

基于渗流模型的上海大都市区空间范围界定研究*

Study on the Spatial Extent of the Shanghai Metropolitan Area Based on the Percolation Model

黄建中 胡刚钰 沈尧 陈歌 王宇琛 张天然

HUANG Jianzhong, HU Gangyu, SHEN Yao, CHEN Ge, WANG Yuchen, ZHANG Tianran

摘 要 “大都市区”作为以大城市为核心,与周边邻近地区保持密切社会经济联系的城乡一体化区域,其空间范围的科学界定是研究其复杂社会经济联系及提升规划科学性的关键基础。研究突破传统以通勤率为单一指标的界定方法,基于渗流模型,结合多源时空大数据,构建多要素统一分析框架,识别并解析了上海大都市区的功能空间范围。提出“分层一体化”的动态认知框架,从基础设施、居住分布、经济强度与综合活动4个维度揭示上海与周边地区在不同功能维度上异步融合的复杂图景;实证刻画了上海大都市区“西北强、东南弱”的不对称空间拓展特征;通过多维叠加,量化识别出“核心区—稳固区—拓展区—动态区”的梯度圈层体系,明确了花桥、淀山湖等跨界融合核心节点以及金山区等功能断层,形成一体化“多维诊断地图”。研究验证了渗流模型方法在多维数据协同与空间结构识别中的有效性和稳定性,为上海大都市区的差异化空间治理与精细化的跨界协同政策制定提供直接、科学的决策依据。

Abstract As an integrated urban-rural region centered on a major city and characterized by close socioeconomic ties with its surrounding areas, the scientific delineation of a metropolitan area's spatial extent serves as a critical foundation for understanding its complex socioeconomic linkages and enhancing the rigor of spatial planning. Moving beyond the traditional approach that relies solely on commuting rates as a single defining metric, this study constructs a unified multi-factor analytical framework based on the percolation model and integrates multi-source spatiotemporal big data to identify and analyze the functional spatial scope of the Shanghai Metropolitan Area. The research proposes a “layered integration” dynamic conceptual framework, revealing through four dimensions—infrastructure, residential distribution, economic intensity, and comprehensive activity—the complex landscape of asynchronous functional integration between Shanghai and its neighboring regions. It empirically delineates the asymmetrical spatial expansion of the Shanghai Metropolitan Area, characterized by a “strong northwest, weak southeast” pattern. Through multi-dimensional overlay analysis, a gradient zonal system of “Core Zone, Stable Zone, Expansion Zone, and Dynamic Zone” is quantitatively identified. This clarifies key cross-border integration nodes such as Huaqiao and Dianshan Lake, as well as functional disconnects like the Jinshan District, thereby forming a “multi-dimensional diagnostic map” of regional integration. The study validates the effectiveness and robustness of the percolation model approach in coordinating multi-dimensional data and identifying spatial structures. Furthermore, it provides a direct and scientifically grounded basis for decision-making in differentiated spatial governance and the formulation of refined cross-border collaborative policies for the Shanghai Metropolitan Area.

关键词 大都市区;渗流模型;空间范围;多源数据;上海

Key words metropolitan area; percolation model; spatial extent; multi-source data; Shanghai

文章编号 1673-8985 (2026) 03-0076-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. sup. 20260311

作者简介

黄建中

同济大学建筑与城市规划学院 教授, 博导

胡刚钰 (通信作者)

上海大学上海城市更新与可持续发展研究院

助理研究员, 博士, hugangyu1991@shu.edu.cn

沈尧

同济大学建筑与城市规划学院 副教授, 博导

陈歌

同济大学建筑与城市规划学院 硕士研究生

王宇琛

同济大学建筑与城市规划学院 硕士研究生

张天然

上海市城市规划设计研究院

交通分院院长, 正高级工程师, 博士

0 引言

随着全球城市化进程的持续深化,传统城市边界逐渐模糊,“大都市区”作为以大城市为核心,与周边邻近地区保持密切社会经济联系的城乡一体化区域,已成为区域经济发展的核心引擎,其空间范围的科学界定是研究其

*基金项目:国家自然科学基金“要素流动视角下长三角地区‘增长—收缩’空间格局的形成机制与规划响应”(编号52578094);“十四五”国家重点研发计划课题“城市存量空间评估和空间优化技术”(编号2022YFC3800204)资助。

内部复杂社会经济联系与空间结构的关键基础,对于优化资源配置、促进区域协同发展具有重要意义。上海作为长三角城市群的核心城市,与周边地区的一体化进程日益深化,既有研究对上海大都市区的范围判断多以通勤率指标为主,在对跨界地区的融合程度、不同功能联系的异质性等方面缺乏系统揭示。本文以上海市为例,基于渗流模型,构建融合道路交叉口、人口分布、夜间灯光和全目的活动强度4类数据的统一分析框架,旨在揭示不同功能维度下上海大都市区的空间范围及其差异,并通过多维度叠加,构建具有梯度与层次的大都市区空间结构,识别不同空间单元处于一体化进程的何种阶段与维度,以期对长三角一体化背景下上海大都市区的空间识别、边界治理与政策制定提供科学参考。

1 “大都市区”的内涵和定义

“大都市区”概念源于1910年美国,主要用于人口统计等。20世纪80年代,周一星^[1]首次在中国引入“城镇化地区”(urbanized area)的概念框架。此后,学术界和规划实践中同时存在“(大)都市区”和“都市圈”两个概念,并常因研究角度、个人理解及英文翻

译差异而产生混淆。一般认为,(大)都市区范围小于都市圈,更小于城市群。学界对二者定义各有侧重:张京祥等^[2]认为“都市圈”是以特大城市为核心、带动周边大中小城市一体化发展的城市功能区。王德等^[3]指出“都市区”是核心城市与其社会经济高度融合的邻接社区的组合,通常以通勤等日常联系为特征。钮心毅等^[4]认为,我国规划语境中的“都市圈”不同于西方基于通勤率的“都市区”,更接近“城市区域”(city region)。若按日本通勤率标准,上海都市区已延伸至市域外的花桥等地,但通勤联系仍不足以清晰界定上海都市圈的实际范围。此外,还有一些学者提出了其他相似的城市区域概念,如Li等^[5]将中国的都市圈解读为欧美学界的“功能性城市区域”,其包含了根据就业规模和密度来定义的核心,以及到核心地区有规律性日常旅行(通勤)的地区,通勤联系是功能性城市区域内主要的关系及定义指标。

本文认为(大)都市区本质是功能联系主导的空间单元,与都市圈相比,大都市区更强调以单一核心城市为中心、与邻近地区形成高度一体化的功能区域,功能联系主要指通勤联系,这与王德、钮心毅等学者的概念较为一

致。此外,本文也强调除了通勤联系外,大都市区核心地区与周边的紧密联系还应包括对人口分布、公共服务、基础设施、经济活力等多方面同城化的综合考量。《上海市城市总体规划(2017—2035年)》提出的“近沪地区”即是对大都市区范畴的实践探索。

2 既有研究中常用的区域空间范围分析方法

既有研究中区域空间范围分析方法主要包括经济腹地确定法、通勤率表征法、空间形态判定法、功能联系法等几类方法。总的来看,这些界定方法有各自的优缺点和适用范围(见表1)。经济腹地确定法^[6-7]广泛应用于区域经济研究中;空间形态判定法^[8]可视化强,着重形态的聚散结构;通勤率表征法^[3]和^[900],^[4]和^[18],^[9-10]和功能联系法^[11-13],^[14]本质上都是通过多源数据研究区域的动态功能联系,可利用颗粒度小的大数据进行精细化研究。通勤率专指通勤联系,功能联系法则从经济、社会、交通、生态等多个方面解析区域的空间联系特征,在此基础上,部分研究采用多“流”叠加法^[14]和^[73],强调功能联系的全面性、综合性。

表1 多方法的比较分析
Tab.1 Comparative analysis of multiple methods

方法	优点	缺点	主要适用情形
经济腹地确定法	(1) 主要借助城市人口与经济数据以及交通可达性,研究中心城市的经济辐射能力 (2) 社会经济统计数据相对容易获取,可操作性强	(1) 引力、场强等方法计算的经济联系是一种模拟的流,与人流、交通流这类实测的流不同,比较模型化和理想化 (2) 最小计算单元是行政单元(统计单元)	与城市人口规模、面积、经济总量3方面存在密切联系,可用来反映中心城市对周边地区的经济辐射能级,被广泛应用于区域经济的研究中
通勤率表征法	(1) 通勤背后代表的统一劳动市场是大都市区的本质特征 (2) 使用大数据计算通勤率,样本量大、精度高,可精细划分城市功能单元,且具有动态性 (3) 可重复性较强,与其他城市可比性强	(1) 跨行政区的通勤统计数据缺乏 (2) 移动大数据的采样人群存在结构差异;受时间段限制;研究颗粒度不同会造成结果差异 (3) 通勤率阈值难以确定 (4) 仅通勤联系较难全面反映大都市区内的功能联系,需用其他功能联系辅助和佐证	(1) 有数据条件的城市都可以通过通勤率计算作为大都市区空间划定的指标之一 (2) 可以用于精细化研究
空间形态判定法	(1) 可视化较强,比较直观 (2) 数据获取相对容易,简单易行	(1) 难以反映各种功能联系 (2) 单纯依靠形态识别存在失真的可能	(1) 着重形态聚集与分散特征 (2) 可记录空间形态的演变过程,甚至可以模拟未来发展趋势
功能联系法	(1) 突破传统的基于通勤联系的方法,从经济、社会、交通、生态等多个方面解析区域的空间联系特征 (2) 基于大数据的分析样本量大、可精细化,且具动态性 (3) 可以从多个视角、运用多源数据,更加全面综合	(1) 大数据中的人群特征无法获取,除了通勤联系,其他如商务、消费、游憩等功能联系较难细致识别并捕捉,数据精确度有待深究 (2) 部分功能流,如产业流的数据获取难度较大,且适用大都市区层面的研究方法尚待探索 (3) 不同数据处理方法间协同性不足,不同权重叠加的结果有一定差异	(1) 因地制宜,从不同视角选取不同的指标研究大都市区 (2) 可观察大都市区内不同功能的动态联系,也可以推测未来发展趋势 (3) 从多个维度综合界定大都市区空间范围

资料来源:笔者自制。

总体来看,现有模型与方法大多依赖单一类型数据展开分析。功能联系法中虽已出现基于多类型流数据的尝试,但不同数据流的处理与分析方法尚未统一,且多采用权重叠加的方式得出总体结论,主观性较强,导致结果的稳定性与可靠性仍有待商榷。

近年来,随着网络研究的兴起,跨学科方法渗流模型被引入城市空间网络结构特征识别中,其中也包括对城市功能区边界的识别。如Arcaute等^[15]利用渗流理论,基于街道网络及其交叉点,通过多重渗流相变,揭示了英国的城市等级结构特征;Cao等^[16]基于渗流理论,利用OpenStreetMap梳理城市拓扑网络,结合人口、道路、夜间照明开源数据集,考虑城市系统的临界状态,推导城市边界最佳阈值;Montero等^[17]通过聚类点、基于分形的MorphoLim方法和分层渗透法3种方法,利用建筑足迹、建筑质心、街道节点识别城市边界,分析城市系统的功能和形态结构。

渗流理论中的相互作用网络较好地模拟了现实世界的各种功能关系网络,渗流可以模拟网络中各种流的临界相变现象。本文采用渗流模型界定大都市区空间边界,主要基于该方法的3点优势:(1) 随着渗流阈值的连续性变化,可以得到动态的、连续性的空间组团结构变化图谱,区域大组团发生连续相变,可以清晰地观察到大都市区边界形成的过程。(2) Li等^[18]、沈尧等^[19-20]指出,网络渗流理论能够用于描述复杂网络结构的韧性特征,一直在一个组团中出现的地区,具有紧密连接关系,结构的鲁棒性较强,基于此方法界定的大都市区功能边界具有韧性特征。(3) 渗流模型可以覆盖多个网络的研究,解决以往不同数据的处理方法难以协同的问题,将多类型数据在一个方法体系下进行运算,进而叠加和比较,一定程度上可以提升研究结果的稳定性。渗流模型作为一种新的利用开源数据量化研究城市区域的方法,可以帮助加深对城市系统的理解,为大都市区的边界识别提供一个新思路。

3 研究设计

3.1 研究数据与研究范围

本文中道路交叉口采用OpenStreetMap道路网数据;人口数据采用LandScan人口空间数据;灯光数据采用NPP-VIIRS夜间灯光数据;全目的活动数据采用百度提供的LBS数据。

研究范围上,考虑到上海与苏州市的紧密联系,为了更清楚地研究上海与苏州各功能区连绵发展的态势,将整个苏州市纳入研究范围。嘉兴市的嘉善县、平湖市与上海市松江区和金山区有较为紧密的联系,而南通市的海门区和启东市与上海市北侧邻接,考虑到大都市区对于城市相邻地区同城一体化的强调,研究范围应该突破上海市本身,故将嘉善县、平湖市、海门区、启东市纳入研究范围。以上是本文的研究范围,并不等同于上海大都市区,本文将在该范围内进一步界定上海大都市区。

3.2 主要分析思路

本文采用道路交叉口、人口密度、灯光强度和空间活动强度(全目的活动强度)4项数据,分别代表城市的基础设施建设水平、人口分布情况、经济发展程度和人群流动活力,以渗流模型为稳定的方法工具,分析不同功能视角下的大都市区的实际功能范围,并进行对比。然后将多个功能的空间范围进行叠加,将4个研究结果完全叠合的区域定义为核心区,有3个研究结果叠合的区域定义为稳固区,有2个研究结果叠合的区域定义为拓展区,有1个研究结果叠合的区域定义为动态区。最后将本文的上海大都市区功能范围与既有研究的上海大都市区范围进行对比,分析异同。

值得指出的是,本文的研究目的除了确定大都市区空间边界外,还通过不同类型数据结果之间的比对,揭示大都市区边界地区的问题与优势,这也是研究的重点。

3.3 渗流模型与关键阈值判定

将道路交叉口、人口数据、灯光数据和空间活动数据输入渗流模型,通过寻找关键临界

阈值,判定大都市区的功能空间范围,主要技术路线如图1所示。

本文借鉴Arcaute等^[15]的研究方法,划定渔网栅格,计算每个栅格到距离最近的交叉口的距离 d ,以每个栅格的距离 d 为渗流数据,以10 m为间隔设置阈值,阈值从10 m开始,一直变化到1 000 m,某阈值下的渗流实验是指保留距离 d 低于该阈值的栅格并进行组团分析。记录阈值与该阈值下组团分析中最大组团的比值,并绘制线性关系图(见图2),通过若干次实验,随着阈值不断增大,最后曲线趋近平线,实验结束。

组团分析的方法是每次实验保留符合阈值筛选条件的栅格,进行“区域合并”,即寻找该栅格上下左右4个相邻栅格,合并成一个组团,并按照组团内相邻且连续栅格的数量对组团进行排序,以此形成该阈值下的组团结构。图2曲线中线型突变的点,即为空间组团结构变化的关键阈值点,该位置处的组团裂变较为明显,将这些位置的区域组团关系进行可视化,即得到交叉口距离阈值连续变化下区域空



图1 技术路线图
Fig.1 Technology roadmap

资料来源:笔者自绘。

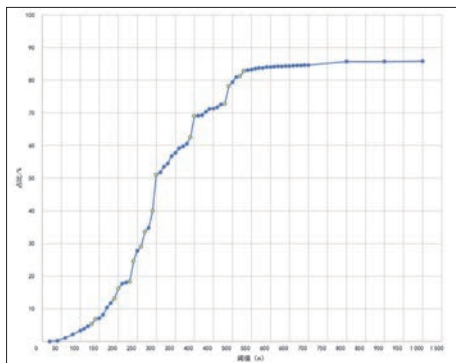
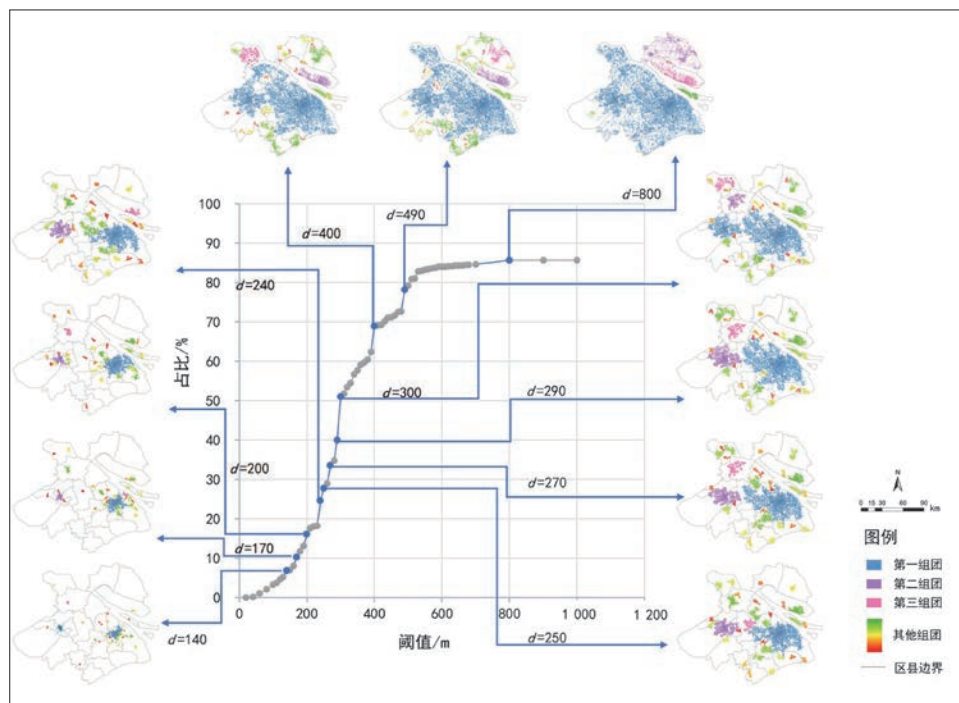


图2 交叉口距离阈值连续变化下最大组团占比变化趋势图

Fig.2 Trend of maximum group proportion with continuously varying intersection distance threshold

资料来源:笔者自绘。



注:图中组团顺序是按照组团分析得到的相邻且连续栅格数量排序来确定的,第一组团代表组团内相邻且连续栅格数量最多,第二组团则表示第二多,依次类推。因组团数量众多,且前三组团能够充分表达区域的主要空间组团结构,因此突出显示第一、第二、第三组团。文中后续组团排序的意义类似,不再赘述。

图3 交叉口距离阈值连续变化下区域空间组团结构连续变化图谱

Fig.3 Continuously varying spectrum of regional spatial cluster structures with intersection distance threshold

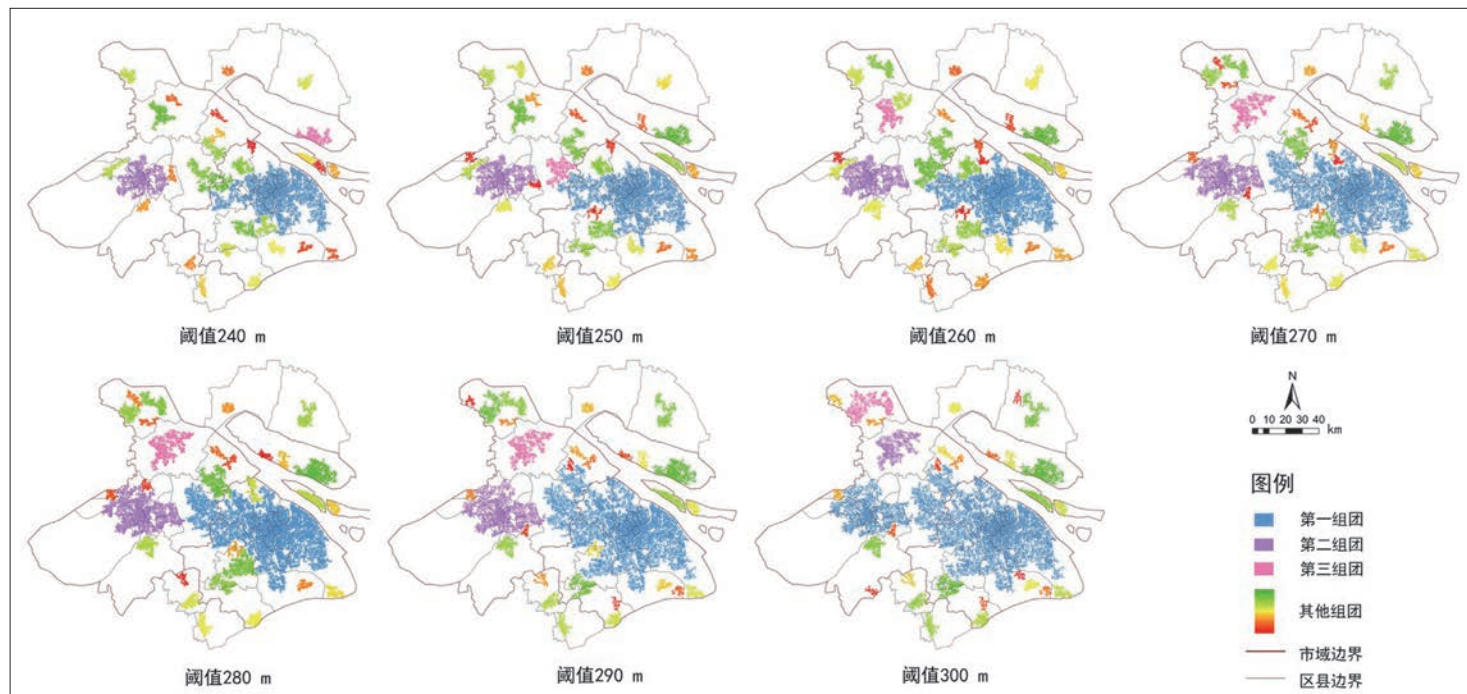
资料来源:笔者自绘。

间组团结构连续变化图谱(见图3)。

研究发现,当阈值为240—300 m时,能够观察到上海市边界地区的组团变化活动。将关键区域的阈值240—300 m进一步密集可视化显示(见图4):当阈值为240 m时,最大组团仍在上海市内;阈值为250 m时,少量区域的功能已经外溢到市域外(昆山部分区域);阈值为260 m时,城市功能逐渐在昆山地区进一步外溢;阈值为270 m、280 m时,上海市与昆山市几乎连为一片;阈值为290 m时,上海与昆山和太仓部分地区联系起来;阈值为300 m时,上海与苏州中心城区已经连成一片。至此,上海大都市区的阈值连续变化完成。当阈值为290 m时,上海与苏州并未连成整体,且功能延伸至最大范围,本文认为此时是上海城市功能外溢的最远范围,可以认为是大都市区的功能一体化范围。

3.4 基于点渗流方法的人口、灯光、空间活动数据渗流

Arcaute等^[15]指出,基于渗流理论解析



注:行政边界来源:<https://cloudcenter.tianditu.gov.cn/administrativeDivision>。审图号:GS(2024)0650号。

图4 关键区域阈值的密集可视化

Fig.4 Intensive visualization of critical area thresholds

资料来源:笔者自绘。

城市等级结构,强调的是系统的连通性。放宽一些限制,分析可以扩展到有限系统中,其中簇群是某种阈值处理的结果。交叉口点渗流方法的底层逻辑是给每个栅格赋予距离属性,并设置距离阈值,那么基于不同的数据,比如人口、灯光和空间活动强度数据,似乎同样可给渔网栅格赋值,同时可在每个系统里给定该系统的渗流阈值,并进行渗流实验,可以形成特定数据的渗流系统。

在这样的假想前提下,本文进行了多种数据的渗流实验,发现人口、灯光、空间活动强度数据确实在连续变化的阈值下,反映出了城市空间结构的变化图谱,且存在较强的规律性。由于都使用了同一种分析方法,在稳定的渗流系统下生成的不同结果的结构图,可以进行有效的对比分析。其中,人口数据的阈值指每个栅格内的人口密度;灯光数据的阈值是指每个栅格内的灯光强度;全目的活动数据的阈值是指每个栅格内的全目的活动强度。以全目的活动数据分析为例,该数据下阈值 d 的含义是“全目的活动强度的大小,即栅格的全目的活动量”,阈值 d 下的渗流实验是保留全目的活动强度高于 d 值的栅格并进行组团分析,阈值变化带来的空间组团结构变化图谱如图5所示。通过上述关键阈值判定方法,可以找到人口、灯光、空间活动数据下的关键阈值及组团分布图(见图6)。

4 上海大都市区实证分析结果

4.1 4类数据渗流结果显示的上海大都市区的功能空间范围

从道路交叉口、人口密度、灯光强度和全目的活动量渗流结果来看(见图6),人口密度和道路交叉口渗流形成的最大组团比较相似,灯光与全目的活动渗流形成的最大组团较为相似。从对比分析中,可以看到:

(1) 从人口分布来看,以上海主城区为中心已形成一定规模的人口连绵分布区域。顺应五大新城全面发力的空间发展格局,上海市区与五大新城已基本形成融合成片的人口发展态势,人口分布联系紧密,但整体与金山区人

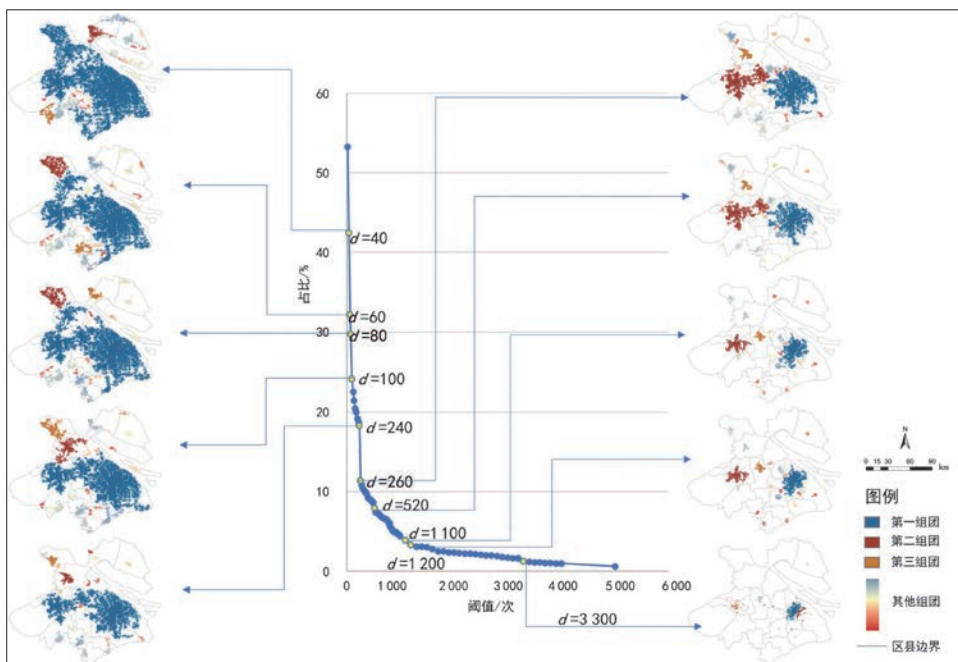
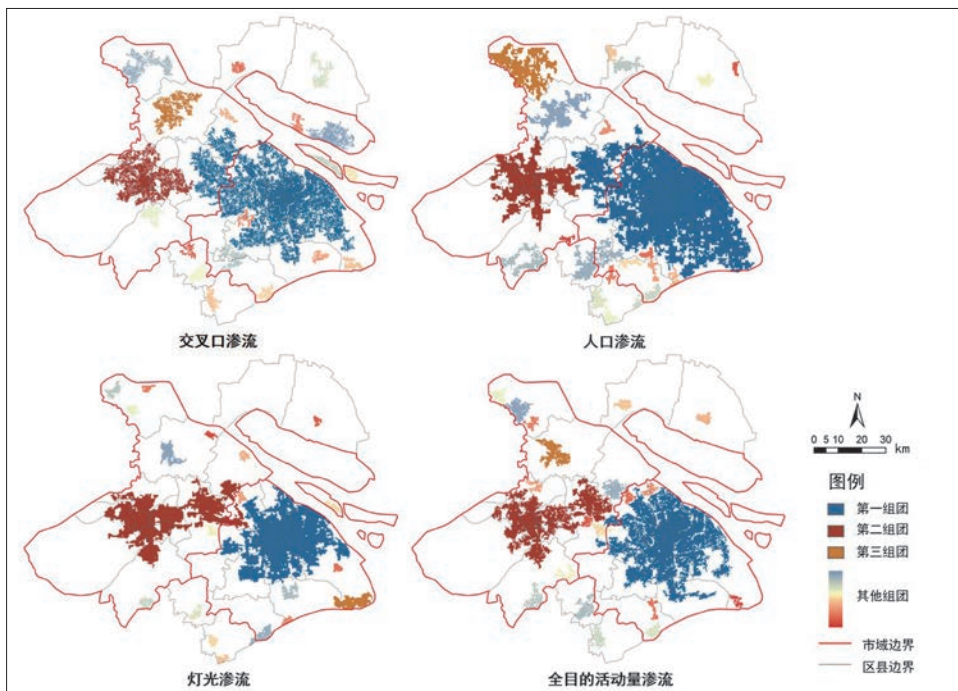


图5 全目的活动强度阈值连续变化下空间组团结构连续变化图谱

Fig.5 Continuously varying spectrum of spatial cluster structures under continuously varying all-purpose activity intensity threshold

资料来源:笔者自绘。



注:行政边界来源:https://cloudcenter.tianditu.gov.cn/administrativeDivision.审图号:GS(2024)0650号。

图6 4种数据渗流下的关键阈值点结果

Fig.6 Results of critical threshold points under four data percolations

资料来源:笔者自绘。

口分布存在断层,尚未连片发展;另一方面,受长江天然阻隔的影响,人口分布连绵区止于长江南岸。人口分布连绵发展主要以嘉定和青浦

为支点向外扩张,向西延伸发展至昆山市大部分镇区与太仓市西南部科教新城、城厢镇、经济开发区等地。

(2) 从交通基础设施来看,上海市已与昆山市的大部分地区(包括花桥镇、千灯镇、陆家镇、开发区等)和太仓市的西南部地区(科教新城、城厢镇、经济开发区)形成紧密联系。上海市五大新城,嘉定新城与主城区基础设施联系最紧密;青浦新城北部联系较好。

(3) 灯光分布一定程度上反映了城市的经济强度分布,能较好地反映城市建成区范围,乡镇地区的夜间灯光明显较弱,高等级公路上夜间灯光较为明显。与人口和交通设施不同,灯光分布最大的特点是昆山太仓与苏州主城区形成紧密联系组团,与上海分开。上海市最大灯光组团并未超出上海市边界,且主要围绕在上海市主城区周围。嘉定新城与主城区联系最紧密,然后是松江新城。青浦新城由“崧泽高架路”一路相连,奉贤新城由于黄浦江的分隔与主城区有一定断裂,南汇新城明显与主城区分离较远。昆山与苏州主城区通过京沪高速和国道G312,形成紧密灯光组团。

(4) 从活动总量来看,其与夜间灯光结果比较相似,上海市的活动紧密联系区大部分未超出市域范围,但在昆山花桥镇和淀山湖镇有一定延伸。上海市内,以上海主城区为中心,向东至祝桥并南向延伸至惠南镇,向南至浦东航头、闵行浦江、奉贤新城,并沿绕城高速延伸至青村、奉城等地,形成环抱态势。五大新城,南汇新城与主城区活动联系较弱。

4.2 上海大都市区的核心区—稳固区—拓展区—动态区范围

研究将4种数据渗流结果的最大组团进行空间叠加,将4个研究结果完全叠合的区域定义为核心区,有3个研究结果叠合的区域定义为稳固区,有2个研究结果叠合的区域定义为拓展区,有1个研究结果的区域定义为动态区。叠合结果如图7和表2所示。

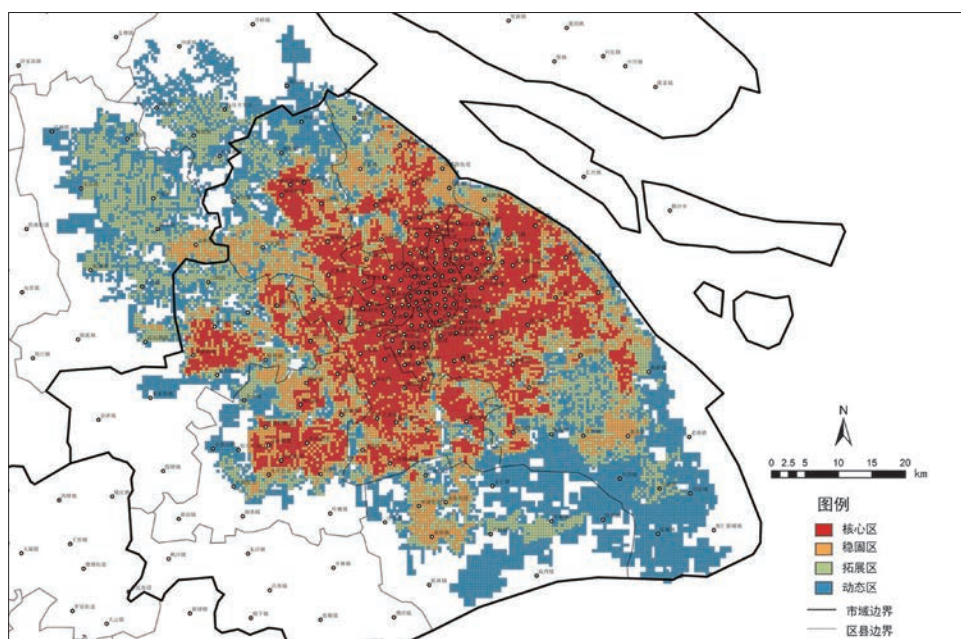
研究可见,上海大都市区的功能空间整体呈现西北—东南向的拓展趋势。核心区稳

固在主城区周边,并沿沈海、沪渝、申嘉湖等高速公路向外拓展,东南侧沿绕城高速呈环抱收拢态势。西北方向与昆山、太仓地区的联系甚至强于东南方向市域内的南汇新城,昆山花桥镇和淀山湖镇是大都市区的跨界核心地区,昆山玉山镇、周市镇、开发区、陆家镇、千灯镇等,以及太仓城厢镇和经开区是上海大都市区的积极拓展区,也是未来争取政策一体化的核心区。东南方向紧密联系区主要位于绕城高速两侧,呈线型拓展,其他地方功能联系明显不足。上海市域内大都市区功能未涉及的区域,包括青浦区西部金泽、练塘等

镇,松江南部新浜、泖港、叶榭等镇及金山区,这些功能断层地区值得关注。此外,由于渗流模型对组团内栅格必须相邻的基本原则,被自然阻隔的崇明岛、长兴岛等地无法进入最大组团内,这是该方法研究大都市区范围的缺陷。

5 上海大都市区空间范围与既有研究的对比分析

王德等^{[3]1905}参照国外标准,根据中心与外围地区的通勤联系,结合消费联系划分了上海都市区,指出范围包括中心城周边地区、



注:行政边界来源:https://cloudcenter.tianditu.gov.cn/administrativeDivision。审图号:GS(2024)0650号。

图7 4种数据渗流结果的最大组团叠加结果

Fig.7 Overlay result of maximum clusters under four data percolations

资料来源:笔者自绘。

表2 上海大都市区的空间范围

Tab.2 Spatial extent of the Shanghai Metropolitan Area

上海大都市区	空间范围	面积/km ²
核心区	上海主城区,以及主城区外围的南翔、江桥、月浦、华新、徐泾、九亭、浦江、航头、曹路、唐镇、合庆、祝桥等地,以及嘉定新城、青浦新城及松江新城	1 072.73
稳固区	新增奉贤新城、宝山罗店、嘉定安亭、昆山花桥、浦东惠南等地	797.82
拓展区	新增奉贤青村镇和奉城镇、太仓南部城厢镇和经开区、昆山玉山镇、周市镇、开发区、陆家镇、千灯镇、淀山湖镇等中北部区域	955.51
动态区	新增奉贤金汇镇、四团镇、海湾镇西部和南汇新城西部及周边的万祥镇、泥城镇、书院镇、大团镇等地区,以及青浦朱家角镇	1 399.30
总计	—	4 225.36

资料来源:笔者自制。

松江、嘉定、青浦等新城及浦东惠南地区、长兴岛,整体上呈现东西略长、南北略窄的形态。LI等^[5]提出的“功能性城市区域”,以通勤联系为主要指标,划定了包含上海的通勤密度高值连绵区,一定程度上也反映了基于通勤的上海大都市区的发展态势,明显可见上海市西北方向突破市域连绵发展的势头较强。

本文与既有研究得出的上海大都市区的形态和发展方向类似,认为上海大都市区已从上海中心城区的“单中心辐射”发展为“多向不对称拓展”,其中最主要的拓展方向是“西北—东南向”,且西北向(往苏南)的势头和强度明显高于东南向(往市域内临港),体现了苏锡常方向强大的经济地理引力作用。

具体而言,本文突破通勤率的单一标准,使用4种数据揭示了4种不同的“一体化逻辑”:人口密度代表的居住一体化扩展迅速,以嘉定和青浦为支点,向西延伸发展至昆山市大部分镇区与太仓市西南部科教新城、城厢镇、经济开发区等地,表明上海与周边(尤其西北向)已不是简单的“职住通勤”,而是形成了跨市的居住空间连续体,这意味着社保、医疗、社区治理等民生政策的跨界协同需求极为迫切;道路交叉口代表的基础设施一体化有效支撑了西北方向的拓展,东南向交通一体化有待加强;夜间灯光揭示了“行政经济引力”的顽强存在,尽管人口和道路已跨界融合,但核心经济功能和夜间活力仍被行政区划所锚定(如上海中心城、苏州主城区),说明“经济一体化”滞后于“空间一体化”,跨市产业协同与功能分工是下一阶段难点;而空间活动量数据则揭示了与上海产生高强度、多目的交互的跨界热点(如花桥—安亭、淀山湖地区),这些点是推动制度一体化的最佳试验区。此外,空间活动数据还发现,在上海市内,以上海主城区为中心,大都市区东南方向沿绕城高速形成环抱态势,体现了高等级道路对大都市区范围的引导性发展作用。

在此基础上,研究通过多层叠加,划分出“核心区—稳固区—拓展区—动态区”,为差异化的区域政策提供了直接依据:如核心区/稳固区(如花桥)可率先推动公共服务、规划标准、基础设施的全面对接与一体化管理;拓展区(如玉山、太仓经开区)应重点加强交通连接、产业协作链培育,促进功能升级;动态区与功能断层区(如金山、青浦西部)需要通过战略性基础设施投入和功能植入,弥补短板,促进空间缝合。研究从“边界划分”到“结构分层”,为上海大都市区提供了较为细致的政策干预地图。

6 总结与结论

本文采用渗流模型,结合多源时空大数据,识别上海大都市区的功能空间范围,得出以下几点结论。

(1) 研究提出了“分层一体化”的大都市区空间范围动态认知框架。传统通勤标准擅长识别稳定的就业—居住联系,但可能低估了由休闲消费、跨城居住、商务往来等构成的多元化、弹性化联系所塑造的空间。本文表明,上海与周边地区的一体化是一个多线程、异步推进的过程:在“居住空间”和“基础设施”层面融合迅速且深入;在“核心经济功能”层面则因行政、市场等因素相对滞后;而“综合活动”层面则在关键节点上表现出强烈的融合倾向。这种分层视角表明,一体化不是“全有或全无”的状态,而是多种功能联系复杂交织、协同演进的过程。

(2) 研究明确了跨界一体化的“不对称引力”与“结构性短板”。大都市区西北(昆山—太仓)方向的融合强度与连续性优于上海市域东南方向(如南汇新城)。花桥、淀山湖等跨界地区已成为事实上的跨界功能核心区。这表明,上海大都市区的空间形态不仅由中心城市向外辐射塑造,更受到长三角更广大区域经济地理格局(特别是苏锡常地区的强大引力)的深刻影响。同时,自然屏障(长江、黄浦江)与数据揭示的“功能断层”(如金山区),清晰地标出了一体化进程中需要特别关注的结构

性短板地区。

(3) 本文将都市区空间范围研究的核心问题从“边界划在哪里”转化为“不同空间单元处于一体化进程的何种阶段与维度”。研究认为,上海大都市区范围呈现明显的“核心—外围”结构,是一个由“核心区—稳固区—拓展区—动态区”构成的、具有梯度与层次的空间结构。核心区集中于上海主城区及邻近新城;稳固区延伸至奉贤新城、安亭、花桥、惠南等地;拓展区覆盖昆山、太仓多个镇区;动态区则包括奉贤区东部四团等镇、南汇新城西部和周边的泥城、书院等镇及青浦朱家角等。这一分区结果实质上是一张“区域一体化诊断地图”,它为差异化的区域治理提供了直接依据。

(4) 研究表明渗流模型作为一种稳定、可复用的空间分析方法,通过统一的模型框架处理不同类型数据,实现了多维度功能联系的协同分析,克服了传统方法中数据异构、权重主观等问题,显著提升了结果的可比性与稳定性。但方法也仍存在一定局限:渗流模型对空间连续性的要求导致崇明等岛屿被排除在最大组团外,未能反映其实际功能联系。此外,阈值判定仍具有一定主观性,可结合多方法交叉验证。未来可进一步引入更多功能流数据(如商务、物流等),并结合动态模拟深化对大都市区演化机制的理解。除上海外,可拓展更多的城市样本,结合更多城市实践进行验证和对比。

参考文献 References

- [1] 周一星. 关于明确我国城镇概念和城镇人口统计口径的建议[J]. 城市规划, 1986(3): 10-15. ZHOU Yixing. Suggestions on clarifying the concept of urban areas and the statistical standards for urban population in China[J]. City Planning Review,

- 1986(3): 10-15.
- [2] 张京祥, 邹军, 吴启焰, 等. 论都市圈地域空间的组织[J]. 城市规划, 2001 (5): 19-23.
ZHANG Jingxiang, ZOU Jun, WU Qiyang, et al. On the spatial organization of the metropolitan area[J]. City Planning Review, 2001(5): 19-23.
- [3] 王德, 顾家煊, 晏龙旭. 上海都市区边界划分——基于手机信令数据的探索[J]. 地理学报, 2018, 73 (10): 1896-1909.
WANG De, GU Jiahuan, YAN Longxu. Delimiting the Shanghai metropolitan area using mobile phone data[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(10): 1896-1909.
- [4] 钮心毅, 李凯克. 紧密一日交流圈视角下上海都市圈的跨城功能联系[J]. 上海城市规划, 2019 (3): 16-22.
NIU Xinyi, LI Kaike. Inter-city functional linkages in Shanghai metropolitan region from the perspective of close daily communication area[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2019(3): 16-22.
- [5] LI K K, NIU X Y. Delineation of the Shanghai megacity region of China from a commuting perspective: study based on cell phone network data in the Yangtze River Delta[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2021, 147(3): 04021022.
- [6] 姚婷婷. 基于城市(区)空间质量引力水平的大都市区界定——以西咸地区为例[D]. 西安: 西安外国语大学, 2019.
YAO Tingting. Delineation of metropolitan area based on urban (district) spatial quality and gravity level: a case study of Xixian District[D]. Xi'an: Xi'an International Studies University, 2019.
- [7] 姜世国. 都市区范围界定方法探讨——以杭州市为例[J]. 地理与地理信息科学, 2004 (1): 67-72.
JIANG Shiguo. The determination of the regional limits of metropolitan area: a case study of Hangzhou City[J]. Geography and Geo-Information Science, 2004(1): 67-72.
- [8] 付凯, 王卓琳, 柳思瑶. 基于GIS的西安大都市地域空间划分研究[C]//共享与品质——2018中国城市规划年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 326-336.
FU Kai, WANG Zhuolin, LIU Siyao. Research on spatial division of Xi'an metropolitan area based on GIS[C]//Shared development and quality enhancement – proceedings of 2018 China Annual National Planning Conference. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018: 326-336.
- [9] 钮心毅, 李凯克. 跨城功能联系视角下的都市圈国土空间规划实施监测[J]. 资源科学, 2021, 43 (2): 380-389.
NIU Xinyi, LI Kaike. Implementation monitoring of territorial and spatial planning in metropolitan areas from the perspective of intercity functional linkages[J]. Resources Science, 2021, 43(2): 380-389.
- [10] WANG J L, HU G Y, HUANG J Z, et al. Coupling research on employment centers and their service area with rail transit network: a case study of Shanghai, China[J]. Frontiers of Urban & Rural Planning, 2025, 3: 2.
- [11] 唐子来, 李涛. 长三角地区和长江中游地区的城市体系比较研究: 基于企业关联网络的分析方法[J]. 城市规划学刊, 2014 (2): 24-31.
TANG Zilai, LI Tao. A comparative study of urban systems in the Yangtze River Delta and the Middle Yangtze River Region: an analysis based on enterprise connection networks[J]. Urban Planning Forum, 2014(2): 24-31.
- [12] 甄峰, 王波, 陈映雪. 基于网络社会空间的中国城市网络特征——以新浪微博为例[J]. 地理学报, 2012, 67 (8): 1031-1043.
ZHEN Feng, WANG Bo, CHEN Yingxue. China's city network characteristics based on social network space: an empirical analysis of Sina Micro-blog[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(8): 1031-1043.
- [13] 黄建中, 胡刚钰, 许晔丹. 基于人流活动特征的城市空间结构研究——以厦门市为例[J]. 上海城市规划, 2019 (5): 62-67.
HUANG Jianzhong, HU Gangyu, XU Yedan. Research on urban spatial structure based on the characteristics of crowd movement: a case study of Xiamen[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2019(5): 62-67.
- [14] 周婕, 陈虹桔, 谢波. 基于多元数据的大都市区范围划定方法研究——以武汉为例[J]. 上海城市规划, 2017 (2): 70-75.
ZHOU Jie, CHEN Hongju, XIE Bo. Study on the method of metropolitan area delimitation based on multidata: a case study of Wuhan[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2017(2): 70-75.
- [15] ARCAUTE E, MOLINERO C, HATNA E, et al. Cities and regions in Britain through hierarchical percolation[J]. Royal Society Open Science, 2016(4): 150691.
- [16] CAO W, DONG L, WU L, et al. Quantifying urban areas with multi-source data based on percolation theory[J]. Remote Sensing of Environment, 2020(241): 111730.
- [17] MONTERO G, TANNIER C, THOMAS I. Delineation of cities based on scaling properties of urban patterns: a comparison of three methods[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2021(35): 1-29.
- [18] LI M, LIU R R, LYU L, et al. Percolation on complex networks: theory and application[J]. Physics Reports, 2021(907): 1-68.
- [19] 沈尧, 徐怡怡, 刘乐峰. 网络渗流视角下的城市肌理识别与测度研究[J]. 城市规划学刊, 2021 (5): 40-48.
SHEN Yao, XU Yiyi, LIU Lefeng. Urban texture analysis from the perspective of network percolation[J]. Urban Planning Forum, 2021(5): 40-48.
- [20] 沈尧, 徐子寒, 冯韵洁. 多级洪涝灾害中上海市通勤时空结构韧性测度与优化研究[J]. 上海城市规划, 2025 (2): 40-50.
SHEN Yao, XU Zihan, FENG Yunjie. Resilience of Shanghai's urban spatiotemporal structure under varying flood scenarios[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2025(2): 40-50.