

# 官司河流域土地覆被景观稳定性及其环境效应

刘延国<sup>1</sup>, 王青<sup>1</sup>, 王军<sup>2</sup>

(1. 西南科技大学 环境与资源学院, 四川 绵阳 621010; 2. 四川省遥感中心, 成都 610081)

**摘要:**以1995年和2005年官司河流域两期的TM遥感数据作为基本信息源,并借助RS、GIS和数理统计方法提取景观类型的矢量数据,通过基质比例、斑块数量和面积变化率、斑块密度变化率3个指标以及景观类型转化规律对流域的景观稳定性及其环境效应进行了初步研究。结果表明:(1)耕地是整个流域人工景观的基质,处在频繁耕作及动态变化中,马尾松林地作为半自然景观的基质,稳定性亦较低,但有所提高,二者对维持区域生态环境的良好发展起主导作用;(2)城镇及水域的斑块稳定性最高,马尾松林地、栎类林地和柏木林地次之,耕地与村庄的稳定性最低,这与流域作为典型农林复合生态区的地位与作用相吻合;(3)耕地与水域及有林地的转化最为剧烈,这与1998年以来流域实施的退耕还林工程密切相关,但水域及有林地的稳定性仍然取决于其自然稳定性,且景观格局呈现良好发展趋势;(4)中小斑块的马尾松林地及柏木林地的稳定性对流域的景观稳定性具有重要作用,处在生态环境变化趋向的节点位置,应予以合理的保护、规划及建设。

**关键词:**RS/GIS; 官司河流域; 景观; 稳定性; 环境效应

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)03-0166-04

## Landscape Stability and Environment Effect of Land Covers in Guansihe Watershed

LIU Yan-guo<sup>1</sup>, WANG Qing<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>2</sup>

(1. School of Environment and Resources, Southwest University of Science and Technology,

Mianyang, Sichuan 621010, China; 2. Remote Sensing Centre of Sichuan Province, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** TM remote sensing data of Guansihe watershed in the two periods of 1995 and 2005 was taken as the basic information source, and vector data of landscape types was extracted with the RS, GIS and mathematical statistics method. Three indices such as matrix proportion, change rate of patch number and area, change rate of patch density as well as transform rule of landscape types were used for landscape stability study in this watershed. The results showed that: (1) in the whole watershed, cultivated land was matrix of the artificial landscape which was in frequent farming and dynamic change, the stability was not high; *Pinus massioniana* woodland was matrix of the semi-natural landscape whose stability was also low, but had improved; both of them played a leading role in maintaining the regional ecological environment for the better development; (2) patch stability of town and water areas were the highest, *Pinus massioniana* woodland, *Quercus aliena* woodland and *Cupressus funebrius* woodland were ranked as the second place, cultivated land and villages were the lowest; this was consistent with the position of the watershed as a typical compound ecological agriculture and forestry areas; (3) dramatic transformation of cultivated land, water areas and woodlands were the most, which was closely related to the land conversion projects implemented in the watershed since 1998, but the stability of water areas and woodlands still depended on their natural stability, and the landscape pattern presented good development tendency; (4) stability of medium and small patches of *Pinus massioniana* woodland and *Cupressus funebrius* woodland played an important role in the stability of the watershed, which were also in the node location of ecological environment change trend, should be protected, planned and constructed scientifically and reasonably.

**Key words:** RS/GIS; Guansihe watershed; landscape patches; stability; environmental effect

收稿日期:2011-10-10

修回日期:2011-11-15

资助项目:国家林业科技支撑计划项目(2006BAD03A0204);国家科技支撑计划项目(2008BAD98B05)

作者简介:刘延国(1980—),男,山东泰安人,讲师,硕士,主要从事生态学及地理信息系统研究。E-mail:liuyg@swust.edu.cn

通信作者:王青(1967—),男,山西阳高人,教授,博士,主要从事环境影响评价与规划研究。E-mail:qingw@imde.ac.cn

景观稳定性是生态学与景观生态学研究的一个复杂而又非常重要的内容,但目前国内外对景观稳定性的定义并不统一,多借用生态系统稳定性的概念来解释<sup>[1-5]</sup>。生态系统的稳定性一般包括抵抗力、恢复力、持久性和变异性4个方面的内涵,对于受非正常外力干扰的系统而言,抵抗力和恢复性是测度其稳定性的主要指标;对于受环境因子正常波动干扰的系统而言,持久性和变异性是衡量系统稳定性的指标<sup>[6-10]</sup>,而这些指标又可从侧面定量刻画区域的生态环境效应。由此可见,景观的稳定性是相对的,而变异是绝对的,它是由区域自然变化过程和人类活动共同决定的。近年来,虽有学者从林分结构特征及农业生产潜力等方面对官司河流域进行了量化研究<sup>[11-15]</sup>,但缺乏对流域从景观稳定性角度的评价研究。本文从景观的格局,即景观中斑块、廊道和基质的空间组合出发,在分析其变化及其相互转换的基础上,深入分析官司河流域景观的稳定性及其环境效应,对了解涪江流域乃至川西北地区的景观变化,促进生态环境的定向恢复提供重要参考。

## 1 研究区与研究方法

### 1.1 研究区概况

官司河流域位于川中丘陵区北部的绵阳市新桥镇境内,是龙门山前缘向盆地的过渡地带,属浅一深切割的丘陵地貌,平均海拔600 m以下,属典型的农林复合生态系统区,其地理坐标介于东经104°46′—104°49′,北纬31°23′—31°37′;整个流域面积为20.11 km<sup>2</sup>,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℃,年均降水量921 mm;流域农耕地面积占50%以上,主要种植水稻、小麦及玉米三种粮食作物,森林植被主要为20世纪80年代以来,通过封山育林形成的次生林和营造的人工林,主要类型为柏木林地、栎类林地、马尾松林地以及以三者各自为主要林分类型的混交林地,均分布在海拔520~630 m范围内。

### 1.2 研究方法

1.2.1 数据来源及处理 本文将1995年9月和2005年9月2个不同时期30 m多光谱与15 m全色波段通过小波变换融合后的彩色影像作为基本信息源,并以2005年9月IKNOS影像作为辅助,在ERDAS IMAGE 8.5及ArcGIS 9.0软件的支持下,以1:10万地形图、野外实地调查及相关的各种统计图件作为数据源,结合研究区实际,参照我国《土地利用现状分类》标准分类系统<sup>[16-17]</sup>,将研究区域划分为人工景观:T1城镇、T2村庄、T3公共交通用地和T4

耕地及半自然景观、T5水域、T6柏木林地(柏木纯林及其为主的混交林)、T7栎类林地(麻栎、栓皮栎及其为主的混交林)和T8马尾松林地(马尾松纯林及其为主的混交林),共计8大景观类型,采用监督分类结合目视解译的方法,得到1995年和2005年研究区景观斑块类型的矢量数据。

1.2.2 景观稳定性指标选取及分析方法 官司河流域景观属于半自然及人工景观,其稳定性除了由斑块固有特征所体现的自然稳定性外,更主要体现为人为干扰引起的斑块间转换为主要特性的人为稳定性,因此可由以下三个指标及景观格局的转移矩阵来分析<sup>[2,4]</sup>。

(1) 基质(自然、半自然景观)的比例稳定性。基质的比例越趋近于50%,该景观的稳定性就越高,公式为:

$$SM = 1 - (50\% - M)$$

式中:SM——基质的稳定指数;M——基质的比例。SM的值越趋近于1,基质的稳定性越高。

(2) 斑块特征稳定性。能够反映斑块稳定性特征的主要为斑块数量、斑块面积和斑块形状。因反映斑块形状的指数较多且大多数反映的主要是斑块形状的相似性和复杂程度,因此,本研究仅以斑块的数量和面积的变化率来反映其稳定性。基本公式如下:

$$SP = 1 - \frac{|\Delta n_i| + |\Delta a_i|}{2}$$

$$\text{其中: } \Delta n_i = \frac{n_{i2} - n_{i1}}{n_{i1}}, \Delta a_i = \frac{a_{i2} - a_{i1}}{a_{i1}}$$

式中:SP——斑块的景观稳定指数; $\Delta n_i$ ——第*i*类斑块数量的变化率; $\Delta a_i$ ——第*i*类斑块面积的变化率; $n_{i1}, n_{i2}$ ——第*i*类斑块初期和末期的斑块数量; $a_{i1}, a_{i2}$ ——第*i*类斑块初期和末期的斑块面积。SP越接近于1,斑块稳定性越高。

(3) 斑块密度稳定性。不论是绝对密度还是相对密度,变化率越小,景观格局越稳定。斑块密度稳定性可以用以下公式表示为:

$$SD = 1 - |\Delta D|, \text{ 其中: } \Delta D = \frac{D_2 - D_1}{D_1}$$

式中:SD——景观稳定指数; $\Delta D$ ——景观密度变化率。SD越接近于1,景观格局稳定性将越高, $D_1, D_2$ ——研究初期和末期的景观密度;

$$SD_i = 1 - |\Delta D_i|, \Delta D_i = \frac{D_{i2} - D_{i1}}{D_{i1}}, D_i = \frac{N_i}{A_i}$$

式中:SD<sub>*i*</sub>——第*i*类景观结构组分的稳定指数; $\Delta D_i$ ——第*i*类景观结构组分的相对密度变化率; $D_i$ ——第*i*类景观组分的相对密度; $D_{i1}, D_{i2}$ ——第*i*类景观组分初期和末期的相对密度; $N_i$ ——斑块总

数; $A_i$ ——斑块总面积。 $SD_i$  越接近于 1,景观结构组分的稳定性就越高。

## 2 结果与分析

从表 1 可以看出,城镇、村庄、公共交通用地、耕地、水域、柏木林地、栎类林地、马尾松林地 8 大类景观组分的面积分布极不均衡,耕地的面积最大,为研究区人工景观的基质,马尾松林地为区域半自然景观的基质,结合实地调查,公共交通用地及部分水域中的水系为研究区景观的廊道,村庄、柏木林地、栎类林地、马尾松林地为研究区景观斑块;2005 年与 1995 年相比,总体上柏木林地、栎类林地及马尾松林地面积都有所增加,耕地面积减小,这与近年来流域的退耕还林及封山育林等生态恢复工程措施有直接联系。

表 1 官司河流域景观结构组分类型

| 类型 | 年份   | 斑块数量/个 | 数量占比/% | 斑块面积/hm <sup>2</sup> | 面积占比/% |
|----|------|--------|--------|----------------------|--------|
| T1 | 1995 | 1      | 0.09   | 11.70                | 0.58   |
|    | 2005 | 1      | 0.06   | 16.93                | 0.84   |
| T2 | 1995 | 13     | 1.19   | 6.20                 | 0.31   |
|    | 2005 | 9      | 0.54   | 13.21                | 0.66   |
| T3 | 1995 | 301    | 27.61  | 57.85                | 2.88   |
|    | 2005 | 627    | 37.32  | 45.37                | 2.26   |
| T4 | 1995 | 59     | 5.41   | 1 381.43             | 68.68  |
|    | 2005 | 377    | 22.44  | 1 033.93             | 51.40  |
| T5 | 1995 | 494    | 45.32  | 106.27               | 5.28   |
|    | 2005 | 405    | 24.11  | 144.03               | 7.16   |
| T6 | 1995 | 120    | 11.01  | 164.45               | 8.18   |
|    | 2005 | 176    | 10.48  | 295.94               | 14.71  |
| T7 | 1995 | 10     | 0.92   | 4.62                 | 0.23   |
|    | 2005 | 5      | 0.30   | 8.01                 | 0.40   |
| T8 | 1995 | 92     | 8.44   | 278.89               | 13.87  |
|    | 2005 | 80     | 4.76   | 453.99               | 22.57  |
| 合计 | 1995 | 1 090  |        | 2 011.40             |        |
|    | 2005 | 1 680  |        | 2 011.40             |        |

表 3 官司河流域景观斑块稳定性指数

| 景观结构组分 | <2000 m <sup>2</sup> |        | 2000~4000 m <sup>2</sup> |       | 4000~6000 m <sup>2</sup> |       | 6000~8000 m <sup>2</sup> |       | 8000~10000 m <sup>2</sup> |       | >10000 m <sup>2</sup> |       | 总计     |        |
|--------|----------------------|--------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|---------------------------|-------|-----------------------|-------|--------|--------|
|        | SP                   | SDi    | SP                       | SDi   | SP                       | SDi   | SP                       | SDi   | SP                        | SDi   | SP                    | SDi   | SP     | SDi    |
| T1     |                      |        |                          |       |                          |       |                          |       |                           |       | 0.777                 | 0.691 | 0.777  | 0.691  |
| T2     | 0.704                | 0.899  | 0.455                    | 0.778 |                          |       | 0.998                    | 0.996 |                           |       | 0.037                 | 0.342 | 0.281  | 0.325  |
| T3     | -0.073               | -0.351 | 0.365                    | 0.979 | 0.292                    | 0.947 | 0.168                    | 0.988 | 0.996                     | 0.992 |                       |       | 0.351  | -0.656 |
| T4     | -7.079               | 0.935  | -1.988                   | 0.994 | -10.549                  | 0.925 | -6.909                   | 0.721 | -4.711                    | 0.910 | -3.197                | 0.626 | -1.821 | -6.537 |
| T5     | 0.675                | 0.956  | 0.927                    | 0.995 | 0.475                    | 0.931 | -0.325                   | 0.888 | -1.720                    | 0.972 | 0.269                 | 0.728 | 0.732  | 0.605  |
| T6     | 0.169                | 0.894  | 0.437                    | 0.963 | 0.601                    | 0.982 | 0.886                    | 0.994 | 0.697                     | 0.953 | 0.474                 | 0.670 | 0.367  | 0.815  |
| T7     | 0.000                | 0.000  | 0.418                    | 0.513 | 0.500                    | 0.999 | 0.000                    | 0.000 | 0.496                     | 0.985 |                       |       | 0.383  | 0.288  |
| T8     | 0.806                | 0.735  | 0.996                    | 0.992 | 0.103                    | 0.973 | 0.265                    | 0.939 | 0.677                     | 0.984 | 0.579                 | 0.515 | 0.621  | 0.534  |

### 2.3 景观的类型转换及环境效应分析

利用 ArcToolbox 下的 Overlay 命令,对 1995—

### 2.1 基质的稳定性

表 2 为研究区半自然景观的基质稳定性指数,从中可看出基质的稳定性较低,两个时段变化相对较小,总体上稳定性有所提高,说明近年来流域实施的退耕还林及林分结构优化调整等生态工程恢复措施已初显成效。

表 2 官司河流域景观的基质稳定性指数

| 年份   | SM    | $\Delta SM$ | D     | SD    |
|------|-------|-------------|-------|-------|
| 1995 | 0.629 |             | 0.139 |       |
| 2005 | 0.726 | 0.087       | 0.226 | 0.374 |

### 2.2 斑块的稳定性

表 3 为研究区景观斑块稳定性指数。从斑块特征稳定性来看:城镇、水域的稳定性最高,其次为马尾松林地、栎类林地、柏木林地及公共交通用地,耕地及村庄的斑块稳定性最低,它们的景观稳定指数从高到低依次为:0.777,0.732,0.621,0.383,0.367,0.351,0.281,-1.821;景观斑块在<4 000 m<sup>2</sup> 的尺度范围内,马尾松林地稳定性最高,在 4 000~10 000 m<sup>2</sup> 尺度上,柏木林地稳定性最高,耕地及村庄的稳定性最低。

从斑块密度稳定性来看,柏木林地、城镇稳定性最高,其次为水域、马尾松林地、村庄及栎类林地,公共交通及耕地稳定性最低,其指数从高至低依次为:0.815,0.691,0.605,0.534,0.325,0.288,-0.656,-6.537;景观斑块在<4 000 m<sup>2</sup> 尺度上,水域马尾松林地稳定性最高,在 4 000~10 000 m<sup>2</sup> 尺度上,柏木林地稳定性最高,在>10 000 m<sup>2</sup> 尺度上,水域及城镇稳定性最高。

综合斑块特征稳定性和密度稳定性两个方面分析得出,中小尺度的柏木林地及马尾松林地对整个区域的景观稳定性起着至关重要的作用,应给予很好的保护,区域的耕作及居住特征决定了耕地及村庄稳定性的降低。

2005 年景观类型矢量文件进行空间叠加,应用 Statistics 命令提取各种土地利用类型之间转化的面积,

从而建立 1995—2005 年景观类型空间转移矩阵,结果见表 4。

从表 4 可以看出,流域景观空间格局发生了很大变化,主要表现在以下几个方面:

(1) 耕地的变化。10 a 间,耕地的转化最为复杂,所有的景观类型都参与了转化,由其他类型转换为耕地的面积为 133.014 hm<sup>2</sup>,主要来源于转化程度最大的马尾松林地、柏木林地、水域及公共交通用地,耕地转化为其他类型的面积为 480.513 hm<sup>2</sup>,亦主要转化为上述四种类型,转出量远大于转入量,总面积呈减少趋势;

(2) 水域的变化。10 a 间,其他类型转化为水域的面积为 86.490 hm<sup>2</sup>,主要来源于耕地、马尾松林地及柏木林地;而由水域转化为其他类型的面积为

48.734 hm<sup>2</sup>,亦主要转化为耕地、马尾松林地及柏木林地,转出量远小于转入量,总面积呈增加趋势;

(3) 3 种林地景观类型转化。10 a 间,3 种林地类型中,马尾松林地的转化程度最为剧烈,转入面积达 245.221 hm<sup>2</sup>,转出面积达 70.124 hm<sup>2</sup>;其次为柏木林地,转入面积达 180.928 hm<sup>2</sup>;栎类林地转化程度最小,转入及转出量均小于 10 hm<sup>2</sup>,但三者转入量均大于转出量,总面积均呈增加趋势;

总体上看,官司河流域的景观类型转移规律反映了该区景观格局趋向良好方向发展,体现在耕地→水域、耕地→有林地的转化过程上。随着水域及有林地面积的扩大,流域物种多样性会相应有所增加,生态系统功能逐步提高并趋向良性发展,为当地社会经济可持续发展提供基础条件。

表 4 官司河流域 1995—2005 年土地利用变化转移矩阵

| 类型     | 2005 年 |        |        |        |         |        |        |       | 面积增加   | 总面积      |
|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|-------|--------|----------|
|        | T1     | T2     | T3     | T4     | T5      | T6     | T7     | T8    | 合计     | 变化       |
| 1995 年 | T1     | <0.001 | 0.000  | 5.182  | 0.107   | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 5.289  | 5.226    |
|        | T2     | 0.000  |        | 0.145  | 6.376   | 0.227  | 0.000  | 0.300 | 7.050  | 7.006    |
|        | T3     | 0.000  | 0.002  |        | 27.835  | 1.514  | 1.322  | 0.051 | 32.886 | -12.473  |
|        | T4     | 0.008  | 0.031  | 15.596 |         | 26.000 | 35.724 | 1.047 | 54.609 | -347.499 |
|        | T5     | 0.054  | <0.001 | 15.433 | 72.361  |        | 4.076  | 0.484 | 7.970  | 37.756   |
|        | T6     | 0.000  | 0.007  | 11.984 | 155.671 | 7.799  |        | 0.458 | 5.008  | 180.928  |
|        | T7     | 0.000  | 0.000  | 0.623  | 4.936   | 0.425  | 0.093  |       | 0.076  | 6.153    |
|        | T8     | 0.000  | 0.003  | 15.470 | 208.152 | 12.662 | 8.216  | 0.721 |        | 245.221  |
| 面积减小合计 |        | 0.062  | 0.044  | 45.358 | 480.513 | 48.734 | 49.434 | 2.761 | 70.124 | —        |

3 结 论

官司河流域土地覆被景观组分的面积分布极不均衡,其中耕地面积最大,为整个流域景观的基质,林地组分次之,这与流域为典型农林生态复合区的地位相吻合;马尾松林地作为半自然景观的基质,其稳定性有所提高,为区域环境正效应的发挥提供保障,但总体来看,无论是人工景观还是半自然景观,其稳定性都较低。

从斑块数量和面积变化率来分析,城镇、水域的稳定性最高,其次为马尾松林地、栎类林地、柏木林地及公共交通用地,耕地及村庄的斑块稳定性最低;从斑块密度变化率分析,柏木林地、城镇稳定性最高,其次为水域、马尾松林地、村庄及栎类林地,公共交通及耕地稳定性最低;总体来看,城镇及水域的稳定性最高,其次为三种有林地,稳定性最差的为耕地及村庄,这与区域生活及耕作方式及区域作为重要的产粮基地的性质密切相关。

从斑块特征稳定性和斑块密度稳定性两个不同的层次进行数据分析所得的结论不相一致,不一致性

在<2 000 m<sup>2</sup> 尺度上柏木林地最为明显,其次为 4 000~10 000 m<sup>2</sup> 尺度上马尾松林地,说明中小斑块柏木林地及马尾松林地对于流域景观的稳定性具有重要意义,其也为充分发挥区域农林复合效应的关键因素,应特别予以重视,并进行科学合理的保护、规划和建设。

从景观转化角度分析,耕地与水域及三种有林地的转化最为剧烈,但从其稳定性来看,耕地稳定性最低,而后者则较高,说明流域人工景观的稳定性主要体现为人类干扰为主的人为稳定性,而自然及半自然景观虽然转化率相对较高,但其稳定性仍主要表现为由斑块固有特性所决定的自然稳定性,即为抗性和持久性,即为斑块抵抗其他斑块干扰而维持现状的特性,这正是区域环境向好的方向发展的基础所在。

参考文献:

[1] 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.  
[2] 白林波,白明生,贾科利,等. 银川市景观格局动态变化研究[J]. 水土保持研究,2011,18(3):265-267.

(下转第 174 页)

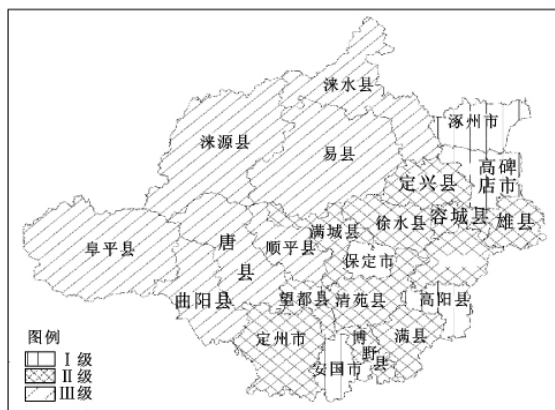


图 2 保定市农村居民点整理潜力评价分级空间分布

## 4 结论

保定市农村居民点用地面积较大,整理潜力较大。通过建立包括自然因素、社会因素和经济因素 3 个方面 9 个指标的农村居民点整理潜力评价指标体系,可将保定市农村居民整理潜力分为三级,综合分值区间是 $[0.6, 1]$ 的划分为 I 级区,整理潜力最大; $[0.3, 0.6]$ 为 II 级区次之, $[0.0, 0.3]$ 为 III 级区整理潜力最小。根据整理潜力大小,可以合理划分整理区片和安排整理时序,有利于整理项目的实施。保定市各县(市)农村居民点整理潜力差异比较明显。由于各区自然、经济和社会等因素的不同,各区居民点整理呈现出不同的地区特点: I 级区经济发达,人口众多,整理潜力最大; II 级区位于平原区,整理难度较低,潜

力较大;位于西北部山区的 III 级区受自然因素,经济发展相对落后,整理难度较大,整理潜力最小。各区可根据自身的发展特点,因地制宜的制定居民点整理策略,以促进地区经济发展。

不同的评价目的、评价区域或评价层次,构建的评价指标体系不同,评价单元确定的方法也不同<sup>[6]</sup>。本文构建的评价指标体系主要是为了合理安排整治项目划区,对其他目的考虑较少;受资料所限,本文将保定市 22 个县(市)作为评价单元,没有考虑三个市区,在研究上还存在不足,需进一步的研究。

### 参考文献:

(上接第 169 页)

- [3] 肖化顺,付春风,张贵. 流溪河国家森林公园森林景观稳定性评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2007(1): 88-92.
- [4] 谢高地,甄霖,杨丽,等. 泾河流域景观稳定性与类型转换机制[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9): 1693-1698.
- [5] 王旭丽,刘学录. 基于 RS 的祁连山东段山地景观稳定性分析[J]. 遥感技术与应用, 2009, 24(5): 665-669.
- [6] 王国宏. 再论生物多样性与生态系统的稳定性[J]. 生物多样性, 2002, 10(1): 126-134.
- [7] 柳新伟,周厚诚,李萍,等. 生态系统稳定性定义剖析[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2635-2640.
- [8] 黄宝荣,欧阳志云,郑华,等. 生态系统完整性内涵及评价方法研究综述[J]. 应用生态学报, 2006, 17(11): 2196-2202.
- [9] 张步翀,李凤民,黄高宝. 生物多样性对生态系统功能及其稳定性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(4): 12-15.
- [10] 罗格平,周成虎,陈曦. 干旱区绿洲景观尺度稳定性初步分析[J]. 干旱区地理, 2004, 27(4): 471-476.
- [11] 骆宗诗,向成华,陈俊华,等. 绵阳官司河流域主要森林群落结构[J]. 四川林业科技, 2006, 27(6): 41-46.
- [12] 陈俊华,龚固堂,朱志芳,等. 官司河流域防护林景观结构及生态功能研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(3): 712-717.
- [13] 王青,李富程,李国蓉,等. 基于“压力—状态—响应”框架的长江上游防护林健康评价[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(8): 953-958.
- [14] 李国蓉,王青,俞音,等. 官司河流域农业自然生产潜力研究[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(2): 334-337.
- [15] 李富程,王青,李国蓉,等. 马尔柯夫过程预测官司河流域土地利用/覆被格局变化[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 31-39.
- [16] 蒋有绪. 中国森林群落分类及其群落学特征[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- [17] 陈百明,周小萍. 《土地利用现状分类》国家标准的解读[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 994-1003.