

基于土地利用景观结构的山东省生态风险分析

杨永峰^{1,2}, 孙希华³, 王百田¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 山东省水利厅, 山东 济南 250013;
3. 山东师范大学 人口·资源与环境学院, 山东 济南 250014)

摘要: 生态风险评价是当前学术界的热点问题之一。土地利用景观的组分结构特征是最易于保存的景观信息, 利用景观结构及其动态变化特征, 可揭示综合性生态影响的程度和分布范围。通过构建综合生态风险指数, 利用GIS空间分析法, 对山东省生态风险的空间特征进行评估。结果表明, 山东省生态风险指数平均值为0.36, 属于中等偏低型。从土地利用类型上看, 工矿交通建设用地的风险等级较高, 林地的生态风险等级相对来说是最底的。最后提出了防治山东省生态风险的对策。

关键词: 土地利用; 景观结构; 生态风险; 风险评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)01-0232-04

中图分类号: X820.4

Ecological Risking Assessment in Shandong Province Based on Landuse Landscape Structure

YANG Yong-feng^{1,2}, SUN Xi-hua³, WANG Bai-tian¹

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Shandong Bureau of Water Resources, Ji'nan, Shandong 250013, China;

3. College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Ji'nan, Shandong 250014, China)

Abstract: The assessment of ecological risk is currently one of the foremost leading subjects in academic community. The feature of ingredient landscape characteristics is the information easily preserved. In virtue of landscape structure and its dynamic change feature, it can display the comprehensive trend and distributional scope for ecological impacts. This research, based on constituting comprehensive index in ecological risk assessment and utilizing spatial analysis of GIS, assesses the spatial features of ecological risk in Shandong Province. It shows that the mean ecological risking index in Shandong Province is 0.36, which implies that it belongs to mid-degree risk type. Within all risk types, fairly low risk type is the most common one. From the viewpoint of landuse type, the regions under construction and people's living have high ecological risk and on the contrary, the ecological risk of forestry land is correspondingly the lowest. Finally, the measurements against the ecological risk are presented.

Keywords: land use; landscape structure; ecological risk; risking assessment

山东省地处黄河下游, 横跨黄、淮、海3大流域, 水土流失比较严重, 生态环境脆弱。当前, 生态风险评价已成为学术界的热点问题。本研究以山东省为例, 基于土地利用景观结构, 通过生态风险指数空间分布格局来研究生态风险, 对生态文明建设具有重要的指导作用。

1 研究区概况

山东省土地总面积 $1.570 \times 10^5 \text{ km}^2$, 生态功能

独特, 是全国生态功能保护区的重要组成部分。如位于黄河入海口的黄河三角洲具有世界上独特的河口湿地景观, 已列入全国重要的湿地保护区, 主导功能是湿地资源和生物多样性保护; 海洋资源丰富, 拥有 $1.7 \times 10^5 \text{ km}^2$ 的海域, 海岸类型多样, 发展潜力巨大, 在全国重点海洋生态功能保护区中占有重要地位。地貌类型多样, 山地、盆地、平原、丘陵等类型并存; 区系植物达3100余种, 陆生脊椎动物500余种, 物种多样。由于濒临海洋, 且处于南北交错地区, 兼

收稿日期: 2009-06-20

修回日期: 2009-10-12

资助项目: 国家自然科学基金面上项目“中观尺度区域环境管理系统构建与运行机制研究”(40771077)

作者简介: 杨永峰(1976—), 男(汉族), 甘肃省合水县人, 工程师, 博士, 主要从事水土保持管理工作。E-mail: roufeng_yang@yahoo.com.

通信作者: 孙希华(1963—), 男(汉族), 山东省安丘市人, 教授, 硕士, 研究方向为水土保持和GIS应用。E-mail: sunxhsd@sina.com.

具温带与亚热带生物区系特点, 拥有森林、草地、湿地、湖泊、海洋等多样生态系统类型。全省水土流失面积 35 987 km², 主要分布在鲁中南中低山区和胶东半岛地区; 风蚀主要分布在鲁西北黄泛平原区。由于生产建设活动, 人为水土流失有所增加。但生态建设较为滞后, 生态功能区划还未完成, 生态退化现象仍然存在, 每年流失土壤 1.53 × 10⁸ t。由于水土流失造成的土地沙化、石化面积增多。由于森林结构不合理导致的生态功能降低, 人类侵占导致的湿地总面积减少, 以及乱捕滥猎和乱采滥挖等因素, 物种的生存和繁衍条件恶化, 生物多样性锐减。现有 120 多种高等植物, 200 多种陆栖脊椎动物处于受威胁和濒危状态。近年来松干蚧、松材线虫、互花米草、甘薯黑斑病等有害外来物种入侵严重, 生物安全面临威胁。水资源严重短缺, 人均拥有量不足全国平均水平的 1/6, 地下水的超量开采, 产生大面积的地下水位漏斗, 海水入侵的面积和影响范围不断增大。近岸海域污染及危害程度逐渐加深。

2 生态风险评价内容及方法

2.1 评价内容

生态风险是指一个种群、生态系统或整个景观的正常功能受外界压力的胁迫从而在目前和将来减小该系统内部某些要素或其本身的健康、生产力、经济价值和美学价值的可能性。简单地说, 生态风险就是生态系统及其组分所承受的风险, 是指在一定区域内, 具有不确定性的事故或灾害对生态系统及其组分可能产生的不利作用, 包括生态系统结构和功能的损害, 从而危及生态系统的安全和健康。生态风险分析与生态效应密切相关, 反映生态灾难和生态毁坏, 以及生产系统因受到污染和经济活动过程中的破坏而不能正常运转的概率和规模。

景观生态学主要研究在一个相当大的区域内, 各类景观的结构、功能和动态变化规律。在人为活动占优势的景观内, 不同土地利用方式和强度产生的生态影响具有区域性和累积性的特征, 并且可以直观地反映在生态系统的结构和组成上^[1]。因此, 生态风险分析可从区域生态系统的结构出发, 综合评估各种潜在的生态影响类型及其累积性后果。植被类型、植被覆盖度与土壤侵蚀三者在水分调控下呈较为复杂的对应关系。土地利用景观的组分结构特征是最易于保存的景观信息, 在缺乏生态监测数据的历史积累时, 利用景观结构及其动态变化特征, 可揭示综合性生态影响的程度和分布范围。本研究利用 2000 年山东省的土地利用景观类型图为基本信息源, 进行基于景观

结构的综合性区域生态风险分析, 主要评价内容包括山东省生态风险指数的空间结构、等级划分、土地利用类型的风险分布等。

2.2 评价方法

基于土地利用类型的景观结构, 通过构建综合生态风险指数^[2], 然后利用 GIS 空间分析方法, 对山东省生态风险的空间特征进行研究。

评价流程: 土地利用信息获取 → 生态风险指数构建 → 空间采样 → 统计处理 → 可视化表达与分析。

2.2.1 土地利用信息的获取 本评价所用 2000 年山东省土地利用数据源由中国科学院遥感应应用研究所和水利部水土保持监测中心提供, 以山东省 30 m × 30 m 分辨率 TM 卫星遥感图像为信息源, 以山东省为研究对象, 采用 ERDAS Imaging 图像处理软件, 经假彩色合成、增强, 对照 1 : 10 万地形图进行几何纠正、配准, 建立解译标志, 获取 2000 年山东省土地利用信息, 依据中国土地利用现状调查技术规程, 将山东省各种用地分为耕地、林地、草地、居民及工矿用地和交通用地、水域和未利用地等类型。

2.2.2 生态风险指数的构建 为建立土地利用景观结构与综合区域生态风险之间的经验联系, 利用土地利用景观类型的面积比重, 构造生态风险指数, 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景观空间结构转化为空间化的生态风险变量。生态风险指数的计算公式如下:

$$R_E = \sum_{i=1}^n \frac{A_i R_i}{A_s}$$

式中: R_E —— 为生态风险指数; n —— 土地利用类型的数量; A_i —— 区域(样地)内第 i 种土地利用类型的总面积; A_s —— 土地利用类型(样地)总面积; R_i —— 第 i 种土地利用类型所反映的生态风险强度参数, 是不同土地利用类型所反映的综合生态风险程度, 该参数由 9 位从事土地管理、环境学研究、生态评估的专家咨询确定。按照不同土地利用类型对生态风险的作用程度, 最终确定不同景观组分的生态风险强度参数分别是: 耕地为 0.32, 有林地为 0.12, 疏林地为 0.15, 灌丛为 0.16, 果园为 0.25, 草地为 0.16, 水体为 0.53, 城镇及居民点为 0.72, 工矿用地为 0.95, 未利用地为 0.82。

2.2.3 空间采样 根据山东省的平均斑块面积, 采用 10 km × 10 km 的正方形样地对生态风险指数进行空间化, 采样方式为等距离系统采样法, 全省共采样 1 614 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, 作为样地中心的生态风险水平^[3]。

2.2.4 GIS 空间分析方法 综合生态风险的空间分

析是利用地统计学方法完成的^[4]。该理论强调在短距离之内的观察值比远距离的观察值要更相似,即方差较小。在统计学中有 3 种二阶矩,即方差、协方差和半方差。方差的定义是:

$$\hat{C}(0) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - \bar{z}]^2$$

式中: Z ——某一系统属性的随机变量; x ——空间位置; n ——抽样总数; \bar{z} ——样本平均值。

半方差(变异函数)的实际计算公式可表示为:

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

式中: $r(h)$ ——为变异函数,各项定义与前面的公式相同。显然,半方差是从另一方面来描述和估测空间数据的自相关关系。

变异函数的参数含义(图 1): 块金方差表示区域化变量在小于观测尺度时的非连续性变异; 基台值表示变异函数随着间距递增至一定函数后出现的平稳值; 变程是指变异函数达到基台值所对应的距离,表明各要素的空间自相关尺度,当取样距离大于这个尺度时,各要素是随机的。在此尺度之内,各要素的空间分布是自相关的,是空间相关的最大间距。

2.2.5 生态风险空间可视化表达 综合生态风险程度的空间可视化表达是利用地统计学方法完成的。该方法是在生态风险指数系统采样的基础上,计算出实验变异函数,然后进行理论半变异函数的拟合。在半变异函数分析的基础上,运用克瑞金局部插值法进行空间插值。克瑞金方法是根据半方差分析所提

供的空间自相关程度的信息来进行插值,因此可以对未测点给出最优无偏估计,而且能同时提供估计值的误差和精确度。本研究是在 ArcGIS 的地统计分析模块的支持下计算完成的,以直观地描述山东省的生态风险空间分布状况。

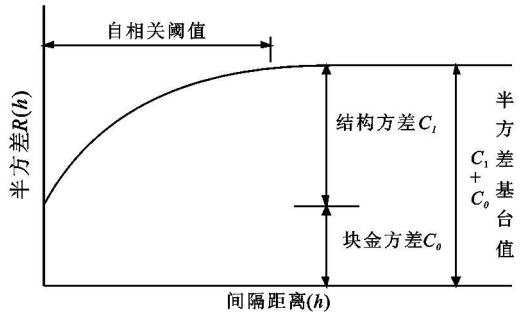


图 1 半方差示意图

3 结果与分析

3.1 生态风险指数的空间结构

为了分析空间结构或进行空间内插值,将实际计算所得的半方差图用某种数学模型来拟合。理论半方差图模型分为 3 类: 含基台值模型、无基台值模型和自相关阈为零模型,在实际应用中,以球体模型和指数模型最为常见^[5]。理论半变异函数拟合中,球体模型拟合结果比较理想。山东省的生态风险空间结构分析主要基于球体模型的计算结果。通过克瑞金内插计算可以得出半变异函数的参数(表 1),并做出相关的半变异函数曲线(图 2)。

表 1 山东省生态风险指数的理论模型和半变异函数参数

地区	理论模型	C_0 (块金)	C_1 (结构方差)	$C_0 / (C_0 + C_1)$	变程 A / km	半方差基台值
山东省	球体模型	0.003	0.007	0.429	280	0.010

注: $C_0 / (C_0 + C_1)$ 为空间自相关关系。

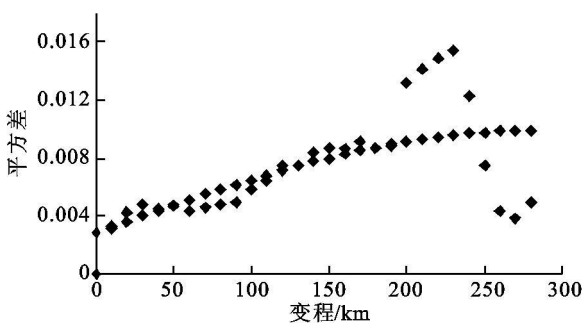


图 2 山东省生态风险半变异函数曲线

山东省的块金值 C_0 为 0.003,表明较小尺度上的某种过程可以忽视,区域内部的随机性程度较小。基台值是衡量生态风险指数波动幅度的参数,山东省

的基台值为 0.007,数值较小,表明空间异质性较小,表示生态风险指数强度的空间分布强度比较均匀,差异较小,说明人类影响程度较低,不同空间的开发利用强度差异性不大,环境未受到严重影响,生态系统的稳定性相对较好。

变程 A 用来说明生态风险指数的空间相关距离。从变程的变化情况看,山东省的变程为 280 km,约为山东省东西长度的一半,表明生态风险指数的空间相关距离较高,说明山东省各地城市化进程和城镇经济的发展不平衡,因此各行政单元间土地利用形式相差明显,景观生态风险指数空间相关距离较大,在较大的变程范围内任何两点的的数据都是空间相关的。 $C_0 / (C_0 + C_1)$ 表示空间的自相关关系,山东省的数值

为 0.429, 说明自相关性引起的生态风险的比重在加大, 区域之间的相互影响加大, 而区域之间的这种高强度的联系更多的是依赖经济活动的联系, 表明人类活动对山东省生态风险的影响越来越大。

3.2 生态风险分级

利用 ArcGIS 软件中的分级方法将这些生态风险值大致分为 5 个等级, 分别为低风险、较低风险、中等风险、较高风险和高风险(表 2)。

因此, 山东省的生态风险以中等风险、较低风险和低风险为主, 总的来说, 生态风险程度不高, 生态风险属中等偏低型。

3.3 不同土地利用类型的风险分布

在 ArcGIS 软件的空间分析功能下, 对山东省土地利用类型的风险等级进行统计, 可以得到 2000 年

各种土地利用类型的不同风险等级的面积分布(表 3)。结果表现为山东省广大的自然植被和耕地集中分布区域属于中等以下生态风险区; 除水域外, 城乡工矿居民用地以及未利用土地则是中等及中等以上的生态风险集中分布区, 靠近城市建成区边缘是生态风险相对较高的地区。

表 2 山东省生态风险等级和面积分布

生态风险等级	生态风险指数	面积/km ²	占总面积/%
低风险	< 0.3	28 068.06	17.90
较低风险	0.3~0.4	100 475.97	64.07
中等风险	0.4~0.5	22 435.44	14.31
较高风险	0.5~0.6	3 265.63	2.08
高风险	> 0.6	2 576.90	1.64

表 3 山东省各土地利用类型的生态风险分布面积

土地利用类型	低风险		较低风险		中等风险		较高风险		高风险	
	面积/km ²	比重/%	面积/km ²	比重/%	面积/km ²	比重/%	面积/km ²	比重/%	面积/km ²	比重/%
耕地	12 512.38	12.03	75 962.88	73.05	14 521.84	13.97	814.78	0.78	173.2	0.17
林地	6 046.32	61.05	3 647.28	36.83	187.68	1.90	19.56	0.20	2.12	0.02
草地	7 198.64	50.81	5 828.44	41.15	706.62	4.97	284.48	2.01	149.76	1.06
水域	741.60	10.87	2 830.04	41.48	2072.92	30.38	662.40	9.71	515.76	7.56
工矿建设用地	1 486.28	7.75	11 591.01	60.43	4 006.08	20.89	1016.32	5.30	1 081.54	5.64
未利用土地	82.84	3.00	616.32	22.29	943.60	34.12	468.09	6.93	654.52	23.67

从土地利用类型上看, 耕地是土地利用类型中面积最大的一大类, 其次是工矿交通建设用地的面积较大, 面积最小的是未利用地。但是从风险等级的强度看, 工矿交通建设用地的风险等级较高, 林地的生态风险等级相对来说是最低的, 这也表明人类活动对区域生态的影响程度, 人类活动密集的区域, 生态风险发生的机率就高, 相应的人类活动干预小, 自然植被覆盖好的地区, 生态系统的稳定性就好, 生态风险的等级就低。

4 结论

山东省生态风险指数平均值为 0.36, 属中等偏低型。通过对各类土地利用进行的风险等级分析, 可为生态风险防治对策提供重要的理论依据。(1) 进一步合理配置水利工程中的“引、输、蓄、排、灌、防”工程, 即完善排灌管道配套设施, 以保证农田、草地、盐碱地性状的改良, 水涝的疏排, 抵御旱涝灾害, 以水利工程为龙头带动其它防灾体系的建设;(2) 加强生态工程建设, 建造堤坝、湖泊库渠的防护林带, 围绕城镇村落的防护风景林以及农田防护林网等, 扩大绿地覆盖面积, 改善生态环境;(3) 加大矿区治理力度, 治理工业污染, 走清洁生产的道路;(4) 加强山地丘陵区

及自然保护区保护, 减少人为活动对自然保护区内动、植物资源的干扰;(5) 建立完善的生态风险监测和管理系统。采用遥感和 GIS 等技术手段, 形成动态监测系统及灾害的防范和预警系统, 及时提供信息, 发布风险预警, 并通过职能部门的管理进行调控;(6) 加强重点流域、区域污染综合治理和黄河三角洲、南四湖湿地生态保护, 启动实施“两湖一河”碧水行动计划;(7) 大力发展循环经济, 加快建设资源节约型环境友好型社会。

[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[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 453-461.
- [2] 陈国强, 陈鹏. 城市化过程中海岸带景观异质性变化及景观生态效应的初步研究: 以厦门市马銮湾地区为例[J]. 海洋学报, 2004, 26(4): 89-95.
- [3] 范一大, 史培军, 辜智慧, 等. 行政单元数据向网格单元转化的技术方法[J]. 地理科学, 2004, 24(1): 105-108.
- [4] 肖斌, 赵鹏大, 侯景儒. 地质统计学新进展[J]. 地球科学进展, 2000, 15(3): 293-296.
- [5] 王政权. 地质统计学在生态学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 185-205.