

呼伦贝尔森林-草原交错区景观格局时空动态

刘立成^{1,2}, 吕世海^{1,2,*}, 高吉喜², 卢欣石¹

(1. 北京林业大学资源与环境学院, 北京 100083; 2. 中国环境科学研究院生态所, 北京 100012)

摘要: 基于遥感(RS)与地理信息系统(GIS)相结合的方法, 解译并提取了 1988 年、1995 年、2000 年和 2004 年四期呼伦贝尔森林-草原交错区的景观格局空间分布信息, 并在 Fragstats3.3 软件中, 分别从景观级别和类型级别出发, 分析了该区景观格局的时空动态变化。结果表明: (1) 16 年来, 呼伦贝尔森林-草原交错区各景观类型转换频繁。其中, 林地面积减少量最多, 达 7858.15 km², 主要转换为草地; 未利用土地面积增加量最多, 净增 4087.25 km², 增加的面积主要来源于草地和林地。(2) 景观格局整体波动较大, 景观破碎度、景观多样性指数逐年增大, 优势度指数降低。(3) 受人为干扰的影响, 研究区内各主要景观类型均表现出景观斑块由大到小, 由少到多, 斑块形状复杂化程度增加的特点。(4) 主要景观类型质心向东偏移, 其中, 林地景观的质心向东南方向偏移了 50.22° 大约 4.48 km; 草地景观整体向东北方向偏移了 79.96° 大约 29.93 km。

关键词: 森林-草原交错区; 景观格局; 破碎度指数; 多样性指数; GIS

文章编号: 1000-0933(2008)10-4982-10 中图分类号: Q149, Q948, S812 文献标识码: A

Spatial-temporal landscape dynamics in the Hulunbeir forest-steppe ecotone

LIU Li-Cheng^{1,2}, LÜ Shi-Hai^{1,2,*}, GAO Ji-Xi², LU Xin-Shi¹

1 College of Resources and Environment, Beijing Forest University, Beijing 100083, China

2 Institute of Ecology, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 4982 ~ 4991.

Abstract: Describing and understanding spatial patterns over time is an important research arena in landscape ecology. The forest-steppe ecotone with alkalized grassland in Hulunbeir, which borders the Great Xing'an forest region, is one of the most significant ecological barriers in North China. Since 1950s, the landscape patterns in the ecotone have changed greatly and ecosystem functions have degraded substantially because of excess resource development as well as natural changes. By integrating Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS), this paper explores how and why the landscape pattern changed. The results shows: (1) it is remarkable to interchange between different landscapes, especially frequently among forest land, grassland, cropland and unused land. The area of forest land has decreased sharply by 7858.15 km², while the unused land increased 4087.25 km². (2) indices of landscape characteristics have changed significantly from 1988 to 2004, with the landscape diversity index and fragmentation index increasing and the landscape dominance index decreasing. (3) Main landscape types including forest, grassland, cropland, unused land show their patches quantity added and patch shape changed more and more complexly. (4) From 1988 to 2004, the centroid of main landscape types had moved east, the centroid of forest has moved 4.48 km southeast, while the centroid of grassland moved

基金项目: 国家 2007 年环保公益专项资助项目(200709029)

收稿日期: 2007-06-04; 修订日期: 2007-11-08

作者简介: 刘立成(1982~), 男, 甘肃庆阳人, 硕士生, 主要从事遥感与地理信息系统在草地生态监测中的应用. E-mail: popcheng@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lvshihai@sohu.com

Foundation item: The project was financially supported by study on application and technical methods of regional ecoasset assessment, China(No. 200709029)

Received date: 2007-06-04; **Accepted date:** 2007-11-08

Biography: LIU Li-Cheng, Master candidate, mainly engaged in the application of remote sensing and geographic information system in ecological monitoring of grassland. E-mail: popcheng@126.com

29.93 km northeast. This study revealed the intensities, directions, and rates of landscape pattern changes, and the relationships among landscape pattern, ecological processes, and human activities. This study can provide scientific basis for the sustainable development of the ecotone.

Key Words: forest-grassland; ecotone; landscape pattern; fragmentation index; diversity index; GIS; remote sensing

景观格局是指大小和形状不一的景观斑块在空间上的排列形式^[1,2],景观空间格局分析是探讨景观格局和生态过程相互关系的基础^[3]。近年来,随着景观生态学的不断发展,景观格局及其动态研究已成为景观生态学研究的热点和重要领域^[4~8]。景观空间格局的形成是在一定地域内各种自然环境条件与社会因素共同作用的产物,因此,研究其特征可了解它的形成原因与作用机制,为人类定向影响生态环境并使之向良性方向演化提供依据^[2]。生态交错带(Ecotone)又称生态过渡带,早在20世纪初,Elements就将Ecotone的概念引入了生态学的研究^[9~11],近百年来,生态交错带的概念和理论得到了长足的发展和不断的完善,现今有了更为明确的定义:生态交错带是特定尺度下生态景观实体之间的过渡带,是存在于相邻的不同均质景观单元之间的异质性景观^[12]。生态交错带的生态服务功能在于,它是承接不同生态系统之间的枢纽,也是几个生态系统之间生态流动的通道和生态屏障。因此,对生态交错带内景观格局的研究,是揭示其生态环境状况、空间变异性特征、以及生态过程相关的区域资源环境问题有效的手段^[13]。

我国的森林-草原交错带大致呈东北-西南向分布,它的形成要追溯到地质时期新生代第三纪末期^[14]。呼伦贝尔森林-草原交错区属于中大尺度的生态交错带,是我国著名的大兴安岭林区与呼伦贝尔大草原唇齿相依的区域,是我国北方重要的生态屏障,对维护东北乃至华北地区的生态安全有重要的战略意义。自20世纪50年代以来,随着人类对该区域开发利用强度的不断加强,以及自然环境条件的影响,该区域内景观格局发生了很大变化,景观破碎化、景观异质性增强。同时,还引来了区域内森林资源缩减,大面积的草原退化、荒漠化;水土流失、风沙灾害等一系列的生态环境问题。现今,国内有关森林-草原交错区景观结构、功能特征以及动态变化驱动力分析的案例还较少,交错区景观变化的方向和速率,未来景观变化的趋势,以及到目前为止已采取的各项有关森林、草原的保护政策、措施在该区域景观变化中的成效如何,这些问题都还没有一个系统性的研究。本研究通过1988~2004年期间,研究区内各景观类型之间的面积转移规律与景观格局指数变化特征,系统地分析了该区景观格局时空动态的变化趋势,旨在揭示外界干扰与该区景观动态变化之间的关系,以及该区景观格局演替发展的规律,为今后制定各种相关方针、政策,合理管理开发利用交错带内资源,保护生态交错区的功能,维护交错区可持续发展提供重要的科学依据。

1 研究区概况

呼伦贝尔森林-草原交错区位于内蒙古自治区呼伦贝尔市中部,地理位置东经116°86'~125°01'与北纬46°94'~53°95',土地面积约114158.25km²,海拔700~2000m。地理上属于大兴安岭西麓山地向呼伦贝尔高原的过渡带;植被上属于大兴安岭林区向呼伦贝尔草原的过渡地带;资源利用上属于林区向牧区的过渡地带。这种生态学上的过渡性地带,往往具有水热条件优越,物种资源丰富,生物多样性大的特点;但是同时,也具有动态性,脆弱性,不稳定性的特性,易受到自然环境条件的影响和人为因素的干扰。

研究区由东向西,属于寒温带大陆季风气候向中温带大陆性气候的过渡区域。冬季寒冷漫长,夏季温凉短促,春季干燥风大,秋季气温骤降、霜冻早。昼夜温差大,无霜期短,日照丰富。年降雨量300~400mm,全年≥10℃的积温为1800~2000℃。

行政区主要涵盖呼伦贝尔市的三市两旗,即海拉尔市、额尔古纳市、牙克石市、陈巴尔虎旗和鄂温克族自治旗。

2 数据获取与研究方法

2.1 数据来源与处理

在景观格局研究中,常将嵌块体类型视为土地利用类型,即用一定级别的土地利用类型表示景观中的嵌

块体类型,至少在人类开发利用程度较高的地区可以如此^[15]。因此,本文将研究区景观格局种类的嵌块体类型与土地利用类型视为同义语,景观空间格局亦即为土地利用空间格局。

本研究以美国陆地资源卫星 5 (Landsat 5) 数据 4 期(1988 年 5 月、1995 年 7 月、2000 年 7 月、2004 年 6 月,波段 1~7) 每期 8 景的 TM 遥感影像为基础数据,并结合研究区 1:10 万地形图(1985 年)、土地利用现状图等其他图件为辅助。在 ERDAS 软件的支持下完成图像拼接、分幅裁减、标准假色彩合成及影像精纠正、配准和增强处理,结合收集到的研究区气候、土地、植被等自然地理资料,根据研究区的实际情况,参照全国土地利用分类系统,利用计算机监督分类为主,人工目视纠正为辅,将研究区分为耕地、林地、草地、建设用地(居民地、城市用地)、水域(河流、湖泊)、未利用土地(盐碱化、荒漠化土地)六大景观类型。

将各期解译分类数据在 ArcGIS 环境下以 COVERAGE 矢量文件储存,并加入高程数据,以 30m×30m 的分辨率形成数字高程模型(DEM),建立研究区图形数据库,最终形成 4 个时期的景观格局分布图形数据(见图 1)。在具体分析计算时,将矢量数据转换成栅格数据,转换平均误差控制在 1 个像元以内,利用 ArcGIS 的空间分析功能,对栅格数据进行操作。

2.2 研究方法

2.2.1 景观格局变化动态度模型

动态度是指某研究区一定时间范围内某种景观类型的面积变化程度和速率^[16,17],其表达式为:

$$S = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中, S 为研究时段内某一土地利用类型动态度; U_a 、 U_b 分别为研究期初及研究期末某一种土地利用类型的面积; T 为研究时期。

2.2.2 景观格局空间变化模型

土地利用的空间变化,可用土地资源分布重心变化情况来反映。同样,这种方法可以应用到景观类型空间变化中来,其方法为分别求出四期景观分布图中各景观斑块的质心坐标,然后乘以各个景观斑块的面积,最后把乘积累加后除以同期全区该区域该景观的总面积^[16]。

$$X_t = \sum_{i=1}^n (C_{ti} \times X_i) / \sum_{i=1}^n C_{ti} \quad Y_t = \sum_{i=1}^n (C_{ti} \times Y_i) / \sum_{i=1}^n C_{ti} \quad (2)$$

式中, X_t 、 Y_t 分别表示第 t 年某种景观类型质心的经度、纬度坐标; C_{ti} 为第 t 年该景观第 i 个斑块的面积; X_i 、 Y_i 分别表示该景观第 i 个斑块的经度、纬度坐标。

2.2.3 景观格局特征指数

研究景观格局特征一般在 3 个层次上进行分析,(1)单个斑块级别上的分析(patch-level),研究内容有斑块的大小、形状、周长等;(2)斑块类型级别上的分析(class-level),反映的是景观中不同类型的结构特征,包括各种景观类型的斑块密度、大小、周长等;(3)景观级别上的分析(landscape-level),研究内容有景观多样性、镶嵌性、破碎度和优势度等。本文借助于 Fragstats3.3 软件,着重从类型级别和景观级别出发,对研究区的景观格局指数变化做出了系统的分析,研究选取的评判指标及其意义如下所示(表 1)。

3 结果与分析

3.1 景观类型的面积转移情况分析

3.1.1 景观类型面积转移矩阵

某一景观类型的变化往往是双向的,既发生由该类型转变为其他类别的转出,又有从其他类型转变为该类的转入^[3]。面积变化首先反映在不同类型的总量变化上,通过分析土地利用类型的总量变化,可了解景观变化总的态势和土地利用结构的变化。本文依据 1988 年、2004 年两期研究区遥感解译分类数据,运用 GIS 的 Spatial analyst 模块,获得了研究区 1988/2004 景观类型面积转移矩阵(表 2)。为了研究更为直观、精确,根据遥感解译分类数据的不同时期,将本研究的研究时期划分为 3 个时段,即:第 1 时段,1988~1996 年;第 2 时段 1996~2000 年;第 3 时段 2000~2004 年。在此基础上,根据公式(1)计算了不同景观类型之间 3 个时

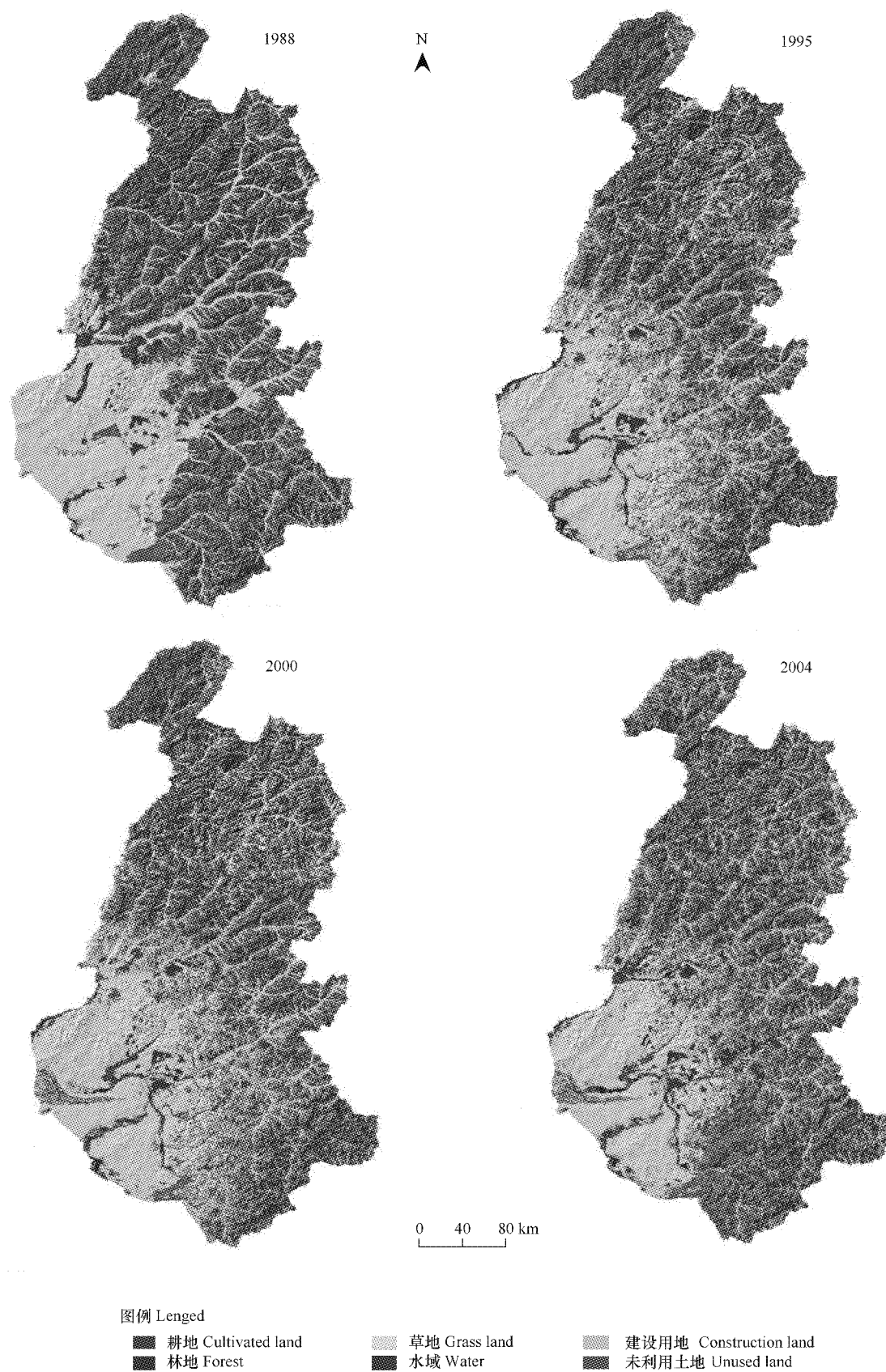


图 1 1998 ~ 2004 年研究区景观格局分类图

Fig. 1 The landscape patterns classification of studying area during 1988 to 2004

段面积转移变化的速率(表3)。

表1 景观格局指数及说明

Table 1 Landscape index and illumination

景观格局指数 Landscape index	数学公式 Mathematical formula	参考文献 References
破碎度指数 Fragmentation index	$G_i = n_i/A_i$	[18]
分离度指数 Division index	$F_i = D_i/S_i \quad D_i = \frac{1}{2} \sqrt{e/A} = A_i/A$	[19]
平均斑块分维数 Mean patches fractal dimension index	$MPFD = (\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [2\ln(0.28P_{ij})/\ln a_{ij}])/N$	[20,21]
形状指数 Landscape shape index	$LSI = P/[\sqrt[2]{\pi A}]$	[22,23]
多样性指数 Diversity index	$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \times \log_2 P_i)$	[26,27]
最大斑块指数 Largest patch index	$LPI = V/A$	[24,25]
均匀度指数 Evenness index	$E = -\sum_{i=1}^m (P_i \times \log_2 P_i)/\ln(m)$	[12]
优势度指数 Dominance index	$D = \ln(m) + \sum_{i=1}^m (P_i \times \log_2 P_i)$	本文 This study

i, j 代表景观类型, n 为景观斑块数, A 为景观总面积, P 为景观斑块周长, a 为景观斑块面积, e 表示景观类型的个数, m 为景观类型总数; V 代表最大斑块面积; G 为景观的破碎度; F 为景观的分离度, $MPFD$ 代表平均斑块分维指数; N 为景观中斑块总数; LSI 代表形状指数; $SHDI$ 为多样性指数; LPI 为最大斑块指数, E 为均匀度指数; D 代表优势度指数

表2 景观类型面积(km²)转移矩阵

Table 2 Conversion matrix of landscape components

景观类型 Landscape types	耕地 Cropland	林地 Forest	草地 Grassland	水域 Water	建设用地 Construction land	未利用土地 Unused land	1988 合计 Total of 1988
耕地 Cropland	1718.50	295.01	915.02	4.25	42.00	85.02	3059.75
林地 Forest	2076.50	52689.75	12869.50	76.75	69.00	601.75	68383.25
草地 Grassland	3007.25	7502.05	25652.50	262.75	388.50	4058.50	40871.50
水域 Water	0.25	—	10.75	31.50	—	17.00	59.50
建设用地 Construction land	4.75	2.00	2.50	0.75	42.75	1.25	54.00
未利用土地 Unused land	72.25	36.50	532.75	25.75	9.00	871.25	1547.50
2004 合计 Total of 2004	6879.5	60525.25	39983.00	401.75	551.25	5634.75	113975.50

表3 1988~2004 年景观类型的面积变化及动态度

Table 3 Changes of landscape pattern area and dynamic degree from 1988 to 2004

景观类型 Landscape types	1988~1995 年 面积变化量	1995~2000 年 面积变化量	2000~2004 年 面积变化量	1988~1995 年 动态度(%)	1995~2000 年 动态度(%)	2000~2004 年 动态度(%)
耕地 Cropland	1053.61	1089.24	1703.86	4.95	5.32	8.22
林地 Forest	-9046.03	-470.01	1660.02	-1.89	-0.16	0.7
草地 Grassland	5828.6	-2046.5	-4626.25	2.04	-0.87	-2.59
水域 Water	281.48	368.66	-285.55	71.92	21.85	-10.11
建设用地 Construction land	311.98	-7.74	195.78	85.15	-0.42	13.75
未利用土地 Unused land	1619.62	1070.01	1430.45	14.91	6.75	8.43

面积变化量 Area variance; 动态度 Dynamic degree; “-”表示面积减少或动态度为负增长

景观类型面积转移与变化速率的统计分析结果表明,在1988年到2004年的16a期间,6类景观类型的面积均发生了不同程度的变化,其中林地与草地的面积净减,其余4类景观类型的面积净增。由表2可知,林地面积为面积减少居首的景观类型,达7858km²,并且在研究期的第一时段,动态度的绝对值达到最大值1.89;其次

是草地,约减少了 889km²,动态度在研究期的第 3 时段达最大值 2.59。在面积增加的景观类型当中,未利用土地增加面积最多,达到 4087.25km²,第 1 时段的动态度最大,值为 14.91;耕地面积也增幅较大,净增了 3819.75 km²,动态度变化逐渐递增,第 3 时段达到最大值 8.22;建设用地与水域面积也有所增加,截至 2004 年,面积分别为 497.25km²和 342.25 km²。面积转移变化的情况反映了 16 年来交错区内主要景观类型林地与草地有明显缩小的迹象,同时耕地、未利用土地等与人类活动联系紧密的景观类型增幅较大,研究区显现出这种以主要景观类型向其他类型过渡的动态特征,是自然环境演变与人类活动共同作用的结果。

3.2 景观格局指数变化分析

3.2.1 研究区景观格局分析

区域整体景观格局的分析,是把握全区空间格局动态变化的基础,是本研究的重点内容之一。以景观斑块作为研究的基本结构单元,通过指标分析发现:16 年来,区域景观斑块总数大幅度增加,已由 1988 年的 299 个增加到 2004 年的 9134 个,尤其前 7 年的增长速率相对最快,到 1995 年为止,全区总斑块数已经增长到 7534 个,此后增长速率则相对平缓;与斑块数量的变化相对应,全区平均斑块面积呈减小趋势,从研究期最初的 381.39km²减小到 12.49km²。景观斑块的这种由大到小、由少到多的变化趋势反映了随着人类对该区资源不断的开发利用,研究区景观破碎化程度正在逐渐增加,区域受到外界因素的干扰正在加强。

景观水平的景观指数分析显示(图 2),16 年来,区域景观多样性指数总体呈增长趋势,由 1988 年的 0.838 增长到了 1.069,根据前文提到的将研究期划分的 3 个时段,景观多样性指数逐步增长幅度依次为:0.130、0.060、0.042,可以看出,其增长速率呈现出由快到慢的变化趋势;均匀度指数的波动趋势与多样性指数相似,3 个时段增长速率也是由快到慢;而与前两种指数的变化规律相对应,优势度指数的波动则恰恰相反,呈逐步降低趋势,由 1988 年的 0.882 降低到了 2004 年的 0.723,3 个时段下降速率同样也是由快到慢。以上 3 个指数的变化规律表明,1988~2004 期间,研究区内各景观要素之间转换频繁,区域整体受少数几个主要景观类型的支配程度逐步下降,景观各组分分配朝向更为

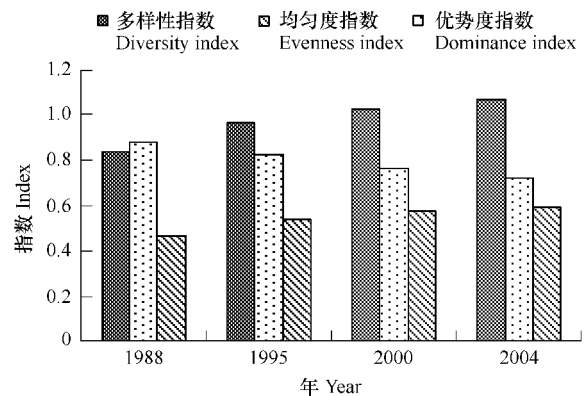


图 2 研究区景观格局指数分析

Fig. 2 Analysis of landscape patterns index in the studying area

均匀化的方向发展,景观类型的组成趋向复杂,空间异质性明显增加。但是,从不同时段的变化速率来看,3 种指标都反映出随着时间的迁移,变化幅度有所减缓的迹象,这说明研究区景观呈现出的这种趋势已经逐渐引起了当地政府和广大人民群众的重视,在政府实施各项政策、措施与群众积极配合下,该区景观破碎化、景观空间异质性增加的趋势已经得到了有效缓减,人为对该区景观干扰和破坏已得到了初步的控制,保护与恢复生态环境这样一个主题,现今已引起了越来越多的关注。

3.2.2 主要景观类型的景观指数分析

区域整体景观格局指数的分析反映了整个呼伦贝尔森林-草原交错区近 16 年来景观格局总体的变化趋势。为了进一步探索研究区景观格局变化的规律,揭示各个景观类型自身与各类型之间的迁移转换趋势及其驱动力,本文从单一景观类型的角度出发,以类型水平的一些景观格局指数为参数,重点对林地、草地、耕地以及未利用土地这些研究区主要的景观类型进行了分析,结果见表 4。

(1) 林地

研究区遥感解译分类数据显示,林地是全区最大的生态景观类型,1988 年林地面积占全区总面积的 60.03%,随着时间的推移,林地面积所占比例逐渐下降,截至 2004 年,已经下降到了 53.08%。通过前文面积转移变化的分析(表 2)可以看出,减少的林地面积现今主要转变成草地与耕地,造成这种变化趋势的主要原

因是,人类对研究区内森林资源持续的开发利用,而砍伐过后的林地就转化成草地,或者转变成为其他景观类型。具体分析林地各景观格局指数(表4),得出如下结论:16年来,林地景观破碎化程度明显增加,2004年林地景观斑块数增加到1008个,破碎度指数由0.0008增长到了0.0166,相应地分离度指数下降到了0.8655,以上3类指数的变化反映出了该时段林地景观的复杂性和异质化程度升高的趋势;而斑块分维数、最大斑块数、形状指数这3类指数的变化集中反映了林地景观斑块形状的复杂程度的变化情况,以及斑块变化对整体景观的影响程度。研究数据显示,到2004年为止,3类指标都呈增长态势,表明林地景观斑块的形状变得越来越不规则,斑块复杂性增加,这也从另一个角度上反映出了人类频繁活动对景观斑块的影响。另一方面,从本研究的各个时段来看,第1时段(1988~1996年)各项景观指标的变化最为敏感,变化幅度也最大,均达到了整个研究期的最大(或最小)值,这种变化说明了这一时期林地景观受到外界因素干扰的影响最强,这说明在这一时段人类开发利用的强度相对最大,森林资源减少的趋势比较明显,林地景观破碎化、复杂化程度均达到整个研究期的最大值;第2、3时段(1996~2004年)为林地景观逐步走向恢复的初期,这一时期各项景观指数的变化方向均与第1时段相反,虽然变化幅度并不是很大,但是,表明了林地景观持续遭到破坏的趋势已经得到了有效的控制,林区生态保护与生态恢复的工作取得了一定的成效。

表4 1988~2004年主要景观类型的景观指数分析

Table 4 Analysis of landscape index in main landscape pattern from 1988 to 2004

景观类型 Landscape types	年份 Year	斑块数 NP	破碎度 F	分离度 D	斑块分维数 MPFD	最大斑块指数 LPI	形状指数 LSI
林地 Forest	1988	52	0.0008	0.8869	1.2092	29.22	26.41
	1995	1392	0.0236	0.8693	1.2939	34.64	68.05
	2000	1359	0.0233	0.8744	1.2928	33.90	67.70
	2004	1008	0.0166	0.8655	1.3011	33.09	68.21
草地 Grassland	1988	85	0.0021	0.9354	1.2289	25.09	35.85
	1995	3817	0.0812	0.9039	1.2817	30.98	87.87
	2000	4007	0.0890	0.9184	1.2832	28.54	94.54
	2004	4666	0.1165	0.9870	1.2120	10.15	99.35
耕地 Cropland	1988	85	0.0370	0.9434	1.0842	0.67	15.20
	1995	3817	0.2699	0.9488	1.1144	0.28	44.93
	2000	4007	0.2288	0.9742	1.1267	0.23	48.85
	2004	4666	0.2211	0.9921	1.1404	0.38	57.09
未利用土地 Unused land	1988	85	0.0167	0.9465	1.1536	0.67	10.70
	1995	3817	0.1459	0.9584	1.1940	0.91	31.49
	2000	4007	0.1569	0.9677	1.2035	1.10	40.79
	2004	4666	0.1647	0.9994	1.2046	1.20	48.52

斑块数(NP) Number of Patches; 破碎度(F) Fragmentation index; 分离度(D) Division index; 斑块分维数(MPFD): Mean patches fractal dimension index; 最大斑块指数(LPI) Largest patch index; 形状指数(LSI) Landscape shape index

研究结果表明,20世纪90年代以来,在国家大的宏观政策的指导下,呼伦贝尔地区依托三北防护林工程,加强了封山育林,营造防护林等森林保护的措施,有效限制了人为砍伐利用的强度,各项保护措施已初见成效,研究区内林地景观有明显恢复迹象。

(2) 草地

该区另一个主要的生态景观类型——草地,它属于呼伦贝尔草原的一部分。16年来,单从面积变化量的分析来看,草地景观的变化不像林地突出,但实际上草地景观却经历了一个先增后减的动态过程;并且在人为干扰与自然因素的双重影响下,草地景观的变化也很剧烈。深入分析发现,其面积增加的部分主要来源于砍伐利用过后的林地,而减少的部分则主要是被人类开发成了耕地,或是由于过度放牧,草地沙化、退化等原因,转变了为未利用土地。分析草地各景观格局指数可以看出(表4):到2004年,草地斑块数增加到了4666个,

破碎度指数为 0.1165,均达到整个研究期的最大值,说明草地景观破碎化、复杂化程度在本研究的 3 个时段呈现出持续增长的趋势。斑块分维数、最大斑块指数、形状指数的变化与前边两类指数略有不同,在研究的 3 个时段,斑块分维数指数表现为升降降的波动趋势,在 2000 年达到最大值 1.2832;最大斑块指数的变化表现为升升降的波动趋势,1996 年达最大值 30.98;形状指数的变化规律为升升升,2004 年达到最大值 99.35,这 3 类指数的变化不规律性主要是由于草地景观面积有增有减的过程引起的,总体看来,这 3 类指数的变化还是反映出了草地景观斑块形状越来越不规则,受到破坏的程度还是有明显增加。

综合以上分析可以看出,研究区内草地类型各景观指数动态变化明显,草地景观与其他景观类型的转换非常频繁;随着时间的推移,受到人为干扰的强度不断加大,斑块的复杂化、破碎化趋势也越来越明显,景观异质性程度趋向升高。

(3) 耕地与未利用土地

单从面积上来看,研究区内耕地、未利用土地景观并不占支配地位,截至 2004 年,耕地面积占全区总面积的 6.03%,未利用土地为 4.97%。但是,16 年来,这两种景观类型的增长速率是非常迅速的,其面积年均增长率分别达到 14.16% 和 22.84%。耕地、未利用土地面积的快速增长与研究区内人类活动越来越为频繁是息息相关的,这是因为耕地景观类型增加的面积主要来源于森林、草地资源的开发与利用;未利用土地景观类型增加的面积则是来源于生态环境条件的不断恶化,如风沙灾害,土地沙化、荒漠化、水土流失等,主要由其他类型的土地退化而来,深入思考不难发现,这些环境恶化的本质原因还是由于人类对自然资源无休止的开发破坏活动造成的。对这两种景观类型的景观格局指数分析结果表明,随着面积不断扩张,这两种景观类型的复杂化、破碎化程度也随之增长,同时,景观斑块的形状也越来越不规则。以上景观格局指数的分析可以看出,这两种景观类型的变化趋势与林地、草地景观有些相似,这是和研究区面积转移变化的规律相对应的,经过 16 年的时间,这两种景观类型的面积已有很大一部分来自于林地与草地景观,因此景观指数也会受到一定程度的影响。

3.3 主要生态景观类型的质心变化分析

景观要素类型的空间位置变化,可以利用该类型的质心变化来表征。前文已经论述了林地与草地是呼伦贝尔森林-草原交错区最为主要的生态景观类型,故本文以林地与草地的质心变化为代表,分析了 1988 ~ 2004 年研究区景观格局的空间变化形势^[30]。

在 Arc/Info workstation 软件平台的支持下,利用 centroidlabels 命令将所有林地、草地斑块的质心标出来,并利用 Addxy 命令将质心坐标添加到属性表里,再根据公式(2)计算出每期两种主要景观类型的质心坐标(图 3),最后,运用 ArcGIS 中的 analysis tools 模块计算了其质心移动的距离和偏移的角度。分析结果表明,16 年来,研究区内林地、草地景观的质心明显东移。根据本研究划分的不同时期,具体结论如下:总体来看,林地景观的质心向东南方向偏移了 50.22° 大约 4.48km,其中 1988 ~ 1995 年向东北方向偏移了 14.58km;1995 ~ 2000 年向西南方向迁移了 0.8km,2000 ~ 2004 年向南偏西方向偏移了 16.84km;草地景观整体向东北方向偏移了 79.96° 大约 29.93km,其中 1988 ~ 1995 年向东北方向移动了 9.32km,1995 ~ 2000 年向东北方向移动了 3.78km,2000 ~ 2004 年向北偏西方向偏移了约 19.38km。

以上分析的结论与前文主要景观类型的景观格局变化是相互对应的,在研究期的第一时段,森林资源减少的趋势比较明显,林地面积减少,林线向东北丘陵山区退缩,而砍伐利用过后的林地主要转变成草地,使其

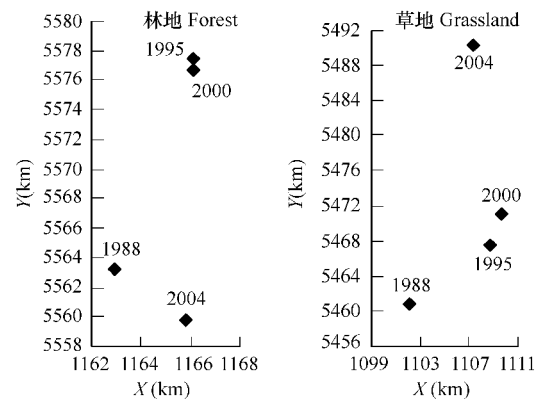


图 3 1988 ~ 2004 年林地和草地景观质心动态变化

Fig. 3 Dynamic changes of forest and grassland centroid from 1988 to 2004

面积向东北方向扩张,所以草地景观的质心也跟着向东北方向移动;在研究期的第2、3时段,在退耕还林还草、封山育林,营造防护林等一系列保护森林的措施实施后,随着林地面积向西南方向的扩张,林地质心开始向西南方向移动;而草地质心的变化则与林地背道而驰,先向东北方向迁移后转向西北,这是因为在这两个时段,受林地向西南扩张与开垦利用、草地退化等因素的影响,草地面积减少,并逐渐向北方退缩。

4 结论与小结

(1) 16年来,各个景观类型之间转换频繁。其中,林地面积减少最多,达7858km²,动态度最大值为1.89。主要转换为草地与耕地,草地面积减少的幅度次之,约减少了889km²,动态度最大值为2.59。未利用土地面积增加最多,净增4087.25km²,动态度最大值达到了14.91,主要来源于草地,其次是耕地,研究期内面积总计净增了达3819.75km²,动态度最大值达8.22,增加的面积主要来源于草地和林地。

(2) 区域整体景观格局分析结果显示,全区景观格局整体波动较大,从1988年到2004年,全区景观斑块数由原来的299个增加到9134个;多样性指数由原来的0.838增长到1.069;优势度指数则由原来的0.882降低到0.723,分析结果表明全区整体破碎化程度日益增长,受少数几个主要景观类型的支配程度下降,景观异质性、复杂性逐年增长。

(3) 通过类型水平的一些景观指标,对主要景观类型的分析结论如下:16年来,林地、草地、耕地、未利用土地四类研究区的主要景观类型的景观斑块都出现由大到小,由少到多,复杂性增加,斑块形状变的越来越不规则的趋势;相应地,景观破碎度增大,主要景观类型的优势度逐渐下降。造成这些变化的主要原因,要归结为人类无休止的对自然资源的开发利用与破坏,以及由此产生的一系列生态环境恶化问题。

(4) 主要景观类型动态度模型分析表明,林地与草地的质心明显东移,到2004年林地质心向东南方向偏移了50.22°大约4.48km,草地质心向东北方向偏移了79.96°大约29.93km。林地与草地景观质心迁移的动力主要来源于森林资源开发利用后林地面积向东南方向的缩减,以及过渡放牧、草地退化等人类对草地资源的开垦破坏。

总之,呼伦贝尔森林-草原交错区历经了一个生态功能退化、景观逐步破碎化的动态过程。近年来,随着一系列相关政策、法规的不断完善,以及“退耕还林还草”、“三北防护林工程”、“围栏封育”等一些措施的实施,交错区内自然资源的合理开发和生态保护工作已经初显成效,但是随着人类活动的加强,交错区受到的干扰也在增加,进一步加强和实施科学管理、有效保护资源,维护交错区可持续发展势在必行。

References:

- [1] Xiao D N, Bu R C, Li X Z. Spatial ecology and landscape heterogeneity. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(5): 453–461.
- [2] Zhang S R, Xi G S, Deng L J, *et al.* Analysis of landscape spatial patterns in the hill region in the west of Sichuan Basin. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 380–386.
- [3] Wang C H, Wang K L, Li R D, *et al.* Analysis on the change of landscape spatial pattern in lake-land ecotone: A case study on Dongting lake area. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(2): 240–247.
- [4] Turner M G, Gardner R H, eds. *Quantitative Methods in landscape Ecology*. New York, USA: Springer-Verlage, 1991.
- [5] Turner M G, Ruscher C L. Changes in landscape patterns in Georgia. *Landscape Ecol*, 1988, 1(4): 242–249.
- [6] Wickham J D, O' Neill R V, Jones K B. Forest fragmentation as an economic indicator. *Landscape Ecol*, 2000, 15: 170–178.
- [7] Pickett S T, *et al.* Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems. *Science*, 1995, 269: 331–334.
- [8] Chang X L, Hao J G. Spatial analysis of pattern of sandy landscapes in Kerqin. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(3): 225–233.
- [9] Clements F E. *Research methods in ecology*. Nebraska: University Publishing Company, 1905.
- [10] Gates J E, Gysel L W. Avian nest dispersion and fledging success in field-forest ecotones. *Ecology*, 1978, 59(5): 871–881.
- [11] Anderson J M. *Ecology of environmental science-resources and environmental science series*. Edward Arnold (Ltd). 1981, 87–95.
- [12] Gao H W. Advancement of theoretical research in ecotone. *Chinese Journal of Ecology*, 1994, 18(1): 32–38.
- [13] Shi P L, Li W H. Quantitative methodologies for ecotone determination. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(4): 586–592.
- [14] Wang Q S. Forest landscape spatial patterns of forest-steppe ecotone in northern Hebei Province and eastern Inner Mongolia in China. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(3): 11–15.
- [15] Li Y B, Wang S J, Rong L. A comparative researches on landscape pattern changes in different rock desertification peak cluster-depressions. *Geographical Research*, 2005, 24(3): 371–378.

- [16] Wang X L, Bao Y H. Study on the methods of land use dynamic change research. *Progress in Geography*, 1998,18(1):81—87.
- [17] Wang Z Q, Zhang B, *et al.* Wetland dynamics and ecological and environmental impacts in West Jilin Province. *Resources Science*, 2006,28(2):212—221.
- [18] Li Z G, Wang Y L, *et al.* Spatial-temporal dynamics of landscape fragmentation in North Shanxi Loess Plateau. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005,16(11):2066—2070.
- [19] Li J P, Zhao J H, *et al.* Research on dynamic change of grassland in West Jilin Province. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006,20(1):126—130.
- [20] Chen C H, Hu F, Zhang L C. Landscape pattern of Nanjing urban-rural ecotone. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(8):1363—1368.
- [21] Chang Y, Bu R C, *et al.* Dynamics of landscape boundary at Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004,15(1):15—20.
- [22] Jiang Y J, Yuan D C, *et al.* Dynamic change analysis of landscape pattern in typical karst watershed: A case study of Xiaojiang watershed of Yunnan Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004,24(12):2927—2931.
- [23] Wang A H, Zhang S Q, Zhang B. A study on the change of spatial pattern of wetland in the Sanjiang Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 2003,23(2):237—243.
- [24] Li Y H, Hu Y M, *et al.* Forest landscape change and driving forces in Huzhong Forest Bureau of Daxing'anling in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006,26(10):3347—3357.
- [25] Yu D Y, Hao Z Q, *et al.* Landscape pattern variation of forest resources in typical forest zone of Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004,15(10):1809—1814.
- [26] Bai W Q, Zhang Y L, Bao W K. Landscape patterns and dynamics in the upper reaches of the Dadu River. *Journal of Natural Resources*, 2003,18(1):75—80.
- [27] Cai W M, Tang H J, *et al.* Application of approach of landscape pattern analysis and land use conversion matrix in research of land use characteristics. *China Land Science*, 2006,18(1):75—80.
- [28] Zhang Y M, Zhao S T. Temporal and spatial change of land use in Horqin Desert and its outer area. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004,15(3):429—435.
- [29] Qiu Y, Zhang J T, Zheng F Y. The kernel of landscape ecology: spatial and temporal heterogeneity in ecological systems. *Chinese Journal of Ecology*, 2000,19(2):42—49.
- [30] Wang D D, Wang Z Q, *et al.* Dynamic change of marsh landscape patterns in the wet Songnen plain. *Arid Land Geography*, 2006,29(1):94—100.

参考文献:

- [1] 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):453~461.
- [2] 张世熔,龚国淑,邓良基,等.川西丘陵区景观空间格局分析. *生态学报*, 2003,23(2):380~386.
- [3] 汪朝辉,王克林,李仁东,等.水陆交错生态脆弱带景观格局时空变化分析——以洞庭湖区为例. *自然资源学报*, 2004,19(2):240~247.
- [8] 常学礼,郝建国.科尔沁沙地景观格局特征分析. *生态学报*, 1998,18(3):225~233.
- [12] 高洪文.生态交错带(Ecotone)理论研究进展. *生态学杂志*, 1994,18(1):32~38.
- [13] 石培礼,李文华.生态交错带的定量判定. *生态学报*, 2002,22(4):586~592.
- [14] 王庆锁.河北北部和内蒙古东部森林-草原交错带森林景观格局初步研究. *生态学杂志*, 2004,23(3):11~15.
- [15] 李阳兵,王世杰,容丽.不同石漠化程度岩溶峰丛洼地系统景观格局比较. *地理研究*, 2005,24(3):371~378.
- [16] 王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨. *地理科学进展*, 1999,18(1):81~87.
- [17] 王志强,张柏,等.吉林省西部湿地动态过程及其生态环境效应分析. *资源科学*, 2006,28(2):212~221.
- [18] 李正国,王仰麟,等.陕北黄土高原景观破碎化的时空动态研究. *应用生态学报*, 2006,16(11):2066~2070.
- [19] 李建平,赵江洪,等.吉林省西部草地动态变化. *水土保持学报*, 2006,20(1):126~130.
- [20] 陈彩虹,胡峰,张落成.南京市城乡交错带景观格局研究. *应用生态学报*, 2003,14(8):1363~1368.
- [21] 常禹,布仁仓,等.长白山森林景观边界动态变化研究. *应用生态学报*, 2004,15(1):15~20.
- [22] 蒋勇军,袁道先,等.典型岩溶流域景观格局动态变化——以云南小江流域为例. *生态学报*, 2004,24(12):2927~2931.
- [23] 汪爱华,张树清,张柏.三江平原沼泽湿地景观空间格局变化. *生态学报*, 2003,23(2):237~243.
- [24] 李月辉,胡远满,等.大兴安岭呼中林业局森林景观格局变化及其驱动力. *生态学报*, 2006,26(10):3347~3357.
- [25] 于德永,郝占庆,等.长白山典型林区森林资源景观格局变化分析. *应用生态学报*, 2004,15(10):1809~1814.
- [26] 摆万奇,张德铨,包维楷.大渡河上游地区景观格局与动态. *自然资源学报*, 2003,18(1):75~80.
- [27] 蔡为民,唐华俊,等.景观格局分析法与土地利用转换矩阵在土地利用特征研究中的应用. *中国土地科学*, 2006,20(1):75~80.
- [28] 张永民,赵士洞.科尔沁沙地及其周围地区土地利用的时空动态变化研究. *应用生态学报*, 2004,15(3):429~435.
- [29] 邱扬,张金屯,郑凤英.景观生态学的核心:生态学系统的时空异质性. *生态学杂志*, 2000,19(2):42~49.
- [30] 王丹丹,王志强,等.松嫩平原西部沼泽湿地景观格局动态变化研究. *干旱区地理*, 2006,29(1):94~100.