

基于 GeoDetector 模型的皖南国际文化旅游示范区 土地利用变化及冲突识别研究

杨宗霖, 周振宏, 高超群

(安徽农业大学 林学与园林学院, 安徽 合肥 230036)

摘要: [目的] 识别皖南国际文化旅游示范区土地利用空间冲突格局, 探究其与土地利用变化的关联机制, 为区域协调可持续发展提供科学依据。[方法] 基于景观格局指数构建冲突测度模型, 定量分析 2000—2023 年土地利用变化特征、土地利用冲突与土地利用强度时空分异规律, 结合地理探测器探究影响机制。[结果] ① 2000—2023 年, 皖南国际文化旅游示范区土地利用呈现耕地、林地缩减, 建设用地扩张趋势, 转移热点集中于北部沿江平原及南部山间盆地, 林地通过双向转换维持生态基底功能。② 研究期内冲突水平呈“北高南低”格局且整体趋缓。土地利用强度同步下降, 形成“山区低强度条带-平原高强度节点”分异格局。③ 区域内土地利用冲突与土地利用强度空间协同性显著增强, 全局 Moran's I 指数持续上升, 高值集聚区与建设用地扩张热点重叠。④ 坡度成为制约冲突格局的主要自然环境因素。土地利用强度与 GDP 之间的相互作用水平与土地利用强度与自然环境因子之间的相互作用水平相当, 揭示了经济发展意图突破自然约束的趋势。56.6% 的耕地被转为建设用地, 证实了这种双重驱动效应。[结论] 皖南国际文化旅游示范区土地利用冲突水平下降但空间分异加剧, 受自然和经济因素的双重驱动。亟需通过国土空间用途管制严控北部平原开发, 统筹协调全区域生态保护与集约利用, 推动皖南国际文化旅游示范区高质量发展。

关键词: 土地利用变化及冲突; 土地利用强度; 时空演变; 双变量空间自相关; 皖南国际文化旅游示范区
文献标识码: A **文章编号:** 1000-288X(2025)05-0409-12 **中图分类号:** TU98, F301.24

文献参数: 杨宗霖, 周振宏, 高超群. 基于 GeoDetector 模型的皖南国际文化旅游示范区土地利用变化及冲突识别研究[J]. 水土保持通报, 2025, 45(5): 409-420. Yang Zonglin, Zhou Zhenhong, Gao Chaoqun. Land use change and conflict identification in South Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone using GeoDetector model [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2025, 45(5): 409-420. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2025.05.026; CSTR: 32312.14.stbctb.2025.05.026.

Land use change and conflict identification in South Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone using GeoDetector model

Yang Zonglin, Zhou Zhenhong, Gao Chaoqun

(College of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China)

Abstract: [Objective] This study aims to identify the spatial conflict patterns of land use within the Southern Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone and to investigate their correlation with land use change, in order to provide a scientific basis for regional coordinated and sustainable development. [Methods] A land use conflict measurement model based on landscape pattern indices was constructed, and quantitative analyses to characterize land use change, land use conflict, and land use intensity from 2000 to 2023 were conducted combining the geographic detector method to examine the driving mechanisms. [Results] ① From 2000 to 2023, land use within the zone showed a trend of cultivated land and forest land decreasing, while construction land expanded. Land conversion hotspots concentrated in the northern riverside plains and southern intermountain

收稿日期: 2025-02-24

修回日期: 2025-06-23

采用日期: 2025-06-27

资助项目: 国家自然科学基金青年基金项目“基于结构-生态功能耦合关系的城镇绿色空间构建研究: 以合肥市为例”(41301650)

第一作者: 杨宗霖(1998—), 男(汉族), 重庆市人, 硕士研究生, 研究方向为土地利用冲突、城乡规划。Email: yangzonglin@stu.ahau.edu.cn。

通信作者: 周振宏(1979—), 男(汉族), 安徽省望江县人, 讲师, 主要从事城乡规划、土地利用/覆盖变化和景观可持续研究。Email: zhouzhenhong@ahau.edu.cn。

basins. Forest land maintained its ecological substrate function through bidirectional conversions. ② The level of land use conflict exhibited a spatial pattern of higher values in the north and lower values in the south, but the overall trend decelerated. Land use intensity decreased at the same time, resulting in a differentiated pattern characterized by low-intensity strips in mountainous areas and high-intensity nodes in plains. ③ Spatial synergy between land use conflict and land use intensity significantly strengthened during the study period. The overall Moran's I index increased continuously, and high-value agglomeration areas overlapped with hotspots of construction land expansion. ④ Slope emerged as the dominant natural environmental factor constraining the conflict pattern. The interaction level between land use intensity and GDP was comparable to that between land use intensity and natural environmental factors, which revealed a trend where economic development intentions challenge natural constraints. This dual-driver effect was supported by the finding that 56.6% of lost cultivated land was converted for urban construction. [Conclusion] While the overall level of land use conflict decreased within the Southern Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone, spatial differentiation intensified because of both natural and economic factors. Strict control of development in the northern plains through territorial spatial use regulation remains necessary. At the same time, coordination of ecological protection and intensive land use across the entire region is required to drive high-quality development of the International Cultural Tourism Demonstration Zone.

Keywords: land use change and conflict; land use intensity; spatiotemporal evolution; bivariate spatial autocorrelation; Southern Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone

土地是人类赖以生存和发展最基本的自然资源和物质基础^[1]。土地利用方式和变化情况直接或间接影响着区域的生态平衡、经济发展和社会稳定。土地资源具有供给有限性^[2],社会发展进程中,人类财富积累与多元化发展需求的持续增长趋势,使得土地资源有限性之间的结构性矛盾突出,土地利用供需失衡,进而导致人地关系日趋紧张^[3-4]。尤其在生态脆弱与经济活跃的过渡地带,如何平衡开发与保护的关系,已成为实现可持续发展的重要挑战。频繁发生的土地利用冲突问题逐渐成为土地资源可持续利用的阻碍。精准把控土地利用变化情况和识别土地利用冲突有利于预警和协调冲突用地^[5]。

早在 1977 年,英国乡村协会率先将“土地利用冲突”纳入城市边缘区学术讨论,促进该议题在国际研究的兴起。而中国对此的关注则始于 2001 年,直至 2015 年通过全国高校土地资源管理会议及土地科学论坛,使“土地利用冲突”成为国内学术热点,并自此取得了显著研究成果^[6]。现有研究主要围绕以下方面:研究尺度主要包含城市群^[7],省、市级^[8-9],流域^[10]以及部分特殊经济区域^[11]。研究内容主要包括对土地利用冲突理论概念,土地利用冲突诊断^[12],土地利用冲突评价及优化调控等^[13]。方法体系主要包括 PSR(压力-状态-响应)模型分析方法^[14],景观生态风险模型^[15],博弈论分析法等^[16]。尽管学者在土地利用冲突研究领域不断深化,但是仍存在局限。现有研究在区域选择上存在显著的空间类型偏倚,多聚焦于单一驱动因素主导的典型区域,例如经济高速

扩张的东部平原地区^[3]、生态脆弱的西部山地^[17]及西北荒漠边缘城市^[18-19],然而,对平原—山地过渡的低山丘陵区关注不足。低山丘陵区地貌破碎化程度高,土地利用单元零散;显著坡度变幅制约农业开发与水土保持,水系结构受地形控制。作为平原—山地过渡带,其生物多样性相对丰富但生态脆弱性突出,抗干扰能力弱。这些因素共同引发了区域空间资源冲突加剧、生态系统修复困难、灾害风险防控成本高、基础设施供给效率低下及产业发展受限等治理挑战。现有研究多直接从空间冲突视角切入,未能充分纳入土地利用变化的历史演变过程^[20],忽视了地类转换过程作为冲突形成的基础。尽管已有研究通过构建间隔层、类别层和转换层分析利用强度^[21],或借助空间计量、阈值回归等模型探究利用效率对冲突的影响趋势,揭示效率-冲突机制^[22],但仍缺乏对土地利用强度与冲突二者空间格局演变关联的探讨。因此,探明过去近 20 a 皖南国际文化旅游示范区土地利用冲突与土地利用强度的演变特征和影响因素,有利于识别皖南地区的土地利用问题。

皖南国际文化旅游示范区是安徽省境内长江以南的区域,区域内生态资源丰富、历史底蕴浓郁,其优越的自然景观和人文资源为安徽省旅游业发展提供重要支撑。随着旅游资源的开发,研究区内城镇化发展迅速,土地资源受到不同程度的开发,区域发展不协调^[23]。并且忽视了生态环境的保护,土地利用冲突问题严重。目前,有关皖南国际文化旅游示范区的研究多局限于生态系统服务^[24],地形梯度分

析^[25],洪涝和滑坡等灾害风险探究^[26-27],然而对于土地利用变化和土地利用冲突特征研究较少。因此,本文以皖南国际文化旅游示范区为研究对象,基于景观格局指数构建土地利用冲突综合指数模型,并借助地理探测器,综合探讨研究区内土地利用冲突与强度的空间相关性。通过对土地利用冲突演化特征及其影响因素进行深入研究,为皖南国际文化旅游示范区可持续发展提供科学依据和建议。

1 研究区概况和数据来源

1.1 研究区概况

皖南国际文化旅游示范区地处安徽南部,总面积约 $5.70 \times 10^4 \text{ km}^2$,行政下辖主要包括安庆、黄山、芜湖、马鞍山、铜陵、宣城、池州7市。研究区整体地势南高北低。区域内气候宜人,雨水充沛,年均温度保持在 $15 \sim 16 \text{ }^\circ\text{C}$,年均降水量则保持在 $1\ 200 \sim 2\ 600 \text{ mm}$ ^[25]。由于皖南国际文化旅游示范区位置便捷,与苏浙赣

3省交界,是承接长三角产业发展的前沿阵地。同时也是安徽省“中部崛起”战略的重要载体^[23]。近20a来该区域土地利用方式转换频繁,对区域内的自然环境造成一定破坏。因此,探明皖南国际文化旅游示范区的用地格局特征和土地利用冲突演变情况是缓解皖南国际文化旅游示范区自然环境与社会发展矛盾的重要手段。

1.2 数据来源

本研究采用的2000,2010和2023年3期土地利用数据($30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$)来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/>)。选用投影坐标系WGS_1984_UTMZone_50N,利用ArcGIS将数据重分类为6类,分别为耕地、林地、草地、水体、建设用地和未利用地。结合前人^[28-29]研究并依据影响因子可获得性、时效性和显著性原则,主要选择与土地利用冲突相关的自然环境因素、社会经济因素和交通区位因素进行分析。数据来源详见表1。

表1 相关数据类型及来源

Table 1 Related data types and sources

数据种类	数据名称	数据来源
自然环境因素	DEM高程数据	地理空间数据云网站(http://www.gscloud.cn/)
	坡度	基于高程计算所得
	NDVI	地理空间数据云网站(http://www.gscloud.cn/)
社会经济因素	人口分布	全球人口数据网站(https://landscan.ornl.gov)
	GDP	地理遥感生态网(http://www.gisrs.cn)
交通区位因素	土地利用强度	基于土地利用数据计算所得
	道路密度	OSM数据集(https://www.openstreetmap.org)
	距城市驻地距离	OSM数据集(https://www.openstreetmap.org)

2 研究方法

2.1 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵是描述不同土地类型相互转换的一种方式,用于定量体现不同土地类型间面积变化的数量与方向。具体表达式为:

$$U = \begin{bmatrix} U_{11} & \cdots & U_{1N} \\ U_{M1} & \cdots & U_{MN} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: U 为土地利用面积; U_{ii} 为研究期内土地利用类型未发生变化的面积; U_{ij} 为研究期内由第*i*类土地转变为第*j*类土地利用类型的面积。

2.2 土地利用动态度

土地利用动态度能够量化特定时期土地利用类型数量变化的幅度与速率,以揭示其剧烈程度及区域差异,具体包括单一土地利用动态度和综合土地利用动态度。

单一土地利用动态度能够表征某一时段内单一土地利用类型的变化速度。其计算公式为

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: K 表示某种土地利用类型的动态度; U_a 、 U_b 分别为时段初期和末期土地利用类型的面积(km^2); T 为研究时段长度(a)。

综合土地利用动态度可以表征土地利用变化总体过程的剧烈程度。其计算公式为

$$L_c = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta L_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n U_i} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中: L_c 表示研究区某时段综合土地利用动态度; ΔL_{i-j} 为时段初到时段末第*i*种土地利用类型转化为*j*类土地利用类型的面积的绝对值; U_i 为时段初期*i*类土地利用类型的面积。

2.3 土地利用冲突测度模型构建

基于景观格局指数构建土地利用冲突测度指数既可以实现土地利用冲突的空间化表达,又能揭示区域生态风险,因而具备较高的实用价值和广泛的适用范围。从土地利用景观的3个维度(复杂性-脆弱性-稳定性)构建土地利用冲突测算模型,既能从斑块级别精细地刻画土地利用冲突,又能揭示区域生态风险。

土地利用冲突测算公式为

$$SCCI = CI + FI - SI \quad (4)$$

式中:SCCI为土地利用冲突强度;CI为复杂性指数;FI为脆弱性指数;SI为稳定性指数。为方便统一计算,对计算结果进行[0,1]标准化处理。按照自然间断点法进行分为[0,0.201]稳定可控空间,[0.201,0.358]基本可控空间,[0.358,0.493]轻度冲突空间,[0.493,0.635]中度冲突空间,[0.635,1]重度冲突空间。

2.3.1 复杂性指数

复杂性指数采用面积加权平均斑块分维数(AWMPFD)度量,该指标通过量化景观斑块周长与面积的非线性关系表征几何结构复杂性。AWMPFD值越高,表明斑块形状越不规则,空间结构越复杂,反之则趋向规则稳定。其表达式为

$$AWMPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \left[\frac{2 \ln(0.25) P_{ij} \left(\frac{a_{ij}}{A} \right)}{\ln(a_{ij})} \right] \quad (5)$$

式中: P_{ij} 为第*i*种地类第*j*个斑块的周长; a_{ij} 为第*i*地类第*j*个斑块的面积; A 为空间单元面积。

2.3.2 脆弱性指数

脆弱性指数是衡量土地利用单元对外部压力及其过程响应程度的指标,可表征土地利用系统脆弱度,并反映土地利用类型受干扰后的恢复能力。根据研究区实际情况,各土地利用类型的脆弱度赋值为耕地=3,林地=1,草地=2,水域=4,建设用地=6,未利用地=5。其表达式为

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

式中: F_i 为景观*i*的脆弱性指数; a_i 为单元内各类景观面积; n 为景观类型数; S 为空间单元总面积。

2.3.3 稳定性指数

稳定性指数选取斑块密度(PD)作为衡量景观稳定性负向衡量指标。斑块密度在多年间的波动能有效克服静态分析的局限,直接反映冲突引发的空间破碎化动态。斑块密度指数越大,表明空间单元越破碎,稳定性越低。其表达式为

$$SI = 1 - PD = 1 - \frac{n_i}{A} \quad (7)$$

式中: n_i 为单元内景观*i*的斑块数目; A 为空间单元面积。

2.4 土地利用强度模型

人类为满足对土地供给能力的需求,通过调整土地利用方式和结构,并加大利用强度,进而对土地的结构和功能产生影响。本研究利用土地利用强度格局变化,进一步探究土地利用冲突和利用变化过程。参考柳冬青等^[30]研究,对研究区内不同地类进行强度等级权重赋值:耕地为3,林地为2.5,草地和水域为2,建设用地为4,未利用地为1。计算公式为

$$L = \sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i = \sum_{i=1}^n A_i \times \frac{S_i}{S} \quad (8)$$

式中: L 为土地利用强度; A_i, C_i 分别为第*i*级土地利用类型的强度分级指数和所占面积百分比; S_i 为第*i*级土地利用类型面积; S 为土地总面积。故将研究区土地利用强度经标准化处理之后按自然间断点法进行分为[0,0.184]低利用空间,[0.184,0.314]较低利用空间,[0.314,0.444]中等利用空间,[0.444,0.609]较高利用空间,[0.609,1]高利用空间。

2.5 双变量空间自相关分析

双变量空间自相关分析旨在揭示两个不同地理变量在空间分布上的关联性,本文基于GeoDa空间分析软件对合肥市土地利用冲突与土地利用强度进行双变量空间自相关分析。借助全局空间自相关和局部空间自相关来对皖南国际文化旅游示范区土地利用冲突结果进行空间分析。双变量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。双变量局部自相关分析是从局部分析邻域单元是否存在相似的集聚特征,主要以高高、高低、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。相关计算公式详见参考文献[31]。

2.6 地理探测器

地理探测器(GeoDetector)作为揭示潜在影响因子的一种统计学方法,被广泛应用于自然资源保护和社会经济问题的研究中。模型不仅能探测单因子的空间分异,还可以探测2个因子的交互作用。本文基于GeoDetector对研究区土地利用冲突与各影响因素之间的相互关系进行分析。

2.6.1 因子探测器

因子探测器的非参数特性、分层兼容性和可解释性,能够适应地理数据的复杂性。其主要用于分

析不同因子对土地利用冲突空间差异的分别影响程度,计算公式为

$$q = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n N_i \sigma_i^2}{N \sigma^2} \quad (9)$$

式中: q 为土地利用冲突影响因子的解释力指标($0 \leq q \leq 1$), q 值越大,说明该影响因子对土地利用冲突空间差异的影响程度越强; $i=1 \dots n$ 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; σ, σ_i^2 分别为整个研究区域和 i 层的方差。

2.6.2 交互探测器

交互探测器能揭示多因子耦合驱动的非线性机制。主要用于识别不同因子之间的交互影响作用,即2个因子共同作用时,是否会增加或减弱对土地利用冲突空间差异的影响程度,双因子交互作用类型详见表2。表中min和max分别为最小和最大值。

表 2 双因子交互作用类型

Table 2 Types of two-factor interactions

判断依据	交互作用类型
$q(X_1 \cap X_2) < \min[q(X_1), q(X_2)]$	非线性减弱
$\min[q(X_1), q(X_2)] < q(X_1 \cap X_2) < \max[q(X_1), q(X_2)]$	单因子非线性减弱
$q(X_1 \cap X_2) > \max[q(X_1), q(X_2)]$	双因子增强
$q(X_1 \cap X_2) = q(X_1) + q(X_2)$	独立关系
$q(X_1 \cap X_2) > q(X_1) + q(X_2)$	非线性增强

3 结果与分析

3.1 土地利用时空变化分析

采用 ArcGIS 10.8 软件提取出 2000, 2010 和 2023 年皖南国际文化旅游示范区土地利用空间格局特征(图 1), 并进行统计分析。总的来说, 研究区各土地利用类型空间分布分异明显, 耕地与水域集中分布于北部长江沿岸平原地带, 林地、草地则密集覆盖南部山区, 而建设用地以北部平原为主要集聚区, 在南部则呈散点状分布于市县建成区。根据皖南国际文化旅游示范区土地利用动态变化和面积比例及变化情况(表 3—4) 具体来讲, 耕地面积比例分别为 38.44%, 37.24% 和 33.57%, 总体呈现下降趋势且最为显著, 总体减少 4.87%。且耕地单一动态度绝对值为 0.63%; 林地面积比例分别为 44.08%, 43.96% 和

43.74%, 总体减少 0.34%。但林地面积一直保持在 43% 以上占绝对主体, 这是皖南国际文化旅游示范区自然生态环境的自然基底; 城乡建设用地所占面积比例分别为 3.20%, 4.49% 和 6.81%, 呈现显著的增加趋势, 总体增加 3.61%, 且研究期间建设用地单一动态度绝对值为 5.62%。未利用地的面积例比最小, 但在研究期间未利用地的单一动态度变化最大, 绝对值为 6.81%。结合各地类所处地貌类型来看, 耕地与建设用地均集中分布于北部沿江平原及南部山间盆地, 这种空间重叠性揭示出地形平坦区域同时具备耕作适宜性与城镇建设优势, 进而形成人地互动的典型区域。南部山区因山势连绵形成天然生态屏障, 高密度分布的林地、草地不仅构成区域生态系统核心, 更为黄山、九华山等生态旅游区提供景观基底, 凸显自然地理条件对土地利用格局的深层控制作用。

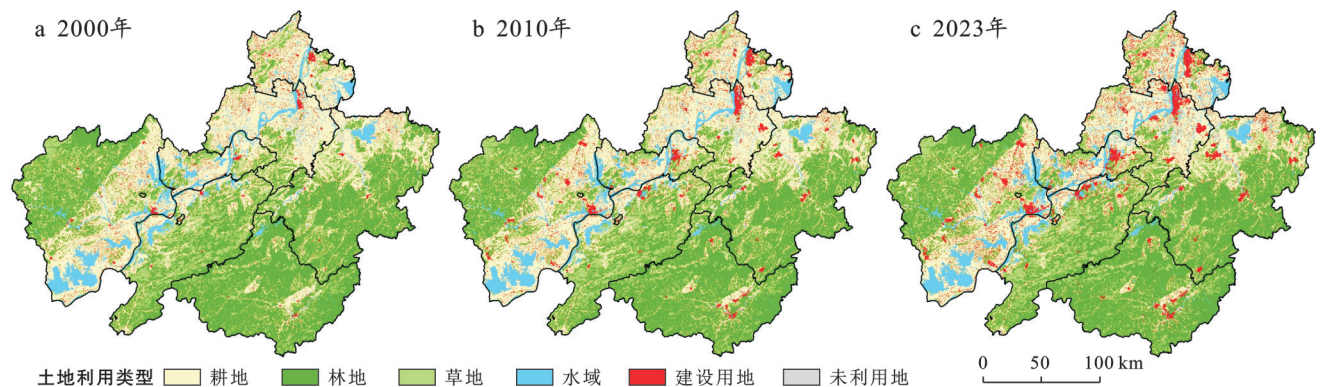


图 1 皖南国际文化旅游示范区 2000—2023 年土地利用空间格局特征

Fig.1 Spatial patterns of land use in South Anhui's Cultural Tourism Zone from 2000 to 2023

表 3 皖南国际文化旅游示范区 2000—2023 年土地利用动态度

Table 3 Land use dynamics in South Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone from 2000 to 2023

研究时段	单一动态度/%						综合动态度/%
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	
2000—2010 年	-0.31	-0.03	-0.07	0.15	4.01	0.68	0.15
2010—2020 年	-0.99	-0.05	1.45	0.65	5.15	12.12	0.26
2000—2023 年	-0.63	-0.04	0.68	0.41	5.62	6.81	0.19

表 4 2000—2023 年皖南国际文化旅游示范区面积比例及变化

Table 4 Areal percentage and dynamics of land use in South Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone from 2000 to 2023

研究时段	面积比例及变化/%					
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2000 年	38.44	44.08	7.93	6.33	3.20	0.01
2010 年	37.24	43.96	7.88	6.43	4.49	0.01
2023 年	33.57	43.74	9.02	6.85	6.81	0.02
2000—2010 年	-1.20	-0.13	-0.06	0.09	1.29	0.00
2010—2023 年	-3.67	-0.21	1.14	0.42	2.32	0.01
2000—2023 年	-4.87	-0.34	1.09	0.52	3.61	0.01

3.2 土地利用空间结构转移分析

进一步根据转移矩阵模型得到皖南国际文化旅游示范区不同阶段土地利用空间结构转化情况(表 5)并对空间格局进行可视化处理(图 2)。2000—2023 年皖南国际文化旅游示范区土地利用变化显著。耕地转出总量达 3 156.93 km²,其中 1 786.09 km²

转化为建设用地占 56.6%。建设用地对耕地的强烈侵占明显,深刻揭示城镇化扩张与耕地保护间的尖锐矛盾,表明传统土地增量模式已不可持续。林地与草地双向转换,林地转出 993.87 km²,草地回流 35.38 km²。反映生态修复与自然演替的交互作用,但林地占比始终稳定在 43% 以上,维持其生态基底功能。建设用地转入量的 90% 以上源于耕地,与其比例增幅 3.61% 的趋势一致。水域与未利用地虽规模较小但变化活跃,48.8% 水域转出用于耕地开发,未利用地则以 6.81% 的动态强度主要转向草地和水域,体现边缘土地的生态或生产功能替代。结合空间格局演变图分析,耕地与建设用地转换集中于北部平原及南部盆地,印证平坦地形的开发优势;林地与草地调整则多分布于南部山区,反映生态敏感区利用的复杂性。总体而言,区域土地利用呈现“耕地流失—建设用地扩张”核心驱动,生态用地动态平衡与未利用地功能转化的双重特征。土地利用演变过程受城镇化与生态保护政策共同作用。如林地管控、未利用地治理等,亟需通过优化空间资源配置协调发展与生态安全。

表 5 皖南国际文化旅游示范区 2000—2023 年土地利用转移矩阵

Table 5 Land use transition matrix in South Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone from 2000 to 2023

单位:km²

项目	2023 年						
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	
2000 年	耕地	—	752.74	272.59	342.45	1 786.09	3.06
	林地	343.68	—	414.32	35.69	197.48	2.70
	草地	0.39	35.38	—	5.18	48.84	0.21
	水域	40.20	7.41	18.90	—	28.46	0.04
	建设用地	2.52	3.17	2.67	3.29	—	0.03
	未利用地	0.01	0.04	0.10	0.17	0.02	—

3.3 土地利用冲突时空演变特征

根据土地利用冲突综合指数模型得到皖南国际文化旅游示范区 2000—2023 年不同时期的土地利用冲突统计情况(表 6),并对冲突水平格局特征进行可视化(图 3)。空间格局方面,2000—2023 年研究区土地利用冲突呈现显著时空演变特征。整体保持“北高南低”的分布态势,但冲突水平呈现持续改善趋势,平均冲突水平由 0.468 降至 0.452。研究期内,轻

度和中度冲突空间始终占据主导地位,两者合计占比从 55.84% 提升至 56.28%,反映出区域空间治理成效。从不同冲突类型来看,稳定可控空间波动增加 0.18%,基本可控空间持续增加 2.8%,两种空间类型主要集中分布于黄山、九华山、天目山等南部生态保育区。该区域以林草地等生态空间为主体,叠加自然保护区管控政策有效限制了人类活动干扰,从而维持可控水平。轻度冲突空间总体增长 1.36%,主要

分布于农业生产强度较高的耕地集中区,农业开发活动导致空间竞争加剧。中度冲突区虽下降 0.92%,但仍显著集中于北部平原及长江沿岸地带,以城市建成区周边点状分布为特征,其演变与城镇化扩张进程密切相关。重度冲突空间降幅达 3.37%,空间形态由面状收缩为块状集聚,主要分布在安庆、芜湖、

马鞍山、宣城等城市建成区。这种转变得益于安徽省《新型城镇化规划》和《国土空间生态修复规划》战略性空间管治政策的实施:不仅通过管控开发强度、盘活存量用地与立体开发,抑制城市蔓延,还强化皖南山区生态屏障修复,清退景区生态敏感区经营性用地并严控新建活动。

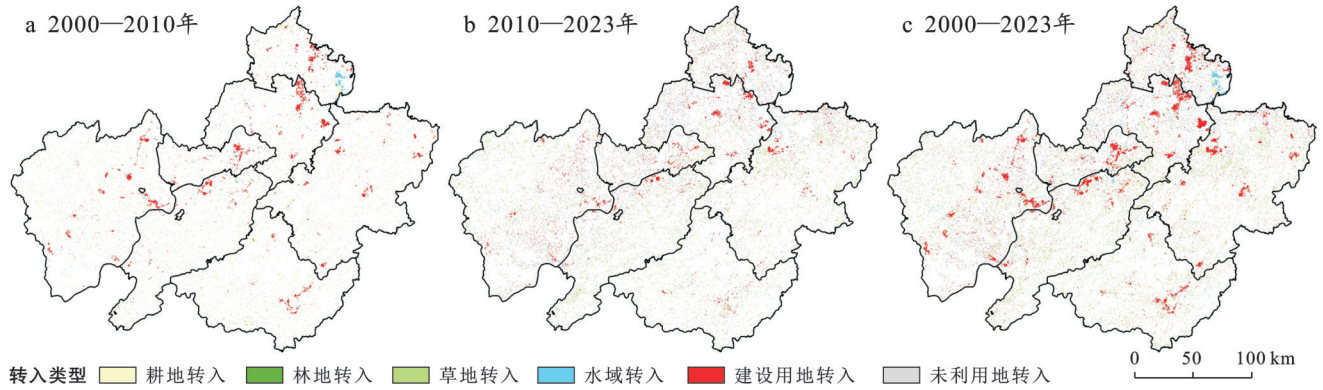


图 2 皖南国际文化旅游示范区 2000—2023 年空间格局演变
 Fig.2 Spatio-temporal dynamics of landscape patterns in South Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone from 2000 to 2023

表 6 皖南国际文化旅游示范区 2000—2023 年土地利用冲突与土地利用强度等级统计
 Table 6 Classification statistics of land use conflict and intensity gradients in South Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone from 2000 to 2023

空间类型	空间单元所占比例/%			空间类型	空间单元所占比例/%		
	2000年	2010年	2023年		2000年	2010年	2023年
稳定可控空间	9.28	9.68	9.46	低利用空间	5.27	9.79	11.11
基本可控空间	15.93	18.15	18.73	较低利用空间	26.14	42.53	42.32
轻度冲突空间	27.62	29.31	28.98	中等利用空间	35.87	21.97	20.27
中度冲突空间	28.22	28.90	27.30	较高利用空间	27.44	23.46	21.31
重度冲突空间	18.95	13.96	15.53	高利用空间	5.27	2.24	4.98
平均冲突水平	0.468	0.449	0.452	平均利用水平	0.389	0.338	0.342

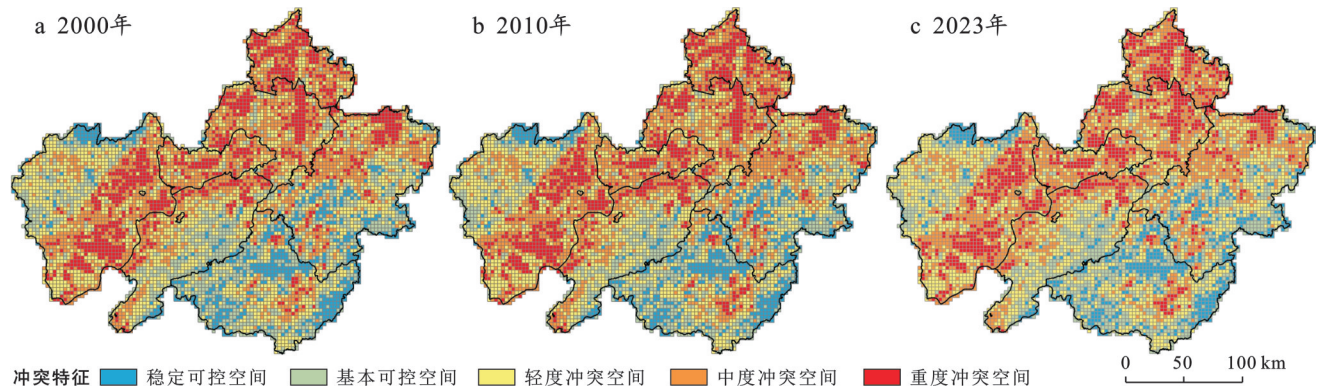


图 3 皖南国际文化旅游示范区 2000—2023 年土地利用冲突格局特征
 Fig.3 Characteristics of land use conflict pattern in Southern Anhui International Tourism and Culture Demonstration Zone from 2000 to 2023

3.4 土地利用强度演变特征

为深入研究土地利用冲突,对皖南国际文化旅游示范区土地利用强度演变趋势进行分析(图 4)。

近 20 a 来皖南国际文化旅游示范区土地利用强度总体呈现下降趋势(表 6),平均利用水平从 0.389 下降至 0.341。这与区域土地利用冲突水平形成空间

响应。其中较低利用空间和中等利用空间占比达到 60% 以上。从空间类型来看,低利用空间呈增幅最为显著,空间占比提升 5.84%。较低利用空间经历先增后降的波动过程,最终实现 16.18% 的净增长。中等利用空间和较高利用空间分别下降 15.60% 和 6.13%。高利用空间呈现波动下降的趋势,但降幅较小为 0.29%。

从空间演变格局来看,低利用空间以条带状特征显著分布于两个典型区域。一是安庆西南部与宣城北部的水网密集区,二是池州中部的高海拔山地,这些区域因长期维持低人口密度且受自然地理条件制约,形成了稳定的低强度利用格局。较低利用空

间在安庆西北部、宣城南部及黄山等山地林区呈现块状集聚,反映出复杂地形对开发强度的天然限制。中等利用空间集中分布于地势平缓的农耕区,其空间形态由早期面状连片分布逐渐转变为块状分散模式,这与安徽省持续推进的生态保护区划、国家森林公园建设以及耕地保护政策的实施密切相关。高利用空间以点状形态零星分布于安庆市东南部、铜陵市、池州市、芜湖市及马鞍山市等沿江平原城市群的核心建成区,这主要归因于其作为区域经济中心的人口集聚效应和长江经济带的频繁商贸活动。较高利用空间则呈现块状连续布局特征,与主要城市建设用地扩张区域高度重叠。

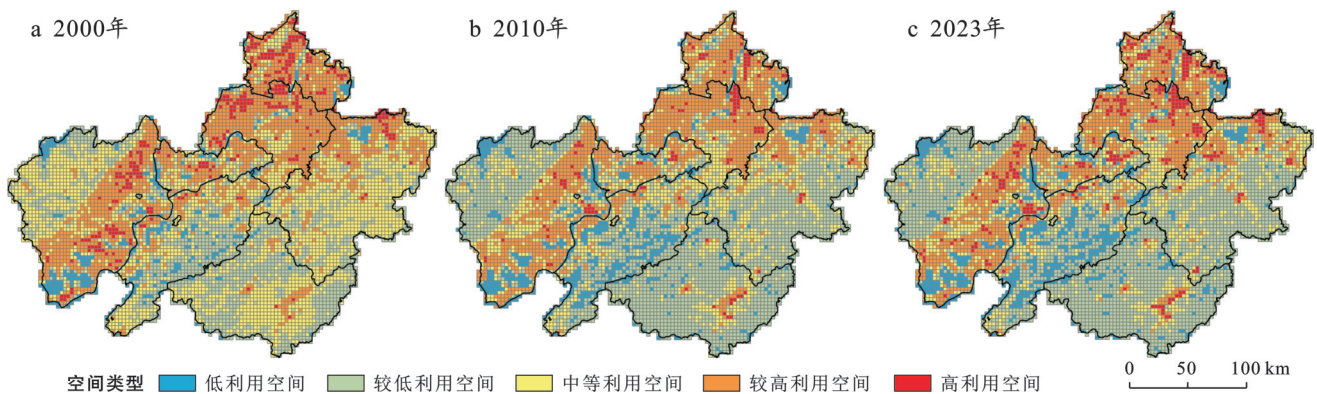


图 4 皖南国际文化旅游示范区 2000—2023 年土地利用强度空间格局特征

Fig.4 Spatial pattern characteristics of land use intensity in South Anhui International Cultural Tourism Demonstration Zone from 2000 to 2023

3.5 土地利用冲突与土地利用强度双变量空间自相关分析

对研究期内各时间节点土地利用冲突和土地利用强度结果进行双变量空间自相关分析。结果显示,全局 Moran's I 指数持续上升,分别为 0.526, 0.575 和 0.637,且 p 值均小于 0.001。表明 2000—2023 年,研究区土地利用冲突与土地利用强度具有显著正相关。根据双变量空间自相关检验 Z 值分别为 1 612.11, 1 233.41 和 567.53,进一步揭示空间集聚特征显著,但集聚强度随时间呈递减趋势。2000—2023 年空间聚类分布呈现显著分异特征(如图 5 所示)。低-低类型占主体地位,主要集中在皖南山区和安庆市西北部山区,对皖南生态环境的保护政策为保持低冲突水平奠定重要基础。高-高类型主要分布在长江平原沿岸,与冲突高值区空间耦合特征明显。高-低类型和低-高类型数量比例较少,主要环布于城市建成区边缘。

3.6 地理探测器

自然地理环境、社会经济发展和交通区位条件等因素综合影响土地利用冲突。因此,为揭示 2023

年皖南国际文化旅游示范区土地利用冲突的影响机制,具体选取高程(X_1)、坡度(X_2)、NDVI(X_3)表征自然因素,人口分布(X_4)、GDP(X_5)、土地利用强度(X_6)表征社会因素,道路密度(X_7)、距城市驻地距离(X_8)表征交通因素。为探究 2023 年皖南国际文化旅游示范区的土地利用冲突驱动因素。对上述自变量及因变量采用自然间断点法进行离散化重分类,统一划分为 5 个等级,并通过分区统计确保其在 6 640 个空间单元上的数据层级一致且相互匹配。最后将处理数据导入地理探测器模型,分别执行单因子探测以量化各因素的独立影响,以及双因子交互探测以解析任意两因素间的交互作用。

3.6.1 因子探测结果

运用地理探测器中的因子探测来系统分析 2023 年皖南国际文化旅游示范区自然因素、社会因素和交通区位对土地利用冲突水平的影响。因子探测结果表 7 所示,所有解释变量均通过显著性检验($p < 0.05$),其解释力(q)从高到低依次为:坡度(0.597) > 高程(0.485) > 人口分布(0.279) > NDVI(0.156) > GDP(0.088) > 道路密度(0.079) > 距城市驻地距离

(0.067) > 土地利用强度(0.062)。由此可见,自然地形环境是研究区土地利用冲突的主导驱动因素,其

中地形因子(坡度、高程)的解释力尤为突出,显著高于社会经济与交通要素的作用强度。

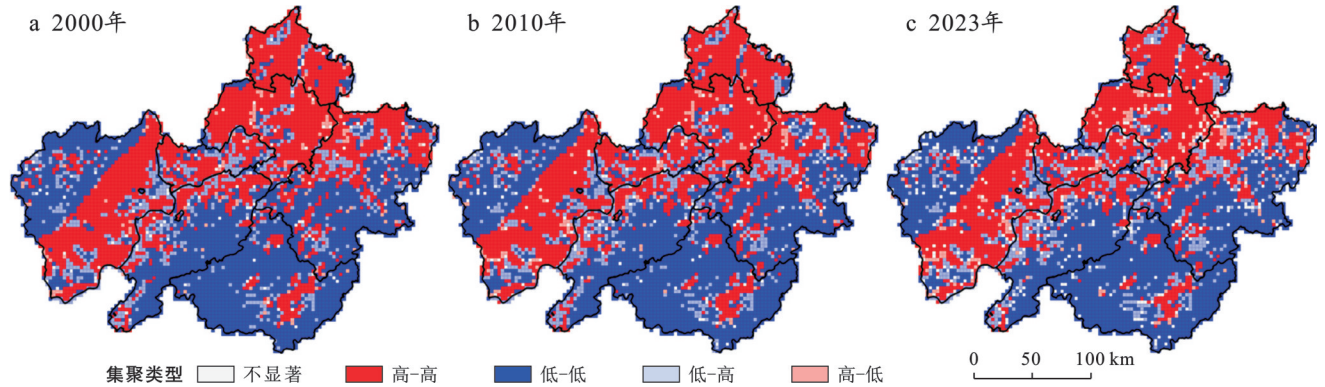


图 5 皖南国际文化旅游示范区土地利用冲突与土地利用强度空间格局演变聚类分布

Fig.5 Spatial pattern evolution and clustering distribution of land use conflict and land use intensity in Southern Anhui International Tourism and Culture Demonstration Zone

表 7 土地利用冲突的因子探测结果

Table 7 Factor detection results of land use conflicts

因子指标	高程	坡度	NDVI	人口分布	GDP	土地利用强度	道路密度	距城市驻地距离
q 值	0.485	0.597	0.156	0.279	0.088	0.062	0.079	0.067
p 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3.6.2 交互探测结果

如图 6 所示,研究区土地利用冲突水平受到自然环境与社会经济的双重驱动机制。从自然要素来看,坡度与高程因子在交互作用中分别产生 0.5, 0.45 以上的 q 值,表明地形约束是塑造冲突格局的基础性因素,这与研究区南部分布大量山地丘陵的地貌特征密切相关。在社会经济维度,土地利用强度与 GDP 的交互探测值($X_6 \cap X_5 = 0.45$)不仅远超二者与其他因子的交互水平,更达到与自然因子相当的影响强度,揭示出土地利用强度与经济发展诉求对自然资源竞争具有实质性驱动作用。此外,道路密度与距城市驻地距离因子的低交互值(除高程、坡度外,均 < 0.35)证实交通可达性并非当前主要矛盾。综合地理探测器分析,可得出研究区土地利用冲突本质上是自然地理本底与社会经济进程协同作用的结果,既受制于山地环境的空间承载阈值,又响应于土地开发强度与区域 GDP 增长带来的资源竞争压力。

显著,表明高强度开发区域更易诱发系统性冲突,这为“高强度-低生态”的结论提供了实证支持^[31]。自然地形因子对土地利用冲突的解释力远超社会经济因子,暗示在“山地-平原”过渡带,自然约束仍是冲突的主导驱动力,凸显了区域地理背景对驱动力机制的调制作用。

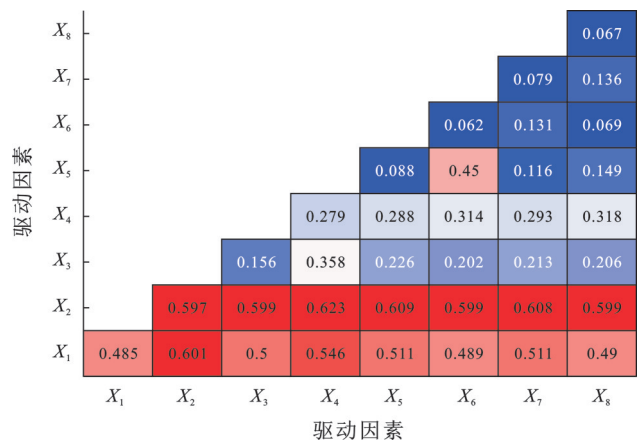


图 6 研究区土地利用冲突水平双因子交互探测图

Fig.6 Interaction detection of two factors for land use conflict level in study area

4 讨论

本研究结合土地利用变化情况分析可得,研究区土地利用冲突呈现显著空间异质性,形成“北高南低”的冲突格局,这与北部平原区建设用地快速扩张、南部丘陵区地形约束导致的开发受限密切相关,该结论与长江三角洲城市群“平原高冲突”模式一致^[3]。土地利用冲突与土地利用强度空间耦合特征

在长三角一体化与长江经济带发展战略背景下,皖南国际文化旅游示范区兼具生态屏障与经济增长功能,但面临区域协调需求与空间失衡的矛盾。亟需通过差异化空间治理与跨区域利益补偿机制,化解生态保护与经济的双向挤压,缓解土地冲

突并重塑区域发展动能。本研究提出差异化调控策略:①生态优先分区管控。将北部平原冲突热点区纳入国土空间“负面清单”,限制耕地侵占,并通过生态补偿平衡开发需求。南部丘陵推行“低影响开发”模式,借鉴“浙江生态廊道”经验,构建地形适应性土地利用规划。②冲突-强度协同治理:针对长江平原沿岸“高冲突-高强度”的空间叠加问题,以城市更新替代外延扩张,重点优化建成区功能布局,探索土地混合利用模式,通过容积率调控降低局部开发强度。③动态监测机制建设。构建土地利用早期预警系统,整合多源遥感与社交媒体数据,捕捉经济因子的非线性响应特征。

本研究基于景观格局的复杂性-稳定性-脆弱性三维框架构建土地利用冲突模型,并建立强度模型,对研究区2000—2023年的土地利用冲突和强度进行量化分析。结果具有一定的科学性和客观性,但需指出:①基于2023年截面数据虽可捕捉当前主导因子,却无法解析其随时间推移的动态更替机制。②政策干预的调控效应捕捉不足,特别是生态红线划定与国土空间规划可能改变冲突演变轨迹。未来研究需融合长时序面板数据,构建政策强度指数,并采用时空地理加权回归模型(GTWR)解析自然基底、经济诉求与政策调控的三维交互效应,以更精准模拟多尺度冲突演变机制。

5 结论

(1) 2000—2023年皖南国际文化旅游示范区土地利用格局总体稳定但动态显著。耕地缩减4.87%,其56.6%转为建设用地,凸显城镇化对耕地的持续侵占;建设用地扩张3.61%,90%新增源自耕地,且集中分布于地形平坦的北部沿江平原及南部山间盆地,印证“地形适宜性”导向;林地微减0.23%,虽与草地双向转换,但比例稳定于43.00%以上,维持生态基底功能;未利用地以6.59%动态变化率转向生态-生产用途,体现边缘土地的功能替代性。

(2) 2000—2023年皖南国际文化旅游示范区土地利用冲突与强度呈现显著空间协同性。冲突水平整体下降,但仍维持“北高南低”梯度格局。即南部黄山、九华山等生态区因林草覆盖与政策管控,冲突保持可控;北部安庆、芜湖等沿江城市群为高值核心区,伴随土地利用强度减缓,重度冲突区域也随之下降;利用强度同步弱化,形成“山区条带状低强度—平原点状高强度”分异模式。

(3) 基于2000—2023年3期土地利用冲突与强度的全局双变量空间自相关分析表明:全局空间正

相关性持续增强, Moran's I 指数由0.526上升至0.637。证实高利用区与高冲突区空间耦合度提升;局部聚类呈极化分布:低-低类型主导南部山区,受益于生态保护政策。高-高类型集聚沿江地带,与建设用地扩张热点重叠。

(4) 基于地理探测器量化揭示皖南国际文化旅游示范区冲突形成机制。研究区范围内自然地形环境是制约土地利用冲突水平的主导因素,坡度与高程解释力超社会经济因子2倍。社会经济活动通过交互作用强化影响,土地利用强度与GDP交互值达到0.45,与自然环境交互水平相当,表明经济诉求与开发强度叠加也是冲突激化的关键。如北部平原耕地流失中56.60%用于城镇建设。交通区位影响微弱,反映矛盾集中于资源竞争而非可达性差异。

参考文献(References)

- [1] 史利江,王圣云,姚晓军,等.1994—2006年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析[J].长江流域资源与环境,2012,21(12):1468-1479.
Shi Lijiang, Wang Shengyun, Yao Xiaojun, et al. Spatial and temporal variation characteristics of land use and its driving force in Shanghai City from 1994 to 2006 [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(12):1468-1479.
- [2] 钱凤魁,王贺兴,项子璇.基于潜在土地利用冲突识别的主城区周边耕地保护[J].农业工程学报,2021,37(19):267-275.
Qian Fengkui, Wang Hexing, Xiang Zixuan. Cultivated land protection in the periphery of the main urban areas based on potential land use conflict identification [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, 37(19):267-275.
- [3] 张潇,谷人旭.土地利用冲突的时空格局刻画与多情景模拟研究:以长江三角洲城市群为例[J].地理研究,2022,41(5):1311-1326.
Zhang Xiao, Gu Renxu. Spatio-temporal pattern and multi-scenario simulation of land use conflict: A case study of the Yangtze River delta urban agglomeration [J]. Geographical Research, 2022, 41(5):1311-1326.
- [4] Zou Yi, Meng Jijun, Zhu Likai, et al. Characterizing land use transition in China by accounting for the conflicts underlying land use structure and function [J]. Journal of Environmental Management, 2024, 349:119311.
- [5] 王检萍,余敦,卢一乾,等.基于“三生”适宜性的县域土地利用冲突识别与分析[J].自然资源学报,2021,36(5):1238-1251.
Wang Jianping, Yu Dun, Lu Yiqian, et al. Recognition and analysis of land use conflicts at county level based on

- “production-living-ecological” suitability [J]. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(5):1238-1251.
- [6] 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 Lilin, Liu Yansui, Wang Yongsheng. Research progress and prospect of land-use conflicts in China [J]. *Progress in Geography*, 2020, 39(2):298-309.
- [7] 柯钦华, 周俏薇, 孙传璋, 等. 基于生态系统服务权重的粤港澳大湾区土地利用冲突识别研究[J]. *热带地理*, 2023, 43(7):1426-1439.
Ke Qinhu, Zhou Qiaowei, Sun Chuanzhun, et al. Identifying land use conflict based on ecosystem service trade-offs in the Guangdong-Hong Kong-Macao greater bay area, China [J]. *Tropical Geography*, 2023, 43(7):1426-1439.
- [8] 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.
- [9] 官冬杰, 陈婷, 和秀娟, 等. 三峡库区(重庆段)土地利用空间冲突类型识别及驱动机制研究[J]. *重庆交通大学学报(自然科学版)*, 2019, 38(2):65-71.
Guan Dongjie, Chen Ting, He Xiujuan, et al. Spatial conflict type identification and its driving mechanism of land use in the Three Gorges reservoir area (Chongqing section) [J]. *Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science)*, 2019, 38(2):65-71.
- [10] 王博, 舒晓波, 廖富强, 等. 基于最佳景观尺度的鄱阳湖区土地利用冲突时空演变及多情景模拟[J]. *水土保持研究*, 2024, 31(4):336-347.
Wang Bo, Shu Xiaobo, Liao Fuqiang, et al. Spatiotemporal of land use conflicts and multi-scenario simulation in Poyang Lake area based on optimal landscape scale [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2024, 31(4):336-347.
- [11] 王越, 李炫颖, 曾先, 等. 沈阳经济区土地利用要素性冲突空间多尺度作用机理[J]. *经济地理*, 2022, 42(3):231-239.
Wang Yue, Li Wenying, Zeng Xian, et al. The spatial multi-scale mechanism of land use elemental conflicts in Shenyang economic zone [J]. *Economic Geography*, 2022, 42(3):231-239.
- [12] 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 Engineer-*
- ing*, 2022, 38(12):291-300.
- [13] 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 Zhiyong, Yang Chaoxian, Xin Guixin, 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.
- [14] 田柳兰, 吕思雨, 毋兆鹏, 等. 乌鲁木齐市土地利用变化及其空间冲突测度[J]. *自然资源遥感*, 2023, 35(4):282-291.
Tian Liulan, Lyu Siyu, Wu Zhaopeng, et al. Changes and spatial conflict measurement of land use in Urumqi City [J]. *Remote Sensing for Natural Resources*, 2023, 35(4):282-291.
- [15] 蒙吉军, 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 Jijun, Jiang Song, 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.
- [16] 阮松涛, 吴克宁. 城镇化进程中土地利用冲突及其缓解机制研究:基于非合作博弈的视角[J]. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(增刊2):388-392.
Ruan Songtao, Wu Kening. Research of the land use conflict and mitigation mechanism during the urbanization in China [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(Suppl.2):388-392.
- [17] 王朝阳, 张军以, 李海懿, 等. 重庆市土地利用冲突多尺度时空演化与多情景演化模拟[J]. *生态学报*, 2024, 44(3):1024-1039.
Wang Zhaoyang, Zhang Junyi, Li Haiyi, et al. Multi-scale spatio-temporal evolution and multi-scenario simulation of land use conflict in Chongqing [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(3):1024-1039.
- [18] 王娟娟, 毋兆鹏, 王珊珊, 等. 干旱区河谷绿洲土地利用冲突格局分析[J]. *自然资源遥感*, 2021, 33(4):243-251.
Wang Juanjuan, Wu Zhaopeng, Wang Shanshan, et al. An analysis of the pattern of land-use conflicts in valley oases in arid areas [J]. *Remote Sensing for Natural Resources*, 2021, 33(4):243-251.
- [19] 高喆, 冶建明, 朱梦梦. 乌鲁木齐-昌吉-石河子城市群土地利用冲突识别研究[J]. *国土资源导刊*, 2023, 20(4):79-89.
Gao Zhe, Ye Jianming, Zhu Mengmeng. Research

- on land use conflict identification in Urumqi-Changji-Shihezi urban agglomeration [J]. *Land & Resources Herald*, 2023, 20(4): 79-89.
- [20] Li Wei, Chen Zhenjie, Li Manchun, et al. Spatial conflict identification and scenario coordination for construction-agricultural-ecological land use [J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2025, 27(1): 1933-1961.
- [21] 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.
- [22] Tian Junfeng, Chang Xiaodong, Wang Binyan, et al. Can efficient urban land use mitigate land use conflicts? Empirical evidence from the central Chengdu-Chongqing region, China [J]. *Land Use Policy*, 2025, 153: 107550.
- [23] 荣慧芳, 陶卓民, 刘琪, 等. 皖南地区旅游产业-城镇化-生态环境耦合协调的时空演变 [J]. *水土保持研究*, 2019, 26(4): 280-285.
Rong Huifang, Tao Zhuomin, Liu Qi, et al. Temporal and spatial evolution of the coupling coordination among tourism industry, urbanization, ecological environment in southern Anhui Province [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2019, 26(4): 280-285.
- [24] 刘永婷, 杨钊, 徐光来, 等. 基于四象限模型的生态系统服务与人类活动强度关联性分析: 以皖南国际旅游文化示范区为例 [J]. *生态学报*, 2022, 42(13): 5200-5210.
Liu Yongting, Yang Zhao, Xu Guanglai, et al. Correlation between ecosystem services value and human activity intensity based on the four-quadrant model: A case study in the International Tourism and Culture Demonstration Area, the South Anhui Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(13): 5200-5210.
- [25] 张平, 陆龙妹, 王世航, 等. 基于地形梯度的皖南地区土地利用分布特征 [J]. *土壤*, 2018, 50(5): 1041-1045.
Zhang Ping, Lu Longmei, Wang Shihang, et al. Distribution characteristics of land use types under different terrain index gradients in southern Anhui Province [J]. *Soils*, 2018, 50(5): 1041-1045.
- [26] 赵萍, 赵思逸, 孙雨, 等. 基于斜坡单元和语义分割的皖南地区滑坡灾害易发性评估 [J]. *地质科学*, 2024, 59(2): 562-574.
Zhao Ping, Zhao Siyi, Sun Yu, et al. Landslide susceptibility assessment in southern Anhui Province based on slope units and semantic segmentation [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2024, 59(2): 562-574.
- [27] 张杰, 吴明业. 基于 GIS 的皖南地区暴雨洪涝灾害风险区划 [J]. *中国农业资源与区划*, 2017, 38(6): 121-129.
Zhang Jie, Wu Mingye. Rainstorm and flood risk regionalization in southern Anhui Province based on GIS [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2017, 38(6): 121-129.
- [28] 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.
- [29] 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子探析 [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.
- [30] 柳冬青, 张金茜, 巩杰, 等. 陇中黄土丘陵区土地利用强度-生态系统服务-人类福祉时空关系研究: 以安定区为例 [J]. *生态学报*, 2019, 39(2): 637-648.
Liu Dongqing, Zhang Jinxi, Gong Jie, et al. Spatial and temporal relations among land-use intensity, ecosystem services, and human well-being in the Longzhong loess hilly region: A case study of the Anding District, Gansu Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(2): 637-648.
- [31] 张博文, 唐相龙, 崔婕心. 西安市生态韧性与土地利用强度时空关系 [J]. *环境科学*, 2025, 46(4): 2463-2474.
Zhang Bowen, Tang Xianglong, Cui Jiexin. Temporal and spatial relationship between ecological resilience and land use intensity in the Xi'an City [J]. *Environmental Science*, 2025, 46(4): 2463-2474.