

盛科荣,张红霞,侣丹丹.中国城市网络中心性的空间格局及影响因素[J].地理科学,2018,38(8):1256-1265.[Sheng Kerong, Zhang Hongxia, Si Dandan. The Spatial Pattern and Influential Factors of Urban Network Centrality in China. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(8): 1256-1265.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2018.08.007

# 中国城市网络中心性的空间格局及影响因素

盛科荣,张红霞,侣丹丹

(山东理工大学经济学院,山东 淄博 255012)

**摘要:**利用2016年中国上市公司100强企业网络数据和两阶段隶属联系模型构建中国城市网络,研究了中国城市网络中心性的空间格局,并通过计量方法识别了城市网络中心性的关键影响因素,解析了关键因素的作用机理。结果发现:中国城市网络出度和中介度的空间分布呈现核心-外围结构特征,入度中心性空间分布的集中度相对较低;中国城市的网络功能开始出现层级分化,城市网络的功能结构区别于中心地体系下的等级关系;经济规模、知识资本、航空设施和政治资源是城市网络中心性空间格局的关键影响因素,择优链接是中国城市网络生长发育的重要内在动力。

**关键词:**网络中心性;隶属联系模型;择优链接;等级结构

**中图分类号:**F127 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2018)08-1256-10

过去几十年来,产品价值链分割成为越来越普遍的现象。在Friedmann<sup>[1]</sup>、Sassen<sup>[2]</sup>、Castells<sup>[3]</sup>等学者的推动下,特别是随着链锁网络模型<sup>[4]</sup>和隶属联系模型<sup>[5]</sup>的发展,基于企业网络视角的世界城市网络理论应运而生。识别城市节点的地位和作用,进而分析城市网络的等级结构和关联性,一直是城市网络研究的基本问题<sup>[6]</sup>。城市网络节点的地位体现在连通性、控制性、不可或缺性等诸多方面,而中心性度量指标则是揭开这些特性的有效手段<sup>[6]</sup>。城市网络中心性的高低影响着城市直接调动潜在网络资源或者信息能力的强弱,从而影响甚至决定着城市在网络中的发展前景<sup>[7]</sup>。但是世界城市网络主要关注价值链高端价值环节对于城市网络的构建作用,导致那些发展中国家和地区的城市被排除在研究范围之外,这成为世界城市网络的主要缺陷。

中国在近30 a里成长出一批多区位大型企业<sup>[8]</sup>,建立在产品价值链基础上的城市网络日益浮现,基于企业网络的中国城市网络结构特征和发展规律的研究已成为当前响应中国城市化实践、完善城市网络体系建设的一个重要前沿研究领域。一些学者基于电子信息企业生产网络、汽车零部件

交易网络等单一行业视角对中国城市网络的点度中心性、关联格局、职能分工等特征进行了实证研究<sup>[9,10]</sup>,也有学者开始尝试采用多行业企业网络数据解析中国城市网络的复杂结构及其演化特征<sup>[11]</sup>。但是由于数据的限制,更多的实证研究集中在京津冀城市群<sup>[12]</sup>、长三角地区<sup>[13,14]</sup>、珠三角地区<sup>[15]</sup>等区域尺度。然而总体来看,中国城市网络研究仍处于发展和完善阶段,目前还存在2个薄弱环节:城市网络的多维度研究不足,特别是迫切需要加强基于大型企业空间组织的城市网络结构特征的解析;城市网络发育微观过程的定量分析不足,基于企业网络组织行为的城市网络理论模型研制和福利问题分析亟待加强。

在这种背景下,本文基于2016年中国上市公司100强企业网络的视角识别界定城市网络,研究了中国城市网络的中心性及其影响因素。本文尝试在2个方面进行了创新性探索:在方法上,发展了两阶段隶属联系模型,能够探索深层次企业网络环境下的城市网络关系,并为城市网络中心性的研究提供新的视角;在内容上,研究了大型企业网络环境下中国城市网络中心性的空间格局,并定量解析了城市网络中心性的影响因素,解析了

**收稿日期:**2017-07-25;**修订日期:**2017-10-15

**基金项目:**国家自然科学基金项目(41771173)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41771173).]

**作者简介:**盛科荣(1977-),男,山东日照人,副教授,博士,主要从事城市地理与区域可持续发展研究。E-mail:shengkerong@163.com

影响因素对城市网络生长发育的作用机理。本文将丰富和加深中国城市网络结构特征的理解,为构建完善城市网络理论体系提供参考。

## 1 城市网络构建与中心性测度方法

### 1.1 基于企业网络的城市网络构建

2016年中国上市公司100强企业名单来自财富中文网(<http://www.fortunechina.com>)。100强企业营业总收入21.92万亿元,企业类型涵盖了中国经济的主要行业:制造业企业28家,营业收入占比32.01%;金融业企业20家,营业收入占比19.87%;建筑业企业8家,营业收入占比12.75%;信息传输、软件和信息技术服务业企业8家,营业收入占比7.73%;批发和零售业企业10家,营业收入占比5.03%;其他行业(电力、热力生产和供应业企业4家,房地产企业7家,采矿业企业5家,交通运输、仓储和邮政业企业3家,商务服务业5家,专业技术服务业1家)企业26家,营业收入占比22.61%。

2016年中国上市公司100强企业空间组织数据主要来自“启信宝”网站(<http://www.qixin.com/>)。该网站数据与国家工商局网站同步更新,可查询全国超8 000万家企业的关联族谱。本文根据关系族谱整理2016年中国上市公司100强企业及其投资控股企业的注册地址、行业领域等信息,获取企业空间组织层面数据。考虑到中国100强企业集团化的组织特征,本文在Alderson和Beckfield<sup>[9]</sup>的基础上提出两阶段隶属联系模型来识别城市间链接关系。两阶段隶属联系模型便于分析深层次企业网络对城市网络的影响,即集团公司总部和第一级子公司、第一级子公司和它们

的控股公司产生的城市间链接关系。

以联想控股股份有限公司为例(篇幅关系,仅截取企业网络的一部分),演示城市网络识别界定过程。在图1中,联想控股股份有限公司总部所在的城市为北京,联想控股股份有限公司对外投资绵阳科技城产业投资基金、位于珠海的拜博医疗集团有限公司,以及北京昆仑瑞恒科技有限公司,这样在城市网络连接矩阵中“北京→绵阳”“北京→珠海”赋值为1。绵阳科技城产业投资基金又对外投资北京奥瑞安能源技术开发有限公司和上海志仁投资中心,拜博医疗集团有限公司对外投资上海拜和医疗器械有限公司,北京昆仑瑞恒科技有限公司对外投资无锡的拉卡拉电子商务有限公司,这样在城市网络连接矩阵中“绵阳→北京”“绵阳→上海”“珠海→上海”“北京→珠海”均赋值为1。在这个演示案例中,北京和上海不存在直接的链接关系,它们之间的链接关系通过“中间人”珠海来实现。将第一层级投资关系和第二层级投资关系在城市层面上进行汇总,得到基于联想控股企业网络的城市网络邻接矩阵(表1)。

按照相同的思路,求出中国上市公司100强其他企业第一层级和第二层级对外投资关系形成的城市邻接矩阵。在城市层面将这100家企业形成的城市邻接矩阵进行汇总,最终得到中国城市网络关系矩阵。需说明的是,本文以中国地级城市为统计单元,研究对象为292个地级市(截至2017年,不包括港澳台地区的中国地级行政区共计334个),不包括30个自治州、8个地区<sup>①</sup>、3个盟以及三沙市。因此,本文研究对象是一个292×292的有向多值网络,共有12 919条链接关系。

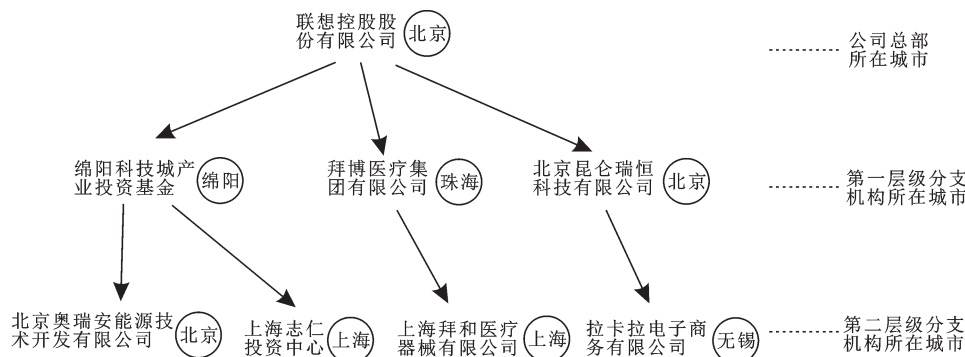


图1 联想控股企业网络示意图

Fig.1 Schematic diagram of the corporate network of Legend Holdings within cities

① 注:8个地区为大兴安岭地区、阿克苏地区、喀什地区、和田地区、塔城地区和阿勒泰地区、阿里地区和那曲地区;3个盟为兴安盟、锡林郭勒盟和阿拉善盟。

表1 基于联想控股企业网络的城市邻接矩阵

Table 1 The adjacency matrix of urban network through the lens of corporate network of Legend Holdings

	北京	绵阳	珠海	上海	无锡
北京	0	1	1	0	1
绵阳	1	0	0	1	0
珠海	0	0	0	1	0
上海	0	0	0	0	0
无锡	0	0	0	0	0

## 1.2 城市网络中心性的测度

本文采用出度、中介度和入度来测度城市网络的中心性。① 出度:  $O_i = \sum_j T_{ij}$ , 这里  $T_{ij}$  代表城市  $i$  向城市  $j$  发出链接关系的条数。在本文中, 发出关系的城市为公司总部和第一层级分支机构所在地, 因此城市出度值越高代表城市对网络的资源控制能力越强。② 中介度:  $C_B(i) = \sum_k \sum_l [g_{kl}(i)/g_{kl}]$ , 这里,  $g_{kl}$  代表城市  $k$  和城市  $l$  之间最短路径的数量,  $g_{kl}(i)$  指的是连接城市  $k$  和  $l$  并经过城市  $i$  的最短路径数量。中介性测度了城市对外投资并吸引外来投资的规模, 反映了城市对网络中资本流动的桥接能力。③ 入度:  $D_i = \sum_j T_{ji}$ , 这里  $T_{ji}$  代表城市  $i$  接收城市  $j$  链接关系和第二层级分支机构的所在地, 因此城市入度值的高低刻画了城市吸引投资能力的强弱。城市中

心度利用软件 UCINET 6.0 计算<sup>[16]</sup>, 表2给出了中国城市网络中心度前10位城市的统计值。

## 2 中国城市网络中心性空间格局分析

### 2.1 多维度结构特征

城市出度的空间格局呈现明显的核心-外围结构特征(图2)。城市出度首位度、10城市指数、赫芬达尔-赫希曼指数、捷夫  $q$  指数4个统计性指标<sup>①</sup>分别是0.498、0.598、0.269和1.985, 这表明城市出度的空间分布具有高度的集中性特征, 出度的峰值仅集中在少数城市, 而大多数城市的出度值较低。一方面, 处于支配地位的城市主要集中分布于3个区域: 环渤海地区、长三角地区和珠三角地区(图2)。北京(出度值占比为49.75%)和上海(10.29%)是中国上市公司100强总部的主要集聚地, 这2个城市在城市网络资源支配中占据主导地位。深圳(出度值占比为6.57%)、广州(4.73%)、武汉(2.83%)、厦门(1.93%)等城市是中国100强企业第一层级子公司的主要集聚地, 这些城市也具有较强的网络资源支配能力。中西部地区城市的出度值明显偏低, 共有170个城市的出度值为0, 这些城市在网络权力中处于边缘位置。另一方面, 城市网络权力格局与城市人口规模分布并不存在简单的对应关系。本文以出度值大于0的122个城市为样本, 对城市出度值、城市

表2 中国城市网络中心性前10位城市统计值

Table 2 Statistics of top 10 cities of network centrality in China

出度			中介度		入度	
	城市	度数/占比(%)	城市	度数/占比(%)	城市	度数/占比(%)
1	北京	6427/49.75	北京	14158/37.25	上海	964/7.46
2	上海	1330/10.29	上海	4533/11.93	深圳	903/6.99
3	深圳	849/6.57	深圳	2809/7.39	北京	889/6.88
4	广州	611/4.73	南京	2005/5.28	天津	779/6.03
5	武汉	365/2.83	大连	1282/3.37	成都	376/2.91
6	厦门	249/1.93	西安	772/2.03	重庆	328/2.54
7	大连	241/1.87	太原	729/1.92	武汉	296/2.29
8	青岛	235/1.82	青岛	716/1.89	广州	280/(2.17)
9	南京	230/1.78	珠海	710/1.87	南京	247/1.91
10	天津	207/1.60	呼和浩特	662/1.74	西安	235/1.82

注: 括号中的数值为单个城市中心性统计值占整个网络统计值的比重。

① 4个统计指标定义如下: 出度首位度定义为首位城市(出度最大城市)的出度值占整个城市网络出度的比重; 10城市指数描述了首位城市出度值占前10个出度最大城市出度值之和的比重; 赫芬达尔-赫希曼指数定义为出度占城市网络出度比重的平方之和; 捷夫  $q$  指数的拟合方程为:  $\ln(Odc_j) = \ln(cont) - q \ln(Rank_j) + u_j$ , 这里  $Odc_j$ 、 $Rank_j$  分别是城市  $j$  的出度和位序,  $cont$  为常数,  $u_j$  为残差。在后面中介度和入度的空间统计分析中, 4个统计指标按照同样的思路进行定义, 如入度首位度定义为入度最大城市的入度值占整个网络入度的比重。



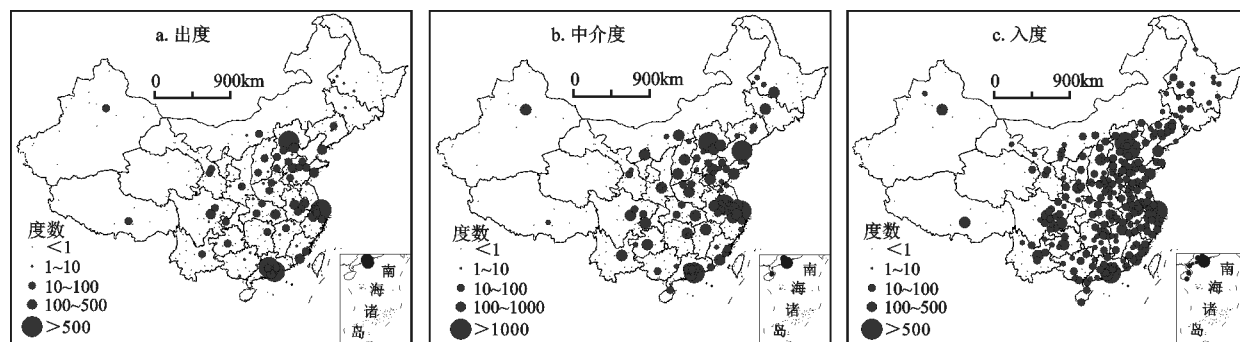


图2 城市网络中心性的空间格局

Fig. 2 The spatial organization of node centrality in the urban network in China

人口规模<sup>[17]①</sup>进行线性回归,然后根据残差对城市网络权力进行评判。结果发现,有60个城市的实际出度值高于按照人口规模预测的出度值,其中北京、深圳等9个城市的出度值拟合残差在100以上,成为城市网络中权力分布的高值地区。但是也有56个城市在权力体系中的地位低于在城市人口规模体系中的地位,其中重庆、天津等24个城市的拟合残差低于-100,成为城市网络中权力空间分布的塌陷地区。

城市中介度与出度一样呈现核心-外围空间结构特征(图2)。城市中介度首位度、10城市指数、赫芬达尔-赫希曼指数分别为0.37、0.50和0.16,前10个最大城市中介度之和的占比为75.75%。北京(中介度占比为36.85%)、上海(11.80%)、深圳(7.31%)构成了全国性的网络权力桥接枢纽;南京(5.22%)、大连(3.34%)、西安(1.90%)、太原(1.87%)、青岛(1.85%)、珠海(1.72%)、呼和浩特(1.69%)等城市构成了全国次级网络的衔接点;乌鲁木齐(0.979%)、成都(0.960%)、长春(0.836%)、苏州(0.803%)等22个中介度在100~600的节点由于在区域组织中仍具备一定的传递能力,构成了网络权力桥接的次级中心,这类节点包括大部分省会城市;郑州、佛山、惠州等58个中介度在100以下的节点在网络中的中介效应明显下降;枣庄、西宁、常州等192个城市的中介度为0,这些城市构成了中介性体系中的边缘节点。

城市网络入度中心性的空间集中度明显降低(图2)。尽管入度中心性的高值区域仍然集中在环渤海地区(北京入度值占比6.88%;天津入度值占比6.03%)、长三角地区(上海,7.46%;杭州,

1.87%)和珠三角地区(深圳,6.99%;广州,2.16%),但是城市入度空间分布的异质性程度相对于出度、中介度来看明显弱化:入度首位度、10城市指数、赫芬达尔-赫希曼指数和捷夫 $q$ 指数分别下降到0.07、0.19、0.03和0.70。入度值高于30的城市遍布于中国的主要城市化地区,包括:江淮地区(代表性城市合肥,入度值占比为1.22%)、长江中游地区(武汉,2.29%;长沙,1.66%)、海峡西岸经济区(福州,1.07%;厦门,0.91%)、哈长地区(哈尔滨,0.75%;长春0.62%)、冀中南地区(石家庄,0.69%)、兰州-西宁地区(兰州,0.76%;西宁,0.23%)、呼包鄂榆地区(呼和浩特,0.48%)、太原城市群(太原,1.04%)、成渝地区(成都,2.91%;重庆,2.54%)、滇中地区(昆明,1.04%)、黔中地区(贵阳,0.81%)、藏中南地区(拉萨,1.09%)、天山北麓地区(乌鲁木齐,0.94%)等。进一步分析也可以看出,入度值较高的这些城市基本上都是主要城市化地区传统意义上的核心城市。

## 2.2 网络功能空间分异

城市出度、中介度和入度分布格局呈现明显的空间相关性特征(图3)。城市出度和中介度的Spearman相关系数达到0.98,入度与出度的Spearman相关系数为0.63,入度与中介度的相关系数为0.70。这说明从整体上来看出度值较高的城市也具有较高入度中心性:总部集聚的城市具有企业发展的关键资源,例如市场规模、知识资本、政治资源等,企业为了获取发展的关键资源,倾向于在这里建立研究中心、贸易公司、融资平台等分支机构。这一点和Alderson和Beckfield<sup>[5]</sup>、李仙德<sup>[18]</sup>关于网络权力加强网络声誉的研究结论相一致,

① 城市人口规模以城市市辖区年末平均人口计算,数据来自文献[17]。

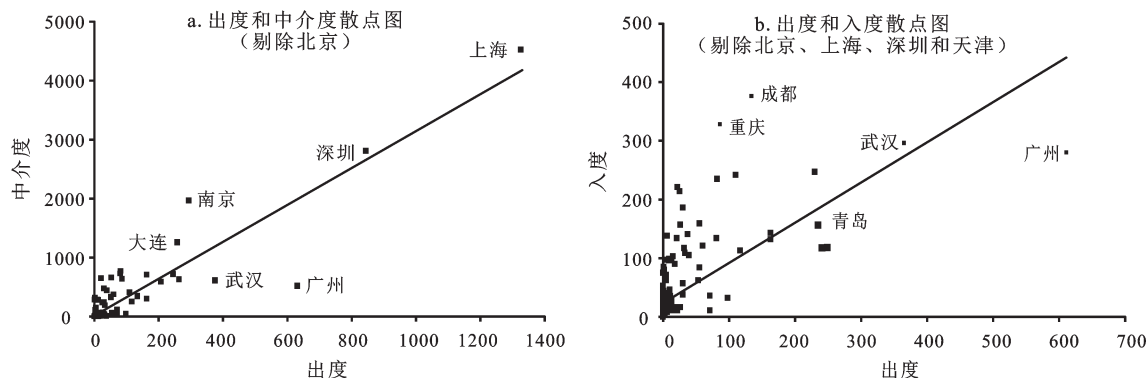


图3 中国城市网络中心性的相互关系

Fig.3 The relationships of urban centrality in China

网络权力越大的城市越有能力吸引其他城市与之建立链接关系。

但是许多城市在不同维度中心性体系中的地位存在显著差异(图3)。一些城市在出度中心性体系中的地位高于中介度体系中的地位。出度位于前50位、出度大于中介度的城市共有30个,如武汉、广州、厦门、天津等,这些城市成为了区域性的权力控制中心。而另一些区域性中心城市在中介性体系中的地位更加突出。中介度位于前50位、中介度大于出度的城市共有28个,如大连、南京、西安等,它们成为了权力体系中的区域性桥接城市。除了北京、上海、武汉、广州、青岛、珠海等少数城市的入度低于出度、中介度之外,绝大多数城市的入度高于出度。入度值和出度值差距最大的是天津,入度值要比出度值高572;其次是成都和重庆,分别高出243和242;接着是宁波、长沙、郑州和西安,分别高出199、189、156和153。

进一步结合城市出度、入度、中介度的组合特征,可以将城市按照网络功能划分为全国性核心城市、区域性权力中心城市、区域性权力桥接城市、资本基地型城市、准权力边缘城市和权力边缘城市6种类型(图4)。全国性核心城市指出度、中介度和入度都位于前5位的城市,包括北京、上海和深圳3个城市,它们构成了全国权力体系中的核心城市。区域性权力中心城市指出度位于前50位、出度大于中介度的城市,包括广州(出度、入度和中介度占比分别是4.73%、2.16%和1.38%)、武汉(2.82%、2.29%和1.54%)、厦门(1.92%、0.91%和1.68%)等共30个城市。区域性权力桥接城市指中介度位于前50位、中介度大于出度的城市,包括大连(1.86%、0.91%和2.33%)、长沙(0.19%、1.65%和

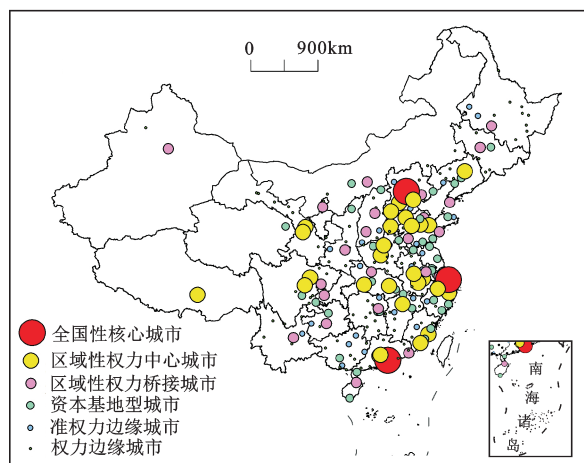


图4 中国城市网络功能空间格局

Fig.4 Differentiation of network function of cities in China

0.62%)、太原(0.63%、1.04%和1.89%)等共30个城市。资本基地型城市指入度位于前100位、出度和中介度在50位之后的城市,包括,如南宁(0.60%、0.01%和0.03%)、烟台(0.04%、0.55%、0.02%)、徐州(0.01%、0.40%、0.01%)、等共47个城市,这些城市在网络体系中更多承担了资本汇聚中心的功能。准权力边缘城市指出度或中介度在50~100位之间、入度在100位以后的城市,包括泰安、岳阳、张家口等29个城市。权力边缘城市指出度、入度、中介度都位于100位以后的城市,包括广元、聊城、上饶等153个城市。

### 3 中国城市网络中心性的影响因素分析

#### 3.1 解释变量及统计特征

在基于企业网络构建的城市网络中,城市网

络的中心性是企业总部和分支机构区位选择行为的宏观表现形式——出度中心性主要取决于公司总部的规模,入度中心性主要取决于对于分支机构的吸引力。城市中心性的空间格局说明,中国城市网络是一个典型的无标度网络,企业价值链功能区块的区位选择呈现“有偏爱的依附”特征<sup>[19]</sup>。从微观区位理论的视角来说,本文最终选取了5个城市属性指标作为中心性的解释变量。城市属性数据来自2016年《中国城市统计年鉴》<sup>[17]</sup>,同时考虑到一些城市统计数据的缺失,计量分析所用的样本仅包含了277个城市。

1) 地区生产总值(GDP)。更大的经济规模意味着更高的市场需求、更多的经济机会和更好的公共服务,因此城市经济规模成为企业总部及其分支机构区位选择的重要影响因素。李仙德<sup>[18]</sup>、Pred<sup>[20]</sup>等的研究也表明,企业网络趋向于更多的发生于经济发达的城市之间,这意味着传统意义上的城市经济规模将转化为网络环境下的城市权力和声誉。本文选取市辖区GDP(亿元)来反映城市的经济规模,预计GDP对城市出度、中介度和入度中心性具有正向影响。

2) 劳动力工资(Wage)。较高的劳动力工资率既反映了良好的人力资本素质,又代表了较高的企业运营成本,因此劳动力工资对于产品价值链不同环节的影响存在差异。Henderson<sup>[21]</sup>、Defever<sup>[22]</sup>等的研究表明,公司总部等高附加值环节更加关注劳动者的创造力,倾向于在人力资本富集的区位集聚;而对于标准化大批量生产的制造环节来说,职工工资则是重要的制约因素。Friedmann<sup>[1]</sup>、Duranton和Puga<sup>[23]</sup>等的研究也表明,大城市成为公司总部和管理人员、专业人才的集聚区,中小城市则承载了大量的分厂或者技术含量低的加工组装企业。本文选取城市市辖区职工平均工资(元)来衡量劳动力工资水平,本文预计职工工资与城市出度中心性具有正向关系、与城市入度中心性具有负相关关系。

3) 知识资本厚度(Knowledge)。在现代产业发展过程中,知识资本成为影响企业经济绩效和创新能力的关键因素,城市知识资本厚度成为企业网络从而城市网络空间发育的重要影响因素。参照Lucas<sup>[24]</sup>、Eaton和Eckstein<sup>[25]</sup>的做法,本文构建知识资本厚度指标来衡量城市知识资本的平均水平。知识资本厚度定义为市辖区万人科学研究、技

术服务和地质勘查业人数与全市人均地方财政科学技术支出(元)的乘积,这里市辖区人口和全市人口指市辖区年平均人口和全市年平均人口。本文预计知识资本厚度对于城市中心性产生正向影响。

4) 民航客运量(Passenger)。企业网络的发展从而城市网络的发展推动着信息联系成倍增长,通过电话、邮件、网络产生的信息联系终将变成现实中面对面的联系,万亿次的信息联系将导致百亿次的空中飞行,而航空联系将最终成为“流动空间”里城市间联系的根本手段<sup>[3]</sup>。本文选取民航客运量(万人)代表城市航空基础设施的规模和质量,预计民航客运量对城市中心性产生正向影响。

5) 城市行政级别(Capital)。中国各级政府都拥有巨大的资源支配能力,城市的行政级别越高,意味着城市拥有的政治资源越多、城市的政策优势和信息优势越突出,这是公司总部区位选择的重要影响因素<sup>[18, 22, 26]</sup>。而且区域公共设施投资往往具有权力中心的偏好,这意味着政治中心城市具有更好的公共设施,这将提升政治中心城市对于产品价值链的竞争力。本文采用定序变量来刻画城市行政级别:直辖市赋值为2,省会和副省级城市赋值为1,其他城市赋值为0。本文预计较高行政等级城市具有较高的出度和入度。

### 3.2 回归结果

回归分析基于计量软件Stata 12.0实现。作为分析的起点,首先通过OLS进行线性回归。White检验发现OLS估计存在明显异方差性,这意味着OLS估计得到的参数估计量不再是有效估计量。本文中的解释变量和被解释变量在城市层面上的变差都比较大,特别是还存在一些奇异值,导致数据呈现较强的离散性趋势,这是异方差问题的主要来源。因此,本文分别采取两种相互补充的方法开展稳健性回归。

第一种方法是异常值稳健回归。采用迭代再加权最小二乘法程序rreg来获得稳健回归估计:首先进行OLS回归,得到每个观察点的库克D值,然后剔除距离大于1的观察点;接着应用Huber函数计算出每一个观察值的权重——该方法将赋予残差较大的观察值较小的权重,再继续使用加权最小二乘法估计;当两次迭代得到的权重值之差小于目标值时,迭代过程结束。异常值稳健估计能够抵抗奇异值的牵引,在本文中心性为正偏态分布的情况下能够取得高于OLS估计的效果。但是



异常值稳健回归的代价是,许多有影响力的观察值被放弃,从而缩小了样本规模。异常值稳健回归结果见表3。

第二种方法是稳健标准误回归。首先对连续解释变量和被解释变量取自然对数,接着在OLS回归中使用vce(robust)选项得到方差—协方差稳健估计值,从而得到异方差稳健性标准误。取自然对数(考虑到许多0值数据的存在,采用原始数据加1后再取自然对数的方法)之后数据的波动趋势明显降低,这在一定程度上缓解了异方差问题。为了便于解释,在稳健标准误回归中职工工资和知识资本厚度中的人均地方财政科学技术支出均以万元来计。相对于异常值稳健回归,稳健标准误回归能够对全体城市样本进行回归分析。稳健标准误回归结果见表4。

### 3.3 网络中心性的影响机理

地区生产总值、知识资本厚度和城市行政级别虚拟变量对于城市中心性具有显著的正向影响。这意味着,在城市网络发展过程中,不同类型的城市能够从网络中获取收益的能力存在差异。

那些市场规模大、知识资本丰富、政治资源接近性好的城市,具有吸引企业总部及其分支机构区位优势,从而有能力提高网络权力和声誉。那些市场规模小、知识资本贫乏、政治资源接近性较差的城市缺乏网络竞争力,将在城市网络发展过程中将被边缘化。

民航客运量对于出度和中介度具有正向显著影响。这说明航空基础设施影响着公司总部和第一层级分支机构的区位选择,从而成为塑造网络权力空间格局的重要影响因素。民航客运量在入度的稳健标准误回归中不显著,这可能是由于异常值的原因造成的。例如,海口市的民航客运量2 310万人(排在第7位),但是入度值只有96(排在第35位);苏州市还没有飞机场,但是入度值为159(排在第15位)。在异常值稳健回归估计中,当剔除这些奇异值之后,民航客运量与入度呈现显著的正向关系。因此本文判断,航空网络基础设施也是城市网络中心性的重要影响因素。

职工工资变量没有通过显著性检验。这可能是由于2个原因造成的。一是中国城市经济正在

表3 异常值稳健估计结果

Table 3 Estimation results of robust regression

	出度	中介度	入度
<i>GDP</i>	0.000075(2.37)**	0.000354(22.61)**	0.016059(38.35)**
<i>Wage</i>	-0.000533(-0.04)	0.005097(0.10)	0.118726(0.79)
<i>Knowledge</i>	0.093159(4.57)**	1.022583(12.20)**	3.392038(24.49)**
<i>Passenger</i>	0.015987(165.71)**	0.187254(471.83)**	0.016222(10.81)**
<i>Capital</i>	27.67549(156.45)**	147.2401(202.36)**	39.62405(16.97)**
<i>Obs</i>	277	277	277
<i>R-squared</i>	0.99	0.99	0.99

注:括号中为*t*值,\*\*代表在1%的水平上显著,\*代表在10%的水平上显著。

表4 稳健标准误估计结果

Table 4 Results of regression with heteroskedasticity robust standard errors

	出度	中介度	入度
<i>LnGDP</i>	0.416403(3.54)**	0.607268(4.78)**	0.529721(6.04)**
<i>LnWage</i>	0.053529(0.30)	-0.046360(-0.22)	-0.355287(-0.38)
<i>LnKnowledge</i>	0.246686(4.69)**	0.255670(4.02)**	0.171197(4.67)**
<i>LnPassenger</i>	0.064779(1.70)*	0.122403(2.66)**	0.016433(0.79)
<i>Capital</i>	1.14691(3.46)**	1.669750(4.39)**	0.673575(4.73)**
<i>Obs</i>	277	277	277
<i>R-squared</i>	0.59	0.64	0.67

注:括号中为*t*值,\*\*代表在1%的水平上显著,\*代表在10%的水平上显著。

转型过程中,职工工资不完全反映劳动者生产效率,还受到政治因素和地区特殊资源条件等的深刻影响。典型的案例是,拉萨、克拉玛依的职工平均工资分别为105 293元、84 559元,而天津和重庆的职工工资分别为841 47元和63 135元。二是职工工资率与其他变量存在共线性,职工工资率对中心性的影响被其他变量所俘获。事实上,当解释变量仅包含职工工资率时,职工工资率对出度、入度和中介度都具有显著正向影响。这可能意味着在城市网络发育过程中,经济规模效应超过了经营成本效应,导致产品价值链环节倾向于布局在大中型城市<sup>[22]</sup>。

综合上面的分析,研究结果揭示城市网络空间增长是一个择优连接和等级扩散的过程,而市场规模、知识资本厚度、航空基础设施和政治资源接近性是这个过程的关键性资源。企业往往先在政治资源接近性较好、经济规模较大、知识资本丰富的城市建立分支机构,然后这些分支机构再向周边地区扩散。这使得相对于其他类型的城市而言,这些城市既具有较高的出度和入度,也具有较高的中介度。正是这种择优连接作用的结果造就了前面所观察到的城市网络中心性的景观格局:少数城市承载了大量的产品价值链环节和区段,成为城市网络中的权力核心,而大量的城市节点却只有很少的公司连接,位于网络的边缘位置。

本文的研究有助于城市网络外部性的讨论。城市网络外部性的一个显著特征是空间异质性,目前学术界在这方面仍然存在着争议:有些研究表明小城市比大城市能更多的从发达的协同网络中获益<sup>[27,28]</sup>,有些研究则表明大城市更加具备充分利用网络资源的能力<sup>[29]</sup>,也有些学者认为大城市可能更多的依赖于全球网络,而小城市则更多受益于区域网络<sup>[30]</sup>。本文并没有发现企业总部及其分支机构大量集聚在中小城市的现象(事实上,GDP位于前30%的城市,总共集聚了95%的公司总部、96.67%的发出关系、81.87%接收关系)。也就是说,“借用规模(Borrowing size)”不是当前中国城市网络中心性格局的主流形态。本文的研究结论意味着,在“流动空间”环境下,大城市(尤其是那些知识资本丰富、航空基础设施和政治资源接近性较好的大城市)而不是小城市能够更多的从网络中获益。

## 4 结论

在流动空间里,城市日益作为产品价值链分工网络的节点而存在。城市的网络权力和地位影响着城市对网络中资源的支配和利用能力,决定着城市的网络竞争力和发展前景。本文基于2016年中国上市公司100强企业网络的视角,采用两阶段隶属联系模型识别界定城市网络,在此基础上研究了中国城市网络的中心性及其影响因素。研究发现:

1) 中国城市网络中心性空间分布呈现非均衡和异质性特征。城市网络出度和中介度中心性空间分布呈现核心-外围结构特征,存在着权力巨大的首位城市。入度中心性空间分布的集中性相对下降,具有多个核心城市。城市的出度、中介度和入度呈现出明显的空间相关性,环渤海地区、长三角地区和珠三角地区是城市中心性的高值区域,这意味着权力越大的城市倾向于吸引更多的城市与之建立链接关系。

2) 中国城市的网络功能开始出现层级分化。按照不同维度的中心性特征,城市体系可以划分为5个层级:出度和中介度最高的全国性核心城市(包括北京、上海和深圳)、出度较高但中介度较低的区域性权力控制中心城市(如武汉、广州等)、中介度较高但出度较低的区域性权力桥接城市(如大连、南京等)、入度较高但出度和中介度较低的资本基地型城市(如宁波、兰州等)以及中心度较低的边缘城市。城市网络中的层级关系与中心地体系下的等级结构存在区别,这揭示中国的城市体系的组织方式正在发生变革。

3) 经济规模、知识资本、航空设施和政治资源是城市网络中心性的关键影响因素。研究结果揭示择优链接是中国城市网络生长发育的重要内在动力:如果一个城市经济规模较大、航空设施较好、知识资本和政治资源丰富,那么这个城市将具备择优连接的明显优势,将会吸引更多的企业总部或者分支机构布局,从而提高城市的网络中心性。

## 参考文献(References):

- [1] Friedmann J. The world city hypothesis [J]. *Development and Change*, 1986, 17(1): 69-84.
- [2] Sassen S. *The global city: New York, London, Tokyo*[M]. Princeton: Princeton University Press, 1991.



- [3] Castells M. The rise of the network society[M]. Chichester: Wiley-Blackwell, 2010.
- [4] Taylor P J. World city network: A global urban analysis [M]. London: Routledge, 2004.
- [5] Alderson A S, Beckfield J. Power and position in the world city system [J]. *American Journal of Sociology*, 2004, 109(4): 811-851.
- [6] Cook K S, Yamagishi T. The distribution of power in exchange networks: Theory and experimental results[J]. *American Journal of Sociology*, 1983, 89(2): 275-305.
- [7] Neal Z. Differentiating centrality and power in the world city network[J]. *Urban Studies*, 2011, 48(13):2733-2748.
- [8] 李小建. 公司地理论[M]. 北京:科学出版社, 1999. [Li Xiaojian. Corporation geography. Beijing, China: Science Press, 1999.]
- [9] 宁越敏, 武前波. 企业空间组织与城市-区域发展[M]. 北京: 科学出版社, 2011. [Ning Yuemin, Wu Qianbo. Spatial organization of enterprise and development of city-region. Beijing: Science Press, 2011.]
- [10] 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. [Wang Cheng, Wang Maojun, Chai Qing. The relationship between centrality and power in the city network. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(12): 1953-1972.]
- [11] 吴康. 城市网络的空间结构及其演化研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2013. [Wu Kang. Urban network in China: Spatial structure and evolution mechanism, Beijing: The University of Chinese Academy of Sciences, 2013.]
- [12] 赵渺希, 魏冀明, 吴康. 京津冀城市群的功能联系及其复杂网络演化[J]. *城市规划学刊*, 2014(1):46-52. [Zhao Miaoxi, Wei Jiming, Wu Kang. Functional linkages in the Beijing-Tianjin-Hebei Conurbation Region and the evolution of the complex networks. *Urban Planning Forum*, 2014, (1):46-52.]
- [13] 庄德林, 杨羊, 晋盛武, 等. 基于战略性新兴产业的长江三角洲城市网络结构演变研究[J]. *地理科学*, 2017, 37(4):546-553. [Zhuang Delin, Yang Yang, Jin Shengwu et al. Evolution of the Yangtze River Delta's city network based on the strategic emerging industries. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(4): 546-553.]
- [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——企业联系的视角[J]. *城市规划学刊*, 2014(4):24-30. [Zhu Chasong, Wang De, Luo Zhendong. Centrality and power: A method of analyzing city network spatial structure. *Urban Planning Forum*, 2014, (4):24-30.]
- [15] 路旭, 马学广, 李贵才. 基于国际高级生产者服务业布局的珠三角城市网络空间格局研究. *经济地理*, 2012, 31(4):50-54. [Lu Xu, Ma Xueguang, Li Guicai. Spatial pattern of regional city network based on international advanced producer services' layout in Pearl River Delta. *Economic Geography*, 2012, 31(4):50-54.]
- [16] 刘军. 整体网分析——UCINET 软件实用指南(第二版)[M]. 上海:格致出版社, 2014. [Liu Jun. Lectures on whole network approach: A practice guide to UCINET (2nd). Shanghai: Truth & Wisdom Press, 2014.]
- [17] 中华人民共和国国家统计局. 中国城市统计年鉴 2016[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016. [[National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. China city statistical yearbook 2016. Beijing: China Statistics Press, 2016.]
- [18] 李仙德. 基于上市公司网络的长三角城市网络空间结构研究[J]. *地理科学进展*, 2014, 33(12):1587-1600. [Li Xiande. Spatial structure of the Yangtze River Delta urban network based on the pattern of listed companies' network. *Progress in Geography*, 2014, 33(12): 1587-1600.]
- [19] Liu X, Derudder B, Liu Y. Regional geographies of intercity corporate networks: The use of exponential random graph models to assess regional network formation[J]. *Papers in Regional Science*, 2015, 94(1):109-126.
- [20] Pred A R. City-systems in advanced economies: Past growth, present processes and future development options [M]. London: Hutchinson, 1977.
- [21] Henderson J V, Ono Y. Where do manufacturing firms locate their headquarters?[J]. *Journal of Urban Economics*, 2004, 63(2):431-450.
- [22] Defever F. Functional Fragmentation and the location of multinational firms in the Enlarged Europe [J]. *Regional Science & Urban Economics*, 2006, 36(5):658-677.
- [23] Duranton G, Puga D. From sectoral to functional urban specialisation[J]. *Journal of Urban Economics*, 2001, 57(2):343-370.
- [24] Lucas R E. On the mechanics of economic development [J]. *Journal of Monetary Economics*, 1988, 22(1): 3-42.
- [25] Eaton B, Eckstein Z. Cities and growth: Theory and evidence from France and Japan[J]. *Regional Science and Urban Economics*, 1997, 27(4):443-474.
- [26] 潘峰华, 夏亚博, 刘作丽. 区域视角下中国上市企业总部的迁址研究[J]. *地理学报*, 2013, 68(4):449-463. [Pan Fenghua, Xia Yabo, Liu Zuoli. The relocation of headquarters of public listed firms in China: A regional perspective study. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(4):449-463.]
- [27] Alonso W. Urban zero population growth[J]. *Daedalus*, 1973, 102(4):191-206.
- [28] Camagni R, Capello R, Caragliu A. Static vs. dynamic agglomeration economies: Spatial context and structural evolution behind urban growth[J]. *Papers in Regional Science*, 2016, 95(1): 133-158.
- [29] Meijers E J, Burger M J, Hoogerbrugge M M. Borrowing size in networks of cities: City size, network connectivity and metropolitan functions in Europe[J]. *Papers in Regional Science*, 2016, 95(1):181-198.
- [30] Burger M J, Meijers E J. Agglomerations and the rise of urban network externalities[J]. *Papers in Regional Science*, 2016, 95(1):5-15.

## The Spatial Pattern and Influential Factors of Urban Network Centrality in China

Sheng Kerong, Zhang Hongxia, Si Dandan

(*Economic School, Shandong University of Technology, Zibo 255012, Shandong, China*)

**Abstract:** The research of centrality of urban network is an important entry point to analyze the hierarchical structure and explore the evolution process of urban network. First the two-stage ownership linkages model to identify urban network through the lens of corporate networks is developed and the urban network in China is defined based on the top listed 100 enterprises in 2016. Then the spatial patterns of urban network centrality in China are studied from three perspectives of outdegree, betweenness and indegree. Finally the key factors affecting city network centrality are identified using two econometric methods of robust regression and the mechanisms of the key factors are analyzed. Three main findings are concluded. First, the spatial distribution of centrality in the urban network in China is unbalanced and heterogeneous. The spatial structure of outdegree and betweenness centrality both exhibit core-periphery patterns with primate city with great power. The spatial concentration of indegree centrality is relatively low, with multiple core cities. There is a significant spatial correlation between the three centrality measures of outdegree, betweenness and indegree. The three regions of Bohai Rim, Yangtze River Delta and Pearl River Delta have high level of centrality values, becoming the core areas of urban network power system in China, while most cities in Central and Western China become periphery regions, which suggests that cities with more power have more prestige attracting others to relate. Second, the network function of cities in China exhibits differentiation. Based on the combination of different centrality measures, the urban system in China can be divided into five functional levels: the national dominant center with the highest level of outdegree and betweenness centrality (including Beijing, Shanghai and Shenzhen), regional command centers with high level of outdegree centrality but low level of betweenness centrality (i.e. Wuhan, Guangzhou, etc.), regional gateway cities with high level of betweenness centrality but low level of outdegree centrality (i.e. Dalian, Nanjing, etc.), investing centers with relatively high level of indegree centrality but low level of both outdegree and betweenness centrality (i.e. Ningbo and Lanzhou), and the periphery cities with low level of all the three centrality measures. The spatial pattern of the power in urban network is different from the urban hierarchy predicted by central place theory, which reveals that the foundation for the development of China's urban system is undergoing profound changes. Third, economic scale, knowledge capital, aviation facilities and political resources are key factors influencing the spatial pattern of urban network centrality. The results reveal that preferential attachment is an important mechanism in the development of China's urban system: the cities with large market size, good aviation infrastructure, abundant knowledge capital and political resources will have the advantages in attracting more corporate headquarters or branch layouts. This paper will enrich and deepen the understanding of the characteristics of urban network structure in China, and provide references for the construction of urban network theory.

**Key words:** network centrality; the ownership linkage model; preferential attachment; hierarchical structure