



基于乡村宜居性和人口流动网络特征的农村居民点重构

何建华¹ 覃荣诺¹ 丁 慷² 李 江³ 岳桥兵¹

¹ 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

² 浙江农林大学环境与资源学院,浙江 杭州,311300

³ 湖北省自然资源厅信息中心,湖北 武汉,430071

摘要:农村居民点空间优化重构是推进乡村振兴的重要内容之一。以中国湖北省鄂州市为研究区,从人的生存生活需求出发,构建宜居性评价指标体系,评估鄂州市宜居性高低;通过网络分析法构建城乡人口流动网络,发现乡村人口流动规律。在此基础上,综合宜居性和人口流动强度的组合特征进行农村居民点空间重构。结果表明:(1)鄂州市整体宜居性较高,其中,生存保障功能差距较小,而生活服务功能和生活提升功能差距较大;(2)人口按照主城区、所属镇、附近优势城镇的优先顺序流动;城镇辐射范围有限,现有的点轴结构不能起到以点带面的作用,亟需发展中心村、一般村、基层村形成完整的乡村结构,带动全域发展;(3)基于乡村宜居性和人口流动强度将居民点划分为搬迁撤并类、城郊融合类和集聚提升类(中心村、一般村和基层村)。该研究可重塑乡村发展核心,完善乡村结构,促进资源优化配置,为人口快速流动区乡村聚落重构提供决策依据。

关键词:人口流动;宜居性;农村居民点;空间重构;鄂州市

中图分类号:P208;F323

文献标志码:A

农村居民点是城乡建设用地的组成部分,是农户生产生活的重要场所^[1-2],是资源要素合理配置的基础依据。中国农村居民点存在面积细碎、分布零散、宅基地荒废等问题^[3-6],以及由此引发的土地资源浪费、基础设施匮乏、水土环境污染等问题。快速工业化和城镇化进程中,乡村人口快速流失,导致社会主体老弱化、要素快速非农化、多维贫困化^[7],亟需根据农村居民点异质性特征对其进行分化和重组。乡村振兴战略背景下,从微观角度正确把握居民点发展类型及等级^[8],科学识别乡村发展核心、完善乡村结构是乡村体系调整和优化的关键问题。

国外学者主要针对特定情形建立可持续评价指标体系进行农村居民点重构,如 Garakani 等^[9]进行洪灾后重建,Dikmen^[10]基于对个体居住环境质量调查进行农村居民点重构。而国内学者主要侧重从时空演变^[3,11]、驱动因素^[12]、空间优化布局^[13-14]展开研究。农村居民点重构属于空间优化布局问题,在方法上,可总结为以下两种:基于

面积、距离、形状等的空间组合特征分析^[1];涵盖自然、社会、经济、环境等因素的综合评价^[2,8]。这两种方法是不断发展的,特别是综合评价已经作为农村居民点重构的通用方法,是农村居民点空间优化的重要准则。综合评价也经历了评价侧重点的变化,起初主要关注区位、自然条件等因素,现在越来越注重人居环境因素。综合评价从人的需求出发,基于生存保障功能、生活服务功能和生活提升功能构建宜居性评价指标体系。

当前,宜居性评价往往根据居民点的自身条件进行分类,很少考虑居民点在整个区域内的地位和作用。网络分析法可以反映节点在网络中控制力和影响力^[15-16],为确定居民点在区域中的所扮演的角色,通过网络分析法解决这一问题。人是乡村振兴的主体,现有研究虽然关注了人这一主体要素,但多来源于实地调查的农户意愿^[17],对乡村流动人口的关注较少。越来越多的学者意识到人口外流地区的乡村转型发展面临着各种问题,亟待科学支撑。城乡人口的有序流

收稿日期:2020-11-16

项目资助:湖北省自然资源智慧监管体系研究(ZRZY2020KJ12)。

第一作者:何建华,博士,教授,现从事城市网络化重构过程分析建模、空间优化研究。hjianh@whu.edu.cn

通讯作者:覃荣诺,硕士生。1425737424@qq.com

动是重塑城镇格局、重构乡村空间的重要途径^[18-19],也是城镇化与乡村振兴的关键。故强化该类型区域的乡村空间重构研究对于解决人口外流地区的乡村可持续发展有着重要的现实意义。构建人口流动网络,探究乡村人口流动状态,为农村居民点等级体系构建提供新的视角。

本文以人口流动的鄂州市为研究区,从生产、生活需求角度构建农村居民点宜居性评价指标体系,分析农村居民点宜居性高低及区域功能差异;构建人口流动网络模型,通过人口流动网络探析乡村人口流动状态;综合宜居性和人口流动强度的组合特征对农村居民点进行分级分类。科学识别乡村发展核心,完善乡村结构,进行乡村体系调整和优化。通过对要素、结构、功能加以引导和调控,优化资源配置,促进乡村振兴和

城乡融合发展。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

本文选取中国湖北省鄂州市作为研究区域,其地域面积为 1 593 km²,下辖 25 个乡镇及街道,包括 342 个行政村,共计 1 125 个自然村,农村居民点面积达 105.3 km²。2019 年全年全市完成地区生产总值 1 140.07 亿元,一、二、三产业占比为 8.81: 48.27: 42.92。2019 年末全市常住人口 105.97 万人,其中,城镇 70.26 万人,乡村 35.71 万人,城镇化率达 66.3%。由于鄂州市靠近中国中部交通枢纽城市、省会城市武汉,因此具有明显的区域人口流动特征。研究区区位图如图 1 所示。

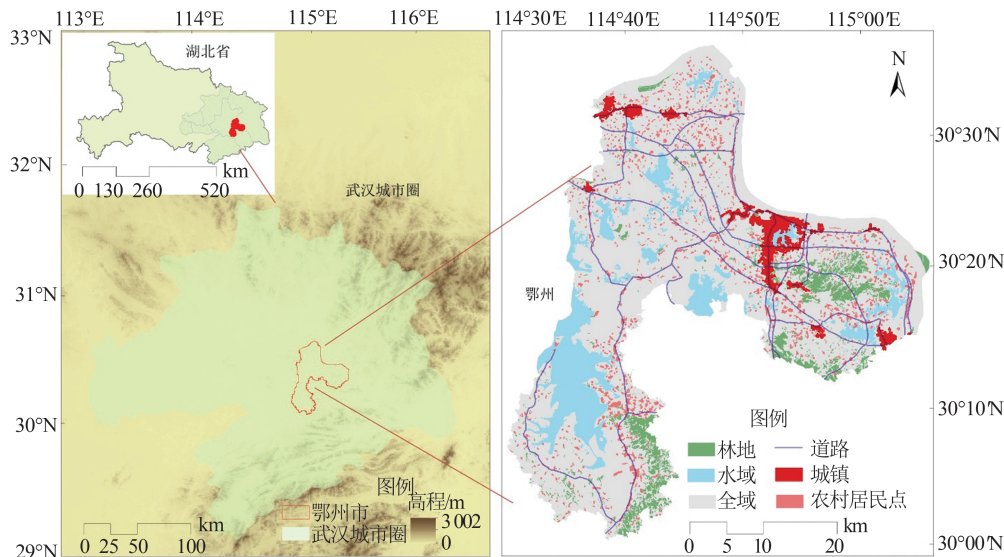


图 1 研究区区位图

Fig.1 Location of Study Area

1.2 研究数据及来源

本文所用的研究数据包括人口流动数据、行政区划数据、道路交通数据、高程数据、土地利用数据、教育医疗数据、生活服务设施数据、PM2.5 数据等。由鄂州市公安局提供人口实时监测数据及广泛的实地调查得到的 2014 年镇级人口流动数据,其他数据均为 2015 年数据;土地利用数据由鄂州市自然资源和规划局提供;从地理空间数据云平台 (<https://www.gscloud.cn>) 下载数字高程模型;从国家基础地理信息中心收集基础地理信息,如行政区划、道路等;教育医疗数据、生活服务数据主要包括从百度地图爬取的学校、医院、超市、菜市场、休闲娱乐设施等兴趣点 (point

of interest, POI); PM2.5 数据从网站 (<http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/>) 下载而来。

2 研究方法

2.1 研究思路

为应对生产要素高速非农化、社会主体过快老弱化、建设用地日益空废化、水土环境严重污损化和多维贫困化的乡村病难题^[7],中国共产党第十九次全国代表大会提出乡村振兴战略。基于人类生存生活发展的需要,从生存保障功能、生活服务功能及生活提升功能角度对农村居民点进行宜居性评价^[20-21],综合考量农村居民点宜居性高低。为落实以人为本的科学发展观,凸显

人在乡村振兴中的主体作用,充分考虑乡村人口流失问题,构建人口流动网络,探索乡村人口流动规律^[22-23]。从居民点宜居性、人口流动方面把握居民点异质性特征。

基于分类推进乡村发展的乡村振兴战略要求,根据宜居性和人口流动强度的组合特征,识别农村居民点重构方向。根据自然断点法将宜居性分为高、中、低3等,将人口流动强度分为强、中、弱3等,将组合划分为搬迁撤并类、城郊融合类、集聚提升类(中心村、一般村和基层村)5类。其中,适宜性低的居民点均为搬迁撤并类,人口流动强度大的居民点为城郊融合类居民点,其他则为集聚提升类居民点。在集聚提升类中,以人口流动强度为主要特征,综合宜居性特征将集聚提升类居民点中流动强度适中且宜居性较高的划为中心村,人口流动强度低且宜居性居中的居民点划为基层村,其他为一般村。通过完善乡村结构,优化居民点布局,合理配置资源,实现乡村振兴。研究思路如图2所示。

2.2 宜居性评价

马洛斯的层次需求理论将人的需求分为生理需求、安全需求、社会需求、尊重需求和自我实现需求5类。其中,前3类满足人的基本需求,主要受外部环境影响,而更高层次的尊重需求和自

我实现需求更强调个人发展。故从生理需求和安全需求(生存保障功能、生活服务功能)、社会需求角度(生活提升功能)出发^[21,24],选择居住面积、第一产业、二三产业、空气质量、水源供给、地形起伏、生活便利性、就医便利性、教育便利性、休闲娱乐可达性10个指标。在yaahp软件构建农村居民点宜居性评价矩阵,比较重要性,通过一致性检验后,得到各因子系数,进行综合评价。通过自然断点法将宜居性评价结果从低到高分

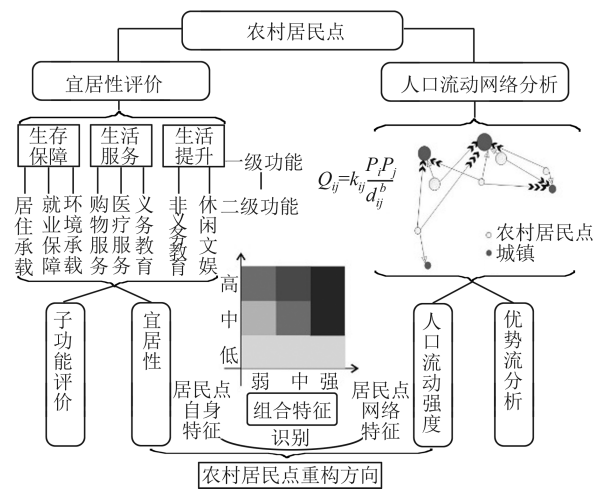


图2 农村居民点重构研究思路

Fig.2 Research Idea on Rural Settlement Restructure

表1 宜居性评价因子及分类标准

Tab.1 Livability Evaluation Indexes and Classification

一级功能	二级功能	指标	数据	指标属性	权重
生存保障功能	居住承载功能	居住面积	栅格单元内农村居民点面积比例	正向指标	0.136 2
		第一产业	与耕地的距离	负向指标	0.087 4
	就业保障功能	二三产业	与城镇、工矿的距离	负向指标	0.176 7
		空气质量	PM2.5浓度	负向指标	0.063 1
	环境承载功能	水源供给	与水域的距离	负向指标	0.038 3
		地形起伏	基于DEM数据提取地形坡度	负向指标	0.026 2
生活服务功能	购物服务功能	购物便利性	与超市(商店)、农贸市场的距离	负向指标	0.066 5
	医疗服务功能	就医便捷性	与各类医院、诊所的距离	负向指标	0.133 0
	义务教育功能	义务教育便利性	与幼儿园、小学、初中学校的距离	负向指标	0.133 0
生活提升功能	非义务教育服务功能	非义务教育可达性	与高中、大学学校的距离	负向指标	0.093 1
	休闲娱乐服务功能	休闲娱乐可达性	与公园、景区、体育馆、艺术馆的距离	负向指标	0.046 5

2.3 人口流动网络模型

由于缺乏人口流动的出发地-目的地(origin destination, OD)数据,需通过已知数据构建人口流动网络。将各镇市内人口流出数据通过人口空间化方法分配到各居民点,得到居民点流出人口。在此过程中,主要通过居民点面积、距离城镇距离确定的改进面积权重法进行人口空间化。

面积权重法是经典的人口空间化方法之一^[25],后来虽运用多源遥感数据进行城市人口空间化,但是夜间灯光数据并不适用于乡村,故选择面积权重法进行乡村流动人口空间化。但是面积权重法只考虑了居民点面积大小,忽略了其他因素的影响。乡村作为城镇发展的腹地,与城镇在空间上有着密切联系。根据城镇拉力作用的距离衰

减作用^[18,22],通过居民点距离城镇的距离修正面积权重法得到改进面积权重法。

在人口流动网络的构建中,将居民点中心、城镇发展中心视为网络节点,将不同区域间的人口流动视为网络连接线,由人口流动的强度和方向了解居民点人口流动状况。通过重力模型构建人口流动网络模型^[26],计算公式如下:

$$Q_{ij} = k_{ij} \frac{P_i P_j}{d_{ij}^b} \quad (1)$$

式中, Q_{ij} 为网络空间区域*i*向区域*j*的人口流动强度; k_{ij} 为人口流动强度系数,通过网络节点与交通线的距离确定大小; P_i 、 P_j 分别为*i*、*j*两地的流出人口、流入人口; d_{ij} 为*i*、*j*两地的欧氏距离; b 为摩擦系数,表示引力随*b*增大而衰减速度加快,通常取 1 或 2。

2.3.1 优势流

优势流是网络简化分析的一种方法,也是目

前网络体系结构分析较成熟的方法之一。该方法将某一个区域人口流归属到对其最具吸引力的中心,一般在一定空间范围内,某区域所处层级水平越高,表明其吸引力、主导性越强。

2.3.2 度中心性

参照社会网络分析中的度中心性方法^[16],汇总每一区域节点与网络中其他所有区域的人口流动强度,得到该区域节点总流动强度,体现节点的影响力和控制力。

区域网络空间中*i*地的人口流动总强度 Q_i 为:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n Q_{ij} \quad (2)$$

3 结果分析

3.1 宜居性评价

鄂州市宜居性评价如图 3 所示。

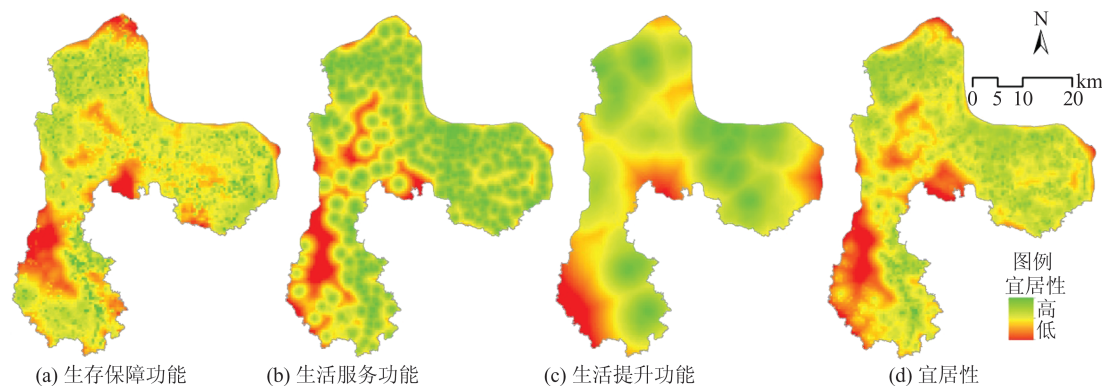


图 3 宜居性评价图

Fig.3 Livability Evaluation

从图 3(a)生存保障功能来看,宜居性从城镇-城镇外围-乡村逐渐降低,城乡差距较大。从图 3(b)生活服务功能来看,北部生活保障功能较强,仅蒲团乡、泽林镇稍显弱势;南部整体生活保障功能较弱,梁子湖镇、涂家垹镇尤为突出。从图 3(c)生活提升功能来看,整体功能较强且差距较小。从图 3(d)宜居性可知,鄂州市整体宜居性较高,其中,北部、西北部宜居性较高,而西北部的涂家垹镇、梁子湖镇及泽林镇、杜山镇南部宜居性较低。

将鄂州市农村居民点与宜居性评价结果叠加可以看出,鄂州市绝大多数农村居民点分布于宜居性较高的地方,这类居民点可继续存在;但仍存在少数农村居民点分布于宜居性较低的地方,综合评价下这些地区不适合农村居民点分布,应适当拆村并点,并入附近适宜性较高的农

村居民点;还有一部分居民点各方面功能完备,整体宜居性高,会逐渐融入城镇发展。

3.2 人口流动网络分析

将鄂州市城镇中心所在地抽象为节点,通过人口流动模型构建的人口流动矩阵是庞杂的,为简化网络、突出主线,将人口流动强度矩阵中的优势流设为联接边构建鄂州市人口流动网络。根据自然断点法将优势流、人口流动强度划分为弱、中、强 3 等,人口流动网络及流动强度如图 4 所示。

从图 4 优势流 1、2 网络图可以看出,整个网络从各个节点向主城区、葛华新城及花湖新城聚合流动,充分体现了鄂州市 3 大发展中心对于乡村人口的吸引力。在图 4 优势流 3 网络图中,农村居民点人口主要向所在镇、周围发展较好的城

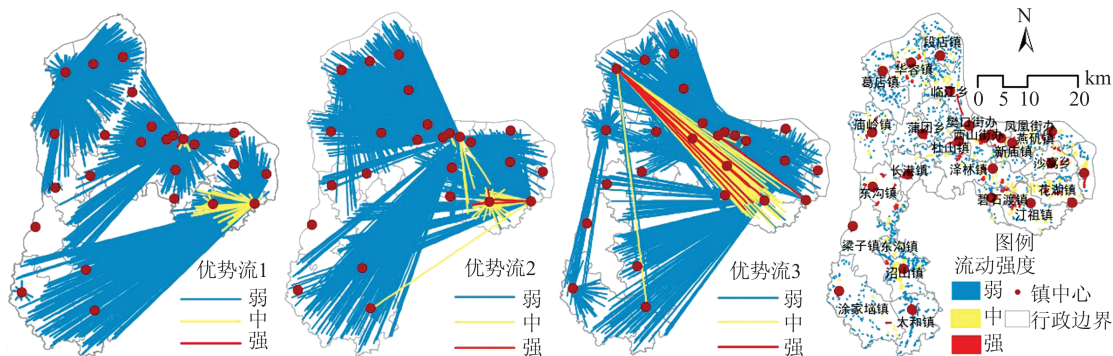


图4 人口流动网络及流动强度图

Fig.4 Population Flow Network and Flow Intensity

镇流动,而向主城区流动的大大减少。从鄂州市人口流动可以看出,人口按照发展中心、所属镇、附近优势城镇的优先顺序流动。网络以高节点度的主城区和乡镇为核心形成以主城区为人口集聚中心,以葛华新城-主城区-花湖新城为轴线的人口流动空间格局,但整个人口流动网络呈现出北强南弱态势,人口向北部集聚流动。

流动强度反映了居民点人口流动总强度。人口流动呈南弱北强态势,人口流动强度随与镇中心距离增加而减弱。城镇周围的农村居民点人口流动强度较强,距离太远的农村居民点人口流动强度慢慢减弱,这说明城镇辐射范围是有限的。现有的点轴结构还不完整,还不能起到以点带面的作用,亟需形成以中心村、一般村和基层村为主体的村镇网络体系,带动全域发展。

3.3 人口流动视角下的乡村重构

鄂州市共有 1 125 个农村居民点,总面积 10 530 hm^2 。根据宜居性和人口流动强度的组合特征确定搬迁撤并类居民点有 80 个,总面积达 533 hm^2 ,其中,面积最小的居民点 0.91 hm^2 。搬迁撤并类居民点主要分布在中部蒲团乡、杜山镇、泽林镇、东北部段店镇、涂家垸镇及各镇边缘这类居民点具有斑块细碎、位处边缘的空间特征;城郊融合类居民点有 53 个,面积 1 708 hm^2 ,主要分布在主城区、葛店镇、华容镇、花湖镇、汀祖镇、沼山镇,其他各镇分布相对稀疏,反映出鄂州市未来城镇扩展中心为主城区、葛华新城、花湖新城;集聚提升类(包括中心村、一般村和基层村)居民点有 992 个,面积 8 288 hm^2 ,是乡村空间的主要生产生活场所。通过准确把握居民点类型,可以科学判断居民点未来发展方向,有利于高效利用土地资源,促进搬迁撤并类居民点进行土地复垦。人口流动视角下的农村居民点重构如图 5 所示。

居民点等级体系是以地域空间资源配置为主

要调控手段,对区域社会经济发展具有宏观控制作用的空间结构规划。992 个集聚提升类农村居民点是农村生产生活的主要场所,而搬迁撤并类和城郊融合类在发展中不属于农村居民点范畴。在此基础上,构建农村居民点的等级体系是资源合理配置、科学管控的前提。根据组合特征确定的集聚提升类分为中心村、一般村和基层村 3 类,形成基层村、一般村围绕中心村发展的以点带面的乡村空间结构,通过资源合理配置,促进乡村振兴。

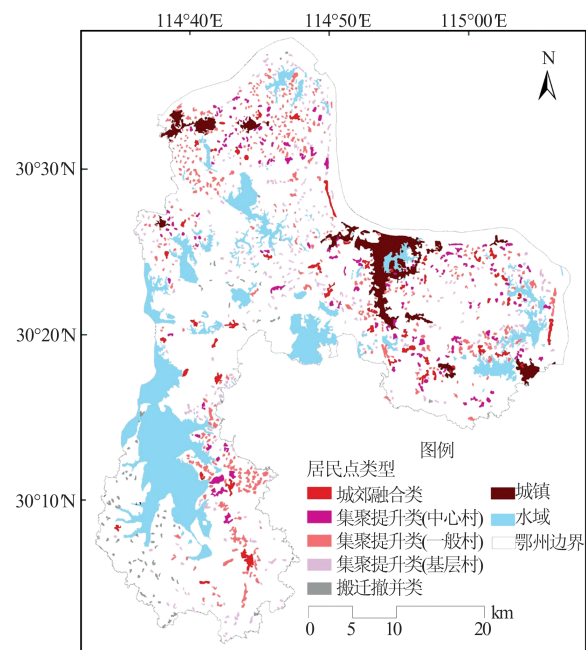


图5 人口流动视角下的农村居民点重构

Fig.5 Rural Settlement Reconstruction via the Perspective of Population Flow

集聚提升类(中心村):人口流动强度适中,自身发展条件较好,规模较大,且与城镇联系较为紧密,既可承接城镇辐射,又可带动周围村发展,具有承上启下的功能。中心村是乡村空间结构的关键节点,应该充分利用其优势,通过调整激活优化

产业结构,充分鼓励自主创业,积极推进招商引资,挖掘打造特色产业;提升生产生活环境质量,完善基础配套设施;挖掘文化底蕴,弘扬乡村文化;加强基层党组织对乡村振兴的全面领导;强化劳动技能培训,提升农村劳动力就业质量。

集聚提升类(一般村):人口流动强度较弱,具有一定的规模,是村落基本集聚单元,是行政村的发展中心,能够带动周围居民点发展。一般村是乡村空间结构的重要节点,通过延长产业链促进产品深加工,积极开拓电子商务,促进农产品市场销售;改善乡村人居环境,加快基本基础设施配置;弘扬优秀传统文化,丰富乡村文化生活;夯实基层政权,健全现代乡村治理体系;开展劳动技能培训,提升农村劳动力就业质量。

集聚提升类(基层村):规模较小且人口流动强度较弱,是村落基本单元,是乡村聚落的重要组成部分。加强与中心村、一般村的联系,促进生产,保证生产生活良性运转。

4 结 语

乡村重构受内部因素和外部调控的综合影响,通过对要素、结构、功能加以引导和调控,促进城乡融合发展和乡村振兴的过程。在快速工业化和城镇化进程中,乡村人口持续外流,越来越多的学者注意到应开展人口剧烈流动下的乡村重构。本文构建人口流动网络模型,分析人口流动状态。在宜居性评价基础上,综合网络测度中得到的居民点人口流动强度。关注居民点自身本底条件,将居民点在网络中的中心性凸显出来。在兼顾个体与整体的基础上,更准确地评价各村发展走向。此外,通过区分居民点类型和等级,科学判断居民点发展方向,引导资源优化配置,形成完整的乡村等级结构,有序促进农村居民点空间布局优化。

本文的不足之处在于:没有指明80个搬迁撤并类居民点的搬迁点,具体搬迁没考虑居民点的社会关系网络;人口流动网络是单向流动的,未考虑城镇人口回流。未来进行农村居民点重构研究时,通过实际的人口流动情况构建网络,通过社会公共服务设施等构建农村居民点之间的社会联系来体现居民点的社会关系。基于尽可能真实的人口流动强度、社会联系强度和宜居性进行重构,统筹考虑居民点的地位和作用,以及与其他居民点之间的关系。

参 考 文 献

- [1] Sun Jianwei, Kong Xuesong, Tian Yasi, et al. Identifying Reconstruction Directions of Rural Settlements Based on Analysis of Spatial Combination Features[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(5): 748-755(孙建伟,孔雪松,田雅丝,等. 基于空间组合特征的农村居民点重构方向识别[J]. 地理科学, 2017, 37(5): 748-755)
- [2] Kong Xuesong, Liu Yaolin, Deng Xuankai, et al. Suitability Evaluation and Consolidation Division of Rural Residential Areas in Villages and Towns[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(18): 215-222(孔雪松,刘耀林,邓宣凯,等. 村镇农村居民点用地适宜性评价与整治分区规划[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18): 215-222)
- [3] Li N, Jiang S. Study on Spatial Pattern of Rural Settlements in Wuling Mountainous Area Based on GIS[J]. *Wireless Personal Communications*, 2018, 102(4): 2 745-2 757
- [4] Li D, Wang D, Li H, et al. The Effects of Urban Sprawl on the Spatial Evolution of Rural Settlements: A Case Study in Changchun, China[J]. *Sustainability*, 2016, 8(8), DOI:10.3390/su8080736
- [5] Xie Bingeng, Zeng Xiaomei, Li Xiaoqing, et al. Research Spatial Layout Optimization of Rural Residential Land in Land Use Planning at Township: A Case of Liaotian Town in Hengnan County[J]. *Economic Geography*, 2010, 30(10): 1 700-1 705(谢炳庚,曾晓妹,李晓青,等. 乡镇土地利用规划中农村居民点用地空间布局优化研究——以衡南县廖田镇为例[J]. 经济地理, 2010, 30(10): 1 700-1 705)
- [6] Zhang Hongwei, Wang Zhanqi, Li Qiu, et al. Potential Evaluation of Rural Residential Consolidation in Village Scale of Mountain Region[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(22): 38-46(张红伟,王占岐,李秋,等. 高山区村域尺度农村居民点整理潜力测算研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(22): 38-46)
- [7] Zheng Xiaoyu, Liu Yansui. Connotation, Formation Mechanism and Regulation Strategies of Rural Disease in the New Epoch in China[J]. *Human Geography*, 2018, 33(2): 100-106(郑小玉,刘彦随. 新时期中国“乡村病”的科学内涵、形成机制及调控策略[J]. 人文地理, 2018, 33(2): 100-106)
- [8] Feng Danyue, Jin Xiaobin, Liang Xinyuan, et al. Village Feature Identification and Remediation Countermeasures from the Perspective of “Type-Rank-Potential”[J]. *Transactions of the Chinese Society of*

- Agricultural Engineering*, 2020, 36(8): 226-237 (冯丹玥, 金晓斌, 梁鑫源, 等. 基于“类型-等级-潜力”综合视角的村庄特征识别与整治对策[J]. 农业工程学报, 2020, 36(8): 226-237)
- [9] Garakani S A, Lak A, Niyasati M. Toward Sustainable Development in Post-Flood Relocation of Rural Settlements in Iran[J]. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 2020, 11(3): 359-377
- [10] Dikmen N. Sustainable Relocation in Rural Areas: An Investigation in Cukur Village, Turkey[J]. *European Journal of Sustainable Development*, 2018, 7(1), DOI:10.14207/ejsd.2018.v7n1p59
- [11] Tu Shuangshuang, Zheng Yuhua, Long Hualou, et al. Spatio-Temporal Pattern of Rural Development and Restructuring and Regional Path of Rural Vitalization in Guangxi, China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(2): 365-381(屠爽爽, 郑瑜晗, 龙花楼, 等. 乡村发展与重构格局特征及振兴路径: 以广西为例[J]. 地理学报, 2020, 75(2): 365-381)
- [12] Tu Shuangshuang, Long Hualou, Zhang Yingnan, et al. Process and Driving Factors of Rural Restructuring in Typical Villages[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(2): 323-339(屠爽爽, 龙花楼, 张英男, 等. 典型村域乡村重构的过程及其驱动因素[J]. 地理学报, 2019, 74(2): 323-339)
- [13] Wang Cheng, Fei Zhihui, Ye Qinli, et al. Rural Settlement Space Reconstruction Strategy and Implementation Based on Symbiosis Theory on Village Scale[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(3): 205-214(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)
- [14] Zou Yafeng, Liu Yaolin, Kong Xuesong, et al. Optimization of Rural Residential Land Based on Weighted-Voronoi Diagram[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2012, 37(5): 560-563(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)
- [15] Taylor P J. Specification of the World City Network[J]. *Geographical Analysis*, 2010, 33(2): 181-194
- [16] Zhu Pengcheng, Cao Weidong, Zhang Yu, et al. Measurement of Urban Spatial Network and Its Hinterland Division in the Yangtze River Delta from the Perspective of Population Flow[J]. *Economic Geography*, 2019, 39(11): 41-48(朱鹏程, 曹卫东, 张宇, 等. 人口流动视角下长三角城市空间网络测度及其腹地划分[J]. 经济地理, 2019, 39(11): 41-48)
- [17] Tian Y, Kong X, Liu Y. Combining Weighted Daily Life Circles and Land Suitability for Rural Settlement Reconstruction[J]. *Habitat International*, 2018, 76, DOI:10.1016/j.habitatint.2018.05.005
- [18] Guo Yuanzhi, Zhou Yang, Liu Yansui. Spatial-Temporal Evolution of Rural Population Outflow and Its Mechanism in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(1): 50-59(郭远智, 周扬, 刘彦随. 中国农村人口外流的时空演化及其驱动机制[J]. 地理科学, 2020, 40(1): 50-59)
- [19] Li Yurui, Cao Zhi, Long Hualou. Developing Rural Science and Promoting Rural Vitalization: An Overview of the Second Forum on Rural Vitalization and Rural Science[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(7): 1482-1486(李裕瑞, 曹智, 龙花楼. 发展乡村科学, 助力乡村振兴: 第二届乡村振兴与乡村科学论坛综述[J]. 地理学报, 2019, 74(7): 1482-1486)
- [20] Huang An, Xu Yueqing, Liu Chao, et al. Evaluation on Livability of Living Space Based on Multiple Functions of Land Use at County Level[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(8): 252-261(黄安, 许月卿, 刘超, 等. 基于土地利用多功能性的县域乡村生活空间宜居性评价[J]. 农业工程学报, 2018, 34(8): 252-261)
- [21] Li Bo, Luo Yunzhong, Xie Deti, et al. Reconstruction Strategy of Rural Settlement in the Western Sichuan Plain: Based on Livability Evaluation[J]. *Resource Development and Market*, 2020, 36(8): 815-822(李波, 骆云中, 谢德体, 等. 川西平原乡村聚落重构策略: 基于宜居性评价[J]. 资源开发与市场, 2020, 36(8): 815-822)
- [22] Liu Yaolin, Fang Feiguo, Wang Yiheng. Characteristics and Formation Mechanism of Intra-Urban Employment Flows Based on Mobile Phone Data: Taking Wuhan City as an Example[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2018, 43(12): 2212-2224(刘耀林, 方飞国, 王一恒. 基于手机数据的城市内部就业人口流动特征及形成机制分析——以武汉市为例[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2018, 43(12): 2212-2224)
- [23] Gu Kangkang, Zhu Pengxiang, Chen Xiaohua, et al. The Research on Space-Time Path of Rural Population Migration and Settlement Intention of Some Villages in Province[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2018, 39(11): 148-154(顾康康, 朱鹏祥, 陈晓华, 等. 安徽省若干村落农村人口流动时空路径及定居意愿分析[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(11): 148-154)
- [24] Liu Peilin, Liao Liuwen, Liu Chunla. Urban Resi-

- dential Amenity Index and Its Composition Factors: The Case of Changsha County in Hunan Province [J]. *Progress in Geography*, 2013, 32(5): 769-776 (刘沛林, 廖柳文, 刘春腊. 城镇人居环境舒适指数及其组合因子研究: 以湖南省长沙县为例[J]. 地理科学进展, 2013, 32(5): 769-776)
- [25] Bo Zhongqiang, Wang Juanle, Yang Fei. Research Progress in Spatialization of Population Data [J]. *Progress in Geography*, 2013, 32(11): 1 692-1 702 (柏中强, 王卷乐, 杨飞. 人口数据空间化研究综述 [J]. 地理科学进展, 2013, 32(11): 1 692-1 702)
- [26] Zhao Ziyu, Wei Ye, Yang Ran, et al. Gravity Model Coefficient Calibration and Error Estimation: Based on Chinese Interprovincial Population Flow [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(2): 203-221 (赵梓渝, 魏冶, 杨冉, 等. 中国人口省际流动重力模型参数标定与误差估算[J]. 地理学报, 2019, 74(2): 203-221)

Reconstruction of Rural Settlement Based on the Characteristics of Livability and Population Flow Network

HE Jianhua¹ QIN Rongnuo¹ DING Su² LI Jiang³ YUE Qiaobing¹

¹ School of Resources and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

² College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China

³ Information Center, Department of Natural Resources of Hubei Province, Wuhan 430071, China

Abstract: Objectives: The spatial optimization and reconstruction of rural settlement is one of the important content of promoting rural revitalization. Through livability and population flow analysis, to scientifically reconstruct rural settlement and optimize spatial allocation. **Methods:** Starting with the basic needs of life, this paper takes Ezhou City as study area, builds a livability evaluation index system and evaluates the livability level of Ezhou City. We construct rural-urban population flow network through network analysis method and find the pattern of rural population flow, and integrate the combined characteristics of livability and the intensity of population flow to reconstruct rural settlement. **Results:** The experimental results show that: (1) Overall, the livability of Ezhou City is relatively high. There is a small gap in survival guarantee function, while there are large gaps in life service function and life improvement function. (2) The population flows according to the priority order of the main urban area, the subordinate towns, and nearby advantageous towns. The radiation range of town is limited, and the existing point-axis structure cannot function well. It is urgent to develop central villages, general villages and basic villages to form a complete rural structure to drive region-wide development. (3) Based on the livability and the intensity of population flow, rural settlements are divided into the type of relocation and demolition, the type of suburban integration and the type of agglomeration promotion (central village, general village and basic village). **Conclusions:** The results facilitate to reshape the core of rural and complete the rural structure to promote the optimal allocation of resources. This paper will provide a decision-making basis for the reconstruction of rural settlement where population flows rapidly.

Key words: population flow; livability; rural settlement; spatial reconstruction; Ezhou City

First author: HE Jianhua, PhD, professor, specializes in urban network modeling and analysis, spatial optimization. E-mail: hjianh@whu.edu.cn

Corresponding author: QIN Rongnuo, postgraduate. E-mail: 1425737424@qq.com

Foundation support: Research on Natural Resources Command and Supervision System in Hubei Province (ZRZY2020KJ12).

引文格式: HE Jianhua, QIN Rongnuo, DING Su, et al. Reconstruction of Rural Settlement Based on the Characteristics of Livability and Population Flow Network [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2021, 46(3): 402-409. DOI: 10.13203/j.whugis.20200489 (何建华, 覃荣诺, 丁隽, 等. 基于乡村宜居性和人口流动网络特征的农村居民点重构[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2021, 46(3): 402-409. DOI: 10.13203/j.whugis.20200489)