

## 庞泉沟国家级自然保护区森林景观格局动态

夏伟伟, 韩海荣, 伊力塔, 程小琴

(北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 以 1990 年 TM, 1999 年 ETM 和 2004 年 SPOT 5 等 3 期卫星影像数据为基础资料, 应用遥感技术 (RS) 和地理信息系统 (GIS) 技术, 通过斑块密度、多样性指数、均匀度指数和聚合度等多种指标, 对山西省庞泉沟国家级自然保护区的森林景观格局动态进行全面分析。结果表明: 研究时段内的景观总体的斑块密度和边缘密度持续增加, 表明景观总体的破碎化程度增加。景观整体的多样性有所下降, 均匀度指数也处于低水平, 说明景观中的优势类型逐渐加强其优势地位。保护区管理部门应密切关注景观破碎化现象, 建议调整经营措施, 控制人为干扰, 延长采伐周期, 增加林分郁闭度。表 4 参 12

**关键词:** 森林测计学; 森林景观; 景观格局; 动态分析; 地理信息系统; 庞泉沟国家级自然保护区

**中图分类号:** S758.8      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-5692(2008)06-0723-05

## Dynamics of forest landscape pattern in Pangquangou National Nature Reserve

XIA Wei-wei, HAN Hai-rong, YI Li-ta, CHENG Xiao-qin

(The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of the Ministry of Education, Beijing Forest University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Based on 1990 TM, 1999 ETM and 2004 SPOT 5 satellite images, the geographic information system (GIS) technique was used to analyze the forest landscape dynamic of Pangquangou National Nature Reserve with indices including patch density, Shannon's diversity index, Shannon's evenness index and landscape aggregation index. The analysis of forest landscape dynamics indicated that the average size of woodland patches was gradually increased. During the research period, patch density and edge density of whole landscape were on the rise, which indicated that the whole landscape had a fragmentation trend. The forest landscape diversity decreased. As the dominant landscape type had more advantages, the heterogeneity of whole landscape was lower. The management departments of the reserve should pay great attention to the landscape fragmentation. They should adjust the management measures, control jamming, prolong the logging cycle, and increase the canopy density of stand. [Ch, 4 tab. 12 ref.]

**Key words:** forest mensuration; forest landscape; landscape pattern; dynamic analysis; geographic information system (GIS); Pangquangou National Nature Reserve

森林景观动态是指森林景观的结构和功能随时间发生变化的过程和规律。景观动态研究的目的是为了了解和掌握景观功能随景观结构变化而变化的过程和规律, 从而为人类采取健康的生产生活方式和科学有效的景观调控管理提供科学依据<sup>[1-3]</sup>。森林景观的动态常通过多个方面的结构特征表现出来, 并可以应用数量化方法加以描述和分析。通过对研究地区不同时期森林景观的组成结构、斑块特征及

收稿日期: 2008-03-14; 修回日期: 2008-06-10

基金项目: “十五”国家科技攻关项目(2001BA510B11-03); 北京林业大学研究生培养基金资助项目(06jj016)

作者简介: 夏伟伟, 硕士研究生, 从事森林生态系统研究。E-mail: vivid19833@126.com。通信作者: 韩海荣, 教授, 博士生导师, 从事森林生态系统等研究。E-mail: hanhr@bjfu.edu.cn

景观要素空间分布格局进行动态分析,可以有效地揭示研究地区景观整体变化的规律和可能的影响因素<sup>[4-10]</sup>。本研究通过对山西省庞泉沟国家级自然保护区森林景观格局动态的研究,将景观生态学理论和方法进入到自然保护区的规划管理中,在合理组织和配置森林景观组成要素和景观结构成分,保持建设森林景观的结构,维护森林景观的健康和稳定等方面,为该地区的经营建设提供理论依据。

## 1 研究区概况

山西省庞泉沟国家级自然保护区地处吕梁山脉中段,位于山西省交城县西北部和房山县东北部,地理位置位于 37°45′ ~ 37°55′N, 111°22′ ~ 111°33′E,南北长 15.0 km,东西长 14.5 km,海拔为 1 600 ~ 2 831 m。保护区处于暖温带大陆性季风气候区,受海拔、地形和森林等多种因素的影响,与省内同纬度地区相比,气温偏低,变幅较大,空气湿度偏高,形成典型的山地气候。降水量较充沛,年均 822.6 mm(1983 - 1992 年)。高中山区雨水多,低山区雨水较少,多为区域性降水。全年降水量极不均匀,多集中于 7 - 8 月,占全年降水量的 75% 以上,平均相对湿度 70.9%。区内植物资源丰富,已发现高等植物 88 科 828 种。森林保存较完好,有林地面积 7 709.7 hm<sup>2</sup>,占总面积 73.8%,活立木总蓄积量为 127.2 万 m<sup>3</sup>,森林覆盖率达 85.0%。华北落叶松 *Larix principis-rupprechtii* 天然次生林在境内集中分布,素有“华北落叶松之乡”之称<sup>[11]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

本研究以 2004 年遥感图像为现期,用于研究庞泉沟地区森林景观格局的现状,选用 1990 年和 1999 年 2 期图像作为对照。具体选择数据资料如下:1990 年 8 月 22 日 Landsat 5 TM 分辨率 30.0 m;1999 年 9 月 24 日 Landsat 7 ETM+ 分辨率 15.0 m (3 期比较);2004 年 7 月 1 日 SPOT 5 分辨率 2.5 m(全波段,进行景观要素辨识),分辨率 10.0 m(多光谱波段,进行 3 期比较)。

### 2.2 数据处理

本研究利用 pci 8.2 对 2004 年庞泉沟国家级自然保护区的卫星影像进行了几何校正和图像融合等处理。以关帝山地区的 1 : 5 万地形图作为参考,采用的是 Krasovsky 1940 坐标系, Gauss Kruger 投影方式,对多光谱影像进行几何校正。使用 Arcview 3.2 对遥感影像进行勾绘,数据格式转换。应用 FRAGSTATS 3.3 计算景观指数<sup>[12]</sup>。

### 2.3 主要景观格局的指标与计算方法

2.3.1 多样性指数  $H = - \sum_{i=1}^m P_i \ln(P_i)$ 。其中:  $H$  为 Shannon 指数,  $P_i$  为景观类型中斑块数与面积之比。表示景观要素的多少和各景观要素所占比例。景观为均质时,多样性指数为 0。各景观类型所占比例相等时,景观多样性最高。

2.3.2 均匀度指数  $E = \frac{H}{H_{\max}}$ 。均匀度是景观实际多样性指数( $H$ )与最大多样性指数( $H_{\max}$ )的相对比值。其中:  $H_{\max} = - \log_2 \frac{1}{m}$ 。

2.3.3 聚合度  $A_1 = \left( \frac{g_{ij}}{\max g_{ij}} \right) (100)$ 。其中:  $g_{ij}$  为基于 double-count 方法的斑块相似性的邻接数。  $A_1$  的取值范围为 [0, 100]。  $A_1$  取值小说明景观总体由相互分散交错分布的许多异质小斑块组成,景观的异质程度高;  $A_1$  取值大则表明景观由少数较大斑块组成,异质程度较低。聚合度指数也可针对个别景观要素进行分析,这时它表示该景观要素与景观内其他异质景观要素的聚集程度。景观聚集度描述景观中不同景观要素的团聚程度,反映一定数量的景观要素在景观中的相互分散性。

### 3 结果与分析

#### 3.1 景观斑块动态

3.1.1 景观要素组成动态 根据研究目的、研究对象特点和卫星影像分辨性能，建立了以植被优势成分为主要依据的景观要素分类系统，即有林地（华北落叶松林、云杉 *Picea asperata* 林、油松 *Pinus tabulaeformis* 林和阔叶林），疏林地，草甸（山地草甸、亚高山草甸），灌丛，农田，居民区和特殊用地。在对研究区景观动态的研究中，分别在 2 个分类等级水平上，通过计算各景观要素的面积比，分析 3 个时期景观要素组成结构的动态变化。由表 1 可见，研究区有林地的面积比始终是最高的，3 期数据都在 79% 左右，优势十分明显。从总体来看，有林地是研究区的景观基质，在控制景观整体结构、功能和动态过程中起着主导作用。疏林地在整体景观中占较大比例，在维持当地景观环境稳定性和多样性方面发挥着重要作用。1990 - 1999 年期间疏林地的面积比下降幅度较大，与此同时有林地的面积从 78.85% 上升到 79.91%，说明有部分疏林地 toward 有林地转化了。灌丛在 1990 - 1999 年下降幅度较大，1999 - 2004 年有明显的恢复。这说明 1990 - 1999 年，在森林恢复初期，直接从灌丛恢复为有林地的过程较为缓慢，森林首先在立地条件相对较好的斑块得到恢复，同时将原来的部分灌丛斑块分割开，在一定程度上减少了灌丛面积。1999 - 2004 年灌丛面积又有较大幅度的增加，这一变化反映了由于退耕还林使部分废弃农田转化为灌丛。农田在整体景观中的地位和作用也不容忽视，1999 年后由于许多农田弃耕后变为草甸或灌丛，同时在深山区的农田随着一些居民点的废弃而弃耕，使农田的面积比有所下降。居民区是重要的干扰源，其变化也是影响景观动态的重要因子。1990 - 2004 年，居民点变化表现为先降低后升高，降低是由于废弃了一些深山区和小型的居民点，升高是由于社会发展使原来村庄的规模有较大幅度的扩展。特殊用地的面积比一直都在增加，这是由于研究区社会经济的发展和旅游产业的开发，修建了多条道路和加宽了原有道路导致的。

表 1 一级景观要素面积比例和斑块平均规模动态分析表

Table 1 The dynamics of proportion of landscape element area and patch mean scale of landscape element in first level

景观要素类型	面积比/%			斑块平均规模/hm <sup>2</sup>		
	1990	1999	2004	1990	1999	2004
有林地	78.85	79.91	79.21	37.778	34.052	29.962
疏林地	14.20	12.73	12.12	7.747	22.989	4.984
灌丛	1.73	0.64	3.74	5.535	2.612	2.945
草甸	1.67	3.00	1.15	3.592	4.207	5.869
农田	1.02	1.27	1.13	2.983	4.280	1.190
居民区	0.69	0.35	0.65	1.780	1.892	3.205
特殊用地	1.83	2.10	2.21	4.398	2.992	7.836
景观总体				21.404	22.822	13.140

3.1.2 景观要素斑块平均规模变化 斑块平均规模是某类景观要素斑块面积的算术平均值，它可以提供某类景观要素斑块大小的整体概念。分别对景观要素各个时期的各类景观要素斑块面积进行统计，计算其斑块平均面积，结果见表 1。由表 1 可见，研究区森林景观整体斑块规模变化过程是先变大再变小，1990 - 1999 期间增幅较小，到 2004 年就急减至 13.140 hm<sup>2</sup>。进一步分析各景观要素类型斑块规模的变化可以发现，有林地的斑块规模一直在减小，但降幅越来越小，表明有林地斑块大小逐渐趋于稳定。疏林地在研究期间先大幅增加又大幅下降，其斑块规模增大的原因有可能是 20 世纪 90 年代国民经济发展时期，大力开发森林资源，大量使用林业产品，林场经营方针重采伐轻抚育等；斑块规模减小的原因是部分疏林地由于森林演替转化成有林地类型，较大的斑块也被有林地或其他类型分割成小斑块。居民点的斑块规模始终是各类要素中最小的，但它们增大的趋势也很明确，人口增加、居

民点的相对集中和当地居民生活水平的提高,都是居民点斑块规模扩大的内在动力。灌丛和草甸的斑块规模逐步缩小,表明灌丛和草甸的大斑块由于森林的恢复而被分割蚕食。进一步对各森林类型斑块规模的变化进行分析,将有助于了解森林类型斑块动态及其转换关系。为此,对各时期有林地4个森林类型的斑块平均规模进行统计分析,结果见表2。由表2可知,有林地不同森林类型斑块规模动态变化格局有明显差异。落叶松林的斑块平均规模3个时期基本持平,表明落叶松林一直都是大斑块并趋于稳定,在保护区内保护完好。云杉林斑块平均规模大幅下降,云杉林斑块有破碎化趋势。阔叶林保持持续大幅增长,这是由于封山育林,合理采伐等活动使疏林地的郁闭度增加逐渐转换为阔叶林,但保护区实验区内的阔叶林郁闭度仍不高。油松林在1990-1999年期间斑块规模有一定的下降,说明此期间增加了部分小斑块。

表2 4个森林类型景观指数动态分析表

Table 2 The dynamics of landscape indices in four forest types

森林类型	斑块平均规模/hm <sup>2</sup>			斑块密度/(个·hm <sup>-2</sup> )			边缘密度/(个·km <sup>-1</sup> )		
	1990	1999	2004	1990	1999	2004	1990	1999	2004
落叶松林	21.648	20.625	21.132	1.420	1.392	1.059	73.209	50.170	106.901
云杉林	11.922	11.727	4.293	1.116	1.921	5.529	32.236	85.801	61.434
阔叶林	8.925	15.577	24.887	1.965	1.013	1.574	61.917	23.449	176.714
油松林	14.009	6.146	13.843	0.982	1.736	0.843	28.119	57.366	21.892

### 3.2 景观异质性动态

3.2.1 景观要素斑块密度和边缘密度动态分析 分别计算景观总体和1级景观要素类型的斑块密度和边缘密度(表3)。由表3可见,1990-2004年期间,景观整体斑块密度和边缘密度都在增加。其中,有林地斑块密度和边缘密度的变化趋势都是逐年递增,这说明有林地斑块破碎化程度逐年增加。疏林地的斑块密度先减少后增加始终处于动态变化之中,说明1990-1999年,部分林地由于经营活动变为疏林地以及灌丛和草甸的转化使疏林的斑块规模增大,进而斑块密度下降;1999-2004年期间,疏林地向林地转化过程致使其斑块密度有所上升。对照各景观要素斑块数的变化,表明有较多的由先锋树种组成的有林地小斑块出现,同时有林地面积也在扩大,使景观整体异质性提高。

表3 1级景观要素斑块密度、边缘密度和聚合度动态分析表

Table 3 The dynamics of patch density, edge density and aggregation indices of landscape element in first level

景观要素类型	斑块密度/(个·hm <sup>-2</sup> )			边缘密度/(个·km <sup>-1</sup> )			聚合度		
	1990	1999	2004	1990	1999	2004	1990	1999	2004
有林地	0.241	0.793	2.643	53.205	90.626	102.886	96.674	96.914	97.830
疏林地	1.902	1.304	2.427	50.989	92.087	110.693	83.908	83.424	85.054
灌丛	0.419	0.158	1.593	7.169	1.607	34.413	85.377	86.187	88.141
草甸	1.170	0.361	0.187	17.267	6.370	7.550	81.713	87.894	89.061
农田	0.142	0.238	0.187	1.730	4.819	2.392	83.861	83.814	83.548
居民区	0.214	0.123	0.299	1.855	2.930	6.189	47.500	78.907	82.619
特殊用地	0.580	0.749	0.271	10.614	15.130	12.681	75.591	84.809	90.494
景观总体	2.810	3.728	7.610	71.415	76.561	138.403			

3.2.2 景观聚合度指数动态分析 由表3可知,有林地总体及各森林类型的聚集程度逐步上升,表明了有林地斑块的扩展,不同森林类型集中分布地带的形成和分化的动态进程,使景观对比度增强,而景观异质性在一定程度上表现出下降趋势。

3.2.3 景观多样性和均匀度 分别计算各个时期不同分类等级水平上的景观多样性指数和均匀度指数, 结果见表 4。由表 4 可见, 在 1 级分类水平上, 景观多样性以 2004 年最高, 1999 年最低。3 级水平上 1990 年最高, 2004 年最低。这种变化反映了研究区的森林恢复过程, 即首先是被采伐和受破坏的针叶林恢复为阔叶林, 其次由阔叶林向针叶林的转换与阔叶林在无林地段的恢复并行。1999 - 2004 年大面积针叶林的增加使 4 个森林类型面积相对关系更趋于平衡。均匀度指数反映了景观中斑块类型的分布的均匀程度。1 级分类水平上, 3 个时期的均匀度指数均处于较低水平, 说明景观中有优势类型存在, 即有林地。3 级分类水平上, 均匀度指数较 1 级分类有了大幅提高, 说明斑块类型分布较均匀, 景观异质性有所提高。

表 4 景观多样性和均匀度指数动态分析  
Table 4 The dynamics of landscape diversity and evenness index

指数	分类等级	指 数		
		1990	1999	2004
多样性指数	1 级分类	0.753 0	0.735 8	0.758 4
	3 级分类	1.802 1	1.672 9	1.662 8
均匀度指数	1 级分类	0.387 0	0.378 1	0.389 8
	3 级分类	0.751 5	0.697 6	0.693 4

## 4 结论与建议

有林地是研究区最重要的景观结构成分, 是景观整体的基质。疏林、灌丛等景观要素在一定的立地条件和环境影响下会向有林地转换。在景观演替过程中, 各类景观要素和形状规模都发生显著变化。无林地斑块平均规模逐步缩小, 中小斑块比例上升, 大型斑块大幅度减少, 尤以灌丛、疏林和草甸斑块的规模明显缩小。有林地斑块平均规模逐步扩大, 其中各森林类型的表现不同, 属于当地演替后期的森林类型。景观异质性动态分析表明, 景观整体的多样性有所下降, 均匀度指数也处于低水平, 说明景观中的优势类型逐渐加强其优势地位, 落叶松林景观完整且稳定是优势景观。庞泉沟国家级自然保护区的主要保护对象是珍禽褐马鸡 *Crossoption manchuricum* 及华北落叶松、云杉天然次生林生态系统。由于大型斑块能够维持林中物种的安全和健康, 能够承载更多的物种, 有利于物种多样性的保护, 所以保护区应使落叶松林云杉林形成并维持大斑块景观。研究数据已反映云杉林景观出现破碎化倾向, 因此, 应采取抚育更新等经营措施进行保护。在保护区中纬度地区, 褐马鸡活动频繁地区的阔叶林郁闭度不高, 疏林地所占比例较高, 这些都对褐马鸡的生存活动产生了不利影响。公路面积的增加, 居民点的集中, 使人类对周边环境的干扰强度增大。保护区管理者应密切关注景观破碎化现象, 按照功能区的划分严格执行封山育林, 可持续经营的方针, 严格控制人为干扰, 延长采伐周期, 增加林分郁闭度。

### 参考文献:

- [1] 李书娟, 曾辉. 遥感技术在景观生态学中的应用[J]. 遥感学报, 2002, 6 (3): 233 - 239.
- [2] 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.
- [3] 游先祥. 遥感原理及在资源环境中的应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [4] 常禹, 布仁仓, 胡远满, 等. 长白山森林景观边界动态变化研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15 (1): 15 - 20.
- [5] 段春霞, 胡远满, 李月辉, 等. 大兴安岭北部林区景观格局棉花汲取影响分析[J]. 生态学杂志, 2004, 23 (2): 133 - 135.
- [6] 郭砾, 余世孝, 夏北成, 等. 地形对山地森林景观格局多尺度效应[J]. 山地学报, 2006, 24 (3): 150 - 155.
- [7] 卢景龙. 森林景观组成结构动态模拟及预测方法研究[J]. 山西农业大学学报, 2002, 22 (3): 234 - 238.
- [8] 施新程, 蒋仁忠. 南湾林场森林景观格局及其动态分析[J]. 信阳师范学院学报: 自然科学版, 2006, 19 (2): 185 - 187.
- [9] 于德永, 王艳艳, 郝占庆, 等. 吉林省露水河地区森林景观格局变化[J]. 资源科学, 2005, 27 (4): 147 - 153.
- [10] 匡文慧, 张树文, 张养贞, 等. 吉林省东部山区近 50 年森林景观变化及驱动机制研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28 (3): 38 - 45.
- [11] 山西省林业调查规划院. 山西庞泉沟国家级自然保护区生态旅游总体规划[R]. 太原: 山西省林业调查规划院, 2006.
- [12] MCGARIGAL K, MARKS B J. FRAGSTATS. *Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure* [R]. Oregon: Oregon State University, 1993.