

# 成都经济区植被景观格局及其破碎化研究

王丽, 刘廷国, 彭敏好

(1. 西南科技大学理学院, 四川绵阳621010; 2. 西南科技大学环境与资源学院, 四川绵阳621010; 3. 成都理工大学地球科学学院, 四川成都610059)

**摘要** 基于成都经济区2004年1:100万土地利用类型图及林相图,在地理信息系统软件ArcGIS和景观结构分析软件Fragstats支持下,从景观总体特征、斑块面积、斑块周长、斑块数和分形维数等角度对其景观格局和破碎化程度进行了较深入的分析评价。结果表明,各景观组分中农业植被面积最大,是整个景观的基质;竹林、竹丛及温带草丛面积较小,呈零散分布;中低海拔针叶林及针阔混交林(马尾松林、华山松林、柏木林、柳杉林、山杨林等)面积和周长皆小,而边界密度较大,景观破碎化程度较为严重。各景观组分的分形维数均较高,趋于2,表明各景观类型的边界褶皱程度均较高,整个景观的边界形状较为复杂,揭示了人类活动对该区域影响巨大。

**关键词** 成都经济区;景观组分;景观格局;破碎化

中图分类号 TU986.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)28-12451-03

## Study on Vegetation Landscape Pattern of Chengdu Economic Region and Its Fragmentation

WANG Li et al (College of Science, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621010)

**Abstract** Based on 1:1 000 000 land use type map and stock map of Chengdu economic region, under the support of geography information systems software ArcGIS and landscape analysis software Fragstats, its landscape pattern and the fragmentation degree were deeply analyzed and evaluated from the angles of the overall landscape characteristics, plaque area, plaque perimeter, plaque number, fractal dimension and so on. The results showed that agriculture vegetation was the matrix of the whole landscape with the largest area. Bamboo forest, bamboo clump and temperate herbosa showed a scattered distribution, with smaller area. The area and perimeter of middle-low elevation coniferous forest and the mixed forest of coniferous forest and broadleaf forest (masson pine forest, Pinus armandi forest, Cupressus funebris forest, Gytomeria fortunei forest, Populus davidiana forest and so on) were smaller, the boundary density was greater and the landscape fragmentation degree was more serious. The fractal dimension of different landscape components were all higher, being inclined to 2. This indicated that the boundary folded degree of each landscape type was all higher and the whole landscape boundary shape was more complex. It was revealed that human activities had greater influences on the region.

**Key words** Chengdu economic region; Landscape components; Landscape pattern; Fragmentation

景观格局通常是指景观的空间结构特征,即景观组成单元的多样性和空间配置,是景观生态学中的一个重要概念<sup>[1-3]</sup>。景观格局分析是景观生态学的基本研究内容,数量化分析景观组分的空间分布特征,是进一步研究景观功能和动态的基础<sup>[3-6]</sup>。景观破碎化是景观中各生态系统之间的功能联系断裂或连接性减少的现象<sup>[7]</sup>,也指由于自然或人为因素干扰所导致的景观由简单趋于复杂的过程,即景观由单一、均质和连续的整体趋向于复杂、异质和不连续的斑块镶嵌体的过程,是一种景观动态<sup>[8-10]</sup>。

景观破碎化引起斑块数目、形状和内部生境3个方面的变化,不仅会引起外来物种的入侵、改变生态系统结构、影响物质循环、降低生物多样性,还会影响景观的稳定性,即景观的干扰阻抗与恢复能力<sup>[11-13]</sup>。景观格局及其变化是自然、社会和生物要素相互作用的结果,特别是人类活动加剧导致景观破碎化,对生物多样性的影响日趋严重,甚至还会引起人类社会经济结构的变化,最终将影响到人类的生存与发展<sup>[11,15-16]</sup>。

## 1 研究区域与方法

**1.1 自然概况** 成都经济区指四川盆地西部,地理坐标101°55'~105°43'E,28°25'~33°03'N,包括成都市、德阳市、绵阳市、眉山市全部及乐山市、雅安市东部地区。该区总面积60 829 km<sup>2</sup>,占全省土地总面积的10%,是“天府之国”的核心地带;由东部丘陵、中部平原(海拔350~700 m)及西部山区(海拔800~5 400 m)组成,以平原及低山为主;研究区属偏湿性亚热带东南季风气候。但是,由于东西南北之间具有显著

的地貌差异,因此出现平坝暖、低山凉、中山寒的多种气候类型并存的格局;植被类型丰富多样。

**1.2 景观组分** 根据研究区土地类型和植被图,将其景观划分为12个景观组分:T1为高海拔区常绿针叶林,包括青杆林、青海云杉林、云杉林、冷杉林、圆柏林等植被类型;T2为中低海拔针叶林及针阔混交林,包括马尾松林、华山松林、柏木林、柳杉林、桦林等植被类型;T3为中低海拔落叶阔叶林,包括山杨林、川白桦林、枫香林等植被类型;T4为中低海拔常绿及落叶阔叶林,包括青冈林、栲树林、石栎林、高山栎林等植被类型;T5为竹林及竹丛,包括毛竹林、水竹林、苦竹林、箭竹林等植被类型;T6为中低海拔软阔叶落叶灌丛,包括黄荆、马桑、硬叶柳、榛子、蔷薇、栓皮栎及麻栎灌丛等植被类型;T7为亚高山软阔叶落叶灌丛,包括窄叶鲜卑花、鬼箭锦鸡儿、绢毛蔷薇及匍匐栒子灌丛等植被类型;T8为亚高山革质常绿阔叶灌丛,包括亮鳞杜鹃、草原杜鹃、腋花杜鹃、黄毛杜鹃及金背枇杷灌丛等植被类型;T9为温带草丛,包括扭黄茅、龙须草、白茅草丛等植被类型;T10为中高海拔草甸,包括狗牙根、白茅、小嵩草、四川嵩草、圆穗蓼、珠芽蓼草甸等植被类型;T11为农业植被,包括冬(春)小麦、玉米、早熟棉花、哈密瓜、苹果、葡萄园、桑田、油桐林、柑橘园等植被类型;T12为水域及沙洲景观组分。

**1.3 研究方法** 通过综合成都市、德阳市、绵阳市、眉山市全部及乐山市、雅安市东部地区的土地利用现状图、林相图,在ArcGIS上建立成都经济区植被类型数据库。为从宏观上清晰地显示景观环境,采用1:100万的比例尺。用景观结构分析Fragstats软件计算相关景观指数<sup>[2,17-18]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 景观格局的总体特征** 研究区总面积60 400.00 km<sup>2</sup>,分为12个景观组分类型,共有658个斑块,各景观组分斑块的

基金项目 国土资源部中国地质调查局基金项目(200314200018)。

作者简介 王丽(1980-),女,四川成都人,讲师,从事数据挖掘应用研究。

收稿日期 2008-07-30

面积和周长极不均衡。12 个景观组分的特征见表 1。各景观组分面积之比 T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 = 1 1.99 0.70 2.00 1.11 4.23 0.10 0.48 0.80 0.91 11.90

0.70。整个景观中农业植被面积最大,占绝对优势,是整个景观的基质,控制着整个景观的物质和能量流动;竹林、竹丛及其他组分是景观缀块,镶嵌分布在基质中。

表1 成都经济区景观格局

Table 1 Landscape pattern of Chengdu economic region

斑块特征代码 Code of patch characteristics	斑块数 Patch number 个	斑块总面积 Total plaque area km <sup>2</sup>	平均斑块面积 Average plaque area km <sup>2</sup>	类型面积 Area of each type/ 总面积 total area	最小斑块面积 Minimum plaque area km <sup>2</sup>	最大斑块面积 Maximum plaque area km <sup>2</sup>	斑块总周长 Total plaque girth km	平均斑块周长 Average plaque girth km	最小斑块周长 Minimum plaque girth km	最大斑块周长 Maximum plaque girth km
T1	45	2 330.79	51.80	0.038 6	2.82	357.86	2 027.82	45.06	6.40	261.61
T2	164	4 630.16	28.23	0.076 7	1.58	861.58	5 152.44	31.42	5.75	730.18
T3	39	1 629.80	41.79	0.027 0	4.96	214.05	1 506.70	38.63	10.05	167.22
T4	109	4 663.57	42.79	0.077 2	0.83	345.86	4 153.05	38.10	4.34	222.75
T5	36	2 577.58	71.60	0.042 7	18.35	552.01	2 168.11	60.23	43.42	222.75
T6	99	9 856.39	99.56	0.163 2	2.65	723.02	3 779.23	38.17	7.03	403.55
T7	4	228.78	57.20	0.003 8	77.34	36.06	205.30	51.33	30.04	69.50
T8	13	1 120.29	86.18	0.018 5	19.47	323.65	961.26	73.94	23.78	241.35
T9	72	1 873.58	26.02	0.031 0	0.35	191.00	1 956.27	27.17	2.48	157.24
T10	23	2 119.89	92.17	0.035 1	3.96	492.64	1 603.22	69.71	8.18	299.96
T11	34	27 731.99	815.65	0.459 1	0.10	3 419.21	24 522.46	721.25	1.76	3 105.67
T12	20	1 637.17	81.86	0.027 1	0.39	1 374.84	4 011.66	200.58	2.38	3 383.83
研究区 Research area	658	60 400.00	91.79	-	0.10	3 419.21	52 047.52	79.10	1.76	3 383.83

**2.2 景观组分面积特征** 各景观组分拥有的面积极不均衡(表1),亚高山软阔叶落叶灌丛面积最小,为228.78 km<sup>2</sup>;农业植被面积最大,为27 731.99 km<sup>2</sup>,是该区主导景观类型。景观组分类型的面积大小依次为T11 > T6 > T4 > T2 > T5 > T1 > T10 > T9 > T12 > T3 > T8 > T7,森林类型中冷杉林分布面积较大。景观类型在整个景观中所占的面积比例表明了其在相对意义上对整个景观的贡献率。因景观总面积为定值,各个景观组分面积所占总面积比例的大小与各个景观组分面积大小的顺序相同(表1)。比例最高者的农业植被达45%以上;中低海拔软阔叶落叶灌丛占16%以上,包括黄荆、马桑、硬叶柳、榛子、蔷薇、栓皮栎及麻栎灌丛等植被类型;中低海拔常绿及落叶阔叶林占7%以上。

由表1 还可看出,各景观组分斑块平均面积之间的差异相对于各景观组分面积之间的差异有所增大。农业用地的斑块平均面积最大(815.65 km<sup>2</sup>),破碎化程度最低;温带草斑块平均面积最小(26.02 km<sup>2</sup>)。所有景观组分斑块平均面积的顺序为T11 > T6 > T10 > T8 > T12 > T5 > T7 > T1 > T4 > T3 > T2 > T9。总体趋势是草地和灌丛的斑块平均面积较森林类型大,即该区森林景观的破碎化程度要高于草地和灌丛。森林景观各组分的分布面积小于草地和灌丛,平均斑块面积较小,破碎化程度高。

**2.3 景观组分周长** 成都经济区景观组分的平均周长为79.1 km,各景观组分周长比T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 = 1 2.54 0.74 2.05 1.07 1.86 0.10 0.47 0.96 0.79 12.09 1.98;农业用地和中低海拔针叶林及针阔混交林的周长占总周长的比例高于其他类型。各个景观组分周长之间也存在较大差异,周长最大者为农业用地,最小者为亚高山软阔叶落叶灌丛(表2)。各景观组分斑块周长的顺序为T11 > T2 > T4 > T12 > T6 > T5 > T1 > T9 > T10 > T3 > T8 > T7,其总体趋势与景观组分面积分布类似。各景观类型周长与景

观总周长的比例对于研究一些分布在边界的物种很有意义。该区景观中,类型周长与总周长的比例高者达0.470,而低者仅0.004。景观类型的斑块平均周长从统计意义上揭示出一个景观类型的斑块拥有边界的长度。农业用地拥有最大的斑块平均周长(721.25 km),温带草的斑块平均周长最小(27.17 km)。各个景观组分斑块平均周长的顺序为T11 > T12 > T8 > T10 > T5 > T7 > T1 > T3 > T6 > T4 > T2 > T9,农业用地及亚高山革质常绿阔叶灌丛的斑块平均周长要高于其他类型。

表2 成都经济区景观组分周长特征

Table 2 Girth characteristics of landscape components in Chengdu economic region

代码 Code	周长 Girth km	类型周 长/总周 长 Girth of each type/ total girth	斑块平 均周长 Average plaque girth km	类型周 长/类 型面积 Girth of each type/ Area of each type	类型周 长/总面 积 Girth of each type/ total area
T1	2 027.82	0.040	45.06	0.87	0.03
T2	5 152.44	0.100	31.42	1.11	0.09
T3	1 506.70	0.030	38.63	0.92	0.02
T4	4 153.05	0.080	38.10	0.89	0.07
T5	2 168.11	0.040	60.23	0.84	0.04
T6	3 779.23	0.070	38.17	0.38	0.06
T7	205.30	0.004	51.33	0.90	0
T8	961.26	0.020	73.94	0.86	0.02
T9	1 956.27	0.040	27.17	1.04	0.03
T10	1 603.22	0.030	69.71	0.76	0.03
T11	24 522.46	0.470	721.25	0.88	0.41
T12	4 011.66	0.080	200.58	2.45	0.07

景观类型的边界密度指景观类型周长与类型面积之比,表明一个景观类型单位面积所拥有周长的度量。单位面积的周长值大,则景观类型被边界割裂的程度高;反之,景观类型保存完好,连通性高。因此,该指标在一定程度上反映了景观类型的破碎化程度。所有景观组分中,除河流及沙洲

外,最高者为中低海拔针叶林及针阔混交林,最低者为中低海拔软阔叶落叶灌丛,各个景观组分边界密度的总体顺序为  $T12 > T2 > T9 > T3 > T7 > T4 > T11 > T1 > T8 > T5 > T10 > T6$ 。该顺序与景观组分斑块总周长的分布顺序( $T11 > T2 > T4 > T12 > T6 > T5 > T1 > T9 > T10 > T3 > T8 > T7$ ) 排列趋势相反,与景观组分斑块总面积的分布顺序( $T11 > T6 > T10 > T8 > T12 > T5 > T7 > T1 > T4 > T3 > T2 > T9$ ) 相比较,可得出以下3种结论:面积和周长皆大,而边界密度比较小者,景观破碎化程度低,如黄荆灌丛、马桑灌丛等;面积和周长皆小,而边界密度较大者,景观破碎化程度较为严重,如马尾松林、华山松林、山杨林、川白桦林等;面积和周长较小,边界密度也较低者,如青海云杉林、云杉林、冷杉林等,相对较为完整,破碎化程度居前2种情况之间。

**2.4 景观组分斑块数** 全区共有658个斑块,各景观组分拥有的斑块数也很不均衡(表3),中低海拔针叶林及针阔混交林拥有164个斑块,数量最多,占总斑块数的25%;中低海

表3 成都经济区景观组分斑块特征

Table 3 Haque characteristics of landscape components in Chengdu economic region

代码 Code	斑块数 Haque number	类型斑块数 总斑块数 Haque number of each type/ total plaque number	类型斑块数 总面积 Haque number of each type/ total area	类型斑块数 类型面积 Haque number of each type/ Area of each type
T1	45	0.07	0.000 7	0.019
T2	164	0.25	0.002 7	0.035
T3	39	0.06	0.000 6	0.024
T4	109	0.17	0.001 8	0.023
T5	36	0.05	0.000 6	0.014
T6	99	0.15	0.001 6	0.010
T7	4	0.01	0.000 1	0.017
T8	13	0.02	0.000 2	0.012
T9	72	0.11	0.001 2	0.038
T10	23	0.03	0.000 4	0.011
T11	34	0.05	0.000 6	0.001
T12	20	0.03	0.000 3	0.012

拔常绿及落叶阔叶林有69个斑块,占总斑块数的17%;中低海拔软阔叶落叶灌丛有99个斑块,占总斑块数的15%;温带草丛有72个斑块,占总斑块数的11%;其他均在10%以下。人类活动中低海拔针叶林及针阔混交林、中低海拔常绿及落叶阔叶林、温带草丛斑块数量多而面积小,破碎化程度较高,这些都是人类活动较频繁的地域,从一个侧面反映了人类活动的影响,也是景观破碎化程度加剧的一个主要原因。

类型斑块数与景观面积之比表示景观基质被该类型斑块分割的程度,即这一景观组分在整个景观上的斑块密度(亦称孔隙度),这一指标对生物保护、物质和能量分布具有重要影响。孔隙度高,表明该类型在景观中分布广,影响大。孔隙度最高者是中低海拔针叶林及针阔混交林,对整个景观的影响最大;而最低者为高山软阔叶落叶灌丛。各个景观组分的斑块密度(景观组分的斑块数/景观组分面积)更直接地反映了景观组分的破碎化程度。斑块密度最低者为农业用地,说明其最为完整。

**2.5 景观组分邻近度** 景观类型的邻近度指数(MPI),用以度量同种景观类型各斑块间的邻近程度,反映景观格局的破碎程度。值越大,表明其连接度越高,破碎化程度越低,计算公式为<sup>[2]</sup>:

$$MPI_i = \frac{n}{\sum_{j=1}^n h_{ij}^2 \cdot n_i} a_{ij} \quad (1)$$

式中,  $MPI_i$  为邻近度指数,  $n_i$  为景观组分的斑块数量,  $a_{ij}$  为  $i$  景观组分中某斑块面积( $m^2$ ),  $h_{ij}$  为从某斑块到同类斑块的最近距离。

根据计算得出,农业用地的MPI最小,中低海拔针叶林及针阔混交林的MPI最大,说明农业用地连接度最好,保持得最为完整;中低海拔针叶林及针阔混交林的连接度最差。

**2.6 景观组分斑块面积与周长的分形关系** 分维或分形维数可直观地理解为不规则几何形状的非整数维数,这些不规则的非欧几里德几何形状通称为分形,该指标用于揭示各景观组分的边界褶皱程度,各景观组分遵从一致的分形规律。该处采用双对数回归分维数表示,计算公式为<sup>[2]</sup>:

$$DLFD_i = \frac{2}{\left\{ N_{i=1j=1}^{m,n} [\ln(P_{ij}) \ln(a_{ij})] \right\} - \left[ \sum_{i=1j=1}^{m,n} \ln(a_{ij}) \right] \left\{ N_{i=1j=1}^{m,n} [\ln(P_{ij}^2)] \right\} - \left[ \sum_{i=1j=1}^{m,n} \ln(P_{ij}) \right]^2} \quad (2)$$

式中,  $DLFD$  为分维数值,  $N$  为斑块数,  $P$  为斑块周长,  $a$  为斑块面积,  $m$  为景观类型数,  $n$  为某景观类型的斑块数。DLFD的取值范围为:1  $DLFD$  2。对二维空间缀块,分维数  $> 1$  表示偏离欧几里德几何形状(如正方形和矩形);当缀块边界形状极为复杂时,  $DLFD$  趋于2。

通过计算得出,除河流与沙洲外,中高海拔区常绿针叶林的分形维数小于其他类型,说明该区域植被的景观边界褶皱程度要小于其他类型;整个景观水平上接近于2,说明整个景观的边界褶皱程度较高。

### 3 结论

(1) 研究区各景观组分拥有的面积极不均衡。农业用地在该区占的面积达27 731.99  $km^2$ ,占全区面积的45%以上,在整个景观中占据绝对优势,连接性和完整性最好,控制着整个景观的能量、物质和物种流动,在整个景观功能上起着重要作用。中低海拔针叶林及针阔混交林、中低海拔常绿及

落叶阔叶林在景观中占有一定的面积比例,呈小面积零散分布,显示高度的破碎化状态。

(2) 林地景观类型特别是中低海拔针叶林及针阔混交林在整个景观中拥有较高的边界密度,显示出相对较高的破碎化程度。

(3) 就景观组分的斑块数而言,林地景观组分斑块数最多,占全区总面积低于农业用地,同灌丛和草地面积相差不大,而其斑块密度高于草地和灌丛,进一步显示出较高的破碎化程度。

(4) 就邻近度而言,高海拔区常绿针叶林的邻近度指数在森林景观类型中最大,表明其相对较高的连接度,中低海拔针叶林及针阔混交林斑块面积小而距离近,最容易受到干扰而发生重大变化。

(5) 各景观组分斑块均具明显的分形特征,林地景观组

- multiple benefits: Multifunctionality of integrated farming systems in Northeast Thailand[J]. *Agricultural Systems*, 2007, 94: 694 - 703.
- [6] 徐高福. 建设千岛湖新型多功能景观游憩林[J]. 云南林业调查规划设计, 2000, 25(1): 54 - 59.
- [7] 丰炳财, 徐高福, 胡锦涛, 等. 千岛湖区新型多功能景观游憩林建设研究[J]. 浙江林业科技, 2000, 20(5): 64 - 70.
- [8] 李洪远, 常青, 何迎, 等. 海河综合开发改造与多功能生态堤岸建设[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(6): 26 - 27.
- [9] 谢花林, 李波, 刘黎明, 等. 北京山区景观功能评价——以北京市怀柔区为例[J]. 山地学报, 2004, 22(6): 756 - 761.
- [10] 罗其友, 高明杰, 陶陶. 农业功能统筹战略问题[J]. 中国农业资源与区划, 2003, 24(6): 25 - 29.
- [11] 叶少荫. 我国农业功能的转换与构建农业产业新体系[J]. 福建农林大学学报: 哲学社会科学版, 2003, 6(4): 28 - 31.
- [12] 杭春华. 森林资源景观功能价值分析[J]. 江苏林业科技, 2004, 31(5): 50 - 52.
- [13] 陶陶, 罗其友. 农业的多功能性与农业功能分区[J]. 中国农业资源与区划, 2004, 25(1): 45 - 49.
- [14] 项文化, 闫文德, 方晰, 等. 生态功能需求的演进及测绘及城市森林景观调控[J]. 城市问题, 2005(4): 39 - 41.
- [15] 郑有贵. 农业功能拓展: 历史变迁与未来趋势[J]. 古今农业, 2006(4): 1 - 10.
- [16] 严火其, 沈贵银. 农业功能新论[J]. 南京农业大学学报: 社会科学版, 2006, 6(4): 1 - 5.
- [17] 李月辉, 胡志斌, 常禹, 等. 采伐影响下森林景观服务功能变化研究[J]. 自然资源学报, 2006, 21(1): 100 - 108.
- [18] R·福尔曼, M·戈德罗恩. 景观生态学[M]. 肖笃宁, 等, 译. 北京: 科学出版社, 1990.
- [19] 肖笃宁, 李秀珍, 高峻, 等. 景观生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [20] 肖笃宁, 李团胜. 试论景观与文化[J]. 大自然探索, 1997, 16(2): 68 - 71.
- [21] 宋红波, 田治慧. 浅谈森林生态系统服务功能[J]. 防护林科技, 2004(6): 47, 71.
- [22] FORMAN R T T, GODRON M. Patches and structural components for a landscape ecology[J]. *Bo Science*, 1981, 31: 733 - 740.
- [23] FORMAN R T T, GODRON M. *Landscape ecology*[M]. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- [24] 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.
- [25] FORMAN R T T. *Land mosaics: The ecology of landscape and regions*[M]. London: Cambridge University Press, 1995.
- [26] 张小飞, 王仰麟, 李正国. 景观功能网络的等级与结构初探[J]. 地理科学进展, 2005, 24(1): 53 - 60.
- [27] 马潇. 居住小区景观功能化设计研究初探[J]. 山西林业, 2006(1): 31 - 34.
- [28] 张小飞, 王仰麟, 李正国. 基于景观功能网络概念的景观格局优化——以台湾地区乌溪流域典型区为例[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1707 - 1713.
- [29] 郝娜, 姜东厚. 城市景观路生态原理的应用实践[J]. 辽宁交通科技, 2005(2): 80 - 81.
- [30] XUEHU M, XINGFUL, RONGFEN W. China's wetlands and agro-ecological engineering[J]. *Ecological Engineering*, 1993, 2(3): 29 - 301.
- [31] 陈彩虹, 姚士谋, 陈爽. 城市化过程中的景观生态环境效应[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(3): 1 - 5.
- [32] 李琦, 付贺梅, 文庆, 等. 城市铁路廊道开发利用初探[J]. 世界地理研究, 2006, 15(1): 83 - 86, 77.
- [33] 祝遵凌, 芦建国, 胡海波, 等. 高速公路绿化景观功能及其实现[J]. 风景园林, 2006, 19(5): 85 - 88.
- [34] 陈娟, 白光润. 城市化景观生态分析[J]. 上海城市规划, 2004(4): 10 - 13.
- [35] 廖富强, 朱晓东. 以江苏武进外向型农业开发区为例探讨都市农业景观与功能[J]. 江西科学, 2003, 21(1): 5 - 9.
- [36] 刘军萍, 荣文芳, 卢宏升. 北京农业功能区划研究[J]. 中国农业资源与区划, 2006, 27(5): 49 - 54.
- [37] 张小舟. 论开发和利用农业新的替代性资源[J]. 求索, 2007(6): 38 - 39.
- [38] 罗其友, 陶陶, 姜文来, 等. 我国东北地区农业功能区划研究[J]. 农业现代化研究, 2005, 26(6): 407 - 412.
- [39] 廖艳红, 朱忠东. 湖南省森林植物园的资源整合和景观展现[J]. 南方建筑, 2005(6): 22 - 25.
- [40] 靳芳, 张振明, 余新晓, 等. 甘肃祁连山森林生态系统服务功能及价值评估[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(1): 53 - 57.
- [41] 郭庆敏, 宋红波. 浅谈森林生态系统服务功能[J]. 林业劳动安全, 2004, 17(4): 29 - 30, 37.
- [42] 张小飞, 王仰麟, 李正国, 等. 小尺度森林生态功能分区研究——以台湾惠荪林场为例[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 2081 - 2085, 2097.
- [43] 彭建, 王仰麟, 景娟, 等. 城市景观功能的区域协调规划——以深圳市为例[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1714 - 1719.
- [44] 肖笃宁, 胡远满, 李秀珍, 等. 环渤海三角洲湿地的景观生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [45] 王鹏飞, 李学明, 孔德政, 等. 郑州市雁鸣湖风景区的景观功能分区与质量评估[J]. 河南科学, 2005, 23(1): 150 - 152.
- [46] 角媛梅, 杨有洁, 胡文英, 等. 哈尼梯田景观空间格局与美学特征分析[J]. 地理研究, 2006, 25(4): 624 - 633.
- [47] DENNY P. Biodiversity and wetlands[J]. *Wetlands Ecology & Management*, 1994, 3(1): 55 - 61.
- [48] BARTOLDUS C C. EPW: A procedure for the functional assessment of planned wetlands[J]. *Water, Air, & Soil Pollution*, 1994, 77(3/4): 533 - 541.
- [49] MISCHE W J. *Global wetlands: Old world and New world*[M]. Elsevier Science, Amsterdam, the Netherlands, 1994: 112.
- [50] HAMMER D A. Designing constructed wetlands systems to treat agricultural nonpoint source pollution[J]. *Ecological Engineering*, 1992, 1(1/2): 49 - 82.
- [51] BOOTHBY J. Framing a strategy for pond landscape conservation: aims, objectives and issues[J]. *Landscape Research*, 1999, 24(1): 67 - 83.

(上接第12453页)

分中高海拔区常绿针叶林的分形维数值较低, 其余类型较高, 说明整体上这些景观组分边界的褶皱程度均较高, 从一个侧面反映了人类活动对该区域的影响。

人类在利用山地资源的同时, 不可避免地会带来一些不利影响, 因此, 如何加强各种保护措施, 减少各种对生态环境不利的干扰, 加强区域生态景观建设和生态安全控制, 以期达到人与环境的协调发展, 是人类所面临也必须解决的关键问题。

#### 参考文献

- [1] 李哈滨, 伍业钢. 数量方法在景观生态学中的应用[C]// 刘建国. 现代生态学研究进展. 北京: 中国科技出版社, 1992: 209 - 233.
- [2] 杨国靖, 肖笃宁. 森林景观格局分析及破碎化评价——以祁连山西水自然保护区为例[J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 56 - 61.
- [3] 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.
- [4] 胥晓, 郑伯川, 陈友军. 嘉陵江流域植被景观的空间格局特征[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(3): 373 - 378.
- [5] FORMAN R T T, GODRO M. *Landscape ecology*[M]. New York: John Wly, 1986.
- [6] NAVEH Z, HEBERMAN A S. *Landscape ecology, theory and application*[M]. New York: Springer-Verlag, 1985.
- [7] 王礼宪, 布仁仓, 胡远满, 等. 辽河三角洲湿地的景观破碎化分析[J]. 应用生态学报, 1996(3): 299 - 304.
- [8] LAURANCE WF, LOVEJOY TE, VASCONCELOS HL, et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: A 22-year investigation[J]. *Conservation Biology*, 2002, 16: 605 - 618.
- [9] SAUNDERS D A, HOBBS R J, MARGULES C R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review[J]. *Conservation Biology*, 1991, 5: 18 - 32.
- [10] 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: 20 - 21.
- [11] 丁立仲, 徐高福, 卢剑波, 等. 景观破碎化及其对生物多样性的影响[J]. 江苏林业科技, 2005, 32(4): 45 - 49, 57.
- [12] ALMO F. *Landscape ecology in action*[M]. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher, 2000.
- [13] TROMBULAK S C, FRISSELL C A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities[J]. *Conservation Biology*, 2000, 14: 18 - 30.
- [14] SKOLE D L, CHOMENTOWSKI W H, SALAS W A, et al. Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia[J]. *Bioscience*, 1994, 44(5): 314 - 322.
- [15] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [16] 肖笃宁, 解伏菊, 魏建兵, 等. 区域生态建设与景观生态学的使命[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1731 - 1736.
- [17] 卢玲, 李新, 程国栋, 等. 黑河流域景观结构分析[J]. 生态学报, 2001, 21(8): 1217 - 1224.
- [18] 张芸香, 郭晋平. 森林景观斑块密度及边缘密度动态研究[J]. 生态学杂志, 2001, 20(1): 18 - 21.