

95, 15(4)

345-350

第15卷 第4期

1995年12月

生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol. 15, No. 4

Dec., 1995

5874(1)

景观多样性分析及其制图研究*

傅伯杰

(中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085)

P901

A

摘要 景观多样性是生物多样性研究的主要内容之一。景观多样性是指景观结构、功能和动态的多样性和复杂性。本文讨论了景观多样性的概念、测度和空间制图。提出了景观多样性包括类型多样性、格局多样性和斑块多样性。景观多样性可用多样性指数、优势度、相对丰富度、修改的分维数等指数来测定。一个多样性指数 $D_i = (i-1)/(m-1) \times 100\%$ 被给出用于景观多样性制图, 黄土高原泉家沟流域被选为研究区域。在地理信息系统的支持下, 通过对栅格化的土地利用类型图进行分析操作产生出了研究区域的景观多样性图。对景观多样性进行空间制图有助于分析景观生态过程, 研究结果可直接用于景观和土地利用规划、野生动植物保护及立地分析。

关键词: 景观多样性, 空间制图, 地理信息系统。

景观学

生物多样性是人类赖以生存的物质基础, 是全人类共同的财富, 它在维持全球和区域生态平衡上具有十分重要的意义。因此, 生物多样性保护是国际社会十分关注的全球环境问题之一, 是现代生态学研究的三大热点之一。生物多样性是指生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和, 包括基因多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观多样性 4 个层次^[1-3]。

近年来, 景观多样性的研究越来越受到人们的重视, 但研究多集中在景观格局对物种多样性的影响^[4,5]、景观异质性和景观多样性测定指标的建立和完善^{6,7]}以及区域景观多样性的统计分析^[8], 缺乏对景观多样性的理论分析和空间制图研究。本文在分析景观多样性的基础上, 用地理信息系统对景观多样性进行制图, 展现其空间分布。

1 景观与景观多样性

景观是具有高度空间异质性的区域, 它是由相互作用的景观元素或生态系统以一定的规律组成的。根据形状和功能的差异, 景观元素可分为斑块(patch)、廊道(corridor)和基质(matrix)^[9]。斑块是指不同于周围背景的非线性景观元素, 与其周围基质有着不同的物种组成。一般来讲, 斑块是物种的集聚地, 它的大小、形状、类型、边缘和数量对于景观多样性的形成和分布具有重要意义。廊道是指不同于两侧基质的狭长地带, 可以看作是一个线状或带状的斑块, 如林带、树篱、河岸植被带和道路等。廊道在很大程度上影响景观的连接性, 是连结斑块的桥梁和纽带。廊道既可以是物种迁移的通道, 也可以是物种和能量迁移的屏障。因而, 廊道对景观内物种的多样性、物质和能量的迁移、景观多样性以及恢复和保护地方种有重要影响。基质是景观中的背景地域, 其面积最大, 具有高度的连续性, 在很大程度上决定着景观的性质, 对景观

* 国家自然科学基金资助项目, 并得到国家教委和中国科学院回国人员择优基金的部分资助。

收稿日期: 1994 12 01, 修改稿收到日期: 1995 06 12。

的稳定性和动态起着主导作用。

景观多样性是指景观在结构、功能以及随时间变化方面的多样性,它揭示了景观的复杂性。景观结构主要指景观元素的大小、形状、类型、数量及空间组合,景观结构及其变化是自然、生物和社会要素相互作用的结果,影响着物种的分布、动物的运动、营养元素的迁移^[10]、地表径流^[11]和土壤侵蚀^[12,13]。景观功能是指物质、能量和物种在景观元素之间的流动。长期的物质和能量流动可改变景观结构,同时又受到景观结构的制约。景观动态是景观结构和功能随时间的变化过程,自然干扰、人类活动和植被内源演替是景观动态变化的主要原因。动态变化的结果既可增加景观的多样性又可减小景观的多样性。

2 景观多样性的测定

景观多样性包括景观类型多样性、格局多样性和斑块多样性。景观类型多样性是指景观中类型的丰富度和复杂度;格局多样性是指景观类型空间分布的多样性及各类型之间的空间关系;斑块多样性是指景观中斑块数目及形状等的多样性。

2.1 景观类型多样性的测定

类型多样性的测定多考虑不同的景观类型(如农田、草地、森林等)在景观中所占面积的比例和类型的多少,常用多样性指数、优势度和相对丰富度指数来测定。

2.1.1 多样性指数 表示景观中类型的多样性。根据信息论原理,参考 Shannon-Weaner 指数,景观多样性指数为:

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i) \cdot \log(P_i)$$

式中 H 为多样性指数, P_i 是景观类型 i 所占面积的比例, m 为景观类型的数目。 H 值越大,表示景观多样性越大。

2.1.2 优势度(Dominance)^[6] 用于测度景观结构中一种或几种景观类型支配景观的程度,表达式是:

$$D_0 = H_{\max} + \sum_{i=1}^m (P_i) \cdot \log(P_i)$$

式中 H_{\max} 表示最大多样性指数, $H_{\max} = \ln(m)$ 。 D_0 值小时,表示景观是由多个比例大致相等的类型组成, D_0 值大时,表示景观只受一个或少数几个类型所支配。这个指数在完全同质性的景观中($m=1$)是无用的,此时 $D_0=0$ 。

2.1.3 相对丰富度 表示景观中景观类型的丰富程度^[14],由下式表示

$$R = (M/M_{\max}) \times 100\%$$

式中 R 为相对丰富度, M 表示景观中现有的景观类型, M_{\max} 表示最大可能的景观类型。 R 值愈大,相对丰富度愈大。

2.2 景观格局多样性的测定

格局多样性的测定多考虑景观中不同景观类型的空间分布和相邻景观类型间聚集与分散程度,常用的指数是聚集度和修改的分维数。

2.2.1 聚集度(Contagion) 表示景观中不同景观类型的团聚程度。聚集度是由美国景观生态学家 O'neill 等人于 1988 年首先提出来的^[6],并应用于景观生态学中。后经李哈滨加以修正^[7],计算公式如下:

$$RC = 1 - C/C_{\max}$$

式中 RC 是相对聚集度(%), C 为复杂性指数, C_{\max} 是 C 的最大可能取值, 它们的计算式为:

$$C = - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m P_{ij} \cdot \log(P_{ij})$$

$$C_{\max} = 2m \log m$$

式中 P_{ij} 是景观类型 i 与景观类型 j 相邻的概率, m 是景观中景观类型的总数。 RC 取值大表示景观由少数团聚的大斑块组成, RC 取值小则代表景观是由许多小斑块组成, 景观的聚集度较小。

2.2.2 修改的分维数(Modified Fractal Dimension) 分维数常用来测定斑块形状的复杂程度, 表达式为: $D = 2 \log(P/4) / \log(A)$ 。Olsen 等人^[15]用修改的分维数测定景观多样性, 表达式如下:

$$D_m = 2 \log(P_m/4) / \log(A)$$

$$P_m = P + [2(A - 1) \cdot n / (m - 1)]$$

式中 D 为分维数, D_m 为修改的分维数, P 为斑块的周长, A 为斑块的面积, m 是景观中景观类型的总数, n 为与该斑块相邻的景观类型的数目。 D_m 值越高, 表示景观多样性越大。这一指数结合了斑块的形状、面积、丰富度和均匀度, 更适合于较小尺度景观的多样性测定。

2.3 斑块多样性的测定 多考虑景观中斑块的总数, 单位面积上斑块的数目。常用的指数是景观破碎度, 表达式为:

$$F = [(m - 1) / E] \times 100\%$$

式中 F 为景观破碎度, m 是被测景观中斑块的总数目, E 为被测景观中可能出现的最多斑块数。 F 值越大, 景观破碎化程度越大。

2.4 以上指数不便于进行景观多样性制图, 受到设定的景观多样性分析单元及景观类型所占面积比例的影响。为了便于利用数字化栅格景观类型图进行景观多样性制图, 给出景观多样性指数(D_i), 表示如下:

$$D_i = (i - 1) / (m - 1) \times 100\%$$

式中 D_i 为景观多样性指数, 数值从 0 到 1 分布, 0 表示最简单的景观, 1 表示最复杂(多样性)的景观。 i 是以某一栅格为中心的周围邻域中景观类型的数目, m 是制图区域内景观类型的总数。

这一指数简单易算, 适用于栅格化的景观多样性制图, 可随意设定景观多样性分析单元的大小(例如, 3×3 个栅格, 5×5 个栅格等), 且不受景观类型数目多少和斑块形状的限制。

3 景观多样性制图

对景观多样性的研究不仅要进行区域内的统计和分析, 还要进行空间多样性制图研究。在地理信息系统的支持下, 选取了黄土高原泉家沟流域进行景观多样性制图。

3.1 将泉家沟流域 1:1 万土地利用现状图^[16]数字化输入地理信息系统, 产生矢量数据文件。应用数据格式转换模型将矢量文件转换为栅格文件, 栅格面积为 $6.7\text{m} \times 6.7\text{m}$, 研究区域共划分为 435、345 个栅格。将研究区域土地利用现状分为灌溉农田、坝地农田、梯田农地、坡耕地、果园、草地、灌木林地、乔木林地、水库和居住用地 10 个类型, 土地利用类型图见图 1。

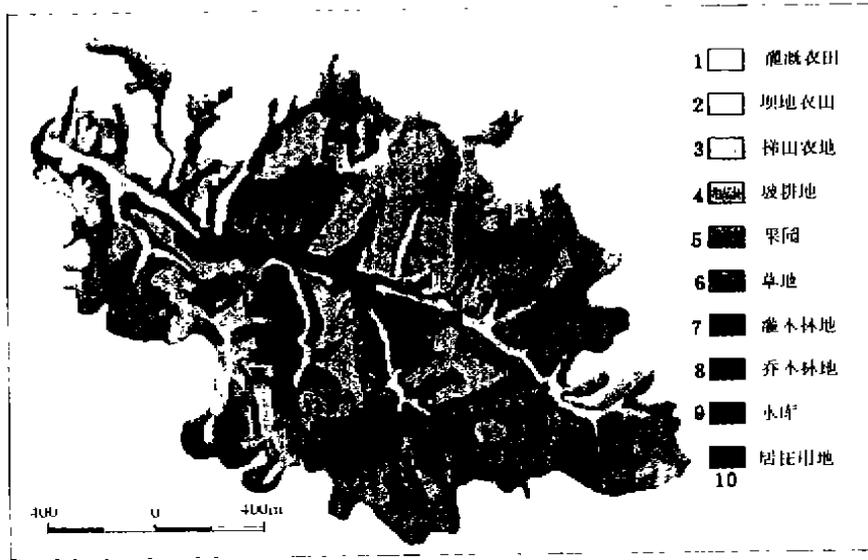


图 1 研究区域土地利用类型图

Fig. 1 Land use types in the study area

1. Irrigated farmland 2. Check-dam farmland 3. Terrace farmland 4. Slope farmland
5. Orchard 6. Grassland 7. Bush 8. Forest 9. Reservoir 10. Residential land

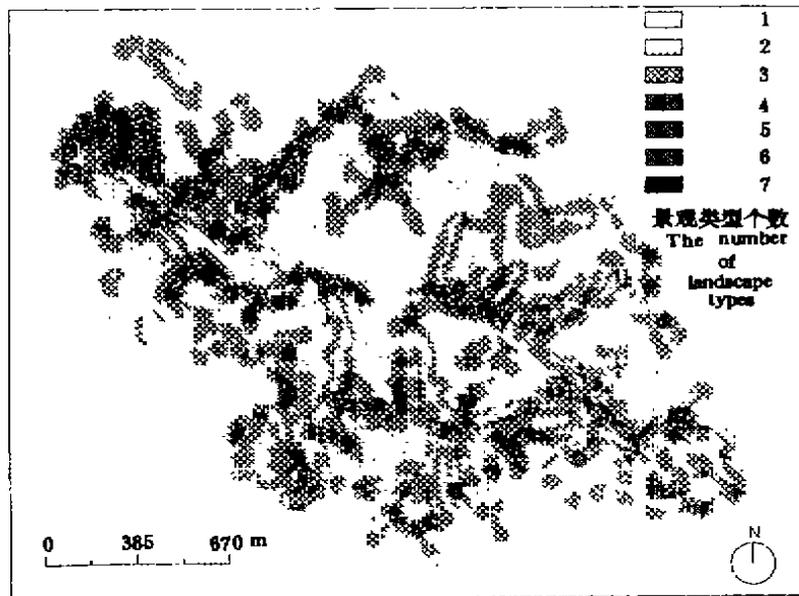


图 2 研究区域景观多样性图

Fig. 2 Landscape diversity in the study area

3.2 从土地利用类型图中分别提取每一个土地利用类型,建立图形文件,提取的类型记为 1,其它类型为背景类型,记为 0,共建立 10 个图形文件。

3.3 确定景观多样性分析单元范围的大小。该研究用 5×5 个栅格作为分析单元,对每一个提取的土地利用类型图形文件进行分析操作,在每 5×5 个栅格范围内若有二种类型(包括背景类型)记为 1,只有一种类型记为 0。这样,产生 10 个单类型多样性分析图。

3.4 对 10 个单类型多样性分析图进行相加叠置,得出研究区域景观多样性图(见图 2)。应用

表 1 景观多样性图中多样性指数与景观类型个数的对应关系

Table 1 Representation of diversity index classes on the landscape diversity map(Fig. 2)

景观多样性分析单元内的土地利用类型个数 Number of classes in the vicinity of a grid cell	多样性指数(%) Diversity index
1	0
2	11.1
3	22.2
4	33.3
5	44.4
6	55.6
7	66.7

$D_i = (i-1)/(m-1) \times 100\%$ 模型,多样性指数与景观类型多少的对应关系见表 1。

4 结论

景观多样性是生物多样性研究的一个重要方面,对区域景观多样性的研究不仅要进行定性分析和定量统计,还应进行定位空间制图。景观多样性可用多样性指数、优势度、相对丰富度、修改的分维数等指数来测定。在地理信息系统的支持下,用 $D_i = (i-1)/(m-1) \times 100\%$ 多样性指数对栅格化的景观类型图进行分析操作,可产生出景观多样性图。景观多样性的空间制图不仅便于分析景观格局和过程的相互关系,而且将景观多样性研究

与景观规划衔接起来,景观多样性图可直接用于景观和土地利用规划过程。

参 考 文 献

- Noss R F. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology*. 1990, 4: 355—364
- West N E. Biodiversity of rangelands. *Journal of Range Management*. 1993, 46: 2—13
- 马克平. 试论生物多样性的概念. *生物多样性*, 1993, 1(1): 20—22
- Hudson L D. (ed.). *Landscape Linkages and Biodiversity*. Washington, D. C. : Island Press. 1991
- Burel F. Effect of landscape structure and dynamics on species diversity in hedgerow networks. *Landscape Ecology*. 1992, 6: 161—174
- O'neill R V, Kruttschnitt J R, Gardner R H et al. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*. 1988, 1: 153—162
- Li H and Reynolds J F. A new contagion index to quantify spatial pattern of landscapes. *Landscape Ecology*. 1993, 8: 155—162
- Turner M G. Spatial simulation of landscape change in Georgia; a comparison of three transition models. *Landscape Ecology*. 1987, 1: 29—36
- Forman R T T and Godron M. *Landscape Ecology*. New York: Wiley 1986
- Peterjohn W T and Correl D L. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. *Ecology*. 1984, 65: 1466—1475
- Burel F, Baudry J and Letenver J C. Landscape structure and the control of water runoff. in R. G. H. Bunce, L. Ryszkowski and M. G. Paoletti (eds.) *Landscape Ecology and Agroecosystems*. Lewis, Boca Raton, FL. 1993, 41—47
- Fu Bojie, Gulinec H and Masum M Z. Loess erosion in relation to land use changes in the Ganspoel catchment, central Belgium. *Land Degradation & Rehabilitation*. 1994, 5: 261—270
- 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析. *生态学报*, 15(2): 113—120
- Romme W H. Fire and landscape diversity in subalpine forests of Yellowstone Park. *Ecol. Monogr.*, 1982, 52: 199—221
- Olsen E R, Ramsey R D and Winn D S. A modified fractal dimension as a measure of landscape diversity. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 1993, 59: 1517—1520
- 中国科学院西北水土保持研究所. 黄土高原综合治理试验示范区专题地图集. 北京: 测绘出版社, 1991

LANDSCAPE DIVERSITY ANALYSIS AND MAPPING

Fu Bojie

(Research Centre for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, 100085)

Landscape diversity, composed of type diversity, pattern diversity and patch diversity, is an important biodiversity research field. It measures the complexity of landscape structure, function and changes. Landscape diversity can be measured by diversity index, dominance, relative richness and a modified fractal dimension. It can be applied in both a nonspatial (statistical) or a spatial sense. Landscape diversity indicates the number of landscape classes that are in proximity to each point in a digital grid cell map. The index is $D_i = (i-1)/(m-1) \times 100\%$, where i is the number of land use classes within a selected distance of each grid cell, and m is the total number of mapped classes. Quanjiaogou catchment in China's loess plateau is selected as the study area. The landscape diversity is mapped by geographical information system (GIS). The index is illustrated by calculating the diversity at each grid cell for each of the ten mapped classes and displaying the diversity map that portrays the complexity of landscape in the study area. This method can be used within a GIS framework to identify the landscape diversity which can be related to land use and landscape planning, wildlife habitat protection and biodiversity conservation.

Key words: landscape diversity, spatial mapping, geographic information system.