

Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2023.02.007

欢迎按以下格式引用:白永亮,康振楠.长江经济带城市功能联系网络及其协调发展空间效应研究[J].重庆大学学报(社会科学版),2023(2):16-32. Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2023.02.007.



Citation Format: BAI Yongliang, KANG Zhenan. Urban functional connection network and its spatial effect of coordinated development in the Yangtze River Economic Belt[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2023(2):16-32. Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2023.02.007.

长江经济带城市功能联系网络 及其协调发展空间效应研究

白永亮^{1,2},康振楠¹

(1. 中国地质大学(武汉)经济管理学院,湖北 武汉 430074;

2. 湖北省区域创新能力监测与分析软科学研究基地,湖北 武汉 430074)

摘要:城市功能联系网络的空间外部性对解释区际互联互通、推进区域经济协调发展具有重要意义。文章以长江经济带110个地级及以上城市为研究对象,探究产业联系下的城市功能网络结构及其协调发展空间效应:首先,根据城市产业分类及功能特性构建了城市功能结构体系;其次,基于产业联系角度,运用修正引力模型测算城市功能网络联系强度,并借助重尾分级法确定网络层级结构;再次,运用社会网络分析法从网络空间分布结构、网络密度效率和网络边界效应三个层面剖析各类功能网络结构特征;最后,构建空间计量模型检验城市功能联系网络对区域经济协调发展的空间效应。研究发现:全域内各类城市功能网络结构形态存在差异,流通和公共服务功能网络呈跳跃式交织联结分布,其余三类功能网络均呈“东密西疏”梯度化递减的网状分布;全域内各类功能联系网络具有相似的空间分异性,上游以成渝双核引擎式联动发展,中游形成以省会城市为核心的“三足鼎立式”轮轴辐射结构,下游呈“一核多中心式”扁平化结构;城市综合功能网络对区域经济协调存在正向空间溢出效应,且这种空间效应存在区域异质性;产业联系的分功能网络对区域经济协调的作用程度存在差异,生产功能溢出效应最大,流通和公共服务功能的溢出效应尚不显著;在城市规模异质性条件下,大城市间功能联系网络呈负向溢出,中小城市功能网络呈正向溢出。为此,提出以下政策建议:着力优化营商环境,增强城市功能网络连通性;夯实交通信息基础设施建设,释放功能网络协调效应;优化产业分工协作体系,避免城市功能定位同质化。创新之处:从网络外部性视角,分别从区域异质性、功能异质性和规模异质性维度探究城市功能网络对区域经济协调的空间效应。

基金项目:国家社会科学基金项目“长江经济带节点城市的要素集聚功能研究”(16BGL199)

作者简介:白永亮,中国地质大学(武汉)经济管理学院教授,Email: writebyl@163.com。

关键词:城市功能联系网络;区域经济协调发展;空间效应;产业联系;长江经济带

中图分类号:F127 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2023)02-0016-17

党的二十大报告提出,要深入实施区域协调发展战略、区域重大战略、主体功能区战略、新型城镇化战略,优化重大生产力布局,构建优势互补、高质量发展的区域经济布局和国土空间体系。区域经济协调发展是中国经济高质量发展的必由之路。党的十九大以来,伴随着区域协调发展战略深入实施,区域经济运行表现出新特征:一是城市群、经济带和都市圈成为承载要素组织集散的主要空间形态,是支撑区域经济运行的“压舱石”。二是城市联系由传统中心的等级体系演变为多层次交叉网络体系,其本质是城市间的功能协作分工体系网络化。同时也出现一些新问题:区域内经济发展非均衡化;受行政规制和企业竞争等影响,城市功能网络存在联动壁垒。长江经济带作为实施区域协调发展战略的先行示范带,其域内经济所呈现的新特征、新问题尤为典型。尽管域内城市间依托黄金水道扩大合作范围,但仍面临要素流动性差、功能联动效应弱、管理主体协作成本高、经济发展不协调等现实困境。2020年11月,习近平总书记在长江经济带发展座谈会上提出“加快推动产业自主有序化转移,促进上中下游协调联动发展”,而城市产业有序转移的外化形式是城市功能联系网络的深化,因此,优化城市功能联系网络是推动区域经济协调的新型方向指引。通过发挥功能网络联动优势,促进要素双向溢出与产业远程互联互通,进而将长江经济带打造为区域协调发展的新样本,为其他区域探索经济协调发展路径提供借鉴。基于此,本文探究了三个问题:一是剖析产业联系下的城市功能网络空间结构特征;二是探究城市功能网络的联系紧密度、联系效率及边界效应,从而识别功能网络不足;三是检验城市功能网络是否存在溢出,并从区域异质性、功能异质性和规模异质性维度探究城市功能网络对区域经济协调的空间效应。结论可为全域统筹推进城市功能网络化建设工作,释放网络经济红利和推动区域经济协调提供决策参考。

一、文献综述与理论机理

(一) 文献综述

关于区域经济协调发展研究主要集中在四个方面:(1)评估标准和评价方法。多数学者从区域经济联系、区域经济差距、区域经济增长、区际要素流动、基本公共服务均等化、市场一体化水平等方面判别区域经济是否协调^[1-2]。另外,学者采用泰尔指数、基尼系数、经济收敛指数或综合评价分析法评估区域经济协调度。(2)驱动因素。一是政府驱动。Buchan等验证了地方政府协作能推动区域协调发展^[3]。另外,地方政府还可通过调整税收政策、转移支付或提升公共服务均等化水平来统筹推进区域经济协调。二是要素驱动。削减市场交易成本、改善基础设施建设、加大科技创新驱动等均能加快区际要素流动,从而推动区域经济协调^[4-5]。三是产业驱动。产业转移能促使区际资源空间再配置,促进产业价值链转型升级^[6],产业集聚也能缩小区域经济差距^[7],从而推动区域经济协调。(3)协调机制。覃成林和姜文仙认为区域经济协调发展机制包含市场机制、空间组织机制、合作机制、援助机制和治理机制等^[8]。魏后凯和高春亮认为利益补偿和利益共享机制也是区域

协调发展的重要机制^[9]。(4)经济效应。一是本地市场效应。范剑勇和谢强强指出产业集聚能够产生本地市场效应,从而使地区经济差距不会因产业集聚而扩大^[10]。二是产业转移效应。区域协调发展可以在产业分工体系下产生产业转移效应,促使整个区域产业结构转型升级^[11]。综观已有研究,学术界对区域经济协调发展的内涵、评估体系及机制效应等进行了深入研究,构建了相对系统的理论研究体系,但伴随着区域经济联系呈网络化态势,鲜有文献从网络外部性角度去论证解释区域经济协调发展。

城市功能研究主要集中在四个方面:(1)分类体系。主要有两种分类思路,一是根据城市功能等级大小将其划分为基础功能与非基础功能、主导功能和一般功能等。二是根据空间要素流属性将城市功能划分为经济、交通和文化功能等。(2)城市功能转型。主要集中在结构转型方面。冯章献等基于开发区与中心城区互融的演化趋势,提出在空间上构建块状分区实现功能结构转型^[12]。石正方和李培祥提出从企业组织改革创新和政府制度创新两方面进行功能结构转型^[13]。(3)城市功能专业化。现有研究集中在形成机制、测度方法和经济效应三方面。在形成机制研究上,Duranton 和 Puga 认为企业组织形式变革是驱动城市产业专业化演变为城市功能专业化的主要原因^[14]。齐讴歌等还指出企业交易成本和居民生活成本同样是推动城市功能专业化的内在机制^[15]。在测度方法上,已有学者运用要素相对价格法、D-P 功能专业化指数、份额分析法等测算城市功能专业化水平。在经济效应研究上,主要是针对经济增长、城市生产率和产业结构三方面。尚永珍和陈耀以城市群为研究对象,验证了城市功能专业化能促进区域经济增长^[16]。柴志贤和何伟财认为提高城市功能专业化有助于提升生产性服务业效率,但抑制工业效率^[17]。(4)城市功能网络。城市功能网络是由功能要素、作用载体及联系通道构成^[18],是反映城市功能空间联系的网络化表达。在研究方法上,主要从企业联系、要素流动等角度运用引力模型等方法构建功能网络。在研究内容上,多数围绕制造功能、交通功能和生产服务功能的网络结构开展研究。综观已有研究,学者们对城市功能的概念、分类体系及优化转型等方面形成理论体系,但对城市功能网络的研究较为缺乏,多数研究侧重于某单一功能,缺乏对城市功能网络体系进行系统分类。

现有关于城市功能与区域协调发展的联动研究,多数是从功能分工、功能定位和功能空间组织结构三个层面开展研究。在功能分工上,侯杰和张梅青测算京津冀地区的制造功能和服务功能分工程度,认为功能错位分工和有机互补是推动区域协调发展的关键^[19]。赵勇和齐讴歌认为空间功能分工与地区差距呈倒 U 型关系^[20]。在功能定位上,陆大道指出,功能定位是以一定区域范围为前提,最终是为了适应区域协调发展的需要^[21]。在功能空间组织结构上,功能多中心结构能有效促进城市间分工协作,是优化区域协调发展的方向。姚常成和吴康指出知识多中心结构可通过发挥借用规模效应、提高城市协作效率、释放空间溢出等方式推动城市群经济协调发展^[22]。功能分工、定位及组织结构是功能联系的表现形式,网络则是反映城市功能联系活动的“映射”工具,但现有研究尚未从城市功能联系网络探究区域经济协调发展。

本文的边际贡献:一是根据城市产业分类和功能特性,构建城市功能结构体系,揭示不同类型的城市功能网络空间结构差异。二是从网络外部性视角出发,检验城市功能网络对区域经济协调

发展的空间效应,并从区域异质性、功能异质性和规模异质性等维度探究其空间效应差异。

(二) 理论机理

区域空间联系是区域经济协调发展的基础。城市功能联系是区域空间联系中一种有形的、典型具体的联系形式。网络则是映射区域空间联系活动的有效工具。城市功能联系网络能够成为刻画区域空间联系,进而探究区域经济协调发展的逻辑起点。城市功能联系网络是以要素流动作为运行基础,而借用规模是区际要素流动的有效实现形式,产业分工协作和结构优化是要素流动的作用结果。因此,从要素流动、借用规模和产业分工协作及结构优化这三个层面进一步阐述城市功能联系网络对区域经济协调发展的理论机理。

城市功能联系网络加速区际要素多向度流动和优化区际要素配置,促进区域经济协调发展。城市功能网络的空间外部性,能够弱化区际隐形壁垒,突破地理邻近限制^[23],从而加快要素流动速度。另外,城市功能网络凭借“结构溢出”“地域溢出”和“关系溢出”等多种扩散传播方式,促使要素流向多元化。传统集聚经济通过学习、匹配和共享三种微观机制发挥集聚效应^[14],城市功能网络弱化了城市等级结构,增强跨界连通性,有助于拓宽这三种微观机制的作用范围,使要素流动在更大的市场范围内实现供需有效匹配,从而提升要素空间配置效率,促进区域经济协调发展。

城市功能联系网络深化城市间发生借用规模行为的作用效果,推进区域经济协调发展。Alonso最早提出借用规模概念,认为小城市可以借用邻近大城市的集聚经济规模优势,主动汲取大城市的空间溢出,从而提升城市自身生产率^[24]。城市功能网络深化借用规模的作用效果可从借用的范围和程度来解释:(1)城市功能网络扩大借用规模范围。不仅局限于原先小城市向大城市的单向借用,小城市彼此间也存在借用行为。另外,对于边缘孤立节点,Hesse认为网络能够弱化孤立节点的边缘性,为其提供更多“飞地合作”的契机^[25]。(2)城市功能网络加大借用规模程度。借用规模主要分为借用人口规模和借用高级功能。一是借用人口规模。依托城市功能网络,小城市通过借用大城市人口规模,拓展产品服务销售范围,提高劳动力资源丰裕度,增强市场消费潜力。二是借用高级功能。小城市通过嵌入城市功能网络,不仅享受大城市的教育医疗、商业服务等高级功能,同时还避免了集聚拥堵所引起的负外部性,从而提升小城市竞争力,缩小与大城市经济差距,促进区域经济协调发展。

城市功能联系网络促进产业分工协作和结构优化,从而推动区域经济协调发展。城市功能网络为城市产业集聚扩散提供更加便捷的联系通道,从而扩大各类产业协作分工范围。城市产业集聚扩散实际上是城市间产业分工协作的过程:从宏观上看,产业集聚扩散促使城市产业内部分工细化和专业化水平提升,城市产业对外空间联动性增强,使得全域产业分工协作高效化;微观上产业集聚扩散具体表现为企业的跨区选址和区位迁移,意味着全域产业分工协作合理化,从而促进全域协调发展。另外,城市功能网络能够通过发挥规模效应来降低产业联动成本,鼓励中心城市扩大功能辐射范围,将传统基础型产业转移至更多的中小城市。中小城市通过嵌入城市功能网络体系,积极承载中心城市的基础性产业,学习先进知识和技术,完成产业结构优化升级,缩小自身与发达地区的经济差距,促使区域经济协调。

二、模型方法与数据来源

(一) 模型方法

1. 产业联系下的城市功能联系强度测算

本文采用修正引力模型测算节点城市功能联系强度。在引力系数上,采用城市功能质量 M 重新校正引力方向。在质量参数上,首先整合城市产业组织类型,形成城市功能结构体系。由于城市产业发展对城市功能的结构细化和能级叠加具有承载、传导和指引作用,为此,以《国民经济行业分类》(GB/T 4754—2011)为划分依据,鉴于数据可获取性,将 17 个行业整合为五类产业,形成相应的城市功能结构体系(表 1)。然后,构建评价体系运用熵值法测算城市功能质量(表 2)。由于城市功能主要依托产业对城市内部和外界区域提供产品服务,可分为内向功能和外向功能,因此从每类功能所对应的产业发展规模、从业人口规模、产业集聚度和产业扩散度四个维度选取指标构建并进行评估。其中,产业集聚度和扩散度分别用经过产业整合的区位熵、城市流强度模型中城市流倾向度进行表征,以刻画城市发挥内向和外向功能的强度。修正后的引力公式具体如下:

$$F_{ij} = k_{ij} \frac{M_i \times M_j}{D_{ij}^2} \quad (1)$$

$$k_{ij} = \frac{M_i}{M_i + M_j} \quad (2)$$

其中, F_{ij} 表示 i 城市对 j 城市的功能联系强度, M_i 和 M_j 分别表示 i 和 j 城市的功能质量, D_{ij} 表示 i 和 j 城市间的地理距离, k_{ij} 为修正引力系数。

表 1 长江经济带城市产业及相应城市功能整合划分

产业划分	产业整合	城市功能
制造业	生产制造业	生产功能
电力、燃气及水的生产和供应业		
建筑业	交通通信业	流通功能
交通运输、仓储和邮政业		
信息传输、计算机服务和软件业	金融商贸业	金融商贸功能
批发和零售业		
住宿和餐饮业		
金融业		
房地产业		
租赁和商业服务业	科教文化业	科教文化功能
科学研究、技术服务和地质勘查业		
教育	管理服务业	公共服务功能
文化、体育、娱乐业		
水利、环境和公共设施管理业		
居民服务、修理和其他服务业		
卫生、社会保障和社会福利业		
公共管理和社会组织		

表 2 长江经济带节点城市功能发展质量评估体系

目标层	准则层	指标层
城市功能	生产功能	生产制造业从业人数/(万人)
		第二产业增加值/(万元)
		生产制造业集聚度
		生产制造业扩散度
	流通功能	交通通信业从业人数/(万人)
		客运总量/(万人)
		货运总量/(万吨)
		邮电业务收入/(万元)
		互联网宽带接入用户数/(户)
		交通通信业集聚度
		交通通信业扩散度
	金融商贸功能	金融商贸业从业人数/(万人)
		人均年末金融机构存贷款额/(元/人)
		人均限额以上批发零售贸易业商品销售额/(元/人)
		人均社会消费品零售总额/(元/人)
		金融商贸业集聚度
		金融商贸业扩散度
	科教文化功能	科教文化业从业人数/(万人)
		专利授权数/(件)
		每百人公共图书馆藏书量/(册/百人)
		科教文化业集聚度
		科教文化业扩散度
	公共服务功能	管理服务业从业人数/(万人)
		地方公共财政支出/(万元)
地方医院、卫生所床位数/(张)		
建成区绿化覆盖率/(%)		
管理服务业集聚度		
管理服务业扩散度		

2. 社会网络分析

运用社会网络分析法,从整体和局部视角,剖析长江经济带节点城市功能联系网络的空间分布结构,相关网络指标的测算公式及含义见表 3。

3. 空间计量模型构建

(1) 模型设定。

为了检验城市功能网络联系对区域经济协调发展的影响,并探究城市分功能网络联系对区域经济协调作用的异质性,构建两个空间计量模型:

表3 网络指标测算公式及含义

网络结构特征	网络指标	指标含义	测算公式	备注
整体	网络密度	网络节点联系的紧密程度	$C_D = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij}}{n(n-1)}$	C_D 代表网络密度; $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij}$ 为城市间功能产生联系的实际数量; n 为节点城市数。取值范围 $[0,1]$, 值越大, 网络联系越紧密。
	网络效率	网络结构的稳健性	$C_E = 1 - \frac{V}{\text{MAX}(V)}$	C_E 为网络效率; V 为网络中多余线的条数, $\text{MAX}(V)$ 为最大可能多余的线条数。取值范围 $[0,1]$, 值越大, 则网络结构越脆弱。
局部	网络分派指数	反映网络中特定区域是否具有明显的边界屏蔽效应	$E - I = \frac{\theta_{EL} - \theta_{IL}}{\theta_{EL} + \theta_{IL}}$	$E-I$ 为网络分派指数; θ_{EL} 与 θ_{IL} 分别为区域外部和内部的功能联系网络密度。 $E-I$ 趋于 1, 该区域更倾向与外界建立联系; 趋于 -1, 区域内联系占主导, 形成了明显的群体边界; 趋向于 0, 区域融入网络整体度较好。

$$y_{it} = \alpha_0 + \rho \sum_{j=1}^N \omega_{ij} y_{jt} + \beta_1 uc_{it} + \beta_2 x_{it} + \tau_1 \sum_{j=1}^N \omega_{ij} uc_{jt} + \tau_2 \sum_{j=1}^N \omega_{ij} x_{jt} + v_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$y_{it} = \alpha_0 + \rho \sum_{j=1}^N \omega_{ij} y_{jt} + \beta_1 uc_{m,it} + \beta_2 x_{it} + \tau_1 \sum_{j=1}^N \omega_{ij} uc_{jt} + \tau_2 \sum_{j=1}^N \omega_{ij} x_{jt} + v_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中: 下标 i 、 j 是城市; t 是年份; y 是区域经济协调水平; uc 、 uc_1 、 uc_2 、 uc_3 、 uc_4 、 uc_5 代表综合、生产、流通、金融商贸、科教文化、公共服务功能网络中节点城市的加权度中心度; ω_{ij} 为空间权重矩阵; x 为控制变量; τ_1 衡量其他节点城市的功能联系度对本地经济协调发展水平的空间溢出效应; α_0 为常数项; ρ 、 β 、 τ 为待估参数; ρ 为空间滞后系数; v_i 、 μ_t 、 ε_{it} 分别表示个体、时间固定效应和随机扰动项。此外, 模型内所有总量指标均取对数化处理, 以尽可能消除异方差和量纲问题, 所有解释变量的方差膨胀性因子值均小于 5, 表明解释变量间不存在明显的多重共线性。

(2) 变量说明。

被解释变量: 参考罗富政和何广航^[3]做法, 测算 2011—2018 年长江经济带 110 个节点城市的经济协调水平。从经济联系强度、经济发展差距和经济增长差距三方面测算 i 城市和 j 城市间经济协调发展水平 R_{ij} 。测算指标: ① i 城市和 j 城市经济联系强度 $r_{1,ijt} = [GDP_{it} / (GDP_{it} + GDP_{jt})] \times (\sqrt{GDP_{it} P_{it} \times GDP_{jt} P_{jt}}) / D_{ijt}^2$; ② i 城市和 j 城市经济发展差距 $r_{2,ijt} = |(\text{gdp}_{it} - \text{gdp}_{jt}) / [\max(\text{gdp}_t) - \min(\text{gdp}_t)]|$, gdp 为人均地区生产总值; ③ i 城市和 j 城市经济增长差距 $r_{3,ijt} = |[(GDP_{it} - GDP_{i,t-1}) / GDP_{i,t-1}] - [(GDP_{jt} - GDP_{j,t-1}) / GDP_{j,t-1}]|$ 。将测算指标正向归一化处理得到 $r'_{s,ijt}$ ($s=1, 2, 3$), 运用熵值法得到权重 w_s , 则 $R_{ij} = \sum_{s=1}^3 w_s \times r'_{s,ijt}$ 。接着, 运用期望求值法计算 i 城市第 t 年的经济协调发展水平 $y_{it} = (\sum_{i \neq j, j=1}^{110} R_{ij}) / 109$ 。

核心解释变量: 考虑到功能联系的双向性, 构建节点城市加权度中心度, 从而刻画节点城市功能直接联系程度, 也侧面反映出节点城市在功能网络中的地位及相应产业发挥集散效应的能力。构建公式如下:

$$uc(N_i) = 0.5 \times C'_{do}(N_i) + 0.5 \times C'_{di}(N_i) \quad (5)$$

$$C'_{do}(N_i) = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n-1} \quad (6)$$

$$C'_{di}(N_i) = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ji}}{n-1} \quad (7)$$

其中: $C'_{do}(N_i)$ 和 $C'_{di}(N_i)$ 代表标准化后的点出度和点入度; X_{ij} 与 X_{ji} 刻画 i 城市对 j 城市 j 城市对 i 城市是否有直接功能联系,若功能联系强度大于阈值,记为 1,否则为 0。为了尽可能保留有效信息和遵循可比性原则,以基期年的所有功能联系强度均值为阈值。

控制变量:选取物质资本水平(kc)、人力资本水平(edu)、城镇化水平(urb)及对外开放水平(fdi)作为控制变量。其中,kc 计算方法参考张军等^[26]的做法,使用永续盘存法折旧率取 9.6%。urb 采用城镇化率进行表示。fdi 是计算外商直接投资额占 GDP 比重得到的,且外商直接投资额已采用历年人民币汇率年平均价格进行折算。edu 以平均受教育年限作为代理变量进行衡量。

(3) 空间权重矩阵的构建。

以公路距离、地理距离构建了两个空间权重矩阵 W_r 、 W_d ,以确保模型结果的稳健性。具体设定如下:

$$W_r = \begin{cases} \frac{1}{r_{ij}} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \quad (8)$$

$$W_d = \begin{cases} \frac{1}{d_{ij}^2} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \quad (9)$$

其中: r_{ij} 表示两城市间公路距离; d_{ij}^2 为两城市根据经纬度计算的地表距离的平方。

(4) 模型检验与估计。

从表 4 可知,在考察期内,Moran's I 指数在 W_r 和 W_d 作用下显著为正,说明长江经济带节点城市的经济协调水平呈现正向的空间集聚关联形态,适宜采用空间计量模型进行估计。在此基础上,进一步运用 LM、Robust-LM、LR、Wald 及 Hausman 检验并对比分析时间固定、个体固定和双固定效应检验结果,最终选择双固定的空间杜宾模型,并用极大似然法 MLE 估计模型具体参数。

表 4 2011—2018 年长江经济带城市经济协调水平空间相关性的 Moran's I 指数

	空间权重矩阵	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Moran's I	W_r	0.110***	0.111***	0.113***	0.115***	0.112***	0.110***	0.114***	0.113***
	W_d	0.234***	0.236***	0.238***	0.240***	0.236***	0.231***	0.237***	0.235***

(二) 数据来源

数据来源包括:2012—2019 年《中国城市统计年鉴》和 2011—2018 年《国民经济和社会发展统计公报》,部分缺失值采用线性插值和预测拟合补全。空间权重矩阵设定中的城市公路最短距离是通过百度地图开放平台 Web 服务 API 中路线规划服务获取。

三、产业联系的长江经济带节点城市功能网络空间结构分析

(一) 城市功能联系网络层级

首先利用公式(1)计算出产业联系的长江经济带节点城市各类功能联系强度值。其次,借助

Python 中 Jeff Alstott 开发的 Powerlaw 库函数对各类城市功能联系强度值进行幂率拟合,并对比分析幂率与指数分布(表 5)。结果表明,在 1%的置信水平下,两者的似然率 LR 显著大于 0,说明各类城市功能联系强度值更服从幂率分布,具有明显的重尾特征。最后借鉴 Jiang^[27]提出的重尾分级法将城市功能联系网络划分为五级子网。将各层级子网的联系强度占比 F_i/F (%) 及包含的联系线数 N (条)整理见表 5。

从表 5 看出,长江经济带各类功能联系网络层级结构空间失衡,分布跨度较大,层级较高的联系子网所含联系线数较少,但联系强度占比较大,层级较低的联系子网涵盖大量弱联结城市对,联系强度占比较小,重尾分布特征较为突出。

表 5 城市功能联系网络层级结构

联系子网	生产功能网络		流通功能网络		金融商贸功能网络		科教文化功能网络		公共服务功能网络		城市综合功能网络	
	F_i/F	N	F_i/F	N	F_i/F	N	F_i/F	N	F_i/F	N	F_i/F	N
一级	22.40%	14	24.31%	20	24.91%	18	20.64%	15	24.25%	15	22.55%	20
二级	19.00%	45	14.57%	38	16.77%	57	15.34%	36	16.72%	39	15.31%	52
三级	24.11%	170	23.65%	193	22.48%	260	23.09%	169	23.52%	173	22.08%	224
四级	22.92%	973	25.10%	1 162	23.48%	1309	26.10%	1 055	22.89%	1052	25.07%	1 253
五级	11.57%	10 788	12.36%	10 577	12.37%	10 346	14.84%	10 715	12.62%	10 711	14.99%	10 441
α 幂指数	1.745		1.888		1.934		1.879		2.251		2.008	
P 值	0.016**		0.024**		0.036**		0.029**		0.064*		0.033**	
LR	1 476.759		665.056		319.91		469.173		123.020		384.846	

注: *、**、*** 分别表示 $p < 0.1$, $p < 0.05$, $p < 0.01$ 下的显著性水平,下同。

(二) 城市功能联系网络空间结构分析

从网络空间分布结构、网络密度效率和网络边界效应三方面刻画现阶段城市功能联系网络空间形态,识别功能网络结构存在的问题,为后续释放网络空间效应提供优化方向。另外,本文剔除了第五级联系子网,原因是:第一,功能网络层级中前四级联系子网的网络连接度占比已达 85%~90%,足以较为完整地捕捉网络联系分布格局;第二,第五级联系子网涵盖大量弱联结城市对,这些多余的信息会干扰对网络主要特征的识别。

1. 网络空间分布结构特征

从网络层级分布上看,长江下游的各类功能联系强度及紧密度明显优于中上游地区。下游占据一二级子网中联系线的绝大部分,中上游城市间功能联系强度主要集中在三四级子网内。在顶层联系子网,流通和公共服务功能形成以上海为核心外延放射状结构;生产和科教文化功能分别以苏州和上海为核心的外延串珠式扩展,金融商贸功能初步形成了“沪—苏—锡—常—宁”的联系轴带。

从网络结构异质性和空间异质性来看:(1)全域内流通和公共服务功能网络呈跳跃式交织联结分布形态,生产、金融商贸和科教文化功能网络呈“东密西疏”的梯度化递减的网状分布,具有明显的邻近联结性和空间分异性。(2)各类功能联系网络具有相似的空间分异性,其中下游是一核多中心式扁平化结构;中游的功能互动以传统等级梯度为主,形成武汉、长沙、南昌“三足鼎立”的轮轴状

分布;上游形成成渝双核引擎外延式网络圈层,并依赖重庆作为对外联系的主要通道。造成空间差异性原因在于,下游拥有丰裕的人力资本、政策扶持优势和庞大的市场潜能,促使企业更易跨区布址,实现产业有序转移和功能有机联动。中上游城市经济发展差异大,落后地区缺乏承载核心节点城市要素扩散、产业转移和功能疏解相配套的市场环境和基础设施,从而难以使全域形成错落有致的功能联动格局。

2. 网络密度和网络效率

在整体层面上,全域城市综合功能及分功能网络密度均在 0.1 左右,网络效率高达 0.85,说明现阶段全域功能联系网络总体连通性较差,网络结构不稳定。在局部层面上,将节点城市以人口规模为基准进行群体划分,测算不同群体的组内与组间密度(表 6),结果表明,大规模城市的组内和组间密度明显高于中小规模城市组,这是网络择优链接和借用规模共同作用的结果:中小城市会优先选择与大城市建立功能联系,享受大城市的功能借用和规模借用益处,提高生产效率且避免了集聚引致的拥堵效应,导致中小城市的组内和组间密度小于大规模城市组。

表 6 2018 年长江经济带不同城市规模群体的各类功能网络联系分组密度

功能网络类型	规模分组	大	中	小
生产功能	大	0.358	0.212	0.151
	中	0.148	0.072	0.059
	小	0.064	0.038	0.030
流通功能	大	0.420	0.273	0.208
	中	0.129	0.075	0.049
	小	0.082	0.054	0.039
金融商贸功能	大	0.343	0.211	0.188
	中	0.112	0.060	0.053
	小	0.092	0.049	0.053
科教文化功能	大	0.379	0.233	0.188
	中	0.134	0.063	0.059
	小	0.061	0.045	0.037
公共服务功能	大	0.453	0.287	0.220
	中	0.165	0.108	0.083
	小	0.091	0.066	0.043
城市综合功能	大	0.383	0.244	0.228
	中	0.142	0.086	0.073
	小	0.101	0.069	0.063

注:以国发[2014]51号《关于调整城市规模划分标准的通知》为划分依据,以2018年城区人口为基准,超过100万为大城市,50万~100万为中等城市,小于50万为小城市。

3. 网络边界效应

长江经济带区际板块间地形地貌、产业结构及市场制度环境差异显著,导致市场主体协作的交

易成本增加,功能网络的要素溢出传导受阻,从而产生边界屏蔽效应。从表7可知:(1)在功能层面上,流通和公共服务功能的E-I指数绝对值偏低,表明这两类功能网络的整体融入度优于其余三类功能网络。这得益于在长江经济带一体化建设进程中,政府协作日益密切和信息交通基础设施逐渐完善。(2)在区域层面上,上下游E-I指数在5%的水平下显著接近-1,说明上下游内部形成联系紧密的小团体网络,边界屏蔽效应显著。中游E-I指数绝对值偏低,较好地融入全域功能网络。中游拥有区位优势,利用边界两侧存在的梯度势能差,极易成为上下游产业转移、企业寻求生产要素和拓展市场的最佳区域,将边界屏蔽效应转化为中介效应融入整个城市功能网络。

表7 2018年长江经济带上中下游城市功能E-I指数

E-I指数	生产功能网络	流通功能网络	金融商贸功能网络	科教文化功能网络	公共服务功能网络	城市综合功能网络
上游地区	-0.915**	-0.569**	-0.846**	-0.820**	-0.600**	-0.803**
中游地区	-0.354**	-0.194**	-0.330**	-0.337**	-0.362**	-0.354**
下游地区	-0.762**	-0.681**	-0.757**	-0.785**	-0.669**	-0.753**

四、城市功能网络对区域经济协调发展的空间效应分析

(一)城市综合功能网络的空间溢出效应分析

表8结果显示:一是从 R^2 、 σ^2 及Log-L统计量来看,该模型拟合度和解释力较好,较准确地反映出全域城市综合功能网络与经济协调水平的关系。二是在 W_r 和 W_d 作用下,空间滞后系数 ρ 均在1%水平下显著为正,说明节点城市自身经济协调发展会对地理邻近的其他节点城市经济协调水平产生正向关联作用。三是综合功能联系网络对区域经济协调发展产生的直接、间接和总效应均在1%的置信水平下显著为正。这表明,当城市综合功能联系程度加深,一方面,促使各类要素流在区域组织内流速增加、流向多元化,从而提升区域要素空间配置效率,推动区域经济协调发展。另一方面,会深化节点城市产业集聚扩散度,不仅使节点城市直接获得产业集聚增长效益,提升产业专业化水平,缩小与其他城市的经济差距,从而提升自身经济协调水平;还可以使节点城市拓宽产业扩散渠道,对周边城市产生正向溢出,带动周边节点的产业转型升级,从而促进全域产业价值链得到延伸优化,推动了区域经济协调发展。

表8 城市综合功能网络对区域经济协调发展的空间效应分解结果

被解释变量 $\ln y$	W_r			W_d		
	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应	总效应
uc	0.401*** (9.13)	3.101*** (3.02)	3.502*** (3.38)	0.381*** (8.75)	1.196*** (3.60)	1.577*** (4.55)
fdi	-0.013*** (-3.99)	-0.096* (-1.51)	-0.109* (-1.70)	-0.012*** (-3.66)	-0.058** (-2.55)	-0.069*** (-3.02)
urb	-0.001 (-1.30)	-0.023* (-1.79)	-0.024* (-1.82)	-0.001* (-1.65)	-0.010** (-2.00)	-0.011** (-2.11)
lnedu	0.221*** (8.57)	-1.152** (-2.15)	-0.931* (-1.73)	0.232*** (9.11)	-0.516*** (-2.82)	-0.284 (-1.54)
lnkc	0.011 (0.30)	-0.909 (-1.03)	-0.898 (-1.01)	0.007 (0.19)	0.141 (0.43)	0.149 (0.44)
ρ	0.555*** (4.99)			0.564*** (8.87)		

(二) 城市功能网络对区域经济协调发展空间效应的区域异质性分析

将长江经济带分为上中下游地区,进一步检验城市功能网络对区域经济协调空间效应的区域异质性。根据表9发现,一是在 W_r 和 W_d 作用下,上下游的空间滞后系数 ρ 显著为正,与中游区域 ρ 方向相反。这说明上下游的经济协调水平分别呈现低低、高高集聚的空间关联形态,中游是高低集聚的负向空间互动关系。二是在三大区域上,城市综合功能联系对区域经济协调所产生的直接效应均显著为正,但间接效应的作用方向和作用强度上存在差异。其中,下游是显著正向溢出,这表明下游城市功能网络联系程度加深时,域内的要素流速增加且溢出范围扩大、产业有序协作分工,从而推动区域经济协调;中游是正向溢出但不显著,且溢出系数较小,这与中游地区功能网络呈“三足鼎立”的传统梯度分布有关,三大省会城市功能发展处于外溢初期阶段,能向周边地区要素溢出和产业转移强度弱,因此溢出系数较小且不显著;上游是显著负向溢出,说明目前成渝双核对邻近周边城市要素存在虹吸效应,上游地区的中小城市彼此间也存在资源竞争,反而阻碍了区域协调发展,造成“集聚阴影”。

表9 分区域下城市功能网络对区域经济协调发展的空间效应分解结果

被解释变量 $\ln y$		W_r			W_d		
		上游地区	中游地区	下游地区	上游地区	中游地区	下游地区
uc	直接效应	0.615*** (8.34)	0.388*** (6.72)	0.207*** (2.66)	0.590*** (8.55)	0.376*** (6.50)	0.230*** (3.02)
	间接效应	-1.943** (-2.05)	0.000 (0.00)	1.603* (1.86)	-1.389*** (-3.00)	0.048 (0.37)	1.324** (2.19)
	总效应	-1.327 (-1.35)	0.388*** (2.86)	1.811** (2.03)	-0.799 (-1.62)	0.424*** (3.14)	1.554** (2.44)
控制变量		YES	YES	YES	YES	YES	YES
ρ		0.649*** (6.43)	-0.363* (-1.89)	0.626*** (6.16)	0.594*** (6.98)	-0.137 (-1.07)	0.706*** (10.74)

(三) 产业联系的城市分功能网络的异质性分析

探究城市分功能联系网络对区域经济协调的空间效应异质性,测算结果整理为表10。可以发现:(1)流通和公共服务功能联系网络的空间溢出尚不显著,尚未明显带动区域经济协调。这可能是由于,公共服务功能联系涉及政府间协作沟通,但区域间所存在的制度障碍和各种隐性变相的进入壁垒会导致政府协作的交易成本增加,使商品流通和要素溢出传导受阻,造成公共服务功能网络空间溢出不显著。对于流通功能网络,该网络联系是以信息传输、计算机服务和软件业作为物质依托,这类产业是技术密集型产业,产业附加值和技术门槛偏高。普通节点城市缺乏承载该类产业所需配套的基础设施和市场环境,从而促使流通功能网络溢出受限。(2)生产、金融商贸和科教文化功能网络正向溢出,促进区域经济协调。其中,生产功能网络溢出程度最大。劳动密集型产业作为生产功能网络联系的物质基础,其在长江经济带全域产业体系中仍占据主导地位,这类产业的行业组织协会发展成熟,行业交流协作机会多,形成成熟的价值链,极大地促进区域经济协调。(3) W_r 作用下的功能网络溢出系数大于 W_d 。说明完善交通基础设施能有效提升区域可达性,不仅为城市借用规模和借用功能提供联系渠道,还推动要素空间配置效率和产业链延伸,使得区域经济协调发展。

表 10 产业联系的城市分功能网络对区域经济协调发展的空间效应分解结果

被解释变量 $\ln y$	W_r			W_d		
	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应	总效应
uc_1	0.214 ^{***} (5.55)	1.133 ^{**} (2.19)	1.347 ^{***} (2.58)	0.174 ^{***} (4.57)	0.924 ^{***} (4.59)	1.098 ^{***} (5.34)
控制变量	YES			YES		
ρ	0.635 ^{***} (6.24)			0.533 ^{***} (8.18)		
uc_2	0.129 ^{***} (4.89)	0.882 (1.08)	1.011 (1.23)	0.117 ^{***} (4.55)	0.144 (0.52)	0.262 (0.90)
控制变量	YES			YES		
ρ	0.716 ^{***} (8.91)			0.661 ^{***} (12.18)		
uc_3	0.184 ^{***} (6.40)	1.790 ^{**} (2.51)	1.974 ^{***} (2.74)	0.171 ^{***} (6.08)	0.584 ^{***} (2.79)	0.755 ^{***} (3.46)
控制变量	YES			YES		
ρ	0.634 ^{***} (6.43)			0.601 ^{***} (9.96)		
uc_4	0.320 ^{***} (8.16)	1.534 ^{**} (2.09)	1.855 ^{**} (2.52)	0.321 ^{***} (8.26)	0.502 ^{**} (2.21)	0.823 ^{***} (3.54)
控制变量	YES			YES		
ρ	0.645 ^{***} (6.73)			0.593 ^{***} (9.71)		
uc_5	0.615 ^{***} (16.05)	1.213 (1.40)	1.828 ^{**} (2.07)	0.599 ^{***} (16.19)	-0.055 (-0.16)	0.544 (1.53)
控制变量	YES			YES		
ρ	0.731 ^{***} (9.21)			0.706 ^{***} (13.16)		

(四) 产业联系的不同城市规模的分功能网络异质性分析

将全样本分为大城市和中小城市两组,进一步分析城市分功能网络空间效应的规模异质性。结果表明(表 11):一是从直接效应系数看,无论城市规模大小,深化节点城市各类功能联系,均促进城市自身经济协调水平提升。二是从间接效应系数看,除生产功能外,大城市功能网络负向溢出,中小城市功能网络正向溢出。这与大城市间功能定位同质化现象密切相关。由于实力相当且彼此邻近的大城市功能定位雷同,导致彼此存在资源争夺和市场恶性竞争,造成全域要素流动不畅且资源配置效率低下,产业难以有序分工,阻碍区域经济协调。三是大规模城市生产功能网络溢出系数为正,但其余功能网络为负。这与功能网络联系所依托的产业发展特性有关。生产功能网络联系依托的是劳动密集型产业,相较资本和技术密集型产业来说,当大城市产业集聚到一定阈值出现承载力不足,从而导致房屋租金及其他要素生产成本增加,更易对劳动密集型产业造成冲击,致使劳动密集型优先转移到邻近大规模城市,因此生产功能网络溢出系数为正。

表 11 不同城市规模组下城市分功能网络对区域经济协调发展的空间效应分解

被解释变量 $\ln y$		大规模城市组		中小规模城市组	
		W_r	W_d	W_r	W_d
uc ₁	直接效应	0.069 (1.04)	0.08 (1.08)	0.171*** (4.39)	0.136*** (3.55)
	间接效应	0.591*** (2.65)	0.496*** (2.98)	0.556* (1.65)	0.867*** (5.05)
	总效应	0.660*** (2.89)	0.576*** (3.59)	0.728** (2.14)	1.003*** (5.72)
控制变量		YES	YES	YES	YES
ρ		-0.722*** (-2.87)	-0.523*** (-3.59)	0.518*** (4.13)	0.443*** (5.78)
uc ₂	直接效应	0.084* (1.75)	0.075 (1.56)	0.033* (1.32)	0.034 (1.39)
	间接效应	-0.778*** (-3.28)	-0.648*** (-5.20)	-0.818 (-1.33)	-0.259 (-1.31)
	总效应	-0.694*** (-2.75)	-0.572*** (-4.21)	-0.785 (-1.26)	-0.225 (-1.08)
控制变量		YES	YES	YES	YES
ρ		-0.584** (-2.39)	-0.323** (-2.29)	0.609*** (5.88)	0.596*** (9.22)
uc ₃	直接效应	0.177*** (4.27)	0.183*** (4.08)	0.025 (0.78)	0.035 (1.08)
	间接效应	-0.047 (-0.33)	-0.182 (-1.47)	1.452*** (2.73)	0.601*** (2.82)
	总效应	0.130 (0.48)	0.001 (0.00)	1.478*** (2.73)	0.636*** (2.83)
控制变量		YES	YES	YES	YES
ρ		-0.655*** (-2.63)	-0.271* (-1.79)	0.523*** (4.41)	0.563*** (8.36)
uc ₄	直接效应	0.381*** (5.08)	0.484*** (6.38)	0.094** (2.20)	0.121*** (2.87)
	间接效应	-0.709*** (-2.78)	-0.376** (-2.25)	1.642*** (3.96)	0.746*** (4.38)
	总效应	-0.328 (-1.18)	0.107 (0.57)	1.736*** (4.20)	0.867*** (5.03)
控制变量		YES	YES	YES	YES
ρ		-0.517** (-2.16)	-0.320** (-2.20)	0.344** (2.43)	0.472*** (6.33)
uc ₅	直接效应	0.527*** (6.64)	0.577*** (6.93)	0.401*** (9.31)	0.415*** (9.91)
	间接效应	-0.337 (-1.36)	-0.338* (-1.95)	0.124 (0.21)	-0.094 (-0.33)
	总效应	0.189 (0.67)	0.239 (1.08)	0.525 (0.88)	0.321 (1.08)
控制变量		YES	YES	YES	YES
ρ		-0.496** (-2.09)	-0.173** (-1.23)	0.663*** (6.84)	0.642*** (10.09)

五、结论与建议

(一) 结论

本文以长江经济带110个节点城市为研究对象,整合城市产业组织类型并构建相应的城市功能结构体系,深入探究产业联系下各类城市功能联系网络的空间分布特征及其对区域经济协调发展的空间效应。结论如下。

第一,长江经济带各类城市功能网络结构形态存在差异,但具有相似的空间分异性。其中,流通和公共服务功能网络呈跳跃式交织联结分布,生产、金融商贸和科教文化功能网络呈“东密西疏”网状分布。各类功能网络在上游以成渝双核引擎式联动发展,在中游形成“三足鼎立式”轮轴辐射结构,下游呈现“一核多中心式”扁平化结构。

第二,长江经济带各类城市功能联系网络的总体连通性较差,重尾分布特征突出,且存在明显的边界效应。具体而言,各类功能联系网络在上下游内部形成联系紧密的小团体,且生产、金融商贸和科教文化功能网络的边界效应更为明显。

第三,深化城市功能网络联系能正向促进区域经济协调发展。产业联系下城市分功能网络对区域经济协调作用存在异质性,其中,生产功能网络溢出效应最大,流通和公共服务功能的溢出效应尚不显著。

第四,城市功能网络对长江经济带经济协调的溢出效应在方向和作用强度上存在区域异质性。其中,上游为显著负向溢出,中游为正向不显著性溢出且溢出系数较小,下游为显著正向溢出。

第五,除生产功能外,大城市间功能网络是负向溢出,中小城市与之相反。这表明大城市间功能联系产生“集聚阴影”,对区域经济协调产生负向抑制;中小城市能够通过提高自身在功能网络中的度中心度,促进全域经济协调发展。

(二) 政策建议

其一,着力优化营商环境,增强城市功能网络连通性。各地政府应深化“放管服”改革、加快金融商贸、科技信息等实现互认互通,从而营造出统一开放且标准互认的市场环境,为企业跨区选址和区位迁移提供环境支撑和制度保障。另外,各地区应主动增强对接沟通意识,上游城市要在人才培育、产业发展等方面有效对接和融入下游市场需求,打造承接下游产业转移的“飞地园区”,从而破除各板块间功能联动边界壁垒,增强功能网络连通性。

其二,夯实交通信息基础设施建设,释放功能网络协调效应。中小城市亟需加大科技研发力度,可在大城市设置孵化器和研究院,汲取人工智能和5G等科技成果赋能各行各业,提升自身信息基础设施水平。另外,中小城市应与大城市共同积极谋划交通网络设施布局,与大城市建立交通运输服务对接,为吸引要素流入、承载大城市产业转移和功能疏解提供便捷通道,进而解决当前流通功能网络溢出受限的现实困境,推动区域经济协调。

其三,优化产业分工协作体系,避免城市功能定位同质化。可由长江经济带发展领导小组定期召开联席座谈会,组织引导各地市政府对话、商讨和协调产业发展规划对接,在充分考虑各地区禀赋优势和产业特色情况下,细化各地区优先承载的产业具体目录,制定出合理高效的产业分工协作体系,从而避免地方产业雷同引起的功能定位同质化。另外专门建立产业发展转型基金,用于激励大城市产业转移、扶持普通城市产业承接与结构转型。

参考文献:

- [1] 覃成林,郑云峰,张华. 我国区域经济协调发展的趋势及特征分析[J]. 经济地理,2013(1):9-14.
- [2] 王必达,苏婧. 要素自由流动能实现区域协调发展吗:基于“协调性集聚”的理论假说与实证检验[J]. 财贸经济,2020(4):129-143.
- [3] 罗富政,何广航. 政府干预、市场内生型经济扭曲与区域经济协调发展[J]. 财贸研究,2021(2):30-42.
- [4] 屈子力. 内生交易费用与区域经济一体化[J]. 南开经济研究,2003(2):67-70.
- [5] BRONZINI R,PISELLI P. Determinants of long-run regional productivity with geographical spillovers: The role of R&D, human capital and public infrastructure[J]. Regional Science and Urban Economics,2009,39(2):187-199.
- [6] 孙晓华,郭旭,王昀. 产业转移、要素集聚与地区经济发展[J]. 管理世界,2018(5):47-62,179-180.
- [7] 曾鹏,吴功亮. 技术进步、产业集聚、城市规模与城乡收入差距[J]. 重庆大学学报(社会科学版),2015(6):18-34.
- [8] 覃成林,姜文仙. 区域协调发展:内涵、动因与机制体系[J]. 开发研究,2011(1):14-18.
- [9] 魏后凯,高春亮. 新时期区域协调发展的内涵和机制[J]. 福建论坛(人文社会科学版),2011(10):147-152.
- [10] 范剑勇,谢强强. 地区间产业分布的本地市场效应及其对区域协调发展的启示[J]. 经济研究,2010(4):107-119,133.
- [11] 王磊,李金磊. 区域协调发展的产业结构升级效应研究:基于京津冀协同发展政策的准自然实验[J]. 首都经济贸易大学学报,2021(4):39-50.
- [12] 冯章献,王士君,张颖. 中心城市极化背景下开发区功能转型与结构优化[J]. 城市发展研究,2010(1):161-164.
- [13] 石正方,李培祥. 城市功能转型的结构优化分析[J]. 生产力研究,2002(2):90-93.
- [14] DURANTON G,PUGA D. From sectoral to functional urban specialisation[J]. Journal of Urban Economics,2005,57(2):343-370.
- [15] 齐讴歌,周新生,王满仓. 房价水平、交通成本与产业区位分布关系再考量[J]. 当代经济科学,2012(1):100-108,128.
- [16] 尚永珍,陈耀. 城市群内功能分工有助于经济增长吗:基于十大城市群面板数据的经验研究[J]. 经济经纬,2020(1):1-8.
- [17] 柴志贤,何伟财. 城市功能、专业化分工与产业效率[J]. 财经论丛,2016(11):11-19.
- [18] 刘涛,仝德,李贵才. 基于城市功能网络视角的城市联系研究:以珠江三角洲为例[J]. 地理科学,2015(3):306-313.
- [19] 侯杰,张梅青. 城市群功能分工对区域协调发展的影响研究:以京津冀城市群为例[J]. 经济学家,2020(6):77-86.
- [20] 赵勇,齐讴歌. 空间功能分工有助于缩小地区差距吗:基于2003年—2011年中国城市群面板数据的实证分析[J]. 城市与环境研究,2015(4):29-48.
- [21] 陆大道. 京津冀城市群功能定位及协同发展[J]. 地理科学进展,2015(3):265-270.
- [22] 姚常成,吴康. 多中心空间结构促进了城市群协调发展吗:基于形态与知识多中心视角的再审视[J]. 经济地理,2020(3):63-74.
- [23] CAMAGNI R,CAPELLO R. The city network paradigm: Theory and empirical evidence[J]. Contributions to Economic Analysis,2004,266:495-529.
- [24] ALONSO W. Urban zero population growth[J]. Daedalus,1973,102(4):191-206.
- [25] HESSE M. On borrowed size, flawed urbanisation and emerging enclave spaces: The exceptional urbanism of Luxembourg, Luxembourg[J]. European Urban and Regional Studies,2016,23(4):612-627.
- [26] 张军,吴桂英,张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算:1952—2000[J]. 经济研究,2004(10):35-44.
- [27] JIANG B. Head/tail breaks for visualization of city structure and dynamics[J]. Cities,2015,43:69-77.

Urban functional connection network and its spatial effect of coordinated development in the Yangtze River Economic Belt

BAI Yongliang^{1,2}, KANG Zhennan¹

(1. School of Economics and Management, China University of Geosciences, Wuhan 430074, P. R. China;

2. Soft Science Research Base for Monitoring and Analysis of Regional Innovation Capability in Hubei Province, Wuhan 430074, P. R. China)

Abstract: The spatial externality of urban functional connection network is of great significance to explain interregional interconnection and mutual assistance and promote the coordinated development of regional economy. Taking 110 cities at prefecture level and above in the Yangtze River economic belt as the research object, this paper explores the urban functional network structure and its spatial effect of coordinated development under industrial connection: firstly, the urban functional structure system is constructed according to the urban industrial classification and functional characteristics; secondly, based on the perspective of industrial connection, the connection strength of urban functional network is calculated by using the modified gravity model, and the network hierarchy is determined by using the heavy tail classification method; thirdly, the social network analysis method is used to analyze the structural characteristics of various functional networks from three aspects: network spatial distribution structure, network density efficiency and network boundary effect; finally, a spatial econometric model is constructed to test the spatial effect of urban functional connection network on the coordinated development of regional economy. It is found that: 1) There are differences in the structural forms of various urban functional networks in the whole region: the functional network of circulation and public service are distributed in a jumping intertwined connection, and the other three types of functional networks are distributed in a gradient decreasing network of “dense in the East and sparse in the west”. 2) All kinds of functional networks in the whole region have similar spatial differentiation: the upstream is developed in the form of Chengdu–Chongqing dual core engine; in the middle reaches, a “three pillars” axle radiation structure with the provincial capital city as the core is formed; the downstream is a flat structure with one core and multiple centers. 3) Urban comprehensive function network has positive spatial spillover effect on regional economic coordination, and this spatial effect has regional heterogeneity. 4) The sub functional networks of industrial linkages have different effects on regional economic coordination: the spillover effect of production function is the largest, and the spillover effect of circulation and public service function is not significant. 5) Under the condition of urban scale heterogeneity, the functional connection network between big cities shows negative spillover, and the functional network of small and medium-sized cities shows positive spillover. Therefore, the following policy suggestions are put forward: striving to optimize the business environment to enhance the connectivity of urban functional networks; consolidating the construction of traffic information infrastructure to release the coordination effect of functional network; optimizing the industrial division and cooperation system to avoid homogenization of urban functional positioning. Innovation: from the perspective of network externality, this paper explores the spatial effect of urban functional network on regional economic coordination based on the dimensions of regional heterogeneity, functional heterogeneity and scale heterogeneity.

Key words: urban functional contact network; coordinated development of regional economy; spatial effect; industrial linkages; the Yangtze River Economic Belt

(责任编辑 傅旭东)