

A Quantitative Analysis of Land Use Landscape Pattern in Little Catchment Based on Remote Sensing & GIS

LU Zheng, XU Huixi, XUE Wanrong

Institute of Engineering Surveying, Sichuan College of Architectural Technology, Deyang, China

e-mail: scxhx_2001@yahoo.com.cn

Abstract: Map of land use landscape in the Guansi River Catchment was obtained based on RS and GIS. At level of patch type and landscape, seven landscape pattern index were selected from the software of *Fragstats* 3.3 respectively. Main research conclusions were drawn from calculation results of landscape pattern index. In this catchment, landscape diversity is high, and landscape type is abundant, but evenness is little low. Landscape has been completely smashed in this catchment, and severely disturbed by human. The landscape is less stable. The area of arable land accounts for 50.88% of catchment area, and that of woodland accounts for 37.437%. They are the main landscape types in this catchment. The area of water accounts for 6.865%. In this catchment, the number of residential area patch is the largest, and it is 659. In these catchments, water resource is abundant, and produce irrigation condition is superior, moreover co-environment quality is better, so that the population is dense, and planting degree is high. Human carried out larger intensity of production on the land resources.

Keywords: remote sensing; geographic information system; land use landscape; landscape ecology

基于遥感与 GIS 技术的小流域土地利用景观格局定量分析

卢正, 许辉熙, 薛万蓉

四川建筑职业技术学院. 测量工程研究所, 德阳, 中国, 618000

e-mail: scxhx_2001@yahoo.com.cn

【摘要】基于遥感和 GIS 技术, 获取了官司河流域的土地利用景观类型图。从 *Fragstats* 3.3 软件中, 在斑块类型和景观水平上选择景观指数各 7 个进行计算。根据景观指数计算结果分析, 得到以下主要结论: 流域内景观多样性程度较高, 景观类型丰富但均匀度较低。流域景观已经完全破碎化, 受到人类干扰程度严重, 景观稳定性较差。耕地面积占流域面积的 50.88%, 林地面积占 37.437%, 它们是流域景观类型的主体, 而水域面积占流域面积的 6.865%。流域中, 农村宅基地斑块数最多, 达到 659 块。由于流域水资源丰富, 生产灌溉条件优越, 加之流域生态环境质量较好, 故该流域人口密集、种植程度高, 人类在土地资源上进行的生产活动强度较大。

【关键词】遥感; GIS; 土地利用; 景观生态学

1 引言

流域是一条河流的集水区域, 它具有完整的自然生态系统^[1]。流域土地利用景观格局通常是指土地利用类型的景观空间结构特征。景观格局既是景观异质性的具体体现, 同时又是人类活动结果与各种生态过程在不同尺度上作用的最终结果^[2]。景观格局分析的目的在于从似乎无序的景观中, 发现潜在的、有意义的秩

序和规律^[3], 它是景观生态学研究的基本内容, 是进一步研究景观功能与动态的基础。本文以绵阳市官司河流域为研究区, 基于景观生态学基本原理, 用景观格局指数定量分析该流域土地利用景观格局, 以期为流域土地合理利用和结构调整、景观时空格局的优化配置提供理论基础和科学依据。

2 研究区概况

官司河流域位于四川省绵阳市新桥镇内, 处于龙门山前缘向盆地的过渡地带, 属浅-深切切割的丘陵地貌,

资助项目: 林业科技支撑计划“长江上游防护林体系空间配置与结构优化技术研究”(专题编号:2006BAD03A0204)子课题研究成果。

地理坐标为 104°46'-104°49'E, 31°32'30"-31°37'30"N, 海拔 485m-627m。属北亚热带湿润季风气候, 气温与年降水的地域分布变化很小, 年均温 16.1℃, 极端最高气温 40.1℃, 极端最低气温 -7.3℃, 年均日照 1298.1h, 年均太阳辐射量 89.5kcal.cm⁻².a⁻¹, 年均降水量 921.0mm, 年均相对湿度 79%, 无霜期 272d^[4]。

3 研究方法

3.1 研究数据源及其处理

研究数据源主要有官司河流域 1:1 万地形图石埭子幅和新桥幅, 1:1 万森林资源分布图; 2005 年 5 月 13 日 IKONOS 遥感影像(1m 全色和 4m 多光谱捆绑数据)。

首先, 在 ERDAS 图像处理软件中, 对 1:1 万分幅地形图进行几何校正与坐标配准, 然后将两幅地形图镶嵌成一幅包含完整研究区域的地形图。在此基础上, 进行等高线矢量化并生成数字高程模型(DEM)。

然后, 在 ENVI 图像处理软件中, 选用 Gram-Schmidt 变换对 IKONOS 遥感影像的全色和多光谱波段进行融合处理, 得到 1m 空间分辨率的彩色影像。以研究区镶嵌地形图为参考, 结合 DEM, 对融合后的彩色影像进行正射纠正, 同时实现坐标配准, 使得纠正后的影像具有和地形图一致的地理坐标系。正射纠正后的影像是土地利用景观格局解译的工作底图。

森林资源分布图是重要基础资料。先将其扫描成为数字图像。为确保研究区多源数据能够在统一空间坐标系下叠加, 需要将森林资源分布图坐标系和地形图坐标系匹配一致。由于它具有和 1:1 万地形图一致的北京 54 坐标系, 且图上已有公里网标志线, 所以根据公里网交叉点坐标在 ERDAS 软件中, 对其进行坐标配准。

3.2 土地利用景观分类与解译

土地利用景观类型划分参照《土地利用现状分类, GBT21010-2007》, 并结合 IKONOS 影像的空间分辨率、颜色、纹理、形状大小、阴影、时相等特征, 将研究区土地利用类型分为 15 类, 即水田、旱地、果园、桑园、有林地(柏树)、有林地(马尾松)、有林地(栎树)、农村宅基地、公路用地、农村道路、河流水面、水库水面、坑塘水面、水工建筑用地、城镇建设用地。

根据土地利用景观类型划分, 建立遥感影像标志,

利用 ArcGIS 软件, 以 IKONOS 正射影像为工作底图, 人机交互式解译研究区土地利用景观类型。然后构建矢量图形拓扑关系, 在此基础上得到官司河流域土地利用景观类型空间图形数据和相应的属性数据库。利用 GIS 软件制作官司河流域土地利用景观类型图(图 1)。

3.3 景观格局指数的选取与计算

土地利用景观格局分析通过构建景观格局指数来实现。景观格局指数是能够高度浓缩区域景观格局信息, 反映其结构组成和空间分布特征的定量化指标体系。本文中的景观格局指数计算采用 Fragstats 3.3 软件提供的算法。Fragstats 是由美国俄勒冈州立大学森林科学系开发的一个景观指标计算软件^[5], 它有矢量和栅格两种版本。Fragstats 可以在斑块水平(patch-level)、斑块类型水平(class-level)以及景观水平(landscape-level)3 个层次上计算 60 多种指数。斑块指数往往作为计算其它景观指数的基础, 而其本身对了解整个景观的结构并不具有很大的解释价值。斑块水平指数在本文中不作深入探讨。在综合分析各指数生态学意义基础上, 并结合本文研究目的, 从 Fragstats 软件中选取相应景观指数作为评价分析指标, 其中斑块类型水平上的景观指数和景观水平上的景观指数各 7 个, 各指标描述如下^[6,7]。

(1) 斑块数量(Number of Patches-NP)

斑块类型水平上: $NP = n_i$, 即 NP 等于景观中某一斑块类型 i 斑块总个数 n_i 。

景观水平上: $NP = N$, 即 NP 等于景观中斑块总个数 N。

(2) 斑块类型面积(Class Area-CA)

斑块类型水平上:

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right)$$

a_{ij} 是 i 类 j 个斑块的面积(m²); 10000 是将 m² 转换成公顷(hm²)的系数。

(3) 斑块密度(Patch Density-PD)

斑块类型水平上:

$$PD = \frac{n_i}{A_i} \times (10000) \times (100)$$

景观水平上:

$$PD = \frac{N}{A} \times (10000) \times (100)$$

每 100hm² 的斑块数。 A_i 为景观类型 i 的斑块面积, 单位:m²; n_i 为景观类型 i 的斑块数量.N 为景观中斑块

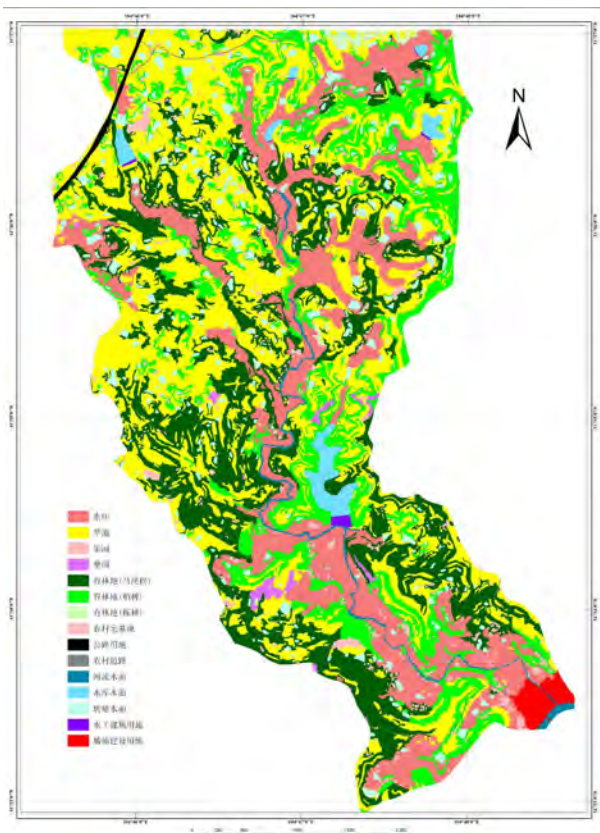


Figure 1. Map of Land Use Landscape in the Guansi River Catchment
图 1. 官司河流域土地利用景观类型图

总个数，A 为景观总面积。PD 越高，表明一定面积上异质景观斑块数量多，斑块规模小，景观异质性越高。

(4) 最大斑块指数 (Largest Patch Index-LPI)

斑块类型水平上:

$$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} \times 100$$

景观水平上:

$$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} \times 100$$

景观中最大斑块的面积(m²)占景观总面积 A(m²)的比例。其值显示最大斑块对单一类型或整个景观的影响程度，有助于确定景观基质或优势类型等。

(5) 景观比例 (Percentage of Landscape-PLAND)

斑块类型水平上:

$$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100$$

某一斑块类型的总面积占整个景观面积的百分比。

(6) 香农多样性指数 (Shannon's Diversity Index-SHDI)

景观水平上:

$$SHDI = -\sum_{i=1}^n (P_i \times \ln P_i)$$

式中 P_i 是斑块类型 i 在景观中出现的概率，n 是景观中斑块类型总数。反映不同景观类型分布的均匀性。

(7) 香农均匀度指数 (Shannon's Evenness Index -SHEI)

景观水平上:

$$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^n (P_i \ln P_i)}{\ln n}$$

n 是景观中斑块类型总数，描述景观中不同景观类型的分配均匀程度。

(8) 分离度指数 (F_i)

斑块类型水平上:

$$F_i = \frac{0.5 \times \sqrt{n_i / A} \times A}{A_i}$$

A 为景观总面积，A_i 为景观类型 i 的面积，n_i 为景观类型 i 的斑块数。

(9) 破碎度指数 (C)

景观水平上:

$$C = \frac{N}{A}$$

A 为区域总面积，N 为景观中所有景观类型总斑块数。反映景观空间结构的复杂性和人类活动对景观结构的影响程度。景观破碎度指数大，说明景观要素被分割的程度大，人类活动对景观结构的影响程度大。

(10) 散布与并列指标 (Interspersion-Juxtaposition Index-IJI)

斑块类型水平上:

$$IJI = \frac{-\sum_{k=1}^n \left[\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^n e_{ik}} \ln \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^n e_{ik}} \right) \right]}{\ln(n-1)} \times 100$$

景观水平上:

$$IJI = \frac{-\sum_{i=1}^n \sum_{k=i+1}^n \left[\left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \ln \left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \right]}{\ln(0.5[n(n-1)])} \times 100$$

n 是中斑块类型总数，e_{ik} 为景观类型 i 与 k 之间的边缘总长度，E 为景观边缘总长度。IJI 对受到某种自然条件严重制约的生态系统的分布特征反映显著。

4 结果与分析

4.1 流域土地利用景观格局总体特征分析

由表 1 可知，官司河流域景观斑块数为 1875，总

Table1. General characteristics of land use landscape pattern in the Guansi River Catchment

表 1.官司河流域土地利用景观格局总体特征

景观指数	指数值
景观斑块数 <i>NP</i>	1875
总面积 <i>CA/hm²</i>	2063.771
斑块密度 <i>PD</i> (块/100hm ²)	90.853
最大斑块指数 <i>LPI</i>	8.133
香农多样性指数 <i>SHDI</i>	1.779
香农均匀度指数 <i>SHEI</i>	0.657
破碎度指数 <i>C</i>	0.909
散布与并列指标 <i>IJI</i>	58.865

面积 2063.771hm²，斑块密度 90.853(块/100hm²)，斑块平均面积 1.101 hm²，最大斑块指数 8.133(%)，说明该流域斑块平均面积较小，但斑块面积大小差异较悬殊。多样性指数为 1.779，说明流域内景观多样性程度较高，景观类型丰富。均匀度指数 0.657，说明流域内景观类型均匀度较低，存在优势景观类型。破碎度指数达到 0.909，说明流域景观已经完全破碎化，受到人类干扰程度严重，景观稳定性较差。散布与并列指标值较高，说明斑块聚集程度较高，彼此间连通度较高。

4.2 斑块类型级别的特征分析

流域中，旱地面积 675.865 hm²，占流域面积的 32.749%，而水田面积 374.145 hm²，比例占 18.129%。整个流域的耕地面积(水田和旱地)占到了流域面积的 50.88%，构成了整个流域景观的基质。基质是景观的背景地域，在很大程度上决定着景观的性质，控制着

整个景观过程。但水田和旱地的斑块数量差异很大，水田 43 块，旱地 436 块，进而导致景观斑块密度差异很大，水田为 2.084(块/100hm²)，旱地为 21.126(块/100hm²)。水田、旱地的最大斑块指数分别为 2.963%、6.581%，而其分离度指数分别为 0.199、0.351，说明水田、旱地具有大面积集中连片分布的特征；散布与并列指数分别为 71.089、55.471，说明水田和旱地的分布受到某种自然条件的制约，根据图 1，结合流域地形特征，发现水田主要分布在沟谷地带，地势平坦，与水资源分布关系密切，而旱地主要分布在缓坡地带，受地形条件限制明显。

整个流域中，林地(马尾松、柏树、栎树)的面积达到了 772.609 hm²，占流域面积的 37.437%，是流域内仅次于耕地的景观类型，说明流域森林覆盖率高，生态环境质量较好。散布与并列指标值较高，说明斑块聚集程度较高，彼此间连通度较高。根据图 1，结合流域地形特征，发现林地主要分布在流域丘陵地带的顶部，地形特征明显。根据最大斑块指数、斑块密度、分离度指数推知，马尾松、柏树的分布仍具有大面积集中连片分布的特征，但是栎树在整个流域的分布却比较零星分散。

流域中，水域(河流、水库和坑塘)面积为 141.665 hm²，占流域面积的 6.865%。尤其是坑塘面积较大，斑块数众多(418 块)，零星分布在流域内。

流域中，农村宅基地斑块数最多，达到 659 块，总面积 47.008 hm²，占流域面积的 2.278%，宅基地平

Table 2. Landscape pattern index in the Guansi River Catchment

表 2.官司河流域土地利用景观格局指数

景观类型	斑块数量 <i>NP</i>	面积 <i>CA</i> (hm ²)	景观比例 <i>PLAND</i> (%)	最大斑块指数 <i>LPI</i>	斑块密度 <i>PD</i>	分离度指数 <i>F_i</i>	散布与并列指数 <i>IJI</i>
水田		374.145	18.129	2.963	2.084	0.199	71.089
旱地	436	675.865	32.749	6.581	21.126	0.351	55.471
果园	7	7.383	0.358	0.144	0.339	4.070	41.975
桑园	12	11.307	0.548	0.278	0.582	3.479	53.609
有林地(马尾松)	84	457.974	22.191	8.133	4.070	0.227	47.145
有林地(柏树)	181	306.632	14.858	2.194	8.770	0.498	55.106
有林地(栎树)	5	8.003	0.388	0.241	0.242	3.173	51.398
农村宅基地	659	47.008	2.278	0.049	31.932	6.202	57.842
公路用地	1	7.139	0.346	0.346	0.049	1.591	34.456
农村道路	10	7.012	0.340	0.140	0.485	5.122	62.300
河流水面	6	17.756	0.860	0.504	0.291	1.567	47.266
水库水面	6	29.482	1.429	0.865	0.291	0.944	56.736
坑塘水面	418	94.427	4.576	0.063	20.254	2.459	54.295
水工建筑用地	6	2.700	0.131	0.093	0.291	10.305	55.682
城镇建设用地	1	16.938	0.821	0.821	0.049	0.671	37.753

均斑块面积较小。其散布与并列指数达到 57.842, 说明宅基地聚集度较高, 但其分离度指数高达 6.202, 说明宅基地之间比较分离, 连通性低。

由于流域水资源丰富, 生产灌溉条件优越, 加之流域生态环境质量较好, 故该流域人口密集、种植程度高, 人类在土地资源上进行的生产活动强度较大。

另外, 流域内有果园、桑园零星分布。流域内乡村公路分布较均匀, 有一条高速公路穿越流域的西北角, 交通条件优越。在官司河与新桥河汇合处, 形成一个面积 16.938 hm^2 集镇, 说明流域具有较高的经济发展水平。

5 结束语

遥感、GIS 技术与景观生态学结合, 进行小流域土地利用景观格局定量分析, 揭示了土地利用的空间规律, 拓宽了土地利用研究新领域。研究结果有利于获取流域土地利用在景观层次上的空间特征, 为优化土地利用景观单元的内部结构和外部联系, 为流域土地利用景观时空格局的优化配置提供了科学依据和技术支持, 有助于实现人与自然的和谐, 人类活动与自然进程的协同。

致谢

向四川省林业科学研究院慕长龙研究员、朱志芳高工、陈俊华高工的大力支持表示诚挚谢意!

References (参考文献)

- [1] Li Yi-ling, Qiao Mu, Yang Xiao-lin, et al. Fractal characteristics of land use and land cover change in a watershed of arid zone in last 30 years-A case of the Manas River Watershed [J]. *Arical Land Geography*, 2008, 31(1):75-81.
李义玲, 乔木, 杨小林, 等. 干旱区典型流域近 30 年土地利用/土地覆盖变化的分形特征分析-以玛纳斯河流域为例[J]. *干旱区地理*, 2008, 31(1):75-81.
- [2] ZHANG Shu-hua, WANG Bai-tian. Analysis of the County's Landscape Pattern in Loess Hilly Region[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2007, 14(2):249-251.
张树华, 王百田. 晋西黄土丘陵县域景观格局分析[J]. *水土保持研究*, 2007, 14(2):249-251.
- [3] FU Bo-jie, WANG Yi-cheng. Principles and Applications of Landscape Ecology [M]. Beijing: Science Press, 2001.
傅伯杰, 陈利顶. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [4] LUO Zong-shi, WANG Yi-cheng, XIANG Cheng-hua, et al. Niche Characteristics of Plant Populations in Natural Secondary Forests in the Guansi River Catchments in Mianyang City, Sichuan Province[J]. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2007, 28(3): 51-58.
骆宗诗, 王亿成, 向成华, 等. 绵阳官司河流域天然次生林种群的生态位特征[J]. *四川林业科技*, 2007, 28(3):51-58.
- [5] WU Jiang-guo. Landscape Ecology-Pattern, Course, Scale, Rank [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
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.
- [6] McGarigal K and Marks B J. 1993. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Oregon State University, Covalis, OR.
- [7] LIU Jia-fu, WANG Ping, LI Jing, et al. An Algorithm for Land-Use Pattern Index and Its Application [J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2009, 25(1):106-108.
刘家福, 王平, 李京, 等. 土地利用格局景观指数算法与应用[J]. *地理与地理信息科学*, 2009, 25(1):106-108.