

基于 GIS 的森林景观定量分类

孙玉军, 王雪军, 张 志, 张志涛

(北京林业大学资源与环境学院, 北京 100083)

摘要:以金沟岭林场为例, 利用电子林相图和森林资源二类调查资料基础, 借助 GIS 软件 MapInfo 和数字化仪跟踪矢量化, 并运用景观生态学原理和方法, 选取分维数、分离度斑块密度、景观优势度和均匀度等指标, 对林场的景观格局进行了分析; 同时采用类平均聚类法, 选取分维数、分离度、斑块平均面积、最大斑块面积 4 个景观类型特征指数作为聚类分析的聚类因子, 进行定量地划分森林类型, 合理地区划森林经营类型, 为优化景观水平配置、制定生态采伐规程、编制森林经营方案提供理论基础。

关键词:森林景观; 景观分类; 过伐林区; 森林经营

GIS-Based forest landscape quantitative classification

SUN Yu-Jun, WANG Xue-Jun, ZHANG Zhi, ZHANG Zhi-Tao (College of Natural Resource and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12): 2540~2544.

Abstract: The scientific and reasonable division of forest resources is one of important means to realize forest sustainable management. Due to using unreasonable cutting methods and human destruction, forest resources are being deficient and ecological environment have gotten degenerated gradually. Therefore, the purpose of the paper is to find a way of ordinating the relationship between cutting and environment conservation.

Based on the landscape ecology theory and the application of GIS, this paper studies the forest landscape quantitative classification of the Jingouling forest farm, Changbai mountains, in the province of Jilin, China. Firstly, plant type patches were compartmentalized according to the subcompartment borders on the forest map. With the electronic forest map and information of forest resources survey, the area and perimeter of every forest landscape patch were computed. The total area, mean area, total perimeter and numbers of every landscape patch were calculated too. Considering the demands of the research work the forest landscape was classified into two levels. According to land use type the first level has 10 types, and the second level has 13 types named as dominate trees. Next, the forest landscape pattern was analyzed in terms of fractal dimension, isolation, dominance, diversity, patch density etc. Then, by means of unweighted-pair-group average, forest landscape was divided into three kinds of forest management types. The results were as follows:

(1) The forest landscape character indexes of research region: landscape diversity index 1.6273,

基金项目:国家“十五”攻关课题资助项目(2001BA510B0703)

收稿日期:2003-03-13; **修订日期:**2003-09-10

作者简介:孙玉军(1963~), 男, 黑龙江望奎县人, 博士, 教授。主要从事森林经理、森林生态学研究。E-mail: sunyj@bjfu.edu.cn

致谢:陆元昌、洪玲霞提供部分资料并给予帮助, 在此一并致谢

Foundation item: National Key Project of Tenth-five Plan (No. 2001BA510B0703).

Received date: 2003-03-13; **Accepted date:** 2003-09-10

Biography: SUN Yu-Jun, Ph.D., Professor, main research field: regional sustainable development, forest management and ecology.

landscape evenness index 0.5321, fragmentation 7.5471, landscape dominance 0.9376.

(2) On the basis of landscape classification, fractal dimension, isolation, mean patch area and maximum of patch as cluster factors, by means of unweighted-pair-group average, forest landscape was divided into three forest management types. Mixed, Mesophytic broad-leaved, Slow-grown broad-leaved and Siberian elm belong to type I; Khingian fire, Chinese spruce picea, Dahurian larch, Korean pine, Aciculisilvae and Mongolian pine belong to type II; Asian white birch, Poplar beech and Hybrid wood belong to type III.

Key words: forest landscape; landscape classification; over-cutting forest region; forest management

文章编号:1000-0933(2003)12-2540-05 中图分类号:X144 文献标识码:A

景观是以类似方式重复出现的、相互作用的若干生态系统所组成的异质性土地地域^[1]。以森林植被类型为主体的各种生态系统的聚合体构成森林景观。森林景观要素在空间上的分散或聚集,是自然、经济和社会要素之间相互作用的结果,根据形状和功能的差异,形成林学意义上的斑块、廊道和基质^[2]。通过森林景观定量分类,完善景观结构合理配置方案,维持整个区域景观功能过程的动态平衡,增强区域森林景观的完整性和稳定性,充分有效地利用景观资源和生态过程的异质性、多样性特点,发挥区域中景观的整体优化及生态经济效益。

1 研究地区概况

试验地选在吉林省汪清林业局金沟岭实验林场。东经 130°10', 北纬 43°22', 属长白山系老爷岭山脉雪岭支脉。林区地貌属低山丘陵,海拔为 300~1200m,坡度 10~25°,个别陡坡在 25°以上。本区属季风型气候,全年平均气温为 4℃左右。1 月份气温最低,平均为零下 32℃左右;7 月份气温最高,平均为 22℃左右。年降水量 600~700mm,多集中在 7 月份。土壤为中低山灰化土灰棕壤区,在海拔 800~1000m 为针叶林灰棕壤,沟谷是草甸土、泥炭土、沼泽土或冲积土,质地一般为粘壤,粒状结构,湿松,平均厚度 40cm 左右。

2 研究方法

2.1 空间数据的获取

以 1997 年金沟岭林场 1:5 万的地形林相图为基础图件,相应的森林经理调查数据为辅助数据,借助 GIS 软件对林相图分层矢量化,先对林相图上的场界、小班和林班数字化,生成面状图,在 GIS 软件支持下生成拓扑关系,并相应的加上地理编码;对林相图上的线状地物如道路、河流、溪沟等数字化,生成线状图并编码,然后把森林小班调查因子数据入库,并与图面资料一一对应。对林相图上的地形图数字化,通过地形图的矢量化获取高程信息。通过 GIS 的统计功能来获取各森林景观要素斑块的面积和周长,并计算每种景观要素的斑块数目,总面积、斑块平均面积和总周长。

2.2 数量分类方法

选取分维数、分离度、斑块平均面积和最大斑块面积 4 个景观类型特征指数作为聚类分析因子,采用类平均法计算森林景观类型两两之间平均距离的平方作为类间距离,即:

$$D_{pq}^2 = \frac{1}{n_p n_q} \sum_{i \in n_p, j \in n_q} d_{ij}^2$$

D_{pq}^2 是指类 p 与类 q 间的平均距离的平方, n_p, n_q 是指类 p 与类 q 它们所包含的类型个数。

3 研究结果

3.1 景观分类指标与测算

景观要素划分是研究景观格局的基础^[3,4,9,10]。本研究以林相图上的小班界限为主要依据划分植被类型斑块,并考虑研究工作的实际需要确立了两级分类系统,一级为地类、二级为以优势树种(组)命名的林分类型。因为一级分类中有林地占绝大多数,所以二级分类只在有林地中划分。

描述景观空间格局的指标,如分维数、景观分离度、景观优势度、多样性指数及斑块密度等的计算方法和生态涵义,万芳数据分维数表示斑块形状的复杂性,对每种景观要素的所有斑块进行 $\log(L/4)$; $\log(A)$ 的线性回归分析,回归斜率的 2 倍即为分维值。

表 1 景观空间格局特征指标及其生态涵义^[5~8]

Table 1 The characteristic index and ecological meanings of the landscape pattern

名称 Name	计算方法 Formula	概念内涵 Meaning	值阈及其生态意义 The value range and ecological meaning
斑块面积 Patch area 和斑块周长 Patch perimeter	GIS 统计获得	景观空间格局分析的基础	
斑块分维数 Fractal dimension	$S = 2\ln(L_i/4)/\ln A_i$	描述景观中斑块形状复杂程度	1-2; 值越趋近 1, 斑块的自相似性越强, 斑块形状越有规律; 同时, 斑块的几何形状越趋近简单, 受干扰的程度越大。
分离度 Isolation	$F = (n/A)^{0.5}/2(A_i/A)$	描述某一景观类型中不同元素个体分布的离散程度	分离度越大, 景观在地域分布上越分散。
破碎度 Fragmentation	$C_i = n_i/A_i$	景观要素被分隔的破碎程度	反映景观空间结构的复杂性和人类活动对景观结构的影响程度
多样性指数 landscape diversity index	$H = -\sum_{i=1}^m (P_i \log_2 P_i)$	描述景观类型的多少及各类型所占比例的变化	0 表示景观是由单一类型构成的, 景观是均质的; 由两个以上类型构成的景观所占的比例相等时, 多样性指数最高, 各景观类型所占比例差别增大, 则景观的多样性下降。
景观优势度 Landscape dominance index	$D = \log_2 m - H$	描述景观多样性对最大多样性之间的偏差	表明景观组成中某种或某些景观类型支配景观的程度。值越大, 各类型所占的比例差别大; 值越小, 各类型所占的比例相当; 值为 0, 各景观类型比例相等。
均匀度 Landscape evenness index	$E = -\ln \sum_{i=1}^m P_i^2 / \ln m$	描述景观中不同景观类型的分配均匀程度	其值越大, 景观各组成成分分配越均匀。

* 其中 L_i 为景观类型 i 的周长; A_i 为景观类型 i 的面积; n 为景观类型 i 中的斑块总个数; A 为研究区内景观总面积; m 为研究区中景观类型的总数; P_i 为各景观类型在总景观中所占的比例; N 为研究区内景观的总斑块数。

表 2 列出了一级分类系统各要素的指标值。从中看出, 整个景观以有林地为主, 面积占总面积的 96.75%, 是整个景观格局的基质, 在景观功能上起着重要作用。苗圃地的分维值最低, 说明苗圃地形状规整, 而有林地多为天然林, 自然区划的小班形状相对复杂, 因此, 具有较高的分维值。林业其它用地、灌木林地和沼泽地界缘的复杂性主要来自边界不整齐和相对破碎, 没有连成大片, 因此也具有较高的分维值。

表 2 一级分类系统统计指数与特征

Table 2 Statistic index and characteristic values of landscape pattern in the first classification system

景观类型 Landscape type	斑块数 Number of patches	总面积 Total area (km ²)	面积比例 Area proportion (%)	总周长 Total perimeter (km)	最大斑块面积 The max patch area (km ²)	平均斑块面积 Mean patch area (km ²)	分维数 Value of fractal dimension
有林地 ^①	1199	158.87	96.75	2274.17	0.4107	0.1325	1.4030
林业其它用地 ^②	31	1.24	0.76	37.89	0.1171	0.0400	1.4060
采伐迹地 ^③	26	0.16	0.10	9.35	0.0129	0.0063	1.2930
灌木林地 ^④	21	0.39	0.24	17.00	0.0597	0.0186	1.3972
沼泽地 ^⑤	17	0.47	0.29	17.81	0.0865	0.0277	1.3436
未成林造林地 ^⑥	5	0.11	0.06	3.74	0.0326	0.0212	1.1820
林业设施用地 ^⑦	4	0.58	0.35	6.82	0.2569	0.1448	1.1738
苗圃地 ^⑧	2	0.30	0.18	4.44	0.1502	0.1481	1.1130
河流 ^⑨		1.51	0.92	150.50			
道路 ^⑩		0.58	0.36	78.45			
合计 ^⑪		164.21	100.00	2600.17			

①Forest land, ②Other forestry land, ③Cutting blank, ④Brush field, ⑤Swamp land, ⑥Unestablished stands land,

⑦Forestry establishment land, ⑧Nursery, ⑨River, ⑩Road, ⑪Total

表 3 列出了二级分类系统各要素的指标值。从分维值看,白桦最高,为 1.7008,白桦林因为受到人工采伐,林缘参差不齐,形状复杂,导致了较高的分维值;而红松、落叶松和臭松等针叶林的分维值较低,这是由于该区是红松母树林保护区和红松种子生产区,针叶林基本停止采伐,林缘保护相对完整,故分维数低。这种阔叶林分维高、针叶林分维低的趋势对樟子松林和杂木林有些特殊,主要是由于它们斑块数量过少导致的。杂木最低,为 1.026。对森林景观的分度度分析,因混交林和针叶林的斑块面积较大,分离度指数较低,分别为 1.84、2.61;而杂木和樟子松不仅斑块数量少,其面积非常小,导致分离度指数较高。对整个林场的景观而言,森林景观的多样性指数为 1.6273,均匀度为 0.5321,景观斑块密度为 7.5471,优势度为 0.97376。这些数据说明,受采伐和垦殖活动等人因素为因素的干扰,森林景观的破碎程度较高,森林景观的多样性指数也较高(图 1)。

表 3 森林景观类型统计指数与特征

Table 3 Statistic index and characteristic values of landscape pattern in the second classification system

森林景观类型 Forest landscape type	斑块数 Number of patches	总面积 Total area (km ²)	总周长 Total perimeter (km)	面积比例 Area proportion (%)	平均面积 Mean patch area (km ²)	最大斑块面积 The max patch area (km ²)	分维数 Value of fractal dimension	分离度 Value of isolation
Lx8	377	66.51	840.12	41.87	0.18	0.4027	1.2970	1.84
Lx3	105	16.45	206.85	10.35	0.16	0.3715	1.2740	3.93
Lx1	96	7.39	168.57	4.65	0.08	0.4107	1.3080	8.36
Lx9	83	4.95	133.38	3.11	0.06	0.1988	1.7008	11.61
Lx6	18	1.05	29.92	0.66	0.06	0.2074	1.3632	25.56
Lx5	10	1.05	17.92	0.66	0.11	0.2690	1.2304	18.96
Lx4	1	0.01	0.40	0.00	0.01	0.0079	1.0260	794.87
Lx12	242	23.35	366.95	14.70	0.10	0.3925	1.0722	4.20
Lx13	191	33.42	418.99	21.04	0.17	0.3893	1.2920	2.61
Lx2	50	2.66	54.33	1.67	0.05	0.1737	1.2890	16.78
Lx10	12	0.61	11.68	0.38	0.05	0.1398	1.1930	35.95
Lx11	11	1.38	23.03	0.87	0.13	0.2473	1.1590	15.16
Lx7	3	0.06	2.05	0.04	0.02	0.0370	1.5460	178.67
合计 Total	1199	158.87	2274.17	100.00				

* Lx1: 中生阔叶 Mesophytic broad-leaved ;Lx2: 云杉 Chinese spruce picea ;Lx3: 慢生阔叶 Slow-grown broad-leaved;Lx4: 杂木 Hybrid;Lx5: 杨树 Poplar;Lx6: 榆树 Siberian elm;Lx7: 樟子松 Mongolian pine;Lx8: 混交 Mixed tree;Lx9: 白桦 Asian white birch;Lx10: 红松 Korean pine;Lx11: 臭松 Khingan fir;Lx12: 落叶松 Dahurian larch;Lx13: 针叶 Aciculisilvae

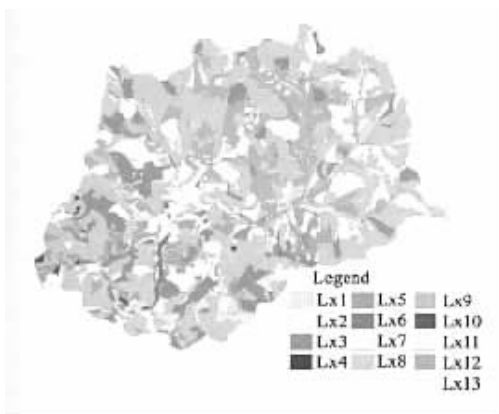


图 1 二级分类专题图
Fig.1 Second level thematic map



图 2 经营类型划分图
Fig.2 Forest management type classification map

3.2 森林景观基础上的经营类型划分

以二级分类(表 3)的分维数、分离度、斑块平均面积和最大斑块面积 4 个景观类型特征指数作为聚类分析因子,应用大型统计软件 SAS 处理数据,得到类平均聚类法的并类过程,并计算出 R^2 统计量、半偏 R^2 、伪 F 统计量、伪 t^2 统计量。其中 R^2 统计量、伪 F 统计量评价相应的聚类效果,它们的值越大,说明类与类越分开,分类效果好;半偏 R^2 值是上一步 R^2 与该步 R^2 的差值,半偏 R^2 值和伪 t^2 统计量越大,说明该步合并的效果显著。

根据上述统计量的计算结果,遵照林学、生态学的林型与经营类型划分理论,把观测样本数据分为 3 类。混交、慢生阔叶、中生阔叶、榆树为 I 类;臭松、云杉、落叶松、红松、针叶、樟子松为 II 类;白桦、杨树、杂木为 III 类(见图 2)。

4 结论与讨论

(1)基于森林经理调查资料,借助 GIS 软件,提取森林景观数据,生成森林分类专题图。并运用景观生态学原理和方法,分析了研究区的森林景观空间格局。本文得出研究区域森林景观特征指标为:多样性指数 1.6273、均匀度指数 0.5321、破碎度指数 7.5471、景观优势度 0.9376。

(2)在景观分类基础上,以分维数、分离度、斑块平均面积和最大斑块面积 4 个景观类型特征指数作为聚类分析因子,应用聚类分析方法,划分出 3 种森林景观基础上的经营类型。混交、慢生阔叶、中生阔叶、榆树为 I 类;臭松、云杉、落叶松、红松、针叶、樟子松为 II 类;白桦、杨树、杂木为 III 类。

(3)划分的 3 种经营类型,尽管考虑了生态学与林学理论因素,要实际应用,还需进一步描述并分析它们的分布规律,细化经营类型并提出相应措施,结合生态采伐,调整森林结构,从景观水平恢复顶级群落。

(4)划分经营类型的指标,除树种(林型)隐含的因素外,是否还要独立地考虑地形、地势、地位级等自然因子与数量化因子,包括光谱与遥感图像分类问题还可做进一步研究。

References:

- [1] Forman R T T and Godron M. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- [2] Almfarin. *Principles and Methods in Landscape Ecology*. Chapman & Hall Ltd, 1998. 113~117.
- [3] Xiao D N, Brencang, Li X Z. Spatial Ecology and Landscape Heterogeneity. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(5): 455~456.
- [4] Zhao H X, Zhou X F, Wang Y H, eds. Type Division of Northeast Present Forest Classification Management. *Journal of Northeast Forestry University*, 2000, **28**(5): 1~5.
- [5] Fu B J eds. Landscape Diversity Types and Their Ecological Significance. *Acta Geographica Sinica*, 1996, **51**(5): 454~461.
- [6] Zhang J Z, et al. eds. Dynamic Indicator System for Measurement of Spatial Pattern in Landscape Ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 1990, **10**(2): 182~186.
- [7] Ma K M, et al. eds. Measuring Landscape Diversity: Affinity Analysis of Pattern Diversity. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, **18**(1): 76~81.
- [8] Ma K M, Fu B J, Zhou H F. Studies on Species and Pattern Diversities of the Forest Landscapes of Donglingshan Mountain Region, Beijing, China. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(1): 1~7.
- [9] Wu J G. *Landscape Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 2000. 101~109.
- [10] Yu K J Li D H, Duan T W. Landscape Approaches Biodiversity conservation, *Chinese Biodiversity*, 1998, **6**(3): 205~212.

参考文献:

- [3] 肖笃宁,布仁仓,李秀珍. 生态空间理论与景观异质性. *生态学报*, 1997, **17**(5): 455~456.
- [4] 赵惠勋,周晓峰,王义弘,等. 东北林区现育林分类经营的类型划分. *东北林业大学学报*, 2000, **28**(5): 1~5.
- [5] 傅伯杰,等. 景观多样性的类型及其生态意义. *地理学报*, 1996, **51**(5): 454~461.
- [6] 赵景柱. 景观生态空间格局动态度量指标体系. *生态学报*, 1990, **10**(2): 182~186.
- [7] 马克明,等. 景观多样性测度: 格局多样性的亲和度分析. *生态学报*, 1998, **18**(1): 76~81.
- [8] 马克明,傅伯杰,周华锋. 北京东灵山地区森林的物种多样性和景观格局多样性研究. *生态学报*, 1999, **19**(1): 1~7.
- [9] 邬建国. *景观生态学*. 北京: 高等教育出版社, 2000. 101~109.
- [10] 俞孔坚,李迪华,段铁武. 生物多样性保护的景观规划途径. *生物多样性*, 1998, **6**(3): 205~212.