

## 基于遥感的泾河流域植被覆盖格局分析

索安宁<sup>1</sup>, 王兮之<sup>2</sup>, 洪军<sup>1</sup>, 毕晓丽<sup>1</sup>, 葛剑平<sup>1</sup>

(1. 北京师范大学生命科学学院, 北京 100875; 2. 佛山大学旅游与资源环境系, 广东 佛山 528000)

**摘要:** 快速、准确的获取流域植被覆盖状况信息是进行生态恢复与建设的重点。以MODIS遥感影像数据为数据源, 应用遥感和GIS技术对泾河流域各个子流域的植被覆盖程度进行了对比评价, 在此基础上应用景观生态学方法对各个子流域的植被覆盖格局进行了分析。结果表明: 流域北部的环江、东川、蒲河等子流域植被覆盖程度普遍较低, 需要重点保护; 流域东南部的河、达奚河、三水河、城固河、四郎河、干流区等子流域的上游局部山地植被覆盖比较好, 但广大的下游黄土丘陵区植被覆盖中等, 破碎化严重。且退化植被呈零散状广泛分布, 应成为流域植被建设的重点区域。

**关键词:** 泾河流域; 植被覆盖类型; 景观; 格局

中图分类号: Q149; T P79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)04-0191-04

## Vegetation Cover Pattern Analysis Based on RS in Jinghe Basin

SU O An-ning<sup>1</sup>, WANG Xi-zhi<sup>2</sup>, HONG Jun<sup>1</sup>, BI Xiao-li<sup>1</sup>, GE Jian-ping<sup>1</sup>

(1. College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Department of Tourism and Resource Environment, Foshan University, Foshan, Guangdong 528000, China)

**Abstract:** Accurate and rapid monitoring of vegetation cover condition is a key factor in ecological restoring and building of river catchment. Based on MODIS image data, the authors contrast and evaluate the vegetation cover of sub-catchments in Jinghe River catchment by the RS and GIS, and analyze the pattern of vegetation cover in every sub-catchment from the viewpoint of landscape ecology. The result show: the vegetation cover is very low in Huanjiang, dongchuan, Puhe ect. Sub-catchments, which lies in northern parts of the catchment, these sub-catchment should be given prior protection. The vegetation in upper stream of Ruihe, Daxihe, Sanshuihe ect is high, but in the most loess hill belt, the vegetation cover is moderate and seriously patched, the disgraded patch distributed throughout all the region, these patches should be the prior region in vegetation restoring and building.

**Key words:** Jinghe basin; vegetation cover type; landscape; pattern

泾河流域自然环境条件差, 植被破坏严重, 是黄土高原最大的水土流失、生态环境失衡严重的地区<sup>[1, 2]</sup>, 多年来一直受到相关领域的研究重视<sup>[3-6]</sup>。及时、快速的获取流域植被覆盖的宏观状况, 对于泾河流域生态环境建设非常重要。遥感技术用于植被覆盖的研究主要集中于植被类型分类制图方面的研究<sup>[7, 8]</sup>, 而对流域植被覆盖程度及其格局的研究相对较少<sup>[9, 10]</sup>。而植被覆盖程度与格局对于流域生态系统稳定性研究具有重要的生态意义。

本文以MODIS遥感影像数据为基本数据源, 通过GIS技术的空间分析, 进行泾河流域植被覆盖程度的研究, 以期为流域植被覆盖快速调查提供使用可靠的技术支持。在此基础上应用景观格局分析方法对所得的植被覆盖程度等级图的空间格局进行分析评价, 以便更深入了解泾河流域植被覆盖程度的空间格局, 为流域植被生态恢复提供决策信息。

### 1 研究区概况

泾河流域位于黄土高原中部, 106°20' ~ 108°48' E, 34°24'

~ 37°20' N, 处于六盘山和子午岭之间, 流域绝大部分属于陇东黄土高原。泾河发源于宁夏回族自治区泾源县关山东麓, 由西北向东南流经宁夏、甘肃、陕西3省区的固原、平凉、庆阳和咸阳等地市, 在陕西省高陵县注入渭河, 泾河全长483 km, 流域面积45 421 km<sup>2</sup>, 为渭河的一级支流、黄河的二级支流。流域内地形西北高, 东南低, 总体地势是东北西三面向东南倾斜, 泾河及各级支流均深切于梁、塬、峁和黄土沟壑镶嵌的黄土地貌景观中。

流域气候为典型的温带大陆性气候, 处于温带半湿润向半干旱气候的过渡地带, 据流域各气象站点多年观测资料, 流域多年平均气温8℃, 最冷月平均气温-8~-10℃, 最热月平均温度22~24℃, 年降水量在350~600 mm之间, 主要集中于夏季, 夏季降水量一般占到年降水量的50%以上, 且降水强度大, 年际变化也大。

流域黄土层深厚, 一般在50~80 m不等, 部分黄土残塬黄土厚达100 m以上。土壤为典型的黄绵土和黑垆土, 结构

\* 收稿日期: 2004-09-04

基金项目: 科技部重大基础研究项目“973”课题(2002CB111507)资助

作者简介: 索安宁(1977-), 男, 甘肃庆阳人, 在读博士研究生, 研究方向植被生态学、景观生态学。

疏松, 极易塌陷、流失。植被为温带森林草原过渡类型, 流域北部为典型温带草原, 由于开发历史早, 植被覆盖受人类活动破坏大, 退化荒草地占流域面积的很大部分。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 MODIS 遥感数据来源与处理

以全球土地利用数据库 (Global Land Cover Facility, GLCF) 提供的 MODIS 5 000 m<sup>32-day</sup> 数据影像为基本研究材料, 影像数据为 2001 ~ 2003 年共 33 期。对 MODIS 图象进行几何校正, 为了便于面积计算, 统一转换成 albers 投影。将各时段的数据导入 ERDAS IMAGINE 8.6 中, 分割出研究区域的范围。

### 2.2 植被指数的计算

归一化植被指数 NDVI 广泛应用于植被覆盖的遥感监测与定量研究中, 是一个反映地表植被生长势和生长量的重要间接指标, 与植被覆盖分布密度呈线性相关<sup>[11]</sup>。归一化植被指数 NDVI 的计算如下<sup>[11]</sup>:

$$NDVI = \frac{p_{ch2} - p_{ch1}}{p_{ch2} + p_{ch1}} \quad NDVI = (-1, 1)$$

式中:  $p_{ch1}, p_{ch2}$  —— 第 1、2 波段的反射率。

#### 平均植被指数 $NDVI_{avg}$ 的计算

从每年各个月的影像数据中选出植被生长最好的月份的影像, 3 期数据相加求平均  $NDVI_{avg}$  如下:

$$NDVI_{avg} = \sum_{j=1}^3 \max(NDVI_{ij}) / 3$$

式中:  $NDVI_{ij}$  —— 第  $j$  年地  $i$  期归一化植被指数。

根据野外实地调查和相关资料报道, 将泾河流域植被覆盖划分为 7 种主要类型, 其分别为森林、疏林、郁闭灌丛、稀疏灌丛、草地、农田、退化草地。将 3 年平均  $NDVI_{avg}$  数据导入 ERDAS IMAGINE 8.6 中, 结合野外调查资料和 GPS 定点植

被调查对  $NDVI_{avg}$  进行监督分类, 获得泾河流域植被覆盖类型图。

### 2.3 景观特征指数的计算

本文采用斑块形状指数 ( $LSI$ )、最大斑块指数 ( $LPI$ )、斑块集聚度 ( $C$ )、斑块分维数 ( $Fd$ )、景观多样性指数 ( $H$ )、景观均匀度指数 ( $E$ )、景观优势度 ( $D$ ) 来描述植被覆盖的空间格局特征, 各指数的计算方法见参考文献<sup>[17, 19]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 植被覆盖程度评价

利用 FRAGSTATS 软件对各个子流域植被覆盖类型进行空间格局分析, 由图 1 可以看出, 泾河流域 15 子流域中, 各个子流域植被覆盖程度差别比较大。图 1a 所示的环江流域、东川、蒲河、茹河、洪河子流域植被覆盖以草地和退化草地所占比例最大, 二者合计共占到流域总面积的 80% 以上, 其它等级所占比例微小, 甚至缺失。其中流域最北部的环江上游退化草地占到流域总面积的 65.22%, 草地点 34.76%, 是泾河流域植被覆盖程度较差的一个子流域; 处于流域西南的洪河、泾河子流域植被组成等级有所改变, 草地比例有所减少, 稀疏灌丛面积大大增加, 说明这 2 个流域植被覆盖相对较好。图 1b 反映了流域东南部合水川、城固河、四郎河、三水河、黑河、达奚河、干流区子流域的植被覆盖状况。可以看出, 流域东南部植被覆盖情况普遍好于流域西北部 (图 1a), 除干流区和合水川外其它各子流域都以农田所占面积最大, 干流区以郁闭灌丛所占面积最大, 合水川所占比例最大的是稀疏灌丛。各个子流域植被覆盖相对比较复杂, 其中上游在六盘山和子午岭的 河、城固河、三水河及南部的达奚河流域森林、疏林所占比例分别为 28.43%、30.40%、36.76% 和 46.51%, 说明这些子流域植被覆盖相对较好。

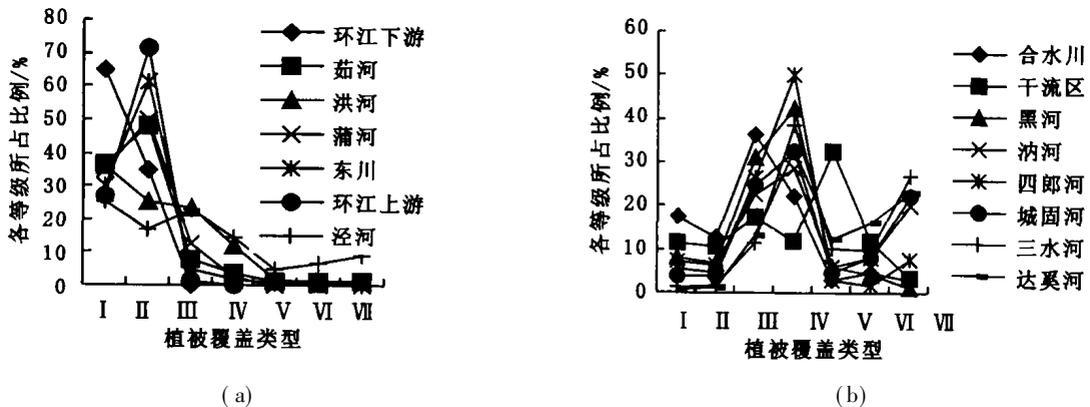


图 1 泾河流域各子流域植被覆盖类型

### 3.2 植被格局分析

从表 1 可以看出, 各个子流域不同植被覆盖类型的斑块总数目相差较大, 干流区斑块数目为 946 个, 占到泾河流域斑块总数的 10.04%, 最少的城固河子流域为 396, 仅占流域斑块总数目的 4.20%。从各植被覆盖类型破碎程度上来看, 以泾河子流域和干流区破碎度最大, 分别为 0.332, 0.325; 其次为黑河、合水川、洪河子流域; 破碎程度较小的环江、东川、蒲河、茹河、三水河等子流域, 其植被破碎程度都小于 0.20, 其中环江上游破碎度最小, 仅为 0.094。这一方面与流域的自

然地貌特征和气候特征有关, 另一方面也反映了人类活动对植被覆盖的影响。流域北部为山地丘陵, 气候干燥, 植被覆盖程度普遍比较差, 加上流域北部人口稀疏, 人为的植被破坏也较少, 植被破碎程度小。流域中南部的洪河、黑河等子流域, 气候相对湿润, 植被覆盖比较好, 但由于梁、塬、峁、坪相互交错的破碎地貌特征, 加上人类开发历史悠久, 人类活动对植被覆盖的影响较大, 植被破碎比较严重。流域东西两侧的山地, 气候湿润, 植被覆盖好, 人类干扰也比较少, 故植被破碎程度也比较小。

从植被聚集度指数来看,干流区、东川子流域聚集度指数最高,为59.734,其次为蒲河、环江下游子流域,为57.572,往后面依次为环江上游、茹河、四郎河、城固河、三水河等子流域,聚集度最小的是泾河子流域,聚集度仅为28.496。说明干流区和东川子流域植被覆盖呈聚集分布,而泾河子流域各个覆盖分布最为分散。最大斑块系数以流域北部的环江上、下游和东川子流域最大,分别为69.252,61.282,56.173,向南部逐渐减少,到南部的达奚河、干流区达到最小,为14.515、12.558,另外,泾河子流域也比较小,为14.632。形状指数和分维数上的排序反映出的结果基本一致,为:干流区>泾河>茹河>合水川>蒲河>环江下游>达奚河>东川>三水河>洪河>河>四郎河>黑河>城固河>环江上游;这是因为泾河、茹河、蒲河、干流区等地形比较破碎,环境差异比较大,加上人口密集,人类活动对植被格局影响大,所以植被覆盖类型的斑块形状指数和分维数比较大,而河、四郎河、达奚河、环江流域,地处于流域东、西山地和北部丘陵地区,地形相对比较完整,人类活动对植被的干扰也较小,植被覆盖类型斑块多呈自然圆整形态,故形状指数和分维数比较小。

表1 泾河流域各子流域植被景观格局数量特征

	流域面积/km <sup>2</sup>	斑块数	斑块密度	最大斑块系数	形状指数	分维数	聚集度	破碎度
环江上游	4631.38	435	0.0939	61.282	12.992	1.449	54.14	0.094
环江下游	5996.03	819	0.137	69.252	19.567	1.513	57.572	0.137
东川	3159.92	525	0.166	56.173	17.818	1.484	59.734	0.166
蒲河	4041.54	765	0.189	38.525	19.773	1.507	57.572	0.189
洪河	1813.98	493	0.272	20.736	17.456	1.505	39.233	0.272
河	2112.98	555	0.263	21.601	17.239	1.508	33.479	0.263
茹河	3579.25	635	0.177	37.950	20.722	1.525	49.101	0.177
泾河	2684.71	890	0.332	14.632	22.850	1.536	28.496	0.332
城固河	1871.90	396	0.212	22.844	14.735	1.527	44.712	0.212
四郎河	2588.48	607	0.235	33.615	16.743	1.475	46.149	0.235
三水河	3213.75	621	0.193	26.763	17.497	1.511	43.777	0.193
黑河	1440.63	423	0.294	20.487	15.770	1.480	40.919	0.294
达奚河	2483.50	615	0.248	14.515	18.948	1.487	39.329	0.248
合水	2458.67	693	0.282	22.591	20.476	1.527	38.531	0.282
干流区	2906.79	946	0.325	12.558	24.244	1.567	59.734	0.325

### 3.3 景观多样性分析

由于受自然环境的限制及人类活动的干扰,各个子流域植被景观多样性差异很大。从表2可以看出,泾河流域植被景观多样性水平可明显分为3类:第一类为环江上游、下游、东川,多样性指数小于1;第二类为蒲河、茹河、洪河、黑河、四郎河,多样性指数在1.0~1.50之间;第三类为泾河、合水川、河、三水河、达奚河、城固河、干流区,多样性指数大于1.50。第一类主要分布在流域最北部,气候比较干燥,植被覆盖类型少,植被覆盖类型以草地和退化草地为主,二者都呈聚集分布,所占面积比例相差不大的,所以多样性指数、均匀

度指数都最小,优势度大,优势植被覆盖类型为草地和退化草地;第二类的多样性指数、均匀度指数中等,优势度指数相差比较大,优势等级也很分散,因为这些子流域气候条件相对好转,但限制植被发育的因素仍然很多,植被覆盖程度等级相对比较多,但还是以草地、退化草地、稀疏灌丛和农田为主,加上人类活动的影响,所以多样性、均匀度相对较大,优势度由于人类干扰程度的不同,各个子流域有所不同,优势植被覆盖类型也比较分散。第三类的多样性指数、均匀度指数都比较高,优势度比较低,植被覆盖等级丰富,优势植被覆盖类型为稀疏灌丛、农田、郁闭灌丛,这类植被景观主要分布在流域南部及东、西两边山地。这些地区气候相对比较湿润,局部山地植被发育比较好,植被景观类型丰富,加上自然条件和人为干扰,植被覆盖多样性高,相对均匀分布。

表2 泾河流域各子流域植被景观多样性特征

	多样性	均匀度	丰富度	优势度	优势植被覆盖类型
环江上游	0.648	0.59	3	0.451	退化草地
茹河	1.198	0.616	7	0.748	草地
洪河	1.447	0.744	7	0.499	退化草地
蒲河	1.076	0.6	6	0.716	草地
东川	0.951	0.489	7	0.995	草地
环江下游	0.661	0.477	4	0.725	草地
泾河	1.808	0.929	7	0.138	草地
合水川	1.625	0.835	7	0.321	稀疏灌丛
干流区	1.789	0.919	7	0.157	郁闭灌丛
黑河	1.472	0.756	7	0.474	农田
河	1.764	0.907	7	0.182	农田
四郎河	1.38	0.709	7	0.566	农田
城固河	1.6432	0.844	7	0.303	农田
三水河	1.551	0.797	7	0.395	农田
达奚河	1.616	0.83	7	0.33	农田

## 4 结论

通过对泾河流域15个子流域植被覆盖程度的遥感监测和景观格局分析,得出以下结论:

利用遥感MODIS图象资料监测流域植被覆盖程度,精确度高,可行性好,是进行流域尺度植被覆盖程度监测的有效途径。对于建立泾河流域植被覆盖监测系统具有重要的参考价值。通过对泾河流域15个集水区的植被覆盖类型及其植被景观格局进行分析,说明该流域北部的环江、东川、蒲河、茹河等子流域植被覆盖程度普遍较差,植被退化比较严重,需要重点保护;流域东南部的河、达奚河、三水河、城固河、四郎河、干流区等子流域的上游局部山地植被覆盖比较好,但广大的黄土丘陵区植被覆盖中等,破碎化严重。且退化植被呈零散状广泛分布,应成为流域植被建设的重点区域。

[1] 王万忠,焦菊英. 黄土高原侵蚀产沙强度的时空变化特征[J]. 地理学报, 2001, 16(3): 125-131.

[2] 焦菊英,王万忠. 黄土高原侵蚀产沙的年度变化特征[J]. 水土保持通报, 1998, 18(2): 81-84.

[3] 马安青,陈东景,等. 基于RS和GIS的陇东黄土高原土地景观格局变化研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 56-59.

[4] 冉大川. 泾河流域年最大洪水量及洪沙量变化分析[J]. 人民黄河, 1998, 20(12): 27-29.

- [5] 冉大川,刘滨,等. 泾河流域水沙变化的水文分析[J]. 人民黄河, 2001, 23(2): 15- 21.
- [6] 冉大川,刘斌,等. 泾河流域水土保持措施减水减沙分析[J]. 人民黄河, 2001, 23(2): 6- 8.
- [7] 吴炳方,等. 应用遥感及地理信息系统进行植被制图[J]. 环境遥感, 1995, 10(1): 30- 37.
- [8] JOFCA. Proceedings of the workshop on utilization of remote sensing in site assessment and planning for rehabilitation of logged-over forest[C]. Indonesia, Cisarua, Bogor, 1995. 25- 28.
- [9] 李晓琴,等. 北京山区植被覆盖率遥感制图与景观格局分析[J]. 国土资源遥感, 2003, 15(1): 23- 29.
- [10] O'Neil R V, Hunster C T, Jones K B, et al. Monitoring environmental quality at the landscape scale: using landscape indicators to assess biotic diversity, watershed integrity, and landscape stability[J]. Bioscience 1997, 47(8): 513- 519.
- [11] Deering, D W, Rouse, J W, Haas, R H, et al. Measuring forage production of grass units from Landsat MSS data[J]. Environment, 1975. 1169.
- [12] Asrar G, Kanemasu E T, Yoshida M. Estimates of leaf area index from spectral reflectance of wheat under different cultural practices and solar angle[J]. Remote sense Environment, 1985, 17: 1- 11.
- [13] Chen J M, Cihlar J. Retrieving Leaf Area Index of boreal conifer forest using Landsat TM images[J]. Remote Sense Environment, 1996, 55: 153- 162.
- [14] Kanemasu, T, Rosenthal, U D, Raney, R J, et al. Evaluation of an evaporation model for Corn[J]. Agron. J. 1977, 69: 461 - 464.
- [15] Kite, G W, Spence, C D. Land cover NDVI, LAI, and evapotranspiration in hydrological modeling[A]. In: Kite, G W Pietroniro, A, Pultz, T (Eds.) Application of Remote sensing in Hydrology[C]. Proc. Synp. No. 14, NHRI, Saskatoon, Canada. 1995, 223- 240.
- [16] 田庆久, 闵祥军. 植被指数研究进展[J]. 地球科学进展, 1998, 13(4): 327- 333.
- [17] McGarigal K, Marks B J. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure[M]. Corvallis: Oregon State University, 1993.
- [18] 邬建国. 景观生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 100- 109.
- [19] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地景观格局分析[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 318- 323.

(上接第190页)

科研效益<sup>[2]</sup>。基于实验室尺度的研究比坡面尺度的研究具有经济、便捷、可控等优点。利用人工模拟降雨装置进行室内与野外试验已成为水土保持研究的一个重要手段,但在农业和

林业等领域还未得到广泛应用。对人工模拟降雨装置的研制可以从降雨均匀系数、降雨强度、雨滴动能和中数雨滴直径等主要设计技术参数着手。

参考文献:

- [1] 任树梅,刘洪禄,顾涛. 人工模拟降雨技术研究综述[J]. 中国农村水利水电, 2003, (3): 73- 75.
- [2] 吴长文,徐宁娟. 摆喷式人工降雨机的特性试验[J]. 南昌大学学报, 1995, 17(1): 58- 66.
- [3] 岳红光,曲艳杰. 用人工降雨法进行土壤侵蚀的研究[J]. 吉林林学院学报, 1998, 14(4): 208- 211.
- [4] Gary James Sheridan(B. App. Sci). Predicting Hillslope Scale Erodibility And Erosion On Disturbed Landscapes From Laboratory Scale Measurements[R]. School of land and Food And Centre for Mined Land Rehabilitation, The, University of Queensland, 2001.
- [5] 孙超图,解建宝,李占斌. 掺气喷式极小雨强降雨装置试验研究[J]. 水土保持学报, 1994, 8(4): 91- 95.
- [6] 刘素媛,韩奇志,聂振刚等. SB—YZCB 人工模拟降雨装置特性及应用研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 47 - 53.
- [7] 陈文亮,唐克丽. SR 型野外人工降雨模拟装置[J]. 水土保持研究, 2000, 7(4): 106- 110.
- [8] 石生新. 高强度人工降雨条件下地面坡度、植被对坡面产沙过程的影响[J]. 山西水利科技, 1996, (3): 77- 80.
- [9] 高小梅,李兆麟,贾雪,等. 人工模拟降雨装置的研制与应用[J]. 辐射防护, 2000, 20(1- 2): 86- 90.
- [10] 贾天会,黄毅,曹忠杰. 辽南土石质山区坡耕地水土流失试验研究[J]. 中国水土保持, 2001, (3): 23- 24.
- [11] 叶翠玲,许兆义,杨成永. 秦沈客运专线建设过程中的水土流失试验研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 9- 13.
- [12] 刘纪根,雷延武. 坡耕地施加PAM 对土壤抗蚀冲蚀能力影响试验研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6): 59- 62.
- [13] 吴钦孝,赵鸿雁,韩冰. 黄土丘陵区草灌植被的减沙效应及其特征[J]. 草地学报, 2003, 11(1): 23- 26.
- [14] 沈波,郑翔翔,田伟平. 路基压实黄土坡面降雨冲蚀试验研究[J]. 重庆交通学院学报, 2003, 22(4): 64- 67.
- [15] 赵西宁,王万忠,吴发启. 不同耕作管理措施对坡耕地降雨入渗的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2004, 32(2): 69- 72.
- [16] 蔡强国,朱远达,王石英. 几种土壤的细沟侵蚀过程及其影响因素[J]. 水科学进展, 2004, 15(1): 12- 18.