

谢智敏, 甄峰. 基于多源数据的南京市域城乡融合水平测度研究 [J]. 地理科学, 2023, 43(1): 1-10. [Xie Zhimin, Zhen Feng. Measuring urban-rural integration level in Nanjing based on multi-source data. Scientia Geographica Sinica, 2023, 43(1): 1-10.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2023.01.001

基于多源数据的南京市域城乡融合水平测度研究

谢智敏^{1,2}, 甄峰^{2,3}

(1. 香港中文大学地理与资源管理学系, 香港 999077; 2. 南京大学建筑与城市规划学院, 江苏 南京 210093;
3. 南京大学江苏省智慧城市设计仿真与可视化技术工程实验室, 江苏 南京 210093)

摘要: 以特大城市南京市作为实证分析对象, 通过耦合协调度和二分 K 均值聚类算法进行量化评价, 利用多源数据创新市域城乡融合水平测度的思路与方法, 探索性构建由城镇化发展水平、土地集约利用水平、设施均等化水平与城乡联系水平四大子系统所组成的评价指标体系。分析结果表明: ① 南京市域城乡融合系统耦合协调度的空间分布呈现出圈层扩散与点轴扩散并存的蛛网结构; ② 各子系统发展水平的分布特征具有一定差异, 其中土地粗放利用与设施建设短板是制约发展协调地区进一步提升的关键因素, 发展失调地区多受限于交通区位, 城乡联系较为薄弱, 因而发展动力不足。③ 各项指标发展水平的聚类特征明显, 呈现出城市、城市边缘、小城镇、乡村 4 级 9 类的城乡融合单元。其中城市边缘地区细分为边缘新城、郊区副城、郊野公园 3 类单元, 乡村地区则包括城市辐射型、观光休闲型、人口聚居型与偏远独立型 4 类。

关键词: 多源数据; 大城市地区; 城乡融合水平; 耦合协调度; 二分 K 均值聚类

中图分类号: F291.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2023)01-0001-10

伴随着城市空间的快速发展与蔓延, 乡村地域空间格局不断重构, 城乡界限趋于模糊^[1-3], 在国家新型城镇化与乡村振兴战略要求下, 如何实现城乡融合发展成为当下中国社会的焦点话题之一^[4-5]。2019 年国务院正式出台《关于建立健全城乡融合发展体制机制和政策体系的意见》, 将促进城乡要素自由流动、平等交换和公共资源合理配置明确为城乡融合的核心内涵, 并要求经济发达地区、都市圈和城市郊区应在体制机制改革上率先取得突破。而高度城镇化的大城市地区正是国家推进城乡融合发展的重要试验地, 亟待更多维度的城乡融合评价与实践以支撑科学决策。

城乡融合水平测度及其空间格局分析的相关研究持续地成为地理学界关注的焦点。当前研究主要集中在两个方面: ① 基于静态空间面板数据的区域城乡融合水平测度, 其指标选取往往涵盖城乡空间、社会、经济、生态、设施等多维度, 以国家^[6]、省域^[7]和城市群^[8]等为主要分析对象, 对地级市或

县域单元内部城乡发展差距与整体水平进行测度, 评价方法主要包括层次分析法^[9]、主成分分析法^[10]、灰色关联^[11]、耦合协调度模型^[12]等, 在评价结果基础上通过探索性空间数据分析、空间自回归模型与地理探测器模型等方法进一步探讨城乡融合空间格局与影响因素^[13-15]。② 综合要素流动与相互作用的市(县)域城乡融合评价探索, 多以城市周边的边缘区和乡镇等为研究对象, 通过其自身发展水平以及与城市多方面要素的联系来进行综合评价^[16]。McGee 在亚洲大都市研究中提出的“desakota”模式^[17]全面催生了城乡间的联系和相互作用等方面的研究, 以重力模型模拟^[18]、人流联系^[19]以及交通联系^[20]等为表征的城乡联系指数在城乡融合评价中也不断涌现。伴随着夜间灯光数据、POI 数据与手机信令数据的出现, 多源数据在市域城乡融合研究中的应用逐渐展开^[21-23], 刘春芳等指出利用多源数据对城乡人口、土地、生态等要素进行流动性的刻画与评价十分重要^[24]。总体而言, 大数据的出现

收稿日期: 2021-03-10; 修订日期: 2021-11-15

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(20AZD040)资助。[Foundation: National Social Science Fund of China (20AZD040).]

作者简介: 谢智敏(1997—), 男, 福建莆田人, 博士研究生, 主要从事时空大数据分析与城市规划研究。E-mail: 779817904@qq.com

通讯作者: 甄峰。E-mail: zhenfeng@nju.edu.cn

将促进研究方法由传统单一数据向多源数据转变,也能够为城乡发展评估带来新的思维模式和技术手段^[25]。

综上,城乡融合水平测度方面研究已经形成较为完善的理论方法体系,但仍存在 3 个方面的不足。①囿于传统统计数据的精度限制,对中微观层面城乡发展水平分布梯度的深入研究较少,故对市(县)域层面城乡规划编制工作指导意义不足^[26]。②大数据技术的应用不足,特别是对城乡空间人的日常动态联系关注还相对较少^[27]。③研究结论往往偏向单一的评分量表而缺乏因地制宜的类型推导,无法支撑更加精细化特色化的城乡融合发展策略。基于此,本文探索性利用多源数据创新市域城乡融合水平测度的思路与方法,统筹考虑城乡联系水平与城镇化、土地、设施等发展水平,通过耦合协调度模型与聚类模型综合分析水平高低与发展类型,并以特大城市南京市作为实证分析对象,以期对未来国内大都市郊区城乡融合发展的空间模式提供相应建议与参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区域

南京市位于中国东部沿海的长三角区域,第七次全国人口普查显示南京市常住人口为 931 万人,其中城区人口 791 万人(<http://finance.people.com.cn/n1/2021/0923/c1004-32234160.html>),属于典型的特大城市。根据南京市规划和自然资源局(<http://ghj.nanjing.gov.cn/>)最新颁布的南京市国土空间总体规划(2021—2035 年)草案,南京市未来将

构建“1 个中心城区(江南主城、江北新主城)、3 个副城、9 个新城、29 个新市镇和若干新社区”的市域城镇体系。目前,南京市正处于城乡融合发展关键阶段,在市域层面表现出明显的主城-郊区、城-乡二元结构,其中远郊-近郊、江南-江北的发展差异明显,“人地矛盾”突出,土地低效利用给都市长期可持续发展构成较大威胁^[28]。为进一步聚焦在南京市域兼具城乡二元属性的地域空间,将江南主城绕城路以内的城市核心区域(下文简称为主城区)剔除,进而得到本文的研究区域,并以其中的 64 个乡镇街道作为研究单元,研究区域内研究单元、三类空间、道路交通和人口分布的基本概况如图 1 所示。

1.2 数据来源

文章基于研究范围提取 2019 年份多源数据,其中生产(农业)、生活(建设)、生态 3 类空间数据为南京市测绘局官方提供的地理国情数据(<http://ghj.nanjing.gov.cn/ztzl/chgl/>)。高德地图兴趣点(POI)数据(<https://lbs.amap.com/api/web-service/guide/api/search>)通过 Python 进行爬取,通过类别以及名称筛选得到小学 534 个,中学 288 个,市区级医院 546 个,社区卫生服务设施 592 个,超市便利店 2 573 个,公共厕所 4 414 个。企业数据通过企查查网站(<https://www.qcc.com/web/search/advance>)下载并筛选出现状存续的企业,总计 696 506 个。道路交通矢量数据来自 OpenStreetMap 网站(<https://www.openstreetmap.org/>),交通换乘时间数据来自百度路线规划(<https://lbsyun.baidu.com/index.php?title=webapi/direction-api-v2>)。夜间灯光数据则来自华东师范大学 GIS 开发与城市遥

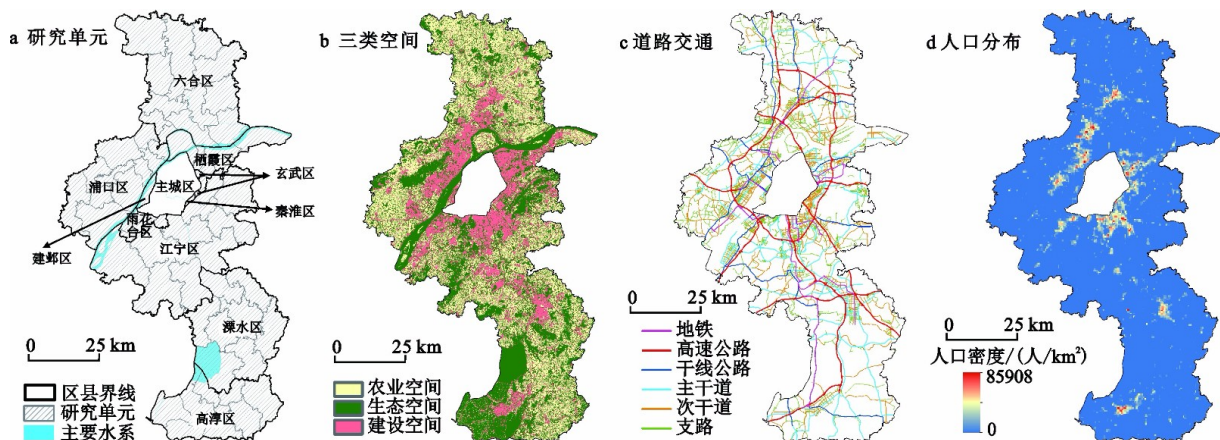


图 1 2019 年研究区域概况

Fig.1 Overview of the study area in 2019

感团队发布的降噪处理后的开源数据^[29]。手机信令数据为 2019 年 6 月 1 日—30 日全月南京市联通用户的出行活动数据, 基于 SQL 语句在联通智慧足迹平台上进行清理筛选, 将用户白天最长驻留时长的地点确定为就业地, 夜间最长驻留时长的地点确定为居住地, 休息日期间非居住地和工作地的地点则视为休闲地, 从而能够筛选出通勤出行起讫点(OD)、休闲出行 OD 与人口驻留数据等, 最终得到 20 个工作日通勤出行人流量 1.92 亿人次, 10 个休息日休闲出行人流量 2.31 亿人次, 全景居住人口数量 996.40 万人。在此基础上通过 Python 与 GIS 等工具将各类数据连接到研究单元进一步汇总处理, 以便于后续相应的数理统计和空间可视化分析。

1.3 研究方法

1.3.1 评价指标体系构建

文章利用多源数据分析手段选取 18 个相应的指标, 分别对应城镇化发展水平、土地集约利用水平、设施均等化水平与城乡联系水平 4 个子系统, 各子系统的选取原因如下: ① 城镇化的过程会带来要素的集聚, 促进经济效率的提升与产业结构的转型, 国际历史经验表明不同的城镇化发展阶段与社会现代化进程相互对应, 未来中国城镇化水平依然处于稳步上升阶段, 高水平的城镇化是实现城乡融合的根本动力。② 在国土空间规划改革与生态文明发展理念背景下, 优化三生空间布局, 促进土地集约利用则是城乡融合的基础载体。③ 基础设施的均等化布局关乎社会公平与城乡日常生产、生活的稳定运行, 既是城乡融合的基本保障, 也是政府推进城乡融合工作的重要抓手。④ 新时期城乡间居民的往返流动日益加快、产业协作愈发紧密, 城乡间基于人与产业的联系协作也成为城乡融合的重要表征。因此, 相比于传统静态的以年鉴统计为主的数据, 大数据在精度、覆盖面、时效性方面具有显著的优势, 并且能够相对真实地测度城乡间的日常联系水平(表 1)。需要特别说明的是: ① 景观破碎度指数与景观集聚度在 Fragstats 软件中进行计算。② 设施服务的相关指标参照城市 15 min 生活圈的相关概念内涵, 进一步考虑了乡村地区的特点, 将服务半径进行相应扩展。③ 城乡联系水平主要通过测算主城区与外围乡镇街道之间居民交通换乘时间、通勤、休闲人次数、总部-分支企业数量等 4 个方面来表征。其中交通成本将研究单元切割成 500 m×500 m 的

网格, 通过百度路线规划获取交通换乘时间, 利用手机信令居住人口数量进行加权, 最后汇总得到研究单元的平均水平, 具体公式如表 1 所示, 人流根据手机信令出行 OD 数据获取, 企业流则根据聂春祺等^[30]的文本分析方法筛选出满足总部-分支对应关系的企业数量。

1.3.2 均方差决策法

文章采用极差标准化法对各子系统中的指标进行无量纲处理, 需要特别指出的是, 由于居民日常出行的流量高低差异过大具有无标度特征, 为便于研究单元间的横向对比, 对变量先取对数之后再进行处理, 最后选择均方差决策法确定各项指标权重。均方差决策法基于信息熵原理, 具有一定的客观性优势^[31], 即通过信息熵反映指标的不确定性或变异程度, 指标的变异程度越大, 提供的信息量越大, 其权重也应越大, 反之亦然。

1.3.3 耦合协调度模型

耦合协调度模型是最为常见的多系统协调发展水平评价模型之一, 通过系统间的耦合度以及综合发展水平两个指标进行综合计算求得, 具体计算方式参见文献[12,32]。

借鉴已有研究^[12,32]确定耦合协调度如下判断标准: 0~0.20 为严重失调, 0.20~0.35 为轻度失调, 0.35~0.50 为基本协调, 0.50~0.80 为中度协调, 0.80~1.00 为高度协调。

1.3.4 二分 K 均值聚类

聚类分析根据数据的分布情况将相似的数据组合在一起, 有助于对大量数据进行降维分析, 从而发现单元的主要特征。相关研究一般采用层次聚类和 K 均值聚类法, 相比于层次聚类法, K 均值聚类法需要预先确定划分的组数, 其结果不同数据组合中的样本数量差异相对较小, 但无法进一步分析各组合间的层级关系。二分 K 均值聚类法^[33]则融合了上述两种方法的原理, 通过不断的二分迭代过程使各组合间的层级关系能够被解释。文章选择该方法对评价指标进行聚类分析, 根据划分结果的各类指标平均值与空间分布情况对各组合进行分类, 直至进一步细分的意义不大为止^[34], 最终划分出合适的城乡融合单元。

2 城乡融合系统耦合协调水平分析

2.1 总体耦合协调度空间分布

研究范围内城乡融合系统耦合协调度均值为

表 1 城乡融合水平测度指标体系

Table 1 Measurement index system of urban-rural integration level

子系统	评估目标	指标项	计算方法	数据来源	权重	
城镇化发展水平	城镇化率	常住人口城镇化率/%	城镇开发边界内居住人口/ 总居住人口	①	0.34	
	产业发展	三产企业密度/(个/km ²)	三产企业数量/总面积	①	0.23	
	经济密度	人口密度/(人/km ²)	居住人口/总面积	①	0.17	
		夜间灯光指数	夜间灯光指数和/总面积	①	0.27	
土地集约利用水平	建设用地利用效率	人均建设用地/m ²	建设用地面积/总人口	②	0.23	
	三类空间破碎度	景观破碎度指数	景观斑块总数/景观面积	②	0.33	
	三类空间集聚度	景观集聚度	1-复杂性指数/复杂性指数 最大可能值	②	0.38	
设施均等化水平	教育设施服务水平	小学步行15 min覆盖率/%	1 000 m缓冲区内居住人口/ 总居住人口	③	0.14	
		中学步行30 min覆盖率/%	2000 m缓冲区内居住人口/ 总居住人口	③	0.15	
	医疗卫生设施服务水平	市区级医院5 km覆盖率/%	5 000 m缓冲区内居住人口/ 总居住人口	③	0.17	
		社区卫生服务设施步行 15 min覆盖率/%	1 000 m缓冲区内居住人口/ 总居住人口	③	0.12	
	商业设施服务水平	超市/便利店步行15 min 覆盖率/%	1 000 m缓冲区内居住人口/ 总居住人口	③	0.14	
	公用设施服务水平	公共厕所步行15 min 覆盖率/%	1 000 m缓冲区内居住人口/ 总居住人口	③	0.16	
	道路交通设施服务水平	道路密度/(km/km ²)	道路总长度/总面积	③	0.13	
	城乡联系水平	交通成本	交通换乘时间/h	$T_i = \frac{\sum_{n=1}^n A_i^n r_i^n}{\sum_{n=1}^n A_i^n}$ 将单元 <i>i</i> 分成 <i>n</i> 个500 m网格, <i>A_iⁿ</i> 为单元 <i>i</i> 的第 <i>n</i> 个网格的 居住人口数量, <i>r_iⁿ</i> 为单元 <i>i</i> 第 <i>n</i> 个网格到新街口市中心的 交通换乘时间	④	0.24
		人口流动	通勤人流联系强度/ (人次/ km ²)	流入主城区通勤 人口/总面积	⑤	0.29
			休闲人流联系强度/ (人次/ km ²)	主城区流入休闲 人口/总面积	⑤	0.25
	企业投资	总部-分支联系强度/ (个/ km ²)	主城区分支企业的数量/总 面积	⑤	0.21	

注:① 南京市总体规划(2018—2035)、手机信令居住人口数据;② 南京市测绘局地理国情数据、手机信令居住人口数据;③ 百度POI数据、OpenStreetMap数据;④ 百度路线规划数据;⑤ 手机信令出行数据、企查查企业数据。

0.52, 系统整体处于基本协调状态, 具有较大的发展潜力。如图 2a 所示, 总体上高耦合协调度地区与主城区关系紧密, 在空间上呈现出由主城区向外围圈层递减的趋势, 并且具有明显的点轴扩散效应, 形成了一条由高速公路及轨道交通串联形成的南北城乡融合发展带。其中高度协调地区形成了 3 个中心, 分别位于浦口区的泰山街道与大厂街道、栖霞区的尧化街道与仙林街道、江宁区的东山街道与秣陵街道。中度协调地区则呈现出“一环一带一点”的特征, 其中“一环”为绕城高速环路沿线地区;“一带”沿宁

宣高速以及轨道交通 S1 号线和 S7 号线分布, 自主城区向南延伸直至溧水区的永阳街道;“一点”为高淳区的淳溪街道与古柏街道, 处于地铁 S9 号线站点的服务区域。基本协调地区主要分布在南京都市区的边缘地区, 承接了主城区外溢的资源要素。轻度失调地区主要位于浦口区西侧、六合区北侧以及溧水区的东西两侧地区, 溧水区南侧与高淳区的大部分地区处于严重失调地区, 从而导致溧水区与高淳区之间无法建立起紧密互动的发展关系, 因而南北城乡融合发展带未能形成连续的界面, 这也是阻

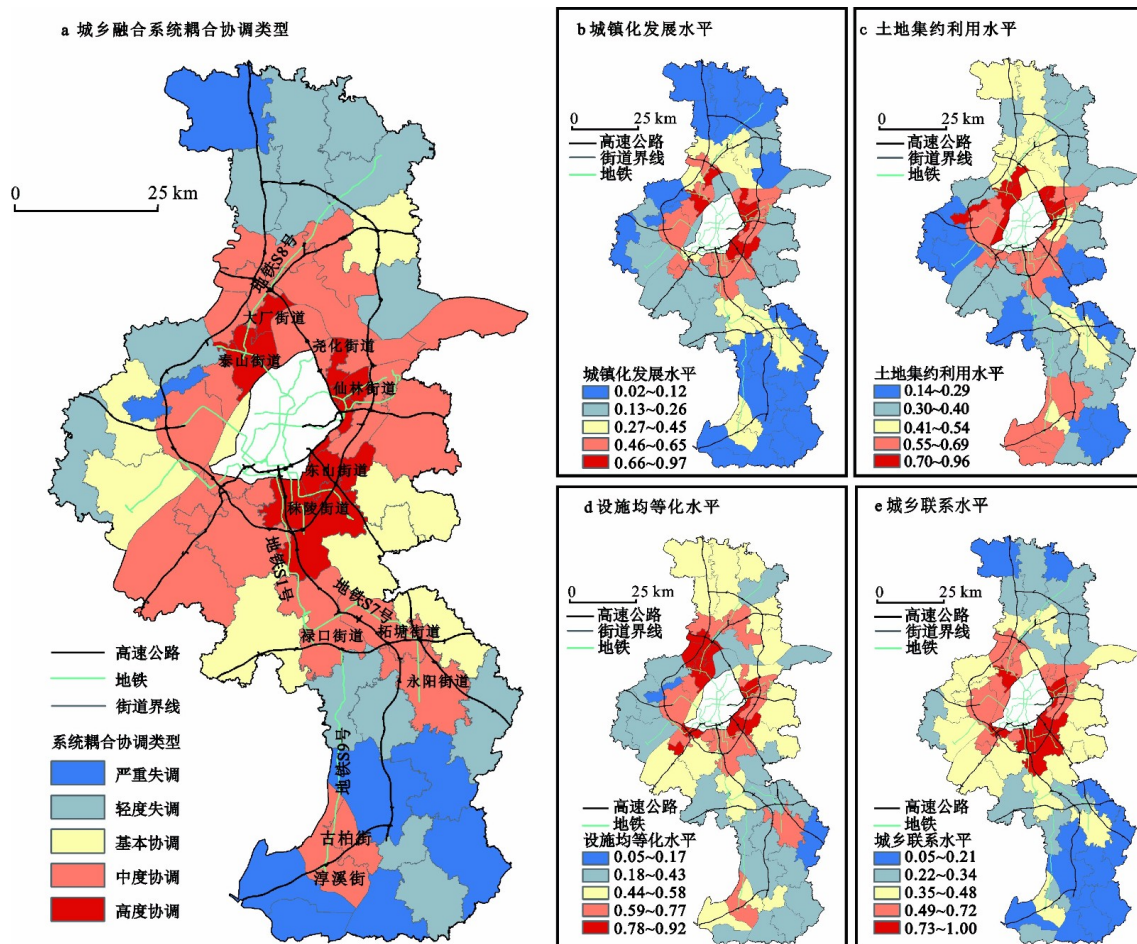


图2 2019年南京市城乡融合系统耦合协调类型与子系统发展水平分布

Fig.2 Coupling coordination types and sub-system development level of urban-rural integration system in Nanjing in 2019

碍南京市城乡融合发展的重要症结所在。

2.2 各子系统发展水平空间分布与集聚特征

从各子系统的基本统计特征来看,设施均等化水平的平均值最高,城镇化发展水平具有最低的平均值与最高的标准差,单元内部发展差异较大,土地集约利用水平标准差最低,数量分布更为均衡。此外,进一步对比分析各子系统综合发展水平的空间分布特征。如图2b所示,城镇化发展水平集聚于都市区内部,溧水区与高淳区仅有核心街道处于中高水平,其余地区均处于较低水平。在土地集约利用水平方面,高水平地区呈现出沿高速公路连续分布的带状特征(图2c),这在一定程度上说明高速公路对于土地资源的开发与集约利用具有十分积极的作用。设施均等化水平方面,空间南北分散化的特征较为明显(图2d),其 Moran's I 值为最低的 0.49,江宁区北部地区受到主城区的直接辐射作用,江北

新区与六合副城形成一条连续的设施发展走廊,从而有效带动六合区设施建设水平的整体提升,低水平地区则相对较少,主要分布在浦口区西侧与溧水区东侧。城乡联系水平方面,具有明显的空间集聚特征, Moran's I 值为最高的 0.92,高水平地区聚集在轨道交通沿线地区(图2e),主城区的辐射范围向南沿地铁 S1 和 S9 号线到达高淳区的淳溪街道,向北沿 S8 号线至六合区的大部分地区,而高淳区东侧、溧水区南侧以及六合区北侧地区还处于较低的城乡联系水平区间。

总体来看,在城乡融合系统发展协调地区中,江宁区禄口街道与溧水区永阳街道的土地集约利用水平不足,溧水区柘塘街道的设施均等化建设存在短板并且城乡联系水平有待提升;而在失调地区中,溧水区、高淳区与六合区北侧的城镇化发展与城乡联系子系统相对滞后于其他子系统,主城区对南北

两端的辐射效应不足,城乡空间要素的利用效率有待提升,浦口区西侧地区则处于相反的情况,亟待补齐基础设施和土地集约建设方面的短板,从而与主城区实现更高质量的跨江融合发展。

3 城乡融合单元聚类

各项评价指标经过二分 K 均值聚类后最终形成 4 级 9 类城乡融合单元,每类单元的数量相当,在 5~10 个之间,具体的聚类层级和指标水平如表 2 所示。根据指标发展水平的总体情况自上而下可以分为城市、城市边缘、小城镇与乡村 4 个层级,城市单元的各类指标水平明显优于其他地区,小城镇单元则整体上处于平均发展水平,这两者不再进行细分,城市边缘与乡村地区内部各项指标水平则明显存在非均衡分布的特点,其中城市边缘地区可以进一步细分为边缘新城、郊区副城和郊野公园,乡村地区则分成城市辐射、观光休闲、人口聚居、偏远独立型。

不同类型城乡融合单元的空间分布特征如图 3 所示。最高层级为城市单元,其城镇化率接近 100%,主要分布在江宁区东山副中心、栖霞区仙林大学城与浦口区大厂工业园等地区,从南、东、北 3 个方向与主城区形成融合发展的态势。第二层级归纳为城市边缘地区,其城镇化率在 85%~95% 之间,根据设施均等化水平的不同可分为两类地区。其中设施配置较差的地区界定为郊野公园单元,这些地区内部分布着栖霞山公园、将军山公园等郊野公园以及部分大型产业园区,兼具主城区企业投资与居民周末休闲活动的双重功能,在日常生活便利性方面则有待提升。设施配置较高的地区又根据城乡联系水平进行细分,其中高值地区为边缘新城单元,点状分布在主城区四周,大量在主城区就业的人口居住于此,并发展形成了相对完善的配套服务,是未来主城区向外扩展的新空间;而相对低值地区为郊区副城单元,主要为六合副城、溧水副城与高淳副城,与主城区空间距离较远,但是依靠完善的道

表 2 南京市城乡融合水平测度指标的聚类分布情况

Table 2 Cluster distribution of urban-rural integration level measurement index in Nanjing

子系统	评价指标	聚类层级								
		融入城市					乡村			
		城市	设施配置较好		设施配置较差	小城镇	设施配置较差	设施配置较好		
			边缘新城	郊区副城				土地集约	土地粗放	
城镇化发展水平	常住人口城镇化率/%	99.13	90.85	85.17	94.63	49.27	26.41	13.85	24.82	20.20
	三产企业密度/(个/km ²)	238.03	78.52	38.91	75.70	30.42	38.24	6.25	7.26	5.32
	人口密度/(人/km ²)	6253.37	2552.10	1651.72	2146.61	510.05	155.24	227.67	293.58	215.43
	夜间灯光指数	82.05	61.76	30.07	63.10	30.03	11.88	2.46	9.96	2.66
土地集约利用水平	景观破碎度	0.19	0.27	0.34	0.17	0.28	0.39	0.35	0.41	0.44
	景观集聚度	47.08	28.69	24.41	42.01	26.00	23.03	40.48	23.39	25.38
	人均建设用地/m ²	122.86	210.12	189.38	267.73	661.71	1086.88	506.06	544.68	562.48
设施均等化水平	中学步行30 min覆盖率/%	89.64	86.06	77.47	59.06	39.50	34.99	42.46	51.52	38.26
	小学步行15 min覆盖率/%	60.31	55.35	56.21	37.15	29.01	28.31	34.01	28.26	35.26
	超市便利店步行15 min覆盖率/%	96.21	85.25	84.26	76.08	47.64	42.16	32.34	53.02	41.42
	市区级医院5 km覆盖率/%	99.82	99.37	97.11	99.89	82.05	14.48	48.40	82.76	80.95
	社区卫生服务设施步行15 min覆盖率/%	65.32	63.00	48.42	28.14	32.65	34.75	37.11	32.62	33.41
	公共厕所步行15 min覆盖率/%	96.25	90.94	92.38	80.05	67.25	46.43	73.66	60.37	55.27
城乡联系水平	道路密度/(km/km ²)	7.49	5.43	2.62	4.87	2.41	1.33	1.08	1.40	0.74
	交通时间成本/h	1.14	1.20	1.90	1.37	1.97	2.17	2.92	2.08	3.20
	总部分支企业密度/(个/km ²)	1.93	0.67	0.64	0.70	0.18	0.09	0.08	0.05	0.09
	通勤人流联系强度/(千人次/km ²)	90.12	41.87	3.67	35.183	5.45	1.08	0.11	0.33	0.61
	休闲人流联系强度/(千人次/km ²)	285.31	68.18	12.08	99.49	21.26	5.47	2.83	2.63	1.62

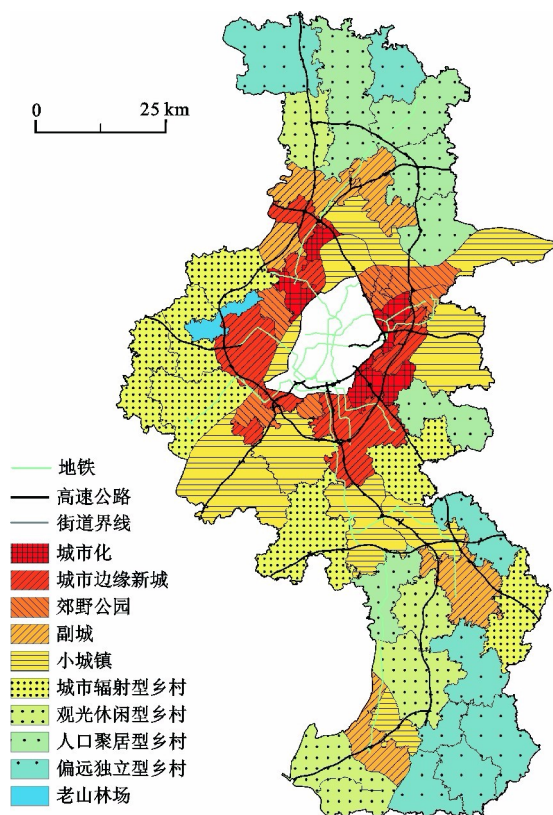


图3 南京市城乡融合单元划分

Fig.3 Division of urban-rural integration units in Nanjing

路交通设施与主城区形成紧密的依附关系,发展成为具有一定独立性和完善配套服务的地区性发展副中心。第三层级为小城镇单元,城镇化率接近 50%,处于快速城镇化阶段,相比于乡村地区具有较高的夜间灯光密度、人口密度以及城乡联系水平,内部分布有禄口机场、经济开发区、大型化工企业等功能单元,是主城区向南北都市边缘地区辐射的重要楔形廊道,但是在第三产业发展方面较为薄弱,缺乏高质量的服务业经济,这也是未来该地区城乡融合发展需要着力提升的方面。第四层级整体为乡村地区,城镇化率低于 25%,其中设施配置较差的地区被分离出来,界定为城市辐射型乡村单元,主要分布在南京都市区西侧与南侧边缘地区,由于区位优势在城乡联系方面具有显著的优势,并且夜间灯光密度、三产企业密度较高,经济发展和产业结构更具活力,但是土地集约利用水平、设施均等化水平均较为落后。而设施配置较好的乡村地区根据土地集约利用水平又可分成两类,其中休闲服务型乡村单元分布在市域南侧的固城湖、石臼湖风景区以及北侧的池杉湖湿地公园景区周边,虽然远离主城

区且整体发展水平较低,但是具有较高的土地集约利用水平与城市休闲人口流入,具备发展壮大观光休闲等旅游服务业的潜力。在土地粗放型地区中,人口聚居型乡村单元连绵分布在六合区东侧地区,具有相对较高的城镇化率、人口密度和夜间灯光指数,土地整治带来的经济提升潜力较大,偏远独立型乡村单元以高淳区东侧与六合区北侧地区为主,地广人稀且交通可达性较差,是未来市域交通一体化建设的关键地区。

4 结论与讨论

4.1 结论

传统城乡融合水平测度在市县级行政单元内部较少涉及,因而缺乏更加精细化的城乡关系认知,对于大城市地区而言,其内部中心城区与郊区的空间发展模式也亟待进一步解析。因此,文章基于多源数据手段探索性构建由城镇化发展水平、国土空间开发水平、设施均等化水平与城乡联系水平四大子系统所组成的市域城乡融合水平评价指标体系,通过耦合协调度模型分析各系统间的耦合协调发展情况,明晰城乡融合的总空间格局,利用二分 K 均值聚类进一步划分城乡融合单元,从而针对性指导不同城乡融合单元的发展策略,并以处于城乡融合关键阶段的特大城市南京市作为典型对象进行深入的实证分析,主要得到以下结论。

① 南京市域城乡融合系统耦合协调度呈现出圈层扩散与点轴扩散并存的蛛网结构,并且随着与主城区时空距离的增加,高速公路、轨道交通作用不断加强,点轴扩散效应凸显,外围郊县已经形成了“一中心加一轴带”的空间格局特征。② 各子系统发展水平的数量分布与空间集聚特征具有一定差异,其中土地粗放利用与设施建设短板是制约城乡融合系统发展协调地区进一步提升的关键因素,城乡融合系统发展失调地区多受限于空间区位,城乡联系较为薄弱,因而发展动力不足。③ 各项评价指标发展水平空间聚类特征明显,在聚类分析结果之上通过指标水平差异与地域特征总结出不同的城乡融合单元,主要呈现出城市、城市边缘、小城镇与乡村四大层级。城市边缘地区细分为边缘新城、郊区副城与郊野公园 3 个子类型,乡村地区分为城市辐射型、观光休闲型、人口聚居型与偏远独立型 4 个子类型,不同类型单元具有各自的发展特点与问题,也对应着进一步提升的发展方向。

4.2 讨论

对比本文与前人研究发现:①囿于统计数据资料的限制,目前城乡融合发展研究中市县域层面的分析仍相对较少,借助多源数据手段可以在一定程度透视市县内部城乡空间发展的基本特征和相应规律,但存在对内在的社会经济特征描述不准的问题,较难实现如区域层面研究般的长时序分析,未来的深化研究需要遥感测绘、实地调研与问卷调查等相关数据的进一步补充,从而扩展完善指标体系并对各维度进行更加深入的影响机制分析;②对于中微观层面市县域的乡镇街镇单元而言,其城乡融合发展将更加注重如何协调、利用与中心城镇的联系,将城乡联系分析纳入乡镇街道城乡融合水平评价是十分必要的,目前的相关研究也呈现出了这样的趋势^[18-20],如何通过城乡联系的精细化分析支撑城乡融合战略实施仍有待进一步探索;③本文仅选取南京市作为实证研究对象,结论的推导仍有待进一步实证研究,未来可以针对不同的大城市地区以及大城市地区和小城市地区开展相应的对比研究,进而总结提出符合不同区域情况的城乡融合战略。

参考文献(References):

- [1] 龙花楼, 刘彦随, 张小林, 等. 农业地理与乡村发展研究新近进展[J]. 地理学报, 2014, 69(8): 1145-1158. [Long Hualou, Liu Yansui, Zhang Xiaolin et al. Recent progress in agricultural geography and rural development research. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(8): 1145-1158.]
- [2] 龙花楼. 论土地整治与乡村空间重构[J]. 地理学报, 2013, 68(8): 1019-1028. [Long Hualou. Land consolidation and rural spatial restructuring. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(8): 1019-1028.]
- [3] 余斌, 卢燕, 曾菊新, 等. 乡村生活空间研究进展及展望[J]. 地理科学, 2017, 37(3): 375-385. [Yu Bin, Lu Yan, Zeng Juxin et al. Progress and prospect on rural living space. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(3): 375-385.]
- [4] 叶超, 于洁. 迈向城乡融合: 新型城镇化与乡村振兴结合研究的关键与趋势[J]. 地理科学, 2020, 40(4): 528-534. [Ye Chao, Yu Jie. Towards rural-urban integration: Key issues and trends on linking new-type urbanization to rural revitalization. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(4): 528-534.]
- [5] 陈肖飞, 姚士谋, 张落成. 新型城镇化背景下中国城乡统筹的理论与实践问题[J]. 地理科学, 2016, 36(2): 188-195. [Chen Xiaofei, Yao Shimou, Zhang Luocheng. The theory and practice of urban-rural integration in China under the new urbanization. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(2): 188-195.]
- [6] 张立生. 基于市级尺度的中国城乡协调发展空间演化[J]. 地理科学, 2016, 36(8): 1165-1171. [Zhang Lisheng. Spatial evolution in China's urban-rural coordinated development: A case study based on urban scale data. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(8): 1165-1171.]
- [7] 陈修颖, 汤放华. 城乡一体化的空间分异及地域推进策略——广东省案例[J]. 经济地理, 2013, 33(12): 84-89. [Chen Xiuying, Tang Fanghua. The spatial differences of urban-rural integration and regional strategies in Guangdong province. *Economic Geography*, 2013, 33(12): 84-89.]
- [8] 谢守红, 周芳冰, 吴天灵, 等. 长江三角洲城乡融合发展评价与空间格局演化[J]. 城市发展研究, 2020, 27(3): 28-32. [Xie Shouhong, Zhou Fangbing, Wu Tianling et al. Evaluation and spatial pattern evolution of urban and rural integrated development in the Yangtze River Delta. *Urban Development Studies*, 2020, 27(3): 28-32.]
- [9] 曾磊, 雷军, 鲁奇. 中国城乡关联度评价指标体系构建及区域比较分析[J]. 地理研究, 2002(6): 763-771. [Zeng Lei, Lei Jun, Lu Qi. Construction of evaluating indicator system of urban-rural interaction and the comparative analysis of regional urban-rural correlative degree in China. *Geographical Research*, 2002(6): 763-771.]
- [10] 李志杰. 中国城乡一体化评价体系设计及实证分析——基于时间序列数据和截面数据的综合考察[J]. 经济与管理研究, 2009(12): 95-101. [Li Zhijie. Design and empirical analysis of Chinese urban-rural integration evaluation system——Based on a comprehensive investigation of time series data and cross-sectional data. *Research on Economics and Management*, 2009(12): 95-101.]
- [11] 王颖, 刘航, 陈晓红, 等. 城乡系统关联耦合的演化特征及地域类型划分——以东北三省为例[J]. 地理科学, 2020, 40(7): 1150-1159. [Wang Ying, Liu Hang, Chen Xiaohong et al. Evolution characteristics and division of regional types of correlation coupling of urban-rural systems: A case study of the three provinces of Northeast China. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(7): 1150-1159.]
- [12] 张海朋, 何仁伟, 李光勤, 等. 大都市区城乡融合系统耦合协调度时空演化及其影响因素——以环首都地区为例[J]. 经济地理, 2020, 40(11): 56-67. [Zhang Haipeng, He Renwei, Li Guangqin et al. Spatiotemporal evolution of coupling coordination degree of urban-rural integration system in metropolitan area and its influencing factors: Taking the capital region as an example. *Economic Geography*, 2020, 40(11): 56-67.]
- [13] 王艳飞, 刘彦随, 严斌, 等. 中国城乡协调发展格局特征及影响因素[J]. 地理科学, 2016, 36(1): 20-28. [Wang Yanfei, Liu Yansui, Yan Bin et al. Spatial patterns and influencing factors of urban-rural coordinated development in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(1): 20-28.]
- [14] 黄禹铭. 东北三省城乡协调发展格局及影响因素[J]. 地理科学, 2019, 39(8): 1302-1311. [Huang Yuming. Spatial pattern of urban-rural coordination development in Northeast China. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(8): 1302-1311.]
- [15] 马志飞, 宋伟轩, 王捷凯, 等. 长三角地区城乡融合发展水平、演

- 化及影响因素[J]. *自然资源学报*, 2022, 37(6): 1467-1480. [Ma Zhifei, Song Weixuan, Wang Jiekai et al. The development level, evolution and influencing factor of urban-rural integration in the Yangtze River Delta. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(6): 1467-1480.]
- [16] 修春亮, 许大明, 祝翔凌. 东北地区城乡一体化进程评估[J]. *地理科学*, 2004(3): 320-325. [Xiu Chunliang, Xu Daming, Zhu Xiangling. Evaluation of urban-rural integration course in Northeast China. *Scientia Geographica Sinica*, 2004(3): 320-325.]
- [17] McGee T G. The emergence of Desakota region in Asia: Expanding a hypothesis[M]//Ginsburg N et al. The extended metropolis: Settlement transition in Asia. Honolulu: University of Hawaii Press, 1991.
- [18] 杨昕, 贺贤华, 毛熙彦, 等. 基于城乡联系的农村居民点布局优化研究——以重庆市为例[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2016, 52(2): 336-344. [Yang Xin, He Xianhua, Mao Xiyan et al. Optimization of rural residential land from the urban-rural linkage perspective: A case study of Chongqing. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2016, 52(2): 336-344.]
- [19] 陈建滨, 高梦薇, 付洋, 等. 基于城乡融合理念的新型镇村发展路径研究——以成都城乡融合发展单元为例[J]. *城市规划*, 2020, 44(8): 120-128+136. [Chen Jianbin, Gao Mengwei, Fu Yang et al. Research on the new development path of towns and villages based on the concept of urban-rural integration: Taking Chengdu urban-rural integration unit as an example. *City Planning Review*, 2020, 44(8): 120-128+136.]
- [20] 李智, 张小林, 李红波, 等. 基于村域尺度的乡村性评价及乡村发展模式研究——以江苏省金坛市为例[J]. *地理科学*, 2017, 37(8): 1194-1202. [Li Zhi, Zhang Xiaolin, Li Hongbo et al. Research on rurality at village scale and rural development model: A case of Jintan City, Jiangsu Province. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(8): 1194-1202.]
- [21] 吴燕, 李红波. 大都市城乡融合区空间演进及内在关联性测度: 基于武汉市夜间灯光数据[J]. *地理科学进展*, 2020, 39(1): 13-23. [Wu Yan, Li Hongbo. Spatial change and correlations of desakota regions in a metropolitan area using NPP/VIIRS nighttime light data: A case study of Wuhan City. *Progress in Geography*, 2020, 39(1): 13-23.]
- [22] Tian Y, Qian J, Wang L. Village classification in metropolitan suburbs from the perspective of urban-rural integration and improvement strategies: A case study of Wuhan, central China[J]. *Land Use Policy*, 2021, 111: 105748.
- [23] 彭卉, 杜云艳, 易嘉伟, 等. 基于手机数据的北京市城市与近郊交互模式挖掘[J]. *地球信息科学学报*, 2019, 21(1): 97-106. [Peng Hui, Du Yunyan, Yi Jiawei et al. Mining urban-rural spatial interaction pattern from mobile data of Beijing. *Journal of Geo-information Science*, 2019, 21(1): 97-106.]
- [24] 刘春芳, 张志英. 从城乡一体化到城乡融合: 新型城乡关系的思考[J]. *地理科学*, 2018, 38(10): 1624-1633. [Liu Chunfang, Zhang Zhiying. From town-country integration to urban-rural integration: New thinking on the relationship between urban and rural areas. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(10): 1624-1633.]
- [25] 席广亮, 甄峰. 基于大数据的城市规划评估思路与方法探讨[J]. *城市规划学刊*, 2017(1): 56-62. [Xi Guangliang, Zhen Feng. Exploring the ideas and methods of urban planning evaluation based on big data. *Urban Planning Forum*, 2017(1): 56-62.]
- [26] 谢晖, 胡畔, 王兴平. 大都市边缘区城乡统筹发展水平评估——以南京市江宁区为例[J]. *城市发展研究*, 2010, 17(1): 66-71. [Xie Hui, Hu Pan, Wang Xingping. Evaluation of urban-rural harmonious development in metropolis fringe area: A case study of Jiangning, Nanjing City. *Urban Development Studies*, 2010, 17(1): 66-71.]
- [27] Woods M. Rural Geography: Blurring boundaries and making connections[J]. *Progress in Human Geography*, 2009, 33(6): 849-858.
- [28] 王耀南, 陶德凯. 城乡统筹下规划管理工作的改革与思考——以南京城乡统筹规划工作为例[J]. *江苏城市规划*, 2010(12): 4-9+41. [Wang Yaonan, Tao Dekai. Reform and thinking of planning and management work under the overall planning of urban and rural areas—Taking Nanjing urban and rural planning work as an example. *Jiangsu Urban Planning*, 2010(12): 4-9+41.]
- [29] Yang C, Yu B, Chen Z et al. A spatial-socioeconomic urban development status curve from NPP-VIIRS nighttime light data[J]. *Remote Sensing*, 2019, 11(20): 2398.
- [30] 聂春祺. 基于企业组织网络的泛长三角地区城市网络结构演变研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2018. [Nie Chunqi. Study on urban network spatial structure evolution of the Pan-Yangtze River Delta based on the corporate organization network. Shanghai: East China Normal University, 2018.]
- [31] 李婷婷, 龙花楼. 基于转型与协调视角的乡村发展分析——以山东省为例[J]. *地理科学进展*, 2014, 33(4): 531-541. [Li Tingting, Long Hualou. Rural development from viewpoints of transformation and coordination: A case in Shandong Province. *Progress in Geography*, 2014, 33(4): 531-541.]
- [32] 王少剑, 方创琳, 王洋. 京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度[J]. *生态学报*, 2015, 35(7): 2244-2254. [Wang Shaojian, Fang Chuanglin, Wang Yang. Quantitative investigation of the interactive coupling relationship between urbanization and eco-environment. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(7): 2244-2254.]
- [33] Li Y J, Chong S M. Parallel bisecting k-means with prediction clustering algorithm[J]. *The Journal of Supercomputing*, 2007, 39(1): 19-37.
- [34] 陆希刚, 王德, 庞磊. 半城市地区空间模式初探: 基于“六普”数据的上海市嘉定区案例研究[J]. *城市规划学刊*, 2020(6): 72-78. [Lu Xigang, Wang De, Pang Lei. A preliminary study of spatial patterns of the peri-urban area: A case study of Jiading District, Shanghai based on the 6th Population Census. *Urban Planning Forum*, 2020(6): 72-78.]

Measuring urban-rural integration level in Nanjing based on multi-source data

Xie Zhimin^{1,2}, Zhen Feng^{2,3}

(1. *Department of Geography and Resource Management, the Chinese University of Hong Kong, Hong Kong 999077, China;*
2. *School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu, China;* 3. *Provincial Engineering Laboratory of Smart City Design Simulation & Visualization, Nanjing 210093, Jiangsu, China*)

Abstract: The traditional urban-rural integration level measurement research is less involved inside the administrative units of cities and counties, leading to a lack of more refined cognition of urban-rural relations. For metropolis areas, the spatial development model of central urban areas and suburbs also needs to be further analyzed. This paper uses multi-source data to innovate the ideas and methods of measuring urban-rural integration level in metropolis, and construct an evaluation system composed of urban development level, land intensive level, facility equalization level and urban-rural connection level. Based on this, we carry out the quantitative evaluation by coupling coordination degree and bisecting K-means clustering algorithm, and the metropolis Nanjing is taken as the empirical analysis object. The results of analysis show that, firstly, the spatial distribution of the coupling coordination degree of the urban-rural integration system in Nanjing presents a cobweb structure with both circle diffusion and pole-axis diffusion type. Secondly, the distribution characteristics of the development level of each subsystem is different to some extent. Among them, the extensive use of land and the shortcomings of facility are the key factors restricting the further improvement of the coordinated development areas. The areas with unbalanced development are mostly limited by the traffic location and have relatively weak urban-rural connection, thus the development motivation is insufficient. Thirdly, the clustering characteristics of different indexes are obvious, showing four levels of urban area, urban fringe, small town and rural area and with nine types. The urban fringe level can be subdivided into three types: new town, suburb sub-city and countryside park, and the rural area level includes four types of villages: urban-radiated, sightseeing and leisure, densely populated, and remote and independent. The conclusions will provide a reference for the evaluation and spatial development strategies of urban-rural integration in metropolis.

Key words: multi-source data; metropolis; urban-rural integration level; coupling coordination degree; bisecting K-means clustering