

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2025.01.028; CSTR:32311.14.rswc.2025.01.028.

廖超明, 韦媛媛, 唐丹, 等. 喀斯特地区土地利用冲突识别与影响机制[J]. 水土保持研究, 2025, 32(1): 358-367.

Liao Chaoming, Wei Yuanyuan, Tang Dan, et al. Identification and mechanism of land use conflict in karst area[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2025, 32(1): 358-367.

## 喀斯特地区土地利用冲突识别与影响机制

廖超明<sup>1</sup>, 韦媛媛<sup>1</sup>, 唐丹<sup>2</sup>, 云子恒<sup>1</sup>, 李宥儒<sup>1</sup>

(1. 南宁师范大学 自然资源与测绘学院, 南宁 530001; 2. 广西自然资源职业技术学院, 广西 崇左 532100)

**摘要:** [目的] 科学识别喀斯特地区土地利用空间冲突, 揭示其影响机制, 以寻求区域土地利用可持续发展路径。[方法] 以典型喀斯特地貌的漓江流域为研究区, 基于景观生态风险评价方法构建土地利用冲突测度模型, 定量分析漓江流域 1990—2020 年土地利用冲突时空分异特征, 利用地理探测器探究其影响机制。[结果] (1) 研究期内, 漓江流域土地利用冲突水平呈缓慢下降趋势, 冲突以稳定可控和基本可控为主。基本失控和严重失控占比波动下降, 逐步转换为可控级别, 冲突强度得到缓解。(2) 土地利用冲突具有“中部高四周低”的带状空间格局, 且空间异质性显著。冲突高值区集聚在流域各区县主城区和漓江主要水系邻近区域, 低值区则分布在四周山区林地地带。(3) DEM、坡度、地形起伏度、NDVI、路网密度是漓江流域土地利用冲突的主要影响因素。[结论] 漓江流域土地利用冲突变化明显, 失控地区逐渐转换为可控级别, 未来漓江流域应持续推进生态保护和修复提升工作, 稳定区域土地利用结构, 实现土地资源的可持续利用。

**关键词:** 土地利用冲突; 时空演变; 空间自相关; 驱动机制; 漓江流域

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2025)01-0358-10

## Identification and mechanism of land use conflict in karst area

Liao Chaoming<sup>1</sup>, Wei Yuanyuan<sup>1</sup>, Tang Dan<sup>2</sup>, Yun Ziheng<sup>1</sup>, Li Youru<sup>1</sup>

(1. College of Natural Resources and Surveying and Mapping, Nanning Normal University, Nanning 530001, China; 2. Guangxi College of Natural Resources, Chongzuo, Guangxi 532100, China)

**Abstract:** [Objective] The aims of this study are to identify the spatial conflict of land use in karst area scientifically, to reveal its influencing mechanism, so as to seek the sustainable development path of regional land use. [Methods] Based on landscape ecological risk assessment, a land use conflict measurement model was constructed in the Lijiang River Basin, which was famous for typical karst landforms. The level and spatial-temporal evolution of land use conflict in the Lijiang River Basin from 1990 to 2020 were quantitatively analyzed. The influencing mechanism was further explored by using geographic detectors. [Results] (1) During the study period, the level of land use conflicts in the Lijiang River Basin showed a slow decline, and the conflicts were mainly stable and controllable. The proportion of basically out of control and severely out of control fluctuated, gradually changed to controllable level, and the intensity of conflict was eased. (2) Land use conflicts had a banded spatial pattern of ‘high level in the middle and low level in the four regions’, and the spatial heterogeneity was significant. The areas with high conflict value were concentrated in the main urban areas of various districts and counties in the basin and the areas adjacent to the main water system of the Li River, while the areas with low conflict value were mainly distributed in the

收稿日期: 2024-02-11

修回日期: 2024-03-13

资助项目: 国家自然科学基金“基于卫星对地观测技术的广西‘山’字型构造时空演变特征研究”(42164001); 广西 2022 年自治区级职业教育专业教学资源库建设项目(GZ202220); 广西 2022 年本科教育教学重点项目建设经费(602030389173301)

第一作者: 廖超明(1975—), 男, 广西平南人, 博士, 教授级高级工程师, 研究方向: 3S 技术在土地资源管理中的应用研究。E-mail: liaochaoming@nnnu.edu.cn

通信作者: 唐丹(1976—), 男(壮族), 广西都安人, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 卫星定位系统应用研究、土地信息技术应用研究。E-mail: 237618956@qq.com

<http://stbcjy.paperonice.org>

surrounding mountainous and forest areas. (3) The intensity of land use conflict was comprehensively affected by natural environment, social economy and transportation location. DEM, slope, topographic relief, NDVI and road network density were the main influencing factors. [Conclusion] The land use conflicts in the Lijiang River basin are obviously changing, and the out-of-control areas are gradually transformed into controllable areas. In the future, ecological protection and restoration should be continuously promoted in the Lijiang River Basin to stabilize the regional land use structure and realize the sustainable use of land resources.

**Keywords:** land use conflict; space-time evolution; spatial autocorrelation; driving mechanism; Lijiang River Basin

土地资源是人类社会经济发展的基础,是保障国家粮食安全、区域经济发展、社会和谐稳定的重要因素<sup>[1]</sup>。随着社会经济转型升级,土地供给的有限性与土地需求的多样性导致土地资源竞争加剧,引发剧烈的土地利用冲突问题,进而威胁区域国土空间协调发展<sup>[2]</sup>。我国在加快推进城镇化工业化过程中,对土地资源的开发利用强度不断加大,造成了土地生态系统空间格局失衡<sup>[3]</sup>、耕地退化严重<sup>[4]</sup>以及生态用地流失等<sup>[5]</sup>一系列问题,导致土地利用冲突日益严峻。在经济高速发展新常态和建设“美丽中国”的要求下,如何稳定区域土地利用空间结构,有效缓解土地利用冲突矛盾,优化空间资源配置成为当前学者们的研究重点。

1977年,英国乡村协会组织将土地利用关系与冲突作为“城市边缘学术会”的主题,逐步展开了以土地利用冲突为核心的相关研究。Campbell等以肯尼亚地区为例,研究牧业、农业和野生动物对稀缺水土资源的竞争,反映了同一土地单元因同时具有生产功能和生态功能而引发的资源竞争矛盾<sup>[6]</sup>。Owen则指出土地资源的稀缺性和社会经济发展对土地的扩大化需求是土地利用冲突的根源<sup>[7]</sup>。2001年,我国召开“自然资源管理和利用中的冲突管理方法”专题研讨会,土地利用冲突研究也进入国内研究领域<sup>[8]</sup>。于伯华、吕昌河指出土地利用冲突是在土地资源利用中各利益相关者对土地利用的方式、数量等方面的不一致、不和谐,以及各种土地利用方式与环境方面的矛盾状态<sup>[9]</sup>。在此基础上,其他学者也对土地利用冲突内涵的界定<sup>[10]</sup>、冲突产生的原因<sup>[11]</sup>、冲突的表现形式<sup>[12]</sup>以及冲突的识别与调控等<sup>[13]</sup>方面做了大量的研究。目前,土地利用冲突识别方法主要有博弈论<sup>[14]</sup>、“压力—状态—响应”模型(Pressure-state-response, PSR模型)及其扩展模型<sup>[15]</sup>、多目标评价<sup>[16]</sup>和景观生态风险评价等<sup>[17]</sup>方法。基于景观生态风险评价方法构建土地利用冲突测度模型,能够以网格尺度有效识别空间冲突的位置及其变化情况,反映土地利用冲突空间演变特征。基于景观生态风险评价方

法的研究在时间尺度上大多是以长时间序列为主,探究连续多期土地利用冲突的演化过程。在空间尺度上主要有中国<sup>[13]</sup>、苏锡常城市群<sup>[18]</sup>和黑河中游等<sup>[19]</sup>中宏观尺度,以及重庆市江津区<sup>[20]</sup>、三峡库区重庆段等<sup>[21]</sup>局部地区。

至今,土地利用冲突经历了从社会学、经济学、管理学到地理学的发展历程,其研究也由冲突的概念、识别方法逐步扩展到时空演变、驱动机制、缓解机制和优化调控等方面。土地利用冲突涉及人与人、人与自然之间的冲突。人与自然产生冲突时,往往是以牺牲生态效益为代价使人类经济效益得到提升。因此,人与自然之间发生的土地利用冲突更应当得到关注。当前土地利用冲突研究集中在城镇、农村、城乡交错带等不同尺度,对特殊地貌区域的关注相对较少。然而,喀斯特特殊地貌区土地利用空间格局失衡,石漠化问题突出,生态系统脆弱且难以修复,严重阻碍了区域土地资源可持续利用。如何实现社会经济和生态环境和谐共存发展,筑牢生态安全屏障,是喀斯特地貌区城市现阶段面临的挑战。

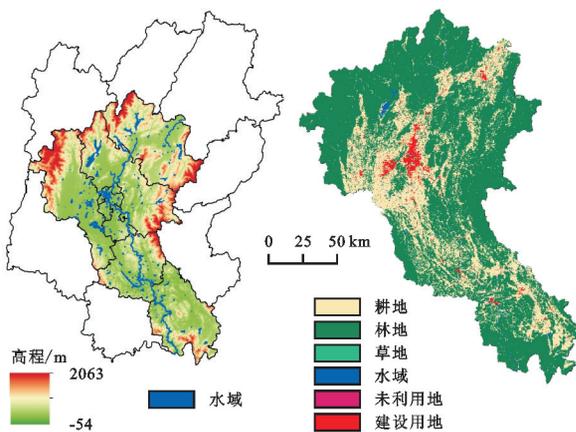
漓江流域作为典型的喀斯特流域,一方面,由于流域内土地石漠化、土壤贫瘠及水土流失等自然因素带来的影响,经济社会的发展严重受阻;另一方面,境内分布着广西猫儿山国家级自然保护区、桂林国家森林公园以及漓江国家重点风景名胜区等各类自然保护地,由于工业化、城镇化的推进,生产生活空间不断挤占生态空间,导致区域自然保护区生态系统受损、土地利用冲突升级。《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035年)》提出,漓江流域是“两屏三带”中“南方山地丘陵带”的重要组成部分,是珠江水系重要的水源涵养地。因此,在多重现实背景下,以漓江流域作为研究区域,基于景观生态风险评价方法构建土地利用空间冲突测度模型,计算土地利用冲突综合指数,以网格尺度定量识别漓江流域1990—2020年土地利用冲突时空动态演变规律,进一步分析流域土地利用冲突的空间结构与布局以及冲突影响机制,为流域山水林田湖草沙生态修复

与保护、优化土地资源提供配置提供参考,促进流域土地利用可持续发展。

## 1 试验材料

### 1.1 研究区概况

漓江流域位于广西东北部的桂林市境内,介于 $110^{\circ}07'39''$ — $110^{\circ}42'57''$ E,  $24^{\circ}38'10''$ — $25^{\circ}53'59''$ N。漓江流域以漓江主干、支流流经的区域为研究区,包括桂林市市区(6区)、灵川县、阳朔县、兴安县和平乐县,流域总面积 $10\,768.34\text{ km}^2$ 。漓江流域呈南北向狭长带状分布,以漓江为中轴线,地势四周高中部低,两岸多为低山、丘陵和喀斯特岩溶地貌,气候温和,雨热同期,拥有丰富的动植物及矿产资源,属于典型的喀斯特岩溶区。2020年,漓江流域耕地、林地、水域和建设用地的面积分别为 $2\,787.78, 7\,649.60, 84.46, 241.12\text{ km}^2$ ,主要以耕地和林地为主。耕地主要分布在流域中部水热条件良好地带,林地则分布在流域四周喀斯特山区及漓江沿岸,建设用地集中在各区县中心平坦区域。根据《广西统计年鉴》的统计数据,2020年流域常住人口约为388.31万人,地区生产总值1770.01亿元,分别占桂林市的79%和83%。区域经济发展对旅游产业的依赖性极大,2020年漓江流域旅游产值占全市总产值的60%以上(图1)。



注:基于标准地图服务系统下载的审图号GS(2016)2923号的标准地图制作,底图未做修改,下同

图1 研究区概况

Fig. 1 Map of the study area

### 1.2 数据来源与处理

(1) 土地利用数据。本研究所需的1990年、2000年、2010年和2020年四期土地利用数据是基于Landsat卫星在GEE平台解译的土地覆盖产品。以Landsat遥感影像为底图,采集样本点并对其目视修正,经检验Kappa系数均在80%以上,并利用同期同位置高分辨率GoogleEarth影像进行整体准确性评价,评价结果满足文章研究需求。按照《土地利用现

状分类》标准将土地覆被划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地以及未利用地6类。

(2) 土地利用冲突影响因素。结合已有研究和数据的可获得性,土地利用冲突主要是受到自然地理环境、交通路线发展情况和社会经济发展等多因素综合影响。因此,本文结合漓江流域实际发展情况,从自然环境、社会经济和交通区位三方面来确定12个驱动因子。DEM来源于地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn/>),坡度和地形起伏度经DEM提取而得,年均降水和年均气温来源于中国气象数据网(<http://www.data.cam.cn/>)。人口密度和地均GDP数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<http://www.resdc.cn/>)。水域、县道和市政府驻地数据来源于openstreetmap(<http://www.openstreetmap.org/>)。

## 2 研究方法

### 2.1 土地利用冲突测度模型

基于景观生态风险评价方法,借助相对生态风险评价概念模型和景观生态学理论,从土地利用冲突的生态风险源、风险受体、风险效应三方面构建土地利用冲突测度模型,计算土地利用冲突综合指数。风险源是指区域可能面临的生态风险压力,以空间外部压力指数为指标;风险受体是指生态风险的承载体,即本研究中的土地利用类型,选用空间脆弱性指数作为指标;风险效应是指风险源作用于不同风险受体所产生的效应,选用空间稳定性指数作为指标。参考已有研究成果<sup>[22]</sup>,其表达式为:

$$LUCI = PI + VI - SI \quad (1)$$

式中:LUCI为土地利用冲突综合指数;PI为外部压力指数;VI为脆弱性指数;SI为稳定性指数。

2.1.1 空间外部压力指数 空间外部压力指数综合考虑邻域单元对当前土地利用的干扰程度。选用面积加权平均斑块分维数(AWMPFD)测算景观斑面临的外部压力。其数值越高,表示空间外部压力越大,反之越小。其表达式为<sup>[22]</sup>:

$$AWMPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=i}^n \left[ \frac{2 \ln(0.25) P_{ij} (a_{ij})}{\ln(a_{ij}) A} \right] \quad (2)$$

式中: $P_{ij}$ 为第*i*类用地类型第*j*个斑块周长; $a_{ij}$ 为第*i*类用地类型第*j*个斑块面积; $A$ 为景观总面积; $m$ 为空间单元总数; $n$ 为土地利用类型。

2.1.2 空间脆弱性指数 空间脆弱性指数是指不同土地利用类型对抗外界干扰能力的大小。选用景观脆弱性指数(VI)表征土地利用类型受到干扰后恢复能力大小。参考已有文献,对土地利用类型进行生态风险

系数赋值:建设用地、林地、耕地、草地、水域和未利用地分别赋值为 1,2,3,4,5,6<sup>[23]</sup>。其表达式为<sup>[22]</sup>:

$$VI = \sum_{i=1}^n F_i \times \frac{a_i}{S} \quad (3)$$

式中: $F_i$ 为景观  $i$  的脆弱性指数; $a_i$ 为单元内景观  $i$  的面积; $S$ 为空间单元总面积。

2.1.3 空间稳定性指数 一般来说,土地利用空间单元越破碎,其空间稳定性越差,越容易产生空间冲突。选用景观生态学中的斑块密度(PD)作为空间单元稳定性的负向衡量指标。其表达式为<sup>[22]</sup>:

$$SI = 1 - PD = 1 - \frac{n_i}{A} \quad (4)$$

式中: $n_i$ 为单元内景观  $i$  的斑块数目; $A$ 为空间单元面积。

2.1.4 土地利用冲突分析尺度 在测算土地利用冲突指数过程中,各类景观指数对网格尺度依赖性较大,考虑研究区大小、空间分辨率等因素,经过多次调试,确定以 2 km×2 km 的网格分析尺度作为最小研究单元。为方便计算,将公式(2—4)的计算结果标准化至(0,1)后再代入公式(1),最终的土地利用冲突计算结果也标准化至(0,1)。参考吴蒙等<sup>[24]</sup>提出的空间冲突分级方法将其划分为 4 个等级,其中[0,0.45)为稳定可控、(0.45,0.55)为基本可控、(0.55,0.65)为基本失控、(0.65,1]为严重失控。

## 2.2 空间自相关分析

空间自相关分析可以研究土地利用冲突空间集聚特征,可借助全局空间自相关、局部空间自相关和热冷点分析来对漓江流域土地利用冲突结果进行空间分析。全局空间自相关是运用全局 Moran's  $I$  指数、 $Z$  得分和  $p$  值来对该指数的显著性进行评估,从整体上分析研究区土地利用冲突是否存在空间集聚效应。局部空间自相关是从局部分析邻域单元是否存在相似的集聚特征,主要以高一高、高一低、低—高、低—低和不显著 5 种空间聚类类型,以表达空间单元与相邻空间单元的空间分布相似情况。冷热点分析(Getis-Ord $G_i^*$ )能从整体上判断冲突结果的高值或低值聚类程度,评估研究区低值和高值的密度,形成相应的热点区和冷点区。其主要以 90%,95%和 99%的冷热点置信区间为主的空间分布类型,表明各空间单元与其相邻空间单元在多大程度上存在着相似的空间分布特征。全局 Moran's  $I$  和局部 Moran's  $I$  的表达式如下<sup>[25]</sup>:

$$\text{Global Moran's } I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

$$\text{Local Moran's } I = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (6)$$

式中: $n$ 是空间单元总数; $x_i$ 和  $x_j$ 为位置  $i$  和  $j$  处的冲突分值; $\bar{x}$ 为  $x_i$ 属性的平均值; $w_{ij}$ 是空间权重矩阵。

## 2.3 地理探测器

地理探测器是一组用于分析空间数据的统计学方法,旨在探测空间分异性及其背后驱动力,有因子探测、交互作用探测、风险区探测、生态探测 4 个模块,本研究主要通过因子探测和交互作用探测来分析影响因子的空间分异性。因子探测通过某单个因子  $X$  在多大程度上解释了因变量  $Y$  的空间分异特征;交互作用探测计算两两因子交互作用后是否会增加或减弱对因变量  $Y$  的解释力,两者的分异性大小由统计值  $q$  来表示,值越大影响作用越强。其表达式为<sup>[26]</sup>:

$$q = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n N_i \delta_i^2}{N \delta^2} \quad (7)$$

式中: $i=1, \dots, n$ 表示自变量  $X$  的分层; $N$ 和  $N_i$ 分别为总体和  $i$  层的单元数; $\delta^2$ 和  $\delta_i^2$ 分别为整个研究区域和  $i$  层的方差。 $q$ 值取[0,1]。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用冲突分析

3.1.1 土地利用冲突时间演变规律 根据土地利用冲突综合指数得出漓江流域各时期冲突测算结果(表 1)。漓江流域 1990 年、2000 年、2010 年和 2020 年土地利用冲突平均值分别为 0.453,0.449,0.448,0.421,冲突强度呈逐渐减小趋势。在研究期内以稳定可控和基本可控为主,且整体向可控级别转变。

由表 1 可知,稳定可控级别空间单元占比呈波动增长态势,1990—2010 年稳定在 50%以上,到 2020 年增长至 59.75%,整体占整个漓江流域空间单元数量的一半以上,说明土地利用冲突在大部分区域得到较好地管控与引导。基本可控级别呈先减后升态势,空间单元占比从 1990 年的 24.64%减少至 2010 年的 23.37%,后增长至 2020 年的 32.75%。基本可控作为空间冲突发生的临界状态,空间占比增长较为明显,这对调控空间冲突生态风险及预防区域生态安全问题的发生发挥积极作用。基本失控与严重失控级别空间单元占比则整体呈下降趋势。基本失控级别空间单元占比由 1990 年的 21.15%增长至 2010 年的 21.69%,后减少至 2020 年的 7.28%。严控失控级别空间单元占比在 4 个时期均保持在 5%下,且从 1990 年的 3.29%降至 2020 年的 0.22%,降幅高达 93.31%,可见其占比最小,但降幅最大。基本失控和严重失控是冲突问题的

初始凸显和不断发展的表现,两者空间占比整体降低说明区域土地资源空间配置得到合理有效的安排,且

优化土地利用空间结构布局和调控生态风险的能力增强,区域土地利用情况整体向好发展。

表 1 漓江流域 1990—2020 年土地利用冲突测算结果

Table 1 Results of landuse conflict estimation in Lijiang River Basin from 1990 to 2020

冲突等级	冲突值	空间单元个数/个				空间单元占比/%			
		1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
稳定可控	0.00~0.45	1813	1840	1827	2127	50.93	51.69	51.32	59.75
基本可控	0.45~0.55	877	839	832	1166	24.63	23.57	23.37	32.75
基本失控	0.55~0.65	753	724	772	259	21.15	20.34	21.69	7.28
严重失控	0.65~1.00	117	157	129	8	3.29	4.41	3.62	0.22
总计	—	3560	3560	3560	3560	100.00	100.00	100.00	100.00
冲突平均值	—	0.453	0.449	0.448	0.421	—	—	—	—

3.1.2 土地利用冲突空间分异特征 1990—2020 年漓江流域土地利用冲突整体格局呈中部高四周低,且具有显著的空间差异性(图 2)。土地利用冲突高值区集中在漓江流域中部地区,呈围绕县区中心及周边区域分布格局且沿漓江主要水系条带状分布。这些区域地势平坦,水土资源条件良好,人口和资本相对集中,交通便利,有利于人们进行社会生产活动,建设用地不断扩张,城镇化程度较高,导致耕地、林地被严重侵占,对其周边区域造成了巨大压力,造成强烈的用地冲突。土地利用冲突低值区则成片分布在流域四周以及西北部地区,低值区海拔高,以山区丘陵为主,地形环境复杂,集中了研究区主要林业资源和国家自然保护区,建设用地的扩张受到了限制,因此土地利用冲突水平较低。

1990 年,土地利用冲突处于研究期间最高水平,失控级别主要以桂林市主城区、兴安县和灵川县为主。当时正处于人口快速增长阶段,人们为了满足生活生产的需要,盲目开荒毁林,各类用地转换频繁,导致地块破碎化,空间冲突加剧。

2000 年,严重失控小幅增长,比如临桂区和雁山区,稳定可控增强和基本失控减弱,使得土地利用冲突强度较 1990 年稍有缓和。此时社会生产生活建设持续推进,区域开始实施土地用途管制,漓江风景名胜区初步划定,各类用地开发利用受到宏观政策约束,人们环境保护意识有所增强,所以在建设用地增长的同时空间冲突水平到得初步控制。

2010 年,一方面漓江流域社会经济不断发展,临桂新区撤县设区,市区建设加快向临桂新区往西向外扩张,各区县城乡交错带建设用地也相应增长,导致基本失控级别向外围区域扩展。另一方面,区域注重生态文明建设,严格落实土地利用规划,同时开始了石漠化治理、退耕还林、封山育林等相关生态工程,使得区域空间冲突持续好转。

2020 年,空间冲突水平呈下降趋势,基本失控和

严重失控空间范围缩减明显,失控级别主要汇集在灵川县、临桂区和雁山区等区县边缘地带。这主要得益于前期的生态工程相继实施,关停众多矿山、采石场,开展矿山生态环境修复绿化工程,建立自然保护区,具体落实漓江生态保护与修复方案,积极预防土地破碎与退化,使漓江流域生态环境得到明显改善,有效控制区域空间冲突升级。

### 3.2 空间集聚特征分析

利用 ArcGIS 10.8 软件空间分析工具对漓江流域 1990—2020 年土地利用冲突格局进行全局空间自相关分析。结果显示:各时期全局 Moran's  $I$  指数分别为 0.637, 0.638, 0.639, 0.646,  $Z$  值分别为 74.05, 74.07, 74.25, 75.10,  $p$  值均小于 0.001,说明不同空间单元的空间冲突水平在空间格局上呈正相关,存在明显的空间集聚效应。全局 Moran's  $I$  指数和  $Z$  值均持续上升,可见空间冲突集聚性不断增强。

利用 Anselin Local Moran's  $I$  工具进一步分析土地利用冲突在空间上的局部聚集特征和离散规律,空间冲突整体呈高一高集聚和低—低集聚空间聚类现象(图 3)。高一高集聚主要分布在漓江流域的中部地区,呈现出围绕城区分布,说明这些区域空间冲突水平高,相邻的空间单元冲突值高且差异较小。低—低集聚主要表现为流域四周不规则条带集聚,此区域是山区丘陵地带,以林地为主,各空间单元冲突值较低。但是到了 2020 年,低—低集聚空间分布较前三期发生了明显变化,转变为整体向东部高海拔区域边缘偏移,可能是当年空间单元冲突值低值区向东部移动。

利用关联指数(Getis-Ord  $G_i^*$ )进行冷热点分析。如图 4 所示,漓江流域空间冲突冷热点空间分布与局部空间相关 LISA 集聚分布特征较为一致,热点集聚于各区县中心城区,冷热点分布空间异质性明显。总体来看,热点区分布在漓江流域各区县中心城区,冷

点区分布在周边山林地带,即越接近城区热点越明显,越往外冷点越明显。1990—2010 年冷热点区空间分布相对稳定,变化不大,主要以兴安县、秀峰区、象山区、临桂区等桂林市市区和平乐县为主,是具有

99%置信度的热点区域,与空间冲突高值区相对应。2020 年,随着空间冲突水平下降,冷热点区趋于漓江流域东部区域分布,热点区域以兴安县、桂林市市区以及平乐县为主,但是空间范围缩减明显。

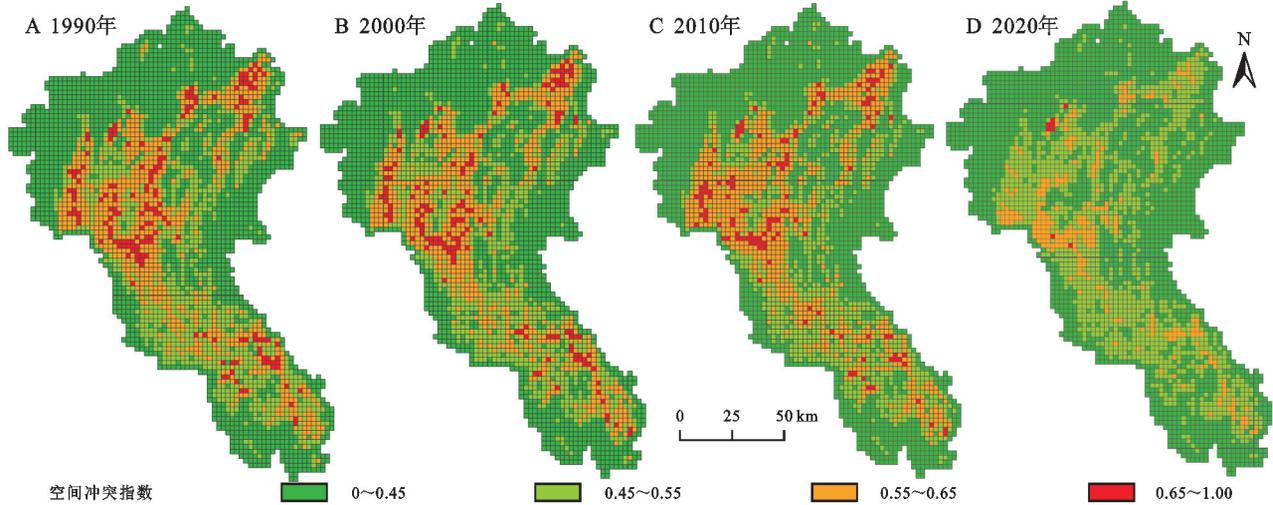


图 2 漓江流域 1990—2020 年土地利用空间冲突指数变化

Fig. 2 Change of landuse spatial conflict index in Lijiang River Basin from 1990 to 2020

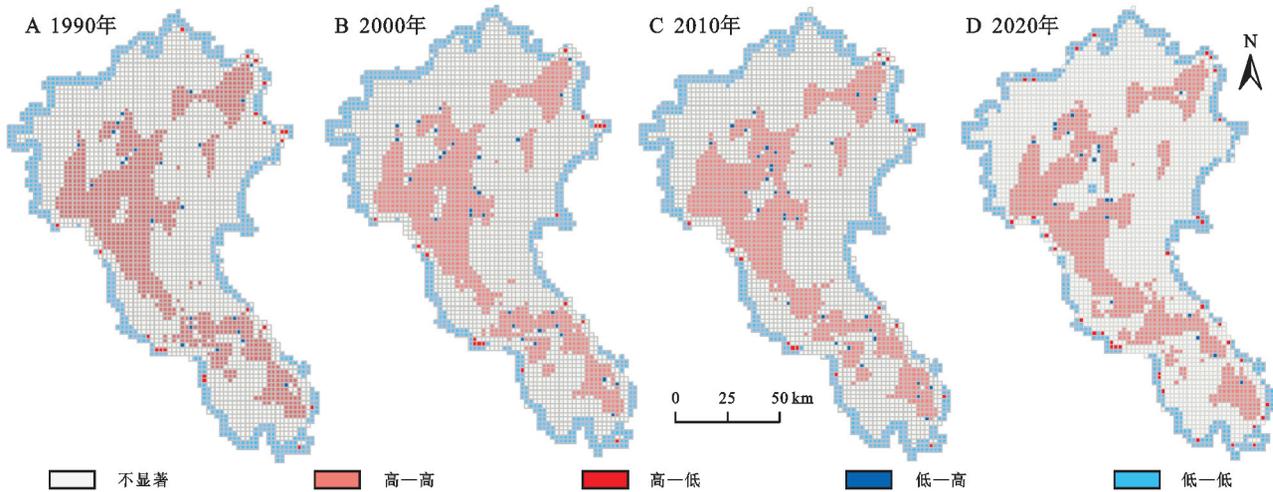


图 3 漓江流域 1990—2020 年土地利用冲突局部莫兰指数

Fig. 3 Local Moran index of landuse conflicts in the Lijiang River Basin from 1990 to 2020

### 3.3 土地利用冲突演化影响机制分析

3.3.1 影响机制指标体系构建 土地利用冲突演化受到多方面因素共同作用的影响。不同的地形地貌与水热条件导致自然资源空间分布不均,从根本上决定了土地利用的方式与结构,使得人类对资源要素的开发利用有着不同程度的限制作用。不同的社会发展阶段对土地资源的需求不尽相同,社会经济的发展改变土地资源的利用方式与空间结构,从而使其适应城镇化进程中特定的经济和社会发展阶段。区位条件作为不同区域之间交流联系的纽带,是影响城镇化水平和城市空间结构演变关键因素。因此,自然环境因素、社会经济情况和交通区位条件等因素之间的相互作用使得土地利用冲突愈演愈烈,以及各因素在区域内的差

异性和不均衡性推动了土地利用冲突的空间分异。

基于此,本文结合漓江流域近 30 年来的实际发展情况和数据的可获得性,选取自然环境因素、社会经济因素和交通区位因素 3 个维度 12 个指标来探究土地利用冲突的影响机制(表 2)。

3.3.2 因子探测 基于土地利用冲突综合指数与各项影响因子,通过地理探测器因子探测模块得出因子探测值  $q$  值,以此来表征所选因子对土地利用冲突的影响程度(表 3)。

(1) 自然环境影响机制。自然环境因素作为自然资源的本底,是土地利用冲突演变的基础。在自然环境因子中,DEM、坡度、地形起伏度、年均气温、年均降水、NDVI 与河网密度的  $q$  值分别为 0.978, 0.942, 0.953,

0.589,0.660,0.939,0.578,在三大影响因素类型中整体影响程度最高。其中,DEM、坡度、地形起伏度与 NDVI 是影响漓江流域土地利用冲突强度的主导因素。漓江流域作为典型的喀斯特地貌区,石漠化问题突出,地块空间破碎化程度高,地形起伏不一,导致水热条件空间差异性大。流域内高海拔地区主要以林地为主,其森林覆盖率相对较高,远离各县区中心,开发利用成本

高。漓江主要水系及其支流贯穿流域各个区域,直接影响到人们生产生活空间的选择。因此,由于漓江流域的特殊地貌和自然资源要素的差异化分布,可供开发利用的土地资源有限,人们基于自身的生产生活需求,往往会选择地势平坦,水土资源良好,土地相对集中连片的区域进行开发利用,导致加剧局部地区的土地利用冲突强度和冲突空间布局失调。

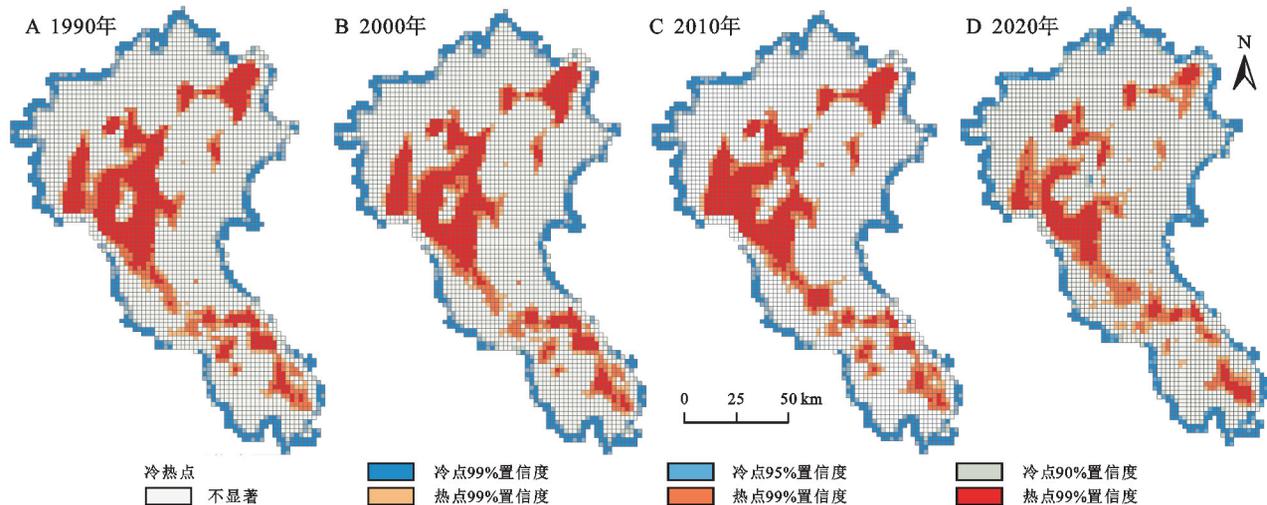


图 4 漓江流域 1990—2020 年土地利用冲突冷热点分布

Fig. 4 Cold-hot spots of landuse conflicts in Lijiang River Basin from 1990 to 2020

表 2 土地利用冲突影响因子指标体系构建

Table 2 Variables election and index measurement of landuse conflict impact factors

数据类型	数据名称	单位	计算方法
自然环境	DEM( $X_1$ )	m	30 m×30 mDEM/区域分析/以表格显示分区统计
	坡度( $X_2$ )	(°)	1 km×1 km 栅格/区域分析/以表格显示分区统计
	地形起伏度( $X_3$ )	(°)	ArcGIS 10.8 邻域分析/焦点统计
	年均气温( $X_4$ )	°C	1 km×1 km 栅格/区域分析/以表格显示分区统计
	年均降水( $X_5$ )	mm	1 km×1 km 栅格/区域分析/以表格显示分区统计
	归一化植被指数(NDVI)( $X_6$ )	—	1 km×1 km 栅格/区域分析/以表格显示分区统计
社会经济	河网密度( $X_7$ )	km/km <sup>2</sup>	ArcGIS 10.8 密度分析
	人口密度( $X_8$ )	万/km <sup>2</sup>	1 km×1 km 栅格/区域分析/以表格显示分区统计
	地均 GDP( $X_9$ )	万元/km <sup>2</sup>	1 km×1 km 栅格/区域分析/以表格显示分区统计
	夜间灯光数据( $X_{10}$ )	nW/(cm <sup>2</sup> ·sr)	1 km×1 km 栅格/区域分析/以表格显示分区统计
交通区位	路网密度( $X_{11}$ )	km/km <sup>2</sup>	ArcGIS 10.8 密度分析
	距市中心距离( $X_{12}$ )	m	ArcGIS 10.8 邻域分析/近邻分析

表 3 漓江流域土地利用空间冲突影响因子贡献度

Table 3 Contribution degree of land use spatial conflict impact factors in Lijiang River Basin

DEM	坡度	地形起伏度	年均气温	年均降水	归一化植被指数(NDVI)	河网密度	人口密度	地均 GDP	夜间灯光数据	路网密度	距市中心距离
0.978	0.942	0.953	0.589	0.660	0.939	0.578	0.586	0.579	0.586	0.740	0.442

(2) 社会经济影响机制。社会经济的发展会引导土地利用冲突演化的方向。以人口密度、地均 GDP 和夜间灯光数据表征漓江流域社会经济发展情况,其  $q$  值分别为 0.578,0.586,0.579。在有限土地资源的前提下,一方面,人口的增长意味着日常基本

衣食住行需求加大,需要扩展生产生活空间,使土地生态系统压力加剧;另一方面,人口向各县区核心发展区聚集改变土地利用的方式、结构和过程,导致地类转换加剧,引起土地利用冲突。研究期间,随着社会经济转型升级,城镇化工业化进程加快,地均 GDP

增长明显,社会经济建设空间不断拓宽并且逐渐在城乡交错带寻找发展空间。自然旅游业成为漓江流域经济发展的一大支撑,生态保护区和自然旅游区的划定使得区域内的土地利用类型趋于单一,加剧其他区域地类竞争。夜间灯光数据表征社会经济活力,当社会经济水平较高,区域城镇化率较高,建设用地面积比重较大,加快城市发展空间的扩张。漓江流域近 30 年来由于社会经济的发展,建设用地通过侵占其他地类来拓展自身发展空间现象明显,引导土地利用冲突演化的进程与方向。

(3) 交通区位影响机制。交通区位条件是影响土地利用冲突的关键力量。选定路网密度和距市中心的距离反映交通区位对土地利用冲突的影响程度,其  $q$  值分别 0.740, 0.442。路网密度在 12 个影响因素中位居第 5,是除了自然环境因子外影响程度最高的指标。交通区位优势是产业发展和城镇演化的基础条件,路网密度反映了区域的通达性。路网密度较高的地区人流、物流、信息流加快流动,社会经济和城镇空间结构发展形态得以不断发展,人类为了满足不同的生存发展和提升生活水平开展的各类活动导致空间冲突加剧。距市中心距离在各影响因素中的  $q$  值居于最低,主要是距离地市中心行政中心的距离越近,建设用地所占的比重越高且不容易改变地类用途。

3.3.3 交互探测 漓江流域土地利用冲突影响因子的交互探测作用表明,单因子作用的  $q$  值均小于双因子交互作用的  $q$  值,即交互作用的结果为双因子增强,说明空间冲突受到多种因子复杂交互共同作用。其中具有较强解释力的为年均降水和地形起伏度、距市中心距离和路网密度、路网密度和 DEM 以及年均降水和坡度,两两交互后的  $q$  值分别为 1.000, 1.000, 0.998, 0.997,影响程度低的距市中心距离与各因子交互作用后解释力均在 0.713 以上,解释力增强明显。可见,土地利用冲突是受到各因素相互制约相互促进的作用,共同影响着漓江流域空间冲突水平及空间分布格局。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

本文基于景观生态风险评价方法构建土地利用冲突测度模型,定量分析漓江流域近 30 年来土地利用空间冲突,研究结果具有一定的延伸与拓展。首先,漓江流域作为一个典型的喀斯特流域,土地利用问题突出,生态系统脆弱且难以恢复。境内分布着众多的国家自然保护区,自然旅游相对发达,并且作为

珠江西江重要水源涵养地,更需注重用地结构与方式,着重维持并提升生态系统服务能力。在多重现实背景下研究漓江流域土地利用冲突,有利于丰富和完善流域尺度下的土地利用冲突研究。其次,本文基于格网尺度对漓江流域土地利用冲突进行测算,有效识别冲突的空间位置和强度变化,相比宏观行政尺度更能体现各用地类型内部的差异性特征。再者,结合研究区喀斯特地貌特点,选取高程、坡度、地势起伏度和河网密度等对研究区土地利用冲突起着重要影响的因子来构建影响因子体系,合理探究漓江流域土地利用冲突影响机理。

同时,研究结果仍存在提升完善之处。引发土地利用冲突的原因涉及了社会、经济、生态等各方面,研究仅从用地类型角度进行空间冲突测度,结果获取快速、直观,但没有考虑社会、经济等因素,一定程度上限制了其适用性,其冲突指数的构建需进一步改进。不同喀斯特地貌区现实发展条件具有地域差异性,比如漓江流域旅游业蓬勃发展,贯穿桂林市经济发展的始终,因此,在构建冲突影响因子体系应该加入旅游业发展相关指标。因地制宜地完善评价指标体系,科学地推动喀斯特山区国土空间优化,是今后研究的方向。

通过分析漓江流域土地利用冲突时空分异特征及其影响因素,综合考虑社会、经济、环境等多个方面,为促进流域土地利用可持续发展提供差异化政策建议。具体而言:(1) 在冲突等级强烈的各区县主城区,实施城镇低效用地再开发利用,开展宅基地复垦整理,减少城市扩张和居民点建设对耕地的侵占,促进城市有机更新。推动新型城镇中心的崛起,增强城镇资源吸引力,缓解现有城市中心用地压力。尊重和保护山水格局,加强城市建设与自然景观有机融合与生态综合治理能力,实现生活水平及生态保护的双提升。(2) 在冲突趋于缓和的城乡交错地带,立足区域耕地和林草资源,重点发展近郊农业,为城市提供日常生活农产品服务配套,稳定区域土地利用结构与布局。加大基础设施建设力度,包括交通、通讯、水电等方面,有助于支持近郊经济的蓬勃发展,解决土地粗放利用现象。(3) 在低冲突水平山区林地,由于境内分布着众多自然保护区和旅游名胜区,在发展旅游业的同时,要做好生态安全防范措施和生态系统修复与保护工作。依据地形特点和区域发展特色,重点打造山地生态林果产业和绿色旅游业,以实现本地资源效益最大化。进一步划定国土综合整治及生态修复分区、明确生态修复重点工程布局,同时引导多元化的

生态保护修复资金投入和多主体协同工作机制,提高区域的生态系统服务效益和生态环境承载力。

## 4.2 结论

(1) 漓江流域 1990—2020 年土地利用冲突整体处于可控水平且空间演变明显,平均值由 0.453 波动下降到 0.421。可控级别空间单元占比由 75.56% 增长至 92.5%,基本失控空间单元个数减少近 70%,严重失控占比由 3.29% 下降至 0.22%,呈现出逐步向稳定可控和基本可控发展趋势。

(2) 土地利用冲突空间差异性显著,呈“中部高,四周低”的分布格局。冲突高值区集中在流域中部地区,主要以兴安县、平乐县、临桂区和雁山区等桂林市区。冲突低值区以地形起伏不一的四周山区林地为主,自然资源开发利用受限,冲突水平较低。

(3) 土地利用冲突空间分布具有明显的集聚特征。全局莫兰指数由 0.637 逐期升高至 0.646,空间集聚程度不断加强。局部空间分布主要以高一集聚和低一低集聚空间聚类现象为主,各相邻空间单元冲突水平值差异不大。冲突热点区与冲突高值区空间分布相似,且随着冲突水平降低,热点分布变得相对分散。

(4) 土地利用冲突受到自然环境、社会经济和交通区位的综合影响。总体来看,DEM、坡度、地形起伏度、NDVI 和路网密度的影响因子贡献度分别是 0.978,0.942,0.953,0.939,0.740,是研究区空间冲突主要影响因素,且各因子交互作用后影响程度均大于单个因素单独作用的影响。

## 参考文献(References):

- [1] 张浚茂,臧传富.东南诸河流域 1990—2015 年土地利用时空变化特征及驱动机制[J].生态学报,2019,39(24):9339-9350.  
Zhang J M, Zang C F. Spatial and temporal variability characteristics and driving mechanisms of land use in the Southeastern River Basin from 1990 to 2015[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019,39(24):9339-9350.
- [2] 邹利林,刘彦随,王永生.中国土地利用冲突研究进展[J].地理科学进展,2020,39(2):298-309.  
Zou L L, Liu Y S, Wang Y S. Research progress and prospect of land-use conflicts in China[J]. Progress in Geography, 2020,39(2):298-309.
- [3] 金贵,郭柏枢,成金华,等.基于资源效率的国土空间布局及支撑体系框架[J].地理学报,2022,77(3):534-546.  
Jin G, Guo B S, Cheng J H, et al. Layout optimization and support system of territorial space: an analysis framework based on resource efficiency[J]. Acta Geographica Sinica, 2022,77(3):534-546.
- [4] 刘彦随.中国新时代城乡融合与乡村振兴[J].地理学报,2018,73(4):637-650.  
Liu Y S. Research on the urban-rural integration and rural revitalization in the new era in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2018,73(4):637-650.
- [5] Zhou D, Xu J, Lin Z. Conflict or coordination? Assessing land use multi-functionalization using production-living-ecology analysis[J]. Science of the Total Environment, 2017,577:136-147.
- [6] Campbell D J, Gichohi H, Mwangi A, et al. Land use conflict in Kajiado District, Kenya[J]. Land Use Policy, 2000,17(4):337-348.
- [7] Owen L, Howard W, Waldron M. Conflicts over farming practices in Canada: the role of interactive conflict resolution approaches [J]. Journal of Rural Studies, 2000,16(4):475-483.
- [8] 田俊峰,王彬燕,王士君.土地利用冲突研究的逻辑主线与内容框架[J].资源科学,2023,45(3):465-479.  
Tian J F, Wang B Y, Wang S J. The paradigms and main content of land use conflict research[J]. Resources Science, 2023,45(3):465-479.
- [9] 于伯华,吕昌河.土地利用冲突分析:概念与方法[J].地理科学进展,2006,25(3):106-115.  
Yu B H, Lv C H. The progress and prospect of land use conflicts[J]. Progress in Geography, 2006,25(3):106-115.
- [10] 谭术魁.中国土地冲突的概念、特征与触发因素研究[J].中国土地科学,2008,22(4):4-11.  
Tan S K. Research on concept, characters and trigger factors of land conflicts in China [J]. China Land Science, 2008,22(4):4-11.
- [11] 阮松涛,吴克宁,刘巧芹.土地利用冲突与土地价值的博弈与重构[J].国土资源科技管理,2014,31(1):123-128.  
Ruan S T, Wu K N, Liu Q Q. Land utilization conflict and game and reconstruction of land value[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2014,31(1):123-128.
- [12] Pacheco F A L, Varandas S G P, Sanches Fernandes L F, et al. Soil losses in rural watersheds with environmental land use conflicts[J]. Science of the Total Environment, 2014,485:110-120.
- [13] Jiang S, Meng J J, Zhu L K, et al. Spatial-temporal pattern of land use conflict in China and its multilevel driving mechanisms[J]. Science of the Total Environment, 2021,801:149697.
- [14] 王越,李佩泽,李焱颖,等.基于演化博弈的土地利用冲突缓解机制研究:以沈抚新区为例[J].中国土地科学,

- 2021,35(12):87-97.
- Wang Y, Li P Z, Li W Y, et al. Mitigation mechanism of land use conflicts based on evolutionary game: A case study of Shenfu new area[J]. *China Land Science*, 2021,35(12):87-97.
- [15] 杨永芳,安乾,朱连奇.基于PSR模型的农区土地利用冲突强度的诊断[J].*地理科学进展*,2012,31(11):1552-1560.
- Yang Y F, An Q, Zhu L Q. Diagnosis based on the PSR model of rural land-use conflicts intensity [J]. *Progress in Geography*, 2012,31(11):1552-1560.
- [16] Li S N, Zhu C M, Lin Y, et al. Conflicts between agricultural and ecological functions and their driving mechanisms in agroforestry ecotone areas from the perspective of land use functions[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 317:128453.
- [17] 张岳,孙梦鑫,辛宇,等.成渝城市群土地利用变化与冲突识别研究[J].*四川林业科技*,2023,44(4):49-57.
- Zhang Y, Sun M X, Xin Y, et al. Research on land use change and conflict identification in Chengdu-Chongqing urban agglomeration[J]. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2023,44(4):49-57.
- [18] 邱国强,牛潜,吴振华,等.苏锡常城市群土地利用冲突空间测度及异质性分析[J].*水土保持研究*,2022,29(4):400-406,414.
- Qiu G Q, Niu Q, Wu Z H, et al. Spatial evaluate and heterogeneity analysis of land use conflict in su-xi-chang urban agglomeration[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2022,29(4):400-406,414.
- [19] 蒙古军,江颂,拉巴卓玛,等.基于景观格局的黑河中游土地利用冲突时空分析[J].*地理科学*,2020,40(9):1553-1562.
- Meng J J, Jiang S, Labazhuoma, et al. The spatial and temporal analysis of land use conflict in the middle reaches of the Heihe River based on landscape pattern[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2020,40(9):1553-1562.
- [20] 戴智勇,杨朝现,信桂新,等.丘陵山区土地利用冲突评价及调控优化[J].*西南大学学报:自然科学版*,2019,41(11):82-91.
- Dai Z Y, Yang C X, Xin G X, et al. Evaluation of land use conflicts in hilly and mountainous areas and optimization of their control[J]. *Journal of Southwest University: Natural Science Edition*,2019,41(11):82-91.
- [21] 杨远琴,任平,洪步庭.基于生态安全的三峡库区重庆段土地利用冲突识别[J].*长江流域资源与环境*,2019,28(2):322-332.
- Yang Y Q, Ren P, Hong B T. The study of land use conflict based on ecological security of the Chongqing section of three gorges reservoir area[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019,28(2):322-332.
- [22] 彭佳捷,周国华,唐承丽,等.基于生态安全的快速城市化地区空间冲突测度:以长株潭城市群为例[J].*自然资源学报*,2012,27(9):1507-1519.
- Peng J J, Zhou G H, Tang C L, et al. The analysis of spatial conflict measurement in fast urbanization region based on ecological security: a case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration[J]. *Journal of Natural Resources*, 2012,27(9):1507-1519.
- [23] 陈晋,陈云浩,何春阳,等.基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用[J].*遥感学报*,2001,5(6):416-422,481.
- Chen J, Chen Y H, He C Y, et al. Sub-pixel model for vegetation fraction estimation based on land cover classification[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2001,5(6):416-422,481.
- [24] 吴蒙,周冯琦,程进.基于生态系统服务的快速城市化地区空间冲突测度及时空演变特征[J].*中国人口·资源与环境*,2021,31(5):12-20.
- Wu M, Zhou F Q, Cheng J. Spatial conflict measurement in rapid urbanization areas from the perspective of ecosystem services[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021,31(5):12-20.
- [25] 杨忍.中国县域城镇化的道路交通影响因素识别及空间协同性解析[J].*地理科学进展*,2016,35(7):806-815.
- Yang R. Spatial coupling cooperative analysis of road transport superiority and urbanization at county level in China[J]. *Progress in Geography*, 2016,35(7):806-815.
- [26] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].*地理学报*,2017,72(1):116-134.
- Wang J F, Xu C D. Geodetector: principle and prospective[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017,72(1):116-134.