

无量山国家级自然保护区及其周边地区景观组分特征

卢双珍, 喻庆国, 宋劲忻, 曹顺伟

(云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051)

摘要:根据无量山国家级自然保护区及其周边地区的景观数据,采用斑块数、斑块面积、斑块周长、多样性指数、均匀度指数、优势度指数、分离度指数和形状指数对阔叶林、针叶林、经济林、灌木林、疏林、未成林地、草地、农地、居住地和其他景观等10个类型的景观组分特征进行了分析,应用马尔可夫模型对景观类型的动态进行了预测。结果表明:在10个景观类型中,阔叶林是优势景观,疏林地、未成林地和居住地景观是劣势景观;在未来20 a内,阔叶林、针叶林、经济林、未成林地和居住地景观将呈现增加的趋势,灌木林、疏林地、草地和农地景观将呈现减少的趋势,其他景观不变。

关键词:景观组分特征;马尔可夫模型;动态预测;自然保护区;无量山

中图分类号:S759.9

文献标识码:A

文章编号:1001-7461(2008)03-0071-05

Characteristic of Landscape Element in Wuliangshan National Nature Reserve and Its Adjacent Area, Yunnan Province

LU Shuang-zhen, YU Qing-guo, SONG Jin-xin, CAO Shun-wei

(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming, Yunnan 650051, China)

Abstract: Based on the landscape data obtained from the data of forest resources inventory in Wuliangshan national nature reserve and its adjacent area, characteristics of broadleaves forest landscape, coniferous forest landscape, fruit forest landscape, shrub land landscape, open forest land landscape, un stocked forest landscape, grassland landscape, farmland landscape, residential sites landscape and other landscape were studied using 8 landscape indexes of patch number, patch area, patch perimeter, Shannon-Wiener diversity index, evenness index, dominance index, isolation index, patch shape index and dynamic changes of 10 landscapes by Markov model. The results showed that broadleaves forest landscape was the preponderant landscape, open forest land landscape, un-stocked forest landscape and residential sites landscape were the inferior landscape, the 6 other landscapes were all in between preponderant and inferior landscape. Broadleaves forest landscape, coniferous forest landscape, fruit forest landscape, un-stocked forest landscape and residential sites landscape would be increasing, shrub land landscape, open forest land landscape, grass landscape and farmland landscape would be decreasing, other landscape would be stable in 20 years in the future. The results from this study are in accordance with the actual situation of the study area.

Key words: the characteristic of landscape element; Markov model; dynamic forecast; nature reserve; Wuliangshan

景观是由不同生态系统类型组成的异质性地理单元^[1],是位于生态系统之上区域之下的生命系统层次^[2],是区域规划管理的适宜尺度^[3]。自然保护

区是为了保护自然环境和自然资源,促进国民经济的持续发展,将一定面积的陆地和水体划分出来,并经各级人民政府批准而进行特殊保护和管理的区

域^[4],其周边地区是指自然保护区界线以外3~5 km范围内按自然地形(山脊或山沟)区划出来的区域^[5]。自然保护区不是孤立存在的,其与周边地区构成一个有机整体,自然保护区和周边地区的森林在维护生态平衡中共同起着重要作用^[6]。为了掌握自然保护区及其周边地区景观组分特征和景观动态变化情况,笔者以云南无量山国家级自然保护区及其周边地区作为一个整体,研究其景观组分特征,为保护区的可持续发展提供理论依据。

1 研究区概况

无量山国家级自然保护区及其周边地区包括云南省普洱市(原思茅市)的景东彝族自治县、镇沅彝族哈尼族拉祜族自治县、大理白族自治州南涧彝族自治县,总面积7.424万hm²。无量山国家级自然保护区因地处无量山山脉而得名,是国家重点保护野生动物黑冠长臂猿为代表的野生生物类型自然保护区^[7]。保护区面积3.131万hm²,占42.2%;周边地区面积4.293万hm²,占57.8%。其中,南涧县2.116万hm²,占28.5%;景东县5.063万hm²,占68.2%;镇沅县0.245万hm²,占3.3%。由此可见,景东县是本研究区的主体^[5]。

2 材料与方法

2.1 研究数据

2.1.1 森林资源二类调查数据 使用前后两期的森林资源二类调查数据提取景观数据,进行景观组分特征分析和动态预测。其中,南涧县前期二类调查是1989年,纸质林相图,后期是2005年调查,数字林相图;景东县前期二类调查是1997年调查,纸质林相图,后期是2005年调查,数字林相图^[5]。

2.1.2 LANDSAT TM 数据 由于1997年景东县境内的无量山国家级自然保护区没有开展二类调查,所以需要使用1997年的LANDSAT-TM数据,通过目视解译后获得1997年保护区的二类调查数据^[5]。

2.2 方法

2.2.1 纸质林相图数字化 首先用彩色滚筒扫描仪把纸质林相图扫描成栅格影像,然后使用遥感图像处理软件ERDAS基于数字地形图校正栅格林相图,最后用地理信息系统软件ArcView进行林相图数字化,同时赋予每个小班属性值,生成数字林相图。

2.2.2 LANDSAT TM 数据处理及目视解译 使

用遥感图像处理软件ERDAS基于数字地形图校正1997年的LANDSAT TM影像,然后参照保护区周边地区的林相图,利用ArcView软件进行目视解译,获取1997年保护区的二类调查数据。

2.2.3 景观分类 按土地利用类型和树种组类型把研究区的景观分为阔叶林景观、针叶林景观、经济林景观、灌木林景观、疏林景观、未成林景观、草地景观、农地景观、居住地景观和其他景观10个景观类型,代码分别为1、2、3、4、5、6、7、8、9、10。

2.2.4 景观数据库的建立 在ArcView软件中,用研究区的界线剪切其所涉及的南涧、景东和镇沅3县的乡(镇)二类调查数字林相图,并拼接成研究区前后两期的整幅林相图,建立包括研究区前期和后期数字林相图的数据库^[5]。在此基础上,按照景观分类系统把数字林相图数据库中的各小班进行合并处理,建立景观数据库。

2.2.5 计算方法^[8-10]

$$\text{多样性指数 } H = -\sum_{k=1}^n P_k \log P_k \quad (1)$$

$$\text{均匀度指数 } E = \frac{H}{H_{\max}} \quad (2)$$

$$\text{优势度指数 } D = H_{\max} - H \quad (3)$$

$$\text{分离度指数 } F = (n_i/A)^{0.5}/2(A_i/A) \quad (4)$$

$$\text{斑块形状指数 } LSI = \frac{0.25L_i}{\sqrt{A_i}} \quad (5)$$

式中: H 为Shannon Wiener多样性指数; P_k 为第 k 个景观类型出现的概率,通常以该景观类型的面积占景观总面积的比例来估算; n 为景观类型数; E 为景观均匀度指数; H_{\max} 为Shannon-Wiener多样性指数的最大值, $H_{\max} = \log n$; D 为景观优势度指数; n_i 为景观类型*i*中的斑块总个数; A 为研究区内景观总面积; A_i 为景观类型*i*的面积; LSI 为斑块形状指数; L_i 为景观类型*i*的周长。

2.2.6 景观动态预测 运用马尔可夫模型进行景观动态预测。

自然界中有些事物的变化过程仅与事物的近期状态有关,而与事物过去的状态无关,这一特性称为无后效性。具有这种特性的过程属于随机过程^[11],随机过程是指事物作随机运动的变化过程^[12]。马尔可夫过程是一种特殊的随机过程,它是指系统由某一段状态到另一段状态的转移过程,在此转移过程中存在着转移概率构成的状态概率转移矩阵,而状态概率转移矩阵是由目前相邻两段状态的变化推算出来的。也就是说,在假设的系统发展过程中,下阶段状态变化仅与现阶段状态有关,而与过去的状态无关,满足此假设的系统转移过程称之为马尔可夫过程^[13-14]。

马尔可夫模型是描述随机过程的经典方法^[15],它通过分析随机变量现时的运动情况来预见这些变量未来的运动情况。目前,马尔可夫模型在自然科学、工程技术、社会科学、经济研究等领域都有着广泛的应用^[16]。

马尔可夫模型原理进行动态预测应包括以下内容:

- (1)了解马尔可夫模型的应用条件^[11]。
- (2)构造马尔可夫过程状态变化转移矩阵^[13-14]。
- (3)构造马尔可夫过程状态概率转移矩阵^[13-14]。
- (4)构造马尔可夫预测模型^[13-14]。
- (5)马尔可夫模型的预测过程^[17]。

景观变化是自然驱动因子和人为驱动因子综合作用的结果^[8]。景观变化过程仅与景观的近期状态有关,而与景观过去的状态无关。即景观要素之间的转移过程是无后效性的,景观变化过程属于随机过程,所以可用马尔可夫模型来描述景观未来的动态变化情况^[18]。其预测方法和步骤是:

(1)建立景观面积转移矩阵。用ArcView软件从景观数据库中生成前后两期景观类型的面积转移数据,构造景观面积转移矩阵。

(2)构造景观概率转移矩阵。根据面积转移数据,计算出景观类型间的转移百分比(即转移概率),构造景观概率转移矩阵。

(3)建立景观马尔可夫预测模型。根据后期(即初始状态)的各类景观面积数据和景观概率转移矩

阵,利用(4)式构建景观马尔可夫预测模型。

(4)研究区前期二类调查时间的确定。动态模拟要使用两期景观分类数据,但是,研究区3个县前后两期二类调查之间的时间间隔不同,镇源县是7 a,景东县是8 a,南涧县是16 a,用其中任何一县的时间作为前期二类调查时间都不妥。就马尔可夫预测模型来说,研究区必须有一个统一的前期二类调查时间,所以,在此使用加权法确定前期二类调查的时间。即用3个县占研究区的面积权重乘以各县的间隔时间,然后累计,得出研究区的前期二类调查时间,即

$$7 \times 3.3\% + 8 \times 68.2\% + 16 \times 28.5\% = 10.2(a) \\ \approx 10(a)$$

也就是说,研究区3个县前后两期二类调查的间隔时间约等于10 a,后期二类调查是2005年,则前期二类调查时间可定为1995年^[5]。

(5)景观预测值计算。根据景观马尔可夫预测模型,按照矩阵相乘的运算法则计算第k状态时的预测值。

3 结果与分析

3.1 景观组分特征

依据景观数据库,用ArcView软件和EXCEL软件,经景观数据处理、统计和计算,得到无量山国家级自然保护区及其周边地区景观组分特征(表1)。

表1 无量山国家级自然保护区及其周边地区景观组分特征^①
Table 1 The characteristics of landscape elements in Wuliangshan national nature reserve and its adjacent area

序号	代码	斑块数	面积 /hm ²	周长 /km	面积 比例	多样性 指数	均匀度 指数	优势度 指数	分离度 指数	形状指数
1	1	1 951	48 285.0	1 276.6	0.650	0.280	0.122	2.023	0.125	1.452
2	2	386	8 641.5	228.4	0.116	0.250	0.109	2.053	0.310	0.614
3	3	75	1 437.7	38.6	0.019	0.075	0.033	2.227	0.821	0.255
4	4	589	7 030.7	836.5	0.095	0.224	0.097	2.079	0.470	2.494
5	5	13	159.9	18.3	0.002	0.012	0.005	2.290	3.072	0.362
6	6	27	264.9	37.6	0.004	0.022	0.010	2.280	2.672	0.578
7	7	99	721.0	123.6	0.010	0.046	0.020	2.257	1.880	1.151
8	8	407	7 327.9	790.0	0.099	0.229	0.099	2.074	0.375	2.307
9	9	64	126.1	38.0	0.002	0.012	0.005	2.290	8.643	0.846
10	10	40	244.3	46.6	0.003	0.017	0.008	2.285	3.527	0.745
合计		3 651	74 239	3 434.2	1.0					

①多样性指数、均匀度指数和优势度指数均按自然对数计算。

从表1可以看出,斑块数最多的是阔叶林,最少的是疏林地,表明阔叶林景观的斑块多样性最大,疏林地景观的最小;面积和面积比例最大的是阔叶林,最小的是居住地,说明阔叶林景观占优势,居住地景观处于劣势;多样性指数最大的是阔叶林,最小的是疏林地和居住地,说明阔叶林景观的相对多样性最

大,疏林地景观和居住地景观的最小;均匀度指数最大的是阔叶林,最小的是未成林地和居住地,说明阔叶林景观分布相对均匀,未成林地景观和居住地景观分布相对不均匀;优势度指数最大的是未成林地和居住地,最小的是阔叶林,说明阔叶林景观处于优势地位,未成林地景观和居住地景观处于劣势地位;

分离度指数最大的是居住地,最小的阔叶林,说明居住地景观最离散,破碎化严重,阔叶林景观不离散,破碎化最轻;形状指数最大的是草地,最小的是疏林地,说明草地景观的斑块形状最复杂,疏林地景观的最简单。

因此,阔叶林是斑块数最多、面积最大、面积比例最高、多样性最丰富、分布最均匀、最具优势、分离

度最小、最不离散的景观,是研究区最具优势的景观类型,疏林地、未成林地和居住地是处于劣势的景观类型。

3.2 景观动态预测

从景观数据库中,提取研究区前后两期 10 种景观类型的变化情况(表 2),计算景观变化面积转移矩阵(表 3),得到景观变化概率转移矩阵(表 4)。

表 2 研究区 1995—2005 年景观面积变化情况

Table 2 The change of landscapes from 1995 to 2005

hm²

景观类型	阔叶林景观	针叶林景观	经济林景观	灌木林地景观	疏林地景观	未成林地景观	草地景观	农地景观	居住地景观	其他景观	合计
1995 年	42 222.6	6 147.4	703.5	9 934.9	370.7		4 145.1	10 347.3	123.2	244.3	74 239.0
2005 年	48 285.0	8 641.5	1 437.7	7 030.7	159.9	264.9	721.0	7 327.9	126.1	244.3	74 239.0
增减	6 062.4	2 494.1	734.2	-2 904.2	-210.8	264.9	-3 424.1	-3 019.4	2.9	0.0	0.0

表 3 1995—2005 年景观变化面积转移矩阵

Table 3 Area transfer matrix of landscapes from 1995 to 2005 of the study area

hm²

景观类型	阔叶林景观	针叶林景观	经济林景观	灌木林地景观	疏林地景观	未成林地景观	草地景观	农地景观	居住地景观	其他景观	合计
阔叶林景观	38 044.3	1 453.8	397.8	1 600.5	114.1		612.1				42 222.6
针叶林景观	1 420.5	3 694.1	52.4	464.5			515.9				6 147.4
经济林景观	242.8	11.2	116.8	42.5	1.9	2.4	2.1	283.8			703.5
灌木林地景观	5 287.7	1 270.5	108.0	2 653.4	21.1	71.3	49.7	473.2			9 934.9
疏林地景观	231.6	115.5		16.5				7.1			370.7
未成林地景观											
草地景观	1 021.1	751.8	178.8	752.8	15.9	143.4	507.4	773.9			4 145.1
农地景观	2 037	1 344.6	583.9	1 500.5	6.9	47.8	161.8	4 661.9	2.9		10 347.3
居住地景观									123.2		23.2
其他景观										244.3	244.3
合计	48 285.0	8 641.5	1 437.7	7 030.7	159.9	264.9	721.0	7 327.9	126.1	244.3	74 239.0

表 4 1995—2005 年景观变化概率转移矩阵

Table 4 Probability transfer matrix of landscapes from 1995 to 2005 of the study area

%

景观类型	阔叶林景观	针叶林景观	经济林景观	灌木林地景观	疏林地景观	未成林地景观	草地景观	农地景观	居住地景观	其他景观	合计
阔叶林景观	90.11	3.44	0.94	3.79	0.27		1.45				100
针叶林景观	23.11	60.09	0.85	7.56	0.00	0.00	0.00	8.39			100
经济林景观	34.52	1.59	16.60	6.04	0.27	0.34	0.30	40.34			100
灌木林地景观	53.22	12.79	1.09	26.71	0.21	0.72	0.50	4.76			100
疏林地景观	62.48	31.16	0.00	4.45	0.00	0.00	0.00	1.91			100
未成林地景观					100.00						100
草地景观	24.64	18.14	4.31	18.16	0.38	3.46	12.24	18.67			100
农地景观	19.69	13.00	5.64	14.50	0.07	0.46	1.56	45.05	0.03		100
居住地景观						100.00					100
其他景观							100.00				100

注:未成林地景观前期没有,而后期有,所以计算转换概率时应视为 100%,否则会造成总面积错误。

根据表 2 中 2005 年的景观数据(即初始状态向量)和表 4 的概率转移矩阵,预测 2 个时间段(以 10 a 为一个时间段)的动态变化情况,即 k=1 时的

2015 年和 k=2 时的 2025 年的预测值。计算时,先计算出 2015 的预测值,再根据 2015 预测值和表 4 的概率转移矩阵,计算 2025 的预测值(表 5)。

表5 研究区2015年和2025年景观动态预测值

Table 5 Predicted landscapes in 2015 and 2025 of the study area

hm²

景观类型	1995年	2005年		2015年		2025年	
		实际值	增减 (比1995年)	预测值	增减 (比1995年)	预测值	增减 (比1995年)
阔叶林景观	42 222.6	48 285.0	6 062.4	51 465.1	9 242.5	53 180.0	10 957.4
针叶林景观	6 147.4	8 641.5	2 494.1	8 909.0	2 761.6	8 710.8	2 563.4
经济林景观	703.5	1 437.7	734.2	1 287.0	583.5	1 171.1	467.6
灌木林地景观	9 934.9	7 030.7	-2 904.2	5 648.6	-4 286.3	5 099.4	-4 835.5
疏林地景观	370.7	159.9	-210.8	156.9	-213.8	159.2	-211.5
未成林地景观	0.0	264.9	264.9	379.1	379.1	459.1	459.1
草地景观	4 145.1	721.0	3 424.1	242.0	3 903.1	151.9	3 993.2
农地景观	10 347.3	7 327.9	-3 019.4	5 778.7	-4 568.6	4 933.2	-5 414.1
居住地景观	123.2	126.1	2.9	128.3	5.1	130.0	6.8
其他景观	244.3	244.3	0.0	244.3	0.0	244.3	0.0
合计	74 239.0	74 239.0	0.0	74 239.0	0.0	74 239.0	0.0

从表5可以看出,若研究区保持1995—2005年的转移概率,在未来20 a内,阔叶林景观、针叶林景观、经济林景观、未成林地景观和居住地景观将呈现增加的趋势,灌木林地景观、疏林地景观、草地景观和农地景观将呈现减少的趋势,其他景观保持不变。在景观变化中,增加最多的是阔叶林,其次是针叶林,最少的居住地。

4 结论

从森林资源二类调查资料中提取景观组分特征和动态预测的基础数据,是比较有效的途径和方法,在具备近期和历史二类调查数据的地区比较适用。

从景观组分特征分析结果看,在10个景观中,阔叶林景观是优势景观,疏林地景观、未成林地景观和居住地景观是劣势景观,其他6种景观位于优势景观和劣势景观之间。此结果符合研究区的实际情况。

景观动态预测结果表明,利用马尔可夫模型进行研究区景观动态变化预测,不仅可以获取研究区景观的总体变化信息,而且可以得到景观的动态转移信息。

参考文献:

- [1] 生态学名词审定委员会.生态学名词[M].北京:科学出版社,2007;93-95,97.
- [2] 余新晓,牛健植,关文彬,等.景观生态学[M].北京:高等教育出版社,2006;19.
- [3] 许慧,王家骥.景观生态学的理论与应用[M].北京:中国环境科学出版社,1993;259.
- [4] 国家林业局野生动植物保护司.中国自然保护区管理手册[M].北京:中国林业出版社,1995;413.
- [5] 喻庆国.基于自然度的森林景观时空分异研究[D].北京:北京林业大学林学院,2007;38-39,67,81,117,154-158.
- [6] 喻庆国.3S技术在保护区及周边地区林地变化监测中的应用[J].林业资源管理,2002(6):62-67.
- [7] 喻庆国.无量山国家级自然保护区[M].昆明:云南科学技术出版社,2004.
- [8] 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;203.
- [9] 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;106.
- [10] 孙玉军,王雪平,张志,等.基于GIS的森林景观定量分类[J].生态学报,2003,23(12):2540-2544.
- [11] 董伍伦.经济信息与预测[M].广州:广东高等教育出版社,1999;345,353.
- [12] 张波.应用随机过程[M].北京:中国人民大学出版社,2001;54.
- [13] 侯振挺.马尔可夫过程的Q矩阵问题[M].长沙:湖南科学技术出版社,1994;3.
- [14] 张卫星.市场预测与决策[M].北京:北京工业大学出版社,2002;224.
- [15] 刘涛,岳彩荣,黄彬.基于“3S”的小流域土地利用变化动态监测[J].林业调查规划,2006,31(2):1-3.
- [16] 唐焕文,贺明峰.数学模型引论[M].北京:高等教育出版社,2001;305-307.
- [17] 余树全.浙江淳安天然次生林演替的定量研究[J].林业科学,2003,39(1):17-22.
- [18] 马安青,陈东景,王建华,等.基于RS与GIS的陇东黄土高原土地景观格局变化研究[J].水土保持学报,2002,16(3):56-59.