

区域高新技术产业产业集群创新网络结构特征研究

——基于湖南省数据

王欢芳 陈惠 傅贻忙 宾厚¹

(湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007)

【摘要】: 依据 2009–2018 年湖南省 14 个市州数据, 运用社会网络分析法和修正的引力模型, 考量湖南省高新技术产业产业集群创新网络结构特征。结果表明: 湖南省高新技术产业产业集群创新网络密度逐年增加且增幅不断扩大, 凝聚子群空间结构呈现“东高西低”的阶梯式分布特征, 凝聚子群 I、II、III 分别主要来源于长株潭地区、洞庭湖地区和湘南地区、大湘西地区; 市州间高新技术产业集聚创新联系不断加强, 临近地域指向性与板块指向性并存, 且关联方向日趋明显; 各市州在高新技术产业产业集群创新网络中所处地位和拥有权力具有差异性, 其中长沙市的净辐射量为正值, 为湖南省高新技术产业产业集群创新网络的主要辐射源。

【关键词】: 产业集聚 引力模型 社会网络分析法

【中图分类号】: F062.9 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1003-7217(2021)04-0123-08

一、引言

“十四五”时期, 我国处在坚持创新驱动和数字化发展, 建设现代化经济体系, 打造制造强国和网络强国的阶段。知识和技术密集型的高新技术产业是我国经济发展的重要力量, 湖南省作为我国中部崛起的重要力量和创新型国家建设的重要一员, 其高新技术产业持续向好发展, 已成为湖南创新经济持续增长的重要支撑。但不容忽视的是目前湖南省高新技术产业发展仍存在产业结构有待进一步优化以及自主创新潜力有待进一步激活等问题。在加快建设制造强省和网络强省的目标导向下, 如何大力践行创新驱动发展战略和“三高四新”战略, 持续推动高新技术产业成为湖南省经济高质量发展的重要支撑, 为建设制造强国和网络强国贡献湖南力量, 成为关注的重要课题。

目前学术界围绕创新网络进行了一定的研究, 现有研究主要涉及产业集群创新网络的内涵及结构研究、构建及其对产业集群创新绩效的影响研究、机制及演化研究等。一是关于产业集群创新网络的内涵及结构研究。Fayoumi 和 Amjad(2016)认为产业集群创新网络中要素流动实则为知识流动, 创新主体间的共享知识和合作关系是网络形成与发展的基础^[1]。张敬文等(2018)认为网络结构等是影响战略性新兴产业集群创新网络协同创新绩效的重要因素^[2]。康淑娟, 安立仁(2019)研究发现知识距离在全球价值链网络嵌入与企业创新能力关系间起负向调节作用^[3]。二是关于产业集群创新网络的集群创新研究。ZengJJ(2019)考察产业集群对企业创新绩效的集聚效应, 发现中介中心性和聚类系数正向影响企业能力^[4]。刘霞等(2019)提出打造动态平衡的学习网络以及提供适度的政策支持等, 有助于不确定环境下集群企业创新^[5]。叶琴, 曾刚(2020)以中国生物医药产业和节能环保产业为例, 研究发现在产业创新网络结构等方面二者存在差异性^[6]。三是关于产业集群创新网络的机制及演化研究。ZhongQ 和 TangT(2018)

¹作者简介: 王欢芳(1980-), 女, 湖南醴陵人, 博士, 湖南工业大学商学院教授, 研究方向: 产业经济。

基金项目: 国家社会科学基金一般项目(20BJY093); 湖南省自然科学基金项目(2019JJ50124); 湖南省教育厅优秀青年项目(18B308)

基于网络结构视角,提出政府干预在一定程度上影响产业集群创新网络的演化^[7]。朱桂龙等(2018)基于生态租金视角,研究网络环境下产业集群创新生态系统竞争优势的形成与演化^[8]。周灿等(2019)通过对 32 个电子信息产业集群的识别,探讨产业集群创新网络空间组织演化规律^[9]。

综上所述,产业集群因具有拉动区域经济增长以及培育优势产业的重要意义,已成为了当前的研究热点。目前学术界围绕产业集群创新网络进行了相关研究,但尚未形成系统的研究成果,鲜有将社会网络分析法和引力模型相结合来研究高新技术产业产业集群创新网络。产业集群创新网络始终处于动态的发展过程之中,需要在实践中不断地发展和完善。鉴此,讨论湖南省高新技术产业产业集群创新网络结构特征具有一定的理论意义与现实意义。

二、高新技术产业产业集群创新网络理论机理

产业集群是经济发展的重要增长极,创新是集群经济持续健康发展的关键,集群网络是产业布局的重要模式之一。高新技术产业产业集群作为高新技术产业的一种重要发展模式,其发展涉及到企业、高校、科研机构、政府、金融机构等创新主体。鉴于此,本文提出高新技术产业产业集群创新网络是企业、高校、科研机构、政府、金融机构等有合作需求的网络创新主体运用大数据、人工智能等新一代信息技术,实现知识、技术、人才、信息等高端创新要素深度共享和融合,进而实现提升内部效率和对外服务能力等价值创造的区域创新生态系统。其以加强协同创新,促进可持续发展为主要目标,以权变性为发展原则,以创新驱动性、知识溢出性、协作网络性等为主要特征,是产业组织的新形态,是资源空间优化配置的新方式,是提升产业竞争力的有效途径。可在一定程度上促进高新技术产业与互联网的深度融合,发挥无地域边界、产业生态融合、集成合作创新等效应,推动高新技术产业参与全球价值链的竞争,加快高新技术产业高质量发展,助力经济内涵式发展。

在借鉴魏江(2003)、范太胜(2008)、李海东(2010)、贺正楚(2019)等学者相关研究的基础上,从网络创新主体视角构建了产业链网络、知识网络、创新环境网络的高新技术产业集群创新网络,如图 1 所示^[10-13]。三个子创新网络有机协调共同促进高新技术产业产业集群的协同创新,提升高新技术产业产业集群的创新优势。

(一)产业链网络

高新技术产业产业集群产业链网络是由核心企业、竞争企业、上下游企业、中小微配套企业组成,是高新技术产业产业集群创新网络的内在主体,以核心企业为主导,发挥核心企业在集群发展中的引领带动作用,推动企业间形成以产业链为基础的紧密联系、相互协作、互利共赢的网络结构。在产业链网络中,核心企业、竞争企业、上下游企业、中小微配套企业之间以技术和产品为桥梁,分工明确,良性竞合,其中核心企业因其自身具有的经济、技术以及市场优势,使得其更易开展基础性和应用性创新研究,是网络中新知识和新技术的主要创造者,在产业链网络中处于主导引领地位。产业链上竞争企业与核心企业是良性竞合关系,皆以最大化整合相关创新资源,进而保持自身竞争优势为发展目标。上下游企业和核心企业间经济联系密切,需要具备一定的协作配套能力,同时对上下游企业而言,核心企业通过提供技术援助等方式发挥技术创新成果扩散效应,推动知识外溢和技术交流,促进上下游企业间的技术进步。中小微配套企业和核心企业是互补关系,分布在核心企业四周,信息、资金、技术等创新资源的缺乏致使其技术创新主要依靠产业集群知识外溢和下游企业的技术扩散。高新技术产业产业集群产业链网络的建立有助于弥补企业结构性缺陷,搭建起企业间知识流动和技术创新的桥梁,促进资源共享和协同创新,提升集群企业的技术创新能力和经济效益,推动产业链、价值链、生态链的统一,提升高新技术产业产业集群整体竞争力。

(二)知识网络

高新技术产业产业集群知识网络是指核心企业、高校、科研机构创新主体以深度合作的方式分享关键知识和核心技术,进而促进知识流动,发挥知识溢出效应,提升产业集群协同创新能力的网络结构。在知识网络中,核心企业、高校、科研机构通过研发合作等正式和非正式的关系紧密结合,协作创新。其中核心企业利用自身的经济、技术以及市场优势,与高校、科研机构所

具有的丰富理论知识相结合,实现资源整合互补、价值增值,提高集群企业的整体创新产出水平和效率,推动形成创新型企业。高校拥有先进的知识文化、丰富的人力资源和科研成果,有助于新技术和新产品的研发,是区域科技创新体系的重要组成部分。科研机构作为长期有组织地从事研究与开发活动的机构,拥有丰富优势科技创新资源,是实现关键技术突破性创新的重要组成部分。知识作为知识网络中创新主体协同创新的重要媒介,分为显性知识和隐性知识,产业集群中的隐性知识流动比显性知识流动更能创造价值,集群域内知识网络因拥有较小的空间距离和认知距离,可有效保证隐性知识在网络内的传播与共享,知识的转移增值是培育创新的土壤。

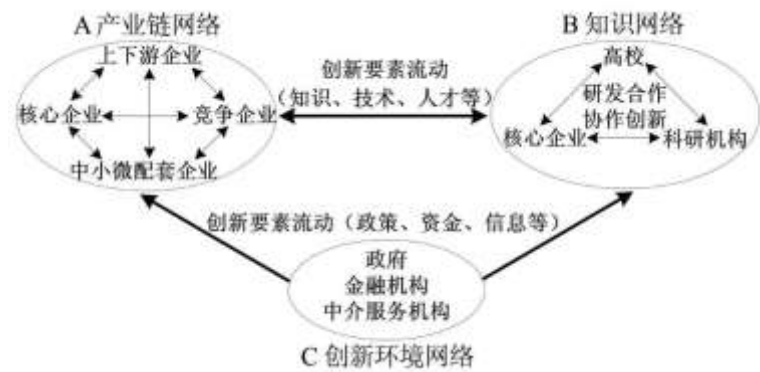


图 1 高新技术产业集群创新网络理论机理

(三)创新环境网络

高新技术产业集群创新环境网络是指政府、金融机构、中介服务机构创新主体以促进集群创新活动顺利实施,保障集群协同创新为目标形成的网络结构。其中政府作为公共政策的制定者和公共基础设施的提供者,其相关政策的制定在一定程度上提高了企业资源共享的风险防御能力,促进了产业集群协同创新,同时完备的公共基础设施的提供一定程度上保障了产业集群创新过程的顺利进行。此外对创新网络内各创新主体而言,政府具有的沟通桥梁和组织协调职能有利于促进创新资源的共享和优化,为提升集群企业整体创新水平创造良好外部条件;金融机构通过选择产业集群内具有发展潜力和创新活力的企业,对其提供各项金融服务如提供资金间接支持,是集群企业实现创新发展的重要推动力。中介服务机构以建立物流服务、知识产权服务等专业高效的信息交流平台的形式存在,满足集群内中小微配套企业获取创新资源的需求,在一定程度上避免了集群企业进行对外知识获取时“梯度差”的出现,更好地推动企业创新资源真正落于技术创新,促进集群企业提升创新效率与效益。高新技术产业集群创新环境网络的建立有利于集群获得来自政府、金融机构、中介服务机构的支持,降低交易成本,促进网络内创新主体协同创新,提升产业集群核心竞争力。

三、基于社会网络分析方法的高新技术产业集群创新网络实证分析

(一)指标选取、研究方法与数据来源

1. 指标选取。

高新技术产业知识密集和技术密集的产业发展特点,首先借鉴杨清可(2014)的研究,认为高新技术产业总产值是衡量高新技术产业发展水平的重要指标^[14]。其次在区域特有资源禀赋条件下,适度的金融发展是产业结构优化的关键^[15]。根据金融发展的定义,金融资产总量是衡量金融发展水平的重要依据,其中金融资产总量包括流量和存量等,同时存款余额是衡量金融机构发展的重要指标。再次借鉴王洁(2014)的观点,采用科技产出来评估创新产出水平,其中科技产出是指专利产出的相对规模和

质量^[16]。基于此,结合本文的研究目的,选择高新技术产业总产值反映高新技术产业发展水平,有效发明专利数反映科技创新产出水平,以及金融机构人民币各项存款反映金融发展水平。同时基于高新技术产业集群创新网络理论机理,本文分别从产业链网络中选择高新技术产业总产值,知识网络中选择有效发明专利数,创新环境网络中选择金融机构人民币各项存款这三个指标,来对引力模型进行修正。

2. 研究方法

(1) 社会网络分析法。

社会网络指的是社会行动者及其之间关系的集合,即一个社会网络是由多个节点(社会行动者)和各节点之间的连线(代表行动者之间的关系)组成的集合,用点和线来表达网络是社会网络的形式化界定,其中“行动者”可以是任何一个社会单位或社会实体,关系代表具体的联络内容或者现实中发生的实质性的关系^[17]。社会网络分析法是以关系为分析单位,是处理关系数据较为有效的方法,其核心在于从“关系”的角度出发研究社会现象和社会结构,倡导一种双向交互作用,其主要的测度指标包括网络密度、中心度、中心势指数、凝聚子群等。结合对湖南省14个市州经济发展水平差异性的考量,本文选择网络密度、点度中心度、度数中心势指数以及凝聚子群作为测度湖南省高新技术产业集群创新网络的指标。

(2) 引力模型。

引力模型最早是应用于物理学领域,用两个城市人口数量的乘积除以其距离来反映两个城市人口流动所产生的空间相互联系,之后经其他学者的进一步拓展,逐渐成为研究要素流动空间相互作用的主流模型^[18],国内最早运用引力模型研究区域间相互关联关系始于王德忠^[19],是测算区域经济联系较为常用的方法。本文在分析高新技术产业集群创新网络理论机理、借鉴相关学者关于引力模型的研究基础上,将引力模型修正为任意两城市(市州)间的产业集聚创新关联量与各自的产业发展水平(高新技术产业总产值)、金融发展水平(金融机构人民币各项存款)以及科技创新产出水平(有效发明专利数)成正比,与各自间的最短交通距离(普铁距离)成反比,具体如下:

$$F_{ij} = K_{ij} \frac{\sqrt[3]{H_i * TD_i * P_i} * \sqrt[3]{H_j * TD_j * P_j}}{D_{ij}^2} \quad (1)$$

$$K_{ij} = \frac{P_i}{P_i + P_j} \quad (2)$$

$$F_i = \sum_{j=1}^n F_{ij} \quad (3)$$

$$V_i = \frac{F_{ij}}{F_i} \quad (4)$$

F_{ij} 表示*i*和*j*城市间的高新技术产业集群创新网络关系强度, H 表示以高新技术产业总产值衡量的产业发展水平, TD 表示以金融机构人民币各项存款衡量的金融发展规模, P 表示以有效发明专利数衡量的科技创新产出水平, D_{ij} 表示为以铁路里程(普铁)衡量的城市间最短交通距离; K_{ij} 为修正关系数,以有效发明专利数的比重来反映对其他城市的影响, F_i 表示城市*i*和其他城市的产业集聚创新关联之和,即城市*i*对外的产业集聚创新关联的总量; V_i 表示城市*i*的产业集聚创新隶属度,其值大小可反映城市*i*的产业集聚创新的主要方向。

3. 数据来源。

本文选择以湖南省 14 个市州为高新技术产业集群创新网络节点，以湖南省 14 个市州间的产业集聚创新联系为关系，分别选取湖南省 14 个市州的 2009–2018 年研究数据进行分析，数据来源于《中国城市统计年鉴》和湖南省及其各市州《统计年鉴》《国民经济和社会发展统计公报》。其中，高新技术产业总产值和金融机构人民币各项存款以 2009 年为基期进行平减处理，去除价格因素的影响。

(二) 基于社会网络分析的高新技术产业集群创新网络分析

1. 关联特征分析

(1) 关联水平。

研究发现，湖南省高新技术产业集群创新网络密度总体呈不断上升趋势(由 2009 年的 14.84 增加至 2018 年的 137.81)，且 2018 年的高新技术产业集群创新网络密度显著高于 2009 年，其可能的原因是 2009–2018 年间湖南省高新技术产业集聚创新水平不断提升，区域间产业集聚创新较密切，创新要素流动较频繁。但同时高新技术产业集群创新网络标准差逐年增大，其可能的原因是湖南省高新技术产业存在区域发展不均衡的现状，产业集聚创新水平也相应具有区域性和不平衡性，故距离形成湖南省高新技术产业创新集聚的态势仍有提升的空间。这说明推动湖南省高新技术产业集群创新网络发展壮大的关键在于科技创新和均衡发展的“两手抓”，既要坚持创新驱动发展，加强产业集聚创新联系，也应积极发挥市州的溢出效应，逐步缩小湖南省各市州的产业集聚创新水平差距，寻求整体协调持续发展。

从城市层面来看，湖南省各市州的高新技术产业集群创新网络关系强度总体逐年增加，但各市州间关系强度极化现象明显¹。从整体来看，湖南省高新技术产业集群创新网络关系强度的标准差不断增加(由 2009 年的 93.51 增加至 2018 年的 741.97)，由此可知，湖南省各市州高新技术产业集聚创新关联的两极分化程度逐渐加深。从主要城市来看，湖南省高新技术产业集群创新网络关系强度排名前列的始终是长沙市、株洲市、湘潭市，衡阳市、岳阳市、常德市、益阳市的高新技术产业集群创新网络关系强度也相对较高。其可能的原因是，随着长株潭城市群一体化发展，其作为湖南省经济发展的核心增长极作用日益凸显，区域间产业联系日益增多，产业集聚创新水平不断提升；衡阳市和岳阳市作为湖南省重点打造的两个省域副中心城市，在重化工业和能源工业领域优势突出，经济发展水平的提升带动了产业集聚创新水平的提高，也密切了城市间的产业集聚创新联系；常德市、益阳市同为环洞庭湖城市，着力打造新型智慧城市，推动经济和生态发展的“双轮驱动”，加强了区域间产业集聚创新联系。这说明在强化长株潭核心辐射带动作用的同时，要坚持区域均衡发展理念，促进创新资源集聚，从而弱化极化现象，推动湖南省高新技术产业集群创新网络的优化。

(2) 关联方向。

从湖南省总体来看，2009–2018 年间，根据湖南省各市州的高新技术产业集群创新关联城市的特点，将关联方向分为邻近地域指向性和板块指向性，其中邻近地域指向性指的是空间距离大小对市州间产业集聚创新联系紧密程度具有直接的影响，板块指向性指的是除空间距离外，交通设施和板块内资源等综合因素也影响着市州间产业集聚创新。分析表 1 可知，2009–2018 年间，湖南省高新技术产业集群创新关联方向主要是临近地域指向性与板块指向性并存，且这一关联方向日趋明显。具体表现为 2009–2018 年间湖南省 14 个市州的高新技术产业集群创新关联首选地为邻近城市的数量都为 14 个，其中邻近城市亦为板块城市的由 2009、2012、2015 年的 12 个增加至 2018 年的 13 个，变化幅度较小，但湖南省 14 个市州的高新技术产业集群创新关联城市中邻近城市亦为板块城市的总体基数大且呈上升趋势，同时 2009–2018 年这一关联方向变化稳定。

从城市层面来看，2009–2018 年间，株洲市、湘潭市、邵阳市、郴州市、永州市、娄底市、湘西州的高新技术产业集群创新关联首选地未发生改变，且都为各所属区域经济板块内城市；株洲市和湘潭市、邵阳市和娄底市始终互为高新技术产业集群创新关联首选地；张家界市、怀化市、湘西州的高新技术产业集群创新网络关联强度较低，其创新关联隶属度却较高，且三个市

州的首选地属于大湘西地区这一经济板块；永州市、怀化市、娄底市的高新技术产业集群创新关联首选地总体都逐渐演变为邵阳市。上述研究发现其可能的原因是地理邻近、交通设施、板块内资源等仍是湖南省各市州产业集聚创新联系的重要考量，契合邻近地域指向性和板块指向性，这说明湖南省高新技术产业集聚创新要实事求是，在尊重区域原有功能布局的基础上，跨越行政限制，充分利用并优化各市州的产业发展优势，集中优势资源，形成互补性资源，建立畅通稳定的集聚创新和经济发展通道，培养新的经济强点和发展动能，推动湖南省各市州协同发展，从而促进形成高效有序的湖南省高新技术产业集群创新网络。

表 1 湖南省高新技术产业集群创新关联首选地及其隶属度

城市	2009 年			2012 年			2015 年			2018 年		
	首选地	联系强度	(%)隶属度	首选地	联系强度	(%)隶属度	首选地	联系强度	(%)隶属度	首选地	联系强度	(%)隶属度
长沙市	湘潭市	879.75	43.82	株洲市	1739.43	47.16	株洲市	3855.53	45.92	株洲市	6869.20	45.55
株洲市	湘潭市	199.72	75.25	湘潭市	836.52	62.89	湘潭市	1864.70	59.76	湘潭市	3954.74	56.41
湘潭市	株洲市	272.49	76.94	株洲市	272.88	64.25	株洲市	613.40	61.05	株洲市	1115.44	56.05
衡阳市	株洲市	4.36	24.54	郴州市	6.61	19.59	郴州市	18.75	18.62	永州市	39.07	16.97
邵阳市	娄底市	2.49	30.80	娄底市	4.11	29.56	娄底市	6.74	31.83	娄底市	22.72	28.53
岳阳市	常德市	3.66	28.82	长沙市	20.27	26.38	长沙市	22.87	23.50	常德市	43.47	26.13
常德市	岳阳市	4.14	29.76	益阳市	8.63	30.38	岳阳市	39.38	28.81	益阳市	47.89	33.86
张家界市	湘西州	0.05	31.17	怀化市	0.02	25.22	湘西州	0.45	30.46	湘西州	0.73	27.08
益阳市	常德市	1.19	21.52	常德市	3.60	22.15	长沙市	12.18	19.90	常德市	33.28	21.10
郴州市	衡阳市	1.12	47.57	衡阳市	4.54	52.08	衡阳市	14.74	44.96	衡阳市	15.68	39.07
永州市	邵阳市	0.37	33.54	邵阳市	3.16	36.42	邵阳市	9.23	43.81	邵阳市	32.85	43.93
怀化市	湘西州	0.34	35.64	湘西州	0.80	37.25	邵阳市	1.96	32.53	邵阳市	6.02	31.22
娄底市	邵阳市	2.39	22.51	邵阳市	6.73	26.34	邵阳市	8.17	34.92	邵阳市	24.61	32.10
湘西州	怀化市	0.48	50.14	怀化市	0.42	58.48	怀化市	1.98	52.90	怀化市	5.26	57.17

2. 空间结构分析

(1) 空间范围。

从湖南省总体来看，湖南省各市州在高新技术产业集群创新网络中呈现出不同的点度中心度，如表 2 所示，表明各市州间在高新技术产业集群创新网络中所处的地位和拥有的权力具有差异性。其中长株潭地区点度中心度大小显著高于湖南省其他市州，表明在湖南省高新技术产业集群创新网络中，长株潭地区作为湖南省经济发展的核心增长极处于核心地位，网络中拥有的权力高于其他市州；洞庭湖地区、衡阳市、娄底市点度中心度较高，表明其处于支配地位，网络中拥有的权力较高；郴州市、

永州市、大湘西地区点度中心度较低,表明其作为湖南省的边缘城市处于从属地位,网络中拥有的权力较小。此外,湖南省各市州高新技术产业集群创新网络点度中心度的均值呈逐年上升趋势(分别为2009年的193、2012年的404、2015年的930、2018年的1791),表明湖南各市州间产业集聚创新联系更为紧密,区域间创新要素流动加快。但湖南省高新技术产业集群创新网络的点入度中心势总体呈波动上升趋势(分别为2009年的8.86%、2012年的8.65%、2015年的8.89%、2018年的9.45%),点出度中心势总体呈波动下降趋势(分别为2009年的17.09%、2012年的15.64%、2015年的16.04%、2018年的16.03%),总体来看湖南省高新技术产业集群创新网络的点出度中心势大于点入度中心势,表明湖南省各市州间产业集聚创新联系存在不对称和不均衡现象。

表2 湖南省高新技术产业集群创新网络点度中心度

城市	2009 年			2012 年			2015 年			2018 年		
	点入度	点出度	净辐射量	点入度	点出度	净辐射量	点入度	点出度	净辐射量	点入度	点出度	净辐射量
长沙市	89	2008	1919	517	3688	3171	1379	8396	7017	3272	15082	11810
株洲市	1134	265	-869	2031	1330	-701	4508	3121	-1387	8044	7011	-1033
湘潭市	1087	354	-733	2220	425	-1795	5068	1005	-4063	9631	1990	-7641
衡阳市	69	18	-51	149	34	-115	330	101	-229	613	230	-383
邵阳市	21	8	-13	53	14	-39	113	21	-92	292	80	-212
岳阳市	83	13	-70	225	77	-148	457	97	-360	812	166	-646
常德市	46	14	-32	99	28	-71	237	137	-100	411	141	-270
张家界市	2	0	-2	2	0	-2	9	1	-8	18	3	-15
益阳市	84	6	-78	184	16	-168	544	61	-483	1119	158	-961
郴州市	14	2	-12	35	9	-26	100	33	-67	166	40	-126
永州市	10	1	-9	21	9	-12	65	21	-44	186	75	-111
怀化市	4	1	-3	8	2	-6	19	6	-13	56	19	-37
娄底市	55	11	-44	108	26	-82	184	23	-161	436	77	-359
湘西州	3	1	-2	4	1	-3	13	4	-9	25	9	-16
均值	193	193	0	404	404	0	930	930	0	1792	1792	0

从城市层面来看,2009-2018年间,长沙市的点出度显著高于点入度,且湖南省各市州中长沙市的净辐射量为正值(分别为2009年的1919、2012年的3171、2015年的7017、2018年的11810),为湖南省高新技术产业集群创新网络的主要辐射源,其可能的原因是长沙作为湖南省的省会城市和长株潭一体化的核心城市,总体经济发展水平高,对湖南省其他市州的辐射作用较大,扩散效应更加明显。株洲市、湘潭市的点度中心度增长较快,且从净辐射量上来看,株洲市、湘潭市的净辐射量都小于0,即点入度大于点出度,具体来看湘潭市的点入度显著高于点出度,株洲市的点入度和点出度的差值则呈递减趋势,其可能的原因是长株潭一体化为湘潭市创造了良好的经济发展环境,与周边城市的产业集聚创新交流日益密切,但产业转型升级的需要使得其

接受着“一核”带来的虹吸效应远大于自身的扩散效应。衡阳市、岳阳市、常德市、益阳市、娄底市的点度中心度较高，其可能的原因是岳阳市、常德市、益阳市地处省内偏北方位，与湖北省直接接壤，且位于环洞庭湖经济带，地理位置和便捷交通的优势使得市州间产业集聚创新联系密切。郴州市、永州市、大湘西地区点度中心度较低，且与长株潭地区的点度中心度相比差距较大，其原因可能是由于省会长沙市地处省内偏东方位，空间上郴州市、永州市、大湘西地区距省会长沙市较远，使其受“一核”（长株潭）的辐射带动作用较小，一定程度上导致了湖南省内城市强弱的断层。

(2) 空间格局。

从空间上来看，2009-2018 年间湖南省高新技术产业集群创新网络依次皆形成了三个凝聚子群，分别为凝聚子群 I、II、III，如表 3 所示 2。其中 2009-2018 年间，凝聚子群 I 的成员数量稳定在 2 个，凝聚子群 II 的成员数量呈波动上升趋势，总体上由 2009 年的 8 个增加为 2018 年的 9 个，凝聚子群 III 的成员数量呈波动下降的趋势，总体上由 2009 年的 4 个减少为 2018 年的 3 个。此外，湖南省高新技术产业集群创新网络凝聚子群空间结构呈现出“东高西低”的阶梯式分布格局，凝聚子群 I、II、III 分别主要来源于长株潭地区、洞庭湖和湘南地区、大湘西地区。

表 3 湖南省高新技术产业集群创新网络凝聚子群分区

凝聚子群	2009 年	2012 年	2015 年	2018 年
I	长沙市、湘潭市	长沙市、株洲市	长沙市、株洲市	长沙市、株洲市
II	株洲市、常德市、怀化市、岳阳市、娄底市、张家界市、益阳市、湘西州	湘潭市、衡阳市、邵阳市、娄底市、郴州市、永州市	湘潭市、衡阳市、邵阳市、娄底市、郴州市、永州市	湘潭市、衡阳市、邵阳市、岳阳市、常德市、永州市、益阳市、郴州市、娄底市
III	衡阳市、邵阳市、郴州市、永州市	益阳市、常德市、张家界市、怀化市、岳阳市、湘西州	益阳市、常德市、张家界市、怀化市、岳阳市、湘西州	张家界市、怀化市、湘西州

从时间上来看，第一，2012 年与 2009 年相比，凝聚子群 I、II、III 的成员结构变化较大，凝聚子群 I 的成员结构由 2009 年的湘潭市调整为 2012 年的株洲市；2012 年凝聚子群 II 的成员结构调整主要来源于 2009 年凝聚子群 III 的成员，并在原有凝聚子群 II 成员娄底市的基础上，新增了湘潭市，且子群成员主要为湘南地区城市；凝聚子群 III 的成员全部来源于 2009 年的凝聚子群 II，基本属于洞庭湖地区和大湘西地区。第二，2015 年与 2012 年相比，湖南省高新技术产业集群创新网络凝聚子群分区一致，即凝聚子群 I、II、III 的成员结构未发生改变。第三，2018 年与 2015 年相比，凝聚子群 I 成员结构未改变，凝聚子群 II 新增了岳阳市、常德市、益阳市，子群成员主要来源于洞庭湖地区和湘南地区，凝聚子群 III 的成员调整为张家界市、怀化市、湘西州，皆属于大湘西地区。通过对湖南省高新技术产业集群创新网络的时空分析，不难发现湖南省高新技术产业集群创新网络凝聚子群的结构，推动了湖南省高新技术产业集群创新网络的优化。

根据 2009-2018 年湖南省高新技术产业集群创新网络凝聚子群的密度，汇总得到湖南省高新技术产业集群创新网络凝聚子群密度矩阵，如表 4 所示。基于此，分别将各年份的凝聚子群密度矩阵与相应年份的整体网络密度值进行比较，若凝聚子群的密度值大于整体网络密度则调整为 1，反之小于则调整为 0，进而得到湖南省高新技术产业集群创新网络凝聚子群像矩阵，见表 4。

从空间上看，2009-2018 年间，一方面凝聚子群 I 的密度大于整体网络密度，凝聚子群 II 和 III 的密度则小于整体网络密度，

另一方面凝聚子群 I、II、III 间密度差距大，总体呈梯度变化趋势，表现为凝聚子群 I 的密度显著高于凝聚子群 II 和凝聚子群 III，凝聚子群 II 的密度高于凝聚子群 III，凝聚子群 III 密度则相对最小。从时间上看，2009-2018 年间凝聚子群之间存在清晰的关联关系，2009 年凝聚子群 I 在子群内溢出的同时为凝聚子群 II 提供了产业集聚创新的动能，经凝聚子群 II 的“中介”作用，创新要素最终流向凝聚子群 I；相较 2009 年，2012 年和 2015 年凝聚子群 I 完成了向凝聚子群 III 的创新动能的净溢出；2018 年凝聚子群 I 在子群内溢出的同时，促进了创新要素向凝聚子群 II 的溢出。上述发现表明首先凝聚子群 I 在湖南省高新技术产业集群创新网络中具有主导优势，子群成员产业集聚创新水平较高，相较凝聚子群 II 和 III 的产业集聚创新能力稍显不足。其次创新要素的区域间流动促进了凝聚子群 I 对凝聚子群 II 和 III 的辐射带动作用，一定程度上提升各市州的产业集聚创新水平，促进区域间的协同创新发展，助力湖南省高新技术产业集群创新网络的优化。

表 4 湖南省高新技术产业集群创新网络凝聚子群密度矩阵和像矩阵

年份	凝聚子群	密度矩阵			像矩阵		
		I	II	III	I	II	III
2009 年	I	464.85	84.40	10.23	1	1	0
	II	15.15	0.84	0.65	1	0	0
	III	0.50	0.40	1.03	0	0	0
2012 年	I	1063.63	204.67	36.25	1	1	1
	II	32.11	3.26	0.89	1	0	0
	III	2.97	0.90	1.88	0	0	0
2015 年	I	2442.31	464.52	88.11	1	1	1
	II	77.14	6.96	1.93	1	0	0
	III	6.42	2.13	5.09	0	0	0
2018 年	I	4704.93	702.00	7.88	1	1	0
	II	105.86	14.07	1.42	0	0	0
	III	0.12	0.61	2.33	0	0	0

四、主要结论和对策建议

以湖南省 14 个市州为研究对象，运用社会网络分析法和修正的引力模型，考量湖南省高新技术产业集群创新网络结构特征，结论如下：(1) 湖南省高新技术产业集群创新网络密度逐年增加且增幅逐年递增，各市州间高新技术产业集聚创新联系不断加强，但仍有较大提升空间。(2) 湖南省高新技术产业集群创新关联方向主要是临近地域指向性与板块指向性并存且这一关联方向日趋明显。(3) 湖南省各市州在高新技术产业集群创新网络中呈现不同的点度中心度，表明各市州间在高新技术产业集群创新网络中所处的地位和拥有的权力具有差异性，(4) 湖南省高新技术产业集群创新网络凝聚子群空间结构呈现“东高西低”的阶梯式分布特征，凝聚子群 I、II、III 分别主要来源于长株潭地区、洞庭湖和湘南地区、大湘西地区。

对策建议：(1)坚持创新网络节点协同创新。政府应深入实施创新驱动发展战略，强化集群创新网络政策发展导向，大力发挥长株潭的核心辐射带动作用，同时坚持长株潭、洞庭湖、湘南、湘西四大区域板块协调联动发展理念，推动湖南省各市州高新技术产业集群协同创新，助力构建“一核两副三带四区”的区域经济发展格局。(2)加强网络创新要素集成优化。充分利用和发挥新一代信息技术，实现知识、技术、信息、人才等高端创新要素资源快速发展和集成优化，夯实科技人才队伍，激发自主创新潜力，进一步优化产业结构，培育创新型高新技术产业集群，同时发挥区域创新协同效应，推动打造具有核心竞争力的科技创新高地，助推湖南省“三高四新”战略的实施。(3)加快创新网络运行机制建设。加快建设高新技术产业集群创新网络运行的动力机制、信息共享机制、合作创新机制、共赢激励机制、信任监督机制、风险控制机制、进入与退出机制等运行机制，发挥产业集群创新网络健康发展的机制保障作用，促进湖南省高新技术产业集群创新网络的优化。

参考文献：

- [1]Fayoumi, Amjad. Ecosystem-inspired enterprise modelling framework for collaborative and networked manufacturing systems[J]. Computers in Industry, 2016, 80(3615(16)30062):54-68.
- [2]张敬文, 李一卿, 陈建. 战略性新兴产业集群创新网络协同创新绩效实证研究[J]. 宏观经济研究, 2018(9):109-122.
- [3]康淑娟, 安立仁. 知识距离视角下全球价值链网络嵌入与创新能力的关系研究[J]. 财经理论与实践, 2019, 40(4):107-115.
- [4]Zeng J ,Liu D ,Yi H . Agglomeration, structural embeddedness, and enterprises' innovation performance: An empirical study of Wuhan biopharmaceutical industrial cluster network[J]. Sustainability, 2019, 11(14):3922.
- [5]刘霞, 夏曾玉, 张亚男. 不确定环境下本地与跨区域网络对集群企业创新影响研究[J]. 科研管理, 2019, 40(6):184-194.
- [6]叶琴, 曾刚. 不同知识基础产业创新网络与创新绩效比较——以中国生物医药产业与节能环保产业为例[J]. 地理科学, 2020, 40(8):1235-1244.
- [7]Zhong Q ,Tang T . Impact of government intervention on industrial cluster innovation network in developing countries[J]. Emerging Markets Finance and Trade, 2018, 54(13-15):3351-3365.
- [8]朱桂龙, 蔡朝林, 许治. 网络环境下产业集群创新生态系统竞争优势形成与演化：基于生态租金视角[J]. 研究与发展管理, 2018, 30(4):2-13.
- [9]周灿, 曹贤忠, 曾刚. 中国电子信息产业创新的集群网络模式与演化路径[J]. 地理研究, 2019, 38(9):2212-2225.
- [10]魏江. 产业集群——创新系统与技术学习[M]. 北京：科学出版社，2003.
- [11]范太胜. 基于产业集群创新网络的协同创新机制研究[J]. 中国科技论坛, 2008(7):26-30.
- [12]李海东. 基于社会网络分析方法的产业集群创新网络结构特征研究——以广东佛山陶瓷产业集群为例[J]. 中国经济问题, 2010(6):25-33.
- [13]贺正楚, 刘亚茹. 集群创新网络、核心企业与轨道交通装备制造业的发展[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版), 2019,

22(1):162-174.

[14]杨清可,段学军,张伟,叶磊.中国高新技术产业发展水平格局演变及影响因素分析[J].长江流域资源与环境,2014,23(12):1649-1658.

[15]温焜.供给侧结构性改革视域下金融发展与产业结构优化的门槛效应研究[J].产业组织评论,2017,11(2):37-51.

[16]王洁,曹莉莎.区域创新体系视角下的科技创新能力评价研究——以东莞为例[J].科技管理研究,2014,34(12):63-67.

[17]刘军.社会网络分析导论[M].北京:社会科学文献出版社,2004.

[18]白俊红,蒋伏心.协同创新、空间关联与区域创新绩效[J].经济研究,2015,50(7):174-187.

[19]王德忠,庄仁兴.区域经济联系定量分析初探——以上海与苏锡常地区经济联系为例[J].地理科学,1996(1):51-57.

[20]欧向军,薛丽萍,顾雯娟.江苏省县市经济联系的空间特征[J].经济地理,2015,35(8):24-31.

[21]李琳,牛婷玉.基于SNA的区域创新产出空间关联网络结构演变[J].经济地理,2017,37(9):19-25+61.

[22]邵汉华,周磊,刘耀彬.中国创新发展的空间关联网络结构及驱动因素[J].科学学研究,2018,36(11):2055-2069.

注释:

1 限于篇幅,湖南省高新技术产业集群创新网络关系强度矩阵及热力图在此没有给出,如有需要可以向作者索取。

2 限于篇幅,湖南省高新技术产业集群创新网络凝聚子群热力图在此没有给出,如有需要可以向作者索取。