

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2021.09.012

基于“扩展源”的丘陵山地区农村居民点布局优化

杨 旭¹, 信桂新², 蒋好雨¹, 杨朝现¹

1. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715;

2. 长江师范学院 武陵山区特色资源开发与利用研究中心, 重庆 涪陵 408100

摘要: 农村居民点的空间布局优化可有效改变农村土地低效无序利用的现状, 缓解日益突出的人地矛盾, 满足国土空间精细化、集约化治理需求。通过构建农村居民点“扩展源”评价体系, 对丘陵山区农村居民点进行筛选和评判。基于“扩展源”的等级差异化, 采用改进 MCR 模型和加权 Voronoi 图等方法分析农村居民点空间布局适宜性, 进而确定各类农村居民点的优化调控途径。结果表明: ① 研究区农村居民点“扩展源”在数量结构上以 S_2 级为主, 在空间布局上受地形和水源影响较大, 其景观特征受自然地理条件制约显著; ② 改进 MCR 模型评价结果表明, 研究区北部阻力整体小于南部, 总体来看, 高适宜类农村居民点主要分布在浅丘带坝区, 低适宜类则多数集中在海拔较高的西南部丘陵地区; ③ 根据适宜性分区结果与加权 Voronoi 图的空间组合关系, 总结出重点发展型、一般发展型、改造提升型和迁建拆并型 4 类农村居民点优化模式。因此, 丘陵山地区农村居民点的建设和整理工作, 应遵循因地制宜、因类施策的布局优化原则, 统筹资源配置, 加强科学管控, 积极推进宜居乡村建设。

关键词: “扩展源”; 农村居民点; 阻力分析; 加权 Voronoi 图; 布局优化; 李市镇

中图分类号: F301.23

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2021)09-0102-13

Layout Optimization of Rural Residential Settlements in Hilly and Mountainous Areas Based on “Extended Source”

YANG Kui¹, XIN Guixin², JIANG Haoyu¹, YANG Chaoxian¹

1. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Research Center for Development and Utility of Unique Resources in the Wulingshan Region, Yangtze Normal University, Fuling Chongqing 408100, China

Abstract: The optimization of the spatial layout of rural residential areas can effectively change the current situation of inefficient use of rural land, alleviate the increasingly prominent human-land contradiction and meet the needs of refined and intensive governance of land space. An evaluation model of “extended sources” of rural settlements is constructed in this study to screen and assess rural settlements in hilly and mountainous areas. Based on the hierarchical differentiation of “extended sources”, improved MCR models

收稿日期: 2020-07-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771534).

作者简介: 杨 旭, 硕士, 主要从事土地利用与规划研究.

and weighted Voronoi diagrams are used to analyze the suitability of the spatial layout of rural settlements, and determine the layout optimization direction of various rural settlements. The main conclusions are as follows: ① The expansion sources of the rural residential settlements in the study area are, in the main, of Grade S_2 in terms of their quantitative structure, which is greatly affected by terrain and water sources in spatial layout, and its landscape characteristics are significantly restricted by natural geographical conditions. ② The MCR model evaluation results show that the resistance in the north of the study area is generally smaller than that in the south. Generally speaking, rural settlements of high suitability are mainly distributed in the shallow hilly areas or plains, and those of low suitability are mostly concentrated in the southwest hilly areas with higher altitudes. ③ According to the spatial combinatorial relationship between the suitability zoning results and the weighted Voronoi diagram, four types of rural settlement optimization models are summarized, i. e. key development type, general development type, transformation and promotion type and demolition and relocation type. In conclusion, in the work of re-arranging and constructing rural settlements in hilly and mountainous areas, the principle of “policy-making according to the actual local conditions” should be adhered to so as to coordinate the allocation of resources, strengthen scientific management and control and actively promote the construction of livable villages.

Key words: “extended source”; rural settlement; resistance analysis; weighted Voronoi diagram; layout optimization; Lishi Town

农村居民点作为农民生产生活的重要空间载体,反映了农业社会发展过程中与周围社会经济、自然环境的相互作用,同时也是人地交流和互动的体现^[1]。然而,随着城镇化和工业化进程的不断推进,城乡社会经济资源和生产要素重组与交互作用更加明显,大量劳动力人口的转移加速了农村居民点用地的低效利用和闲置荒废,农村“空心化”现象严重,农村社会经济发展面临巨大的挑战^[2]。在这种背景下,加强农村居民点的优化调控和科学管理,日益成为乡村振兴的重要内容和迫切任务。基于新时期城乡融合发展导向,如何优化重构和有效盘活农村居民点,已成为我国乡村亟待研究和解决的重要现实问题。

围绕农村居民点大量学者采用景观指数^[3]、空间热点探测^[4]、核密度分析^[5]、生态位理论^[6]和分形理论^[7]等相关方法和理论,从其格局特征^[2]、演变规律^[8]、驱动机制^[9]、整治模式^[10]和优化重构^[11]等方面开展了一系列研究,并取得了丰硕的成果。随着研究的深入,近年来有学者尝试将最小累计阻力模型(minimal cumulative resistance model, MCR 模型)运用在农村居民点动态增长模拟^[12]和适宜性分区^[13]中,开展农村居民点建设布局与生态环境保护之间的关系研究,如洪步庭等^[14]和文博等^[15]从生态保护视角出发,通过最小阻力模型模拟结果与农村居民点空间分布的叠加分析,反推得到农村居民点布局的适宜性。在农村居民点布局优化研究方面,杨立等^[16]基于空间相互作用理论,运用引力模型和潜能模型提出了不同类型农村居民点用地的优化和调控方向;王成等^[17]将共生理论引入到农村居民点的重构优化中,构建不同类型农村居民点的空间重构策略;张瑞颌等^[18]从土地宜耕性和生态主导功能入手,将农村居民点空间优化模式进一步划分为四周环绕式、组团嵌套式和整合迁并式。相关研究表明,农村居民点的布局优化呈现出研究内容更加系统化、研究方法更加多样化的发展态势。其中,加权 Voronoi 图的地理空间分割功能在农村居民点的优化调控中发挥了十分重要的作用^[19-20],但现有研究多数集中在地势相对平坦、农村发展差异较小的地区^[21-22],对居民点斑块之间相互联系及影响机制考虑不足,难以全面、客观地衡量农村居民点存在和分布的合理性。综合相关研究来看,农村居民点布局优化的研究范围还不够微观深入,评价指标考虑还不够充分全面,尤其是在地形条件复杂、经济发展相对滞后的西南丘陵山地区,其结果对缓解乡村衰退、促进城乡融合发展的作用有限,难以满足相关实践需求。

重庆作为西部农村劳务输出的主要地区,伴随着三峡库区移民打工潮和人口城镇化的推进,“人走地荒”现象显得尤为突出,不利于土地集约利用和美丽乡村建设.基于此,本研究选取农村人口转移较快、农村居民点布局散乱的重庆市江津区李市镇为研究案例,通过农村居民点“扩展源”指标评价体系选取优势居民点图斑,利用改进 MCR 模型评价农村居民点用地布局的适宜性,并通过“扩展源”生成不同等级的加权 Voronoi 图,最后根据适宜性分类和加权 Voronoi 图的空间组合特征确定各类农村居民点的优化模式和调控策略,以期为丘陵山区的农村居民点布局优化和科学管理工作提供参考.

1 研究区域概况及数据处理

1.1 研究区域概况

江津区(105°49′~106°38′E, 28°28′~29°28′N)位于重庆市西南之陲,处于长江中上游、三峡库区生态保护带尾端.李市镇地处江津区腹地(图 1),辖区面积 179.52 km²,辖 2 个社区居委会、9 个行政村及 120 个村(居)民小组,总人口 9 万余人,其中农业人口约 7.8 万人.研究区属亚热带季风性湿润气候,海拔在 181~887 m 之间,地势南高北低,地貌类型主要为深丘和浅丘带坝.研究区域农村居民点分布呈现“北紧凑南散(乱)”的格局,据 2016 年统计数据显示,全镇农村居民点用地面积 1 389.78 hm²,占土地总面积的 7.74%,人均用地为 178.24 m²/人,用地水平相对偏高,集约程度较差,浪费闲置严重.与传统农区和平原地区相比,研究区域农村居民点一方面受地理条件限制呈现散乱无序的空间分布格局,另一方面受城镇化进程加速的影响而处于深刻的变革和转型之中,是当前国土空间综合治理的难点区域.

1.2 数据处理

本研究主要采用了江津区 2016 年 1:1 万土地利用变更调查数据库、土地利用总体规划数据库(2006—2020 年)、永久基本农田划定成果、DEM 数据(空间分辨率为 30 m)、Landsat8 OLI 遥感影像数据、统计年鉴、地质灾害防治和各村农业经济统计报表等相关资料.

研究数据处理过程如下:① 通过土地利用变更调查数据库导出研究区农村居民点用地数据,并与遥感影像进行叠加,通过图像解译、判读,筛选出符合条件的农村居民点用地图斑 4 343 个,共计 1 256.15 hm²;② 利用 DEM 数字高程模型,生成李市镇高程、坡度和地表起伏度图;③ 以 6~8 月的平均值作为当年代表数据,利用 Landsat8 OLI 影像,由归一化植被指数计算获取研究区植被覆盖度;④ 根据江津区地质灾害防治规划成果提取李市镇地质灾害威胁分布数据;⑤ 指标类型数据在经过拼接、配准、裁剪和重采样等一系列预处理后,统一转换成 30 m×30 m 大小的栅格数据,并投影到统一的坐标系.

2 研究方法

2.1 农村居民点“扩展源”评价模型

2.1.1 农村居民点“扩展源”选取

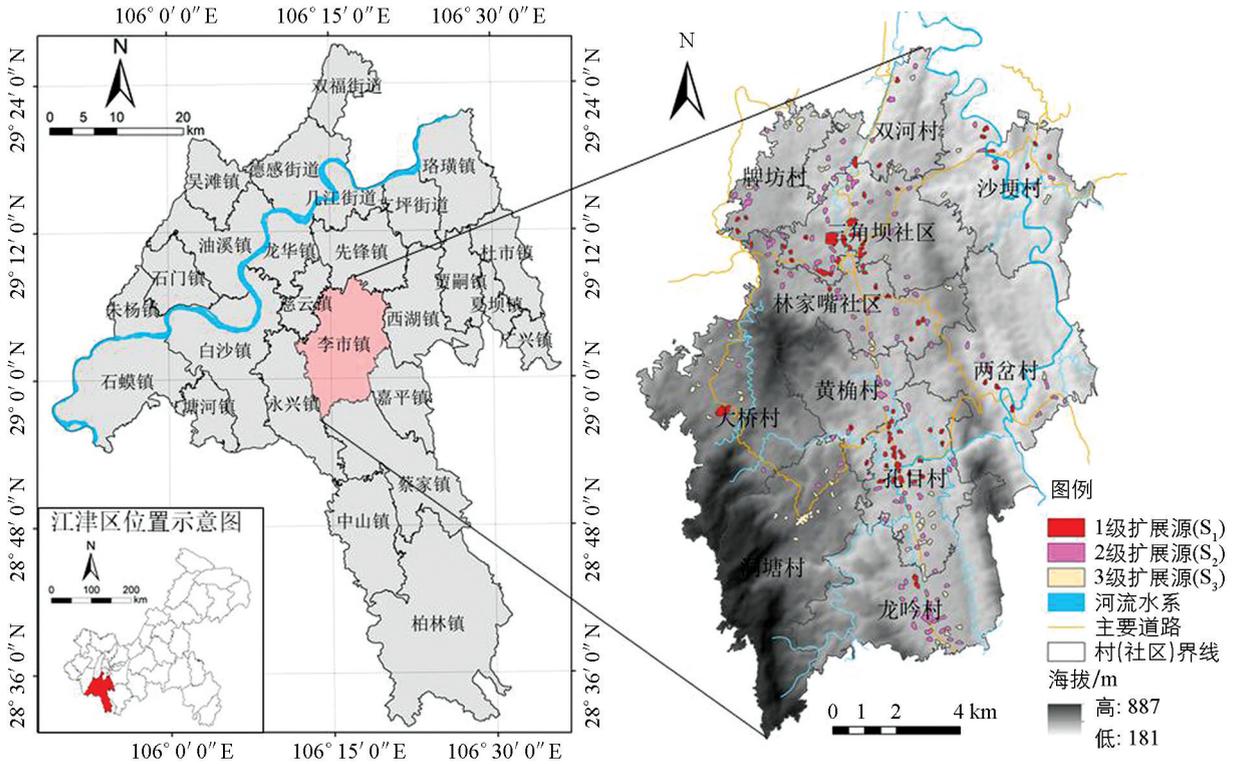
“源”即要素扩展的起点^[13],农村居民点源地指现状居民点用地.农村居民点“扩展源”由于其所处地域和个体特征的差异性,其空间扩展能力并不能“一视同仁”.若将全部居民点纳入源地范围,会导致优势斑块的过度竞争,不利于规模集群和优化配置.本研究依据规模、区位和地域环境等因素设定“扩展源”的选取原则^[23]:① 单个居民点斑块面积大于 0.5 hm²;② 居民点与最近交通干道距离在 800 m 以内;③ 居民点的海拔小于 500 m、坡度小于 8°;④ 居民点用地范围不涉及地质灾害易发区、永久基本农田及生态敏感地带.

根据以上选取原则,结合研究区农村居民点现有特征,筛选出 254 个现状图斑作为农村居民点“扩展源”(图 1).

2.1.2 农村居民点“扩展源”分级

在确定农村居民点“扩展源”的基础上,通过建立综合影响力评价体系可实现对“扩展源”的分级,从而

识别出不同等级“扩展源”居民点斑块的差异化特征. 作为复杂的评价过程, 农村居民点“扩展源”综合影响力的大小既受到斑块规模和形状等居民点本底特征的影响, 同时还与周围自然环境和社会经济等外部因素的干扰息息相关, 且不同因素之间对综合影响力的作用程度和效果也不尽相同. 参考相关研究^[10-11], 结合研究区实际, 遵循评价指标可操作性、科学性和全面性等原则, 从自然条件、规模形态和社会经济等三方面选取相关指标(表 1), 建立综合影响力指标体系, 对李市镇农村居民点“扩展源”斑块进行评价.



研究区区位底图来源于重庆市规划与自然资源局网站“重庆市标准地图服务”, 审图号: 渝 S(2021)006 号.

图 1 研究区区位及农村居民点源地分布

(1) 指标标准化处理. 为消除要素间量纲差异的影响, 采用极差法进行标准化处理. 其中: 正向指标

$$f_1 = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \times 100 \quad (1)$$

负向指标

$$f_2 = (x_{\max} - x) / (x_{\max} - x_{\min}) \times 100 \quad (2)$$

式中: f_1 和 f_2 为标准化后的数值; x 是某个评价指标的属性值; x_{\max} 为某个评价指标的最大属性值; x_{\min} 为某个评价指标的最小属性值.

(2) 指标权重确定. 由于各指标对农村居民点“扩展源”斑块的影响程度不同, 为避免主观因素干扰, 本研究采用熵权法确定指标权重, 其计算公式为:

$$e_j = -(\ln m)^{-1} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (3)$$

$$P_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{i=1}^m d_{ij}} \quad (4)$$

$$M_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (5)$$

式中: e_j 是指标 j 的信息熵; $m=254$, 为全部农村居民点“扩展源”斑块数量; P_{ij} 是第 j 个指标下第 i 个居民点斑块的特征比重; d_{ij} 是标准化后居民点斑块 i 的第 j 个指标分值; M_j 是指标 j 的熵权重; n 为指标数。

(3) 综合影响力测算. 本研究采用单元加权求和法计算农村居民点“扩展源”斑块综合影响力, 其计算公式为

$$S = \sum_{j=1}^n F_j M_j \quad (6)$$

式中: S 为农村居民点“扩展源”的综合影响大小, F_j 为指标 j 标准化后分值, M_j 为指标 j 的权重, n 为指标数。

表 1 农村居民点“扩展源”综合影响力测评指标体系

因素	指 标	计算或获取方法	性质	权重
自然条件	地形位指数	$T = \ln \left[\left(\frac{E}{\bar{E}} + 1 \right) \times \left(\frac{S}{\bar{S}} + 1 \right) \right]$ (E 表示任意栅格的高程值, \bar{E} 表示计算单元内的平均高程, S 表示任意栅格的坡度值, \bar{S} 表示计算单元内的平均坡度.)	负	0.15
	水网密度	利用 ArcGIS 软件功能进行密度分析获取.	正	0.09
	路网密度	利用 ArcGIS 软件功能进行密度分析获取.	正	0.08
	耕作距离	利用 ArcGIS 软件相关功能进行最近邻分析获取.	负	0.11
	规模形态	地块面积	从土地利用变更调查数据库提取.	正
	地块面积增长率	$(S_t/S_0 - 1) \times 100\%$ (S_t 为现状用地规模, S_0 为 5 年前用地规模.)	正	0.08
	形状指数	$I_{LS} = 0.25P/\sqrt{A}$ (A 为斑块面积, P 为斑块周长.)	负	0.08
社会经济	人口密度	总人数/行政村面积	正	0.13
	农民人均可支配收入	从各村统计报表获取.	正	0.09
	贫困发生率	贫困人数/行政村总人数	负	0.07

2.2 改进 MCR 模型

2.2.1 模型构建

MCR 模型最早由 Knaapen 等^[24]学者提出, 后被广泛应用于物种传播扩散和生态景观格局构建^[25-26]. 近年来, 一些学者通过借助 MCR 模型模拟源向周围空间扩张的过程来表达农村居民点的空间适宜程度. 然而将 MCR 模型直接应用于模拟农村居民点源地向外拓展时, 若不考虑源自身结构和功能的差异, 其结果与实际吻合程度较差, 在地形条件较为复杂的丘陵山区更是如此. 因此, 本研究在传统 MCR 模型的基础上, 考虑引入不同等级源的相对阻力因子(K_j), 对原 MCR 模型进行适度修正, 重新构建了改进后的 MCR' 模型^[27], 其计算公式为

$$F_{MCR'} = f \min \sum_{j=1}^{i=m} (D_{ij} R_i K_j) \quad (7)$$

式中: $F_{MCR'}$ 为改进后的农村居民点最小累计阻力值, f 为空间任意一点最小阻力与到源的距离和景观基面特征呈正相关的未知函数, D_{ij} 为源 j 到某一景观单元 i 的空间距离, R_i 为景观单元 i 的阻力系数, K_j 为不同等级源对应的相对阻力因子. K_j 的取值大小由“扩展源”等级决定. 源的等级越高, 扩张能力越强, 其相对阻力因子 K_j 就越小. 综合相关研究成果^[12], 本研究将一级“扩展源”阻力因子赋值为 0.5、二级赋值为 0.7、三级赋值为 0.9.

2.2.2 阻力体系构建

根据丘陵山区农村居民点形成和发展的主要影响因素, 结合实际选取了反映地形、区位和用地相关的 9 个阻力因子构建阻力指标体系(表 2)。地形阻力主要选取海拔、坡度和地形起伏因子进行表达: 海拔和坡度决定着农村住房建设的成本和居民交通的便捷度, 而农村居民点的分布格局与地势起伏具有明显的关联性^[28]; 一般情况下, 海拔高、坡度大、起伏度较大的地区生产生活成本高, 农村居民点空间布局阻力系数大^[29]。区位阻力主要基于人们获取物质、信息和能量的便利程度进行衡量; 通常距公路、水源地和建制镇越近, 农村居民点布局适宜性阻力越小, 反之越大^[30]。用地阻力主要反映不同的土地类型和用地方式对农村居民点发展和扩张的限制程度; 显然, 在水土流失严重地区、地质灾害频发区、生态敏感地带和生态脆弱区, 农村居民点建设扩张限制程度较大^[31]。

表 2 农村居民点“扩展源”阻力指标体系

一级指标 (权重)	二级指标及单位 (权重)	农村居民点扩张阻力系数				
		1	3	5	7	9
地形阻力(0.36 50)	海拔/m(0.1310)	≤250	250~350	350~450	450~600	>600
	坡度/°(0.117 0)	≤3	3~8	8~15	15~25	>25
	地形起伏度/m(0.117 0)	≤30	30~60	60~90	90~120	>120
区位阻力(0.327 8)	距主干道距离/m(0.116 3)	≤300	300~600	600~1 000	1 000~2 000	>2 000
	距河流距离/m(0.104 3)	≤500	500~1 500	1 500~2 500	2 500~3 500	>3 500
	距城镇中心距离/m(0.107 2)	≤1 000	1 000~2 000	2 000~3 000	3 000~4 000	>4 000
用地阻力(0.307 2)	土地利用类型(0.113 1)	村镇建 设用地	交通水利用 地、工矿用地	耕地、园地、 其他农用地	自然保留地、 未利用地	水域、林地、 风景名胜及 特殊用地
		地质灾害威胁程度(0.098 9)	低易发区	—	中易发区	—
	植被覆盖度(0.095 2)	≤0.1	0.1~0.3	0.3~0.5	0.5~0.8	>0.8

根据相关研究成果^[13-15], 考虑研究区实际情况, 确定了各因子的阻力等级和阻力系数, 结合层次分析法和专家打分法确定了各级指标的权重, 运用 ArcGIS 空间分析中的 Cost Distance 模块可计算出农村居民点“扩展源”与阻力基面的最小累计阻力成本^[32]。同时借鉴生态学的最小限制因子定律, 对最小累计阻力面采取极值方法(cell statistics)进行叠加, 并采用几何周期分类法(geometrical intervals)将所有栅格单元划分为 5 个等级, 从而得到阻力分区结果。

2.3 加权 Voronoi 图

加权 Voronoi 图是对常规 Voronoi 图的拓展, 是一种更为有效的空间范围分割方法。该方法除考虑距离远近这一因素外, 还考虑各发生元之间的差异性, 实现了双重条件约束下新的空间剖分^[33-34]。加权 Voronoi 图的定义为: 对于平面空间任意点 $P_i (i=1, 2, \dots, n)$, 都给定不同的权重 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, n)$, 则 $V(P_i, P_j)$ 为权重为 λ_i 的点 P_i 的集合^[35]。其数学表达式为:

$$V(P_i, \lambda_i) = \cap \left\{ P \mid \frac{d(P, P_i)}{\lambda_i} < \frac{d(P, P_j)}{\lambda_j} \right\} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n; i \neq j \quad (8)$$

在丘陵山地区, 村庄的发展模式一直以来受到自然条件的极大约束, 农村居民点的建设和整理往往需要在不同行政单元之间进行协调布局。加权 Voronoi 图通过赋予发生元不同权重, 打破了传统行政界线的限制。在农村居民点的重构优化中, 如何充分利用加权 Voronoi 图发生元的差异性是关键。本研究的布局优化思路是利用 ArcGIS 的拓展工具插件^[36], 将农村居民点“扩展源”作为发生元, 以其对应的综合影响力分值的平方根为权重生成加权 Voronoi 图^[37]。在这种情况下, “扩展源”的等级和权重分别从宏观和微观层面体现了差异化特征, 结合适宜性分区结果能更好地实现居民点的空间优化配置。

3 结果与分析

3.1 农村居民点“扩展源”等级划分

由(6)式所得,研究区农村居民点“扩展源”的综合分值集中在 22.43~77.93 之间.根据综合分值大小,在 ArcGIS 平台中运用自然断点法将农村居民点“扩展源”划分为 3 个级别,其中将综合分值在 22.43~43.85 之间的划分为 1 级(S_1),分值在 43.85~52.35 之间的划分为 2 级(S_2),分值大于 52.35 的划分为 3 级(S_3).

统计分析各等级“扩展源”特征表明(表 3),研究区 S_2 级“扩展源”在数量上占绝对优势,达到 117 个,在斑块面积、斑块面积比例和斑块密度上均为三者中最高,但其斑块平均面积最小,仅为 0.82 hm^2 ,说明研究区域 S_2 级居民点总体规模大,集聚程度较高,但其斑块个体特征不明显; S_1 级“扩展源”斑块平均面积为 1.09 hm^2 ,高出一般水平,说明斑块本底条件较好; S_3 级“扩展源”数量最少(63 个),面积最小(56.20 hm^2),仅占总体的 24.10%,密度分布为 0.31 个/ hm^2 ,景观特征趋于细碎化和破碎化.在空间格局上(图 1), S_1 级“扩展源”在北部场镇附近和南部河谷浅丘区域呈高值集群分布, S_2 级“扩展源”主要分布在离水域和道路稍远的,相对平缓的山丘地带, S_3 级“扩展源”分布比较杂乱零散.由此可以看出,在丘陵山地区,农村居民点空间布局特征受地形和水源影响较大,各等级农村居民点“扩展源”的空间分异特征明显.

表 3 不同等级农村居民点“扩展源”景观特征

“扩展源”等级	斑块个数/个	斑块面积/ hm^2	斑块面积比例/%	斑块密度/(个· hm^{-2})	斑块平均面积/ hm^2
S_1	74	81.16	34.81	0.45	1.09
S_2	117	95.81	41.09	0.53	0.82
S_3	63	56.20	24.10	0.31	0.89

3.2 最小累积阻力分析结果

根据改进 MCR 模型结果显示(图 2),在地形阻力方面,西南部阻力较大、北部阻力较小;区位阻力沿道路、河流的条带性指向性分布明显,且在北部场镇周围阻力值普遍较小;在用地阻力方面,整体呈现“东西高,中部低”的分布态势.阻力基面分值在 1.822~7.159 之间,明显可以看出高值区主要集中在位于大桥村、洞塘村和龙吟村一侧的高海拔山区,而低值区在镇域中部呈明显的条带状分布.各阻力综合叠加表明,李市镇北部阻力普遍较小,阻力高值区多集中在镇域中部和南部,西南部有最大阻力区分布.

由图 3a 可得,各阻力分区面积呈现出“中间大,两头小”的“金字塔”型数量结构:一般阻力区分布范围最广,面积占比为 29.58%;较小阻力区和较大阻力区面积次之,占比分别为 25.66%和 21.70%,而最小阻力区和最大阻力区占比分别为 15.94%和 7.12%,阶梯式递减规律明显.通过 ArcGIS 软件将农村居民点与阻力分区叠加,分别统计不同阻力分区内农村居民点的规模.其中,位于一般阻力区范围内的居民点规模最大,占比达到 27.88%;位于最小阻力区和较小阻力区内的居民点规模相差不大,占比分别为 26.89%和 26.26%;在较大阻力区内,农村居民点面积为 199.84 hm^2 ,占比为 15.91%;位于最大阻力区内的居民点数量最少,面积仅为 39.38 hm^2 .农村居民点适宜程度的高低通过最小累积阻力的大小来模拟,而不同的阻力分区对应着农村居民点空间分布的适宜性程度,由此将研究区农村居民点整体划分为 5 个适宜性级别.如图 3b 所示,研究区主要以高度适宜类、较适宜类和一般适宜类居民点为主,不适宜和极不适宜类居民点整体比重不足 20%.

3.3 基于加权 Voronoi 多边形的优化组合类型识别

受复杂地形条件影响,研究区农村居民点呈现集群交错分布态势.为便于农村居民点布局优化,在适宜性划分的基础上,本研究将高适宜和较适宜类农村居民点合并为 I 类,一般适宜类划分为 II 类,不适宜

和极不适宜类合并为Ⅲ类. 按照“等级组合, 层层控制”的原则, 利用适宜性分区与加权 Voronoi 多边形的空间位置关系进行“点面结合”, 最大程度实现各类农村居民点优势类型组合和空间优化配置.

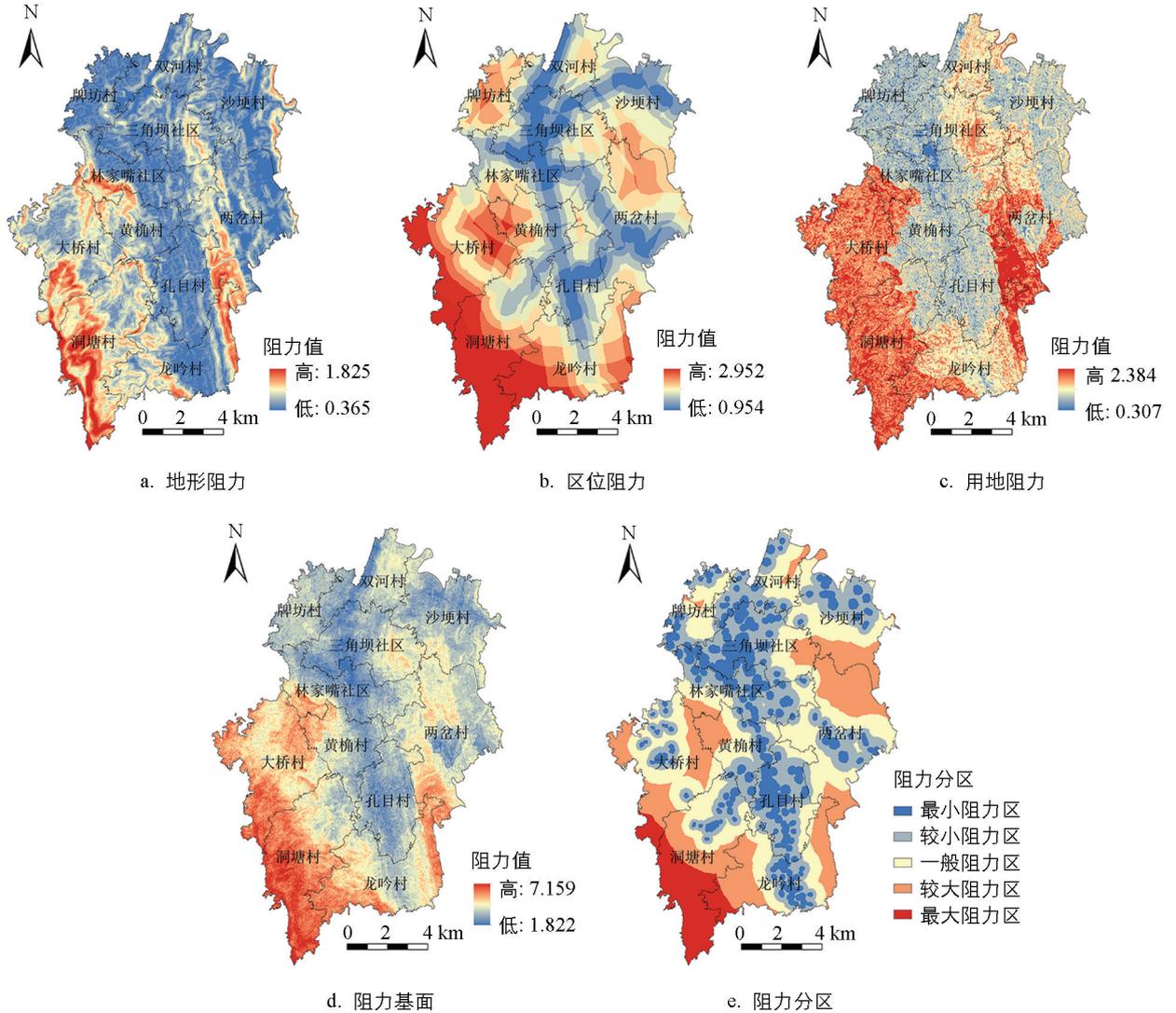


图 2 农村居民点“扩展源”阻力模拟空间分布

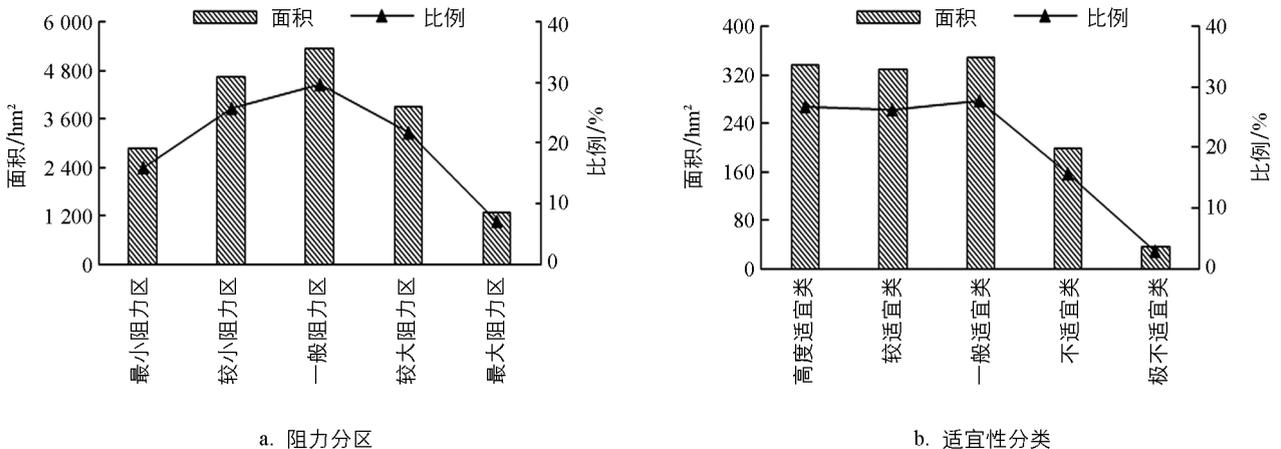


图 3 研究区阻力分区及农村居民点适宜性分类统计

通过对应等级差异,最终共形成 9 种不同的组合方式(表 4)。据统计,处于 V_1 级别加权 Voronoi 多边形范围内的居民点面积共计 215.56 hm^2 。其中,Ⅰ类居民点规模最大,占据主导地位;Ⅱ类居民点面积为 28.09 hm^2 ,主要分布于镇域中部和北部;Ⅲ类居民点面积共计 2.65 hm^2 ,仅在黄桷村、两岔村和沙梗村有零星分布。在 V_2 势力范围内,各类居民点面积总计 610.82 hm^2 ,其面积从大到小依次为:Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ;相较于 V_1 加权 Voronoi 多边形,各类居民点面积均有所增加,分布范围更广,且在Ⅱ类和Ⅲ类居民点上体现得更为明显。在 V_3 级别的加权 Voronoi 多边形中,Ⅰ类和Ⅱ类居民点面积分别为 153.13 hm^2 和 150.45 hm^2 ,两者数量结构差异不大,空间分布状况相似;Ⅲ类居民点面积为 126.19 hm^2 ,主要分布在东部的两岔村和南部的洞塘村。

表 4 农村居民点加权 Voronoi 多边形空间优化组合类型识别结果

加权 Voronoi 多边形级别	农村居民点适宜性类型	面积/ hm^2	优化模式	优化策略
V_1	Ⅰ	184.82	重点发展型 A 类	作为中心村进行集中建设
	Ⅱ	28.09	一般发展型 A 类	适度集中,联动发展
	Ⅲ	2.65	迁建拆并型 A 类	迁移到附近中心村
V_2	Ⅰ	329.75	重点发展型 B 类	作为基层村进行集中建设
	Ⅱ	171.69	一般发展型 B 类	适度集中,联动发展
	Ⅲ	109.38	迁建拆并型 B 类	迁移到附近基层村
V_3	Ⅰ	153.13	改造提升型 A 类	限制保留,合理控制规模
	Ⅱ	150.45	改造提升型 B 类	限制保留,合理控制规模
	Ⅲ	126.19	迁建拆并型 C 类	合并重组为新聚居点

3.4 农村居民点优化调控策略

由于资源禀赋和社会经济要素在空间配置上的差异,各类农村居民点呈现出多元化的发展路径,而不同的发展路径对农村居民点的优化调控提出了不同的要求。根据各发展类型居民点与加权 Voronoi 图的空间优化组合类型分析结果,结合研究区实际,可将镇域农村居民点划分为重点发展型、一般发展型、改造提升型和迁建拆并型 4 种模式进行优化调控,从而实现乡村生活居住空间的合理规划布局(图 4)。

重点发展型侧重考虑新村建设和产业集聚发展,主要是位于 V_1 和 V_2 势力范围内的Ⅰ类居民点,总面积为 514.57 hm^2 。该类型在三角坝-林家嘴社区以及黄桷村-孔目村一带分布较为集中,大多临近场镇,区位条件较好,拥有良好的经济基础和便捷的交通,可作为农村居民点布局和建设的关键区域。重点发展型 A 类由于其自身具备较高的适宜性,可作为中心村进行集中建设;B 类适宜性次之,可作为基层村进行集聚建设。该类型居民点应加快推进城镇化和社区化,提高人口集聚能力,提升公共服务水平,积极引导周边区域规模较小、形态分散的零星居民点集中靠拢。与此同时,该区域需要加强产业集聚引导,通过招商引资等措施推进城镇产业转移、推动农村产业升级,以产业带动土地整治、以产业吸引人口集中,增强农村经济发展动力。

一般发展型居民点总规模为 199.78 hm^2 ,根据所处加权 Voronoi 多边形的级别不同而略有差异,包括 A 和 B 两类。该模式主要分布在距离场镇和主要干道稍远的地带,围绕重点发展型居民点呈现出零星式组团特征。该模式居民点虽然不具备成为中心村和基层村的条件,但是其发展潜力巨大,通过“适度集中,联动发展”,合理控制规模,逐步提升集聚性和辐射能力。通过一定的政策引导,采取“自我更新”的方式,在基础设施建设和产业集聚发展方面做到与重点发展型居民点实现共建共享、互通互利。在土地集约利用的前提下,有计划地进行农村居民点用地的合理布局,建设现代化的农村社区,改善农村人居环境,提高农民生活水平。

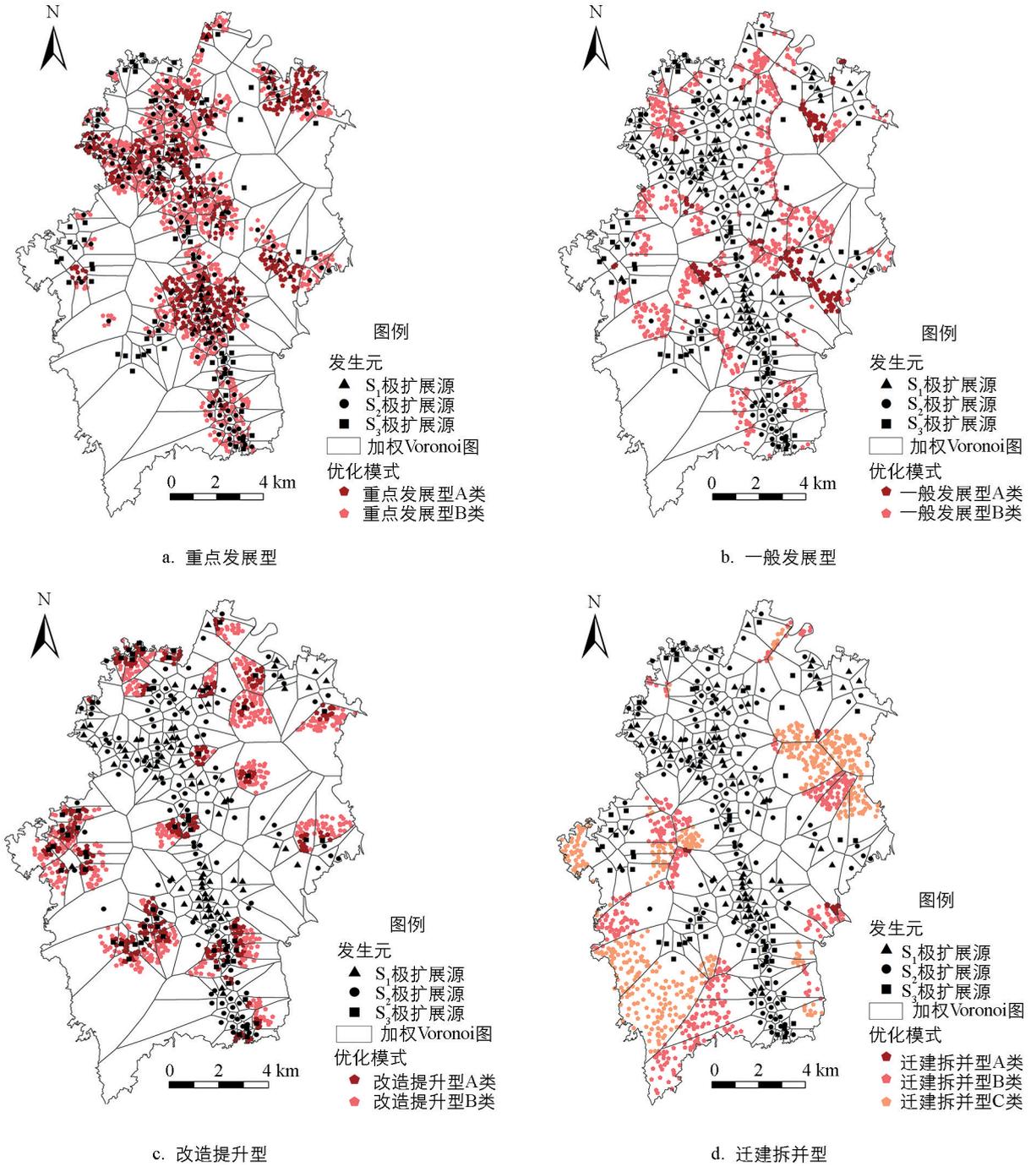


图 4 农村居民点布局优化结果

改造提升型分两种情况,包括位于V₃影响范围的I类居民点(改造提升型A类)和II类居民点(改造提升型B类),共计112.03 hm²。改造提升型A类不宜作为集中建设的重点区域;同理,改造提升型B类也缺乏集聚建设的有利条件和内生动力。在西南丘陵地区,农村居民点的布局优化应在注重提高集聚程度的同时,通过适度引导,合理规划实现“内部消化”与“外部融合”:一是通过充分挖潜内部用地潜力,整合零散居民点,消化闲置宅基地和荒废庭院,提高土地利用率;二是积极探索乡村生活居住空间与生态、生产空间的外部融合,以田园式整理和生态化改造的模式缓解当前用地紧张的矛盾,实现“三生”空间的有机统一,从而改善乡村景观环境。通过采取合理的改造提升方式,在生活环境治理、乡村文化保护和现代农业生产方面形成一系列特色示范村落,实现乡村生活空间的增减有序和生态宜居。

迁建拆并型共计 238.22 hm², 在大桥村、洞塘村和龙吟村分布最多, 东部的两岔村和沙梗村也有小范围分布. 迁建拆并型发展潜力不大, 主要解决基础设施条件较差、空心化严重、受地质灾害严重威胁的农村居民点. 此模式有 3 种优化途径: 迁建拆并型 A 类整体迁移到附近中心村进行集中安置; 迁建拆并型 B 类迁移至附近基层村进行集中安置; 迁建拆并型 C 类在没有明确的迁移中心的情况下, 应通过合并重组零散村落的方式建设新村. 对于集中搬迁安置居民, 政府应适当给予一定优惠政策支持, 对于相邻较近的合并重组村落应合理布局村庄建设, 避免出现大拆大建的现象. 采取“散村归并、危房改造”的原则, 将衰败严重、条件较差的农村居民点进行整合, 加强农村宅基地的管理, 积极鼓励村庄生态基础设施建设; 而位于灾害频发区、生态保护区的农村居民点, 应结合生态搬迁移民等扶贫惠民工作, 对搬离后的原有宅基地进行拆除和复垦, 这样既有利于占补平衡的实现, 也有利于恢复区域生态涵养功能.

4 结论与讨论

4.1 结论

本研究在构建农村居民点“扩展源”评价体系基础上, 利用改进最小累计阻力模型对江津区李市镇农村居民点适宜性类型进行了划分, 并结合加权 Voronoi 图探讨了农村居民点空间布局优化方法和策略, 得到了如下主要结论.

1) 根据农村居民点“扩展源”评价体系, 本研究将所有“扩展源”划分为 3 个级别(S_1 、 S_2 和 S_3). 研究表明, 在数量结构上, S_2 级“扩展源”占据主导地位, 但其斑块个体特征不如 S_1 和 S_3 级“扩展源”明显; 在空间分布上, 丘陵山地区各等级居民点“扩展源”的空间分异特征明显, 山水格局在一定程度上限制了居民点的分布和拓展.

2) MCR' 评价结果表明研究区北部阻力整体小于南部. 通过空间叠加分析可以发现, 位于一般阻力区范围内的居民点规模最大, 占比达到 27.88%, 而位于最大阻力区内的居民点数量最少, 占比仅为 3.06%. 位于最小阻力区、较小阻力区内和较大阻力区的居民点分别占比为 26.89%, 26.26% 和 15.91%. 总体来看, 高适宜类农村居民点主要分布在浅丘带坝区, 低适宜类则多数集中在海拔较高的西南部丘陵地区.

3) 结合适宜性分区结果, 运用加权 Voronoi 多边形通过“点面组合”, 总结形成重点发展型、一般发展型、改造提升型和迁建拆并型等 4 种农村居民点优化模式. 丘陵山地区农村居民点的布局优化需采取集约化、差异化的调整重构方案, 最终实现数量和空间上的“双管齐下”: 重点发展型侧重于中心村和基层村的集聚建设模式; 一般发展型则应采取与重点发展型居民点实现共建共享、互通互利的联动发展策略; 改造提升型在进行“内外挖潜”的同时, 还需注重特色村落的培育; 迁建拆并型主要针对处于偏远地带、发展潜力不大的农村居民点.

4.2 讨论

农村居民点“扩展源”的选取和确定是本研究的基础内容. 在利用改进 MCR 扩展模拟和加权 Voronoi 图时均考虑到农村居民点源地的等级差异性, 实现了两种方法的有效结合. MCR' 模型评价结果分布特征符合李市镇的实际情况, 由此也说明运用该方法来确定农村居民点的布局适宜性是可行的. 在生成加权 Voronoi 多边形时, 本研究并未按照传统思路直接将适宜性分类中的优势斑块作为发生元, 而是再次利用农村居民点源地斑块, 其优势在于使布局优化的结果不再仅仅局限于零星居民点的搬迁, 以“点面组合”的方式做到了资源的有效协调和配置. 以加权 Voronoi 图确定的“扩展源”影响范围作为空间约束, 分析不同适宜性类型农村居民点与加权 Voronoi 多边形的空间位置关系, 使其空间格局趋于合理化, 能有效提高农村居民点布局优化实践的指导性. 在此基础上, 尊重差异, 因势利导, 通过制定“中心集聚-基层集聚-联动发展-内外挖潜-迁移安置-合并重组”等差异化优化调控策略, 为推进丘陵山地区农村土地整治和美丽乡村建设提供了科学的依据.

在乡村振兴战略背景下,更需要积极探索农村居民点优化配置的最佳方案,保障农村的健康发展。虽然本研究为其提供了新的思路和视角,但农村居民点的定位布局与定点优化研究是一项长期、复杂的系统工程。由于数据获取限制,本研究在最小累积阻力模型评价体系中未考虑地方政策和人文风俗等因素,在农村居民点优化调控方案中没有考虑到诸如拆迁资金、公共服务和整治意愿等因素的影响,也没有与乡镇规划、土地整治规划等进行进一步对比分析。在未来的研究中可以适当拓展研究范围,在农村居民点布局优化过程中系统化各方面影响要素,提高研究的科学性,为农村的可持续发展和城乡统筹发展规划提供借鉴。

参考文献:

- [1] 周 伟,曹银贵,王 静,等. 三峡库区近 30a 农村居民点格局变化与特征分析 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 294-300, 401.
- [2] 罗志军,赵 越,李雅婷,等. 基于空间组合特征的农村居民点布局优化研究 [J]. 农业工程学报, 2019, 35(4): 265-272, 314.
- [3] 包 颖,王 三,刘秀华. 丘陵区农村居民点时空格局演变及其整治分析——以重庆市北碚区为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(8): 108-115.
- [4] 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.
- [5] 谭博文,宋 伟,陈百明,等. 基于空间核密度的新型城镇化实验区农村居民点变化研究——以天津市蓟州区为例 [J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(5): 183-192.
- [6] 曲衍波,张凤荣,姜广辉,等. 基于生态位的农村居民点用地适宜性评价与分区调控 [J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 290-296.
- [7] 李玉华,高 明,吕 焯,等. 重庆市农村居民点分形特征及影响因素分析 [J]. 农业工程学报, 2014, 30(12): 225-232.
- [8] 闵 婕,杨庆媛,唐 璇. 三峡库区农村居民点空间格局演变——以库区重要区万州为例 [J]. 经济地理, 2016, 36(2): 149-158.
- [9] 舒帮荣,李永乐,曲 艺,等. 经济发达地区镇域农村居民点演变驱动力空间差异研究——以太仓市陆渡镇和浏河镇为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(6): 759-766.
- [10] 毕国华,杨庆媛,王 轶,等. 城乡统筹视角下农村居民点整治分区与模式——以重庆市两江新区为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(12): 83-88.
- [11] 张贵军,朱永明,臧 亮,等. 新型城镇化背景下昌黎县农村居民点空间重构评价与分区 [J]. 农业工程学报, 2016, 32(12): 237-246.
- [12] 卢德彬,毛婉柳,禹 真,等. 基于改进 MCR 模型的山区农村居民点空间增长模拟研究 [J]. 水土保持研究, 2016, 23(5): 322-326, 349.
- [13] 张 颖,徐 辉. 基于 MCR 模型的农村居民点布局适宜性分区及优化模式研究——以南京市六合区金牛湖街道为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(11): 1485-1492.
- [14] 洪步庭,任 平. 基于最小累积阻力模型的农村居民点用地生态适宜性评价——以都江堰市为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(6): 1386-1396.
- [15] 文 博,刘友兆,夏 敏,等. 基于生态环境保护视角的农村居民点用地布局适宜性评价——以江苏省宜兴市为例 [J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 280-285.
- [16] 杨 立,郝晋珉,王绍磊,等. 基于空间相互作用的农村居民点用地空间结构优化 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 308-315.
- [17] 王 成,费智慧,叶琴丽,等. 基于共生理论的村域尺度下农村居民点空间重构策略与实现 [J]. 农业工程学报, 2014, 30(3): 205-214, 294.

- [18] 张瑞颀, 杨庆媛, 范 垚, 等. 村域功能分区与农村居民点空间优化模式研究——以潼南区中渡村为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(8): 107-112.
- [19] 李卫民, 李同昇, 武 鹏. 基于引力模型与加权 Voronoi 图的农村居民点布局优化——以西安市相桥街道为例 [J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(1): 77-82.
- [20] 樊天相, 杨庆媛, 何 建, 等. 重庆丘陵地区农村居民点空间布局优化——以长寿区海棠镇为例 [J]. 地理研究, 2015, 34(5): 883-894.
- [21] 邹亚锋, 刘耀林, 孔雪松, 等. 加权 Voronoi 图在农村居民点布局优化中的应用研究 [J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2012, 37(5): 560-563.
- [22] 申月静, 雷国平, 曲晓涵, 等. 基于加权 Voronoi 图扩展断裂点的农村居民点布局优化 [J]. 水土保持研究, 2017, 24(4): 284-289, 295.
- [23] 肖展春, 危小建, 文 莹, 等. 基于 MCR 和多因素评价的辽宁省农村居民点调控分区 [J]. 地域研究与开发, 2018, 37(2): 121-127.
- [24] KNAAPEN J P, SCHEFFER M, HARMS B. Estimating Habitat Isolation in Landscape Planning [J]. Landscape and Urban Planning, 1992, 23(1): 1-16.
- [25] RAY N, LEHMANN A, JOLY P. Modeling Spatial Distribution of Amphibian Populations: a GIS Approach Based on Habitat Matrix Permeability [J]. Biodiversity & Conservation, 2002, 11(12): 2143-2165.
- [26] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局 [J]. 生态学报, 1999(1): 8-15.
- [27] 叶玉瑶, 苏泳娴, 张虹鸥, 等. 生态阻力面模型构建及其在城市扩展模拟中的应用 [J]. 地理学报, 2014, 69(4): 485-496.
- [28] 李胜坤, 张 毅, 闫 欣, 等. 竹溪县农村居民点景观格局及空间分布特征 [J]. 水土保持研究, 2014, 21(4): 203-207, 218.
- [29] 吴春华, 胡远满, 黄培泉, 等. 基于最小阻力模型阜新市城市及农村居民点适宜性评价研究 [J]. 资源科学, 2013, 35(12): 2405-2411.
- [30] 谢保鹏, 朱道林, 陈 英, 等. 基于区位条件分析的农村居民点整理模式选择 [J]. 农业工程学报, 2014, 30(1): 219-227.
- [31] 周 锐, 王新军, 苏海龙, 等. 平顶山新区生态用地的识别与安全格局构建 [J]. 生态学报, 2015, 35(6): 2003-2012.
- [32] 黄木易, 岳文泽, 冯少茹, 等. 基于 MCR 模型的大别山核心区生态安全格局异质性及优化 [J]. 自然资源学报, 2019, 34(4): 771-784.
- [33] 刘爱华, 谢正观. 加权 Voronoi 图在城镇经济区划分中的应用——以十堰市为例 [J]. 地理与地理信息科学, 2011, 27(4): 79-82.
- [34] 李圣权, 胡 鹏, 闫卫阳. 基于加权 Voronoi 图的城市影响范围划分 [J]. 武汉大学学报(工学版), 2004, 37(1): 94-97.
- [35] 梁照凤, 袁 媛, 陈文波, 等. 基于加权 Voronoi 图的农村居民点用地适宜性评价与整治分区研究 [J]. 江西农业大学学报, 2017, 39(6): 1244-1255.
- [36] DONG P L. Generating and Updating Multiplicatively Weighted Voronoi Diagrams for Point, Line and Polygon Features in GIS [J]. Computers & Geosciences, 2008, 34(4): 411-421.
- [37] 许 婷, 饶 磊, 赵小敏, 等. 基于 MCR 模型和加权 Voronoi 图的农村居民点空间布局优化 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46(6): 333-337.

责任编辑 包 颖
潘春燕