

引用格式:宿瑞,王成. 基于网络中心点辐射导向的农村居民点体系重组与优化——以重庆市江津区燕坝村为例[J]. 资源科学, 2018, 40(5): 958-966. [Su R, Wang C. Rural settlement spatial layout optimization using network center radiation guidance for Yanba Village in Chongqing[J]. *Resources Science*, 2018, 40(5): 958-966.] DOI :10.18402/resci.2018.05.09

基于网络中心点辐射导向的农村居民点体系重组与优化

——以重庆市江津区燕坝村为例

宿瑞^{1,2}, 王成^{1,2}

(1. 西南大学地理科学学院/乡村人居环境研究实验室, 重庆 400715;

2. 岩溶环境重庆市重点实验室, 重庆 400715)

摘要:村落空间网络是以农村居民点为节点、线性设施为依托、节点相互作用而构成的复杂网络。开展村落空间网络及其节点中心性研究能够理清节点在网络中的关键位置与影响范围,为农村居民点规划建设、整体网络结构优化提供理论借鉴。本文以重庆市江津区燕坝村为例,运用复杂网络理论与方法构建村落空间网络,进而辨析网络中心点及其辐射强度与辐射范围,厘定出农村居民点体系优化重组模式。结果表明:①村落空间网络具有典型的非均衡层次结构、小世界特征与无标度特性,网络整体的联系程度较低;②依据中心点的辐射能力划分其等级,形成Ⅰ级中心点、Ⅱ级中心点和Ⅲ级节点共同作用的网络节点体系;③基于此,从“整体-局部-个体”3个影响层次,构建了中心村(Ⅰ级中心点)扩散型、基层村(Ⅱ级中心点)增长型、散居农村居民点(Ⅲ级节点)挖潜型3类优化重组模式。

关键词:村落空间网络;中心点辐射力;农村居民点体系;重组优化;燕坝村;重庆市

DOI :10.18402/resci.2018.05.09

1 引言

伴随新型城镇化、工业化、信息化及农业现代化的加速推进,村落空间格局发生显著变化,加之各农村居民点的区位条件、资源禀赋及经济发展等存在差异,致使农村居民点的相互联系、互动交流呈现复杂多样性^[1,2],以农村居民点为节点、线性设施为依托、节点相互作用共同构成了空间联系网络。网络中地位重要、辐射能力强的农村居民点对网络性能提升与村落空间演变起到了关键作用^[3]。如何理清农村居民点的辐射力和中心性并进行优化、保护,成为重构村落空间网络、优化农村居民点体系的突破口。农村居民点体系优化重组作为乡

村聚落空间研究的重要内容,当前大量学者围绕农村居民点体系的重构机理与途径^[4]、等级规模与空间布局^[5]、时空演变及其动力机制^[6]等开展了深入研究,或将空间相互作用理论引入农村居民点体系优化研究,探讨了农村居民点与周围环境的关联性及不同等级居民点之间的空间作用关系^[7,8],并厘定了农村居民点的优化调控策略和迁移合并方向。然而相关研究大多关注农村居民点之间的相互联系,而对于其相互作用所呈现的网络结构及其节点中心性的探究相对较少。复杂网络理论是一种从整体、系统性视角来分析对象的相互作用强度、层次结构及复杂形态等网络特征的研究范式^[9],现阶段

收稿日期: 2017-06-14; 修订日期: 2018-04-24

基金项目: 国家自然科学基金(41741022); 教育部人文社会科学研究规划基金项目(15YJAZH068); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(XDJK2017B016)。

作者简介: 宿瑞,男,山西太谷人,硕士生,研究方向为土地利用与国土规划。E-mail: surui1009@163.com

通讯作者: 王成, E-mail: wchorange@126.com

2018年5月

应用侧重开展农村居民点的优化研究集中于省市、区县等宏观、中观尺度^[10],对于村域微观尺度的研究较为缺乏。另外,复杂网络理论着眼于评估网络节点重要度以提升系统的整体性质与行为特征^[11],即一方面网络节点的重要性可以通过节点中心性来衡量,另一方面复杂网络本质上的非同质拓扑结构有助于识别并优化网络中心点。因而研究村落空间网络节点的中心性与辐射力对于引导资源配置、优化村落空间具有重要意义。再者潜能模型是利用广义上的质量和距离表达区域间依存关系的地理空间分析模型^[12],能较好地评价节点间的紧密程度与个体在群落中的影响地位,并在农村居民点布局、空间可达性等^[13,14]方面得到广泛应用。因此,本研究将复杂网络理论与方法引入农村居民点体系重组与优化,将农村居民点视为网络节点,基于改进的潜能模型测度农村居民点之间的联结度并将其作为连接边,构建村落空间网络。运用复杂网络节点分析法剖析网络节点的中心性、辐射强度及辐射范围,凝练出统筹各级节点的农村居民点体系优化重组模式,为农村居民点规划布局提供理论参考。

2 研究区概况与数据来源

2.1 研究区概况

燕坝村(106° 07'13"E—106° 08'56"E, 29° 08'44"N—29°08'45"N)属于重庆现代农业园核心展示区,位于重庆市江津区龙华镇西南部,毗邻长江和渝泸(重庆-泸州)高速公路,区位条件优越。属亚热带季风气候,地形以低山丘陵兼河谷平坝为主。全村幅员面积11.12 km²,辖井坝社、彭家山社、石桥社、莲花社、新街社及中房社等6个合作社,2015年全村农户2279户,总人口6407人,人均纯收入11169元。村内农村居民点用地呈“满天星”式分布格局,形态多样、布局散乱,且规模不一,住宅建筑结构多样(钢混18.50%、砖混31.60%、砖瓦44.50%、土坯5.40%),总面积169.62hm²。2010年被重庆市确立为“整村推进国土整治市区共建示范村”,现已建成新型农村社区“巴渝新居”,其基础设施完善,公共服务设施配备齐全,占地面积8.65hm²;已有瀚阳、亨嘉、渝欣牧业等15家农业企业入驻,土地流转规模达533.33hm²,初步建成现代农业产业集群和农村观光休闲中心,吸引了本村1000多名农户就业(图1)。

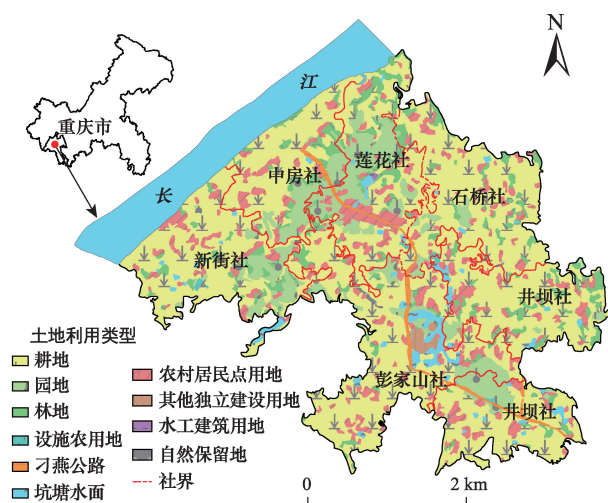


图1 燕坝村土地利用现状

Figure 1 Land use of Yanba Village

2.2 数据来源与整理

2.2.1 数据收集

研究数据包括空间数据和属性数据两部分。采用“3S+PRA(参与式农村评估)”相结合的方法建立空间数据和属性数据相链接的“农户-农村居民点”数据库,完成数据的收集与整理。

(1)空间数据采用2015年燕坝村实测土地利用现状图(1:2000)、2015年遥感影像图(0.60m)(资料来源于重庆市国土资源和房屋管理局)。

(2)属性数据分为村域层面和农户层面。村域层面属性数据来源于燕坝村2015年、2016年农村经济报表及整村问卷调查,辅以江津区2015年和2016年国民经济和社会发展统计公报^[15,16]。农户层面属性数据采集于课题组2015年4月至2016年4月对燕坝村进行的多次调研,调查问卷涉及农村居民点的居住环境、区位条件、服务体系、农户特征4个大项21个小项。调查共发放问卷1140份,回收有效问卷1091份,有效率95.70%。

2.2.2 数据整理

运用SPSS22.0对燕坝村调研数据进行信度检验,Cronbach's Alpha系数值为0.826,KMO值为0.813,Bartlett球型检验的显著性水平sig<0.001,说明问卷设计合理、数据具有较高的效度。运用ArcGIS10.2数据编辑功能,以GPS获取的农村居民点地理坐标为标识码,对农村居民点地块进行编号,分别录入该农村居民点的居住环境、区位条件、服

务体系、农户特征等属性数据,建立“农户-农村居民点”数据库,为农村居民点潜能测算、村落空间网络分析及农村居民点体系优化提供基础数据。

3 研究方法

3.1 研究思路

基于“农户-农村居民点”数据库,运用综合评价法与栅格分析法测量农村居民点的综合质量与可达性,借助改进的潜能模型测度农村居民点之间的联结度;以全村居民点为节点,农村居民点间的联结度为连边,构建村落空间网络。运用网络节点中心性分析法理清了网络结构特征、网络中心点及其辐射强度,结合扩展断裂点模型厘定出中心点的辐射范围。基于此,凝练出以中心点辐射为导向的农村居民点体系优化重组模式。

3.2 基于改进潜能模型的网络构建方法

3.2.1 潜能模型及改进

潜能模型的主要变量为“质量”和“距离”,现有研究常用人口规模、经济总量等单一指标来反映农村居民点质量,以欧式距离描述实际距离,以潜能值衡量农村居民点的联结程度;农村居民点潜能是指农村居民点对农户生产、居住的吸引能力,为便于探究农村居民点间的联结程度,本文从质量和距离两方面修正潜能模型^[17]:从居住环境、区位条件、服务体系及农户特征等4个方面综合测度各农村居民点的质量;借助于空间可达性将距离这一空间度量概念转变为时间成本概念,以农村居民点之间的最小时间成本作为可达性的表征。改进后的潜能模型为:

$$P_i = Q \frac{R_i \cdot m_i}{T_i^k} \quad (1)$$

式中 P_i 为农村居民点 i 的潜能,即 i 点与其他农村居民点的联结度; Q 为潜能常数,通常取1; R_i 为指标权重; m_i 为 i 点的质量; T_i 为 i 点到其他农村居民点的时间距离; k 为出行摩擦系数,因本文研究尺度较小,故取值为1。

农村居民点质量测算。农村居民点质量受到村域自然、人文、人工环境的共同影响,依据实现“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的总体要求,参照已有相关研究^[18,19],遵

循科学性、可操作性和系统性等原则,结合“农户-农村居民点”数据库,构建了农村居民点质量评价指标体系(表1)。居住环境能直观反映农村居民点的基础条件,因而选取居民点规模、地形位及建筑质量来表示其聚居条件;区位条件表示农村居民点位置的通达性,选取平均耕作半径、距产业园区距离、距场镇距离等6项指标来衡量农户生产生活的便利状况;服务体系表示农村居民点基础设施与公共服务的完善程度,选取水电气通达度、清洁能源使用率及垃圾处理数量等5项指标反映农村居民点功能;农户特征表示农村居民点内农户的居住情况与满意程度,选取户数、劳动力人数、受教育程度等7项指标来表征。本研究使用层次分析法确定指标权重,并对结果进行一致性检验,统计值 <0.1 ,符合检验要求。然后,运用极差转换法对指标进行标准化处理、消除量纲,采用综合评价法计算出农村居民点质量。

空间可达性测度。由于村落路网密度较低,各农村居民点间联系不完整^[20],因此本研究基于数据库采用栅格分析法来测度各农村居民点间的可达性。借助 ArcGIS10.2 软件,提取数据库中需要栅格分析的点图层,赋予单位距离通行时间成本后重分类,生成时间成本栅格(5m×5m);借助路径距离工具(Path Distance),以农村居民点为源,高程为修正因素,计算各农村居民点的时间距离;基于 Python 编程实现农村居民点之间两两时间成本的提取,建立可达性矩阵。

3.2.2 村落空间网络构建

将农村居民点抽象为节点,农村居民点之间的联结度设为连接边,构建村落空间网络。包括网络节点定位:全村所有农村居民点;联结度矩阵:各农村居民点的潜能值构建村落联结度矩阵;网络连接边:将村落联结度矩阵标准化处理并可视化。

3.3 复杂网络节点分析方法

3.3.1 网络节点中心性分析

度中心性。度中心性是刻画网络中某一节点与其他节点相联系的程度,用节点强度表示^[21]。节点强度值越大,说明该节点的相邻节点个数越多,网络影响力越大。

表1 农村居民点质量评价指标体系及权重

Table 1 Evaluation index system and weight of rural settlement quality

目标层	指标层	指标内容	权重值
居住环境	居民点规模	2015年实测土地利用现状图(1:2 000)的农村居民点图斑面积/hm ²	0.053 8
	地形位	反映高程和坡度两项地形因子	0.069 0
	建筑质量	反映房屋质量:钢混结构=1、砖混结构=0.75、砖瓦结构=0.5、土坯结构=0.25	0.059 0
区位条件	平均耕作半径	农村居民点距离耕作地块的平均距离/km	0.045 8
	距产业园区距离	农村居民点距离农业、工业产业园的最近距离/km	0.041 2
	距场镇距离	农村居民点距离场镇中心位置的距离/km	0.035 9
	距学校距离	农村居民点距离学校(主要指幼小)的最近距离/km	0.038 1
	距医院距离	农村居民点距离医院/诊所的最近距离/km	0.033 1
服务体系	距小卖部距离	农村居民点距离小卖部/超市的最近距离/km	0.052 3
	水电气通达度	反映水电气等通达情况:通水/通电/通气=1;通两项=2;全通=3	0.068 5
	清洁能源使用率	反映清洁能源使用情况:使用沼气/太阳能/天然气/其他=1,使用项数累加	0.063 3
	垃圾处理数量	农村居民点200m范围内垃圾处理设施的配置情况/个	0.072 8
	健身娱乐设施	农村居民点200m范围内休闲娱乐设施的配置情况/个	0.041 5
农户特征	信息通讯费用	农户家庭使用电话、网络的费用/(月/元)	0.054 1
	居民点户数	农村居民点内所有聚集农户的户数之和/户	0.032 6
	劳动力人口数	农村居民点内劳动力人口总数/人	0.036 4
	受教育程度	农村居民点内所有人口受教育年限平均值/年	0.063 7
	户均年收入	农村居民点内农户家庭年平均收入/元	0.040 4
	生计来源	反映农户收入来源和生计方式:传统耕作、规模经营、非农经营、外出务工、其他收入(每一种生计来源赋值为1,累加统计)	0.046 1
	参保情况	反映农户购买保险的情况:商业保险、医疗保险、养老保险及其他(每一种保险类型赋值为1,累加统计)	0.030 6
	居住满意度	反映农户对于农村居民点住居的满意程度:满意=1、较满意=0.75、一般=0.5、不满意=0.25	0.021 8

$$S_i = \sum_{j \in u_i} w_{ij} \quad (2)$$

式中 S_i 为节点 i 的节点强度; w_{ij} 为节点 i 、 j 间连接边的数量; u_i 为与节点 i 相邻的节点个数。

凝聚中心性。凝聚中心性是测度网络节点、连接边的相互关系与重要程度,用凝聚度表示^[22]。若度中心性越大,个体越少,连接路径越短,则凝聚度越大。

$$\partial_i = \frac{N(N-1)}{\sum_{i \neq j \in N} d_{ij} \left(\frac{S_i}{u_i} \right)} \quad (3)$$

式中 ∂_i 为节点 i 的凝聚度; N 为网络的节点数量; d_{ij} 为节点 i 与 j 之间的最短路径。

3.3.2 网络节点辐射强度评估

网络节点辐射强度取决于节点自身的重要度和连接边的重要度,由节点的度中心性与凝聚中心性加权和组成^[23,24]。若节点的度中心性和凝聚中心

性越大,网络位置越关键,则节点辐射强度越大;反之,则相反。

$$I_i = \alpha \cdot S_i + (1 - \alpha) \cdot \partial_i \quad (4)$$

式中 I_i 为节点 i 的辐射强度; α 为加权系数,鉴于本研究尺度较小,度中心性与凝聚中心性的差异较小,故 α 取值 1/2。

3.3.3 网络节点辐射范围划分

运用扩展断裂点模型即将断裂点理论和加权 Voronoi 图耦合,以节点辐射强度平方根为权重,以节点质心作为发生元向四周扩展,生成多个闭合单元的加权 Voronoi 图辐射范围^[25]。

4 结果与分析

4.1 村落空间网络结构特征

村落空间网络是由全村农村居民点及其联结度构成的复杂网络。运用 UCINET 软件计算网络密度、聚集系数及平均路径长度,得出网络密度为 0.344,表明网络整体联系程度较低;聚集系数为

2.204>1, 平均路径长度为 1.347>1, 小世界值为 1.636, 表明网络的小世界特征较为显著, 村落空间网络的连通性与集聚性较强。运用公式(2)计算网络节点的度中心性, 剖析村落空间网络的拓扑结构, 并采用自然断裂法对其进行分级。基于此, 将节点强度值定位于网络节点之上, 节点间的联结度作为连接边, 并运用 ArcGIS10.2 空间分析功能实现村落空间网络结构图的可视化表达(图2)。

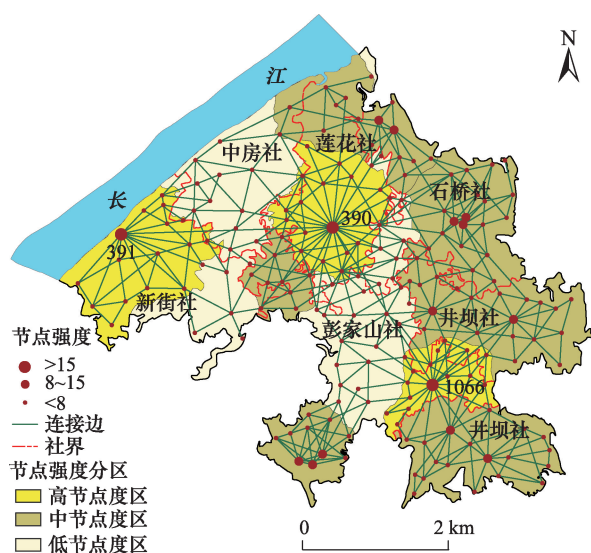


图2 村落空间网络结构

Figure 2 The village space network structure

注:图中数字表示节点强度大于15的高节点。

由图2可知,村落空间网络具有非均衡层次结构与无标度特征。网络节点强度值呈现“中高周低”的过渡形态,高级节点对低级节点的潜能传递具有层级性和方向性,各级节点之间的联系方式与密切程度呈多样化。390号、391号和1066号节点强度均大于15,处于网络关键位置,依托交通通道形成了联系密集带,与周围节点交互形成高节点度区。其中,390号节点强度最大,相联系节点分布较均匀且其处于村落中部,已成为影响中部乃至整个网络的核心;391号节点受所处位置和长江影响,多与近邻社的节点有潜能交流,成为网络西部片区的核心;1066号节点处于村落东部、临近公路,受城镇发展辐射较大,影响范围集中于邻近社,属于网络东部区域的核心。中强度节点主要位于村落边缘,区位条件和联系范围均弱于高强度节点;但其以局部集聚为主,彼此相互联系紧密、基础设施共享程

度较高,其影响具有“叠加效应”,并形成中节点度区,成为周围节点的核心和高强度节点与周边节点交流的“中介”与“桥梁”。低强度节点广泛分散于整个空间网络,节点间联结度各异。区位条件较差或位于农业生产区而分布零散等,导致同级节点之间联系较少,节点度值偏低。可见,网络中节点强度分布不均衡,少数节点的度值较高,而大部分节点则较低,网络具有典型的无标度特征。

4.2 网络中心点及其辐射范围

根据村落空间网络结构特征内高强度节点和中强度节点均对网络产生重要作用,运用公式(3)测度其凝聚中心性,识别网络中心点;运用公式(4)和扩展断裂点模型厘定中心点的辐射强度与辐射范围,利用 ArcGIS10.2 统计分析功能得出中心点辐射范围内的相关情况。基于此,划分中心点等级,形成Ⅰ级中心点、Ⅱ级中心点和Ⅲ级节点共同作用的网络节点体系(图3)。

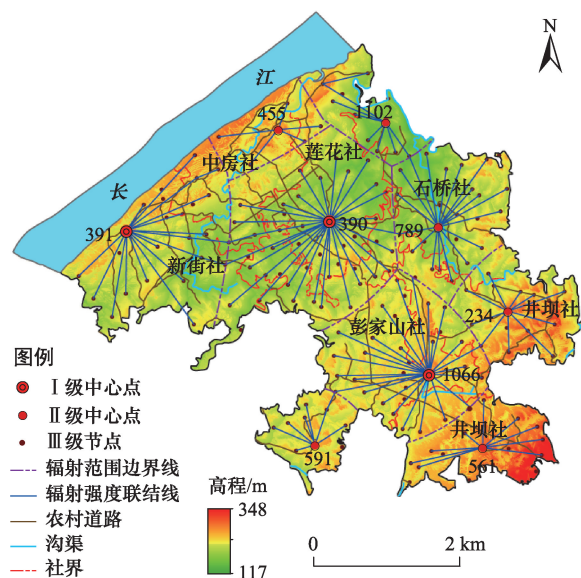


图3 村落空间网络节点体系及中心点辐射示意

Figure 3 The village space network node system and the radiation of central point

注:图中数字表示Ⅰ级中心点、Ⅱ级中心点。

Ⅰ级中心点:390号、391号和1066号节点,空间辐射范围共计 644.32hm², 占全村总面积的 57.94%;辐射强度共计 47.98, 域内共包含 1277 户农户,其吸引力和辐射力强。刁燕公路(刁家-燕坝)贯穿其中,交通便捷,现已建成“巴渝新居”,学校、卫

2018年5月

生中心、超市、饭店、邮政所等公共服务配套设施齐备,设有通村班车、便于农户出行;社区形成严密的管护制度与乡风文明建设体制,生产生活等功能较为完善,农户居住环境良好。中心点内住户大多已脱离农业生产,受城市辐射与乡镇企业的吸引,外出务工且长期从事稳定的非农职业,生计来源主要为工资性收入。同时,中心点内定期举行赶场、下乡宣传和职业培训等活动,促进了中心点与周围节点农户的交流,满足了农户的生产生活需求,扩大了中心点的影响力和联结点。

Ⅱ级中心点:234号、455号、561号、591号、789号和1102号节点,位于村落边缘浅丘地区,农业生产环境和出行条件较方便、辐射环境较相似,总辐射强度37.95,其总辐射面积达467.66 hm²,占全村总面积的42.06%。域内1002户的农户类型以兼业化发展型和非农多样化发展型为主。兼业化农户兼顾农业生产与非农活动,即农忙时在家务农,农闲时在本村产业园或附近城镇务工;非农多样化农户多以从事运输、建筑、餐饮等非农经营项目为主,收入相对稳定,生活需求基本满足。中心点内部亲缘地缘关系显著,相互交流频繁,基础设施共享程度较高。同时,为周围节点农户提供生活便利,邻里关系较为融洽,成为农户休闲娱乐、信息交流的重要场所。

Ⅲ级节点:除Ⅰ级中心点和Ⅱ级中心点以外的节点,零星、散布于整个村域,受到邻近中心点的辐射作用,形成了以Ⅰ级和Ⅱ级中心点为中心,中心点和Ⅲ级节点关联互动的网络节点体系。

4.3 农村居民点体系重组与优化

根据中心点的辐射能力和网络节点体系的构成要素,从“整体-局部-个体”的辐射等级入手,构建中心村(Ⅰ级中心点)扩散型、基层村(Ⅱ级中心点)增长型、散居农村居民点(Ⅲ级节点)挖潜型等三类优化重组模式(图4)。

中心村扩散型。将Ⅰ级中心点定义为中心村,统领村落发展。Ⅰ级中心点作为整个网络的极核,区位条件良好、基础设施完善、交通便利,能满足社区住户和周围农户的多元诉求;同时,现有的制度管理与文化建设,提升了住户“共同参与建设、共享生态宜居”的归属感与责任心,和睦的邻里关系与

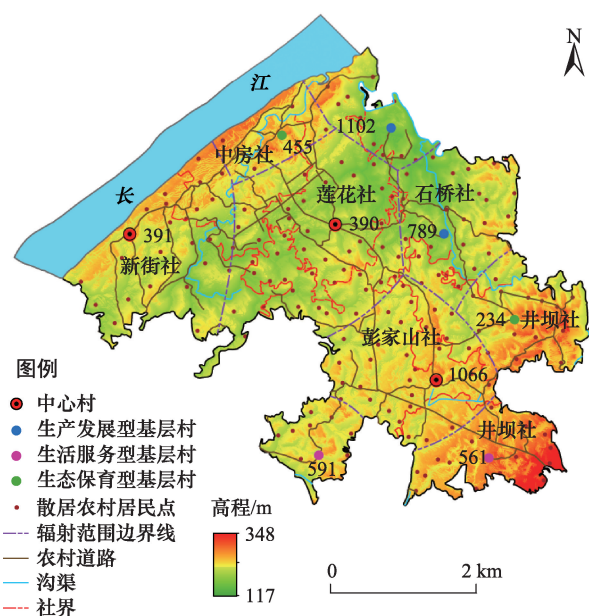


图4 村落农村居民点体系重组与优化示意

Figure 4 Recombination and optimization of rural residential land system

注:图中数字表示Ⅰ级中心点、Ⅱ级中心点。

社交网络初步形成;利用资金、信息和政策等优势,扩大商品服务范围 and 门槛人口,以吸引周围零散分布、规模较小的农村居民点迁移与集聚。

基层村增长型。Ⅱ级中心点的中介作用和局部服务功能显著,根据资源禀赋和辐射能力的差异,将其划分为不同类型的基层村。生产发展型基层村,789号和1102号中心点地形相对平坦,紧邻产业园区,域内农业技术交流和生产资料运输等活动频繁,可实现专业化、集约化生产经营,吸引附近农户就业,保障了农户经济来源。生活服务型基层村,561号和591号中心点受乡镇辐射和交通发达,现有的惠农政策宣讲、务工信息传播的交流站,密切了与外界交流。生态保育型基层村,234号和455号中心点地形起伏较大、环境较为脆弱,农户多外出务工,非农型农户占主导,农村居民点闲置率较高;针对域内特殊环境,开展了土地整治,规划修建了农村社区,周围农户大多向社区集中,改善了域内生态环境。

散居农村居民点挖潜型。该类节点的基础设施和公共服务条件较差,只能满足农户生产、生活的基本要求。该类节点在发展中缺乏竞争力,各种关系流的输出量不断加剧,对农户的吸引力逐渐减

弱。土地整治过程中,一般将其作为自然村保留,当规模减小到一定程度时,将采取补贴支持、就近搬迁、邻近管理的形式,合并迁移至中心点,并运用流转、整理等手段对废弃、闲置宅基地进行分类处理与复垦,既能增加村落用地指标,农户亦能获得购置房款的补偿金。散居农村居民点重组与优化关键在于内部挖潜,即就地整治、限制规模,挖掘潜力。这种方式是对农村居民点布局的微调,以解决空心化造成的资源浪费、设施闲置,有利于提高土地节约集约利用率。

5 结论与讨论

(1)村落空间网络具有非均衡层次结构、小世界特征及无标度特性,网络节点间的联系方式与密切程度呈现差异多样化。根据复杂网络节点分析方法,识别出网络中心点及其辐射强度与辐射范围。由于各中心点所吸引的农户及农村居民点的辐射半径与影响范围各异,将其分级以形成Ⅰ级中心点、Ⅱ级中心点和Ⅲ级节点共同作用的网络节点体系。这一结果与吕国玮等^[26]采取公众参与形式,兼顾乡村文脉保护和利益相关者诉求下确定的燕坝村农村居民点的分级调整方案相契合,表明根据村落空间网络结构特征,剖析农村居民点辐射能力,厘定农村居民点体系重组优化模式这一方法是可行的,为农村居民点重构提供了新思路。

(2)根据中心点的辐射能力和网络节点体系的构成要素,从“整体-局部-个体”3个影响层次着手,构建中心村(Ⅰ级中心点)扩散型、基层村(Ⅱ级中心点)增长型、散居农村居民点(Ⅲ级节点)挖潜型等三类优化重组模式,这一结果与杜相佐等^[18]基于引力模型识别出村域核心节点,并融入村域环境和农户意愿构建的三类农村居民点重构类型及“中心-基层”两个等级的农村居民点体系基本吻合,为燕坝村农村居民点体系规划与建设提供依据。

(3)在测度农村居民点潜能时综合考虑了农村居民点的自然条件、区位因素及社会经济等影响,距离阈值采取农村居民点之间的时间距离来替代空间距离,较好地体现了农村居民点的通达性。运用改进的潜能模型与复杂网络节点分析法,构建了村落空间网络并剖析了节点的中心性与辐射力,较

好地模拟了网络节点间的作用关系。现阶段潜能模型与网络分析法的研究涉及了宏观、中观及微观等不同尺度,已应用于不同等级农村居民点网络的时空格局研究。但在研究中,仍需进一步扩展样本村数据以进行对比研究,进一步定量剖析网络结构特征的驱动因素;同时,政策因素、传统习俗和机会成本等将直接影响农村居民点优化重组效果,如何综合这一系列因素以完善农村居民点规划布局成为今后研究的方向。

参考文献(References):

- [1] 费智慧,王成,李丹,等.基于加权Voronoi图与农户愿景的农户搬迁去向研究—以整村推进示范村重庆市合川区大柱村为例[J].中国土地科学,2013,27(8):19-25. [Fei Z H, Wang C, Li D, et al. Relocating rural household based on weighted Voronoi diagram and the willingness of farmers: taking Dazhu Village in Hechuan District of Chongqing as an example[J]. China Land Science, 2013, 27(8): 19-25.]
- [2] 王成.西南丘陵山区村落居住空间重构研究:共生视角[M].北京:科学出版社,2015. [Wang C. Study on the Reconstruction of Residential Space in Southwest Hilly Area: Symbiotic Perspective [M]. Beijing: Science University Press, 2015.]
- [3] 刘耀林,范建彬,李楚琪,等.基于改进引力模型的镇域村镇等级体系定量化研究[J].农业现代化研究,2016,37(1):158-165. [Liu Y L, Fan J B, Li C Q, et al. Town-based quantitative analysis of the town-and-village hierarchy system using an improved gravity model[J]. Research of Agricultural Modernization, 2016, 37(1): 158-165.]
- [4] 王成,费智慧,张玉英.统筹城乡进程中丘陵山区村落空间重构机理与途径探讨[J].西南大学学报(自然科学版),2014,36(7):96-102. [Wang C, Fei Z H, Zhang Y Y. On the mechanism and pathways of village space reconstruction in coordinated urban and rural development in hilly areas[J]. Journal of Southwest University (Natural Science), 2014, 36(7): 96-102.]
- [5] 邹利林,王建英.中国农村居民点布局优化研究综述[J].中国人口·资源与环境,2015,25(4):59-64. [Zou L L, Wang J Y. Review of research on layout optimization of rural settlements in China[J]. China Population Resources and Environment, 2015, 25(4): 59-64.]
- [6] 刘振灵.资源基础型城市群城镇体系规模结构的时空演变研究[J].资源科学,2011,33(6):1118-1125. [Liu Z L. Spatial-temporal evolution of the city size distribution of urban clusters deriving from resources exploration[J]. Resources Science, 2011, 33(6):

2018年5月

- 1118-1125.]
- [7] 潘菲, 杨庆媛, 樊天相, 等. 基于空间相互作用理论的县域农村居民点体系重构研究-以重庆市长寿区为例[J]. 中国土地科学, 2015, 29(8): 89-96. [Pan F, Yang Q Y, Fan T X, et al. Research on the reconstruction of rural settlement system based on spatial interaction theory at county level: a case study in Changshou District, Chongqing City[J]. *China Land Science*, 2015, 29(8): 89-96.]
- [8] 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. [Yang L, Hao J M, Wang S L, et al. Spatial structure optimization of rural residential land based on spatial interaction[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2011, 27(10): 308-315.]
- [9] 汪小帆. 复杂网络理论及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006. [Wang X F. *Complex Network Theory and Its Applications* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006.]
- [10] 危小建, 肖展春, 侯贺平, 等. 基于复杂网络的辽宁省县域农村居民点空间结构变化分析[J]. 农业工程学报, 2017, 33(8): 236-244. [Wei X J, Xiao Z C, Hou H P, et al. Analysis of spatial structure changes of rural residential area in counties of Liaoning Province based on complex network[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2017, 33(8): 236-244.]
- [11] 苑露莎. 基于复杂网络的农村居民点空间布局优化研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2014. [Yuan L S. *Research on Spatial Distribution Optimization of Rural Settlement Based on Complex Network*[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2014.]
- [12] Manski C F. Economic analysis of social interactions[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2000, 14(3): 115-136.
- [13] 周磊, 李满春, 张卢奔, 等. 采用潜能模型的农村居民点布局优化[J]. 测绘科学, 2015, 40(6): 51-55. [Zhou L, Li M C, Zhang L B, et al. Optimizing spatial distribution of rural settlement based on spatial potential model[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2015, 40(6): 51-55.]
- [14] 汤鹏飞, 向京京, 罗静, 等. 基于改进潜能模型的县域小学空间可达性研究-以湖北省仙桃市为例[J]. 地理科学进展, 2017, 36(6): 697-708. [Tang P F, Xiang J J, Luo J, et al. Spatial accessibility analysis of primary schools at the county level based on the improved potential model: a case study of Xiantao City, Hubei Province[J]. *Progress in Geography*, 2017, 36(6): 697-708.]
- [15] 重庆市江津区统计信息网. 2015年重庆市江津区国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2016-02-22)[2017-06-14]. http://www.cqjltj.gov.cn/www/site/site_index_98_0.shtml. [Statistical Information Network of Jiangjin District, Chongqing. The Statistical Bulletin of the Economic and Social Development of Jiangjin District, Chongqing of the Year 2015[EB/OL]. (2016-02-22) [2017-06-14]. http://www.cqjltj.gov.cn/www/site/site_index_98_0.shtml.]
- [16] 重庆市江津区统计信息网. 2016年重庆市江津区国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2017-07-13)[2017-11-13]. http://zfx.jiangjin.gov.cn/www/web_show_40680.shtml. [Statistical Information Network of Jiangjin District, Chongqing. The Statistical Bulletin of the Economic and Social Development of Jiangjin District, Chongqing of the Year 2016[EB/OL]. (2017-07-13) [2017-11-13]. http://zfx.jiangjin.gov.cn/www/web_show_40680.shtml.]
- [17] 宋正娜, 陈雯. 基于潜能模型的医疗设施空间可达性评价方法[J]. 地理科学进展, 2009, 28(6): 848-854. [Song Z N, Chen W. Measuring spatial accessibility to health care facilities based on potential model[J]. *Progress in Geography*, 2009, 28(6): 848-854.]
- [18] 杜相佐, 王成, 蒋文虹, 等. 基于引力模型的村域农村居民点空间重构研究-以整村推进示范村重庆市合川区大柱村为例[J]. 经济地理, 2015, 35(12): 154-160. [Du X Z, Wang C, Jiang W H, et al. Rural settlements restructuring based on analysis of the gravity model at village level: the case of Dazhu Village, Chongqing, China[J]. *Economic Geography*, 2015, 35(12): 154-160.]
- [19] 王凤, 刘艳芳, 孔雪松, 等. 基于社会网络理论的农村社会空间联系分析-以武汉市黄陂区李集镇为例[J]. 经济地理, 2016, 36(4): 141-148. [Wang F, Liu Y F, Kong X S, et al. Analysis of spatial interaction in rural society based on theory of social network: a case of Liji Town in Wuhan City[J]. *Economic Geography*, 2016, 36(4): 141-148.]
- [20] 钟业喜, 陆玉麒. 基于空间联系的城市腹地范围划分-以江苏省为例[J]. 地理科学, 2012, 32(5): 536-543. [Zhong Y X, Lu Y Q. Measuring method of urban hinterland based on spatial linkage: a case of Jiangsu Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(5): 536-543.]
- [21] 宋玉萍, 倪静. 网络集聚性对节点中心性指标准确性的影响[J]. 物理学报, 2016, 65(2): 375-382. [Song Y P, Ni J. Effect of variable network clustering on the accuracy of node centrality[J]. *Acta Physica Sinica*, 2016, 65(2): 375-382.]
- [22] 刘建国, 任卓明, 郭强, 等. 复杂网络中节点重要性排序的研究进展[J]. 物理学报, 2013, 62(17): 1-10. [Liu J G, Ren Z M, Guo Q, et al. Node importance ranking of complex networks[J]. *Acta Physica Sinica*, 2013, 62(17): 1-10.]
- [23] 王甲生, 吴晓平, 廖巍, 等. 改进的加权复杂网络节点重要度评估方法[J]. 计算机工程, 2012, 38(10): 74-76. [Wang J S, Wu X P, Liao W, et al. Improved method of node importance evaluation in weighted complex networks[J]. *Computer Engineering*, 2012, 38(10): 74-76.]
- [24] 谭跃进, 吴俊, 邓宏钟. 复杂网络中节点重要度评估的节点收缩方法[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(11): 79-83. [Tan Y J,

- Wu J, Deng H Z. Evaluation method for node importance based on node contraction in complex networks[J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2006, 26(11): 79-83.]
- [25] 冯电军, 沈陈华. 基于扩展断裂点模型的农村居民点整理布局优化[J]. 农业工程学报, 2014, 30(8): 201-209. [Feng D J, Shen C H. Layout optimization for rural settlements consolidation based on extended break-point model[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2014, 30(8): 201-209.]
- [26] 吕国玮, 蔡玉梅, 郭旭东, 等. 基于文化单元的参与式村级农村居民点调整方法-以重庆市燕坝村为例[J]. 中国土地科学, 2012, 26(1): 55-59. [Lv G W, Cai Y M, Guo X D, et al. Method of relocating the rural settlements at village level based on cultural character zones in the context of public participation: a case of Yanba Village in Chongqing City[J]. *China Land Science*, 2012, 26(1): 55-59.]

Rural settlement spatial layout optimization using network center radiation guidance for Yanba Village in Chongqing

SU Rui^{1,2}, WANG Cheng^{1,2}

(1. School of Geographical Sciences/The Laboratory of Research on Rural Human Settlements, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Key Laboratory of Karst Environment, Chongqing 400715, China)

Abstract: Rural spatial networks are complex networks consisting of rural settlements and linear facilities. They take rural settlements as nodes and linear facilities as the support; nodes interact within it. Rural spatial networks and node centrality are capable of identifying the key position and influence of nodes in the network, providing a theoretical reference for planning and construction of rural settlements and overall network structure optimization. Taking Yanba Village of Jiangjin district in Chongqing, we established a household and rural settlements database with spatial data links to attribute data by adopting the 3S+PRA method. We measured comprehensive quality and accessibility of rural settlements by comprehensive evaluation and grid analysis methods to determine the connection degree among rural settlements by improved potential models. Using the rural settlements in the village as nodes and the connection degree among rural residential areas are edges, we constructed a village spatial network using complex network theory to identify network center points, radiation intensity and radiation range. The results show that the village spatial network has a typical non-equilibrium hierarchical structure, small world characteristics and scale-free characteristics, and low overall connectivity. According to the radiation of the center points, a network node system consists of I, II and III center node interactions as classified. On this basis, three levels of influence from the whole to parts and individuals and three optimization and recombination patterns are constructed. These include the central village (grade I center) diffusion type, grassroots village (II Center) growth type, and scattered rural settlements (grade III node) promising type.

Key words: village spatial network; central radiation force; rural settlement system; recombination and optimization; Yanba Village; Chongqing