

基于最佳空间阈值的皖江城市带土地利用 冲突集聚状况及演化分析

王玉纯, 昂宇峰, 王秉义

(安徽建筑大学 公共管理学院, 安徽 合肥 230022)

摘要: [目的] 科学识别土地利用冲突的集聚特征与演化趋势, 为促进国土空间合理布局、推动区域可持续发展提供科学参考。[方法] 借助景观指数构建土地利用冲突测度模型, 定量分析皖江城市带 1990—2020 年土地利用冲突的时空演化趋势, 并通过设定最佳空间阈值的方式确定距离权重矩阵, 对区域冲突集聚效应进行更精确的研究。[结果] ①近 30 a 来皖江城市带的土地利用结构发生较大变化, 耕地、林地面积持续缩减, 建设用地规模增幅表现突出; ②区域土地利用冲突呈“北高南低”的分布格局, 较弱空间冲突和中等空间冲突区面积占主体位置; 严重冲突区域集中在合肥市、芜湖市、六安市金安区及长江水系两侧沿岸地带; ③研究期内城市带的土地利用冲突指数变化显著, 尤以合肥市东部、芜湖市北部以及滁州市东南部的冲突幅度增加表现突出; 受城镇化发展进程的影响, 冲突重心逐渐朝南偏移, 严重冲突区向西北—东南方向转变; ④选取 5 km 为最佳距离分析阈值, 高一高聚集冲突区以合肥市为中心成片分布, 低—低聚集冲突区则不存在集聚现象。[结论] 皖江城市带的土地利用冲突问题存在加剧隐患, 且冲突主体区域表现出转移趋势, 未来应加强区域土地利用合理布局, 注重城镇化发展与生态保护间的平衡稳定。

关键词: 土地利用; 土地利用冲突; 时空演化; 集聚分析; 皖江城市带

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2025)01-0346-11

中图分类号: P967, F301.2

文献参数: 王玉纯, 昂宇峰, 王秉义. 基于最佳空间阈值的皖江城市带土地利用冲突集聚状况及演化分析 [J]. 水土保持通报, 2025, 45(1): 346-356. Wang Yuchun, Ang Yufeng, Wang Bingyi. Analysis of land use conflict agglomeration and evolution in Wanjiang urban belt based on optimal spatial threshold [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2025, 45(1): 346-356. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2025.01.036; CSTR: 32312.14.stbctb.2025.01.036.

Analysis of land use conflict agglomeration and evolution in Wanjiang urban belt based on optimal spatial threshold

Wang Yuchun, Ang Yufeng, Wang Bingyi

(Faculty of Public Administration, Anhui Jianzhu University, Hefei, Anhui 230022, China)

Abstract: [Objective] The agglomeration characteristics and evolution trend of land use conflicts was scientifically identified to provide important reference for promoting the rational layout of territorial space and regional sustainable development. [Methods] The spatial-temporal evolution trend of land use conflict in the Wanjiang urban belt from 1990 to 2020 was quantitatively analyzed by constructing a land use conflict measurement model based on the landscape index. The distance weight matrix was determined by setting the optimal spatial threshold to explore the agglomeration effect of land use conflict more accurately. [Results] ① Significant changes occurred in the land use structure of the Wanjiang urban belt from 1990 to 2020. The area of cultivated and forest land decreased continuously, and the scale of construction land increased significantly. ② The distribution pattern of regional land use conflicts was “higher in the north and lower in the south,” with areas of weak and medium spatial conflicts occupying the main position. Serious conflict areas were concentrated in Hefei City, Wuhu City, Jin’an District of Lu’an City, and the coastal areas on

收稿日期: 2024-08-10

修回日期: 2024-11-06

采用日期: 2024-11-07

资助项目: 安徽省社科联攻关项目“基于空间冲突的安徽省国土空间协调优化研究”(2022CX093)

第一作者: 王玉纯(1988—), 女(汉族), 江苏省徐州市人, 博士, 讲师, 主要从事国土资源遥感方面的研究。Email: wyc0101@ahjzu.edu.cn。

通信作者: 王秉义(1982—), 男(汉族), 山西省大同市人, 博士, 高级工程师, 主要从事国土空间规划与利用方面的研究。Email: wangbingyi@ahjzu.edu.cn。

both sides of the Yangtze River system. ③ The land use conflict index changed significantly in urban areas during the study period, especially in the east of Hefei City, the north of Wuhu City, and the southeast of Chuzhou City. Under the influence of urbanization, the conflict gravity center gradually shifted southward, and the serious conflict zone shifted from the northwest to the southeast. ④ 5 km was selected as the optimal distance analysis threshold. The high-high aggregation conflict zone was centered on Hefei City, while the low-low aggregation conflict zone showed no agglomeration phenomenon. [Conclusion] The land use conflict in Wanjiang urban belt has the potential to intensify, and the main conflict areas show a shifting trend. In the future, it is necessary to strengthen the rational distribution of regional land use and focus on the balance and stability between urbanization development and ecological protection.

Keywords: land use; land use conflicts; spatio-temporal evolution; agglomeration analysis; Wanjiang urban belt

土地利用是人类活动与自然环境相互作用最直接的表现形式^[1],在当前快速城市化的发展背景下,空间资源的高强度开发利用导致城乡空间结构发生显著变化,由此衍生出一系列“冲突”问题^[2],如城市建设用地扩张与耕地和基本农田保护区的冲突、土地资源利用与自然环境保护的冲突、土地需求量的提高与土地质量退化的冲突等^[3],所致使的结果不仅涵盖地域间围绕稀缺空间资源的竞争关系,还涉及人与人在权益分配过程的冲突^[4]。在错综复杂的冲突表现形式中寻求人地关系协调的治理策略^[5],是当前土地利用冲突研究的核心诉求,研究成果可为中国目前国土空间规划中“多规融合”以及“三区三线”的划定提供重要的实践参考^[6]。

作为一种客观存在的矛盾状态,土地利用冲突贯穿于人类社会发展的各阶段。1977年英国城市边缘区讨论会中有关土地利用冲突的概念雏形首次出现以来,土地利用冲突已逐渐成为学者们研究的热点问题^[7],然而有关土地利用冲突的概念、内涵,目前尚缺乏一个较为清晰的界定。Campbell^[8]将土地利用冲突定义为获取稀缺土地与水资源时持续存在的竞争;周国华^[5]将土地利用冲突解释为,在人地关系作用过程中伴随空间资源竞争而产生的空间资源分配过程的对立现象。各学者的侧重点有所不同,但解释这一概念基本围绕各方利益相关者与土地利用方式和土地自身响应特点展开,同时考虑到土地利用冲突产生的根本原因是在土地利用的过程中不同主体的利益重叠和土地利用目标间的矛盾^[9]。本研究认为,土地利用冲突是在土地资源利用中各方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^[10]。

目前关于土地利用冲突的评价多以定性分析为主,定量评价为辅^[11],包括PSR模型^[5]、多目标规划法^[12]、景观指数分析等^[7],随着遥感技术的引入,实现了土地利用冲突的快速精准监测^[13]。利用景观格局指数可以表征冲突产生后土地利用系统的复杂性、

脆弱性和稳定性,从网格尺度精细化冲突诊断^[14]。已有成果多关注于人口、经济活动相对集中的区域,研究尺度多为大型城市群,包括长株潭城市群^[5]、呼包鄂榆城市群^[15]、辽中南城市群^[16]、京津冀城市群等^[17],部分研究将视野扩展到具有特殊自然环境的地区^[18],而针对江淮地区中小型城市群土地利用冲突的研究相对匮乏。此外,现有研究多侧重于冲突影响因素分析、潜在冲突区域识别以及冲突协调治理等方面,从时间、空间以及梯度变化3个维度探讨土地利用冲突的时空动态演变特征和变化规律,将是未来发展的主流方向^[13]。涉及冲突区域空间集聚效应的研究目前也较为薄弱,这限制了对研究对象的空间异质性和依赖性的深入探讨。现有空间自相关的分析多以默认距离为分析尺度,缺乏对最佳空间阈值选取的探究,这会使得冲突集聚特征的识别精度受到重要影响^[19]。为此,本研究以皖江城市带为研究对象,将景观指数分析方法应用于土地利用冲突的识别与测度中,研究跨度覆盖城市带承接产业转移示范区的前后时期以全面探讨引起冲突变化的背后诱因。同时,从冲突区域的空间分布特征、迁移轨迹和集聚效应3个维度深入阐述城市带近30a来土地利用冲突的时序演化状况,并设定最佳距离阈值构建权重矩阵,提高集聚效应测度的精确程度,以期为江淮地区土地利用冲突的优化调控提供科学依据与实践参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

皖江城市带(29°32′—33°13′N, 115°58′—119°39′E)位于中国华东内陆长江安徽段两岸,以合肥为中心包括芜湖、马鞍山、安庆、池州、滁州、铜陵、宣城8市全境以及六安市的金安区和舒城县。城市带地处亚热带湿润季风气候区,平均气温13~16℃,年平均降水量达772~1670mm,显著季风气候特点,总面积 $7.60 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占安徽省54%。自2010年国务院批复《皖江城市带承接产业转移示范区规划》以来,区

域生产总值连续跨越重要关口超越全省平均水平,与此同时城市带的土地利用格局也发生了快速变化,导致区域可持续发展与空间格局优化进程均受到影响^[20]。

1.2 数据来源

本文采用 1990,2000,2010 和 2020 年土地利用数据,空间分辨率 30 m,源于中国科学院地理科学与资源研究所(<http://www.resdc.cn>),采用一级分类包括,耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地共 6 种类型。

2 研究方法

2.1 土地利用冲突测度模型

景观是人类资源开发与利用的直接对象,因而景观层面是研究人类活动对环境作用的适宜尺度^[21]。作为土地利用冲突在空间结构上的一种表现,景观格局可反映出土地利用空间结构与生态环境的矛盾状态^[5],而由于土地利用系统具有复杂性、脆弱性及动态性等特点,土地利用冲突分析需要从这 3 方面加以考虑^[7]。因此本文基于景观格局指数的空间复杂性指数、空间脆弱性指数以及空间稳定性指数构建土地利用冲突测度模型以实现土地利用冲突的空间化表达。由于各类景观指数的测度结果对网格尺度的依赖性较高,根据以往研究选取 3 km 的网格尺度对研究区划分,既能够保证评估单元不过于破碎化,也能保证研究范围、空间分辨率、数据类型等完整性^[22]。研究区边缘未覆盖完整的评估单元格,按照完整的一个单元参与分析,共划分为 9 021 个评估单元。根据土地利用冲突分级阈值的相关研究将冲突区划分包括,弱空间冲突[0,0.2]、较弱空间冲突[0.2,0.4]、中等空间冲突[0.4,0.6]、较强空间冲突[0.6,0.8]和强空间冲突[0.8,1]^[12]。借助各评价单元的景观指数对研究区内的土地利用冲突水平进行定量评价,测度结果标准化至 0~1。土地利用冲突指数具体计算公式为:

$$SCCI=CI+FI-SI \quad (1)$$

式中:CI,FI,SI 分别指空间复杂性,空间脆弱性,空间稳定性;SCCI 指土地利用冲突指数。

2.1.1 空间复杂性指数(CI) 随着土地利用效率的下降,土地利用愈发显得复杂化、破碎化,本研究借鉴景观指数中的面积加权平均分维数(AWMPFD),来评价斑块的复杂性、不规则性,该指数反映当前土地利用受到邻域斑块的影响程度,通常受到人类活动的干扰程度越大,平均分维数越小,斑块的外部压力也就越大。计算公式为:

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

式中: P_{ij} 指 i 类中 j 个斑块的周长; a_{ij} 指 i 个用地类型中 j 个斑块的面积; m 指评价斑块的数量; n 指用地类型的数量; A 指总面积。

2.1.2 空间脆弱性指数(FI) 空间脆弱性主要通过评价景观受到外界压力抵抗的程度表现出来,不同斑块的用地类型、用地程度以及面对压力时的响应状况均存在差异,响应程度越高,抵抗外界干扰的能力越强,敏感性越低,景观安全性越高,参考已有研究^[23]将各用地类型的脆弱度赋值为耕地=2,林地=1,草地=1,水域=3,建设用地=5,未利用地=4。空间复杂性指数表达式为:

$$FI=\sum_{i=1}^n F_i \times \frac{a_i}{S} n=6 \quad (3)$$

式中:FI 指 i 地类的脆弱度; a_i 指 i 用地类型的面积; S 指空间单元总面积; n 指用地类型的数目。

2.1.3 空间稳定性指数(SI) 斑块密度是空间稳定性指数衡量过程中必不可少的要素,其反映景观之间的聚合程度,同类型的斑块聚集越多,密度越大,景观破碎化水平也就越高。借助斑块密度可以具体表征出评价景观的稳定性情况,即空间稳定性=1-景观破碎度。空间稳定性指数具体计算公式为:

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

式中: n_i 指景观内斑块的数量; A 指总面积。

2.2 重心迁移—标准差椭圆模型

通过重心迁移—标准差椭圆模型可以对比分析出相同要素的地理分布重心或不同要素的地理分布重心发生的变化情况,从多角度反映出要素空间分布的整体性特征^[24],重心表示要素空间分布的主要位置,方向角表示要素分布的趋势,主轴(长轴)辅轴(短轴)标准差表示要素的离散或聚集趋势。具体公式见参考文献^[25]。

2.3 空间自相关聚类分析

空间权重矩阵是量化观测值之间空间依赖关系的重要工具,也是度量空间自相关的基础,基于邻接关系和距离函数,矩阵进一步分为邻接权重矩阵和距离权重矩阵^[26]。邻接权重矩阵是用于描述观测要素之间是否存在相连的边、路径及权重关系的矩阵,包含以共边或共点作为邻接的 Queen 矩阵和以共边作为邻接的 Rook 矩阵;Rook 权重矩阵和 Queen 权重矩阵包括二阶和三阶权重矩阵。距离权重矩阵是以观测对象间的距离关系作为权重的矩阵,不仅决定着空间自相关指数的变化,而且进一步影响着研究结果的精确程度,因而本文通过选择恰当的空间权重矩阵能够准确量化空间单元之间的依赖关系,使计量模型

更贴合实际。

空间自相关是评价某一要素的属性是否与其相邻空间点的属性关联的重要标准^[27]。空间自相关分为全局自相关和局部自相关,通常采用 Moran's I 指数检验空间自相关性程度, Moran's I 值取 $[-1, 1]$;若 Moran's $I=0$ 则不存在相关性;若趋向于 1 则表示正相关,存在集聚现象;若趋向于 -1 则表示负相关,相邻区域间存在差异。本文主要采用 Geoda 软件计算局部空间自相关揭示皖江城市带土地利用冲突的空间聚集现象。

全局自相关计算公式^[28]:

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

局部自相关计算公式^[28]:

$$I_i = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2} \quad (6)$$

式中: n 为网格总数; $x_i(x_j)$ 为网格单元 $i(j)$ 的冲突分值; $(x_i - \bar{x})$ 为第 i 个网格上冲突数值与平均值的偏差; w_{ij} 为空间权重矩阵。

用标准化统计量 z 来具体表征空间自相关的显著性。计算公式为^[28]:

$$z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{var}(I)}} \quad (7)$$

式中: $E(I)$ 为 I 的期望值; $\text{var}(I)$ 为 I 的方差,当 $|z| > 1.96$, $|P| < 0.05$ 时,拒绝无效假设。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

1990—2020 年皖江城市带各地类面积的变化情况能够反映出该区域用地资源的结构特点,研究期内城市带的土地利用结构以耕地、林地以及建设用地为主,各地类面积呈“三增三减”(建设用地、水域以及未利用地的面积均有所增加,而耕地、林地以及草地的面积则存在缩减状况)的演变特征(图 1)。从土地利用变化幅度看,30 a 间耕地、林地以及草地面积持续减少,耕地面积缩减情况突出,占研究区总面积的比例由 53.6% 降为 50.2%,而建设用地面积增幅相对明显,由 4.9% 上升至 8.6%。表明安徽省政府自 20 世纪 90 年代出台“呼应浦东、开发皖江”的战略决策以来,为实现与浦东地区的联动发展重点开发安徽境内的长江经济带,导致区域土地利用变化频繁开发建设力度不断加强。从不同时段看,大规模的地类转化发生在 2000—2010 年,该期间为响应“中部崛起”的

略号召,江淮地区积极推动建设用地大规模扩张及退耕还林还草工程,耕地由于适宜性强,地类转化难度小的特点,向建设用地大规模转化^[14],至 2010 年,建设用地面积已超过草地、水域,转入量远超转出量。可以看出,2000 年以来皖江城市带城镇化进程的推进主要依托于对其他经济效益较低地类的持续占用,约半数的建设用地源自耕地转化而来,耕地资源或面临被非农用途所取代的压力;2010—2020 年,各地类的转移情况和前段时期大体一致,尽管耕地依旧是建设用地扩张的主要来源,但该转移量已有所缩减,建设用地规模的净变化幅度呈下降趋势,自此建设用地快速蔓延的局面逐渐得到缓解,充分凸显出安徽省近年来为加强耕地保护,遏制建设用地不合理扩张,积极推动土地节约集约利用综合改革等工作的积极成果。

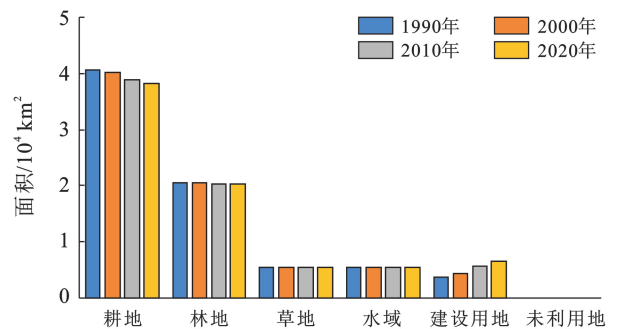


图 1 不同时段内皖江城市带土地利用变化状况
Fig.1 Land use change in Wanjiang urban belt during different time periods

3.2 土地利用冲突空间分布分析

4 个研究时段中,评价单元所占比例最大的冲突等级属较弱空间冲突和中等空间冲突区(表 1),为探究皖江城市带土地利用冲突的空间分布情况,通过 ArcGIS 10.8 进行可视化分析(图 2)。从空间分布看,研究区内土地利用冲突呈“北高南低”的分布格局,冲突指数较高的区域位于研究区中部和西北部,即合肥市、六安市金安区以及芜湖市。合肥市以丘陵岗地为主,一方面平缓的地势赋予其开发建设的地理优势,另一方面作为安徽省的首要发展对象,近年来劳动力、资金、技术等生产要素集中流入合肥市,对土地利用的需求程度激增,人地矛盾关系逐步加剧,因此也是土地利用冲突最为严重的区域;六安市金安区毗邻合肥市,作为“合六经济走廊”的重要节点,依赖于中心城市的板块联动作用,近年来通过积极挖掘其丰富的自然资源优势,推动革命老区振兴发展,但也引起一系列不合理的农业开发、经济林开发、交通建设、城市及开发区建设等生产建设活动;芜湖市地处长三角腹地,既是安省域副中心城市,也是长三角地

区的重要节点,“十三五”期间为持续推动其城市能级发展与新兴产业规模扩张,对土地利用需求的逐步加重。此外,长江流域部分沿岸地区得益于水系资源发育较好,航运便利的缘故,不断吸引各方利益相关者前来进行资源竞争,与之土地利用冲突在沿岸两侧高

度集聚,这一现象表明土地资源的开发利用与水资源的丰富与否间存在维系关系^[4]。冲突数值较低的地区主要分布于敬亭山、天柱山、九华山等山地丘陵地带,上述区域由于地形陡峭,植被覆盖度高,受人类活动干扰较小的缘故,土地利用冲突水平则相对较低。

表 1 皖江城市带 1990—2020 年土地利用冲突分级统计

Table 1 Classification statistics of land use conflicts in Wanjiang urban belt from 1990 to 2020

冲突类型	冲突值	评价单元数/个				评价单元百分比/%			
		1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
弱空间冲突	[0.0,0.2]	229	416	388	372	2.54	4.61	4.30	4.12
较弱空间冲突	[0.2,0.4]	1 650	2 389	2 232	2 224	18.29	26.48	24.74	24.65
中等空间冲突	[0.4,0.6]	4 693	4 408	4 295	4 342	52.02	48.86	47.61	48.13
较强空间冲突	[0.6,0.8]	2 072	1 496	1 772	1 766	22.97	16.58	19.64	19.58
强空间冲突	[0.8,1]	124	59	81	64	1.37	0.65	0.90	0.71
冲突平均值	—	0.50	0.46	0.47	0.47	—	—	—	—

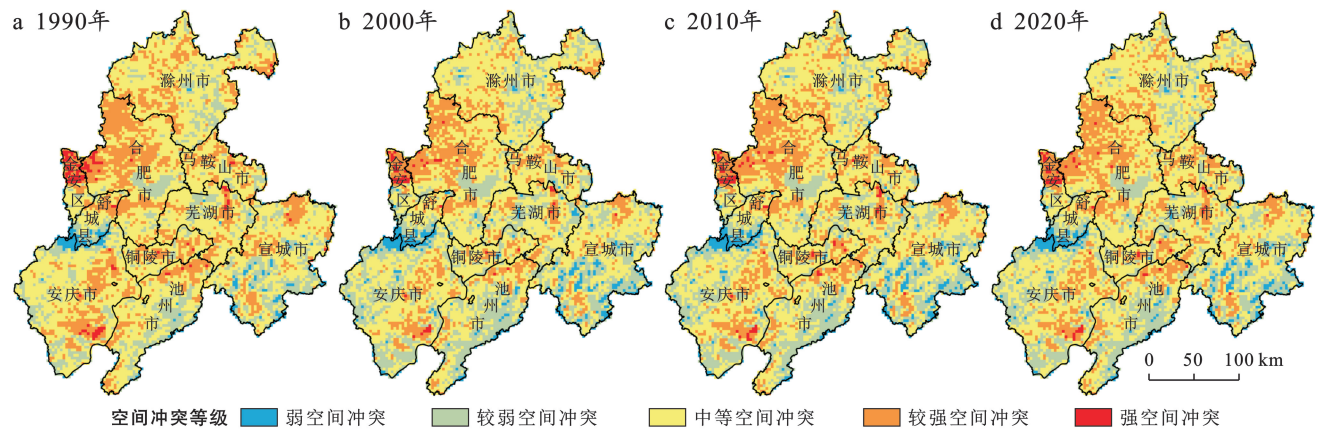


图 2 皖江城市带 1990—2020 土地利用冲突演化

Fig.2 Evolution of land use conflicts in Wanjiang urban belt from 1990 to 2020

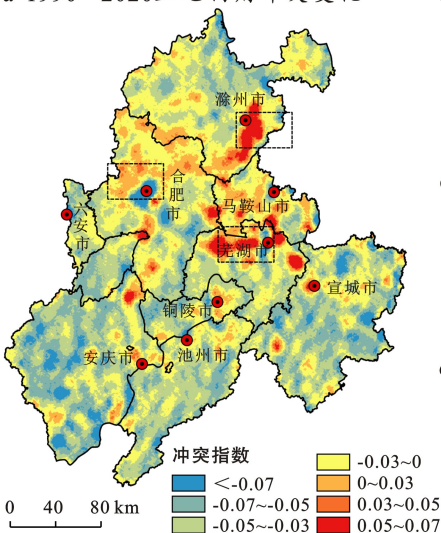
3.3 土地利用冲突动态演化分析

皖江城市带土地利用冲突数据显示(表 1),1990 年冲突平均数值达到最高,往后呈先缓和再略有上升的演化规律,而相较于初期,后期 3 个时段里冲突增幅均有所减缓,且冲突平均水平相对较低。安徽省自 20 世纪 90 年代末以来积极响应国家关于土地利用和耕地保护的相关政策,《基本农田保护条例》《中华人民共和国土地管理法》等文件相继修订和实施,而皖江城市带内耕地面积占比较高,加之永久基本农田保护红线的限制,景观内部稳定性逐渐增强,致使后期冲突强度明显下降。研究末期,皖江城市带迈入稳定发展阶段,土地利用模式趋于固定,耕地向建设用地的转移量减少至原先的 2/3,建设用地面积的快速扩张趋势由此得到有效控制,其余 3 种地类的相互吞并与转化规模也在同步下降,土地利用冲突水平不断降低。可以看出,在追求高效率发展的同时,该区域也在加强对土地利用冲突区域的管理,以防止冲突的进一步扩散。从各级冲突区演化情况看,弱、较弱空

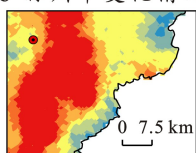
间冲突区面积呈先上涨后下降的趋势,而中等、较强、强空间冲突区的演化规律与其相反,呈先下降后上升的特点。1990—2000 年中等、较强、强空间冲突区的网格数持续减少,较弱空间冲突区评价单元增幅多达 44%。至 2010 年,城市带内严重冲突区的评价单元数开始上升,除安庆市北部、池州市南部和宣城市东部等山脉集中分布的区域外,多数地区的土地利用冲突指数呈增强趋势,这一逆向变化与之前的缩减趋势截然相反,说明此时间点作为皖江城市带承接产业转移示范区的关键时期,土地利用冲突的紧张态势开始趋于加剧。从整个研究尺度看,城市带中部、东北部的冲突指数呈上升趋势(图 3),即合肥市东部、芜湖市北部以及滁州市东南部。中心城区的土地利用冲突水平虽有所上升但相较于各市边缘的开发新区,包括合肥市高新技术开发区、芜湖市江北新区及滁州市城南新区,变化趋势显得相对缓和。开发新区作为城市产业发展与版图扩张的前沿阵地,对土地利用的需求量增长迅速,而中心城区内已建成区域的土地利用

格局逐渐稳定,城市发展重心的转移逐渐限制了建成区域内冲突水平发生变化的可能性。

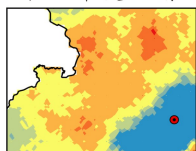
a 1990—2020土地利用冲突变化



b 滁州市变化情况



c 合肥市变化情况



d 芜湖市变化情况

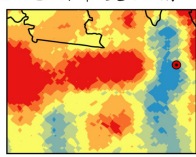


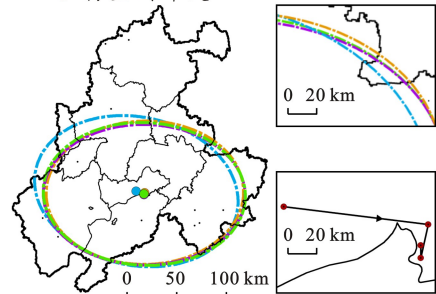
图 3 皖江城市带土地利用冲突动态变化

Fig.3 Dynamic change of land use conflicts in Wanjiang urban belt

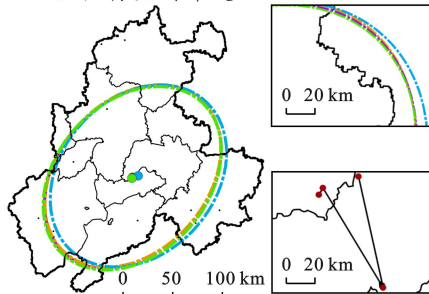
1990—2020 年皖江城市带土地利用冲突的重心迁移—标准差椭圆空间分布态势如图 4 所示。从重心

移动轨迹看,弱空间冲突区重心处铜陵市与池州市中,整体呈西南、东南方向交替迁移趋势,但移动距离较短;较弱空间冲突区重心活动范围较大,先向东南方向迁移 25.4 km 后迁回,轨迹涉及铜陵市、芜湖市,表明该级冲突区的土地利用情况并不稳定,存在冲突加剧的风险;中等空间冲突区重心先向北部迁移后转而向南部偏移,途径铜陵市、芜湖市,且移动速率和距离呈逐渐增加态势;较强空间冲突区和强空间冲突区重心分别处合肥市与舒城县中,研究期末逐渐朝南部移动。可以看出,各级冲突区的重心迁移情况尽管存在差异,但在后期较严重冲突区重心均显示出一致朝南迁移的演化规律,2010 年以来随着安徽省以长江线为发展轴,合肥、芜湖“双核”推动沿线地区发展的战略构想初步建成,沿长江线中下游地区,一系列重大工程项目相继启动,导致建设用地规模急剧扩张,因此冲突重心逐渐朝南偏移。研究区在城镇发展初期往往呈现较为混乱的无序发展方向^[29],建设活动通常局限在小规模范围内进行,故各级冲突区的重心偏移情况并不明显。综合前文分析,土地利用类型的频繁转换、资源掠夺以及建设用地规模的持续扩张行为,都是导致皖江城市带土地利用冲突状况加剧的主要形式。

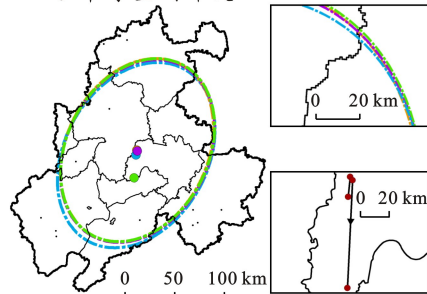
a 弱空间冲突



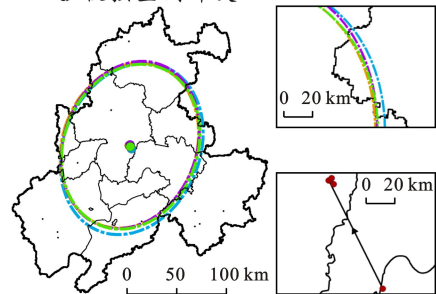
b 较弱空间冲突



c 中等空间冲突



d 较强空间冲突



e 强空间冲突

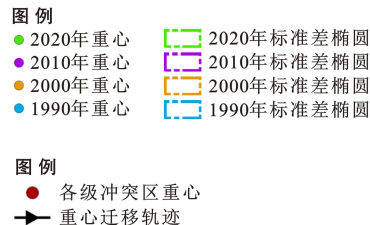
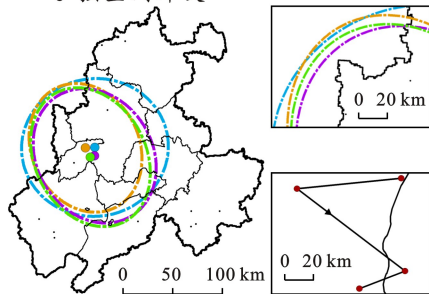


图 4 皖江城市带土地利用冲突重心迁移路径、标准差椭圆

Fig.4 Gravity center shift roads and standard deviation ellipticity of land use conflicts in Wanjiang urban belt

从土地利用冲突变化的标准差椭圆参数可以看出(表 2),短轴长度普遍缩减,各级冲突区空间分布的向心力有所增强,其原因在于合肥市作为区域发展核心所起到的引领和集聚作用;较弱和强空间冲突区

的椭圆长轴与方向角均有所增加,根据长、短轴变化可知上述两种区域在东西方向略有收缩,在南北方向逐渐扩散,其余冲突区则在南北方向缩短;弱、强空间冲突区的椭圆方向角呈不规则变化,均以西北—东南

为主轴发生倾斜,剩余冲突区则稳定呈西南—东北方向分布。

随着研究区中部、南部冲突强度的持续上升,对

强空间冲突区椭圆也起到一定拉动作用,由正圆偏向于椭圆,方向特征逐渐明显,西北—东南方向逐渐成为城市带中冲突不可控区域发展的主轴方位。

表 2 皖江城市带各冲突区标准差椭圆参数

Table 2 Standard deviation ellipse parameter of different conflict areas in Wanjiang urban belt

年份	标准差椭圆参数	弱冲突	较弱冲突	中等冲突	较强冲突	强冲突
1990	X(短)轴标准差/km ²	147.35	111.40	102.66	97.60	105.05
	Y(长)轴标准差/km ²	108.08	145.19	143.38	129.16	100.95
	方向角/(°)	99.48	34.63	23.61	16.29	75.79
2000	X(短)轴标准差/km ²	141.18	107.68	101.51	95.73	77.10
	Y(长)轴标准差/km ²	104.73	147.98	140.13	123.39	97.45
	方向角/(°)	85.41	35.27	20.82	13.82	152.43
2010	X(短)轴标准差/km ²	144.23	108.59	101.96	94.96	79.59
	Y(长)轴标准差/km ²	102.68	148.18	140.16	125.36	102.84
	方向角/(°)	87.32	35.51	21.86	14.81	147.21
2020	X(短)轴标准差/km ²	144.58	109.24	101.66	95.63	79.59
	Y(长)轴标准差/km ²	104.21	148.82	140.52	123.30	106.50
	方向角/(°)	89.30	35.88	21.79	14.10	149.95

3.4 空间集聚效应分析

3.4.1 最佳距离阈值选择 基于邻接关系构造一阶 Queen 矩阵、二阶 Queen 矩阵以及 Rook 矩阵分别计算 Moran's I 值。由表 3 可知,对比 3 种矩阵的计算结果,当 p 值小于 0.05 的显著性水平时,使用 Rook 矩阵得到的 Moran's I 值要高于一阶 Queen 矩阵和二阶 Queen 矩阵的测算结果,说明在邻接矩阵中选择 Rook 矩阵得到冲突区域的空间分布存在显著自相关性。此外,本研究分别选择 5, 6, 7, 8, 9, 10 和 20 km 为距离阈值构建距离权重矩阵,计算 Moran's I 值与 p 值(图 5)。根据结果,在 0.05 显著性水平下,设定距离尺度为 5 km 时 Moran's I 值在 4 个研究时段均达到最高值,此为空间集聚特征的准确度量提供了最佳距离尺度,并且随着距离阈值的不断增加,所涉及的分析区域也在同步扩张,直接导致空间自相关性随之下落,对分析结果的精确程度产生影响。基于空间邻接权重矩阵和距离矩阵的测算结果可知,当选中 5 km 为距离阈值,Rook 矩阵做邻接分析时能为冲突区域的空间集聚效应进行更为精确的分析。

表 3 皖江城市带 1990—2020 年空间邻接矩阵 Moran's I 值

Table 4 Moran's I values of spatial adjacency matrix in Wanjiang urban belt from 1990 to 2020

年份	Moran's I 值		
	一阶 Queen 矩阵	二阶 Queen 矩阵	Rook 矩阵
1990	0.582	0.410	0.637
2000	0.585	0.413	0.635
2010	0.586	0.413	0.636
2020	0.582	0.407	0.632

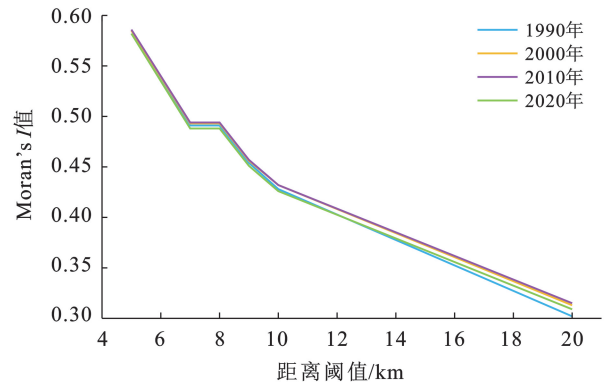


图 5 皖江城市带不同距离阈值下的 Moran's I 值变化
Fig.5 Change of Moran's I value under different distance thresholds in Wanjiang urban belt

3.4.2 集聚效应分析结果 对 1990—2020 年皖江城市带的土地利用冲突情况进行空间自相关测算,并绘制研究区冲突集聚分布图(图 6)。从整个研究尺度看,各时期 Moran's I 值均显著大于 0,土地利用冲突区域间存在明显的正向空间自相关,表明皖江城市带内存在明显的冲突高值聚集区和低值聚集区,聚集区内冲突区域存在空间关联特征,Moran's I 值在前期虽略有上升,并于 2010 年达到最高 0.586,但整体变化相对平缓。从聚集区域分布看,高一高聚集区域集中在研究区中部和西北部,以合肥市和金安区北部为主。合肥作为长三角副中心城市和安徽省省会城市,对邻近区域的辐射带动作用较强,且由于其自身的土地利用冲突情况较为严重,在空间外溢作用的驱动下,会对周边城市的冲突数值产生加剧作用,导致高一高集聚冲突区成片出现。此外,随着城镇化进程

的不断推进,合肥市不断吸引大量农村人口的迁入,致使原先农村地区的人地矛盾问题开始逐渐向经济较发达的城市空间内转移,在一定程度上加剧了城市空间土地利用冲突的集聚趋势;金安区根据《六安市土地利用总体规划(2009—2020年)》,在北部地区坚持走工业强区发展战略,通过政策驱动工业项目向园区集中,促成工业建设区域的成片分布,这导致土地利用冲突在金安区北部呈高一高集聚特征。综合来看,近 30 a 来城市带内土地利用冲突的高一高集聚范围,仅在研究区中部出现过小幅扩张,其余区域均

未发生明显变化。说明省政府在《安徽省土地利用总体规划(2006—2020年)》引导下,严格执行建设用地规模控制与耕地保护政策,对高一高集聚冲突区的扩散存在有效遏制作用。低—低集聚区分布在各城市山区地带即舒城县南部、池州市东部,以及宣城市南部,这些地区由于区位条件较差,工业、经济发展效益不佳,立地条件的不足对城市扩张也起到一定限制作用,因此该地区的土地利用稳定性受人类活动的干扰程度较低因而保持在一个相对较高的水平,低—低集聚冲突区重心基本未发生较大变动,不存在明显集聚效应。

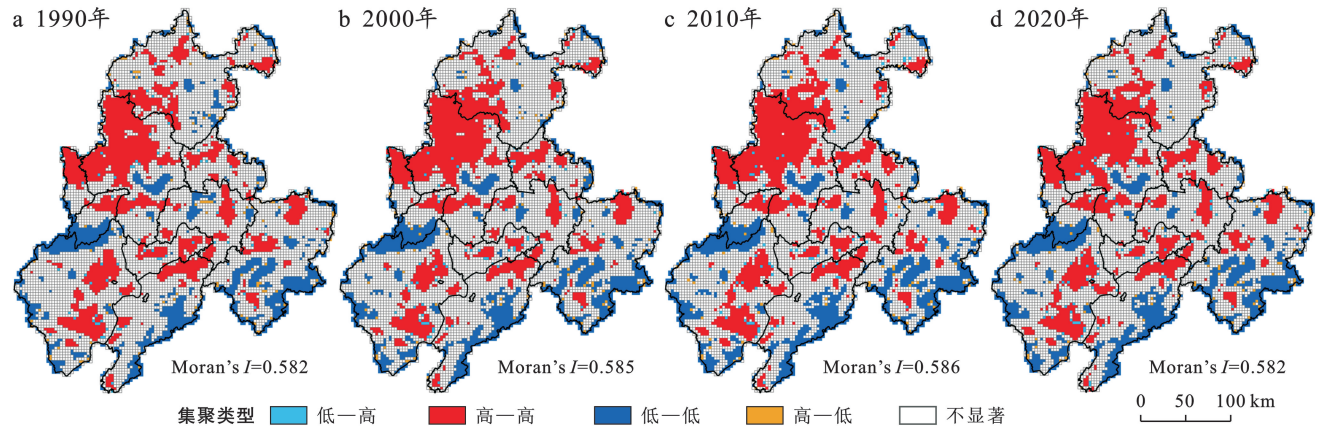


图 6 皖江城市带空间冲突集聚情况

Fig.6 Spatial conflict agglomeration in Wanjiang urban belt

4 结论

(1) 2000—2010 年,皖江城市带的土地利用发生大幅变化,耕地、林地、草地面积持续减少,其中耕地面积缩减表现突出。作为城市化进程推进的刚性需求,建设用地规模逐年扩张,2010 年后其面积始终超越林地、水域,但扩张速率近年来已呈减缓之势。

(2) 土地利用冲突的空间分布范围以较弱和中等空间冲突区为主,局部地区冲突情况较严重;冲突高值区域集中在合肥市、芜湖市以及六安市金安区,另外沿江两岸一些零散地带也有冲突较严重区域的存在;冲突低值区多分布于人类活动稀少且地势相对崎岖的山地丘陵地带。

(3) 1990—2000 年土地利用冲突问题尚处可控范围内,但 2010 年以来多数地区冲突指数呈增强特点,其中合肥市东部、芜湖市北部以及滁州市南部表现突出;各冲突区重心基本位于城市带中部,后期受发展政策的影响逐渐向南部迁移,方向分布以西南—东北为主导,且空间向心力逐步增强;较严重冲突区受中部、南部地区冲突强度上升的带动作用,以及区域发展重心转移的影响,逐渐向西北—东南转变;冲突水平加剧的原因在于,江淮地区为保证建设用地的

扩张进度而不断侵吞耕地、林地等其他地类,以及各用地类型间的频繁转换行为。

(4) 在比较 8 种不同距离阈值的分析结果后,确定以 5 km 为最佳空间距离分析尺度下,能对土地利用冲突的空间集聚特征作更精准的识别分析。高一高集聚区域主要以合肥市为中心在研究区北部连片分布,在空间外溢作用的影响下对周围地区的土地利用冲突也造成一定加剧作用,不仅增强了空间集聚性,也导致冲突区逐渐向四周扩散;低—低集聚区均以山地地势为主,整体分布较零散,集聚表现并不突出。

5 讨论

随着安徽省构建现代化城镇体系的脚步不断加快,土地利用类型的相互吞并与转化活动在中心城区及周边开发区内愈发频繁,长江水系两侧沿岸地区的冲突状况也在逐步加剧,其原因在于流域沿岸的水资源供应、利用相对便利且航运业发展对水资源的依赖性程度较高,导致该区域成为各方利益相关者的热点竞争区。伴随着矛盾问题的激化,冲突水平在流域两侧持续上升,因此如何协调并规划好城市化发展进程与区域土地利用合理布局的关系,以及如何平衡各方资源需求者对水资源的利用程度,将成为驱动皖江城

市带实现区域高质量发展的关键。

基于流域沿岸地带及中心城区土地利用冲突的日益严峻态势,本文尝试提出具有针对性的建议:①鉴于沿江地区在水土保持和生物多样性维护等生态功能上的核心作用,对区域经济的可持续发展至关重要,安徽省应继续践行长江沿岸地区“生态优先、绿色发展”的理念,秉承“共抓大保护、不搞大开发”方针,致力于推动产业绿色转型升级,为促进经济社会发展与生态环境保护的协调统一贡献安徽力量;②进一步健全长江全流域横向生态补偿机制,鼓励全流域各地区积极参与生态保护工作,以实现长江流域的绿色发展和生态环境的持续修复;③研究区内土地利用变化相对动荡,8大城市间冲突水平差异明显,省政府应综合考究不同冲突区的地理位置、经济发展等方面因素,因地制宜地制定差别化管控措施,同时加强区域联动效果,充分利用合肥都市圈的示范引领作用,努力推进鞍池铜一体化,通过资源共享和优势互补进而实现冲突管控的最终目的;④人口的空间分布和流动决定了土地利用冲突的格局与演化过程,持续性的人口集聚会对区域内土地利用格局的平衡稳定造成极大的威胁。安徽省应适度增加农业补贴,使合肥市在致力于吸纳人才的同时引导人口向乡村地区适量流动,积极推动人口分布均衡化,防止过度聚集于城市中心地带,导致土地利用冲突问题的加剧。

尽管本研究对皖江城市带的土地利用冲突测度进行了定量分析,在一定程度上对中小型城市带的冲突研究进行了补充,但仍存在局限性。选取 3 km 的格网尺度作为评价单元来测度城市带的冲突状况,可能会忽视较小研究范围内的冲突情况,对研究结果的精确程度是否产生影响,尚需进一步探讨,仍需要对不同的评价尺度作进一步比较分析。此外,土地利用冲突关注的是不同土地利用者的利益冲突在空间上的表现,这种表现会通过负面的社会、经济和生态效应体现出来,借助土地利用系统的复杂性、脆弱性、稳定性作为驱动因子,仅从景观生态学的角度去构建冲突指数测度模型存在一定的局限性,未能考虑到研究区的生态环境变化、社会经济情况等因素。未来对于土地利用冲突测度的研究中,还需深入探讨特定冲突区域的时空规律,内在驱动机理等,从而将研究结果更好地为区域土地利用的合理布局与可持续发展提供科学依据。

参考文献 (References)

[1] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等.20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J].地理学报,

2014,69(1):3-14.

Liu Jiyuan, Kuang Wenhui, Zhang Zengxiang, et al. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014,69(1):3-14.

[2] 周泽,全斌,张海波.土地利用冲突特征识别及驱动力分析:以滇中城市群为例[J].山地学报,2024,42(2):210-224.

Zhou Ze, Quan Bin, Zhang Haibo. Identification of land-use conflict characteristics and analysis of driving forces: Taking the central Yunnan urban agglomeration as an example [J]. *Mountain Research*, 2024,42(2):210-224.

[3] 许学工,彭慧芳,徐勤政.海岸带快速城市化的土地资源冲突与协调:以山东半岛为例[J].北京大学学报(自然科学版),2006,42(4):527-533.

Xu Xuegong, Peng Huifang, Xu Qinzheng. Conflict and coordination of land resources in rapid urbanization of coastal zone: Taking Shandong peninsula as an example [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2006,42(4):527-533.

[4] 江颂,蒙古军.土地利用冲突研究进展:内容与方法[J].干旱区地理,2021,44(3):877-887.

Jiang Song, Meng Jijun. Process of land use conflict research: Contents and methods [J]. *Arid Land Geography*, 2021,44(3):877-887.

[5] 周国华,彭佳捷.空间冲突的演变特征及影响效应:以长株潭城市群为例[J].地理科学进展,2012,31(6):717-723.

Zhou Guohua, Peng Jiajie. The evolution characteristics and influence effect of spatial conflict: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration [J]. *Progress in Geography*, 2012,31(6):717-723.

[6] 冉娜,金晓斌,范业婷,等.基于土地利用冲突识别与协调的“三线”划定方法研究:以常州市金坛区为例[J].资源科学,2018,40(2):284-298.

Ran Na, Jin Xiaobin, Fan Yeting, et al. ‘Three Lines’ delineation based on land use conflict identification and coordination in Jintan District, Changzhou [J]. *Resources Science*, 2018,40(2):284-298.

[7] 廖李红,戴文远,陈娟,等.平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析[J].资源科学,2017,39(10):1823-1833.

Liao Lihong, Dai Wenyuan, Chen Juan, et al. Spatial conflict between ecological-production-living spaces on Pingtan Island during rapid urbanization [J]. *Resources Science*, 2017,39(10):1823-1833.

[8] Campbell J D, Gichohi H, Mwangi A, et al. Land use conflict in Kajiado District, Kenya [J]. *Land Use Policy*, 2000,17(4):337-348.

- [9] 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 Shukui. Research on concept, characters and trigger factors of land conflicts in China [J]. China Land Science, 2008,22(4):4-11.
- [10] 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 Bohau, Lv Changhe. The progress and prospect of land use conflicts [J]. Progress in Geography, 2006,25(3):106-115.
- [11] 周德,徐建春,王莉.近 15 年来中国土地利用冲突研究进展与展望[J].中国土地科学,2015,29(2):21-29.
Zhou De, Xu Jianchun, Wang Li. Process of land use conflict research in China during the past fifteen years [J]. China Land Sciences, 2015,29(2):21-29.
- [12] 李晨欣,陈松林,李晶,等.基于“三生”空间的土地利用冲突时空演变特征研究:以厦门、漳州和泉州城市群为例[J].水土保持通报,2022,42(3):247-254.
Li Chenxin, Chen Songlin, Li Jing, et al. Evolution of spatio-temporal characteristics of land use conflict based on productional-living-ecological space: A case study at Xiamen-Zhangzhou-Quanzhou urban agglomeration [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022,42(3):247-254.
- [13] 周晓艳,宋亚男.1982—2015 年国际土地利用冲突研究文献计量分析[J].城市发展研究,2017,24(1):100-108.
Zhou Xiaoyan, Song Yanan. Bibliometric analysis of land use conflict research during 1982—2015 [J]. Urban Development Studies, 2017,24(1):100-108.
- [14] 胡艺川,安睿,杨佳明,等.基于景观格局的土地利用冲突测度及驱动机制研究:以武汉城市圈为例[J].水土保持研究,2024,31(6):354-364.
Hu Yichuan, An Rui, Yang Jiaming, et al. Measurement and driving mechanism of land use conflict based on landscape pattern: A case study of Wuhan metropolitan area [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024,31(6):354-364.
- [15] 魏乐,周亮,孙东琪,等.黄河流域城市群扩张的时空格局演化及情景模拟:以呼包鄂榆城市群为例[J].地理研究,2022,41(6):1610-1622.
Wei Le, Zhou Liang, Sun Dongqi, et al. The evolution of spatio-temporal pattern and scenario simulation of urban agglomeration expansion in the Yellow River basin: A case study in the Hohhot-Baotou-Ordos-Yulin urban agglomeration [J]. Geographical Research, 2022,41(6):1610-1622.
- [16] 张莹,雷国平,林佳,等.辽中南城市群土地利用冲突强度时空演化及其主导因素分析[J].江苏农业科学,2018,46(22):270-275.
Zhang Ying, Lei Guoping, Lin Jia, et al. Analysis of spatial-temporal evolution of land use conflict intensity and its dominant factors in urban agglomeration of central and Southern Liaoning [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018,46(22):270-275.
- [17] 刘岩芳,李梅芳.三线冲突下京津冀城市群土地利用效率研究[J].边疆经济与文化,2021(10):29-31.
Liu Yanfang, Li Meifang. Research on the land use efficiency of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration under the three-line conflict [J]. The Border Economy and Culture, 2021(10):29-31.
- [18] 胡先培,吴帮雄.喀斯特小流域土地利用转型对生态系统服务价值的影响[J].贵州科学,2020,38(6):49-57.
Hu Xianpei, Wu Bangxiong. Influence of land use transformation on ecosystem service value of karst small watersheds [J]. Guizhou Science, 2020,38(6):49-57.
- [19] 湛东升,张文忠,党云晓,等.北京市公共服务设施空间集聚特征分析[J].经济地理,2018,38(12):76-82.
Zhan Dongsheng, Zhang Wenzhong, Dang Yunxiao, et al. Spatial clustering analysis of public service facilities in Beijing [J]. Economic Geography, 2018,38(12):76-82.
- [20] 袁甲,沈非,王甜甜,等.2000—2010 年皖江城市带土地利用/覆被变化对区域净初级生产力的影响[J].水土保持研究,2016,23(5):245-250.
Yuan Jia, Shen Fei, Wang Tiantian, et al. Impact of land use/cover change on regional net primary productivity in Wanjiang City belt during the period from 2000 to 2010 [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2016,23(5):245-250.
- [21] 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.
Xie Hualin. Regional eco-risk analysis of based on landscape structure and spatial statistics [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008,28(10):5020-5026.
- [22] 吕思雨,张金燕,毋兆鹏.精河县绿洲土地利用及其空间冲突研究[J].生态与农村环境学报,2022,38(4):428-436.
Lü Siyu, Zhang Jinyan, Wu Zhaopeng. Study on the spatial conflict of land use in Jinghe County oasis [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2022,38(4):428-436.
- [23] 陈竹安,冯祥瑞,洪志强,等.南昌市土地利用的空间冲突风险评估及分区优化研究:基于“三生空间”视角[J].世界地理研究,2021,30(3):533-545.
Chen Zhu'an, Feng Xiangrui, Hong Zhiqiang, et al.

- Research on spatial conflict calculation and zoning optimization of land use in Nanchang City from the perspective of “three living spaces” [J]. *World Regional Studies*, 2021, 30(3):533-545.
- [24] 陈理庭, 蔡海生. 昌江流域土地利用冲突时空演变及关键影响因素探析[J]. *生态与农村环境学报*, 2024, 40(1):55-67.
Chen Liting, Cai Haisheng. Spatial and temporal evolution of land use conflicts and their key influencing factors in the Changjiang River Basin [J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2024, 40(1):55-67.
- [25] 蒋金亮, 徐建刚, 吴文佳, 等. 中国人—地碳源汇系统空间格局演变及其特征分析[J]. *自然资源学报*, 2014, 29(5):757-768.
Jiang Jinliang, Xu Jiangan, Wu Wenjia, et al. Patterns and dynamics of China’s human-nature carbon source-sink system [J]. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(5):757-768.
- [26] 万慧琳, 王赛鸽, 陈彬, 等. 三江平原湿地生态风险评价及空间阈值分析[J]. *生态学报*, 2022, 42(16):6595-6606.
Wan Huilin, Wang Saige, Chen Bin, et al. Ecological risk assessment and spatial threshold analysis of wetlands in the Sanjiang Plain [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(16):6595-6606.
- [27] 孟斌, 王劲峰, 张文忠, 等. 基于空间分析方法的中国区域差异研究[J]. *地理科学*, 2005, 25(4):393-400.
Meng Bin, Wang Jinfeng, Zhang Wenzhong, et al. Evaluation of regional disparity in China based on spatial analysis [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2005, 25(4):393-400.
- [28] 徐珏, 黄春萍, 宋姝娟, 等. Moran’s *I* 系数分析手足口病的空间自相关性[J]. *浙江预防医学*, 2014, 26(6):541-543.
Xu Jue, Huang Chunping, Song Shujuan, et al. Spatial autocorrelation analysis on hand-foot-mouth disease using Moran’s *I* index [J]. *Zhejiang Journal of Preventive Medicine*, 2014, 26(6):541-543.
- [29] 王健, 刘欣雨. 基于“风险—效应”的土地利用空间冲突识别与测度[J]. *农业工程学报*, 2022, 38(12):291-300.
Wang Jian, Liu Xinyu. Recognizing and measuring spatial conflict of land use via “risk-effect” [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022, 38(12):291-300.
- ~~~~~
- (上接第 345 页)
- [19] 饶恩明, 肖焱. 四川省生态系统土壤保持功能空间特征及其影响因素[J]. *生态学报*, 2018, 38(24):8741-8749.
Rao Enming, Xiao Yi. Spatial characteristics and effects of soil conservation service in Sichuan Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(24):8741-8749.
- [20] 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 Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principle and prospective [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1):116-134.
- [21] 水利部关于批准发布水利行业标准的公告[J]. *中华人民共和国水利部公报*, 2015(1):21-26.
Announcement on the approval and publication of water industry standards [J]. *Gazette of the Ministry of Water Resources of the People’s Republic of China*, 2015(1):21-26.
- [22] 杨骐鸿. 基于生态系统服务供需的城市生态安全格局构建与管控: 以临沂市为例[D]. 山东 济南: 山东建筑大学, 2023.
Yang Qihong. Construction and Management of Urban Ecological Security Pattern Based on Ecosystem Service Supply and Demand [D]. Jinan, Shandong: Shandong Jianzhu University, 2023.
- [23] 田宇. 三峡库区水源涵养与土壤保持生态系统服务功能研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2020.
Tian Yu. Research on water source conservation and soil conservation ecosystem service functions in the Three Gorges Reservoir area [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry Science, 2020.
- [24] 刘长雨, 杨洁, 谢保鹏, 等. 黄河流域甘青段生境质量时空特征及其地形梯度效应[J]. *农业资源与环境学报*, 2023, 40(2):372-383.
Liu Changyu, Yang Jie, Xie Baopeng, et al. Temporal and spatial characteristics of habitat quality and its topographic gradient effect in the Gansu-Qinghai section of the Yellow River basin [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2023, 40(2):372-383.