

文章编号:1673-9469(2024)06-0107-06

DOI:10.3969/j.issn.1673-9469.2024.06.016

## 西双版纳土地利用变化及生态风险评价(2000—2020年)

徐玉静,柴钰莹,于嘉伟,王帅民\*

(河北工程大学 矿业与测绘工程学院,河北 邯郸 056038)

**摘要:** 以西双版纳区域为研究对象,基于2000、2010和2020年的GlobeLand 30土地利用数据分析该区域近20年土地利用动态变化特征,利用GIS网格法将研究区域划分为若干评价单元,进一步构建景观生态风险评价模型,对西双版纳区域景观生态风险进行综合评价;利用空间自相关方法分析研究区域景观生态风险的空间分异特征。结果表明:西双版纳区域土地利用类型以林地为主,占区域总面积的60%以上,其次为耕地,占总面积的25%以上,近20年土地利用变化显著,主要表现为林地向耕地和人工地表转化;景观生态风险指数空间分布上呈正相关关系,空间聚集特征主要表现为高-高聚集和低-低聚集;2000—2020年景观生态低风险区域占比显著下降,较高风险区域占比呈显著上升趋势,且空间上较高风险区域不断向东南方向扩张,高风险区及较高风险区主要位于勐海县和景洪县。

**关键词:** 西双版纳;土地利用;景观生态风险;空间自相关

**中图分类号:** P208

**文献标识码:** A

## Change of Land Use and Ecological Landscape Risk Assessment in Xishuangbanna from 2000 to 2020

XU Yujing, CHAI Yuying, YU Jiawei, WANG Shuaimin\*

(School of Mining and Geomatics, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038, China)

**Abstract:** Taking the Xishuangbanna region as the research object, based on the GlobeLand30 land use data from 2000, 2010, and 2020, the dynamic changes in land use in the region over the past two decades were analyzed. The study area was divided into several evaluation units using the GIS grid method, and a landscape ecological risk assessment model was further constructed to comprehensively evaluate the landscape ecological risk in the Xishuangbanna region; Using spatial autocorrelation methods to analyze and study the spatial differentiation characteristics of regional landscape ecological risks. The results show that the land use types in the Xishuangbanna region are mainly forest land, accounting for more than 60% of the total area, followed by arable land, accounting for more than 25% of the total area. In the past two decades, there have been significant changes in land use, mainly manifested as the transformation of forest land into arable land and artificial surface; The spatial distribution of the landscape ecological risk index shows a positive spatial correlation, with spatial clustering characteristics mainly manifested as high-high clustering and low-low clustering; The proportion of low-risk areas in landscape ecology has significantly decreased from 2000 to 2020, while the proportion of high-risk areas has shown a significant upward trend, and spatially, high-risk areas continue to expand towards the southeast. High-risk and higher-risk areas are mainly located in Menghai County and Jinghong County.

**Key words:** Xishuangbanna; land use; landscape ecological risk; spatial autocorrelation

收稿日期:2023-12-07

基金项目:河北省自然科学基金资助项目(D2023402024)

作者简介:徐玉静(1990-),女,河北石家庄人,硕士,讲师,从事定量遥感、大气遥感等研究。

\* 通信作者:王帅民(1987-),男,河北邯郸人,博士,讲师,从事GNSS气象学及大气遥感研究。

生态风险评价是识别生态系统稳定性的基础,它是指从空间尺度上分析自然及人类活动对区域生态系统造成不利影响的可能性,并对其危害程度进行评价<sup>[1-4]</sup>。人类社会经济发展直接影响着区域景观格局分布,对生态环境产生巨大的影响。土地利用/覆被变化直接反映了人类开发利用自然环境的程度,土地利用类型的变化能够揭示区域生态环境的变化<sup>[5-12]</sup>。国内外学者通过利用土地利用数据来构建景观生态风险评价模型,并分析其时空变化特征,胡梦姝等利用不透水地表信息建立景观生态风险评价模型,分析南昌市景观生态风险时空变化特征及影响因素<sup>[13]</sup>;杜军等基于土地利用变化对豫西黄土丘陵区进行景观生态风险评价<sup>[14]</sup>;郑可君等以土地利用数据为基础,探究云南边境山区的景观生态风险时空演变规律<sup>[15]</sup>;高星等对白洋淀流域进行景观生态风险评价并优化区域景观格局<sup>[16]</sup>;钟祺康等以景观类型及格局作为评价受体,对陕北干旱区景观生态风险进行定量分析<sup>[17]</sup>;刘可暄等分析研究了密云水库多尺度景观生态风险时空演变趋势<sup>[18]</sup>;胡海等基于土地利用数据构建生态风险指数,模拟并分析了湖北省近40年生态风险时空演变特征<sup>[19]</sup>;Malekmohammadi等提出了一种湿地生态风险评估的方法及区划方法<sup>[20]</sup>;Mondal等以景观破碎度指标和土地脆弱度指标为基础,建立了生态风险评价指标<sup>[21]</sup>。

西双版纳区域具有较高的植被覆盖度,是世界上热带北部边缘唯一保存完好的大面积热带雨林,对气候调节和生态环境保护有着重要意义。本文利用全球30 m地表覆盖数据集(GlobeLand 30)分析2000—2020年西双版纳区域土地利用动态变化特征,研究土地利用变化对区域景观生态风险的影响,并构建景观生态风险评价模型,进一步分析西双版纳区域景观生态风险在空间的分布特征。为西双版纳区域生态风险评价提供理论依据,并为该区域产业结构合理布局及规划提供决策支持。

## 1 研究区域概况及数据来源

### 1.1 研究区域概况

西双版纳位于北纬21°10′—22°40′,东经99°55′—101°50′,在北回归线以南,面积约19 124.5 km<sup>2</sup>。西双版纳海拔介于477~2 429 m之间,海拔最高点是勐宋乡的滑竹梁子,最低点位于澜沧江与南腊河的汇合处。西双版纳雨量丰

沛,阳光充足,年降雨量在1 136~1 513 mm,气温常年在18.9~22.6℃之间。该区域土地利用类型主要以林地和耕地为主,拥有丰富的景观和物种资源,具有非常重要的生态功能价值。

### 1.2 数据来源

本文采用的土地利用数据来自GlobeLand 30数据集(<http://www.globallandcover.com/>),产品主要基于Landsat系列卫星、HJ-1卫星及GF-1卫星的高质量影像数据获得,总体分类精度为75.1%,Kappa系数为0.71,空间分辨率为30 m,具有较好的分类精度和较高的空间分辨率,时间为2000、2010和2020年<sup>[22]</sup>。对下载的数据进行裁剪、重采样等预处理得到研究区域的土地利用数据,根据土地利用数据,研究区域土地利用类型包含耕地、林地、草地、灌木、湿地、水体和人造地表。

## 2 研究方法

### 2.1 GIS网格法

根据景观斑块大小和研究区面积,利用GIS网格法<sup>[23]</sup>,以1 km×1 km的格网将研究区的土地利用覆被数据划分为234个规则格网,以格网作为评价单元进行生态风险评价。

### 2.2 构建景观生态风险模型

依据评价单元内土地利用类型面积比重和景观损失度指数 $R_i$ 构建景观生态风险指数 $ERI_k$ <sup>[24]</sup>,见公式(1),以 $ERI_k$ 值的大小来反映区域景观生态风险的高低。

$$ERI_k = \sum_{i=1}^N \frac{A_{ki}}{A_k} \times R_i \quad (1)$$

式中: $ERI_k$ 为评价单元 $k$ 的景观生态风险指数; $A_{ki}$ 为评价单元 $k$ 中的第 $i$ 类景观的面积,km<sup>2</sup>; $A_k$ 为评价单元 $k$ 的总面积,km<sup>2</sup>; $R_i$ 为 $i$ 类景观的损失度指数。

### 2.3 空间分析模型

#### 2.3.1 土地利用类型动态变化监测

利用2000、2010、2020年的研究区土地利用数据,通过土地利用面积变化及变化率等指标分析不同时间段土地利用动态变化过程。采用ENVI软件变化检测统计分析功能计算生成研究区土地利用变化转移矩阵,进一步分析区域土地利用空间分布的总体特征及2000—2020年的转换特征。

### 2.3.2 空间插值

采用克里金插值的方法对评价单元的景观生态风险指数 ERI 进行插值得到区域连续的生态风险分布图。

### 2.3.3 空间自相关

空间自相关是地理对象或现象所具有的基本特征,往往采用空间自相关系数来表征某空间变量在特定位置与其邻近单元是否有显著的相关性<sup>[25]</sup>。空间自相关分析包括全局空间自相关分析和局部空间自相关分析。

全局空间自相关分析用来描述某一现象在整体空间上与空间邻近的单元属性值的相似程度,即聚集性特征。往往用莫兰指数 I 表示, I 介于 -1~1 之间,大于 0 代表空间正相关,等于 0 代表空间不相关,小于 0 则代表空间负相关。

局部空间自相关分析用来反映某一现象在局部区域与邻域之间的空间关联程度,一般采用 LISA 聚集图来呈现地理现象在局部空间的分异特征。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用类型变化特征分析

对 GlobeLand 30 数据进行预处理,得到西双版纳区域 2000、2010 和 2020 年土地利用分类统计图,如图 1 所示。对三期土地利用类型的面积及占比进行统计分析,得到 2000—2020 年西双版纳区域土地利用变化情况,见表 1。

从图 1 和表 1 中可以看出,西双版纳主要的土地利用类型为林地,占区域总面积的 60%以上,其次为耕地,占总面积的 25%以上。从表 1 中看出,2000—2020 年该研究区土地利用变化较为显著,2000—2020 年林地面积不断减少,减少了 989.32 km<sup>2</sup>,变化比率为 -7.88%;草地减少了 230.51 km<sup>2</sup>,变化比率为 -14.66%;耕地在 2000—2010 年增加了 984.02 km<sup>2</sup>,变化比率为 20.33%,而在 2010—2020 年这十年中变化不显著;人工地表面积呈不断增加趋势,增加了 172.59 km<sup>2</sup>,变化比率为 268.45%。总之,林地、耕地和人工地表变

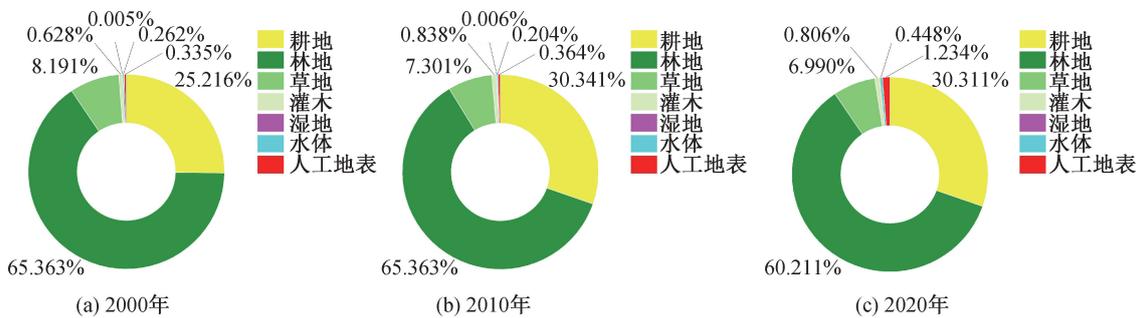


图 1 西双版纳 2000—2020 年土地利用分类统计图

Fig. 1 Statistical chart of land use classification in Xishuangbanna from 2000 to 2020

表 1 2000—2020 年西双版纳区域土地利用变化

Tab. 1 Land use classification of Xishuangbanna from 2000 to 2020

| 土地利用类型 | 2000 年<br>面积/km <sup>2</sup> | 2010 年<br>面积/km <sup>2</sup> | 2020 年<br>面积/km <sup>2</sup> | 2000—2010 年         |        | 2010—2020 年         |        | 2000—2020 年         |        |
|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|
|        |                              |                              |                              | 变化量/km <sup>2</sup> | 比率/%   | 变化量/km <sup>2</sup> | 比率/%   | 变化量/km <sup>2</sup> | 比率/%   |
| 耕地     | 4 841.22                     | 5 825.23                     | 5 819.35                     | 984.02              | 20.33  | -5.89               | -0.10  | 978.13              | 20.20  |
| 林地     | 12 549.19                    | 11 701.03                    | 11 559.87                    | -848.16             | -6.76  | -141.16             | -1.21  | -989.32             | -7.88  |
| 草地     | 1 572.57                     | 1 401.66                     | 1 342.06                     | -170.91             | -10.87 | -59.60              | -4.25  | -230.51             | -14.66 |
| 灌木     | 120.61                       | 160.90                       | 154.75                       | 40.30               | 33.41  | -6.16               | -3.83  | 34.14               | 28.31  |
| 湿地     | 0.98                         | 1.24                         | 0.06                         | 0.25                | 25.71  | -1.17               | -94.83 | -0.92               | -93.50 |
| 水体     | 50.29                        | 39.11                        | 86.07                        | -11.18              | -22.23 | 46.96               | 120.09 | 35.78               | 71.16  |
| 人工地表   | 64.29                        | 69.97                        | 236.88                       | 5.68                | 8.83   | 166.91              | 238.56 | 172.59              | 268.45 |

化显著,减少的林地主要转换为耕地和人工地表。

### 3.2 景观生态风险空间自相关分析

利用 ArcGIS 空间自相关分析得出西双版纳区域 2000、2010、2020 年三期 ERI 的莫兰指数  $I$ , 依次为 0.610、0.519、0.481, 均为正值, 表明该区域景观生态风险在整体空间上呈现正相关关系, 即生态风险在空间上呈现出聚集性特征。整体来看, 莫兰指数  $I$  呈下降趋势, 表明 2000—2020 年西双版纳景观生态风险的聚集特征呈现减弱的趋势。

全局空间自相关仅能表现生态风险整体空间分布状态及整体空间聚集特征, 并不能识别生态风险在空间上的相互关联情况。因此, 利用 ArcGIS 对研究区景观生态风险指数 ERI 进行局部自相关分析, 结果如图 2 所示。2000、2010、2020 年三个时期高-高聚集区域分别占总区域的 19.02%、17.35%、15.80%, 低-低聚集区域分别占总区域的 12.08%、7.83%、6.80%。局部空间自相关统计结果表明, 2000—2020 年高-高聚集区和低-低聚集区都呈现出降低趋势, 与全局自相关分析结果保持一致, 西双版纳区域景观生态风险的聚集特征呈现减弱趋势; 空间分布上, 生态风险高值聚集区主

要分布在勐海县区域及景洪县东南区域, 该区域土地利用类型多样, 景观优势度较低且景观分布较为破碎, 此外人类活动强度的增加使天然林减少、建设用地增加, 引起次生生态问题。生态风险低值聚集区主要分布在勐海县南部及景洪县、勐腊县北部, 土地利用类型主要为林地和耕地, 景观优势度较高, 且景观斑块的破碎度较低, 生态风险较低。

### 3.3 景观生态风险时空变化分析

为了更好地分析景观生态风险的空间分异特征, 本文利用地统计学方法, 将评价单元的生态风险指数 ERI 进行克里金插值, 得到连续分布的景观生态风险结果, 见图 3。利用 ArcGIS 自然断点法将 ERI 划分为高、较高、中、较低和低五个风险等级, 各风险区的面积占比统计结果见表 2。

从图 3 和表 2 中可以看出, 2000—2010 年西双版纳区域景观生态风险呈现一定的上升趋势。2000 年高风险、较高风险区域主要分布在勐海县和景洪县南部, 占比为 30.2%; 2010 年高风险、较高风险区域占比增加至 40.73%, 进一步向东扩散, 扩散至勐腊县的西部; 2020 年高风险、较高风

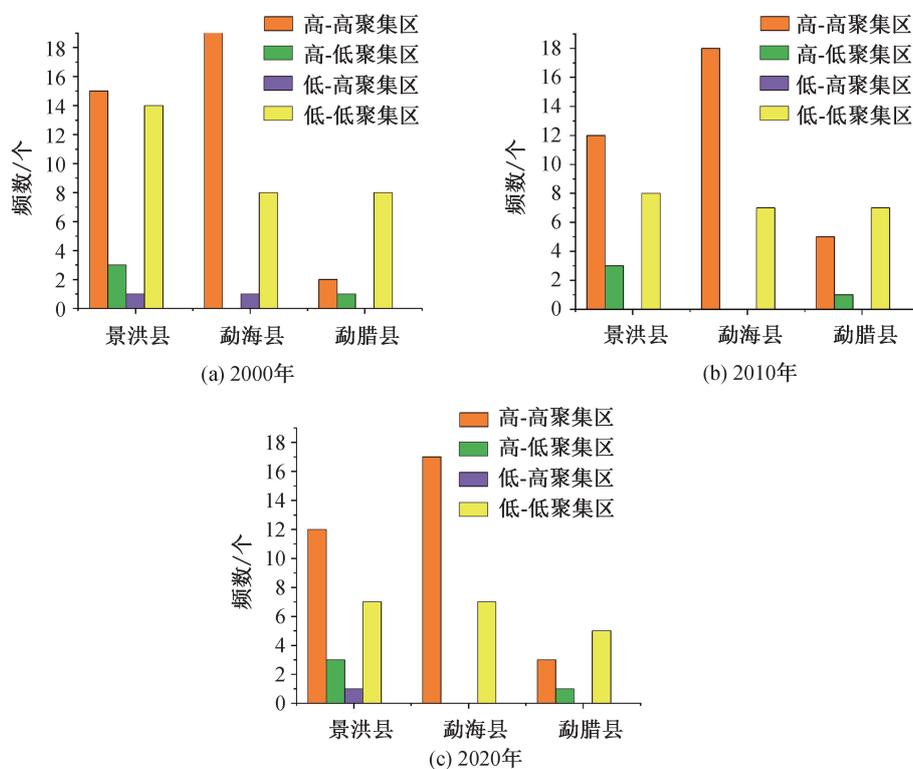


图 2 西双版纳区域 2000—2020 年生态风险局部自相关统计图

Fig. 2 Local autocorrelation statistical chart of ecological risks in Xishuangbanna region from 2000 to 2020

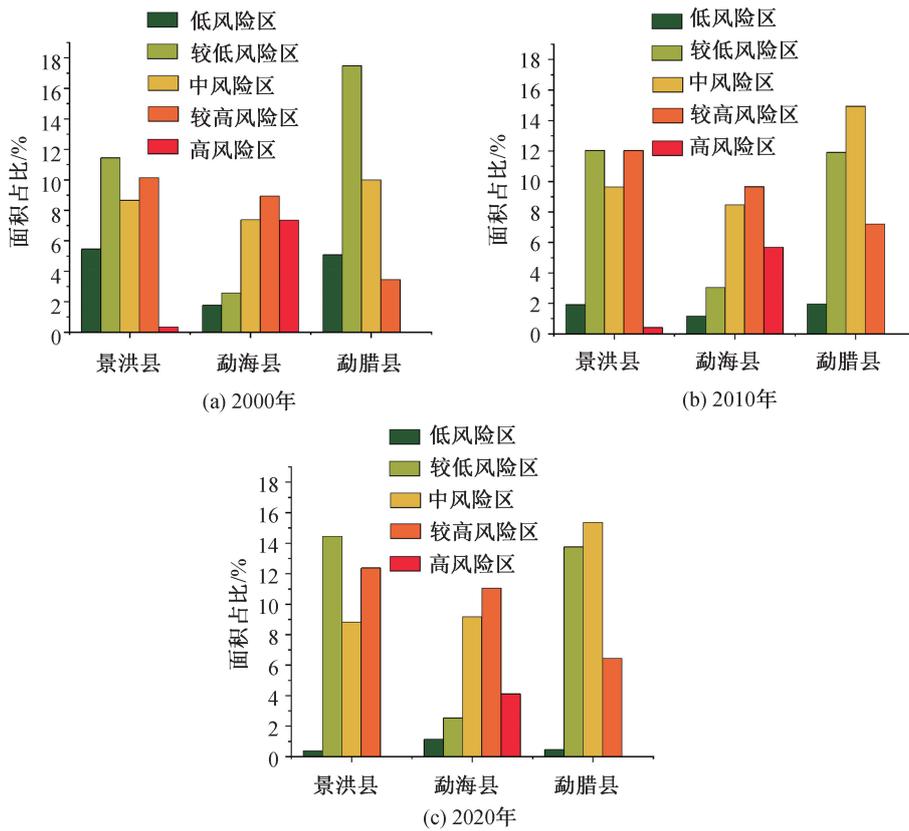


图 3 西双版纳区域 2000—2020 年生态风险统计图

Fig. 3 Ecological risk statistics chart of Xishuangbanna region from 2000 to 2020

表 2 西双版纳区域 2000—2020 年生态风险区域面积占比统计表

Tab. 2 Statistical table of the proportion of ecological risk area in Xishuangbanna region from 2000 to 2020

| 年份     | 低风险区/% | 较低风险区/% | 中风险区/% | 较高风险区/% | 高风险区/% |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|
| 2000 年 | 12.29  | 31.50   | 26.01  | 22.50   | 7.70   |
| 2010 年 | 4.23   | 24.70   | 30.33  | 32.16   | 8.57   |
| 2020 年 | 1.41   | 26.82   | 32.06  | 33.51   | 6.20   |

险区域占比为 39.71%,低风险区域占比仅为 1.41%。人类活动的干扰使人工地表、耕地及人工林增加,进而引起景观破碎度升高,导致生态风险升高,随着人类对生态环境认识的增强,政府提出的相关生态环境保护举措的实施起到的成效,在一定程度上降低了西双版纳区域景观生态风险。

#### 4 结论

1) 西双版纳区域主要用地类型为林地、耕地,占区域总面积的 85% 以上。2000—2020 年土地利用变化显著,林地面积减少了 989.32 km<sup>2</sup>,变化比率为 -7.88%,林地主要转换为耕地和人工地表。

2) 研究区的景观生态风险指数呈空间正相关

关系,且 2000—2020 年相关性呈降低趋势,表明区域生态风险区聚集特征呈减弱趋势;区域生态风险空间聚集特征以高-高聚集和低-低聚集为主,高-高聚集区和低-低聚集区都呈现出降低趋势;生态风险高值聚集区主要集中分布在勐海县区域及景洪县东南区域,低值聚集区主要分布在勐海县南部及景洪县及勐腊县北部。

3) 2000—2010 年研究区的景观生态风险呈上升趋势,且高风险及较高风险区域不断向东部扩张,人类活动干扰使得景观破碎度升高,进而导致生态风险升高。

4) 土地利用数据误差及景观生态风险评价模型误差对结果可能存在一定的影响,但对于分析西双版纳区域生态景观风险的时空变化特征仍是可行有效的。

## 参考文献:

- [1] 彭建, 党威雄, 刘焱序, 等. 景观生态风险评价研究进展与展望[J]. 地理学报, 2015, 70(4): 664-677.
- [2] 高彬斌, 李琛, 吴映梅, 等. 川滇生态屏障区景观生态风险评价及影响因素[J]. 应用生态学报, 2021, 32(5): 1603-1613.
- [3] 王舒, 刘凤莲, 陈威廷, 等. 滇中高原湖泊流域景观生态风险评价及驱动因素识别[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2024, 32(3): 391-404.
- [4] AYRE K K, LANDIS W G. A bayesian approach to landscape ecological risk assessment applied to the Upper Grande Ronde Watershed, Oregon[J]. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 2012, 18(5): 946-970.
- [5] YI Y, YANG Z, ZHANG S. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin[J]. Environmental Pollution, 2011, 159(10): 2575-2585.
- [6] ZHANG C, ZHAO L, ZHANG H, et al. Spatial-temporal characteristics of carbon emissions from land use change in Yellow River Delta region, China[J]. Ecological Indicators, 2022, 136: 108623.
- [7] 钟祺康, 王志一, 王娜, 等. 陕北干旱区景观生态风险空间分异特征及驱动因素分析[J]. 测绘通报, 2022, (7): 100-106.
- [8] 李青圃, 张正栋, 万露文, 等. 基于景观生态风险评价的宁江流域景观格局优化[J]. 地理学报, 2019, 74(7): 1420-1437.
- [9] COSTANZA R, DE GROOT R, SUTTON P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. Global Environmental Change, 2014, 26: 152-158.
- [10] PENG J, DANG W, LIU Y, et al. Review on landscape ecological risk assessment[J]. Acta Geogr. Sin, 2015, 70(4): 664-677.
- [11] 孙玉梅, 史保林, 徐玉静, 等. 西双版纳土地利用时空分形特征分析[J]. 测绘通报, 2020, 524(11): 108-111.
- [12] 张贝贝, 张晓楠, 张启斌, 等. 基于RSEI的长时序区域生态安全格局构建——以太行山区河北段为例[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2024, 41(2): 105-112.
- [13] 胡梦姍, 叶长盛, 顾茉莉. 基于不透水地表扩展的南昌市景观生态风险评价[J]. 水土保持研究, 2023, 30(3): 448-459.
- [14] 杜军, 赵胜朝, 邱士可, 等. 2000—2015年豫西黄土丘陵区土地利用变化及景观生态风险评价[J]. 水土保持研究, 2021, 28(1): 279-284+291.
- [15] 郑可君, 李琛, 吴映梅, 等. 云南边境山区景观生态风险时空演变及其影响因素[J]. 生态学报, 2022, 42(18): 7458-7469.
- [16] 高星, 宋昭颖, 李晨曦, 等. 基于景观生态风险评价的白洋淀流域景观格局优化研究[J]. 生态与农村环境学报, 2023, 39(2): 174-183.
- [17] 钟祺康, 王志一, 王娜, 等. 陕北干旱区景观生态风险空间分异特征及驱动因素分析[J]. 测绘通报, 2022(7): 100-106.
- [18] 刘可暄, 王冬梅, 魏源送, 等. 密云水库流域多尺度景观生态风险时空演变趋势[J]. 生态学报, 2023, 43(1): 105-117.
- [19] 胡海, 周勇, 徐涛. 1980~2018年湖北省土地生态风险时空演变分析[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(10): 2246-2258.
- [20] MALEKMOHAMMADI B, BLOUCHI L R. Ecological risk assessment of wetland ecosystems using multi criteria decision making and geographic information system[J]. Ecological Indicators, 2014, 41: 133-144.
- [21] MONDAL B, SHARMA P, KUNDU D, et al. Spatio-temporal assessment of landscape ecological risk and associated drivers: A case study of Delhi[J]. Environment and Urbanization ASIA, 2021, 12(1S): S85-S106.
- [22] CHEN J, CHEN J, LIAO A, et al. Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2015, 103: 7-27.
- [23] 苏海民, 何爱霞. 基于RS和地统计学的福州市土地利用分析[J]. 自然资源学报, 2010, 25(1): 91-99.
- [24] 陈心怡, 谢跟踪, 张金萍. 海口市海岸带近30年土地利用变化的景观生态风险评价[J]. 生态学报, 2021, 41(3): 975-986.
- [25] 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.

(责任编辑 周雪梅)