

中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网路与驱动机制

张军涛¹, 吴雨阳², 朱悦³

(1. 东北财经大学公共管理学院, 大连 116025; 2. 东北财经大学东北全面振兴研究院, 大连 116025;

3. 东北林业大学经济管理学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 制造业与生产性服务业协同集聚作为一种新型产业形态,是实现区域经济高质量发展的重要增长极。本文聚焦于复杂空间网络视角,在构建改进的制造业与生产性服务业协同集聚指数的基础上,采用修正后的引力模型构建空间关联关系矩阵,借助社会网络分析方法对2003—2021年中国各省(自治区、直辖市)产业协同集聚空间关联网路的结构特征进行刻画,并进一步结合区域地理条件和社会经济因素探究空间相互作用论、资源场论下关联网路的驱动机制。结果表明:①研究期内制造业与生产性服务业协同集聚的空间指向性特征未发生变化,区域差异趋于收敛,非均衡分布格局得到改善。②制造业与生产性服务业协同集聚逐渐呈现出多线程交织的复杂网络形态,整体网络密度不断提高,空间关联性存在较大提升空间,网络连通性较好、结构稳定性不断增强,个体网络中“核心—边缘”结构特征显著。③东部地区主要为“净受益”和“经纪人”板块,东北地区 and 西部地区为“双向溢出”和“净溢出”板块,空间关联网路以板块间的溢出效应和关联效应为主。④空间邻接关系、经济发展水平差异和劳动力投入水平差异等因素共同驱动空间关联网路的形成。研究结论对于优化制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网路,助推经济高质量发展和区域协调发展目标的实现具有重要意义。

关键词: 制造业;生产性服务业;协同集聚;空间关联网路;社会网络分析;驱动机制;中国

DOI: 10.11821/dlxb202502009

1 引言

制造业专业化集聚是传统工业化进程中最具活力的产业空间组织形态,但随着全球制造业发展格局和经济发展环境发生变化,依靠制造业单轮驱动发展乏力,“分离式”生产分工效率低下等问题日益加剧,产业空间布局面临新挑战^[1]。与此同时,伴随社会分工趋向精细化和专业化,生产性服务业逐渐成长为独立于制造业的产业部门,通过嵌入制造业生产全过程,满足新型工业化背景下制造业发展所需的“长尾效应”。众多西方发达国家的经济重心由此从制造业转移至服务业,并将制造业与服务业联动发展呈现的协同集聚模式视为优化生产力空间布局的重要手段。为适应新一轮产业革命的必然要求,实现中国经济健康可持续发展,一系列促进制造业发展的举措陆续推出。2015年国务院对制造业进行战略部署,指出制造业与生产性服务业之间具有相互依赖、相互作用的良性互动关系,其“协同式”“融合式”发展模式通过人才、知识和技术外溢形成水平方向的

收稿日期: 2023-08-21; 修订日期: 2024-01-20

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目(22YJA790086); 国家自然科学基金项目(41571121) [Foundation: Humanities and Social Sciences Research Planning Fund of the Ministry of Education, No.22YJA790086; National Natural Science Foundation of China, No.41571121]

作者简介: 张军涛(1963-), 男, 河北石家庄人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为区域经济、经济地理、城市与区域可持续发展。E-mail: jtzhang001@163.com

关联以及上下游产业间垂直方向的关联,生产效率提高。因此,积极发展服务型制造业和生产性服务业,有助于克服“鲍莫尔成本病”,并加速推动中国迈向制造强国之路^[2]。“制造+服务”融合发展是当前产业发展的主流趋势,产业协同集聚已成为经济空间布局的显著特征性事实^[3]。在此背景下,中国共产党“二十大”报告明确指出,要推动经济实现质的有效提升和量的合理增长,建设现代化产业体系。其中,推动现代服务业与先进制造业深度融合是构建新发展格局,实现经济高质量发展的关键。当前中国经济由高速增长阶段转为高质量发展阶段^[4],以服务制造业高质量发展为导向,推动生产性服务业向专业化和价值链高端延伸,提升产业价值链地位,是中国“十四五”时期促进产业高质量发展,拓展产业发展新空间的重要途径。制造业与生产性服务业双轮驱动发展战略的实施以及跨区域产业转移的不断推进,加速资本、技术、劳动、信息等生产要素的自由流动,使得制造业与生产性服务业在空间尺度打破传统的地理邻接限制,逐渐展现出一定的关联关系,形成了较为复杂的空间关联网络^[5]。因此,探究制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络结构特征及其驱动机制,实现制造业与生产性服务业高质量协同集聚目标,对于中国加快建设现代化经济体系,构建新发展格局具有重要的现实意义。

纵观现有文献,制造业与生产性服务业协同集聚发展的相关研究主要集中在以下两个方面:①对产业协同集聚水平进行测算是制造业与生产性服务业协同集聚发展由理论研究转向量化研究的基础,核心在于协同集聚指数的构建。具体而言,Ellison等^[6]最先观察到产业协同集聚现象,基于“标靶模型”构建E-G指数测度产业协同集聚程度,分析产业协同集聚的形成机理^[7]。伴随服务型经济的出现,Guerrieri等^[8]基于投入产出法测度制造业与生产性服务业的相互依存关系;Duranton等^[9]基于非参数密度估计方法提出D-O指数。此后,众多学者开始关注产业协同集聚水平的测度研究,测算方法不断完善。例如,陈建军等^[10]结合中国实际构建了能够同时体现产业协同集聚质量与程度的测度指数。在此基础上,张虎等^[11]使用区位熵指数法分别构建制造业和生产性服务业集聚指数,基于经济活动集聚指标的差异刻画制造业与生产性服务业协同集聚程度,因其具有全面反映协同集聚水平的优势得到广泛应用^[12]。唐晓华等^[13]通过产业存增量系数,利用耦合协同度评价模型测度制造业与生产性服务业的耦合协同程度。孙正等^[14]运用灰色GM(1,N)模型对生产性服务业各子行业与制造业之间的协同融合程度进行测算。②随着新经济地理学和空间计量研究方法不断发展,制造业与生产性服务业协同集聚的空间互动关联逐渐成为学者们关注的焦点。例如,陈建军等^[15]以浙江省城区为例,验证了制造业与生产性服务业在空间上存在协同关联关系,指出中国城市产业协同集聚在空间上呈现非均衡差异分布。钟韵等^[16]综合运用核密度方法和地理探测器分析法,基于街镇尺度刻画了制造业与生产性服务业在城市内部协同集聚的动态演化历程,指出产业间协同布局存在空间相似性差异,并强调该差异性不仅来源于服务业类别不同,更与产业所处城市中心和郊区的相对区位存在较强关联。赵景华等^[17]将京津冀城市群作为研究对象,指出产业间协同发展战略的实施强化了资源共享功能,提高了城市群内要素的交互频次,尤其是通过发挥北京的中心辐射带动作用,“中心—外围”圈层结构特征愈发显著,有利于生产布局重构加速,实现产业链升级。原毅军等^[18]从制造业与生产性服务业协同集聚的“产业—空间”双重属性出发,指出产业协同集聚受区域地理要素影响呈现出由东部沿海地区到中部和西部地区的阶梯状空间分布格局。李涛等^[19]从空间地理学视角,运用GIS空间分析方法和空间杜宾模型,对制造业与生产性服务业协同集聚的空间格局、空间相关性、空间溢出效应等进行了研究,得到了相似的结论。此外,制造业与生产性服务业协同集聚能够整合并延伸区域资源^[20],提升全要素生产率^[21-22],且在资源环境约束加剧的背景下节能减排的生态效应显现^[23],是实现中国经济提质增效的关键^[24]。

综上所述,现有研究在制造业与生产性服务业协同集聚指数测度以及借助空间计量工具基于不同研究尺度证实产业协同集聚存在显著的集聚特征、空间相关关系、溢出效应等方面进行了许多探索,但是还存在不足之处,主要表现在以下3个方面:①由于中国的投入产出表并非连续发布,时效性较差,因而基于投入产出方法计算的产业协同集聚指数不具有较高的准确性与稳健性。此外,D-O指数基于数据可得性适用能力较弱,且传统产业协同集聚相对指数方法未能真实反映产业结构演化,因而制造业与生产性服务业协同集聚指数的测度方法有待进一步优化。②产业协同集聚发展与空间结构演化具有相互影响、相辅相成的关系,产业协同集聚发展需要空间载体,生产要素集聚则会对空间结构形态产生影响。传统的ESDA技术和CSDA技术仅基于研究对象在空间上的地理邻近关系得出产业协同集聚的空间相关性与特征,难以从全局视角分析区域间具有多方向空间依赖关系的关联网。③空间关联网的结构形态对于属性数据具有决定性作用,鲜有文献基于关系数据而非属性数据对制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网及区域差异的驱动机制进行探究。基于关系数据刻画中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网以及不同省域在空间关联网中所处的位置及其扮演的社会角色存在较大的研究空间。

有鉴于此,本文通过计算2003—2021年改进的中国制造业与生产性服务业协同集聚指数,利用修正的引力模型构建空间关联关系矩阵,采用社会网络分析方法深入剖析中国制造业与生产性服务业协同集聚在整体结构和个体结构中的空间关联网效应,进一步使用二次指派程序对产业协同集聚空间关联网的驱动机制进行系统性的实证检验。对于全面把握现阶段中国制造业与生产性服务业协同集聚关联网格局的变化规律和空间传递机制,实现经济高质量发展以及区域协调发展,具有重要的理论意义和实践价值。本文的边际贡献表现为:①聚焦于复杂空间网络视角,系统解构制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网结构形态,分析各省(自治区、直辖市)在空间关联网中发挥的作用,探究造成区域产业协同集聚差异的作用机制,对产业协同集聚的空间关系研究进行有益补充。②采用修正后的引力模型,综合考虑经济与地理距离的双重影响,分析空间关联网中的关联关系,揭示制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网特征,弥补VAR Granger Causality方法无法刻画空间关联网演变趋势以及对滞后阶数选择具有敏感性的缺点。③社会网络分析方法能够打破现有研究中属性数据分析存在的局限性,其中二次指派程序作为一种非参数方法,适用于多对空间关联网中以矩阵形式表示的关系数据,能够有效避免变量间存在的多重共线性问题,使得模型估计检验结果更具有稳健性。

2 研究方法与数据来源

2.1 研究方法的学理基础

随着工业经济向服务经济转型,中国产业结构不断软化,在产业发展过程中制造业与生产性服务业存在水平方向和垂直方向上的产业联动,生产性服务业凭借附加值高、知识和技术溢出效应显著的典型特征,发挥粘合剂作用对制造业释放前向溢出和后向激励动能,打破原有产业边界,通过技术渗透、内部重组、链条延伸等途径,将资源要素嵌入制造业产业链和价值链体系,实现制造业与生产性服务业相互交融、互促共进的动态演化,最终形成“产业关联—空间互动”的协同集聚模式,并成为产业空间布局“新常态”。省域作为制造业与生产性服务业通过产业经济活动进行空间互动和溢出的载体,

存在竞合博弈关系,满足空间相互作用论下互补性、中介机会和可转移性原则。省际间两业劳动力、资本、技术等资源要素的交互流动已经超出传统意义上的天然邻近关联,异质性关联产业要素组合互动态势愈发明显,不同省份间由此形成跨区域空间关联关系,呈现出以域面为基础、网络节点为核心,依托资源要素交流互促形成的网络连线为前提的复杂空间关联网络。相较于传统的单一产业集聚,协同集聚是产业发展进程的高级化阶段,在引导资源跨区域配置、推动产业链跨区域布局以及提升省际间产业协作能力和融合发展水平方面更具优势,为探究区域产业活动的关联关系提供新视角和新动力。与此同时,根据资源场理论,资源流动是现代经济活动的重要特征,存在力的驱动作用。由于不同空间关联网络节点间存在区域资源势能差,导致经济发达地区和落后地区制造业与生产性服务业协同集聚水平呈现显著的非均衡分异,为研究区域经济发展水平影响产业协同集聚空间网络的演进提供了一定的现实依据,是空间关联网络形成的源动力;金融资本是保障制造业和生产性服务业高质量发展的中坚力量,通过“金融活水”赋能现代化产业体系建设,作用于空间关联网络的发育程度。此外,政府通过政策干预、制度安排等弥补市场失灵问题,助推省际间形成制造业与生产性服务业协同集聚的空间链路;科技、对外开放水平、人才、信息技术等作为产业协同集聚发展的催化剂,促进资源要素流动,提高产业协同集聚水平,推动空间关联网络的形成(图1)。

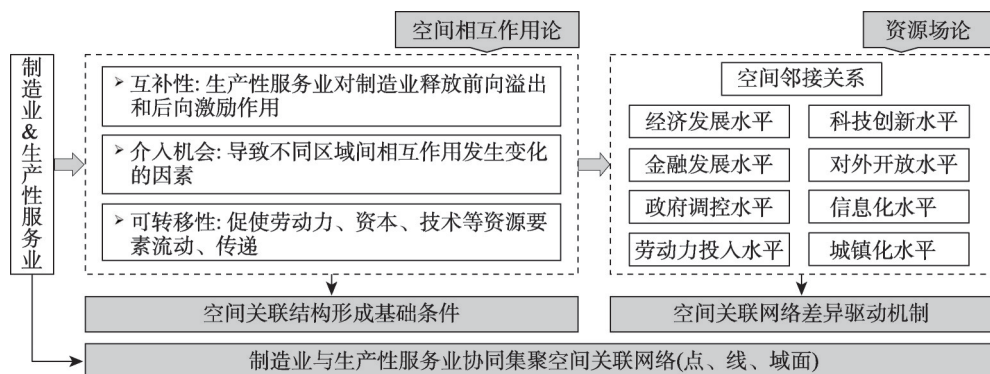


图1 制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络演化

Fig. 1 Evolution of spatial correlation network of collaborative agglomeration between manufacturing and producer services

2.2 研究方法

2.2.1 产业协同集聚指数构建 制造业与生产性服务业在产业层面以交易成本理论和价值链理论为支撑,通过生产要素流动、产业分工与互动,提高生产效率并降低交易成本;在空间层面得益于循环累积的区位效应、知识溢出效应和技术扩散效应,形成制造业与生产性服务业协同集聚发展的规模经济,本质是优化产业资源配置,实现两业同轨发展,是实现经济高质量发展的主要动力。根据《生产性服务业统计分类(2019)》将“交通运输、仓储和邮政业”“信息传输、计算机服务和软件业”“金融业”“租赁和商务服务业”“科学研究、技术服务和地质勘查业”5个细分行业界定为生产性服务业。借鉴现有研究^[25],充分考虑区域产业结构调整与转型升级的演化态势,在以创新驱动深入推进第二产业和大力发展第三产业的政策背景下,构建改进的制造业与生产性服务业协同集聚指数。

具体步骤为:①利用区位熵方法分别构建制造业集聚指数和生产性服务业集聚指数,即分别测度制造业和生产性服务业在研究区域内的相对集聚水平。

$$Manu-agg_{it} = \frac{q_{mit}}{q_{it}} \bigg/ \frac{q_{mt}}{q_t} \quad (1)$$

$$Pros-agg_{it} = \frac{q_{sit}}{q_{it}} \bigg/ \frac{q_{st}}{q_t} \quad (2)$$

式中： $Manu-agg_{it}$ 为区域*i*在第*t*年的制造业集聚指数； $Pros-agg_{it}$ 为区域*i*在第*t*年的生产性服务业集聚指数； q_{mit} 、 q_{sit} 分别为区域*i*在第*t*年的制造业就业人数和生产性服务业就业人数； q_{mt} 、 q_{st} 分别为第*t*年的制造业就业总人数和生产性服务业就业总人数； q_{it} 是区域*i*在第*t*年的制造业和生产性服务业就业总人数； q_t 是第*t*年的全国制造业和生产性服务业就业总人数。

② 在传统产业协同集聚指数的基础上，通过加入校正系数，构建改进的制造业与生产性服务业协同集聚指数。

$$Co-agg_{it} = \left(1 - \frac{|Manu-agg_{it} - Pros-agg_{it}|}{Manu-agg_{it} + Pros-agg_{it}} \right) + |\alpha_{it}Manu-agg_{it} + \beta_{it}Pros-agg_{it}| \quad (3)$$

式中： $Co-agg_{it}$ 表示区域*i*在第*t*年的制造业与生产性服务业协同集聚指数； $Manu-agg_{it}$ 和 $Pros-agg_{it}$ 分别表示区域*i*在第*t*年的制造业集聚指数和生产性服务业集聚指数。其中，等

式右边的第一项 $\left(1 - \frac{|Manu-agg_{it} - Pros-agg_{it}|}{Manu-agg_{it} + Pros-agg_{it}} \right)$ 表示制造业与生产性服务业协同集聚的质

量。相比传统产业协同集聚指数中的第二项 $|Manu-agg_{it} + Pros-agg_{it}|$ ，改进后的产业协同集聚指数中等式右边的第二项为 $|\alpha_{it}Manu-agg_{it} + \beta_{it}Pros-agg_{it}|$ ，表示两业协同集聚的深度，通过加入校正系数 α_{it} 和 β_{it} ，分别表示区域*i*在第*t*年第二产业增加值占地区生产总值的比重和第三产业增加值占地区生产总值的比重，能够体现产业内部结构演进方向，且使得制造业与生产性服务业协同集聚测度结果更具精确性。等式右边两项相加构成制造业与生产性服务业协同集聚指数， $Co-agg_{it}$ 值越大表明制造业与生产性服务业协同集聚质量高、深度广，符合当前产业结构演化趋势。

2.2.2 修正的引力模型 引力模型起源于物理学中的“万有引力定律”，是探究区域空间联系的理论基础，物体间的引力与各自规模成正相关关系，与物体间的距离则成负相关关系。Isard最早将引力模型应用于经济地理学研究中，此后广泛应用于探究社会经济网络中区域间的关联与互动^[26]。空间关联网的形成与演化是区域产业高质量发展的重要引擎，也是社会网络分析的基础和前提。各省（自治区、直辖市）构成空间关联网中的节点，各节点间的关联关系则演化为空间关联网中的线，点与线之间关联关系的组合形成制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网。由于区域地理条件和社会经济条件存在差异，导致制造业与生产性服务业协同集聚在空间上的相互作用关系存在双向性和非对称性。

因此，借鉴相关研究^[27-30]，利用修正后的引力模型对中国各省（自治区、直辖市）制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联强度进行测算，弥补传统引力模型未能揭示空间关联有向性的不足，计算公式如下：

$$F_{ij} = k_{ij} \frac{\sqrt[3]{P_i C_i G_i} \times \sqrt[3]{P_j C_j G_j}}{\left(\frac{d_{ij}}{g_i - g_j} \right)^2} \quad (4)$$

$$k_{ij} = \frac{C_i}{C_i + C_j} \quad (5)$$

式中： F_{ij} 表示制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联强度； k_{ij} 表示区域*i*对区域*i*和区域*j*间制造业与生产性服务业协同集聚空间关联强度的贡献系数，即为修正的引力指数，能够避免传统引力模型中引力指数取常数1导致估计结果不具有准确性的缺点； P_i 、 P_j 分

别表示区域*i*和区域*j*的常住人口数； C_i 、 C_j 分别表示区域*i*和区域*j*的制造业与生产性服务业协同集聚指数； G_i 、 G_j 分别表示区域*i*和区域*j*的实际地区生产总值；三者的乘积用以综合衡量区域间制造业与生产性服务业协同集聚规模； d_{ij} 为区域*i*和区域*j*间的球面距离， g_i 、 g_j 分别为区域*i*和区域*j*的实际人均GDP值，由于距离所表达的空间通达性是一个伴随社会经济发展的动态变量，为避免传统引力模型中仅依托球面距离衡量摩擦阻力对关联作用的负面影响，兼顾地理距离和经济距离双重因素对空间关联网络的影响，利用 $d_{ij}/g_i \cdot g_j$ 表示区域*i*和区域*j*间的综合距离。根据计算得出的两业协同集聚引力值构建初始矩阵，进一步将矩阵中每一行的平均数作为阈值，比较数值大小并进行0-1处理（若 $F_{ij} > 1$ ，表明省际间存在空间上的互动关联；若 $F_{ij} = 0$ ，则不存在空间关联关系），最终转化为制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联关系矩阵。

2.2.3 社会网络分析方法 社会网络分析方法（Social Network Analysis, SNA）具有突破传统属性数据存在的数据分析范式局限，能够对关系数据进行全局刻画等优点。本文采用社会网络分析方法，借鉴相关研究^[31]，基于计算得出的制造业与生产性服务业协同集聚空间关联关系矩阵，从整体网络结构特征、个体网络结构特征以及空间聚类特征三方面，刻画中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络结构特征（图2）。

2.3 数据来源

本文以中国各个省（自治区、直辖市）为研究区域（港澳台地区数据暂缺），制造业与生产性服务业协同集聚指数中涵盖的从业人员总量、二三产业增加值数据以及修正的引力模型中涉及的常住人口数、实际地区生产总值、人均国内生产总值等社会经济统计数据均来源于2004—2022年《中国统计年鉴》和各省（自治区、直辖市）的统计年鉴以及各省（自治区、直辖市）对应的统计公报（<http://www.stats.gov.cn/sj/tjgb/qtjgb/>），采用相邻年份插值法对极个别年份缺失的数据进行填补。此外，借助ArcGIS 10.8软件中的点距离工具，运用国家基础地理信息中心提供的1:400万中国基础地理信息数据，获取各省会城市之间的球面距离，以表示省际之间的地理距离。

3 制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络结构特征

3.1 制造业与生产性服务业协同集聚发展趋势分析

本文通过构建改进的产业协同集聚指数，测度2003—2021年中国制造业与生产性服务业协同集聚程度，借助ArcGIS软件绘制2003年和2021年制造业与生产性服务业协同集聚的空间三维透视图，对研究期内始末年份制造业与生产性服务业协同集聚的发展态势进行对比分析（图3）。制造业与生产性服务业协同集聚指数在东西方向呈现出显著的东高西低发展态势，东部地区制造业与生产性服务业协同集聚程度显著高于西部地区；南北方向呈现出倒“U”型曲线发展态势。研究期内拟合曲线的空间指向性特征未发生变化，且东西方向和南北方向制造业与生产性服务业协同集聚程度之差呈下降趋势，制造业与生产性服务业协同集聚非均衡分布格局得到改善。综合来看，中国制造业与生产性服务业协同集聚向好发展，但仍存在地区差距。

3.2 制造业与生产性服务业协同集聚的整体网络结构特征

基于修正后的引力模型计算中国各省（自治区、直辖市）制造业与生产性服务业协同集聚的引力，构建产业协同集聚的非对称引力矩阵（31×31），进而探究制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联关系，绘制2003年和2021年制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络图（图4）。中国制造业与生产性服务业协同集聚同时存在传统的地理

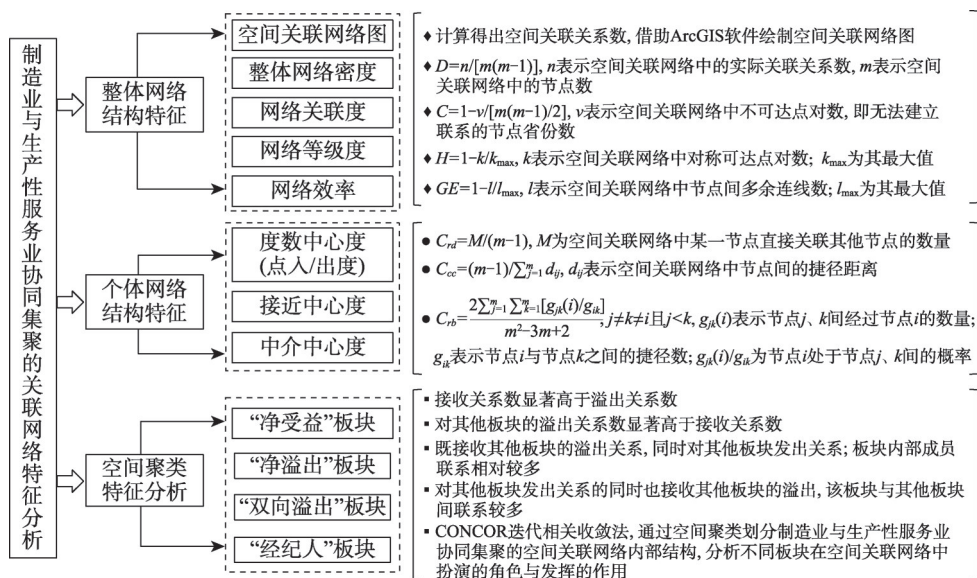


图2 制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络结构特征分析流程

Fig. 2 Analysis process of spatial correlation network structure characteristics of collaborative agglomeration between manufacturing and producer services

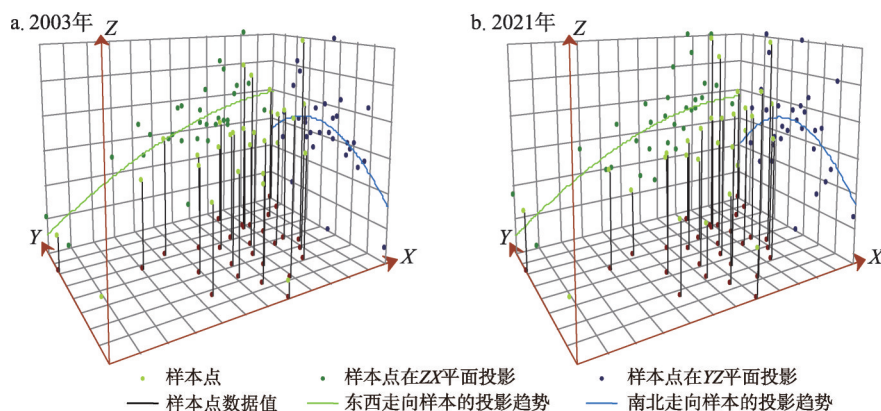
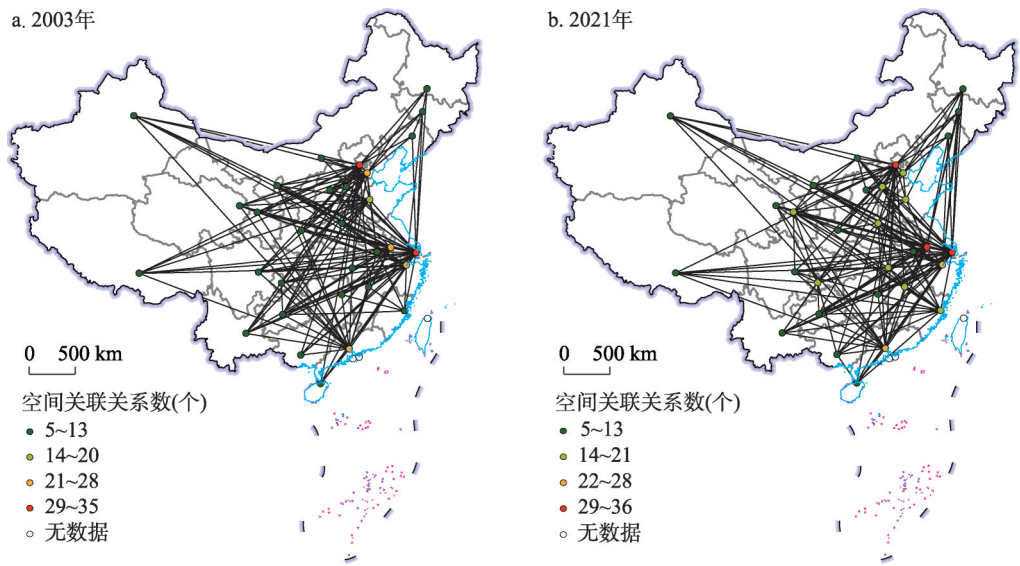


图3 2003年和2021年中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间趋势面拟合图

Fig. 3 Spatial trend surface fitting diagram of collaborative agglomeration between manufacturing and producer services in China in 2003 and 2021

邻接关联关系和跨区域跳跃式关联关系, 形成了较为复杂的多流程、多节点的空间关联网络。制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络呈现出多线程交织的多重关联网络结构特征, 且东部地区空间关联关系密集程度显著高于西部地区。随着时间演进整体网络日趋紧密, 空间关联性不断提高。其中, 北京、上海与其他地区存在较多的空间关联关系, 处于核心区; 江苏、浙江、广东处于次级核心区; 东北、西北和西南地区则处于边缘区; 整体空间网络呈现出显著的“中心—外围”圈层结构特征。各省(自治区、直辖市)制造业与生产性服务业协同集聚的最大可能空间关联关系总数为930个(31×30), 而研究期内各省(自治区、直辖市)制造业与生产性服务业协同集聚的实际空间关联关系数由2003年的179个上升至2021年的211个。因此, 中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联关系存在较大提升空间。



注：基于自然资源部标准地图服务网站GS(2020)4619号标准地图制作,底图边界无修改。

图4 2003年和2021年中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络

Fig. 4 Spatial correlation network of collaborative agglomeration between manufacturing and producer services in China in 2003 and 2021

进一步借助Ucinet 6.0软件，通过计算2003—2021年中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间网络关联强度和空间网络关联关系特征值，探究整体空间关联网络结构特征（表1）。研究发现：① 2003—2021年间网络密度值由0.1925上升至0.2269，表明在制造业与生产性服务业双轮驱动发展的国家级战略推动下，区域间产业联系日趋紧密，制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联程度得到强化，但网络密度值整体处于较低水平，区域间产业协同集聚的空间相互作用关系有待增强。② 网络关联度值在研究期内保持不变，始终为1，表明中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络具有较好的连通性，且不存在不可达点对数，任意两个空间网络节点即省（自治区、直辖市）之间存在直接或间接的空间关联关系，空间关联网络中不存在“省份隔离”现象，空间关联效应和空间溢出效应显著。③ 网络等级度由2003年的0.4596下降至2021年的0.3333，表明研究期内中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络存在一定的等级性，但较为森严的等级结构逐渐被打破，转变为较为松散的等级结构。④ 网络效率呈下降趋势，由2003年的0.7356下降至2021年的0.6920，表明制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络中冗余关系数减少，空间关联网络内部的连线不断增多，呈现多重叠加现象，整体来看空间关联网络稳定性增强。

3.3 制造业与生产性服务业协同集聚的个体网络结构特征

本文通过计算体现个体空间网络特征值的点入度、点出度、度数中心度、接近中心

表1 制造业与生产性服务业协同集聚的网络密度与关联关系特征值

Tab. 1 Network density and correlation eigenvalues of collaborative agglomeration between manufacturing and producer services

年份	网络密度	网络关联度	网络等级度	网络效率
2003	0.1925	1.0000	0.4596	0.7356
2006	0.2129	1.0000	0.3798	0.7034
2009	0.2226	1.0000	0.4182	0.6874
2012	0.2527	1.0000	0.3399	0.6437
2015	0.2462	1.0000	0.3311	0.6575
2018	0.2366	1.0000	0.2851	0.6782
2021	0.2269	1.0000	0.3333	0.6920

度以及中介中心度5个指标,探究制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网中每一具体节点即各省(自治区、直辖市)所发挥的作用及扮演的角色(表2)。

研究发现:① 度数中心度的均值呈上升趋势,由2003年的31.183上升至2021年的35.269,其中,2003年北京、天津、上海、江苏、浙江、山东和广东的度数中心度高于均值,2021年山东的度数中心度降至均值以下,福建、河南、湖北、甘肃4地提高至均值之上,除了甘肃和河南之外,均位于东部沿海地区,这些地区具有得天独厚的地理区位优势、经济基础雄厚、制造业与生产性服务业蓬勃发展且协同集聚水平高,与其他地区空间关联关系紧密,在制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网中处于中心位置。甘肃和河南分别作为连接西部地区和中部地区的重要枢纽,在空间关联网中发挥着重要作用。从点入度和点出度来看,多数地区的点出度均大于点入度,溢出关系系数显著多于接收关系系数,对其他地区制造业与生产性服务业协同集聚发挥着辐射带动作用。东北、西北和西南地区经济基础薄弱、起点较低,受交通、技术等资源要素集聚能力限制,与其他地区的空间关联关系较为稀疏,在空间关联网中处于边缘位置。② 接近中心度是判断地区之间产生空间关联关系难易程度的重要指标,其均值由2003年的60.467上升至2021年的61.947,接近中心度与度数中心度的发展态势具有一致性。北京、天津、上海、江苏等东部沿海地区在空间关联网中作为中心行动者,充分发挥制造业与生产性服务业协同集聚的知识、技术溢出效应和规模效应,在空间关联网中能够高速且优质的与其他地区产生空间关联关系。东北、西北和西南地区的接近中心度排名靠后,研究期内增长缓慢,受地理位置和产业规模限制,其制造业与生产性服务业协同集聚程度的提升对其他地区影响微弱,是空间关联网中的边缘行动者。③ 中介中心度由2003年的2.373下降至2021年的2.240,表明制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网中节点的绝对主导作用弱化,空间关联网结构的非均衡格局得到改善。具体来看,福建、甘肃、河南、重庆4地的中介中心度显著提高,作为连接资本、劳动力、技术等生产要素的中转站,在空间关联网中的枢纽功能不断增强;北京、上海、江苏、浙江、广东5地的中介中心度占空间关联网中介中心度总量的比重由2003年的90.41%下降至2021年的80.42%,虽然多数地区的空间关联主要通过上述5地完成,但伴随区域协调发展战略的实施它们对生产要素的绝对控制能力减弱。此外,西部地区和东北地区的部分地区中介中心度在研究期内维持较低水平,中介中心度占总量的0.8%左右,始终处于被支配地位,与其他地区在空间上的相互关联度亟需提高。

3.4 块模型与板块聚类特征分析

3.4.1 板块类型划分结果 采用Ucinet 6.0软件Roles&Positions工具中的CONCOR(Convergent Correlations)迭代相关收敛方法,设定最大分割深度为2,集中标准为0.2,对中国制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网进行块模型分析,通过描述性代数分析探究网络中不同板块的社会角色^[32]。在参考Burt^[33]界定板块划分标准的基础上,将各省(自治区、直辖市)划分为4大板块,揭示中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间聚类特征和空间交互关系(表3)。2003—2021年4大板块均产生不同程度的重组,随时间演进同一板块中的地区不完全固定,主要表现为:① 板块I由2003年的4地增加至5地,包括北京、天津、江苏、浙江和上海,集中分布于京津和长三角地区。② 板块II由2003年的4地减少至3地,包括广东、重庆和福建,主要位于东南沿海地区和西南地区的发达城市。③ 板块III由2003年的7地增加至11地,包括内蒙古、河北、黑龙江、陕西、辽宁、湖北、山东、河南、宁夏、山西和吉林,多数位于东北地区和华北地区。④ 板块IV由2003年的16地减少至12地,包括湖南、江西、海南、广西、贵州、云南、西藏、安徽、

表2 2003年和2021年中国制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网的中心性特征值
Tab. 2 Centrality characteristic value of the spatial correlation network of collaborative agglomeration between manufacturing and producer services in China in 2003 and 2021

地区	2003年				2021年			
	点入度/点出度	度数中心度	接近中心度	中介中心度	点入度/点出度	度数中心度	接近中心度	中介中心度
北京	6/24	80.000	83.333	15.094	7/25	83.333	85.714	14.823
天津	7/20	70.000	76.923	9.950	3/10	33.333	58.824	1.552
河北	3/3	13.333	53.571	0.021	5/9	30.000	58.824	0.876
山西	6/2	20.000	55.556	0.243	5/2	20.000	55.556	0.144
内蒙古	3/2	10.000	52.632	0.021	5/3	23.333	56.604	0.201
辽宁	4/1	13.333	53.571	0.021	5/1	16.667	54.545	0.145
吉林	6/2	20.000	55.556	0.339	5/0	16.667	54.545	0.145
黑龙江	4/1	13.333	53.571	0.021	6/0	20.000	55.556	0.191
上海	7/28	93.333	93.750	22.015	8/28	93.333	93.750	15.485
江苏	2/19	63.333	73.171	6.475	7/27	90.000	90.909	14.301
浙江	2/20	66.667	75.000	8.169	5/20	70.000	76.923	7.445
安徽	3/7	23.333	56.604	0.450	3/5	16.667	53.571	0.030
福建	5/3	20.000	55.556	0.240	9/11	53.333	68.182	3.931
江西	6/3	20.000	55.556	0.261	7/6	23.333	56.604	0.141
山东	5/13	46.667	65.217	2.148	6/8	26.667	57.692	0.382
河南	6/4	20.000	55.556	0.134	7/10	36.667	61.224	1.305
湖北	6/2	20.000	55.556	0.156	8/8	36.667	61.224	0.864
湖南	6/2	20.000	55.556	0.261	7/3	23.333	56.604	0.141
广东	10/15	56.667	69.767	4.805	10/11	50.000	66.667	2.225
广西	5/1	16.667	54.545	0.092	7/4	26.667	57.692	0.239
海南	5/1	16.667	54.545	0.092	7/1	23.333	56.604	0.112
重庆	7/1	23.333	56.604	0.156	9/7	36.667	61.224	0.851
四川	7/1	23.333	56.604	0.219	7/2	26.667	57.692	0.182
贵州	9/2	30.000	58.824	0.713	8/3	26.667	57.692	0.249
云南	7/1	23.333	56.604	0.219	7/2	23.333	56.604	0.182
西藏	7/0	23.333	56.604	0.219	7/0	23.333	56.604	0.182
陕西	7/0	23.333	56.604	0.219	7/1	23.333	56.604	0.197
甘肃	7/1	26.667	57.692	0.219	12/4	46.667	65.217	2.001
青海	8/0	26.667	57.692	0.219	8/0	26.667	57.692	0.182
宁夏	7/0	23.333	56.604	0.219	7/0	23.333	56.604	0.337
新疆	6/0	20.000	55.556	0.156	7/0	23.330	56.604	0.387
均值	6/6	31.183	60.467	2.373	7/7	35.269	61.947	2.240

表3 2003年和2021年中国制造业与生产性服务业协同集聚空间关联板块的溢出效应
Tab. 3 Spillover effects of spatially correlated blocks in collaborative agglomeration between manufacturing and producer services in China in 2003 and 2021

板块属性		2003年				2021年			
		板块 I	板块 II	板块 III	板块 IV	板块 I	板块 II	板块 III	板块 IV
接收关系 (个)	板块内	8	1	5	3	7	0	13	3
	板块外	77	56	10	19	103	29	29	27
溢出关系 (个)	板块内	8	1	5	3	7	0	13	3
	板块外	17	18	27	100	23	28	53	84
期望内部关系比例(%)		10.00	10.00	20.00	50.00	13.33	6.67	33.33	36.67
实际内部关系比例(%)		32.00	5.26	15.63	2.91	23.33	0.00	19.70	3.45
板块成员数量(个)		4	4	7	16	5	3	11	12

甘肃、青海、四川和新疆，以内陆地区和边缘地区为主。2003年制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络中存在179个空间关联关系，其中，板块内部空间关联关系数为17个、占比达9.5%，板块间空间关联关系数为162个、占比达90.5%；2021年制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联关系数增加至211个，板块内部空间关联关系数为23个、占比达10.9%，板块间空间关联关系数为188个、占比达89.1%，表明研究期内制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络中以板块间的溢出效应和关联效应为主。

具体而言，基于位置层次明晰4大板块在整体空间关联网络中的社会角色。研究发现，板块类型特征未发生变化，整体较为稳定。① 板块I接收关系数为103个，显著高于溢出关系数（23个），期望内部关系比例为13.33%，小于实际内部关系比例（23.33%），产业协同集聚水平高，基础设施完善，主要接收其他地区劳动力、能源等生产要素流入，进而利用知识、人才优势，深化产业内部分工，推动制造业与生产性服务业价值链地位提升，吸附能力强，虹吸效应显著，是空间关联网络中的“净受益”板块。② 板块II接收关系数为29个与溢出关系数（28个）较为接近，且以板块间的空间关联为主，是空间关联网络中的“经纪人”板块，在制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络中起到连接南北方向和东西方向制造业与生产性服务业协同集聚发展的枢纽作用。③ 板块III既接收其他板块的知识和技术溢出，又能够对其他板块产生溢出效应，为制造业与生产性服务业协同集聚提供能源动力，溢出关系数为53个，大于接收关系数（29个），期望内部关系比例为33.33%，大于实际内部关系比例（19.70%），是空间关联网络中的“双向溢出”板块。④ 板块IV溢出关系数为84个，远高于接收关系数（27个），实际内部关系比例为3.45%，小于期望内部关系比例（36.67%），是空间关联网络中的“净溢出”板块。

3.4.2 板块间传递机制分析 中国制造业与生产性服务业协同集聚存在显著的空间聚类现象，进一步基于整体层次计算密度矩阵，再转化为像矩阵（表4），据此绘制板块间关联关系图（图5），探究制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络中板块间的联接关系，厘清4大板块间的传递机制。2003年与2021年相比像矩阵未发生变化，密度矩阵值呈上升趋势。对角线上仅有板块I赋值为1，表明制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络呈现出以板块间关联为主，板块内关联为辅的结构特征。板块I自身存在关联的同时对板块III产生微弱溢出，并接收来自板块II、板块III和板块IV的溢出效应，且2021年相比2003年溢出效应增强。板块I位于京津、长三角地区，凭借地理位置优越、生产要素大量流入与其他板块紧密关联，是空间关联网络中的获益者；板块II在空间关联网络中主要发挥中介功能，通过空间传递机制使板块IV与板块I建立关联关系，推动各节点在关联网

表4 2003年和2021年中国制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的密度矩阵和像矩阵

Tab. 4 Density and image matrices of spatial correlation of collaborative agglomeration between manufacturing and producer services in China in 2003 and 2021

年份	板块	密度矩阵				像矩阵			
		板块 I	板块 II	板块 III	板块 IV	板块 I	板块 II	板块 III	板块 IV
2003	板块 I	0.667	0.125	0.357	0.078	1	0	1	0
	板块 II	0.250	0.083	0.000	0.219	1	0	0	1
	板块 III	0.821	0.143	0.119	0.000	1	0	0	0
	板块 IV	0.781	0.781	0.000	0.013	1	1	0	0
2021	板块 I	0.350	0.000	0.309	0.100	1	0	1	0
	板块 II	0.467	0.000	0.152	0.444	1	0	0	1
	板块 III	0.873	0.000	0.118	0.038	1	0	0	0
	板块 IV	0.800	0.806	0.053	0.023	1	1	0	0

注：2003年和2021年的整体网络密度分别为0.1925、0.2269，若板块密度>整体网络密度，赋值为1，反之为0，网络密度矩阵据此转化为像矩阵。

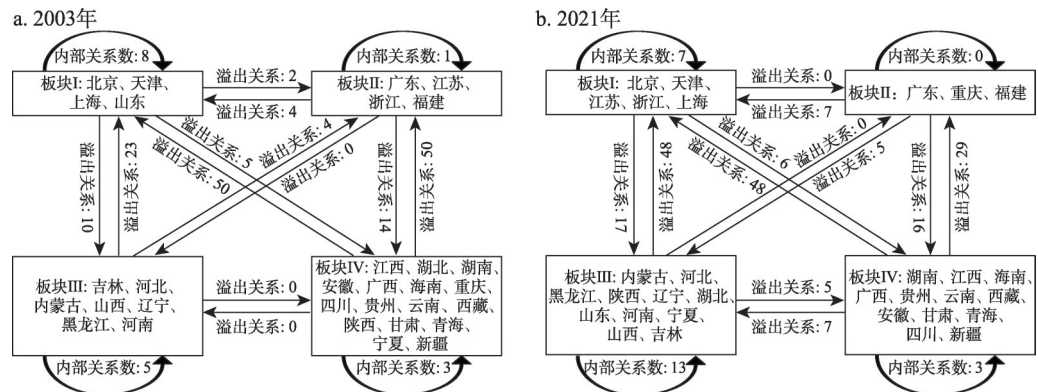


图5 2003年和2021年中国制造业与生产性服务业协同集聚四大板块之间的关联关系

Fig. 5 Relationship between four blocks of manufacturing and producer services collaborative agglomeration in China in 2003 and 2021

络中产生空间上的相互作用，但板块间溢出渠道的畅通性有待加强；板块Ⅲ对板块Ⅰ产生溢出效应的同时接收来自板块Ⅰ的溢出效应；板块Ⅳ对板块Ⅰ和板块Ⅱ产生溢出关系，并接收板块Ⅱ的空间溢出。板块Ⅲ和板块Ⅳ煤炭、石油等能源较为丰富，但科技水平不高，利用率低，成为制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络中的要素传送带。综合而言，中国制造业与生产性服务业协同集聚的要素源位于板块Ⅲ和板块Ⅳ，其将产业协同集聚要素动能传送给板块Ⅱ，同时板块Ⅱ又进一步发挥中介桥梁作用，传递给板块Ⅰ，板块Ⅰ地理位置优越，且在空间关联网络中处于核心地位，能够推动要素资源在更大范围内畅通流动，充分发挥板块间的联动效应，最终实现板块间的紧密关联，呈现出具有“梯度性”特征的传递机制。

4 制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络驱动机制分析

4.1 模型构建与驱动因子选取

区域地理条件和社会经济条件等多重因素共同驱动制造业与生产性服务业协同集聚

空间关联网络的形成与演化。制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的驱动机制分析对于实现中国制造业与生产性服务业高质量发展，推动区域间互关互联、互惠互利具有重要意义。地理学第一定律指出相近地区关联更紧密，相互作用关系更强，且整体网络结构特征研究发现空间关联网络中存在传统的地理邻接关联关系，制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的形成受地理区位要素影响；制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的发育依赖于区域经济发展水平，通过吸引经济要素、商品集聚，为产业协同集聚发展提供源动力，推动制造业与生产性服务业要素资源高效优质衔接；金融发展水平直接影响制造业与生产性服务业资金投入与产业规模，作用于空间关联网络的发育程度；政府调控水平通过政策和制度将产业发展与经济、社会、环境紧密相联，有助于形成地区间空间关联关系，是制造业与生产性服务业协同集聚的重要诱因；劳动力投入水平是制造业与生产性服务业发展的基础，人才是第一资源要素，影响制造业与生产性服务业协同集聚空间关联关系的产生；科技创新水平作为流体要素，通过在区域间转移与扩散，在一定程度上能够促进制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联；对外开放水平影响制造业与生产性服务业发展的大环境，是制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络形成的重要变量；制造业与生产性服务业协同集聚要素的沟通依赖于信息网络，信息化水平对空间关联网络的形成具有重要作用；由块模型分析可知，不同板块间产生空间上的相互关联与溢出，伴随人口增长、城镇扩张，城镇化发展水平存在显著差异，在一定程度上影响空间关联网络的形成。

因此，本文在借鉴现有研究的基础上^[34-37]，根据资源场理论和空间相互作用论，以制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络矩阵（*Co-agg*）为因变量，以空间邻接关系矩阵（*Dis*）、经济发展水平差值矩阵（*Econ*）、金融发展水平差值矩阵（*Fina*）、政府调控水平差值矩阵（*Gov*）、劳动力投入水平差值矩阵（*Edu*）、科技创新水平差值矩阵（*Tech*）、对外开放水平差值矩阵（*Open*）、信息化水平差值矩阵（*Inf*）以及城镇化水平差值矩阵（*Urb*）为自变量（表5），进一步揭示中国制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络演变的驱动机制。使用Ucinet 6.0软件中的二次指派程序（Quadratic Assignment Procedure, QAP），能够避免采用传统回归分析引发变量间的多重共线性问题。QAP回归分析作为一种非参数方法使得模型检验结果更具有稳健性，回归公式为：

$$Co-agg=f(Dis, Econ, Fina, Gov, Edu, Tech, Open, Inf, Urb) \tag{6}$$

表5 制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的驱动因子
Tab. 5 Driving factors of the spatial correlation network of collaborative agglomeration between manufacturing and producer services

变量	含义	测算方法及说明	数据来源与选择依据
<i>Dis</i>	空间邻接关系矩阵	依据Rook邻接关系创建空间权重矩阵	使用Geoda软件计算得出 [11]
<i>Econ</i>	经济发展水平差值矩阵	人均地区生产总值取对数	《中国统计年鉴》 [35]
<i>Fina</i>	金融发展水平差值矩阵	年末金融机构贷款余额占GDP比重	《中国统计年鉴》 [34]
<i>Gov</i>	政府调控水平差值矩阵	工业污染治理完成投资额占工业增加值比重	国家统计局 [14]
<i>Edu</i>	劳动力投入水平差值矩阵	平均受教育年限	《中国人口和就业统计年鉴》 [18]
<i>Tech</i>	科技创新水平差值矩阵	发明专利授权数量取对数	国家知识产权局 [14]
<i>Open</i>	对外开放水平差值矩阵	进出口总额占GDP比重	《中国统计年鉴》 [20-21]
<i>Inf</i>	信息化水平差值矩阵	互联网普及率	中国互联网络信息中心 [25, 36]
<i>Urb</i>	城镇化水平差值矩阵	城镇人口数占地区总人口数比重	《中国统计年鉴》 [37]

注：根据省际间差值的绝对值构建自变量矩阵；设海南与广东相邻；平均受教育年限=(文盲人数×1+小学学历人数×6+初中学历人数×9+高中和中专学历人数×12+大专及以上学历人数×16)/6岁以上人口总数。

4.2 QAP回归分析

选取2003年、2006年、2009年、2012年、2015年、2018年和2021年为代表性时点,利用Ucinet 6.0软件进行QAP回归分析,将随机置换次数设定为5000,研究期内调整后的可决系数在0.320~0.334之间,且均通过了1%的显著性水平检验,具有较强的解释性,表明驱动因子的变化对中国制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的形成具有一定作用(表6)。研究期内不同驱动因子对制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的影响方向与程度较为稳定,个别驱动因子产生方向性变动趋势。具体来看:①空间邻接关系矩阵的回归系数在研究期内均通过1%的显著性水平检验,且系数值不断升高,表明在制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络中研究节点在地理位置上具有邻近性,更易于产生空间上的相互关联,相邻地区间生产要素运输成本低、空间转移难度小,产业协同集聚发展具有先天性便利条件,且存在空间溢出效应,有利于空间关联网络的形成。②经济发展水平差值矩阵的回归系数与空间邻接关系矩阵回归系数的变化趋势较为一致,呈现“上升—下降—上升”的动态演变,且在研究期内均通过1%的显著性水平检验,表明区域间经济发展水平差异越大,产生的虹吸效应越有利于加速资源要素在空间上的流动与重组,使得省际间交流与互动更为频繁、空间关联关系更为密切,进一步优化制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的演化路径。③金融发展水平差值矩阵的回归系数在部分研究时点内通过10%的显著性水平检验,影响效应甚微,但对制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的形成仍存在促进作用。伴随中国经济进入“新常态”以及现代金融市场体系的不断完善,制造业、生产性服务业与传统金融业务在融资、服务等方面形成组合拳,减轻产业融资负担,为产业高质量发展提供强有力的金融

表6 制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的QAP回归结果

Tab. 6 QAP regression results of the spatial correlation network of collaborative agglomeration between manufacturing and producer services

自变量	2003年	2006年	2009年	2012年	2015年	2018年	2021年
<i>Dis</i>	0.1847*** (0.000)	0.1855*** (0.000)	0.2164*** (0.000)	0.2354*** (0.000)	0.2369*** (0.000)	0.2196*** (0.000)	0.2516*** (0.000)
<i>Econ</i>	0.2923*** (0.000)	0.3543*** (0.000)	0.3615*** (0.000)	0.4085*** (0.000)	0.3922*** (0.000)	0.3701*** (0.000)	0.4165*** (0.000)
<i>Fina</i>	0.0466 (0.153)	0.0704* (0.078)	0.0476 (0.141)	0.0515 (0.130)	0.0532 (0.111)	0.0527 (0.116)	0.0425 (0.151)
<i>Gov</i>	0.0096 (0.363)	-0.0511** (0.952)	-0.0801*** (0.997)	-0.1184*** (1.000)	-0.0643** (0.988)	-0.0596** (0.972)	-0.0880** (0.982)
<i>Edu</i>	-0.0911** (0.985)	-0.1277** (0.990)	-0.1990*** (1.000)	-0.3116*** (1.000)	-0.2240*** (1.000)	-0.2002*** (1.000)	-0.2248*** (1.000)
<i>Tech</i>	0.0621* (0.063)	0.0610* (0.071)	0.0557* (0.075)	0.1040*** (0.003)	0.0420 (0.109)	-0.0142 (0.680)	0.0147 (0.351)
<i>Open</i>	0.2835*** (0.000)	0.3295*** (0.000)	0.3357*** (0.000)	0.1041** (0.042)	0.1241** (0.011)	0.2364*** (0.000)	0.0993** (0.043)
<i>Inf</i>	0.0571 (0.176)	-0.0549 (0.779)	-0.1441** (0.985)	0.0532 (0.158)	0.0325 (0.222)	-0.0477 (0.862)	-0.0080 (0.596)
<i>Urb</i>	-0.0415 (0.884)	-0.0283 (0.640)	0.0963 (0.119)	0.1400** (0.049)	0.1268* (0.059)	0.1115** (0.047)	0.1855*** (0.003)
观察值	930	930	930	930	930	930	930
随机置换次数	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

注:变量系数为标准化回归系数,其中括号内数值为随机置换产生的判定系数绝对值不小于观察到的判定系数值的概率;***、**、*分别表示1%、5%和10%的显著性水平。

支撑,提高产业协同集聚空间关联度。④ 政府调控水平差值矩阵的回归系数在研究期内整体为负,且通过显著性水平检验,表明省际间政府调控水平差距越小,在制造业与生产性服务业的要素、结构、发展方向等方面具有相似需求,产业发展环境极具便利性,推动政府调控举措与调控强度较为相近的地区强强联合,通过政策趋同效应促进制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的形成。⑤ 劳动力投入水平差值矩阵在研究期内显著为负,表明劳动力投入水平差异越小越有利于制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的形成。人力资本是区域制造业与生产性服务业发展的基石,为产业高质量发展提供人才保障和知识储备。因此,相似的人力资本结构有利于增强区域间劳动力的学习与交流,发挥“劳动蓄水池效应”,进而有利于空间关联网络的形成,反之则起到抑制作用。⑥ 科技创新水平差值矩阵的回归系数整体为正,在多数年份通过显著性检验。区域间科技创新水平差异的存在是制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络中跨区域跳跃式关联关系的前提,生产要素流动是推动空间关联网络形成的关键,区域间科技创新水平差异越大,越有利于产生技术扩散与转移,推动区域产业产生空间关联。由于高技术产业集中在京津、长三角和珠三角等发达地区,因而科技创新水平对整体空间关联网络的形成仅具有微弱影响。⑦ 对外开放水平差值矩阵的回归系数在研究期内显著为正,整体上表明伴随区域对外开放水平不断提高,产业间贸易壁垒逐渐被打破,各节点之间加强战略合作,推动产业协同集聚发展,使得制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联关系得到强化。⑧ 信息化水平差值矩阵的回归系数在研究期初为正,研究期末影响效应减弱、变为负且不显著,具有阶段性特征。主要原因在于,2003年中国初步完成信息化建设的总体战略布局,因而信息化发展差异越显著越有利于跨区域产业合作,实现信息共享,推动制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的形成。“十三五”“十四五”时期随着数字经济发展战略深入实施,信息化水平跃升。因此,研究期末信息化发展水平相近的区域,产业间信息传输能力强,能够实现制造业与生产性服务业价值链的有效契合,交流与协作更为频繁。⑨ 城镇化水平差值矩阵的回归系数整体为正,且通过显著性水平检验,在研究期初回归系数为负且不显著。随着城镇化进程不断推进,城镇人口不断增加,人口规模效应优势凸显,城镇化水平差异越大越有利于人流、资金流、技术流等一系列流体生产要素资源的聚合,强化制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的演化。

5 结论与政策建议

本文聚焦于复杂空间网络视角,依托制造业与生产性服务业协同集聚成为产业空间布局“新常态”的现实背景,在构建改进的制造业与生产性服务业协同集聚指数的基础上,采用修正的引力模型和社会网络分析方法,从空间关联网络结构特征和驱动机制两方面系统探究中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络效应。主要结论为:① 中国制造业与生产性服务业协同集聚空间演化趋势研究表明,东西方向和南北方向两业协同集聚的区域差异缩小,整体向好发展,非均衡分布格局得到改善,但仍存在地区差距。② 从整体网络结构特征来看,中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络呈现出多线程交织的多重关联结构特征,空间关联关系存在较大提升空间。③ 从个体网络结构特征来看,北上广和江浙的度数中心度、接近中心度及其中介中心度在研究期内始终位于前列,在空间关联网络中处于中心地位并发挥中介和桥梁功能;东北地区和西部地区则处于相对边缘位置,空间关联网络的“核心—边缘”结构特征显著。④ 从块

模型分析结果来看,制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络以板块间的关联效应和溢出效应为主,板块间的空间传递机制具有梯度性特征,且随时间演进板块内发生重组。⑤ 经济发展水平差异、空间邻接关系和劳动力投入水平差异等因子共同驱动制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的形成,但其作用方向和程度不具有一致性。其中,经济发展水平差异的回归系数居于首位,依托京津冀协同发展、长江经济带一体化发展、粤港澳大湾区建设等区域重大战略发挥经济大省“俱乐部”空间分布优势,优化空间关联网络节点间的关联关系。

制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联网络将两业协同集聚与其空间互动机制相连,从空间维度为区域产业高质量发展提供了全新的驱动力。基于上述研究结论,本文提出的政策建议如下:① 着力强化制造业与生产性服务业融合发展的要素保障。提高生产要素流动率和空间资源配置效率,破除行政区划的边界约束、拓宽要素流通渠道,弹性匹配、动态共享,着眼于产业协同集聚发展现状,把握两业协同集聚发展全局,扬制造之长处、显生产性服务之优势、创产业协同集聚发展质量之新高,从而优化产业协同集聚的空间关联网络,强化区域产业协同集聚互惠互利的关联效应。② “因势利导”充分发挥处于中心地位的网络节点的资源集聚优势和中介区位优势。依托国家发改委提出的辽苏、吉浙、黑粤对口合作机制以及打造京蒙协作“双向飞地”实践区等跨区域联动战略,搭建省际间产业链互嵌式发展平台,推动边缘地区传统产业转型升级、改造提升装备制造业等优势产业,增强产业创新能力和生产效率,削弱地理区位等固化因素的不利影响,锻造创新链、提升价值链,“兴边强产”实现制造业与生产性服务业“1+1>2”的效能,并进一步优化空间关联网络结构。③ 根据产业协同集聚空间关联网络中各省(自治区、直辖市)所发挥的作用及其角色定位,因板块而施策。充分发挥位于东部地区“净受益”板块和“经纪人”板块的引领示范和中介作用,比如以京津冀科教、创新资源以及长三角和珠三角地区先进制造业和现代服务业的领先动能,反哺东北地区和西部地区的“双向溢出”板块和“净溢出”板块,实现跨区域互联互通,矫正资源要素失衡错配,缓解能源、劳动密集型产业要素输出压力,打破板块间固有的梯度性传递机制,在发展中促进相对平衡,促使个体空间关联网络节点到整体空间关联网络结构的逐步改善,拓展制造业与生产性服务业协同集聚的空间关联路径,从而实现空间节点间关联关系数“增量”与区域产业协同集聚水平“提质”的双赢。④ 综合考虑中国制造业与生产性服务业协同集聚空间关联网络的驱动因素,充分发挥经济发展水平动力源、金融资本支撑柱、政府干预助推器以及科技、人才催化剂的作用,利用集聚经济发挥“人才共享池”效应,优化人力资本结构的布局,破除区域人才壁垒,多措并举加大积极调控政策实施力度,建立高效协同的两业融合工作推进机制,完善支撑保障体系建设,着力提高两业协同集聚的空间关联强度,形成以产业跨界融合、区域包容聚合为特征的空间协同发展格局,实现经济高质量发展。

参考文献(References)

- [1] Chen Xian, Huang Jianfeng. Division of labor, interactions and convergence: Empirical research on the evolvement of the relationship between service and manufacturing industries. *China Soft Science*, 2004(10): 65-71, 76. [陈宪, 黄建锋. 分工、互动与融合: 服务业与制造业关系演进的实证研究. *中国软科学*, 2004(10): 65-71, 76.]
- [2] Sun Zheng, Yue Wenhao, Huo Fuying. Research on the degree of collaborative agglomeration of producer services and manufacturing in China: From the perspective of industry and urban agglomeration. *Statistical Research*, 2022, 39(3): 21-33. [孙正, 岳文浩, 霍富迎. 我国生产性服务业与制造业协同集聚程度测算研究: 基于产业与城市群的视角. *统计研究*, 2022, 39(3): 21-33.]
- [3] Gu Naihua, Bi Doudou, Ren Wangbing. Interactive development of producer services and manufacturing: A literature

- review. *Economist*, 2006(6): 35-41. [顾乃华, 毕斗斗, 任旺兵. 生产性服务业与制造业互动发展: 文献综述. *经济学家*, 2006(6): 35-41.]
- [4] Yu Yongze, Yang Xiaozhang, Zhang Shaohui. Research on the characteristics of time and space conversion of China's economy from high-speed growth to high-quality development. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2019, 36(6): 3-21. [余泳泽, 杨晓章, 张少辉. 中国经济由高速增长向高质量发展的时空转换特征研究. *数量经济技术经济研究*, 2019, 36(6): 3-21.]
- [5] Wang Xiaohua, Yang Yuqi, Luo Xinyu, et al. The spatial correlation network and formation mechanism of China's high-quality economic development. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(8): 1920-1936. [王小华, 杨玉琪, 罗新雨, 等. 中国经济高质量发展的空间关联网络及其作用机制. *地理学报*, 2022, 77(8): 1920-1936.]
- [6] Ellison G, Glaeser E L. Geographic concentration in U.S. manufacturing industries: A dartboard approach. *Journal of Political Economy*, 1997, 105(5): 889-927.
- [7] Ellison G, Glaeser E L, Kerr W R. What causes industry agglomeration? Evidence from coagglomeration patterns. *American Economic Review*, 2010, 100(3): 1195-1213.
- [8] Guerrieri P, Meliciani V. Technology and international competitiveness: The interdependence between manufacturing and producer services. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2005, 16(4): 489-502.
- [9] Duranton G, Overman H G. Testing for localization using micro-geographic data. *The Review of Economic Studies*, 2005, 72(4): 1077-1106.
- [10] Chen Jianjun, Liu Yue, Zou Miaomiao. The improvement of city productivity based on synergy and co-agglomeration of industries: Under the background of integrated innovation and conversion of driving force for economic development in China. *Journal of Zhejiang University (Humanities and Social Sciences)*, 2016, 46(3): 150-163. [陈建军, 刘月, 邹苗苗. 产业协同集聚下的城市生产效率增进: 基于融合创新与发展动力转换背景. *浙江大学学报(人文社会科学版)*, 2016, 46(3): 150-163.]
- [11] Zhang Hu, Han Aihua, Yang Qinglong. Spatial effect analysis of synergetic agglomeration of manufacturing and producer services in China. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2017, 34(2): 3-20. [张虎, 韩爱华, 杨青龙. 中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间效应分析. *数量经济技术经济研究*, 2017, 34(2): 3-20.]
- [12] Tan Yusong, Ren Baoping, Shi Bo. Research on the effect of artificial intelligence affecting synergistic industrial agglomeration. *Economist*, 2023(6): 66-77. [谭玉松, 任保平, 师博. 人工智能影响产业协同集聚的效应研究. *经济学家*, 2023(6): 66-77.]
- [13] Tang Xiaohua, Zhang Xinyu, Li Yang. Dynamic coordination development in China's manufacturing and manufacturing-related service industries. *Economic Research Journal*, 2018, 53(3): 79-93. [唐晓华, 张欣珏, 李阳. 中国制造业与生产性服务业动态协调发展实证研究. *经济研究*, 2018, 53(3): 79-93.]
- [14] Sun Zheng, Yang Su, Liu Jinyu. Calculation of the degree of synergy and integration between producer service industry and manufacturing industry and its determinants. *China Soft Science*, 2021(7): 31-39. [孙正, 杨素, 刘瑾瑜. 我国生产性服务业与制造业协同融合程度测算及其决定因素研究. *中国软科学*, 2021(7): 31-39.]
- [15] Chen Jianjun, Chen Jingjing. The research on the co-location between producer services and manufacturing: The empirical analyses based on the 69 cities and regions in Zhejiang province. *China Industrial Economics*, 2011(6): 141-150. [陈建军, 陈菁菁. 生产性服务业与制造业的协同定位研究: 以浙江省69个城市和地区为例. *中国工业经济*, 2011(6): 141-150.]
- [16] Zhong Yun, Zhao Beilei, Li Han. Co-agglomeration and spatial similarity: Based on the analysis of manufacturing and producer services in Guangzhou, China. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(3): 437-445. [钟韵, 赵蓓蕾, 李寒. 广州市制造业与生产性服务业协同集聚与空间相似性. *地理科学*, 2021, 41(3): 437-445.]
- [17] Zhao Jinghua, Feng Jian, Zhang Jifu. Quantitative analysis of co-agglomeration of producer service sectors and manufacturing industry in Beijing metropolitan area. *Urban Development Studies*, 2018, 25(4): 62-68. [赵景华, 冯剑, 张吉福. 京津冀城市群生产性服务业与制造业协同集聚分析. *城市发展研究*, 2018, 25(4): 62-68.]
- [18] Yuan Yijun, Gao Kang. The synergetic agglomeration of industries, spatial knowledge spillovers and regional innovation efficiency. *Studies in Science of Science*, 2020, 38(11): 1966-1975, 2007. [原毅军, 高康. 产业协同集聚、空间知识溢出与区域创新效率. *科学学研究*, 2020, 38(11): 1966-1975, 2007.]
- [19] Li Tao, Xue Ling, Li Guoping. The evolution of spatial pattern of industrial agglomeration and its impact on the high-quality economic development: Empirical analysis based on the data of 278 cities in China. *Geographical Research*, 2022, 41(4): 1092-1106. [李涛, 薛领, 李国平. 产业集聚空间格局演变及其对经济高质量发展的影响: 基于中国278个城市数据的实证分析. *地理研究*, 2022, 41(4): 1092-1106.]

- [20] Peng Fangmei. Total factor productivity driven by industrial integration in the Guangdong-Hong Kong-Macao greater bay area: A case of manufacturing industry and producer service industry. *Economic Geography*, 2021, 41(11): 38-47. [彭芳梅. 粤港澳大湾区产业融合驱动全要素生产率增长研究: 以制造业与生产性服务业融合为例. *经济地理*, 2021, 41(11): 38-47.]
- [21] Wu Xianfu. Research on threshold effect of industrial co-agglomeration's impact on total factor productivity: Based on the empirical test of 246 cities in China. *Economic Survey*, 2019, 36(2): 72-78. [伍先福. 产业协同集聚对全要素生产率影响的门槛效应研究: 基于中国246个城市的实证检验. *经济经纬*, 2019, 36(2): 72-78.]
- [22] Wang Jingtian, Zhang Baoyi, Fu Xiaodong. Research on the influence of industrial coagglomeration on urban TFP. *Studies in Science of Science*, 2021, 39(5): 842-853, 866. [王静田, 张宝懿, 付晓东. 产业协同集聚对城市全要素生产率的影响研究. *科学学研究*, 2021, 39(5): 842-853, 866.]
- [23] Hou Shaojie, Zhou Shaofu. Research on dynamic effect and influence mechanism of industrial co-agglomeration on carbon intensity. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2023, 32(2): 273-283. [侯少杰, 周少甫. 产业协同集聚对碳强度的动态作用及影响机制研究. *长江流域资源与环境*, 2023, 32(2): 273-283.]
- [24] Tang Chang'an, Qiu Jiawei, Zhang Lijia, et al. Spatial econometric analysis on the influence of elements flow and industrial collaborative agglomeration on regional economic growth: Based on manufacturing and producer services. *Economic Geography*, 2021, 41(7): 146-154. [汤长安, 邱佳伟, 张丽家, 等. 要素流动、产业协同集聚对区域经济增长影响的空间计量分析: 以制造业与生产性服务业为例. *经济地理*, 2021, 41(7): 146-154.]
- [25] Guo Ran, Yuan Yijun. Research on the influence mechanism of internet development on industrial co-agglomeration. *Statistical Research*, 2022, 39(6): 52-67. [郭然, 原毅军. 互联网发展对产业协同集聚的影响及其机制研究. *统计研究*, 2022, 39(6): 52-67.]
- [26] Isard W. Location theory and trade theory: Short-run analysis. *The Quarterly Journal of Economics*, 1954, 68(2): 305-320.
- [27] Li Jing, Chen Shu, Wan Guanghua, et al. Study on the spatial correlation and explanation of regional economic growth in China: Based on analytic network process. *Economic Research Journal*, 2014, 49(11): 4-16. [李敬, 陈澍, 万广华, 等. 中国区域经济增长的空间关联及其解释: 基于网络分析方法. *经济研究*, 2014, 49(11): 4-16.]
- [28] Feng Ying, Hou Mengyang, Yao Shunbo. Structural characteristics and formation mechanism of spatial correlation network of grain production in China. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(11): 2380-2395. [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. *地理学报*, 2020, 75(11): 2380-2395.]
- [29] Leng Bingrong, Yang Yongchun, Li Yingjie, et al. Spatial characteristics and complex analysis: A perspective from basic activities of urban networks in China. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(2): 199-211. [冷炳荣, 杨永春, 李英杰, 等. 中国城市经济网络结构空间特征及其复杂性分析. *地理学报*, 2011, 66(2): 199-211.]
- [30] Liu Huajun, Liu Chuanming, Sun Yanan. Spatial correlation network structure of energy consumption and its effect in China. *China Industrial Economics*, 2015(5): 83-95. [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. *中国工业经济*, 2015(5): 83-95.]
- [31] Liu Jun. Overall Network Analysis. Shanghai: Gezhi Publishing House, 2014. [刘军. 整体网分析. 上海: 格致出版社, 2014.]
- [32] White H C, Boorman S A, Breiger R L. Social structure from multiple networks I: Blockmodels of roles and positions. *American Journal of Sociology*, 1976, 81(4): 730-780.
- [33] Burt R S. Positions in networks. *Social Forces*, 1976, 55(1): 93-122.
- [34] Wang Zeyu, Wang Yanxi, Zhao Li, et al. Spatio-temporal evolution and influencing factors of total factor productivity in China's manufacturing industry. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(12): 3061-3075. [王泽宇, 王焱熙, 赵莉, 等. 中国制造业全要素生产率时空演变及影响因素. *地理学报*, 2021, 76(12): 3061-3075.]
- [35] Chen Xi, Zhu Jianhua, Li Guoping. Regional disparity and influencing factors of industrial co-agglomeration in Chinese manufacturing. *Economic Geography*, 2018, 38(12): 104-110. [陈曦, 朱建华, 李国平. 中国制造业产业间协同集聚的区域差异及其影响因素. *经济地理*, 2018, 38(12): 104-110.]
- [36] Huang Qunhui, Yu Yongze, Zhang Songlin. Internet development and productivity growth in manufacturing industry: Internal mechanism and China experiences. *China Industrial Economics*, 2019(8): 5-23. [黄群慧, 余泳泽, 张松林. 互联网发展与制造业生产率提升: 内在机制与中国经验. *中国工业经济*, 2019(8): 5-23.]
- [37] Wang Yunzhe, Zhang Guojun, Zhou Chunshan. Spatio-temporal characteristics and influencing factors of industrial collaborative agglomeration in urban agglomerations in China. *World Regional Studies*, 2023, 32(2): 104-114. [王运喆, 张国俊, 周春山. 中国城市群产业协同集聚的时空特征及影响因素. *世界地理研究*, 2023, 32(2): 104-114.]

Spatial correlation network and its driving mechanism of collaborative agglomeration between manufacturing and producer services in China

ZHANG Juntao¹, WU Yuyang², ZHU Yue³

(1. School of Public Administration, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, Liaoning, China; 2. Institute for Northeast Full Revitalization, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, Liaoning, China; 3. School of Economics and Management, Northeast Forest University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: The collaborative agglomeration of manufacturing and producer services is a new industrial form and has become an important growth pole to achieve high-quality development of regional economy. Based on the perspective of complex spatial network, this paper first constructs an improved collaborative agglomeration index of manufacturing and producer services, and then adopts the revised gravity model to calculate the spatial correlation matrix. Secondly, social network analysis method is used to describe the structural characteristics of the spatial correlation network of industrial collaborative agglomeration in 31 provinces (autonomous regions and municipalities directly under the Central Government, excluding Hong Kong, Macao and Taiwan) in China from 2003 to 2021. Finally, this paper explores the driving mechanism of correlation network under the spatial interaction theory and resource field theory by combining regional geographical conditions and socio-economic factors. The results show that: (1) During the study period, the spatial directivity of the collaborative agglomeration between manufacturing and producer services has not changed, the regional differences tend to converge, and the unbalanced distribution pattern has been improved. (2) The collaborative agglomeration of manufacturing and producer services gradually presents a complex network form of multi-thread interweaving, the overall network density is constantly increasing, and the spatial correlation has a large room for improvement. The network connectivity is good, the stability of the network structure is continuously enhanced, and the "core-edge" structure in the individual network is prominent. (3) The eastern region is mainly the "net benefit" and "broker" blocks, the northeast region and the western region are the "two-way spillover" and "net spillover" blocks. The spatial correlation network is dominated by the spillover effect and correlation effect between blocks. (4) Spatial adjacency, differences in economic development level, differences in labor input level and other factors jointly drive the formation of spatial correlation network. The conclusion of this study is helpful to optimize the spatial correlation network of manufacturing and producer services and promote the realization of high-quality economic development and regional coordinated development.

Keywords: manufacturing; producer services; collaborative agglomeration; spatial correlation network; social network analysis; driving mechanism; China