

天华山自然保护区景观格局现状及分析

宋先先¹,王得祥^{1,3*},赵鹏祥¹,张巧明¹,赵双喜¹,白宇^{2,3},任学敏^{2,3}

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨陵 712100;
3. 陕西省循环农业工程技术研究中心, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:运用景观生态学原理,采用景观指数法,通过 ArcGIS 和 Fragstats3.3 软件对天华山自然保护区 12 种景观类型的格局进行了分析。所使用的景观格局指标包括平均斑块面积、斑块所占景观面积比例、斑块密度、边缘密度、最大斑块指数、景观形状指数、聚集度等。结果表明:天华山自然保护区景观类型较丰富,而各景观类型拥有的斑块数分布很不均匀,从面积和斑块数来看,以硬阔的斑块数最多,面积最大,为保护区的主导景观。景观整体的 Shannon 多样性指数和 Shannon 均匀度指数较高,但蔓延度较低,显现出破碎化的趋势。

关键词:天华山自然保护区;景观格局;景观指数

中图分类号: S771.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7461(2011)04-0075-05

Analysis on Landscape Pattern of Tianhua Mountain Nature Reserve

SONG Xian-xian¹, WANG De-xiang^{1,3*}, ZHAO Peng-xiang¹, ZHANG Qiao-ming¹,
ZHAO Shuang-xi¹, BAI Yu^{2,3}, REN Xue-min^{2,3}

(1. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100 China;
2. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. Research Center of Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the landscape ecological theory, the method of landscape index was adopted to analyze 12 kinds of landscape patterns in Tianhua Mountain Nature Reserve employing the ArcGIS and Fragstats3.3 software. Indicators to evaluate landscape patterns included mean patch area, percentage of landscape, patch density, edge density, maximum patch index, landscape shape index, and aggregation index. The results showed that landscape patterns in Tianhua Mountain Nature Reserve were rich, but the number of patch in each patterns was uneven. From the area and number of the patch, the nature reserve was dominated by hardwood patch which had the largest area and number. The Shannon diversity index and evenness index of the landscape were high while the spreading degree was low, revealing the trend of fragmentation.

Key words: Tianhua Mountain Nature Reserve; landscape pattern; landscape index

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^[1-3],分析景观格局对了解自然、生态过程和社会经济活动之间的关系有重大意义^[4-6]。如何从错综复杂的斑块镶嵌中发现景观类型的空间

分布规律,是景观格局研究中的重要问题^[7]。随着科学技术的发展,景观生态学的研究多与遥感和地理信息系统技术相结合,这为景观生态学的研究提供了方便而有效的研究手段。

天华山自然保护区是以保护大熊猫及其栖息地

收稿日期:2010-05-24 修回日期:2010-09-04
基金项目:国家科技基础工作专项重点项目(2007FY110800)
作者简介:宋先先,女,在读硕士研究生,主要从事森林生态及森林景观格局研究。
* 通讯作者:王得祥,男,教授,博士生导师,主要从事森林生态和森林可持续经营教学与研究。

为主的森林和野生动物类型的国家级自然保护区,对其进行景观格局研究,对全面认识保护区的景观现状特征,合理利用其景观资源具有重要意义,并为天华山自然保护区生态旅游、经济开发和环境保护提供科学依据和决策支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

天华山自然保护区位于陕西秦岭中段南坡、浦河上游,东、南同陕西省宁西林业局接壤,西邻佛坪县,北与周至国家级自然保护区以秦岭主脊为界。东西宽约 17.3 km,南北长约 24.5 km,总面积 25 485 hm²,最高海拔为 2 704.6 m,最低海拔为 730 m。气温较低,冬暖夏凉,年均气温 11.5℃,≥10℃的活动积温 3 374.0℃,年降水量 922.8 mm,主要集中于 7~9 月份,年无霜期约 218 d,属北亚热带湿润季风气候。土壤类型主要有山地黄棕壤、山地棕壤、山地暗棕壤、山地草甸土^[8]。植被垂直带谱明显,自下而上依次为常绿落叶阔叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、针叶林、灌丛和草甸。保护区野生动植物种类繁多,有国家重点保护的野生动物种类 37 种;野生植物 207 科,760 属,1 819 种,其中国家级珍稀濒危、重点保护植物 21 种,省级重点保护植物 14 种。区内丰富的生物多样性使其在生态保护、科研教育、森林旅游方面都具有重要意义。

1.2 研究方法

1.2.1 数据处理和景观类型划分 对天华山自然保护区的研究,以宁西林业局提供的 2005 年 1:25 000 林相图为基本分析图件,应用 Arc/Info 地理信息系统数字化输入林相图,产生矢量数字文件,在 ArcGIS 软件的支持下,将矢量图转化为栅格图,利用 Fragstats3.3 及 Excel 软件计算景观指数值,并分别在景观和斑块类型尺度上对天华山自然保护区进行景观格局分析。

根据研究的需要,以我国土地利用现状分类系统为依据^[9-10],考虑到研究区域的尺度特点和资料的可获得性,将天华山自然保护区景观类型划分为松类、杉类、柏类、软阔、硬阔、其他林业用地、水域、未成林造林地、封育未成林地、一般灌木、其他非林业用地和居民地 12 类(图 1)。

1.2.2 景观格局分析指标体系 景观格局分析多采用景观格局指数进行描述^[11-13]。常见的有 100 多个景观指标,分为斑块个体、斑块类型和景观 3 个级别,由于许多指标之间具有高度的相关性,只是侧重面有所不同。笔者根据研究区特点以及研究目的需要,选择了几个既相互独立能比较全面地描述景观

格局的指标,如斑块数、斑块类型面积、平均斑块面积、斑块所占景观面积比例、斑块密度、边缘密度、最大斑块指数、景观形状指数、聚集度、景观连通度指数、蔓延度、Shannon 多样性指数、Shannon 均匀度指数等(表 1)。

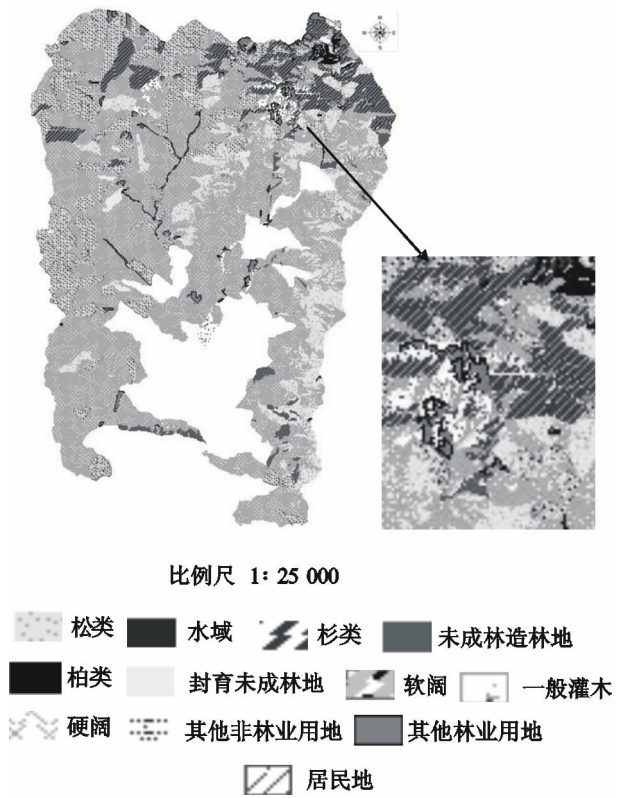


图 1 天华山自然保护区景观类型图
Fig. 1 Map of landscape types of Tianhuashan Mountain

2 结果与分析

2.1 景观斑块特征分析

2005 年天华山自然保护区的 12 种景观类型中(表 2),斑块数最多的是硬阔,占总斑块数的 35.38%,最少的是一般灌木,只有 5 个斑块,占总斑块数的 0.81%。从斑块类型面积来看,最大的仍然是硬阔,达 15 483.269 3 hm²,根据参考文献^[6]中景观基质的判断标准,即基质是面积最大的景观类型,硬阔显然是研究区的景观基质。硬阔所占景观面积比例最大,为 59.48%,也能看出硬阔是天华山自然保护区的优势景观元素。研究区斑块类型面积最小的是居民地 19.572 4 hm²,所占景观面积比例为 0.07%;其次是一般灌木、柏类和水域,所占景观面积比例分别为 0.22%、0.34%和 0.37%。平均斑块面积最大的是硬阔,为 70.699 9 hm²,而软阔、杉类和松类的平均斑块面积则逐渐减低,依次分别为 47.225 0、36.115 2 和 24.158 2 hm²;平均斑块面

积最小的是居民地(2.7961 hm²),可见景观各类型之间的差异较大,其中,居民地斑块类型破碎程度最大,硬阔类型的破碎程度最小。

2.2 景观空间形态和空间关系分析

通过计算,得到天华山自然保护区景观空间形态和空间关系指标(表 3)。

表 1 主要景观格局指标及涵义

Table 1 Diagnostic indices and ecological meaning of landscape patter		
指标名称	公式	内涵
斑块密度	$PD=\frac{n}{A}\times1\,000\times100$	即单位面积的斑块数目,反映了景观破碎程度。斑块密度越大,斑块越小,则破碎化程度越高。
边缘密度	$ED=\frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A}\times10\,000$	即单位面积的斑块边界数量,反映景观中异质性斑块之间物质、能量和物种交换的潜力及相互影响的强度,可直接表征景观整体的复杂程度。
最大斑块指数	$LPI=\frac{\max(a_{ij})}{A}\times100$	某一斑块类型中的最大斑块占据整个景观面积的比例,是斑块水平上优势度的度量。
景观形状指数	$LSI=0.25E/\sqrt{A}$	是景观大小起调节作用的总边界或边界密度的标准度量,也是斑块离散或聚合程度的度量,LSI 越大则斑块越离散。
聚集度	$AI=\left[1+\sum_{i=1}^m\sum_{j=1}^m\frac{p_i;\ln p_{ij}}{2\ln m}\right]\times100$	反映斑块的聚散性,斑块要素在其分布区内越丛生,越聚集,则斑块的结合度越大。(p _{ij} 是随机选择的两个相邻斑块属于类型 i 与 j 的概率)。
景观连通度指数	$COHESION=\left[\sum_{i=k}^m C_{ijk}/n_i(n_i-1)\times0.5\right]\times100$	反映景观斑块间的空间连接程度,是景观破碎化程度的度量指标。景观连通度越高,表示景观基质阻碍物种运动的程度越小。
蔓延度	$CONTAG=\left[1+\frac{\sum_{i=1}^m\sum_{k=1}^m\left[p_i\frac{B_{ik}}{\sum_{k=1}^m B_{ik}}\right)\ln\left(p_i\frac{B_{ik}}{\sum_{k=1}^m B_{ik}}\right)\right]}{2\ln m}\right]\times100$	描述的是景观里不同拼块类型的团聚程度或延展趋势。(其中: $B_{ik}=p_i\frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^n g_{ik}}$)
Shannon 多样性指数	$SHDI=-\sum_{i=1}^m(p_i\ln p_i)$	在景观级别上等于各斑块类型的面积比乘以其值的自然对数之后的和的负值。是反映景观异质性和景观类型多样大小的指标。
Shannon 均匀度指数	$SHEI=\frac{-\sum_{i=1}^m(p_i\ln p_i)}{\ln m}$	等于香农多样性指数除以给定景观丰度下的最大可能多样性。SHEI=0 表明景观仅由一种斑块组成,无多样性;SHEI=1 表明各斑块类型均匀分布,有最大多样性。

注:A 为总的景观面积(m²);n_i 为类型 i 的斑块数目;e_{ik} 为与类型为 k 的斑块相邻的斑块 ij 的边长(m);a_{ij} 为斑块 ij 的面积(m²);m 为斑块类型函数;g_{ik} 为类型 i 和类型 k 之间相邻的网格单元数目;p_i 为斑块类型 i 所占景观面积的比例。C_{ijk} 表示斑块 j,k 是否相连,相连取 1,否则取 0。

表 2 天华山各景观类型斑块特征指数

Table 2 Character indices of landscape types of Tianhuashan Mountain					
景观类型	斑块数 /个	占总斑块数的比例 /%	斑块类型面积 /hm ²	斑块所占景观 面积比例/%	平均斑块面积 /hm ²
松类	118	19.06	2 850.666 5	10.95	24.158 2
杉类	51	8.23	1 841.875 8	7.08	36.115 2
柏类	7	1.13	87.852 6	0.34	12.550 4
软阔	90	14.54	4 250.249 8	16.33	47.225 0
硬阔	219	35.38	15 483.269 3	59.48	70.699 9
其他林业用地	45	7.27	427.145 6	1.64	9.492 1
水域	13	2.10	96.940 8	0.37	7.457 0
未成林造林地	28	4.52	405.939 8	1.56	14.497 9
封育未成林地	8	1.29	148.440 7	0.57	18.555 1
一般灌木	5	0.81	57.558 6	0.22	11.511 7
其他非林业用地	28	4.52	360.498 7	1.38	12.875 0
居民地	7	1.13	19.572 4	0.07	2.796 1

表 3 景观空间形态和空间关系指标

Table 3 Shape and spatial relationship indices of landscape

景观类型	斑块密度/(个·km ⁻²)	边缘密度/(m·hm ⁻²)	最大斑块指数/%	景观形状指数	聚集度	景观连通度指数
松类	0.45	11.36	1.09	10.37	58.98	79.96
杉类	0.20	6.44	0.80	7.51	64.48	81.86
柏类	0.03	0.50	0.19	2.80	62.50	67.76
软阔	0.35	12.03	1.68	8.91	68.01	84.05
硬阔	0.84	40.90	7.92	16.88	69.47	86.92
其他林业用地	0.17	2.11	0.15	7.54	39.15	52.71
水域	0.05	0.71	0.08	4.42	21.15	45.22
未成林造林地	0.11	1.70	0.19	6.38	47.13	62.15
封育未成林地	0.03	0.71	0.17	3.79	53.57	63.25
一般灌木	0.02	0.32	0.07	2.89	41.38	52.03
其他非林业用地	0.11	1.78	0.28	6.60	40.06	63.36
居民地	1.51	0.68	0.01	3.01	37.93	60.44

从表 3 可知,天华山自然保护区的 12 类景观类型中,除居民地外,其他 11 类景观类型的斑块密度均较低,介于 0.02~0.84 个·km⁻² 之间,说明这些景观类型人为干扰较少,所以斑块密度往往较小,破碎化程度较低。其中斑块密度最小的是一般灌木,其次是柏类、封育未成林地和水域这些类型主要是天然形成的,受人为干扰较轻。斑块密度最大的是居民地(1.51 个·km⁻²),其次是硬阔(0.84 个·km⁻²),说明受人类活动影响较大。景观类型中边缘密度最大的是硬阔,其值 40.90 m·hm⁻² 远远高于其他景观类型,说明该景观类型的开放性很强,易于同周边斑块进行物质、能量和信息交换,这对于增加物种多样性具有一定的促进效应,但对该景观类型的发育及保持结构和功能的稳定都是不利的。硬阔的最大斑块指数在景观类型中也是最大的(7.92%),而其他斑块类型的最大斑块指数值都较小(0.01%~1.68%),说明硬阔在所有景观类型中占有绝对优势度。各类型斑块的景观形状指数均>1,其中硬阔的形状指数值最大(16.88),说明其形状比较复杂,斑块较离散,而柏类的值最小(2.80),说明其斑块形状较简单。

由表 2 知,硬阔、软阔、杉类、柏类这四类景观的聚集度都比较大,在 60~70 之间,说明相同斑块的聚集程度较大,空间配置结构较紧凑;但其他几个景观类型的聚集度较小,体现出了斑块结合度较低的特点。硬阔、软阔和杉类这三类景观的连通度指数都较大,在 80~90 之间,说明其斑块间的连通性较强。水域斑块的聚集度和连通度都最小,这与水域在保护区中的分布较分散有关。

2.3 景观格局的整体性评价

天华山自然保护区包括 12 个景观类型,共 619 个斑块,各景观类型所占比例差别较大。在这 12 类

景观中,硬阔类型斑块最多,景观面积最大,在保护区内分布较为均匀,为主导景观。经计算,研究区的蔓延度较低(41.33%),表明景观是具有多种要素的密集格局,景观的破碎化程度较高,受人类干扰影响较大。Shannon 多样性指数为 2.18,处于较高水平,说明研究区斑块类型较多,不定性的信息含量较大,人类干扰活动的增大,使破碎化程度增加,各斑块类型在景观中呈均衡化趋势分布,景观异质性水平较高。Shannon 均匀度指数为 0.73,趋近于 1,说明优势度较低。

3 结论与讨论

(1)天华山自然保护区景观类型较丰富,以硬阔的斑块数最多,面积最大,为保护区的主导景观,但其景观形状指数较大,形状比较复杂,斑块较离散,可能是人类活动正在对其产生影响,这使得景观整体蔓延度较低,保护区显现出破碎化的趋势;且 Shannon 多样性指数处于较高水平,也可能是人类干扰活动的增大,破碎化程度增加的体现。但从景观连通度指数和 Shannon 均匀度指数分析来看,景观连通度尚处于较高水平,均匀度较大,这样的景观格局对于很多物种的定居、繁衍与扩散可能暂时不会产生很大的影响。

(2)保护区内除了居民地,硬阔的斑块密度较大,说明这类景观人为活动干扰较大,而且硬阔的边缘密度最大说明该景观类型的开放性很强,易于同周边斑块进行物质、能量和信息交换,这对于增加物种多样性具有一定的促进效应,但对该景观类型的发育和保持结构和功能的稳定都是不利的。

(3)松类在斑块数所占比例中排第二位,而在所占景观面积比中排第三,说明就研究区整体情况而言,虽然松类斑块总面积不大,但斑块数目较大,该

类景观破碎度较高。

(4)对保护区的开发和环境保护的建议。

统筹设计,合理安排。天华山自然保护区植被垂直带谱明显,其中以硬阔为主导景观,有利于与其他景观类型发生物质、能量信息的交换,这为整个保护区创造良好的生态环境奠定了基础,但仍需注意景观因空间缺乏变化而显得过于单调的问题。因此,在景观优化建设的过程中,首先需要统筹设计、合理安排,使景观类型呈现疏密有致、富于空间变化的景观布局,优化保护区内整体景观。

加强保护区生物多样性。生物多样性对建设人与自然和谐的环境,提高保护区生态系统功能有重要意义,但人类活动是保护区内生物多样性丧失的最有力和直接的干扰因子。因此要有意识地保护生物栖息地,并尽力减少游客的干扰。特别是保护区内仅有一条水系,蒲河,其良好的水气条件形成保护区内物种较丰富的区域,因此在生物多样性保护中不容忽视。此外,还应加强创造生物新的活动空间,加快生物多样性的形成。

可持续发展战略。调整优化保护区景观组分、斑块数量和空间分布格局,使各组分之间达到和谐、有序,实现保护区的可持续发展;根据保护区的地形地貌特点和发展水平进行合理的土地利用规划,实现资源、环境、经济协调发展。

现阶段保护区旅游开发的规模还不大,还未对保护区产生较为明显的破坏和影响,但人类活动必然会给环境带来破坏,因而有必要对保护区的景观格局状态进行动态的研究,以了解人类活动对景观格局变化的影响,使其对环境的破坏限制在环境所能承受的范围内^[14]。所以今后的研究除了空间尺度外,还应加入时间尺度,以便更好的了解景观格局动态变化特征,使研究变的更加系统。

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[A]//刘建国. 现代生态学研究进展[C]. 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一以祁连山西水自然保护区为例[J]. 生态学杂志,2003,22(5):56-61.

YANG G J, XIAO D N. Forest landscape pattern and fragmentation; a case study on Xishui Natural Reserve in Qilian Mountain[J]. Chinese Journal of Ecology,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.

YE Y Q, CHEN G J. An analysis on the landscape patterns based on the gis technology in the upper min river basin[J].

Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15 (1):112-115.

[4] 王宪礼,肖笃宁,布仁仓,等. 辽河三角洲湿地景观格局分析[J]. 生态学报,1997,17(3):317-323.

WANG X Li, XIAO D N, BU R C, *et al.* Analysis on landscape patterns of Liao He delta wetland[J]. Acta Ecologica Sinica, 1997, 17(3):317-323.

[5] 邬建国. 景观生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2004.

[6] 搏伯杰,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.

[7] 李淑娟,耿叙武,王风友. 黑龙江省帽儿山林场景观类型空间连接与分布规律[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(2): 49-51.

LI S J, GENG X W, WANG F Y. The spatial connectivity and distribution regularity of the landscape types in Maoershan Forest Farm in Heilongjiang Province[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2002, 30(2): 49-51.

[8] 王诚吉,李登武,党坤良. 陕西天华山自然保护区蕨类植物区系研究[J]. 西北植物学报,2006,26(3):592-598.

WANG C J, LI D W, DANG K L. Pteridophyte flora in Tianhuashan Nature Reserve of Shaanxi Province[J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin., 2006, 26(3):592-598.

[9] 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.

[10] 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.

CHEN B M, ZHOU X P. Explanation of current land use condition classification for national standard of the People's Republic of China[J] Journal of Natural Resources, 2007, 22(6):994-1003.

[11] 孙菲菲,康永祥,刘婧辉,等. 太白山自然保护区森林覆被变化及破碎化分析[J]. 西北林学院学报,2009, 24(4): 27-31.

SUN F F, KANG Y X, LIU J H, *et al.* Analysis of the changes of forest coverage and fragmentation in Taibai Mountain Nature Reserve[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(4): 27-31.

[12] 古丽·加帕尔,陈嘻,包安明. 基于 RS、GIS 的农林牧复合生态系统景观格局分析一以巴里坤湖区为例[J]. 干旱区地理, 2004, 27(3):393-397.

GULI J, CHEN X, BAO A M. RS/GIS-based analysis on the landscape pattern of the farming, forestry, animal husbandry integrated ecosystem taking the Barkol Lake Area as an example[J]. A Land Geography, 2004, 27(3):393-397.

[13] 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.

CHEN L D, LIU Y, LU Y H, *et al.* Landscape pattern analysis in landscape ecology: current, challenges and future[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11):5521-5531.

[14] 李明诗,钟宏宇. 基于 GIS 的紫金山风景区景观格局及其动态分析[J]. 南京林业大学学报, 2004, 28(5):67-70.

LI M S, ZHONG H Y. Landscape pattern and dynamic analysis of Purple Mountain Scenic Zone Based on GIS[J]. Journal of Nanjing Forestry University, 2004, 28(5):67-70.