

长三角物流网络动态联系与不平衡演进

——基于社会网络视角

唐建荣 薛锐 曹玲玉¹

(江南大学 商学院, 江苏 无锡 214122)

【摘要】: 文章基于社会网络视角, 采用修正引力模型并结合地理探测器, 研究过程通过 Arcgis 进行可视化展现, 探索了 2003—2017 年长三角物流网络的动态联系、网络特征及驱动因素。研究表明: 长三角物流质量水平还有很大的发展空间; 长三角物流网络的动态联系自东向西逐渐减弱; 长三角物流网络结构趋于稳定, 但并未打破经济发展水平的分布格局, 呈现东强西弱的特征, “马太效应”显著; 子群内部联系高于子群间联系, “内卷化”进一步增强, 阻碍了长三角物流网络的均衡发展; 区域经济和信息化水平的不平衡发展是导致长三角物流网络空间分异的主要驱动因子, 且因子之间的交互作用呈现“1+1>2”的互补增强效应。据此, 从机制破壁、资源破壁和要素破壁三方面提出了促进长三角物流网络均衡发展的政策建议。

【关键词】: 时空分异 社会网络分析 地理探测器 内卷化

【中图分类号】: F127; F259.27 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1007-5097 (2021) 03-0019-12

一、引言

长三角经济圈位于长江中下游平原, 能够同时利用国内国际两种市场及资源, 具有极大的区位优势。进入 21 世纪, 长三角经济圈作为经济增长极之一, 也是我国区域一体化发展起步最早、基础最好、程度最高的地区^[1]。根据 2019 年《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》, 将长三角区域一体化范围正式定为苏浙皖沪三省一市所属全部区域。区域经济一体化的发展目标之一就是实现要素在区域间的自由流动, 而这种要素流动的载体, 除了资金之外, 全部都要依赖庞大的现代物流网络才能实现^[2]。因此, 研究长三角物流网络内部的动态联系与演进状况, 通过实证分析长三角物流质量水平和物流网络发展状态, 并挖掘导致不平衡演进的驱动因素, 针对性地提出改进意见, 从而达到激发区域经济的发展潜力和实现生产要素合理分配的目的, 对于长三角区域一体化均衡发展意义突出。

刘荷等 (2014) 基于轴辐理论研究了区域物流网络构建的思路和方法, 构建了以福州物流圈、温州物流圈及厦门—泉州物流圈为核心的海西区轴辐式物流网络^[3]; 曹炳汝等 (2016) 运用轴辐式物流网络基本原理, 采用因子分析等方法, 构建了长三角区域以上海物流圈、南京物流圈、杭州物流圈为核心的轴辐式物流网络^[4]。传统物流网络的研究主要基于辐射理论的角度, 并且侧重于网络构建和网络特点的研究。现阶段很多学者从网络结构及驱动因素的角度, 采用社会网络分析方法对物流网络进行深入研究。刘程军等 (2019) 基于空间联系视角, 采用社会网络分析方法研究了浙江省县域物流空间联系特征及其网络结构^[5]; 唐

¹作者简介: 唐建荣 (1964-), 男, 江苏无锡人, 教授, 博士, 研究方向: 企业管理;

薛锐 (1997-), 男, 江苏淮安人, 硕士研究生, 研究方向: 物流规划与设计;

曹玲玉 (1996-), 女, 江苏南通人, 硕士研究生, 研究方向: 企业物流管理与运作。

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于多变量灰色预测模型的食品安全风险预警研究” (7187011262); 中央高校基本科研业务费专项资金项目“企业家人力资本的结构、影响与激励研究” (2015JDZD11); 苏南资本市场研究中心资助项目 (2017ZSJD020)

建荣等（2019）基于修正引力模型，运用社会网络分析方法，探索了长江经济带城际物流网络的空间结构演变特征及其影响因素^[6]。轴辐理论和社会网络分析方法研究物流网络的驱动因素均是从单因素角度出发，并没有考虑驱动因素间的交互作用对物流网络空间分异的影响。而地理探测器作为能够探测空间分异特征以及揭示其背后驱动力的一组统计学方法，能够弥补传统物流网络研究方法的不足，但在物流领域还鲜有应用。赵小凤等（2018）在分析 345 个城市建设用地规模时空变化的基础上，运用地理探测器识别城市建设用地规模扩张的影响因素及其交互作用，得出中国城市建设用地扩张受产业、投资和人口共同驱动，但驱动力大小存在较大空间差异的结论^[7]；乔家君等（2020）从自然、经济和社会三方面考虑，运用地理探测器，研究发现黄河流域农区贫困特征呈现出自然贫困导致经济贫困，最终产生社会贫困的变化态势，而社会贫困难以改善自然贫困，最终形成“贫困循环怪圈”的现象^[8]。

通过对上述文献的研究发现，学者多侧重于网络研究范式的引入，进而探讨城市或区域物流空间的关联特征。然而，各城市之间在自然区位、经济发展水平和政府政策等方面存在较大差异，只注重网络研究范式和单一驱动因素对网络发展的影响是不全面的。本文基于熵权 TOPSIS 测算长三角各城市的物流质量水平，通过改进引力模型、社会网络分析方法研究长三角各城市之间的物流联系与物流网络的空间分异特征，并采用两种地理探测器挖掘长三角物流网络发展过程的驱动因素，研究过程通过 Arcgis 空间分析方法进行可视化处理，深入探讨长三角物流网络的动态联系与不平衡演进。

二、研究方法数据来源

（一）数据来源

长三角城市群是以上海为中心，位于长江入海口的冲积平原，以上海市，江苏省所属南京、苏州、无锡、常州、南通、扬州、镇江、泰州、盐城，浙江省所属杭州、宁波、温州、湖州、嘉兴、绍兴、金华、舟山、台州，安徽省所属合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城，共 27 个城市为核心区域，带动长三角地区高质量发展。本研究采用 2019 年长三角规划纲要划定的 27 个核心城市为研究样本，选取此区域 2003—2017 年的指标数据，探究长三角地区城市物流的动态联系与演进过程。

考虑数据的可获得性与可比性以及评价指标体系的系统性与客观性，本文从物流需求、基础设施建设、信息化水平、区域经济发展四个方面分别选取地区货运总量、邮政业务总量、社会消费品零售总额、进出口总值、公路里程、邮政机构数量、国际互联网用户数量、电信业务总量、地区生产总值 9 项指标构建地区物流质量评价体系。数据来源于各市统计年鉴以及知网大数据平台。

（二）研究过程与方法

社会网络分析（Social Network Analysis, SNA）是以数据挖掘、知识管理、信息传播、小世界理论等研究领域为基础，采用可视化地图以及社会网络结构研究样本之间关系的一套规范和方法，是一种定量的群体交互行为研究方法。可以运用 SNA 方法建立社会关系模型，研究社群内部行动者之间的各种社会关系。社会网络分析的核心在于“关系”，既可以是社会关系、行为关系，也可以是政治关系、经济关系，在本文中代表物流节点城市之间的联系。城市作为社会网络中的节点，也可以看成是社会网络中的成员。本文利用 SNA 方法，将长三角核心城市群作为社会网络中的成员，通过修正引力模型、网络密度、中心度、凝聚子群等社会网络分析指标，研究长三角物流网络的动态联系与演进情况，并采用两种地理探测器分析长三角物流网络演进现状的驱动因素。

（1）引力模型。刘艳等（2019）^[9]、曹允春等（2020）^[10]利用改进引力模型分别研究了京津冀地区和空港型国家物流枢纽承载城市的物流空间联系网络。本文使用修正后的引力模型衡量长三角城市群中各物流节点城市的联系强度^[11]，以引力值区分各物流节点城市的联系强度与主要方向。运用熵权 TOPSIS 方法计算得出城市物流质量指数表示引力模型中的质量^[5]，将城市间最短

空间距离和时间距离作为经济距离表示其间距，修正后的引力模型公式为：

$$R_{ab} = k_{ab} \frac{M_a M_b}{D_{ab} T_{ab}} \quad (1)$$

其中： R_{ab} 表示两个城市之间的绝对联系值，即两个城市物流的联系强度； M_a 和 M_b 为城市物流质量； D_{ab} 为两个城市之间的最短空间距离（km）； T_{ab} 为两个城市之间的最短时间距离（min），最短空间距离与时间距离数据均由百度地图数据所得；

$k_{ab} = \frac{GDP_a}{GDP_a + GDP_b}$ ，且 $k_{ab} \neq k_{ba}$ ， k_{ab} 和 k_{ba} 为物流引力强度，城市之间的物流引力强度不相等，经济发达城市对经济相对落后城市的物流引力强度较大。

（2）网络密度。网络整体为其中的成员提供各种社会资源，网络密度描述了网络中各成员结点之间关联的紧密程度^[12]，成员之间联系越频繁，网络密度越大，该网络对其中成员所产生的影响越大。如下式所示：

$$D = \frac{\sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^n T_{ij}}{N}, \quad i \neq j \quad (2)$$

其中： D 为网络密度； T_{ij} 为实际联系总数； N 为节点数。

（3）网络中心性。网络中心性用于刻画各成员在整体社会网络中的中心程度，社会学中将其描述为“权力”代表成员的重要程度与优越性。社会网络分析从“关系”的角度将社会学中的“权力”定量表示^[13]，如中心势、中心度。本文从中心度的角度剖析各城市物流在长三角城市物流网络中的联系与所扮演的角色。

度数中心度又称“连接中心度”，即一个城市与其他城市直接连接的总和。因此，度数中心度代表着一个城市在整体网络中的凝聚力。城市之间的连接具有方向性，采用点入度和点出度描述。点入度表现一个城市的被关注程度，体现了城市的吸引力，点入度高的城市能够引导网络交流中的内容、视角、深度、广度等方面。点出度表现一个城市关注其他城市的程度，体现了城市的积极性与交际性，点出度高的城市能够从网络中的其他成员处获得丰富的信息。如下式所示：

$$C_o(i) = \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad (3)$$

$$C_l(i) = \sum_{j=1}^n T_{ji} \quad (4)$$

中间中心度又称“中介中心度”，经过一个城市的最短路径数量越多，其中间中心度越高，即具有沟通其他城市物流的桥梁作用。中间中心度高的城市在网络中处于重要地位，具有影响其他城市交流的能力，代表的是网络中的成员对资源控制的程度^[14]。如下式所示：

$$C_{ABi} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}}, \quad j \neq k \neq i \quad (5)$$

其中： C_{ABi} 是成员 i 的中间中心度； g_{jk} 是成员 j 和成员 k 之间存在的最短路径数量； $g_{jk}(i)$ 是成员 j 和成员 k 之间的最短路径中经过成员 i 的数量。

接近中心度代表网络中一个城市到其他城市的捷径距离总和，体现的是一个城市与其他城市的邻近程度。处于网络边缘的城市在物流活动中需要依赖于其他城市才能与更多的城市产生沟通。一个城市的接近中心度越高，意味着该城市与网络中其他城市更接近，在要素传递方面越不依赖于其他城市^[15]。如下式所示：

$$C_{APi}^{-1} = \sum_{j=1}^n d_{ij}$$

其中： C_{APi}^{-1} 是成员 i 的接近中心度； d_{ij} 是成员 i 与成员 j 之间的捷径距离（捷径中包含的线数）。

（4）凝聚子群。凝聚子群分析是一种最典型的社会网络子结构分析方法，其优点是能够简化复杂的整体社会网络结构，使研究者能够寻找到蕴涵在网络中的子结构（Sub—Structure）及其相互关系，从而更有力和更简洁地可视化表征网络结构^[16]。本文采用的凝聚子群方法属于有向网络的派系，主要考虑物流网络成员之间的“互惠”关系，属于强派系。

就关联性而言，一个凝聚子群一般不会因为从中拿掉几条线就变成不关联图。正是考虑这一点，伯伽提等学者提出了“lambda 集合”（lambda set）这个新概念，即“边关联度”，记为 $\lambda(i, j)$ 。 $\lambda(i, j)$ 等于为了使得这两个点之间不存在任何路径，必须从图中去掉的线的最小数目。 $\lambda(i, j)$ 值越大， i 和 j 越稳健； $\lambda(i, j)$ 值越小， i 和 j 越敏感。因而本文用 lambda 集合考察长三角物流网络的稳定性。

派系也会影响网络的稳定性，在一个组织中可能存在多个小派系。简单地说，可以把网络中存在的关系分为两类，即各派之间的关系和每派内部的关系，前者对于组织的危机管理来说往往居于重要地位。由此，本文可以构造一个指数，即 E-I 指数（Exyernal-Internal Index），专门测量派系林立的程度，

（5）地理探测器。地理探测器（Geodetector, GD）是探测空间分异性以及揭示其背后驱动力的一组统计学方法^[17]，其作为一种探测地理要素空间格局成因和机理的重要方法被逐渐应用于社会经济、生态环境等相关领域研究中。本文主要运用地理探测器中的因子探测器和交互作用探测器，探测物流需求、基础设施建设、信息化水平和区域经济等要素对物流质量水平空间分异的影响。

因子探测器是探测 Y 的空间分异性以及探测某因子 X 多大程度上解释了属性 Y 的空间分异。用 q 值度量，表达式为：

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (7)$$

其中： q 为长三角各核心城市物流质量水平的驱动因素解释力； $h=1, \dots, L$ 为变量 Y 或者因子 X 的分层，即分类或者分区； N_h 和 N 分别为层 h 和全区的单元数； σ_h^2 和 σ^2 分别是层 h 和全区的 Y 值的方差。

由于影响物流质量水平空间分异的因子并非单一的，很大程度上是因子之间的交互作用导致长三角物流网络的不平衡演进，所以需要交互作用探测器。识别不同风险因子之间的交互作用，即评估因子 X_1 和 X_2 共同作用时是否会增加或减弱对因变量 Y 的解释力，或这些因子对 Y 的影响是相互独立的。评估的方法是首先分别计算两种因子 X_1 和 X_2 对 Y 的 q 值： $q(X_1)$ 和 $q(X_2)$ ，并且计算它们交互时的 q 值： $q(X_1 \cap X_2)$ ，并对 $q(X_1)$ 、 $q(X_2)$ 与 $q(X_1 \cap X_2)$ 进行比较。通过比较，探测因子之间的交互作用可分为以下几类：非线性减弱、单因子非线性减弱、双因子增强、独立和非线性增强。

三、长三角物流网络动态联系与网络特征分析

从 2003 年沪苏浙高层领导提出共同建设以上海为主导的“区域经济一体化试验区”，到 2008 年安徽省党政领导首次参加长三角主要领导座谈会，直至 2019 年中共中央政治局会议审议通过了《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》，如今区域范围已覆盖三省一市。长三角一体化已上升为国家战略，成为区域经济中的“金字招牌”，持续吸引着外界关注的目光。在区域一体化持续增强的背景下，生产要素在庞大的城市网络间不断流动，难免会产生巨大的社会费用和聚集不经济。本文运用社会网络分析方法，从物流发展水平、网络密度、网络中心性以及凝聚子群分析等方面分析长三角物流动态联系与演进的过程，从而为区域物流网络的持续性健康发展提供科学的判断依据。

（一）长三角物流质量水平及动态联系分析

1. 长三角物流质量水平

本文以 21 世纪以来长三角 27 个核心城市的相关统计数据为样本，采用熵权 TOPSIS 方法，从物流需求、基础设施建设、信息化水平、区域经济发展四个方面对各城市的物流发展水平进行综合评价，测得具有代表性的 2003 年、2010 年和 2017 年各城市的物流发展质量水平，见表 1 所列。

表 1 长三角物流质量水平

城市	2003 年	2010 年	2017 年	城市	2003 年	2010 年	2017 年
上海	0.986545	0.976882	0.937711	嘉兴	0.099848	0.061725	0.121177
南京	0.198286	0.136455	0.255336	绍兴	0.092541	0.058635	0.135254
无锡	0.15673	0.118434	0.200888	金华	0.107552	0.248107	0.143423
常州	0.087895	0.070113	0.111912	舟山	0.017594	0.019801	0.053082
苏州	0.365697	0.301708	0.430317	台州	0.10882	0.070088	0.145097
南通	0.115728	0.106179	0.147298	合肥	0.126756	0.062041	0.230616
扬州	0.082604	0.06259	0.083039	芜湖	0.032169	0.032555	0.133101
镇江	0.070132	0.040012	0.050198	马鞍山	0.015554	0.016303	0.081023
盐城	0.105023	0.078217	0.088091	铜陵	0.003726	0.003037	0.044579
泰州	0.071808	0.05368	0.074587	安庆	0.061606	0.056256	0.177388
杭州	0.220325	0.150461	0.336884	滁州	0.059402	0.050669	0.164179
宁波	0.189001	0.165702	0.270588	池州	0.028204	0.020051	0.082726
温州	0.146809	0.079403	0.201095	宣城	0.046764	0.040884	0.126907
湖州	0.066594	0.043034	0.088466				

从表 1 可以看出，长三角物流网络的各城市物流质量水平仍然处于参差不齐的状态，但大部分城市 2017 的物流质量水平相

较于 2003 年都取得了十分巨大的进展。其中近年刚加入长三角物流网络的城市如芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城等现阶段的物流质量水平较低，但其增长速度呈现出“后来居上”的态势。由此可见，在安徽各城市为长三角物流网络带来新鲜血液的同时，长三角物流网络也为其发展注入了新的助推剂。

2. 长三角物流网络动态联系分析

根据长三角物流质量水平，采用改进后的引力模型测得各城市的引力值作为各城市与其他城市的物流联系值。并通过 Arcgis 空间计量工具，得到长三角物流网络联系的动态变化，如图 1 所示。

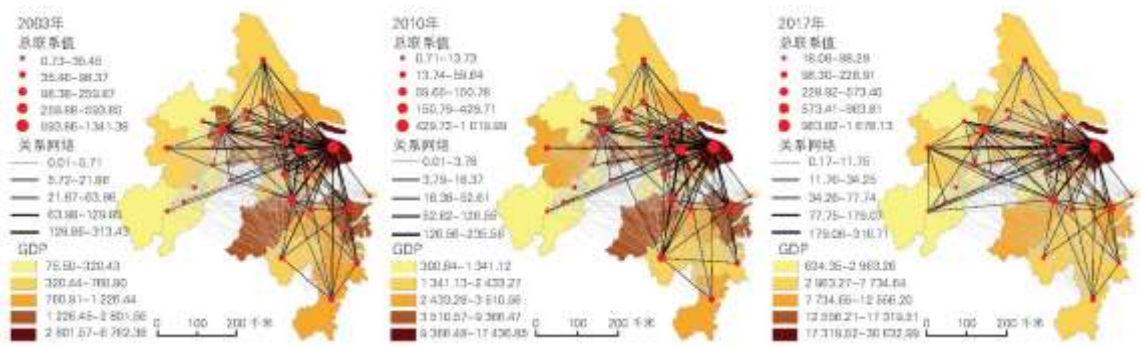


图 1 长三角物流网络动态联系

为了更直观地展现长三角地区物流网络结构的动态改变，在 Arcgis 中将关系网络值低于 15 的线设为灰色表示弱联系，两个城市之间的连线越深，两者之间的物流联系越紧密。且节点越大表示联系值越大，此城市在整体网络中的地位越高。

总体而言，长三角物流网络联系的整体格局相对稳定，但空间分异特征较为明显。水平方向上主要以上海—苏州—无锡—南京—六安为核心线向内陆延伸，且呈现出从东至西物流联系逐渐减弱的趋势。垂直方向上主要以盐城—南通—无锡—苏州—上海—嘉兴—杭州—宁波—台州—温州为核心线向南北延伸，且以上海为中枢，呈现中间高两端低的态势。南北核心线附近的物流联系网络密度大于东西方向，但随着长三角一体化趋势逐渐增强，东西方向的物流联系网络密度也在逐年递增。长三角一体化的发展，不仅使得省际物流网络联系更加紧密，各省内部城市之间的物流网络密度也进一步增大。

（二）长三角物流网络特征分析

1. 长三角物流网络整体空间特征

为探究长三角物流网络的整体空间特征，进一步消除极大值和极小值的影响，比较各年密度的变化，将有向多值网络转化为有向二值网络^[18]，并通过 Ucinet 软件测算长三角物流网络各年的网络密度值，以此衡量网络的紧密程度。具体见表 2 所列。

表 2 长三角物流网络整体密度

项目	2003 年	2010 年	2017 年
整体网络密度	1.4367	1.8242	1.9573
标准差	0.3826	0.4257	0.4901

2003—2010 年，整体网络密度值增长较快，而标准差处于较低的水平，此阶段的长三角物流网络处于成长阶段，整体网络日渐紧密，网络内部强联系与弱联系的差异并不明显；2010—2017 年，整体网络密度值增长减缓，且标准差处于较高的水平，表明现阶段的长三角物流网络已趋于成熟，网络内部强联系与弱联系的差异进一步增大并趋于稳定。整体来说，长三角物流网络的内部联系日益增强，但由于经济、政治及区位等因素的影响，网络内部的差异也日渐显著。

2. 长三角物流网络个体空间特征

本文从三种网络中心度的角度对长三角物流网络的个体空间特征进行分析，通过 Ucinet 软件计算得到长三角 27 个核心城市的网络中心度。

(1) 度数中心度。如表 3 所列，基于度数中心度视角分析，2003—2017 年长三角各核心城市的度数中心度、点出度和点入度整体呈现上升趋势，且 2010—2017 年上升幅度较大，说明近 10 年来长三角物流网络的复杂性变化尤为突出。其中上海、杭州、苏州和南京一直位于前 4 名，表明这四座城市与其他城市联系更紧密，具有较强的辐射能力，因此处于长三角物流网络的核心位置。围绕四个物流核心城市的其他东部城市的点出度均高于点入度，表明这些城市的辐射能力均大于接受能力，对长三角西部地区的物流网络产生正向溢出效应。2003—2010 年安徽省大部分城市的点出度均为 0，即与其他城市的物流联系处于弱联系状态。此种情况虽在近 10 年间有所好转，但整体点入度远高于点出度，表明仍处于被动接受的状态。作为安徽省省会的合肥市，度数中心度排名低于无锡和宁波，表明其吸引力仍不足以与上海和杭州相竞争，以至于被与上海和杭州相接近的苏州、南京、无锡、宁波超过。21 世纪以来，度数中心度上升最快的是宣城和安庆，分别从 26.923 和 23.077 上升至 73.077 和 69.231，均上升了 46.154，物流联系水平显著增强。

表 3 长三角物流网络度数中心度

城市	2003 年			2010 年			2017 年		
	度数中心度	点出度	点入度	度数中心度	点出度	点入度	度数中心度	点出度	点入度
上海	96.154	25	16	96.154	25	17	100.000	26	16
南京	92.308	24	13	80.769	25	13	96.154	26	14
无锡	76.923	24	16	65.385	22	10	92.308	26	14
常州	50.000	22	14	46.154	21	11	65.385	25	15
苏州	92.308	20	10	96.154	19	11	100.000	24	11
南通	53.846	20	11	57.692	19	15	65.385	22	13
扬州	34.615	14	13	23.077	17	10	23.077	20	11
镇江	42.308	14	10	34.615	15	11	26.923	17	10
盐城	53.846	13	12	46.154	11	11	57.692	17	8
泰州	42.308	12	11	42.308	10	11	34.615	14	11
杭州	84.615	10	10	84.615	9	10	100.000	13	13
宁波	76.923	8	9	73.077	7	7	84.615	11	11
温州	38.462	8	10	23.077	6	11	50.000	10	10
湖州	38.462	8	11	38.462	5	4	38.462	8	15
嘉兴	57.692	7	9	42.308	4	6	61.538	8	11
绍兴	42.308	6	10	34.615	4	6	61.538	7	20
金华	38.462	4	10	76.923	3	9	50.000	6	17
舟山	11.538	3	9	11.538	3	10	15.385	6	9
台州	34.615	3	11	23.077	1	7	34.615	5	10

合肥	46.154	2	8	26.923	1	6	76.923	5	18
芜湖	15.385	1	5	19.231	0	5	65.385	5	8
马鞍山	7.692	0	4	11.538	0	3	46.154	4	12
铜陵	0.000	0	0	0.000	0	0	30.769	3	6
安庆	23.077	0	3	30.769	0	3	69.231	1	5
滁州	30.769	0	2	38.462	0	10	80.769	1	7
池州	15.385	0	4	11.538	0	3	46.154	1	12
宣城	26.923	0	7	26.923	0	7	73.077	0	4

(2) 中间中心度。21 世纪以来, 上海的中间中心度一直位于长三角物流网络中的首位, 表明经过上海的最短路径最多, 其在长三角物流网络中处于中枢位置, 且资源控制能力极强, 因而具有影响此区域大部分城市节点物流沟通的能力。经过聚类排序表明: 苏州、南京和杭州的中间中心度仅次于上海, 且均大于 6, 属于长三角物流网络的次级核心, 在物流沟通中发挥重要的桥梁作用; 合肥、宁波、无锡和金华的中间中心度处于 0.6~5 的水平, 属于地方性联系中心; 而其他中间中心度小于 0.6 的城市属于长三角物流网络中的一般性节点。如图 2 所示, 上海、苏州、南京和杭州等东部地区所组成的第一梯队, 既是经济发达城市, 也是长三角物流网络中的重要节点; 而以安徽省各城市节点为代表的长三角西部地区, GDP 与中间中心度排名皆靠后。从对图 2 中的统计数据相关性分析的结果来看, 2003—2017 年长三角各城市的 GDP 与中间中心度的 Pearson 相关系数为 0.904, 表明各物流节点的重要程度与其 GDP 发展水平高度相关, 并没有跳出 GDP 发展的分布格局。长三角物流网络的现状符合美国科学史研究者罗伯特·墨顿提出的马太效应理论, “强者越强、弱者越弱” 的现象在长三角物流网络的空间分异上得到彰显。



图 2 长三角物流网络中间中心度

(3) 接近中心度。如图 3 所示, 上海、苏州、南京、杭州和合肥的接近中心度位于长三角物流网络的前列, 表明上海及各省会城市与其他城市的物流沟通不完全依赖于中间节点, 因此在物流沟通中能够获得更高的效率。由图 1 可知, 苏州处于多核心的交界处, 因而中间中心度和接近中心度的排名都十分靠前, 其他城市都希望与其直接沟通而获得更多的资源, 为自身谋求更好的发展。21 世纪前 10 年长三角物流网络的接近中心度普遍偏低且变化趋势不明显, 此阶段所有城市之间的物流沟通对中间节点城市的依赖性很强。随着近 10 年长三角经济水平、交通设施以及信息技术的快速发展, 长三角各城市之间已经逐步打破了空间分布格局。上海、江苏、浙江、安徽的平均接近中心度分别上升至 100、75.86、71.22 和 72.97, 各城市之间的直接沟通越来越紧密, 各城市对中间节点的依赖性逐渐减弱, 接近中心度得到了显著的提高。



图 3 长三角物流网络接近中心度

综合上述三种个体网络特征指标来看，上海处于长三角物流网络的中枢地位，对周边城市产生强大的物流辐射能力，同时也不断吸收周边城市的优势资源，与周边城市形成很好的良性互动。如图 1 所示，苏州、杭州和南京作为承接上海资源转移的优先区位点，已成长为长三角物流网络的次级核心，负责将长三角的各种资源进一步向其他地区辐射的同时自身也得到了长足的发展。从度数中心度和中间中心度来看，靠近上海的长三角东部地区普遍高于长三角西部地区，表明长三角东部地区物流节点城市的凝聚力和对资源的控制程度都高于长三角西部地区，并未打破经济发展的空间分布格局，马太效应表现显著。在接近中心度的表现方面，2003—2017 年安徽省各物流节点城市的平均接近中心度提高了 36.12，仅次于上海。表明现阶段长三角西部地区物流节点城市的资源控制能力虽然较弱，但独立性正在迅速增强。

3. 长三角物流网络结构的稳定性与分裂指数

(1) 凝聚子群分析。为探究长三角物流网络结构的稳定性与分裂指数，首先进行网络空间聚类特征分析。在 Ucinet 中采用基于点集位置结构关系的 CONCOR 算法，将最大分割深度设为 2，27 个核心城市被划分成 4 个子群，同时得到反应各子群间联系强度的密度矩阵，见表 4 所列。由于每年的子群分割变化缓慢，特以样本范围内的第一年和最后一年的子群进行比较分析。

表 4 长三角物流网络空间聚类的密度矩阵

子群	1	2	3	4
1	1.000/0.958	0.732/0.746	0.775/0.611	0.464/0.857
2	0.571/0.460	0.738/0.714	0.143/0.036	0.061/0.367
3	0.325/0.167	0.000/0.000	0.200/0.601	0.086/0.107
4	0.018/0.095	0.000/0.000	0.029/0.000	0.024/0.619

如图 4 所示，2003—2017 年长三角物流网络的凝聚子群结构相对稳定，以上海为代表的第 1 子群包含的核心城市数量最多，第 3 子群包含的核心城市数量最少，第 2 子群最为稳定，尚未发生改变。第一、二子群多为经济发达的长三角东部地区城市，经济相对较差、交通区位欠佳的长三角西部地区城市则聚集在第三、四子群。与 2003 年相比，现阶段合肥从第三子群加入了第一子群，表明安徽省在融入长三角一体化的过程中取得了显著的发展成果。

所有子群的内部联系均大于外部联系，且现阶段的内部联系值均大于 0.5，表明长三角物流网络的子群内部具有高度的信息和资源流动性，整体网络的联系密度进一步增强。第一子群的内部联系最为紧密，第四子群的内部联系最弱，且呈现出经济越

发达、内部联系越紧密的格局,不利于长三角物流网络的均衡发展。第三、四子群由于经济发展相对缓慢,因而内部联系和外部联系都不紧密。外部联系的平均密度呈上升趋势,表明现阶段的长三角物流网络发展虽东西失衡,但各子群之间的联系正在增强,一体化趋势明显,正朝着资源共享的方向努力。

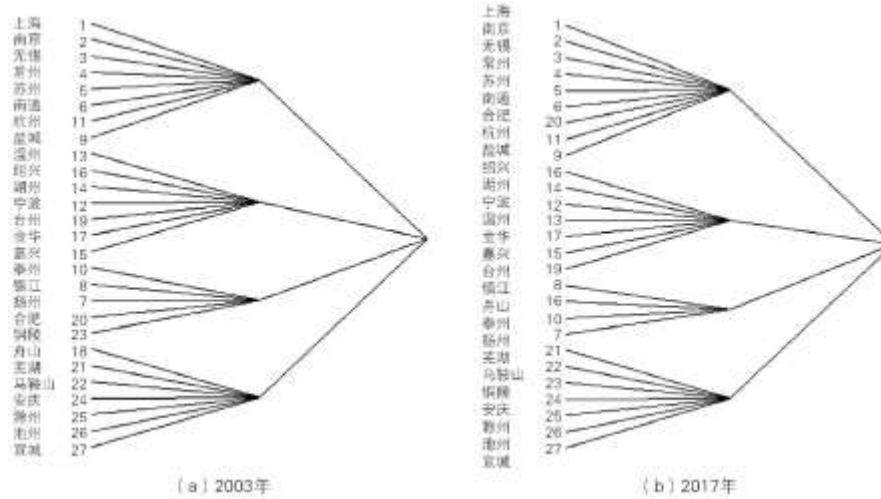


图 4 长三角物流网络凝聚子群分布

(2) Lambda 集合分析。“Lambda 集合”通过分析网络层级的边关联度,可以衡量网络结构的整体稳定性,长三角物流网络的 Lambda 分析,结果如图 5 所示。

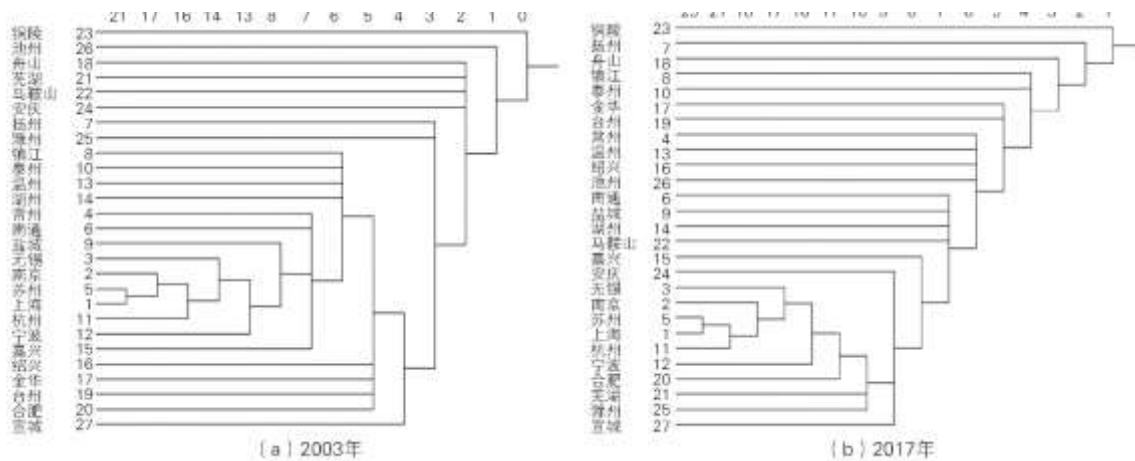


图 5 Lambda 集合树状图

最小边关联度是基于网络节点连接的稳定性提出的概念,横坐标为 λ 值,代表最小边关联度,纵坐标为各物流节点城市。图 5 分别为 2003 年和 2017 年长三角物流网络 λ 集合树状嵌套图,可以发现 21 世纪以来,上海和苏州的最小边关联度最高,表明这两个城市在长三角物流网络中的物流联系最稳健,并且这种关系随着时间的推移得到进一步的巩固,最小边关联度由 2003 年的 21 上升至 2017 年的 25;而紧随其后的南京由 17 上升至 18,但在 2017 年被杭州超过。上述 4 个城市皆为长三角物流网络中的第一子群,表明第一子群的内部结构最为稳健,而位于网络边缘地区的铜陵等城市最小边关联度虽有提高,

但仍对其他城市具有较强依赖，长三角物流网络的边缘城市结构十分脆弱。

(3) 分裂指数分析。由图 5 可以看出，长三角城市物流的层级结构十分明显，2003—2017 年网络内的层级数量有所增加，因此需要对长三角物流网络的分裂指数做出量化分析。在社会网络分析中，采用 E-I 指数表示分裂指数，以此测量派系林立程度。将凝聚子群中的四个子群作为测量 E-I 指数的属性矩阵，在 ucinet 中对长三角物流网络的分裂指数进行计算。由计算结果可知，2003—2017 年长三角物流网络的分裂指数均为正值，表明此网络中关系趋于发生在子群之间，意味着派系林立的程度较高；结合表 4 中的凝聚子群网络密度可知，子群之间的网络密度低于子群内部的网络密度，表明子群之间的联系多属于弱关联，而子群内部的联系属于强关联；子群内的网络密度远高于子群间的网络密度，各子群的物流活动偏向于在内部进行，即各种资源交换多发生在子群内部，“内卷化”特征也逐步显现；随着“内卷化”的加剧，分裂指数由 0.544 降至 0.521，朝着负方向发展，阻碍了长三角物流网络的一体化进程。

四、长三角物流网络空间格局不平衡演进的驱动因素

基于上文对长三角物流网络发展过程中的整体特征、个体特征以及凝聚子群分析，发现现阶段长三角物流网络的演进并没有打破经济发展的空间格局，正处于东西失衡的状态，很大程度上存在“马太效应”和“内卷化”现象。对于长三角物流网络动态联系与网络特征的分析，展现了长三角物流网络的发展过程与现状，但揭示现阶段网络格局的驱动因素、打破东西失衡的僵局，才是研究长三角物流网络的落脚点。因此在上述研究的基础上，深入挖掘长三角物流网络不平衡演进的驱动因素具有较强意义。

为探究长三角物流网络不平衡演进的驱动因素，运用地理探测器中的分异及因子探测、交互作用探测，探测其空间分异特征与驱动因子。采用上文中的 9 个影响因素为探测因子，探测其对物流质量水平的作用强度。通过 Arcgis 中的自然断裂点法将探测因子划分为 5 个等级，因子的空间离散化分布如图 6 所示。

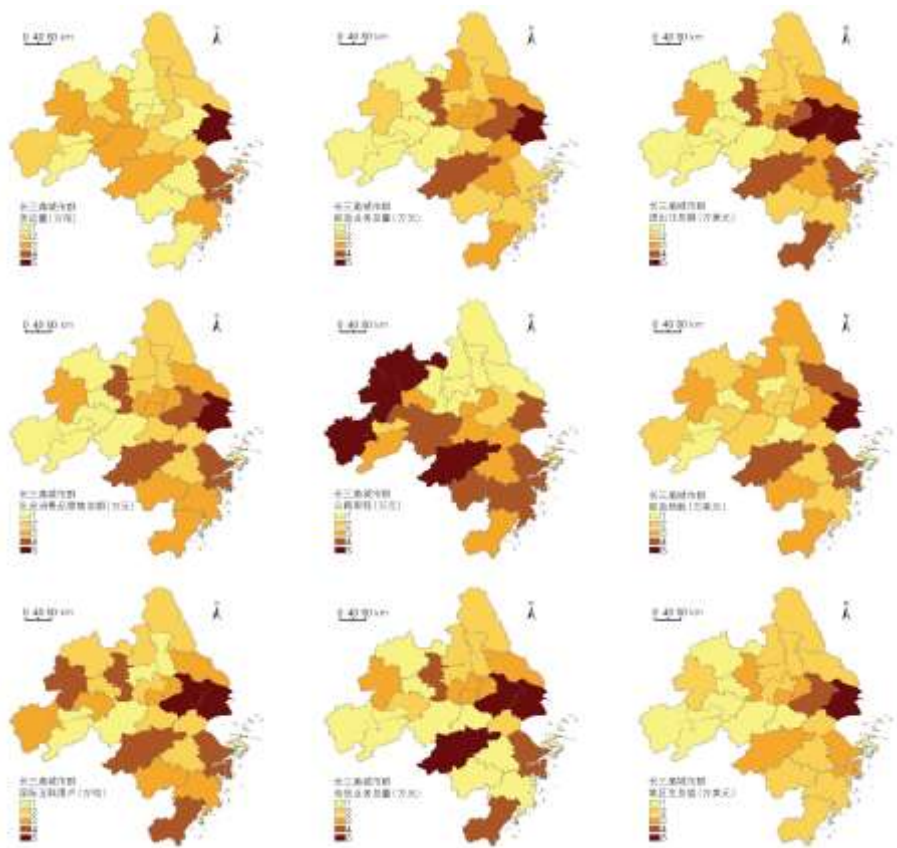


图 6 探测因子空间离散化分布

通过自然断裂点法将样本数据离散化处理后,利用 Geodetector 工具对长三角物流网络不平衡演进的影响因素进行因子探测,分异及因子探测器测算,作用强度 q 值越大表明该因子对空间分布特征的影响程度越高, p 值越小则表明该因子对空间分布特征的解释力越大。

因子探测的结果显示,2003—2017 年各探测因子影响强度变化不大,除个别指标外,大多数探测因子对长三角物流网络空间分异均保持在较高的作用强度。9 个探测因子对长三角物流网络空间分异的平均作用强度由强至弱依次为:社会消费品零售总额(X_4)>地区生产总值(X_9)>邮政业务总量(X_2)>国际互联网用户(X_7)>货运量(X_1)>电信业务总量(X_8)>邮政局数(X_6)>进出口总额(X_3)>公路里程(X_5)。由此可见,21 世纪以来影响长三角物流网络不平衡演进的核心影响因素为物流需求、信息化水平和区域经济。其中,区域经济和信息化水平的作用强度最高,平均 q 值分别为 0.942 和 0.873,表明区域经济和信息化水平的不平衡发展是导致长三角物流网络空间分异的主要驱动因素。此外,基础设施建设的作用强度最低且对影响空间特征的解释力较弱,表明长三角物流网络各节点城市的基础设施建设均较为完善,但已经不是影响长三角物流网络发展的主要驱动因素。

长三角物流网络的不平衡演进并不完全是由单个影响因子的驱动而导致的,各影响因子之间的交互作用也是导致现阶段长三角物流网络空间分异特征的重要原因。

因子的交互作用探测结果表明,90%以上的交互作用类型为双因子增强,即因子之间的交互作用都大于单个因子对长三角物流网络空间分异的影响,且大部分交互作用强度在 0.9 左右。其中,公路里程 $\cap$ 进出口总额、公路里程 $\cap$ 电信业务总量的交互作用类型为非线性增强。公路里程一定程度上决定了物流节点城市的交通可达性,是物流沟通的必要条件。公路里程(X_5)作为物流基础设施建设指标在单因子探测方面对长三角物流网络空间分异的作用强度最弱,但其在与物流需求指标及信息化水平指标相结合后,对长三角物流网络空间分异的形成具有极强的推动作用。

五、结论与政策建议

本文通过熵权 TOPSIS 测算长三角物流网络各核心城市的物流质量指数,利用改进引力模型研究长三角核心城市的物流联系情况,再通过社会网络分析(SNA)方法分析长三角物流网络的网络空间分异特征,最后采用地理探测器挖掘长三角物流网络不平衡演进的驱动因素。主要研究结论如下:

(1) 从物流质量水平看,大部分城市的物流质量水平相较于 21 世纪初都取得了较大的突破,安徽省部分城市现阶段的物流质量水平偏低,但其增速较快,进一步推动了长三角物流网络的发展。

(2) 从整体网络特征看,网络密度增长减缓、凝聚子群结构十分稳定,表明长三角物流网络的内部联系日益增强并且网络发展趋于成熟;由于经济、政治及区位等因素的影响,整体网络密度标准差较高,网络内部的差异也日渐显著。

(3) 从个体网络特征看,现阶段的长三角物流网络仍处于不平衡演进状态,三种中心度指标均呈现东强西弱的特点;长三角东部地区城市作为承接上海资源转移的优先区位点,在吸收优势资源的同时也对其他地区产生强大的物流辐射能力;长三角西部地区城市的凝聚力和对资源的控制程度都低于长三角东部地区,但独立性正在迅速增强。

(4) 从驱动因子探测结果看,区域经济和信息化水平的不平衡发展是导致长三角物流网络空间分异的主要驱动因素;基础设施建设的因子作用强度最低且对影响空间特征的解释力较弱,但在与物流需求指标及信息化水平指标相结合后产生的交互作用却是长三角物流网络不平衡演进的重要推动力。

实证结果表明,“东西失衡”“马太效应”和“内卷化”既是长三角物流网络不平衡演进的三种表征,也是阻碍长三角物流网络一体化进程的“三座大山”。为打破阻碍长三角一体化均衡发展的壁垒,解决长三角物流网络不平衡演进问题迫在眉睫,根据本文的实证研究提出以下政策建议:

(1)“机制破壁”——激发物流节点的溢出效应。现阶段长三角物流网络各节点城市的物流质量水平还有较大的上升发展空间,芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城等此类刚加入长三角物流网络的城市节点物流质量水平较低,但其增长速度呈现出“后来居上”的态势。由此可见,在安徽各城市为长三角物流网络带来新鲜血液的同时,长三角物流网络也为其发展注入了新的助推剂。各城市应走出舒适圈,突破固化的体制机制,与长三角之外的物流城市节点积极地产生物流联系,激发正向溢出效应,扩大物流辐射范围,以此推动长三角物流质量水平进一步提升。

(2)“资源破壁”——打破网络格局的马太效应。长三角物流网络的发展现状没有打破经济发展水平的分布格局,呈现出马太效应。在充分认识长三角物流网络中心度特征的基础上,加大内部资源共享力度,将长三角东部地区的优势资源引向西部地区,帮助西部地区提高经济发展水平,从而更深层次地实现长三角一体化的均衡发展。各地方政府需要打破资源壁垒,凸显统筹规划,因地制宜地选择相适应的发展模式,高效利用各种资源,充分发挥自身的发展优势,才能为打破马太效应奠定扎实的经济基础。

(3)“要素破壁”——强化驱动因素的联动效应。基础设施建设在一定程度上决定了物流节点城市的交通可达性,是物流沟通的必要条件。从长三角物流网络空间分异的驱动因子探测结果看,基础设施建设指标在单因子探测方面对长三角物流网络空间分异的作用强度最弱,表明现阶段长三角物流网络的发展对基础设施的依赖性正在减弱。区域经济和信息化水平对现阶段物流网络影响最显著,且因子之间的交互作用表现优于单一驱动因子。其中,基础设施建设与区域经济、信息化水平联动之后产生的交互作用对长三角物流网络的影响最大。因此,政府在进行提高经济发展水平和信息化水平的同时,也要利用驱动因素之间的联动效应,重视对基础设施建设的规划与布局。以国家战略聚焦和叠加为契机,全方位深层次地推动长三角一体化发展[19]。

参考文献:

- [1]洪银兴,王振,曾刚,等.长三角一体化新趋势[J].上海经济,2018(3):122-148.
- [2]张韬.区域经济一体化下的物流发展研究——基于长三角地区的经验[J].物流技术,2013(10):7-8.
- [3]刘荷,王健.基于轴辐理论的区域物流网络构建及实证研究[J].经济地理,2014(2):108-113.
- [4]曹炳汝,尹娣.基于轴-辐式理论的长三角区域物流网络的构建研究[J].地理与地理信息科学,2016(2):105-110.
- [5]刘程军,周建平,蒋建华,等.电子商务背景下县域物流的空间联系及其网络结构研究——以浙江省为例[J].地理科学,2019,39(11):1719-1728.
- [6]唐建荣,倪攀,李晨瑞.长江经济带物流网络结构演变特征及影响因素分析[J].华东经济管理,2019,39(11):60-66.
- [7]赵小凤,李娅娅,赵雲泰,等.基于地理探测器的土地开发度时空差异及其驱动因素[J].长江流域资源与环境,2018,27(11):2425-2433.
- [8]乔家君,朱乾坤,辛向阳.黄河流域农区贫困特征及其影响因素[J].资源科学,2020,42(1):184-196.

-
- [9]刘艳,曹伟,王晏晏.“一带一路”内陆节点城市物流业竞争力评价——基于熵权 TOPSIS 组合模型[J].技术经济,2019(15):105-108.
- [10]曹允春,罗雨.空港型国家物流枢纽承载城市航空物流关联程度及其网络结构研究[J].技术经济,2020(8):174-182.
- [11]王佩佩,王哲,黄佛君,等.丝绸之路经济带下新疆通道轴辐式物流网络构建[J].经济地理,2016,36(2):125-130.
- [12]李响.基于社会网络分析的长三角城市群网络结构研究[J].城市发展研究,2011,18(12):80-85.
- [13]刘大庆,白玲,郝笃刚,等.全球地缘政治格局力量结构演变研究——基于社会网络分析法[J].世界地理研究,2018,27(1):12-21.
- [14]崔晶.京津冀都市圈地方政府协作治理的社会网络分析[J].公共管理与政策评论 2015(3):35-46.
- [15]刘艳,王小臣.京津冀物流空间联系研究——基于引力模型[J].商业经济研究,2019(8):103-104.
- [16]徐刘杰,熊才平,郭伟.网络资源动态发展利用的社会网络分析——以新浪微博“教育技术”群为例[J].远程教育杂志,2013(1):38-44.
- [17]汤国安,宋佳.基于 DEM 坡度图制图中坡度分级方法的比较研究.水土保持学报,2006,20(2):157-160,192-192.
- [18]谢伟伟,邓宏兵,刘欢.绿色发展视角下长三角城市群城市创新网络结构特征研究[J].科技进步与对策,2017,34(17):52-59.
- [19]孙亚南.新常态下长三角一体化的机遇与挑战[J].当代经济管理,2015(10):65-68.