

文章编号: 1004- 4574(2009) 02- 0186- 05

# 扎龙自然保护区土地利用变化与生态风险评价

周利军<sup>1</sup>, 张雪萍<sup>2</sup>, 陈 设<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 绥化学院 地理与旅游管理系, 黑龙江 绥化 152061; <sup>2</sup> 哈尔滨师范大学 地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150025)

**摘 要:** 以扎龙自然保护区为例, 取该区 1989、1999和 2006年 3个时段的遥感影像为基本数据源, 利用 GIS为数据处理平台, 得到了 17a中不同时期的土地利用信息。根据不同土地利用方式生态影响的空间分布和梯度变化, 利用层次分析法确定不同土地利用类型的生态风险权重, 构造了一个综合性生态风险指数, 通过对生态风险指数采样结果进行空间插值, 获得了扎龙自然保护区区域生态风险的时空动态分布特征。结果表明: 扎龙自然保护区的土地利用以沼泽湿地为主, 17a来其耕地和盐碱地的面积在持续增大, 而沼泽湿地的面积在持续减小; 由此而导致扎龙保护区高风险指数区域的面积不断增大, 低风险指数区域的面积不断减小, 使整个区域的生态风险指数整体增高; 从空间分布来看, 扎龙自然保护区的生态风险指数呈条带状从区域内部向边缘逐渐增高。

**关键词:** 扎龙自然保护区; 土地利用; 生态风险评价

中图分类号: X21

文献标识码: A

## Land use change and ecological risk assessment of Zhalong Natural Protection Area

ZHOU Lijun<sup>1</sup>, ZHANG Xueping<sup>2</sup>, CHEN She<sup>2</sup>

(1. Department of Geography and Tourist Management, Suhua College, Suhua 152061, China;

2. College of Geography Science, Harbin Normal University, Harbin 150025, China)

**Abstract** In this study, we analyzed the land use information based on TM and CBERS images during three periods of 1989, 1999 and 2006 in Zhalong Natural Protection Area. Then the authors determine the weight values of the ecological risk from different land use patterns by analytic hierarchy process and construct integrated ecological risk index of different periods. The system sampling method was used to make it a spatial variable; the semi-variogram analysis and block kriging were conducted to study the spatial characteristics and inherent causes of regional ecological risk in the working area. The result indicates that the land use in Zhalong is mainly the marsh and wetland, the area of cultivated land and saline land have been increasing continually, while the counterpart of marsh and wetland have been reducing with no stop, which lead to the rise of the high risk index area and the reduction of low risk index area in Zhalong. Therefore the ecological risk in the whole region is increasing like a strip from the inside of Zhalong to its border region in view of the spatial distribution.

**Key words** Zhalong Natural Protection Area; land use; ecological risk assessment

收稿日期: 2008- 08- 11; 修订日期: 2009- 01- 19

基金项目: 黑龙江省社会科学基金项目 (06D038)

作者简介: 周利军 (1977- ), 男, 讲师, 主要从事资源环境与信息系统研究. E-mail: zhlij\_2003@126.com

通讯作者: 张雪萍 (1962- ), 女, 教授, 博士, 主要从事资源与环境生态学研究. E-mail: helbxip@163.com

区域生态风险评价是在区域尺度上描述和评估区域的环境污染、人为活动或自然灾害对生态系统及其组分产生不利作用的可能性和大小的过程<sup>[1]</sup>。20多年来,生态风险评价研究经历了从环境风险到生态风险再到区域生态风险评价的发展历程,风险源由单一风险源扩展到多风险源,风险受体由单一受体发展到多受体,评价范围由局地扩展到区域景观水平<sup>[2]</sup>。区域生态风险评价的方法主要有美国生态风险评价的“三步法”,即问题提出、分析和风险表征<sup>[3-4]</sup>,荷兰的阈值判定法,英国的基于可持续发展生态风险评价方法及澳大利亚的定性定量相结合的生态风险评价方法<sup>[5-6]</sup>,国内还有部分学者从土地利用或景观结构的角度来进行区域生态风险评价<sup>[7-9]</sup>。本文以扎龙自然保护区为例,从土地利用对维持和调节区域生态环境的能力存在着差异的角度出发,利用层次分析法构建了不同土地利用类型对区域生态风险的权重,利用系统空间采样和空间插值法对扎龙地区的生态风险进行评价,旨在为扎龙自然保护区生态环境管理提供数量化的决策依据和理论支持。

## 1 研究区域概况与研究方法

### 1.1 研究区域概况

扎龙自然保护区位于黑龙江省西部,松嫩平原乌裕尔河下游,齐齐哈尔市东南郊 26.7km 处,地理坐标为 123°47′~124°37′E, 46°52′~47°32′N,地跨齐齐哈尔市的富裕县、泰来县、铁峰区、昂昂溪区和大庆市的林甸县、杜尔伯特蒙古族自治县等 6 个县,总面积为 2100km<sup>2</sup>,是一个以鹤类等大型水禽为主体的珍稀鸟类和湿地生态类型的国家级自然保护区(见图 1)。根据黑龙江省人民政府关于扎龙自然保护区划界和功能区划的批复,湿地划分为 3 个区域:核心区面积 500km<sup>2</sup>,为保存完好的典型湿地生境,主要为芦苇沼泽,是鹤类等珍稀水禽重要的栖息地和巢区分布地;缓冲区面积 1480km<sup>2</sup>,分布着成片或断续的芦苇沼泽、苔草沼泽及湖泊,也是鹤类等珍稀水禽的活动领域和栖息繁殖地,区内村屯较多,有铁路、公路干线和大型水利工程;实验区面积为 120km<sup>2</sup>,生境与缓冲区相同,主要进行鹤类实验研究,并有限开放生态旅游。

### 1.2 研究方法——数据处理流程

本文主要以 1989年 6月、1999年 9月美国 Landsat-TM 影像和 2006年 6月的 CBERS(中巴资源卫星)为数据源, TM 影像选用 TM 4 3 2 波段进行假彩色合成, CBERS 最高空间分辨率为 19.5m, CCD(电荷耦合相机)光谱段的设计与美国 Landsat-TM 影像相似<sup>[10]</sup>,因此也选择 4 3 2 波段组合。所有遥感图像经过增强、纠正、镶嵌等处理后,根据影像特征,在参考其它相关资料的基础上,将研究区域的土地利用类型划分为耕地(平原旱地、水田)、草地、林地、盐碱地、水域、湿地(沼泽湿地)和建设用地(城镇、农村居民地、工矿交通用地)等七类,建立不同土地利用类型的判读标志并进行人机交互解译,再进行实地地效,修改无误后建立扎龙自然保护区土地利用数据库。数据格式 Coverage,投影方式为等面积割圆锥投影(Albers),中央经线为 105°E,双标准纬线分别为 25°N 和 47°N,坐标原点为(0 0)。

### 1.3 分析方法

#### 1.3.1 生态风险指数

为建立土地利用与区域生态风险之间的经验联系,本研究利用土地利用类型的面积比重,构造了一个生态风险指数  $I_{ER}$ ,用于描述一个样地内综合生态风险的相对大小以便通过采样方法将土地利用的空间结构转化为生态风险变量,计算公式如下:

$$I_{ER} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i W_i}{A}$$

式中:  $i$  为各土地利用类型、 $A_i$  为样地内第  $i$  种土地利用类型的总面积、 $A$  为样地总面积、 $W_i$  为第  $i$  种土地利用类型所反映的生态风险强度参数、生态风险强度参数  $W_i$  的确定采用层次分析法<sup>[11]</sup>,分别为:沼泽 0.021、湖泊 0.037、林地 0.106、草地 0.142、耕地 0.193、居民地 0.228、碱地 0.273。经验证,判断矩阵的一致性检验均合格,层次总排序后判断矩阵的一致性指标  $0.038 < 0.1$ ,因此判断矩阵具有满意的一致性。

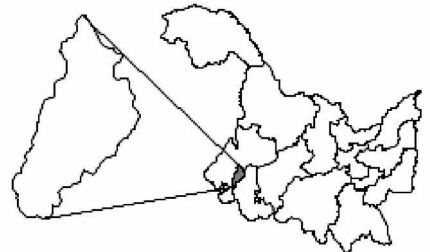


图 1 研究区在省内的位置  
Fig. 1 Position of study area in Heilongjiang Province

### 1 3 2 采样方法

研究中采用 2km × 2km 正方形单元网格对生态风险指数进行空间化, 采样方式为等间距系统采样法, 全区共采样 638 次。每个样地利用生态风险指数计算出一个综合性生态风险值, 作为样地中心点的生态风险水平。

### 1 3 3 空间插值方法

空间插值方法是利用地统计学方法完成的, 地统计学方法是在经典统计学方法的基础上, 充分考虑到空间变量的空间变化特征, 并以变异函数作为工具, 来研究空间变量的有关问题<sup>[12]</sup>。本研究在空间采样的基础上, 计算得出半变异函数, 然后进行理论半变异函数的拟合, 生态风险空间结构的分析主要采用球状模型进行拟合, 其计算公式为

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2,$$

式中:  $r(h)$  为变异函数、 $Z(x_i)$  和  $Z(x_i + h)$  分别为系统某属性在空间位置处的值,  $N(h)$  为样本对数,  $h$  为空间距离即变程。

## 2 结果与分析

利用上述方法, 在对扎龙自然保护区土地利用状况演变分析的基础上, 进行了 3 个时段的生态风险空间分析和插值制图。

### 2 1 扎龙自然保护区土地利用变化分析

从 1989 年、1999 年和 2006 年 3 个时段的土地利用类型面积占有率来看 (表 1), 湿地面积均大于 50% (面积分别为 1279.3 km<sup>2</sup>, 1250.9 km<sup>2</sup> 和 1238.4 km<sup>2</sup>), 且面积逐年减少, 平均每年减少 2.4 km<sup>2</sup>。草地面积分别占 18.4%, 15.6% 和 15.1%, 盐碱地的面积分别为 170.1 km<sup>2</sup>, 209.3 km<sup>2</sup> 和 211.6 km<sup>2</sup>, 面积在逐年增加, 水域分别占 6%, 6% 和 5.8%, 耕地的面积分别为 223.6 km<sup>2</sup>, 272.7 km<sup>2</sup> 和 300.6 km<sup>2</sup>, 17a 增加了 87 km<sup>2</sup>, 林地和居民地的占有量则非常小, 都在 1% 以下, 且变化也不大。土地利用方式的这种变化, 使扎龙自然保护区湿地的调节功能减弱, 环境的舒适性程度降低, 土壤盐碱化、草地退化、生物多样性降低等生态问题不断发生, 使整个区域的生态风险程度也在不断提高。

表 1 不同土地利用类型的百分比

Table 1 Percentage of different kinds of land use

%

年份	耕地	林地	草地	湿地	盐碱地	水域	建设用地
1989	9.9	0.4	18.4	56.8	7.6	6.0	0.9
1999	12.1	0.4	15.6	55.6	9.3	6.0	0.9
2006	13.4	0.4	15.1	55.0	9.4	5.8	1.0

### 2 2 生态风险指数的空间结构分析

从半变异函数曲线中, 分别得到半变异函数的主要参数: 基台值和变程 (表 2)。其中基台值是衡量生态风险指数波动幅度的参数, 变程则可用于说明生态风险指数的空间相关距离<sup>[13]</sup>。结果表明, 1989 年的基台值只有 0.0022261, 说明这期间研究区域内生态风险强度的空间分布是比较均匀, 差异较小。随着扎龙边缘地区大量土地被开垦, 扎龙内部由于缺水而导致沼泽湿地转变为盐碱地生态风险指数的空间分布出现较大的变化, 因此半变异函数的基台值逐渐增大, 到 2006 年达到 0.0026532, 这表明在 1989-2006 年的 17a 间, 扎龙边缘地区及烟筒屯地区生态风险强度明显提高, 空间分布差异增大。

从变程的变化来看也是逐渐增加的, 从 1989 年的 21220 增加到 2006 年的 25520, 这是由于不同土地利用类型的性质差异造成的。从 1989 年到 1999 年, 扎龙地区耕地增加 2%, 到 2006 年还在持续增加; 其次由于缺水, 导致大量的沼泽湿地逐渐转化为盐碱地, 特别是近几年来由于缺水使扎龙地区的春旱和火灾频发, 使沼泽湿地退化; 第三, 随着扎龙保护区内人口的增加, 居民地和工矿用地也在不断增加。这些变化使许多相同的土地利用类型 (如盐碱地、耕地) 连接成片, 这样生态风险指数的空间相关距离有所增加。

表 2 生态风险指数的理论半变异函数

Table 2 Theoretical semi variogram of ecological risk index

年份	1989	1999	2006
基台值	0.0022261	0.0025179	0.0026532
变程 /m	21220	22871	25520

### 2.3 生态风险指数的空间变化分析

利用地理信息系统软件, 将空间插值的结果转变为  $100m \times 100m$  的栅格数据, 然后按照四等分法把生态风险指数分为微度风险等级、轻度风险等级、中度风险等级和高度风险等级四类, 如图 2 所示, 从图可以看出除烟筒屯镇和白音诺勒地区外, 扎龙的生态风险指数呈条带状由内部向外逐渐递增, 其中扎龙的西北部和东部地区为生态风险指数最高的地区, 扎龙保护区的内部为生态风险指数最低的地区。利用 ArcMap 对扎龙自然保护区不同等级的生态风险指数的栅格数量进行统计 (表 3), 从表 3 可以看出, 扎龙地区微度风险指数的面积在逐渐减小, 从 1989 年的 35.2% 减少到 2006 年的 30.7%, 17a 减少了 4.5%, 而高度风险指数的面积却在逐年增加, 从 1989 年的 8.2% 减少到 2006 年的 11.1%, 17a 增加了 2.9%, 这样便使扎龙地区总体生态风险指数增大。从以上分析可知, 扎龙自然保护区的生态风险指数的这种变化与本区土地利用变化的结果是相同的。

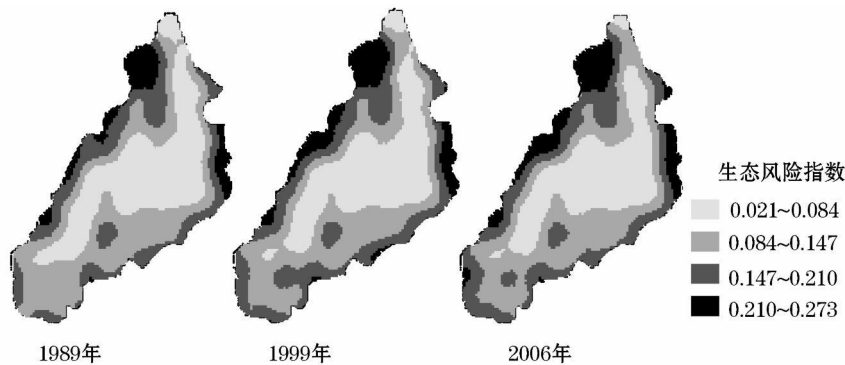


图 2 1989-2006 年扎龙自然保护区生态风险强度空间分布

Fig 2 Distribution of ecological risk intensity in Zhalong Natural Protection Area from 1989 to 2006

表 3 1989-2006 年扎龙自然保护区生态风险指数分级

Table 3 Classification of ecological risk index for Zhalong Natural Protection Area from 1989 to 2006

等级	等级指数	2006年		1999年		1989年	
		栅格数	百分比	栅格数	百分比	栅格数	百分比
微度	0.021~0.074	68952	30.7%	72934	32.5%	79156	35.2%
轻度	0.074~0.147	78787	35.1%	75987	33.8%	82013	36.5%
中度	0.147~0.209	51956	23.1%	52349	23.3%	45129	20.1%
高度	0.209~0.273	24875	11.1%	23309	10.4%	18272	8.2%

## 3 结论

上述研究结果表明, 以 RS 为数据源, 以 GIS 的地统计分析方法, 可以量化地描述由不同土地利用类型所引起区域生态风险程度, 该生态风险指数较准确地评价了扎龙地区生态环境状况和演变方向。本文基本结论如下:

(1) 扎龙自然保护区内土地利用类型以沼泽湿地为主, 草地和盐碱地以及其它土地利用类型镶嵌分布其中或分布在湿地周围, 土地利用变化以湿地减少、耕地和盐碱地增加最为显著。

(2) 从空间来看, 扎龙自然保护区的生态风险指数由内呈条带状向外递增; 从时间来看, 扎龙自然保护区的具有高生态风险指数的土地面积在增加, 而具有低生态风险指数的土地面积在减少, 导致总体生态风险指数在增加。

(3) 要降低扎龙自然保护区的生态风险指数, 首先要调整土地利用结构, 特别是扎龙边缘地区, 真正作到退耕还草、退耕还湿; 其次合理调配水资源, 彻底改变扎龙缺水的现状, 同时要积极开发水面资源, 增加当

地居民收入;第三在控制保护区人口数量的基础上,要充分发挥人在生态系统中的作用,促进广大群众自觉地保护生态环境。

## 参考文献:

- [ 1 ] 毛小琴,倪晋仁.生态风险评价研究述评 [ J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2005 41(4): 646- 654
- [ 2 ] 陈辉,刘劲松,曹宇,等.生态风险评价研究进展 [ J]. 生态学报 2006 26(5): 1558- 1566
- [ 3 ] 付在毅,许学工.区域生态风险评价 [ J]. 地球科学进展, 2001, 16(2): 267- 271
- [ 4 ] EPA (US Environmental Protection Agency). Framework for ecological risk assessment [ R ]. . EPA 630- R- 92- 001 Office of Research and Development Washington DC, USA, 1992.
- [ 5 ] Power M, M Carty L S. Trends in the development of ecological risk assessment and management frameworks [ J]. Human and Ecological Risk Assessment 2002 8(1): 7- 18
- [ 6 ] Suter G W II, Vernier T, Munns W R Jr, et al. Framework for the integration of health and ecological risk assessment [ J]. Human and Ecological Risk Assessment 2003 9: 281- 302
- [ 7 ] 臧淑英,梁欣,冯仲科.黑龙江省大庆市生态风险评价研究 [ J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(增刊 2): 58- 62
- [ 8 ] 曾辉,刘国军.基于景观结构的区域生态风险分析 [ J]. 中国环境科学, 1999, 19(5): 454- 457.
- [ 9 ] 王福兴,姜立秋.生物多样性保护的生态补偿机制 [ J]. 经济地理, 2008, 28(4): 667- 670
- [ 10 ] 杨忠东,谷松岩,邱红,等.中巴地球资源一号卫星 CCD图像质量评价和交叉定标研究 [ J]. 遥感学报, 2004, 8(2): 113- 120
- [ 11 ] 徐建华.现代地理学中的数学方法 [ M ]. 北京:高等教育出版社, 2002
- [ 12 ] 陈鹏,潘晓玲.干旱区内陆流域区域景观生态风险分析——以阜康三工河流域为例 [ J]. 生态学杂志, 2003, 22(4): 116- 120.
- [ 13 ] 付在毅,许学工,林辉平等.辽河三角洲湿地区域生态风险评价 [ J]. 生态学报, 2004 21(3): 253- 262