

# 河南省景观生态风险评估

李谢辉<sup>1,2</sup>, 王磊<sup>1</sup>

(1. 成都信息工程学院 大气科学学院, 高原大气与环境四川省重点实验室, 四川 成都 610225;

2. 河南大学 黄河文明与可持续发展研究中心, 河南 开封 475001)

**摘要:** 为了给河南省土地开发建设和生态环境管理提供理论和技术支持, 通过构建景观生态风险评估框架, 以6种景观类型所代表的生态系统作为风险受体, 人类干扰为风险源, 利用地统计学方法和GIS技术, 对1980年代和2005年土地利用数据进行了景观格局指数计算和生态风险指数空间区划。结果表明, 近20年间, 由于人类干扰, 生态风险指数的最大值上升了0.99, 景观生态风险程度加剧。两个时期的低风险区主要位于由秦岭山脉东延的华山、崤山、熊耳山、外方山、伏牛山组成的河南省豫西山地, 太行山南段东麓的豫北部分山地, 和包括桐柏山、大别山的豫南部分山地地区, 景观类型以林地和草地为主; 高风险区主要分布在鹤壁市、安阳市、开封市和濮阳市境内的少量未利用土地地区, 以及黄河干流、南阳市的丹江口水库、鸭河口水库、驻马店市的宿鸭湖水库、平顶山市的白龟山水库区等, 景观类型以未利用土地和水体为主; 而在低风险区与高风险区之间的景观类型主要是位于平原和盆地区的建设用地与耕地。

**关键词:** 河南省; 景观结构; 格局变化; 生态风险; 评估

**中图分类号:** Q 149

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-988X(2013)03-0092-05

## Landscape ecological risk assessment in Henan Province

LI Xie-hui<sup>1,2</sup>, WANG Lei<sup>1</sup>

(1. Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, Sichuan, China;

2. Research Center of Yellow River Civilization and Sustainable Development, Henan University, Kaifeng 475001, Henan, China)

**Abstract:** In order to provide the theoretical and technical support for land development construction and eco-environmental management in Henan Province, by constructing framework of landscape ecological risk assessment, selecting six landscape types as risk receptors and human disturbance as risk source, with the geo-statistical theoretical model and GIS technology, based on land use data in 1980s and 2005, landscape pattern indexes and spatial zoning of ecological risk indexes were acquired. The results show: In recent twenty years, the maximum of ecological risk indexes increases 0.99 because of human disturbance. This means the extent of landscape ecological risk is aggravated. In 1980s and 2005, the low risk regions are all located on mountain land and hills, the landscape types are forestland and meadowland; Landscape types of the high risk regions are unused land and water; Landscape types between the low risk regions and high risk regions are building site and farmland, they are all located on plain and basin.

**Key words:** Henan Province; landscape structure; pattern change; ecological risk; assessment

生态风险评估就是评估发生不利于生态影响可能性的过程, 是继早期人类健康风险评估之后发展

起来的新研究热点。区域景观生态风险评估是在景观基础上, 描述人类活动或自然灾害对区域内生态

收稿日期: 2012-10-16; 修改稿收到日期: 2013-01-08

基金项目: 国家自然科学基金青年基金资助项目(41001359); 教育部人文社会科学研究青年项目(09YJCZH032); 四川省教育厅 2011 年科研项目(11ZZ014)

作者简介: 李谢辉(1977—), 女, 河南平舆人, 副教授, 博士后。主要研究方向为生态风险评估与资源环境遥感。

E-mail: lixiehui325328@163.com

系统结构、功能等产生不利生态效应的可能性和危害程度<sup>[1]</sup>。近年来,不少学者基于景观结构,通过构建生态风险指数模型,对流域<sup>[2,3]</sup>、岛屿<sup>[1]</sup>、湖区<sup>[4]</sup>、城市<sup>[5]</sup>、海滨<sup>[6]</sup>、沿海经济区<sup>[7]</sup>、煤矿区<sup>[8]</sup>、自然保护区<sup>[9]</sup>等不同尺度的不同区域进行了景观生态风险评估和时空变化特征分析。

截至 2010 年 12 月 31 日,河南省土地总面积 1 656.64 万  $\text{hm}^2$ ,其中,农用地 1 278.32 万  $\text{hm}^2$ ,建设用地 241.19 万  $\text{hm}^2$ ,其他土地 137.13 万  $\text{hm}^2$ ;农用地中耕地面积 817.75 万  $\text{hm}^2$ ,占土地总面积的 49.36%,林地面积 350.12 万  $\text{hm}^2$ ,占土地总面积的 21.14% (《中原经济区国土规划(2010—2030 年)》)。目前,虽然河南省的工业化、城镇化进入快速发展时期,但由于河南人口多、底子薄、发展方式粗放,能源资源消耗大、资源利用率低、环境污染严重、生态环境脆弱等问题突出。文中根据区域景观生态风险评估的方法和步骤,通过对河南省两个时期的景观格局进行生态风险评估,分析人类干扰对生态系统造成的不良后果,以为河南省的土地资源利用和生态环境保护提供参考依据。

## 1 研究区概况

研究区为地处我国中东部和中纬度内陆的河南省,介于东经  $110^{\circ}21' \sim 116^{\circ}39'$ ,北纬  $31^{\circ}23' \sim 36^{\circ}22'$  之间,包括郑州、开封、洛阳等 17 个省辖市,济源市 1 个省直管市,20 个县级市,88 个县。全年四季分明,气候具有“冬长寒冷雨雪少,春短干旱风沙多,夏日炎热雨丰沛,秋季晴和日照足”的特点。土壤类型多样,主要分布有黄棕壤、棕壤、褐土、红粘土、潮土、砂姜黑土、盐碱土和水稻土等 17 个土类,42 个亚类。2010 年,全省常住人口 9 405 万人,其中城镇人口 3 651 万人,农村人口 5 754 万人;播种面积  $14\,248.69 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,粮食产量 5 437.10 万 t,城镇化率 38.8%;全省生产总值 23 092.36 亿元,人均生产总值 24 446 元,三次产业占全省生产总值的构成比为 14.1:57.3:28.6,属于“二、三、一”型产业结构,二、三产业已成为经济的主体<sup>[10]</sup>。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源和处理

河南省 1980 年代(中后期)和 2005 年 100 m 土

地利用/土地覆盖栅格数据来源于地球系统科学数据共享平台。此数据采用 Albers 正轴等面积双标准纬线割圆锥投影,南标准纬线  $25^{\circ}\text{N}$ ,北标准纬线  $47^{\circ}\text{N}$ ,中央经线  $105^{\circ}\text{E}$ ,椭球采用 Krasovsky 参数。数据内容包括森林、草地、农田、聚落、湿地与水体、荒漠 6 个一级类型和 25 个二级类型。考虑到河南省的土地利用现状,结合中国科学院土地资源分类系统,文中将此数据归类划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地 6 种景观斑块类型。在评估中,景观格局指数的计算主要基于土地利用/土地覆盖 100 m 栅格数据在 Fragstats 3.3 软件的栅格版本中进行,划分风险小区、生态风险指数计算、克里格插值和生态风险指数空间分布区划图的制作等均在 ArcGIS 9.2 软件中完成。

### 2.2 研究方法

在现有相关景观生态风险评估研究文献的基础上,文中利用景观组分面积的比例和景观格局指数来描述采样区内生态风险的相对大小,其计算公式为<sup>[2,6]</sup>

$$I_{\text{ER}} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} R_i, \quad (1)$$

其中,  $I_{\text{ER}}$  为生态风险指数;  $n$  为景观类型的数量;  $A$  为景观的总面积;  $A_i$  为区域内第  $i$  种景观的面积;  $R_i$  为第  $i$  种景观所反映的景观损失指数,由景观破碎度、景观分离度、景观优势度和景观脆弱度指数综合得到,其具体计算和处理方法见文献[2]。

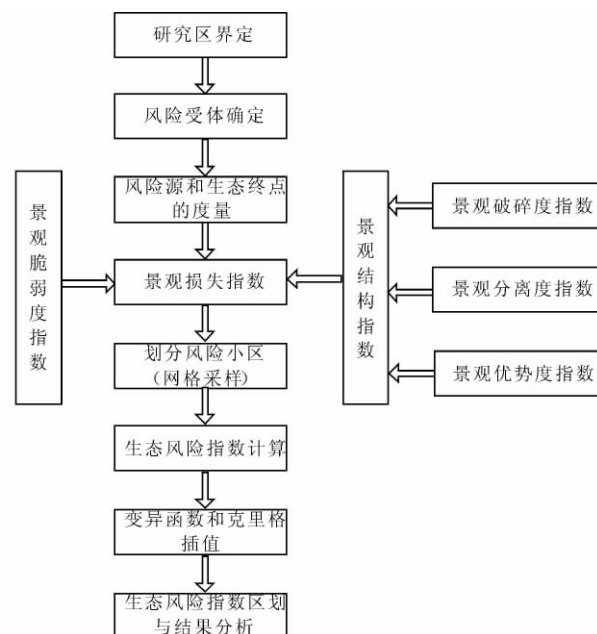


图 1 景观生态风险评估框架

Fig 1 Framework of landscape ecological risk assessment

表 1 两个时期的景观格局指数(1980 年代和 2005 年)

Tab 1 Indexes of landscape pattern in two periods(1980s and 2005)

时间	景观类型	斑块数	面积/ ( $\times 10^4 \text{ hm}^2$ )	$C_i$	$N_i$	$D_i$	$S_i$	$F_i$	$R_i$
1980 年代	耕地	3 863	1 151. 800 0	0. 000 3	0. 011 0	0. 381 1	0. 041 6	0. 580 0	0. 024 1
	林地	2 478	274. 963 0	0. 000 9	0. 036 8	0. 104 4	0. 022 0	0. 260 0	0. 005 7
	草地	3 917	100. 860 0	0. 003 9	0. 126 3	0. 064 3	0. 046 6	0. 420 0	0. 019 6
	水体	3 561	40. 492 0	0. 008 8	0. 299 9	0. 043 0	0. 099 5	0. 740 0	0. 073 7
	建设用地	15 056	87. 085 0	0. 017 3	0. 286 7	0. 156 4	0. 112 0	0. 100 0	0. 011 2
	未利用土地	44	0. 992 0	0. 004 4	1. 360 4	0. 000 7	0. 410 8	0. 900 0	0. 369 8
2005 年	耕地	3 906	1 142. 010 0	0. 000 3	0. 011 1	0. 378 3	0. 041 4	0. 580 0	0. 024 0
	林地	2 477	275. 648 0	0. 000 9	0. 036 7	0. 104 5	0. 022 0	0. 260 0	0. 005 7
	草地	3 940	92. 044 0	0. 004 3	0. 138 8	0. 061 6	0. 050 4	0. 420 0	0. 021 2
	水体	3 596	39. 552 0	0. 009 1	0. 308 5	0. 042 8	0. 102 3	0. 740 0	0. 075 7
	建设用地	15 149	106. 726 0	0. 014 2	0. 234 7	0. 162 4	0. 095 2	0. 100 0	0. 009 5
	未利用土地	25	0. 210 0	0. 011 9	4. 856 4	0. 000 3	1. 464 1	0. 900 0	1. 317 7

注:  $C_i$  为景观破碎度指数;  $N_i$  为景观分离度指数;  $D_i$  为景观优势度指数;  $S_i$  为景观结构指数(由  $C_i, N_i, D_i$  3 个指标根据权重叠加获得);  $F_i$  为景观脆弱度指数。

图 1 是河南省景观生态风险评估的研究框架, 评估过程主要包括研究区界定、风险受体确定、风险源和生态终点的度量、计算景观损失指数、划分风险小区、计算生态风险指数、变异函数拟合和克里格插值、生态风险指数空间分布区划与结果分析<sup>[11]</sup>。

### 3 结果与分析

#### 3.1 景观格局指数

按照图 1 景观生态风险评估的框架, 以河南省为研究区, 风险受体确定为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地这 6 种景观类型所代表的生态系统, 风险源为人类干扰, 将生态风险指数  $I_{ER}$  作为生态终点度量的指标, 借助于景观指数计算软件 Fragstats 3.3, 在 1980 年代和 2005 年 100 m 土地利用/土地覆盖栅格数据的基础上, 计算 1980 年代和 2005 年各景观格局指数(表 1)。

由表 1 可知, 在 1980 年代的 6 种景观类型中, 耕地的面积最大( $1\,151.800\,0 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ), 斑块数 3 863 个,  $C_i$ (0. 000 3)和  $N_i$ (0. 011 0)最小,  $D_i$ (0. 381 1)最大,  $S_i$ (0. 041 6)较小; 建设用地的斑块数最多(15 056 个), 面积相对较小, 为  $87.085 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 计算得到的  $C_i$ (0. 017 3)最大, 由于  $F_i$ (0. 100 0)最小, 最终计算的  $R_i$ (0. 011 2)较小; 未利用土地的面积最小( $0.992\,0 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ), 斑块数最少, 为 44 个,  $N_i$ (1. 360 4)最大, 反映斑块个体的分离程度大,  $D_i$ (0. 000 7)最小, 计算得到的  $S_i$ (0. 410 8)最大, 由于  $F_i$ (0. 900 0)也最大, 最终计算的  $R_i$ (0. 369 8)最大。在通过最后加乘得到的各景观损失指数中, 未利用土地的  $R_i$ (0. 369 8)最大,

林地的  $R_i$ (0. 005 7)最小, 说明在遭受人类活动干扰时林地所受到的生态损失最小, 未利用土地所受到的生态损失最大。

2005 年, 耕地的面积虽有减少, 但仍然最大( $1\,142.010\,0 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ), 斑块数 3 906 个,  $C_i$ (0. 000 3)和  $N_i$ (0. 011 1)仍然最小,  $D_i$ (0. 378 3)最大,  $S_i$ (0. 041 4)较小; 建设用地的斑块数有所增加, 仍然最多(15 149 个), 面积相对较大, 为  $106.726 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 计算得到的  $C_i$ (0. 014 2)最大, 由于  $F_i$ (0. 100 0)最小, 最终计算的  $R_i$ (0. 009 5)较小; 未利用土地的面积有所减少, 仍然最小( $0.210 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ), 斑块数最少, 为 25 个,  $N_i$ (4. 856 4)最大, 反映斑块个体的分离程度大,  $D_i$ (0. 000 3)最小, 计算得到的  $S_i$ (1. 464 1)最大, 由于  $F_i$ (0. 900 0)也最大, 最终计算的  $R_i$ (1. 317 7)最大。

近 20 年来, 由于一些人为驱动因素的影响, 不同类型景观的斑块数、面积、景观格局指数等发生变化, 计算得到的各景观损失指数存在较大差异, 其中, 未利用土地的斑块数最少, 面积最少, 景观损失指数最大<sup>[12]</sup>。与 1980 年代相同, 最终计算的 2005 年各景观损失指数中, 都是未利用土地 > 水体 > 耕地 > 草地 > 建设用地 > 林地, 说明从 1980 年代到 2005 年, 在遭受人类活动干扰时, 都是林地所受到的生态损失最小, 未利用土地所受到的生态损失最大。同时, 两个时期计算出的耕地和林地的  $R_i$  值基本没有变化, 草地和水体的  $R_i$  值从 1980 年代到 2005 年有所增加, 而建设用地的  $R_i$  值有所减少, 未利用土地的  $R_i$  值增加最多, 说明在遭受人类活动干扰时, 耕地和林地受到的生态损

失总体变化不大，草地和水体的生态损失略有增加，建设用地的生态损失略有减少，而未利用土地变化最大，生态损失增加最多。

### 3.2 生态风险指数空间区划

在 ArcGIS 软件中，根据河南省的范围大小，首先采用  $5\text{ km} \times 5\text{ km}$  的采样单元网格(风险小区)对研究区进行划分，然后利用景观损失指数计算每一个风险小区内的综合生态风险指数值，接着利用地统计学方法，计算实验变异函数，利用 Kriging 进行内插，通过对得到的  $I_{ER}$  值进行属性分类符号设置，最后获得基于景观结构的河南省生态风险区划(图 2)<sup>[13]</sup>。

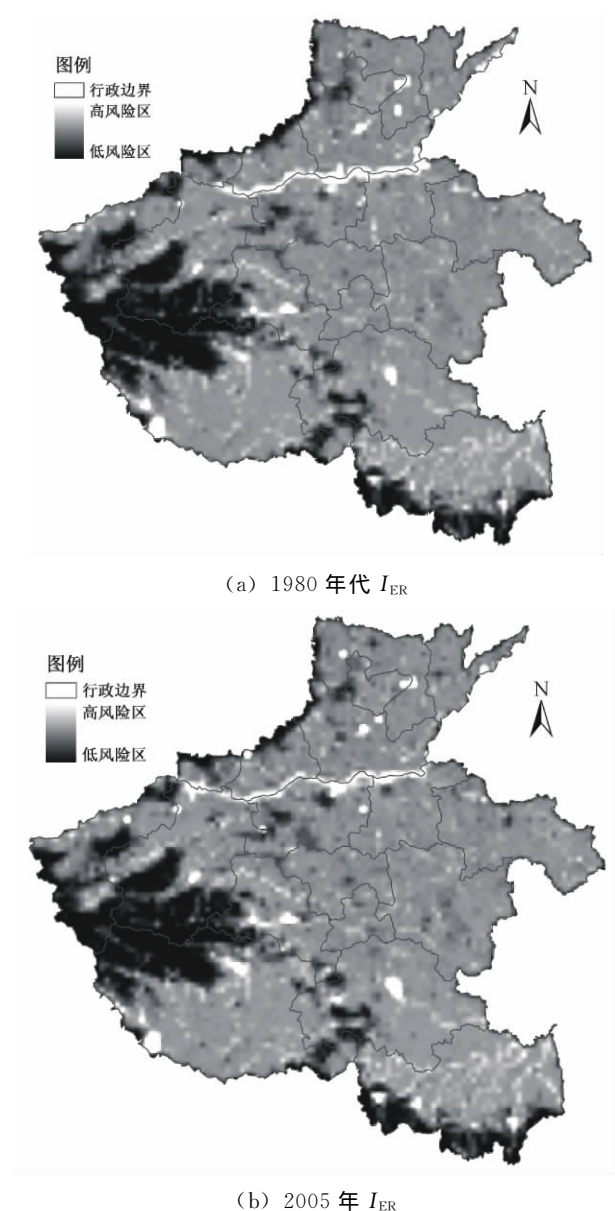


图 2 1980 年代和 2005 年生态风险指数空间区划

Fig 2 Spatial division images of ecological risk indices in 1980s and 2005

由计算的生态风险指数可知，1980 年代， $I_{ER}$  的最小值为 0.03，最大值为 3.05；2005 年， $I_{ER}$  的最小值为 0.03，最大值为 4.04。近 20 年，由于人类干扰，景观生态风险指数的最大值上升了 0.99，景观生态风险程度加剧。在对河南省的地形地貌、植被分布、河流水系等自然环境特征进行分析后获知，河南省地势西高东低，北、西、南三面由太行山、伏牛山、桐柏山、大别山沿省界呈半环形分布；中、东部为黄淮海冲积平原，土地肥沃，是全省农作物的主要播种区；西南部为南阳盆地<sup>[14]</sup>。植被分异形成明显的水平和垂直地带性，其中伏牛山南坡、淮河以南属亚热带常绿、落叶阔叶林地带，伏牛山和淮河以北属暖温带落叶阔叶林地带，西部伏牛山地和丘陵有明显的森林垂直带谱，东部平原天然林早已不存在，现有林木全为人工栽培<sup>[15]</sup>。河南省分属长江、淮河、黄河、海河四大流域，全省河流众多。由于地形影响，大部分河流发源于西部、西北部和东南部山区，顺地势向东、东北、东南或向南汇流，形成扇形水系。黄河为河南省过境河流，干流在孟津以西两岸夹山，水流湍急，孟津以东进入平原，水流减缓，泥沙大量淤积，河床逐年升高，形成“地上悬河”<sup>[16]</sup>。近年来随着人类活动的加剧，黄河滩区人民修补增补生产堤，使主槽处地面抬高，“二级悬河”态势更为严重，滩区人民面临很大的洪水威胁。

从图 2 可以看出，两个时期的低风险区主要位于由秦岭山脉东延的华山、崤山、熊耳山、外方山、伏牛山组成的豫西山地区，太行山南段东麓的豫北部分山地，和包括桐柏山、大别山的豫南部分山地地区。这些区域地势高，处于北亚热带和暖温带气候过渡地带，保留着较好的天然次生林和人工栽培林，以伏牛山主脉和淮河为界，南部属北亚热带落叶阔叶—常绿阔叶—针叶混交林地，北部属南亚热带落叶阔叶林地，景观类型以林地和草地为主，人口密度低，经济不发达，交通相对闭塞，人为干扰程度轻，生态环境较好，生态损失小<sup>[15]</sup>。另外，丘陵、豫东平原和南阳盆地区由于存在一些人营造林地，也零星散布着一些低风险区。

人类活动的加剧使得建设用地大幅增加，未利用土地和水体减少。1980 年代，未利用土地面积只占总面积的 0.06%，而到 2005 年更降低到仅占总面积的 0.01%，水体面积由占总面积的 2.44%

降低到 2.39%，因此高风险区主要分布在人口稠密、经济较发达、人类活动频繁的鹤壁市、安阳市、开封市、濮阳市境内的少量未利用土地地区，以及黄河干流、南阳市的丹江口水库、鸭河口水库、驻马店市的宿鸭湖水库、平顶山市的白龟山水库区等，这些地区的景观类型主要是未利用土地和水体，涉及不少湿地和滩区；一般河流和水库周边区域的洪灾风险也较大。

其他分布在低风险区与高风险区之间的景观类型主要是建设用地和耕地，主要位于占河南省总面积 56% 的平原和盆地区，这些区域土地肥沃，是主要的播种区，人口密度高，经济发达，城建及交通工矿用地广布，城镇化率高，人工景观占主导优势，人类干扰使得自然景观格局遭到破坏，生态风险大<sup>[4]</sup>。

#### 4 结论

河南省是中国历史上农业开发利用最早的地区之一，土地开发利用程度高，土地利用类型复杂多样，景观破碎度较高，连通性差，易受外界干扰，生态环境脆弱<sup>[17,18]</sup>。在现有相关研究文献的基础上，文中通过构建河南省景观生态风险评估的研究框架，以 6 种景观类型所代表的生态系统作为风险受体，人类干扰为风险源，将生态风险指数作为生态终点度量的指标，在 1980 年代和 2005 年 100 m 土地利用/土地覆盖栅格数据的基础上，获得了河南省两个时期的景观生态风险区划。通过文中的研究，主要得出以下一些结论。

1) 生态风险指数  $I_{ER}$  在 1980 年代的最小值为 0.03，最大值为 3.05；到 2005 年，最小值为 0.03，最大值为 4.04。近 20 年间，由于人类干扰， $I_{ER}$  最大值上升了 0.99，景观生态风险程度加剧。

2) 由于一些人为驱动因素的影响，不同类型景观的斑块数、面积、景观格局指数等发生变化，计算得到的各景观损失指数存在较大差异，但 1980 年代和 2005 年计算的景观损失指数都是未利用土地 > 水体 > 耕地 > 草地 > 建设用地 > 林地，两个时期计算出的耕地和林地的景观损失指数基本没有变化，建设用地的景观损失指数有所减少，草地和水体的景观损失指数有所增加，而未利用土地的

景观损失指数增加最多，说明从 1980 年代到 2005 年，在遭受人类活动干扰时，耕地和林地受到的生态损失总体变化不大，建设用地的生态损失略有减少，草地和水体的生态损失略有增加，而未利用土地的生态损失增加最多。

3) 两个时期的低风险区主要位于由秦岭山脉东延的华山、崤山、熊耳山、外方山、伏牛山组成的豫西山地，太行山南段东麓的豫北部分山地，和包括桐柏山、大别山的豫南部分山地区，景观类型以林地和草地为主；高风险区主要分布在鹤壁市、安阳市、开封市、濮阳市境内的少量未利用土地地区，以及黄河干流、南阳市的丹江口水库、鸭河口水库、驻马店市的宿鸭湖水库、平顶山市的白龟山水库区等，景观类型以未利用土地和水体为主；而在低风险区与高风险区之间的景观类型主要是位于平原和盆地区的建设用地和耕地。

#### 参考文献：

- [1] 巫丽芸, 黄义雄. 东山岛景观生态风险评价[J]. 台湾海峡, 2005, 24(1): 35-42.
- [2] 李谢辉, 李景宜. 基于 GIS 的区域景观生态风险分析——以渭河下游河流沿线区域为例[J]. 干旱区研究, 2008, 25(6): 899-903.
- [3] 卢远, 苏文静, 华瑾, 等. 左江上游流域景观生态风险评价[J]. 热带地理, 2010, 30(5): 496-502.
- [4] 许妍, 高俊峰, 高永年. 基于土地利用动态变化的太湖地区景观生态风险评价[J]. 湖泊科学, 2011, 23(4): 642-648.
- [5] 李景刚, 何春阳, 李晓兵. 快速城市化地区自然/半自然景观空间生态风险评价研究——以北京为例[J]. 自然资源学报, 2008, 23(1): 33-47.
- [6] 孙贤斌, 刘红玉. 江苏盐城市海滨土地利用对景观生态风险的影响[J]. 国土资源遥感, 2011(3): 140-145.
- [7] 高宾, 李小玉, 李志刚, 等. 基于景观格局的锦州湾沿海经济开发区生态风险分析[J]. 生态学报, 2011, 31(12): 3441-3450.
- [8] 李昭阳, 张楠, 汤洁, 等. 吉林省煤矿区景观生态风险分析[J]. 吉林大学学报: 自然科学版, 2011, 41(1): 207-214.
- [10] 河南省统计局, 国家统计局河南调查总队. 河南统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [11] 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.

(下转第 104 页)

- Intermediaries in Rural Development* [M]. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1984.
- [18] 阮荣平, 王兵. 差序格局下的宗教信仰和信任——基于中国十城市的经验数据[J]. 社会, 2011(31): 195-217.
- [19] 柯惠新, 沈浩. 调查研究中的统计分析法[M]. 北京: 中国传媒大学出版社, 2005: 334-335.
- [20] FEHR E, URS FISCHBACHER V R, BEMHARD S, et al. *A Nation-Wide Laboratory: Examining Trust and Trust worthiness by Integrating Behavioral Experiments into Representative Surveys* [R]. IZA Discussion Paper. 2003: 715.
- [21] WELCH M, SIKINK R D, SARTAIN E, et al. Trust in God and trust in man: the ambivalent role of religion in shaping dimensions of social trust [J]. *Journal of the Scientific Study of Religion*, 2004 (3): 317-344.
- [22] LA PORTE R, LOPEZ-DE-SILANE F, SHLEIFER A, et al. Trust in large organizations[J]. *American Economic Review*, 1997(2): 333-338.
- [23] 爱弥尔·涂尔干. 宗教生活的基本形式[M]. 渠东, 汲喆, 译. 上海: 上海人民出版社, 2006: 202.
- [24] GOLDIN C, KATZ L. Human capital and social capital: The rise of secondary schooling in america, 1910-1940 [J]. *Journal of Inter Disciplinary History*, 1999(29): 683-723.
- [25] 张维迎, 柯荣住. 信任及其解释: 来自中国的跨省调查分析[J]. 经济研究, 2002(10): 59-70.

(责任编辑 惠松骐)

(上接第96页)

- [12] 李谢辉, 王磊. 河南省土地利用/覆盖景观格局变化分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(5): 83-89.
- [13] 李谢辉. 渭河下游河流沿线区域生态风险评价及管理研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2008: 76-78.
- [14] 常剑桥, 朱友文, 商幸丰. 河南省地理[M]. 郑州: 河南教育出版社, 1985: 68-70.
- [15] 河南省土壤普查办公室. 河南土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 32-33.
- [16] 河南省水资源编撰委员会. 河南省水资源[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2007: 24-26.
- [17] 闵祥鹏. 数字农业防灾的组织架构与模式选择——基于河南省农业灾害历史与现状的思考[J]. 华北水利水电学院学报: 社会科学版, 2011, 27(2): 124-126.
- [18] 张本昀, 申怀飞, 郑敬刚, 等. 河南省土地利用景观格局分析[J]. 资源科学, 2009, 31(2): 317-323.

(责任编辑 惠松骐)