar{W} < 0.475$ 时为均匀分布。这

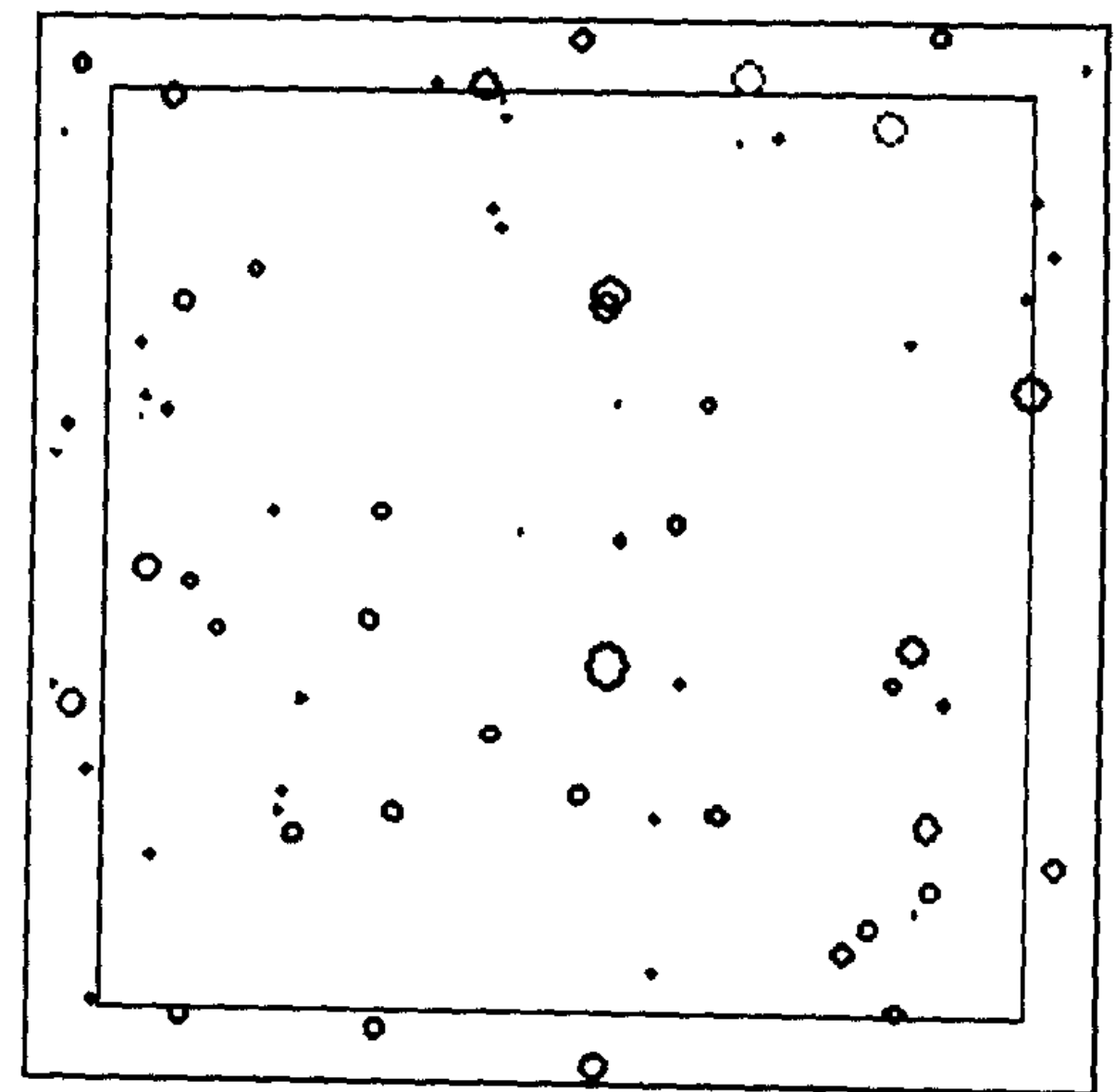


图6 红松阔叶混交林木位置图

Fig. 6 Distribution of tree position in mixed forest of broad-leaved and Korean pine

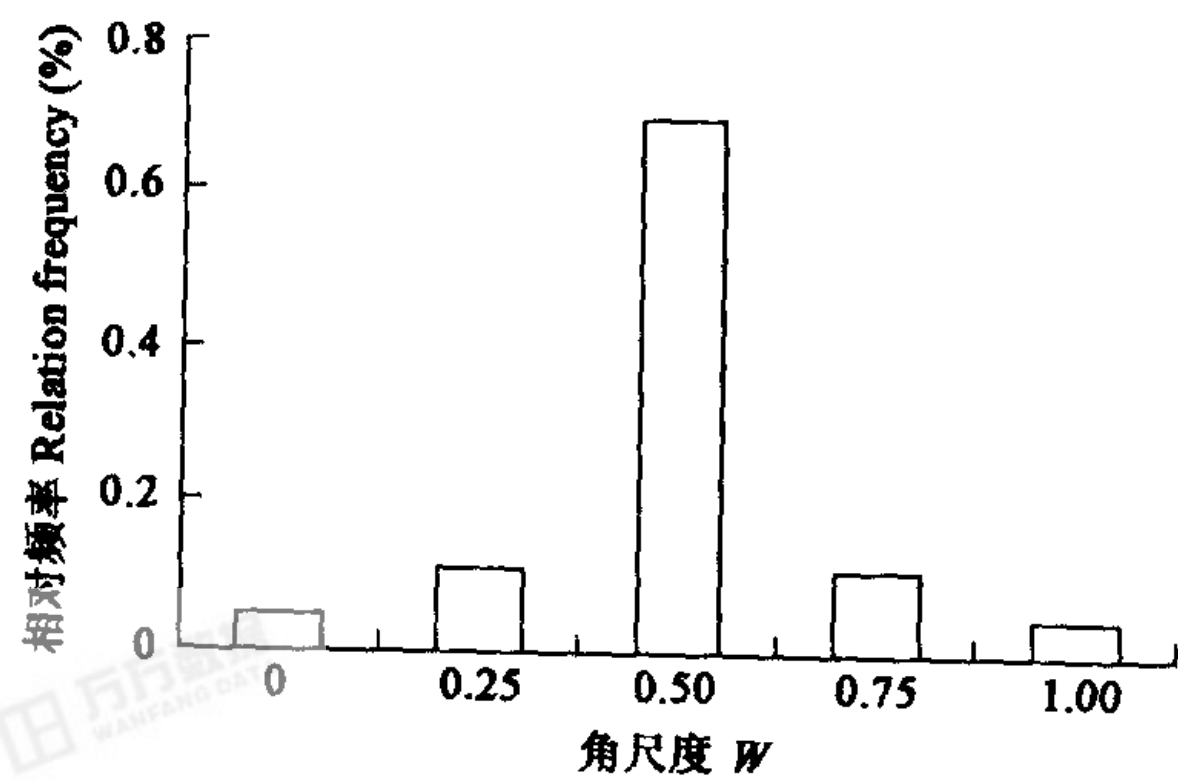


图7 角尺度分布

Fig. 7 Distribution of uniform angle index

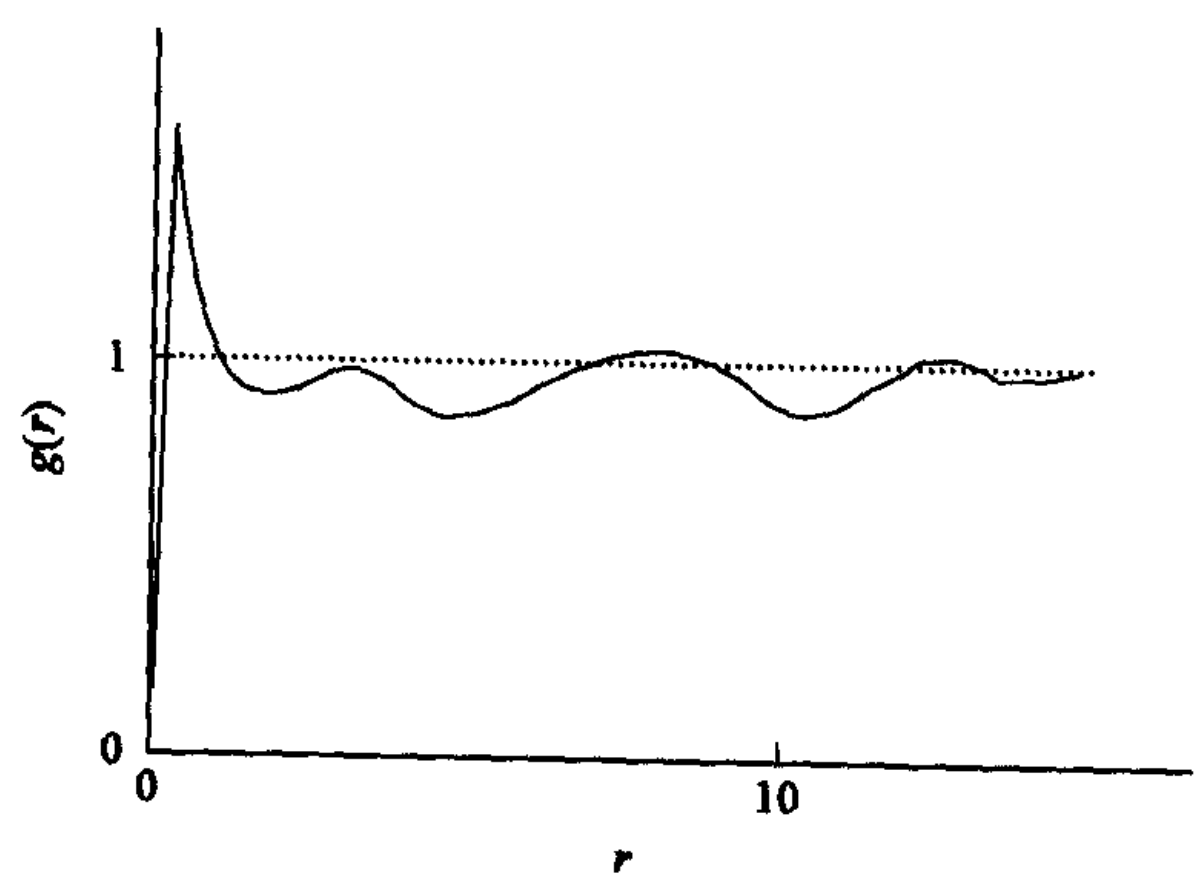


图8 双相关函数曲线

Fig. 8 Curve of the dual correlation function

—标准的提出进一步完善了角尺度理论,并为角尺度在实践中的应用提供了方法。

References:

- [1] Song Y C. *Vegetation ecology*. East China Normal University Press, Shanghai, 2001.
- [2] CLARK P J U, EVANS F C. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, 1954, **35**: 445~453.
- [3] GLEICHMAR W U, GEROLD D. Indizes zur Charakterisierung der horizontalen Baumverteilung. *Forstw. Cbl.*, 1998, **117**: 69~80.
- [4] HUI G Y, Gadow K v, Albert M. The neighbourhood pattern — a new parameter for describing forest structures. *Scientia Silvae Sinicae*, 1999, **35**(1): 37~42.
- [5] ALBERT M. Analyse der eingriffsbedingten Strukturveränderung und Durchforstungsmodellierung in Mischbeständen. Dissertation Universität Göttingen. Hainholz Verlag, 1999. 63~68.
- [6] POGODA P, STAUPENDAHL K and ALBERT M. Struktur und Diversität in der Waldzustandsbeschreibung. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Forstliche Biometrie und Informatik, 1999.
- [7] STAUPENDAHL K. Das flächenbezogene Winkelmaß W_f -Ein Index zur quantitativen Beschreibung der horizontalen Baumverteilung. In: A. Akca *et al.* (Hrsg); *Waldinventur, Waldwachstum und Forstplanung-Moderne Technologien, Methoden und Verfahrensweisen*. Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. K. von Gadow. Zohab-Verlag Göttingen, 2001. 101~115.
- [8] HUI G Y, Gadow K v. *Modern Forest Management of Germany*. China Science and Technology Press. Beijing, 2001.
- [9] STOYAN D. UND STOYAN H. Fraktale Formen Punktfelder. *Methoden der Geometrie-Statistik*. Akademie-Verlag, Berlin, 1992. 394 S.
- [10] SACHS L. *Angewandte Statistik*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1973. 51~197.

参考文献:

- [1] 宋永昌. 植被生态学. 上海:华东师范大学出版社, 2001.
- [4] 惠刚盈, Gadow K v, Albert M. 角尺度——一个描述林木个体分布格局的结构. *林业科学*, **35**(1): 37~42, 1999.
- [8] 惠刚盈, Gadow K v. 德国现代森林经营技术. 北京:中国科学技术出版社, 2001.