

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2024.06.043.

孙字祥, 胡涛, 李超民, 等. 湘江流域农村居民点时空演变特征及影响因素研究[J]. 水土保持研究, 2024, 31(6): 344-353.

Sun Zixiang, Hu Tao, Li Chaomin, et al. Study on the Spatiotemporal Evolution Characteristics and Influencing Factors of Rural Settlements in the Xiangjiang River Basin[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(6): 344-353.

湘江流域农村居民点时空演变特征及影响因素研究

孙字祥¹, 胡涛³, 李超民¹, 杨凤玲¹, 周楷淳^{1,2}

(1. 湖南师范大学 地理科学学院, 长沙 410081; 2. 湖南师范大学
地理空间大数据挖掘与应用湖南省重点实验室, 长沙 410081; 3. 湖南省第二测绘院, 长沙 410009)

摘要: [目的] 探究多因素驱动下湘江流域农村居民点空间格局的形成过程, 为农村土地资源优化配置研究提供理论依据, 并为村庄规划与建设提供科学指导。[方法] 借助景观格局指数、核密度分析、空间自相关分析以及时空地理加权回归模型探究湘江流域 2000—2020 年农村居民点时空演变特征及影响因素。[结果] (1) 湘江流域农村居民点主要集中在长株潭和衡永郴周边地区, 其余区域分布较少, 主要呈现“平原密集, 山地稀疏”的特征。(2) 湘江流域农村居民点用地增长明显, 其破碎化速度有所减缓, 形状规则程度有所提升, 且呈现出显著的集聚趋势。(3) 农村居民点的数量与面积在空间上的集聚特征较为相似, 高一高集聚类型与低—低集聚类型的空间分布位置相对稳定, 但低—低集聚类型逐渐缩减。平均形状指数的空间集聚特征表现为高一低集聚范围不断扩大, 集聚特征明显增强, 而低—低集聚特征有所减弱。(4) 各因素对不同地区农村居民点的影响程度差异逐渐缩小, 而农作物播种面积始终是影响农村居民点分布的主导因素。[结论] 在多重因素的共同影响下, 湘江流域农村居民点用地布局与结构形态不断优化, 人居环境得到明显改善, 建议发展非农经济的同时重视农业发展以及农村建设。

关键词: 农村居民点; 景观格局指数; 空间自相关; 时空地理加权回归; 农作物播种面积; 湘江流域

中图分类号: TU982.29

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2024)06-0344-10

Study on the Spatiotemporal Evolution Characteristics and Influencing Factors of Rural Settlements in the Xiangjiang River Basin

Sun Zixiang¹, Hu Tao³, Li Chaomin¹, Yang Fengling¹, Zhou Kaichun^{1,2}

(1. College of Geographical Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;
2. Hunan Key Laboratory of Geospatial Big Data Mining and Application, Hunan Normal University,
Changsha 410081, China; 3. The Second Surveying and Mapping Institute of Hunan Province, Changsha 410009, China)

Abstract: [Objective] This study aims to explore the formation process of the spatial pattern of rural settlements in the Xiangjiang River Basin under the influence of multiple factors, to provide theoretical support for optimizing rural land resource allocation, and to offer scientific guidance for village planning and construction. [Methods] Landscape pattern indices, kernel density analysis, spatial autocorrelation analysis, and spatiotemporal geographically weighted regression models were used to investigate the spatiotemporal evolution characteristics and influencing factors of rural settlements in the Xiangjiang River Basin from 2000 to 2020. [Results] (1) Rural settlements in the Xiangjiang River Basin were primarily concentrated in the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan and Hengyang-Yongzhou-Chenzhou areas, with fewer distributions in other regions, mainly exhibiting a ‘dense level in plains, sparse level in mountains’ characteristic. (2) The growth of land used for rural settlements in the Xiangjiang River Basin was significant, with a slowdown in fragmentation, an improvement in shape regularity, and a noticeable trend of clustering. (3) The number

收稿日期: 2024-04-22

修回日期: 2024-05-09

资助项目: 湖南省教育厅科学研究项目(22C0018); 湖南省自然科学基金(2019JJ50389)

第一作者: 孙字祥(1997—), 男, 甘肃省永昌县人, 硕士, 研究方向为国土资源利用与管理。E-mail: szx@hunnu.edu.cn

通信作者: 周楷淳(1988—), 男, 湖南省临澧县人, 博士, 讲师, 硕士生导师, 主要从事城市三维景观格局; 地理时空出行不平等研究。E-mail: zhoukaichun@hunnu.edu.cn

<http://stbcjy.paperonce.org>

and area of rural settlements showed similar spatial clustering characteristics, with the spatial distribution of high-high and low-low clustering types remaining relatively stable. However, the low-low clustering type was gradually decreasing. The average shape index showed an expanding range of high-low clustering and a significant strengthening of clustering characteristics, while the low-low clustering feature weakens. (4) The impact of various factors on rural settlements in different regions was becoming less pronounced, with the area of crop cultivation remaining the dominant driver of the distribution of rural settlements. [Conclusion] Under the influence of multiple factors, the land layout and structural form of rural settlements in the Xiangjiang River Basin were continuously optimized, and the human living environment had significantly improved. It is recommended to focus on the development of non-agricultural economy while paying attention to agricultural development and rural construction.

Keywords: rural residential areas; landscape pattern index; spatial autocorrelation; geographically and temporally weighted regression; crop sown area; Xiangjiang River Basin

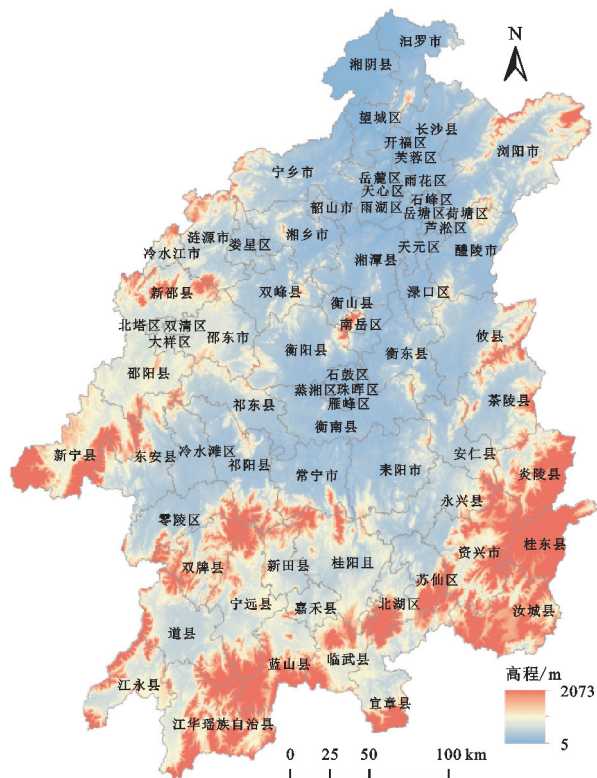
农村居民点作为农村居民进行生产、劳作、生活的固定场所,一定程度上反映了自然环境与人类活动的综合关系^[1]。根据第七次人口普查结果,我国共有农村人口 50 979 万人,占总人口的 36.11%^[2],相比 2010 年减少 16 436 万人。然而伴随农村人口减少趋势的是农村居民点规模的进一步扩大,并且这一过程中,引发了包括农村土地闲置、农村空心化以及粮食安全等一系列问题。这不仅进一步加剧了我国的用地矛盾,严重制约了农村土地的集约节约利用,并且在一定程度上对新农村建设以及乡村振兴产生较大阻碍^[3-5]。开展农村居民点的时空演变及影响因素研究对乡村振兴背景下的村庄规划与新农村建设具有重大意义^[6-7]。

对农村居民点时空布局的深入研究,已经成为我国在寻求乡村振兴发展道路上不可忽视的重要视角,文献中关于居民点空间分布特征及其影响因素研究的成果颇丰,众多学者从多个角度开展对农村居民点的相关研究,涉及了居民点布局优化、地域分异与居民点整理等^[8-10]。从研究尺度来看,现有研究覆盖了乡镇、区县和市域等不同层级^[11-15]。在方法上,GIS,RS,空间自相关等技术的综合运用不断增加。在影响因素方面,相关文献主要基于地理探测器和地理加权回归模型(GWR)从地形地貌、交通便捷程度和社会经济条件开展对农村居民点空间布局影响的研究^[16-20]。但已有文献对于农村居民点的研究通常强调现状分布特征及影响因素,对内陆水系发达的湘江流域地区农村居民点较长时序的时空演变及其影响因素研究较少。因此,亟需通过多视角、多样本的研究剖析农村居民点演变的规律与特征并挖掘核心影响因素,提升对农村居民点演变内在机理的认知。

1 研究区概况

湘江流域是湖南省经济社会发展的核心地区,位于

东经 110°50′46″—113°53′49″,北纬 24°54′53″—28°58′57″。区域内四季分明,光热水资源充沛,冬季湿冷,夏季湿热,春夏雨量充沛,秋冬略显干燥。气候温和,年均气温 16~18℃,降水分布稳定,年均降雨量 1 200~1 700 mm。湘江流域地貌呈细长盆地状,自南向北渐呈坡降,形如马蹄,其南端峻峭,北部平展,地形呈现多变之势,属于典型的山地、丘陵地区^[21];同时,在湖南省境内湘江流域覆盖 70 个区县,其地区生产总值在 2020 年达 27 371.60 亿元,占湖南省的 65.51%,是湖南省经济发展水平最高的地区(图 1)。



注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2019)1822 号的标准地图制作,底图无修改。

图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Geographical location of the study area

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

本研究主要数据来源如下:湘江流域 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年及 2020 年 5 个时间节点的农村居民点数据,采用的是空间分辨率为 30 m 的 Landsat TM 影像。这些影像经过校正、镶嵌、裁剪等预处理步骤后,应用监督分类和人工目视解译方法来提取农村居民点信息。此外,湘江流域的 30 m 分辨率 DEM 数据,来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>)。通过分析该 DEM 数据,获取研究区域的高程、坡度及水系分布信息。乡镇政府驻地数据来源于国家统计局官方网站提供的行政区划信息,坐标数据通过 POI 反查工具获得并进行坐标纠偏处理。所有数据在处理后进行投影变换,以统一地理和投影坐标系。社会经济数据则来源于 2000—2021 年发布的《湖南省统计年鉴》。

2.2 研究方法

2.2.1 核密度估计 核密度估计法(Kernel Density Estimation, KDE)是分析研究对象在空间上分布特征的一种研究方法^[22-23],此方法旨在量化研究区域内农村居民点的斑块分布密度,进而揭示其空间分布特征。核密度值的大小直接反映了斑块分布密度的高低,即核密度值越高,农村居民点的斑块分布越密集。公式如下:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (1)$$

式中: $f(x)$ 表示农村居民点(x)的核密度值; n 为农村居民点用地; h 是搜索半径; K 表示核密度函数; $x-x_i$ 为两个农村居民点的距离。

2.2.2 景观格局指数法 景观格局指数是通过一系列描述景观特征的指标来量化景观结构、分布等特征,并对景观结构特征与空间配置做出详细的分析^[24-25]。为了满足研究要求,本文选取斑块总面积(CA)、斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、分维指数(PAFRAC)、平均形状指数(MSI)、聚合度(AI)6类景观指数,借助 Fragstats 软件并结合 ArcGIS 分析景观指数的变化来探究湘江流域农村居民点的时空演变特征。

2.2.3 空间自相关 空间自相关性是用来测量空间数据的分布特点及其相互关联程度的一种统计方法,包括全局空间自相关和局部空间自相关^[26],本文运用全局与局部 Moran's I 指数研究湘江流域农村居民点面积、数量与形状的空间集聚特征。

全局 Moran's I 指数的计算公式如下:

$$I = n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n z_i^2 \quad (2)$$

式中: z_i 和 z_j 为第 i 和第 j 个县域的农村居民点面积,数量与形状指数; n 为县域的数量; w_{ij} 为空间权重矩阵,运用 Queen 规则构建。

局部 Moran's I 指数公式为:

$$I_i = Z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} Z_j \quad (3)$$

式中: z_i 和 z_j 分别为县域 i 和 j 上农村居民点面积,数量与形状指数。

2.2.4 时空地理加权回归 时空地理加权回归(GTWR)是对地理加权回归(GWR)的改进,可同时考虑空间和时间的非平稳性^[27],使回归结果更加有效,公式如下:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i, t_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i, t_i) x_{ik} + \epsilon_i \quad (4)$$

式中: (u_i, t_i, v_i) 为第 i 个县域的时空坐标; u_i, t_i, v_i 分别为第 i 个县域的经度、纬度与所处的时序; β 为回归系数; ϵ 为残差。本研究运用 GTWR 模型探究湘江流域农村居民点时空演变的影响因素,并揭示各因子的时空异质性。

3 结果与分析

3.1 湘江流域农村居民点时空演变特征分析

核密度分析结果显示(图 2),2000—2020 年湘江流域内存在多个农村居民点集聚区域,由北向南整体呈条带状分布,且不同县域之间密度差异性显著。整体来看,湘江流域农村居民点核密度最高值逐年上升,2000 年核密度最高值为 2.180 3、2005 年 2.372 9 年、2010 年为 2.445 0 年、2015 年为 2.439 1 年、2020 年为 2.936 8,并且核密度高值区域逐渐由西北部向东南部扩张,农村居民点用地集聚程度持续提升。其中,2000—2005 年农村居民点核密度高值区主要集中在宁乡市、湘乡市、雨湖区、石峰区、攸县、双峰县、衡阳县以及祁东县;2005—2010 年东部与南部区县农村居民点用地显著增加,湘潭县、天元区、渌口区、攸县以及宁远县、新田县、嘉禾县、桂阳县农村居民点集聚趋势明显,形成新的核密度高值区;2010—2015 年,农村居民点用地表现出向湘江流域边界地区扩张的趋势,汨罗市、湘阴县、宜章县、茶陵市和醴陵市形成新的集聚区域;2015—2020 年,农村居民点用地在空间上略有收缩,表现出显著的集聚特征,而且围绕长株潭与衡永郴形成两个密度核心区。

3.2 湘江流域农村居民点景观格局变化分析

基于景观格局指数对湘江流域农村居民点斑块面积、数量、密度以及形态进行综合分析(表 1)。2000—2020 年,湘江流域农村居民点面积由 2 502.457 2 km² 增长至 3 743.125 2 km²,增加了 1 240.668 0 km²,增幅为 49%,农村居民点数量由 59 276 个增长至 99 187

个,增加了 39 911 个,增幅为 67%。2000—2020 年湘江流域农村居民点斑块密度表现出逐年增加的趋势,由 0.240 8 个/km² 增加至 0.269 3 个/km²,在 2010 年以后增长速度减缓,表明破碎化程度提升,但变化速度减缓。分维指数在研究期内整体上升且取

值趋近于 1,由 1.222 8 增长至 1.195 3,另外,平均形状指数呈逐年下降趋势,由 1.272 7 缩减至 1.220 1,说明形状复杂性降低且逐渐规则化。2000—2020 年,聚集指数逐年增加且相对稳定,农村居民点集聚特征明显。

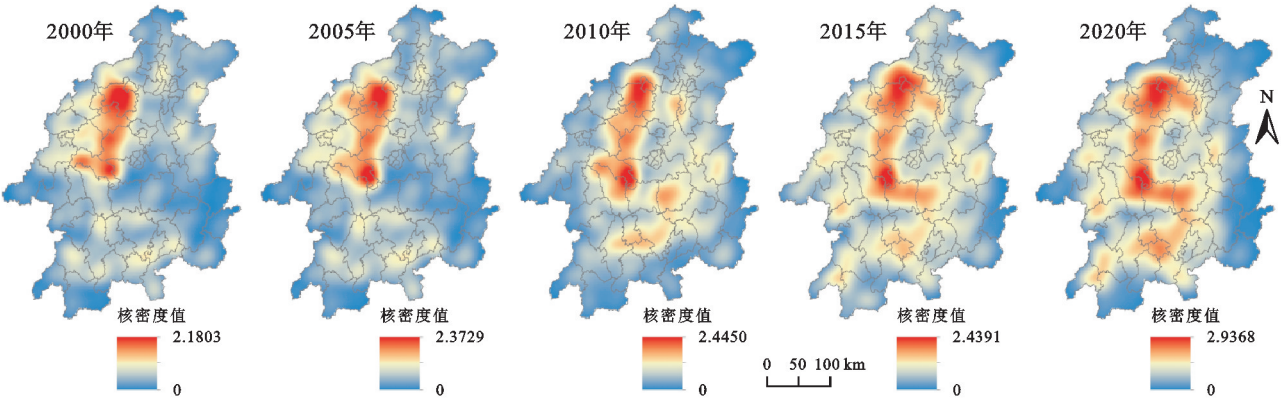


图 2 2000—2020 年湘江流域农村居民点核密度分布演变特征

Fig. 2 Evolution characteristics of nuclear density distribution of rural settlements in Xiangjiang River Basin from 2000 to 2020

表 1 农村居民点景观格局指数计算结果

Table 1 Calculation results of landscape pattern index of rural residential area

年份	斑块总面积/km ²	斑块数量/个	斑块密度/(个·km ⁻²)	分维指数	平均形状指数	聚集指数
2000	2502.4572	59276	0.2408	1.2228	1.2727	82.3503
2005	2751.8445	65476	0.2486	1.2167	1.2513	82.4477
2010	3263.3172	73105	0.2634	1.2019	1.2269	82.7831
2015	3452.7627	91883	0.2684	1.2001	1.2268	83.3056
2020	3743.1252	99187	0.2693	1.1953	1.2201	83.4728

3.2.1 基于景观格局指数的全局空间自相关分析
选取景观格局指数斑块面积(CA)、斑块数量(NP)与平均形状指数(MSI)并运用 GeoDa 软件对 2000—2020 年湘江流域 70 个区县进行空间自相关分析,分别得到 2000—2020 年农村居民点用地面积、数量以及平均形状指数的全局 Moran's I 指数,并对其进行显著性检验。

表 2 2000—2020 年农村居民点数量 Moran's I 值

Table 2 Moran's I value of the number of rural settlements from 2000 to 2020

指数类型	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年
Moran's I	0.2567	0.2713	0.2894	0.2615	0.2842
z-score	3.5122	3.6947	3.9034	3.5436	3.8795
p-value	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001

从表 2—4 得知,2000—2020 年湘江流域农村居民点数量的全局 Moran's I 指数为 0.256 7,0.271 3,0.289 4,0.261 8,0.284 2;农村居民点面积的 Moran's I 指数为 0.387 5,0.380 1,0.392 7,0.402 8,0.481 4;农村居民点平均形状指数的全局 Moran's I 为 0.184 9,0.241 3,0.358 1,0.309 1,0.403 4,表明在此期间农村

居民点数量、面积与平均形状指数的空间分布呈现出显著的空间正相关,集聚特征显著。

表 3 2000—2020 年农村居民点面积 Moran's I 值

Table 3 Moran's I value of rural residential area from 2 000 to 2020

指数类型	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年
Moran's I	0.3785	0.3801	0.3927	0.4208	0.4814
z-score	4.8910	4.8978	5.0463	5.3600	6.1080
p-value	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000

表 4 2000—2020 年农村居民点平均形状指数 Moran's I 值

Table 4 Moran's I value of the average shape index of rural settlements from 2 000 to 2020

指数类型	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年
Moran's I	0.1849	0.2413	0.3581	0.3091	0.4034
z-score	2.9092	3.2976	4.8026	4.1960	5.5756
p-value	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001

3.2.2 基于景观格局指数的局部空间自相关分析
为进一步探究湘江流域农村居民点空间自相关性的具体特征,使用 Local Moran's I 指数分析,得到 2000—2020 年湘江流域农村居民点数量、面积与平均形状指数的五期空间 Lisa 集聚图。由图 3 发现

2000—2020 年湘江流域农村居民点面积与数量的空间集聚特征具有较强的相似性,高一高集聚类型与低—低集聚类型在空间分布上均相对稳定,但低—低集聚类型有所减少。2000 年高一高集聚类型均分布在双峰县与祁东县,低—低集聚类型均主要分布在衡阳市所有区县和长株潭主城区,如天心区、开福区、荷塘区、天元区、渌口区等,高一低集聚类型分布在邵阳市、湘潭县与醴陵市,低—高集聚类型分布在冷水滩区与嘉禾县。2005 年高一高集聚类型稍有增加,新增了北湖区与蓝山县,低—低集聚类型则新增了渌口区与望城区且表现出连片特征,高一低集聚类型与低—高集聚类型均无变化。2010 年高一高集聚类型主要分布在祁阳县、祁东县与常宁市,低—低集聚类型新增了新邵县、北塔区、醴陵市等区县,但是局部存在减少,如衡东县由低—低集聚转为高一低集聚,高一低集聚与低—高集聚趋势有所减弱。2015 年高一高集聚类型与低—低集聚类型均有所减少,其中,祁阳县由高一高集聚类型转为不显著,而祁东县由低—低集聚转为高一低集聚,集聚特征回到 2010 年之前,高一低集聚类型与低—高集聚类型均有所增加,新增衡阳县、醴陵市与江永县。2020 年高一高集聚类型有所增加并与 2010 年一致,低—低集聚类型明显减少,其中,湘潭县、衡东县与渌口区转为高一低集聚类型。在研究期内高一低集聚区与低—低集聚区位置相对稳定,低—低集聚区范围明显减少且转移至高—低集聚区。

另外,2000—2020 年农村居民点平均形状指数的空间集聚特征变化较大。2000 年高一高集聚类型主要分布在湘江流域北部的汨罗市、湘阴县、望城区、岳麓区与开福区,低—低集聚类型分布较分散,分布在东安县、江永县、耒阳市。2005 年高一高集聚类型所在地区变化明显,由北部地区转移至南部的宜章县、北湖区、苏仙区、桂阳县等,低—低集聚类型有所增加,新增衡南县、安仁县、醴陵市、荷塘区与天元区,而东安县与江永县由低—低集聚类型转为不显著。2010 年高一高集聚类型有所变化,并与 2000 年一致,低—低集聚类型范围整体有所扩大,湘潭县、衡山县、南岳区、渌口区、攸县与永兴县转为低—低集聚。2015 年高一高集聚类型稍有改变,汨罗市由高一高集聚类型变为不显著,而开福区、芙蓉区与雨花区转为高一高集聚类型,低—低集聚类型由集中分布转变为零散分布,主要分布在渌口区、南岳区、东安县与资兴市。2020 年高一高集聚类型主要集中分布在湘江流域南部地区,并且稍有增加,新增长沙县,而低—低集聚类型则零散分布在东南部与西北部极少数区县,如桂东县、新邵县等。

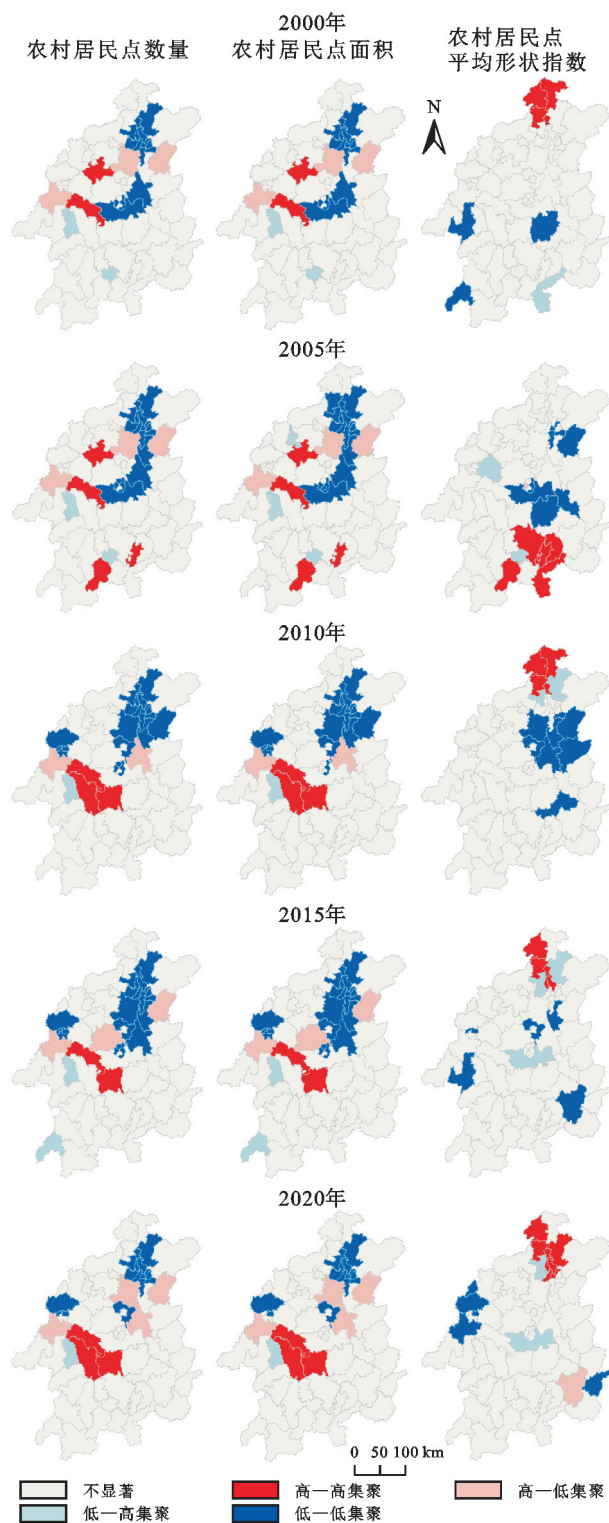


图 3 2000—2020 年湘江流域农村居民点 Lisa 集聚图

Fig. 3 Lisa cluster map of rural settlements in Xiangjiang River Basin from 2000 to 2020

3.3 湘江流域农村居民点时空演变的影响因素分析

农村居民点的用地演变是自然因素、区位因素以及社会经济因素共同交织作用的结果。其中,自然因素,特别是地形地势,对农村居民点的影响深远而持久,始终在用地布局中占据首要地位。在区位因素方面,为追求生产生活的便利性和交通的通达性,农

村居民点的选址往往倾向于靠近水源地与乡镇政府驻地。此外,随着城乡一体化的稳步推进和对农业生产的日益重视,经济发展水平和农业发展水平对农村居民点的影响也日益显著,成为不可忽视的重要因素。因此,为深入研究农村居民点时空演变的影响因素,本文以县域内农村居民点用地面积为因变量,依据湘江流域自身环境及数据可获得性原则,并参照孙道亮等^[24]的研究成果,从自然、区位以及社会经济因素中选取以下指标(表 5),运用时空地理加权回归模型(GTWR)探寻各因素对农村居民点时空演变的影响程度。

表 5 湘江流域农村居民点时空演变的影响因素
Table 5 The driving factors of temporal and spatial evolution of rural settlements in Xiangjiang River Basin

因素	指标	编号
社会经济因素	人均 GDP/万元	X_1
	农作物播种面积/hm ²	X_2
	城镇化率/%	X_3
	农产品产量/kg	
	农村人口/万人	
区位因素	距水系的距离/m	X_4
	距乡镇政府驻地的距离/m	X_5
自然因素	坡度/(°)	X_6
	海拔/m	

为避免各变量之间存在高度相关关系,在进行时空地理加权回归(GTWR)分析之前,对各变量进行多重共线性检验,结果显示人均 GDP、农作物播种面积、城镇化率、距水系的距离、距乡镇政府的距离及坡度的 VIF 值分别为 1.07,2.82,3.98,1.06,2.86,2.17,均小于 7.5,表明上述变量通过多重共线性检验,可进行时空地理加权回归(GTWR)分析。

根据时空地理加权回归结果将各影响因素的回归系数按年份分别做箱线图,并对各回归系数的平均值进行可视化处理,进而探究各影响因素的时空异质性。

由图 4 可以看出,在整个研究期内,对农村居民点面积影响程度最大的为农作物播种面积(X_2),其次为坡度(X_6),人均 GDP(X_1),距水系的距离(X_4),距乡镇政府驻地的距离(X_5),城镇化率(X_3),另外,各影响因素对农村居民点影响的大小和方向在不同阶段存在一定差异。2000—2020 年人均 GDP(X_1)对湘江流域农村居民点面积的影响整体上表现为负向作用,其平均回归系数为-0.109 3,从离散程度来看,2010—2015 年各地受到影响程度差异较其余年份较大。2000—2020 年农作物播种面积(X_2)对湘江流

域农村居民点面积影响始终最强且均表现为正向,其平均回归系数为 0.668 0,而离散程度相对稳定,说明各地区受影响程度差异进一步缩小。2000—2020 年城镇化率(X_3)平均回归系数为 0.056 7,整体作用表现为正向,但影响强度较小,其中,2000—2015 年以正向作用为主,2020 年则表现为负向作用,同时各地区受到影响程度的差异减小。2000—2020 年距水系的距离(X_4)对湘江流域农村居民点面积的影响呈负向,其平均回归系数为-0.086 8,且影响程度稳定,由离散度可以看出,2015—2020 年各地受到影响程度的差距在逐渐缩小。2000—2020 年距乡镇政府驻地的距离(X_5)对湘江流域农村居民点面积的影响整体呈正向,平均回归系数为 0.062 3,其影响程度无明显波动变化,但是 2020 年各地受到影响程度差异明显减小。坡度(X_6)在 2000—2020 年对农村居民点面积的影响程度仅次于农作物播种面积(X_2),且整体表现为正向作用,其平均回归系数为 0.109 6,同时各地受到影响程度的差异在研究期内呈逐年缩小趋势。总体来看,各影响因素在不同阶段对湘江流域农村居民点的影响程度的差异较小,同时,各影响因素对不同地区影响程度的差距也在缩小。

从空间分布来看(图 5),人均 GDP(X_1)对湘江流域中部以及西北部地区农村居民点面积的影响表现出正向作用,即地区经济辐射能力越强,农村居民点越多,其中高值区集中分布在涟源市、邵东市以及新邵县等地区,而对湘江流域农村居民点面积负向作用较强的地区则主要分布在东南部与西南部区县,如江永县、江华县、汝城县、桂东县等。农作物播种面积(X_2)对湘江流域县域农村居民点面积的影响均表现为正向,高值区主要分布在祁东县、冷水滩区、宁乡市、湘乡市、嘉禾县、新田县等,呈现集中连片特征。城镇化率(X_3)对湘江流域大部分地区农村居民点面积的影响为正向,高值区分布在江华县、茶陵县、炎陵县与安仁县,影响为负向作用的地区主要分布在衡阳市区、浏阳市、北湖区等经济发展水平较高的区县。距水系的距离(X_4)对湘江流域农村居民点面积的负向作用更明显,高值区集中分布在西南部与西部地区,如江华县、江永县、道县、双牌县等。距乡镇政府驻地的距离(X_5)对湘江流域农村居民点面积的影响以正向为主,对湘江流域南部地区正向作用显著,而对农村居民点面积为负向作用的地区为汨罗市、湘阴县、岳麓区、湘潭县与衡阳市等区县,在空间上由北向南呈条带状分布。坡度(X_6)对湘江流域农村居民点面积的影响在东北至西南地区表现为正向作用,西北部地区与东南部地区表现为负向作用,总体呈交叉式分布。

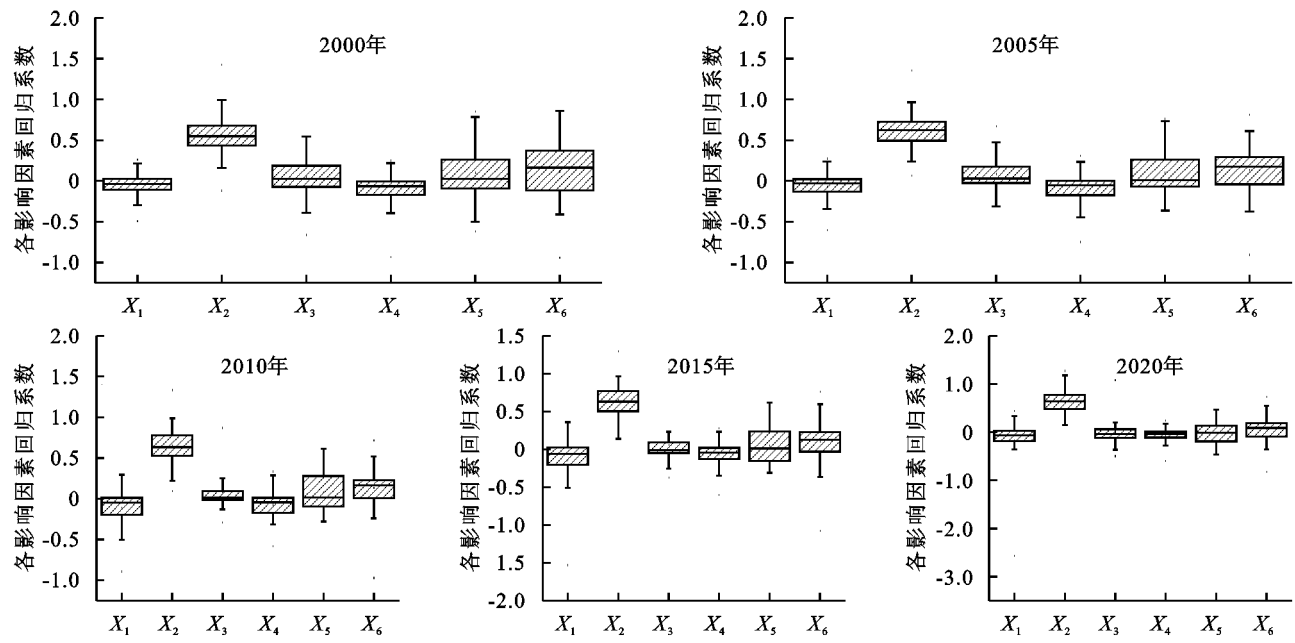


图 4 2000—2020 年各影响因素 GTWR 回归系数的时间变化箱线图

Fig. 4 Time variation of GTWR regression coefficients for each influencing factor from 2000 to 2020

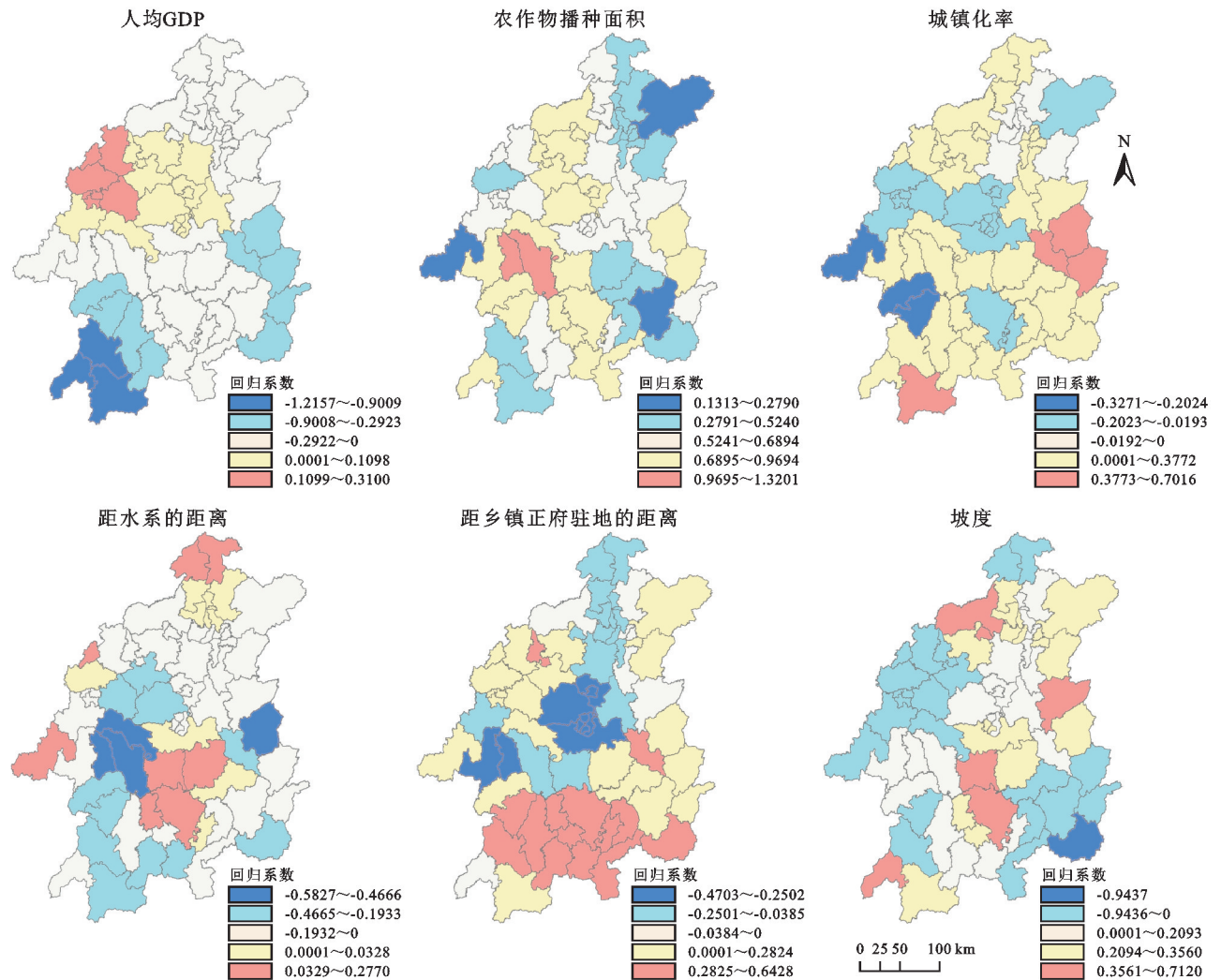


图 5 时空地理加权回归统计显著影响因素回归系数的空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of regression coefficients of statistically significant influencing factors by weighted temporal and spatial regression

4 讨论与结论

4.1 讨论

整体来看,湘江流域农村居民点用地表现为不断扩张、集聚的趋势,且2010年以后表现更为明显,这背后的主要推动力是“合村并居”政策的实施,以此来改革落后的农村结构,促进农村土地集约发展,而同时期随着农村居民点的整合和重建,原先分散的居住点被整合在一起,形成了更加完整、连续且形状更加规则的新型居住区域,这无疑是“合村并居”政策取得显著成效的直观体现;由演变趋势来看,湘江流域农村居民点更倾向于在地势平坦的地区选址、建设,这有助于规避山体滑坡、泥石流等自然灾害的风险。而且距离水源地更近,便于生产、生活;与此同时,农村居民点用地逐渐向长株潭与衡永郴地区周边地区靠拢,这是社会经济快速发展与城镇化持续推进的结果;从影响因素来看,农作物播种面积对湘江流域农村居民点的影响程度最大,因为农作物播种面积越大的地区,需要的农业劳动力自然更多,对住房需求会进一步增多,而湖南省作为农业大省,历来是全国重要的优质农产品生产基地,为国家粮食安全做好了重要保障,这足以说明湘江流域农村居民点的分布及演变与农作物播种面积的多少密切相关,另外农作物播种面积的大小不仅决定粮食与其他农作物产量的多少,也直接决定了农民收入的多少,随着收入的增加,农民可能会改善住房条件,扩大居住面积,甚至进行房屋翻修或重建,而且随着农作物播种面积的增加还能促进当地政府加大对农村基础设施建设的投入,如修建道路、桥梁、水利设施等。这些基础设施的完善将提高农村地区的交通便利性和生产条件,从而吸引更多的农民前来居住和从事农业生产活动。这也会在一定程度上改变农村居民点的空间布局。综上,以湘江流域农村居民点用地布局及其影响因素为依据,在规划农村居民点的空间布局时,应充分考虑农作物播种面积的大小,合理利用土地资源,确保农业生产与农村建设的协调发展,同时,政府还应加大对农村基础设施建设的投入力度,提高农村地区的生产生活条件,引导农民合理规划住房建设,避免无序扩张和浪费土地资源,除此之外还应推广现代农业技术和管理模式,提高农作物的产量和质量,降低对土地资源的依赖程度。这将有助于实现农业生产的可持续发展和农村居民点的空间布局优化。

4.2 结论

2000—2020年湘江流域农村居民点用地逐渐向

长株潭与衡永郴周边地区集聚,整体表现为平原分布密集,山地分布稀疏。景观格局指数分析结果表明湘江流域农村居民点用地规模整体增长明显,其破碎化程度减缓,形状规则化程度提高,集聚趋势明显。农村居民点面积与数量的空间集聚特征具有较强的相似性,高一高集聚与低—低集聚类型在空间分布上均相对稳定,且低—低集聚类型随时间变化不断减少,而平均形状指数的空间集聚特征在不同阶段表现有所差异,且低—低集聚类型相较于高一高集聚类型分布更为分散。时空地理加权回归结果显示农作物播种面积对湘江流域农村居民点用地布局的影响最为突出,其次为坡度、人均GDP、距水系的距离、距乡镇政府驻地的距离以及城镇化率,而且随时间变化,各影响因素对各地区影响程度的差异在缩小。

参考文献(References):

- [1] 唐芳,李阳兵,王权,等.岩溶槽谷区农村居民点的时空分布特征及其驱动机制[J].自然资源学报,2021,36(4):978-992.
Tang F, Li Y B, Wang Q, et al. Spatio-temporal distribution characteristics and driving mechanism of rural residential areas in Karst trough valley area[J]. Journal of Natural Resources, 2021,36(4):978-992.
- [2] 杨孟豪,刘阿敏,曹连海,等.重点农区县域农村居民点用地时空变化及影响因素:以河南省为例[J].水土保持研究,2019,26(5):304-311.
Yang M H, Liu A M, Cao L H, et al. Spatiotemporal variation characteristics and influencing factors of rural residential land in key agricultural areas: a case study of He'nan Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2019,26(5):304-311.
- [3] 冯琳,雷国平.东北典型黑土区农村居民点对水土流失影响研究[J].生态与农村环境学报,2021,37(8):1011-1021.
Feng L, Lei G P. The influence of rural settlements on soil erosion in the typical black soil region of Northeast China[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2021,37(8):1011-1021.
- [4] 王兆林,刘福兵,杨庆媛,等.山区农村居民点时空格局演变特征及蚁群仿真优化:以重庆澄江镇为例[J].自然资源学报,2022,37(8):2065-2084.
Wang Z L, Liu F B, Yang Q Y, et al. Spatio-temporal patterns of rural settlements in mountainous areas and optimization with ant colony algorithm: Evidence from Chengjiang town in Chongqing[J]. Journal of Natural Resources, 2022,37(8):2065-2084.
- [5] 肖林,胡玲,戴柳燕,等.农村“空心房”整治复垦类型特征及其影响因素:以汨罗市为例[J].经济地理,2021,41

- (1):173-180.
- Xiao L, Hu L, Dai L Y, et al. Characteristics and influencing factors of rural "hollow houses" renovation reclamation types: A case study of Miluo city[J]. *Economic Geography*, 2021,41(1):173-180.
- [6] 黄梓鑫,付艳华,李晶,等.基于村庄类型差异的农村居民点整治潜力研究:以聊城市为例[J].*中国土地科学*, 2022,36(12):78-90.
- Huang Z X, Fu Y H, Li J, et al. Consolidation potential of rural residential areas based on village types: Taking Liaocheng city as an example[J]. *China Land Science*, 2022,36(12):78-90.
- [7] 陈妍,贺艳华,吴秀.新时期乡村可持续性评价及影响因素分析:以湖南洞庭湖区为例[J].*湖南师范大学自然科学学报*, 2022,45(2):12-21.
- Chen Y, He Y H, Wu X. Evaluation of rural sustainability and analysis of influencing factors in the new era: taking the Dongting Lake Area of Hunan Province as an example[J]. *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 2022,45(2):12-21.
- [8] 刘燕,刘晓瑜,杨庆媛,等.韧性理论视角下秦巴山区农村居民点布局优化研究:以城口县东安镇为例[J].*西南大学学报:自然科学版*, 2023,45(8):165-175.
- Liu Y, Liu X Y, Yang Q Y, et al. Spatial layout optimization of rural settlements in qinling-bashan mountains based on resilience theory: a case study of Dongan town, Chengkou County[J]. *Journal of Southwest University: Natural Science Edition*, 2023,45(8):165-175.
- [9] 邹亚锋,罗锋,饶钰飞,等.要素配置与流动视角下农牧交错带农村居民点空间布局优化[J].*农业工程学报*, 2023,39(11):245-255.
- Zou Y F, Luo F, Rao Y F, et al. Optimizing the spatial layout of rural settlements in Farming-pastoral Zone under factor endowment and mobility[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2023,39(11):245-255.
- [10] 邹亚锋,饶钰飞,罗艺婷,等.基于三生功能及其协调性的农村居民点布局优化[J].*资源科学*, 2022,44(11):2260-2275.
- Zou Y F, Rao Y F, Luo Y T, et al. Spatial layout optimization of rural settlements based on production-living-ecological functions and coordination [J]. *Resources Science*, 2022,44(11):2260-2275.
- [11] 张慧,王佳辉,王宇瑶,等.典型农作区农村居民点空间布局优化研究:以黑龙江省望奎县为例[J].*土壤通报*, 2022,53(2):270-279.
- Zhang H, Wang J H, Wang Y Y, et al. Spatial layout optimization of rural settlements in typical farming areas: A case study of Wangkui County, Heilongjiang Province[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2022,53(2):270-279.
- [12] 邢颖,张杭杭,黄娟,等.乡村振兴背景下我国农村居民点的时空变化:以都匀市为例[J].*江苏农业科学*, 2022,50(1):226-232.
- Xing Y, Zhang H H, Huang J, et al. Temporal and spatial changes of rural residential areas in China under the background of rural revitalization: Taking Duyun city as an example[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2022,50(1):226-232.
- [13] 孙耀鹏,周忠发,孙建伟,等.喀斯特山区城镇村用地时空演变特征分析:以七星关区为例[J].*测绘与空间地理信息*, 2024,47(3):3-7.
- Sun Y P, Zhou Z F, Sun J W, et al. Analysis of spatio-temporal evolution characteristics of cities, towns and villages' land use in Karst mountainous areas: taking Qixingguan District as an example[J]. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 2024,47(3):3-7.
- [14] 张丽,周国华,刘李勇,等.湖南省乡村发展潜力评价及其障碍度诊断[J].*湖南师范大学自然科学学报*, 2022,45(2):1-11.
- Zhang L, Zhou G H, Liu L Y, et al. Evaluation of rural development potential in Hunan Province and its obstacle degree diagnosis [J]. *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 2022,45(2):1-11.
- [15] 卢一乾,余敦,王检萍,等.国土空间规划中县域农村居民点布局与优化:以江西省德兴市为例[J].*水土保持研究*, 2022,29(4):329-335,343.
- Lu Y Q, Yu D, Wang J P, et al. Optimizing the layout of rural settlements in county under the background of land spatial planning: a case study of Dexing city of Jiangxi Province[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2022,29(4):329-335,343.
- [16] 项清,黄弘,于欢,等.岷江上游流域分形地貌对农村居民点分布的影响[J].*生态与农村环境学报*, 2022,38(8):1041-1050.
- Xiang Q, Huang H, Yu H, et al. Influence of fractal landform on the distribution of rural residential areas in the upper reaches of Minjiang River[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2022,38(8):1041-1050.
- [17] 吴俊,郭熙,傅聪颖,等.南方丘陵区农村居民点离散度时空演变及其影响因素:以江西省鹰潭市为例[J].*中国农业大学学报*, 2021,26(10):209-222.
- Wu J, Guo X, Fu C Y, et al. Spatial-temporal evolution and impact factors of rural settlements dispersion

- in the hilly region of Southern China: A case study of Yingtan City, Jiangxi Province[J]. Journal of China Agricultural University, 2021,26(10):209-222.
- [18] 谢萍,苏昶丞,雷海荔.基于景观格局的山地型农村居民点空间分布特征及影响因素研究:以南江县为例[J].国土资源科技管理,2023,40(5):15-28.
- Xie P, Su C C, Lei H L. On spatial distribution characteristics and influencing factors of mountainous rural settlements based on landscape pattern: a case study of Nanjiang county[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2023,40(5):15-28.
- [19] 李晓青,王一淳,徐修桥.喀斯特地区农村居民点时空演变格局及影响因素:以平果市为例[J].水土保持研究,2022,29(3):375-382.
- Li X Q, Wang Y C, Xu X Q. Spatiotemporal evolution pattern and influencing factors of rural settlements in Karst areas-take Pingguo city as an example[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022,29(3):375-382.
- [20] 付永虎,王心怡,刘俊青,等.苏北典型乡村聚落的时空演变特征研究:以东海县为例[J].中国农业大学学报,2023,28(3):208-222.
- Fu Y H, Wang X Y, Liu J Q, et al. Spatial-temporal evolution of typical rural settlements in northern Jiangsu Province: A case study of Donghai County[J]. Journal of China Agricultural University, 2023,28(3):208-222.
- [21] 印朗川,刘沛林,李伯华,等.传统聚落景观形态基因图谱研究:以湘江流域为例[J].地理科学,2023,43(6):1053-1065.
- Yin L C, Liu P L, Li B H, et al. Map of traditional settlement landscape morphology gene: a case study of the Xiangjiang River Basin[J]. Scientia Geographica Sinica, 2023,43(6):1053-1065.
- [22] 吴成凤,闵婕,翁才银,等.生态脆弱山区农村居民点安全韧性评价及空间优化:以重庆市秀山土家族苗族自治县隘口镇为例[J].山地学报,2023,41(2):266-279.
- Wu C F, Min J, Weng C Y, et al. Safety resilience and spatial optimization of rural settlements in ecologically fragile mountainous areas: A case study of aikou town, Xiushan Tujia and Miao autonomous county, Chongqing, China[J]. Mountain Research, 2023,41(2):266-279.
- [23] 陈昌玲,许明军,诸培新,等.近30年来江苏省农村居民点时空格局演变及集约利用变化[J].长江流域资源与环境,2020,29(10):2124-2135.
- Chen C L, Xu M J, Zhu P X, et al. Spatial-temporal pattern evolution and intensive use changes of rural residential land in Jiangsu Province in the last 30 years[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020,29(10):2124-2135.
- [24] 孙道亮,洪步庭,任平.都江堰市农村居民点时空演变与驱动因素研究[J].长江流域资源与环境,2020,29(10):2167-2176.
- Sun D L, Hong B T, Ren P. Study on the spatiotemporal evolution and driving factors of rural settlements in Dujiangyan city[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020,29(10):2167-2176.
- [25] 徐羽,钟业喜,徐丽婷,等.江西省农村居民点时空特征及其影响因素研究[J].生态与农村环境学报,2018,34(6):504-511.
- Xu Y, Zhong Y X, Xu L T, et al. Research on spatial-temporal characteristics and driving forces of rural settlements in Jiangxi Province[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2018,34(6):504-511.
- [26] 宋文,吴克宁,刘需珈,等.基于空间自相关的区域农村居民点分布与环境的关系研究[J].中国农业资源与区划,2016,37(12):70-77.
- Song W, Wu K N, Liu P J, et al. Spatial autocorrelation analysis of relationship between rural settlements and their environment[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2016,37(12):70-77.
- [27] 孙裔煜,高静,全德,等.基于GTWR的广东省乡村聚落规模时空演变研究[J].地理科学,2023,43(7):1249-1258.
- Sun Y Y, Gao J, Tong D, et al. Spatio-temporal evolution characteristics and influencing factors of rural settlements in Guangdong Province based on GTWR model[J]. Scientia Geographica Sinica, 2023,43(7):1249-1258.