

区域科技创新资源集聚能力的空间关联研究

——以湖北省为例

郭庆宾¹ 骆康²¹

(1. 海南大学 经济学院, 海南 海口 570228;

2. 湖北大学 商学院, 湖北 武汉 430062)

【摘要】：提升各城市间科技创新资源集聚能力的空间关联程度，对于实现该区域的协同创新和经济一体化的高质量发展具有重要意义。基于此，选取湖北省为研究对象，运用修正的引力模型及采用社会网络分析法对2004—2016年湖北科技创新资源集聚能力的空间关联进行分析，结果表明：（1）湖北科技创新资源集聚能力的空间关联特征明显，网络密度呈现下降的趋势，网络等级、网络效率呈现上升的趋势；（2）湖北科技创新资源集聚能力网络结构由“一核（武汉）多次（襄阳、宜昌、荆州、鄂州）”逐渐向“一主（武汉）两副（襄阳、宜昌）”的特征发展，武汉、宜昌、襄阳、鄂州、荆州的点度中心度、中介中心度、接近中心度值处于上游水平；（3）板块一（仙桃、神农架、潜江、荆门、襄阳、十堰）属于“净溢出”板块，板块二（天门、宜昌、荆州、恩施）属于“经纪人”板块，板块三（咸宁、武汉、鄂州、黄冈、黄石）属于“双向溢出”板块，板块四（孝感、随州）属于“净受益”板块。应从多途径构建科技创新资源集聚能力空间关联“通道”、增强“一主两副”城市辐射带动功能和推进科技创新资源合作平台的构建等三个方面进行政策引导，提升湖北科技创新资源集聚能力空间关联程度。

【关键词】：科技创新 资源集聚能力 空间关联

【中图分类号】：F061.5 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1003-8477（2019）05-0046-09

引言

随着经济全球化和区域一体化的深入推进，区域科技创新资源集聚能力的空间溢出效应随着知识、人才、技术等跨区域流动，已经超越了地理上的“邻近”区域，而表现为“跨区域流动”。这种跨区域流动，使得城市科技创新资源集聚能力的提升与其他城市（不仅仅是邻近城市）紧密相关，呈现出网络结构特征。在其中，政府和市场环境是推动城市间科技创新资源要素交融的重要力量：从政府层面来看，政府高度重视城市间科技创新资源要素的流动，并不断推出相应的措施，旨在促进城际间一体化发展；从市场环境层面来看，随着我国市场化改革的进行，市场的“无形之手”也推进了各城市间科技创新资源要素的自由流动，牵出城际之间千丝万缕的联系。因此有充足的理由相信，城际间科技创新资源集聚能力存在着较强的空间影响和空间关联，但是现实中是否如此？基于此，本文以湖北省为例，通过研究湖北科技创新资源集聚能力的空间关联以全面认识科技创新资源在集聚过程中城市间的联系并提出提升湖北科技创新资源集聚能力空间关联的政策建议。

作者简介：郭庆宾（1984—），男，博士，海南大学经济学院副教授；骆康（1993—），男，湖北大学商学院研究生。

基金项目：国家社科基金（18BJL056）；湖北省科技厅软科学项目。

目前国内外学者对科技创新资源集聚能力的研究主要集中如下几个方面：（1）科技创新资源集聚能力的测度。陈菲琼和任森^{[1] (p89-96)}、Glaese^[2]、米娟^[3]、郭宝洁^[4]等主要采用R&D经费支出来测度科技创新资源集聚能力，王奋和赵宏宇^{[5] (p137-140)}、郭庆宾和杨婉蓉^{[6] (p123-125)}分别采用赫芬达尔指数、熵值法测度科技创新资源集聚能力；（2）科技创新资源集聚能力的影响因素。Rosenthal^[7]、Cainelli^[8]、Chesnais^[9]、Bucovetsky^[10]等认为政府干预程度、对外开放水平、市场完善程度、技术市场交易额、经济水平会影响科技创新资源集聚能力。此外，朱英明等^{[11] (p28-44)}、陆根尧和罗晓华^{[12] (p59-77)}等还指出环境损害会对科技创新资源的集聚乃至在该地区的发展与成长产生显著的约束作用；（3）科技创新资源集聚能力与经济增长的关系。洪名勇^{[13] (p606-610)}、陈得文和苗建军^{[14] (p54-62)}等认为科技创新集聚能力对经济增长具有显著作用和区域差异性，盛彦文和马延吉^{[15] (p632-640)}、秦宇^{[16] (p82-88)}等从提高科技创新资源市场化、商业化程度方面来增加对经济增长的贡献率；（4）提升科技创新资源集聚能力的对策建议。孙莹和顾晓敏^{[17] (p48-56)}、曹亮^{[18] (p62-65)}、赵菁奇和刘赞扬^{[19] (p72-74)}等建议增强科技创新制度建设、构建科技创新信息共享平台，李王鸣和江勇^{[20] (p59-65)}还建议创造软环境吸引科技创新资源向本地集聚。

综上所述，当前学者对科技创新资源集聚能力的研究已经取得了丰硕成果，为后续研究奠定了良好理论和实践基础，但现有研究尚未考虑城市间科技创新资源集聚能力的空间关联特征。鉴于此，本文运用熵值法测算科技创新资源集聚能力的基础上，采用社会网络分析法考察湖北科技创新资源集聚能力的空间关联，从而全面掌握科技创新资源集聚能力网络结构的整体特征、网络中心性及空间集聚类型，进而有效推进湖北科技创新资源集聚能力协同发展。

一、数据来源与研究区域概况

（一）数据来源。

所需数据来源于2005—2017年《湖北统计年鉴》《湖北科技统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》。考虑到数据的连续性和稳定性，对于在研究时段内发生行政区划调整的城市，基于调整后最新的行政区划，对调整前的行政单元数据归并处理。城市之间的地理距离由ArcGIS10.5软件计算得来，并借助UCINET6.56软件、Python对数据进行合理化处理和可视化。

（二）指标选取。

科技创新资源包括高新技术产业、高等院校师生数量、科学技术人才、技术专利、科研经费等各种软硬件资源，本文基于科学性、系统性和可量性原则，咨询相关专家及借鉴学者^[6]（2017）最终确定科技创新资源集聚能力综合评价指标体系（表1）。

表1 科技创新资源集聚能力评价指标体系

评价指标体系	具体指标	评价指标体系	具体指标
	研究与开发（R&D）机构数量		技术市场成交额
	研究与开发（R&D）从业人员数量		高新技术企业主营业务收入
	研究与开发（R&D）人员全时当量		高技术产业新产品开发项目数
	研究与开发（R&D）经费支出总额		高技术产品进出口贸易总额
	研究与开发（R&D）经费投入强度		发表科技论文数量
	研究与开发（R&D）课题项目数量		出版科技著作数量
	高新技术企业数量		国内专利申请受理数
	高技术产业投资额		国内专利申请授权数
	高等学校专任教师数量		国内有效专利数
	高等学校在校大学生数		专利所有权转让及许可收入

（三）研究区域概况。

湖北省（东经108° ~116°，北纬29° ~33°）位于长江中游，洞庭湖北岸。北邻河南，南接江西、湖南，东靠安徽，西界重庆，东西长740.6公里，南北宽470.2公里，中南部为江汉平原，其余为鄂西山地、鄂北网地与鄂东低山丘陵。2016 年湖北省地域面积约18.6万平方千米、GDP总量3.23万亿元，分别占长江中游城市群的60.6%、47.5%。

二、科技创新资源集聚能力空间关联的网络分析方法

（一）科技创新资源集聚能力空间关联网络的构建。

城市间科技创新资源集聚能力的空间关联网络是城市间科技创新资源集聚能力空间关联的集合，各城市是网络中的“点”，各城市之间在科技创新资源集聚能力上的空间关联关系是网络中的“线”，由这些点和线便构成了城市科技创新资源集聚能力的空间关联网络。为构建科技创新资源集聚能力空间关联网络，本文先对科技创新资源集聚能力进行测度，再加入地理距离对传统的空间引力模型进行修正。

1. 科技创新资源集聚能力的测度。

本文基于上述确定的各项指标，采用熵权法测度科技创新资源集聚能力（限于篇幅，本文未列出）。同时，为了避免各个指标单位不统一给计算权重值所带来的影响，在处理数据时采用极差法对数据进行标准化处理，将数据转化为0至1区间内。

2. 空间引力模型的修正。

传统的空间引力模型主要用来测度城市之间的关联强度，常用的测度公式为：

$$X_{ef} = \lambda \frac{\sqrt{P_e G_e} \sqrt{P_f G_f}}{D_{ef}^2} \quad (1)$$

在式（1）中， X_{ef} 表示关联强度， e 、 f 分别表示不同的城市， P_e 、 P_f 分别表示 e 、 f 城市的年末人口总数， G_e 、 G_f 分别表示 e 、 f 城市的实际GDP， D_{ef} 表示城市 e 到城市 f 之间的地理距离，而年末人口总数与实际GDP的乘积开平方表示城市的实际经济状况， λ 为常数。

为了能够更精确地反映科技创新资源集聚能力的空间关联状况，本文参考 Nikzad^{[21] (p12-18)}（2014）、Teow 等^{[22] (p66-70)}（2018）、Babri 等^{[23] (p334-351)}（2017）、Lund-mark^{[24] (p191-202)}（2018）等采用修正的引力模型，修正的引力模型为：

$$X_{ef} = \lambda_{e,f} \frac{\sqrt[3]{P_e N_e G_e} \sqrt[3]{P_f N_f G_f}}{[D_{ef}/g_e - g_f]^2} \quad (2)$$

式（2）中除考虑传统的引力模型中城市年末人口总数、城市实际GDP、城市之间的地理距离指标外，还加入城市科技创新资源集聚能力值 N_e 、 N_f 和城市人均国内生产总值 g_e 、 g_f 来衡量城市科技创新资源集聚能力的空间关联状况，常系数 $\lambda_{e,f}$ 表示城市 e 的科技创新资源集聚能力值占城市 e 和城市 f 总值的比重。

根据修正的引力模型可以测算出湖北科技创新资源集聚能力的引力矩阵，计算引力矩阵中每行每列的平均值，记每行每列的平均值作为临界点，引力矩阵各单元值大于等于临界值说明该两个城市之间存在空间关联关系，该单元记为1；反之，引力矩阵各单元值小于临界值说明该两个城市之间不存在空间关联关系，该单元记为0；因此，将引力矩阵转化为空间关联的关系矩阵，便可构建出科技创新资源集聚能力的空间关联网络。

（二）科技创新资源集聚能力空间关联的网络特征刻画。

网络密度指标主要反映城市之间关联关系疏密情况的指标，网络密度值越大表示各个城市之间的空间关联关系越紧密，反之，空间关联关系不紧密，该测度的取值范围为[0, 1]。设 NI 表示网络密度，s、t 分别表示空间关系矩阵中实际关系数、城市个数，则

$$NI = \frac{s}{t(t-1)/2} \quad (3)$$

网络等级指标主要描述网络中城市之间在多大程度上是非对称地可达，反映各城市之间在网络中的支配地位，网络等级值越大表示城市在网络中支配地位越强，反之，在网络中支配地位越弱，该测度的取值范围为[0, 1]。设 NR 表示网络等级， α 、 β 分别表示空间关系矩阵中双向关联关系数、单向关联关系数，则

$$NR = 1 - \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (4)$$

网络效率指标是指在已知网络中所包含的成分数确定的情况下，网络在多大程度上存在多余的线，网络效率值越大说明各个城市之间空间联系不紧密，空间网络结构越不稳定、简单，该测度的取值范围为[0, 1]。设 NE 表示网络效率， $(t-1)$ 表示所有城市空间关联关系数的最小值， $t(t-1)/2$ 表示所有城市空间关联关系数的最大值，则

$$NE = 1 - \frac{s - (t-1)}{t(t-1)/2 - (t-1)} \quad (5)$$

点度中心度指标主要反映科技创新资源集聚能力在空间关联网络中的中心程度，点度中心度值越大说明该城市与其他城市联系越紧密，越处于空间关联网络的中心支配地位。设 PC 表示点度中心度， l_1 、 l_2 、L 分别表示点出度（点出度是指城市对其他城市发出的关系数）、点入度（点入度是指城市接受其他城市的关系数）、有向网络节点数，则

$$PC = (l_1 + l_2) / (2L - 2) \quad (6)$$

中介中心度指标主要反映城市对其他城市科技创新资源集聚能力的控制程度，中介中心度值越大说明该城市越处于中心位置，对其他城市的控制程度越大，其“中介”的作用越显重要。设 CC 表示中介中心度，L、 S_{jk} 、 $Z_{jk}(q)$ 分别表示有向网络节点数、城市 j、k 之间可达的捷径数、q 在城市 j、k 之间可达捷径上的概率，则

$$CC = 2 \sum_j^L \sum_k^L z_{jk}(q) / (L^2 - 3L + 2)$$

$$z_{jk}(q) = s_{jk}(q) / s_{jk} \neq k \neq q, j < k \quad (7)$$

接近中心度指标主要反映城市在科技创新资源集聚能力空间关联网络中不受其他城市控制的程度，接近中心度值越大说明该城市越不受其他城市控制。设 AC 表示接近中心度，L、 d_{qj} 分别表示有向网络节点数、网络节点 q，j 之间可达捷径的连接线条数，则

$$AC = \frac{1}{\sum_j^L d_{qj}} \quad (8)$$

（三）科技创新资源集聚能力空间关联网络的块模型分析。

块模型分析是一种研究网络位置模型的方法，根据块模型理论可以对各个板块在科技创新资源集聚能力中的角色进行分析。一般来说具有四种科技创新资源集聚能力的角色位置：一是“净受益”板块，在该位置上的科技创新资源集聚能力主体在板块内部关系比例相对较多，接受其他板块的关系数多于向其他板块发出的关系数，在此情况下称为“净受益”板块；二是“净溢出”板块，其成员在板块内部关系比例相对较少，向其他板块成员发出的关系数多于接受其他板块成员的关系数，此时称为“净溢出”板块；三是“双向溢出”板块，其成员向其他板块成员发出较多关系，同时对板块内部也发出较多关系，此时称为“双向溢出”板块；四是“经纪人”板块，其成员对外既接受也发送较多关系，其内部成员之间极少有联系，此时称为“经纪人”板块。

三、湖北科技创新资源集聚能力空间关联的实证分析

（一）湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络的特征分析。

1. 湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络的结构分析。

为研究湖北科技创新资源集聚能力的空间关联网络结构特征，本文首先根据修正的空间引力模型，遵照建立关系的原则，将湖北科技创新资源集聚能力空间关联关系转化为空间关系矩阵，利用 UCINET6.56 可视化工具 NetDraw 绘制了 2004、2009、2016 年湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络图（图 1、2、3）。由图可知，湖北省内各城市的科技创新资源集聚能力空间关联网络结构由 2004 年的“一核（武汉）多次（襄阳、宜昌、荆州、鄂州）”逐渐向 2009 和 2016 年“一主（武汉）两副（襄阳、宜昌）”的特征发展。出现这种情况的原因主要是鄂州、荆州科技创新资源集聚能力不断下降，武汉作为湖北省的科教中心，拥有众多知名高等院校，还占据着大量的国家重点实验室、技术研究中心等机构和高新技术企业。此外，襄阳和宜昌两个城市，作为湖北省政府提出打造的两个省内副中心城市，在汽车制造、化工产品、高新技术等产业方面研发实力雄厚，高等院校数量也较多。

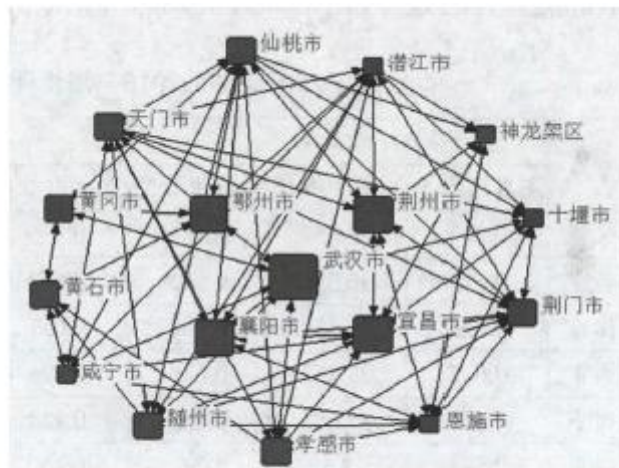


图1 2004年湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络结构图

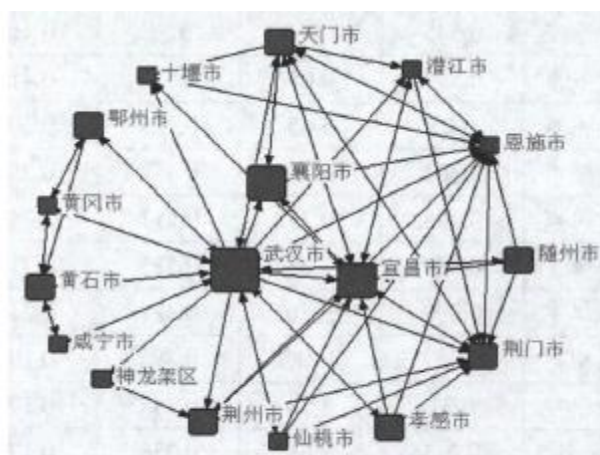


图2 2009年湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络结构图

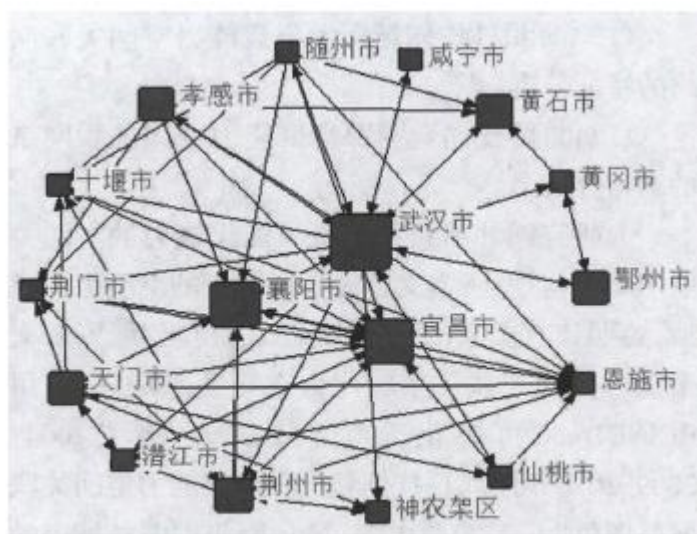


图3 2016年湖北科技创新资源集聚能力
空间关联网络结构图

进一步，为了反映湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络特征及其时序变化，基于（3）至（5）式，分别绘制出 2004—2016 年湖北科技创新资源集聚能力空间关联的网络密度、网络等级、网络效率（图 4）。由图直观发现，湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络密度呈现下降趋势（从 2004 年的 0.614 逐渐下降到 2016 年的 0.37），主要原因可能是人才、知识、技术等资源逐渐向省会城市富集，科技创新资源的“极化效应”加重。网络等级、网络效率整体呈现上升的趋势（网络等级从 2004 年的 0.311 逐渐上升到 2016 年的 0.528、网络效率从 2004 年的 0.582 逐渐上升到 2016 年的 0.702），这一结果表明当前相对“森严”的科技创新资源集聚能力空间关联结构逐渐形成，各城市科技创新资源集聚能力等级显著，空间网络结构不够稳定，联系不够紧密，存在较大的提升空间。

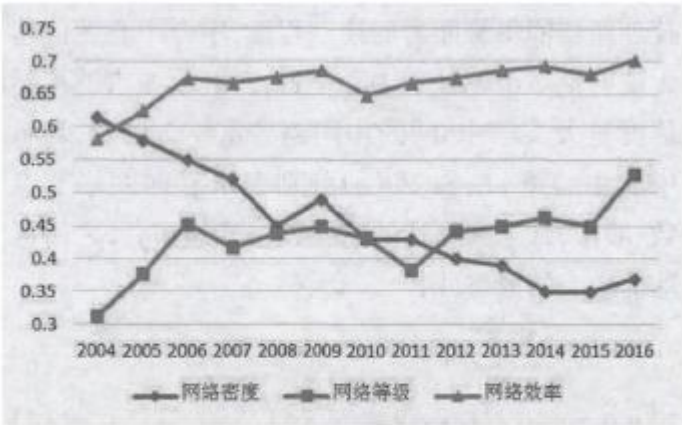


图4 2004—2016年湖北科技创新资源集聚能力
空间关联网络特征图

2. 湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络的中心性分析。

表2 2004、2009、2016年湖北科技创新资源集聚能力空间关联中心性分析

城市名	2004 年			2009 年			2016 年		
	点度中心度	中介中心度	接近中心度	点度中心度	中介中心度	接近中心度	点度中心度	中介中心度	接近中心度
武汉市	0.700	75.653	0.721	0.735	80.305	0.762	0.75	85.305	0.793
宜昌市	0.615	38.552	0.612	0.632	44.25	0.625	0.532	46.5	0.641
襄阳市	0.625	30.655	0.634	0.651	30.185	0.612	0.501	31.194	0.668
荆州市	0.612	28.753	0.625	0.495	28.353	0.567	0.344	25.528	0.558
鄂州市	0.627	27.655	0.635	0.488	19.375	0.545	0.344	12.979	0.566
天门市	0.588	18.52	0.56	0.450	12.65	0.510	0.438	21.228	0.634
荆门市	0.565	12.45	0.55	0.456	8.675	0.505	0.313	5.861	0.549
孝感市	0.545	8.952	0.52	0.462	7.653	0.525	0.313	8.811	0.584
黄石市	0.524	9.65	0.552	0.412	5.653	0.458	0.251	4.667	0.494
恩施市	0.25	5.65	0.355	0.301	8.653	0.395	0.25	7.7	0.493
十堰市	0.301	7.853	0.452	0.235	4.125	0.4	0.219	3.194	0.502
黄冈市	0.495	10.253	0.512	0.245	3.765	0.412	0.188	4	0.483
仙桃市	0.485	11.352	0.525	0.213	4.05	0.423	0.188	4.111	0.508
潜江市	0.298	13.563	0.421	0.213	2.654	0.41	0.188	2.644	0.514
随州市	0.352	7.213	0.395	0.198	3.567	0.456	0.188	5.111	0.507
咸宁市	0.31	5.78	0.398	0.178	3.65	0.399	0.188	2	0.479

神农架区	0.231	3.65	0.356	0.178	1.167	0.389	0.126	1.167	0.437
均值	0.478	18.597	0.519	0.396	15.807	0.493	0.322	17.476	0.554

最后，通过式（6）至式（8）计算出2004、2009、2016年三个节点各城市的点度中心度、中介中心度、接近中心度（表2）对湖北科技创新资源集聚能力的空间关联网络进行中心性分析，根据计算结果，2004—2016年间湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络中心度整体上呈现上升趋势，2004年武汉、宜昌、襄阳、鄂州、荆州五个城市的点度中心度、中介中心度、接近中心度值处于上游水平，除武汉外其余四个城市中心度比较接近。2009年和2016年各城市的点度中心度、中介中心度、接近中心度整体有所上升，但除武汉外仅有宜昌和襄阳两个城市的中心度继续保持在较高水平，而鄂州、荆州两个城市的中心度则有所下降。出现这种情况，原因在于武汉、宜昌、襄阳、鄂州、荆州这五个城市科技创新资源集聚能力与其他城市联系密切，存在较多的空间关联和空间溢出，在湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络中处于支配地位，不易受其他城市控制。随着湖北省政府“一主两副”城市发展战略的提出，鄂州和荆州两个城市中心支配地位有所下降。同时，恩施、十堰、神农架区、咸宁等城市的中心度值处于下游水平，说明这些城市的科技创新资源集聚能力与其他城市之间的联系较少，容易被其他城市支配和控制，原因可能在于它们经济发展水平较低，高等院校、科研机构等资源较少，距离省会城市相对较远。另外，整体网络的点出度中心势为75.25%，而点入度中心势为15.35%，这表明湖北科技创新资源集聚能力空间网络存在严重的不对称性。

（二）湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络的块模型分析。

基于图3显示的网络，对2016年湖北科技创新资源集聚能力的空间关联关系进行块模型分析，以揭示空间集聚与板块之间的关系。运用CONCOR方法，最大分割深度为2，收敛标准为0.2，湖北科技创新资源集聚能力划分为四个板块（表3）：第一板块包括仙桃、神农架、潜江、荆门、襄阳、十堰；第二板块包括天门、宜昌、荆州、恩施；第三板块包括咸宁、武汉、鄂州、黄冈、黄石；第四板块包括孝感、随州。

表3 2016年湖北科技创新资源集聚能力空间板块特征分析

板块	接受关系数		发出关系数		期望内部	实际内部
	板块内	板块外	板块内	板块外	关系比例（%）	关系比例（%）
板块一	1	18	1	29	31.25%	3.33%
板块二	6	21	6	18	18.75%	25%
板块三	17	12	17	9	25%	65.4%
板块四	0	11	0	6	6.25%	0%

注：期望内部关系比例=（板块成员数-1）/（城市总数-1）；实际内部关系比例=板块内部成员间发出关系数/总发出关系数。

从表3中可以看出：板块一对外发出关系数为29，接受关系数为18，内部关系数为1，期望内部关系比例为31.25%，实际内部关系比例为3.33%，因此板块一为“净溢出”板块，该板块对外发出的关系多于接受的关系，且其内部关系较少，表明该板块成员溢出效应较大；板块二对外发出关系数为18，接受关系数为21，内部关系数为6，期望内部关系比例为18.75%，实际内部关系比例为25%，因此板块二为“经纪人”板块，该板块对外既接受也发出较多的关系，然而其内部关系极少，表明该板块在科技创新资源集聚的过程中扮演着“中介”与“桥梁”的作用；板块三对外发出关系数为9，接受关系数为12，内部关系数为17，期望内部关系比例为25%，实际内部关系比例为65.4%，因此板块三为“双向溢出”板块，该板块成员既发出联系也接受其他板块较多联系，然而来自板块内部成员的联系也相对较多，表明该板块成员对内对外的科技创新资源集聚能力产生双向溢出效应；板块四对外发出关系数为6，接受关系数为11，内部关系数为0，期望关系比例为6.25%，实际关系比例为0%，因此板块四为“净

受益”板块，该板块接受其他板块关系多于向其他板块发出关系，同时其内部关系较少，表明该板块成员溢出效应较小。从图5中可以看出，板块一、板块二、板块三、板块四除自身内部关系外，还分别与其他三个板块存在复杂的紧密的交互关系。

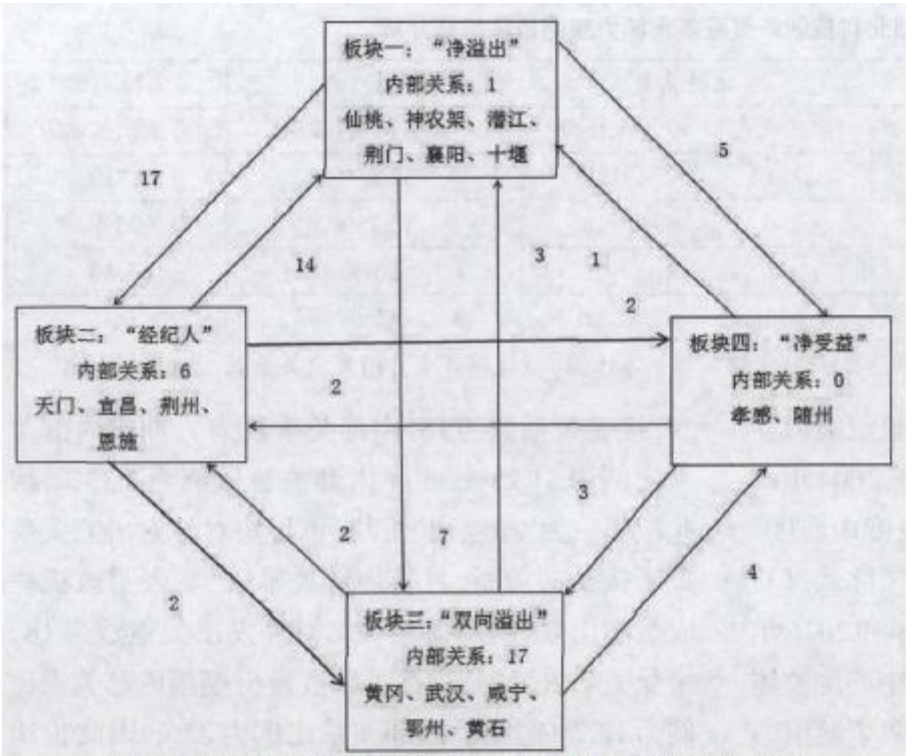


图5 2016年湖北科技创新资源集聚能力空间板块关联关系

在考察板块个体特征后，为了揭示板块之间相互关联关系，本文借助UCINET软件计算出四个板块的密度矩阵，规定板块密度大于整体网络密度0.37的情形赋值为1，表示板块之间存在关联关系；反之赋值为0，表示不存在关联关系。这样将多值密度矩阵转化成像矩阵（表4），像矩阵能更清晰地显示出各科技创新资源集聚能力板块之间的溢出效应。像矩阵对角线上板块二、板块三值为1，表明板块二、板块三内部科技创新资源集聚能力具有显著的关联性，表现出明显的“俱乐部”效应。从像矩阵还可以清晰看出湖北科技创新资源集聚能力的传递机制。板块二、板块三拥有较多的高等院校、科研机构，能够通过高校平台提高科技创新资源集聚能力，从而发挥其辐射带动作用将科技创新资源集聚能力的动能传递给板块一、板块四，扮演着“中介”和“桥梁”的角色。

表4 2016年湖北科技创新资源集聚能力空间关联密度矩阵与像矩阵

	密度矩阵				像矩阵			
	板块一	板块二	板块三	板块四	板块一	板块二	板块三	板块四
板块一	0.033	0.583	0.1	0.083	0	1	0	0
板块二	0.708	0.5	0.11	0.125	1	1	0	0
板块三	0.233	0.1	0.85	0.3	0	0	1	0
板块四	0.417	0.25	0.4	0	0	0	1	0

四、结论与对策建议

本文通过修正的空间引力模型建立湖北科技创新资源集聚能力的空间关联关系，从网络结构特征、网络中心性、网络块模型等方面分析了2004—2016年湖北科技创新资源集聚能力的空间关联，主要结论如下：（一）从网络结构特征分析看，湖北科技创新资源集聚能力空间关联特征显著，网络密度呈现下降趋势，网络等级、网络效率均呈现上升趋势。当前，湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络等级更加“森严”，空间网络结构不够稳定，联系不够紧密，存在较大的提升空间。（二）从网络中心性分析看，武汉、宜昌、襄阳、鄂州、荆州的关联关系数多于其他城市，且这五个城市的点度中心度值、中介中心度值、接近中心度值处于上游水平，省内城市科技创新资源集聚能力空间关联网络结构由2004年的“一核（武汉）多次（襄阳、宜昌、荆州、鄂州）”逐渐向2009 和2016 年“一主（武汉）两副（襄阳、宜昌）”的特征发展。（三）从网络块模型分析看，包括仙桃、神农架、潜江、荆门、襄阳、十堰6个城市的板块一在湖北科技创新资源集聚能力空间关联网络中属于“净溢出”板块；包括宜昌、天门、荆州、恩施4 个城市的板块二在网络中属于“经纪人”板块；包括咸宁、武汉、鄂州、黄冈、黄石5个城市的板块三在网络中属于“双向溢出”板块；包括孝感、随州2个城市的板块四属于“净受益”板块。

针对上述结论，为提升湖北科技创新资源集聚能力的空间关联程度，现提出如下对策建议：（一）多途径构建科技创新资源集聚能力空间关联“通道”。湖北各城市科技创新资源集聚能力之间普遍存在空间关联关系，这种关系不是简单的一对一线性关系，而是多城市之间多线性的复杂网络结构关系，因此，在加强省内科技创新资源集聚能力空间关联关系时不仅要考虑“属性数据”的表现，也要更加重视科技创新资源集聚能力的空间互动效应，推动科技创新资源集聚从“局部”转向“整体”、从“点”转向“面”，逐步形成“数量—结构”的统筹思路。（二）增强“一主两副”城市辐射带动功能。当前，武汉、宜昌、襄阳属于科技创新资源集聚能力空间网络结构中的支配城市，与其他城市存在着紧密的空间关联关系，应当积极发挥武汉、宜昌、襄阳的辐射带动功能。一方面做好“一主两副”城市与省内其他城市的干部双向交流挂职工作，另一方面加强省内其他城市城际高铁高速网络建设，缩小城际之间通勤成本和时间。（三）推进科技创新资源合作平台的构建。针对科技创新资源集聚能力等级“森严”的现象，消除省内城市科技创新资源集聚能力“一家独大”的局面，政府应该进一步将权力下放，建立以需求为导向的科技创新资源转移服务机制，扫除阻碍科技创新资源流动的的制度障碍，加强科技创新服务体系建设，形成科技创新资源开放共享、自由流通的合作新局面。同时，发挥各板块在空间关联网络中的不同作用和功能，对省内科技创新资源进行双向调控和精准调控，既要关心“双向溢出”板块，进一步激发科技创新资源集聚能力的“动能”，也要“温暖”在科技创新资源集聚过程中起着“中介”和“经纪人”作用的板块，进一步增强其传导功能。对于“净受益”和“净溢出”板块，要减少城市间科技创新资源流动的壁垒，使一些城市由过去单向链接逐渐转向双向链接，提高板块之间关联。

参考文献：

- [1]陈菲琼, 任森. 创新资源集聚的主导因素研究——以浙江为例[J]. 科研管理, 2011, (01).
- [2]GLAESE E, GOTTLIEB J. The wealth of cities: agglomeration economies and spatial equilibrium in the United States[J]. Journal of Economic Literature, 2009, (04).
- [3]米娟. 中国区域经济增长差异性与要素集聚[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [4]郭宝洁. 区域科技资源集聚与经济增长的关系研究[D]. 济南: 山东大学, 2014, (04).
- [5]王奋, 赵宏宇. 科技人力资源区域集聚能力的实证研究[J]. 中国科技论坛, 2006, (02).
- [6]郭庆宾, 杨婉蓉. 湖北科技创新资源集聚能力的时空演变分析[J]. 统计与决策, 2017, (05).
- [7]ROSENTHAL S, STRANGE W. Evidence on the nature and sources of agglomeration economies[M]. Handbook of Regional and Urban Economics, 2004.

-
- [8]CAINELLI G, MONTRESOR S, MARZETTI G.Production and financial linkages in inter-firm networks: structural variety, risk-sharing and resilience[J].Journal of Evolutionary Economics, 2013, 22 (4) .
- [9]CHESNAIS. Present international patterns of foreign direct investment: underlying causes and some policy implications for Brazil[J].Revista de Economia Contemporanea, 2014, 17 (3) .
- [10]BRULHART M, SBERGAMI F.Aglomeration and growth: cross-country evidence[J].Journal of Urban Economics, 2009, 65 (2) .
- [11]朱英明, 等. 资源短缺、环境损害及其科技集聚效果研究[J]. 管理世界, 2012, (11) .
- [12]陆根尧, 罗晓华. 资源环境约束对产业集聚与城市化互动发展的影响研究[J]. 中国区域经济, 2012, (06) .
- [13]洪名勇. 科技创新能力与区域经济实力差异的实证研究[J]. 经济地理, 2003, 23 (05) .
- [14]陈得文, 苗建军. 中国区域集聚效率及其因素决定[J]. 管理评论, 2012, (05) .
- [15]盛彦文, 马延吉. 东北三省科技资源产出效率及经济贡献[J]. 中国科学院大学学报, 2016, 33 (5) .
- [16]秦宇. 科技商业化、市场化与经济增长——基于科技资源投入视角[J]. 中国科技论坛, 2017, (04) .
- [17]孙莹, 顾晓敏. 上海科技资源信息共享现状及对策[J]. 上海市经济管理干部学院学报, 2016, (01) .
- [18]曹亮, 李湘丽, 等. 科技资源共享平台障碍性因素分析及对策建议[J]. 热带农业工程, 2018, (01) .
- [19]赵菁奇, 刘赞扬. 安徽省创新企业技术创新制度建设的调查分析与对策建议[J]. 产业与科技论坛, 2017, (23) .
- [20]李王鸣, 江勇. 基于城市流要素的区域城市内外部功能联系研究[J]. 经济地理, 2012, (02) .
- [21]NIKZAD R.Canadian worldwide patent activity: an industrial level analysis[J].World Patent Information, 2014, (03) .
- [22]TEOW K L, TAN K B, PHUA H P.; et al.Applying gravity model to predict demand of public hospital beds[J].Operations Research for Health Care, 2018, (06) .
- [23]BABRI S, JORNSTEN K, VIERTTEL M.Application of gravity models with a fixed component in the international trade flows of coal, iron ore and crude oil[J].Maritime Economics & Logistics, 2017, (06) .
- [24]LUNDMARK R. Analysis and projection of global iron ore trade:a panel data gravity model approach[J].Mineral Economics, 2018, (01) .