

基于土地利用的三峡库区生态屏障带生态风险评价

李潇然¹, 李阳兵^{1,2}, 韩芳芳³

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331;

2. 贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550001; 3. 新疆昌吉州第二中学, 新疆 昌吉 831100)

摘要: [目的] 揭示三峡库区生态屏障带生态风险, 为库区生态风险评估及土地利用优化提供理论依据。[方法] 基于遥感影像数据, 运用 RS 与 GIS 技术, 计算土地利用相对合理性指数, 同时构建生态风险评价模型, 划分高程/坡度带定量评价三峡库区生态屏障带的生态风险情况, 划分生态风险等级, 并对生态风险进行空间自相关分析。[结果] 较低生态风险区占比例最大, 为 36.77%, 高生态风险区及较高生态风险区主要分布在沿长江两岸建设用地及耕地较为集中的区域, 土地利用相对合理性指数随高程增高逐渐变大, 随坡度增大逐渐减小, 研究区生态风险空间自相关分析呈现出十分显著的局部自相关性。[结论] 研究区内生态风险总体呈现较低值, 沿江高值区需对土地利用进行重点优化。

关键词: 生态屏障带; 生态风险评价; 土地利用; 三峡库区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)04-0188-07

中图分类号: X321, F301.2

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.04.057

Ecological Risk Assessment of Ecological Barrier Belt in Three Gorges Reservoir Area Based on Land Use

LI Xiaoran¹, LI Yangbing^{1,2}, HAN Fangfang³

(1. College of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing

401331, China; 2. College of Geography and Environmental Sciences, Guizhou Normal University,

Guiyang, Guizhou 550001, China; 3. The Second Middle School of Changji City, Changji, Xinjiang 831100, China)

Abstract: [Objective] The purpose of the ecological risk assessment of the ecological barrier belt in Three Gorges Reservoir area was to provide a reasonable theoretical basis for ecological risk management and land use optimization of the reservoir area. [Methods] Based on remote sensing data, using RS and GIS technology, the land use relative rationality index was calculated and the ecological risk assessment model was built so as to evaluate the ecological risk of ecological barrier belt located in different altitude and slope quantitatively according to the ecological risk levels and spatial autocorrelation analysis. [Results] The results showed that the proportion of lower ecological risk area was maximum, covering an area of 36.77% of the total study area. Area assessed with great or more ecological risk distribute in both sides of the Yangtze River, where construction lands and farmlands are concentrated. The relative rationality index of land use increased gradually with the increase of elevation, decreased when slope gradient increases. The spatial autocorrelation analysis of ecological risk indicated that there was a significant partial correlation in the study area. [Conclusion] The ecological risk in the research area is generally at a low level, but optimization of land use in the areas with high risk still needs to be done preferentially.

Keywords: ecological barrier belt; ecological risk assessment; land use; the Three Gorges Reservoir area

“生态屏障”一词最早由蔡明孙^[1]在 1999 年提出,最初构想是为保持流域内水土,封山育林,后来有学者对生态屏障的概念有了新的理解。王玉宽^[2]指出,生态屏障是指处于某一特定区域的生态系统,其

功能和结构符合人类生存和发展的生态要求。在生态屏障带发展的基础上,陈国阶^[3]、潘开文^[4]等人提出建设长江上游生态屏障带的研究。提出建设长江上游生态屏障带,提高长江上游地区生态安全系数,

收稿日期:2014-08-08

修回日期:2014-10-19

资助项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项“三峡库区及上游流域农村面源污染控制技术与工程示范”(2012ZX07104-003)

第一作者:李潇然(1991—),女(汉族),新疆自治区塔城市人,硕士研究生,研究方向为水资源与水环境保护。E-mail:494981733@qq.com。

通信作者:李阳兵(1968—),男(汉族),重庆市人,博士,教授,主要从事土地利用与生态过程方面的研究。E-mail:li-yapin@sohu.com。

为上游生态、经济和社会的可持续发展提供良好的空间。随着2006年5月三峡大坝的全线建成,三峡库区生态安全问题也逐渐成为研究热点,三峡库区生态屏障带的提出,为库区生态安全评价提出新的思路。对于如何合理有效地界定三峡库区生态屏障带的范围,国内外学者做了不少探讨。胡友兵^[5]、周启刚^[6]等人提出,为减轻人类活动对环境的压力、保护三峡水库水质和生态环境,划定的175 m土地征用线到第一道山脊线之间的特殊区域为生态屏障带。三峡库区屏障带(重庆段)由于受库区水位变化的影响,呈现出不稳定的特征,属于典型的生态环境脆弱带^[7]。在这种生态脆弱带中,人类活动(特别是人类对土地的利用方式)会对本身就极为脆弱的生态环境带来巨大的影响。因此,对三峡库区生态屏障带的研究不仅关系到库区生态安全问题,同时也是西部大开发的重要战略目标和内容之一。2010年10月三峡水库试验性蓄水175 m的成功,标志着水库管理的工作重点由保障三峡工程为主转向确保水库运行安全、保护库区生态环境、实现库区社会经济全面协调可持续发展^[8]。蓄水成功后,生态屏障的功能和建设问题被作为重点提出。目前,对三峡库区生态屏障带的研究多集中在水库水环境研究、库区人口对环境压力的影响^[9-11]。但关于三峡库区生态屏障带土地利用生态安全、生态风险评价的研究相对较少。为此,本研究结合RS与GIS技术,划分生态风险评价网格单元,通过计算每个网格的生态风险指数,构建生态风险评价模型,以此对三峡库区生态屏障带沿江第一分水岭内的土地利用空间分异及生态风险进行分析,为库区生态屏障带的生态风险评估及土地利用优化提供合理的理论依据。

1 研究区概况

选取巫山县、奉节县、云阳县、万州区、忠县、石柱县、丰都县、涪陵区等8个区县中位于三峡水库145 m土地淹没线至第一分水岭以内的区域(不包括此区域内平坝河谷地区)作为研究区。由于三峡库区蓄水位在冬季和夏季有30 m左右的波动,本文影像获取时间为夏季,水位线在145 m左右,所以选择145 m土地淹没线以上区域。研究区位于三峡库区

中心地带,北纬 $29^{\circ}45'$ — $31^{\circ}10'$,东经 $107^{\circ}15'$ — $108^{\circ}4'$,总面积约为 $5\,897.5\text{ km}^2$,研究区内地势呈现出东北高,西南低的特点,地形较为复杂,生态环境脆弱。其中地势最高点在奉节县中部,海拔 $1\,927\text{ m}$,最低点位于巫山县境内。坡度最大值达到 87.8° ,位于巫山县境内,而最小值位于涪陵区西北部。

2 数据处理与研究方法

2.1 数据处理

影像数据来自中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站(<http://www.gscloud.cn>),分辨率为30 m,影像获取时间为2012年6月30日凌晨4点54分,查阅当时水情资料,三峡上游水位为145.70 m。借助ERDAS 8.5图像处理软件,对研究区遥感影像数据进行非监督分类,分类标准参照中国科学院资源环境信息数据库土地利用分类方法,将研究区土地利用分为耕地、有林地、疏(灌)林地、草地、建设用地、水域等6个地类。运用ArcGIS 10.2软件分析模块对非监督分类产生的小图斑进行处理,再对研究区土地利用数据进行人机交互式目视解译,获得研究区2012年土地利用数据(图略)。

2.2 研究方法

2.2.1 高程坡度重分类 利用1:5万数字高程模型数据,得到高程重分类数据,并统计出面积分布(表1),考虑到研究区人类活动范围主要集中在150~500 m这一高程段内,故将各分段逐一合并为6个高程带:低于150 m,150~300 m,300~500 m,500~1 000 m,1 000~1 500 m、高于1 500 m;同样以DEM为数据源,利用ArcGIS空间分析中Slope功能,得到研究区坡度的栅格图,考虑国家规定坡改梯、退耕还林的坡度为 15° 和 25° ,将其坡度依次划分为6个坡度段: 0° , $0^{\circ}\sim 3^{\circ}$, $3^{\circ}\sim 8^{\circ}$, $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$, $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$, $> 25^{\circ}$,高程、坡度重分类如附图3所示。

2.2.2 生态风险评价单元 运用ArcGIS 10.2中Create Fishnet工具,构建生态风险评价单元,对研究区进行网格划分,网格大小选取 $2\text{ km}\times 2\text{ km}$,共计1 909个(风险样区),同时,生成样区中心坐标点。通过计算每个风险样区的生态风险指数,并将其作为该样区中心点的生态风险水平,以此对全区进行分析研究。

表1 研究区高程重分类各高程带面积比例

高程/m	0~100	100~150	150~300	300~400	400~500	500~600	600~700	700~800
面积占比/%	0.10	5.63	14.89	19.71	16.83	14.30	11.75	6.15
高程/m	800~900	900~1 000	1 000~1 100	1 100~1 200	1 200~1 300	1 300~1 400	1 400~1 500	1 500~1 927
面积占比/%	3.60	2.47	1.58	1.13	0.72	0.29	0.42	0.44

2.2.3 生态风险指数的构建 生态风险指数的构建涉及景观破碎度指数 C 、景观分离度指数 S 、景观优势度指数 DO 、景观干扰度指数 E 、景观脆弱度指数 F 等,具体计算方法详见表 2。根据分析权衡,对景观干扰度指数影响由大到小分别赋以 0.5,0.3,0.2 的指标权重^[12]。景观脆弱度指数与自然演替过程所处阶段有关^[13],该区 6 种景观类型所代表的生态系统,以水体最为脆弱,其次是耕地,建设用地最稳定。因此分别对 6 种景观类型赋以脆弱度指数:水域为 6,耕地为 5,草地为 4,灌丛为 3,林地为 2,建设用地为 1,

然后进行归一化处理,得到各自的脆弱度指数 F_i 。通过选取景观分离度指数 S_i 、景观破碎度指数 C_i 以及景观优势度指数 DO_i 来构建景观干扰度指数 E_i ,从而衡量不同景观受干扰的程度。景观生态风险指数 ERI 的计算公式^[14]为:

$$ERI = \sum_{i=1}^n \frac{S_{ki}}{S_k} \sqrt{E_i \times F_i} \quad (1)$$

式中:ERI——景观生态风险指数; n ——景观类型的数量; S_{ki} ——第 k 个风险样区中 i 类景观的面积; S_k ——第 k 个风险样区总面积。

表 2 研究区各类指数计算公式

序号	指数名称	计算方法
1	景观破碎度指数 C_i	$C_i = N_i / A_i$
2	景观分离度指数 S_i	$S_i = D_i / AI_i$ $D_i = 0.5(N_i/A)^{1/2}$ $AI_i = A_i/A$
3	景观优势度指数 DO_i	$DO_i = (Q_i + M_i) / 4 + L_i / 2$
4	景观干扰度指数 E_i	$E_i = aC_i + bS_i + cDO_i$
5	景观脆弱度指数 F_i	通过专家咨询法并归一化获得

注: A_i ——景观类型 i 的面积; N_i ——景观类型 i 的斑块数; D_i ——景观类型 i 的距离指数; AI_i ——景观类型 i 在景观总面积 A 中占的比例; Q_i ——斑块 i 出现的样方数/总样方数; M_i ——景观类型 i 的斑块数 N_i /斑块的总数 N ; L_i ——景观类型 i 的面积/斑块总面积。不同的景观类型抵抗外界干扰的能力也各有不同, a, b, c 分别表示各景观指数权重值,且 $a+b+c=1$ 。

2.2.4 土地利用相对合理性指数 陈利顶等^[15]通过研究不同坡度带土地利用状况,提出了土地利用相对合理性指数(L_r),该指数能够有效地反映某一区域内不同土地利用方式的合理程度。通过参照水利部《土壤侵蚀分类分级标准(SL190—2007)》,结合三峡库区生态屏障带高程及坡度特征,从而计算得到研究区土地利用相对合理性指数。计算公式为:

$$L_r = (\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m L_{ji} \cdot S_{ji}) / n \quad (2)$$

式中: L_r ——土地利用相对合理性指数; S_{ji} ——第 j 高

程/坡度带对第 i 种土地利用的适宜程度,值在 0~1 之间,1 表示最适宜,0 表示不适宜; L_{ji} —— j 种高程/坡度 i 种土地利用类型所占面积百分比; n ——高程/坡度的分级; m ——土地利用类型总数目。 L_r 值越大表明土地利用越合理,越有利于土地的保护和水土流失问题的减弱,当 L_r 值等于 1 时,表示此状态下土地利用结构处于最佳。利用专家打分法,参考已有研究^[16-17],确定各高程带及坡度带土地利用方式权重,根据研究区具体情况,确定了土地利用适宜程度(表 3)。

表 3 不同利用方式对高程/坡度的适应性评价

高程分级/m	耕地	有林地	疏(灌)林地	草地	水域	建设用地	坡度/(°)
<150	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0
150~300	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0~3
300~500	0.75	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	3~8
500~1 000	0.50	1.00	1.00	1.00	0.00	0.50	8~15
1 000~1 500	0.25	1.00	1.00	0.90	0.00	0.25	15~25
>1 500	0.00	1.00	1.00	0.70	0.00	0.00	>25

2.2.5 空间自相关分析 空间自相关分析是一种检验相关性的统计方法,通常用于检验某一地理变量的空间分布相邻位置之间的相关程度,若某一位置变量值高,其附近位置上该变量值也高,则此时称为正空间自相关,反之称为负空间自相关^[18]。为了能够全

面反映研究区样点空间差异变化趋势,需要采用局部空间自相关分析,包括 Moran 散点图、G 统计和 LISA 图。

本研究借助 LISA 聚集图和散点图分析研究区 1 909 个样区间的生态风险相关性。

3 结果分析

3.1 研究区生态风险分布的总体特征

通过求得每个生态风险样区的生态风险值 e_i , 并将其划分成低生态风险区 ($e_i < 0.3$)、较低生态风险区 ($0.3 < e_i < 0.5$)、中等生态风险区 (在 $0.5 < e_i < 0.6$)、较高生态风险区 ($0.6 < e_i < 0.7$)、高生态风险区 ($e_i > 0.7$)。

为了更为直观地反映研究区生态风险的空间分布情况, 将每个样地生态风险值作为中心点属性值, 在 ArcGIS 的地统计模块中, 采用普通 Kriging 方法进行插值, 得到生态风险空间插值图 (图 1)。由图 1 可知, 总体来看研究区生态风险值的变化趋势与距离长江的远近程度变化大体一致, 距长江越近生态风险越大, 生态风险等级越高。位于研究区万州段长江北侧及丰都段长江北侧低生态风险区与较低生态风险区所占面积明显增大, 这与万州沿长江北侧、丰都沿江北侧地区林地覆盖面较广有关。

3.1.1 不同生态风险区土地利用分布 因耕地、有林地、疏(灌)林地在整个研究区中所占面积较大, 所以 3 种地类在各生态风险区中所占面积都较大。由表 4 可知, 在各土地利用类型中, 低生态风险区、较低生态风险区主要为耕地、有林地和疏(灌)林地; 低生

态风险区在整个研究区中所占面积最大的地类为有林地, 中等生态风险区、较高生态风险区和高生态风险区中面积所占比重最大的地类均为耕地; 其中, 草地在较低生态风险区和较高生态风险区所占比例较高, 其原因是在这两个风险区内 300~500 m 高程带草地分布较广; 面积较小的地类为水域, 各风险等级所占比重均小于 1.0%。通过对比同一地类在不同生态风险区中所占面积可以得出以下结果: 耕地、有林地、疏(灌)林地及草地主要分布在较低生态风险区; 高生态风险区中主要有坡耕地和建设用地分布, 这与人类活动对生态环境的影响是分不开的; 而水域的分布, 其规律性不强。

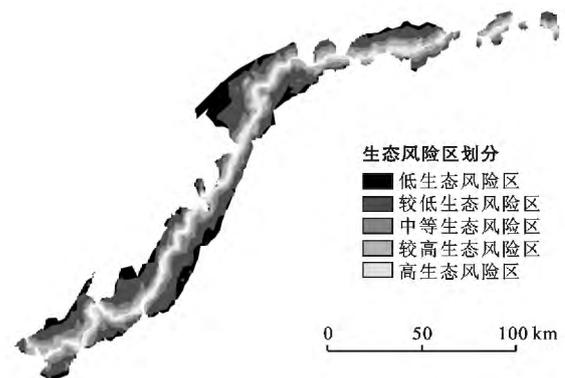


图 1 研究区生态风险划分

表 4 研究区各生态风险区不同土地类型面积比例

土地利用类型	耕地	有林地	疏(灌)林地	草地	建设用地	水域	合计
低生态风险区	3.97	4.99	3.87	1.26	0.29	0.10	14.48
较低生态风险区	12.44	7.94	10.19	5.40	0.45	0.35	36.77
中等生态风险区	6.20	2.19	5.77	4.17	0.76	0.21	19.30
较高生态风险区	6.04	1.24	5.08	3.66	1.41	0.27	17.70
高生态风险区	3.58	0.27	2.31	1.97	3.05	0.57	11.75

3.1.2 不同高程/坡度带生态风险分布 将重分类后的高程、坡度图与生态风险指数图分别叠加, 计算出不同生态风险等级对应的不同高程/坡度面积比例 (图 2)。由图 2 可以看出, 低生态风险区在研究区中所占面积比重较大的高程带为 500~1 000 m 高程带, 所占面积大于研究区总面积的 9%, 在低于 150 m 高程带和高于 1 500 m 高程带所占面积均小于 0.01%; 较低生态风险区、中等生态风险区、较高生态风险区分别在 500~1 000 m, 300~500 m, 300~500 m 高程带所占面积比重较大; 高生态风险区主要集中在 150~300 m 高程带上; 各生态风险等级在低于 150 m 和高于 1 500 m 高程带所占面积都较小。由图 2 可知, 随着坡度带的增大, 各生态风险等级面积都呈现先增大后减小的变化趋势。其中, 低生态风险区、较低生

态风险区在 3°~8°坡度带面积比重达到最大, 中等生态风险区、较高生态风险区和高生态风险区均在 0°~3°坡度带面积比达到峰值; 在大于 25°坡度带占研究区面积最小。各个坡度带不同生态风险等级的分布情况也呈现出随着生态风险等级的提高, 生态风险区在对应坡度带所占面积先增加后减小的变化趋势。

3.2 研究区土地利用相对合理性评价

对 6 个高程及坡度带的土地利用合理性指数进行了计算 (表 5), 由表 5 可知, 随着研究区高程的增加, 土地利用的合理性指数呈现逐步增大的变化趋势, 并在高于 1 500 m 高程带达到最大值, 此高程带土地利用最为合理。随着坡度的增加, 土地利用相对合理性指数逐渐减小, 在 0°~3°坡度带土地利用的合理性指数为 1, 为整个研究区土地利用合理性指数的

最大值,表明 0°~3°坡度带土地利用最为合理。最小值出现在 15°~25°坡度带,此带中有较多的陡坡耕

地,土地利用不合理,应使坡耕地退耕或改为梯田耕种。

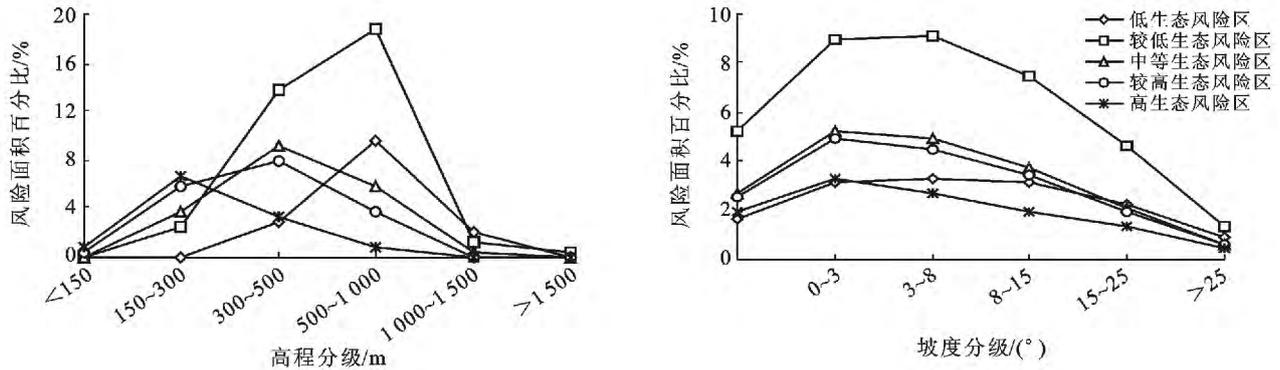


图 2 不同高程/坡度带生态风险等级分布

表 5 研究区各高程及坡度带土地利用相对合理性指数

高程/m	<150	150~300	300~500	500~1000	1 000~1500	>1500
相对合理性指数	0.64	0.71	0.74	0.83	0.97	1.00
坡度/(°)	0	0~3	3~8	8~15	15~25	>25
相对合理性指数	1.00	1.00	0.92	0.85	0.84	0.85

将各个高程/坡度带土地利用合理性指数与土地利用类型分布进行比较(表 6),可以发现,随着有林地、疏(灌)林地面积比重的增加,土地利用合理性指数也随之增加,在高程达 1 500 m 以上时,土地利用受人类活动影响较小,土地利用相对合理性指数达到最高,表明土地利用最合理。当坡度低于 3°时,其地类分布主要为林地、草地,耕地和建设用地区域分布相对较少,故此时相对合理性指数达到最高;随着坡度逐渐增加,坡耕地在各坡度带所占面积比重逐渐加大,土地利用相对合理性指数随之降低。可见,人类活动对生态环境影响之大。通过 2014 年 7 月对研究区巫山、奉节等区县实地调查发现,8°~15°坡度带耕地类

型多为梯田,实施了水土保持等措施;15°~25°坡度段基本已完成退耕工作,但林地尚未长成,处于撂荒状态;大于 25°地带也多为林地和灌木林地分布。计算出这 3 个坡度段土地利用相对合理性指数比较客观,符合实际情况。

3.3 基于生态风险的空间自相关分析

3.3.1 研究区生态风险的 LISA 聚集图和 Moran 散点图 为了分析研究区域生态风险的分布规律和聚集程度,采用空间统计学中的空间自相关法进行分析,借助 ArcGIS 10.2 和 GeoDa095 i 软件得到研究区生态风险的 Moran 散点图(图略)和 LISA 聚集图(图 3)。

表 6 研究区各高程/坡度带土地利用类型分布

%

高程	耕地	有林地	疏(灌)林地	草地	建设用地	水域
<150 m	0.48	0.06	0.67	0.03	0.44	0.05
150~300 m	4.30	4.35	5.05	2.67	0.72	0.05
300~500 m	10.05	8.99	12.97	4.38	0.32	0.10
500~1 000 m	9.67	12.20	11.68	3.82	0.60	0.08
1 000~1 500 m	0.81	1.70	0.62	0.21	0.22	0.04
≥1 500 m	0.73	0.16	0.80	0.53	0.41	0.05
坡度/(°)	耕地	有林地	疏(灌)林地	草地	建设用地	水域
0	1.62	1.94	2.62	0.94	0.51	0.11
0~3	3.73	4.35	5.90	4.10	0.66	0.06
3~8	5.34	5.03	6.53	2.07	0.60	0.07
8~15	9.80	10.08	8.23	2.67	0.61	0.04
15~25	4.90	4.73	4.81	1.06	0.21	0.06
≥25	0.52	1.55	4.09	0.33	0.11	0.04

其中 Moran 散点图的 4 个象限,分别与区域单元及其邻居之间 4 种类型局部空间联系形式相对应。LISA 聚集图中“高一高”,即高值包围的高值区,指区域本身与其周边的生态风险等级均较高,二者间的差异较小;“低—低”,即低值包围的低值区,指区域本身与其周边的生态风险等级均较低,二者间的差异较小;“高一低”,即低值包围的高值区,指区域本身的生态风险等级较高,周边生态风险等级较低;“低—高”,即高值包围的低值区,指区域自身生态风险等级较低,周边地区生态风险等级水平较高,二者差异大。

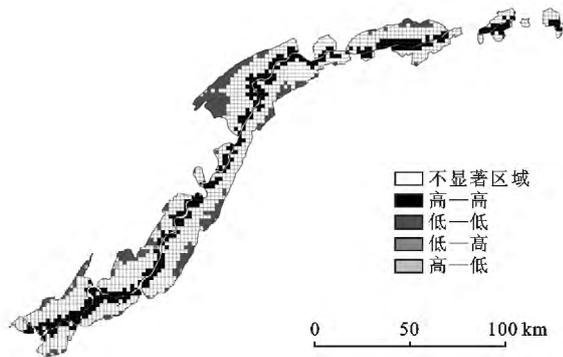


图3 研究区 LISA 聚集图

3.3.2 研究区生态风险空间自相关分析 将 Moran 散点图与 LISA 聚集图结合分析,可见研究区生态风险强度主要呈现出随距长江两岸距离的增加,生态风险强度降低的空间分布特征,局部自相关性十分显著。Moran 指数计算得出为 0.7081,则说明其风险程度呈现出较高的正相关性和空间集聚性。其中,被高风险区包围的高风险区主要集中在长江两岸,此区域是整个研究区危险性最高的区域,不论是以上区域自身还是外围地区生态风险强度都较高,这与此区域内人类活动较频繁、不合理的土地利用有较为紧密的关系;被低风险区包围的低风险区主要集中在研究区万州段西部及丰都段东南部,其自身及周边生态风险均较低,表明该区域土地利用较为合理,有益于生态环境的保护和良好发展,归功于万州段和丰都段相应区域良好的森林覆盖率;被高风险区包围的低风险区在研究区中分布较少,仅在研究区东北部及西南部零星分布,包括万州段长江北岸、涪陵段长江北岸等区域,该区域虽然自身生态风险等级较低,但其被生态风险较高的区域包围,存在潜在的危险性,对其进行土地的整治刻不容缓;被低风险区包围的高风险区分布更为稀少,除万州段长江沿岸及丰都、涪陵段长江北岸略有分布外,其余区域均无分布,此区域自身生态风险等级较高,但周围生态风险等级较低,具备生

态风险等级降低的条件,存在生态环境改善的可能,对此区域采取环境保护措施,有费力小、见效快的优势。

4 讨论

4.1 研究区生态风险与空间自相关分析的关系

在构建生态风险指数模型的基础上,运用网格模型、普通 Kriging 插值等方法,对研究区生态风险进行综合评估,并通过空间自相关分析,得出风险程度呈现出较高的正相关性和空间集聚性。本研究较前人研究创新之处在于,不只得出每个风险等级的土地利用合理性,更揭示了不同生态风险区相互影响关系^[19-20]。将 Moran 散点图与 LISA 显著水平相结合,可以进一步分析各区域生态风险等级空间自相关的程度,得出研究区处于“高一高”值的区域生态风险更大,需要对其土地利用进行调整,主要集中在沿长江两岸,其土地利用类型主要为建设用的和耕地,受人类活动影响大,生态风险等级高;“低—低”值区域多为林地、草地,植被覆盖率高,生态风险等级低,应维持现状,并加强保护。

4.2 研究区土地利用相对合理性指数与生态风险关系

结合研究区高程/坡度分类图和生态风险图并与土地利用相对合理性指数进行对比可以发现,二者呈现出反比例关系。研究区高生态风险区主要分布在 150~300 m 高程带,0°~3°坡度带,这是由于研究区内土地压力加剧,人地矛盾突出所致^[21]。从研究区不同坡度带土地利用相对合理指数可以看出,需要加大治理力度的是 15°~25°坡度带中的撂荒土地,此坡度带面积占研究区总面积的 15.77%。坡耕地作为三峡库区主要的侵蚀源,随着高程/坡度带内耕地面积的增加,土地利用相对合理指数下降,生态环境的破坏加剧,生态风险等级也随之上升;反之,则相反。土地利用合理与否,密切联系着库区生态安全,是生态风险的主要影响因素。

4.3 基于生态风险的研究区土地利用优化

研究区土地利用方式是影响库区生态风险的重要因子,为缓解生态恶化,研究区应结合自身高程、坡度、岩性及土壤等情况,调节不合理的土地利用方式,根据土地利用相对合理指数的变化,找到较适合的土地利用搭配方式,改善原有不合理生态环境,降低或规避生态风险。首先,对于 145~175 m 高程带,这个区域属于三峡库区消落区,一般情况下,此区域内陆地不宜人为干扰,应严禁生产和开发活动。但考虑到植被保持水土的作用,可考虑在该区域种植耐淹、耐瘠薄且树形较好的乔木或灌木,如垂柳、马桑等,采用

乔灌混交的方式种植,比纯林更有助于保持水土^[22]。其次,对于高于 175 m 高程区域土地利用优化,着重考虑坡度大于 15°地区的坡耕地退耕,或对其进行梯田改造,以减少土壤侵蚀和农药、化肥施用过量造成的面源污染,坡改梯对陡坡地区水土流失的防治也有一定的效果。对于城镇地区,应控制固体废弃物及生产生活污水的排放,以免造成城市点源污染。

5 结论

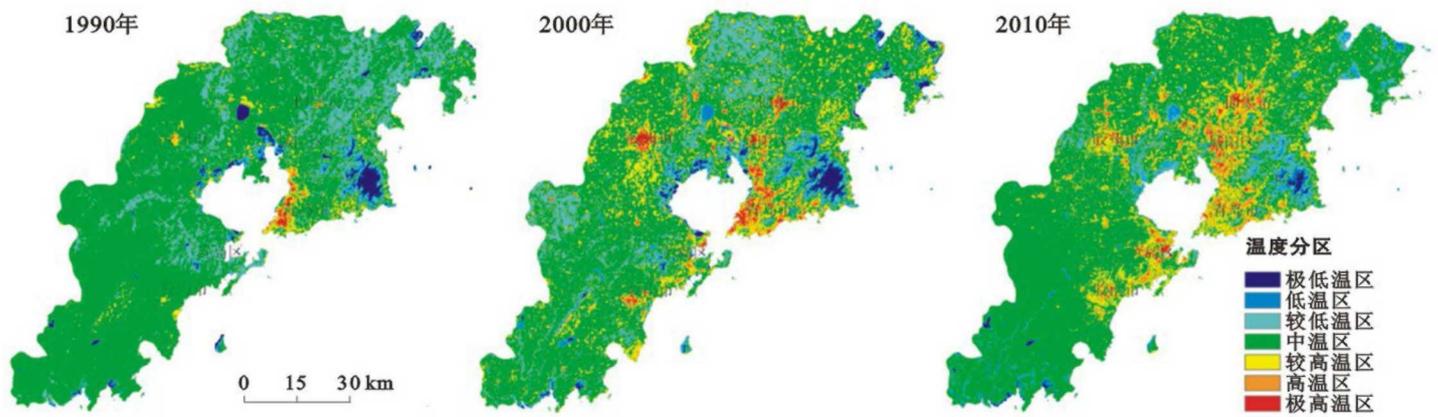
(1) 研究区生态风险等级的分布,随着距离长江的增大,生态风险等级逐渐减低,其中较低生态风险区所占面积比重最大,达到 36.77%,高生态风险区所占面积比重最小,为 11.75%;各风险等级随高程/坡度的增加,所占面积比均呈现出先增加后减小的趋势,峰值出现的区域不一。

(2) 土地利用相对合理性指数随着高程/坡度的增加,分别呈现出逐步增加和逐步递减的变化趋势,随着各高程/坡度带内耕地与建设用地分布的增加,土地利用相对合理性指数降低,且此指数变化与林地占地面积呈正比关系,在高于 1 500 m 高程带/ $0^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 坡度带土地利用相对合理性指数达到最大值 1,土地利用最合理。

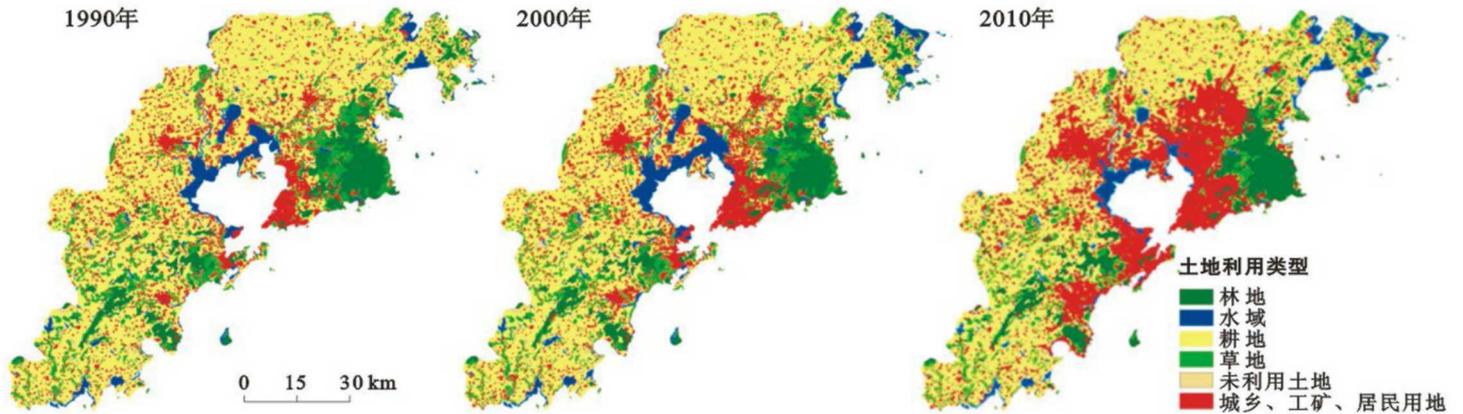
(3) 研究区生态风险呈现出较高的正相关性和空间集聚性。“高一高”及“低—低”两种相关性分布较广,“高一高”主要分布在长江沿岸、“低—低”主要分布在万州段西部及丰都段东南部;“高一低”及“低—高”分布较少,这部分区域最容易改善其生态风险状态,应及时对土地利用不合理地区进行调整。

[参 考 文 献]

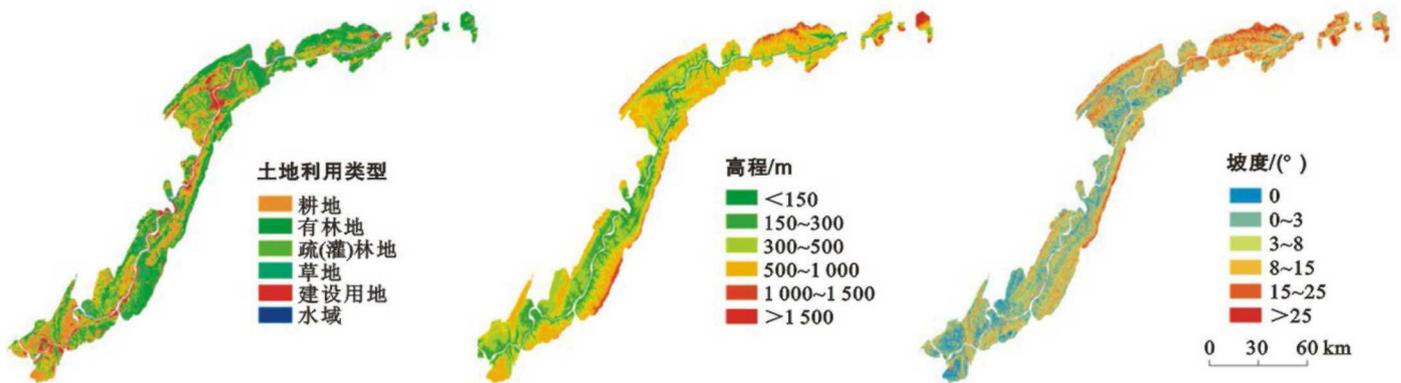
- [1] 蔡明孙,沈世生. 抓封山育林,筑生态屏障[J]. 福建水土保持,1999,11(4):33-34.
- [2] 王玉宽,孙雪峰,邓玉林,等. 对生态屏障概念内涵与价值的认识[J]. 山地学报,2005,23(5):431-436.
- [3] 陈国阶. 对建设长江上游生态屏障的探讨[J]. 山地学报,2002,20(5):536-541.
- [4] 潘开文,吴宁,潘开忠,等. 关于建设长江上游生态屏障的若干问题的讨论[J]. 生态学报,2004,24(3):617-629.
- [5] 胡友兵,李致家,冯杰,等. 三峡库区生态屏障范围界定[J]. 水利学报,2012,43(10):1248-1253.
- [6] 周启刚,张叶,杨霏,等. 三峡库区生态屏障带划分与土地利用现状研究:以重庆市万州区为例[J]. 重庆工商大学学报:自然科学版,2012,29(11):65-72.
- [7] 王丽婧,席春燕,付青,等. 基于景观格局的三峡库区生态脆弱性评价[J]. 环境科学研究,2010,23(10):1268-1273.
- [8] 毛华平,杨兰蓉,许人骥,等. 三峡水库库周生态屏障建设对策研究[J]. 水土保持学报,2014,28(1):63-72.
- [9] 杨馨越,魏朝富,倪九派. 三峡生态屏障区耕地承载力与人口生态转移[J]. 中国生态农业学报,2012,20(11):1554-1562.
- [10] 朱涛,方朝阳,马静洲. 三峡生态屏障区居民点建设研究[J]. 中国农村水利水电,2010(4):23-25,29.
- [11] 冯琳,徐建英,邱敬涵. 三峡生态屏障区农户退耕受偿意愿的调查分析[J]. 中国环境科学,2013,33(5):938-944.
- [12] Wu Qiong, Li Hongqing, Wang Rusong, et al. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS[J]. Landscape and Urban Planning, 2006,78(4):322-333.
- [13] 孙才志,闫晓璐,钟敬秋. 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局[J]. 生态学报,2014,34(2):247-257.
- [14] 谢花林. 基于景观结构和空间统计学的区域生态风险分析[J]. 生态学报,2008,28(10):5020-5026.
- [15] 陈利顶,傅伯杰,王军. 黄土丘陵区典型小流域土地利用变化研究:以陕西延安地区大南沟流域为例[J]. 地理科学,2001,21(1):46-51.
- [16] 周廷刚,罗红霞,黎雯. 基于 GIS 的岩溶煤矿区土地利用适宜性评价研究:以重庆市南桐矿区为例[J]. 中国岩溶,2007,26(2):149-154.
- [17] 陈利顶,刘洋,吕一河,等. 景观生态学中的格局分析:现状、困境与未来[J]. 生态学报,2008,28(11):5521-5531.
- [18] 陈彦光. 基于 Moran 统计量的空间自相关理论发展和方法改进[J]. 地理研究,2009,28(6):1449-1463.
- [19] 许研,高俊峰,赵家虎,等. 流域生态风险评估研究进展[J]. 生态学报,2012,32(1):284-292.
- [20] 李博,石培基,金淑婷. 石羊河流域植被生态系统生态风险评价研究[J]. 水土保持通报,2013,33(1):201-205.
- [21] 刘引鸽. 基于土地利用的陕西省生态风险分析[J]. 水土保持通报,2011,31(3):180-189.
- [22] 刘晓. 基于 3S 技术三峡库区生态风险评价及管理研究[D]. 重庆:重庆师范大学,2009.



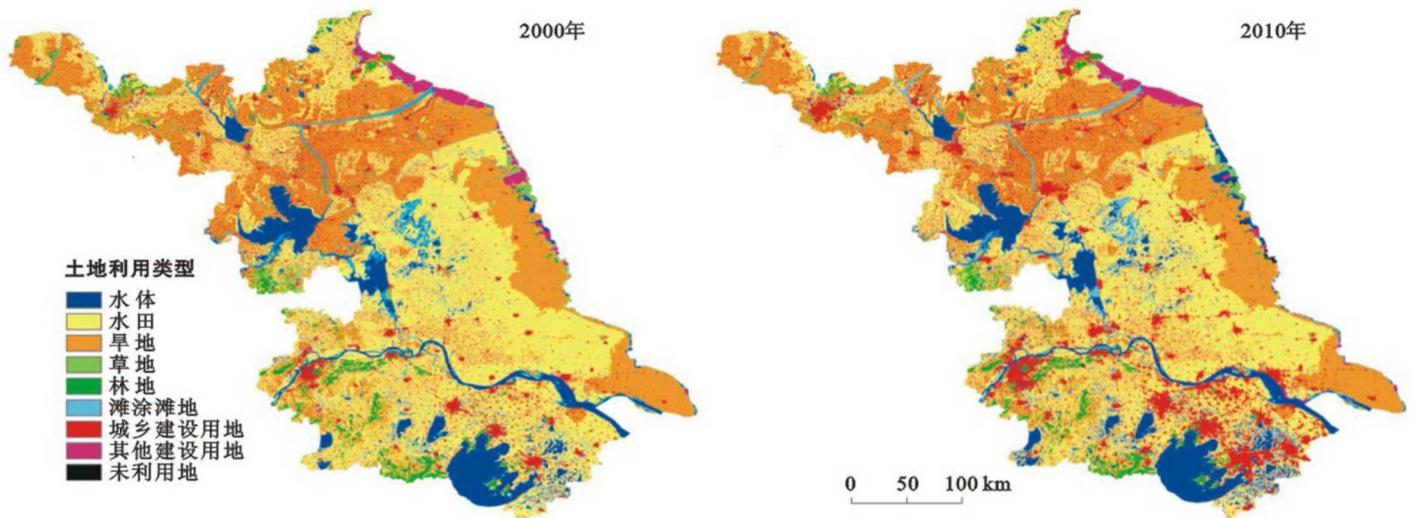
附图1 青岛市1990—2010年地表温度分布



附图2 青岛市1990—2010年土地利用类型



附图3 三峡库区生态屏障带生态风险土地利用类型、高程和坡度



附图4 江苏省2000和2010年1:10万土地利用类型图