

渝西方山丘陵区小流域景观格局演变分析

林孝松^{1,2}, 赵纯勇³, 郭跃³, 杨华³

(1. 重庆交通大学 资源与环境科学系, 重庆 400074;

2. 重庆大学 资源及环境科学学院, 重庆 400044; 3. 重庆师范大学 地理科学学院, 重庆 400047)

摘要:以渝西方山丘陵区张家沟小流域为空间范围,基于遥感和地理信息系统技术,运用多样性指数、优势度、破碎度和分离度等景观生态学定量化指标,分析了该流域 1957,1976,1982,1992 和 1998 年土地利用与景观格局的演变规律。运用分形理论计算得到了各种景观的分维数,以此为依据探讨了各种景观形态的复杂性。研究结果表明,随着时间的推移和经济的发展,张家沟小流域各种景观的多样性指数、破碎度和优势度以及景观的分离度发生了较为复杂的不均匀变化,变化的节律性与区域农业经济政策、人口的增长和经济的发展具有很好的对应性;各种景观形态的复杂性程度排序为:居民地>林地>水田>旱地>园地>水域;应用 RS 和 GIS 技术,借助景观生态学的研究方法,探讨小流域景观格局的演变,是区域土地利用与土地覆盖变化过程、格局和机理研究的有效方法。

关键词:土地利用;景观格局;分形;演变

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)02—0091—04

中图分类号: P208, Q149

Changes of Landscape Pattern in the Valley of Tabular Mountain and Hilly Areas in Western Chongqing Municipality

LIN Xiao-song^{1,2}, ZHAO Chun-yong³, GUO Yue³, YANG Hua³

(1. Department of Resources & Environmental Science, Chongqing Jiaotong University,

Chongqing 400074, China; 2. College of Resources & Environmental Science, Chongqing University,

Chongqing 400044, China; 3. College of Geographical Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract: Landscape pattern in Zhangjia valley of the low tabular mountains and hills in Western Chongqing Municipality is studied by using five sets of land use data in 1957, 1976, 1982, 1992 and 1998, quantitative methods of landscape ecology and techniques of RS & GIS. Firstly, landscape is classified into six types of irrigable land, dry land, orchard, woodland, village and watershed, respectively, by using remote sensing images. Secondly, a geographical information system (GIS) is designed and set up based on digital data extracted from remote sensing images, field investigation data and other types of data, and then a digital map of landscape is figured out. Thirdly, depended on spatial analysis function of GIS, indexes for diversity, dominance, fragment, isolation and fractal dimension of each landscape type in different periods are calculated. It is found that with time elapsing and economical development, changes in the indexes become complicated and anomalous. The rhythms of the changes are consistent with agricultural policies, increase in population and economical development. Fractal dimensions of landscape types from high to low are village, woodland, irrigable land, dry land, orchard and watershed in turn. Such a rank explicitly shows the complexity of landscape types. It is an effective method to study the processes, patterns and mechanisms of the changes in regional land use and land cover using landscape ecology and the techniques of GIS & RS.

Key words: landuse; landscape pattern; fractal geometry; change

景观生态学是一门研究由不同生态系统组成的景观结构、功能和动态变化,以及人类活动对景观及其组分的影响,并进而探讨景观优化利用的原理和途

径的交叉性学科^[1-2]。景观空间格局是指大小和形状不一的斑块在空间上的排列,它是空间异质性的重要表现,又是各种生态过程在不同尺度上作用的结

收稿日期:2006-02-10

修稿日期:2006-04-20

资助项目:重庆市哲学社会科学重点研究项目“渝西方山丘陵区社区土地利用变化趋势和变化机制研究”

作者简介:林孝松(1976—),男(苗族),湖南省绥宁县人,讲师,博士研究生,主要从事资源环境与地理信息系统方面的教学和研究。E-mail: lxsgis@163.com。

果^[3]。对其进行研究可为环境、资源的合理有效应用提供重要的参考,已成为景观生态学研究的核心内容之一。目前景观格局的研究成果主要集中于 2 个方面:一是静态的格局分析,主要探讨景观的空间异质性问题^[4-7];二是在相对稳定的地域空间上探讨景观格局随时间的变化情况,即时间异质性问题^[8-12]。渝西方山丘陵区地处川中丘陵区的腹心地带,包括重庆市的潼南县、大足县、荣昌县、双桥区的全部,合川大部及铜梁县的中部和北部,土地总面积 6 606.16 km²。该地区降水丰富,年降水量在 970~1 100 mm 之间,热量丰富,光照强,水热组合好,土地肥沃,生产力较高。但由于长期的森林砍伐,过度开垦,造成目前该地区生态环境脆弱,水土流失严重,土地生产力降低,严重制约了当地社会经济的可持续发展。对该区域土地利用景观格局的演变进行分析研究,不仅可为研究区减灾缓逆、建立高效农业,推进农业产业化进程,促进社区农业经济持续发展提供理论指导,同时还可可为区域制定经济可持续发展战略,区域生态环境与社会经济的协调发展以及合理开发和利用有限的土地资源提供一定的科学依据。

1 研究区域、资料与方法

1.1 研究区域

张家沟小流域位于渝西方山丘陵区,地处重庆市铜梁县和潼南县交界处,属于铜梁县双山乡,包括双泉、延寿、拱桥、掌印、岩湾、真理和建新等 7 个村,介于北纬 29°47'30"—29°50'10" 与东经 105°46'22"—105°49'50" 之间,幅员面积 14.69 km²。该区是一个以种植业和养殖业为主的典型农业社区,其景观类型以农耕地和林地为主。不同时期的农村土地利用景观是社会经济发展不同阶段,农民在政治、经济政策的影响下,根据土地的特性,按农业生产特点和社会需求,采取一系列生物技术手段对土地进行长期性或周期性生产经营活动的结果。其地貌由七沟八梁的中低丘陵与宽谷构成,北、西、南三面为坪状低山环绕,地势自西向东倾斜,海拔在 250~550 m 之间,张家沟自西向东注入涪江二级支流平滩河。气候属中亚热带季风型气候,多年平均降水量 1 003.6 mm,80% 的降水集中在 5—10 月份,多年平均气温为 17.9℃。土地利用类型以农耕地和林地为主,占幅员总面积的 89.59%。2001 年总人口为 7 356 人,农业总产值为 5.13 × 10⁶ 元。

1.2 研究资料

研究采用的数据资料主要有 1957 年和 1976 年的黑白航片,1992 年的彩红外航片,1982 年地方编制

的土地利用现状图,1998 年土地利用现状图电子地图,1:10 000 地形图和行政区划图,1957 年,1976 年,1982 年,1992 年,1998 年和 2001 年相关统计资料和历史文献。在 GIS 和 RS 技术的支持下,根据相关遥感影像和相关统计资料,并配合实地调研,将景观类型分为水田、旱地、园地、林地、居民地和水域等,完成了 1957 年,1976 年,1982 年,1992 年和 1998 年土地利用空间数据库和属性数据库的建设,得到相关年份的土地利用现状矢量地图。

1.3 研究方法

本文采用的研究方法和技术路线是:根据典型农业社区的小流域景观异质性特点以及不同时期的实际情况,划分了研究范围内的景观类型;通过对航空相片的计算机屏幕解译和纸质土地利用现状图的扫描矢量化,并通过实际调查修正,绘制不同时期各种景观类型斑块;将不同时期各种景观斑块矢量图转绘到具有统一坐标和比例尺(1:10 000)的地形图上;运用 GIS 技术,建立不同时期研究区域景观格局的空间数据库和属性数据库;基于 GIS 空间和属性数据库,运用景观数量分析方法研究区域景观结构演变的数量特征,同时运用分形结构模型研究各种景观形态的分形特征。

1.3.1 景观结构演变数量特征研究 在参考国内外有关文献的基础上^[13-17],结合研究区域的特点和研究的空间尺度,经过比较分析,本文选用景观多样性、优势度、破碎度和分离度等 4 个指标对研究区域的景观结构进行数量特征的研究。

(1) 多样性指数(H)。它用来表示景观类型的复杂程度,是对景观类型丰富程度和均匀程度的综合描述。 H 值越大,表示景观类型越丰富,景观类型的多样性越大。其计算公式为:

$$H = - \sum_{k=1}^s P_k \ln P_k \quad (1)$$

式中: S ——景观类型的数量; P_k ——第 k 类景观面积占总景观面积的比重; H ——景观多样性指数。

(2) 优势度(D_o)。该指标用于测度景观结构中某一种或少数几种景观类型占据支配地位的程度。 D_o 值越大就表示景观结构受一种或少数几种景观类型支配的程度越大。其计算公式为:

$$D_o = \ln S + \sum_{k=1}^s P_k \ln P_k \quad (2)$$

式中: S ——景观类型的数量; P_k ——第 k 类景观面积占总景观面积的比重; D_o ——景观优势度。

(3) 破碎度(F)。指景观被分割的破碎程度,用单位面积内的斑块数测度,它与自然资源保护密切相

关。 F 值越大,表示景观斑块越破碎。其计算公式为:

$$F = \frac{\sum_{k=1}^s N_k/A}{A} \quad (3)$$

式中: S ——为景观类型的数量; N_k ——为第 k 类景观类型的斑块数; A ——为景观总面积; F ——为景观破碎度。

(4) 分离度 (I)。该指标是指某一景观类型中不同斑块个体分布的分离程度。其计算公式为:

$$I_k = \frac{\sqrt{N_k/A}}{2A_k/A} \quad (4)$$

式中: I_k ——第 k 种景观类型的分离度; N_k ——第 k 种景观类型的斑块数; A ——景观总面积; A_k ——第 k 种景观类型的面积。

1.3.2 景观结构演变分形特征研究 相关研究表明^[18-19],景观斑块是自然界中最典型的分形几何体,任何一种景观类型,其形态结构都具有分形性质。对于研究区域由水田、旱地、园地、林地、居民地和水域等景观要素形成的生态景观镶嵌体来讲,其几何形态具有分形结构特征,如果用 r 为尺度去度量一种景观要素的几何形态,就会得出如下的结果:

$$[P(r)]^{1/D} = kr^{(1-D)/D} [A(r)]^{1/2} \quad (5)$$

式中: D ——景观要素结构的分维值; $P(r)$ ——景观要素的周长; $A(r)$ ——景观的面积; k ——常数。

对(5)式作对数变换并整理得到:

$$\ln[A(r)] = \frac{2}{D} \ln[P(r)] + C \quad (6)$$

由此可见,对于某一种景观,只要根据各个斑块的面积与周长数据,建立形如(6)式的回归模型就可以得到回归系数 $2/D$,这样就可以求出该景观类型的分形维数 D 。

2 结果与分析

2.1 景观格局的数量特征及变化

2.1.1 景观格局综合数量特征分析 为了揭示张家沟小流域景观结构的演变规律,笔者运用公式(1)~(3)分别计算了研究区域 1957,1976,1982,1992 和 1998 年不同时期的景观多样性指数、优势度和破碎度(见表 1)。

表 1 不同年份的景观多样性指数、优势度和破碎度

指标	1957	1976	1982	1992	1998
景观多样性	1.14	1.09	1.09	1.27	1.28
优势度	0.65	0.70	0.71	0.52	0.51
破碎度	41.73	36.08	42.95	111.03	111.98

从总体上来说,随着时间的推移,区域的景观多样性指数、优势度和破碎度的变化都较为复杂,它们都不是逐渐增大或逐渐减小,而是在中间年份存在有转折点。如景观多样性指数和破碎度都是先由大变小,然后再变大。而景观优势度则是由小变大,然后再变小。

2.1.2 景观分离度变化 对于一种景观类型而言,其分离度表示该景观类型被其它景观类型切断和分离的程度。如果某种景观类型的分离度越大则表示该种景观类型的斑块分布越分散。笔者应用公式(4)计算了张家沟小流域 1957,1976,1982,1992 和 1998 各年不同景观类型的分离度(见表 2)。

表 2 不同年份各种景观的分离度

景观类型	1957	1976	1982	1992	1998	平均
水田	0.39	0.23	0.21	0.38	0.43	0.33
旱地	0.21	0.14	0.25	1.44	1.54	0.72
园地	—	—	—	3.58	3.56	3.57
林地	0.68	1.26	2.22	0.96	0.83	1.19
居民地	25.73	14.40	16.87	16.99	17.11	18.22
水域	9.84	11.72	2.61	2.77	2.83	5.95

从表 2 可以看出,在各类景观演变的时间序列中,各种景观的分离度变化存在着起伏振荡,似乎没有规律性而言。但从这些变化的起伏情况来看,恰恰反映了该流域景观结构演变的节律性,这种演变的节律随着不同时期经济政策的变化而发生相应的改变。

2.2 景观格局的分形特征

对于一种景观来说,其分维值 (D) 能科学地反映无标度区间内的景观特征,它不随测量尺度的改变而变化,是表征景观空间格局的特征指标。其大小表示了该景观斑块形态的不规则程度和复杂程度。 D 值的理论范围在 1 ~ 2 之间。 D 值越大就表示该景观斑块形态越复杂和越不规则; $D = 1$ 表示该景观斑块的形状为正方形; $D = 2$ 表示该景观斑块的形状最复杂; $D = 1.5$ 则表示该景观斑块的形态结构处于一种类似于布朗运动的随机状态,即最不稳定状态; D 越接近 1.5 表示景观越不稳定。此外,利用不同时期的分形变化值 (D) 可以表征景观在时间维上的空间变化, D 值为负值表示景观的复杂性降低,相反则表示景观的复杂性增大。为了揭示张家沟小流域各种景观形态的演变规律,基于分形理论,建立了形如式(6)的各种景观形态的分形结构模型,得出 1957,1976,1982,1992 和 1998 年不同景观形态格局的分维数和不同年份间的分形变化值(见表 3)。

表 3 不同年份各种景观形态的分维数和分形变化

景观类型	1957	1976	$D =$ $D_{1976} - D_{1957}$	1982	$D =$ $D_{1982} - D_{1976}$	1992	$D =$ $D_{1992} - D_{1982}$	1998	$D =$ $D_{1998} - D_{1992}$	平均值
水田	1.75	1.38	- 0.37	1.40	0.02	1.31	- 0.09	1.33	0.02	1.43
旱地	1.37	1.25	- 0.12	1.38	0.13	1.43	0.05	1.42	- 0.01	1.37
园地	—	—	—	—	—	1.17	—	1.28	0.11	1.23
林地	1.72	1.37	- 0.35	1.62	0.25	1.28	- 0.34	1.26	- 0.02	1.45
居民地	1.55	1.60	0.05	1.44	- 0.16	1.48	0.04	1.48	0.00	1.51
水域	1.34	1.31	- 0.03	1.24	- 0.07	1.07	- 0.17	1.07	0.00	1.21

从各种景观形态分维数的平均值来看,依次分别为:居民地>林地>水田>旱地>园地>水域。这个排序是各种景观形态格局复杂性程度由大到小排列的反映。

从景观格局的演变过程来看,每一种景观形态格局的变化都经历了简单—复杂—简单或复杂—简单—复杂的变化过程,其变化具有不均匀性。但这种不均匀性恰恰是该流域农业经济政策变化、人口增长和经济发展的真实反映。

从各种景观形态的分形变化来看,水田的复杂性变化经历了变小—增大—变小—增大的演变过程;旱地的复杂性变化经历了变小—增大—增大—变小的演变过程;林地的复杂性变化经历了变小—增大—变小—变小的演变过程;居民地的复杂性变化经历了增大—变小—增大—变小的演变过程;水域的复杂性变化经历了增大—增大—变小—增大的演变过程。

3 结论

(1) 20 世纪 50 年代以来,张家沟小流域耕地面积经历了从增加到减少的变化过程,森林面积经历了从减少到恢复的发展过程。

(2) 总体来说,随着时间的推移和经济的发展,张家沟小流域景观的多样性和破碎度变大,优势度变小,但它们在演变的过程中经历了曲折的起伏振荡。

(3) 在各类景观演变的时间序列中,各种景观的分离度具有较为复杂的不均匀变化特点,分离度的变化与景观多样性、破碎度和优势度的节律变化一样,具有时段上的起伏振荡。这种明显的节律性变化与该流域的农业经济政策、人口的增长与经济政策的节律十分吻合。这充分说明经济的发展尤其是农业经济政策对于张家沟小流域景观格局的演变起着关键性的作用。

(4) 各种景观形态分维数的平均值排序为:居民地>林地>水田>旱地>园地>水域。这个排序可

以理解为各种景观形态格局复杂性程度的排序。同时,通过不同时间段的景观分形变化得到景观在时间维上的空间演变规律。

(5) 应用 RS 和 GIS 技术,借助景观生态学的研究方法,探讨小流域景观格局的演变,是区域土地利用/土地覆盖变化过程、格局和机理研究的有效方法,研究的相关成果有利于从景观格局的视角把握土地利用/土地覆盖变化的规律性,从而能制定出相关的政策,促进小流域水土资源的可持续发展。

[参 考 文 献]

- [1] 陈利顶,傅伯杰.黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析[J].生态学报,1996,16(4):337—344.
- [2] 肖笃宁,李秀珍.当代景观生态学的进展和展望[J].地理科学,1997,17(4):356—363.
- [3] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶.关于景观格局演变研究的几个问题[J].地理科学,2003,23(3):264—270.
- [4] 角媛梅,肖笃宁.绿洲景观空间邻接特征与生态安全分析[J].应用生态学报,2004,15(1):31—35.
- [5] 贾宝全,慈龙骏,杨晓晖.人工绿洲潜在景观格局及其与现实格局的比较分析[J].应用生态学报,2000,11(6):912—916.
- [6] 潘竟虎,刘菊玲.黄河源区土地利用与景观格局变化[J].水土保持通报,2005,25(1):29—32.
- [7] 杨国靖,肖笃宁.中祁连山浅山区山地森林景观空间格局分析[J].应用生态学报,2004,15(2):269—272.
- [8] 丁圣彦,钱乐详,曹新向.伊洛河流域典型地区森林景观格局动态[J].地理学报,2003,58(3):354—362.
- [9] 郭晋平,阳含熙,薛俊杰.关帝山森林景观异质性及其动态的研究[J].应用生态学报,1999,10(2):167—171.
- [10] 万荣荣,杨桂山.太湖流域土地利用与景观格局演变研究[J].应用生态学报,2005,16(3):475—480.
- [11] 张明.榆林地区脆弱生态环境的景观格局与演化研究[J].地理研究,2000,19(1):30—36.
- [12] 张芸香,白晋华,郭晋平.基于景观格局定量分析的流域治理[J].山地学报,2005,23(1):80—88.

(下转第 98 页)

(1) 调查监测法。调查监测法是实际中最常用的监测方法。一般通过现场踏勘,采用目视观测、量测、试验等方法,掌握水土流失动态变化情况和水土保持措施的实施情况。调查监测法包括普查、抽样调查和典型调查,主要用于扰动面积、植被状况、弃土弃渣、水土保持措施实施情况的监测,植被状况的调查常采用样方法、线段法、网框法等。

(2) 地面观测法。地面观测法是到开发建设实地选择具有代表性的地段布设观测场地和观测设备,由监测人员定期或不定期到实地观测记录,获取监测结果。地面观测法主要用于大面积扰动土地的土壤侵蚀量的监测,包括径流场法、控制断面观测站法、桩钉法、体积量测法等。桩钉法、体积量测法,实施相对简单,实际工作中常用。

(3) 资料分析法。资料分析法是开发建设项目水土保持监测的基础方法,通过整理已有主体工程设计资料、水土保持方案设计资料以及搜集到的其它相关资料,采用分析、统计、计算的方法获取结果。资料分析法可用于水土流失背景值、水土流失范围、水土流失危害区域、水土保持措施分布及数量等的初步确定,但分析结果均需结合实地调查或地面观测进行验证,以实际测得的真实结果为准。另外,水土保持效益监测指标多是通过前期所获取的监测资料的分析,采用相应的公式计算获得。

(4) 遥感监测法。遥感监测法是新发展起来的监测方法,具有广域性、时效性和快速性等特点,高分辨率的遥感影像可用于植被状况、扰动土地、水土保持措施实施情况等动态监测,能快速解决各类面积数据的获取问题,并能实时地掌握水土保持措施实施及其保存情况^[4-5]。RS 技术在点面状工程水土保持监测中具有较好的应用可行性,但在线状工程监测中的

应用存在成本过高、前期处理工作量大等问题,有待于进一步研究。

监测方法应该对应到具体的监测指标上,以指导监测实践。

4 结论与建议

本文提出了开发建设项目水土保持监测指标体系及各监测指标的监测方法,是在正处于起步阶段的开发建设项目水土保持监测研究方面的一次初探。所构建的指标体系能较好地反映水土流失及水土保持措施的动态变化情况,评价水土保持效益,监测方法具有一定的可操作性与实用性。但是,鉴于开发建设项目类型多、水土流失时空变化大、形式复杂,其规律的掌握有较大的难度,建议尽快开展各类开发建设项目水土保持监测模式的研究,构建统一完善的开发建设项目水土保持监测指标体系,提出各指标更为实用、可行的监测技术手段,为指导实际监测工作,以全面、有效地防治开发建设项目水土流失提供理论和技术支持。

[参 考 文 献]

- [1] 王治国,李文银,蔡继清. 开发建设项目水土保持与传统水土保持比较[J]. 中国水土保持,1998(10):16—19.
 - [2] 许峰. 近年我国水土保持监测的主要理论与技术问题[J]. 水土保持研究,2004,11(2):19—21.
 - [3] 赵永军,姜德文,袁普金. 线状工程建设项目的水土保持监测——以西气东输项目为例. 水土保持研究,2005,12(6):71—74.
 - [4] 万彩兵,张歆. 西气东输支干线工程水土保持监测[J]. 人民长江,2005,36(1):42—43.
 - [5] 中华人民共和国水利部. 水土保持监测技术规程(SL277—2002)[S]. 2002.
-
- (上接第 94 页)
- [13] 傅伯杰,陈利顶,马克明. 景观生态学原理与应用[M]. 北京:科学出版社,2001. 1—14.
 - [14] 王胜. 景观结构特征数量化方法综述[J]. 河北林果研究,1999,14(2):126—132.
 - [15] 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(3):453—461.
 - [16] 徐建华,梅安新,吴健平. 20 世纪下半叶上海城市景观镶嵌结构演变的数量特征与分形结构模型研究[J]. 生态科学,2002,21(2):131—137.
 - [17] 张金屯,邱扬,郑凤英. 景观格局的数量研究方法[J]. 山地学报,2000,18(4):346—352.
 - [18] 宋博,马建华,秦艳培. 土地利用与土地覆被变化的分形分析——以郑汴间沙岗地为例[J]. 地域研究与开发,2004,23(3):106—108.
 - [19] 徐建华,艾南山,金炯. 西北干旱区景观要素镶嵌结构的分形研究[J]. 干旱区研究,2001,18(1):35—39.