

太白山自然保护区森林覆被变化及破碎化分析

孙菲菲¹, 康永祥^{1*}, 刘婧辉¹, 张宝库¹, 代栓发², 何小军²

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 太白山国家级自然保护区管理局, 陕西 宝鸡 723300)

摘要:本研究旨在分析太白山国家级自然保护区 12 a 间的森林动态变化和景观破碎化状况。本文以 1988 年的 TM 和 2002 年的 ETM+ 遥感图像为主要信息源, 以 Erdas Imagine 为图像信息处理工具, 并应用 ARCGIS 和 FRAGSTATS 对太白山自然保护区森林植被状况进行分析, 获得森林覆被变化信息及景观指数信息。结果表明: 桦木林、太白红杉林、灌丛草甸、非林地的面积比重有所降低, 其中桦木林面积比重变化幅度最大(54%~34.5%); 栎林、巴山冷杉林和针阔叶混交林面积比重都有所增加; 研究时期内, 保护区的斑块总数由 3 822 增加到 6 691(增加了 75.1%), 森林平均斑块面积(MPS)由 1988 年的 14.7 hm² 降低到 2000 年的 8.4 hm², 斑块密度(PD)迅速增加(6.8 增加到 12), 这表明保护区的景观开始呈现出破碎化的倾向。本文认为森林管理者应该在对保护区森林旅游资源开发利用的同时, 努力提高区域森林质量及景观多样性, 使森林空间格局更为合理。

关键词: 森林景观; 破碎化分析; GIS; 森林覆被变化; RS

中图分类号: S718.54 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7461(2009)04-0027-05

Analysis of the Changes of Forest Coverge and Fragmentation in Taibai Mountain Nature Reserve

SUN Fei-fei¹, KANG Yong-xiang^{1*}, LIU Jing-hui¹, ZHANG Bao-ku¹, DAI Shuan-fa², HE Xiao-jun²

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Taibai Mountain National Nature Reserve Administration, Baoji, Shaanxi, 723300, China)

Abstract: This study aimed at analyzing forest dynamic changes and landscape fragmentation situation of Taibai Mountain National Nature Reserve between in 12 years. Data were collected from Landsat TM of 1988 and Landsat ETM+ of 2000 to get forest cover information and analyze forest landscape metrics by Geographical ArcGIS, Erdas Imagine and FRAGSTATS. The results showed that the area proportion of birch forest, *Larix chinensis* forest, shrub meadow, non-forest land decreased, and the birch forest had the biggest proportion change amplitude(54%~34.5%). The area proportion of oak forest, mixed forest and *Abies fargesii* forest increased slightly. The total number of patches increased from 3 822 to 6 691 (75.1%), and mean size of forest patch (MPS) decreased from 14.7 hm² to 8.4 hm² during 13 year period. The rapid reduction of MPS led to the rapid increase of patch density (PD)(6.8 to 12). These indicated that the landscape of the nature reserve began to exhibit a fragmentation trend. It was pointed out that forest managers should make efforts to improve forest quality and landscape diversity, and make sure the forest spatial structure becomes more reasonable.

Key words: forest landscape; fragmentation analysis; GIS; forest cover change; remote sensing

一个自然保护区即为一个生态系统组成的景观^[1-2], 它的景观格局决定着保护区内的森林资源的

收稿日期: 2009-01-14 修回日期: 2009-02-20

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2007BAC03A02-06-03)

作者简介: 孙菲菲, 女, 硕士研究生, 主要从事“3S”应用研究。E-mail: sunshine.126@163.com

通讯作者: 康永祥, 男, 副教授, 主要从事森林景观生态的研究与教学。

分布和配置,制约着景观内的各种生态过程,影响着系统稳定性、抗干扰能力和生物多样性,对森林系统的价值具有重要意义。对其进行景观格局分析的目的是为了在看似无序的景观中发现潜在的有意义的秩序或规律^[3],为森林经营管理决策提供依据。森林景观方面的研究已经成为近些年的研究热点,夏伟伟等对山西庞泉沟国家级自然保护区森林景观格局动态进行分析^[4],张蕾等研究了凉水自然保护区的景观结构动态^[5]。但是,对太白山国家级自然保护区森林景观格局动态变化的研究却未见报道。

本文通过对 1988 年 TM 和 2000 年 ETM+ 卫星图像的解译,对森林覆被的时空变化进行了量化分析。应用 RS、GIS 技术和 FRAGSTATS 软件进行数据的采集、分析及显示,揭示森林覆被的动态变化信息,为合理调整保护区内森林景观结构和空间格局、有效地进行景观生态规划提供科学依据。

1 研究区概况

陕西省太白山国家级自然保护区位于秦岭山脉中段,总面积 5.6 万 hm^2 ,属于暖温带南缘季风气候区。在生物地理上属古北界,处在中国—日本森林植物亚区和中国—喜马拉雅森林植物亚区的分界线上。保护区地处陕西省宝鸡市眉县、太白县和西安市周至三县交界处,周边涉及 3 县 7 乡(镇)的部分行政区域,其中太白县内的区域占总面积的 70%,眉县、周至县内的区域分别占 8% 和 22%。保护区核心区内有村民 1 户,庙宇 26 处。保护区周边与 1 个林业局、3 个国营农场、3 个森林公园、2 个自然保护区和 30 个行政村相邻。保护区最低海拔 1 060 m,最高海拔 3 767.2 m,巨大的高差,形成了保护区内气候、动植物带明显的垂直分布。在海拔 1 620~3 511 m 的山地范围内,分布了地球上数千公里范围内才有的气候带、植物带和动物带,形成了包括 3 个植物带、7 个植物亚带、15 个植被群系在内的植被垂直分布带谱。从下到上依次划分为松栎类景观林、桦木景观林、冷杉景观林、落叶桦景观林和高山灌丛景观林等五个景观林带,界限清晰,色调鲜明。保护区大部分森林属天然林,森林覆盖率达 80.7%。森林涵养水源、保持水土、调节气候等生态功能使太白山成为外围地区的生态安全屏障^[6-7]。

2 研究方法

2.1 数据选择

数据主要是 1988 年 9 月 15 日的 Landsat TM 和 2000 年 5 月 19 日的 ETM+ 遥感图像、1:50

000 纸质地形图、植被分布图以及森林资源二次调查数据,以收集到其它相关的文字和图像等作为辅助数据。对 1:50 000 纸质地形图进行扫描及扫描后纠正,用于对遥感图像的几何纠正。

2.2 数据处理

所有的图像处理、分类和分析过程都在 ERDAS 9.1 图像处理软件、ArcGIS 9.2 和 FRAGSTATS 3.3 中进行。首先,在 ERDAS 9.1 中,采用影像对地形图的二次多项式纠正法,对 TM 和 ETM+ 进行几何纠正,将误差控制在 0.5 个像元内;对 TM(5,4,3)/ETM(5,4,3 波段)进行标准假彩色合成,并对 ETM 数据与全色波段融合,以提高图像分辨率。然后,在 ArcGIS 中,利用 Identity 功能对研究区域行政范围进行识别,生成包含研究区在内 ArcInfo 多边形及其栅格图像格式,然后在 Erdas 中实现对遥感图像的掩膜裁剪处理,获得研究区域的影像图,并进行必要的拉伸和增强处理。最后利用 Erdas 对两期研究区遥感影像进行分类,获得 1988 年和 2000 年太白山森林覆被类型图。以上图像均采用高斯—克吕格投影, WGS54 坐标系。

应用 FRAGSTATS 3.3 版本计算 1988, 2000 年的森林覆被图的景观空间指数。在 ArcGIS 中加载两期森林覆被类型图,生成转移矩阵,分析比较 1988 和 2000 年的各森林覆被类型变化。

2.3 森林覆被类型划分

结合植被分布图以及森林二次调查数据,在 Erdas 中,建立训练样本,采用最大似然法对影像进行监督分类,将研究区域地类分为:太白红杉林(TRF)、巴山冷杉林(BFF)、桦木林(BRF)、针阔叶混交林(MF)、栎林(OF)、灌丛草甸(SM)、和非林地等 7 种景观类型,分别生成 1988 年和 2000 年太白山自然保护区森林覆被类型图。其中非林地包括:农田(FM)、裸地(BL)、湖泊(LAK)、河流(RV)。每类分别选择 30 个随机点对总体精度及 Kappa 系数进行评价。经检验,1988 年 TM, 2000 年 ETM+ 图像的分类精度分别为 79.33% 和 86%, Kappa 值分别为 0.770 4 和 0.855 1。精度评价后,对图像进行聚类分析,去除 3×1 像素大小的图斑,这样可提高空间格局分析的速度。

2.4 景观指数选取

森林景观的动态变化包括景观斑块大小、数量、形状、连贯性和邻接性在时间上的变化。景观格局指数是对整个景观进行定性和定量的描述^[8]。为了更好的研究森林破碎化程度,本文选取的景观指数

包括:(a)景观类型面积(CA:hm²);某景观类型的斑块的总面积;(b)斑块密度(PD);100 hm² 面积内的斑块数量;(c)最大斑块指数(LPI: %):组成景观最大的斑块所占的百分比;(d)斑块数(NP);(e)平均斑块大小(MPS:hm²);某景观类型的斑块平均面积;(f)景观百分比(PERCLAND: %);(g)斑块大小变异系数(PSCV: %);(h)面积加权平均形状指数(AWMSI),某景观类型的周长与面积的平均比率,然后根据斑块面积进行加权计算,是景观空间格局复杂性的重要指标之一。选取过程中应注意斑块数(NP)和平均斑块大小(MPS)需作为相互补充的指数来应用,因为两者结合(NP 值小,MPS 值大)可以更好的解释景观破碎状况。

3 结果与分析

3.1 森林景观破碎化分析

图 1,2 分别是 1988 和 2000 年的森林覆被类型图,宏观上显示了 1988—2000 年间的森林景观变化。森林破碎化的一个基本指标就是小斑块数量的增加。由表 1、表 2 得出,在 1988—2000 年间,保护区森林面积变化甚微,有林地面积仅增加了 27 hm²,由 1988 年的 55 840 hm² 增加到 2000 年的 55 867 hm²。保护区的斑块总数由 3 822 增加到 6 691(增加了 75.1%),相应地,有林区的森林碎片总数由 3 510 增加到 6 313(增加了 80%),主要表现为面积小于 100 hm² 的斑块数量的大量增加。2000 年保护区内大斑块(>5 000 hm²)占保护区总面积

的 63%,这表明,保护区内植被完整性良好。但是与 1988 年相比大斑块总面积却减少了 7 202.7 hm² (13%)。

类型水平的景观指数变化显示,1988 年桦木林在保护区森林景观类型中占绝对优势(53.9%),面积为 30 407.84 hm²,至 2000 年桦木林景观百分比降低到 34.5% (18 865.8 hm²),斑块平均面积缩小(39.9~9.3 hm²)、斑块数量迅速增加(761~2 035),说明该类型破碎化加剧;栎林面积由 1988 年的 3 699.7 hm² (6.6%)增加到 2000 年的 8 429.2 hm² (15%),斑块数量增加(360~706),斑块平均面积增加(10.39~11.9);针阔叶混交林面积由 156.9 hm² (0.3%)增加到 2877 hm² (5.1%),斑块数量增加(162~506),斑块平均面积增加(1~5.7);巴山冷杉林面积由 6 431.5 hm² (11.4%)增加到 11 500.6 hm² (20.4%),斑块数量增加(882~1 667),斑块平均面积减少(7.3~6.9)。太白红杉林、灌丛草甸、非林地的面积比重降低幅度很小,但斑块数量都有所增加,斑块平均面积呈减少趋势。栎林、针阔叶混交林的平均斑块面积增加而其他类型减少说明各类型间面积与斑块数量的变化幅度存在差异。各景观类型的斑块密度都有不同程度的增加。7 种景观类型的斑块面积变异系数(PSCV)均有所增加,以桦木林增加幅度最大,这说明桦木林分布依然广泛,但是零星斑块数量增多。各类型的斑块面积加权形状指数变化不大,说明各个景观类型斑块的规则性变化不大。

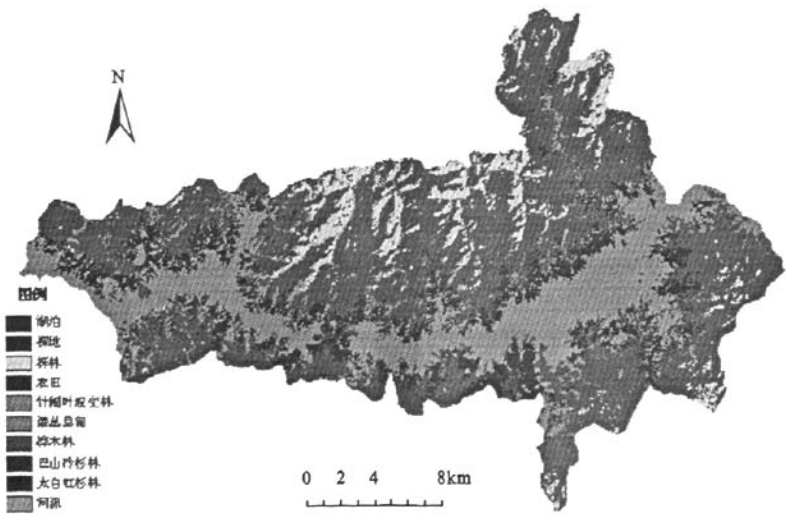


图 1 1988 年太白山自然保护区植被类型图

Fig. 1 Forest cover type map of Taibai Mountain Nature Reserve in 1988

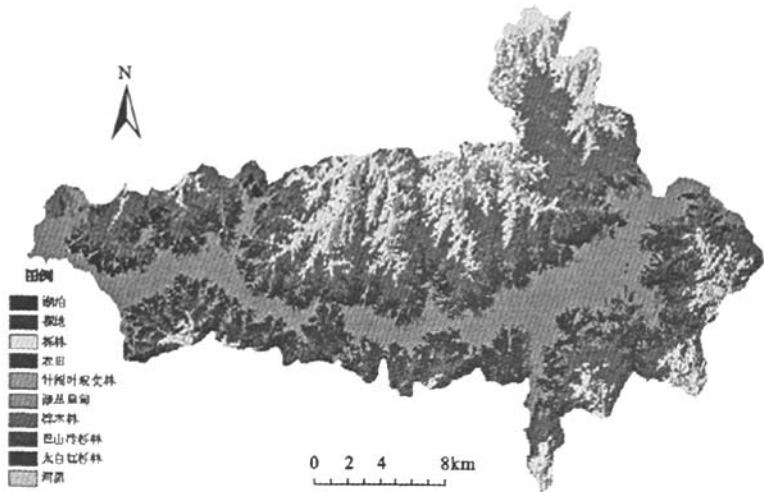


图 2 2000 年太白山自然保护区景观类型图

Fig. 2 Forest cover type map of Taibai Mountain Nature Reserve in 2000

景观水平的指数显示,森林平均斑块面积由 1988 年的 14.7 hm² 降低到 2000 年的 8.4 hm², MPS 的迅速减少导致斑块密度(PD)的迅速增加(6.8 增加到 12)。并且,在这 12 a 内,最大斑块指数(LPI)迅速减少(28.2%减少到 16.2%)。PSCV

值由 2 078.4 减少到 1 948.6,说明保护区孤立斑块数量增多。面积加权形状指数值由 13.8 降低到 13.5。这些变化均表明,森林开始呈现出轻度破碎化的倾向。

表 1 1988—2000 年斑块面积和数量分布特征

Table 1 Variation of forest area and number of patches over patch size classes

斑块大小 /hm ²	面积(hm ²)及百分比(%)				斑块数目/块	
	1988 年		2000 年		1988 年	2000 年
0~100	3 860.05	6.9	6 541.10	11.6	3 568	6 397
100~500	3 672.44	6.5	3 662.83	6.5	194	203
500~1 000	1 744.52	3.1	2 381.52	4.2	27	34
1 000~2 000	1 939.74	3.4	3 334.77	5.9	15	24
2 000~5 000	2 140.86	3.8	4 748.13	8.4	8	17
>5 000	42 967.50	76.3	35 656.75	63.3	12	16

表 2 1988—2000 年斑块景观指数特征

Table 2 Selected landscape metrics in 1988 and 2000

森林 类型	CA/hm ²		NP/个		MPS/hm ²		PLAND/%		LPI/%		PD/个		PSCV		AWMSI	
	1988	2000	1988	2000	1988	2000	1988	2000	1988	2000	1988	2000	1988	2000	1988	2000
OF	3 699.7	8 429.2	360	706	10.3	11.9	6.6	15	1.0	3.5	0.6	1.3	410.7	902.5	4.1	10.5
MF	156.9	2 877	162	506	1.0	5.7	0.3	5.1	0.013	0.3	0.3	0.9	93.0	342.5	1.9	3.7
BRF	30 366	18 882	761	2 035	39.9	9.3	53.9	34.5	28.2	16.2	1.4	3.6	1 535.8	2 304.8	18	21.5
BFF	6 431.5	11 501	882	1 667	7.3	6.9	11.4	20.4	1.2	2.0	1.6	3.0	464.7	749.4	5	7.4
TRF	847.8	802.5	365	401	2.3	2.0	1.5	1.4	0.1	0.1	0.7	0.7	178.8	208.2	2.3	1.9
SM	14 333	13 386	980	998	14.6	13.4	25.4	22.8	13	13.3	1.8	1.8	1 832.8	2 030.6	12.4	12.3
LAK	2.6	15.1	2.0	17.0	1.30	0.9	0.01	0.03	0.003	0.004	0.01	0.03	31	71.3	1.2	1.5
RV	436.8	6.9	261	8	1.7	0.9	0.8	0.01	0.06	0.004	0.5	0.1	191.3	75.4	2.3	1.5
FM	23.6	364.1	30	256	0.8	1.4	0.04	0.7	0.006	0.03	0.1	0.5	74.6	149.6	1.6	2.1
BL	27.4	62	19	97	1.4	0.6	0.05	0.1	0.013	0.005	0.03	0.2	102.1	94.5	1.8	1.5
总值	56 325	56 325	3 822	6 691	14.7	8.4	100	100	28.2	16.2	6.8	12	2 078.4	1 948.6	13.8	13.5

3.2 森林覆被类型转移分析

在研究时期内,保护区内桦木林、柞林、巴山冷杉林、灌丛草甸等的景观百分比、景观面积变化明

显,同时,各植被类型间在时间结构上呈现出明显的转变趋势,这主要受森林群落动态演变的影响。由表 3 可看出,桦木林面积的大幅缩小主要由于其转

入面积远小于转出面积,4 755.88、4 839.53和2 655.42 hm²的桦木林面积分别转为为栎林、针阔叶混交林、巴山冷杉林,转入面积远大于转出面积导致了这三种植被类型分布面积的增加。太白红杉林、灌丛草甸、非林地的转入面积均略小于转出面积,面积变化幅度很小。其中,235.97、264.24、和174.88 hm²的太白红杉林面积分别转为巴山冷杉

林、灌丛草甸和桦木林;1 494.45、1 806.82和113.79 hm²的灌丛草甸分别转为巴山冷杉林、桦木林和太白红杉林;161.21、58.6、53.11、84.79 hm²的非林地分别转化为栎林、针阔叶混交林、灌丛草甸和桦木林。保护区内森林覆被类型间的相互转化是导致各景观类型的面积、景观百分比及其它相关指数变化的主要原因。

表3 1988—2000年景观类型转移矩阵
Table 3 Transfer matrix of landscape type during 1988—2000

森林类型	栎林	针阔叶混交林	巴山冷杉林	太白红杉林	灌丛草甸	桦木林	非林地	转出量
栎林	3 255.85	153.05	9.04	2.53	23.37	172.38	82.49	442.86
针阔叶混交林	129.40	12.46	0	0.41	0	6.72	0.92	137.45
巴山冷杉林	8.06	0.12	4 909.04	328.37	401.65	751.86	15.87	1 505.93
太白红杉林	4.13	0	235.97	143.80	264.24	174.88	15.53	694.75
灌丛草甸	107.69	0.54	1 494.45	113.79	10 717.33	1 806.82	89.82	3 613.11
桦木林	4 755.88	2 655.42	4 839.53	217.67	1 931.84	15 868.33	139.17	14 539.50
非林地	161.21	58.60	11.74	1.86	53.11	84.79	113.21	371.31
转入量	5 166.37	2 867.73	6 590.73	664.63	2 674.21	2 997.45	343.80	

4 结论和讨论

太白山自然保护区的森林破碎化分析以及研究结果中反映的森林覆被变化集中说明了以下几点:

1)1988—2000年,景观百分比依然是桦木林>灌丛草甸>巴山冷杉林,区域呈现以桦木林景观为基质的灌丛草甸、巴山冷杉林等景观相对为主体的格局,其余景观类型呈补丁状散布该区域之中。由于地势复杂,人为干扰相对较小,太白山植被景观以原始自然植被为主,森林生态系统相对稳定。但是,桦木林最大斑块指数降低,它们的斑块数量增多,平均面积减少,斑块密度增加,显示其景观基质开始呈现出破碎化现象。

2)在景观水平上,小斑块(面积在0~100 hm²的斑块类型)总量增加——由1988的3 822增加到6 691(增加了75.1%),景观平均斑块面积的减小(14.7~8.4),斑块密度的增加(6.8~12),LPI值的减少以及PSCV值的减少表明森林景观呈现出一种小斑块、孤立斑块数量增长的趋势,太白山自然保护区森林景观呈现出轻度破碎化。

3)1988—2000年,栎林、巴山冷杉林、针阔叶混交林面积的增加以及桦木林的减少,其主要原因是桦木林向其它森林覆被类型的转移,这属于正常的群落演替现象。导致太白山自然保护区森林景观出现轻微破碎化现象的原因可能是,自20世纪90年代太白山国家森林公园成立以来,因为旅游需要在林区内进行的大量基础设施建设和旅游项目的建设,以及每年旅游人数的增加,Pickering等曾指出,夏季旅游活动的猛增最易造成植被的退化^[9-10]。

4)遥感、GIS技术和景观指数分析方法的应用

使得森林管理者对森林质量的监测更加方便、快捷。此类研究可以为森林可持续经营方案提供了有力的决策支持。

对太白山进行森林覆被变化和破碎化进行了初步分析,显示其森林景观出现轻度破碎化,森林质量开始恶化。为避免破碎化现象的加剧,笔者认为森林管理者应该在对保护区森林旅游资源开发利用的同时,努力保证区域森林质量及景观多样性,使森林空间格局更为合理。

参考文献:

[1] 邱扬,张金屯.自然保护区学研究与景观生态学基本理论[J].农村生态环境,1997,13(1):46-49,52.
[2] 汪荣.福建茫荡山自然保护区森林景观格局研究[J].中南林业科技大学学报,2007,27(4):151-155.
[3] 肖笃宁,李秀珍,高峻,等.景观生态学[M].北京,科学出版社,2003.
[4] 夏伟伟,韩海荣,伊力塔,等.庞泉沟国家级自然保护区森林景观格局动态[J].浙江林学院学报,2008,25(6):723-727.
[5] 张蕾,李凤日,王志波.凉水自然保护区森林景观结构动态[J].东北林业大学学报,2007,35(6):75-78.
[6] 任毅,刘明时,田联会,等.太白山自然保护区生物多样性研究与管理[M].北京,中国林业出版社,2000.
[7] 杨瑞卿,肖扬.太白山国家级自然保护区的生态评价[J].地理与国土研究,2000,16(1):75-78.
[8] 邹建国.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.
[9] Pickering C, Harrington J, Worboys G. Environmental impacts of tourism on the Australian Alps protected areas: Judgments of protected area managers[J]. Mountain Research and Development, 2003,23(3):247~254.
[10] 程占红,张金屯,吴必虎,等.芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境关系——植被景观的类型及其排序[J].生态学报,2006,26(6):1941-1948.