

# 罗霄山区乡村聚落空间格局演变及驱动因素

## ——以乐安县为例

孙雨涵<sup>1,2</sup>, 张晓平<sup>1,2</sup>, 孔均鑫<sup>1,2</sup>

(1. 东华理工大学 测绘与空间信息工程学院, 南昌 330013;

2. 东华理工大学 江西省流域生态过程与信息重点实验室, 南昌 330013)

**摘要:** [目的] 探究罗霄山区乡村聚落规模及空间演变特征, 阐明乡村聚落空间格局演变的主要驱动因素, 进而为乡村聚落空间优化提供科学依据。[方法] 基于江西省乐安县的土地利用、高程、河流水系等多源数据, 运用平均最近邻法、景观格局指数、核密度分析、冷热点分析和标准差椭圆法分析乡村聚落空间格局演变特征, 采用地理探测器揭示了乡村聚落空间格局演变驱动因素。[结果] 2000—2020年, 乐安县乡村聚落数量与规模明显增长, 乡村聚落数量和面积增幅分别达到55.63%, 84%; 乡村聚落空间分布保持显著集聚性, 平均最近邻指数位于0.325~0.359; 乡村聚落冷热点分布总体稳定, 表现出“热点扩散、冷点固化”特征, 整体空间结构趋向稳定, 重心向东南方向略有迁移。自然环境中的坡度因子显著影响聚落空间格局演变, 社会经济因素作用较强, 地理区位因素驱动较小, 不同因子之间展现出较明显的交互作用。[结论] 经历新农村建设及精准扶贫后, 罗霄山区乡村聚落规模明显增长, 同时空间上保持显著集聚性, 自然地理因素、区位因素和社会经济因素对乡村聚落空间格局演变产生不同程度影响。

**关键词:** 乡村聚落; 空间格局; 驱动因素; 罗霄山区; 乐安县

中图分类号: C912.82; P942

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2026)02-0405-09

## Spatial pattern evolution and driving factors of rural settlements in Luoxiao Mountain area —a case study of Le'an County

Sun Yuhan<sup>1,2</sup>, Zhang Xiaoping<sup>1,2</sup>, Kong Junxin<sup>1,2</sup>

(1. School of Surveying and Geoinformation Engineering, East China University of Technology, Nanchang 330013, China; 2. Jiangxi Province Key Laboratory of River Basin Ecological Process and Information, East China University of Technology, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** [Objective] This study aims to investigate the scale and spatial evolution characteristics of rural settlements in the Luoxiao Mountain area and clarify the main driving factors of their spatial pattern evolution, thereby providing a scientific basis for optimizing the spatial layout of rural settlements. [Methods] Based on multi-source data of Le'an County, Jiangxi Province, including land use, elevation, and river systems, the spatial pattern evolution characteristics of rural settlements were analyzed using the average nearest neighbor method, landscape pattern index, kernel density analysis, hot and cold spot analysis, and standard deviation ellipse method. The driving factors of the spatial pattern evolution of rural settlements were identified using the geodetector. [Results] From 2000 to 2020, the number and scale of rural settlements in Le'an County increased significantly, with the number and area increasing by 55.63% and 84%, respectively. The spatial distribution of

收稿日期: 2025-04-16

修回日期: 2025-06-08

接受日期: 2025-06-20

资助项目: 江西省自然科学基金“村庄共同体的衰落与重建: 基于传统农区远郊村的实证研究”(20232BAB203062)

第一作者: 孙雨涵(1997—), 女, 江西抚州人, 硕士, 研究方向为乡村聚落空间格局与土地利用。E-mail: syuhan\_1207@163.com

通信作者: 张晓平(1982—), 男, 江西吉安人, 博士, 教授, 主要从事土地利用与资源评价研究。E-mail: xpzhang@ecut.edu.cn

<https://stbeyj.publish.founderss.cn>

rural settlements remained significantly clustered, with the average nearest neighbor index ranging from 0.325 to 0.359. The distribution of hot and cold spots of rural settlements was generally stable, showing the characteristics of “hot spot diffusion and cold spot solidification”. The overall spatial structure tended to be stable, with the center of gravity shifting slightly toward the southeast. The slope factor in the natural environment significantly affected the evolution of the settlement spatial pattern. Socioeconomic factors exerted a stronger effect, while geographical locational factors had a relatively weaker driving force. Moreover, significant interactions were detected among different factors. [Conclusion] After the construction of new rural areas and targeted poverty alleviation initiatives, the scale of rural settlements in the Luoxiao Mountain area has increased significantly, while maintaining significant spatial clustering. Natural geographical factors, locational factors, and socioeconomic factors have varying degrees of influence on the evolution of the spatial pattern of rural settlements.

**Keywords:** rural settlements; spatial pattern; driving factors; Luoxiao Mountain area; Le'an County

乡村聚落是乡村人口居住和生产生活的场所,是乡村地域空间的人口聚居点<sup>[1]</sup>。我国乡村地区仍承载着半数以上人口,探究其聚落空间格局特征及优化路径对推动社会发展具有重要实践价值<sup>[2]</sup>。乡村聚落的空间分布格局、规模等级及形态特征的动态变迁,其形成与演进与特定时期的社会生产力水平及发展阶段密切相关<sup>[3]</sup>。其空间格局演变不仅反映了区域自然环境及农村社会经济的发展历程,同时深刻影响乡村振兴战略的实施效果。

早期国外对乡村聚落研究主要集中在聚落类型<sup>[4]</sup>、分布、演变规律等自然因素方面,近年来,研究范式的方向逐渐从空间转向社会与人文<sup>[5]</sup>。随后延展到乡村地带多维空间<sup>[6]</sup>,研究乡村聚落空间格局演化<sup>[7]</sup>、空间重构<sup>[8]</sup>、乡村聚落的韧性与协同发展<sup>[9]</sup>。在国内,针对乡村聚落展开的研究,虽起步相对迟缓<sup>[10]</sup>,但伴随着我国经济与社会的转型,研究内容逐步多样化。其主要集中于乡村聚落的空间布局<sup>[11]</sup>、形态及地域类型划分<sup>[12-13]</sup>、空间重构及优化等<sup>[14-15]</sup>。同时,关于乡村聚落演变的研究区域不断扩大,涉及地理学<sup>[16]</sup>、社会学、经济学等<sup>[17]</sup>多学科领域,且研究方法也日益丰富与多元。其中,在对乡村聚落空间演变的方法研究中,通过景观格局指数、核密度估计、最邻近指数法等技术手段,基于对乡村聚落规模、结构格局变迁及地域分布特性的系统分析,该研究为后续空间格局演变的定量化研究提供了支撑。作为影响因素研究的重要方法,地理探测器相较于传统方法具有假设条件限制少、操作简便的优势,推动了其在融合社会、经济与自然要素的地理学研究中的逐渐应用,为乡村聚落空间格局演变驱动因素分析提供了方法借鉴。

乡村聚落空间格局具有较强的地域性特征。近年来,乡村聚落空间格局研究区域已得到广泛拓展,但多关注于经济发达地区<sup>[18]</sup>或典型地区<sup>[19]</sup>,针对巩固拓展脱贫攻坚地区的研究仍相对较少,尤其缺乏罗霄

山区的乡村聚落演变及影响因素的分析。罗霄山区是我国巩固拓展脱贫攻坚成果的主战场之一。随着乡村振兴战略的深入实施,罗霄山区作为国家乡村振兴重点帮扶区与长江经济带生态屏障,承担着巩固脱贫攻坚成果与生态保护的双重使命。乡村聚落作为山区人口承载、产业发展、生态保护与文化遗产的核心空间载体,探讨其格局特征及影响因素对于探索具有山区特色的乡村振兴道路、实现该区域由“巩固脱贫”向“全面振兴”的转变具有至关重要的作用。为此,研究拟以位于罗霄山区的江西省乐安县为研究区,分析乡村聚落空间格局演变特征及驱动因素,以期为罗霄山区乡村聚落空间优化提供参考。

## 1 研究区及数据

### 1.1 研究区概况

罗霄山区为11个国家重点扶持的集中连片特困地区之一<sup>[20]</sup>,涵盖赣湘两省24个县。乐安县位于江西省中部腹地,罗霄山区北部,地理坐标为东经115°47′—116°07′,北纬27°06′—27°38′。全县总面积2 412.59 km<sup>2</sup>。在乐安县的地形条件方面,丘陵和山地占据主导,具体而言,山地部分占全县地形的38%,低丘部分占比51%,高丘部分占比11%。乐安县的南部地区多山,北部则以丘陵为主。土地利用以林地和耕地为主,乐安县森林覆盖率达70.24%,生态保护区占县域面积30%,该区域自然资源禀赋优越,生态环境质量相对优良。境内有17座千米以上山峰,草山草坡面积17 000 hm<sup>2</sup>,是抚河和赣江的水源涵养地。乐安县实现地区生产总值76.02亿元,经济上,乐安县依托“红古绿”多元资源,以流坑古村等历史文化名村为核心发展文旅产业,受益于原中央苏区振兴政策支持,探索生态价值转化路径,乡村聚落呈现“文化旅游型聚落核心化、生态保护型聚落功能化、山区边缘固化”格局。人口主要分布于镇中心,山区

人口较少,呈现“镇中心极化,边缘村落空心化”格局。交通条件虽受到地形制约,但规划中的吉抚武温铁路有望突破区域基础联通瓶颈,叠加生态与文旅资源优势,促使形成“中心集聚、边缘收缩、生态重构”的聚落空间格局,使乐安县在绿色经济、乡村振兴等领域具备独特发展潜力。

## 1.2 数据来源与处理

采用多源数据,包括DEM高程数据、土地利用数据、河流水系数据、人口数据、GDP数据及交通道路数据。2000—2020年土地利用数据来源于中国土地利用覆盖数据集(China Land Cover Dataset)。鉴于该数据库一级分类中的“建设用地”二级类包含“城镇用地”“农村居民点”和“其他建设用地”,运用重分类技术,专门提取独立于城镇以外的“农村居民点”斑块作为乡村聚落的核心表征,并将其统一整合至同一空间数据集,确保不同时期乡村聚落斑块提取的一致性。为保证数据的准确性和精确度,在中国科学院计算机网络信息中心的地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>)获取乐安县30 m分辨率数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)数据,坡向坡度数据通过ArcGIS平台从数字高程数据中提取;在统一处理范围和像元大小的基础上,通过地形分析生成同空间分辨率的坡度及坡向数据。人口和GDP数据来源于资源与环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn>), (人口数据为1 km×1 km的中国人口空间分布km网格数据集;GDP数据为1 km×1 km的中国GDP空间分布km网格数据集)并通过《中国县域历史年鉴》与总人口和GDP总产值核对。国家地理信息中心(<http://www.ngcc.cn>)获取道路和河流矢量数据。

## 2 研究方法

运用景观格局指数,揭示乡村聚落空间格局的演变规律。利用平均最近邻分析、核密度分析及冷热点分析对乡村聚落的空间分异特征进行研究,通过标准差椭圆对时空演变进行综合分析,并运用地理探测器分析乡村聚落空间格局演变的驱动因素。

### 2.1 平均最近邻分析法

平均最近邻分析属于空间模式分析方法的一种,该方法的核心在于计算每个乡村聚落斑块质心与其最近邻斑块质心之间距离的平均值,并据此得出分析结果<sup>[21]</sup>,乡村聚落斑块的均匀、随机、集聚3种分布状态,可通过平均最近邻指数(Average Nearest Neighbor, ANN)判断其空间分布类型<sup>[22]</sup>,指数越小,表明此乡村聚落集聚程度越高。

$$ANN = \frac{H_a}{H_b} = \frac{\sum \frac{d_{\min}}{n}}{\frac{\sqrt{\frac{T}{n}}}{2}} = \frac{2\sqrt{\lambda}}{n} \sum d_{\min} \quad (1)$$

式中:ANN为平均最近邻指数; $H_a$ 为乡村聚落点之间的最近邻平均距离; $H_b$ 为乡村聚落点空间随机分布下的理论平均值; $d_{\min}$ 为的是特定某一个乡村聚落点与其最近邻的乡村聚落之间的距离; $n$ 为乡村聚落数量; $T$ 为空间单元总面积; $\lambda$ 为乡村聚落的分布密度。平均最近邻指数ANN的数值大小能够反映乡村聚落的分布状态:当ANN的数值大于1时,表明聚落呈现分散分布的状态;当ANN恰好等于1时,表示聚落处于随机分布的状态;而当ANN的数值小于1时,则说明聚落是集聚分布的状态。

### 2.2 核密度分析

核密度分析作为一种非参数化的空间统计方法,主要用途在于估算点要素在空间范围内的分布密集程度。核密度分析法基于ArcGIS计算空间密度值,综合斑块数量、面积及间距可合理反映乡村聚落空间分布。密度值越高,反映乡村聚落聚集度越强,可精准识别其空间分布疏密特征<sup>[23]</sup>,其公式如下:

$$f(x, y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n k \frac{d(x, x_i)}{h} \quad (2)$$

式中: $f(x, y)$ 为坐标 $(x, y)$ 处的乡村聚落核密度估计值; $n$ 为聚落点数量; $h$ 为宽带,决定密度估计的平滑程度; $k$ 为核函数,表征点对周围空间的影响衰减模式; $d(x, x_i)$ 为位置 $x$ 与聚落点 $x_i$ 的欧氏距离。

### 2.3 冷热点分析

冷热点分析基于Getis-Ord  $G_i^*$ 统计量,通过计算每个聚落点与其邻近点的空间关联性,判断聚落密度或数量的空间集聚是否具有统计学显著性<sup>[24]</sup>。用于检测聚落规模全局性空间分布模式的热点区(高值集聚)和冷点区(低值集聚),分别表示乡村聚落规模大且集聚程度高、规模小且集聚程度低的空间分布特征。其核心公式为:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \epsilon \sum_{j=1}^n w_{ij}}{\sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - \left( \sum_{j=1}^n w_{ij} \right)^2}{n-1}}} \quad (3)$$

式中: $G_i^*$ 为聚落点 $i$ 的统计值; $n$ 为聚落数量; $x_i$ 和 $x_j$ 分别为第 $i$ 和第 $j$ 个聚落的属性值; $\epsilon$ 为属性值的平均值; $w_{ij}$ 为空间权重矩阵,定义聚落点 $i$ 和 $j$ 的邻近关系。

## 2.4 景观格局指数

景观格局指景观要素的空间构型,它映射了多尺度生态过程作用的具体结果<sup>[25]</sup>,揭示乐安县乡村聚落规模演变特征。本次研究中,选取指标涵盖斑块数量 NP、斑块总面积 TA、平均斑块面积 AREA\_MN、斑块密度 PD、斑块面积差 PSSD,借助 Fragstats 4.2 对指标进行测算。

## 2.5 标准差椭圆分析法

标准差椭圆是基于聚落点或面要素的空间位置及其属性权重,计算不同时间节点聚落分布的重心坐标,通过对比重心的移动距离、方向角和速度,反映乡村聚落整体分布的演变规律<sup>[26]</sup>。公式如下:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \times x_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}, \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \times y_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (4)$$

式中:( $X, Y$ )为乡村聚落的重心坐标; $W_i$ 为第  $i$  个聚落的面积(权重指标,如人口、经济规模等);( $x_i, y_i$ )为第  $i$  个聚落的重心坐标; $n$ 为聚落总数。

## 2.6 地理探测器

地理探测器是一种基于空间分异性原理的统计方法,用于探测地理要素的空间分异性及其驱动因子解释力<sup>[27]</sup>。其优势较传统回归方法,在于可兼顾处理数值数据与定性数据,并识别驱动因子的交互作用及性质<sup>[28]</sup>。它包括风险探测、生态探测、因子探测和交互探测 4 个探测器。该研究采用交互探测,以  $q$  值表征因子解释力强度。其  $q$  值范围为  $[0, 1]$ ,且  $q$  值与解释力呈正相关。定量评估自然和人文因子对乐安县乡村聚落空间格局演变的驱动作用,并揭示多因子交互效应。

$$q = 1 - \frac{1}{N\alpha^2} \sum_{h=1}^L (N_h \alpha_h^2) \quad (5)$$

式中: $q$  值表示因子解释力强度; $N$  表示研究区域的样本数; $N_h$  表示第  $h$  层内的单元数量; $h$  表示连续型因子的分层数; $\alpha_h^2$  表示第  $h$  层的因子方差; $\alpha^2$  则表示全城的因子方差。

# 3 结果与分析

## 3.1 乡村聚落规模演变特征分析

近 20 年来,乐安县乡村聚落规模变化较为明显。乐安县乡村聚落景观指数表(表 1)及乡村聚落斑块数量和面积统计图(图 1)反映,2000—2020 年乐安乡村聚落斑块数量及斑块面积均呈现增长趋势。

第一阶段(2000—2010 年),乡村聚落斑块数量在此期间呈现增长趋势,年均增加 69.4 个,总量由 3 002 个上升至 3 696 个。同时,面积增加 650.43  $\text{hm}^2$ ,增幅

为 40.24%;平均斑块面积增加 0.075  $\text{hm}^2$ ,增幅为 13.94%;斑块面积差增加 0.68  $\text{hm}^2$ ,增幅为 31.63%;斑块密度有所降低,降幅为 12.21%。

第二阶段(2010—2020 年),乡村聚落斑块增加的面积是第一阶段的 1.09 倍,平均斑块面积增加 0.024  $\text{hm}^2$ ,增幅为 3.93%;斑块面积差略微增加,增幅为 2.83%;斑块密度继续下降,降幅为 3.66%。面积变化低于第一阶段。

表 1 2000—2020 年乐安县乡村聚落景观格局指数

Table 1 Landscape pattern indices of rural settlements in Le'an County (2000—2020)

年份	NP/ 个	TA/ $\text{hm}^2$	AREA_MN/ $\text{hm}^2$	PSSD/ $\text{hm}^2$	PD/ (个· $\text{hm}^{-2}$ )
2000	3002	1616.40	0.538	2.15	185.72
2010	3696	2266.83	0.613	2.83	163.05
2020	4672	2974.23	0.637	2.91	157.08

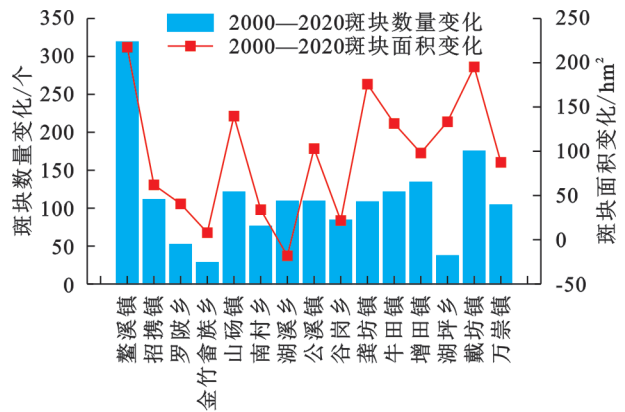


图 1 2000—2020 年乐安县各乡镇乡村聚落斑块数量和面积变化图

Fig. 1 Changes in number and area of rural settlement patches in different towns and villages of Le'an County (2000—2020)

从乡镇层面来看,2000—2020 年乐安县各乡镇斑块数量均呈增长态势,尤其在鳌溪镇等中部地区乡镇斑块数量增长明显。各乡镇乡村聚落斑块面积变化存在差异。多数乡镇乡村聚落面积呈持续扩张态势,其中扩张最快的是鳌溪镇。同时,有个别乡镇乡村聚落面积出现减少现象,如湖溪乡。

研究期间乡村聚落聚斑块数量持续增长,但增速放缓,扩张速度下降。分析其原因有:(1)乐安县以山地、丘陵为主;在山区,复杂的地形使得土地呈现破碎化,可利用的建设用地相对较少,地势起伏大导致土地开发难度高、成本较高,难以形成大规模、集中连片的可建设区域。(2)水资源分布不均衡,在水资源匮乏的地区,难以满足大规模人口的生活和生产用水需求,限制聚落的发展和扩张。(3)地处偏远,远离区域经济中心城市和发达地区,难以接受大城市的经济辐射和产业转移,经济发展动力不足,缺

乏产业支撑,无法吸引足够的人口聚集,新的聚落形成动力不足,导致聚落斑块数量增长缓慢。

### 3.2 乡村聚落空间演变特征分析

3.2.1 乡村聚落总体聚集程度分析 利用平均最近邻法分析,对乐安县2000年、2010年及2020年的空间点数据分布模式进行量化分析。由表2可知,在99%置信水平下,乐安县2000—2020年乡村聚落平均最近邻指数(ANN)从0.325增至0.359,虽呈现集聚强度衰减趋势,但指数值持续小于1表明空间分布保持显著集聚性。从乡村聚落演变来看,20年间,最近邻指数随时间推移呈现递增趋势,尽管仍处于聚集分布区间,但指数增长明显呈现减弱趋势。说明可能乡村聚落空间结构有由传统密集型向松散型过渡的倾向。鳌溪河、招携河等河谷平原地带因土地开发饱和,新增聚落向两侧低山丘陵扩散,导致ANN缓慢上升。 $Z$ 值与 $p$ 值的检验结果进一步验证了空间分布模式的显著性,所有年份均为负值且绝对值较大,表示乡村聚落空间邻近型显著高于随机状态,呈现聚落“抱团式”发展的典型特征,同时2020年乡村聚落ANN值大于2000年,因此2020年乐安乡村聚落的集聚态势正在减弱。

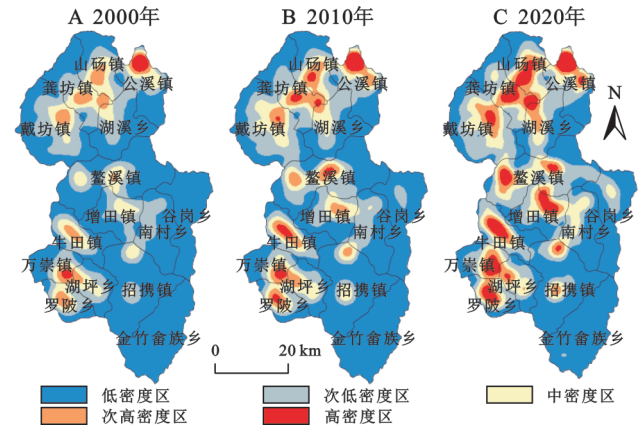
表2 乐安县乡村聚落分布最近邻指数分析

Table 2 Analysis of nearest neighbor index of rural settlement distribution in Le'an County

年份	最近邻指数	标准化 $Z$ 值	$p$ 值
2000	0.325	-71.545	0.00
2010	0.338	-77.010	0.00
2020	0.359	-83.816	0.00

3.2.2 乡村聚落核密度及冷热点分析 核密度分析可描述空间聚集现象,冷热点分析可进一步判断空间集聚是否具有统计学显著性。综合以上两种方法,既能识别罗霄山区乡村聚落的带状集聚核心,又可验证这些核心区是否构成统计学显著的热点集群,进而揭示聚落集聚特征。借助ArcGIS软件,对乡村聚落变化的图斑进行提取,运用核密度分析方法对2000—2020年发生变化的乡村聚落的空间分布密度深入分析,结果如图2所示。2000—2020年核密度格局相对稳定,2000年乡村聚落高密度集中在北部及西南部,中密度区主要集中在北部地区,低密度区集中在北部及中部边缘地带。2010年乡村聚落高密度区向鳌溪镇、山杨镇及龚坊镇等中部和北部地区延伸或扩散。中密度区则向南部地区逐渐偏移,低密度区向东部扩大。至2020年,高密度区呈现多核心扩散态势,中密度区在原有分布基础上持续扩散,低密度区维持边缘固化特征。研究表明,乡村聚落斑块数随时间推移而增加。高密度区处于一个动态扩散与多中心化的过

程,中密度区处于一个动态迁移与梯度跃升的过程,低密度区处于一个边缘扩散与静态固化的过程。因此,乡村聚落在2000—2020年期间核密度分布总体较稳定。呈现“核心扩散、边缘固化”的演变特征。



注:基于标准地图服务系统下载的标准图号GS(2024)0650号的标准地图制作,底图未做修改,下同。

图2 2000—2020年乐安县乡村聚落核密度分析

Fig. 2 Kernel density analysis of rural settlements in Le'an County (2000—2020)

为进一步探究乡村聚落演化特征的空间关联性,以行政村为单元,利用地理信息系统ArcGIS中冷热点分析,对近20年间乐安县聚落规模分布特征进行深入分析。将乐安县的乡村聚落分为不显著、高高聚类、高低聚类、低高聚类和低低聚类5类。如图3可知,2000年,这一时期,高高聚类主要出现在北部地区及西部偏南部地区,而低低聚类主要在金竹畲族乡。2010年,高高聚类的区域逐渐扩大,向戴坊镇延展;低低聚类主要集中在东南部地区,其变化较小。2020年,高高聚类的区域仍偏东方向继续扩张,覆盖了更大的面积,低低聚类部分缩小;所有其他领域均不显著。总体而言,乐安县乡村聚落冷热点分布稳定、格局变化较小,呈现“热点扩散、冷点固化”特征。这主要受地形影响,东南部山岭起伏致使聚落松散,形成冷点;中部和北部以平原和丘陵为主,平坦开阔,利于聚合成规模,成为热点,但由于存在一些小型盆地,可能会在一定程度上限制聚落的进一步扩张。

综合分析可知,2000—2020年乐安县乡村聚落整体空间格局呈现“中心动态迁移、梯度差异显著、冷热点分布分化”的演变特征。聚落“热点”和高密度区分布在空间位置上高度重合,但空间形态存在扩散差异。“冷点”与低密度区的空间分布基本吻合,“冷热点”区域过渡地带与中密度区的南移趋势存在空间关联,整体表现为“高密度热点协同扩散、中低密度冷点梯度固化”的空间分布格局。乡村聚落扩散不仅是空间的延展,也充分体现自然条件与社会经济因素共同塑造乡村聚落空间演变格局的复合作用。

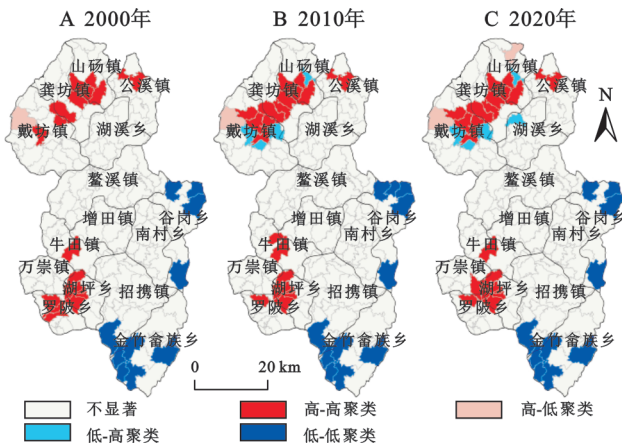


图 3 2000—2020 年乐安县乡村聚落“冷热点”分析

Fig. 3 Hot and cold spot analysis of rural settlements in Le'an County (2000—2020)

3.2.3 乡村聚落重心变化分析 为从区域整体角度来观察乡村聚落空间格局演变,运用标准差椭圆分析方法,进一步探讨乡村聚落重心迁移,结果如图 4 所示。乐安县乡村聚落标准差椭圆呈现一定的方向性和分布范围,聚落的空间结构从 2000—2020 年处于动态演变中。标准差椭圆范围的扩大,反映出聚落整体空间范围在拓展。结合该地区的地形特征,椭圆长轴方向与河谷、平原走向相似,表明乡村聚落受地形影响,多沿地势平坦、水源丰富的区域分布。2000—2010 年聚落分布变化较小,演变方向趋近一致。乐安县大部分乡村聚落分布在椭圆内,从方向上看,该地区乡村聚落重心总体呈现向东部迁移。整体上,乡村聚落分布在乡村聚落整体空间结构趋向稳定,2000—2020 年乐安县乡村聚落平均质心位于鳌溪镇,与县域内主要交通干线(G322 国道)及河谷平原开发方向一致,形成“带状扩展”格局。

3.3 乡村聚落演变驱动因子分析

乡村聚落的空间格局是人地系统各要素中人类活动与自然环境的相互作用、共同演化在空间上的具体反映。受自然环境、地理区位、社会经济三维作用,呈现动态空间分异特征。结合研究区实际情况,选取海拔( $X_1$ )、坡度( $X_2$ )、坡向( $X_3$ )、降水( $X_4$ ) 4 个自然环境因子,以体现丘陵山地地貌对聚落布局的约束效应;同时,选取距河流距离( $X_5$ )、距道路距离( $X_6$ )、距县域中心距离( $X_7$ )及夜间灯光( $X_8$ ) 4 个地理区位因子,以反映出空间可达性演变;此外,选取耕地面积( $X_9$ )、人口( $X_{10}$ )和 GDP( $X_{11}$ ) 3 个社会经济因子,为揭示县域经济发展对乡村聚落扩张的作用机制,本研究选取 11 个关键影响因子,构建驱动乡村聚落规模演变的指标体系<sup>[29]</sup>。结果表明,所有考察因子的  $q$  值均在 0.001 显著性水平上对居民点空间分异有解释效力(图 5)。

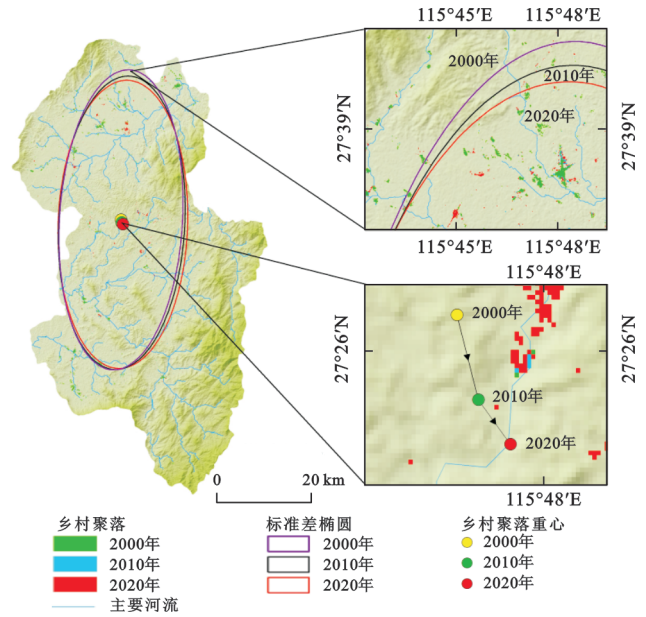


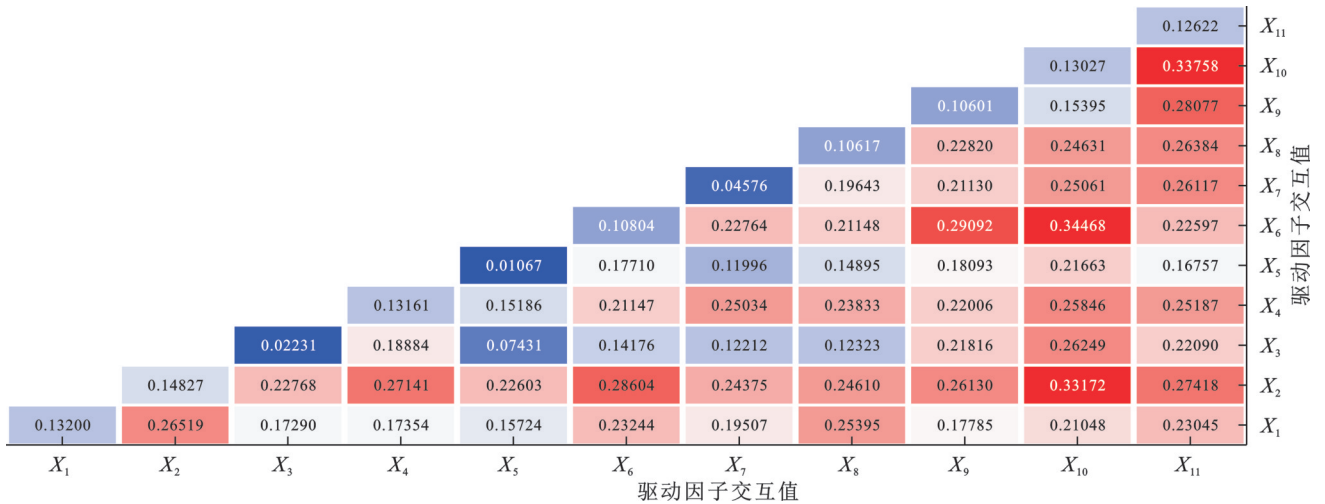
图 4 2000—2020 年乐安县乡村聚落斑块重心迁移

Fig. 4 Migration of center of gravity of rural settlement patches in Le'an County (2000—2020)

3.3.1 自然环境因素 从自然环境因素来看,山区向平原过渡地区尤以坡度因素影响最大,对乐安乡村聚落规模变化起到决定作用的是坡度。其  $q$  值为 0.148 2,比海拔、坡向及降水单一自然因子的  $q$  值都高,且不同因子之间展现出交互作用。 $X_2 \cap X_4$  的影响力最大, $q$  值为 0.271 4,表明乐安地区的坡度与降水状况对乡村聚落规模变化具有显著的促进作用。 $q$  值大于 0.22 的交互作用还有  $X_2 \cap X_1, X_3 \cap X_2, X_4 \cap X_2$ ,表明双因子协同作用对乡村聚落格局演化的驱动效力单因子更为突出。 $X_2 \cap X_1$  的  $q$  值为 0.265 19,表明乐安县影响乡村聚落分布的主要原因是当地自然因素的联合效应。坡度直接决定了土地的可利用程度与开发难易度。乐安县山地丘陵面积较大,低丘岗地占总面积的 51%,坡度较低,聚落较为集中。降水条件是塑造乡村聚落空间分布的关键自然因素之一。乐安县降水分布不均,春季和夏季降水量较大,对于  $15^\circ$  以上坡度的山地地区,常导致洪涝灾害及泥石流,秋季降水量少,易出现干旱的现象,阻碍了乡村聚落规模的拓展,原有乡村聚落也朝着坡度更低的区域迁移。对于  $15^\circ$  以下坡度的地区,雨季降水量利于农作物的生长,导致人口往此处迁移。由此可见,坡度在聚落扩张进程中发挥着至关重要的作用,逐渐成为推动其变化的主导性驱动力。同时,坡度、降水与高程等自然环境因子通过非线性交互作用,在乡村聚落空间规模演变进程中发挥着重要作用。

3.3.2 地理区位因素 从地理区位因素来看,对乡村聚落变化起主导作用的是距道路距离及夜间灯

光,其  $q$  值分别是 0.108 04, 0.106 27。乡村聚落的演变是其区位因素相互作用的结果,  $X_7 \cap X_6$  是其最主要的驱动因素,  $q$  值为 0.227 6, 表明优越的地理位置吸引村民汇聚, 推动乡村聚落外部形态发生转变。表明聚落受城镇的辐射驱动程度与该聚落距离城镇的远近呈正相关, 即距离城镇越近, 受到的辐射驱动越大。  $X_8 \cap X_6$  的  $q$  值为 0.211 48, 表明夜间灯光越强, 城市发展辐射带动作用越大, 乡村聚落覆盖面广, 导致对乡村聚落规模扩张较为显著。  $q$  值大于 0.25 的交互作用还有  $X_6 \cap X_2$ ,  $X_7 \cap X_4$ ,  $X_8 \cap X_1$ ,  $X_6 \cap X_2$  是主要影响力, 其  $q$  值为 0.286 04, 受制于山地丘陵地形的特殊地理条件, 交通网络的完善程度与乡村人口的迁移集散、资金的流向轨迹形成高度紧密的关系, 使之道路基础设施对乡村聚落空间拓展产生显著影响。此外, 政府主导的集中居住区建设、产业扶贫园区等项目实施后, 夜间灯光会出现局部亮度跃升, 成为政策效果的空间显影剂, 进一步表明聚落的演变与空间分布是区域可达性和自然因素共同作用的结果。



注:  $X_1$  为海拔;  $X_2$  为坡度;  $X_3$  为坡向;  $X_4$  为降水;  $X_5$  为距河流距离;  $X_6$  为距道路距离;  $X_7$  为距县域中心距离;  $X_8$  为夜间灯光遥感;  $X_9$  为耕地面积;  $X_{10}$  为人口;  $X_{11}$  为 GDP。

图 5 聚落规模空间动态变化驱动因子探测结果

Fig. 5 Detection results of driving factors of spatial dynamic changes in settlement scale

3.3.3 社会经济因素 从社会经济因素来看, 本次选取的研究因子都具有显著作用, 包括耕地面积、人口及区域的 GDP, 其  $q$  值分别是 0.106 01, 0.130 27 及 0.126 22。其中具有决定性作用的因素是 GDP。乡村聚落是社会经济要素动态耦合的空间映射, 交互效果显著。主要有  $X_{11} \cap X_9$  及  $X_{11} \cap X_{10}$ , 其因子交互探测的  $q$  值分别为 0.280 77, 0.337 58。表明 GDP 增长使地方财政收入增加, 对完善乡村基础设施和优化公共服务供给具有积极意义。此外,  $X_{10} \cap X_6$  是核心驱动力,  $q$  值为 0.344 68, 表明社会经济因素与地理区位因素的双重作用显著<sup>[30]</sup>。由于道路改善、水电稳定、通信普及, 教育、医疗、文化资源优化, 吸引人口聚集, 推动聚落形态与规模演变。产业结构从传统农业向多元发展; 工业创造大量就业, 使乡村人口流向工业集中区, 聚落规模扩张; 服务业兴起, 改变聚落空间布局与功能。农业人口规模持续扩张, 推动刚性居住需求累积, 驱动乡村聚落空间外延式扩展, 因此人口是导致乡村聚落格局演变的重要因素。同时,  $X_{11} \cap X_9$  对空间布局的驱动作用较大, 表明乐安县总 GDP 与耕地条件同时影响位置和形态的空间分布。且  $q$  大于 0.25 的交互作用还有  $X_{11} \cap X_2$ ,  $X_{11} \cap X_4$ ,

交互作用还有  $X_6 \cap X_2$ ,  $X_7 \cap X_4$ ,  $X_8 \cap X_1$ ,  $X_6 \cap X_2$  是主要影响力, 其  $q$  值为 0.286 04, 受制于山地丘陵地形的特殊地理条件, 交通网络的完善程度与乡村人口的迁移集散、资金的流向轨迹形成高度紧密的关系, 使之道路基础设施对乡村聚落空间拓展产生显著影响。此外, 政府主导的集中居住区建设、产业扶贫园区等项目实施后, 夜间灯光会出现局部亮度跃升, 成为政策效果的空间显影剂, 进一步表明聚落的演变与空间分布是区域可达性和自然因素共同作用的结果。

$X_{11} \cap X_7$  及  $X_{11} \cap X_8$ , GDP 的驱动作用依旧明显, 是自然因素、地理区位因素及社会经济因素多元协同作用的结果。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

乡村聚落空间格局演变过程映射出人地关系的动态调适。本研究丰富了地理探测器方法在乡村聚落空间分异及驱动因素研究中的应用, 拓展了乡村聚落空间格局研究区域, 为罗霄山区乡村聚落空间优化提供参考。罗霄山区乡村聚落空间优化应基于区域乡村聚落空间格局特征, 发挥区域生态和文化优势, 兼顾保护与发展, 构建人地协调的可持续聚落体系, 为巩固拓展脱贫攻坚成果、实现乡村全面振兴奠定坚实基础。

(1) 立足空间规划与整治, 促进乡村聚落空间整体优化。科学规划聚落空间布局, 构建层次分明、功能互补的乡村聚落体系, 动态调整乡村聚落类型, 通过增强中心村基础设施与公共服务供给, 引导人口、产业等要素向其汇聚, 优化乡村空间格局。推进农村土地综合整治工作, 加强废弃宅基地与闲置建设

用地复垦整理,激活低效闲置土地资源,实现土地节约集约利用。

(2) 实施传统村落集中连片保护,发挥乡村聚落空间集聚效应。以罗霄山区国家传统村落集中连片保护利用示范县、中国传统村落点为依托,构建传统村落集中连片保护发展格局,围绕基础设施、村庄环境提升、特色产业发展、传统建筑保护修缮、传统文化发展等开展建设,通过区域统筹、以点带面推进,形成连片完整的聚落山水格局和具有传统乡村风貌特色的集聚区,更好地发挥乡村聚落空间集聚效应。

(3) 推动产业融合赋能,提升乡村聚落空间活力。立足罗霄山区丰富的生态和文化资源,因地制宜培育特色产业,以产业带动人口、土地等要素流动,提升乡村聚落空间活力。结合自然景观与历史遗迹,开发乡村旅游线路,串联传统村落、田园风光、生态景区等景点,激发餐饮、住宿、购物等关联产业活力,同时扶持农产品加工业发展,构建更完整、高附加值的产业链,为乡村聚落空间注入发展动力。

## 4.2 结论

(1) 2000—2020年乐安县乡村聚落总体数量与规模明显增长,斑块数量和面积增幅分别达到55.63%,84%,且以小型聚落变化为主。乡村聚落空间分布保持显著集聚性,平均最近邻指数位于0.325~0.359。乡村聚落冷热点分布总体稳定,高密度区与热点区、低密度区与冷点区空间分布高度一致,呈现“中心动态迁移、梯度差异显著、冷热分布分化”格局,核密度相对稳定但核心区出现扩散。空间分布上,标准差椭圆持续扩展,受地形影响显著,沿河谷、平原呈带状延展,重心总体向东南迁移至鳌溪镇,形成一定的“带状扩展”格局。

(2) 乐安县乡村聚落的空间分布及空间格局演变受到自然地理因素、区位因素、社会经济因素的综合影响。其中自然环境约束表现出显著的海拔与坡度指向性,乡村聚落在海拔低于200 m、坡度在 $5^{\circ}$ ~ $15^{\circ}$ 的平原地区呈现高度集聚态势,体现出“低海拔、缓坡度”的典型分布规律。同时,县域城区的空间扩张过程中,社会经济变量与区位条件中距道路距离和GDP影响对乡村聚落的空间组织呈现出动态强化的驱动特征,这种作用力不仅影响现有聚落的空间重构,更主导着新增聚落的区位选择,成为乡村聚落演化的关键驱动力。

(3) 研究采用地理探测器模型,虽有效识别了驱动因子的解释力与交互作用,但其线性假设在揭示驱动因素与聚落演变之间确切的因果关系和复杂作用机制方面尚有拓展空间。2000年以来,研究区经

历了从“新农村建设”到“精准扶贫”,再到“乡村振兴”的演变过程。2000—2020年期间,是研究区乡村聚落显著变化的阶段,因此选择该期间作为研究时间范围。自2021年以来,在全面推进乡村振兴、持续巩固拓展脱贫攻坚成果的进程中,研究区乡村聚落空间格局演变还需要通过更长时间的观察,在今后作进一步分析。通过对比不同巩固脱贫成果区域乡村聚落的演变特征,揭示共性规律与区域差异,为区域乡村聚落优化提供更充分借鉴。

## 参考文献(References):

- [1] 郭晓东,牛叔文,刘正广,等.陇中黄土丘陵区乡村聚落发展及其空间扩展特征研究:以甘肃省秦安县为例[J].干旱区资源与环境,2008,22(12):17-23.  
Guo X D, Niu S W, Liu Z G, et al. Research on rural settlement development and spatial expansion characters in loess hilly area: taking Qin'an County of Gansu Province for example[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008,22(12):17-23.
- [2] 李孝坤,李忠峰,冯敏.重庆三峡库区乡村聚落空间分布探析[J].水土保持研究,2013,20(4):242-247,252.  
Li X K, Li Z F, Feng M. Analysis of rural settlements spatial distribution pattern in Chongqing Three Gorges Reservoir area[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2013,20(4):242-247,252.
- [3] 金其铭.农村聚落地理研究:以江苏省为例[J].地理研究,1982,1(3):11-20.  
Jin Q M. The geographic study of rural settlements: taking Jiangsu Province as an example[J]. Geographical Research, 1982,1(3):11-20.
- [4] 曹翠,徐丽萍,张茹倩,等.阿勒泰地区乡村聚落空间分布格局演变探析[J].石河子大学学报:自然科学版,2023,41(3):311-321.  
Cao C, Xu L P, Zhang R Q, et al. Analysis on the evolution of spatial distribution pattern of rural settlements in Altay Prefecture[J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 2023,41(3):311-321.
- [5] Roppa A, van Dommelen P. Rural settlement and land-use in Punic and Roman Republican Sardinia[J]. Journal of Roman Archaeology, 2012,25:49-68.
- [6] Potter C, Burney J. Agricultural multifunctionality in the WTO: legitimate non-trade concern or disguised protectionism[J]. Journal of Rural Studies, 2002,18(1):35-47.
- [7] Song W, Li H H. Spatial pattern evolution of rural settlements from 1961 to 2030 in Tongzhou District, China[J]. Land Use Policy, 2020,99:105044.
- [8] Michalka L, Siláči I. The transformation of transport and public spaces of the selected rural settlement[J]. Procedia Engineering, 2017,192:592-596.
- [9] Wang C, Huang B, Deng C, et al. Rural settlement

- restructuring based on analysis of the peasant household symbiotic system at village level: a case study of Fengsi Village in Chongqing, China[J]. *Journal of Rural Studies*, 2016,47:485-495.
- [10] 李骞国,石培基,刘春芳,等.黄土丘陵区乡村聚落时空演变特征及格局优化:以七里河区为例[J].*经济地理*, 2015,35(1):126-133.  
Li Q G, Shi P J, Liu C F, et al. Spatial-temporal evolution characteristic and pattern optimization of rural settlement in the Loess Hilly Region: Take Qilihe district for example[J]. *Economic Geography*, 2015,35(1):126-133.
- [11] 叶强,潘若菀,赵焱.土地用途管制下长株潭生态绿心地区乡村聚落时空演变特征[J].*水土保持研究*, 2021, 28(2):285-292.  
Ye Q, Pan R C, Zhao Y. Analysis on the characteristics of temporal and spatial evolution of rural settlements in Changzhutan ecological 'green heart' under land-use regulation [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2021,28(2):285-292.
- [12] 黄亚平,郑有旭.江汉平原乡村聚落形态类型及空间体系特征[J].*地理科学*, 2021,41(1):121-128.  
Huang Y P, Zheng Y X. The rural settlement morphological types and spatial system characteristics in the Jiangnan Plain[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(1):121-128.
- [13] 刘军杰,郗瑞卿,王婉谕.长春市乡村聚落空间分异特征及影响因素分析[J].*水土保持研究*, 2019,26(6):334-338,346.  
Liu J J, Qie R Q, Wang W Y. Spatial differentiation characteristics and influencing factors of rural settlements in Changchun City [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2019,26(6):334-338,346.
- [14] 龙花楼,屠爽爽.乡村重构的理论认知[J].*地理科学进展*, 2018,37(5):581-590.  
Long H L, Tu S S. Theoretical thinking of rural restructuring[J]. *Progress in Geography*, 2018,37(5):581-590.
- [15] 冀正欣,许月卿,卢龙辉,等.乡村聚落空间优化研究进展与展望[J].*中国土地科学*, 2021,35(6):95-104.  
Ji Z X, Xu Y Q, Lu L H, et al. Research progress and prospects for spatial optimization of rural settlements [J]. *China Land Science*, 2021,35(6):95-104.
- [16] 何仁伟,陈国阶,刘邵权,等.中国乡村聚落地理研究进展及趋向[J].*地理科学进展*, 2012,31(8):1055-1062.  
He R W, Chen G J, Liu S Q, et al. Research progress and tendency of Chinese rural settlements geography [J]. *Progress in Geography*, 2012,31(8):1055-1062.
- [17] 朱晓翔,朱纪广,乔家君.国内乡村聚落研究进展与展望[J].*人文地理*, 2016,31(1):33-41.  
Zhu X X, Zhu J G, Qiao J J. Research progress and prospect on Chinese rural settlements[J]. *Human Geography*, 2016,31(1):33-41.
- [18] 李智,张小林,李红波.县域城乡聚落规模体系的演化特征及驱动机理:以江苏省张家港市为例[J].*自然资源学报*, 2019,34(1):140-152.  
Li Z, Zhang X L, Li H B. Evolution characteristics and driving mechanism of urban-rural scale system at county level: a case of Zhangjiagang city, Jiangsu Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2019,34(1):140-152.
- [19] 李小建,许家伟,海贝贝.县域聚落分布格局演变分析:基于1929—2013年河南巩义的实证研究[J].*地理学报*, 2015,70(12):1870-1883.  
Li X J, Xu J W, Hai B B. The changing distribution patterns of rural settlements during the process of urbanization: the case of Gongyi(1929—2013), China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015,70(12):1870-1883.
- [20] 蒋莉,黄静波.罗霄山区旅游扶贫效应的居民感知与态度研究:以湖南汝城国家森林公园九龙江地区为例[J].*地域研究与开发*, 2015,34(4):99-104.  
Jiang L, Huang J B. Residents' perceptions and attitudes on the effect of poverty-elimination by tourism in Luoxiao Mountains: a case study of the national Forrest Park of Rucheng in Jiulongjiang district [J]. *Areal Research and Development*, 2015,34(4):99-104.
- [21] 李琛,吴映梅,高彬嫫,等.高原湖泊乡村聚落空间分异及驱动力探测:以环洱海地区为例[J].*经济地理*, 2022,42(4):220-229.  
Li C, Wu Y M, Gao B P, et al. Spatial differentiation and driving factors of rural settlement in plateau lake: a case study of the area around the Erhai [J]. *Economic Geography*, 2022,42(4):220-229.
- [22] 魏璐瑶,陈娱,张正方,等.多情景视角下基于空间组合识别的农村居民点布局优化研究:以江苏省新沂市为例[J].*地理研究*, 2021,40(4):977-993.  
Wei L Y, Chen Y, Zhang Z F, et al. Rural settlements layout optimization based on spatial combination identification from a multi-scenario perspective: taking Xinyi City of Jiangsu Province as an example[J]. *Geographical Research*, 2021,40(4):977-993.
- [23] 蒋雨欣,戴文远,陈娟,等.闽东丘陵区乡村聚落空间格局演变及其影响因素:以福建省屏南县为例[J].*水土保持研究*, 2024,31(3):311-319.  
Jiang Y X, Dai W Y, Chen J, et al. Spatial pattern evolution and its influencing factors of rural settlements in hilly and mountainous areas of eastern Fujian: a case study in Pingnan County of Fujian Province[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2024,31(3):311-319.
- [24] 程红霞,胡列群,林粤江.近50 a新疆沙尘暴冷热点的时空分布特征[J].*干旱区资源与环境*, 2014,28(7):100-104.  
Cheng H X, Hu L Q, Lin Y J. Temporal and spatial distribution characteristics of hot and cold spots of sandstorm in Xinjiang in recent 50 years[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2014, 28(7):100-104.