

468-473

第19卷第4期
1999年7月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 19, No. 4
July, 1999

关帝山林区景观要素空间分布及其动态研究

郭晋平¹, 阳含熙², 张芸香¹

S 71 8 . 5 3

(1. 山西农业大学林学系, 太谷 030801, 2. 中国科学院自然资源综合考察委员会, 北京 100101)

摘要:在 ARC/INFO 支持下,应用 GIS 技术结合景观生态学原理,从一个侧面对关帝山林区森林景观空间分布格局进行了分析研究,提出了一套适用于森林景观空间格局分析的方法和指标,揭示了研究地区森林景观空间分布动态的一些基本规律。研究表明,在 GIS 支持下,通过网格样方全景观取样,采用基准面积样方取值法确定样方观测值,分别景观要素计算 Morisita 指数或 E-指标,可以对研究对象的空间分布特征做出客观的分析,并可通过对多期景观图层的分析比较揭示景观格局动态规律。样方大小对分析结果有显著影响,原则上应尽量小,可用景观要素斑块平均面积和标准差控制。概率分布模型拟合的方法不适用于森林景观空间格局分析。关帝山森林景观自 50 年代末以来处于恢复演替进程中,森林分布范围扩大,景观质量逐步提高,3 个时期表现出显著不同的动态特征。

关键词:森林景观;空间格局;景观动态;样方取值法;分布型指数;关帝山林区

Studies on spatial pattern and dynamics for landscape elements in guandishan forest region, Shanxi, China

GUO Jin-Ping¹, YANG Han-Xi², ZHANG Yun-Xiang¹ (1. Department of Forestry, Shanxi Agricultural University, 030801, Shanxi, China; 2. Comprehensive Survey Committee, The Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, China)

Abstract: Supported by ARC/INFO software, and using GIS technique and landscape ecological principles, and analyzed the forest landscape spatial pattern in Guandishan Forest Region of Shanxi Province, China. A serial method and two indices are provided to fit forest landscape pattern analysis. Some basic dynamic features of forest landscape pattern in study area are explored and explained in an aspect. Research results showed that, supported by GIS, with network grid sampling in total landscape, using Standard Area Measurement Method for the determination of investigation value in plots, landscape distribution characteristics and spatial pattern can be objectively analyzed by Morisita Index or Executive Index in study area. Landscape pattern dynamic laws can also be explored and expounded by comparing these two indices which come from multiple stages of digital landscape maps. It was also indicated that the size of network grid plot significantly affects result of landscape pattern analysis. So, it should be as small as possible in principle, but it can be controlled by mean and standard difference of studied landscape element patch size in practice. It was proved that Fitness Test of probability distribution models are not effective to analyze forest landscape spatial pattern. It was presented that, since the end of 1950s, the landscape in study area has been in a restoring succession process, forest distribution range has being expanded gradually, and landscape quality has being grow up, zonal distribution pattern of forest types gradually set up. The dynamic of forest type distribution pattern in three stages presented significant different characteristics.

Key words: forest landscape; spatial pattern; landscape dynamic; measurement of sample plot; distribution pattern index; Guandishan forest region.

文章编号: 1000-0933(1999)04-0468-06 中图分类号: Q149 文献标识码: A

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39600115)的一部分 The project supported by NSFC

收稿日期: 1998-03-26; 修订日期: 1998-11-06

景观格局是由景观中异质景观要素的种类、数量、规模、形状及其空间分布模式决定的,格局分析在物种种群生态研究中已有较多应用^[1-6]。用以揭示种群空间分布特征及其与干扰状况的关系,森林景观格局可以反映植被空间分布及其动态受环境异质性和干扰状况综合控制的基本特征^[7-9]。通过对景观格局成因机制的分析,确定系统的生产力、稳定性、生境质量的控制因素,进而有效预测景观的动态,是确立景观管理与设计目标,制定景观管理措施的基础和依据。

景观要素空间分布随机性是景观格局的主要特征之一。由 Taylor 发展的“R 度量分析”^[10],Morrill 和牛文元曾应用的“点空间排布”^[9,11],William 提出的“空间方程”^[12]、“近邻分析法”及其它用于种群空间分布格局分析的方法,都曾被用来研究动植物种群的空间分布规律^[7,13,14]。牛文元根据“引力理论”与“概率论”的基本原理,提出“E-尺度指标”,用以判定生态系统的空间分布模式^[15]。但应用这些方法分析森林景观格局及其动态的成果和实例国内未见报道,国外也未见专门研究和论述。本文通过对关帝山林区森林景观空间格局的分析,探讨适用于森林景观生态研究的景观要素空间分布格局分析方法,揭示研究地区森林景观动态规律,为森林资源管理和保护提供依据。

1 研究地区概况

研究地区位于吕梁山脉中段的关帝山林区,以主峰孝文山为中心,涉及庞泉沟国家级自然保护区和周围6个林场各一部分,区域总面积57200hm²,地理范围东经111°21′~111°37′,北纬37°45′~37°59′。全区最高海拔2938.7m,最低海拔1360m,平均海拔1927.4m,平均坡度20.8°,是典型的华北石质山地天然次生林区。本区气候属于受季风控制的暖温带大陆性山地气候,年平均气温4.2℃,年降水量822.6mm,相对湿度70.9%,≥0℃积温约2100℃,主要土壤类型有亚高山草甸土、山地棕色森林土、山地淋溶褐土、山地褐土、粗骨性褐土及褐土性土。次生植被斑块破碎,林龄偏小,主要分布有亚高山山地灌丛、亚高山草甸、寒温性针叶林、山地落叶阔叶林、温性针叶林、山地灌丛及山地草甸等植被类型。

2 研究方法

2.1 资料收集

研究资料以航空像片为主,林区图面材料和资源清查材料为辅。四期航片包括:①1959年1:5万的全色片,放大为1:2.5万。②1972年1:3万的全色片。③1981年1:2万的彩红外片。④1992年1:5万的彩红外片,放大为1:2.5万。林相图和经理调查资料,起辅助航片判读的作用。

2.2 景观要素类型划分

根据研究目的、研究对象特点和航片分辨性能,建立了以植被优势成分为主要依据的景观要素分类系统。本文涉及的二级分类系统见表1。

2.3 景观图层的生成

采用“航片判读→转绘→核校→清绘→数字化→编辑→属性数据录入”的工作程序。在 ARC/INFO 支持下,生成四期数字景观图层及相应的拓扑数据库和属性数据库。

2.4 景观格局分析方法

2.4.1 景观格局分析空间取样方法 许多景观格局分析方法来源于种群空间格局研究。这些方法将个体抽象为只具有“点”特征的事件,用某种概率统计模型或参数加以描述和分析^[9,13]。某些针对空间面状实体提出的分析方法,也都基于一定的概率统计假定。因此,取样方法是否合理是影响景观格局分析效果的关键因素之一。本研究设计了两种适用于应用地理信息系统(GIS)技术进行数据库管理及空间分析的样方取值方法,即基准面积法和样方斑块数法。

(1)基准面积法(SAM) 若设景观要素在景观中均匀分布于统一网格的每一个样方中,即景观要素斑块由可分割的面积单元构成,这些面积单元可以任意小,以致可看作空间中的点。可将均匀分布时平均每个样方中的景观要素面积作为基准面积,则将样方中景观要素实际面积与基准面积之比作为样方观测值。

设景观总面积为 A , 欲研究的景观要素面积为 A_i , 统一网格样方面积为 a , 整个景观包含 N 个样方。若第 i 景观要素在第 j 样方中的面积为 a_{ij} , 则该样方的取值为: $X_{ij} = INT(a_{ij}/aA_i) = INT(a_{ij}/A_i \times N)$

(2)样方斑块数法 将统一网格第 j 样方中出现第 i 景观要素的斑块数作为样方取值 X_{ij} 。实际应用

时,可根据分辨率确定一个面积下限,作为计数斑块最小面积。

上述两种方法都可在 GIS 支持下,通过统一网格样方图层与景观图层叠加后,对相应 PAT 数据库按样方汇总统计,转化生成样方数据库。

2.4.2 景观要素空间格局分析 (1)分布拟合法(PAM) 分布拟合法通过对概率分布模型进行拟合检验,分析确定研究实体的空间分布特征。在典型情况下,能够提供实体空间分布的细节。如用二项分布描述均匀分布,用 Poisson 分布描述随机分布,用 Neyman 分布描述实体以聚块形式出现而聚块内个体呈随机分布的格局。用负二项分布(N-binomial)描述由不同密集程度的聚块进一步聚集构成的格局。本文采用矩法估计模型参数, χ^2 检验确定拟合效果,通过 TJRJ 软件包实现^[16]。

(2)分布型指数法 分布型指数法通过计算分布型指数判定研究实体的空间分布特征。在种群生态研究中常用扩散系数、Taylor 指数、Morisita 指数、CA 指数和平均拥挤度指数等。采用扩散系数,即方差均值比或称偏离系数(DI)^[7-10,13]、Morisita 指数(MI)^[7,9,13]、CA 指数(CA)^[7,13]和 E-指标(EI)^[15]。各指数数值表征意义见表2。

3 结果分析

3.1 样方大小的确定

同群落生态研究一样,由于可能存在某种格局,样方大小对分析结果必然产生影响。为此,本文采用3个不同样方规格,即:10×10hm²,8.125×7.0097hm²,5.0×5.0hm²,样方总数分别为572、992和2288个,样方观测值用基准面积法确定。用1992年景观图分别计算上述各指数,并将 Morisita 指数和 E-指标计算结果绘制成图1和图2。

分析表明,DI 指数,MI 指数和 CA 指数对样方大小都很敏感。图1中,MI 指数越大,表明景观要素的空间聚集程度越高。各景观要素空间分布聚集程度的次序未发生变化,但都随样方面积缩小而增大,且样方规格越小,不同景观要素之间的差别越明显。

综上所述,缩小样方规格,有利于提高分析的准确性;但样方规格缩小,样方数量增加,相应的数据量也成倍或十几倍地增加,对技术平台的要求提高,工作量加大。一般来说,景观异质性越高,景观要素斑块越小,样方面积应当越小,可用斑块平均面积(\bar{x})和标准差(s),按下式计算作为参考。样方面积: $a = \bar{x} - s/5$ 。

图2中,E-指标越小,表明景观要素聚集程度越高。由图可见,样方大小对 E-指标也有一定程度的影响。与其他指数不同,随样方规格的缩小各景观要素 E-指标的变化方向不同,使景观要素之间的差别更明显。

3.2 基准面积法的效果分析

由图3比较两种样方取值法对1992年数据的各指数结果可见,采用基准面积法确定样方观测值时,不

表1 景观要素分类系统

一级分类 First level	二级分类 Second level
林地 Closed forest(CF)	寒温性针叶林 ^① 山地落叶阔叶林 ^② 温性针叶林 ^③
人工幼林 Artificial plantation(AP)	人工幼林 ^④
疏林 Open forest(OF)	疏林 ^⑤
灌丛 Brush(BS)	灌丛 ^⑥
草甸 Meadow(MD)	亚高山草甸 ^⑦ 山地草甸 ^⑧
采伐迹地 Slash(SS)	新迹地 ^⑨ 老迹地 ^⑩
稀疏灌草丛 Thin brush(TB)	稀疏灌草丛 ^⑪
耕地 Farmland(FL)	沟地 ^⑫ 坡耕地 ^⑬ 撩荒地 ^⑭
河流 River(RV)	河流 ^⑮
居民区 Residential area(RA)	居民区 ^⑯
其它 Others(OT)	裸岩 ^⑰ 矿区 ^⑱ 水库 ^⑲

All those abbreviations referred to are same as below.
①North coniferous forest(NCF);②Mountain broad leafed forest(MBF);③Temperate coniferous forest(TCF);④Artificial plantation;⑤Open forest;⑥Brush;⑦Sub-apline meadow;⑧Mountain meadow;⑨New Slash;⑩Old slash;⑪Thin brush;⑫Bottom farmland;⑬Slope farmland;⑭Abandoned farmland;⑮River;⑯Residential area;⑰Bear rocky area;⑱Mining district;⑲Reservoir

表2 各指数数值表征意义

分布特征 Distribution pattern	分布指数 DI	Morisita 指数 MI	CA 指数 CA	E 指标 EI
均匀分布 ^①	0	0	-1	2
随机分布 ^②	1	1	1	1
聚集分布 ^③	N	N	N ² -1	0

①Even distribution;②Random distribution;③Clustered distribution

仅 DI 指数、MI 指数和 CA 指数对景观要素聚集程度的指示结果一致,而且与 EI 的结果相吻合,由各指数反映的不同景观要素的聚集程度次序一致。采用样方斑块数法,各指数判定结果一致性差,与基准面积法所得结果在聚集程度排序上有较大差异。因此,基准面积法效果良好,样方斑块数法不适用。

同时可以看到,DI 指数、MI 指数和 CA 指数的表征作用基本相同。三者之中,以 DI 指数受样方取值方法的影响最大。用 MI 指数和 CA 指数都可对景观要素空间聚集特征作出客观评价,其中 MI 指数受样本平均值影响小,且能进行差异显著性检验,优于 CA 指数。E-指标数值范围小,意义明确,其分析结果与前者稍有差别,反映出该方法既考虑样方取值大小又考虑样方空间位置关系的特点,是一个合适的景观要素空间分布型指数。

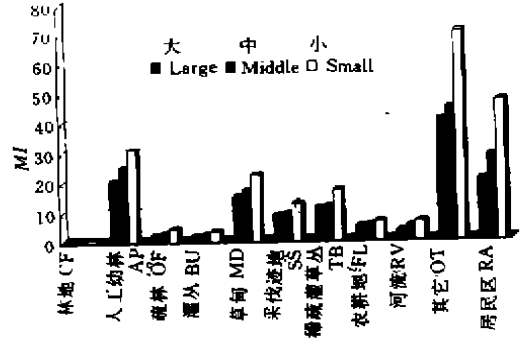


图1 3个样方规格 Morisita 指数比较分析

Fig. 1 Comparison for Morisita indices of the three sample-plot-sizes

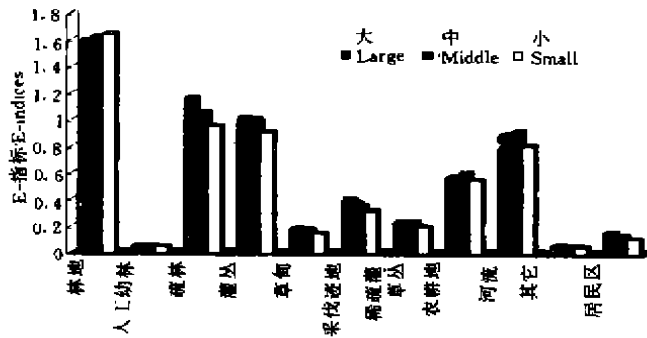


图2 3个样方规格 E-指标比较分析

Fig. 2 Comparison for E-indices of the three sample-plot-sizes

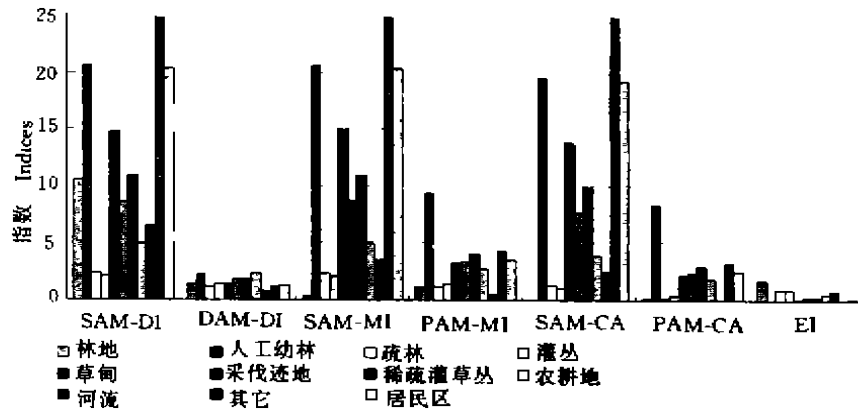


图3 景观要素空间分布随机性检验两种样方取值方法比较

Fig. 3 Comparison for two methods of sample plot measurement

基准面积法 SAM; standard area method. 分布拟合法 PAM; patch amount method

3.3 景观要素空间分布型拟合

将样方数据按样方频数分组统计后,分别对 Poisson 分布、Neyman 分布和 N-binomial 分布进行拟合,

并作差异显著性检验。结果见表3。

由表3可见,分布拟合检验结果所提供的信息,常常相互矛盾,在研究植物种群空间分布时也常出现这种情况^[5]。分析结果不便于景观要素间的相互比较,不能为阐明景观要素空间分布特征提供必要信息。

3.4 景观要素空间分布特征动态分析

根据上述结果,本文采用基准面积法,样方大小 $5 \times 5 \text{hm}^2$,样方数2288个,在ARC/INFO支持下,采用E-指标分析各景观要素空间聚集程度的动态。结果见图4和表4。

由图4可见,各个时期景观要素聚集程度的次序没有重大变化。其中以林地的聚集程度最低,自1959年以来持续下降并已趋向于均匀分布。研究显示,研究地区林地面积持续增加,这就表明,较低海拔少林地段的森林逐步恢复,林地总体分布范围扩大,景观质量提高。灌丛的聚集程度次之,接近随机分布,但自1959年以来呈现逐步提高的趋势,初期更接近均匀分布,在整个景观中广泛分布,此后聚集程度有所上升,直到呈随机分布格局。这是由于林地和其它斑块扩展和斑块演替,使灌丛分布受到分割和压缩所致。说明由于干扰格局和环境资源格局,各自控制着部分灌丛斑块,当人为破坏得到控制时,其空间分布格局趋向于受环境资源格局的控制。往往由环境资源分布格局控制的斑块稳定性高,而干扰斑块的周转率高。疏林地的空间聚集程度变化不显著,始终接近随机分布。表明在研究地区,疏林并非林地斑块恢复和形成的必经阶段,并且存在着主要由干扰和环境因素控制的相对稳定的疏林地分布格局,而部分疏林斑块转化为林地的过程与整个景观中疏林的形成过程相比更缓慢。农田的聚积程度是逐步提高的,随着居民点的相对集中,边远坡耕地逐步弃耕,管理方便的河谷农田逐步扩展,特别是80年代以来,由于当地交通条件改善,群众经济收入多元化,偏远农田面积减少,河谷农田投入增加,使农田的聚积程度提高。草甸E-指标的变化反映了,由于森林的扩展,草甸被分割破碎到后期部分小斑块消失的过程。

特殊地类、居民点、人工幼林和稀疏灌草丛都表现出显著聚集分布特征,它们都是与人类生产和生活密切联系的景观要素,分布于景观中有限的地域范围内,河流纵向延伸和树枝状分布特征,使其聚积分布趋势不明显。迹地聚集程度很高,但逐步降低的趋势,表明采伐范围逐步扩展,采伐量加大的趋势明显。

表3 各景观要素空间分布型拟合检验结果

Table 3 Test results for spatial distribution pattern simulation of all elements

景观要素 Elements	Poisson	Neyman	N-binomial
林地 CF	-	-	+
寒温性针叶林 NCF	-	-	-
落叶阔叶林 TBF	-	+	-
温性针叶林 TCF	-	-	-
人工幼林 AP	-	-	-
疏林 OF	-	+	+
灌丛 BU	-	+	-
草甸 MD	-	-	+
采伐迹地 SS	-	-	-
稀疏灌草丛 TB	-	-	-
农耕地 FL	-	-	-
河流 RV	-	-	+
其它 OT	-	-	+
村庄 RA	-	-	-

“+”表示符合该分布模型,“-”号表示不符合该分布模型。“+”spatial distribution of the element fit the model, and “-”inverse.

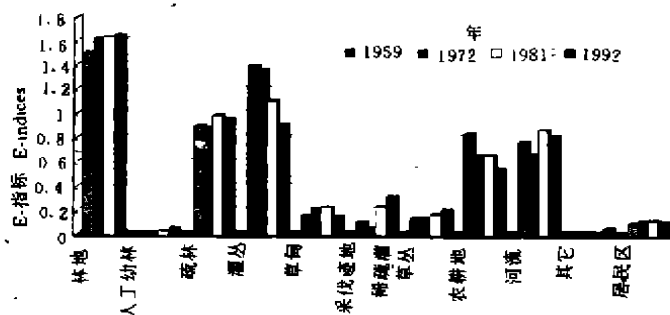


图4 各景观要素E-指标动态分析图

Fig. 4 Dynamics of spatial distribution EI of all elements

由表4可见,3个森林植被型的空间聚集程度表现出不同的动态特点。初期以寒温性针叶林的空间聚集程度最高,而后期以山地落叶阔叶林的聚集程度最高,温性针叶林的空间聚集程度最低。寒温性针叶林的空间聚集程度从1959年到1972年期间略有提高,此后整体表现出下降趋势。这表明,初期以原有

斑块边缘扩展为主,其总体分布范围的扩展有限。此后分布范围持续扩大,并与其它景观要素斑块出现较多的空间镶嵌。山地落叶阔叶林表现为相反的变化趋势。从1959年到1972年聚集程度降低,此后逐步提高。这表明,在森林恢复初期,阔叶林的增加占主导地位,有较多新生斑块在远离原有斑块的地段形成。此后,随着部分林地向针叶林转化,阔叶林向针叶林的演替超过阔叶林的扩展,阔叶林的分布范围逐步被压缩,聚集程度提高。可见,阔叶林向针叶林的演替并不在整个阔叶林分布范围内发生,森林演替速率的空间分布是不均衡的。以油松为主的温性针叶林,聚集程度呈现持续下降的趋势,其变化显著大于寒温性针叶林。研究期间,3个森林植被型的E-指标变化幅度分别是:寒温性针叶林0.1785,山地落叶阔叶林0.1246,温性针叶林0.3647。从1959年到1972年,山地落叶阔叶林和温性针叶林E-指标的变化幅度分别为0.0529和0.1932。可见,温性针叶林的空间扩展速度不仅高于寒温性针叶林,而且也高于山地落叶阔叶林。

4 结论

(1)格局分析中,网格样方大小对分析结果有明显影响。网格样方越小,分析结果越准确可靠。可用景观要素斑块平均面积和标准差作为控制指标。(2)样方取值方法是否合理对分析结果有决定性影响,基准面积法合理、可行。(3)分布拟合法不适用于分析景观要素空间分布特征,不能为分析比较景观要素空间分布规律和动态提供有效信息。分布型指数中Morisita指数和E-指标优于其它指标。(4)对关帝山林区景观格局动态分析结果表明,自1959年以来,森林植被分布范围逐步扩展并趋于均匀分布,3个森林植被型的空间格局在各个阶段表现出不同的动态特点。初期以山地落叶阔叶林的迅速扩展占主导地位;中期,在森林植被总体上进一步加速恢复的同时,阔叶林向寒温性针叶林的转化过程加快,同时温性针叶林迅速扩展;后期,寒温性针叶林恢复过程趋缓,温性针叶林扩展居于主导地位。

参考文献:

- [1] 阳含熙,等.长白山北坡阔叶红松林主要树种的分布格局.森林生态系统研究,1985,5:1~13.
- [2] 李俊清.阔叶红松林中红松的分布格局及其动态.东北林业大学学报,1986,14(1):33~38.
- [3] 彭少麟.森林群落植物种群分布格局与变因探讨.生态科学,1984,4(1):10~15.
- [4] 徐化成,范兆飞,王 胜.兴安落叶松原始林林木空间格局的研究.生态学报,1994,14(2):155~160.
- [5] 孙伟中,赵士洞.长白山北坡椴树阔叶红松林群落主要树种分布格局的研究.应用生态学报,1997,8(2):119~122.
- [6] 吴 宁.贡嘎山麦吊杉群落优势种群的分布格局及相互关系.植物生态学报,1995,19(3):270~279.
- [7] 郑师章,吴千红,等编著.普通生态学——原理、方法和应用.上海:复旦大学出版社,1994.148~166,244~251.
- [8] 斯波尔和巴恩斯著.赵克绳,周祉译.森林生态学.北京:中国林业出版社.1982.324~390.
- [9] Morrill R L. On the Arrangement and Concentration of points in the plane. cf. McConnell etc. 1971, 29~44.
- [10] McConnell, H. and D. W. Yaseen. Models of Spatial Variation. North Illinois Press. 1971, 84~102.
- [11] 牛文元.自然地理新论.北京:科学出版社.1981.188~197.
- [12] Talor P P. Quantitative Method in geography. Houghton Mifflin Co. 1977, 135~192.
- [13] Greig-smith, P. Qualitative plant Ecology 3rd ed. Blackwell scientific publications, Oxford. 1983.
- [14] Peiluo E C. Ecological Diversity, John Wiley and Sons, New York, U. S. A. 1975.
- [15] 牛文元.生态系统的空间分布.生态学报,1984,4(4):299~309.
- [16] 郎奎健,唐守正. IBM PC 系列程序集——数理统计、调查规划、经营管理.北京:中国林业出版社,1989.85~91, 363~374.