

国家高新区自主创新效率空间关联网络的实证研究

王文婷^{1,2}, 管利荣¹, 王迪飞¹, 钞锦龙³

(1. 南京航空航天大学 经济与管理学院 南京 211100; 2. 太原工业学院 经济与管理系 太原 030008;

3. 太原师范学院 地理科学学院 太原 030006)

摘要:在对国家高新区自主创新效率测度的基础上,通过改进的万有引力模型建立国家高新区自主创新效率空间关联网络,并运用社会网络分析方法对其进行了实证分析。研究发现:西部和东北部高新区自主创新效率最高,中部居中,东部最低;战略新兴产业自主创新效率较高;大部分高新区属双向溢出板块和净溢出板块,珠三角高新区属于净受益板块;自主创新空间关联网络呈典型的凝聚子群特征;各高新区在不同网络层次中扮演不同中间人角色。

关键词:国家高新区;自主创新;效率;空间关联;社会网络分析

中图分类号:F064.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)1—0061—13

经过30年的发展,我国国家高新区在发挥自主创新主导作用、促进高端产业集群加速成型、带动区域经济持续增长等方面取得了显著成绩。但国家高新区普遍存在的创新资源投入不均衡、投入结构安排不合理、地区创新效率差异明显、自主创新知识流动性不足等问题,已制约了其自主创新发展的进程^[1]。同时,在区域协调发展、产学研合作不断深入和产业结构不断优化的背景下,国家高新区自主创新效率空间关联网络已呈现出复杂的结构形态。因此,科学测量国家高新区自主创新效率,深入分析国家高新区自主创新效率的空间关联网络结构,对合理分配有限创新资源、构建我国跨区域协同创新机制和带动区域经济发展有重要的现实意义。

一、文献回顾

目前,对于自主创新的研究主要集中在自主创新内涵、区域自主创新和产业自主创新等领域。已有研究指出,自主创新的内涵不仅包括通过努力获取产权和收益的主动性,还包括对收益的有效控制^[2];自主创新框架构建应从主体、成果和程度三个角度考虑^[3]。21世纪以来,对区域自主创新的研究取得进一步进展,分别在区域自主创新能力和效率的评价^[4-5]、指标体系构建^[6]、区域发展战略对自主创新影响的作用机制^[7]等领域取得了丰富的研究成果。近几年对产业自主创新方面的研究主要关注于自主创新对产业结构高端化的促进作用^[8]、对外合作和技术溢出对我国高技术产业自主创新的促进作用^[9-10]和区域知识溢出对不同性质产业自主创新的影响^[11]等。

高新区是自主创新进程中的排头兵,高新区效率的评价从多角度开展,其主要测度方法为数据包络分析法,相关研究集中在高新区效率测度和影响因素分析方面^[12],同时对高新区和母城关系的研究也做了深入探讨^[13],并关注了创新激励政策对高新区创新效率的影响问题^[14]。

综上所述,关于高新区自主创新效率的研究主要停留在属性层面的效率测度、效率评价和效率提升等方

收稿日期:2019—10—12

基金项目:国家自然科学基金“基于产学研跨组织知识集成网络的战略性新兴产业集群机制研究”(71573124);江苏高校哲学社会科学研究重大项目“生态学视角的江苏战略性新兴产业集群链运行模式研究”(2019SJJZDA036);江苏省社会科学基金“基于产学研跨组织知识集成的江苏战略性新兴产业发展机制研究”(18EYB015);山西省高等学校哲学社会科学研究项目“山西省产学研联盟创新能力评价研究”(2019W188);国家社科后期资助项目“基于跨组织知识集成的网络型产学研协调机制研究”(19FGLB031);山西省人力资源和社会保障重点科研项目“《山西省激发重点群体活力带动城乡居民增收的实施方案》政策效果评估方案研究”(RSKY201801)

作者简介:王文婷(1985—),女,山西吕梁人,南京航空航天大学经济与管理学院博士研究生,太原工业学院经济与管理系讲师,研究方向:企业管理、科技创新管理;管利荣(1968—),女,内蒙古集宁人,南京航空航天大学经济与管理学院教授,博士研究生导师,研究方向:科技创新管理、管理预测与决策、软计算方法;王迪飞(1992—),黑龙江大庆人,南京航空航天大学经济与管理学院博士研究生,研究方向:复杂系统与管理网络;钞锦龙(1984—),山西吕梁人,太原师范学院地理科学学院硕士研究生导师,研究方向:区域气候资源评价开发与可持续发展。

面,且在效率评价指标上难以体现“自主创新”,尚未从自主创新效率的空间关联结构角度体现其创新效率发展的空间格局和特征。而随着自主创新合作模式的多样化,自主创新效率已呈现出网络关联性、模块化和凝聚子群等特征。社会网络分析法(social network analysis, SNA)可以将属性数据转化为关系数据,将地理邻近关系转化为空间关联关系^[15],已在企业管理^[16]、技术演变^[17]、合作创新^[18]、资源效率^[19-20]等领域取得了一定的研究成果。我国现有国家级高新区 168 个,其中我国自主创新示范区内高新区在加快战略性新兴产业发展、推进自主创新发展进程中,起到先试先行、探索试验的先锋作用。因此,本文以国家自主创新示范区内国家高新区为研究对象,利用数据包络分析方法(data envelopment analysis, DEA)对其自主创新效率进行测度,运用社会网络分析方法构建其自主创新效率空间关联网络,并分析其网络特征、演化规律和影响因素,进而提出促进国家高新区跨区域协同发展的政策建议,以期为更好地发挥国家高新区的示范效应提供决策参考。

二、数据来源和研究方法

(一)自主创新效率的指标选取和数据来源

我国于 1988 年批复成立北京市新技术产业开发试验区为第一个国家高新区,截至 2018 年年底已发展至 169 个。为探索国家高新区的发展经验,使其在自主创新发展、战略性新兴产业建设、区域协调发展等领域起到重要的示范、辐射和引领作用,我国于 2009 年批复成立中关村国家自主创新示范区为第一个国家自主创新示范区,截至 2018 年年底已成立 20 个。目前国家自主创新示范区内包括国家高新区 55 个。据《中国火炬统计年鉴》公布数据显示,2017 年底示范区内高新区营业收入为 94.59 万亿元,占全国国家高新区营业收入的 54.33%,整体发展态势良好。因此,选择国家自主创新示范区内的国家高新区作为自主创新效率空间关联网络的研究对象具有代表性和可行性,以下研究中提及的高新区即指国家自主创新示范区内的国家高新区。

结合以往研究,本文认为,国家高新区自主创新是指由国家高新区主导开展的,在某一领域内从事发明或发现活动、内在结合现有技术产生新技术或融合学习国外先进技术实现技术创新的活动过程,其主要体现在依靠国家高新区自身实力进行创新活动,而非依赖外界。国家高新区自主创新效率能有效衡量国家高新区自主创新活动的投入产出转化率及高新区自主创新发展水平。借鉴以往研究,本文采用 DEA 中的 CCR 模型,选取多项投入指标和多项产出指标分析高新区创新效率问题。自主创新效率的投入变量为高新区高新技术企业数、R&D 全时当量和 R&D 内部经费投入,主要原因如下:通过调研走访得知,我国国家高新区内企业众多,但并不是所有企业都有能力主导和开展创新活动,而我国对高新技术企业认定条件中明确规定了科技从业人员比例、从事研究开发领域、技术型相关收入占比、研发费用投入占比等要求,保证了被认定的企业具有较强的自主创新能力,可以依据自身实力进行自主创新研究,因此选择高新技术企业数作为投入变量之一来体现高新区对自主创新物质资源的投入情况;R&D 全时当量可以体现国家高新区对自主创新的研发人员投入情况;R&D 内部经费投入体现了高新区对自主创新的经费投入情况。自主创新效率的产出变量为高新区技术收入和产品销售收入,其中技术收入包括技术转让收入、技术承包收入、技术服务收入和接受委托科研收入四部分,是国家高新区通过技术创新和研发活动形成的直接收入总和,所以采用其作为产出指标来体现自主创新结果的技术部分的收益情况;高新区产品销售收入不同于体现高新区所有活动结果的“营业收入”,也不同于含有因销售外购产品而获得的“商品销售收入”,其体现了高新区内通过创新活动自身生产的产品的总收入,所以采用其作为产出指标来衡量国家高新区自主创新结果中的产品销售收益情况。

我国从 2013 年开始公布国家级高新区内的高新技术企业数和 R&D 人员全时当量,因此以 2013—2017 年我国自主创新示范区内高新区的相关数据进行研究。因缺少 2013 年的镇江高新区、萧山高新区数据和 2014 年的萧山高新区数据,因此 2013 年研究对象为 53 个,2014 年为 54 个,但并不影响对自主创新整体网络和个体网络特征的研究。数据来源于《中国火炬统计年鉴》《中国科技统计年鉴》和各地市统计年鉴,高新区和产业划分数据来源于国家统计局网站的《战略性新兴产业分类(2018)》和我国科技部火炬高新技术产业开发中心网站。

(二)自主创新效率空间关联网络关系的测度

我国高新区空间关联网络构建的基础是空间关系的确定。就目前研究来看,主要采用万有引力模型和 VAR Granger Causality 检验方法来确定空间关系。但后者无法展示网络的动态演化特征^[13],且对滞后结束的选择过于敏感,在一定程度上会降低对网络结构特征刻画的准确程度,因此本研究采用改进后的万有引力模型建立自主创新效率空间关联网络。

17 世纪牛顿提出基本的万有模型为

$$F = \frac{GMm}{R^2} \quad (1)$$

其中: F 表示两物体间的引力; G 为万有引力常量; M 为物体 1 的质量; m 为物体 2 的质量; R 为两物体间的距离大小。

为了更好地将基本万有引力模型用于对高新区自主创新关联网络的研究中,将基本模型做如下改进:自主创新效率能有效衡量自主创新活动多种关键要素投入产出情况,将其确定自主创新空间关联结构的“质量”指标;采用两高新区所在地球面距离和两高新区所在城市人均 GDP 差值的比值,作为引力模型的距离指标作为两高新区间的“经济距离”;借鉴邵汉华和周磊^[13]以及杨桂元等^[21]的思想,将某高新区关键质量指标在两高新区中所占比重作为修正经验常数,修正后的万有引力模型如下:

$$R_{ij} = k_{ij} \frac{E_i E_j}{\left(\frac{D_{ij}}{g_i - g_j} \right)^2} \quad (2)$$

$$k_{ij} = \frac{E_i}{E_i + E_j} \quad (3)$$

其中: R_{ij} 表示高新区自主创新效率关联关系强度; E_i 、 E_j 分别表示高新区自主创新效率; D_{ij} 表示两高新区间球面距离,使用 Arcgis 软件计算得出; g_i 、 g_j 表示高新区所在城市或地区的人均国内生产总值,距离衰减指数取值一般为 2; k_{ij} 表示 i 高新区在 i, j 高新区自主创新关联中的贡献率,建立国家高新区自主创新效率空间关联矩阵 S 。为研究方便,取矩阵 S 中每一行的均值作为行高新区与其他高新区自主创新效率关联程度的临界值,若 R_{ij} 大于或等于该临界值,取值为 1,表示该行高新区与该列高新区自主创新效率存在关联关系;否则取值为 0,表示二者间不存在关联关系,从而建立无权有向矩阵,来研究高新区间的效率空间关联特征及演化规律。

(三)社会网络分析方法

社会网络分析法可以将属性数据转化为关系数据,通过对网络指标的测度,对我国高新区自主创新效率空间关联网络的整体网特征、个体网特征、聚类特征、中间人角色等进行分析。

1. 整体网特征指标

网络的关联性(C)是分析两行动者间在多大程度上可以建立联系的指标,用来衡量高新区之间的独立性和脆弱性,体现对其他成员的依赖程度。设 V 为自主创新效率关联网络中不可达的园区数目, N 为网络中高新区的数量,其计算公式为

$$C = 1 - V/[N(N-1)/2] \quad (4)$$

网络密度(D)是衡量社会网络中行动者间相互关系松紧程度的指标,是网络中实际存在边数与同等规模全连接网络边数之比^[22],网络密度越大,表明高新区间自主创新效率的空间关联程度越紧密。设 L 为网络中实际存在的自主创新效率关联关系数, $N(N-1)$ 为网络中最大可能存在的关系数则其表达式如下:

$$D = L/[N(N-1)] \quad (5)$$

网络效率(GE)是指在是指在网络中行动者数量已知的情况下,网络在多大程度上存在着冗余的线,用来衡量自主创新效率空间关联网络中的高新区,在多大程度上存在着使网络稳定性下降的多余的关系。设 M 为自主创新效率关联网络中冗余的关系, $\max(M)$ 为网络中最大可能冗余的关系数,其表达式为

$$GE = 1 - M/\max(M) \quad (6)$$

网络的等级度(GH)表达了行动者之间在多大程度上非对称的可达,反映空间关联网络的等级结构。设 K 为自主创新网络中对称可达的高新区对数, $\max(K)$ 表示 i 可达 j 或者 j 可达 i 的高新区数目,其计算公式如下:

$$GH = 1 - K/\max(K)$$

(7)

2. 个体网特征指标

个体网主要用来研究各高新区在自主创新效率空间关联网络中的权力大小和是否处于核心位置。

度数中心度(C_{Ad})是指与行动者直接相连的其他行动者的个数,用来衡量高新区是否处于自主创新效率关联网络的核心位置;在有向网络中,顶点有出度和入度两种,二者在可以根据实际情况来测量网络的中心度。出度表示该行动者直接发出的关系个数,来衡量某高新区是否产生效率溢出效应;入度指直接进入该行动者的关系数,表示高新区是否从外界受益。

中介中心度(C_{ABi})是指如果一个行动者处于其他多对行动者的最短路径上时,此行动者具有较高的中介中心度,用来衡量高新区对自主创新资源的控制程度。设高新区 j 和高新区 k 间存在的捷径数目为 g_{jk} ,存在经过第三个点 i 的捷径数目为 $g_{jk}(i)$, 高新区数目用 N 表示,则高新区 i 的中间中心度其表达式为

$$C_{ABi} = \sum_j \sum_k \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}}, j \neq k \neq i \text{ 且 } j < k$$

(8)

接近中心度(C_{Ap})是测量一个行动者与网络中所有其他行动者的“距离”的指标,用来衡量高新区在信息传递方面是否更容易,以及不受其他高新区控制的能力,设网络中高新区 i, j 之间的捷径距离用 d_{ij} 表示,高新区数目用 N 表示,则接近中心度表示式如下:

$$C_{APi}^{-1} = \sum_{j=1}^N d_{ij}$$

(9)

3. 块模型分析

块模型分析是指通过聚类分析将板块中有相似特征的行动者聚集到一个板块中,将多个行动者作为一个整体来研究其在空间关联网络中的角色和地位,其关注的是网络的总体结构特征。借鉴 Wasserman 和 Faust^[23]对网络模块划分的方法,将高新区效率空间关联网络划分为双向受益板块、净收益板块、经纪人板块和净溢出板块,从整体上研究板块间的关联程度和溢出效应,并通过像矩阵分析其网络演化过程中网络的总体结构变化和板块间相互关系变化。

4. 中间人分析

不论在高新区自主创新效率关联网的整体网络中,还是各板块中,都存在着掌握多个群体间“秘密”的中间人。研究引用 Gould 和 Fernandez^[24]对中间人的分类,将高新区根据中间人角色分为协调人、守门人、代理人、顾问和联络人五类,如图 1 所示。图 1 中 B 分别依次代表这五种角色,箭头方向表示关系溢出方向。若 A、B、C 同处一板块中,则 B 是协调人角色;若 A、C 同属一板块, B 属另一板块,则 B 是顾问角色;若 B、C 同处于一板块, A 属于另一板块,则 B 是守门人角色;若 A、B 同处一板块, C 属另一板块,则 B 是代理人角色;若 A、B、C 分属不同板块,则 B 为联络人角色。

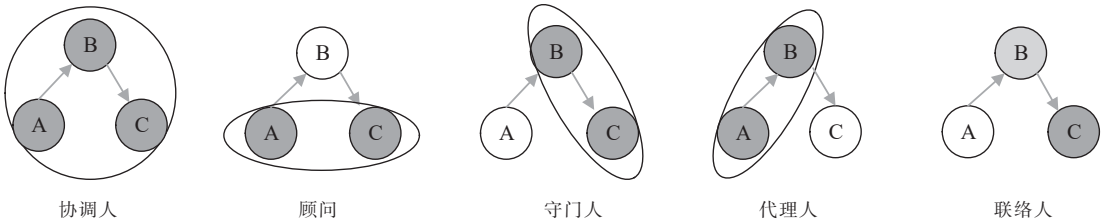


图 1 五种中间人角色示意图

三、国家高新区自主创新效率的空间网络结构分析

本文以近 5 年国家高新区自主创新效率作为构建空间关联矩阵的基础数据,构建无权有向二值矩阵,进行空间网络结构特征分析。

(一)高新区效率格局

通过对近 5 年国家高新区投入产出进行分析,我国示范区高新区效率见表 1。根据我国经济发展的总体形式和《中国火炬年鉴》对我国经济的分区(火炬统计 2018),研究分别从东部、中部区、西部和东北部来分析国家高新区效率分布情况,经统计,我国各地区高新区数量分别为 35 个、10 个、8 个和 2 个。由表 1 可知,西部和东北部高新区五年平均效率最高,东部 5 年平均效率最低;总体来看,各地区近 5 年来效率均呈缓慢下降趋势,其中东北部高新区 5 年来效率下降速度最快,而中部下降速度趋于平缓,值得一提的是西部高新区近两年效率增速较快且已超过其他地区。

表 1 高新区 5 年自主创新效率

高新区名称	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	高新区名称	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
中关村科技园区	0.653	1.000	0.518	0.563	0.573	福州高新区	0.323	0.559	0.468	0.388	0.483
上海张江高新区	0.406	0.463	0.444	0.418	0.627	厦门高新区	0.286	0.203	0.192	0.197	0.241
上海紫竹高新区	0.391	1.000	0.940	0.758	0.915	泉州高新区	0.600	0.324	0.194	0.246	0.275
南京高新区	0.405	0.469	0.382	0.339	0.549	温州高新区	0.292	0.289	0.209	0.141	0.151
苏州高新区	0.428	0.396	0.278	0.320	0.401	宁波高新区	0.465	0.677	0.531	0.497	0.545
无锡高新区	0.366	0.351	0.307	0.531	0.584	东部均值	0.499	0.578	0.492	0.477	0.489
常州高新区	0.408	0.355	0.760	0.626	0.919	武汉高新区	0.665	0.783	0.924	0.983	1.000
昆山高新区	0.412	0.352	0.226	0.222	0.235	长沙高新区	0.395	0.389	0.430	0.406	0.501
江阴高新区	0.490	1.000	0.373	0.471	0.518	株洲高新区	0.362	0.464	0.595	0.536	0.622
武进高新区	0.206	0.217	0.235	0.274	0.326	湘潭高新区	0.861	0.451	1.000	1.000	1.000
镇江高新区	—	0.451	0.379	0.217	0.230	郑州高新区	0.857	1.000	1.000	0.668	0.402
苏州工业园区	0.240	0.211	0.230	0.729	0.292	洛阳高新区	1.000	0.709	0.700	0.472	0.312
天津高新区	0.898	0.668	0.537	0.258	0.310	新乡高新区	0.631	0.902	0.937	1.000	0.814
杭州高新区	0.690	0.824	0.825	0.990	1.000	合肥高新区	0.496	0.734	0.692	0.511	0.787
萧山高新区	—	—	0.531	0.685	0.622	芜湖高新区	0.410	0.185	0.267	0.273	0.262
深圳高新区	0.526	0.446	0.525	0.534	0.679	蚌埠高新区	0.185	0.251	0.206	0.334	0.405
广州高新区	0.492	1.000	0.504	0.295	0.326	中部均值	0.586	0.587	0.675	0.618	0.611
中山高新区	1.000	1.000	0.459	0.573	0.234	成都高新区	0.786	1.000	0.850	0.651	0.656
东莞高新区	0.241	0.391	0.527	0.527	0.507	西安高新区	0.398	0.608	0.549	0.496	0.639
佛山高新区	0.507	0.599	0.494	0.352	0.323	重庆高新区	1.000	0.829	0.581	0.388	0.612
惠州高新区	0.843	0.787	0.702	0.488	0.417	兰州高新区	1.000	0.916	1.000	1.000	0.729
珠海高新区	0.271	0.277	0.300	0.215	0.167	白银高新区	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
肇庆高新区	0.715	0.957	0.458	0.477	0.286	乌鲁木齐高新区	1.000	0.793	0.505	1.000	1.000
江门高新区	0.466	0.432	0.289	0.211	0.176	昌吉高新区	0.803	1.000	0.562	1.000	1.000
济南高新区	0.930	0.935	0.747	0.623	0.737	石河子高新区	1.000	1.000	0.505	0.682	1.000
青岛高新区	0.419	0.322	0.758	0.552	0.579	西部均值	0.873	0.893	0.694	0.777	0.830
淄博高新区	0.762	0.755	0.933	0.843	0.870	沈阳高新区	0.874	0.934	1.000	1.000	0.996
潍坊高新区	0.443	1.000	1.000	1.000	0.719	大连高新区	0.573	1.000	0.683	0.457	0.580
烟台高新区	0.485	0.271	0.203	0.332	0.368	东北均值	0.724	0.967	0.842	0.729	0.788
威海高新区	0.415	0.665	0.779	0.807	0.920	各地区均值	0.581	0.641	0.568	0.556	0.571

从各高新区主导产业布局来看,如图 2 所示,依据我国科技部火炬高新技术产业开发中心网站公布的高新区主导产业表,对所有主导产业进行相似产业合并分类,并根据对应高新区的效率进行整理发现,近五年总体自主效率均高于 5 年平均效率(0.608)的产业为节能环保、新能源、生物医药、新材料,总体效率较低的为装备制造、机电一体化、软件和包括高技术服务、化工、纺织鞋服、电商在内的其他产业。自主创新效率最高的四个高新区主导产业均为战略性新兴产业,说明我国在加大对全社会经济发展有引领带动作

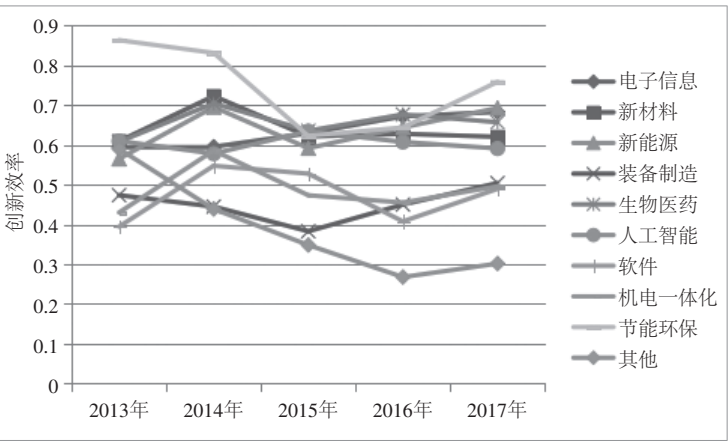


图 2 高新区各主导产业自主创新效率图

用产业投入的同时,取得了良好的自主创新综合收益。自主创新效率较低产业为机电一体化、软件和其他产业,原因可能是这些产业对从事研究发展和技术创新活动的要求相对较低,但在人员和经费投入上容易过量,导致整个产业总体自主创新效率整体偏低。

(二)高新区自主创新效率空间关联网络整体网结构特征及演化过程分析

以改进的引力模型为依据,建立我国 55 个示范区自主创新效率的空间网络,利用 UCINET 软件中 Net-draw 功能实现网络的可视化呈现,如图 3 和图 4 所示。可以看出,2017 年空间关联关系增多的同时,用粗线表示的双向关联关系数也增多,网络密度增大,效率关联网络更复杂。

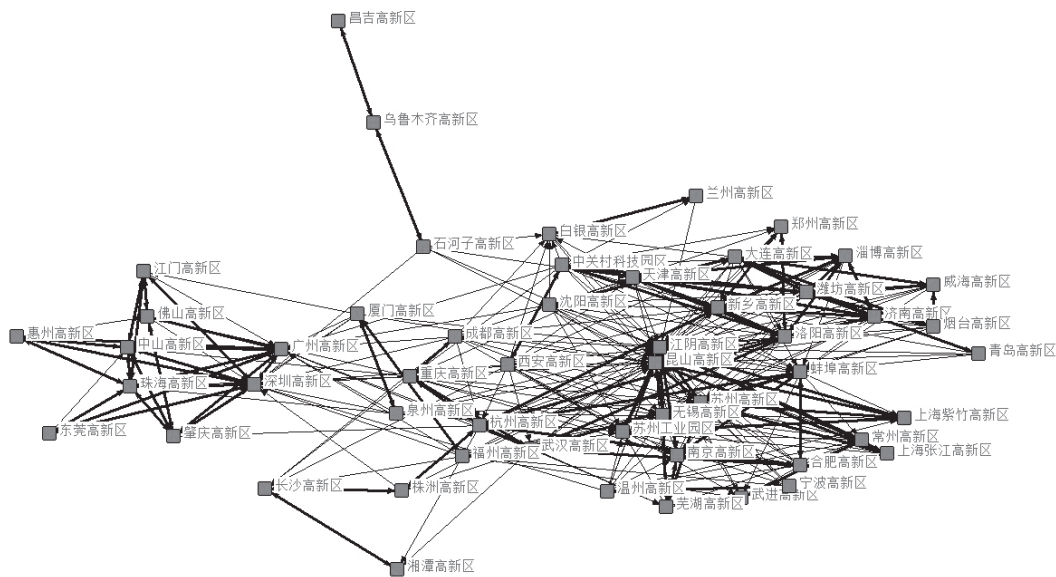


图 3 2013 年高新区自主创新效率空间关联网络

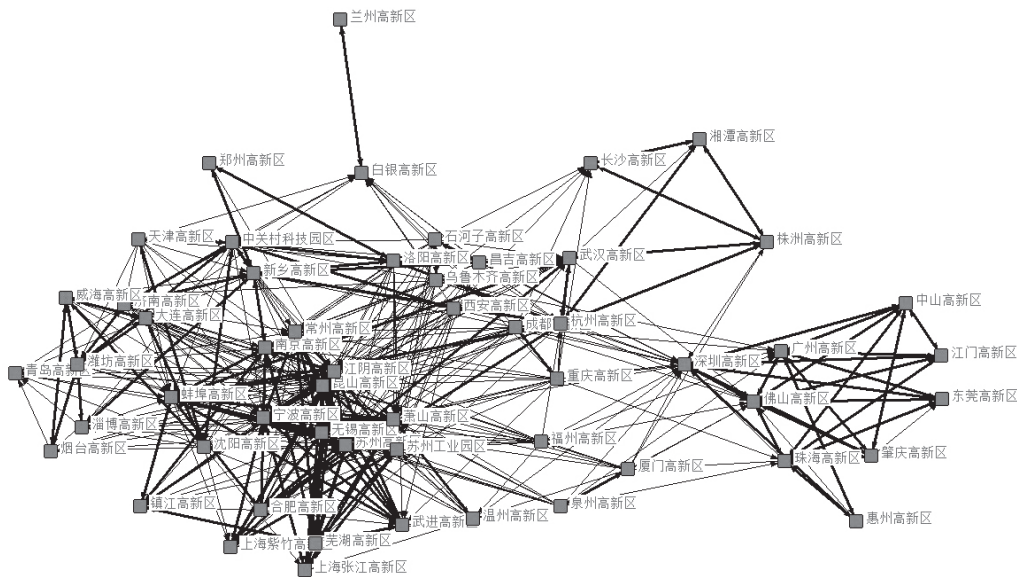


图 4 2017 年高新区自主创新效率的空间关联网络

具体对网络指标(表 2)的分析如下,历年的创新效率关系数基本呈上升态势,5 年增幅为 34.26%,高新区间协同创新力度加强;网络关联度均为 1,网络具有稳健性,任意两个高新区都可以建立空间关系,各高新区可共享发展成果;网络密度在 2015 年稍有下降,但在 2016 年、2017 年网络规模有所扩大的基础上总体上仍呈现上升趋势,说明自主创新效率空间关联网络

表 2 高新区自主创新网络指标

整体网指标	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
创新关系数	397	448	439	525	533
关联度	1	1	1	1	1
网络密度	0.144	0.1523	0.1488	0.1768	0.1795
密度标准差	0.3511	0.3523	0.3559	0.3815	0.3838
网络效率	0.8107	0.799	0.7925	0.7477	0.7547
网络等级度	0.5602	0.4993	0.5744	0.4648	0.5353

中高新区间相互关系趋向密切。网络密度的标准差从 0.3511 上升到 0.3837,说明高新区间创新效率关系的强度逐渐呈两极分化现象,高新区间整体创新效率发展不平衡的态势仍存在,网络中强联系和弱联系的差距随网络演化可能会越来越明显^[25];网络效率级差为 0.063,说明自主创新效率网络的冗余关系系数呈稳定态势。网络的等级度出现逐年波动的情况预示着自主创新效率的空间关联网络存在暂时难以打破的等级结构,实现跨区域多产业协同发展的创新目标任重道远。

(三)中心性分析

研究通过分析高新区的度数中心度、接近中心度和中介中心度来揭示各高新区在高新区自主创新效率关联网络中的地位和作用(表 3)。

表 3 高新区自主创新效率关联网络节点特征

序号	高新区名称	出度	排名	入度	排名	度数中心度	排名	接近中心度	排名	中介中心度	排名
1	中关村科技园区	13	14	10	19	29.63	21	53.465	26	0.898	28
2	武汉东湖高新区	10	24	12	16	31.481	17	58.696	12	3.229	11
3	上海张江高新区	7	35	9	22	16.667	43	47.788	41	0.03	49
4	上海紫竹高新区	6	40	10	19	18.519	40	48.214	40	0.045	47
5	南京高新区	8	32	19	10	37.037	10	56.25	21	1.226	26
6	苏州高新区	9	29	26	5	48.148	5	60	7	2.412	16
7	无锡高新区	10	24	28	4	51.852	4	61.364	4	3.001	13
8	常州高新区	7	35	22	6	40.741	7	57.447	16	1.236	25
9	昆山高新区	8	32	37	2	68.519	2	71.053	2	6.473	3
10	江阴高新区	12	18	39	1	72.222	1	72.973	1	9.095	2
11	武进高新区	7	35	13	15	24.074	30	51.923	28	0.247	39
12	镇江高新区	10	24	5	29	20.37	35	46.552	43	0.052	46
13	苏州工业园区	6	40	22	6	40.741	7	57.447	16	1.72	23
14	天津滨海高新区	11	21	2	44	20.37	35	50.467	31	0.387	37
15	长沙高新区	2	53	7	25	12.963	46	43.548	48	0.461	35
16	株洲高新区	5	47	5	29	11.111	48	43.902	47	0.522	34
17	湘潭高新区	3	51	4	36	7.407	52	40.299	50	0.03	50
18	成都高新区	18	2	1	47	33.333	15	60	7	3.279	10
19	西安高新区	17	4	1	47	31.481	17	58.696	12	1.865	20
20	杭州高新区	12	18	15	12	37.037	10	61.364	4	5.317	4
21	萧山临江高新区	9	29	22	6	46.296	6	60.674	6	2.617	14
22	深圳高新区	6	40	20	9	37.037	10	56.842	18	11.1	1
23	广州高新区	6	40	11	18	20.37	35	45.763	44	2.142	18
24	中山火炬高新区	6	40	6	26	11.111	48	39.416	51	0.036	48
25	东莞松山湖高新区	4	49	5	29	9.259	50	39.13	52	0.022	51
26	佛山高新区	7	35	14	14	25.926	27	49.541	36	3.755	9
27	惠州高新区	4	49	3	40	7.407	52	38.849	54	0.022	52
28	珠海高新区	7	35	8	23	16.667	43	45.763	44	0.756	31
29	肇庆高新区	6	40	6	26	12.963	46	41.86	49	0.152	41
30	江门高新区	5	47	5	29	9.259	50	39.13	52	0.022	53
31	济南高新区	15	7	4	36	29.63	21	50	33	0.755	32
32	青岛高新区	6	40	5	29	18.519	40	49.091	36	0.099	44
33	淄博高新区	10	24	4	36	22.222	32	50	33	0.112	43
34	潍坊高新区	14	9	8	23	27.778	23	49.091	36	0.441	36
35	烟台高新区	8	32	3	40	16.667	43	47.788	41	0.054	45
36	威海高新区	9	29	5	29	18.519	40	50	33	0.148	42
37	沈阳高新区	20	1	4	36	37.037	10	59.341	10	3.88	7
38	大连高新区	13	14	3	40	24.074	30	50.943	30	0.557	33
39	郑州高新区	3	51	2	44	5.556	54	45.763	44	0	54
40	洛阳高新区	16	6	5	29	31.481	17	58.065	12	2.578	15
41	新乡高新区	13	14	15	12	37.037	10	56.842	18	1.857	21
42	福州高新区	14	9	1	47	27.778	23	56.842	18	1.733	22
43	厦门高新区	11	21	1	47	20.37	35	54	25	2.3	17
44	泉州高新区	12	18	1	47	22.222	32	53.465	26	2.016	19
45	合肥高新区	14	9	6	26	25.926	27	51.923	28	0.294	38
46	芜湖高新区	10	24	10	19	20.37	35	50.467	31	0.191	40
47	蚌埠高新区	14	9	18	11	38.889	9	55.67	23	1.474	24
48	重庆高新区	17	4	1	47	31.481	17	59.341	10	3.853	8
49	温州高新区	13	14	3	40	27.778	23	55.102	24	1.086	27
50	宁波高新区	11	21	30	3	55.556	3	65.06	3	4.321	5
51	兰州高新区	1	54	1	47	1.852	55	33.333	55	0	55
52	白银高新区	1	54	12	16	22.222	32	49.541	36	4.198	6
53	乌鲁木齐高新区	18	2	1	47	33.333	15	60	7	3.161	12
54	昌吉高新区	14	9	1	47	25.926	27	56.25	21	0.877	30
55	石河子高新区	15	7	2	44	27.778	23	58.065	12	0.884	29

1. 度数中心度

采用度数中心度来判别度数来判定各高新区在自主创新效率空间关联网络中是否处于核心位置。点出度排名靠前的 5 个高新区分别为沈阳高新区、成都高新区、乌鲁木齐高新区、西安高新区和重庆高新区,其坐落在我国东北地区和西部地区省会或直辖市城市。研究取五个高新区共同出现 3 次以上的产业为其共同主导产业,分别为电子信息技术、装备制造和生物医药。这些高新区自主创新效率较高,对主导产业结构相似的高新区产生技术和人力等溢出效应,推动其他地区效率提升。点出度排名靠后的 5 个高新区是兰州高新区、白银高新区、长沙高新区、湘潭高新区和郑州高新区,坐落在中西部,共同主导产业为电子信息。这可能是由于长株潭和珠三角高新区在发展过程中形成了较为牢固的凝聚子群,对子群外的创新关系接收和溢出关系都较少导致的,而兰州和郑州高新区是在效率关联网络中与其他高新区都最少的关联关系。点入度较高前 5 个产业开发区分别是江阴高新区、昆山高新区、宁波高新区、无锡高新区和苏州高新区,其坐落在实施自主创新时间较早和周边产业开发区密集的江苏和浙江,其共同的主导产业为电子信息、装备制造、新能源和新材料,较高的点入度说明这些开发区承接了来自苏州工业高新区上海张江、上海紫竹、南京和杭州高新区的溢出效应;更进一步,其同时拥有较低点出度,说明其发展对其他高新区的自主创新资源产生了虹吸效应,使东部沿海地区密集的产业高新区创新资源向非省会和非直辖市的开发区聚集,分散了过多投入的创新资源对中心城市形成的压力。点入度最低的是成都高新区、西安高新区、福厦泉示范区内高新区、重庆高新区、兰州高新区、乌鲁木齐高新区和昌吉高新区,其主导产业是电子信息和装备制造,接受关系较少而对外溢出关系较多,自主创新效率受其他国家高新区影响较小,其中福厦泉内高新区受影响较小可能是关联网络中自主创新效率偏低导致的,其他地区可能是地理位置相对较远导致的。进一步分析,江阴高新区、昆山高新区、宁波高新区、无锡高新区、苏州高新区、萧山高新区、苏州工业园区和常州高新区为与外界效率关联关系最多的前八个高新区处在集中了我国约 1/4 国家自主创新示范高新区的江苏和浙江,主导产业为电子信息和装备制造,在网络中与其他高新区的创新效率关联程度最为密切,处在网络的核心位置。

2. 接近中心度

采用接近中心度测量高新区在自主创新效率关联网络中不受其他高新区控制的程度。2017 年高新区中介中心度均值为 52.44,排名靠前的 5 位分别是江阴高新区、昆山高新区、宁波高新区、萧山高新区和无锡高新区,这些高新区处于高新区密集的东部,与网络中其他高新区的网络距离较短,容易受到周边省会城市高新区、直辖市高新区和多国合作高新区的控制。而中山高新区、东莞高新区、江门高新区、惠州高新区和兰州高新区则处在网络的边缘位置,在创新关联中独立性更强。

3. 中介中心度

采用中介中心度反映各高新区自主创新过程中对创新资源的控制能力。2017 年高新区中介中心度均值为 1.80,中介中心度排名前 5 的高新区为深圳高新区、江阴高新区、昆山高新区、杭州高新区和宁波高新区,全部集中在经济发展水平高、产业自主创新起步早、创新资源投入多的东部地区,共同主导产业为电子信息和生命医药。这些高新区在我国高新区自主创新效率网络中充当着中介和桥梁作用,对整个创新效率网络具有较强控制力。具体来说,深圳在珠三角九大国家高新区凝聚子群中起到了重要的创新知识传承和引领作用;其余四个高新区承接了以江浙沪 15 个高新区为主的溢出效应,同时通过自身产业发展优势为我国其他高新区提供创新资源。中介中心度最低的高新区为兰州高新区、郑州高新区、惠州高新区、江门高新区和东莞高新区,处在中西部和东部。这些高新区处在网络的边缘地位,其共同主导产业为电子信息。兰州和郑州并未处于创新效率网络中连接任意两个高新区的最短路径上,缺乏对创新资源的控制力度,这可能是由经济发展相对落后、高素质人才流失严重和缺乏创新文化导致动力不足等多种原因引起的;其余 3 个高新区对资源控制程度低可能是因为深圳高新区和广州高新区的虹吸效应导致的。

综合 5 年网络来看,3 个中心度指标均靠前的高新区有江阴高新区、昆山高新区、杭州高新区、苏州高新区和深圳高新区,表明这 5 个高新区自主创新效率关联网络的核心地位,在自主创新驱动方面有较强的关联带动作用;3 个中心度指标均靠后的高新区有惠州高新区、江门高新区、东莞高新区、中山高新区和兰州高新区,在空间关联网络中处于边缘位置,对创新资源的控制能力相对较弱。

(四) 块模型及其演化过程分析

为更好的展现各高新区的网络角色位置和作用规律,研究引入社会网络分析领域的块模型进行聚类分

析。采用 UCINET 中对网络结构研究进行的 CONCOR 方法，以最大切分深度为 2，集中标准为 0.2，对网络进行聚类，将各板块期望内部关系比例和实际内部关系比例进行比较从而得出结论。

据表 4 可知，高新区自主创新效率网络中 2017 年存在关联关系总数为 533 个，比 2013 年净增 136 个，增加了 34.26%；其中板块内关系数 192 个，占比 36.02%，比 2013 年减少 82 个，减少了 29.93%；板块外关系数 341，占比 63.98%，比 2013 年增加了 218 条，增加了 177.24%。板块间存在明显的溢出效应，且在各高新区关联关系不断增强的同时，板块内部的关系数随时间推移逐渐减少而板块间的溢出效应在大幅增加。

具体而言，第一板块的国家高新区有 2/3 以上分布在以中关村示范区、苏南示范区和山东半岛示范区为主的东部发达地区；其主导产业囊括了除节能环保和其他产业外的所有产业。第二板块的国家高新区包括了东北唯一示范区和西部大部分示范区内；从示范区的角度研究发现，第二板块包含了东部、中部、西部和东北部部分示范区内所有高新区，如福厦泉、郑洛新、乌昌吉和辽宁深大示范区；其主导产业包含了除新能源和节能环保外的其他产业。第三个板块的成员全部分布在湖南省长株潭示范区；主导产业为装备制造。第四个板块的成员包括了中介效应排名第一的深圳示范区和由省内其他八个高新区组成的珠三角示范区；主导产业为电子信息、装备制造、生物医药和光机电一体化。

4 个板块在网络中的角色和位置分析见表 4：板块 I 既接受了来自其他板块的溢出关系，又对外发送了关系，且自己内部关系数也较多，因此板块 I 为双向溢出板块。板块 II 的内部关系数为 52 个，接受来自其他板块关系数 58 个，溢出到其他板块的关系数为 273 个，期望内部关系比例是 44.44%，大于实际内部关系比例 16%。可见板块 II 接受来自其他板块的关系数量和自身的数量都远远小于自身对外溢出的关系数，因此板块二为净溢出板块。板块 III 内部关系数为 6 个，接受来自其他板块关系数 10 个，溢出到其他板块的关系数为 4 个，期望内部关系比例是 3.7%，实际内部关系比例为 60%。可见板块 III 与外界联系比大于自身联系，因此板块 III 为经纪人板块。板块 IV 内部关系数为 51 个，接受来自其他板块关系数 27 个，溢出到其他板块的关系数为 0 个，期望内部关系比例是 14.81%，实际内部关系比例为 100%。可见板块 IV 只接受外部发送的关系，且对内部也发送关系，但是不对外发送关系，是典型的净受益板块。用同样的方法，可以判定出 2013 年高新区所属板块见表 4，其中第一板块为净溢出板块，第二板块为双向溢出板块，第三板块为经纪人板块，第四板块为净受益板块。

表 4 高新区自主创新效率关联网络板块溢出效应

年份	板块	接受关系矩阵				接受板块外关系数	溢出板块外关系数	内部期望关系比例	实际期望关系比例
		I	II	III	IV				
2013	I	101	77	7	9	10	93	36.54%	52.06%
	II	8	108	2	8	86	18	30.77%	85.71%
	III	2	1	6	1	9	4	7.69%	60.00%
	IV	0	8	0	59	18	8	19.23%	88.06%
2017	I	83	58	4	2	246	64	31.48%	56.46%
	II	243	52	6	24	58	273	44.44%	16.00%
	III	3	0	6	1	10	4	3.70%	60.00%
	IV	0	0	0	51	27	0	14.81%	100.00%

高新区所属示范区和主导产业分类见表 5。

通过对比发现，经过 5 年的发展，双向溢出板块成员增加 1 个，净溢出板块成员增加 3 个（镇江高新区和萧山高新区 2013 年未作统计，所以不计入 2017 年板块中增加数），经纪人板块成员减少 2 个，净收益板块成员减少 2 个，说明高新区自主创新空间关联网络中具有效率溢出效应的成员增加。大部分西部地区高新区处于净溢出板块，西部高新区溢出效应明显，东部处在双向溢出板块中的高新区最多，东部高新区双向溢

表 5 板块所属区域及主导产业分类变化

年份	板块	所属经济区域及数量(个)	所属国家自主创新示范区	高新区主导产业
2013	双向溢出	东部 13、中部 3、西部 1	上海张江、上海紫竹、温宁#、福厦泉、苏南、重庆、合芜蚌#	电子信息、新材料、新能源、装备制造、生物医药、人工智能、软件和光机电一体化
	净溢出	东部 9、中部 4、西部 5、东北 2	中关村、武汉东湖、山东半岛、沈大#、郑洛新#、天津、乌昌吉#、西安、杭州、成都、兰白#	电子信息、新材料、新能源、装备制造、生物医药、人工智能、光机电一体化和节能环保
	经纪人	中部 3、西部 2	长株潭#、乌昌吉	装备制造、新材料
	净受益	东部 11	深圳、珠三角#和福厦泉	电子信息、装备制造、生物医药、光机电一体化
2017	双向溢出	东部 15、中部 2、西部 1	苏南、山东半岛、中关村、上海紫竹、武汉东湖、杭州、郑洛新、温宁和兰白	电子信息、新材料、新能源、装备制造、生物医药、人工智能、软件和光机电一体化
	净溢出	东部 11、中部 5、西部 7、东北 2	上海张江、天津、福厦泉#、成都、温宁、乌昌吉#、山东半岛、郑洛新、辽宁沈大#、兰白、西安、重庆、合芜蚌#和苏南	电子信息、新材料、装备制造、生物医药、人工智能、软件、光机电一体化和其他
	经纪人	中部 3	长株潭	装备制造
	净受益	东部 9	深圳和珠三角#	电子信息、装备制造、生物医药、光机电一体化

注：#表示含多个高新区的示范区中所有高新区都包括在同一板块内。

出效应明显;净溢出板块主导的产业中,新能源和节能环保产业不再是共同主导产业,取而代之的是软件产业和包括高技术服务、化工、纺织鞋服、电商在内的其他产业;由于乌鲁木齐高新区和昌吉高新区进入净受益板块,经纪人板块中不再包含新材料主导产业。

为进一步在整体层次研究自主创新效率网络间成员关系,研究使用像矩阵对网络演化进行进一步分析。将整体网密度作为临界密度值,将两年矩阵转化为像矩阵。根据表 2 可知,用 2013 年和 2017 年网络的整体网密度 0.144 和 0.180 作为临界值,将各板块密度矩阵转化为像矩阵,结果见表 6。

表 6 密度矩阵和像矩阵变化

年份	板块	密度矩阵				像矩阵			
		双向溢出	净溢出	经纪人	净受益	双向溢出	净溢出	经纪人	净受益
2013	双向溢出	0.397	0.024	0.024	0.043	1	0	0	0
	净溢出	0.226	0.266	0.07	0.041	1	1	0	0
	经纪人	0.012	0.02	0.3	0.018	0	0	1	0
	净受益	0.043	0	0	0.536	0	0	0	1
2017	双向溢出	0.271	0.129	0.074	0.012	1	0	0	0
	净溢出	0.54	0.087	0.08	0.107	1	0	0	0
	经纪人	0.056	0	1	0.037	0	0	1	0
	净受益	0	0	0	0.708	0	0	0	1

演化过程中,自主创新效率关联网络板块在演化过程中并未出现预想的核心边缘结构,而是呈现明显的凝聚子群特征;各板块相互之间关系传递性较弱,只有板块Ⅱ向板块Ⅰ发送了关系,自主创新要素流向板块Ⅰ;板块内部关系活跃,呈现出板块内部成员在其主导产业上进行自主研发、技术攻关、相互合作和共同发展的格局。演化结束后,第二板块内部密度小于网络总体密度,说明其自身间联系变得较为稀疏,创新联系有所减弱,板块Ⅱ内部关系减少 49 个,净溢出却增加了 180 条,板块的溢出功能更加明显。为更直观地体现像矩阵变化情况,对 2013 年和 2017 年的像矩阵变化图做了可视化呈现,如图 5、图 6 所示。

呈现上述演变结果的原因可能有三:第一,从板块成员变化角度分析,演化结束后,北京、武汉、上海、杭州、郑州和兰州 6 个中心城市内的高新区从净溢出板块转变成成为双向溢出板块,这 6 个高新区演变过程中较高的自主创新效率加强了其与其他板块的创新双向交流且带动了整个网络的创新关联联系,在我国从表 6 也可以看出净溢出——双向溢出板块的密度从 0.226 增加到 0.54,成为了 2017 整个自主创新效率关联网络中,除净受益凝聚子群的广东省内高新区外的第二大创新关联的网络。广东省所有高新区形成稳固的凝聚子群,与其相近的自主创新效率、相似的产业机构和邻近的地理关系不无影响。第二,从产业结构角度分析,装备制造为所有板块中的主导产业,体现了我国优势产业的对效率创新关系的带动效用。经纪人板块中的长株潭示范区创新效率关联效率呈逐年上升趋势,在装备制造产业上呈现两两关联现象,体现了长株潭区域在我国中部地区自主创新改革中的先行者作用,并在我国东西部和南北方自主创新交流中起到了中介和桥梁作用。第三,从地理经济角度分析,不同板块所属区域在地理上呈集中趋势,一方面验证了邻近性角度认为的越接近的地方越容易发生创新关联观点,另一方面也说明我国在示范区布局时考虑了对示范区对周边地理经济区域的示范带动作用,使其与周边自主创新关联加强的战略布局。

(五)中间人角色分析

表 7 和表 8 通过充当网络中间人次数的计算结果,分析各高新区在整体网和 4 个板块中扮演间人角色。就各高新区充当中间人次数而言,宁波、江阴和昆山高新区充当协调员次数最多,这三个高新区均属于第二板块,是整体网络和第二板块的重要枢纽;深圳、江阴和昆山高新区充当守门人角色最多,在应对外来高新区溢出效应时起到了进入门户的窗口作用;江阴、新乡和蚌埠高新区充当代理人角色最多,是影响其他板块的主要输出窗口;蚌埠、萧山和江阴高新区充当顾问的角色较多,是各板块效率关联中主要的进入门户;杭州和武汉高新区充当联络人角色最多,是我国各高新区效率同时获得空间关联的重要依靠。

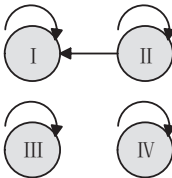


图 5 2013 年像矩阵图

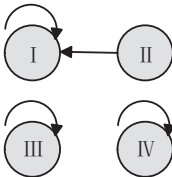


图 6 2017 年像矩阵图

表 7 中间人角色

高新区	协调员	守门人	代理人	顾问	联系人	总计	高新区	协调员	守门人	代理人	顾问	联系人	总计
中关村科技园区	0	10	0	65	0	75	福州高新区	0	0	7	0	0	7
武汉高新区	1	9	0	22	33	65	兰州高新区	0	0	0	0	0	0
上海张江高新区	16	1	0	0	0	17	济南高新区	4	0	15	7	0	26
江阴高新区	77	73	35	75	4	264	西安高新区	0	1	0	9	1	11
南京高新区	1	9	7	64	4	85	淄博高新区	7	0	5	4	0	16
苏州高新区	8	42	9	45	3	107	潍坊高新区	15	8	21	21	0	65
无锡高新区	8	48	15	70	4	145	烟台高新区	3	0	2	2	0	7
常州高新区	4	10	4	26	2	46	重庆高新区	0	0	0	0	2	2
昆山高新区	51	66	8	19	1	145	沈阳高新区	8	6	20	22	2	58
苏州工业园区	2	23	4	28	2	59	大连高新区	6	0	5	5	0	16
武进高新区	4	5	4	13	0	26	镇江高新区	3	0	2	5	0	10
郑州高新区	0	0	0	0	0	0	洛阳高新区	2	3	15	31	3	54
青岛高新区	0	2	0	6	0	8	新乡高新区	16	19	30	51	2	118
杭州高新区	1	22	2	48	48	121	芜湖高新区	0	7	2	44	0	53
萧山高新区	0	27	9	81	5	122	蚌埠高新区	15	25	27	86	0	153
白银高新区	0	0	2	8	1	11	株洲高新区	0	1	2	1	9	13
宁波高新区	86	53	9	12	1	161	成都高新区	0	0	0	1	2	3
威海高新区	0	2	0	16	0	18	湘潭高新区	0	0	0	0	3	3
上海紫竹高新区	0	0	2	11	0	13	江门高新区	5	0	0	0	0	5
天津高新区	5	0	2	0	0	7	肇庆高新区	6	4	0	0	0	10
长沙高新区	0	0	8	2	0	10	深圳高新区	16	73	0	0	0	89
厦门高新区	2	0	2	0	0	4	广州高新区	16	27	0	0	0	43
泉州高新区	0	0	5	0	0	5	中山高新区	7	0	0	0	0	7
合肥高新区	0	4	1	37	0	42	东莞高新区	5	0	0	0	0	5
温州高新区	2	0	9	6	1	18	佛山高新区	16	33	0	0	0	49
乌鲁木齐高新区	1	0	3	0	0	4	惠州高新区	5	0	0	0	0	5
昌吉高新区	0	0	0	0	0	0	珠海高新区	16	11	0	0	0	27
石河子高新区	2	0	0	0	0	2	总计	271	406	140	654	109	1580

更进一步分析,板块 I 中的江阴高新区是板块中最活跃的中间人,在板块内部充当中间人 77 次,在板块 I 和 II 间充当中间人 106 次,在板块 II 间充当中间人 75 次;板块 II 中蚌埠高新区是最活跃的中间人,在内部充当中间人 15 次,在板块 I 间充当中间人 86 次,在板块 I II 间充当中间人 52 次;板块 III 中株洲高新区为最活跃中间人,在其充当的 9 次中间人中全部为板块间中间人,印证了前文分析的其属于经纪人角色的结论;板块 IV 中深圳为最活跃的经纪人,其全部 89 次中间人角色都于自身板块有关,验证了前文其属于净受益板块的结论。

表 8 中间人在各板块中角色

园区	板块	板块			
		双向溢出	净溢出	经纪人	净受益
江阴高新区	双向溢出	77	35	0	0
	净溢出	71	75	0	0
	经纪人	2	4	0	0
	净受益	0	0	0	0
蚌埠高新区	双向溢出	86	25	0	0
	净溢出	27	15	0	0
	经纪人	0	0	0	0
	净受益	0	0	0	0
株洲高新区	双向溢出	0	2	0	2
	净溢出	4	1	1	1
	经纪人	1	0	0	1
	净受益	0	0	0	0
深圳高新区	双向溢出	0	0	0	0
	净溢出	0	0	0	62
	经纪人	0	0	0	11
	净受益	0	0	0	16

四、结论与建议

(一)研究结论

研究在对国家高新区自主创新效率进行测度的基础上,通过改进的万有引力模型建立了国家高新区自主创新效率空间关联网络;运用社会网络分析方法从网络整体特征、各高新区在网络中的地位、聚类情况和中间人角色等方面分析了自主创新效率关联网络的结构。主要结论如下。

(1)各项网络指标说明,近 5 年内各高新区的创新效率均有对外溢出的可能且溢出渠道不断增加,相互间创新关联日趋紧密,但联系间两级分化现象正逐渐拉大,且存在森严的网络等级结构。

(2)中心度研究结果表明,处于经济发展水平较高、周边高新区密集的江苏和浙江省高新区在自主创新效率网络中处于控制和支配地位;珠三角地区的高新区处在网络的边缘地区,不受其他高新区控制的能力较强。

(3)块模型分析结果表明,高新园区的自主创新效率关联网络呈现明显的凝聚子群特征,各板块间关系传递性较弱。东部近一半、东北全部和西部大部分示范区内园区在网络中起引领作用;以东部另一半为主的高新区处于网络处于网络的中心地位,对板块内外均起到引领作用;地处我国腹地的长株潭示范区属于经纪人板块,在网络中其中介和桥梁作用;珠三角地区的所有示范区均处于净收益板块,较少对外发送创新关系。各国家高新区主导产业分布情况会影响高新区效率,从而影响空间关联网络结构的特征。

(4)中间人角色分析结果表明,东部发达地区高新区充当各类中间人的角色较多,对效率溢出起重要中介作用;江阴高新区、蚌埠高新区、株洲高新区和深圳高新区分别为四个板块中最活跃的中间人,对板块内和板块间建立关联关系起到桥梁作用。

(二)政策建议

(1)优化国家高新区自主创新效率的空间关联网络结构,促进自主创新效率空间关联网络的形成,实现自主创新效率跨区域多产业协同提升。一方面,通过优化国家高新区产业结构,保障有限的自主创新要素的合理使用,促进各要素资源在国家高新区不同产业间的合理流动,实现国家高新区自主创新均衡发展;另一方面,在探索产业协同发展和区域协同发展的背景下,既要关注国家高新区自主创新过程中通过属性数据体现的效率问题,也要把通过关系数据体现的空间结构及溢出效应放在突出位置。

(2)把握国家高新区自主创新效率空间关联网络的网络特征,依据各高新区在网络中不同角色和地位,指定高新区差异化发展战略。加强中关村高新区、东湖高新区、张江和紫竹高新区、杭州高新区和深圳高新区对周边高新区或拥有相似产业高新区的效率辐射和溢出作用,使其在实现我国优化产业经济结构、推动经济发展质量和效率变革进程中发挥支撑和带动效应;重视长株潭和珠三角凝聚子群与外界政产学研合作沟通,探索其自主创新发展动能的溢出新渠道;制定苏南示范区和温宁示范区相对应的地方 R&D 投入计划和人才引进计划,强化其对周边高新区自主创新效率溢出效应的承接作用和与全国其他高新区空间关联的中介作用;加强福泉夏示范区内国家高新区与珠三角地区和杭温宁地区创新合作,提升自主创新效率;充分发挥各高新区在板块内外的中间人角色,促进板块间自主创新效率关联程度的提升。

(3)发挥政府宏观调控的作用,强化主导产业布局,使自主创新效率较高的战略新兴产业向中、西和东北部地区发展,促进自主创新资源向欠发达地区流动,保证欠发达地区国家高新区在承接东部溢出资源的同时,留住本土资源,从而打破效率关联网络中森严的等级结构。重视各高新区创新人才现状,搭建创新交流合作平台,鼓励和推动东部投入较多的科研人才向中西部、东北地区高新区流动,带动欠发达地区示范区释放创新活力,引领当地创新发展。

参考文献

- [1] 余珮,程阳.我国国家级高新技术园区创新效率的测度与区域比较研究——基于创新价值链视角[J].当代财经,2016(12): 3-15.
- [2] 宋河发,穆荣平,任中保.自主创新及自主创新性测度研究[J].中国软科学,2006(6): 60-66.
- [3] 万君康,李华威.自主创新及自主创新能力的辨识[J].科学学研究,2008,26(1): 205-209.
- [4] WEIS, ZHANG Q. Extension theory and its application in evaluation of independent in-novation capability[J]. Journal of Social & Clinical Psychology, 2009, 27(5): 471-504.
- [5] DU J L, LIU Y, DIAO W X. Assessing regional differences in green innovation efficiency of industrial enterprises in China [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(6): 940.
- [6] 欧光军,孙骞.基于SEM的高新区协同创新体系构建及影响因素探析——以56个国家级高新区为例[J].工业技术经济,2013(3): 97-104.
- [7] 朱玉林,齐晶晶.面向自主创新的区域发展战略及增长驱动效应[J].财经理论与实践,2017,209(38): 104-109.
- [8] 陈文翔,周明生.自主创新、技术引进与产业结构升级——基于外部性视角的省级面板数据的实证分析[J].云南财经大学学报,2017,186(4): 34-44.
- [9] 张云,赵富森.国际技术溢出、吸收能力对高技术产业自主创新影响的研究[J].财经研究,2017(3): 96-108.
- [10] TIAN L, LI Y. Double-edged sword effect of independent innovations and foreign cooperation: Evidence from China[J]. The Journal of Technology Transfer, 2017, 42(6): 1276-1291.
- [11] STANKO M A, OLLEROS X. Industry growth and the knowledge spillover regime: Does outsourcing harm innovativeness but help profit?[J]. Journal of Business Research, 2013, 66(10): 2007-2016.
- [12] 周姣,赵敏.我国高新技术产业开发区创新效率及其影响因素的实证研究[J].科技管理研究,2014,308(10): 1-6.
- [13] 邵汉华,周磊.国家高新区与城市经济效率的时空耦合协调研究[J].科技进步与对策,2018,450(14): 42-48.
- [14] 范硕,何彬.创新激励政策是否能提升高新区的创新效率[J].中国科技论坛,2018,267(7): 45-55.

- [15] 邵汉华,周磊,刘耀斌.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.
- [16] 申通远,朱玉杰.创新合作社会网络中企业中心性特征的影响因素[J].技术经济,2018,37(11):22-32,80.
- [17] WU C C. Constructing a weighted keywords-based patent network approach to identify technological trends and evolution in a field of green energy: A case of biofuels[J]. Quality & Quantity, 2016, 50(1): 213-235.
- [18] 吴钊阳,邵云飞,党雁.产业集群协同创新网络结构演化——以“一校一带”模式为例[J].技术经济,2018,37(1):8-17.
- [19] 黄杰.中国能源环境效率的空间关联网络结构及其影响因素[J].资源科学,2018,40(4):759-772.
- [20] 刘佳,宋秋月.中国旅游产业绿色创新效率的空间网络结构与形成机制[J].中国人口·资源与环境,2018,28(8):127-137.
- [21] 杨桂元,吴齐,涂洋.中国省际碳排放的空间关联及其影响因素研究——基于社会网络分析方法[J].商业经济与管理,2016(4):56-68.
- [22] 营利荣,刘思峰,张瑜,等.产学研协同创新的网络型模式研究[M].北京:科学出版社,2018:49.
- [23] WASSERMAN S, FAUST K. Social network analysis: Methods and applications[J]. Contemporary Sociology, 1995, 91(435): 219-220.
- [24] GOULD R V, FERNANDEZ R M. Structures of mediation: A formal approach to brokerage in transaction net work[J]. Sociological Methodology, 1989, 19(1989): 89-126.
- [25] 唐建荣,李晨瑞,倪攀.长三角城市群创新网络结构及其驱动因素研究[J].上海经济研究,2018(11):63-76.

Empirical Study on the Spatial Correlation Network of Independent Innovation Efficiency in National High-tech Zones

Wang Wenting^{1,2}, Jian Lirong¹, Wang Difei¹, Chao Jinlong³

(1. Department of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211100, China;

2. Department of Economics and Management, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan 030008, China;

3. Department of Geographic Science, Taiyuan Normal University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: This paper measures the efficiency of independent innovation in the national high-tech zone, improves the gravitation model, and establishes the spatial correlation network of the efficiency of independent innovation in the national high-tech zone. The characteristics of global network and individual network are analyzed by using social network analysis method. It is found that the west high-tech zone and the northeast high-tech zone have the highest efficiency of independent innovation, the middle high-tech zone has the medium efficiency of independent innovation, and the east high-tech zone has the lowest efficiency of independent innovation. The independent innovation efficiency of strategic emerging industries is the highest. Most high-tech zones belong to two-way spillover plate and net spillover plate, while pearl river delta high-tech zone belongs to net beneficiary plate. The spatial association network of independent innovation is typical of agglomerating subgroups. High-tech zones play different intermediary roles in the overall level and the internal level of the plate.

Keywords: national high-tech zone; independent innovation; efficiency; spatial correlation; social network analysis