

DOI: 10.5846/stxb201512152507

徐羽, 钟业喜, 冯兴华, 徐丽婷, 郑林. 鄱阳湖流域土地利用生态风险格局. 生态学报, 2016, 36(23): 7850-7857.

Xu Y, Zhong Y X, Feng X H, Hu L T, Zheng L. Ecological risk pattern of Poyang Lake basin based on land use. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(23): 7850-7857.

鄱阳湖流域土地利用生态风险格局

徐 羽, 钟业喜*, 冯兴华, 徐丽婷, 郑 林

江西师范大学 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室/地理与环境学院, 南昌 330022

摘要:以鄱阳湖流域土地利用数据为基础, 定量分析 2005 年以来鄱阳湖流域土地利用变化特征; 借助空间自相关、地统计分析等方法, 揭示了鄱阳湖流域土地利用变化下生态风险时空演变特征。结果表明: 2005—2013 年, 鄱阳湖流域土地利用转移非农业化趋势明显; 土地利用生态风险呈小幅上升趋势, 在空间分布上具有显著相关性, 生态风险“北热南冷”空间分异及等级扩散特征明显; 依据空间差值结果可将研究区划分为低生态风险区 ($ERI < 0.15$)、较低生态风险区 ($0.15 \leq ERI < 0.25$)、中等生态风险区 ($0.25 \leq ERI < 0.35$)、较高生态风险区 ($0.35 \leq ERI < 0.45$)、高生态风险区 ($ERI \geq 0.45$) 5 类; 高风险区域主要分布在滨湖区、南昌、九江及赣中部分地区。生态风险等级分布与地形存在显著相关性, 随着生态风险等级提高, 分布区域表现出明显的地形指向性。以土地利用结构对生态风险进行表征, 尝试从宏观上把握大尺度区域生态安全格局, 为鄱阳湖流域土地利用格局优化提供了相关借鉴及建议。

关键词:生态风险; 土地利用; 鄱阳湖流域; 空间格局

Ecological risk pattern of Poyang Lake basin based on land use

XU Yu, ZHONG Yexi*, FENG Xinghua, XU Liting, ZHENG Lin

Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Ministry of Education/School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China

Abstract: The ecological impact of different land use types and intensity could reveal on regional ecosystem structure changes directly, and the changes of structure and function of land ecosystem would profoundly affect regional ecosystem health. Therefore, ecological risk assessment in terms of landscape structure is an effective method to study regional ecological risk pattern. Poyang Lake, the largest freshwater lake in China, plays an essential role in biodiversity protection and water ecological security in Yangtze River basin. However, irrational development and construction activities have resulted in significant landscape changes in recent years, which may aggravate regional ecological risk. This study takes Poyang Lake basin as a case study to explore the impact of land use change on ecological risk. Based on an ecological risk assessment model derived from land use structure, the study tries to explore ecological security pattern and provide a scientific reference for optimizing land utilization in Poyang Lake basin. The characteristics of land use changes in Poyang Lake watershed were analyzed quantitatively based on land use data during 2005—2013. Then, the spatial-temporal variation of the ecological risk and the relationship between ecological risk and terrain factors were investigated by GIS techniques. The result shows that about 9.2% of the total areas experienced land use changes, which 68.5% occurred among farmland, construction land and forests. The major types of land transformation are mutual conversion between forests and farmland, and the conversion of farmland to construction land, showing a remarkable trend of non-agricultural transformation. The average ecological risk index (ERI) increased from 0.237 in 2005 to 0.246 in 2013, probably as the

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41561025); 江西省重大生态安全问题监控协同创新中心资助项目(JXS-EW-00)

收稿日期:2015-12-15; **修订日期:**2016-04-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhongyexi@126.com

consequence of farmland reduction and rapid expansion of construction land. The ERI showed a positive spatial autocorrelation and obvious local spatial clustering, and generally decreased significantly from north to south. Based on the spatial interpolation of ERI, the study area was divided into five grades: low risk region ($ERI < 0.15$), inferior risk region ($0.15 \leq ERI < 0.25$), mediate risk region ($0.25 \leq ERI < 0.35$), relatively high risk region ($0.35 \leq ERI < 0.45$), high risk region ($ERI \geq 0.45$). The high risk and relatively high risk region expanded rapidly, mainly located in Poyang Lake area, Nanchang, Jiujiang and central Jiangxi province, with the area proportion increasing from 9.08% in 2005 to 11.68% in 2013. The spatial distribution of ERI grades was significantly related to topographic characteristics, i.e. 99% of the high risk regions and 98% of the relatively high risk regions were concentrated in lowlands or slightly hilly areas (with an altitude of 0—150 m); high, relatively high and mediate risk regions were mostly distributed in flat areas with a slope of 0° — 3° . To promote the sustainable utilization status of regional land resource and optimize the land use pattern, several suggestions are given as follows: (1) reform the inefficient way of land use and encourage intensive land utilization; (2) implement strict land use control, especially protect farmland, and transfer industries and urbanization to hilly areas according to local conditions for mitigating ecological risk in lowland areas; and (3) strengthen urban ecological security management while paying more attention to rural environment protection.

Key Words: ecological risk; land use; spatial pattern; Poyang Lake basin

生态风险是指种群、生态系统及其组分受自然或人类活动胁迫所承受的风险,进而对其健康、生产力、遗传结构、经济价值和美学价值造成不利影响^[1]。生态风险对于区域生态建设和资源利用具有重要指示意义,因此,生态风险评价成为现阶段指导区域生态建设、资源管理、环境修复、环境政策制定等工作的重要依据,因而受到学界的高度关注,已成为当前生态系统综合评估的核心课题和应用生态学的研究热点之一^[2-3]。

土地利用是人与自然交互作用的核心环节,它与诸多环境与生态问题密切关联。不同土地利用方式和强度的生态影响可直观的表现于区域生态系统变化上,并且具有区域性和累积性特征^[4],而土地生态系统的结构与功能改变深刻影响着区域生态系统健康状况,对区域生态安全格局起决定性作用^[5]。因此,从区域生态系统景观结构角度,开展土地利用变化下的生态风险评价具有重要意义。借助土地利用数据的高效性、易得性,诸多学者基于景观尺度对小流域、县域、海岛的等中小尺度区域生态风险进行评价^[6-10],逐步形成景观生态风险评价框架,但该方法对于大尺度区域生态安全格局的把握方面适应性不足^[11]。

流域作为集生物多样性、水源涵养、土壤保持等生态功能和人类社会发展功能于一体的综合生态地域系统,是构建区域资源利用和生态保护相协调的和谐人地关系的最佳途径^[12]。鄱阳湖流域作为长江中下游自然特征保存最为完整的流域,使其成为流域问题研究的最理想场所。鄱阳湖流域内的鄱阳湖湿地生态屏障及赣南山地森林生态屏障分别是长江中下游和珠江流域水生态安全重要保障区^[13],作为中部地区加速形成的增长极之一的国家战略区域鄱阳湖生态经济区一直是江西省内人口、城镇最密集的区域,其生态地位和经济功能极为重要。因而,开展鄱阳湖流域土地利用生态风险评价对于流域生态和经济可持续发展具有重要理论及现实意义。以往关于鄱阳湖流域土地问题研究较多^[14-17],其中关于土地生态安全评价主要是基于县域尺度利用综合指标法来展开^[14],对数据要求较高且评价尺度有所限制。从土地利用结构动态演变角度考察区域生态风险状况是揭示大尺度区域生态安全格局的有效手段^[1],为此,本研究结合空间自相关、地统计分析等空间分析方法,考察鄱阳湖流域土地利用变化下生态安全格局,揭示其空间分异规律,为流域开展生态治理和风险管控提供参考。

1 研究区概况

鄱阳湖流域位于长江中下游南岸,多年平均降水量为 1635.9 mm,年均气温为 17.5 °C,流域总面积约为 16.22 万 km²,鄱阳湖流域在江西省内面积占全省国土面积的 97.2%,其流域范围与江西省域高度吻合,流域

内东南西三面群山环绕,内侧丘陵广布,整个地势周高中低,由南向北、由外向内、向鄱阳湖逐次倾斜,依次分布着赣、抚、信、饶、修五大流域和鄱阳湖区,是我国南方重要的生态屏障。鉴于边界的高度重合及数据的可获取性、完整性原则,研究采用江西省土地利用数据对鄱阳湖流域的土地利用演变及其生态风险格局进行深入分析。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

研究所用到的数据包括 2005 年、2010 年、2013 年 3 期鄱阳湖流域土地利用数据及相应地形数据,均来源于江西省重大生态安全问题监控协同创新中心平台。其中土地利用数据原始数据源为 3 个时相的 Landsat TM/ETM 遥感影像,空间分辨率为 30 m×30 m,经辐射校正、几何精校正,由人工目视判读解译而得,解译精度均达到 90%以上,能够达到研究要求。按照土地利用现状分类标准(GB/T 21010—2007),结合流域土地经营及土地利用特点,划分为 6 类一级地类,包括草地、林地、建设用地、水域、未利用地。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用生态风险模型构建

为提高估算生态风险指数的精确度以及空间分异特征的有效呈现,根据景观生态学理论在鄱阳湖流域各土地利用类型面积基础上依据等间距系统采样方式将研究区划分为 1510 个 10 km ×10 km 的网格(图 1),从而确定景观生态样方面积。其次,基于网格采样法,利用各样地内的各地类面积比例来构建土地利用风险指数,用以描述一个样地内综合生态风险的相对大小,从而通过采样方式将土地利用结构转化为生态风险值,并以此作为样地中心点的土地利用生态风险值。具体计算方法如下:

$$R = \sum_{i=1}^m \frac{A_i W_i}{A} \quad (1)$$

式中, R 为土地利用生态风险指数; 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权重。综合参考前人研究成果^[18-19]结合专家意见,同时考虑研究区内各地类利用方式和开发强度对区域生态系统的作用程度,生态风险强度权重 W_i 分别设定为:耕地 0.32、林地 0.12、草地 0.16、水域 0.53、建设用地 0.85、未利用地 0.82。

2.2.2 土地利用生态风险格局分析方法

(1) 空间自相关

空间自相关是一种空间统计分析方法,其空间分布特征可以通过空间自相关的全局和局域两个指标来度量。全局自相关系数是用来验证整个研究区域的空间模式和度量属性值在整个区域空间上的分布态势或集聚状况,表示全局空间自相关的指标和方法很多,主要有 Moran's I 、Geary's C 、Getis 等,其中最常用的是 Moran's I ,其取值范围为 $[-1, 1]$,其值大于 1 为正相关,即空间集聚,小于 0 表示负相关,即空间离散,趋于 0 时表示在空间呈随机分布。局域空间关联性指标 Getis-Ord G_i^* 是用来揭示空间地域单元与其临近空间单元

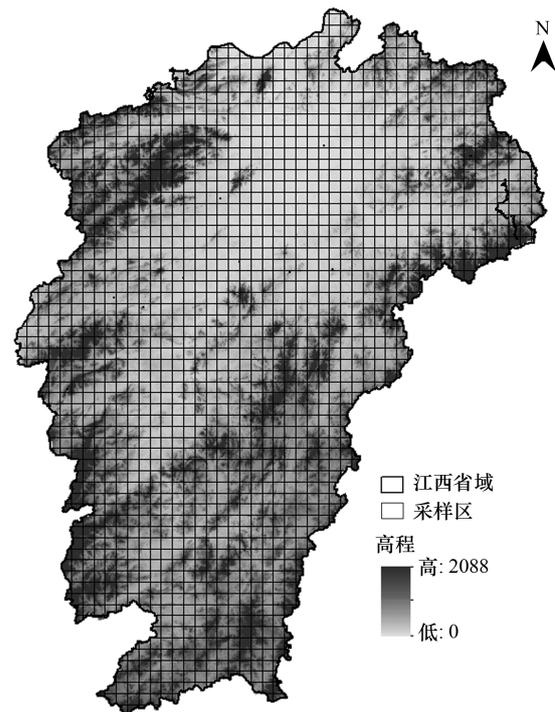


图 1 研究区范围

Fig.1 Study area

属性特征值之间的相似性或相关性,可以用于识别“热点区域”以及数据的异质检验^[20],一般地,局部空间内高值对象或低值对象频繁集聚可分别形成热点区域和冷点区域。

(2) 半变异函数

半变异函数可以关联到样本之间的空间独立量,已逐步成为挖掘地理现象空间分布规律的重要工具之一。研究借助半变异函数法对鄱阳湖流域土地利用生态风险进行空间分析,并通过样地生态风险指数值的空间插值,以反映各样地之间的空间关系^[21]。其具体计算公式为:

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

式中, $\gamma(h)$ 为变异函数; h 为样本空间间隔距离; $N(h)$ 为抽样间距为 h 时的样点对总数; $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 分别是生态风险指数 $Z(x)$ 在空间位置 x_i 和 $x_i + h$ 的实测值。

3 结果与分析

3.1 鄱阳湖流域土地利用演变格局

从各地类增减变化来看,建设用地扩张迅速,其面积由 2005 年的 7396.91 km² 增长至 2013 年的 10282.07 km²,净增加 2885.86 km²,大幅增长了 39.01%。鄱阳湖流域面积减少最多的用地类型是耕地,净减少 2633.76 km²,但由于耕地面积基数较大,减少比例为 5.2%。草地面积持续减少,其面积减少 637 km²,比 2005 年减少 22%。林地面积呈现波动增加趋势,但发生变化比例不大,仅为 0.22%。水域总体上呈现增加的趋势,其面积增加了 411 km²,增长 4.38%。未利用地有所减少,其面积减少 232.8 km²,下降比例为 18.38%。从土地利用类型转移来看(表 1),2005—2013 年,鄱阳湖流域土地利用发生变化的面积占土地总面积的 9.2%,达 15376.4 km²。在众多的土地转移类型中,耕地与建设用地、林地之间的转移占据明显优势,发生在此 3 种用地之间的转移面积达 10526.85 km²,占总转移变化面积的 68.5%。其中,主要的土地转移类型依次为耕地转林地、林地转耕地、耕地转建设用地、草地转林地、林地转建设用地,转移面积占总变化面积的比例分别为 24.1%、19.4%、15.2%、5.8%、5.6%。总体来看,研究区土地利用变化以耕地、林地、建设用地为主,且土地转移非农化趋势明显。

表 1 鄱阳湖流域 2005—2013 年土地利用转移矩阵

Table 1 Transition matrix of the land use types in Poyang Lake basin during 2005—2013

地类 Land type	2013 年						2005 年 总计/km ² Total
	草地 Grassland	耕地 Farmland	建设用地 Construction land	林地 Forests	水域 Water body	未利用地 Unutilized land	
草地 Grassland/km ²	1473.53	359.58	82.57	904.02	53.60	30.88	2904.18
耕地 Farmland/km ²	139.37	44097.63	2348.65	3709.70	636.75	118.20	51050.3
建设用地 Construction land/km ²	9.34	500.90	6668.70	115.96	87.89	14.12	7396.91
2005 年 林地 Forests/km ²	606.30	2986.14	865.50	90326.31	159.75	92.70	95036.7
水域 Water body/km ²	20.35	363.14	189.39	135.54	8091.98	181.28	8981.68
未利用地 Unutilized land/km ²	18.06	109.03	127.26	47.96	362.48	801.17	1465.96
2013 年总计 Total/km ²	2266.94	48416.42	10282.07	95239.50	9392.46	1238.35	

从空间分布来看,建设用地呈明显的板块状分布于鄱阳湖流域区域内,其变化是由于城市的扩张而导致区域建设用地的增长;草地以散点状分布于林地之中;未利用地则主要分布在城市周边地带,海拔及坡度均较低;耕地及水域则主要分布在赣北鄱阳湖平原地带,其分布的地域性较为显著,与坡度及海拔呈现出明显的正相关性;林地是流域内分布最广、面积最大的地类,主要位于赣南地区及赣北省际边缘地区,其分布基本与地形显著相关。

3.2 鄱阳湖流域土地利用生态风险指数集聚空间格局

全局空间自相关指标用于验证整个研究区某一要素的空间模式及其显著性。研究以样地风险指数为变量,在 GeoDa 软件支持下计算得出鄱阳湖流域生态风险指数的全局 Moran's I 。结果显示:3 个时间断面下,鄱阳湖流域生态风险指数的全局 Moran's I 均达到 0.73 以上,其中,2005 年为 0.7312、2010 年为 0.7362、2013 年下降至 0.7319,差异变化较小。3 个时期全局 Moran's I 估计值均为正值,显著性水平均小于 0.05,表明鄱阳湖流域生态风险指数在空间分布上具有显著的正相关性;其差异变化表明生态风险的空间集聚表现出较为稳定的状态。

借助局部自相关指标 G 指数来考察研究区 2005—2013 年生态风险指数变化的局部情况,如图 2 所示,生态风险变化冷热点南北差异显著。鄱阳湖流域生态风险指数变化温点区分布较为广泛;热点区分别呈“U”型分布在环鄱阳湖区、呈散点状分布在地级市周边地区;生态风险变化次热点区主要在热点区周边地区;冷点及次冷点区主要分布在鄱阳湖区,省域边缘山地地区;说明环鄱阳湖滨湖区及中心城市周边是土地利用生态风险增加的主要区域。

3.3 生态风险指数的空间分布特征分析

为探讨土地利用风险指数的空间结构,对 3 个时期的生态风险指数的半变异函数进行模型拟合。结果显示:3 期半变异函数的球状模型的拟合效果最佳(表 2),决定系数 R^2 分别达到 96.2%、96.9% 和 97.4%。变程可以反映生态风险指数的空间相关距离,2005—2013 年,鄱阳湖流域土地利用生态风险变程由 165834 m 持续增长至 174603 m,这是由于高风险区的地域集聚性十分显著;基台值由 0.1354 增长至 0.1464,土地利用生态风险强度的空间分布不均衡性增强,差异呈逐步扩大的趋势;块金基台比可以块金方差占总空间异质性变异的大小,识别区域土地利用生态风险的空间异质性,2005—2013 年,块金基台比均高于 74%,表明土地利用生态风险具有高度的空间自相关性,地形、坡度等结构性因素对生态风险指数空间分异具有显著的影响作用。

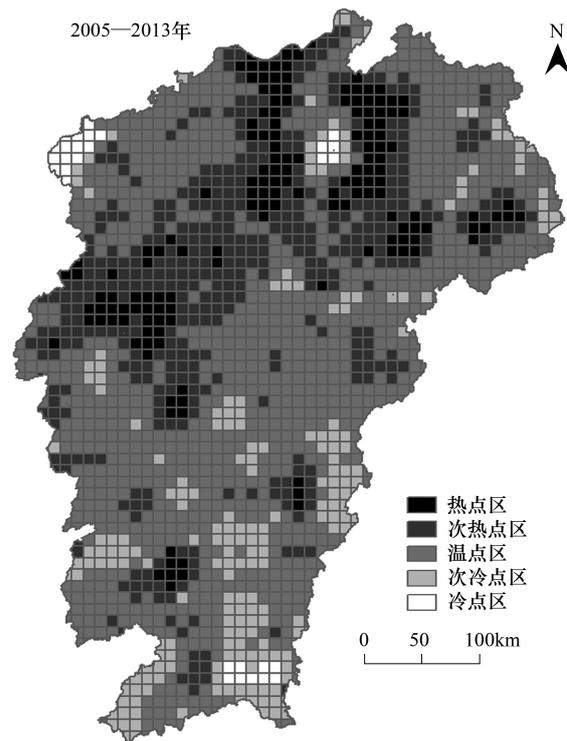


图 2 土地利用生态风险指数变化 G 值空间分布

Fig.2 The Getis-Ord G_i^* of land use ecological risk index

表 2 土地利用生态风险指数半变异函数拟合参数

Table 2 Model parameter of semivariogram for land use ecological risk index

年份 Year	模型 Theoretical model	块金值 Nugget value	基台值 Sill value	块金值/基台值 Nugget variance/%	变程 Range/m
2005	球状模型	0.0352	0.1354	74	165834
2010	球状模型	0.0348	0.1426	75.6	170607
2013	球状模型	0.0367	0.1464	74.9	174603

根据半变异函数拟合最优模型及其参数,利用普通克里金(Ordinary Kriging)方法进行生态风险插值,在相对指标方法下进行分级(低生态风险区($ERI < 0.15$)、较低生态风险区($0.15 \leq ERI < 0.25$)、中等生态风险区($0.25 \leq ERI < 0.35$)、较高生态风险区($0.35 \leq ERI < 0.45$)、高生态风险区($ERI \geq 0.45$)),计算得出各风险区的面积(表 3),并制成专题地图(图 3)进行深入分析。

由图 3 可知,土地利用生态风险程度南北差异明显,呈现出明显的圈层扩展及轴向扩散特征。2005 年,

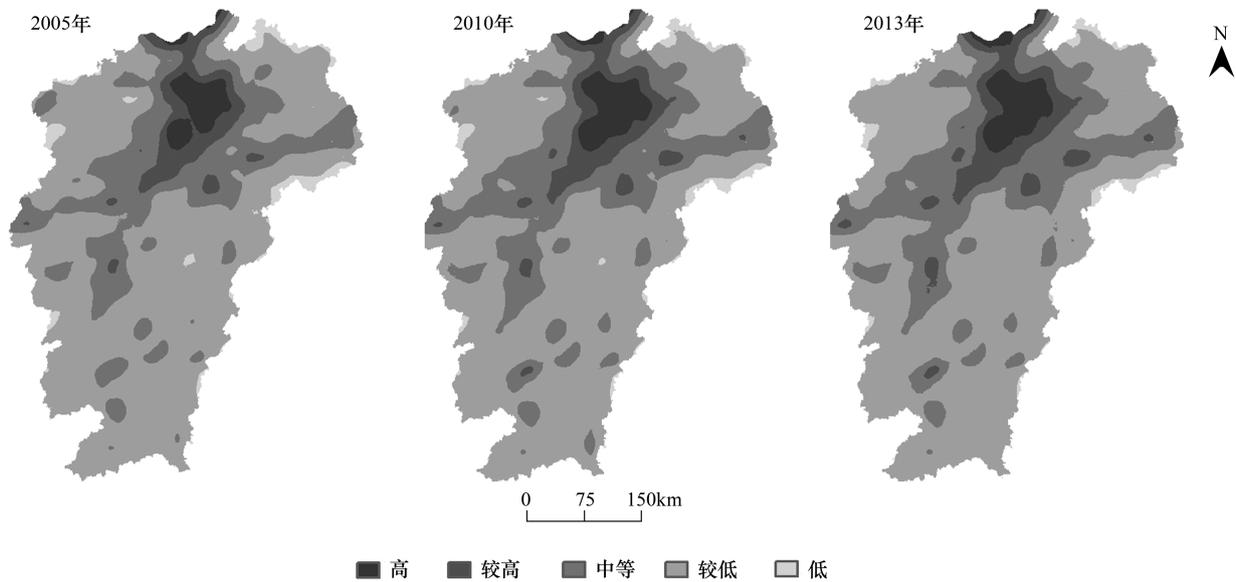


图3 鄱阳湖流域土地利用生态风险等级空间分布图

Fig.3 Distribution of land use ecological risk in Poyang Lake basin

高生态风险区主要分布在鄱阳湖区、南昌市南部、南昌县及九江市北部;较高风险区主要以散点状分布在赣北及赣中地区(鹰潭、抚州、吉安及新余等地级市),以呈环状分布在高生态风险区周边;中等生态风险区以“十”字状分布在赣北、赣中地区,而在赣南地区基本呈现出散点状分布;较低生态风险区面积广阔;低生态风险区主要分布在省际边缘山区。2010年,高风险区在鄱阳湖及其周边地区基本连成一片,在九江市沿江地区得到小幅度扩张;较高风险区在2005年的基础上也稍有扩张,在上饶市、赣州市等地区也呈散点状分布中等风险区总体呈进一步扩张趋势,尤以赣中及赣西迅速发展,而在赣西北地区受退耕还林、生态发展等政策影响而出现缩小趋势;较低生态风险区和低生态风险区在空间分布上变化较小。2013年,各类风险区的空间分布均变化较小,仅部分散点状较高风险区稍有扩张,如:赣州市、吉安市、高安市、上饶市,由表3可知,2005—2013年间,鄱阳湖流域高、较高生态风险区面积迅速增加,由15138.76 km²增长到19488.07 km²,占土地总面积的比例由9.08%增至11.68%;其中高生态风险区增长1574.97 km²,比例上升至4.08%,较高生态风险区2774.34 km²,比例上升为7.6%。中等生态风险区面积增长显著,由40577.9 km²增长至44135.66 km²,其面积比例由24.32%上升至26.46%。较低生态风险区面积减少最为明显,其面积缩小了6292.5 km²,缩减幅度达到3.77%。低生态风险面积出现小幅度缩小,其面积比例缩小了0.98%。

表3 鄱阳湖流域土地利用生态风险等级面积及比例统计

Table 3 Area ratio of different grade of land use ecological risk in Poyang Lake basin

生态风险等级 Ecological risk grade	2005年		2010年		2013年	
	面积 Area/km ²	比例 Proportion/%	面积 Area/km ²	比例 Proportion/%	面积 Area/km ²	比例 Proportion/%
低生态风险区 Low risk region	4540.40	2.72	3605.41	2.16	2905.83	1.74
较低生态风险区 Inferior risk region	106555.06	63.88	101736.04	61.00	100262.56	60.11
中等生态风险区 Mediate risk region	40557.90	24.32	43450.13	26.05	44135.66	26.46
较高生态风险区 Relatively high risk region	9903.72	5.94	11141.39	6.68	12678.06	7.60
高生态风险区 High risk region	5235.04	3.14	6859.15	4.11	6810.01	4.08

3.4 生态风险等级分布与地形关系

为厘清生态风险与区域地理环境的耦合关系,研究以地形为主要影响因子,以2013年生态风险指数计算

结果为案例,考察不同高程/坡度上的生态风险分布情况。具体方法为:(1)参考相关文献^[22],将高程划分为6个高程带:低于150,150—300,300—500,500—1000,1000—1500 m、高于1500 m;将坡度重分类为6个坡度带:0°,0°—3°,3°—8°,8°—15°,15°—25°,大于25°。(2)将2013年生态风险等级图与重分类后的高程、坡度数据分别进行叠加运算计算出各生态风险等级在不同高程/坡度上的分布面积比例(图4),据此进行深入分析。如图4所示,低生态风险区和较低生态风险区在各个高程带上均有分布,分别在500—1000 m、150—300 m高程段分布面积比例最大;中等生态风险区则主要集中在两个高程带上,在150—300 m和<150 m高程带上呈“二八分”格局;较高生态风险区和高生态风险区高程分布更为集中,二者均主要分布在<150 m高程带上,所占比重分别达到98%和99%。从生态风险区分布与坡度的关系来看,随着坡度带上升,各等级生态风险区分布面积比例总体上呈现先增后减的变化态势。低生态风险区在15°—25°坡度带面积比例达到最高值;较低生态风险区则在8°—15°坡度带面积占比达到最大值;中等生态风险区、较高生态风险区、高生态风险区均在0°—3°坡度带达到峰值,并且在>25°坡度带降为最低值。

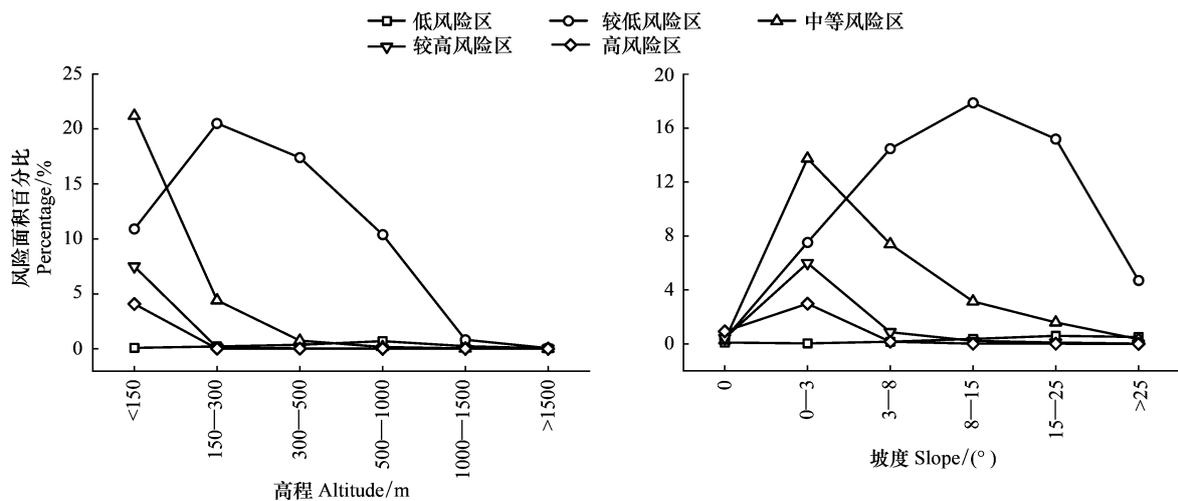


图4 生态风险等级与海拔、坡度关系

Fig.4 The correlation between ecological risk grade and altitude, slope

综上所述,地形与生态风险等级分布存在显著相关性。低生态风险等级区域分布范围较为广泛,在各高程带、坡度带均有分布;随着生态风险等级提高,所对应的分布区域表现出明显的地形指向性,海拔较低、地势平坦的鄱阳湖平原和河谷平原地带由于人口密集、城镇发达是高生态风险区主要分布地区。

4 结论与讨论

2005—2013年,鄱阳湖流域生态风险指数总体上呈现小幅上升趋势,主要是由于随着流域内经济社会的快速发展及城市化进程加速促使了区域土地利用结构的深刻变化和土地开发强度的明显提升,其中建设用地面积大幅增长了39.01%,其内部的城镇用地、农村居民点和工业及交通建设用地分别增长了51.2%、14.5%、40.2%,显示出江西工业发展、城乡建设方面巨大的土地需求,同时也应注意当前存在的工业用地闲置、“滥占耕地、一户多宅”等土地浪费问题。而以耕地为主的农用地由于受到建设用地侵占及退耕还林政策实施的影响,面积持续萎缩。这一趋势势必对流域土地生态系统健康造成威胁,也将进一步制约江西经济发展后备土地资源保障能力。

受自然条件和社会经济发展水平影响,流域内生态风险呈现“北热南冷”空间分异及等级扩散特征。首先,以南昌等地级城市为中心,京九铁路和浙赣铁路为纵横主轴,集聚了区内主要的城市及发展要素,高强度、高密度的开发活动对生态环境的干扰极大,形成生态风险等级高值区,由高至低向外梯度扩散;其次,省域边缘地带及赣南山地丘陵地带,海拔较高地形起伏度大,林地面积占比大,受人类活动干扰小,生态风险低于其

他地区;而环鄱阳湖区海拔坡度低,城市与人口密集,土地开发强度大,生态易损性大,成为高生态风险区域,从而构成“北热南冷”的空间分异格局;另外,鄱阳湖高水是湖,低水似河的特点,也深刻影响湖区土地利用结构和方式,再加之经常出现涝渍、干旱灾害,更加剧了环鄱阳湖区生态风险。

因此,鄱阳湖流域在当前开发建设中应注意:首先,提高土地集约节约利用水平,逐步转变低效、粗放的土地利用方式,控制建设用地供应总量,盘活已有建设用地,提高土地利用效率;其次,更加重视耕地保护,严格土地用途管制。在兼顾效率的同时,在产业布局、城镇建设时适当向交通条件优越、环境约束较小的丘陵山区倾斜,实现区域生态风险分散化的同时促进区域协调发展;最后,高风险地区集中分布在城市及其周边区域,城市生态风险增加,城乡生态风险两极分化。因此,江西省生态建设工作应当在保护乡村生态的同时强化城市生态安全管理。

本研究基于土地利用变化视角对鄱阳湖流域生态风险进行评价,研究结果基本符合流域土地利用实际。生态风险评价作为地理过程和生态过程集成的科学问题受到学界的重点关注,研究内容逐渐丰富和完善,尺度多元、方法创新、视角融合特征明显^[23]。因此,如能结合系统生态学相关理论及方法,构建更具科学性和综合性的生态风险源替代指标,同时,将区域生态系统的水土保持、生物多样性等核心生态功能进行整合纳入生态风险评价体系,将有助于提高评价结果理论深度和应用价值。

参考文献 (References):

- [1] 徐兰, 罗维, 周宝同. 基于土地利用变化的农牧交错带典型流域生态风险评价——以洋河为例. 自然资源学报, 2015, 30(4): 580-590.
- [2] Suter II G W, Norton S B, Barnthouse L W. The evolution of frameworks for ecological risk assessment from the Red Book ancestor. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2003, 9(5): 1349-1360.
- [3] 阳文锐, 王如松, 黄锦楼, 李锋, 陈展. 生态风险评价及研究进展. 应用生态学报, 2007, 18(8): 1869-1876.
- [4] 曾辉, 刘国军. 基于景观结构的区域生态风险分析. 中国环境科学, 1999, 19(5): 454-457.
- [5] Goldewijk K K. Estimating global land use change over the past 300 years; the HYDE database. *Global Biogeochemical Cycles*, 2001, 15(2): 417-433.
- [6] 刘世梁, 刘琦, 张兆苓, 邓丽, 董世魁. 云南省红河流域景观生态风险及驱动力分析. 生态学报, 2014, 34(13): 3728-3734.
- [7] 赵岩洁, 李阳兵, 邵景安. 基于土地利用变化的三峡库区小流域生态风险评价——以草堂溪为例. 自然资源学报, 2013, 28(6): 944-956.
- [8] 胡和兵, 刘红玉, 郝敬锋, 安静. 流域景观结构的城市化影响与生态风险评价. 生态学报, 2011, 31(12): 3432-3440.
- [9] 吴剑, 陈鹏, 文超祥, 傅世锋, 陈庆辉. 基于探索性空间数据分析的海坛岛土地利用生态风险评价. 应用生态学报, 2014, 25(7): 2056-2062.
- [10] 谢花林. 基于景观结构的土地利用生态风险空间特征分析——以江西兴国县为例. 中国环境科学, 2011, 31(4): 688-695.
- [11] 陈春丽, 吕永龙, 王铁宇, 史雅娟, 胡文友, 李静, 张翔, 耿静. 区域生态风险评价的关键问题与展望. 生态学报, 2010, 30(3): 808-816.
- [12] Aspinall R, Pearson D. Integrated geographical assessment of environmental condition in water catchments: linking landscape ecology, environmental modelling and GIS. *Journal of Environmental Management*, 2000, 59(4): 299-319.
- [13] 金斌松, 聂明, 李琴, 陈家宽, 周文斌. 鄱阳湖流域基本特征、面临挑战和关键科学问题. 长江流域资源与环境, 2012, 21(3): 268-275.
- [14] 余敦, 高群, 欧阳龙华. 鄱阳湖生态经济区土地生态安全警情研究. 长江流域资源与环境, 2012, 21(6): 678-683.
- [15] 谢花林, 刘曲, 姚冠荣, 谈明洪. 基于 PSR 模型的区域土地利用可持续性水平测度——以鄱阳湖生态经济区为例. 资源科学, 2015, 37(3): 449-457.
- [16] 樊哲文, 黄灵光, 钱海燕, 方豫. 鄱阳湖流域土地利用变化的土壤侵蚀效应. 资源科学, 2009, 31(10): 1787-1792.
- [17] 李建新, 钟业喜, 蒋梅鑫. 鄱阳湖生态经济区城市用地扩张与城市人口增长时空协调性研究. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2015, 39(3): 319-325.
- [18] 叶长盛, 冯艳芬. 基于土地利用变化的珠江三角洲生态风险评价. 农业工程学报, 2013, 29(19): 224-232.
- [19] 杨永峰, 孙希华, 王百田. 基于土地利用景观结构的山东省生态风险分析. 水土保持通报, 2010, 30(1): 232-235.
- [20] 郭泉恩, 钟业喜, 王琪. 江西省人口文化素质空间格局及与城市规模匹配分析. 长江流域资源与环境, 2013, 22(8): 989-995.
- [21] 田义超, 梁铭忠, 胡宝清. 北部湾钦江流域土地利用变化与生态服务价值时空异质性. 热带地理, 2015, 35(3): 403-415.
- [22] 李潇然, 李阳兵, 韩芳芳. 基于土地利用的三峡库区生态屏障带生态风险评价. 水土保持通报, 2015, 35(4): 188-194.
- [23] 彭建, 党威雄, 刘焱序, 宗敏丽, 胡晓旭. 景观生态风险评价研究进展与展望. 地理学报, 2015, 70(4): 664-677.