

基于 3S 技术的三峡库区不同高程带景观格局研究 ——以巫山县为例

邵怀勇^{1,2}, 仙巍^{1,2}, 周万村¹

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 在 3S 技术的支持下, 采用景观面积比、分维数、多样性指数、斑块平均面积、破碎度等景观格局指数分析了三峡库区内巫山县不同高程带的景观格局。结果表明, 不同景观要素在同一高程带内的格局特征不同。通过对不同高程带景观格局的综合分析可知, 随高程的增加, 景观多样性指数逐渐减小, 分别为 1.332, 1.242, 1.203, 1.061, 0.837; 景观斑块的分维数依次是 1.239, 1.189, 1.176, 1.173, 1.208; 斑块平均面积分别为 64.93, 35.29, 39.65, 59.40, 101.03 hm², 呈现出两头大中间小的状态。

关键词: 3S; 高程带; 景观格局; 景观指标; 三峡库区; 巫山县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)03-0054-04

中图分类号: X171.1; S181

Landscape Pattern at Different Elevations Above Sea Level in Three Gorges Area Using 3S — A Case Study in Wushan County

SHAO Huaiyong^{1,2}, XIAN Wei^{1,2}, ZHOU Wancun¹

(1. Chengdu Institute of Mountain Disaster and Environment, CAS, Chengdu 610041, Sichuan Province, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Supported by GIS, landscape pattern at different elevations above sea level in the Three Gorges area is determined from the proportion of land area at specified elevations compared with total landscape area, the fractal dimension of landscape patches, the landscape diversity index, the mean patch area and the landscape fragment index. A key conclusion is that the landscape pattern of similar landscape components varies at the same elevation; Results from the broad scale pattern of landscape characteristics at different elevations are as follows: landscape diversity decreases (1.332, 1.242, 1.203, 1.061, and 0.837) with the increasing of elevation; the fractal dimension varies (1.239, 1.189, 1.176, 1.173 and 1.208) with the increasing of elevation; and the mean patch area varies (64.93, 35.29, 39.65, 59.4, 101.03 hm²) with the increasing of elevation.

Keywords: 3S; elevation about sea level; landscape pattern; landscape index; the Three Gorges area; Wushan County

景观格局与生态过程的相互作用是景观生态学研究的核心内容。景观格局分析是探讨景观格局和生态过程相互关系的基础。景观斑块的形状、面积、数量和空间组合与景观中的物种分布、水土流失等生态过程密切相关^[1-2]。目前, 用定量的方法评价景观空间格局已成为景观生态学的热点之一^[3-6]。3S 技术是景观生态学研究的重要技术工具^[7]。

三峡库区地处中西部的结合带上, 区内地形起伏高差大, 低山以上的山地约占库区总面积的 74%, 平原、坝地仅占总面积的 4.3%。库区人地矛盾突出, 生态环境脆弱。突出表现为陡坡垦殖, 植被破坏, 水土流失严重, 陷入资源过度利用、生态环境破坏、经济

生产落后的恶性循环。三峡工程的兴建给库区生态环境带来了新的影响, 百万移民的安置和自身经济发展也将对环境造成更大的压力。由于耕地淹没损失、经济建设、移民安置用地和人口的增长, 到 2020 年, 库区近 2/3 的县(区)人均耕地将不足 0.03 hm²^[8]。故选择三峡库区进行景观格局研究, 揭示目前各景观组分在各高程带中的地位与作用, 对库区生态环境恢复和自然资源的合理利用具有积极作用和现实意义。

1 研究区域

三峡库区地理位置为北纬 29°16′—31°25′, 东经 106°50′—110°51′ 范围内, 即长江上游下段, 总面积约

收稿日期: 2004-06-22

资助项目: 中国科学院知识创新方向性项目“长江上游地表覆被变化及信息系统”(KZCXZ-SW-319); 科技部国际合作重点项目“中国西部开发的生态研究综合评价”(2001DFDF0004)

作者简介: 邵怀勇(1978—), 男(汉族), 山东泰安人, 硕士, 主要从事遥感与地理信息系统技术集成与应用研究。电话: 13540609196, E-mail: sdhuaiyong@126.com。

$6.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 属中亚热带湿润季风气候, 年平均气温 $15^\circ\text{C} \sim 19^\circ\text{C}$ 。植被类型丰富多样, 但因垦殖历史长, 农耕区原生植被少而不完整, 多为人工植被; 林区虽然原生植被较多, 也因近些年过量采伐而种类和面积都迅速减少, 造成部分地区水土流失相当严重。

在库区内我们选择了具有代表性的巫山县作为实验区。巫山县位于三峡库区的腹心地带, 海拔 $260 \sim 3200 \text{ m}$, 面积为 $2.98 \times 10^5 \text{ km}^2$, 是长江三峡库区的腹心地带和三峡水库重点淹没区之一。

巫山县境内喀斯特地貌分布广泛, 地表破碎, 高差悬殊, 是典型的生态环境脆弱区^[9]。巫山县开发历史悠久, 自然景观和人文景观极为丰富。土地作为人类开发利用最早的资源之一, 在该区形成了多种多样的利用方式。因此, 选择巫山县作为三峡库区的实验区, 代表性强。

2 研究方法

2.1 高程分级依据和划分^[10]

高程的分级建立在高程与农、林、牧、副、渔 5 业生产的关系基础之上, 以及能体现三峡库区区域地形特征, 又能符合经济规律和自然规律为依据。三峡库区内, 高程 800 m 以下一般为农业区, 耕地大多集中在这个区的河谷阶地、低丘、岩溶槽谷和洼地中。 $800 \sim 1600 \text{ m}$ 为农林交错区, 1600 m 以上为林区。本研究将高程分为 5 级: < 800 , $800 \sim 1200$, $1200 \sim 1600$, $1600 \sim 2000$ 和 $> 2000 \text{ m}$ 。

2.2 数据获取

所用的数据包括巫山县 2000 年的 TM 图像、1:25 万地形图数字数据以及各种专题图和图片等。

从地形图数字数据中提取等高线, 获取高程信息。其步骤如下:

(1) 用 ARCTIN 命令将等高线 coverage 生成 TIN。

(2) 用 TINLATTICE 命令将 TIN 转换成 $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ 的栅格数据。

(3) 用 LATTICEPOLY 命令将栅格数据转换成不同高程带的 coverage(图 1)。

各高程带土地利用数字数据的获取采用了 2000 年巫山县的 TM 图像, 步骤为:

(1) 对 TM 图像进行目视判读, 在 GIS 软件 MGE 下数字化得到 DGN 数据。

(2) 在 ARC/INFO 系统软件下用 DXFARC 命令将 DGN 数据转换成 coverage, 经过编辑生成该流域具有拓扑关系的土地利用 coverage, 生成 1:10 万土地利用图。

将高程带 coverage 和土地利用 coverage 配准到同一空间坐标系下, 用 UNION 命令叠加, 提取不同高程带的土地利用信息。

2.3 景观格局指数^[3-6]

根据研究区的景观特征, 选用下列景观格局指数研究该流域不同高程带的景观格局。

(1) 景观面积比。利用景观面积比可以得到各景观要素在不同高程带的分布状况。计算公式为:

$$L_i = (S_i/S) \times 100\%$$

式中: L_i —— 景观 i 在某高程带的面积比; S_i —— 景观 i 在某高程带的面积; S —— 某高程带的景观总面积。

(2) 分维数。分维数的大小代表了该景观要素镶嵌结构的复杂性。分维值介于 1 和 2 之间, 其值越大, 则表示景观形状愈复杂; 其计算公式为:

$$\ln A(r) = (2/F) \ln N(r) + C$$

式中: $A(r)$ —— 以 r 为量测尺度的斑块面积; $N(r)$ —— 斑块周长; C —— 常数; F —— 分维数, 为斜率除 2。

(3) 景观多样性指数。根据信息论原理, 景观多样性指数的大小反映景观要素的多少和各景观要素所占比例的变化。当景观由单一要素构成时, 景观是均质的, 其多样性指数为 0; 有 2 个以上的要素构成的景观, 当各景观要素所占比例相等时, 其景观的多样性最大; 各景观类型所占比例差异增大, 则景观的多样性下降。其计算公式为:

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)$$

式中: H —— 多样性指数; P_i —— 景观要素 i 所占面积的比例; m —— 景观要素的数量。

(4) 景观破碎度。用来测度景观的支离破碎程度, 其计算公式为:

$$FN = N_p/A(r)$$

式中: N_p —— 斑块总数; $A(r)$ —— 景观总面积。

(5) 斑块平均面积。它较好的表示景观斑块的大小, 计算公式为:

$$PA = S/A$$

式中: A —— 景观要素的斑块数; S —— 景观要素的面积。

3 计算结果与分析

3.1 水平各景观要素的空间分布特征

受各种自然和社会因素的影响, 各种景观要素在不同高程带的景观格局指数不同(表 1), 下面对各高程带的景观格局进行分析。

表 1 各高程带不同景观要素的景观格局指标及结果

高程带/m	景观类型	面积比/%	分维数	破碎度	平均斑块面积/hm ²	斑块数/个
< 800	森林	1.88	1.119	0.025	40.28	57
	灌木林	32.96	1.238	0.011	94.12	427
	疏林	1.07	1.315	0.028	35.35	37
	草地	24.85	1.271	0.013	78.92	384
	水体	2.53	1.570	0.007	146.74	21
	建设用地	0.55	1.251	0.030	33.50	20
	耕地	36.06	1.225	0.021	47.59	924
800~1 200	森林	8.78	1.196	0.024	42.33	162
	灌木林	49.51	1.206	0.014	72.81	531
	疏林	1.21	1.137	0.047	21.06	45
	草地	12.94	1.181	0.027	37.01	273
	水体	0.04	—	—	9.28	3
	建设用地	0.05	1.177	0.141	7.08	6
	耕地	27.43	1.182	0.056	17.99	1191
1 200~1 600	森林	19.65	1.190	0.012	86.20	143
	灌木林	54.88	1.203	0.009	117.50	293
	疏林	1.37	1.141	0.024	40.92	21
	草地	7.72	1.181	0.021	47.48	102
	水体	0.01	—	—	2.96	2
	建设用地	0.00	—	—	1.24	2
	耕地	16.36	1.152	0.099	10.07	1019
1 600~2 000	森林	43.40	1.242	0.003	287.38	41
	灌木林	44.68	1.183	0.007	141.03	86
	疏林	0.01	—	—	1.44	1
	草地	5.55	1.124	0.035	28.43	53
	水体	0.00	—	—	—	—
	建设用地	0.04	—	—	12.06	1
	耕地	6.32	1.125	0.160	6.26	274
> 2 000	森林	68.97	1.301	0.004	230.26	23
	灌木林	4.66	1.030	0.053	18.82	19
	疏林	2.55	—	—	195.62	1
	草地	23.79	1.241	0.016	62.98	29
	水体	—	—	—	—	—
	建设用地	0.01	—	—	0.51	1
	耕地	0.03	—	—	0.77	3

注:表中画“—”表示景观要素的面积太小或者斑块个数太少无法计算。

(1) 低于 800 m 高程带¹ 面积最大的 3 种景观依次是耕地(36.06%)、灌木林(32.96%)、草地(24.85%)。其它景观的面积比很小,介于 2.53% 和 0.55% 之间。之所以耕地的面积最大是由于该高程带上人类活动强烈,土地利用强度高。④分维数的结果是:水体>疏林>草地>建设用地>灌木林>耕地>森林,随分维数的减小,景观斑块的形状越规则。

由于水体中包括河流、湖泊、水库等类型,形状差别大,所以水体的分维数最大,斑块形态最复杂。建设用地和耕地在人类活动的干预下,分维数较小,斑块形状较规则。④景观破碎度为:建设用地(0.030)>疏林(0.028)>森林(0.025)>耕地(0.021)>草地(0.013)>灌木林(0.011)>水体(0.007)。该高程带上造成建设用地破碎度最大的原因是:一方面巫山县的平地较少,不可能形成很大的居民点,另一方面人口的自然增长、移民的迁入又需要增加居民点的数量,所以居民点的面积不大而斑块数较多。疏林的面积在该高程带仅占 1.07%,这些疏林地一般是当地群众砍伐造成的,斑块数较多,破碎度大。

(2) 800~1 200 m 高程带¹ 由各景观要素的面积比可知,灌木林是该高程带上面积最大的景观类型,几乎占了该高程带总面积的 1/2(49.51%)。耕地、草地、森林的分布也较广,面积比分别为 27.43%, 12.94%, 8.78%。疏林的面积比为 1.21%,分布较少。建设用地、水体仅有零星分布。④各景观要素的分维数介于 1.206~1.137 之间。整体上分维数较小,形状较规则。④建设用地的破碎度为 0.141,其它景观的破碎度都小于 0.05。由于该高程带的居民向低海拔、生活条件较好的地区迁移,以至于居民点斑块的面积逐渐减小,但斑块数变化不大,所以建设用地的破碎度大。虽然灌木林是该高程带上面积最大的景观类型,但破碎度最小,由此可见灌木林是大片分布的。

(3) 1 200~1 600 m 高程带¹ 从景观要素的面积比来看,灌木林在该高程带上的比例超过了 1/2,为 54.88%。森林的面积超过了耕地,两者的面积比分别为 19.65% 和 16.36%。草地占该高程带总面积的 7.72%,水体和建设用地仅有零星分布。④该高程带上各景观要素的分维数介于 1.203 和 1.141 之间,景观斑块形状较规则。④耕地的破碎度最大,为 0.099,灌木林和森林的最小,分别为 0.009 和 0.012。疏林和草地的破碎度分别为 0.024 和 0.021。在巫山县,坡度表现出随高程增加而变大的规律,因此在该高程带上由于坡陡,耕地斑块面积较小,但斑块个数多,使得耕地的破碎度大。由此可见,虽然该高程带上山高坡陡,宜农地不多,但当地群众仍然开发了很多耕地。灌木林和森林的破碎度很小,说明这两种景观是大片分布的。

(4) 1 600~2 000 m 高程带¹ 灌木林和森林成为该高程带上面积最大的 2 种景观,面积比分别为 44.68% 和 43.40%;耕地和草地面积比分别为 6.32%, 5.55%;疏林、建设用地和水体分布很少。该

高程带是以林地为主的高程带。④分维数由大到小依次为: 森林(1.242) > 灌木林(1.183) > 耕地(1.125) > 草地(1.124); 景观要素的分维数较小且各景观要素之间的分维数差别也不大。④森林和灌木林的破碎度很小, 分别为0.003和0.007, 这2种景观要素的面积大, 斑块数少, 使得它们的破碎度小。耕地的破碎度(0.156)仍然最大。

(5) > 2 000 m 高程带 ① 森林的面积比为68.97%, 占了该高程带总面积的1/3还要多; 草地的分布也较广, 面积比为23.79%; 灌木林和疏林的分布较少, 面积比分别为4.66%, 2.55%。水体、建设用地、耕地的分布极少, 该高程带上林草资源丰富。由此可见, 人类活动在该高程带景观格局的形成中所起的作用已经不很明显。④森林、草地和灌木林的分维数分别是1.301, 1.241和1.030, 森林的分维数比较大, 形状也比较复杂。④森林破碎度(0.005)最小, 虽然它的面积在该高程带上占了绝对优势, 但是斑块面积很大, 因此破碎度很小。草地和灌木林的破碎度分别为0.016, 0.053。

3.2 不同高程带的景观格局综合分析

随高程的增加, 人类活动的强度逐渐减弱, 气候条件发生变化, 土地利用方式也随之改变, 不同高程带的景观格局也会不同。下面从多样性指数、分维数、平均斑块面积进行分析(表2)。

表2 不同高程带的综合景观格局指数

海拔/m	分维数	多样性指数	平均斑块面积/hm ²
< 800	1.239	1.332	64.93
800~1200	1.189	1.242	35.29
1200~1600	1.176	1.203	39.65
1600~2000	1.173	1.061	59.40
> 2000	1.208	0.837	101.03

随高程的增加, 景观的多样性指数减小, 在巫山县境内, < 800 m 的高程带上平地较多, 较其它高程带适合人类居住, 人类的活动强度最大, 景观类型最多; 随着海拔的增加, 由于垂直地带性的影响和人类活动的减弱, 景观的类型逐渐减少, 各种景观要素之间的分布差距变大。

在< 800 m 的高程带上, 是人类活动最强烈的高程带, 各种景观交错分布, 该高程带景观要素斑块形状最为复杂。当高程低于2 000 m 时, 随高程的增加, 各高程带的景观分维数逐渐减小。> 2 000 m 高程带上的景观分维数居第二位, 斑块形状较复杂, 这是因为, 该高程带上各景观的分布很不均匀, 各景观斑块的平均面积大小不一。

在> 2 000 m 高程带上, 景观平均斑块面积最大, 因为在该带分布着大量森林, 且呈大片分布, 使得本带景观平均斑块面积最大。而在800~1 200 m 和1 200~1 600 m 高程带上景观的平均斑块面积最小, 造成这种状况的原因是在这两个高程带上耕地的斑块数量很多, 但由于坡度的原因, 耕地景观不可能有大的斑块。在< 800 m 高程带上, 斑块平均面积较大, 是因为平坝、平缓土地在该高程带分布最为集中。

4 结 论

(1) 不同景观类型在同一高程带的景观格局不同。随高程的增加, 面积最大的3种景观在各高程带中依次是耕地、灌木林、草地 → 灌木林、耕地、草地 → 灌木林、森林、耕地 → 灌木林、森林、耕地 → 森林、草地、灌木林。

(2) 通过对不同高程带景观格局的综合分析可知, 随高程的增加, 景观的多样性指数减小; 景观的平均斑块分维数依次是1.239, 1.189, 1.176, 1.173, 1.208; 景观平均斑块面积依次为64.93, 35.29, 39.65, 59.40, 101.03 hm²。

(3) 利用RS和GPS技术快速提取区域土地利用信息, 运用GIS技术把区域划分为不同高程带, 提取不同高程带的土地利用信息进行景观格局的研究是可行的。

[参 考 文 献]

- [1] Forman R T T. Land Mosaics: the Ecology of Landscape and Regions [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 36.
- [2] Forman R T T, Gordon M. Landscape Ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1986. 18—20.
- [3] 宇振荣, 谷卫彬, 胡敦孝. 江汉平原农业景观格局及生物多样性研究[J]. 资源科学, 2000, 22(2): 19—23.
- [4] 张世熔, 等. 川西丘陵区景观空间格局分析[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 380—386.
- [5] 包慧娟, 等. 科尔沁沙地景观格局变化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(2): 83—88.
- [6] 徐天蜀, 彭世揆, 岳彩荣. 山地流域治理的景观生态规划[J]. 水土保持通报, 2002, 22(2): 52—54.
- [7] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 100—104.
- [8] 陈国阶, 陈治谏. 三峡工程对生态与环境影响的综合评价[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 115—154.
- [9] 蔡运龙. 中国西南喀斯特山区的生态重建与农林牧业发展: 研究现状与趋势[J]. 资源科学, 1999, 21(5): 37—41.
- [10] 周万村. 三峡库区土地自然坡度和高程对经济发展的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2001, 10(1): 15—21.