

doi:10.3969/j.issn.1001-4616.2025.05.005

基于快递物流的长三角地区城市网络节点地位研究

葛迎遨^{1,2}, 杨 山^{1,2}

(1.南京师范大学地理科学学院,江苏 南京 210023)
(2.江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心,江苏 南京 210023)

[摘要] 基于快递物流数据,采用有向转变中心性(DAC)与有向转变控制力(DAP)方法对长三角城市网络节点地位进行探究,得出以下结论:(1)长三角城市快递物流联系呈“核心-边缘”的空间组织模式。(2)长三角城市的DAC与DAP的高值区域均集中在上海、苏南和浙江地区,在空间上呈“Z”字形分布。(3)长三角城市的DAC与DAP在整体上匹配程度较高。(4)快递网点数量、年末常住人口数量、第三产业增加值等因素均对长三角城市的DAC与DAP存在显著影响。

[关键词] 快递物流,城市网络,节点地位,有向转变中心性,有向转变控制力,地理探测器,长三角地区

[中图分类号]K901 [文献标志码]A [文章编号]1001-4616(2025)05-0040-07

Research on the Node Status of Urban Network in the Yangtze River Delta Based on Express Logistics

Ge Ying'ao^{1,2}, Yang Shan^{1,2}

(1.School of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)
(2.Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China)

Abstract: Based on the express logistics data, this paper adopts directed alternative centrality (DAC) and directed alternative power (DAP) methods to explore the node status of urban network in the Yangtze River Delta, and draws the following conclusions: (1) The spatial organization pattern of express logistics connections among cities in the Yangtze River Delta presents a “core-periphery” model. (2) The high-value areas of DAC and DAP of cities in the Yangtze River Delta are concentrated in Shanghai, southern Jiangsu, and Zhejiang, showing a Z-shaped distribution in space. (3) The overall matching degree of DAC and DAP of cities in the Yangtze River Delta is relatively high. (4) The number of express delivery outlets, the number of permanent residents at the end of the year, and the added value of the tertiary industry and other factors all have significant impacts on DAC and DAP of cities in the Yangtze River Delta.

Key words: express logistics, urban network, node status, DAC, DAP, Geodetector, the Yangtze River Delta

随着信息化和全球化进程的加快,人员、资金和信息在全球范围内加速流动,城市间的联系日益密切,区域空间关系逐渐由中心地模式向网络化模式转变^[1-3]。在此背景下,城市日益作为一个关系体系存在,其在城市网络中的功能和地位则由网络结构与区位所赋予^[4-5]。城市节点在城市网络中的地位反映了其嵌入网络关系的模式,是理解城市网络组织规律的重要分析视角,探究城市节点在城市网络中的地位对于分析城市网络的关联性与等级结构具有重要意义^[6-7]。

许多学者从城市网络联系的角度出发,基于城市间的关系型数据探究城市节点地位。关系型数据主要包括企业总部-分支数据^[8-9]、交通流^[10-11]、技术流^[12]、信息流^[13]等要素流动数据。在研究方法上,学者们多通过社会网络分析方法来测度城市节点在网络中的地位,包括运用度中心性、中介中心等指标来衡量城市节点的重要性。该方法虽有效测度了联系视角下的城市网络地位,但其忽略了城市的间接联系、模糊了城市的中心性和控制力^[14-15]。Neal在2011年提出了递归中心性和递归控制力的概念,在分别测度城

收稿日期:2024-01-03.

基金项目:国家自然科学基金项目(42171200).

通讯作者:杨山,教授,博士生导师,研究方向:城乡规划与土地利用. E-mail: yangshan@njnu.edu.cn

市的中心性和控制力的同时,将城市间的直接联系和间接联系都考虑在内,从而为城市节点地位的测度提供了新的视角^[16]. Neal 后来又进一步解释了中心性和控制力的概念,并提出用转变中心性来衡量城市的网络地位^[17]. 国内许多学者在原有中心性和控制力模型的基础上,对转变中心性与控制力的方法进行了修正,基于人口流动^[18-21]、企业联系^[22]等城市联系数据探究城市的转变中心性和转变控制力.

作为“流空间”的构成要素,物流也是地理学的重要研究对象^[23-24]. 快递物流作为物流的一个重要分支,包含了网络交易的信息流和现实配送的交通流,并直接涉及城市间的物质流^[25-26]. 因此,快递物流数据是探究城市节点地位的重要关系型数据. 现有快递物流视角下的城市网络研究多侧重于运用多种类型的快递物流数据,探讨城市快递物流网络的空间结构和影响机制等^[27-29],而从有向转变中心性与控制力视角出发,探讨快递物流网络中城市节点地位的研究则相对较少.

综上,本文以长三角地区为例,基于城市间的快递物流数据,构建有向加权的城市快递物流网络,采用有向转变中心性与控制力方法探究快递流动视角下城市节点在网络中的地位,并运用地理探测器探究城市节点地位的影响因素,为促进区域快递物流的协同运作和效率提升提供科学参考.

1 研究数据与方法

1.1 研究范围与数据来源

本文的研究范围为长三角地区全域,研究单元为区域内的 41 个地级市及以上的城市. 本文的快递物流数据源自快递 100 官网. 基于研究的典型性和可行性,本文选取了中通、圆通、申通、韵达、顺丰、京东、德邦、邮政、EMS、百世快递为研究对象,以 2021 年 6 月作为研究时段,对不同城市间的有向快递物流数据进行了采集. 数据包含了不同快递在不同城市间的订单数量. 根据相同始发地和目的地汇总快递订单数量,并构建 41×41 的有向加权矩阵. 本文快递网点数据来源于高德开放平台. 本文统计数据获取自相应年份的长三角各省市的统计年鉴和《中国城市统计年鉴》.

1.2 研究方法

1.2.1 城市快递物流联系

以不同城市间的快递订单数量衡量城市快递物流联系,快递订单数量越大,则城市间的联系越密切^[30]. 公式为:

$$C_i^{\text{in}} = \sum_j W_{ij}, \quad (1)$$

$$C_i^{\text{out}} = \sum_j W_{ji}, \quad (2)$$

式中, C_i^{in} 为城市 i 的加权入度,表示从区域中其他城市流入城市 i 的快递流量; C_i^{out} 为城市 i 的加权出度,表示区域中其他城市从城市 i 获得的快递流量; W_{ij} 表示由城市 j 流向城市 i 的快递流量; W_{ji} 表示由城市 i 流向城市 j 的快递流量.

1.2.2 有向转变中心性与控制力

本文参考已有研究^[31],基于城市间快递物流联系测度城市节点的有向转变中心性(directed alternative centrality, DAC)和有向转变控制力(directed alternative power, DAP). 其中, DAC 指节点在城市网络中集聚和扩散资源的能力,而 DAP 则指节点在城市网络中控制资源流动的能力. 公式为:

$$\text{DAC}_i = \sum_j (W_{ij} \times C_j^{\text{out}} + W_{ji} \times C_j^{\text{in}}), \quad (3)$$

$$\text{DAP}_i = \sum_j \frac{W_{ij}}{C_j^{\text{in}}}, \quad (4)$$

式中, DAC_i 、 DAP_i 分别为城市 i 的 DAC 和 DAP 数值.

1.2.3 地理探测器

地理探测器是一种统计学方法,用于探测空间分异性并揭示其驱动因素^[32]. 本文运用地理探测器中的分异及因子探测,对长三角城市的 DAC 与 DAP 的影响因素进行分析. 公式为:

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{h=1}^L n_h \sigma_h^2, \quad (5)$$

式中, q 为影响因子对 DAC 或 DAP 的解释力, n, σ^2 分别为整个区域的样本量和方差, n_h, σ_h^2 分别为层样本量和方差. q 的取值范围为 $[0, 1]$, 其数值越大, 则表明影响因子对 DAC 或 DAP 的解释力越强.

2 长三角城市网络节点地位

2.1 城市快递物流联系网络

在 ArcGIS 中将长三角城市间的快递物流联系进行空间可视化. 为区分不同联系的差异特征, 采用自然间断点分类法将城市联系划分为 6 个层级(图 1). 根据图 1、表 1, 在不同层级的城市联系中, 由一级联系到六级联系, 城市联系强度在逐渐下降, 城市对的数量在逐渐增多. 苏州→上海、金华→上海均为一级联系, 构成了长三角快递物流的核心联系廊道. 二级联系包括杭州→上海、上海→杭州、上海→苏州、金华→杭州、苏州→无锡、上海→南京等. 三级联系的覆盖范围在一、二级联系的基础上继续向外扩展, 并扩展至徐州、宿迁、阜阳等城市. 四级联系涉及的范围基本覆盖了长三角的整个区域, 五级、六级联系在此基础上逐渐呈扁平化态势. 综合来看, 长三角城市快递物流联系呈“核心-边缘”的空间组织模式, 一、二级联系构成了城市网络的核心, 其他联系则在此基础上向外扩展.

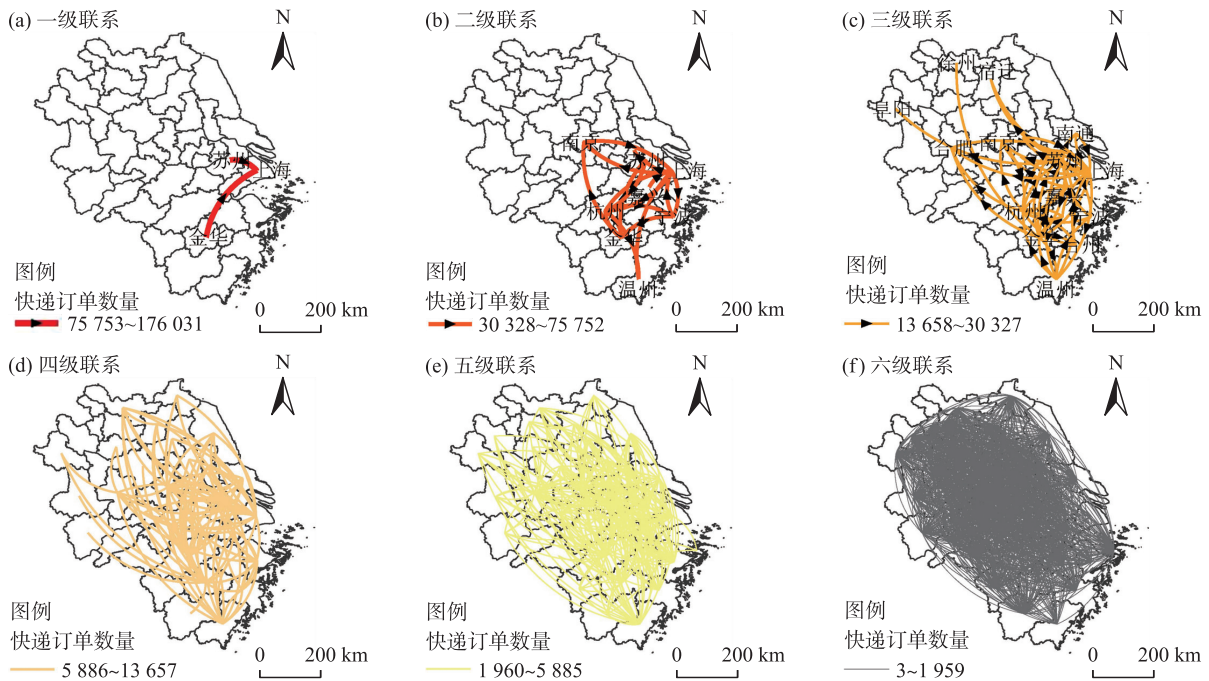


图 1 长三角快递物流联系网络空间格局

Fig. 1 Spatial patterns of express logistics connection network in the Yangtze River Delta

注:底图来源于自然资源部标准地图服务系统,审图号为 GS(2020)3189 号,底图无修改.

表 1 长三角快递物流联系网络层级划分

Table 1 Hierarchy division of express logistics connection network in the Yangtze River Delta

城市联系层级	城市对数量	快递订单数量	快递订单数量占比
一级联系	2	293 380	6.48%
二级联系	18	794 813	17.55%
三级联系	50	963 907	21.28%
四级联系	110	932 678	20.59%
五级联系	260	876 906	19.36%
六级联系	1 200	668 178	14.75%

2.2 城市节点地位探究

2.2.1 城市 DAC 与 DAP 的空间分布

根据公式(1)~(4)可计算得到各城市 DAC 与 DAP 数值,对所得结果进行标准化处理. 在 ArcGIS 中运用自然间断点分类法对城市的 DAC 和 DAP 数值进行层级划分并进行空间可视化. 根据图 2,长三角城

市的 DAC 与 DAP 分布情况相似,高值城市均集中在上海、苏南和浙江地区,在空间上呈“Z”字形分布。DAC 反映了城市节点在快递物流网络中集聚和扩散快递资源的能力,DAC 的数值越大则表示城市节点的枢纽中心性越高。根据图 2(a),上海、苏州、杭州、金华的 DAC 数值处于第 1 层级;南京、宁波、温州、无锡、嘉兴的 DAC 数值处于第 2 层级;合肥、台州、南通、绍兴、镇江、常州、徐州的 DAC 数值处于第 3 层级;其余城市的 DAC 数值则处于第 4、5 层级。可以发现,上海作为直辖市,杭州、南京作为省会城市,其 DAC 数值均较高,而同为省会城市的合肥,其 DAC 数值仅处于第 3 层级,相对低于其他省会城市。相对地,金华作为浙江省的地级市,其 DAC 数值却高于南京、合肥这两座省会城市和宁波等经济较发达的地级市。DAP 反映了在快递物流网络中城市节点控制快递资源流动的能力,其数值越大表示城市节点对快递资源流动的控制能力越强。根据图 2(b),上海的 DAP 数值处于第 1 层级;杭州、苏州、南京、合肥、宁波、金华的 DAP 数值处于第 2 层级;无锡、温州、嘉兴、台州、南通、徐州的 DAP 数值处于第 3 层级;其余城市的 DAP 数值则处于第 4、5 层级。可以发现,与 DAC 相比,城市节点 DAP 数值的大小受城市行政级别的影响更大,杭州、南京、合肥这些省会城市的 DAP 位序均高于其 DAC 位序,反映了省会城市在资源分配和控制方面具有一定优势。

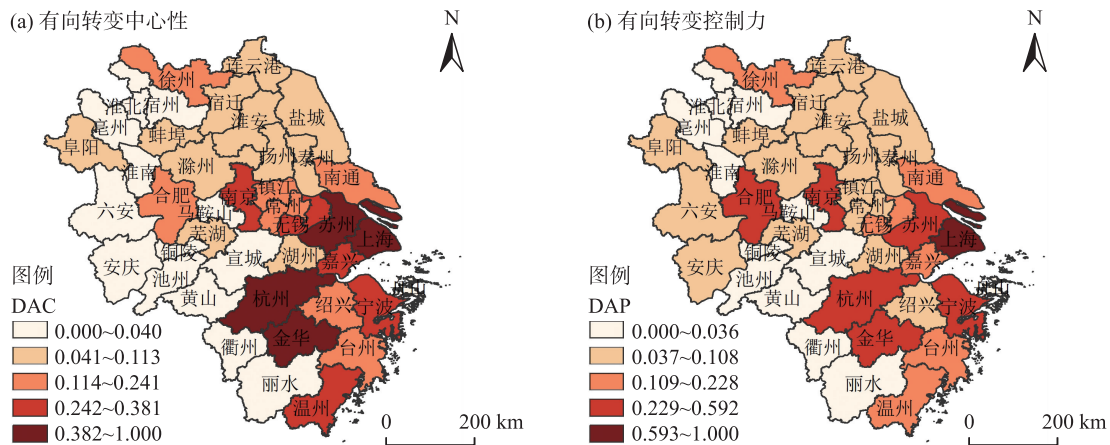


图 2 长三角城市节点 DAC 与 DAP 空间格局

Fig. 2 Spatial patterns of DAC and DAP of urban nodes in the Yangtze River Delta

注:底图来源于自然资源部标准地图服务系统,审图号为 GS(2020)3189 号,底图无修改。

2.2.2 城市节点网络地位分析

城市节点在快递物流网络中的地位是有向转变中心性与控制力共同作用的结果,因此在判断城市节点网络地位时需结合其自身的 DAC 与 DAP 进行综合评价。在 Neal 的研究^[16]中,根据递归中心性和递归控制力数值的大小,世界城市被划分为典型城市(高中心性-高控制力)、枢纽城市(高中心性-低控制力)、门户城市(低中心性-高控制力)和边缘城市(低中心性-低控制力)4 种类型。参考已有研究^[31],本文采用“高-中-低”的三分法,根据自然间断点分类法将城市节点的 DAC 与 DAP 数值进行分级,并进行城市节点类型的划分^[16,33]。

根据表 2,在长三角的 41 个城市中,典型城市包括上海、南京、合肥、宁波、无锡、温州;枢纽城市包括杭州、苏州、金华、嘉兴、台州、南通;其余城市均为边缘城市,门户城市并未出现。“高中心性-高控制力”的城市仅包括上海。上海作为区域中唯一的直辖市,其经济发展水平最高,人口规模最大,具有庞大的消费市场,快递的流入和流出极为频繁,因而其具备了高度集聚与扩散快递资源的能力,并对区域中快递资源的流动具有较强的控制力。“中中心性-中控制力”的城市包括南京、合肥、宁波、无锡、温州 5 座城市。其中,南京与合肥分别为江苏省和安徽省的省会城市,均为各自省份的行政中心;宁波是副省级城市,并且是全国航运物流中心,拥有世界级港口;无锡是长三角重要的中心城市和全国性综合交通枢纽城市;温州是我国东南沿海重要的区域中心城市,民营经济发达。这些城市均具有一定的集聚和扩散快递资源的能力,并对周边地区的快递流动具有一定控制力。“高中心性-中控制力”的城市包括杭州、苏州、金华。这 3 座城市的快递业和电子商务业均较发达,均为区域乃至全国重要的快递货源地,具有较强的快递供给能力,因此在快递物流网络中具有较高的中心性和较强的控制快递资源流动的能力。嘉兴、台州、南通属于“中中

心性-低控制力”的城市. 其余大多数城市则属于“低中心性-低控制力”的城市, 这些城市主要为区域中的快递接收地, 其对快递资源集聚和扩散的能力以及对快递资源流动的控制能力均较弱. 综合来看, 长三角城市的有向转变中心性与控制力在整体上匹配程度较高.

表 2 基于 DAC 和 DAP 的长三角城市节点类型划分

Table 2 Classification of urban node types in the Yangtze River Delta based on DAC and DAP

划分标准	有向转变控制力(DAP)		
	高(0.593~1.000)	中(0.155~0.592)	低(0.000~0.154)
高(0.382~1.000)	上海	杭州、苏州、金华	
中(0.158~0.381)		南京、合肥、宁波、无锡、温州	嘉兴、台州、南通
有向转变中心性(DAC)			徐州、常州、绍兴、宿迁、盐城、镇江、泰州、湖州、阜阳、蚌埠、芜湖、安庆、扬州、滁州、淮安、连云港、六安、宿州、亳州、淮南、丽水、宣城、衢州、马鞍山、舟山、黄山、铜陵、池州、淮北
低(0.000~0.157)			

3 影响因素分析

本文采用地理探测器探究城市节点 DAC 和 DAP 的影响因素. 城市的快递物流水平受多方面因素的影响, 包括城市经济、快递业发展水平、人口总量、居民消费能力等. 基于此, 本文选取了 GDP、第三产业增加值、年末常住人口数量、社会消费品零售总额、公路货运量、城镇常住居民人均可支配收入、快递网点数量共 7 个影响因子, 运用地理探测器分别探测各影响因子对 DAC 和 DAP 的影响. 探测结果包括 q 值和 p 值, 其中 q 值为影响因子对被解释变量的解释力, q 值越大, 表明影响因子对被解释变量的解释力越强; p 值则用于判断计算出的 q 值是否具有显著性.

根据表 3, 各因子对城市节点 DAC 的解释力由大到小依次为快递网点数量(0.710)、年末常住人口数量(0.584)、第三产业增加值(0.577)、社会消费品零售总额(0.562)、城镇常住居民人均可支配收入(0.559)、GDP(0.557)、公路货运量(0.317). 各因子对城市节点 DAP 的解释力由大到小依次为快递网点数量(0.641)、年末常住人口数量(0.582)、第三产业增加值(0.581)、GDP(0.573)、社会消费品零售总额(0.558)、城镇常住居民人均可支配收入(0.476)、公路货运量(0.384). 综合来看, 快递网点数量、城镇常住居民人均可支配收入对城市 DAC 的解释力均大于对城市 DAP 的解释力, GDP 对城市 DAP 的解释力大于对城市 DAC 的解释力.

表 3 长三角城市节点 DAC 与 DAP 影响因子探测结果

Table 3 Detection results of influencing factors of DAC and DAP of urban nodes in the Yangtze River Delta

影响因子	有向转变中心性(DAC)		有向转变控制力(DAP)	
	q 值	p 值	q 值	p 值
GDP	0.557	0.000	0.573	0.000
第三产业增加值	0.577	0.000	0.581	0.000
年末常住人口数量	0.584	0.000	0.582	0.000
社会消费品零售总额	0.562	0.000	0.558	0.000
公路货运量	0.317	0.028	0.384	0.009
城镇常住居民人均可支配收入	0.559	0.000	0.476	0.000
快递网点数量	0.710	0.000	0.641	0.000

4 结论与讨论

4.1 结论

本文以长三角地区为例, 基于有向加权的快递物流数据对城市联系网络及城市节点地位进行了探究, 得出以下结论:

(1) 长三角城市快递物流联系呈“核心-边缘”的空间组织模式, 核心城市联系包括苏州→上海、金华→上海等.

(2)长三角城市的 DAC 与 DAP 空间分布情况相似,高值城市均集中在上海、苏南、浙江地区,在空间上呈“Z”字形分布。

(3)长三角城市的 DAC 与 DAP 在整体上匹配程度较高。典型城市包括上海、南京、合肥、宁波、无锡、温州;枢纽城市包括杭州、苏州、金华、嘉兴、台州、南通;其余城市均为边缘城市,并未出现门户城市。

(4)快递网点数量、年末常住人口数量、第三产业增加值等因素均对城市的 DAC 与 DAP 存在显著影响。快递网点数量和城镇常住居民人均可支配收入对城市 DAC 的影响更大,GDP 对城市 DAP 的影响更大。

4.2 讨论

本文研究发现,在长三角的快递物流网络中,金华以其突出的快递业水平,在城市网络中处于较高的地位。该发现在一定程度上说明了流动空间中城市在网络中的等级地位不再单纯地受传统等级规模的影响,城市在网络中的地位与其汇集、转换资源能力相关,许多中小城市通过其自身的某项突出职能在城市网络中扮演着重要的角色。在未来长三角城市快递物流发展中,上海、杭州、苏州、金华等有向转变中心性与控制力均较高的城市可进一步发挥对周边城市的辐射带动作用,以促进区域物流一体化发展。

[参考文献]

- [1] 王姣娥,景悦. 中国城市网络等级结构特征及组织模式:基于铁路和航空流的比较[J]. 地理学报,2017,72(8):1508-1519.
- [2] 吴康,方创琳,赵渺希. 中国城市网络的空间组织及其复杂性结构特征[J]. 地理研究,2015,34(4):711-728.
- [3] 王士君,廉超,赵梓渝. 从中心地到城市网络:中国城镇体系研究的理论转变[J]. 地理研究,2019,38(1):64-74.
- [4] 陈硕,张维阳,高建华. 铁路交通流视角下中原城市群城市体系演变:基于城市中心性与中介性的分析[J]. 人文地理,2019,34(6):62-70.
- [5] 王成,王茂军,柴箐. 城市网络地位与网络权力的关系:以中国汽车零部件交易链接网络为例[J]. 地理学报,2015,70(12):1953-1972.
- [6] 盛科荣,杨雨,孙威. 中国城市的网络地位及影响因素研究:基于上市公司 500 强企业网络视角[J]. 地理科学,2020,40(5):740-750.
- [7] 赵梓渝,魏冶,王士君,等. 有向加权城市网络的转变中心性与控制力测度:以中国春运人口流动网络为例[J]. 地理研究,2017,36(4):647-660.
- [8] 盛科荣,杨雨,孙威. 中国城市网络中心性的影响因素及形成机理:基于上市公司 500 强企业网络视角[J]. 地理科学进展,2019,38(2):248-258.
- [9] 杨希,匡佳文,何丹,等. 企业网络视角下上海五大新城地位辨析[J]. 地理科学进展,2022,41(7):1183-1194.
- [10] 徐珊,甄峰. 省域城市网络中心性测度及比较研究:以江苏省和广东省的对比分析为例[J]. 人文地理,2021,36(1):135-144.
- [11] 雷菁,钟业喜,冯兴华,等. 基于交通信息流的长江经济带城市中心性及其影响因素[J]. 经济地理,2021,41(8):97-105.
- [12] 盛科荣,王传阳,张杰,等. 技术流动视角下中国城市网络权力与知识生产的交互影响[J]. 经济地理,2023,43(7):130-138.
- [13] 汤恒,许捍卫,汪成昊. 基于信息流的长三角城市群中心性及影响因子研究[J]. 地理与地理信息科学,2022,38(1):94-102.
- [14] 朱查松,王德,罗震东. 中心性与控制力:长三角城市网络结构的组织特征及演化[J]. 城市规划学刊,2014(4):24-30.
- [15] 尹宏玲,吴志强,杨婷. 扎克瑞·尼尔世界城市网络测度方法评述及其启示[J]. 国际城市规划,2014,29(6):110-113.
- [16] NEAL Z. Differentiating centrality and power in the world city network[J]. Urban studies,2011,48(13):2733-2748.
- [17] NEAL Z. Does world city network research need eigenvectors? [J]. Urban studies,2013,50(8):1648-1659.
- [18] 赵梓渝,魏冶,庞瑞秋,等. 基于人口省际流动的中国城市网络转变中心性与控制力研究:兼论递归理论用于城市网络研究的条件性[J]. 地理学报,2017,72(6):1032-1048.
- [19] 文超,詹庆明,刘达,等. 基于有向转变中心性与控制力的长三角城市网络空间结构分析[J]. 地理科学,2021,41(6):971-979.
- [20] 甄峰,李哲睿,谢智敏. 基于人口流动的城市内部空间结构特征及其影响因素分析:以南京市为例[J]. 地理研究,2022,41(6):1525-1539.

- [21] 高苹,戚伟,刘盛和,等. 中国城市网络结构特征及组织模式:基于长短期人口流的比较[J]. 人文地理,2023,38(6):82-91.
- [22] 王艳茹,谷人旭. 长三角地区城市网络结构及其演变研究:基于企业联系的视角[J]. 城市发展研究,2019,26(6):21-29.
- [23] 李鲁奇,孔翔. “双十一”期间中国快递流通的时空结构与效率:基于时间地理学视角[J]. 地理研究,2019,38(8):1891-1904.
- [24] HESSE M. Logistics:situating flows in a spatial context[J]. Geography compass,2020,14(7):e12492.
- [25] 唐承辉,马学广. 中国城市网络化物流联系空间格局与结构:基于快递网点数据的研究[J]. 地理科学进展,2020,39(11):1809-1821.
- [26] 沈丽珍,席广亮,秦萧,等. 基于快递物流测度的区域流动空间特征:以江苏省为例[J]. 人文地理,2018,33(1):102-108.
- [27] 李鲁奇,马学广. 基于运单数据的中国快递型物流网络格局、结构与功能:以宅急送为例[J]. 地理科学,2019,39(1):89-97.
- [28] 李苑君,吴旗韬,张玉玲,等. 中国三大城市群电子商务快递物流网络空间结构及其形成机制研究[J]. 地理科学,2021,41(8):1398-1408.
- [29] 葛迎遨,杨山,杜海波. 长江经济带城市快递物流网络空间结构及影响机制研究[J]. 地理研究,2025,44(1):110-128.
- [30] 葛迎遨,杨山,杜海波. 长三角城市快递物流联系网络及空间平衡格局研究[J]. 地理科学进展,2024,43(7):1307-1319.
- [31] 高雅妮,何丹,高鹏,等. 基于三层级股权关系的长三角城市网络节点地位研究[J]. 地理研究,2022,41(6):1577-1592.
- [32] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报,2017,72(1):116-134.
- [33] WEI Y,WANG J,ZHANG S,et al. Urban positionality in the regional urban network:through the lens of alter-based centrality and national-local perspectives[J]. Habitat international,2022,126:102617.

[责任编辑:丁 蓉]