

# 长江上游地区土地利用格局时空演变

——以四川省宜宾市为例

张 莽<sup>1,2</sup>, 王 萍<sup>1,2</sup>, 陈 慧<sup>1,2</sup>, 杨正银<sup>1,2</sup>, 张艳梅<sup>1,2</sup>, 孙姝娟<sup>1,2</sup>

(1. 国家测绘地理信息局 第三航测遥感院, 四川 成都 610100; 2. 四川省遥感信息测绘院, 四川 成都 610100)

**摘 要:** [目的] 以四川省宜宾市为例, 定量分析长江上游地区土地利用格局时空演变状况, 为该区及类似区域的土地资源利用与开发以及生态安全评价提供参考与借鉴。[方法] 综合利用 GIS 和景观生态学方法, 以宜宾市 2010、2015 年地理国情监测数据为基础, 分析宜宾市的土地利用时空变化及其对景观格局响应。[结果] 宜宾市整体景观格局以耕地和林地为基础, 其他景观镶嵌在其中。2010—2015 年宜宾市土地利用格局总体变化明显, 各类景观要素的相互转移比较频繁, 研究区各类景观要素的形状复杂度、破碎化程度和聚集度等特征存在明显的差异性, 基于景观要素的格局变化趋势, 发现房屋建筑区、道路、水域的稳定性增强, 而其他景观要素的稳定性下降。受城镇化建设和农业生产活动的影响, 研究区整体景观格局向着均匀化方向发展, 景观破碎化程度加深; 同时, 受垂直地带性的影响, 海拔越高, 景观破碎化程度越低、斑块形状越简单、景观优势度越大。[结论] 今后对该地区的生态保护与城镇规划应结合土地利用格局与地区优势, 分区治理, 分区建设。减少生态功能区内人类活动, 加强水源涵养功能保持和长江上游生态屏障建设; 沿江重点开发区域, 加强城市空间开发利用管制, 促进该区域的可持续性发展。

**关键词:** 土地利用格局; 城镇发展; 生态保护; 长江上游地区; 地理国情监测

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2018)02-0210-07

**中图分类号:** P237, F301.2

**文献参数:** 张莽, 王萍, 陈慧, 等. 长江上游地区土地利用格局时空演变[J]. 水土保持通报, 2018, 38(2): 210-216. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.02.034. Zhang Qiao, Wang Ping, Chen Hui, et al. Spatial-temporal change of land-use pattern in upper region of Yangtze River[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(2):210-216.

## Spatial-temporal Change of Land-use Pattern in Upper Region of Yangtze River

—A Case Study in Yibin City of Sichuan Province

ZHANG Qiao<sup>1,2</sup>, WANG Ping<sup>1,2</sup>, CHEN Hui<sup>1,2</sup>,

YANG Zhengyin<sup>1,2</sup>, ZHANG Yanmei<sup>1,2</sup>, SUN Shujuan<sup>1,2</sup>

(1. The Third Remote Sensing Geomatics Institute of National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Chengdu, Sichuan 610100, China; 2. Sichuan Remote Sensing Geomatics Institute, Chengdu, Sichuan 610100, China)

**Abstract:** [Objective] On the basis of national geographical conditions monitoring data in Yibin City of Sichuan Province in 2010 and 2015, this paper analyzed land use dynamic and its landscape response by method of GIS and landscape ecology, aimed to provide reference for local land use and exploitation, and ecological security. [Methods] GIS and landscape methods were used. [Results] The results showed that the cultivated land and forest land composed the background of land use type in the studied area, and other landscapes distributed fragmentally among them. The land use pattern of this area had been changed conspicuously from 2010 to 2015, and landscape types converted into each other frequently. The shape complexity, fragmentation and aggregation were remarkable diverse for each landscape components in the studied area. From change pattern for each landscape component, it had been found that the stabilities of buildings, roads and water had been enhanced, while that of other components had been weakened. Because of urban construction and

收稿日期: 2017-08-09

修回日期: 2017-09-22

资助项目: 国家基础测绘科技与标准计划项目“地理信息安全保障技术及应用”(2017KJ0300); 四川省科技计划项目(2017SZ0027; 2017JY0284)

第一作者: 张莽(1985—), 男(汉族), 四川省平昌人, 博士, 高级工程师, 主要从事生态环境监测方面的研究。E-mail: scrs\_qiaozh@163.com。

activity of agricultural production, the whole landscape had been distributed evenly in the direction toward the development of landscape, and fragmentation had been enhanced. Influenced by vertical zonality, the higher elevation was, the lower fragmentation of landscape; the simpler the shape of patches and the greater the dominance of landscape were. [Conclusion] In the future, the ecological protection and urban planning in this area should be combined with land use pattern and regional advantages, be governed and constructed by various ways for different regions. It should be reduced for the human activity in the ecological functional area, strengthen the conservation of water conservation function and the construction of the ecological barrier in the upper reaches of the Yangtze River. In the key development zone along the rivers, it should be regulated for the development and utilization of urban space, so as to promote the sustainable development of this area.

**Keywords:** land-use pattern; urban planning; ecological protection; upper region of Yangtze River; national geographical conditions monitoring

景观生态学(landscape ecology)是一门研究景观单元的类型组成、空间格局及其生态过程的综合性学科<sup>[1]</sup>。1939年,德国区域地理学家 Troll<sup>[2]</sup>在利用航片研究土地利用问题时首次提出景观生态学的概念。近年来,随着景观生态学的发展,景观格局及其动态变化研究已成为景观生态学的重要研究领域<sup>[3-4]</sup>,特别是运用景观生态学的方法度量土地利用变化与生态过程之间的关联已经成为研究热点<sup>[5-8]</sup>。景观格局的研究不仅是景观生态学的核心内容,也是景观生态评价、景观生态设计与管理等应用研究的基础<sup>[1,9-10]</sup>,研究成果能够为区域生态环境监测与保护提供支撑。在景观生态学研究,景观格局指数的提出与发展极大地推动了景观生态学的发展,但是如何建立具有生态学意义的景观格局指数和分析方法,以及如何通过各自景观格局指数的综合应用,分析人类活动对景观格局的影响,是目前景观格局分析面临的主要困境之一<sup>[10]</sup>。同时,用于景观格局分析的数据源,普遍采用 Landsat TM 等中低分辨率的遥感影像,通过自动解译方法获得,在进行较大尺度的景观格局定量研究时,数据精度将会对结果造成一定程度的影响<sup>[11]</sup>。中国的耕地类型以山丘坡耕地为主,受人类活动的影响尤为显著。长江流域是中国低山丘陵的主要分布区,而地处川、滇、黔结合部,及金沙江、岷江、长江汇流地带的宜宾市是长江上游山丘区的主要代表。目前,李晓琴等<sup>[12]</sup>和漆良华等<sup>[13]</sup>对该地区的土地变化及土地承载能力进行了分析。然而,近年来人口的急剧增长及人类活动加强导致了自然灾害频发、生态环境恶化及地力下降,严重威胁了经济发展和人民生活质量的提高。针对目前景观格局分析面临困境和数据源精度问题,本文选取长江上游地区宜宾市为研究对象,以高分辨率遥感影像、基础性地理国情普查成果、基础地理信息数据成果等地理信息

数据为基础,借鉴地理国情普查的地表覆盖分类指标体系,获取研究区 2010,2015 年的景观要素分布数据,分析长江上游重要城市宜宾的土地利用变化,综合应用景观格局指数从斑块类型水平和景观水平上,定量分析该研究区的景观格局变化及其受人类活动和海拔高度的影响情况,为该地区及类似区域的土地资源利用与开发以及生态安全评价提供参考与借鉴。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区概况

宜宾市地处四川盆地南部,面积约  $1.30 \times 10^4$  km<sup>2</sup>,包括翠屏区、南溪区、宜宾县、江安县、长宁县、高县、珙县、筠连县、兴文县和屏山县等 10 个县(区),2015 年底全市常住人口约 450 万。金沙江、岷江在此汇合成为长江,宜宾被称为万里长江第一城,该地区的生态环境保护与建设对长江上游和整个长江流域生态屏障建设具有重要的影响,同时该地区也是国家层面重点开发区——成渝经济区的重要组成部分,目前正依托长江黄金水道的带动,地区经济社会快速发展。

### 1.2 数据来源与处理

以地理国情普查与监测成果数据为基础,借助高分辨率遥感影像和其他专题资料,获取研究区的景观要素数据。地理国情是基本国情的重要组成部分,具体包括地表自然要素、人文地理要素和社会经济信息的空间分布特征及其相互关系<sup>[14]</sup>,开展地理国情监测是测绘地理信息领域一个新的、重要战略方向<sup>[15]</sup>,当前,第一次全国地理国情普查工作已经完成,通过地理国情普查工作积累了大量的真实、准确的地理空间信息数据,为经济社会发展、生态文明建设提供了数据支撑。本研究所采用的数据基本情况详见表 1。

表 1 研究使用数据情况

数据类型	数据名称	现势性
地理信息数据	RapidEye 正射影像(分辨率 6.5 m)	2010 年
	地理国情普查正射影像成果(分辨率 0.5 m)	2015 年
	地理国情普查地表覆盖分类成果	2015 年
	地理国情普查重要地理要素数据成果	2015 年
	1:1 万基础地理信息成果(DLG, DEM)	2007—2011 年, 2015 年
	1:5 万基础地理信息成果(DLG)	2011, 2015 年
专题资料	宜宾市第二次全国土地调查土地利用分类数据成果	2009 年
	《全国主体功能区规划》、《四川省主体功能区规划》等相关规划图文资料	—
社会经济统计数据	宜宾市统计年鉴	2010—2015 年

本文根据全国第一次地理国情普查分类体系,在 2015 年宜宾市地理国情普查成果数据的基础上,结合遥感影像解译和外业核查方法,通过逆向更新的方式获取到 2010 年研究区的地表覆盖和典型要素数据,数据预处理具体流程如图 1 所示。

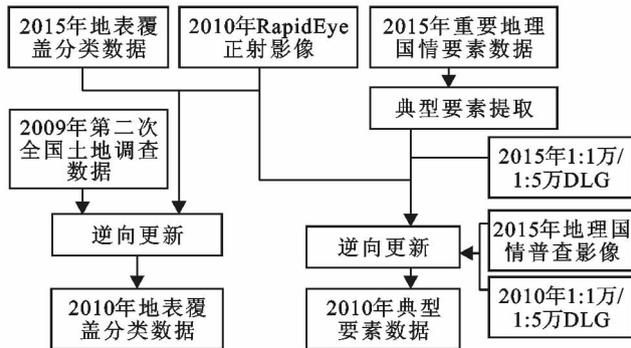


图 1 数据制作流程

首先以 2015 年地表覆盖分类成果为基础数据,参照 2010 年的遥感正射影像进行逆向更新,由于 2010 年影像分辨率(6.5 m)较低,因此对影像上较难判断地类,参考宜宾市第二次全国土地调查土地利用分类成果辅助判读,得到 2010 年地表覆盖分类成果;从 2015 年地理国情普查重要地理国情要素数据成果中,参照 2010 年的遥感影像,参考 2011 年 1:1 万/1:5 万 DLG 和专题资料,进行道路设施、水系和构筑物逆向更新,得到 2010 年典型要素数据成果。通过数据预处理得到的监测数据包括地表覆盖分类数据和典型要素数据,地表覆盖分类数据为面状矢量格式,包括耕地、林地、园地、草地、房屋建筑区、道路、构筑物、人工堆掘地、荒漠与裸露地表、水域等 10 类景观,典型要素数据包含道路设施、水系、构筑物三种要素,道路设施数据为线状矢量格式,水系数据分为线状和面状两种矢量格式,构筑物数据包括点状、线状和面状三种矢量格式。研究区 2 期景观要素空间分布如附图 3 所示。

### 1.3 研究方法

土地利用转移矩阵是土地利用类型间相互转化的数量和方向定量研究的主要方法,能够具体的反映土地利用变化的结构特征和各类型间的转移方向<sup>[16]</sup>。景观指数则能够高度浓缩景观格局信息,是反映景观结构组成和空间配置某些方面特征的简单定量指标,景观格局特征可以在单个斑块、斑块类型、整个景观镶嵌体 3 个层次上分析,景观格局指数也可相应的分为斑块水平指数、斑块类型水平指数和景观水平指数<sup>[2]</sup>。本研究从斑块类型水平指数和景观水平指数着手研究景观格局变化特征,这些指数的定义及其生态涵义<sup>[2,4,17-18]</sup>如下。

#### 1.3.1 斑块类型水平指数及生态涵义

(1) 景观密度( $PD_i$ )。反映景观被分割的破碎度, $PD_i$  值高表示单位面积斑块规模小,景观异质性高。计算公式为:

$$PD_i = N_i / A_i$$

式中: $A_i$ ——第  $i$  类景观的面积; $N_i$ ——第  $i$  类景观的斑块数。下同。

(2) 平均斑块形状指数( $MSI_i$ )。以正方形为参照的斑块形状指数,当斑块形状为正方形时, $MSI_i$  等于 1;斑块形状越复杂或越扁长, $MSI_i$  越大。计算公式为:

$$MSI_i = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} (0.25P_j)}{\sqrt{a_j}} / N_i$$

式中: $P_j$ ——斑块  $j$  的周长; $a_j$ ——斑块  $j$  的面积。

(3) 景观分形维数( $D_i$ )。描述景观中斑块的形状复杂程度, $D_i \in [1, 2]$ , $D_i$  越接近于 1,表明景观要素斑块的自我相似性越强,斑块形状越有规律,受干扰程度越大。表达式为:

$$\ln a_{ij} = \frac{2}{D_i} (\ln P_{ij} + C_i)$$

式中: $a_{ij}$ ——斑块的面积; $P_{ij}$ ——斑块的周长; $D_i$ ——景观分形维数; $C_i$ ——偏置。

(4) 景观分离度( $F_i$ )。表明景观中斑块的离散程度, $F_i$  越大,景观要素在空间分布上越分散。表达式为:

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

式中: $A$ ——所有景观的总面积。

### 1.3.2 景观水平指数及生态涵义

(1) 景观密度(PD)。反映景观被分割的破碎度,PD 值高表示单位面积斑块规模小,景观异质性高。计算公式为:

$$PD = N/A$$

式中: $A$ ——所有景观的总面积; $N$ ——所有景观的总斑块数。下同。

(2) 平均斑块形状指数(MSI)。以正方形为参照的斑块形状指数,当斑块形状为正方形时,MSI 等于 1;斑块形状越复杂或越扁长,MSI 越大。计算公式为:

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_i} (0.25 P_{ij})}{\sqrt{a_{ij}}} / N$$

式中: $P_{ij}$ —— $i$  类景观中斑块  $j$  的周长; $a_{ij}$ —— $i$  类景观中斑块  $j$  的面积, $M$ ——景观类型数量, $N_i$ ——第  $i$  类景观的斑块数,下同。

(3) 景观分形维数( $D$ )。描述景观中斑块的形状复杂程度, $D \in [1, 2]$ , $D$  越接近于 1,表明景观斑块的自我相似性越强,斑块形状越有规律,受干扰程度越大。表达式为:

$$\ln(a_{ij}) = \frac{2}{D} [\ln(P_{ij}) + C]$$

式中: $a_{ij}$ ——斑块的面积; $P_{ij}$ ——斑块的周长; $D$ ——景观整体的分形维数; $C$ ——偏置。

(4) 景观多样性指数(SHDI)。反映景观类型丰富和复杂程度,当景观类型增加或各景观要素的面积占比趋于相似时,SHDI 增加;SHDI 值下降,表明各类景观要素所占比例差异增大。计算公式为:

$$SHDI = - \sum_{i=1}^M K_i \ln K_i$$

式中: $K_i$ ——第  $i$  类景观面积占景观总面积的比例。

对研究区的土地利用景观要素结构和景观格局指数进行统计分析,均采用 ArcGIS 10.4 软件来完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 宜宾市土地利用变化

从表 2 可知,研究时段内宜宾市的耕地、园地、林地、荒漠与裸露地面积减少,而其他类型的面积增加。总体而言,宜宾市的耕地和林地面积占比最大 2015 年耕地和林地的面积占比分别是 38.04% 和 48.91%,是该区域土地的主要利用方式。从 2010—2015 年,土地利用格局发生了细微变化。2010 年的优势类型依次为耕地、林地、园地、房屋建筑区、草地、水域、道路、人工堆掘地、构筑物、荒漠与裸露地表;而 2015 年房屋建筑区面积超过了园地面积,优势顺序依次为耕地、林地、房屋建筑区、园地、草地、水域、道路、人工堆掘地、构筑物、荒漠与裸露地表。

减少最多的土地利用类型是耕地,其面积减少了 167.81 km<sup>2</sup>;增加最多的土地利用类型是草地,其面积增加了 69.87 km<sup>2</sup>。同时,耕地、园地、林地、草地 4 类景观要素之间的相互转移比较频繁。房屋建筑、道路、构筑物和人工堆掘地 4 类建设用地的总面积增加了 76.38 km<sup>2</sup>,表明大量非建设用地转换成了建设用地。

表 2 宜宾市 2010—2015 年景观类型面积转移矩阵

km<sup>2</sup>

项目	2015 年面积									
	耕地	园地	林地	草地	房屋建筑区	道路	构筑物	人工堆掘地	荒漠与裸露地表	水域
耕地	4 972.43	42.63	79.92	48.23	14.55	6.18	7.53	24.07	0.61	17.43
园地	20.49	372.14	24.16	3.45	1.04	0.68	0.39	1.49	0.10	9.52
林地	38.78	15.71	6 355.99	42.74	3.92	3.61	6.59	11.19	0.74	8.14
草地	6.12	1.52	21.14	226.66	1.57	0.39	0.96	2.81	0.34	2.39
房屋建筑区	0.66	0.08	0.69	0.77	396.66	0.51	1.27	2.23	0.01	1.53
2010 年	0.22	0.04	0.78	0.09	0.08	117.37	0.07	0.18	0.01	0.67
面积	0.62	0.11	0.53	0.72	0.95	0.14	26.27	0.45	0.00	0.17
人工堆掘地	1.09	0.27	1.06	3.31	5.14	1.71	2.86	14.44	0.09	0.65
荒漠与裸露	0.92	0.08	2.00	3.52	0.01	0.01	0.12	0.86	10.33	4.87
水域	4.43	0.08	0.58	4.28	0.10	0.10	1.32	1.06	6.21	239.30
变化量	-167.81	-0.81	-0.55	69.87	19.61	11.20	17.41	28.16	-4.27	27.18
变化量/%	-3.22	-0.19	-0.01	26.48	4.85	9.37	58.09	91.99	-18.80	10.56

从图 2 中的景观要素变化空间分布来看,景观类型变化区域主要集中在翠屏区、南溪区、江安县、筠连县、珙县;而景观类型变化较大主要是屏山县,金沙江、岷江及长江沿线。屏山县金沙江河段的景观类型变化主要是因为中国第 3 大水电站一向家坝水电站建成后,河道水位大幅上升,河岸大量耕地、园地、林地、荒漠与裸露地表被水淹没。在中部、北部和东部低海拔地区的景观类型变化,主要是因为城镇化的快速发展,导致大量非建设用地向建设用地转移、以及耕地向城市绿地转移。而在西部和南部的高海拔区域,大量耕地和园地转换为林地和草地,这是由于这些区域实行退耕还林还草工程。同时,在山区居民点附近,部分林地(如人工林、灌木林、苗圃)转换成园地、耕地和草地。

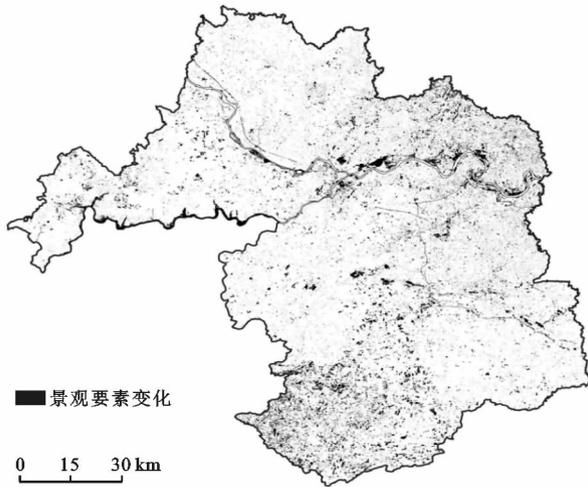


图 2 宜宾市 2010—2015 年景观要素变化空间分布

## 2.2 基于景观尺度的宜宾市土地利用变化

2.2.1 基于斑块水平的格局变化 基于斑块水平的格局特征,对其内部及斑块之间的物质和能量交换、斑块稳定性、斑块的生物多样性均有重要影响。通过分析斑块类型水平指数可以了解各组成要素的复杂性、破碎化程度、聚集程度以及受干扰情况。①从表 3 中的 2015 年斑块类型水平指数来看,耕地和林地的分离度最小,聚集程度最高,但是斑块密度也较大,仅次于房屋建筑区,表明基质景观破碎度较大。房屋建筑区、道路、构筑物 and 人工堆掘地等 4 类建设用地以及荒漠与裸露地表的分离度最大,这些景观完全镶嵌在其他景观中。道路的形状扁长,导致其平均斑块形状指数和分形维数最大。水域的分离度仅次于四类建设用地,斑块密度也较大,表明该类景观比较分散,主要是研究区内有很多用于养殖的坑塘。②根据表 3 中的斑块类型水平指数变化情况来看,研究时段内耕地、园地、林地的平均斑块形状指数有所下降,形状趋于规则,但是斑块密度和分离度增加,表明这 3 类景观的稳定性下降。由于大量耕地、林地转换成草地,导致草地的分形维数和斑块密度增加,景观破碎化程度加深。房屋建筑区和道路的分形维数、平均斑块形状指数、斑块密度基本保持不变,而分离度减小,表明其稳定性有所增强。构筑物、人工堆掘地、荒漠与裸露地表的面积远小于其他景观要素,易受干扰程度大,其分形维数、斑块密度均有所增加,景观不稳定性上升。水域面积的增加来源于向家坝电站水库建成后,水库水位大幅上升,水域景观的分形维数和平均斑块形状减小,且聚集度增加,其稳定性增强。

表 3 宜宾市 2010 和 2015 年斑块类型水平指数

项目	耕地	园地	林地	草地	房屋建筑区	道路	构筑物	人工堆掘地	荒漠与裸露地	水域	
景观面积/km <sup>2</sup>	2010 年	5 213.57	433.48	6 487.42	263.90	404.40	119.50	29.97	30.62	22.73	257.49
	2015 年	5 045.76	432.67	6 486.86	333.78	424.01	130.69	47.39	58.78	18.45	284.67
分形维数	2010 年	1.43	1.31	1.36	1.21	1.24	1.87	1.20	1.18	1.27	1.32
	2015 年	1.43	1.31	1.36	1.23	1.24	1.87	1.21	1.26	1.36	1.31
平均斑块形状指数	2010 年	1.88	1.62	1.70	1.60	1.15	7.23	1.44	1.48	2.53	1.31
	2015 年	1.84	1.61	1.67	1.60	1.15	7.04	1.46	1.57	2.56	1.26
斑块密度	2010 年	9.89	2.45	15.55	1.95	39.04	0.73	0.71	0.17	0.09	2.52
	2015 年	10.61	2.67	15.84	2.41	39.50	0.75	0.86	0.22	0.09	2.81
分离度	2010 年	4.00	23.96	4.03	35.07	102.46	47.46	186.75	88.89	86.37	40.86
	2015 年	4.28	25.06	4.07	30.86	98.30	44.04	129.54	53.20	108.27	39.07

2.2.2 基于景观水平的格局变化 表 4 为宜宾市 2010 和 2015 年的景观水平指数表。从研究区的整体景观水平(表 4)来看,2010—2015 年研究区的斑块

密度增大,表明该区域的景观破碎化程度加深;分形维数略微减小,表明景观形状趋于规则;但是景观多样性指数有所增加,说明各景观要素在面积分布上均

匀化程度增加,主要是因为基质景观中的耕地面积大幅减少,而草地、房屋建筑区、道路、构筑物、人工堆掘地、水域等景观面积大量增加。

为了进一步了解研究区景观受海拔的影响情况,将研究区分为 6 个典型的高程带,计算各个高程带上的景观指数详见表 5。

表 5 宜宾市 2010 和 2015 年不同高程带景观格局指数

高程带/m	斑块密度		分形维数		平均斑块形状指数		香农多样性指数	
	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年
<500	91.63	95.18	1.32	1.32	1.48	1.49	1.24	1.31
500~800	73.87	76.07	1.27	1.27	1.86	1.79	1.05	1.07
800~1 000	56.16	58.18	1.26	1.25	1.99	1.95	0.97	0.98
1 000~1 200	36.95	38.70	1.22	1.22	2.38	2.35	0.89	0.88
1 200~1 500	21.34	22.07	1.21	1.20	3.14	3.18	0.73	0.71
>1 500	6.18	6.15	1.19	1.19	8.70	11.45	0.28	0.27

根据表 5 可知,随海拔增高,景观密度、景观分形维数和平均形状指数均逐渐减小,表明低海拔地区景观受人类活动干扰的影响更大,导致景观破碎化程度高、斑块形状更复杂,而高海拔地区由于人类活动的减少,斑块平均面积增大,形状更具有相似性。同时随海拔增高,景观多样性指数也逐渐减小,由于受垂直地带性的影响和人类活动的减弱,景观类型之间的面积差异增大,景观优势度逐渐增大;特别是在 >1 500 m 高程带上,景观类型从 10 种减少为 8 种,导致景观多样性指数迅速减小,且林地面积占比为 94.61%,各景观要素在面积分布上极为不均匀。从不同海拔地区的景观水平指数变化情况来看,<1 500 m 高程带上的斑块密度均有所增加,说明低海拔地区的景观破碎化程度加深。>1 500 m 高程带上的有大幅变大,说明高海拔地区的景观形状变得更加细长;景观多样性的变化主要发生 <1 000 m 的低海拔地区,由于该区域人类活动比较频繁,景观均匀化程度增大。

### 3 结论

(1) 宜宾市土地利用格局以耕地和林地为基质,2015 年耕地和林地的面积占比为 38.04% 和 48.91%。研究时段内低海拔地区受城镇建设和向家坝电站水库蓄水的影响,耕地面积减少了 167.81 km<sup>2</sup>,建设用地、城市绿地、水域面积大幅增加;同时随着退耕还林还草工程的实施,高海拔地区大量耕地和园地转化为林地和草地。

(2) 研究区时段内各类景观要素的形状、破碎化程度和聚集度等特征变化存在明显的差异性,房屋建

表 4 宜宾市 2010 和 2015 年景观水平指数

年份	PD	D	MSI	SHDI
2010	73.10	1.35	1.45	1.17
2015	75.78	1.34	1.45	1.21

注:PD 为景观密度;D 为景观分形维数;MSI 为平均斑块形状指数;SHDI 为景观多样性指数。

筑区、道路、水域的稳定性增强,而耕地、园地、林地、草地、构筑物、人工堆掘地、荒漠与裸露地表的稳定性下降。同时,研究区的整体景观破碎化程度加深,景观多样性增加。说明该地区生态系统正在经历调整期,土地利用变化和景观格局受自然环境和人类活动的影响较大。

(3) 由于受人类活动的影响,研究区的整体景观破碎化程度加深,景观多样性增加。同时,研究区域景观格局受到垂直地带性的影响,低海拔地区的景观破碎化程度更高、斑块形状更复杂、且景观多样性指数更高,而高海拔地区景观尤其是林地的优势度较强。因此,未来对该地区的生态保护与城镇规划应结合土地利用格局与地区优势,分区治理,分区建设。为确保该区域的生态环境改善及经济可持续发展,国家及地方政府应采取有效措施,如集约化利用、加速农村人口向城镇转移、鼓励发展服务业,减少对土地资源的掠夺经营等,合理利用土地地理资源、切实减少低海拔地区的人类活动对生态环境的潜在影响。

根据《全国主体功能区》和《四川省主体功能区规划》的规划要求,宜宾市加强了向家坝电站水库建设,该水库的建成有利于长江上游地区水源涵养功能保持和长江上游生态屏障建设。沿江地区是主体功能区中的重点开发区域,也是经济发展与生态环境建设矛盾集中区、环境敏感区,地表变化频繁,需妥善处理人口聚集、经济发展与资源环境承载力的关系,必须加强城市空间开发利用管制,合理确定城市规模、开发边界、开发强度和保护性空间,促进该区域的可持续发展。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 赵文武,王亚萍. 1981—2015 年我国大陆地区景观生态学研究文献分析[J]. 生态学报, 2016, 36(23): 7886-7896.
- [2] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [3] 邬建国. 景观生态学: 概念与理论[J]. 生态学杂志, 2000, 19(1): 42-52.
- [4] 刘俊岭,赵荣,王亮,等. 青藏高原景观空间格局的特征研究[J]. 测绘科学, 2014, 39(1): 87-92.
- [5] Olsen L, Dale V, Foster T. Landscape patterns as indicators of ecological change at fort benning, georgia, USA[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 79(2): 137-149.
- [6] 左丽君,徐进勇,张增祥,等. 渤海海岸带地区土地利用时空演变及景观格局响应[J]. 遥感学报, 2011, 15(3): 604-620.
- [7] 买尔孜亚·吾买尔,阿里木江·卡斯木. 资源型城市土地利用变化与景观格局: 以新疆克拉玛依市为例[J]. 水土保持通报, 2016, 36(5): 283-287.
- [8] 叶长盛,王枫. 珠江三角洲地区土地利用和景观格局变化研究[J]. 水土保持通报, 2012, 32(1): 238-243.
- [9] 叶延琼,陈国阶. GIS 支持下的岷江上游流域景观格局分析[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(1): 112-115.
- [10] 陈利顶,刘洋,吕一河,等. 景观生态学中的格局分析: 现状、困境与未来[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5521-5531.
- [11] 魏彦昌,吴炳方,张喜旺,等. 基于高分辨率影像的景观格局定量分析[J]. 国土资源遥感, 2009(2): 76-81.
- [12] 李晓琴,郭丽丽,廖铁军. 宜宾市土地利用变化分析[J]. 国土与自然资源研究, 2005(2): 45-46.
- [13] 漆良华,周金星,张旭东,等. 长江上游山丘区土地承载力研究与评价: 以四川省宜宾市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(2): 169-174.
- [14] 李德仁,丁霖,邵振峰. 关于地理国情监测若干问题的思考[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2016, 41(2): 143-147.
- [15] 张继贤,顾海燕,鲁学军,等. 地理国情大数据研究框架[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 1017-1026.
- [16] 刘梦莹,江帆,刘勇. 过去 20 年兰州新区秦王川地区土地利用景观格局变化[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(11): 111-116.
- [17] 顾泽贤,赵筱青,高翔宇,等. 澜沧县景观格局变化及其生态系统服务价值评价[J]. 生态科学, 2016, 35(5): 143-153.
- [18] 买提托合提·买提萨依木,阿里木江·卡斯木. 喀什市绿地景观格局分析[J]. 遥感信息, 2016, 31(3): 130-135.

(上接第 209 页)

(5) 为保证研究口径的统一性,本研究只统计 2006—2015 年近 10 a 的官方数据,时间尺度小,因此,研究结果不能完全反映福建省 9 地市的生态效率情况,仅作为参考。在生态效率指标的选取上,主要根据数据的易得性和可操作性,所建立的指标体系在反应生态效率的内涵和外延上还有一定的局限性。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 邹艳芬. 中国能源利用效率测度的国际对比研究[J]. 资源科学, 2013, 35(11): 2131-2141.
- [2] 刘丙泉,于晓燕,李永波. 基于共同前沿模型的中国区域生态效率差异研究[J]. 科技管理研究, 2016, 36(5): 211-214.
- [3] 郭露,徐诗情. 基于超效率 DEA 的工业生态效率: 以中部六省 2003—2013 年数据为例[J]. 经济地理, 2016, 36(6): 116-121.
- [4] 鄂慧芳,杜金柱. 基于超效率 DEA 模型的中国区域生态效率测度与差异分析[J]. 财经理论研究, 2015(4): 55-63.
- [5] 关伟,许淑婷. 中国能源生态效率的空间格局与空间效应[J]. 地理学报, 2015, 70(6): 980-992.
- [6] 陈梅,赵炜涛,邹雪雅. 中国两型社会试验区生态效率对比研究[J]. 科技进步与对策, 2015, 32(22): 39-45.
- [7] 戴志敏,曾宇航,郭露. 华东地区工业生态效率面板数据研究: 基于整合超效率 DEA 模型分析[J]. 软科学, 2016, 30(7): 35-39.
- [8] 许治,陈志荣,邓芹凌. 国家级创新型城市技术成就指数俱乐部收敛效应[J]. 科学学研究, 2013, 31(5): 790-800.
- [9] 张惠萍. 信息服务业的空间分布、区位策略与集聚: 以福建省为例[J]. 华东经济管理, 2013, 27(7): 79-84.
- [10] 张煜,孙慧. “丝绸之路经济带”9 省区市全要素生产率比较: 基于 DEA-Malmquist 指数法的研究[J]. 新疆社会科学, 2015(2): 15-22.
- [11] 胡尧. 关于成都城市生态经济建设的 SWOT 分析及对策建议: 基于景观生态学的视角[J]. 西部经济理论论坛, 2016, 27(2): 22-25.
- [12] 樊胜岳,陈玉玲,徐均. 基于公共价值的生态建设政策绩效评价及比较[J]. 公共管理学报, 2013, 10(2): 110-116.