

景观格局分析空间取样方法及其应用

郭晋平, 张芸香

(山西农业大学林学院景观生态研究所, 山西 太谷 030801)

摘要: 详细介绍了在关帝山森林景观生态研究中提出的景观格局分析空间取样方法, 即统一网格样方取样法和统一网格样点取样法, 并介绍了相应的样方数值计算方法。在此基础上, 介绍了这两个取样方法在景观空间趋势面分析、景观要素空间关联度分析、景观异质性分析、景观要素空间分布模式检验、景观动态过程模型建立等方面研究中的应用。并阐述了取样方法的有效性及其可能的潜在应用价值。

关 键 词: 景观空间格局分析; 空间取样方法; 统一网格样方取样法; 统一网格样点取样法

中图分类号: X 171 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2005)05-0584-06

建立在现代遥感技术、计算机技术以及数学模型技术等高新技术基础上的景观生态学, 是具有广阔发展前景的生态学分支^[1, 2], 近年已成为生态学研究领域的一大亮点, 近期出版的基本专著和教材对此也有反映^[3~8]。景观生态学是研究景观的结构、功能、动态及其有效管理的一门应用生态分支学科^[9]。由于景观生态研究的宏观性和尺度性, 对许多问题的研究都要通过取样分析推断总体属性。如何从景观生态研究的实际要求出发, 保证取样的有效性和代表性, 是必须解决的现实问题。

由于景观生态学的宏观研究特点, 模型化方法在景观生态研究中的作用更加突出, 这也要求对研究对象的景观结构或格局进行数量化分析和描述^[9~12]。介绍景观格局分析指标和分析方法的文章在中国已有不少报导^[13~17], 目前常用的许多景观格局分析指标都是基于全面的景观斑块镶嵌图提出的, 许多研究方法的介绍没有说明数据获取方法, 或者没有实际应用案例^[18]。实际上, 早期的景观格局和结构分析方法就涉及到的空间数据取样方法^[4, 19], 但由于取样方法和相应的数值化方法缺乏或应用不够普遍, 严重影响了这些指标和分析方法的应用, 比如景观要素空间趋势面分析^[20, 21]、空间关联分析^[22, 23]、景观要素空间分布模式分析^[24]、景观要素组成(优势度)分析^[3, 25]等。目前应用的景观格局分析方法, 多数来源于群落生态研究中对

种群空间分布格局的研究方法。这些方法都将个体抽象为只具有“点”特征的事件, 探讨点在空间上的出现是否遵循某种规律, 并以某种概率统计模型或参数对这种分布状况和规律加以描述和分析。某些针对空间面状实体分析提出的方法, 也都基于一定的概率统计假定。因此, 样方取值的合理性就成为这些方法能否成功地用于景观格局分析的关键。本文根据近几年对关帝山林区森林景观生态研究中提出并逐步完善的景观格局分析空间取样和分析方法, 经过系统整理, 设计了基于地理信息系统技术(GIS)适用于多种景观整体格局分析的两种景观格局分析空间取样方法, 并设计了相应的基准面积法和样方斑块数法两种样方取值法, 现结合其应用介绍, 目的是使其在景观生态研究与实践中得到更好应用。

1 景观数字图层的生成

1.1 基础数据来源

重视研究对象的空间属性和空间关系是景观生态学的特点和优势^[4]。无论研究对象是森林景观、农业景观、城市景观、流域景观还是湿地景观, 编绘景观图总是景观生态研究或景观规划管理的第一步工作。一般来说, 编绘景观图的基础数据主要有三个来源, 即: (1) 现有基础图件和各类专题图面材料, 比如地形图、植被图、森林分布图、土壤

收稿日期: 2004-08-09 修订日期: 2004-12-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(30070605)、国家自然科学基金项目(30470316)、教育部优秀青年教师资助计划、山西省自然科学基金资助项目(20001090)。

作者简介: 郭晋平(1963-), 男, 山西原平人, 教授, 博士后, 主要研究方向为景观生态、森林生态。E-mail: jinpguo@sohu.com

类型图、土地利用图、林相图、立地类型图等; (2) 航空遥感相片。(3) 卫星遥感数据。与遥感资料和数据相比, 现有图面材料不需要前期处理、简单快捷, 但一般来说时效性差、经过图形整合后有信息损失, 并受到原来编图精度的限制。航空遥感相片与卫星遥感资料相比, 比例尺大分辨率高, 解译判读性能好, 能满足相对较小尺度详细研究的需要, 但成本高、时效性也比较差, 解译判读工作量大, 程序复杂。卫星遥感数据相对成本低, 时效性好, 在遥感图象处理系统支持下, 数据处理效率高, 随着技术的提高, 分辨率也在不断提高, 通过与 GPS 结合增加训练点的数量, 可以有效地提高判读精度, 适合于更大尺度的研究和分析。

1.2 景观数字图层的生成

在 ARC/INFO、MANP/NFO 等软件支持下, 对于上述三类基础数据可采用不同程序建立数字化景观图。对于现有图面材料, 可经过“图形校核 - 数字化(扫描仪或数字化仪) - 图形编辑 - 属性数据录入”的工作程序; 对于航空相片资料可以采用“航片判读 - 转绘 - 校核 - 清绘 - 数字化(扫描仪或数字化仪) - 图形编辑 - 属性数据录入”的工作程序; 对卫星遥感数据, 需要首先应用遥感图象处理系统, 经过“图象矫正和配准 - 结合 GPS 收集训练样本 - 监督分类 - 分类结果校核”, 在转入 GIS 进行“图形编辑 - 属性数据录入”。在此基础上按多边形建立图形的空间拓扑关系, 在 GIS 自动生成的拓扑数据库基础上, 将相应图斑属性数据输入数据库, 就可以建立研究地区数字化景观图层数据库, 作为下一步分析的基础数据。

2 景观格局分析的空间取样方法

2.1 统一网格样方取样法

1) 建立统一网格样方图层: 在 ARC/INFO 支持下, 采用与要研究的景观图层相同 TIC 点和相同范围, 用 GRID 命令建立研究区统一网格图层。网格大小可根据景观要素斑块平均规模确定。对每个网格进行自动顺序编码, 给用户标识码赋值。

用研究地区边界图层对统一网格图层进行剪切操作, 删除落在边界线以外的样方和剪切后不完整的样方后, 重新建立多边形拓扑关系, 就建成了研究地区统一网格样方图层。

2) 网格样方取样与数据库的建立: 将上述建立的网格样方图层与要研究的景观图层迭加, 获得

取样后的复合图层。

对复合图层数据库进行分析, 按样方号(统一网格图层的用户标识码)统计所要研究的景观要素在各个样方中的面积, 再按照以下样方取值法确定每个样方的取值。

3) 样方取值的计算方法: 为计算各样方的取值, 设计了基准面积法和样方斑块数法两种样方取值计算方法, 经过实际应用效果的检验, 基准面积法更合理。对样方斑块数法不作介绍。

基准面积法假设景观要素在整个景观中均匀分布于统一网格每一样方中, 即景观要素斑块由可分的面积单元构成, 这些面积单元可任意小, 可看作空间中的点。在此基础上, 景观要素斑块就可看作由有限“点”组成的聚合, 均匀分布时的“点”数可用平均每个样方中景观要素的面积表示, 以此面积为标准与每一样方中景观要素实际面积之比, 即为该样方观测值。即 i 景观要素在第 j 样方中的取值为, 第 i 景观要素在第 j 样方中的面积与该景观要素在全部样方中平均面积之比:

$$X_{ij} = \text{NT} \left(\frac{\alpha_{ij} A}{\alpha A_i} \right)$$

式中, A 为所要研究的景观总面积; A_i 为景观中某一景观要素(生态系统)的总面积; a 为统一网格样方面积; α_{ij} 为第 i 景观要素在第 j 样方中的面积。

上述复合图层数据库中, 分别样方统计该景观要素面积, 代入上式进行计算可得各样方取值。

2.2 统一网格样点取样法

在对景观格局数量化研究中, 常用到样点数据进行景观格局分析或建立景观模型, 如建立景观要素空间分布趋势面模型、建立景观要素转移概率矩阵模型等, 为此建立统一网格样点取样法。

1) 建立统一网格样点图层: 首先, 在 ARC/INFO 支持下, 采用与统一网格样方取样法一样的方法和步骤, 建立研究地区统一网格样方图层。

用 ARC/INFO 确定中心点的功能确定每一个网格样方的中心点, 将中心点作为 LABEL 点, 统一按顺序自动编号, 删除所有的网格线, 按点建立拓扑关系就建成了统一网格样点图层。

2) 网格样点取样与数据库的建立: 将上述建立的网格样点图层与要研究的景观图层、数字化地形图或其它属性的数字景观图层叠加, 可对相应的属性图层进行样点取样。

将网格样点图层与其它专题数字图层叠加, 得

到复合图层,通过对复合图层的分析,可获得相应的取样数据。如,与数字化地形图叠加,应用地理信息系统的 DEM /DTM 功能,可获得各样点的地形特征属性数据,如纵坐标、横坐标、海拔、坡向和坡度等;与景观图层叠加,可获得各样点景观要素属性数据,如植被类型、土地利用类型、立地条件类型、景观要素生产潜力等。

将复合图层按点建立拓扑关系后,对复合图层 PAT表中的数据进行分析,按样点号获得该点的属性,可以建立相应的数据库。

用统一网格样点取样法获取的样点数据就是要取样的景观图层上该样点的属性数据。

3) 样点上景观要素生态潜力评定:在景观图上进行取样后,所获取的数据由许多是定性数据,如景观要素类型,换不能满足数量化研究的需要,

比如在趋势面分析中,以景观要素为趋势面模型引变量时,必须将其数量化。我们采用的景观要素生态潜力,可以为类似的研究提供思路。景观要素生态潜力是景观要素的植被演替阶段和景观要素植被生物生产潜力的综合表达。为便于进行量化研究,首先将研究地区内全部景观要素类型按土地覆盖特征归为森林、疏林、灌丛、迹地、灌草丛、草甸、耕地、水体、居民点、岩石裸露地及矿区,这一序列基本反映了各类土地覆盖类型在地带性植被演替阶段中的位置,原则上确定了各类型数量化评价价值的高低顺序。在此基础上,再考虑各类型内景观要素类型之间的演替顺序关系,结合各景观要素类型的单位面积植被生产潜力的大小顺序,采用专家评分的方法,按百分制分别对各景观要素类型的生态潜力进行数量化评分(表 1)。

表 1 景观要素分类系统及各类型生态势评分值							
Table 1 Landscape classification system and the ecological potential scores of landscape elements							
一级分类	二级分类	三级分类	评分值	一级分类	二级分类	三级分类	评分值
林地	寒温性针叶林	落叶松林	85	草甸	亚高山草甸	亚高山草甸	30
		云杉林	95		山地草甸	山地草甸	35
		云杉落叶松林	90	迹地	新迹地	新迹地	43
		落叶松云杉林	92		老迹地	老迹地	48
		杨桦落叶松林	82	稀疏灌草丛	稀疏灌草丛	稀疏灌草丛	40
		落叶松杨桦林	80		沟地	沟地	20
	落叶阔叶林	杨桦果树	72	耕地	坡耕地	坡耕地	22
		油松辽东栎林	70		撩荒地	撩荒地	25
		油松林	78	河流	河流	河流	15
人工幼林	温性针叶林	辽东栎油松林	75	村庄	村庄	村庄	8
		人工幼林	65	其它	水库	水库	12
		疏林	60		裸岩	裸岩	10
灌丛	灌丛	灌丛	50		矿区	矿区	5

3 取样方法的应用

对景观总体空间格局一般可从 4 方面分析,以反映景观的总体空间格局和景观要素的空间分布规律,即景观要素空间分布随机性判定;景观要素空间格局的规模或尺度分析;景观要素斑块的空间相互关系;景观要素空间分布的规律或模式^[4]。最后,建立景观动态模拟预测模型,并根据模型进行景观规划和管理是格局分析的最终目的。为此,本文从这几个方面介绍上述取样方法的应用。

3 1 景观要素空间分布随机性检验

景观要素空间分布的基本模式有随机分布、聚集分布和均匀分布三种,通过对景观要素空间分布随机性的判定,可以确定景观要素的空间分布是否

存在某种格局,以便进一步分析格局特征。在本项目的研究中,对关帝山森林景观中各类森林的分布聚集性进行了分析,检验了采用统一网格空间取样法及其相应的基准面积法和样方斑块数法,并对样方大小的影响进行了分析,也针对山地次生林景观要素空间分布随机性检验的分布拟合法和分布型指数法进行了应用效果分析和比较。分布拟合法中,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,用负二项分布描述由不同密集程度的聚块进一步聚集构成的格局。采用矩法估计模型参数,用 X² 检验拟合效果。分布型指数法中,采用了扩散系数 (DI)^[26~28]、Morisita 指数 (MI)^[26, 27, 29]、CA 指数

(CA)^[26 27]和 E-指标 (EI)^[30]。通过检验, 统一网格样方大小可根据景观要素斑块平均面积和标准差确定, 基准面积法是一种合理有效的样方取值计算方法, 而分布拟合法对分析比较景观要素空间分布规律和动态提供的信息很有限, 在分布型指数中 Morisita 指数和 E-指标的表征效果最好^[25]。

3 2 景观异质性分析

景观格局分析中, 分析景观要素的优势度可以很明确地认识景观要素在整体景观中的作用和地位, 测度景观受某类景观要素控制的程度。优势度指数的计算公式为:

$$D_i = \frac{1}{4}DD_i + \frac{1}{4}DF_i + \frac{1}{2}DC_i$$

式中, DD_i 为相对密度, 是景观中第 i 类景观要素斑块数占景观总斑块数之比; DF_i 为相对频度, 景观网格中第 i 类景观要素出现的样方数占总样方数之比; DC_i 为相对盖度, 景观中第 i 类景观要素面积占景观总面积之比。其中, 景观要素的空间分布频度对景观要素在景观中的作用有重要影响。用统一网格样方取样法对全景观取样, 统计所有样方中出现某一类景观要素的样方数量, 可提供频度数据, 并用于对森林景观格局的分析^[25]。这里, 由于样方大小对确定景观要素的相对频度有一定的影响, 在实际分析时, 需要进行试验, 原则上可用景观平均斑块面积大小和标准差控制^[25]。

3 3 趋势面分析

趋势面分析是研究景观要素空间分布规律和模式的重要研究方法^[18 31 32]。除了作为一种特殊的排序方法来研究植物群落或种群某一属性在一定范围内的地理分布趋势外, 已经证明是揭示景观要素空间分布规律的一种有效的数量化分析方法, 对于由多种森林类型斑块和其它非林地斑块构成的次生林景观来说, 其空间分析和表征能力更加突出^[20 33]。趋势面分析的关键是趋势面模型的建立, 需要通过一定的取样方法, 取得景观要素某一属性与地理空间属性的成对 (组) 数据, 以便确定模型参数, 然后才能通过对模型的分析, 去除局部影响, 掌握景观空间格局的总体规律。

在对关帝山森林景观的研究中, 采用了统一网格样点取样法, 每一个 25 m^2 的正方形网格中心取一个样点, 共计 2 288 个样点, 分别在数字地形图和数字景观图上取样, 可以分别得到每一个样点的景观要素评分值、地理纵坐标、地理横坐标、海拔

高度、坡向和坡度, 以景观要素生态潜力数量化评分值为拟合模型的因变量, 分别以地理纵坐标和横坐标、海拔和坡向、坡向和坡度为自变量, 用最小二乘法进行参数辨识, 建立二元四次多项式趋势面模型。通过模型分析了景观中各要素类型空间分布趋势, 分析了景观要素空间分布格局受海拔、坡向和坡度的影响^[20 21]; 通过对多个时期景观趋势面模型的分析比较掌握了研究地区森林景观格局动态变化的基本过程和规律^[20]。

3 4 景观要素空间关联分析

通过对景观中不同类型景观要素之间的空间关联度分析, 可以从复杂的景观镶嵌格局中揭示出不同景观要素之间在空间分布上的相互联系, 景观要素之间可能存在正关联、负关联或无明显关联, 正关联关系的景观要素常在景观中相伴出现, 而负关联关系的景观要素, 在景观中的分布常相互排斥, 极少相伴出现。因此, 空间关联度分析对景观要素空间相互关系的表征作用很明确, 特别适用在复杂破碎的高度异质景观中把握景观要素间的关系^[19]。景观要素空间关联度计算公式为:

$$R = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}}$$

其中, a 为所有样方中同时出现两类景观要素的样方数; b 为所有样方中只出现某一类景观要素的样方数; c 为所有样方中只出现另一类景观要素的样方数; d 为所有样方两类景观要素同时都不出现的样方数。可见, 计算这一指标需要得到大量样方的二元数据, 用统一网格样方取样法, 可以方便地建立以样方代码为纪录号的数据库, 分别以每一对景观要素作为检索条件, 很容易获得上述参数, 并可对 R 值进行关联度显著性检验。

本项目通过对关帝山次生林景观中各类景观要素相互之间的关联度进行分析, 掌握了景观要素之间的空间关系, 并通过动态分析, 揭示了景观恢复过程中这些关系的变化规律^[23]。

3 5 景观动态建模

景观动态模拟和预测模型是景观生态研究极其重要和活跃的分支领域, 景观模型有多种类型, 目的不同、理论基础不同、方法不同, 形成了多种类型的景观模型^[12 18]。但许多模型的建立, 需要通过空间取样的方法获得所需要的空间数据。以基本的转移概率矩阵模型为例, 确定景观要素之间的转移概率是关键, 当景观要素类型较多时, 直接从

景观动态图及其面积变化上很难准确地确定景观要素之间的相互转移关系,采用统一网格样点取样的方法,在不同时期的景观图上取样,针对样点进行统计,计算各个景观要素类型在前后期所有对应样点的转移频数,由转移频数计算转移频率,便可以得到它们的转移概率估计值。只要样点数量(密度)足够大,就可以保证估计精度。本项目在研究关帝山次生林景观变化时建立的转移概率矩阵模型就采用了统一网格样点取样法,达到了很好的模拟和预测效果^[34]。

4 讨 论

景观生态研究离不开对景观格局的数量化分析,许多分析方法和指标可以直接从数字景观图的斑块面积、周长、斑块之间的距离等数据计算,但也有许多指标和方法需要采用抽样的方法获得必要的基本数据,景观要素优势度指数、景观要素关联度指数、景观空间分布趋势面分析、景观动态的转移概率矩阵模型等一些特别有效的分析指标和方法,都需要采用一定的取样方法。随着景观生态研究水平的提高,还需要一些更具有明确生态学意义,而且相互独立的景观格局分析指标和方法。景观格局的数量化分析指标和方法很多,许多指标本身相互之间具有显著的相关性,计算那么多指标实际上也就没有什么意义,因为它们的基本数据一样,如斑块面积、斑块周长、共同边界长度、斑块之间的距离等,不同指标所能提供的信息就不可能相互独立,如何合理有效地应用这些指数和方法进行科学的分析,并将这些指标与景观过程或功能联系起来,是一个很大的挑战,从景观图中提取出更多的原始信息是增加信息量的根本途径。有效的空间取样方法是解决问题的关键,本研究中提出的统一网格样方取样法和统一网格样点取样法是一种简单而且实用的景观空间格局分析取样方法,在GIS(如ARC/INFO、MAPINFO)支持下,能够有效地从景观图中提取信息,为一些格局分析提供基础数据,提高把握和认识景观格局的准确性。

认识和把握景观的格局仅仅是景观生态研究的第一步,更为重要的是进一步认识景观格局与过程(功能)的关系,进而建立景观模型辅助景观规划和设计,提高景观管理水平。本研究所提出的空间取样法在景观建模方面 also 具有很好的应用价值和潜力。模拟物种在景观中的扩散和传播、干扰的蔓

延、群落演替等过程,根据样方单元格的属性、确定其在上述这些过程中的作用和反应,进行全景观的过程模拟和动态预测,都可以在统一网格样方的基础上根据样方内所包含的景观要素属性,确定该样方对景观过程的影响及其对景观过程的响应。在样方属性和样方位置都明确的情况下,才能建立空间明晰化景观模型,符合景观模型发展的趋势。

参考文献:

- [1] Naveh Z, A S Lieberman sec. Landscape Ecology: Theory and Application[M]. New York: Springer-Verlag, 1994.
- [2] Farina A. Principles and methods in landscape ecology[M]. London: Chapman & Hall, 1998.
- [3] 徐化成. 中国大兴安岭森林[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [4] 郭晋平. 森林景观生态研究[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [5] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [6] 肖笃宁, 胡远满, 李秀珍, 等. 环渤海三角洲湿地的景观生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [7] 赵 羿, 李月辉. 实用景观生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [8] 董雅文. 城市景观生态学[M]. 上海: 商务印书馆, 1993.
- [9] Baker W L, Mladenoff D J. Progress and future directions in spatial modeling of forest landscapes[A]. In: Mladenoff D L, Baker W L. Spatial modeling of forest landscape change[C]. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- [10] Turner M G, V H Dale. Modeling landscape disturbance[A]. In: M G Turner, R H Gardner (eds). Quantitative Methods in landscape Ecology [C]. New York: Springer-Verlag, 1991. 323~351.
- [11] Baker W L. A review of models of landscape change[J]. Landscape Ecology, 1989, 2: 111~133.
- [12] 郭晋平, 肖 扬. 森林景观模型研究进展[J]. 植物科学进展, 2001, 4: 255~272.
- [13] 李秀珍, 布仁仓. 景观格局指标对不同景观格局的反应[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 124~134.
- [14] 布仁仓, 李秀珍. 尺度分析对景观格局指标的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2181~2186.
- [15] 李 颖, 张养贞. 三江平原沼泽湿地景观格局变化及其生态效应[J]. 地理科学, 2002, 22(6): 678~682.
- [16] 张秋菊, 傅伯杰. 关于景观格局演变的几个问题[J]. 地理科学, 2003, 23(3): 265~270.
- [17] 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观空间分析的特征和主要内容[J]. 生态学报, 2002, 22(7): 1135~1142.
- [18] 李哈滨, 伍业钢. 景观生态学的数量研究方法[A]. 见: 刘建国(主编). 当代生态学博论[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 209~234.
- [19] Forman R T T, M Godron. Landscape Ecology[M]. New York:

John Wiley & Sons, USA, 1986

[20] 郭晋平, 张云香. 森林景观恢复过程中景观要素空间分布格局及其动态研究 [J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2021~ 2029.

[21] Guo Jin ping, Xiao Du ning, Xiao Yang et al. Trend surface analysis of forest landscape pattern in Guandishan forest region of Shanxi, China [J]. Journal of Environmental Science, 1999, 11(2): 200~ 206

[22] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1999, 1~ 5.

[23] 郭晋平, 张云香, 薛俊杰. 关帝山林区景观要素空间关联度与景观格局分析 [J]. 林业科学, 1999, 35(5): 28~ 33

[24] 郭晋平, 阳含熙, 张云香. 关帝山林区景观要素空间分布及其动态研究 [J]. 生态学报, 1999, 19(4): 468~ 473

[25] 郭晋平, 阳含熙, 薛俊杰, 等. 森林景观异质性及其动态研究——以关帝山林区为例 [J]. 应用生态学报, 1999, 10(2): 167~ 171

[26] 郑师章, 吴千红. 普通生态学——原理、方法和应用 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1994

[27] Greig-Smith P. Qualitative plant Ecology 3rd ed [M]. Oxford Blackwell scientific publications, 1983

[28] Morrill R L. On the Arrangement and Concentration of points in the plane [M]. Cf McConnell etc., 1971, 29~ 44.

[29] McConnell H, D W Yaseen. Models of Spatial Variation [M]. North Illinois Press, 1971, 84~ 102

[30] 牛文元. 生态系统的空间分布 [J]. 生态学报, 1984, 4(4): 299~ 309

[31] 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1983

[32] 张金屯. 植被数量生态学方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995

[33] 郭晋平, 王俊田, 李世广. 关帝山林区景观要素沿环境梯度分布趋势的研究 [J]. 植物生态学报, 2000, 24(2): 135~ 140.

[34] 卢景龙. 森林景观组成结构动态模拟及预测方法研究 [J]. 山西农业大学学报, 2002, 22(3): 234~ 238.

Spatial Sampling Methods and Their Applications in landscape pattern analysis for landscape ecological research

GUO Jin-Ping, ZHANG Yun-Xiang

(Landscape Ecology Institute, Faculty of Forest Science and Forest Environment, Shanxi Agricultural University, Taiyuan, Shanxi 030801)

Abstract Because of the comprehensive effects of multiple environmental factors to landscape pattern and ecological processes, mathematical methods are more eagerly needed in landscape ecological researches to explore the general distribution pattern of landscape elements in highly heterogeneous and changing landscape. A great challenge to improve the mathematical landscape pattern analysis is providing a satisfied spatial sampling method. Many quantitative landscape analysis methods cannot be used because lacking of a moderate spatial sampling method. This paper introduces two spatial sampling methods proposed and used in Guandishan forest landscape ecological research. They are Uniform-Grid-Square sampling method and Uniform-Grid-Point sampling method. These sampling methods used to provide data for landscape pattern analysis. The quantification method of sample-square is respectively proposed in the paper. As examples, the usage process of two spatial sampling methods in landscape trend-surface analysis, landscape element spatial correlation analysis, landscape element dominance analysis, analysis of landscape element spatial distribution pattern, and landscape dynamic modeling are introduced respectively. Based on the examples, availability of the methods is demonstrated, and the potential usages in other spatial analyses are also prospected.

Key words landscape pattern analysis, spatial sampling method, Uniformed-Grid-Square sampling method, Uniform-Grid-Point sampling method