



制造业空间网络资源配置的高维架构与溢出效应

赵春晓 白永亮

High Dimensional Structure and Spillover Effect of Manufacturing Spatial Network Resource Allocation

ZHAO Chunxiao BAI Yongliang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15918/j.jbitss1009-3370.2022.3556>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[长江经济带绿色创新效率的空间关联网络结构及驱动因素](#)

Spatial Network Structure and Driving Factors of Green Innovation Efficiency in Yangtze River Economic Zone

北京理工大学学报(社会科学版). 2021, 23(6): 72 <https://doi.org/10.15918/j.jbitss1009-3370.2021.4309>

[长江经济带城市化发展水平时空差异](#)

The Spatial and Temporal Differences of Urbanization Development Level in the Yangtze River Economic Zone

北京理工大学学报(社会科学版). 2021, 23(5): 66 <https://doi.org/10.15918/j.jbitss1009-3370.2021.5152>

[空间集聚对制造业出口的非线性影响及其异质性分析](#)

Analysis of the Nonlinear Impact of Spatial Agglomeration on Manufacturing Exports and Its Heterogeneity

北京理工大学学报(社会科学版). 2021, 23(1): 89 <https://doi.org/10.15918/j.jbitss1009-3370.2021.4085>

[环境规制对制造业价值链攀升的影响效应](#)

Impact Effect of Environmental Regulation Bring up the Value Chain of Chinese Manufacturing Industry

北京理工大学学报(社会科学版). 2020, 22(6): 11 <https://doi.org/10.15918/j.jbitss1009-3370.2020.7870>

[中国制造业升级的创新驱动效应——基于中国省级面板数据的实证检验](#)

The Innovation-driven Effect of China's Manufacturing Upgrading—An Empirical Analysis based on Chinese Province-level Panel Data

北京理工大学学报(社会科学版). 2018(4): 97 <https://doi.org/10.15918/j.jbitss1009-3370.2018.1807>

[网络嵌入对制造业企业品牌价值影响机理与作用边界的整合](#)

The Impact and Function Boundary of Embeddedness towards Brand Value: A Study based on Manufacturing Corporations' Data

北京理工大学学报(社会科学版). 2018(3): 90 <https://doi.org/10.15918/j.jbitss1009-3370.2018.2984>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.15918/j.jbitss1009-3370.2022.3556

制造业空间网络资源配置的高维架构与溢出效应

赵春晓, 白永亮

(中国地质大学(武汉) 经济管理学院, 湖北 武汉 430078)

摘要: 资源配置是探究制造业空间网络如何影响区域发展的重要维度。以长江经济带为研究区域, 采用引力模型与社会网络分析方法探究制造业空间网络资源配置的高维架构, 进一步运用空间计量模型解析网络资源配置的溢出效应, 从而揭示制造业空间网络作用区域发展的内在机理。研究发现: 高维架构是对空间网络资源配置的整体抽象, 也是量化探究其逻辑与效应的有效工具。制造业空间网络资源配置的高维架构形态上呈现出从少中心到多中心的结构演变, 联系上愈发紧密且地区间互动方向出现由“内双外单”到“内双外双”的趋势转变; 节点城市的集聚、扩散与调配力支撑着高维架构的有效运行, 三种作用力共同引导资源的空间配置, 赋能区域的发展过程; 制造业空间网络的资源配置会对制造业集聚发展产生显著正向的本地效应与外溢效应, 且两种效应均存在明显的区域异质性。

关键词: 制造业空间网络; 高维架构; 溢出效应; 长江经济带

中图分类号: F062.9

文献标志码: A

文章编号: 1009-3370(2023)01-0156-16

制造业是中国经济发展的重要引擎, 也是未来经济繁荣的有力支撑。截至 2018 年末, 中国制造业企业法人单位有 327 万个, 制造业企业资产总计约 106.5 万亿元, 分别比 2013 年末增长 45.2% 和 32.1%, 这表明制造业不仅本身有着巨大的发展潜力, 还对区域经济发展蕴藏着不可估量的推力。2020 年 10 月党中央通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》(以下简称《建议》) 进一步指出, 要坚持把发展经济着力点放在实体经济上, 坚定不移地建设制造强国。制造业是实体经济的核心主体, 也是推进其发展的重要依托, 意味着“十四五”时期对实体经济发展的高度重视不仅升华了制造业在经济社会发展中的重要地位, 还凸显了制造业在中国新时期远景目标实现中的支撑带动作用。因此如何充分发挥制造业在新时期全面向前发展中的引擎驱动力成为当前区域发展面临的现实问题。

已有研究表明制造业能够通过产业结构变迁^[1]、科技水平提高^[2]以及空间集聚^[3]等相关路径影响区域的向前发展。其实随着空间因素在经济学研究领域中的逐渐显现, 陆大道^[4]早在 2002 年就曾发现空间上要素资源的集散流动会推动形成地域经济网络。张伟丽等^[5]进一步指出区域发展的网络结构能够显著影响经济增长, 且具有溢出效应。但鲜有学者立足于该区域发展特征, 从网络维度探究制造业是如何推动区域发展的。基于此, 本文将结合 Ryan 和 Dahinden^[6]提出的网络是信息、经济等资源的流动渠道这一观点, 通过探究制造业空间网络如何进行资源配置以及该配置过程中会产生怎样的溢出效应, 揭示制造业空间网络作用区域发展的内在机理, 从而为区域有效发挥制造业的引擎驱动力提供理论指导。

长江经济带作为中国重要的工业集聚区, 是最具发展潜力的内河经济带, 也是中国区域整体发展中的引领示范和战略支撑带。2020 年发布的《建议》以及习近平总书记先后在重庆、武汉、南京主持召开的推动长江经济带发展座谈会更是将其置于了引领发展的新高度。自 2016 年发布了《长江经济带发展规划纲要》后, 以“中国制造 2025”、联合打造世界级制造业集群为核心的制造业发展便成为了长江经济带发展的重心, 同时也是经济带最具代表的对外输出的产业形象, 因此将长江经济带作为研究区域, 探究

收稿日期: 2021-11-04

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“长江经济带节点城市的要素集聚功能研究”(16BGL199)

作者简介: 赵春晓(1995—), 女, 博士研究生, E-mail: 861833633@qq.com; 白永亮(1972—), 男, 经济学博士, 教授, 博士生导师, E-mail: writebyl@163.com

资源配置视角下制造业空间网络对区域发展的作用机理,不仅具有国内研究的案例代表性,还能通过挖掘制造业空间网络资源配置的具体逻辑与经济效应为经济带制造业集群发展提供新思路,放大其支撑带动作用。

本文的边际贡献体现在:第一,以实现复杂网络简单化为出发点,创新性地提出了高维架构理论,从而为制造业空间网络的资源配置提供了抽象方法;第二,以斯密“看不见的手”理论为指导,量化探讨了制造业空间网络资源配置的高维架构运行机制,揭示了制造业空间网络的资源配置逻辑;第三,选取制造业空间网络的资源配置水平作为核心解释变量,通过有效借助空间计量模型,定量衡量了制造业空间网络资源配置的外部性影响,并在此基础上探寻了有利于经济带建设世界级制造业集群的政策工具。

一、文献综述

资源配置由市场信号和流动通道共同决定。市场通过发出交易与供需信号,引导资源在各部门间进行分配,从而实现资源配置产生。流动通道通过影响区域或部门间地理距离的远近与空间藩篱阻力的大小,作用资源配置效率,改变其所产生的社会经济效益。但当前关于资源配置的已有研究更多关注于市场信号,其流动通道尚未得到重视。基于此,本文立足于 Ryan 和 Dahinden^[6]对网络与资源交换的关系研究,将产业空间网络视为资源流动的空间通道,并创新性地研究其资源配置的逻辑与效应。进一步对产业网络的现有研究进行梳理后发现,已有研究多集中在产业网络的结构特征分析上,少数研究进一步探讨了其溢出效应,为此文献综述选择从产业网络的形成、结构特征与溢出效应三方面着手展开。

(一)产业网络的形成

Christaller^[7]在中心地理论中提出,一个区域只会为较差等级的区域提供商品和服务,即区域间存在垂直化的等级关系。陆大道^[8]指出,这一等级关系影响着社会经济客体的空间集聚与扩散,并推动形成了垂直化的“点—轴”空间结构。近年来,随着区域间基础设施的不断完善,要素资源实现了跨区的自由流动,区域的空间结构开始发生转变。具体来看,空间上要素资源的流动促进了不同等级增长点和发展轴的形成与拓展,其在空间相互作用的推动下交织形成了扁平化的网络结构^[4]。同时,要素资源的自由流动也是区域在产业层面上竞争、合作的结果,在这相互作用的过程中,区域间会建立起复杂的合作机制,从而推动区域分工的再度深化、产业联系的持续增强,使得区域发展表现出显著的网络特征,形成错综复杂的产业网络。产业网络的形成会为要素资源的流动提供空间通道,从而影响资源的区际流动方向与规模,这不仅有利于实现资源的再配置,影响区域的向前发展,还会再度加深已有的网络通道,并进一步拓展新的流通渠道,进而延展现有的产业网络空间。

(二)产业网络的结构特征

整体来看,已有研究在研究主体上,包括产业关联网络和产业空间网络两大类,其中以产业关联网络为主体的研究居多,旨在揭示不同产业之间发展形成的关联关系,可借助投入产出表进行相应刻画^[9-12];以产业空间网络为主体的研究相对较少,其是将产业联系从投入产出拓展至地理空间上的形象表现,揭示的是同一产业在不同地理空间发展形成的内在联系,多借助连锁网络模型进行刻画^[13]。在空间尺度上,涉及全国、省、市等不同范围,其中全国尺度^[14-15]的研究最多,市域尺度^[16-17]的研究次之,省域尺度^[18]的研究相对较少。在研究方法上,侧重于运用网络密度、网络中心性等相关指标,从数值维度探讨网络结构特征的具体表现^[19-21],具体有刘丙章等^[21]运用复杂网络方法,以城市为节点构建了中原经济区的产业空间网络,研究发现该产业空间网络的网络密度较小且具有发展复杂化的显著趋势。

(三)产业网络的溢出效应

溢出效应产生于主体或事物的发展关联之中,经济学领域多从空间维度对其进行探讨,一是空间是事物发展的载体,在经济发展规律探究中不容忽视,同时事物发展也非空间孤立,而是相互影响存在溢出,如地区间的经济增长^[22];二是以空间关联为依托的溢出效应研究已形成较为成熟、完整的衡量方法,能够系统解析其作用机制,如空间计量模型^[23-24]。那么为深入解析产业网络的溢出效应,空间维度也可作为重要切入点。当前产业网络的溢出效应研究较少,且基本是以产业空间网络为对象、块模型为方法展开定性分析。具体有陈金丹和黄晓^[25]借助块模型将中国文化产业划分为四大板块,通过探究板块内

部及其之间的关联系数,识别中国文化产业空间网络的溢出往来,研究发现该网络在东北和南北方向表现出了明显的梯度溢出特征;林春艳和孔凡超^[26]采用相同的方法和逻辑深入探讨了中国产业结构高度化的空间网络溢出效应,研究发现该溢出效应存在明显的板块差异。

可以看出,当前的产业网络研究仍存在以下几点不足:(1)现有研究更侧重分析不同产业间的关联关系,而忽视了关联产业主体对要素资源流动的系统影响。(2)大多研究仅通过数值分析客观反映产业网络的结构表象,未能进一步下沉探究产业网络的资源配置行为,更未解析产业网络的资源配置效应。(3)虽有少数研究从关联视角定性分析了产业网络的溢出效应,但并未从资源配置视角揭示该效应产生的内在机制,更未探寻出量化该效应的可行工具。同时可以得出,虽然产业空间网络的资源配置作用逐渐显现,但由于该层面的相关研究较为空白,使得产业网络研究领域这一层面的理论支撑相对不足,致使现有理论在该层面的具体研究中已不能很好地发挥指导作用,因此为系统探究产业空间网络的资源配置,还需对现有理论进行进一步创新。

二、理论构建

空间网络虽是区域主体间的联系体现,但其本身并不能直接作用于区域发展,而是通过提供要素资源的流动通道,以引导资源区际流动实现资源再配置来发挥区域影响效应。资源区际流动是资源由某一区域向另一区域的转移,空间上表现为资源由某地扩散流出并在另一地直接或间接流入产生集聚的行为,其中资源直接流入的区域与资源扩散区域间建立的是直接联系,两者无需依赖其他区域,能够自主地进行信息交换,而资源间接流入的区域则需要借助中介区域发挥调配作用来建立有效联系,进而维持资源的持续吸纳,产生集聚规模与经济效应,这就表明资源广泛的区际流动依赖于区域主体集聚、扩散以及调配行为的协同进行。由于资源区际流动是资源配置的指示与行为体现,因此解析空间组织的资源配置逻辑,其集聚、扩散与调配探索是重要方向。网络具有多重叠加与复杂交错的组织特征,因此从集聚、扩散与调配层面探究特定空间网络的资源配置,还需借助特定工具对该经济行为进行抽象,使其能够利用现有研究方法进行衡量与表现,进而增强研究的可操作性与解释力度。基于此,本文立足于空间网络的形成逻辑,创新性地提出空间网络资源配置的高维架构理论,以期为抽象其资源配置的经济行为提供可行工具。

(一)高维架构的提出背景与内涵解释

区域间会同时存在不同维度和不同类型的关联关系,因此便会出现某一区域同时处于多个网络结构中的现象。这些网络结构既来自不同类型的网络,如经济、城市空间网络,也包括同一类型不同维度的网络,如从区位、从业人员、产值等不同维度分别形成的制造业空间网络。不同网络代表区域间不同的经济联系,意味着同一时期内区域主体会同时发挥多类型和多维度的经济作用,从而推动区域内形成复杂的网络效应。因此探究某一空间网络的资源配置逻辑,最重要的便是要把该类型不同维度的网络从由众多网络叠加而成的复杂网络中抽象出来,然后对其进行降维,进一步抽象出该类型网络的整体网络架构。这种降维后的整体网络架构将其称为该类型网络资源配置的高维架构。由此可知高维架构的内涵主要包括两个基本方面:一是主体间多维发展的内在联系,二是为区域发展提供高效的赋能路径。

(二)高维架构的构建原理与运行解释

高维架构的构建关键在于以下三点:一是降维工具。引力模型是当前有效的降维工具,其能通过将不同维度指标纳入到同一框架内衡量经济主体间的总体联系,实现对某一类型空间网络的有效降维。二是维度选择。从联系的视角出发,探究该类型经济主体所涉及的要素、区位、空间等不同维度,并通过降维工具找寻其关联点,该点是对经济主体多维发展的抽象结果,体现了对经济主体复杂发展的简单化和抽象化。三是构建路径。将不同主体抽象出的关联点作为具体节点,通过经济主体间的特定交流合作路径将其串联,便构建出空间网络资源配置的高维架构。高维架构的运行可从斯密·亚当^[27]对“看不见的手”的经济学原理解释探寻方向。他认为在增进社会效益时,那只“看不见的手”通过引导社会人的经济行为而发挥作用。那么若将促进区域发展作为实现目标,要素资源作为赋能主体,网络结构作为流通渠道,高维架构也可视为一只“无形的手”,其通过借助抽象出的关联点以及关联点间的经济联系,引导要

素资源在空间网络中进行集散流动,从而推动空间网络进行资源配置,赋能区域发展过程。

(三)高维架构的资源配置空间溢出解释

高维架构的运行过程是空间网络进行资源集聚、扩散以及调配的配置过程,也是包含知识和技术在各类信息在区际间接收和传递的过程,因此必然会伴随溢出效应的产生。该溢出效应区别于空间网络通过资源配置改善区域资源禀赋,进而影响区域发展动力的直接作用,是网络资源配置过程中的外部性表现,空间网络作用区域发展的另一效应体现,因此若想对该溢出效应进行量化分析,空间网络资源配置经济行为的抽象化与可表达性仍是重要基础与客观需要。换句话说,定量衡量空间网络资源配置的溢出效应,高维架构的抽象与衡量乃是基础与关键。以上表明网络资源配置的溢出效应分析需以高维架构为重要依托,同时其也是对高维架构解释网络资源配置效应的进一步深入,能够从外部性的视角适宜地验证高维架构理论构建的合理性。

综上所述,首先,高维架构既能将复杂网络简单化,也可借助现有研究方法进行具体衡量与形象表现,是当前抽象空间网络资源配置的有效工具;其次,高维架构运行最终表现为促成空间网络的资源配置,因此其可作为探究空间网络资源配置逻辑的重要切入点,那么集聚、扩散与调配便成为了解析高维架构如何运行的主要方向。最后,空间网络进行资源配置时会产生空间溢出效应,高维架构是分析该溢出效应的基础与依托,同时该溢出效应的量化衡量也是高维架构解释网络资源配置的进一步深化。

三、模型方法、变量说明与数据来源

(一)模型方法

1.高维架构的相关模型

将高维架构理论应用于制造业空间网络的资源配置行为探析时,怎样实现该抽象高维架构的具体化及可量化成为关键。为解决这一科学问题,本文先采用修正引力模型确定高维架构的空间互动,使其具体化;然后利用网络关联度模型和网络中心性模型依次衡量其整体特征与运行机制,实现可量化。

1)修正引力模型。采用修正引力模型建立区域间的制造业空间互动矩阵,该空间互动矩阵是衡量并表现高维架构的具体依据。具体来看,引力模型可将要素、经济、空间、地理四个维度的相关指标纳入到统一框架下进行综合衡量,实现对多维指标的有效降维,并最终得到包含四个维度综合作用的空间互动矩阵。具体公式为

$$\begin{cases} I_{ij} = k_{ij} \frac{\sqrt[p_i]{p_i g_i s_i} \sqrt[p_j]{p_j g_j s_j}}{D_{ij}^b} \\ k_{ij} = \frac{p_i}{p_i + p_j} \end{cases} \quad (1)$$

其中, I_{ij} 为*i*、*j*两区域间制造业的空间综合互动; p_i 、 p_j 分别为*i*、*j*两区域的制造业从业人员; g_i 、 g_j 分别为*i*、*j*两区域的国内生产总值; s_i 、 s_j 分别为*i*、*j*两区域的建成区面积; D_{ij} 为*i*、*j*两区域的地理距离; b 为摩擦距离,取2; k 为摩擦系数。

2)网络关联度模型。网络关联度模型是衡量网络架构整体特征的常用模型,可用来揭示网络结构的稳健性^[28]。借助网络关联度来宏观把握高维架构的整体变化趋势,从而识别出用于分析高维架构结构形态与运行机制的特殊时间节点。计算公式为

$$C = 1 - \frac{V}{N \times \frac{N-1}{2}} \quad (2)$$

其中, C 为网络关联度,且 $C \in [0, 1]$; V 为网络中的不可达点; N 为制造业所在区域个数。

3)网络中心性模型。网络中心性是揭示网络节点空间互动的重要指标。从经济学视角来看,节点间网络关系数的接收、发送与传递行为,能够释放节点所属主体间的发展往来信号,该信号通过影响主体管理决策,进而引导其要素资源空间集聚、扩散与调配行为产生。这就表明,有效衡量节点间网络关系数接收、发送与传递的点入度、点出度和中介中心度^[29-31],能够依次体现高维架构的集聚、扩散和调配运行。计算公式为

$$\begin{cases} k_{i,out} = \sum_{j=1}^N a_{ij} \\ k_{i,in} = \sum_{j=1}^N a_{ji} \\ C_B(i) = \frac{2 \sum_j^N \sum_k^N \frac{h_{jk}(i)}{h_{jk}}}{N^2 - 3N + 1} \end{cases} \quad (3)$$

其中, $k_{i,out}$ 为节点*i*的扩散力; a_{ij} 为由节点*i*向节点*j*发出的关系数; $k_{i,in}$ 为节点*i*的集聚力; a_{ji} 为节点*i*接收到的由节点*j*发出的关系数; $C_B(i)$ 为节点*i*的调配力; h_{jk} 为节点*j*到节点*k*的捷径数; $h_{jk}(i)$ 表示节点*j*、*k*间捷径经过节点*i*的数量, $j \neq k \neq i$, 且 $j < k$ 。

2. 溢出效应测度模型

1) 网络空间权重矩阵。以往空间分析常选择地理距离、经济距离或经济地理距离的权重矩阵作为主体空间联系的具体衡量。这些权重矩阵具有易构建的优点, 但只能从较为单一的维度对空间联系进行解释, 不能反映当前区域发展网络化背景下, 空间主体间形成的复杂联系。由引力模型构建的空间综合互动矩阵是将多维指标纳入到统一框架内复合而得, 展示的是区域主体间的复杂互动联系, 因此本文选择该矩阵作为权重矩阵进行相关的空间分析。 W_{net} 矩阵中*i*行*j*列的元素公式为

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & i \neq j \text{ 且 } I_{ij} > \beta \\ 0 & i = j \text{ 或 } I_{ij} \leq \beta \end{cases} \quad (4)$$

其中, w_{ij} 为*i*、*j*两区域间的空间综合互动联系; β 为矩阵二值化处理的阈值参数。

2) 空间自相关检验模型。选择 Moran's *I* 来检验经济带制造业集聚发展的空间相关性, 具体公式为

$$\text{Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x}) (x_j - \bar{x})}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (5)$$

其中, $s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$; x_i 表示*i*地的制造业集聚水平; w_{ij} 为网络空间权重; Moran's *I*的取值范围为 $[-1, 1]$ 。

3) 空间计量模型。刘华军等^[32]指出“关系数据”, 即可以反映出两个或两个以上空间主体相互关系的数据能够表达其所在的网络结构, 意味着高维架构中, 关联节点互动表现出的集聚、扩散以及调配运行力能从不同层面分别表达总体网络架构及其资源配置水平。鉴于调配力更能体现网络主体间的相互关联关系与互相依赖程度, 本文选择调配力指标作为模型估计的核心解释变量, 集聚和扩散力指标做稳健性检验。构建的空间计量模型包括空间滞后模型和空间误差模型, 公式为

$$y_{it} = \lambda W_{net} y_{it} + \alpha_1 C_{Bit} + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} y_{it} &= \alpha_1 C_{Bit} + \beta X_{it} + \theta_{it} \\ \theta_{it} &= \rho W_{net} \theta_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (7)$$

其中, y_{it} 为被解释变量, 用制造业集聚水平表示; C_{Bit} 为核心解释变量, 用制造业空间网络的资源配置水平表示; X_{it} 为一系列控制变量, 包括市场开放水平、人力资本水平、信息化水平、城市化水平、政府支持度; ρ 为因变量向量的空间误差系数; λ 是滞后回归系数; θ_{it} 、 ε_{it} 为扰动项, 且 ε_{it} 正态分布; W_{net} 表示网络空间权重矩阵。

(二) 实证变量说明

1. 被解释变量

采用区位熵的方法测度制造业集聚水平。具体公式为

$$pc_{it} = \frac{p_{it} / \sum_{i=1}^n p_{it}}{e_{it} / \sum_{i=1}^n e_{it}} \quad (8)$$

其中, p_{it} 和 e_{it} 分别为 i 城市在 t 年的制造业从业人数与全部行业从业人数。

2. 核心解释变量

制造业空间网络的资源配置水平采用制造业空间网络资源配置高维架构的调配运行指标衡量, 具体由式(3)测度得到。

3. 控制变量

市场开放水平由实际使用外资金额除以GDP测度得到, 人力资本水平由 $6 \times$ 小学在校学生数、 $10.5 \times$ 初高中在校学生数与 $16 \times$ 大学在校学生数的加总测度得到, 信息化水平由邮电业务总量除以GDP测度得到, 城市化水平由市辖区人口除以全市总人口测度得到, 政府支持度由财政一般预算支出除以GDP测度得到。

(三) 数据来源与处理

1. 数据来源

鉴于数据的可获得性, 剔除毕节与铜仁地区, 最终选择长江经济带的108个地级及以上城市为具体研究单元, 相关数据来源于2009—2018年的《中国城市统计年鉴》, 缺失数据采用均值法进行补齐。

2. 数据处理

高维架构的制造业空间互动矩阵由2008—2017年的制造业从业人员、国内生产总值以及建成区面积指标计算得到, 并在结合上、中、下游核心城市的制造业发展实况基础上, 通过反复实验, 选择2011年的空间互动矩阵平均值 $\beta=0.20678$ 为阈值参数对矩阵进行二值化处理。使用计量模型进行实证分析时, 为避免模型的内生性, 选择2017年的制造业空间互动矩阵作为空间权重矩阵, 2008—2016年的系列数据作为面板数据进行实证回归。

四、制造业空间网络资源配置的高维架构分析

在所构建的空间互动矩阵基础上, 利用式(2)计算出长江经济带2008—2017年制造业空间网络资源配置的高维架构网络关联度, 如表1所示。

表1 2008—2017年高维架构的网络关联度

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
网络关联度 C	0.773	0.806	0.823	0.892	0.909	0.892	0.909	0.927	0.909	0.893

2008—2017年, 长江经济带制造业空间网络资源配置的高维架构网络关联度较高且整体呈上升趋势, 说明高维架构的空间连通性较强, 区域主体的空间互动较好, 同时也表明区域主体能够借助制造业整体网络架构实现资源的有效交换, 助力制造业空间网络的资源配置形成, 进而优化制造业资源的空间分布。其中2012年高维架构的网络关联度首次高达0.9以上, 因此选择该年与2008年、2017年共同作为特殊的时间节点, 分析其具体形态与运行机制。

(一) 高维架构形态分析

通过甄别2008年、2012年和2017年的制造业空间互动矩阵中两两区域间的互动往来, 揭示高维架构的形态表现。其中, 若A、B两区域间存在“A-B”和“B-A”的关联关系, 则称A、B之间存在双向互动; 若A、B两区域间仅存在“A-B”或“B-A”的关联关系, 则称A、B之间存在单向互动。甄别结果^①显示: 2008年, 高维架构总体上中心城市较少, 且空间互动稀疏, 联系多为单向。区域上, 不同区域内部

① 由于篇幅限制, 本文并未将甄别结果列出, 如有需要可向作者索取。

的空间互动存在明显差异,下游地区的空间互动虽多但以单向联系为主,中游地区的空间互动虽少但双向联系居多,上游地区的空间互动最少且基本为单向。另外,上、中、下游地区之间的制造业空间互动非常稀疏且均为单向,这也使得制造业发展表现出了显著的区块特征。2008—2012年,高维架构总体上中心城市逐渐增多,空间互动愈发频繁,但具体联系仍以单向为主。区域上,三大地区内外的制造业空间互动明显增强,双向互动关系显著增加。其中重庆、武汉、上海承担并建立起了区域间的联系桥梁,促进了上、中、下游的空间互动,使得资源流动的区域边界逐渐模糊化,制造业发展区块特征开始减弱。2012—2017年,高维架构总体上中心城市再度增加,空间互动更加紧密,单向联系依旧占据主导地位。区域上,三大地区内外的制造业空间互动与双向交流也更加频繁,且更多城市的桥梁连接作用开始显现,如成都、长沙等,使得制造业资源在区域间的流动更加通畅,区块特征再度弱化。

可以看出,长江经济带制造业空间网络资源配置的高维架构,形态经历了从少中心到多中心的结构演变,空间互动始终保持着增加趋势。区域上,上、中、下游内部及其之间的制造业空间互动愈发紧密,双向互动趋势逐渐增强,“桥梁”城市明显增加。架构内愈发复杂的网络联系为资源在区域间的畅通流动提供了基础支撑,使得制造业发展的区块特征明显减弱,一体化趋势显著增强。但上游始终有城市未融入该高维架构,为如何进一步完善其形态提供了方向。

(二)高维架构运行机制分析

根据式(3)计算出的2008年、2012年和2017年各城市的高维架构集聚、扩散与调配运行支撑力^①,解析高维架构运行的推动主体及主体间塑造的动力支撑格局,从而揭示高维架构的运行机制,明晰制造业空间网络的资源配置逻辑。

1. 高维架构运行机制的集聚解释

2008年、2012年和2017年高维架构集聚运行支撑力较高的城市名单如表2所示。

由表2可知:(1)长江经济带整体:高维架构的集聚运行水平显著提高,运行支撑城市明显增多。其中2008年,节点城市中仅南京集聚力相对较高。2012年,南京、合肥、武汉、苏州、无锡和常州的集聚力显著提升,且位居前列。2017年,除南京、合肥和武汉外,杭州、上海、芜湖和长沙跻身前列。其中杭州对传统制造业的改造提升再度凸显了其发展优势与潜力,进而放大了对制造业资源的吸引力;上海可能是由于2016年对企业创新研发力度的不断提高促进了企业的转型升级,助力了制造业的再次回暖;长沙则归功于其制造业发展规模的持续增加。以上节点城市是高维架构集聚运行的核心驱动主体,共筑其集聚运行的动力支撑格局。(2)上中下游区域:上游高维架构的集聚运行水平虽低但正逐渐提高,形成了以重庆为中心的“单核驱动”支撑运行格局;中游高维架构的集聚运行水平较高并不断提升,表现为以武汉、长沙为主导的“双核驱动”支撑运行格局;下游高维架构的集聚运行水平最高且稳步提升,最终演变为以南京、合肥、杭州、上海、芜湖为主体的“多核驱动”支撑运行格局。

高维架构通过借助核心节点城市的集聚力及其动力支撑格局所汇聚的引力流,引导制造业资源在部分地区集中分布,从而实现地区间的资源配置,对区域发展进行有效赋能。

2. 高维架构运行机制的扩散解释

2008年、2012年和2017年高维架构扩散运行支撑力较高的城市名单如表3所示。

由表3可知:(1)长江经济带整体:高维架构的扩散运行水平逐渐提升,运行支撑城市趋于稳定。其中2008年,扩散力居于前列的节点城市依次为上海、南京、杭州和苏州。2012年,除上海、南京、杭州和苏州外,重庆、武汉、合肥和无锡挤进前列,其中重庆和武汉分别跃居第二和第三,这得益于它们对制造业结构的调整与技术创新的突破,使其拓展了制造业升级的实现路径,彰显了其辐射扩散作用。2017年,居于前列的城市较稳定,基本无变化。以上节点城市是推动高维架构扩散运行的主导城市,协同构建了其扩散运行的动力支撑格局。(2)上中下游区域:上游高维架构的扩散运行水平较低且变化不大,形成了以重庆为核心,成都为次中心的“一核一星”支撑运行格局;中游高维架构的扩散运行水平

^① 将计算出的三种作用力按照自定义分类法划分为高、较高、中等、较弱和最弱五类。由于篇幅限制,本文仅列出具有高或较高运行支撑力的城市名单。全部城市名单如有需要可向作者索取。

表 2 2008年、2012年和2017年高维架构集聚运行支撑力较高的城市名单

2008年		2012年		2017年	
城市名	运行支撑力	城市名	运行支撑力	城市名	运行支撑力
南京	18.692	合肥	26.168	南京	30.841
镇江	16.822	南京	26.168	合肥	29.907
芜湖	15.888	武汉	21.495	武汉	28.037
武汉	15.888	常州	20.561	杭州	23.364
上海	14.953	无锡	20.561	上海	22.430
常州	14.953	苏州	20.561	芜湖	22.430
扬州	14.019	芜湖	19.626	长沙	20.561
无锡	14.019	扬州	19.626	马鞍山	19.626
苏州	14.019	杭州	19.626	常州	19.626
		南通	18.962	扬州	19.626
		马鞍山	18.692	徐州	18.692
		徐州	18.692	无锡	18.692
		镇江	17.757	镇江	18.692
		上海	17.575	蚌埠	17.757
		淮安	16.822	苏州	17.757
		滁州	15.888	铜陵	16.822
		泰州	15.888	淮安	16.822
		宁波	15.888	盐城	16.822
		湖州	15.888	绍兴	16.822
		长沙	15.888	滁州	15.888
		宣城	14.953	南通	15.888
		蚌埠	14.953	泰州	15.888
		盐城	14.953	连云港	15.888
		金华	14.953	宁波	15.888
		绍兴	14.019	湖州	15.888
				重庆	15.888
				宣城	14.953
				宿迁	14.953
				南昌	14.953
				嘉兴	14.953

较高并不断提升,表现为以武汉为主导,长沙、南昌为助推的“一核两翼”支撑运行格局;下游高维架构的扩散运行水平最高且持续向好,最终演变为以上海、南京、杭州、苏州等城市为中心的“多核驱动”支撑运行格局。

高维架构通过借助核心节点城市的扩散力及其动力支撑格局所凝结的辐射束,引导制造业资源由某地有序流出,从而改善地区间的制造业空间分布,提升区域的发展效率。

3. 高维架构运行机制的调配解释

2008年、2012年和2017年高维架构调配运行支撑力较高的城市名单如表4所示。

由表4可知:(1)长江经济带整体:高维架构的调配运行水平提升缓慢,运行支撑城市波动较小。其中2008年,居于调配力前列的节点城市依次为上海、重庆、长沙、南京、武汉。2012年前列城市新增成都和合肥。2017年上海、重庆、长沙、南京、武汉的前列地位保持不变,成都和合肥退出,与杭州、南昌、贵阳和昆明并列第二梯队,意味着调配力较强的节点城市恰好是经济带11个省会城市。省会城市的经济行为体现着该省的经济决策,表明各个省会城市也正在凭借着其对制造业资源的“传递”作用,打

表3 2008年、2012年和2017年高维架构扩散运行支撑力较高的城市名单

2008年		2012年		2017年	
城市名	运行支撑力	城市名	运行支撑力	城市名	运行支撑力
上海	40.187	上海	56.075	上海	60.748
南京	32.710	重庆	48.598	武汉	58.879
杭州	32.710	武汉	47.664	苏州	46.729
苏州	30.841	南京	45.794	南京	45.794
无锡	23.364	苏州	42.056	杭州	42.056
宁波	20.561	杭州	40.187	重庆	42.056
		合肥	37.383	合肥	40.187
		无锡	33.645	无锡	35.514
		长沙	28.972	常州	30.841
		宁波	28.037	宁波	29.907
		常州	24.299	成都	28.972
		南通	23.364	长沙	28.037
		镇江	21.495	南通	25.234
		嘉兴	20.561	扬州	25.234
		绍兴	20.561	芜湖	23.364
				南昌	23.364
				绍兴	23.364
				泰州	21.495
				镇江	21.495

表4 2008年、2012年和2017年高维架构调配运行支撑力较高的城市名单

2008年		2012年		2017年	
城市名	运行支撑力	城市名	运行支撑力	城市名	运行支撑力
上海	13.114	武汉	19.590	重庆	24.338
重庆	9.231	重庆	15.732	武汉	14.706
长沙	6.247	长沙	13.793	长沙	10.375
南京	5.483	上海	10.486	南京	9.921
武汉	4.155	成都	9.908	上海	7.322
淮安	3.948	合肥	7.865	合肥	5.720
徐州	2.214	南京	7.690	杭州	5.639
杭州	2.027	南昌	3.379	成都	5.534
		衡阳	2.928	南昌	3.918
		金华	2.781	贵阳	3.524
		徐州	2.585	昆明	2.486
		苏州	2.535		
		杭州	2.348		
		宁波	2.035		

通资源的跨区流动渠道,促进非毗邻区域的空间互动,在高维架构的调配运行及其动力支撑格局的重构中起重要作用。(2)上中下游区域:上游高维架构的调配运行水平不断提升,核心城市逐渐增加,形成了以重庆为核心,成都、昆明、贵州为次中心的“一核三星”支撑运行格局;中游高维架构的调配运行水平总体波动不大,核心城市基本保持不变,表现为以武汉、长沙为主导,南昌为驱动的“双核一星”支撑运行格局;下游高维架构的调配运行水平有下降趋势,核心城市也不断减少,最终演变为以南京、上海为引领,合肥、杭州为助推的“双核双星”支撑运行格局。

高维架构通过借助核心节点城市的调配力及其动力支撑格局所铸造的桥接网,将存在地理分割的制造业资源供需双方依托于某一节点城市进行有效对接,从而加速了制造业资源在地区间的流入流出,提升了高维架构的资源配置效率,并拓展了其赋能路径。

总之,高维架构主要依托于节点城市的集聚、扩散以及调配力实现有效运行,并借此引导资源流动,实现资源的再配置,从而赋能区域的发展过程。对于长江经济带整体而言,支撑高维架构运行的集聚、扩散以及调配力均在不断提升,其中武汉、南京和上海对高维架构的运行能够产生“集聚+扩散+调配”的协同驱动力,合肥和杭州、重庆、长沙分别能从“集聚+扩散”“扩散+调配”“集聚+调配”两方面双驱动高维架构的运行,是资源区际流动的核心驱动主体。从不同区域来看,上游的调配力相对较好,集聚和扩散力相对较差,其中重庆是实现高维架构运行,推动资源区际流动的重要支撑城市;中游的扩散力和调配力相对较高,集聚力相对较弱,其中武汉和长沙是引领驱动城市;下游具有突出的集聚力,较强的扩散力以及较差的调配力,其中南京和上海是主导推动城市。以上可为长江经济带制造业资源的持续有效配置,提高高维架构赋能效率提供调整方向。

五、制造业空间网络资源配置的溢出效应

(一)描述性统计与相关检验

1. 描述性统计

变量的描述性统计及多重共线性检验结果如表5所示。具体结果显示:所有变量的方差膨胀因子(VIF)值均在(0,10)范围内,且远低于10,表明变量之间不存在多重共线性,计量模型的参数估计结果较为准确。

表5 变量描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值	VIF
y	972	0.887	0.419	0.032	2.543	—
net	972	1.051	3.061	0.000	25.824	0.549
open	972	0.023	0.032	0.000	0.777	0.641
gov	972	0.191	0.117	0.010	1.984	0.641
urb	972	0.320	0.194	0.047	1.000	0.684
inf	972	4.180	0.748	1.553	6.579	0.885
hum	972	3.881	0.783	2.302	14.231	0.926

2. 空间相关性检验

长江经济带2008—2016年制造业集聚水平的莫兰检验结果如表6所示。具体结果显示:网络矩阵下的莫兰指数值均大于0.238,且通过了1%水平下的显著性检验,表明长江经济带的制造业集聚发展存在高度空间相关性,区域制造业主体间的空间互动关系较强,溢出潜力较大。

3. 估计模型选择

借鉴邵帅^[3]的做法,利用LM检验识别参数估计的空间计量模型,结果如表7所示。空间滞后模型的LM检验结果均通过了1%水平下的显著性检验,而空间误差模型的稳健LM检验结果不显著,表明前者优于后者。Hausman检验结果进一步显示 $\chi^2(7)=82.74, p=0.000$,表明固定效应优于随机效应。因此本文选择固定效应的空间滞后模型进行参数估计。

表6 2008—2016年制造业集聚水平的莫兰指数值

年份	Moran's I值	z值	P值
2008	0.343***	5.305	0.000
2009	0.361***	5.575	0.000
2010	0.357***	5.517	0.000
2011	0.279***	4.333	0.000
2012	0.277***	4.309	0.000
2013	0.238***	3.738	0.000
2014	0.271***	4.242	0.000
2015	0.272***	4.255	0.000
2016	0.270***	4.229	0.000

注: *、**、***分别代表在10%、5%、1%的水平上显著。

(二) 实证结果分析

1. 溢出效应的总体分析

利用式(6)分别对空间滞后模型的空间固定、时间固定以及空间时间固定模型进行相关参数估计,综合比较其 R^2 与各变量系数符号后最终选择空间固定效应模型来估计长江经济带制造业空间网络资源配置的溢出效应,具体估计结果如表8所示。

表7 空间面板的LM检验

LM检验	统计量	P值
no lag	118.824	0.000
no lag (robust)	81.003	0.000
no error	40.444	0.000
no error (robust)	2.623	0.105

表8 制造业空间网络资源配置的溢出效应解析表

变量	空间固定	直接效应	间接效应	总效应
C_B	0.013*** (3.499)	0.013*** (3.569)	0.006*** (2.724)	0.019*** (3.445)
open	-0.313* (-1.658)	-0.318* (-1.767)	-0.143 (-1.607)	-0.461* (-1.749)
gov	0.036 (0.621)	0.038 (0.656)	0.017 (0.633)	0.056 (0.654)
urb	-0.289** (-2.535)	-0.293** (-2.559)	-0.132** (-2.157)	-0.426** (-2.506)
inf	0.060*** (4.715)	0.061*** (4.530)	0.027*** (3.148)	0.089*** (4.343)
hum	-0.019 (-1.453)	-0.019 (-1.366)	-0.009 (-1.272)	-0.028 (-1.356)
λ	0.315** (6.234)	—	—	—
R^2	0.897	—	—	—

注: *、**、***分别代表在10%、5%、1%的水平上显著;括号内为t值。

制造业集聚水平的滞后回归系数 λ 为0.315,且通过了1%水平的显著性检验,表明制造业发展网络特征日益显现的大环境不仅直接促进了长江经济带各地级及以上城市的制造业集聚发展趋势,还有效地增强了不同区域间制造业集聚发展的空间互动与关联,使得长江经济带某一区域的制造业集聚发展直接或间接地影响着在该有向网络中与其建立联系的其他区域的制造业集聚发展。

制造业空间网络的资源配置水平参数估计、直接效应与间接效应分别为0.013、0.013和0.006,且均通过了1%水平下的显著性检验,表明制造业空间网络的资源配置对制造业集聚发展具有显著正向的溢出效应。从高维架构形态上看,长江经济带的区域主体间已以制造业为纽带搭建起了联系桥梁,为区域的制造业发展提供了网络互动渠道与合作实践新平台,促进了区域间制造业的空间互动,增强了其集聚发展倾向;从高维架构的运行上看,其推动了制造业资源在区域间的定向流动,实现了制造业资源的空间再配置,从而增强了区域制造业发展需求与资源禀赋的匹配度,调节了区域制造业集聚发展的原动力,进而促进了本地与网络关联区域的制造业集聚发展。

2. 溢出效应的区域异质性分析

借助空间固定的空间滞后模型进一步对长江经济带上、中、下游不同区域内制造业空间网络资源配置的溢出效应进行解析,实现从区域异质性视角进一步挖掘制造业空间网络作用地区发展的逻辑差异。上、中、下游区域内的溢出效应结果如表9所示,中游区域的溢出效应分解结果如表10所示。

表9 上、中、下游区域的溢出效应

地区	C_B
上游	0.003 (0.763)
中游	0.032*** (4.582)
下游	0.015 (1.356)

注: *、**、***分别代表在10%、5%、1%的水平上显著;括号内为t值。

表 10 中游地区的溢出效应分解表

变量	空间固定	直接效应	间接效应	总效应
C_B	0.032*** (4.582)	0.033** [*] (4.730)	0.019*** (2.751)	0.052*** (4.316)
open	-0.317 (-1.541)	-0.318 (-1.574)	-0.184 (-1.382)	-0.502 (-1.552)
gov	1.338*** (3.827)	1.347*** (3.921)	0.783** (2.633)	2.129** (3.742)
urb	-0.538** (-2.211)	-0.532** (-2.130)	-0.315* (-1.711)	-0.847** (-2.049)
inf	0.055** (2.152)	0.058** (2.268)	0.034* (1.882)	0.092** (2.237)
hum	-0.004 (-0.300)	-0.004 (-0.308)	-0.003 (-0.284)	-0.007 (-0.302)
λ	0.369*** (4.992)	—	—	—
R^2	0.849	—	—	—

注：*、**、***分别代表在10%、5%、1%的水平上显著，括号内为t值。

表9中结果显示：仅中游区域内制造业空间网络资源配置的溢出效应显著为正。上游和下游未表现出显著溢出效应的原因可从区域自身发展、高维架构的形态与运行两方面进行探讨。（1）上游区域：一方面上游独厚的自然资源禀赋奠定了该地区以旅游和生态为核心的服务业发展优势与主导地位，而制造业的规模发展需求与动力增长条件明显不足。另一方面上游高维架构的形态显示，该区域内的制造业空间互动较少，且部分城市脱离于架构之外，表明上游制造业资源的流通渠道尚不完善，制造业资源的畅通流动与有效交换受阻；运行机制显示，该地区对制造业资源的集聚与扩散力均处于较低水平，表明其对制造业资源的主动吸纳与积极辐射能力较弱，致使制造业资源在城市间的流动速度与规模较小，溢出现象不明显。（2）下游地区：一方面下游长期享受的政策倾斜及其核心城市定位的功能发挥，使得知识密集型的金融服务业和战略性新兴产业逐渐成为该地区的主导与扶持产业，传统的制造业也因此面临着创新发展与智能转型的迫切需求，致使相关资源溢出动力不足。另一方面下游高维架构的形态显示，该区域内的制造业空间互动紧密且愈发复杂，表明下游城市正进行着有关制造业发展知识、技术等各类信息资源的频繁交流与学习，从而导致异质城市间出现制造业同质化发展的不良现象，制约了制造业资源的长期流通与持续交换；运行机制显示，该地区具有极强的集聚力，但扩散和调配力却明显较弱，表明下游整体正处于制造业资源的吸纳积累期，而溢出效应往往是产生于集聚“饱和”的基础之上，因此仅靠上海和南京的辐射带动难以使得下游整体表现出明显溢出效应。

进一步对中游区域表现出的溢出效应进行解析发现（如表10中结果所示）：制造业集聚水平的滞后回归系数 λ 为0.369，且通过了1%水平的显著性检验，表明中游区域内制造业发展建立起的网络联系能够显著增强该地区制造业的协同集聚发展。

制造业空间网络的资源配置水平参数估计、直接效应与间接效应分别为0.032、0.033和0.019，且均通过了高水平下的显著性检验，表明中游制造业空间网络的资源配置对该地区的制造业集聚发展表现出了显著正向的本地促进与外溢提升效应。从高维架构形态上看，中游区域在整个长江经济带的高维架构搭建中发挥着承东启西的连接作用，这一纽带功能的发挥不仅需要依托区域内的“桥梁”城市，同时也会助推这类功能城市的逐渐增加，使得区域内部的资源流通渠道愈发完善，城市间的制造业发展联系日益增强；从高维架构的运行上看，中游对制造业资源流动表现出了较强的扩散力和调配力，这一经济行为不仅本身体现着区域发展的溢出属性，同时还能通过加速制造业资源在中游地区内的流通与交换，再度增强地区间的发展互动，从而实现本地与网络邻地的制造业集聚的联动发展。

（三）稳健性检验

接下来从替换核心解释变量和空间权重矩阵两个层面进行稳健性检验。替换核心解释变量时，分别

用集聚和扩散力指标重新衡量制造业空间网络的资源配置行为进行参数估计。替换空间权重矩阵时,采用地理距离空间权重矩阵进行重新估计,具体先依据经纬度计算出两两城市间的地理距离,然后对该地理距离采取平方和倒数处理。选择地理距离空间权重矩阵的原因主要包括两个方面:一是该矩阵是依托于城市的地理经纬度计算而来,虽不能揭示当前区域间已形成的复杂互动联系,但却具有较强的客观性,能从空间维度再度增强模型的稳健性;二是该矩阵除具有较强的客观性外,还具有突出的自然属性,即其形成只与自然地理区位有关,与城市的经济社会发展及城市间的发展联系关联甚微,因此可以缓解联系类权重矩阵因其能够体现或推动主体发展所引起的模型内生性。鉴于此,重新选择地理距离空间权重矩阵进行估计,不仅能进一步增强研究的稳健性,还能较好地缓解模型内生性。

1. 替换核心解释变量

替换核心解释变量进行的稳健性检验结果如表 11 和表 12 所示。

表 11 长江经济带制造业空间网络资源配置的溢出效应稳健性检验结果

变量	集聚力指标衡量				扩散力指标衡量			
	空间固定	直接效应	间接效应	总效应	空间固定	直接效应	间接效应	总效应
C_N	0.007*** (3.963)	0.007*** (3.822)	0.002*** (3.056)	0.009*** (3.901)	0.006*** (4.968)	0.006*** (4.882)	0.003*** (3.538)	0.009*** (4.890)
open	-0.262 (-1.387)	-0.260 (-1.373)	-0.096 (-1.249)	-0.356 (-1.361)	-0.246 (-1.309)	-0.252 (-1.318)	-0.104 (-1.241)	-0.355 (-1.315)
gov	0.025 (0.436)	0.024 (0.415)	0.009 (0.386)	0.033 (0.410)	0.025 (0.435)	0.024 (0.405)	0.010 (0.392)	0.034 (0.404)
urb	-0.352*** (-3.032)	-0.351*** (-3.088)	-0.130** (-2.381)	-0.481*** (-3.005)	-0.422*** (-3.591)	-0.422*** (-3.552)	-0.176** (-2.543)	0.598*** (-3.346)
inf	0.045*** (3.380)	0.046*** (3.361)	0.017*** (2.635)	0.063*** (3.334)	0.049*** (3.751)	0.049*** (3.733)	0.020*** (2.875)	0.069*** (3.671)
hum	-0.014 (-1.045)	-0.014 (-1.072)	-0.005 (-1.005)	-0.019 (-1.066)	-0.018 (-1.357)	-0.017 (-1.295)	-0.007 (-1.222)	-0.024 (-1.289)
λ	0.272*** (5.221)	—	—	—	0.296*** (5.934)	—	—	—
R^2	0.897	—	—	—	0.899	—	—	—

注: *、**、***分别代表在10%、5%、1%的水平上显著;括号内为t值。

表 12 中游地区制造业空间网络资源配置的溢出效应稳健性检验结果

变量	集聚力指标衡量				扩散力指标衡量			
	空间固定	直接效应	间接效应	总效应	空间固定	直接效应	间接效应	总效应
C_N	0.011*** (3.034)	0.011*** (3.114)	0.004** (2.215)	0.015*** (3.261)	0.014** (6.281)	0.014*** (6.234)	0.005** (2.701)	0.019*** (5.867)
open	-0.338 (-1.607)	-0.348 (-1.668)	-0.135 (-1.344)	-0.483 (-1.645)	-0.365* (-1.820)	-0.379* (-1.891)	-0.134 (-1.527)	-0.513* (-1.874)
gov	0.913** (2.238)	0.922** (2.265)	0.360 (1.600)	1.282** (2.174)	1.035*** (2.940)	1.043*** (2.925)	0.364** (2.109)	1.407*** (2.934)
urb	-0.583** (-2.269)	-0.609** (-2.309)	-0.237 (-1.660)	-0.846** (-2.240)	-0.631*** (-2.624)	-0.628** (-2.580)	-0.227* (-1.725)	-0.856** (-2.425)
inf	0.033 (1.218)	0.034 (1.236)	0.013 (1.031)	0.047 (1.213)	0.030 (1.173)	0.031 (1.192)	0.010 (1.018)	0.041 (1.175)
hum	0.004 (0.283)	0.004 (0.293)	0.002 (0.252)	0.006 (0.285)	-0.000 (-0.022)	0.001 (0.053)	0.000 (0.074)	0.001 (0.060)
λ	0.276*** (3.260)	—	—	—	0.262*** (3.586)	—	—	—
R^2	0.842	—	—	—	0.856	—	—	—

注: *、**、***分别代表在10%、5%、1%的水平上显著;括号内为t值。

2. 替换空间权重矩阵

替换空间权重矩阵进行的稳健性检验结果如表13所示。

表13 地理距离权重矩阵下制造业空间网络资源配置的溢出效应稳健性检验结果

变量	长江经济带				中游地区			
	空间固定	直接效应	间接效应	总效应	空间固定	直接效应	间接效应	总效应
C_b	0.013*** (3.390)	0.013** (3.446)	0.009*** (2.756)	0.021*** (3.320)	0.033*** (4.857)	0.035*** (4.658)	0.022*** (2.747)	0.056*** (4.111)
open	-0.309* (-1.662)	-0.314 (-1.649)	-0.215 (-1.505)	-0.529 (-1.617)	-0.347* (-1.713)	-0.354* (-1.702)	-0.221 (-1.492)	-0.575 (-1.673)
gov	0.025 (0.433)	0.026 (0.451)	0.017 (0.438)	0.043 (0.448)	0.987*** (2.763)	1.025*** (2.811)	0.628** (2.356)	1.653*** (2.828)
urb	-0.308*** (-2.745)	-0.321*** (-2.717)	-0.219** (-2.294)	-0.540*** (-2.630)	-0.409* (-1.707)	-0.417* (-1.758)	-0.264 (-1.507)	-0.681* (-1.706)
inf	0.051*** (4.014)	0.052*** (3.949)	0.035*** (2.999)	0.087*** (3.757)	0.056* (2.203)	0.058** (2.286)	0.036* (1.966)	0.095** (2.262)
hum	-0.016 (-1.235)	-0.017 (-1.252)	-0.011 (-1.166)	-0.028 (-1.233)	-0.004 (-0.335)	-0.004 (-0.333)	-0.003 (-0.321)	-0.007 (-0.331)
λ	0.412*** (7.741)	—	—	—	0.401*** (5.569)	—	—	—
R^2	0.900	—	—	—	0.853	—	—	—

注：*、**、***分别代表在10%、5%、1%的水平上显著；括号内为t值。

稳健性检验结果显示：首先，以上回归结果均具有较高的拟合度，表明其与实际较为贴合，具有一定的科学性。其次，以上回归结果中制造业空间网络的资源配置参数估计、直接效应和间接效应虽数字大小有所变动，但正负没变，且通过了显著性检验，表明长江经济带整体及其中游的制造业空间网络资源配置时均会产生显著正向的空间溢出效应。因此，本文的实证结果是稳健可靠的。

六、结论与建议

(一) 结论

本文以长江经济带九省二市的108个地级及以上城市为研究区域，借助引力模型与社会网络分析方法抽象并研究了制造业空间网络资源配置的高维架构，并进一步采用空间滞后模型解析了该网络资源配置的溢出效应。研究表明：高维架构是对复杂空间网络资源配置的简单化和抽象化，是量化探究制造业空间网络资源配置逻辑与效应的有效工具。制造业空间网络资源配置的高维架构形态上呈现出从少中心到多中心的结构演变；架构内区域制造业空间互动实现了由稀疏到紧密的关系转变；地区间出现由“内双外单”到“内双外双”的互动转换，这为制造业资源在区域间的畅通流动提供了愈发复杂的空间通道。上游仍有区域未融入到高维架构中，为进一步完善该架构提供了参考方向。另外，高维架构的运行依托于节点城市的集聚、扩散与调配力，并借此引导资源的有效配置，实现对区域发展的赋能推动。其中在长江经济带的高维架构运行中，武汉、南京和上海从“集聚+扩散+调配”三个方面共同引导资源的区际流动，合肥和杭州从“集聚+扩散”、重庆从“扩散+调配”以及长沙从“集聚+调配”两个方面显著推动资源的区际流动；在不同区域的高维架构运行中，重庆、武汉和长沙、上海和南京分别主导和支撑着上、中、下游三地区的资源区际流动。进一步实证发现，制造业空间网络的资源配置对本地以及与本地存在网络关联的区域的制造业集聚发展均具有显著正向的空间溢出效应，且该效应存在明显的区域异质性。

(二) 建议

区域发展网络特征日渐显现的大环境给予了空间主体交流互动的新路径，提供了资源在区域间流通

的新渠道,通过对资源进行再配置能够实现优化资源的空间分布,为区域的高速发展注入新动力。对于长江经济带而言,制造业集群建设是其产业发展的核心目标,为切实推进该目标的实现,进一步完善制造业空间网络资源配置的高维架构,保障该高维架构的持续运行与有效赋能,放大其溢出效应成为重要方向。实现的主要途径有:一是借助相关重大项目向上游地区部署来实现,借此促进中、下游地区对上游地区的产业投资,增强区域间的合作互动,将上游更多城市纳入到该高维架构中,从而再度拓宽资源流动的空间渠道,增强其集群优势。二是通过资金、技术、人才等相关政策向合肥、杭州、长沙和重庆地区倾斜,丰裕该地区的资源禀赋储量,增强其区域发展优势,从而唤醒该地区第三作用力的发挥,推动其由双驱动向协同驱动的地位转变,实现与武汉、南京、上海协同打造经济带网络运行的七大支撑点,共筑高维架构的良好运行,进而动态优化经济带制造业资源的空间分布。三是通过由政府牵头构建制造业信息公开共享平台、大力扶持商品网络销售平台等相关举措深化产业与互联网的融合发展,从而促进区域制造业互动的数字化发展。借助互动数字化与数字化互动的空间联系方式有利于经济带内协同驱动与双驱动主体间的跨阶段关联,形成“3+2”的联动发展模式,从而促进网络资源配置溢出效应的有效放大,助力经济带制造业集群的建设发展。

参考文献:

- [1] 傅元海,叶祥松,王展祥.制造业结构变迁与经济增长效率提高[J].经济研究,2016,587(8):86-100.
- [2] 叶祥松,刘敬.政府支持与市场化程度对制造业科技进步的影响[J].经济研究,2020,632(5):87-102.
- [3] 孙元元,张建清.中国制造业省际间资源配置效率演化:二元边际的视角[J].经济研究,2015,50(10):89-103.
- [4] 陆大道.关于“点—轴”空间结构系统的形成机理分析[J].地理科学,2002(1):1-6.
- [5] 张伟丽,叶信岳,李栋,等.网络关联、空间溢出效应与中国区域经济增长:基于腾讯位置大数据的研究[J].地理科学,2019,39(9):1371-1377.
- [6] RYAN L, DAHINDEN J. Qualitative network analysis for migration studies: beyond metaphors and epistemological pitfalls[J]. Global Networks, 2021(2): 1-11.
- [7] CHRISTALLER W D. Zentralen orte in süddeutschland[M]. Jena: Gustav Fischer, 1933.
- [8] 陆大道.区域发展及其空间结构[M].北京:科学出版社,1995.
- [9] 王浩宇,孙启明.京津冀区域关键产业识别与比较研究:基于复杂网络模型[J].华东经济管理,2016,30(12):77-85.
- [10] 周志光,石晨,胡森鑫.VisIOT:经济产业结构关联可视分析[J].统计研究,2019,36(11):3-13.
- [11] SUH Y, KIM M S. Dynamic change of manufacturing and service industries network in mobile ecosystems: the case of Korea[J]. Telematics & Informatics, 2015, 32(4): 613-628.
- [12] 徐映梅,张雯婷.中国数字经济产业关联网络结构分析[J].统计与信息论坛,2021,36(8):30-42.
- [13] 任会明,叶明确.上海银行产业的网络结构特征和空间格局演化[J].经济地理,2018,38(9):147-157.
- [14] 方大春,王海晨.我国产业关联网络的结构特征研究:基于2002—2012年投入产出表[J].当代经济管理,2017,39(11):71-78.
- [15] 韩勇,李茂,赵勇.中国产业关联网络演变及其影响机制研究[J].南京社会科学,2017(6):38-45.
- [16] 王茂军,柴箐.北京市产业网络结构特征与调节效应[J].地理研究,2013,32(3):543-555.
- [17] 李仙德.测量上海产业网络的点入度和点出度:超越后工业化社会的迷思[J].地理研究,2016,35(11):2185-2200.
- [18] 王茂军,杨雪春.四川省制造产业关联网络的结构特征分析[J].地理学报,2011,66(2):212-222.
- [19] 李茂.北京产业关联网络的拓扑特征研究[J].北京社会科学,2016(5):57-67.
- [20] 左冰,蔡书漫,杨艺,等.旅游产业网络拓扑结构演进与旅游经济增长:阳朔案例[J].旅游学刊,2020,35(6):25-39.
- [21] 刘丙章,高建华,李国梁.中原经济区复杂产业网络结构特征及演化[J].人文地理,2016,31(2):99-105+112.
- [22] 闫东升,王玥,孙伟,等.区域经济增长驱动因素与空间溢出效应的对比研究[J].地理研究,2021,40(11):3137-3153.
- [23] GU H, MENG X, SHEN T, et al. China's highly educated talents in 2015: patterns, determinants and spatial spillover effects[J]. Applied Spatial Analysis and Policy, 2020, 13(2): 631-648.
- [24] 纪玉俊,王芳.产业集聚、空间溢出与城市能源效率[J].北京理工大学学报(社会科学版),2021,127(6):13-26.
- [25] 陈金丹,黄晓.我国文化产业发展的空间关联网络结构研究[J].经济问题探索,2017(1):177-184.
- [26] 林春艳,孔凡超.中国产业结构高度化的空间关联效应分析:基于社会网络分析方法[J].经济学家,2016(11):45-53.
- [27] 斯密·亚当.国民财富的性质和原因的研究[M].唐日松,译.北京:华夏出版社,2005.
- [28] 冯颖,侯孟阳,姚顺波.中国粮食生产空间关联网络的结构特征及其形成机制[J].地理学报,2020,75(11):2380-2395.

- [29] 邹小华, 薛德升, 屈啸, 等. 转型期中国城市网络空间结构演变: 基于商业银行分支机构网络的视角 [J]. 人文地理, 2019, 34 (5): 85-92.
- [30] 姚永玲, 邵璇璇. 中国城市人口空间网络结构及其影响因素 [J]. 人口与经济, 2020 (6): 1-16.
- [31] 陶维荣. 武陵山片区湖南县域旅游经济网络结构演化与空间发展模式 [J]. 经济地理, 2020, 40 (12): 211-220.
- [32] 刘华军, 刘传明, 孙亚男. 中国能源消费的空间关联网络结构特征及其效应研究 [J]. 中国工业经济, 2015 (5): 83-95.
- [33] 邵帅, 李欣, 曹建华, 等. 中国雾霾污染治理的经济政策选择: 基于空间溢出效应的视角 [J]. 经济研究, 2016, 51 (9): 73-88.

High Dimensional Structure and Spillover Effect of Manufacturing Spatial Network Resource Allocation

ZHAO Chunxiao, BAI Yongliang

(School of Economics and Management, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430078, China)

Abstract: Resource allocation is an important dimension to explore how manufacturing spatial network affects regional development. Taking the Yangtze River economic belt as the research area, gravity model and social network analysis method were used to explore the high-dimensional framework of manufacturing spatial network resource allocation, and then spatial econometric model was used to analyze the spillover effect of it, so as to reveal the internal logic of the development of manufacturing spatial network scope. Research finds that high dimensional structure is not only the overall abstraction of spatial network resource allocation but also an effective tool to quantitatively explore its logic and effect. The high-dimensional structure of manufacturing spatial network resource allocation shows a structural evolution from fewer centers to more centers, and the connection is becoming closer and closer. The direction of inter-regional interaction has changed from “internal double & external single” to “internal double & external double”. The agglomeration, diffusion and deployment of node cities support the effective operation of high-dimensional structure. The three forces jointly guide the spatial allocation of resources and enable the development process of the region. The resource allocation of manufacturing spatial network will have a significant positive local effect and spillover effect on the development of manufacturing agglomeration, and both effects have obvious regional heterogeneity.

Keywords: manufacturing spatial network; high dimensional structure; spillover effect; the Yangtze River economic belt

[责任编辑: 宋宏]