

基于“三生空间”协调的农村居民点布局优化研究

刘鹏, 陈荣蓉, 杨朝现, 信桂新, 王金捷

(西南大学 资源环境学院, 重庆 400716)

摘要:开展农村居民点布局优化研究,对集约利用土地资源、重塑村落景观格局具有重要的现实意义。选取典型丘陵区重庆市荣昌区河包镇为研究区,以农村居民点“共生斑块”为研究单元,基于“三生空间”协调理念,研究了农村居民点布局优化的策略和方向。结果表明:(1)基于共生关系建立农村居民点“共生斑块”更加符合丘陵区的实际情况。将研究区相距50 m以内的农村居民点斑块进行合并处理后,其数量由2 584个减少到1 047个,实现了具有共生关系的农村居民点斑块一体化。(2)依据“三生空间”协调理念,对农村居民点“共生斑块”等级进行评价,其在空间上呈现出由内向外的差序格局,根据斑块等级、斑块规模、三生空间协调度、城镇规划,采取“城镇化、重点建设、规模管控、迁移合并”的差异化布局优化策略。(3)将重点建设型居民点中的优势斑块作为发生元,生成加权Voronoi图,可指导全镇农村居民点空间格局趋于合理化。研究认为,“三生空间”协调理念与空间分析工具的有机结合,既完成了农村居民点布局优化,又维持了其空间结构的稳定,有助于实现乡村转型与乡土文化传承。

关键词:农村居民点; 布局优化; 三生空间; 协调度; 加权Voronoi图

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)02-0283-06

Study on Layout Optimization of Rural Settlements Based on Coordination of Production, Living and Ecology Space

LIU Peng, CHEN Rongrong, YANG Chaoxian, XIN Guixin, WANG Jinjie

(College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: Research on optimization of rural settlement patterns has practical significance for intensive use of rural land resources and reshaping rural landscape. We selected Hebao Town, Rongchang District, Chongqing municipality as a case study. This town is located in typical hilly area. The ‘symbiotic patch’ of merged rural residential land was chosen as a unit for analysis. Based on the principle of coordinating production, living and ecology spaces (called as the three spaces hereafter), the strategies and directions of optimization of rural settlement patterns were investigated. The results indicated that: (1) the research unit of ‘symbiotic patches’ of rural residential land was appropriate because it took symbiotic relationship into account regarding the real situation of hilly areas; after rural residential patches within 50 meters buffer were merged into big ones, the number of patches decreased from 2 584 to 1 047, which showed that rural residential patches with symbiotic relationship came into integration; (2) in terms of the coordination concept of the three spaces, the grades of ‘symbiotic patches’ of rural residential land were also evaluated, the spatial pattern of grading map showed a gradient change from inside to outside; according to patch level, patch scale, coordination degree of the three spaces and town planning, different strategies of optimization of rural residential patches were proposed, which included urbanization, main construction, scale control and migration merge; (3) the weighted Voronoi diagram was generated by large settlement patches in the type of main construction, which would be reasonable to guide the pattern of rural settlements based on the diagram. In summary, this study suggested that combination of coordination concept of the three spaces and spatial analysis tools was workable because the combination was helpful to optimize the pattern of rural settlement patterns, maintain the stability of overall spatial pattern, and promote rural transformation and preservation of local culture.

Keywords: rural settlement; layout optimization; production, living and ecological spaces; coordination degree; weighted Voronoi diagram

收稿日期:2016-05-29

修回日期:2016-06-16

资助项目:中央高校基本科研业务费专项资金“农村土地整治对局地景观格局的影响研究”(XDJK2013C070)

第一作者:刘鹏(1992—),男,重庆北碚人,硕士研究生,主要从事土地利用与综合整治研究。E-mail:1015956331@qq.com

通信作者:陈荣蓉(1974—),女,四川安岳人,副教授,博士,主要从事土地利用与综合整治、土地经济与政策等方面的研究。E-mail:chenrr@swu.edu.cn

人类社会长期农耕文明发展所形成的农村居民点不仅仅是作为农户生产、生活的栖息场所,也是乡村人地关系的一种表达。区域农村居民点聚集程度和空间结构不仅反映了区域的生产关系与社会文化,而且决定了农村土地利用系统的功能结构与综合效益。近年来,受农村人口大量向城市转移、乡村社会转型发展等诸多因素的影响,一些学者基于人地协调发展和乡村空间重构的视角,对农村居民点开展了大量的研究。有的学者结合区域地形地貌^[1-3]、区位条件^[4-6],围绕农村居民点演化机制^[7-10]、时空特征^[11-14]、布局影响因素^[15-16]等方面开展了相关研究,并取得了相应的研究成果;也有部分学者借鉴相关学科理论(诸如共生理论^[17]、点轴理论^[18]、区位势理论^[19]等)围绕农村居民点格局的形成与优化过程开展了一系列研究,其研究结果丰富了关于农村居民点的理论体系。梳理现有研究成果不难发现,针对农村居民点研究多集中在地形分异性较小的北方平原区,而对地形条件复杂的南方丘陵区关注较少。同时,其研究也多集中在农村居民点的生活空间范畴。农村居民点作为农户适应生产、生活需求而在一定环境空间下形成的重要场所,其所处的生产、生活和生态空间的优越性及协调性直接决定了乡村人居环境的优劣程度。基于此,本文选取典型丘陵区重庆市荣昌区河包镇的农村居民点为研究对象,基于“三生空间”协调理念,在对现状农村居民点开展评价的基础上,寻求适应乡村转型发展、集约节约利用土地资源的农村居民点布局优化途径,以期研究结果能为丘陵区农村居民点规划提供参考和借鉴。

1 研究区概况

河包镇位于重庆市荣昌区东北部,位于东经 $105^{\circ}28' - 105^{\circ}38'$ 、北纬 $29^{\circ}30' - 29^{\circ}36'$,辖区总面积 $6\,609.4\text{ km}^2$,境内海拔介于 $364 \sim 465\text{ m}$,地势南低北高,起伏不大,属典型的丘陵地貌区(图1)。区域内以传统农业种养殖业和农副产品加工业为主,是典型的以传统农业生产为主的代表。2015年,全镇总人口4.42万人,其中农业人口3.76万人,非农业人口0.66万人;下辖3个村民委员会、3个居民委员会共73个自然村;粮食播种面积 0.42 万 km^2 ,粮食产量2.30万t;地区生产总值4.31亿元,农民人均收入0.8万元。全镇农村居民点总面积为 830.44 km^2 ,共有农户12 766户。其中,1~2户的农村居民点有1 098个,3~5户的农村居民点有902个,6~10户的农村居民点有820个。在空间格局上,农村居民点用地比重大,分布混乱、零散,且不成规模,并存在大量的空心村和闲置用地,农村居民点布局优化潜力巨大。

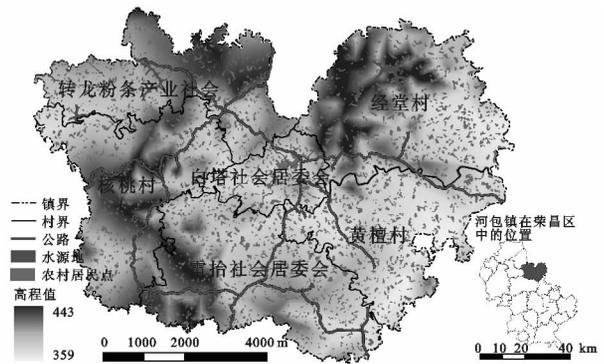


图1 研究区位置与农村居民点分布

2 数据与方法

2.1 数据来源

本研究采用的基础数据主要有研究区土地利用现状(2015年)、城镇规划(2009—2030)、数字高程(DEM)、遥感影像($30\text{ m} \times 30\text{ m}$)、社会经济统计、农用地分等定级以及实地调查数据。

在土地利用现状数据库中利用 ArcGIS 软件提取属性为农村居民点的图斑,并剔除面积小于 0.01 km^2 的图斑,然后通过同期遥感影像资料上叠加,将拥有共同边界的农村居民点图斑以及被道路沟渠等分割的斑块进行合并处理。经过预处理后,获得研究区2015年农村居民点斑块共有2 584个,斑块总面积为 829.95 km^2 ,最大斑块面积为 8.22 km^2 ,最小斑块面积为 0.02 km^2 ,斑块平均面积 0.32 km^2 。

2.2 研究方法

2.2.1 农村居民点斑块合并处理 丘陵地区农村居民点斑块规模小且布局散乱,有着“大散居,小聚居”的空间分布特征^[8]。由于地形地貌的限制,农户不能毗邻而居,便形成了丘陵区特有的小聚居格局。在此区域内的农村居民点斑块间虽存在一定的空间隔离,却相距不远,它们有着建立在血缘、地缘基础上的密切联系,是具有共同利益和目标的共同体^[17]。因此,研究单元不应是空间上孤立的“原始斑块”,而应是具有共生关系的“共生斑块”。通过实地调查访问,配合现场观测和图上核准,发现居住在相距 50 m 以内的农户在生产生活上具有更为密切的联系。运用 ArcGIS 缓冲工具对农村居民点斑块进行 25 m 缓冲区分析,将缓冲区有重叠的斑块合并成一个整体,其规模为原始斑块面积之和,且形状和位置均与原始斑块保持一致(图2)。

2.2.2 农村居民点斑块等级评价 本研究遵循评价指标的地域性、合理性、独立性、可获取性等原则,充分考虑农户对生产空间适宜、生活空间便利、生态空间优美的现实需求,选取15个评价指标,构建综合评价指标体系(表1)。

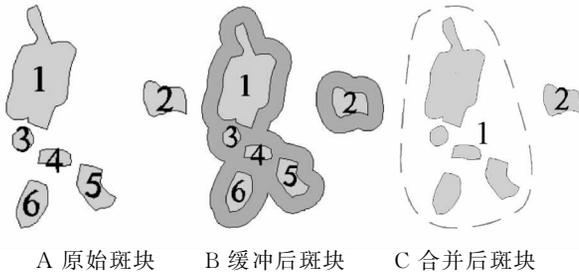


图 2 农村居民点斑块合并处理过程

(1) 生产空间。生产空间是农户增产增收的资源载体。集中连片的高质量农用地、发达的农村道路网络、高效的灌排设施等,有利于农业生产要素的整合与生产效率的提升,并加快农业现代化进程。本研究选取耕地面积、园地面积、农用地等级、农村道路长度、沟渠长度共 5 个指标表示生产空间。由于以上数据无法直接从土地利用现状数据库中获取,只能统计到村民小组层面上。因此,除农用地等级采取直接赋值外,其余指标均按照农村居民点斑块面积与村民小组内农村居民点斑块总面积的比值进行分配。

(2) 生活空间。生活空间是农户居住质量的基本保障。在农村地区,持续稳定的收入来源是生活水平得以保障的经济基础,而良好的区位条件可降低农户与社会交易的机会成本。本研究选取人均年收入、离医院最近距离、离学校最近距离、离交通主干道最近距离、离建制镇最近距离共 5 个指标表示生活空间。其中,人均年收入数据以村民小组为统计单位,并赋值到对应的农村居民点斑块上,其余指标则通过空间分析工具进行测算。

(3) 生态空间。生态空间是农户生产生活的发展基础。山清水秀算是对生态乡村的最好诠释,表现出林盘、草地、水系等自然因素对乡村生态景观的塑造。考虑丘陵区的特殊性,地形地貌也是构成生态环境不可或缺的一部分。本研究选取林地面积、草地面积、水源面积、地形位指数、坡向共 5 个指标表示生态空间。其中,地形位指数由坡度和高程组合而成,能有效反映地形条件。坡向决定了农村居民点的光照环境,其分为阳坡、偏阳坡、偏阴坡、阴坡^[20]。

通过特尔斐法确定各项指标权重,并对指标进行 0~1 标准化处理,如式(1),(2),最后运用多因素综合评价法计算农村居民点斑块综合分值,见式(3)。

$$x_1 = \frac{c - c_{\min}}{c_{\max} - c_{\min}} \times 100 \quad (1)$$

$$x_2 = \frac{c_{\max} - c}{c_{\max} - c_{\min}} \times 100 \quad (2)$$

$$F = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i \quad (3)$$

式中: x_1, x_2 分别表示正向指标和负向指标标准化后

的分值; c 表示指标的属性值; c_{\min}, c_{\max} 分别表示指标的最小属性值和最大属性值; F 为研究单元的综合分值; ω_i 为第 i 个评价指标的权重; x_i 为第 i 个评价指标标准化后的分值; n 为指标数目。

表 1 斑块等级评价指标体系

目标层 A	准则层 B	指标层 C	权重值	指标属性
农村居民点斑块等级评价 A	生产空间 B ₁	耕地面积 C ₁	0.1175	正向
		园地面积 C ₂	0.0435	正向
		农用地等级 C ₃	0.1274	负向
		农村道路长度 C ₄	0.0715	正向
		沟渠长度 C ₅	0.0401	正向
		人均年收入 C ₆	0.0992	正向
		离医院最近距离 C ₇	0.0432	负向
		离学校最近距离 C ₈	0.0432	负向
		离交通主干道最近距离 C ₉	0.0654	负向
		离建制镇最近距离 C ₁₀	0.0992	负向
	生态空间 B ₃	林地面积 C ₁₁	0.0527	正向
		草地面积 C ₁₂	0.0279	正向
		水源面积 C ₁₃	0.0527	正向
		地形位指数 C ₁₄	0.0864	负向
		坡向 C ₁₅	0.0303	正向

根据综合分值的大小,将农村居民点斑块分为 3 个等级,从高到低分别为 I 级斑块、II 级斑块、III 级斑块。等级越高,其相对重要程度越大,对周边农村居民点的吸引力越强,越适合农户居住,反之亦然。

2.2.3 三生空间协调度测算及布局优化策略 运用公式(3)分别计算农村居民点斑块生产空间、生活空间和生态空间的评价分值,并在此基础上,利用函数(4),(5)进一步计算三生空间协调度。

$$C_i = \frac{C_i^p + C_i^l + C_i^e}{\sqrt{(C_i^p)^2 + (C_i^l)^2 + (C_i^e)^2}} \quad (4)$$

$$D_i = \sqrt{C_i + F_i} \quad (5)$$

式中: C_i 为第 i 个研究单元生产空间、生活空间和生态空间协调系数; C_i^p 为第 i 个研究单元生活空间评价分值; C_i^l 为第 i 个研究单元生活空间评价分值; C_i^e 为第 i 个研究单元生态空间评价分值; D_i 为第 i 个研究单元三生空间协调度; F_i 为第 i 个研究单元三生空间的综合分值。

基于丘陵区农村居民点利用特征和布局优化取向,围绕劣势斑块向优势斑块迁移合并,以及严格管控其他斑块扩张的目标,依据“集中为主,分散为辅,散中有聚”的原则^[16],并考虑城镇规划范围内的农村居民点就地城镇化的处置思路^[21],本文提出了城镇化、重点建设、规模管控、迁移合并 4 种布局优化策略。

2.2.4 农村居民点斑块布局优化 Voronoi 图是一种空间分割方法,常规的 Voronoi 图仅考虑距离远近

这一因素^[22],却忽视了发生元的差异。而加权 Voronoi 图赋予了发生元不同的权重,考虑了自然社会因素的影响,实现了在各发生元差别明显情况下新的空间剖分^[23]。选取恰当的发生元,以发生元综合分值的平方根为权重,生成加权 Voronoi 图,引导农村居民点布局优化。

3 结果与分析

3.1 农村居民点斑块等级评价

河包镇农村居民点斑块通过前期合并处理后,其斑块数量由原始的 2 584 个减少到 1 047 个,平均斑块面积由 0.32 hm² 增加到 0.79 hm²,最大斑块面积由 8.22 hm² 增加到 13.46 hm²,最小斑块面积由 0.02 hm² 增加到 0.03 hm²。可以看出,合并处理使斑块数量减半、斑块平均规模加倍,有效实现了具有共生关系的农村居民点斑块一体化。

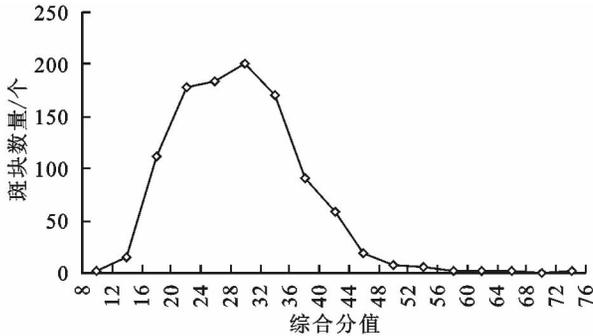


图 3 农村居民点斑块综合分值

从农村居民点斑块综合分值的测算结果来看(图 3),最大分值为 73.64,最小分值为 11.86,平均分值为 29.11。在 1 047 个农村居民点斑块中,综合分值主要集中在 16~44,斑块数量有 993 个,占总数的 94.84%。运用 ArcGIS 中 Nature breaks(自然断裂点)法,将河包镇农村居民点斑块分成 I 级斑块、II 级斑

块、III 级斑块 3 个等级,其综合分值分别处于 36.85~73.65,26.55~36.85,11.86~26.55 之间(图 4)。I 级斑块主要集中在白塔社区及其周边一定范围,共计 312.86 hm²。由于镇政府办公所在地和城镇建设区均位于白塔社区,该区域及其周边的农村居民点在生产空间、生活空间及生态空间上更具优越性。II 级斑块则较为均匀地分布在白塔社区外围的各个社区及村域内,共计 315.39 hm²。该等级农村居民点生产空间和生态空间良好,但由于距离城区相对较远而导致生活空间欠佳。III 级斑块主要分布在靠近镇界的边缘区域,共计 201.7 hm²。该等级农村居民点自然地理环境较差、农户收入水平偏低、基础设施相对缺乏,其生产空间、生活空间和生态空间均受到一定的限制。总体看来,农村居民点斑块在空间上呈现出由内向外的差序格局。

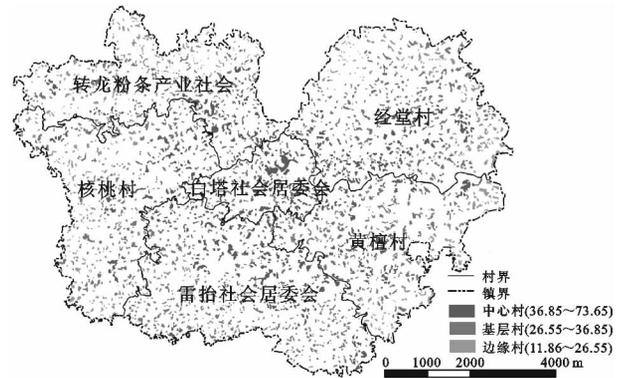


图 4 农村居民点斑块等级分布

3.2 农村居民点斑块布局优化策略选择与安排

为科学合理的选择农村居民点斑块布局优化策略,根据斑块等级、斑块规模、三生空间协调度、城镇规划,并参考河包镇土地整治规划中关于农村居民点整治相关技术标准,制定出相应布局优化策略的选择规则(表 2)与实施安排。

表 2 农村居民点斑块布局优化策略选择规则

斑块等级	斑块规模/hm ²	三生空间协调度	斑块位置	布局优化策略
I 级斑块	任意值	任意值	城镇规划范围内	城镇化
	>3	>0.8	城镇规划范围外	重点建设
		≤0.8	城镇规划范围外	规模管控
	≤3	任意值	城镇规划范围外	规模管控
II 级斑块	任意值	任意值	城镇规划范围内	城镇化
			城镇规划范围外	规模管控
III 级斑块	任意值	任意值	城镇规划范围内	城镇化
	≥1	任意值	城镇规划范围外	规模管控
	<1	≥0.6	城镇规划范围外	规模管控
		<0.6	城镇规划范围外	迁移合并

(1) 城镇化。城镇化型居民点位于城镇规划范围内,其区位条件优越,受城市带动显著。在高度协

调区域发展规划的前提下,将其有计划、有步骤在纳入城镇管理体系,提升乡村产业水平,完善基础设施

配套,并通过合理调整土地产权,采取就地城镇化。

(2) 重点建设。重点建设型居民点生产空间适宜,生活空间便利,生态空间优美,三生空间协调发展,对周边农村居民点具有较大的吸引力。考虑其主要负责接纳迁移合并型居民点,需在合理的空间范围内进行重组与优化布局,并进一步完善农村居民点周边的基础设施配套与公共服务体系,实现乡村资源有效整合与高效利用。

(3) 规模管控。规模管控型居民点三生空间综合条件较为优越,容纳了全镇绝大多数农户,但其外延式扩张迅速,集聚度较低,一定程度上加大了农村基础设施和环境改善的成本。在对其进行布局优化的过程中,应将外部控制与内部挖潜相结合,注重农村居民点间空闲地改造,减少土地资源的闲置与浪费,同时防止农村居民点无序扩张占用优质耕地,提升农村土地集约节约利用水平。

(4) 迁移合并。迁移合并型居民点居住环境较差,且在空间格局上相对孤立,与周边农村居民点鲜有往来,共生关系网络薄弱,不适合农户居住。因此,应在充分尊重农户意愿的前提下,将其适度有序迁至居住环境较好、三生空间协调发展的聚居地,提升农户生产、生活及生态水平。

3.3 基于加权 Voronoi 图的农村居民点斑块布局优化

全镇共有 30 个重点建设型居民点斑块,主要集中在白塔社区为主的镇中区域。由于其分布不均,若将全部重点建设型居民点斑块作为加权 Voronoi 图的发生元,势必导致镇中区域发生元之间过渡竞争,使得公共资源得不到高效利用。结合河包镇区域发展规划,本研究在全镇重点建设型居民点斑块中,选取 13 个优势斑块作为发生元,运用 ArcGIS 中的拓展工具 Weighted Voronoi 生成加权 Voronoi 图,划分出优势斑块在空间上的影响范围(图 5)。

每个发生元都有各自独立的势力范围,实现了对全镇较为均匀的空间剖分。通过迁移合并型居民点不断向发生元集中,实现乡村社会资源合理流动与优化配置,且迁并距离均控制在 2.5 km 以内,是一种较为温和的布局优化方式。同时,作为发生元的农村居民点斑块将进一步集约化、规模化、中心化,使得更多的农户能够分享其优越的公共资源,从而获得较大的社会效益。

根据《重庆市土地管理》规定的宅基地新建标准,并考虑宅基地附属设施占地和公共设施占地,拟按 60 m²/人的农村居民点占地标准,在优势斑块附近的适宜位置进行新建或扩建。布局优化落实后,全镇农村居民点斑块的基

础景观状况得到大幅改善(表 3),农村居民点斑块总面积由 829.95 hm² 减少到 704.12 hm²,可为城镇建设提供大量用地指标;斑块个数由 1 048 个减少到 648 个,对相对孤立的弱势斑块完成了迁移合并;斑块密度由 1.26 个/hm² 减少到 0.92 个/hm²,斑块细碎程度显著降低。

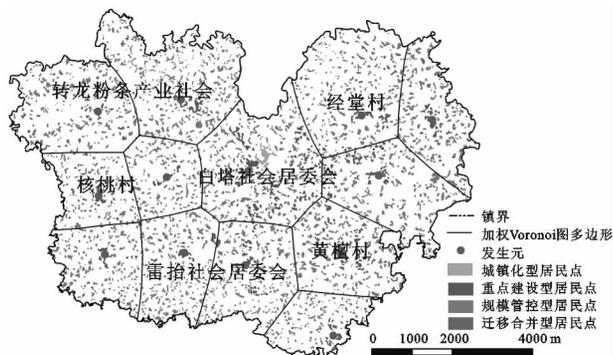


图 5 农村居民点斑块布局优化

表 3 农村居民点斑块的基础景观指数

布局优化	斑块总面积/hm ²	斑块个数/个	斑块密度/(个·hm ⁻²)
布局优化前	829.95	1048	1.26
布局优化后	704.12	648	0.92
变化值	125.83	400	0.34

4 结论

(1) 相比单个农村居民点斑块,将合并处理后的农村居民点“共生斑块”作为研究单元,更加符合丘陵区的实际情况。宏观上,丘陵区农村居民点斑块普遍细碎、散乱,但在局地微观尺度上又相对集中,且相互联系紧密。将研究区相距 50 m 以内的农村居民点斑块进行合并处理后,其数量由 2 584 个减少到 1 047 个,平均面积由 0.32 hm² 增加到 0.79 hm²,实现了具有共生关系的农村居民点斑块一体化。

(2) 基于农村居民点“共生斑块”综合分值测算结果,划分出 I 级斑块、II 级斑块、III 级斑块 3 个等级,其在空间上呈现出由内向外的差序格局。根据斑块等级、斑块规模、三生空间协调度、城镇规划,采取了差异化的布局优化策略,包括城镇化、重点建设、规模管控、迁移合并,保证了布局优化策略在选择上的科学性及其实施中的可行性。

(3) 从重点建设型居民点中选取恰当的发生元,生成加权 Voronoi 图,可较为直观地刻画出农村居民点布局优化方向,使其空间格局趋于合理化。同时,相对于农村居民点整治中的大拆大建,这是一种较为温和的布局优化方式,既实现了农村居民点结构与功能的重构,促进了乡村转型,又维持了农村居民点在空间结构上的稳定,保证了乡土文化的留存与延续。

参考文献:

- [1] 谢作轮,赵锐锋,姜朋辉,等.黄土丘陵沟壑区农村居民点空间重构:以榆中县为例[J].地理研究,2014,33(5):937-947.
- [2] 关小克,张凤荣,刘春兵,等.平谷区农村居民点用地的时空特征及优化布局研究[J].资源科学,2013,35(3):536-544.
- [3] 朱亮,吴炳方,张磊.三峡典型区农村居民点格局及人居环境适宜性评价研究[J].长江流域资源与环境,2011,20(3):325-331.
- [4] 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.
- [5] 双文元,郝晋珉,艾东,等.基于区位优势理论的农村居民点用地整治分区与模式[J].农业工程学报,2013,29(10):251-261.
- [6] 朱雪欣,王红梅,袁秀杰,等.基于GIS的农村居民点区位评价与空间格局优化[J].农业工程学报,2010,(6):326-333.
- [7] 海贝贝,李小建,许家伟.巩义市农村居民点空间格局演变及其影响因素[J].地理研究,2013,32(12):2257-2269.
- [8] 冯应斌.丘陵地区村域居民点演变过程及调控策略[D].重庆:西南大学,2014.
- [9] 曹浩成,谭雪兰,段建南,等.长株潭农村居民点时空格局的演变研究[J].中国农学通报,2012,28(23):181-185.
- [10] 周国华,贺艳华,唐承丽,等.中国农村聚居演变的驱动机制及态势分析[J].地理学报,2011,66(4):515-524.
- [11] 关小克,张凤荣,刘春兵,等.平谷区农村居民点用地的时空特征及优化布局研究[J].资源科学,2013,35(3):536-544.
- [12] 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.
- [13] 刘善开,韦素琼,陈松林,等.基于Voronoi图的农村居民点空间分布特征及其整理潜力评价:以福建省德化县为例[J].资源科学,2014(11):2282-2290.
- [14] 庄至凤,姜广辉,何新,等.基于分形理论的农村居民点空间特征研究:以北京市平谷区为例[J].自然资源学报,2015,0(9):1534-1546.
- [15] 刘明皓,戴志中,邱道持,等.山区农村居民点分布的影响因素分析与布局优化:以彭水县保家镇为例[J].经济地理,2011,31(3):476-482.
- [16] 张霞,魏朝富,倪九派,等.重庆市低山丘陵区农村居民点分布格局及其影响因素[J].中国农业资源与区划,2012,33(3):45-50.
- [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.
- [18] 孔雪松,金璐璐,郗昱,等.基于点轴理论的农村居民点布局优化[J].农业工程学报,2014,30(8):192-200.
- [19] 双文元,郝晋珉,艾东,等.基于区位优势理论的农村居民点用地整治分区与模式[J].农业工程学报,2013,29(10):251-261.
- [20] 刘旻霞,马建祖.甘南高寒草甸植物功能性状和土壤因子对坡向的响应[J].应用生态学报,2012,23(12):3295-3300.
- [21] 祁新华,朱宇,周燕萍.乡村劳动力迁移的“双拉力”模型及其就地城镇化效应:基于中国东南沿海三个地区的实证研究[J].地理科学,2012,32(1):25-30.
- [22] 王新生,郭庆胜,姜友华.一种用于界定经济客体空间影响范围的方法:Voronoi图[J].地理研究,2000,19(3):311-315.
- [23] 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.

(上接第 282 页)

- [34] Bian Z F, Lei S G, Inyang H I, et al. Integrated method of RS and GPR for monitoring the changes in the soil moisture and groundwater environment due to underground coal mining[J]. Environmental Geology, 2009, 57(1): 131-142.
- [35] 马迎宾.采煤塌陷裂缝对土壤水分及地上生物量的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.
- [36] Johnson D W, Curtis P S. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis[J]. Forest Ecology and Management, 2001,140(2):227-238.
- [37] JPT Higgins, S Green. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions[M]. Chichester: Wiley-Blackwell, 2008.
- [38] 陶虹,李成,柴小兵,等.陕西神府煤田环境地质问题及成因[J].地质与资源,2010,19(3):249-252.
- [39] 宋亚新.神府—东胜采煤塌陷区包气带水分运移及生态环境效应研究[D].北京:中国地质科学院,2007.
- [40] Pollock M M, Naiman R J, Hanley T A. Plant species richness in riparian wetlands a test of biodiversity theory[J]. Ecology, 1998,79(1):94-105.
- [41] Huston M. A general hypothesis of species diversity[J]. American Naturalist, 1979,113(1):81-101.
- [42] Connell J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs[J]. Science, 1978,199(4335):1302-1310.