

# 渝西方山丘陵农村社区生态安全动态分析

林孝松

(重庆交通大学 河海学院, 重庆 400074)

**摘要:** 以渝西方山丘陵农村社区张家沟小流域为研究区, 基于 RS 和 GIS 技术, 运用破碎度指数、分离度指数、优势度指数、干扰度指数、脆弱性指数和风险指数等景观生态学量化指标分析了该农村社区 1957, 1976, 1982, 1992 和 1998 年景观格局的演变规律; 同时, 根据生态风险与景观格局之间的联系, 建立了生态安全与景观格局之间的关系, 计算得出了研究区不同年份生态安全综合指数值。结果表明: (1) 1957 年以来, 研究区生态安全状况整体较好, 国家一系列生态建设工程对当地生态环境保护起到了积极作用, 但人类活动进一步加剧了生态环境的退化, 生态安全呈弱化趋势; (2) 随时间推移和经济发展, 研究区各景观指数发生了较为复杂的不均匀变化, 其变化的节律性与该区农业经济政策、人口增长和经济发展具有很好的对应性。

**关键词:** 生态安全; 土地利用/覆盖; 景观指数; 农村社区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)06-0203-05

中图分类号: Q 149

## Ecological Security in the Tabular Mountainous and Hilly Rural Area of Western Chongqing City

LIN Xiaosong

(College of River and Sea, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

**Abstract:** Landscape patterns in Zhangjia valley of the low tabular mountains and hills in Western Chongqing City are 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 the six types of irrigable land, dry land, orchard, woodland, village, and watershed by using remote sensing images. Secondly, depended on spatial analysis function of GIS, indexes of fragment, isolation, dominance, disturbance, fragility, and risk of each landscape in different periods are calculated. Thirdly, according to the causality of ecological risk and landscape pattern, the relation of ecological security to landscape pattern is build and index of integrated ecological security is calculated. Results showed that (1) from 1957, ecological security has been favorable in Zhangjia valley and a series of engineering for ecological construction have positive effects on environment. However, human activities aggravate natural degeneration step by step. (2) With the time elapsing and the economic development, the change of the landscape indexes in Zhangjiagou valley in different periods are complicated and anomalous. The rhythm of the changes is consistent with agricultural policies, population increase, and economic development.

**Keywords:** ecological security; land use/cover; landscape index; rural area

当前, 世界范围的生态环境问题越来越突出, 严重威胁着人类社会的可持续发展, 保障生态安全已经成为迫切的社会需求<sup>[1]</sup>。生态安全是近年来新提出的概念, 尽管它的出现频率越来越高, 其意义越来越被人们所认识<sup>[2]</sup>, 但是, 其确切含义却缺乏统一的认识, 未形成一个公认的定义, 其理解依然有一定的随意性。目前, 对生态安全及其内涵的理解有广义和

狭义两种<sup>[3-6]</sup>。综合来看, 生态安全是指自然生态环境能满足人类和群落的持续生存与发展需求, 而不损害自然生态环境的潜力。

区域生态安全研究尚处在发展阶段, 还没有形成系统的研究方法, 加强研究方法和技术手段的探索, 是区域生态安全研究发展的迫切要求, 也是区域生态安全评价研究不断深入的保障。目前, 比较常用的方

收稿日期: 2009-01-06

修回日期: 2009-05-04

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, 副教授, 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与研究工作。

E-mail: lxsgis@163.com.

法主要有综合指数法、生态承载力法和模型模拟法等<sup>[7-13]</sup>。近年来,景观分析方法逐渐成为区域生态安全研究的重要方法<sup>[14-16]</sup>。景观格局及其变化是自然和人为多种因素相互作用所产生的一定区域生态环境体系的综合反映。土地利用/覆盖格局及其变化既是各种干扰因素相互作用的结果,又影响着该区域的生态过程。土地利用/覆盖的组分结构特征是最易于保存的景观信息,因此,土地利用/覆盖景观格局的研究是揭示区域土地利用/覆盖以及生态状况和空间变异特征的有效手段,在缺乏生态监测资料的历史积累时,可以尝试利用土地利用/覆盖景观结构及其动态变化特征来揭示区域综合性生态影响的程度和分布范围。

本研究以渝西方山丘陵典型农村社区为研究对象,利用相关景观生态学量化指标分析该社区多年景观格局的演变规律,并根据生态风险与景观格局之间的联系,计算出研究区域不同年份的生态安全指数,为研究区域农业经济政策的制定和水土资源与生态环境的可持续发展提供基础,研究成果具有一定的理论价值和现实意义。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究区域与数据来源

1.1.1 研究区域 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,合川区大部及铜梁县的中部和北部,总面积 6 606.16 km<sup>2</sup>。该地区气候适宜,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,生产不稳定,严重制约了当地社会经济的可持续发展。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,幅员面积 14.69 km<sup>2</sup>。该流域是一个以种植业和养殖业为主的典型农村社区,其景观类型以农耕地和林地为主。

1.1.2 研究数据 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 年土地利用现状电子地图,1:10 000 地形图和行政区划图;1957,1976,1982,1992 和 1998 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 1957,1976,1982,1992 和 1998 年土地利用空间数据库和属性数据库的建设,得到相关年份土地利用现状矢量地图。

### 1.2 研究方法

在相关景观格局量化指标的基础上,选取其中几种指标对研究区土地利用/覆盖景观格局做出分析,构建景观干扰度指数和脆弱度指数,并通过景观与生态环境之间的经验关系,建立景观结构指数与区域生态安全之间的定量化表达。

1.2.1 景观破碎度指数 破碎度指数反映土地利用/覆盖格局被分割的破碎程度,对自然资源和生态环境的保护和利用具有一定意义。采用斑块密度指数来代表景观破碎度指数,其公式为:

$$C_i = \frac{N_i}{A_i} \quad (1)$$

式中:  $C_i$  ——土地利用/覆盖类型  $i$  破碎度指数;  $N_i$  ——土地利用/覆盖类型  $i$  的斑块数;  $A_i$  ——土地利用/覆盖类型  $i$  的面积。

1.2.2 景观分离度指数 景观分离度指数表征某一土地利用/覆盖景观类型不同斑块数个体分布的分离程度。其计算公式为:

$$S_i = \frac{\sqrt{N_i/A}}{2A_i/A} \quad (2)$$

式中:  $S_i$  ——土地利用/覆盖类型  $i$  的分离度指数;  $N_i$  ——第  $i$  种景观类型的斑块数;  $A$  ——景观总面积;  $A_i$  ——第  $i$  种景观类型的面积。

1.2.3 景观优势度指数 景观优势度指数反映斑块在景观中占有的地位及其对景观格局形成和变化的影响。其计算公式为:

$$D_i = \frac{R_{di} + P_i}{2} \quad (3)$$

式中:  $D_i$  ——土地利用/覆盖类型  $i$  的优势度指数;  $R_{di}$  ——土地利用/覆盖类型  $i$  的相对密度,且  $R_{di} = N_i/TN$ ,  $TN$  ——各土地利用/覆盖类型的斑块总数;  $P_i$  ——土地利用/覆盖类型  $i$  的面积比例。

1.2.4 景观干扰度指数 景观干扰度指数可用下式表示:

$$I_i = aC_i + bS_i + cD_i \quad (4)$$

式中:  $I_i$  ——土地利用/覆盖景观类型  $i$  的干扰度指数;  $C_i$ ,  $S_i$ ,  $D_i$  ——分别为土地利用/覆盖景观类型  $i$  的破碎度、分离度和优势度;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  ——各指标对应的权重,且  $a + b + c = 1$ 。对于 3 个指标的权重  $a$ ,  $b$  和  $c$ ;在借鉴已有研究成果及咨询相关专家的基础上,结合研究区域实际情况分别赋值为 0.5, 0.3 和 0.2。

1.2.5 景观脆弱性指数 由于人类活动是研究区生

态系统的主要干扰因素之一,而土地利用程度不仅反映了土地利用中土地本身的自然属性,而且反映了人为因素与自然因素的综合效应。将土地利用/覆盖类型与景观脆弱性相关联,在参考相关研究以及研究区实际特征确定研究区 6 种土地利用/覆盖类型的脆弱性指数分别为旱地- 6,水域- 5,园地- 4,水田- 3,林地- 2,居民地- 1。为了与其它指数一致,对其进行归一化处理,最终得到标准化的景观脆弱性指数(表 1)。

表 1 各种景观类型的脆弱性指数  $F_i$

类型	旱地	水域	园地	水田	林地	居民地
$F_i$	0.285 7	0.238 1	0.190 5	0.142 9	0.095 2	0.047 6

1.2.6 景观风险指数 景观风险指数  $H_i$  表示在遭遇干扰或自然条件改变时,各土地利用/覆盖景观类型所受到生态损失的差别,也即其自然属性损失的程 度,是某一景观类型干扰度指数和脆弱性指数的综合,用式(5)表示:

$$H_i = I_i \times F_i \quad (5)$$

表 2 不同年份各种景观类型的破碎度

景观类型	1957 年	1976 年	1982 年	1992 年	1998 年
水田	15.963 3	7.455 5	7.325 9	29.917 5	36.294 6
旱地	8.197 4	3.717 3	11.890 3	174.545 1	178.446 2
园地	—	—	—	168.164 9	173.164 1
林地	50.645 5	94.113 6	165.576 3	72.518 3	65.773 3
居民地	2 160.848 2	1 134.514 4	1 441.434 7	2 063.473 7	2 076.222 1
水域	299.294 6	356.594 5	78.218 6	79.152 6	82.168 9

由表 2 可以看出,在 1957—1976 年时段,景观破碎度除林地和水域上升外,其他景观类型破碎度均下降。在 1977—1998 年时段,景观破碎度除林地为先上升后下降外,其它类型均为上升。这种变化趋势与相应时段的历史背景和国家经济政策有关,1957—1976 年期间,由于先后经历了“大跃进”、“人民公社”、“大炼钢铁”和“文化大革命”等事件,同时采用“以粮为纲”作为农业发展的方针,因此森林受到极大的破坏,林地急剧减少,面积比例由 1957 年的 27.55% 下降为 1976 年的 14.76%。同时,在此期间的水利建设和森林的破坏使水田和旱地面积均存在不同程度的增长。

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

1.2.7 生态安全综合指数 为建立景观结构与区域综合生态环境状况之间的联系,利用景观组分的面积比重,根据生态风险与景观格局之间的经验关系,确定生态安全与景观格局之间的关系,描述研究区综合生态安全的相对大小,将景观空间结构转化为生态环境变量。计算方法为:

$$ES = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{A} (1 - H_i) \quad (6)$$

式中:  $ES$  ——研究区生态安全综合指数;  $n$  ——研究区土地利用/覆盖类型总数;  $A_i$  ——研究区土地利用/覆盖景观类型  $i$  的面积;  $A$  ——研究区总面积。

## 2 结果及分析

### 2.1 景观指数特征及其变化

为揭示研究区相关景观指数的特征及其演变规律,笔者运用公式(1) —(5) 分别计算得到研究区 1957, 1976, 1982, 1992 和 1998 年不同时期各景观类型的破碎度、分离度、优势度、干扰度和风险指数(详见表 2—6)。

布越分散。从表 3 可看出,在各类型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,恰恰反映了研究区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。

表 3 不同年份各种景观类型的分离度

景观类型	1957 年	1976 年	1982 年	1992 年	1998 年
水田	0.391 7	0.234 9	0.214 1	0.380 5	0.427 3
旱地	0.213 8	0.137 1	0.250 1	1.435 5	1.543 3
园地	—	—	—	3.580 7	3.557 8
林地	0.677 9	1.262 8	2.221 6	0.963 6	0.831 1
居民地	25.730 9	14.398 7	16.873 6	16.985 6	17.106 3
水域	9.836 5	11.719 7	2.609 4	2.769 4	2.828 1

表 4 不同年份各种景观的优势度

景观类型	1957 年	1976 年	1982 年	1992 年	1998 年
水田	0.179 8	0.203 8	0.234 0	0.327 8	0.329 1
旱地	0.268 3	0.272 7	0.303 7	0.272 3	0.242 9
园地	—	—	—	0.041 2	0.043 5
林地	0.305 0	0.266 2	0.204 4	0.161 4	0.188 9
居民地	0.215 3	0.221 9	0.219 7	0.175 1	0.173 3
水域	0.031 6	0.035 3	0.040 6	0.022 1	0.022 3

由表 4 可看出在研究时间序列中各种景观类型对景观格局形成和变化的影响。在 1957 年,主要是林地和旱地起支配地位,但经过特殊的历史事件之后,到 1976 年,对景观结构起支配作用的类型增加为水田、旱地、林地和居民地等。到 1998 年演变为水田和旱地对景观结构起绝对的支配地位。

表 5 不同年份各种景观类型的干扰度

景观类型	1957 年	1976 年	1982 年	1992 年	1998 年
水田	0.604 2	0.391 5	0.393 4	0.878 5	1.000 0
旱地	0.241 2	0.216 7	0.281 9	0.947 4	0.960 0
园地	—	—	—	0.975 0	0.998 1
林地	0.444 5	0.629 3	0.934 0	0.454 9	0.434 7
居民地	0.994 1	0.630 4	0.728 3	0.833 3	0.836 1
水域	0.827 1	0.973 9	0.376 5	0.290 7	0.297 5

由表 5 可看出不同年份各景观类型受到人类开发活动干扰程度的时序演变。从水田、旱地和园地等类型来看,随着时间的延续,人类对它们的干扰程度不断加剧。

表 6 不同年份各种景观的风险指数

景观类型	1957 年	1976 年	1982 年	1992 年	1998 年
水田	0.086 3	0.055 9	0.056 2	0.125 5	0.142 9
旱地	0.068 9	0.061 9	0.080 5	0.270 7	0.274 3
园地	—	—	—	0.185 7	0.190 1
林地	0.042 3	0.059 9	0.088 9	0.043 3	0.041 4
居民地	0.047 3	0.030 0	0.034 7	0.039 7	0.039 8
水域	0.196 9	0.231 9	0.089 6	0.069 2	0.070 8

由表 6 可看出各景观类型在遭遇干扰时,各景观类型受到生态损失的差异。从水田、旱地和园地风险指数的演变来看,它们在受到人类活动的干扰后,生态损失不断加大。但相反,从林地风险指数变化来看,1957—1982 年,风险指数不断加大,而 1983—1998 年风险指数不断下降。这主要是由于 1984—

1988 年研究区开展了以退耕还林、荒坡造林和疏林补植为主的水土保持工程,1989—1993 年研究区纳入“长治”一期小流域重点治理工程,开展了以坡改梯为重点的综合治理,使景观结构发生了巨大变化,森林面积得到较大的增加。

## 2.2 生态安全动态变化

在前面研究的基础上利用公式(6)计算得到研究区不同年份的综合生态安全指数值(图 1)。

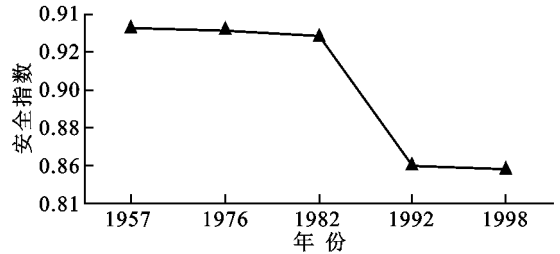


图 1 不同年份研究区生态安全指数

由图 1 可看出研究区综合生态安全指数值在 0.85 以上,研究区生态安全整体较好,但生态安全指数随时间的变化不断降低,其中 1957—1982 和 1992—1998 时段下降速度较慢,而 1982—1992 时段下降速度较快。1957—1982 年,由于先后经历了“大跃进”、“人民公社”、“大炼钢铁”和“文化大革命”等事件,林地破坏严重,但采用“以粮为纲”的农业发展方针使农田水利建设得到加强,同时人口数增长不多,生产活动对生态环境的影响较小;1982—1992 年,随着社会经济的快速发展和人口的快速增多,研究区生态环境呈急剧恶化趋势,由此国家采取措施在研究区开展了一系列的水土保持工程,但治理效果有一定的滞后性。1992—1998 年,生态安全指数下降的速度减缓,前期治理工程的效果在此时段显示出来。研究区生态安全指数变化特点一方面可表明研究区生态环境处于较安全的状态,自然因子本身对安全状态没有较大的扰动;另一方面也可体现国家一系列的生态建设工程对当地生态环境保护和经济建设起到了积极作用,所采取的综合治理有一定的实效,但生态安全仍然显示出逐步弱化的趋势。

## 3 结论

(1) 1957 年以来,张家沟小流域生态安全整体较好,自然因子本身对安全状态没有较大的扰动,但人类活动对自然状态的退化起加强作用,虽然国家一系列的生态建设工程对当地生态环境保护和经济建设起到了较好的积极作用,但生态安全显示出弱化的趋势。

(2) 景观指数表明,在典型农村社区各类景观演

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, 分离度的变化与景观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社区的农业经济政策、人口的增长与经济节律十分吻合。这充分说明经济的发展尤其是农业经济政策对于农村社区景观格局的演变以及生态安全的变化起着关键性的作用。

(3) 应用 RS 和 GIS 技术, 借助景观生态学的研究方法, 探讨区域景观格局的演变, 是揭示土地利用/覆盖以及生态状况和空间变异特征的有效手段, 在缺乏生态监测资料的历史积累时, 可利用土地利用/覆盖景观结构及其动态变化特征来揭示区域综合性生态影响的程度和分布范围。从而制定相应的政策, 促进农村社区水土资源和生态环境的可持续发展。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念与研究方法[ J ]. 应用生态学报, 2002, 13(3): 354-358.
- [ 2 ] 陈星, 周成虎. 生态安全: 国内外研究综述[ J ]. 地理科学进展, 2005, 24(6): 8-20.
- [ 3 ] 王根绪, 程国栋, 钱鞠. 生态安全评价研究中的若干问题[ J ]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1551-1556.
- [ 4 ] Norton S B, Rodier D J, Gentile J H, et al. A framework for ecological risk assessment at the EPA [ J ]. Environ Toxicol Chem, 1992, 11: 1663-1672.
- [ 5 ] Costanza R, Norton B G, Haskell B D. Ecosystem health: New goal for environmental management [ M ]. Washington D C: Island Press, 1992.
- [ 6 ] Dobson, Andy P. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation ecology[ J ]. Science, 1997, 277: 515-524.
- [ 7 ] 张兵, 金凤君, 胡德勇. 甘肃中部地区生态安全评价[ J ]. 自然灾害学报, 2007, 16(5): 9-15.
- [ 8 ] 韦仕川, 吴次芳, 杨杨, 等. 基于 RS 和 GIS 的黄河三角洲土地利用变化及生态安全研究[ J ]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 185-189.
- [ 9 ] 王志强, 于磊, 张柏, 等. 吉林省西部土地利用变化及其农业生态安全响应[ J ]. 资源科学, 2006, 28(4): 58-64.
- [ 10 ] 王耕, 王伟. 区域生态安全演变机制与过程分析[ J ]. 中国安全科学学报, 2007, 17(1): 16-21.
- [ 11 ] 李翔, 许兆义, 孟伟. 城市生态承载力研究[ J ]. 中国安全科学学报, 2005, 15(2): 3-7.
- [ 12 ] 吴开亚, 何琼, 孙世群. 区域生态安全评价的主成分投影评价模型及应用[ J ]. 中国管理科学, 2004, 12(1): 106-109.
- [ 13 ] 陈星. 区域生态安全空间格局评价模型的研究[ J ]. 北京林业大学学报, 2008, 30(1): 21-28.
- [ 14 ] 陈鹏, 潘晓玲. 干旱区内陆河流域区域景观生态风险分析[ J ]. 生态学杂志, 2003, 22(4): 116-120.
- [ 15 ] Tobias P, Fernando J P, Harald S. Effects of land use and landscape structure on holm oak recruitment and regeneration at farm level in *Quercus ilex* L. dehesas [ J ]. Journal of Arid Environments, 2004, 57: 344-364.
- [ 16 ] 李晓燕, 张树文. 基于景观结构的吉林西部生态安全动态分析[ J ]. 干旱区研究, 2005, 22(1): 57-62.
- [ 15 ] 刘彦随. 保障我国土地资源安全的若干战略思考[ J ]. 中国科学院院刊, 2006, 21(5): 379-384.
- [ 16 ] 明寰. 生态安全: 国家安全的重要基石[ J ]. 福建环境, 2002, 19(2): 1.
- [ 17 ] 林彰平. 东北农牧交错带土地利用变化的生态环境效应分析: 以镇赉县为例[ J ]. 松辽学刊: 自然科学版, 2001(1): 1-5.
- [ 18 ] 任志远, 黄青, 李晶. 陕西省生态安全及空间差异定量分析[ J ]. 地理学报, 2005, 60(4): 597-606.
- [ 19 ] 张艳芳, 任志远. 陕南秦巴山地农业景观空间格局与动态研究[ J ]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2000, 28(4): 115-119.
- [ 20 ] 王明全, 王金达, 刘景双. 城市生态安全评价研究: 以长春市为例[ J ]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(3): 72-76.
- [ 21 ] 国家统计局国民经济综合统计司. 中国区域经济统计年鉴 2006[ M ]. 北京: 中国统计出版社, 2007.
- [ 22 ] 陕西省统计局. 陕西省统计年鉴 2006[ M ]. 北京: 中国统计出版社, 2006.
- [ 23 ] 徐建华. 计量地理学[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 95-98.

(上接第 202 页)