

# 多元流空间视角下长江中游城市群网络结构特征

钟业喜, 吴思雨, 冯兴华, 吴青青

(江西师范大学 地理与环境学院, 江西 南昌 330022)

**摘要:**基于城市间的交通流、信息流和企业流联系数据,利用社会网络分析方法从网络密度、中心性、核心-边缘结构三个视角分析长江中游城市群网络结构特征,并利用地理探测器对其影响因素进行深入探讨。结果表明:①长江中游城市群交通和信息联系较为密切,企业联系不足;城市子群内部联系强于外部联系,长株潭城市群内部和外部联系相对密切,在整体网络中发挥枢纽作用。②武汉、长沙、南昌三大城市在多元流网络中居于核心位置,核心-边缘结构明显;多元流视角下形成交通贸易型、交通信息型、信息贸易型、交通信息贸易型四类核心-边缘结构,整体网络中形成以京广高铁-京珠高速、浙赣湘黔铁路-沪昆高铁为轴带的要素流通道。③通过地理探测器发现地区生产总值、社会消费品零售总额、固定资产投资、第三产业产值、互联网宽带接入规模、财政支出、年末金融机构各项贷款余额和城镇居民可支配收入对多元流视角下的长江中游城市群网络结构影响显著,人口规模的影响力相对不足。因此,应依托国家区域重大发展战略,着力提升核心增长极聚集与扩散能力,培育新的增长极;调整产业结构,发挥比较优势,释放市场增长潜力;构建“田”字形交通网络,完善基础设施建设,优化区域资源配置,促进区域一体化发展。

**关键词:**流空间;网络结构;社会网络分析法;地理探测器;长江中游城市群

**中图分类号:**k92 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-579(2020)02-0047-09

## Network Structure Characteristics of Middle Yangtze Urban Agglomeration From the Perspective of Multi-flow

ZHONG Yexi, WU Siyu, FENG Xinhua, WU Qingqing

(School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang, Jiangxi 330022, China)

**Abstract:** Based on communication, information and enterprise data, the paper analyzes the network structure characteristics of Middle Yangtze urban agglomeration from the perspectives of network density, centrality and core-edge structure by using the social network analysis method, and uses the geographical detector to discuss the influence factors deeply. The results show that: communication and information network connections are more closely, enterprise network connection is insufficient; urban subgroup internal contact is stronger than external contact, internal and external links of the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration are relatively close, playing a pivotal role in the overall network. Wuhan, Changsha and Nanchang are in a core position in the multi-flow network, the core-edge structure is obvious; it has four core-edge structure types: traffic-information type, transportation-trade type, information-trade type, and traffic-information-trade type, Beijing-Guangzhou High-speed Railway and Beijing-Zhuhai high-speed railway, Zhejiang-Jiangxi-Hunan-Guizhou Railway and Hu-Kun High-speed Railway develop as an important element flow channel. Geographical detector shows

收稿日期:2019-11-10

基金项目:国家自然科学基金项目“城市群空间结构效应——以长江中游城市群为例”(编号:41561025)

作者简介:钟业喜(1973-),男,江西赣州人,江西师范大学教授、博导。研究方向为经济地理与空间规划。

that GDP, total retail sales of social consumer goods, fixed asset investment, industrial structure, Internet broadband access scale, financial expenditure, loan balance of financial institutions at year end and urban resident disposable income have significant influence on the network structure, population size has relatively little influence. Therefore, it is necessary to enhance aggregation and diffusion ability of the core growth pole, cultivate new growth poles, adjust industrial structure, exert comparative advantages, release the market growth potential, build a “田” type transportation network, improve the infrastructure construction, optimize allocation of regional resources and promote regional integrative development by relying on the country's major regional development strategy.

**Key words:** flow space; network structure; social network analysis; geographical detector; Middle Yangtze urban agglomeration

伴随着全球化、信息化进程的加快,资金流、信息流、交通流等要素流在城市间快速流动,城市间“时空压缩”效益明显,促使区域空间由地理空间向网络空间转变,地理学的关注点从传统的空间结构演化向空间网络结构转向。<sup>[1]</sup>城市流空间作为全球化与信息化时代的产物,在一定程度上引导着未来地域空间格局的发育。<sup>[2]</sup>国内外学者基于不同类型的关系型数据,形成以全球、国家、省域和城市群等为视角的多尺度定性定量、理论与实证相结合的城市网络研究体系。目前学术界关于城市网络特征研究的重点主要集中在基础设施、<sup>[3-4]</sup>企业组织、<sup>[5-6]</sup>社会经济文化<sup>[7-8]</sup>等方面。随着流空间以及相关的空间结构理论的成熟,国内学者利用县域公路客运流、列车途经班次等方面的交通数据,研究了城市中心性、城市网络结构时空变化及其组织模式、城市网络层级演变特征等。<sup>[9-11]</sup>由于大数据具有大容量、多类型、高速率的优势,<sup>[12]</sup>基于百度指数、<sup>[13]</sup>微博数据、<sup>[14]</sup>通信数据<sup>[15]</sup>等大数据的信息流视角下的城市网络研究成为一种新的研究方向,重点刻画了城市网络层级演变特征、城市网络等级关系与层级分区。但已有研究成果,主要通过单一要素流数据定量分析城市网络特征,将公路、普铁、高铁等不同类型的交通流数据进行对比分析的不多,<sup>[16]</sup>部分学者综合分析了江苏省、长三角核心城市、粤港澳大湾区信息流与交通流<sup>[17-18]</sup>作用下的城市网络结构,但涉及多元流视角下的城市网络联系特征的研究成果不足,研究范围也主要是在东北三省、京津冀、长三角和珠三角等东部沿海城市群和经济发达的省域以及全球经济发达区域。

长江中游城市群是中国又一重要经济增长极,生态系统服务功能和价值较突出,但区域高质量发展不平衡。<sup>[19]</sup>鉴于此,本研究以长江中游城市群为研究区域,基于交通、信息和企业流三个视角,采用社会网络分析和地理探测器方法,深入剖析多元流视角下的长江中游城市群网络结构特征及其影响因素,以期优化长江中游城市群空间结构、促进区域高质量协调发展提供一定的理论依据。

## 一、数据来源与方法

### (一) 研究区域与数据

研究区域选取长江中游城市群即武汉都市圈 10 个地级市、长株潭城市群 8 个地级市、环鄱阳湖城市群 10 个地级市共 28 个地级市。研究数据包括:①交通数据。从盛名时刻 2019.05.05 版本获取,合并同一城市多个站点,利用长江中游城市群城市间列车经停次数代表交通流,若两城市间列车不可直达互通则两城市间的联系总量为 0,若无需中转则列车经停次数即城市间的交通联系总量。<sup>[13]</sup>②信息数据。百度指数为表征城市间信息流强度提供了相对便捷的途径,本文采集两两城市间关注度的年平均数构建长江中游城市群信息网络,数据采集时间段为 2018 年 1~12 月。<sup>[1]</sup>③企业数据。通过“巨潮资讯网”(http://www.cninfo.com.cn/cninfo-new/index)查询各企业 2018 年的年度报告,对上市企业进行筛查,剔除已经停牌、退市以及在长江中游城市群没有子企业的母企业,获取母、子企业及所在地的信息。构建交通、企业、信息视角下的三组 28\*28 的城市关联矩阵(图 1),以表征城市在不同要素作用下的空间联系强度。

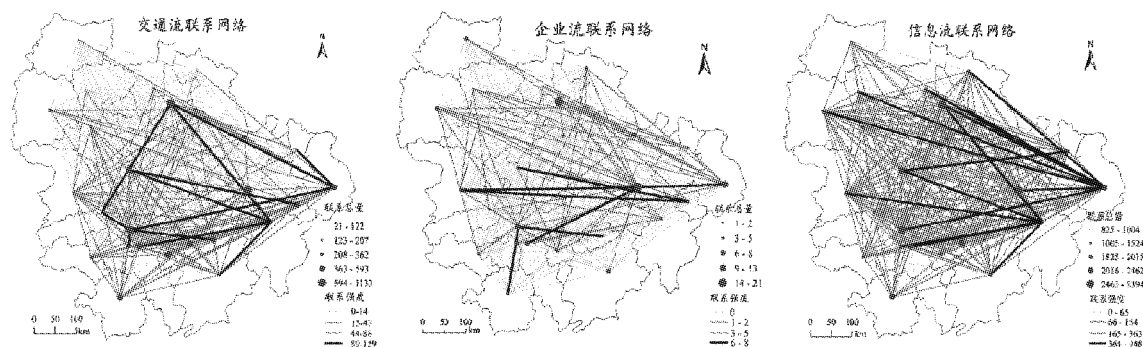


图1 长江中游城市群城市多元流联系网络

## (二) 研究方法

### 1. 社会网络分析方法

社会网络分析是对社会网络的关系结构及其属性加以分析的一套规范和方法,主要分析不同社会单位(个体、群体或社会)所构成的社会关系结构及其属性。<sup>[20](p54-56)</sup>

#### (1) 网络密度

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_i(i,j)}{n(n-1)}, (i \neq j)$$

(2) 网络中心性。网络中心性存在点度中心性、中间中心性、接近中心性三种表现形式,反映城市节点在网络中的地位与作用。由于信息、企业要素流构建的网络没有明显的中间中心性与接近中心性,本研究中网络中心性是指点度中心性,测度指标是出度和入度。

$$C_D(i) = \sum_{j=1}^n X_{ij}$$

式中: $C_D(i)$ 表示中心性的出度/入度的特征, $X_{ij}$ 城市*i*和城市*j*的联系强度。

(3) 核心-边缘结构。社会网络分析中的核心-边缘结构不同于美国地理学家弗里德曼提出的核心-边缘理论。本文核心边缘理论指的是城市间相互作用所形成的一种中心联系密切、外围稀疏分散的空间结构,<sup>[21]</sup>用来反映节点城市在交通流、信息流、企业流网络中的地位,判别网络中的核心城市和边缘城市。

#### 2. 地理探测器

空间分异是自然演化和社会经济发展过程的空间表现,探索空间异质性规律及其驱动要素是推动自然和社会经济系统不断优化的基础性条件。<sup>[22]</sup>地理探测器具备探测多变量在不同地理单元作用下所表征的影响差异性程度能力,是一种有效分析空间分异以及揭示驱动因子的一种新的统计学方法,已经在自然科学和社会科学等多个领域得到广泛应用。<sup>[23]</sup>通过地理探测器中的分异及因子探测模块对长江中游城市群城市网络中心性的不同影响因子进行解析。其表达式为:

$$q = 1 - \frac{SSW}{SST}$$

$$SSW = \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2, SST = N \sigma^2$$

式中: $h=1, \dots, L$ 为变量*Y*或者因子*X*的分层(分类或者分区); $N_h$ 和*N*分别表示层*h*和全区的单元数; $\sigma_h^2$ 和 $\sigma^2$ 分别为层*h*和全区的*Y*值的方差。*SSW*是层内方差之和,*SST*是全区总方差。*q*的值域为 $[0, 1]$ ,*q*值越大,说明自变量*X*对因变量*Y*的解释力越强。

## 二、长江中游城市群网络特征分析

### (一) 长江中游城市群网络密度分析

网络密度反映网络中节点之间的相互影响,网络密度越大,表明网络节点间的关系越密切。<sup>[24]</sup>多元

流视角下整体网络密度存在差异;交通流、企业流、信息流的长江中游城市群城市网络密度分别为 0.54、0.16、0.37。交通流、信息流作用下的网络城市节点联系相对紧密,而上市母子企业联系构成的城市网络节点间联系较弱。这表明长江中游城市群铁路、通信等基础设施建设完善,为城市群内部的人流、物流、信息流、资金流的联系提供了良好的条件,但城市群内部及子群之间的企业经济交流合作不足,企业经济联动效益差。

交通视角下武汉都市圈、环鄱阳湖城市群、长株潭城市群内部,武汉都市圈与长株潭城市群之间、长株潭城市群与环鄱阳湖城市群之间的联系较强,其中长株潭城市群内部联系最为紧密,其次是环鄱阳湖城市群内部联系;武汉都市圈与环鄱阳湖城市群跨区域联系较弱(表 1)。这表明城市网络联系的强弱是区位条件、经济水平等多种因素作用的结果。

企业视角下的城市网络均处于弱联系状态。环鄱阳湖城市群内联系较强、长株潭次之、武汉都市圈最弱;长株潭城市群与武汉都市圈、环鄱阳湖城市群联系较强,跨区域联系较强,环鄱阳湖城市群与武汉都市圈、长株潭城市群跨区域联系较弱,表明长株潭城市群经济发展均衡,不仅城市群内经济合作密切,而且与武汉都市圈和环鄱阳湖城市群跨区域经济互动较好;武汉都市圈主要发展内部经济,跨区域合作联系较弱;环鄱阳湖城市群内部城市经济发展水平差异大,联系尚不紧密,跨区域的经济联系微弱。

信息视角下城市网络均处于强联系状态,城市群子群内部联系强于城市子群之间的联系,长株潭城市群内部联系最强,武汉都市圈和环鄱阳湖城市群均与长株潭城市群的跨区域联系密切。表明长株潭城市群在长江中游城市群中的信息功能较强,城市群内部多元流视角的城市网络表明城市子群内部联系明显强于城市子群之间的联系,其中长株潭城市群内部联系最强,并且与其他两大子群联系较多,表明长株潭城市群在长江中游城市群中具有枢纽作用,但尚未形成完善的跨城市子群协同发展机制。

表 1 多元流视角的长江中游城市群网络密度

	交通流			企业流			信息流		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
a	15.34	10.19	3.77	1.01	0.35	0.00	134.24	59.28	50.11
b	9.58	36.00	11.16	0.61	1.36	0.16	61.56	165.04	66.05
c	4.00	11.72	26.63	0.10	0.19	1.60	45.02	54.54	121.96

注:a、b、c 分别代表武汉都市圈、长株潭城市群、环鄱阳湖城市群

## (二) 长江中游城市群网络中心性分析

点度中心性的出度是指城市节点在网络中对其他节点的辐射作用,入度则体现城市节点在网络中对要素的集聚能力。<sup>[5]</sup>基于交通、信息及企业的多元要素流,为长江中游城市群 28 个地级市构建三种类型的联系矩阵,通过 Ucinet 软件测度网络中心性,使用 ArcGIS 中的反距离权重插值绘制(图 2),以探析各城市节点在网络中作用与地位。

### 1. 交通流视角下城市网络中心性分析

交通枢纽是实现人、物等资本“流动”的区域,具有经济发展的基础与实力,铁路客运的交通流表现交通枢纽城市具有较高的中心性,在网络中的地位突出。

武汉、长沙、南昌的出度最高,衡阳、湘潭、株洲、岳阳、萍乡、宜春、新余、鹰潭、九江、咸宁和荆州出度相对较高,表明京广、沪昆高铁沿线的城市在网络中处于核心地位,对于其他节点具有较强的辐射带动作用。武汉、长沙、南昌、衡阳的入度高,其次是株洲、湘潭、岳阳、萍乡、宜春、新余、鹰潭、上饶,体现出京广和沪昆高铁沿线城市集聚长江中游城市群最优质的交通资源。京广和沪昆高铁沿线是交通网络的核心区,南北向的京广高铁的辐射带动能力明显强于东西向的沪昆高铁。受地理位置的影响,长江中游城市群交通网络地域差异明显:长沙作为京广和沪昆高铁的交叉点,城市群内外联系的交通枢纽地位突出;武汉作为综合交通枢纽城市,域内京广、京九、武九、汉丹多条铁路干线以及京九和沪蓉高铁,极化效应明显;环鄱阳湖城市群中呈现出东西向的发展明显优于南北向的空间差异;整体上呈现长江以南优于长江以北,中部优于东南和西北两侧的空间格局。

## 2. 信息流视角下城市网络中心性分析

近年百度用户量增多、涉及领域广,在我国信息技术领域取得重要发展,基于百度指数构建的城市网络能综合反映出城市的发展实力。

信息流视角下的长江中游城市群网络结构极化特征突出。武汉、长沙、南昌信息流出度最高,表明三大城市在信息网络中居于核心、整体实力最强,武汉、长沙、南昌、宜昌四城形成入度高地,对周边地区的集聚能力强,表明网络节点城市在城市行政等级的作用下导致扩散和集聚能力存在显著差异。信息网络中的襄阳、荆门、咸宁、黄石、常德、娄底、益阳、衡阳、新余、吉安、景德镇出度和入度较低,且处于网络外围地区,偏远城市自身经济基础相对薄弱、产业结构不够完善、营商环境有待提升,自身对企业吸引力不足。

## 3. 企业流视角下城市网络中心性分析

良好的区位条件是企业布局的重要影响因素,上市公司母子企业的布局能够有效体现城市在某区域中的区位优势 and 重要程度。企业流网络中心性整体较低,表明城市群内城市竞争力不足,城市间经济交流合作网络有待完善。企业流出度和入度“极化效应”和“马太效应”明显:武汉、长沙、南昌、上饶成为出度高值区高地,与其他节点发生强联系,对周边地区具有较强的正向辐射能力;武汉、长沙、南昌、鹰潭成为入度高值区高地,在城市群中的经济聚合能力较强。武汉作为中国中部地区最大都市及唯一的副省级城市、区域中心城市,具备科技创新产业和医药、汽车、光电等高端制造业的发展基础,长沙作为区域门户,装备制造、智能制造、文化旅游等产业相对优势明显,南昌作为唯一毗邻长三角、珠三角和海西经济区的重要省会中心城市,大飞机制造、光伏产业、新材料、VR产业等新型产业市场潜力巨大。

总体上节点城市出度小于入度,表明城市整体集聚作用强于辐射作用。长江中游城市群城市发展以吸引周边城市的各种社会经济要素为基础,“极化效应”明显,周边城市的发展受到限制,城市发展缺乏强劲的增长动力。

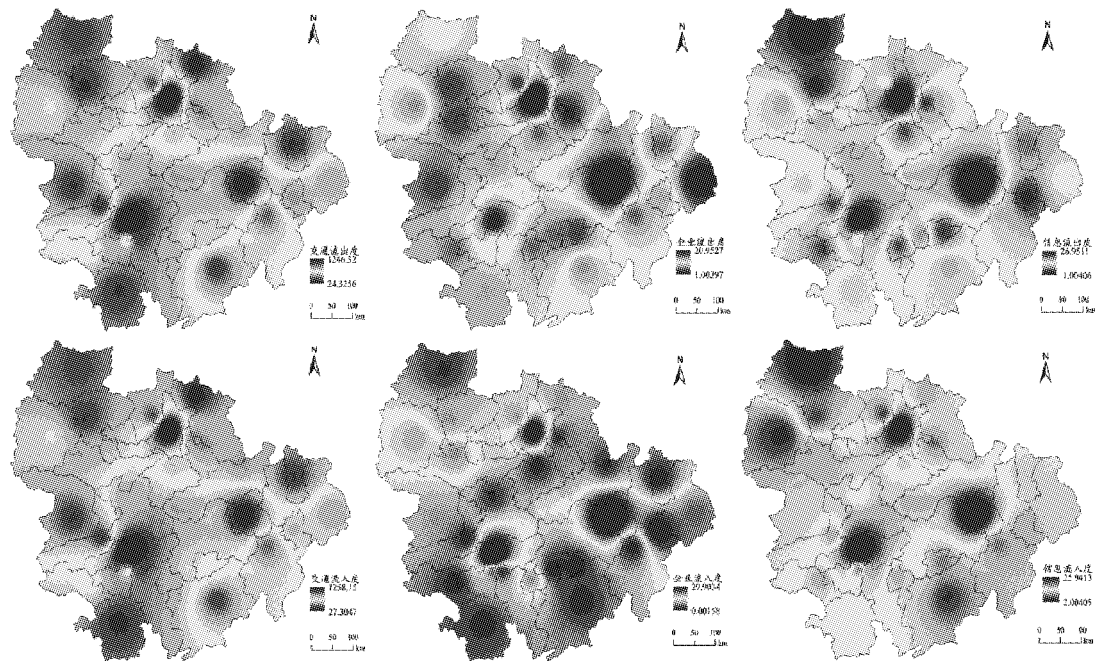


图2 多元流视角长江中游城市群网络中心性

### (三) 长江中游城市群网络核心-边缘结构特征

基于列车经停次数、母子企业、信息关注度的多元城市联系数据,从单一要素、综合要素两个视角,通过社会网络分析方法的网络模块中的核心-边缘工具划分长江中游城市群核心-边缘结构,科学划分交通、企业与信息流网络中的核心-边缘区,直观体现城市在不同类型网络中的所处地位。

### 1. 单要素流视角的城市网络核心-边缘结构特征

交通流的核心区域有武汉、宜昌、荆州、长沙、株洲、南昌、九江等 16 个城市,边缘区域有黄冈、咸宁、荆门、岳阳、益阳、常德、湘潭、娄底、景德镇、新余、宜春、吉安 12 个城市,这 12 个城市处于三大城市群的外围地区,尤其是环鄱阳湖城市群受鄱阳湖、长江和罗霄山脉等自然条件的影响,交通密度低,东西向与长株潭城市群、南北向与武汉都市圈联系通道受限,与其他城市的铁路联系较弱。交通流核心区域基本形成沿京广高铁、浙赣湘黔铁路分别呈南北向、东西向的两条主要交通干线,其他区域远离主要交通通道,受交通枢纽辐射带动作用不足,交通对外联系相对较弱,居于交通网络的边缘区域。

企业流的核心区有武汉、黄石、鄂州、黄冈、襄阳、宜昌、长沙、南昌、上饶 11 个城市,边缘区有 17 个城市,九江、抚州、株洲、湘潭、岳阳等区域受核心城市的“虹吸效应”作用明显,生产资料向核心城市集聚,景德镇、萍乡、衡阳、娄底、常德等城市受区位条件、自然资源、经济发展基础等因素影响,对外商贸活动偏少。

信息流核心区有长沙、株洲、衡阳、岳阳、武汉、宜昌、荆州、南昌、九江、上饶等 22 个城市,边缘区有鄂州、荆州、襄阳、新余、萍乡、鹰潭 6 个城市。相比较而言,信息流核心-边缘结构特征不够明显,大部分城市位于网络的核心地位,仅少部分偏远地区在整个信息网络中的关注度较低,说明长江中游城市群内部城市间的信息联系强。

### 2. 多要素流视角的城市网络核心-边缘结构特征

以社会网络分析方法划分的单一要素视角下的核心-边缘城市为基础,将不同类型的核心-边缘城市进行综合分析,假设城市 A 同时位于交通与信息联系网络的核心区域,则将城市 A 定义为交通信息型;假设城市 A 同时位于交通与企业联系网络的核心区域,则将城市 A 定义为交通贸易型;假设城市 A 同时位于信息与企业联系网络的核心区域,则将城市 A 定义为信息贸易型;假设城市 A 同时位于交通、信息、企业联系网络的核心区域,则将城市 A 定义为交通信息贸易型,由此得到长江中游城市群多元流视角下的核心-边缘结构(图 3)。

#### (1) 交通信息型

交通信息核心城市指的是该城市在交通和信息流动网络中处于核心位置,交通设施、信息通信等基础设施完善,对外交流频繁,与城市群内的城市联系密切,在网络中处于支配地位。核心城市有 11 个,核心城市空间分布较均匀,长株潭城市群有 3 个、环鄱阳湖城市群和武汉都市圈中均有 4 个。由于区域中心城市的“极化作用”,景德镇、萍乡、岳阳、襄阳、孝感等城市受到社会经济要素流动的限制,城市发展后劲不足,与其他城市联系较弱,处于交通和信息网络的边缘地带。

#### (2) 交通贸易型

交通商贸型核心城市指的是该城市在交通和商贸流网络中均处于核心位置,借助完善的交通基础设施,经济贸易往来密切,在网络中充满经济发展活力。受母子企业联系的影响,5 个核心城市集中分布在武汉都市圈,由于长株潭城市群和环鄱阳湖城市群城市之间资源禀赋条件、市场区位、经济发展基础、企业营商环境等存在差异,大部分城市处于边缘地区。需要加强长株潭城市群和环鄱阳湖城市群与武汉城市群圈的经济贸易来往,扩大贸易强度、深度和广度,促进区域经济协同发展,形成良性循环的经济联系网络。

#### (3) 信息贸易型

信息贸易型核心城市指的是该城市在信息和企业流网络中处于核心位置,良好的信息流通赋予城

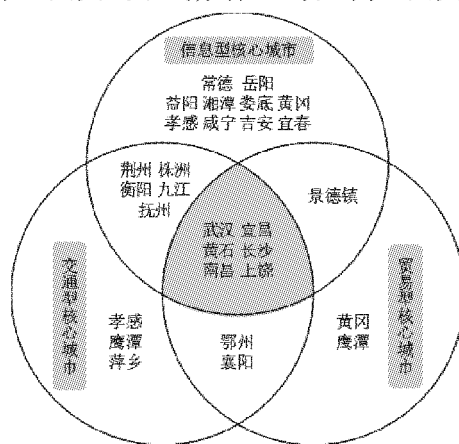


图3 多要素视角的长江中游城市群核心-边缘结构类型

市间更密切的经济来往动能。长江中游城市群中信息贸易型核心城市总体偏少,28个城市中有21个城市处于边缘地带,说明城市群内大部分城市在信息和经济方面联系不足,存在明显的空间极化特征,城市群内部经济发展差距较大,存在广阔的经济交流合作空间。

#### (4) 交通信息商贸型

交通信息贸易型核心城市指的是该城市在交通、信息和贸易网络中均处于核心位置,依托发达的交通网络和便捷的信息网络,经贸往来密切,在网络中综合实力最强。6个核心城市存在明显的城市子群差异:武汉都市圈以武汉为核心辐射带动周边城市的发展,形成3个核心城市;长株潭城市群和环鄱阳湖城市群均形成以省会城市为核心的单核心城市,区域内社会经济发展不均衡,首位城市占据主导地位。

### 三、长江中游城市群城市网络结构影响因素分析

基于多元流视角构建的长江中游城市群市域交通、信息和母子企业联系网络,城市的网络中心性体现了城市在局域网络中的地位及其发挥的作用。多元流视角下的长江中游城市群网络中心性空间结构特征显著,探讨不同社会经济因素对城市中心性空间差异特征的影响有助于识别城市发展限制性因素以及城市网络完善的发展路径。总体而言,人口总量、经济总量与经济质量成为衡量城市规模和城市空间相互作用的核心要素,通过双向或者多向的要素流走廊作用下的空间集聚或者扩散影响节点城市的规模及所处地位;<sup>[25]</sup>资金投入程度、产业结构、通过影响城市间金融经贸等方面的交流合作,进一步影响城市节点的控制能力和服务水平;<sup>[26]</sup>市场活力、支付能力是城市间发生相互作用的重要中介性和互补性条件,中介性被视作城市联系作用产生的基础条件之一。<sup>[27](p240-247)</sup>基于此,本文试从经济发展状况、人口总量、产业结构、居民支付能力和市场活力等视角,选择地区生产总值、年末户籍人口、社会消费品零售总额、固定资产投资、第三产业产值、互联网宽带接入规模、财政支出、年末金融机构各项贷款余额和城镇居民可支配收入等社会经济指标分析多元流视角下的长江中游城市群城市网络中心性影响因素,通过识别不同视角下的影响因子作用程度来提出实现城市群内部发挥相对优势、差异化发展路径,加强各城市间的交流合作,提升城市群一体化发展水平。

通过地理探测器中的分异及因子探测工具分析城市网络中心的影响因子,将城市网络中心性和影响因子导入该模型,得出各影响因素的影响力值及因子解释力值(表2)(q值与影响因子的影响力呈正相关,p值与影响因子解释力呈负相关)。总体而言,年末人口规模对长江中游城市群多元流网络影响不显著,地区生产总值、社会消费品零售总额、固定资产投资、第三产业产值、互联网宽带接入规模、财政支出、年末金融机构各项贷款余额和城镇居民可支配收入均对长江中游城市群多元流网络具有显著性影响,但对不同流空间网络结构影响存在差异。在城市交通联系方面,从q统计量大小来看,社会消费品零售总额、固定资产投资、第三产业产值、互联网宽带接入规模、财政支出、年末金融机构各项贷款余额的q值均在0.8以上,表明产业结构、市场活力、金融规模、财政投入对城市交通网络联系和区域交流具有重要影响,年末人口和城镇居民人均可支配收入对交通联系影响较弱,一定程度上说明交通联系存在“路径依赖”和“空间粘性”,随着人口流动的加剧和人均可支配收入的稳步增加,年末人口规模和收入水平对交通选择影响相对较弱。在商贸联系方面,从q统计量大小来看,地区生产总值、社会消费品零售总额、第三产业产值、互联网宽带接入规模、年末金融机构各项贷款余额和城镇居民人均可支配收入对商业贸易解释力最强( $q > 0.8$ ),财政支出和人口规模解释力不足,表明市场活力、消费水平、产业结构和金融规模是企业投资重点考虑的条件,市场在经济发展过程中发挥基础性作用,企业投资受政府财政支出影响相对较小。在信息联系方面,地区生产总值、社会消费品零售总额、固定资产投资、第三产业产值、互联网宽带接入规模、年末金融机构各项贷款余额、城镇居民人均可支配收入的q值高达0.9,表明信息流网络受市场活力、产业结构、信息化程度、金融规模、消费水平影响显著。总体上,社会消费品零售总额、第三产业产值、互联网宽带接入规模、年末金融机构各项贷款余额等因子在交通、企业和信息流三方面的网络中心性的q统计量均在0.8以上,表明产业结构、市场活力、城市金融力、信息化水平对城市的交通流、信息流、贸易流的影响作用较大,是影响长江中游城市群城市交通流、企业流和信息流

网络结构的核心要素。

表2 长江中游城市群多元流城市网络中心性影响因素地理探测结果

探测因子	交通流		企业流		信息流	
	q 统计量	p 值	q 统计量	p 值	q 统计量	p 值
地区生产总值	0.79	0.04	0.84	0.01	0.91	0.00
年末人口	0.69	0.08	0.28	0.73	0.39	0.54
社会消费品零售总额	0.87	0.00	0.85	0.00	0.90	0.00
固定资产投资	0.89	0.00	0.78	0.02	0.91	0.00
第三产业产值	0.82	0.03	0.81	0.04	0.93	0.00
互联网宽带接入规模	0.85	0.01	0.82	0.03	0.93	0.00
财政支出	0.84	0.00	0.62	0.05	0.84	0.00
年末金融机构各项贷款余额	0.82	0.00	0.84	0.00	0.90	0.00
城镇居民人均可支配收入	0.71	0.08	0.86	0.00	0.90	0.00

#### 四、结论与讨论

基于多元城市关系型联系数据,以市域城市为基本研究单元,结合社会网络分析方法和地理探测器对长江中游城市群网络结构特征及其影响因素进行探析。主要研究结论如下:

(1)长江中游城市群交通和信息网络结构联系相对紧密,企业联系微弱。大量的交通、信息和商贸联系出现在城市群内部,跨城市群空间相互作用不足。就城市子群而言,长株潭城市群在长江中游城市群中发挥桥梁作用,城市群内部、与其他城市子群之间的联系较为密切,武汉都市圈和环鄱阳湖城市群内外部联系相对弱化。

(2)长江中游城市群多元流网络中心性“极化现象”,形成以武汉、南昌和长沙为中心的三大社会经济要素的集聚与扩散中心,在整个网络中起支配作用,形成以京广铁路-京珠高速、浙赣湘黔铁路-沪昆高速为轴线的多元流通道。城市群核心-边缘结构特征明显,根据不同要素的组合形成交通贸易型、交通信息型、信息贸易型、交通信息贸易型四类核心-边缘结构。

(3)地理探测结果显示,地区生产总值、社会消费品零售总额、固定资产投资、第三产业产值、互联网宽带接入规模、财政支出、年末金融机构各项贷款余额和城镇居民可支配收入对多元流视角下的长江中游城市群网络结构影响显著,其中社会固定资产投资、产业结构、信息化水平、年末金融机构各项贷款余额影响程度最深,年末人口总量解释力不足。

为加强长江中游城市群多元联系,促进城市子群协同发展,宏观层面应以“一带一路”和“长江经济带”等国家重大发展战略为依托,加强基础设施建设、完善产业配套设施、优化营商环境,推动长江中游城市群加强与周边城市的多维度深度合作,促进跨省域、跨城市群的区域共同发展。中观层面,强化核心增长极,加强武汉、南昌、长沙在城市子群中的核心地位,积极推进中心城市与腹地城市的一体化发展(如昌九、昌抚一体化),提高对区域生产力要素的集聚和扩散作用,充分发挥核心增长极的乘数效应、聚集效应和扩散效益。同时,积极培育如赣江新区、湘江新区、长江新区等若干新的增长极,即培育一批具有推动性的主导产业、创新行业、战略性新兴产业及其关联产业在地理空间上集聚而形成新的区域性增长极。微观层面,根据自身的社会经济基础和比较优势,产业结构调整升级,实行错位竞争,如武汉都市圈突出发展光电子信息、汽车冶金产业,长株潭主打机电与机械制造、轨道交通、生物医药,南昌以大飞机制造、光伏产业、新材料、VR产业等为龙头,立足于区域资源禀赋和比较优势,优化资源配置,促进生产要素合理流动,合理定位如新宜萍、荆宜昌、岳益常等城市圈边缘城市组团以及咸岳九边界城市的主导产业和优势特色产业,构建城市产业支撑和融合平台,提升城市间的产业配套协作水平,释放市场增长潜力;最后,加强区域基础设施建设,完善发展硬环境。突破水域和山脉等地理阻隔要素的限制,加强高效、快捷、合理的区域交通、通信基础设施体系建设,加快环鄱阳湖城市群与武汉都市圈的南北向、环鄱阳湖城市群与长株潭城市群东西向、武汉都市圈内部东西向,将黄冈、荆门、岳阳、益阳、景德镇、吉安等边缘城市纳入交通骨架建设范围,形成以京广高铁和浙赣湘黔铁路为骨架的“田”字型对外空间联



系通道。

基于市域尺度从城市子群与城市个体两方面探讨交通、信息和企业网络视角下的长江中游城市群网络中心性、核心-边缘结构以及网络中心性影响因素,得到了有助于城市群协调发展、优化发展的科学依据。但网络结构处于动态演化过程,并且具有一定的组织特征,如何从长时间序列尺度深入探讨网络结构的演变、科学识别网络结构组织模式是今后需要进一步提升的方向。

#### 参考文献:

- [1]孙九霞,周尚意,王 宁等. 跨学科聚焦的新领域:流动的时间、空间与社会[J]. 地理研究,2016,(10):1801-1818.
- [2]董 超,修春亮,魏 冶. 基于通信流的吉林省流空间网络格局[J]. 地理学报,2014,(4):510-519.
- [3]潘坤友,曹有挥,刘可文等. 长江三角洲集装箱班轮网络空间格局及其演化[J]. 地理科学,2017,(5):682-690.
- [4]Reades J, Calabrese F, Ratti C. Eigenplaces: Analysing cities using the space-time structure of the mobile phone network [J]. Environment and planning B: Planning and design, 2009, (5): 824-836.
- [5]Wall R S, Van der Knaap G A. Sectoral differentiation and network structure within contemporary worldwide corporate networks[J]. Economic Geography, 2011, (3): 267-308.
- [6]武前波,宁越敏. 中国城市空间网络分析:基于电子信息企业生产网络视角[J]. 地理研究,2012,(2):207-219.
- [7]陈 乔,程 成. “一带一路”文化贸易网络结构及其效应研究[J]. 经济经纬,2018,(05):23-29.
- [8]王莉莉,肖雯雯. “丝绸之路经济带”(中国段)城市群旅游空间网络结构研究[J]. 经济问题,2018,(2):113-117.
- [9]冯兴华,修春亮,白立敏. 基于公路交通流视角的吉林省城镇中心性及影响因素[J]. 经济地理,2019,(1):64-72.
- [10]孟德友,冯兴华,文玉钊. 铁路客运视角下东北地区城市网络结构演变及组织模式探讨[J]. 地理研究,2017,(7):1339-1352.
- [11]冯兴华,修春亮,刘志敏等. 东北地区城市网络层级演变特征分析——基于铁路客运流视角[J]. 地理科学,2018,(9):1430-1438.
- [12]万 兴. 大数据时代的网络效应及其价值[J]. 现代经济探讨,2018,(12):97-102.
- [13]熊丽芳,甄 峰,王 波等. 基于百度指数的长三角核心区城市网络特征研究[J]. 经济地理,2013,(7):67-73.
- [14]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,(8):1031-1043.
- [15]叶 磊,段学军,欧向军. 基于交通信息流的江苏省流空间网络结构研究[J]. 地理学报,2015,(10):1230-1237.
- [16]陈 伟,修春亮,柯文前等. 多元交通流视角下的中国城市网络层级特征[J]. 地理研究,2015,(11):2073-2083.
- [17]叶 磊,段学军,吴 威. 基于交通信息流的长三角地区网络空间结构及其效率研究[J]. 地理研究,2016,(35):992-1002.
- [18]邱坚坚,刘毅华,陈浩然. 流空间视角下的粤港澳大湾区空间网络格局——基于信息流与交通流的对比分析[J]. 经济地理,2019,(6):7-15.
- [19]钟业喜,朱治州. 长江经济带土地利用及其生态系统服务价值演变研究[J]. 江西师范大学学报(哲学社会科学版), 2018,(3):100-107.
- [20]刘 军. 社会网络分析导论[M]. 北京:社会科学文献出版社,2004.
- [21]钟业喜,傅 钰,朱治州等. 基于母子企业联系的上市公司网络结构研究——以长江中游城市群为例[J]. 长江流域资源与环境,2018,(8):1725-1734.
- [22]王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报,2017,(1):116-134.
- [23]刘彦随,李进涛. 中国县域农村贫困化分异机制的地理探测与优化决策[J]. 地理学报,2017,(1):161-173.
- [24]汤放华,汤 慧,孙倩等. 长江中游城市群经济网络结构分析[J]. 地理学报,2013,(10):1357-1366.
- [25]何 胜,唐承丽,周国华. 长江中游城市群空间相互作用研究[J]. 经济地理,2014,(4):46-53.
- [26]柳 坤,申玉铭. 国内外区域空间相互作用研究进展[J]. 世界地理研究,2014,(1):73-83.
- [27]李小建. 经济地理学(第二版)[M]. 北京:高等教育出版社,2006.

(责任编辑:余小江)