

## GIS 支持下的铁瓦河小流域景观空间格局动态变化研究

张明亮, 丁圣彦, 梁国付

(河南大学环境与规划学院, 河南 开封 475001)

**摘要:** 景观空间格局的分析成为景观生态学研究的核心之一。以铁瓦河小流域 1994~ 2002 年土地利用分布图为基础, 在 ARCVIEW 和 ARC/INFO 的支持下, 通过选取和计算景观格局指数来分析该流域 8 年来的景观空间格局动态变化。分析结果表明: 除了坡耕地、未利用土地面积减少外, 其它类型斑块面积都有所增加, 其中梯耕地、林地、水域、园地等增加幅度较大, 居民点及工矿用地面积增加幅度较小; 8 年间, 流域景观内各类型斑块的总数量明显增加, 其中未利用土地和坡耕地数量明显增加, 破碎度指数增加, 林地等斑块数量明显减少, 破碎度指数大大降低; 小流域景观的多样性和均匀度指数有所增加, 景观的破碎程度加大, 表明景观的异质性程度提高, 土地利用向多样化均匀化及破碎化方向发展。

**关键词:** 景观格局; 铁瓦河; 斑块; 景观; GIS

**中图分类号:** TP79; P901

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2004)01-0185-04

## Change of Landscape Pattern of Tiewa River Based on GIS

ZHANG Ming-liang, DING Sheng-yan, LIANG Guo-fu

(College of Environment & Planning, Henan University, Kaifeng 475001, China)

**Abstract:** Landscape pattern is the core of landscape, so the authors take Tiewa River as an example, analyze the change of landscape pattern in 1994~ 2002 based on ARCVIEW and ARC/INFO softwares. The study result shows that all kinds of patches take great change, such as the area, number, figure, fractal number etc. Except sloping farmland, non-using land decreasing, area of all others increase a lot. Terracing farmland, woodland, water area, garden plot all increase with large range, inhabitant land and industrial land increase with little range; during the 8 years, the patches of the landscape has increased obviously, non-using land and sloping farmland increased evidently and the fragment index increased, while patches of woodland decreased and fragment index decreased. The diversity, fragment index and uniformity index of the landscape all increased, and it shows that the landscape takes a good road to develop.

**Key words:** landscape pattern; Tiewa River; patch; landscape; GIS

景观生态学是一门以生态学和地理学为主体的多学科之间的交叉学科, 属于宏观尺度生态空间的研究范畴<sup>[1]</sup>。景观生态学研究最突出的特点是强调空间异质性、生态学过程和尺度的关系, 而景观空间格局是景观空间异质性的具体表现, 它不仅体现着自然的、生物的和社会的各种生态过程在不同空间尺度上相互作用的结果, 同时又决定着各种自然环境因子在景观空间的分布和组合, 从而制约各种生态过程<sup>[2]</sup>。景观空间格局影响生态学过程(如种群动态、动物行为、生物多样性、生态生理和生态系统过程等), 通过研究空间格局可以更好地理解生态学过程, 因此, 景观生态空间格局的分析成为景观生态学研究的核心之一<sup>[3]</sup>。景观空间格局是指景观组成单元的类型、数目以及空间分布与配置<sup>[4]</sup>。景观要素在空间分布中的数量、位置、类型、形状、大小和方向

构成了景观空间结构分析的主要内容<sup>[5]</sup>。通过研究同一地区不同时段景观空间格局的动态变化, 对景观要素斑块之间的空间关系进行分析, 可以反映景观要素之间相互作用的性质、强度和方式, 从而有助于从无序的景观中发现潜在的有序或规律, 解释景观格局与生态过程相互作用的机理, 进而阐明景观要素斑块动态演替的方向、过程或扩展潜力, 探索景观格局形成和发展的控制因素和基本驱动力, 揭示人类活动在景观格局动态中的作用, 最终实现景观的可持续利用。关于景观格局变化的研究, 国内外已有众多学者对森林景观格局、土地利用格局、植被格局、湿地景观格局、绿洲景观格局等进行了研究<sup>[5~ 8]</sup>。但以流域为研究对象的研究报道较少。因此, 本文以河南省淅川县铁瓦河小流域为例, 通过应用土地利用分布图获取原始资料, 在 ARCVIEW 和 ARC/INFO

收稿日期: 2003-08-21

基金项目: 国家社科基金项目(00BJY035); 河南省杰出青年基金项目(0003)资助

作者简介: 张明亮(1979- ): 男, 山东临朐人, 硕士研究生, 主要从事景观生态学研究。

FO 软件支持下, 处理各种属性数据、图形数据等信息, 建立空间信息库, 研究 1994~ 2002 年景观格局的动态变化。

### 1 研究区概况

铁瓦河小流域位于河南省淅川县城东北部 3.5 km 处, 属于丹江水系老鹳河的一个支流, 流域面积为 1 817 hm<sup>2</sup>。地貌类型特征是“七山一水一丘田一河谷”, 以低山丘陵为主, 海拔高度 190~ 550 m, 坡度多在 10~ 25 之间; 该流域岩性以片麻岩、石灰岩为主, 结构疏松, 蓄水保肥能力差, 水土流失严重。据统计资料, 水土流失面积为 1 251 hm<sup>2</sup>, 占总面积的 69%, 多年平均年输沙量 74 000 t, 多年平均水蚀模数为 5 900 t/(hm<sup>2</sup>· a)。气候属于北亚热带与南温带过渡区, 四季分明, 光热充足, 平均气温 15.8℃, 降水少而且集中在夏季, 年平均降水量为 804 mm, 7~ 9 月降水量占全年降水量的 58%。水资源短缺, 土地贫瘠, 荒山荒坡面积广大, 农业用地以坡耕地为主, 天然植被较少, 仅分布在陡坡顶部和一些低山丘陵处<sup>[9]</sup>。生态环境的脆弱性给该流域农业和社会经济发展带来了严峻的挑战。

土地利用类型有坡耕地、梯耕地、林地、园地、居民点及工矿用地、水域、未利用土地等 7 种土地利用类型。经济以农业为主, 粮食、蔬菜自给自足, 林果业发展基础良好, 但产业化程度较低。农田基础设施建设落后, 水平较低。自 1994 年铁瓦河列入丹江口水库水源区重点防治工程以来, 农业技术水平发展较快, 特别是集雨节灌型生态农业的实施, 经济迅速发展。

### 2 研究方法

#### 2.1 研究资料来源

本文的研究数据来源: (1) 1994 年和 2002 年的铁瓦河小流域土地利用分布图; (2) 1994 年和 2002 年的地形图; (3) 野外调查获取的研究区内土地资源变化状况资料和自然地理基础资料。

#### 2.2 研究方法

首先把 1994 年和 2002 年土地利用分布图数字化, 并在 ARCVIEW 3.2 平台下, 将土地利用分布图矢量化并勾勒出各土地利用斑块多边形。然后在 ARC/INFO 软件下, 将 1994 年和 2002 年矢量图进行空间叠加分析, 找出景观的变化图斑, 得到 1994 年和 2002 年土地利用类型数据并实现土地景观空间格局特征参数的计算与分析。

#### 2.3 景观空间格局指数的选取

景观空间格局变化的定量分析可以从景观指数的变化上反映出来<sup>[10]</sup>。本文选择斑块数和平均斑块面积、破碎化指数、斑块形状指数、分维数、景观多样性和均匀度指数等指标进行分析。

(1) 斑块数 (NP), NP = ∑ni, 其中包括整个景观的斑块数和某单一类型的斑块数量。

(2) 平均斑块面积 (MPS), MPS = (∑aij)/ni, 斑块面积是景观格局最基本的空间特征, 是计算其它空间特征指标的基础。斑块的大小一方面影响到景观要素内部营养和能量的分配, 另一方面影响到景观中物种组成和多样性。

(3) 破碎化指数 (C), C = ∑ni/A, 是衡量景观斑块的复杂性。

(4) 斑块形状指数 (G), SHAPE = (0.25pi)/aij, 值越大, SHAPE 值越大斑块周边越发达, 斑块形状越复杂; 反之, 越小越简单。

(5) 分数维 (D), D = 2 \* log(pi/4)/log(A), 分数维用来测定斑块形状的复杂程度。D 值的理论范围为 1.0~ 2.0, 1.0 代表形状最简单的正方形斑块, 2.0 表示等面积下周边最复杂的斑块。

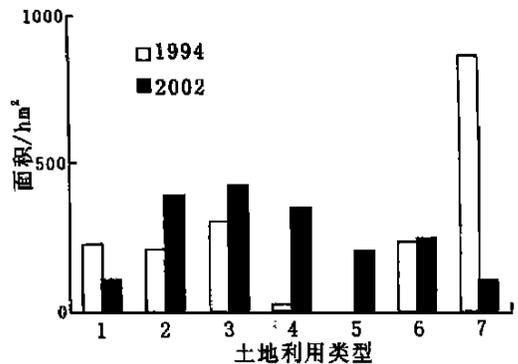
(6) 景观 Shannon's 多样性指数 (SHDI), SHDI = - ∑Pi \* lnPi, 其值越大, 表明景观斑块类型越丰富。

(7) 景观 Simpson's 均匀度指数 (SIEI), SIEI = 1 / (∑Pi^2) 值越大, 表明景观异质性越大。以上公式中: ni——第 i 类景观要素的斑块个数; aij——第 i 类景观要素 j 个斑块的面积; A——景观的总面积; m——除景观边界以外的某景观类型的斑块数; Pi——景观中第 i 类所占比例; Pij——i 类型 j 斑块周长。

### 3 研究结果和分析

#### 3.1 斑块面积变化

1994~ 2002 年间, 各土地利用类型斑块面积变化很大, 除了坡耕地、未利用土地面积减少外, 其它类型斑块面积都有所增加, 其中梯耕地、林地、水域、园地等增加幅度较大, 居民点及工矿用地面积增加幅度较小。这主要是由于该流域内实施退耕还林工程和水土保持工程, 使大面积的坡耕地被改造成林地和梯耕地; 同时为了弥补该流域内天然降水稀少的不利条件, 自 1994 年开始实施了集水节灌型生态农业, 在流域内共修建了 5 口塘(平均每口塘容 1 200 m<sup>3</sup>)、水窖 165 口(每口窖容 30 m<sup>3</sup>), 复蓄系数为 3.8。通过把天然降雨所形成的地表径流富集并存储起来, 使水域面积由 1994 年的 0 hm<sup>2</sup> 增加为 2002 年的 196 hm<sup>2</sup>, 这样不仅有利于农业的发展, 同时也改善了流域内的生态环境。该流域经济以农业为主, 工矿业落后, 人口增加幅度较小, 所以居民点及工矿用地增加幅度不高。



图中 1- 7 分别表示坡耕地、梯耕地、林地、园地、水域、居民点及工矿用地、未利用土地 (hm<sup>2</sup>)

图 1 1994~ 2002 年铁瓦河小流域各类斑块面积变化图

### 3.2 斑块数及景观破碎化指数分析

8 年间, 流域景观内各类型斑块的总数量明显增加, 其中坡耕地、梯耕地、水域、未利用土地数量明显增加, 如坡耕地斑块数量由 1994 年的 42 个增至 2002 年的 82 个, 梯耕地由 1994 年的 37 个增至 2002 年的 56 个, 未利用土地斑块数量由 1994 年的 35 个增至 2002 年的 86 个。这主要是由于梯耕地面积的增加来源于坡耕地, 致使坡耕地的破碎度增加, 平均斑块面积减少, 斑块数量增加, 同时梯耕地的斑块数量也大幅度增加。由于 1994 年末利用土地面积达 850 hm<sup>2</sup>, 斑

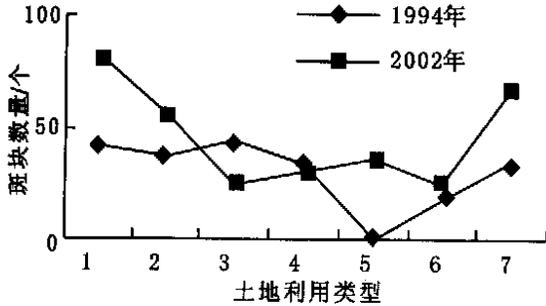


图 2 1994 年和 2002 年各类型斑块数量变化图

### 3.3 斑块分维数和形状指数分析

从图 4 和图 5 中可以看出, 景观中梯耕地、水域、园地、居民及工矿用地的平均斑块分维数、形状指数较小, 其中居民点及工矿用地最小, 1994 年分维仅为 1.06, 形状指数为 1.2。2002 年分维又降至 1.01, 形状指数降至 1.18。表明这几类景观斑块形状较为简单、规则, 而且动态变化趋向于进一步简单化。这是因为, 这些景观类型均为人工景观, 在人类社会经济活动的影响和制约下(如人为的规划、开发利用

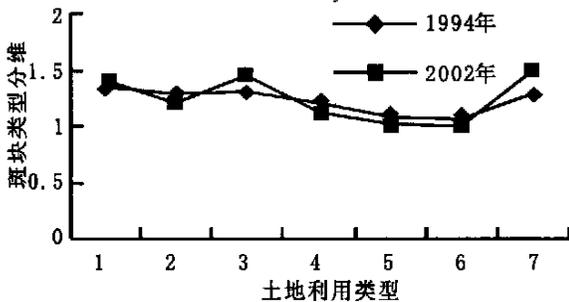


图 4 1994 年和 2002 年各斑块类型分维变化图

### 3.4 景观多样性和景观均匀度分析

从表 1 中可以看出, 8 年来, 该流域景观的多样性和均匀度指数有所增加, 景观的破碎程度加大, 说明了景观的异质性程度提高, 土地利用向多样化均匀化及破碎化方向发展。1994 年末利用土地在景观中比重最大, 占主导作用, 到了 2002 年由于未利用土地的开发、退耕还林和植树造林工程的实施, 林地和梯耕地面积大幅度增加, 同时由于集水工程和农业产业结构的调整, 园地、水域面积有所增加, 这样景观斑块类型趋于多样化。景观多样性和均匀度指数增加, 说明了铁瓦河小流域景观格局趋于合理化, 经济也走上了农林、牧渔、副等多种产业结构并进的合理局面。从图 6 该流域 1994 年和 2000 年产值结构, 可以看出产业结构趋于合理, 如 1994 年, 林果业仅占全部产值的 5%, 到 2000 年已经占到全部产值的 20%。

块数量为 35 个, 破碎度很低, 到了 2002 年末利用土地减少至 100 hm<sup>2</sup>, 而斑块数量高达 67 个, 其中主要转化为林地、耕地、园地, 所以未利用土地被分割的支离破碎, 破碎度指数明显增加。水域的斑块数量也有 0 增至 36 个。同时, 流域内由于实施退耕还林和植树造林工程, 使得林地受到很好的保护和建设, 平均斑块面积明显增加, 斑块数量减少, 破碎度指数明显降低。居民及工矿用地斑块数量略有增加, 由 1994 年的 17 个增加到 2002 年的 24 个。

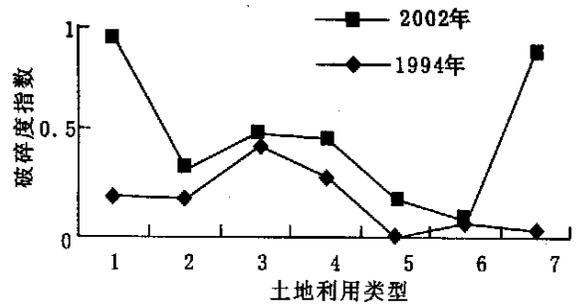


图 3 1994 年和 2002 年各斑块类型破碎度指数变化图

等), 其形状区域简单化和规范化

林地、坡耕地、未利用土地等分维数、形状指数较高, 而且有进一步增大的趋势, 1994 年坡耕地分维为 1.35, 形状指数为 1.90, 在各类斑块中最大, 形状最不规则。2002 年末利用土地的分维数和形状指数增至最大, 分别达到 1.49 和 2.13。表明了这些景观类型斑块较为复杂。这些景观斑块类型主要分布在沟坡或山坡等地表形态陡峭的地方, 地表破碎复杂。

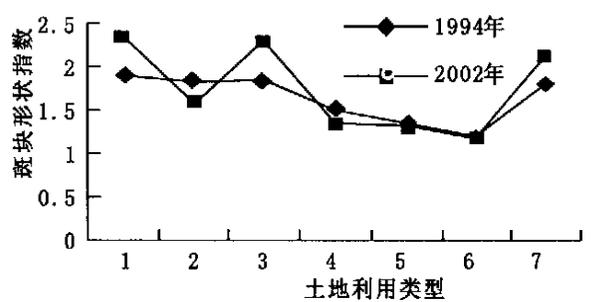


图 5 1994 年和 2002 年各类型斑块形状指数变化图

表 1 1994 年和 2002 年铁瓦河流域景观多样性均匀度指数对比

类型	1994 年 $M_i$	2002 年 $M_i$
坡耕地	0.3587	0.3851
梯耕地	0.3247	0.4152
林地	0.3984	0.4587
园地	0.2416	0.3241
水域	0	0.1423
居民点工矿	0.3754	0.3478
未利用土地	0.4625	0.3214
景观多样性指数	2.1613	2.3946
景观均匀度指数	0.9212	0.9451

(注: 表中  $M_i = P_i \ln P_i$ )

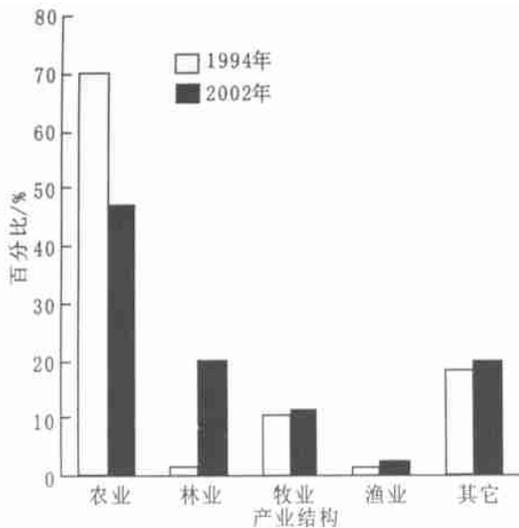


图 6 1994 年和 2002 年产业结构图

### 4 结 论

在地理信息系统的支持下,合理的选取景观格局指数,

#### 参考文献:

[1] 肖笃宁,李秀珍 当代景观生态学的进展和展望[J]. 地球科学, 1997, 17(4): 356- 363

[2] 肖笃宁,布仁仓,李秀珍. 生态空间理论与景观异质性[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 453- 461.

[3] 洪伟,陈辉 生态空间分布格局的理论研究[J]. 福建林学院学报, 1994, 14(1): 1- 5

[4] O lsson E G A, Austrheim G, Grenne S N. Landscape changes patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid-Norway 1960- 1993[J]. Landscape Ecology, 2000, 15: 155- 170

[5] 王宪礼,胡远满 辽河三角洲湿地的景观变化分析[J]. 地理科学, 1996, 16(3): 260- 265

[6] 杨学军,姜志林 溧阳地区森林景观的空间格局动态[J]. 南京林业大学学报, 2001, 23(3): 63- 67.

[7] 管利荣,李明阳 基于 GIS 的森林景观空间格局变化分析[J]. 西南林学院学报, 2001, 21(2): 66- 71.

[8] 傅伯杰 黄土区农业景观空间格局分析[J]. 生态学报, 1995, 15(2): 113- 119.

[9] 杜国举,杜晓平 铁瓦河典型小流域综合治理效益分析[J]. 水土保持通报 2001, 21(3): 67- 69

[10] 肖笃宁. 景观空间结构的指标体系和研究方法[A]. 肖笃宁. 景观生态学- 理论与方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991. 92- 98

建立空间信息数据,可以简洁、快速、准确的分析铁瓦河小流域 1994~ 2002 年的景观格局动态变化。通过分析表明,该流域内主要有坡耕地、梯耕地、林地、园地、居民点及工矿用地、水域、未利用土地等 7 种土地利用类型斑块。由于未利用土地的大量开发、坡耕地的退耕还林和集水工程的实施,在 8 年内各斑块类型的面积、数量、形状指数都发生了较大的变化。景观内斑块数量有较大的增加,其中坡耕地和未利用土地的斑块数量增加幅度最大,林地等斑块数量有所减少,表明该流域林业保护和建设取得了明显的效果,生态环境也得到了较好的改善。受人为活动的影响,梯耕地、水域、园地、居民及工矿用地的平均斑块分维数、形状指数较小;而林地、坡耕地、未利用土地等分维数、形状指数较高,而且有进一步增大的趋势。景观多样性指数、均匀度指数也由分别由 1994 年的 2.1613, 0.9212 增至 2002 年的 2.3946, 0.9451, 表明景观斑块的空间分布趋于均匀,景观的异质性程度加大,景观格局向着多样化、均匀化、破碎化的方向发展,表明了铁瓦河小流域综合治理取得了良好的成效,生态环境、产业结构朝着良性循环的道路发展。

### 致国内水土保持界同仁的信

水土保持界各位同仁:

2002 年 5 月在北京召开了第 12 届国际水土保持大会,与会的国际同行对中国在水土保持方面的成就留下了深刻的印象。特别是国际水土保持学会(WA SW C)主席 Sam ran Som batpanit 先生多次表示希望中国水土保持界的同仁能在推动国际水土保持事业方面发挥更大的作用,并提议将该学会的常设办事机构移到中国。国际水土保持学会(WA SW C)于 1983 年 2 月成立,20 年来学会在联络同行、促进交流、推动水土保持科学与技术发展等方面作出了卓越的贡献,吸引了越来越多国际水土保持界科技与管理同行加盟。

根据 WA SW C 主席的提议,任命中国科学院水利部水土保持研究所所长李锐为学会副主席(代表亚洲地区),办事机构挂靠在中国科学院水利部水土保持研究所。

为使您能与世界各国的专家学者交流与合作,并使您及您的学术研究为同行所了解,国际水土保持学会热忱欢迎您的加入。

致  
礼

国际水土保持学会副主席  
中国科学院水利部水土保持研究所所长 李 锐  
2002 年 10 月 16 日