

DOI:10.15918/j.jbitss1009-3370.2020.6006

中国技术创新产出的空间分布 ——来自中国地级以上区域的证据

李红雨, 赵坚

(北京交通大学 经济管理学院, 北京 100044)

摘要: 运用空间计量经济学的研究方法,采用2007—2016年中国地级以上区域的面板数据,对中国技术创新产出的空间分布特征、空间相关性以及空间分布演化规律进行研究。结果表明:中国技术创新产出总量虽逐年增加,但其在地级区域层面的分布却不均衡,主要分布在经济发达的大中型城市(直辖市、部分省会城市以及长三角和珠三角城市群的核心地级市);中国技术创新产出虽处在较高的空间集聚水平,但其集聚程度呈逐年下降的态势;中国技术创新产出的局部空间关联呈现出多元化的模式,HH(高高相关)型主要分布在长三角城市群,LL(低低相关)型主要分布在东北三省以及中西部地区,HL(高低相关)型主要分布在东部和中部地区城市群的核心城市,并有逐渐向城市群内其他经济发达的城市扩散的倾向;LH(低高相关)型主要分布在东部和中部地区HH型模式区域的周围。

关键词: 技术创新产出; 空间分布; 创新集聚; 空间关联性

中图分类号: F204; F061.5

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2020)01-0082-11

当前全球进入了以创新为第一驱动要素的新经济时代,创新资源加速在全球布局,创新全球化已成为大趋势。党的十八大提出实施创新驱动发展战略,强调科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑。党的十九大指出,中国经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段,要加快建设现代化经济体系,培育新增长点、形成新动能。创新是第一动力,以科技创新提升经济的内生性增长动力,促进经济发展的新旧动能转换。然而当前中国的技术创新产出在宏观层面上呈现出区域性不平衡的空间分布趋势,经济较为发达的东部沿海地区的技术创新产出远远高于中西部地区,城市作为创新活动的重要微观空间载体,在创新驱动战略的实施过程中发挥着重要的作用,在此背景下,有必要进一步深入研究中国技术创新产出在微观城市层面具有怎样的空间分布特征。因此本文主要以中国地级以上城市(区域)的技术创新产出为研究对象,分析其空间分布的内在规律及空间关联性,对如何引导当前有限的创新资源和创新要素在全国范围内合理流动,构建全国范围的创新网络,提高创新资源的产出效率,全面实施创新驱动发展战略,促进中国经济持续增长具有重要的意义。

一、文献综述

自从1912年熊彼特^[1]研究发现创新活动和创新产出在空间上具有成群出现的特征,并提出创新集群的概念以来,越来越多的国内外学者开始关注技术创新的空间分布以及相关问题的研究。近年来关于创新集群的研究主要集中在创新产出的空间分布特征、影响因素以及内在动因等方面。

关于创新产出的空间分布特征及其内在动因,国内外学者以不同的国别为研究样本得出类似的结论:即创新产出的空间分布具有不平衡性的特征,具体来说,有行业的不平衡性和区域的不平衡性。David和Maryann^[2]认为,创新活动有更多集中在知识溢出更为普遍的行业的倾向。Paul等^[3]认为,高技术型企业为享受到技术和知识的溢出效应而在地理空间上呈现出均匀分布的态势。Stefano^[4]认为,意大利的创新活动在地理上更具有集聚的特征。Breandan^[5]和赵坚^[6]的研究成果均指出,大都市区是美国创新的中心,因为城

收稿日期:2019-01-02

基金项目:国家社会科学基金重大项目(13&ZD026);国家社会科学基金重大项目(16ZDA011);山东省社会科学规划研究项目(17CLYJ33);济南市哲学社科规划项目(JNSK18C09)

作者简介:李红雨(1985—),女,北京交通大学经济管理学院博士研究生,山东科技大学济南校区财经系讲师,E-mail:lihongyu0725@126.com;赵坚(1950—),男,教授,博士生导师,E-mail:jzhao@bjtu.edu.cn

镇化的外部性能够促进技术创新水平和创新能力的发展,而且大都市区集聚了更多的技术密集型制造产业以及受过良好教育的劳动者。Mats^[7]认为,瑞典技术创新更多的集聚在那些人口密度大及产业多样化的地区,市场规模因素对创新集聚起到了负面的作用。Fujita 和 Thisse^[8]指出,日本创新产出主要集聚在经济发达的地区,因为技术进步会带来因空间集聚而受益的新型创新型活动。国内学者主要针对中国创新产出的空间分布特征进行了一系列实证分析,余冬筠和郑莉峰^[9:68-69]、黄忠武^[10]研究发现中国创新产出的空间分布呈现出区域不平衡的态势,创新活动的地理集中会形成集聚经济,而城市是经济活动的集聚地。对于技术创新产出的空间关联性,有学者运用不同的方法进行验证。例如邬滋^[11]通过对中国 1993—2007 年制造业创新产出的空间分布特征进行研究,发现创新活动在空间上并非呈随机分布状态,其在与之邻近的区域空间随着要素流动、技术扩散以及知识溢出等形式存在着显著的空间交互作用和空间溢出效应。魏守华等^{[12]:59}研究发现,中国区域创新能力的变化趋势从整体上看具有发散性,而从局部看中部地区和东部地区则表现为收敛性。张鸿武和李涛^[13]经实证研究指出,长三角城市群创新活动的空间集聚特征较为明显;而珠三角城市群创新活动的空间相关性较弱,创新极化特征突出。从上述国内外学者的研究成果来看,明确国内外的创新活动在宏观区域层面的空间分布上存在着非均衡分布的特征,创新主要集中在经济较为发达的城市群和大都市区。然而以往学者的研究口径大都停留在省域或者区域等宏观层面,鲜少有学者进行微观层面的创新产出的空间分布研究。

国内外学者关于创新集聚的影响因素的研究主要集中在集聚经济的程度^{[4:2-3:9]65}、知识溢出效应的影响^{[4:3-4:14]15:174-187}、产业的知识密集度^[16-17]、政府的区域创新政策及研发投入^[18-19]和区域系统创新网络建设^[19-20]等方面。此外,还有学者还利用相关研究方法对创新的环境因素、城市化的外部性因素、技术吸收以及转移水平因素等进行了综合性研究,例如 Feldman 和 Audretsch^[21]研究表明,在具有共同科学基础的互补经济活动中的多样性比专业化更有利于创新,竞争性的环境也更有利于创新。Breandan^{[5]:64}发现,大都市区的居民获得了美国绝大多数的专利授权,这意味着城市化的外部性促进了创新。Bernard 和 Guadalupe^{[22]:4-7}提出,西班牙空间创新溢出效应主要受到区域高等教育水平和地方政府公共行政能力的影响。魏守华等^{[12]:59}指出,经济水平、产业 R&D 投入强度、技术吸收能力、公共科研机构知识溢出水平等因素会影响到区域创新能力。方远平和谢蔓^[23]运用空间探索性数据分析和地理加权回归的方法对中国省域空间单元的创新产出进行研究,得出 R&D 经费支出对创新产出有正相关性,而每万人在校大学生数对创新产出有负向影响。孙颖^[24]指出,创新的溢出效应受到区域间的地理距离和创新能力的影 响,而城市创新溢出的内在机理是不同创新能力的城市之间所形成的创新位势差导致了知识创新有从创新能力高的区域向创新能力较低的区域流动和溢出的内在动力。白俊红和蒋伏心^{[15]:77-180}研究发现,政府科技资助、企业与高校的结合度以及企业与科研机构的结合度对区域协同创新的绩效有显著的正向影响,而金融机构的资助要素则对区域协同创新绩效产生负向影响。

本研究在国内外学者相关研究结论的基础上,克服以往研究口径较大及缺乏对创新集聚演化规律的研究的不足,选择从微观层面的研究视角入手,以 2007—2016 年中国地级以上区域的技术创新产出为研究样本,运用空间计量分析方法来验证并深入分析中国地级以上区域层面的技术创新产出的空间分布特征,并检验中国的技术创新产出是否存在着较为明显的空间集聚现象以及其分布的空间关联性,进而研究中国地理微观层面技术创新集聚的时空演化规律。

二、研究方法与数据来源

(一)研究方法

由于传统的空间数据往往忽视了数据属性值中的空间自相关性,本研究运用探索性空间数据分析技术(Exploratory Spatial Data Analysis,ESDA)对中国地级以上城市(区域)层面的技术创新产出的空间关联性以及其动态特征进行检验分析。ESDA 方法通常主要使用两类工具:全局空间关联性指标(如全局莫兰指数 Moran's I 和盖里指数 C 等指标)和局域空间关联性指标(如莫兰散点图和局部莫兰指数 LISA 等)。

Moran's I 主要用来衡量整个研究区域内,某个所研究的属性在各个地域单元与邻近地域单元之间的空间关联性和差异性。它是最早应用于空间关联性和集聚问题的探索性空间分析的指标,相对于盖里指数而言,Moran's I 被更多的学者广泛应用到相关问题的分析中,本研究也借鉴之前学者的做法,运用 Moran's I 来检验中国技术创新产出的全局空间关联性,其具体的计算公式如下

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

其中, $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$; n 是观测的地域单元的数量; x_i 表示地域单元 i 的观测值; \bar{x} 表示所有观测地域单元观测值的均值; w_{ij} 是构造出来的二进制后式(queen)邻接的空间权重矩阵, 其中当 i 地域与 j 地域相邻时, w_{ij} 的值等于 1, 而当 i 地域与 j 地域不相邻时, w_{ij} 的值等于 0。Moran's I 指数的取值范围是 $-1 \sim 1$ 。如果 Moran's I 指数的值为正数, 则意味着其观测值的空间相关性为正, 表明具有相同或者相似属性的观测值在空间上呈现出集聚现象, 也就是说技术创新水平较高(或较低)的区域在空间上呈现出高度集聚的态势。如果 Moran's I 指数的值为负数, 则意味着其观测值的空间相关性为负, 这表明具有不同属性的观测值在空间上呈现出集聚的现象, 也就是说技术创新水平较高的区域和技术创新水平较低的区域在空间上倾向于集聚在一起。如果 Moran's I 指数的值为零, 则说明观测值在地理空间上呈现随机分布的特征。

本研究运用 Moran 散点图对中国地级区域技术创新产出的局域空间关联性进行 LISA 分析。Moran 散点图中的每个点对应的横坐标为观测值的空间变量, 而纵坐标则代表了其空间滞后因子(与观测区域相邻区域的观测变量的加权平均值), 这样整个空间关联性就被划为四个象限; 具体来说, 位于第一象限(High—High)的空间单元具有较高观测值的区域被较高观测值的区域所包围的空间关联特征; 位于第二象限(Low—High)的空间单元具有较低观测值的区域被较高观测值的区域所包围的空间关联特征; 位于第三象限(Low—Low)的空间单元具有较低观测值的区域被较低观测值的区域所包围的空间关联特征; 而位于第四象限(High—Low)的空间单元则具有较高观测值的区域被较低观测值的区域所包围的空间关联特征。位于第一象限和第三象限中的空间单元与其周围的区域呈现出正向的空间关联性, 而位于第二象限和第四象限中的空间单元与其周围的区域则呈负向的空间关联性。

(二) 数据来源

由于专利数量在一定程度上能够代表一定区域内的技术创新能力和技术创新产出水平, 同时专利指标容易量化, 数据具有可得性, 所以该指标被众多学者选为衡量区域创新产出的首选指标。而专利数据中又包含专利申请量和专利授权量指标数据, 由于专利受理授权量指标受较多因素的影响, 且该指标数据本身具有时间上的滞后性, 而专利申请量更能反映出区域创新的真实水平和创新活跃度, 所以本研究选用专利申请量指标来衡量区域技术创新产出。

基于数据的连续性和可得性, 本研究以中国 336 个地级以上城市(含自治州、盟、地区, 不包含中国台湾省、香港特别行政区和澳门特别行政区)为研究对象, 选取 2007—2016 年的专利申请量指标数据作为研究样本。由于目前地级区域的专利数据尚无已经整理好的公开出版的统计资料, 所以本研究所使用的专利数据均来源于 2007—2016 年各城市(区域)的知识产权局、科技局、《城市统计年鉴》《城市科技年鉴》以及城市统计公报等。

三、实证分析

(一) 中国科技创新产出的空间分布描述

2007—2016 年中国的发明专利、实用新型专利和外观设计专利的申请总量呈现出波动上升的趋势, 如图 1 所示, 中国的上述三种专利申请总量从 2007 年的 559 233 件增加到 2016 年的 3 249 373 件, 涨幅达 4.8 倍, 年均增幅约为 19%。其中除了 2014 年的专利申请量较

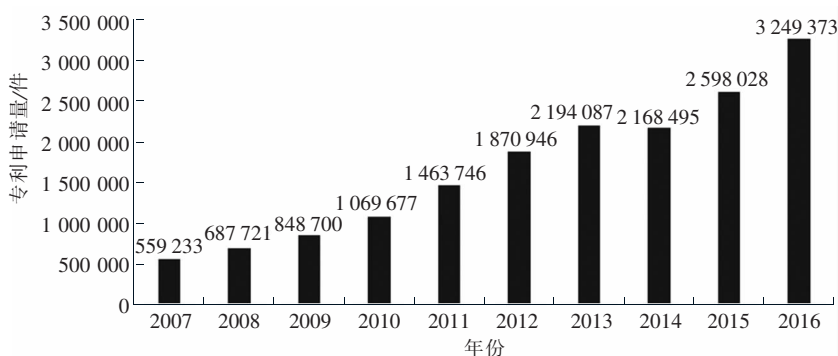


图 1 2007—2016 年中国专利申请量

上一年度有小幅下降以外,其余的年份均呈现正向增长的态势,2010—2011年增幅最大,约为36.8%。

图2和图3分别显示了2007年和2016年中国地级及以上区域技术创新产出的空间分布四分位图(颜色越深代表专利产出数量越高),总体来看,2007—2016年四分位图的每一个层级技术创新产出的绝对数量都有了明显的增加,而中国技术创新产出的空间分布情况则呈现出较为明显的区域不平衡性,东部沿海地区的技术创新产出数量较多,中部地区次之,西部地区的技术创新产出数量较少,同时技术创新产出数量较多的区域主要分布在中国的几大核心城市群中。

具体来看,2007年中国技术创新产出较高的区域(年专利申请量在3 418~47 205件的区域)主要集中在辽中南城市群、山东半岛城市群、长江三角洲城市群,以及哈长城市群、珠江三角洲城市群、京津冀城市群、关中平原城市群、长江中游城市群和成渝城市群的核心区域。到了2016年,较高技术创新产出的区域(年专利申请量在25 972~189 129件的区域)的覆盖范围明显扩大,主要分布在山东半岛城市群、长江三角洲城市群、关中平原城市群、中原城市群,以及哈长城市群、京津冀城市群、成渝城市群、长江中游城市群、海峡西岸城市群和珠江三角洲城市群的核心区域。2007—2016年,辽中南城市群逐渐淡出了创新产出最密集的层级梯队,这也跟东北老工业区近年来的经济发展增速放缓的实际情况是相适应的,而中国中部地区的中原城市群和关中平原城市群逐渐崛起,现已跻身于中国创新产出数量较高的核心区域。

另外,中国的技术创新产出在地级以上区域的层面上还表现出非常明显的地理空间上的集聚性,如图4所示,专利申请量在全国排名前50名的城市,其专利产出占全国专利总申请量的比例从2007年的81.62%下降到2016年的75.4%,虽然这一比例呈现出逐年下降的趋势,但依然维持在较高的水平上。也就是说,截至2016年,中国专利申请量排名前50名的城市贡献了全国约3/4的创新产出。而其中专利申请量在全国排名前20名的城市,其专利申请量占全国专利申请总量的比例从2007年的58.5%下降到2016年的50.7%,虽然创新产出的地理集中度在过去的10年中略有下降,但依然表现出较高的地理空间上的集聚性,全国有超过一半的专利申请量来自排名前20名的城市,如表1所示,这些城市中主要集中在中国的一线城市(北京、上海、广州、深圳)、直辖市(天津、重庆)、经济发展水平较高的省会城市(苏州、杭州、成都、南京、西安、武汉、济南等),以及地处长江三角洲城市群和珠江三角洲城市群核心区域的地级市(宁波、南通、东莞、佛山、温州等)。

依据布鲁克林研究机构的报告数据,2011年美国人口排名前20名的大都市区(占总人口的34%)产出了全美63%的专利申请量,而美国有将近92%的专利申请量出于人口排名前100名的大都市区(占总人口的59%),这说明大都市区是美国的创新中心,具有较高的创新产出集聚性的特征。与之相对应,2011年中国人

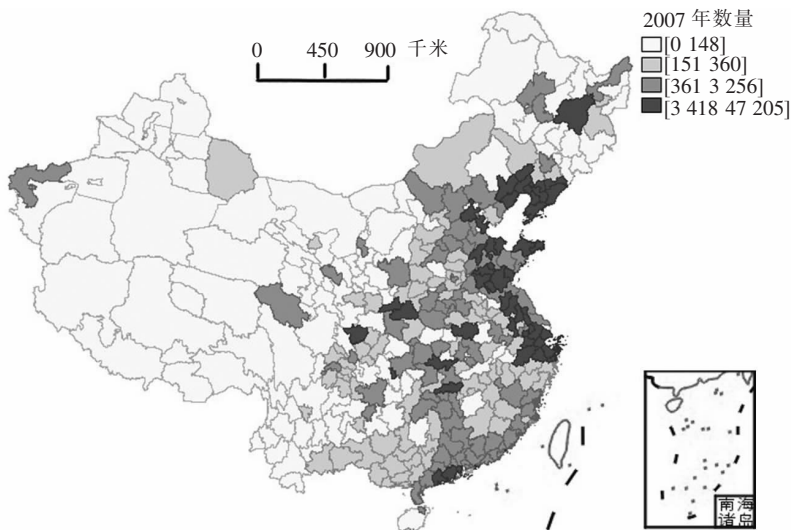


图2 2007年中国创新产出(件)的地级空间分布

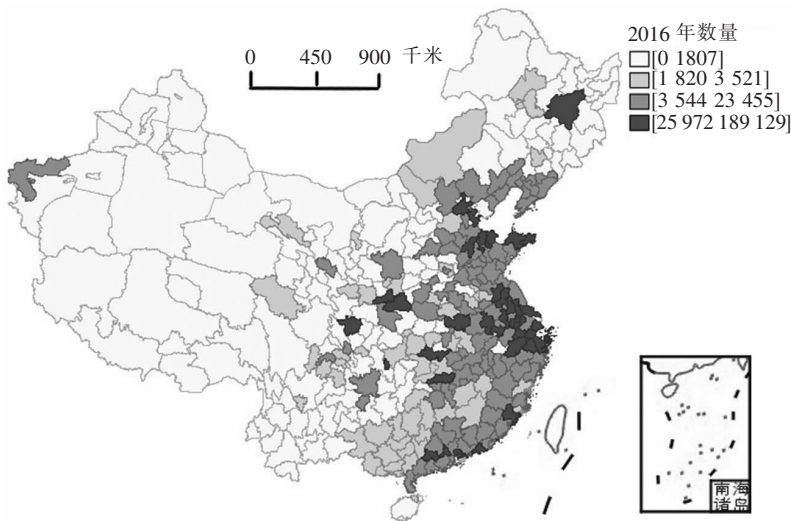


图3 2016年中国创新产出(件)的地级空间分布

口排名前 20 名的城市的专利申请量仅仅占全国专利申请总量的 22.12%，而仅有 66.61% 的专利申请量来自中国人口排名前 100 名的城市。由此可见，中国的创新产出的地理集中度与美国相比还是具有较大的差距。

表 1 2007 年、2011 年和 2016 年中国专利申请量前 20% 的城市

| 年份 | 专利申请量排名前 20 的城市(按排名顺序) |
|------|---|
| 2007 | 上海、深圳、苏州、北京、佛山、天津、成都、绍兴、东莞、杭州、宁波、广州、南通、武汉、济南、大连、南京、无锡、青岛、重庆 |
| 2011 | 苏州、上海、北京、深圳、南通、无锡、宁波、杭州、天津、成都、重庆、南京、广州、西安、东莞、常州、武汉、佛山、青岛、济南 |
| 2016 | 北京、深圳、上海、苏州、天津、广州、成都、杭州、无锡、绍兴、宁波、南京、青岛、重庆、东莞、佛山、泉州、温州、合肥、南通 |

资料来源:作者整理。

(二) 中国技术创新产出的空间集聚程度

为验证上述描述性分析中提出的中国技术创新产出在地区区域尺度空间上分布具有集聚性的特点,本研究借鉴 Krugman^[25]提出的研究方法,运用区位 Gini 系数指标来测算 2007—2016 年中国地区区域技术创新产出的空间集中度。

$$Gini = \frac{1}{2N\bar{x}} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |x_i - x_j| \quad (1)$$

其中, N 表示所研究的区域的总量; x_i 表示 i 地区的专利申请量($i=1,2,3,\dots,N$); x_j 表示 j 地区的专利申请量($j=1,2,3,\dots,N$); \bar{x} 表示变量 x 的平均数。Gini 系数的取值范围是 0~1。如果所有区域的变量值都相同,Gini 系数为 0,意味着所研究的变量在空间上均匀分布,其空间集中度为 0;如果除去一个区域的变量之外,其余的区域该变量值均为 0 时,Gini 系数为 1,则意味着所研究的变量在空间上高度集中,其空间集中度为 1。因此,所计算出来的区位 Gini 系数的值越接近 1,则表示研究变量的空间集中度越高;区位 Gini 系数的值越接近于 0,则表示研究变量的空间集中度越低。

按照式(1)的计算方法得出的具体计算结果如图 5 所示,2007—2016 年中国技术创新产出的区位 Gini 系数从 0.785 下降到 0.726,降幅仅为 7.5%,2007—2009 年呈现出小幅上升,2010—2016 年呈现出单边小幅下降的趋势,其整体数值依然处于较高的数值区间,这说明随着中国“大众创业、万众创新”政策的实施,中国地区区域层面技术创新产出的空间集中度有所下降,但依然处于较高水平,所以也验证了描述分析的结论,中国的技术创新产出在空间上分布并不均衡,呈现出较高等度的空间集聚的特征。

与此同时,借鉴李婧^[26]的研究方法,利用 Theil 熵指数来测算中国技术创新产出的区域分布特征,再次验证中国技术创新产出的区域分布不平衡性。

$$Theil = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N\bar{x}} \ln \left(\frac{x_i}{\bar{x}} \right) \quad (2)$$

其中, N 表示所研究的区域的总量; x_i 表示 i 地区的专利申请量($i=1,2,3,\dots,N$); \bar{x} 表示变量 x 的平均数。如果 Theil 熵的值为 0,则意味着中国技术创新产出的区域分布完全平均;计算出的 Theil 熵值越大,则说明中国技术创新产出的区域分布越呈现出失衡的态势。按照式(2)的计算方法得到的计算结果如图 6 所示,2007—2009 年中国技术创新产出的 Theil 熵指数出现小幅波动,从 2010 年开始出现了单边下降的趋势,本

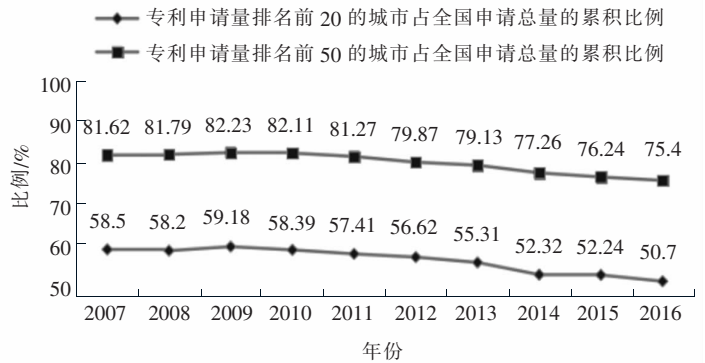


图 4 2007—2016 年中国专利申请量排名前 20% 和前 50% 的城市占全国申请总量的比例

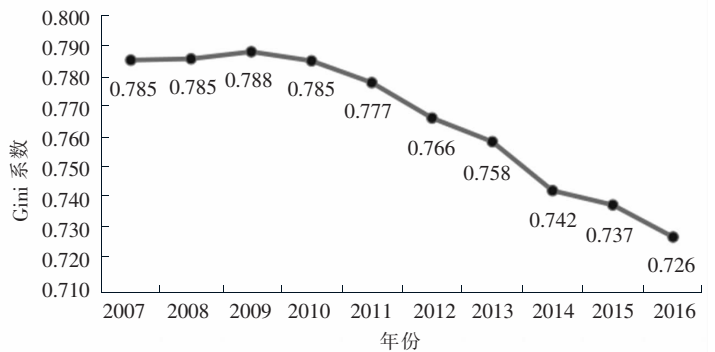


图 5 2007—2016 年中国地区区域技术创新产出的区位 Gini 系数

研究所观测的 10 年间的降幅约为 21.5%,即从 2007 年的 1.366 下降到 2017 年的 1.073,这再次说明中国技术创新产出在空间分布上呈现出区域分布不平衡的特征,但这种不平衡的程度具有逐年减弱的趋势。而这一结果与区位 Gini 系数的检验结果是一致的。经过区位 Gini 系数和 Theil 熵指数这两种方法的检验,都支持了上述描述性分析的结论,即中国的技术创新产出在空间上是分布不均衡的,呈现出地级区域层面上的空间集聚的特征。

(三)中国技术创新产出的空间相关性分析

基于前面运用区位 Gini 系数和 Theil 熵指数测度的相关结果,中国的技术创新产出确实存在比较明显的空间集聚特征。为明确中国技术创新产出的这种空间上的集聚究竟是随机发生的,还是存在着特定的空间分布规律,本研究运用探索性空间数据分析技术(Exploratory Spatial Data Analysis,ESDA)对中国 2007—2016 年地级以上城市的专利数据进行空间相关性检验。

1.中国技术创新产出的全局空间关联性检验

基于前面的分析,本研究运用全局莫兰指数 Moran's I 来检验中国地级以上区域技术创新产出的全局空间关联性。表 2 和图 7 显示了 2007—2016 年 10 年间中国地级以上区域的技术创新产出的 Moran's I 指数的计算结果。由表 2 可知,2007—2009 年中国地级以上区域的技术创新产出的 Moran's I 指数的 p 统计量的值均小于 0.05,其统计显著性在 5%以内,而 2010—2016 年的 Moran's I 指数的 p 统计量的值均小于 0.01,其统计的显著性在 1%以内。2007—2016 年中国地级以上区域的技术创新产出的 Moran's I 指数的 Z 统计量的值均大于 1.96,这说明中国的地级以上区域的技术创新产出的空间分布并不是随机的,而是具有空间自相关性的。由图 7 可知,这 10 年间 Moran's I 指数的数值全部为正数,这表示其具有空间的正相关性,从 2007 年的 0.070 6 到 2016 年的 0.127 4,整体呈现波动上升的趋势,其中 2013 年达到最高点 0.153 8,这说明中国地级以上区域的技术创新产出在全局上呈现出空间依赖性的集聚现象,而且这种集聚特征还表现出总体上不断自我强化的发展态势,虽然在 2014 年和 2015 年出现了反复,这主要是因为随着国家“大众创业,万众创新”的政策不断地深入实施,越来越多的地级区域的创新要素被激活,区域创新活动开始变得活跃起来,例如众多地级区域设立了生产力促进中心、众创空间、高新区等创新集聚基地,技术创新产出也开始增加,因此在一定程度上降低了其空间依赖性的集聚态势。总体来说,在观测期的 10 年中,中国地级以上区域表现为技术创新产出较高的区域与其他技术创新产出较高的区域倾向于空间上集聚在一起,而技术创新产出较低的区域则倾向于与其他技术创新产出较低的区域集聚在一起的空间组织模式。

2.中国技术创新产出的局域空间关联性检验

本研究进一步运用 Moran 散点图对中国地级区域技术创新产出的局域空间关联性进行 LISA 分析。如

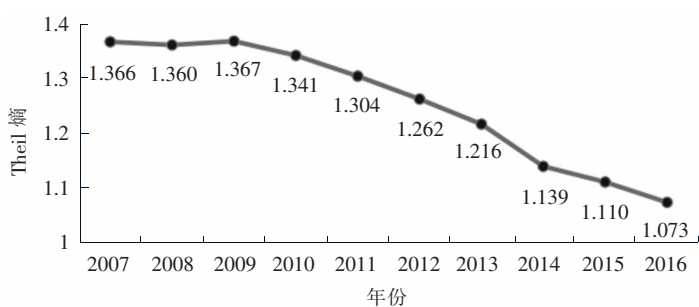


图 6 2007—2016 年中国地级区域技术创新产出的 Theil 熵

表 2 2007—2016 年中国地级区域技术创新产出的 Moran's I 指数

| 年份 | Moran's I | p | Z |
|------|-------------|-------|---------|
| 2007 | 0.070 6 | 0.040 | 2.057 0 |
| 2008 | 0.081 1 | 0.024 | 2.480 9 |
| 2009 | 0.084 3 | 0.018 | 2.766 3 |
| 2010 | 0.091 1 | 0.009 | 3.049 8 |
| 2011 | 0.118 8 | 0.005 | 3.761 1 |
| 2012 | 0.130 5 | 0.006 | 3.968 3 |
| 2013 | 0.153 8 | 0.004 | 4.570 0 |
| 2014 | 0.148 6 | 0.002 | 4.756 5 |
| 2015 | 0.121 1 | 0.004 | 3.560 2 |
| 2016 | 0.127 4 | 0.005 | 3.911 0 |

资料来源:作者整理。

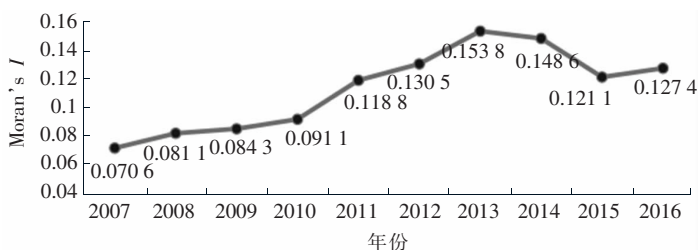


图 7 2007—2016 年中国地级区域技术创新产出的 Moran's I 指数

图8所示,横坐标为2007年中国创新产出观测测值的空间变量,用“专利2007”表示,纵坐标为与其相对应的空间滞后因子。2007年,约有9%的区域位于第一象限(HH),呈现出高技术创新产出的区域被高技术创新产出的区域所包围的空间关联模式,约有67%的观测区域位于第三象限(LL),呈现出低技术创新产出的区域被同样低技术创新产出的区域所包围的空间关联模式,也就是说在所有的地级以上观测区域中,约有71%的区域呈现出的正向的空间相关性。约15%的区域位于第二象限(LH),呈现出低技术创新产出的区域被高技术创新产出的区域所包围的负向的空间关联模式,而约9%的地区位于第四象限(HL)内,呈现出高技术创新产出的区域被低技术创新产出所包围的负向的不稳定的空间关联模式。

如图9所示,在2011年,约有9%的观测区域位于第一象限(HH)内,约有67%的区域位于第三象限(LL)内,即约有76%的观测区域的技术创新产出呈现出正向的空间相关性的特征;约有16%的区域位于第二象限(LH)内,与此同时约有8%位于第四象限(HL)内,即约有24%的观测区域表现出负向的空间相关性特征。

如图10所示,在2016年,约有11%的观测区域位于第一象限(HH),约有60%的观测区域位于第三象限(LL),即约有71%的观测区域显示出正向的空间关联性;约有20%的观测区域位于第二象限(LH),约有9%的观测区域位于第四象限(HL),即约有29%的观测区域呈现出负向的空间关联性。

总体来说,如图11~图14所示,HH型空间关联模式2007—2016年呈现出上升的势头,其主要分布在中国东部地区的长三角城市群,呈现出明显的集聚态势,而且这种集聚的范围有日益扩大的趋势,虽然中部地区的许昌、宜昌、绵阳等地也出现

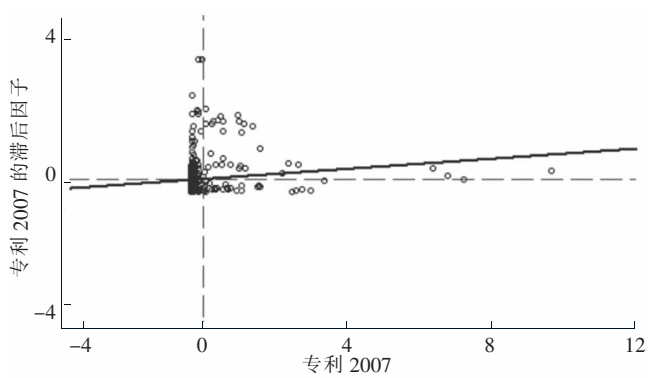


图8 2007年中国地级区域技术创新产出的 Moran 散点图 (Moran's $I=0.070\ 646\ 3$)

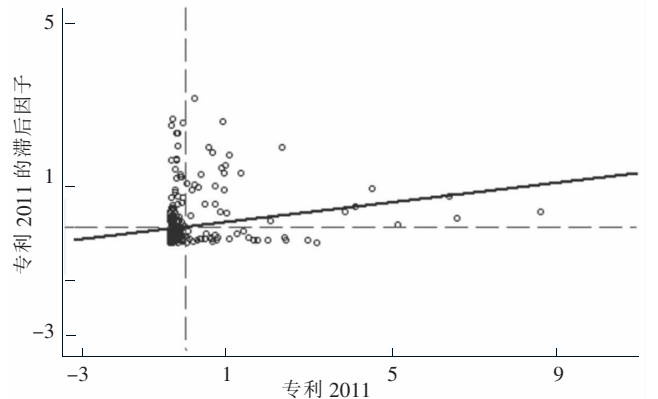


图9 2011年中国地级区域技术创新产出的 Moran 散点图 (Moran's $I=0.118\ 779$)

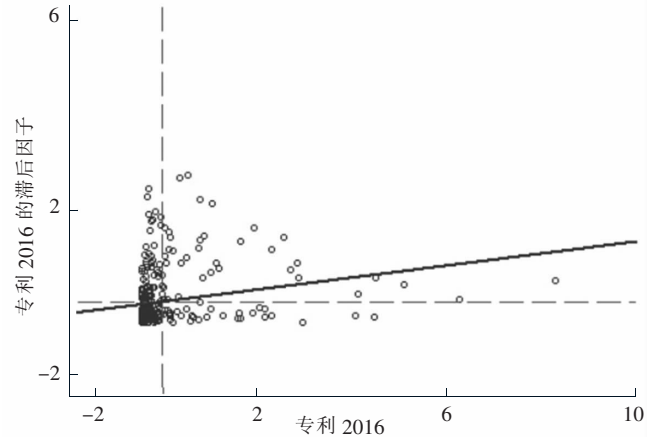


图10 2016年中国地级区域技术创新产出的 Moran 散点图 (Moran's $I=0.127\ 386$)

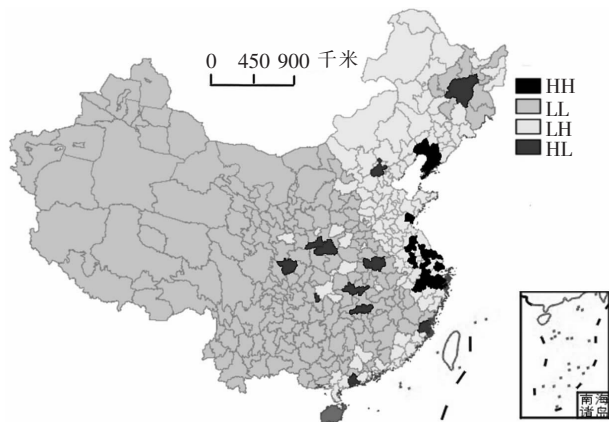


图11 2007年中国地级创新产出的 LISA 集聚分布图

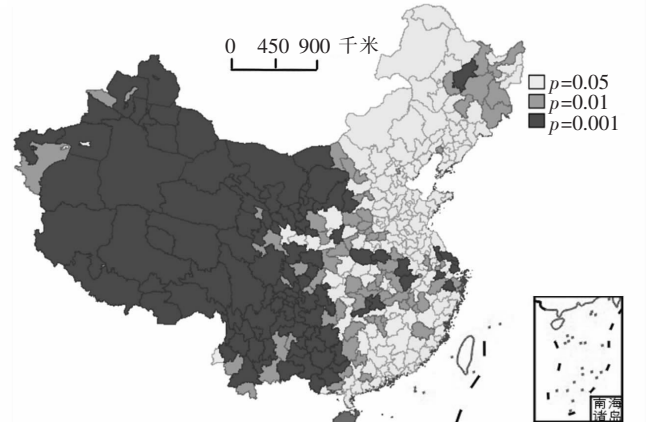


图12 2007年中国地级创新产出的 LISA 显著性分布图

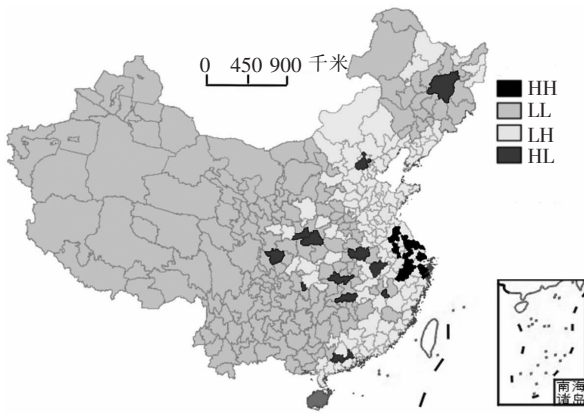


图 13 2016 年中国地级创新产出的 LISA 集聚分布图

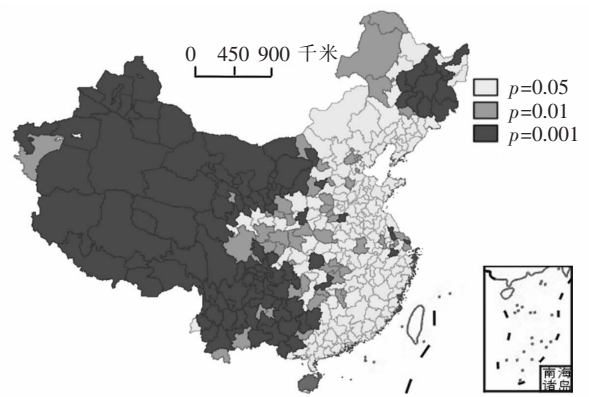


图 14 2016 年中国地级创新产出的 LISA 显著性分布图

了零星的 HH 空间关联特征,但在统计学上大都属于不显著的情况。HL 型空间关联模式 2007—2016 年主要分布在中国东部和中部地区的城市群的核心区域,具体主要包括哈长城市群、关中平原城市群、中原城市群、成渝城市群,以及京津冀城市群和珠三角城市群的核心区域,近年来有从核心城市向城市群内其他经济发达城市扩散的倾向,这些地区本身具有较高的经济和政治地位,同时也有较高的技术创新产出,它们被周围技术创新产出较低的区域所包围,对周围的地区形成辐射效应,创新的溢出效应将会带动周围地区的创新能力的逐步提升。LH 型空间关联模式主要分布在中国东部和中部地区 HH 型空间关联模式的周围。LL 型空间关联模式主要分布在中国的东三省以及中西部地区,这种空间分布情况也是与当地的相对落后的经济发展水平相适应的。

为进一步深入描述中国创新产出的局域空间关联模式的时空演化规律,本文借鉴 Rey^[27]、程叶青等^[28]、王春阳和张超^[29]的做法,采用时空跃迁测度法(Space-Time Transition Measures)将 2007—2016 年中国地级区域技术创新产出的时空演进模式划分为四种类型,如表 3 所示。

表 3 时空演进的模式

| 时空演进跃迁模式类型 | 具体解释 | 具体类型 |
|------------|---|--|
| 模式 1 | 该地区本身的技术创新产出的空间观测值的属性相对于周围的区域发生了跃迁 | $HH_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, HH_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, HH_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, HL_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, HL_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, HL_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, LH_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, LH_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, LH_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, LL_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, LL_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, LL_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}$ |
| 模式 2 | 该地区本身的技术创新产出的空间观测值的属性不变,而周围的区域的空间观测值的属性相对其发生了跃迁 | $HH_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, HH_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, HH_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, HL_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, HL_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, LH_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, LH_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, LH_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, LL_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, LL_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, LL_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}$ |
| 模式 3 | 该地区与周围区域的技术创新产出的空间观测值属性都发生了跃迁 | $HH_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, HH_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, HH_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, HH_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, HH_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, HH_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, HH_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, LH_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, LH_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, LH_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, LH_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, LH_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, LH_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, LL_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, LL_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, LL_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, LL_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, LL_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, HL_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, HL_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, HL_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, HL_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, HL_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, HL_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}, HL_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, HL_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}$ |
| 模式 4 | 该地区与周围区域的技术创新产出的空间观测值属性都不发生跃迁 | $HH_t \rightarrow HH_{t+1} \rightarrow HH_{t+2}, LH_t \rightarrow LH_{t+1} \rightarrow LH_{t+2}, LL_t \rightarrow LL_{t+1} \rightarrow LL_{t+2}, HL_t \rightarrow HL_{t+1} \rightarrow HL_{t+2}$ |

资料来源:作者整理。

如表 4 所示,从 2007—2016 年中国地级区域技术创新产出的局域空间关联模式来看,有大约 80% 的区域属于模式 4,也就是本地区与周围区域的技术创新产出水平的变化保持相对平衡,都不发生跃迁,这说明中国大部分地级区域的创新能力和创新水平在空间分布上具有相对稳定的特征,创新要素在空间上的分布也相对稳定,优质的创新要素总是集聚在创新条件好、创新效率高的高创新产出的区域,而经济相对落后的

区域创新资源也相对稀缺。约有6%的区域发生了第一种类型的空间跃迁,即本地区的技术创新产出水平的空间分布相对于周围的区域发生了跃迁,同时约有11%的区域发生了第二种类型的空间跃迁,即周围地区的技术创新产出水平的空间分布相对于本地区发生了跃迁,这些都体现出地级区域创新水平和创新能力与周围的区域会产生相互的影响,各种创新要素会在邻近区域范围内具有溢出效应和示范效应。第三类型的时空跃迁发生的概率相对较小,发生该种跃迁模式的区域仅占总观测区域的大约3%。

表4 2007—2016年中国地级区域技术创新产出 Moran 散点图时空跃迁情况

| 时空演进跃迁模式 | 具体类型 | 跃迁地区 |
|--|--|---|
| 模式 1 | LH ₂₀₀₇ →LH ₂₀₁₁ →HH ₂₀₁₆ | 滁州、宜昌、宿迁 |
| | LH ₂₀₀₇ →HH ₂₀₁₁ →HH ₂₀₁₆ | 惠州 |
| | LL ₂₀₀₇ →HL ₂₀₁₁ →HL ₂₀₁₆ | 合肥、贵阳 |
| | LL ₂₀₀₇ →LL ₂₀₁₁ →HL ₂₀₁₆ | 桂林、柳州、南宁、黄冈、赣州、南昌 |
| | HL ₂₀₀₇ →HL ₂₀₁₁ →LL ₂₀₁₆ | 襄阳、太原 |
| | HL ₂₀₀₇ →LL ₂₀₁₁ →HL ₂₀₁₆ | 株洲 |
| | HL ₂₀₀₇ →LL ₂₀₁₁ →LL ₂₀₁₆ | 鞍山、东营、临沂 |
| | HH ₂₀₀₇ →HH ₂₀₁₁ →LH ₂₀₁₆ | 泰安 |
| 模式 2 | LL ₂₀₀₇ →LL ₂₀₁₁ →LH ₂₀₁₆ | 亳州、黄山、马鞍山、宁德、三明、百色、濮阳、驻马店、恩施、铜川、咸阳、巴中、德阳、内江、大理、黄石 |
| | LL ₂₀₀₇ →LH ₂₀₁₁ →LH ₂₀₁₆ | 池州、沧州、上饶、渭南、长治、阿勒泰、丽江、临沧 |
| | LH ₂₀₀₇ →LL ₂₀₁₁ →LH ₂₀₁₆ | 新乡、孝感、商洛、乐山、资阳 |
| | LH ₂₀₀₇ →LH ₂₀₁₁ →LL ₂₀₁₆ | 鄂州、日照、阿坝 |
| | LH ₂₀₀₇ →LL ₂₀₁₁ →LL ₂₀₁₆ | 荆州、娄底、锦州、辽阳、呼和浩特 |
| | LL ₂₀₀₇ →LH ₂₀₁₁ →LL ₂₀₁₆ | 文山 |
| 模式 3 | LL ₂₀₀₇ →LH ₂₀₁₁ →HH ₂₀₁₆ | 安庆、绵阳 |
| | LL ₂₀₀₇ →HL ₂₀₁₁ →HH ₂₀₁₆ | 芜湖 |
| | LL ₂₀₀₇ →LL ₂₀₁₁ →HH ₂₀₁₆ | 龙岩、许昌 |
| | HH ₂₀₀₇ →LL ₂₀₁₁ →LL ₂₀₁₆ | 梅州 |
| | HH ₂₀₀₇ →LH ₂₀₁₁ →HL ₂₀₁₆ | 石家庄 |
| | HL ₂₀₀₇ →LH ₂₀₁₁ →LH ₂₀₁₆ | 大庆 |
| LL ₂₀₀₇ →HL ₂₀₁₁ →LH ₂₀₁₆ | 洛阳 | |
| 模式 4 | 除去前三种模式所包含的地区之外的区域 | |

资料来源:作者整理。

四、结论与政策建议

(一) 结论

本研究运用探索性空间数据分析技术对2007—2016年中国336个地级以上区域的专利申请量指数数据进行深入分析,进而系统地阐述了中国地级区域的技术创新产出的空间分布特征以及其时空演化规律,得出以下主要结论:

1.2007—2016年中国三种专利的申请总量增长了约480%,但其空间分布呈现出明显的区域不平衡的特征,从宏观国家层面来看,中国东部地区创新产出水平较高,西部地区的创新产出水平较低;从中观区域层面来看,创新产出水平较高的区域主要分布在几个主要的城市群,包括山东半岛城市群、长江三角洲城市群、关中原城市群、中原城市群,以及哈长城市群、珠江三角洲城市群、成渝城市群、海峡西岸城市群、长江中游城市群和京津冀城市群的核心区;从微观城市层面来看,全国超过一半的创新产出来自经济发达的大中型城市,包括一线城市和直辖市(北京、上海、广州、深圳、天津、重庆)、经济发展水平较高的大城市或省会城市(苏州、杭州、成都、南京、西安、武汉、济南等),以及地处中国经济发展水平最高的两大城市群长江三角洲城市群和珠江三角洲城市群核心区域的地级市(宁波、南通、东莞、佛山、温州等)。

2.通过区位 Gini 系数和 Theil 熵指数的测算结果可以确定中国的技术创新产出在地级区域层面呈现出较高的空间集聚性特征,不过随着时间的推移,其空间集聚程度却呈现出逐渐下降的趋势。这与以往学者的研究结论有所不同,而这恰恰说明未来中国的创新活动在区域分布上将呈现出多极化和多元化的特征。随

着中国“创新驱动”战略的深入实施,越来越多的地级区域的创新能力在不断增强,创新资源也逐渐丰富起来,多极化的创新空间分布模式将为中国经济增长带来新动能。

3.全局莫兰指数的计算结果说明,中国地级区域层面上的技术创新产出表现出来的空间集聚性并不是随机分布的,而是呈现出正向的空间相关性,较高技术创新产出的区域倾向于在空间上与较高技术创新产出的区域集聚在一起,而技术创新产出较低的区域也通常与其他低技术创新产出的区域集聚在一起。依据莫兰散点图的分析结果可知,在2007—2016年的10年考察期内,HH型空间关联模式主要分布在中国东部地区的长三角城市群;LL型空间关联模式主要分布在中国的东三省以及中西部地区;HL型空间关联模式主要分布在中国东部和中部城市群的核心区域,并有逐渐向城市群内其他经济发达的城市扩散的倾向;LH型空间关联模式主要分布在中国东部和中部地区HH型空间关联模式区域的周围。

4.时空跃迁测度法的研究结果显示,邻近地理空间的创新溢出效应和示范效应在一定程度上促进了地级区域创新产出的空间关联模式的时空演进。由于中国整体的东部地区、中部地区和西部地区的经济发展水平存在着相对较大的区域差异,因此从微观层面来看,不同地级区域在经济总量、人口密度、知识存量、技术水平、创新投入、科技政策等方面也存在着较大的差异,这使得实际的创新溢出效应和创新示范效应在不同的邻近地级区域周围产生的方向和强度会有所差异,从而形成了不同类型的技术创新产出的空间关联模式以及其时空演进形式。

(二)政策建议

1.优化科技资源在空间上高效合理的配置,政府应通过科技政策和人才政策的制定引导科技创新资源向创新产出较高的地级区域集聚,在一线城市、直辖市、经济发展水平较高的省会城市以及长三角、珠三角城市群的核心城市积极营造良好的创新环境,不断优化促进区域技术创新的体制机制,进一步激发城市创新要素的潜能,充分发挥创新资源的集聚效应和规模效应,从而提升区域创新效率和创新能力。

2.对于技术创新产出水平相对落后的中部和西部地区以及东三省,要通过地方科技政策的倾斜来吸引越来越多的优秀科技创新人才和高技术企业落户中西部城市,加大区域科技创新研发经费的支持力度,充分发挥市场机制在技术创新方向上的引导作用,促进区域知识吸收和整合能力的提升,在中西部地区城市群以及各省会城市努力培育一部分区域创新的增长极,从而带动周围区域创新能力的提升,以实现创新的多极化发展目标,从而提升中国整体的创新能力。

3.基于中国地级区域层面上的技术创新产出呈现出正向的空间关联性的研究结论,对于HH型空间关联模式的地级区域之间应打通区域行政区划的体制障碍,促进创新要素在区域间的自由流动,从而加强地级区域间的交流与合作,降低交易成本。对于HL型空间关联模式的地级区域,应建立邻近城市间的协调发展机制,大力发展技术转移服务业,促进技术创新的空间溢出效应和空间示范效应的发挥,以实现高创新产出区域带动周边低创新产出区域协同发展的目标,从而促进区域整体创新产出和经济发展水平的提升。

4.基于中国地级区域层面技术创新产出的空间关联模式的时空演化规律,应加强全国的区域协同创新网络的体制机制的顶层设计,促进地级区域内以及区域间政府、高校、科研院所和企业的协同创新,加强各地级区域科技政策的沟通协调机制,进一步扩大创新高地的向周围区域的辐射范围和辐射强度,从而推动中国整体创新能力的可持续增长,实现从“创新大国”向“创新强国”的转变。

参考文献:

- [1] 熊彼特. 经济发展理论[M]. 北京:商务印书馆,1997:49-60.
- [2] DAVID B A, MARYANN P F. R&D spillovers and the geography of innovation and production[J]. American Economic Association, 1996, 86(3): 630-640.
- [3] PAUL B, PIERRE P, JACQUES F T. An economic theory of regional clusters[J]. Journal of Urban Economics, 2000, 48(1): 158-184.
- [4] STEFANO B. Agglomeration economies, knowledge spillovers, technological diversity and spatial clustering of innovations. [J]. Liuc Papers in Economics, 1998(10): 1-45.
- [5] BREANDAN O. Patent places: size matters[J]. Journal of Regional Science, 1999, 39(4): 613-636.
- [6] 赵坚. 坚持底线思维破解发展大都市区的体制障碍[J]. 北京交通大学学报(社会科学版), 2015, 14(1): 7-15.
- [7] MATS W. The spatial distribution of inventor networks[J]. Ann Reg Sci, 2009, 43(3): 646-668.

- [8] FUJITA M, THISS J F. 集聚经济学——城市、产业区位与全球化[M]. 石敏俊,译. 上海:格致出版社,2016:323-326.
- [9] 余冬筠,郑莉峰. 产业集聚、创新集聚与城市经济动力——来自长三角的证据[J]. 华东经济管理,2013,27(3):65-69.
- [10] 黄忠武. 我国技术创新的空间分布、空间溢出及其对区域经济增长的影响[D]. 泉州:华侨大学,2014:15-26.
- [11] 邬滋. 创新集聚的空间分布与空间关联模式[J]. 技术经济与管理研究,2010,12(3):38-41.
- [12] 魏守华, 嵇金吉, 何嫒. 区域创新能力的空间分布与变化趋势[J]. 科研管理,2011,32(4):152-160.
- [13] 张鸿武,李涛. 长三角和珠三角城市群创新的空间效应及影响因素研究——基于空间面板杜宾模型的比较分析[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版),2018,21(4):69-76.
- [14] 李晨,覃成林,任建辉. 空间溢出、邻近性与区域创新[J]. 中国科技论坛,2017,12(1):47-52.
- [15] 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,2015,12(7):174-187.
- [16] 张丽华,林善浪. 创新集聚与产业集聚的相关性研究[J]. 科学学研究,2010,28(4):635-640.
- [17] 张刚,王宇峰. 知识集聚与区域创新——一个对我国30个地区的实证研究[J]. 科学学研究,2010,28(3):449-458.
- [18] 罗发友. 中国创新产出的空间分布特征与成因[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版),2004,7(6):76-81.
- [19] COOKE P, SCHIENSTOCK G. Structural competitiveness and learning regions[J]. Enterprise and Innovation Management Studies, 2000,1(3):265-280.
- [20] COOKE P. Regional innovation systems: competitive regulation in the new Europe[J]. Groforum, 1992,23(3):365-382.
- [21] FELDMAN M P, AUDRETSCH D B. Innovation in cities: science-based diversity, specialization and localized competition[J]. European Economic Review, 1999,43(2):409-429.
- [22] BERNARDI C B, GUADALUPE S D. Innovation and R&D spillover effects in Spanish regions: a spatial approach[J]. Research Policy, 2007,36(9):1357-1371.
- [23] 方远平,谢蔓. 创新要素的空间分布及其对区域创新产出的影响——基于中国省域的ESDA-GWR分析[J]. 经济地理, 2012,32(9):8-14.
- [24] 孙颖. 城市创新能力的溢出效应与空间分布——对江苏省13地市的实证分析[J]. 西部论坛,2012,22(2):88-94.
- [25] KRUGMAN P. Geography and trade[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1991.
- [26] 李婧. 区域创新集聚的空间计量分析——来自中国的实证[J]. 工业技术经济,2013,241(11):138-148.
- [27] REY S J. Spatial empirics for economic growth and convergence[J]. Geographical Analysis, 2001,33(3):195-214.
- [28] 程叶青,王哲野,张守志,等. 中国能源消费碳排放强度及其影响因素的空间计量[J]. 地理学报, 2013,68(10):1418-1431.
- [29] 王春杨,张超. 中国地级区域创新产出的时空模式研究——基于ESDA的实证[J]. 地理科学,2014,34(12):1438-1444.

The Spatial Distribution of China's Technological Innovation Output —Evidence from China's Prefecture-level and Above Regions

LI Hongyu, ZHAO Jian

(School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The spatial econometric research method and the panel data of China's prefecture-level and above regions from 2007 to 2016 are used to study the spatial distribution characteristics, spatial correlation and spatial distribution evolution of China's technological innovation output. The research results show that although the total output of China's technological innovation has increased year by year, the distribution of prefecture-level regions is uneven, mainly distributed in large and medium-sized cities with developed economies (municipalities, some provincial capital cities, and core prefecture-level cities in the Yangtze River Delta and Pearl River Delta urban agglomerations). Although China's technological innovation output is at a relatively high level of spatial agglomeration, its agglomeration degree is declining year by year. Its local spatial association presents a diversified model, and HH (high-high correlation) type is mainly distributed in Yangtze River Delta urban agglomeration; LL (low-low correlation) type is mainly in the three northeast provinces of China and the central and western regions; HL (high-low correlation) type is mainly in the core cities of the urban agglomerations in the eastern and central regions of China, and there is a tendency to gradually spread to other economically developed cities within the urban agglomeration; LH (low-high correlation) type is mainly around the HH type in the eastern and central regions.

Key words: technological innovation output; spatial distribution; innovation gathering; spatial correlation

[责任编辑:宋宏]