

# 长三角地区产业技术创新的空间效应研究

李雪<sup>1</sup>, 陈瑜<sup>2</sup>

(1. 上海立信会计金融学院 国际经贸学院, 上海 201209;

2. 上海立信会计金融学院 工商管理学院, 上海 201209)

**[摘要]** 长三角是中国区域经济发展最活跃的地区之一。作为经济发展重要载体的战略性新兴产业,是推动长三角地区产业结构升级的强大引擎和提高区域竞争力的关键。文章首先通过4分位地图和条件地图等工具分析了长三角地区产业技术创新的空间层次,发现长三角地区的产业空间形态呈现出动态性、层级性和多维化三个特点;然后再用空间探索性数据分析方法探讨长三角地区产业的全局性和局部相关性,发现长三角地区产业的创新要素投入与经济效益有明显的正相关关系和强烈的空间依赖性,并且核心城市的经济活动对经济增长有正向的溢出效应。空间分布上的不断积聚,高一高邻近以及网络的多中心化、扁平化都是长三角地区产业空间形态的重要特征。最后,建立空间计量模型分析长三角新兴产业空间形态的影响机制。研究结果显示:长三角各地区的工业总产值、进出口总额、人均GDP水平对创新产出有强烈空间自相关性,对空间差异存在显著影响。文章的结论一方面有利于引导企业的选址,另一方面有助于政府制定政策时减少因产业重叠造成的资源浪费,有利于推进长三角一体化发展,打造世界级创新平台和增长级。

**[关键词]** 长三角; 产业技术创新; 空间效应

**[中图分类号]** F124.3

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-6973(2020)01-0103-13

长三角地处沿江沿海“T”字带,是中国区域经济发展最活跃的地区,并且其经济规模总量和发展速度遥遥领先于其他区域。作为经济发展重要载体的战略性新兴产业,是推动长三角地区产业结构升级的强大引擎和提高区域竞争力的关键。本文试图分析长三角产业技术创新的空间层次、全局性和局部相关性以及空间形态的影响机制,一方面有利于引导企业的选址,另一方面有助于政府制定政策时更清晰地把握方向,减少因产业重叠造成的资源浪费,同时有利于推进长三角一体化发展,打造世界级创新平台和增长级。

## 一、文献综述

由于各空间分布中要素禀赋的不同,造成了区域空间形态上的差异,通过创新要素流动和知识溢出可以缩小这种禀赋差异。国内外学者对技术创新空间协同的研究沿着五个方面展开。

第一,从技术创新的层面研究新技术的开发对现有产业结构的影响,以及新技术带动的新兴产业寻求空间上的外溢和扩张。吴建楠(2009)认为基础设施水平与各省市经济发展水平直接相关,东部沿海地区由于便捷的交通运输加快了人力、物流、资金的集聚,推动空间结构优化,而西部地区的基础设施较弱,影响了第二、第三产业的发展<sup>[1]</sup>。单许昌(2012)认为空间优化有两条路径:第一条是以马克思经济学说为代表的资本内在扩张逻辑,资本的增殖扩张支配着社会资源的流动,资本扩张是优化空间结构的内在动力;另一条路线是以克鲁格曼为代表提出的空间要素,外部经济是空间扩张及演化的内在动力<sup>[2]</sup>。Colombelli等(2014)采用基于“产品空间”方法的框架,研究新技术的开发是否与现有本地知识库的结构有关,利用1986—2006年

**[收稿日期]** 2019-12-01

**[基金项目]** 国家社科基金青年项目“战略性新兴产业技术创新的空间形态演化研究”(15CGL008);国家社科基金重点项目“新型城镇化升级与乡村振兴统筹发展视角的农业转移人口市民化研究”(19AJL014)。

**[作者简介]** 李雪(1974—),女,湖南宁远人,博士,上海立信会计金融学院副教授,主要研究方向:产业经济学。

**[通讯作者]** 陈瑜(1983—),女,福建福安人,博士,上海立信会计金融学院讲师,主要研究方向:技术创新及管理。

的专利数据,发现历史在空间发展中是重要的,而在地方积累的技术能力很可能决定技术多样化的未来模式<sup>[3]</sup>。Bahlmann(2014)考察了企业家网络的地理布局对企业探索性创新水平的影响,通过对 175 个网络数据的分析支持了所提出的观点,同时,还探讨了企业间网络配置、空间锁定、探索性创新以及更广泛的空间和创新关系<sup>[4]</sup>。

第二,从协作机制的角度探讨创新空间的影响,例如大学、科研机构及政府政策研究等因素对产业空间结构的推力。范群林等(2010)认为随着产品研发周期的缩短,创新不再像传统模式只发生在企业内部,而是通过主体之间相互作用影响整个网络结构,而网络又将创新链接到更广阔的创新系统中,进一步促进了空间扩散,从而促进空间结构优化<sup>[5]</sup>。邵云飞等(2011)提出创新的溢出效应会随着距离的增加而递减。他认为长三角由于空间的邻近性,形成了一个双向流动式的技术空间,对长三角各区的经济发展都有促进作用,而中西部由于地理距离远,形成了技术的等级势差<sup>[6]</sup>。López 等(2015)探讨了企业与大学合作的决定因素,以及它们是否因公司的技术水平而有所不同,基于开放创新(OI)模型的概念框架,证明了企业与合作伙伴之间的 OI 关系的前期研究<sup>[7]</sup>。Isabella(2015)提出了一种新的方法来评估产业经济结构的发展机会,为此,新熊彼特的概念被用来重新解释“产品空间”,以评估不同生产部门的技术渗透和复杂程度,最终目标是对当今的技术生产范式 and 不同部门在其中所扮演的不同角色进行描述<sup>[8]</sup>。

第三,从组织结构演变的角度分析产业空间的演化现象。Turco 等(2016)认为企业的产品空间演化具有很强的认知路径依赖性,但企业在规模、效率和国际曝光度方面的异质性抑制了这种依赖性,例如:新产品在中东部地区的引入,与产业的演变有着重要的联系,主要受企业内部特定产品资源的影响,相反,西方先进地区的产品创新更多地取决于当地技术相关能力的可用性<sup>[9]</sup>。Bi 等(2017)认为近几十年来,从弹道导弹到量子跃迁,标志着中国在技术复杂的工业领域拥有新的产品创新潜力,利用知识创造,探讨了模仿、适应和竞争对手技术重组的广泛实践,如何帮助中国从一个复制组装者转变为全球航天工业的一个动态创新者<sup>[10]</sup>。

第四,从创新要素的流动及创新活动的空间分布分析对技术创新的影响。蔡昉等(2009)认为应该用比较优势理论发展产业,尤其在空间上的产业战略安排,在东中西三类地区之间形成雁阵发展模式<sup>[11]</sup>。陈智和吉亚辉(2019)研究发现:高技术产业集聚程度、人力资本、研发资本、政府干预程度以及基础设施建设水平等因素均能提升高技术产业创新绩效,其中,高技术产业集聚对于高技术产业创新绩效的影响程度最大,且高技术产业集聚提升区域创新绩效的直接效应要大于空间溢出效应。<sup>[12]</sup>Tabuchi 等(2018)研究了制造业的技术进步和迁移成本如何相互作用来塑造空间经济,制造业部门劳动生产率的提高促进了活动的聚集,而与技术 and 组织创新有关的运输成本的下降促进了活动的分散,由于这两种力量已经存在了很长一段时间,最终的结果必须取决于生产和贸易成本的下降与移民所承担的各种成本之间的相互作用<sup>[13]</sup>。

第五,侧重从创新政策以及创新制度的角度提出集聚模式的不同产生空间差异。方远平等(2012)通过全局 Moran 指数的测定,指出各个省份的创新要素之间存在着强烈空间正相关关系,并且创新要素之间因为集聚模式的不同产生了空间的差异性<sup>[14]</sup>。宋来胜等(2013)通过 GMM 分析,指出区域的经济的发展跟创新创业能力有极大关系,创新创业的意愿和水平能够有效提升区域经济发展状况<sup>[15]</sup>。丁刚等(2019)指出可构建区域“双创”政策协作共商机制,以促进地区间“双创”政策工具的策略性互动,以强带弱、协同共进,进而提升整个华东地区的“双创”活力。<sup>[16]</sup>Nan 等(2018)认为重组创新是在一项发明中创造性地结合不同的知识领域的过程,研发协作中的重组创新——联合重组过程是组织内部知识与合作伙伴新知识的整合,是技术空间中知识搜索的推进器,合作伙伴邻近度的不同维度会影响合作创新成为重组创新的概率<sup>[17]</sup>。Chen 等(2018)认为全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP)是衡量长期经济增长的指标,也是一种全面的行业级生产率指标,由于区域经济的不平衡,中国区域建设发展存在较大差距。作者基于 TFP 的测量,提出了一个具有变异系数、Moran 散点和收敛系数的双层次分析框架,分析了建筑行业 TFP 在空间多样性、相关性和收敛性三个主要方面的变化趋势<sup>[18]</sup>。各地区建筑业生产率受经济环境、产业组织结构和技术水平的影响较大,产业组织结构对不同地区的生产力有不同的影响。Magnusson 等(2018)根据可持续转型理论,提出创新政策应该为有前途的新技术创造保护空间,它们应该支持市场形成增长的累积过程<sup>[19]</sup>。

通过对以上的文献梳理,国内外对技术创新空间的研究,主要集中在三个方面:

第一,从空间优化的内在动力机制角度探讨新技术如何带动产业在空间上的集聚。产业空间集聚可以带来产业结构升级,实现空间结构的相对均衡,其中,资本扩张是优化产业结构的内在动力之一,资本的增值

扩张支配着社会资源的流动,而技术是另一个空间优化重要的推力。资本和技术的双重作用,促进了空间流动性和产业关联,空间优化促进了企业内部成本的下降,形成了范围经济,从而带动新兴产业在空间上的集聚。

第二,组织结构的演变对新兴产业空间扩张的影响。在高度不确定性的情况下,组织结构的演变对于新兴产业在思想、资源、技术、人员和知识的获取流动方面,都有极为重要的影响。组织结构对于内部创新资源的调整和调动,并在一定空间范围内的协同作用,有助于新兴企业在产品、过程和服务方面的创新,并在新兴产业空间扩张上产生重要的路径依赖。

第三,创新要素的空间活动引起产业在空间上的溢出和扩散。知识是创新的源头,越接近知识生产的地区(如大学、研究所),创新表现得越有活力,远离源头,创新的活力也随之下降,因此,创新的空间分布多在知识生产活跃、创新活动投入多的地方。知识的流动促进了创新活动的集聚,专业化的分工提高了总体的空间效率,尤其是发展高附加值、上下游带动能力强的产业,通过向产业内外的分工延伸,形成正向外部效应,避免在全球价值链中的低端锁定,这有利于空间的优化。

长三角地区作为中国经济最发达的经济区,创新能力也是走在全国前列。探索长三角地区产业创新的内在动力和空间效应,尤其是创新在空间上的溢出和扩散,以及如何促进产业的升级和区域经济的发展,具有重要的理论和实践意义。

## 二、长三角地区产业技术创新的空间层次分析

### (一)四分位地图

为了更加深入了解长三角空间形态的改变对产业的影响,本文以3年为间隔,用Arcgis 10.0绘制2007—2016年的长三角产业空间四分位地图。本文采用专利申请数代表各地区的创新水平,一是专利申请数可以综合地反映一个地区当年的创新实力,而专利批准数可能会滞后很多期;二是从数据的可得性上看,该数据非常完整,没有缺失。

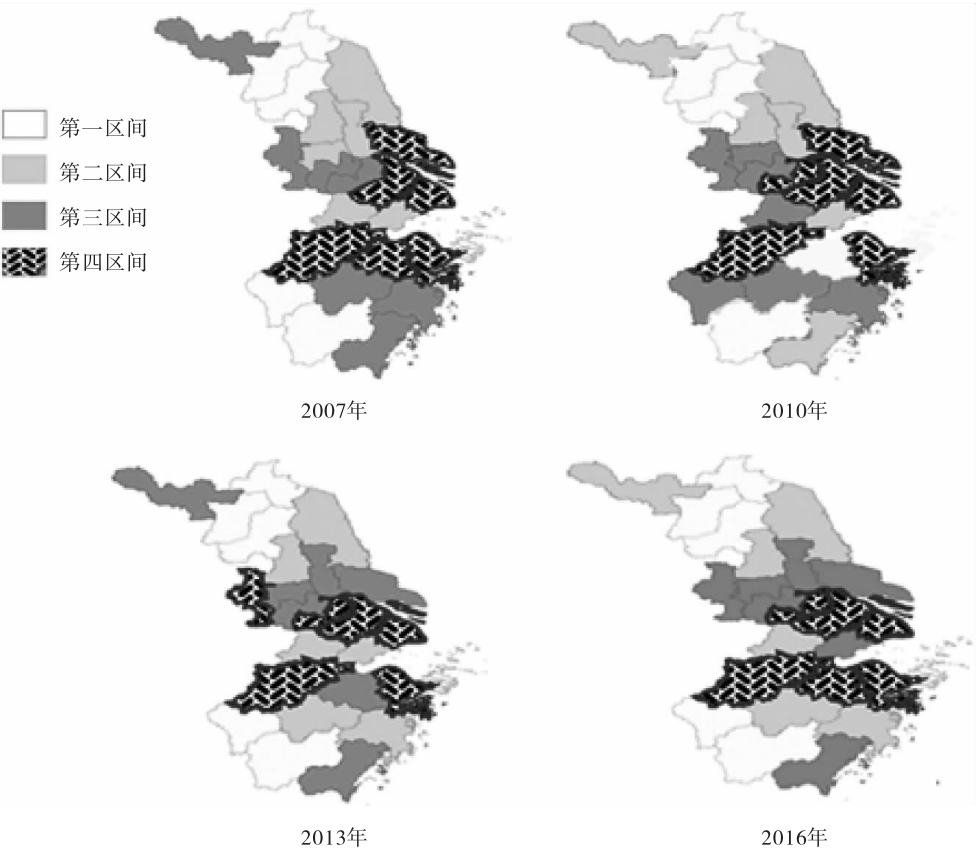


图1 长三角地区产业空间四分位地图

图1中,4个区间分别用不同的色块表示。为了便于对比,将每个区间对应的城市,按照时间排序,整理

成表 1。

表 1 长三角地区产业空间四分位地图分布情况

年份	第一区间	第二区间	第三区间	第四区间
2007 年	连云港,淮安,宿迁,舟山,衢州,丽水	盐城,扬州,镇江,泰州,嘉兴,湖州	南京,常州,无锡,台州,金华,温州	苏州,绍兴,杭州,宁波,南通,上海
2010 年	连云港,淮安,宿迁,舟山,绍兴,丽水	徐州,盐城,扬州,泰州,嘉兴,温州	镇江,南京,常州,湖州,衢州,台州,金华	无锡,苏州,杭州,宁波,南通,上海
2013 年	连云港,淮安,宿迁,舟山,衢州,丽水	盐城,扬州,嘉兴,湖州,台州,金华	徐州,镇江,泰州,常州,绍兴,温州,南通	南京,无锡,苏州,杭州,宁波,上海
2016 年	连云港,淮安,宿迁,舟山,衢州,丽水	徐州,盐城,扬州,湖州,台州,金华	镇江,泰州,南京,常州,嘉兴,温州,南通	上海,宁波,杭州,绍兴,苏州,无锡

按照表 1 中所显示的信息,上海、宁波、杭州和苏州这四个城市近十年一直处于第四区间内,而绍兴、南京和南通发生了跃迁。例如:绍兴从 2013 年的第三区间跃迁至 2016 年的第四区间,南京从 2010 年的第三区间跃迁至 2013 年的第四区间,而南通在 2007 和 2010 年处于第四区间,但 2013 和 2016 年后又处于第三区间。从第三区间来看,城市的变化表现活跃,没有出现十年间某一城市一直处于第三区间内,以 2013 年、2016 年为例,温州、泰州、常州和南通处于第三区间,但温州和泰州在 2010 年时还处于第二区间,南京从 2013 年的第四区间调整为 2016 年的第三区间,镇江在 2010、2013 和 2016 年间一直处于第三区间,但 2007 年时还处于第二区间。从第二区间来看,跟第三区间变化情况类似,也是处于相对活跃情况,以 2013 年和 2016 年为例,扬州、湖州、台州和金华处于第二区间,但金华和台州在 2010 年时则是处于第三区间。再看第一区间,空间格局相对稳定,十年间位置不动的城市有连云港、宿迁、舟山、衢州和丽水。因此,从长三角 10 年的创新空间形态变化可以明显看出,强创新地区形成重要集聚(上海—杭州—苏州—无锡),十年保持领先地位,而弱创新地区也形成集聚(连云港—宿迁—舟山—衢州—丽水),处于创新中间地带的城市,如第三区间和第二区间内的城市则非常活跃。

### (二)条件地图

条件地图通过图表矩阵的方式显示空间变量构成,并通过颜色差异来反映不同地域的要素之间相互关系的差异性。根据地理位置分布,分为 9 个区间,可以从左向右移动手柄来改变条件变量之间的间距。值的变化用颜色的渐变来显示(见图 2)。

将十年间长三角技术创新的空间形态分布情况列成表 2。从条件地图分布情况来看,2007—2016 年,长三角产业空间形态存在扩散和集聚两种显著特征。首先,上海、苏州、南京、杭州、无锡,是长三角产业的强集聚区域,这五个区域本身的产业基础深厚,人才资源丰富,并且大企业密集,产业链基础完备,科研实力强,而长三角的浙东南地区和苏南地区,也因为靠近五个核心城市的地缘优势,再加上本身的民营经济发达,属于中间段的活跃区,浙西北和苏北地区,在产业创新方面则相对弱后。

表 2 长三角地区产业条件地图分布

年份	上离值区域	>75%	50%~75%	25%~50%	<25%
2007 年	无锡、苏州、宁波、上海	南京,杭州	台州、金华、温州、常州、嘉兴、南通、绍兴	扬州、泰州、湖州、连云港、镇江、舟山	淮安、徐州、盐城、衢州、宿迁、丽水
2010 年	无锡、苏州、宁波、上海	南京、杭州	常州、湖州、衢州、南通、台州、金华、温州	嘉兴、扬州、连云港、泰州、镇江、绍兴	宿迁、盐城、淮安、舟山、丽水、徐州
2013 年	上海、宁波、苏州	无锡、南京、杭州	温州、绍兴、台州、金华、常州、嘉兴、南通	扬州、湖州、镇江、连云港、舟山、泰州	宿迁、盐城、淮安、徐州、衢州、丽水
2016 年	上海、苏州	无锡、宁波、杭州、南京	金华、嘉兴、台州、常州、温州、绍兴、南通	镇江、泰州、盐城、湖州、舟山、扬州	丽水、连云港、衢州、徐州、淮安、宿迁

根据长三角的四分位图和条件地图的分析结果可以看出,长三角的产业空间形态呈现三个特点:

第一,动态性。产业的发展与城市功能空间扩展是相辅相成的,城市的空间拓展引起了商业格局的改变,都体现这种动态性。例如:与先进制造相关的,苏州、无锡最为集中,呈现明显的空间梯度布局;而服务业则不同,像上海、南京、杭州等区域中心城市集中,城市群的分工进一步深化,同时产业融合的进程也开始加



图 2 长三角地区产业创新空间的条件地图

快,形成以上海、杭州、南京为中心的多极化、多中心化的发展趋势。

第二,层级性。随着层级的升高,层级之间的集聚现象也越发明显,这说明了城市在网络中的地位并非完全遵循地理空间的行政等级体系,城市创新要素、信息条件以及社会经济发展水平等多要素综合影响着城市的形态变化。从节点的空间分布来看,上海以及其周边区域、江苏的苏南以及浙江的环杭州湾地区是创新活跃的地区,在网络中承担重要的枢纽作用,也具有良好的对外输出功能。

第三,多维化。产业的发展由于价值链上的分工形成空间布局的多样性,同时,产业的溢出与扩散也使得城市群之间的分工更加深入,基于专业化的梯度整合和产业价值链的协作分工是产业与城市的互动统筹产业布局 and 区域合作,实现长三角经济可持续发展的重要途径。空间分布形态受区位优势、区域发展水平、创新资源丰富程度,以及制度等因素综合作用,因此,技术创新的空间形态受产业发展水平、资源丰富度、区域经济实力以及制度水平、城市层级网络等综合因素的作用。

### 三、长三角地区产业技术创新的空间相关性

#### (一)全局空间相关性

对全局自相关的分析,最常用的是 Moran'I 指标。对长三角地区产业全局空间自相关的分析,采用的数据为 2007—2016 年的专利申请数,数据来源于《上海市统计年鉴》《江苏省统计年鉴》《浙江省统计年鉴》。

根据 Moran'I 计算原理,用 Geoda 软件计算的结果见表 3。

表 3 长三角地区近十年 Morans'I 值计算

年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Moran'I 指数	0.0708	0.1157*	0.1946**	0.2073***	0.2869**	0.3052***	0.3712***
P 值	0.1432	0.0897	0.0326	0.0028	0.0281	0.0032	0.0086

表 3 中的数据显示,长三角各城市的空间联系近十年在逐渐加强,空间相关性程度也在提高,说明产业的发展对长三角区域经济有巨大的拉动作用,但是具体到区域内部的空间联系情况,以及区域内部的空间发展演变,还需要进一步用局部的相关分析法分析。

## (二)局部自相关分析

### 1. Moran 散点图

本文通过图 3 来全面反映长三角各地市产业发展的差异,其中横坐标代表长三角各地市专利申请数的标准化值,纵坐标为空间滞后值,表示与中心区域的相邻区域标准化值的加权平均数,空间权重矩阵选择的是“车式”连接权重矩阵。

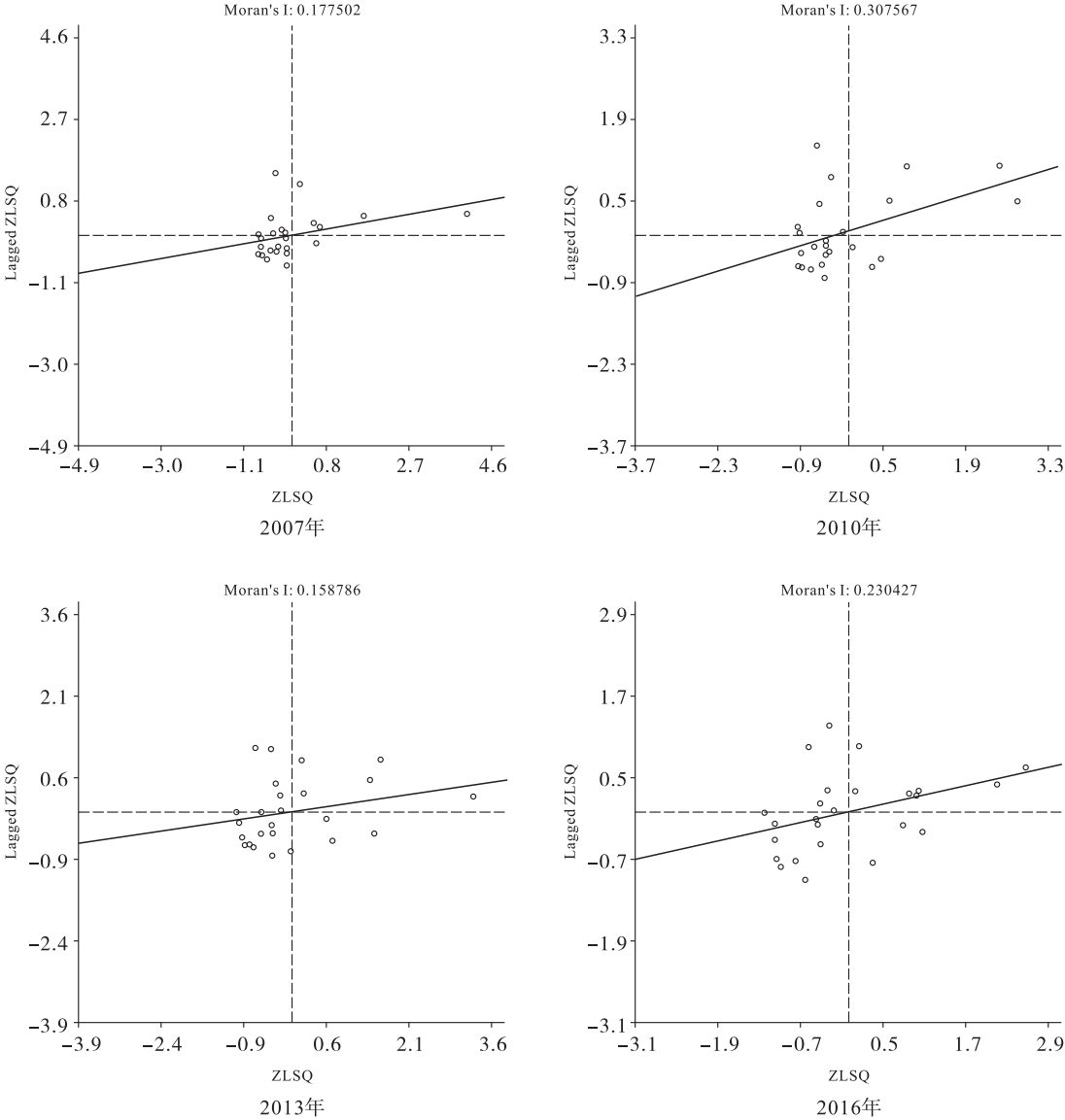


图 3 长三角产业创新空间的 Moran 散点图

图中各象限点的位置总结如表 4。



表 4 Moran 散点图各象限的分布情况

年份	HH 象限	HL 象限	LL 象限	LH 象限
2007 年	苏州, 绍兴, 宁波, 南通, 上海	杭州, 南京, 无锡	连云港, 徐州, 淮安, 宿迁, 盐城, 扬州, 镇江, 常州, 金华, 丽水, 温州	泰州, 嘉兴, 湖州, 舟山, 衢州, 台州
2010 年	上海, 苏州, 南通, 无锡	南京, 杭州, 宁波	连云港, 徐州, 淮安, 宿迁, 盐城, 扬州, 镇江, 常州, 衢州, 台州, 金华, 丽水, 温州	泰州, 嘉兴, 湖州, 舟山, 绍兴
2013 年	上海, 常州, 无锡, 苏州, 南通	南京, 杭州, 宁波	温州, 徐州, 淮安, 连云港, 宿迁, 盐城, 扬州, 台州	湖州, 嘉兴, 泰州, 绍兴, 镇江
2016 年	常州, 无锡, 苏州, 宁波, 南通, 上海	南京, 杭州, 宁波	连云港, 徐州, 淮安, 宿迁, 盐城, 扬州, 衢州, 金华, 丽水	镇江, 泰州, 嘉兴, 湖州, 绍兴, 台州

长三角产业发展十年的空间阶跃表明:长三角产业总体的集聚态势明显,但是区域内部空间分布差异较大,并且呈现分散分布的趋势,一象限(HH 象限)是高—高集聚区,除了核心城市上海、苏州、无锡以外,在 2013 和 2017 年,南通、常州也依次进入 HH 象限,这两城市也是后起之秀;从二象限(HL 象限)来看,南京、杭州、宁波十年一直处于 HL 象限,说明这三个城市本身产业发展实力较强,但是空间的溢出扩散效果不够明显,没有带动周边邻近区域的发展;三象限(LL 象限)分布的城市有金华、丽水、连云港、徐州、淮安、盐城、扬州、宿迁、衢州,以浙西北和苏北地区为主;四象限(LH 象限)有嘉兴、台州、绍兴、镇江等城市,周边是高创新地区,但这些区域还处于低创新地区,有较强的发展潜力,以嘉兴为例,尽管与上海空间距离近,但是产业并没有表现出明显的发展趋势,还有像镇江、湖州、绍兴等区域,从地理空间上独立性较强,与邻近的中心城市南京之间的联系也较弱,没有接受到核心城市的产业扩散和辐射。

## 2. Lisa 聚集图

Lisa 集聚图分析的是统计显著性高的区域,通过图形显示在一定的检验水平下区域的空间分布形态。本文以十年为分析时长,间隔 3 年,选取 2007、2010、2013 和 2016 年 4 个截面样本点绘制 Lisa 集聚图(图 4),相应的 Lisa 显著性地图见图 5。

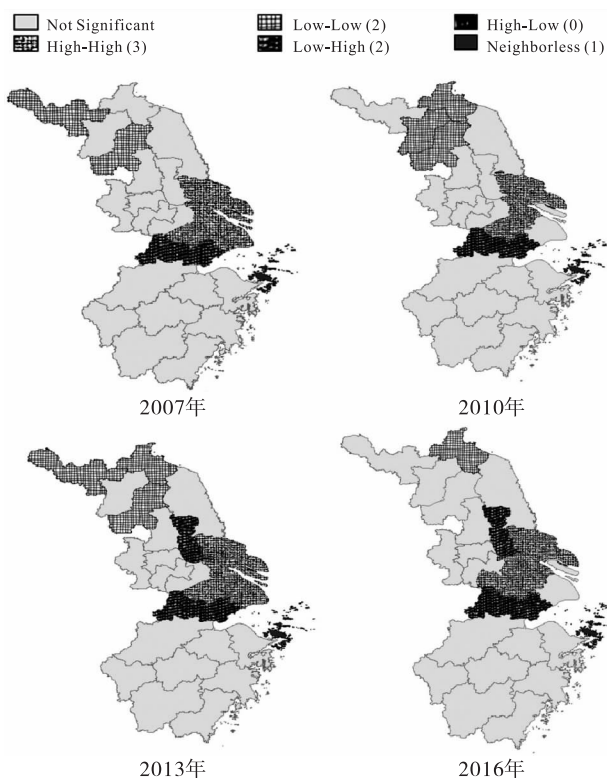


图 4 长三角 Lisa 集聚图

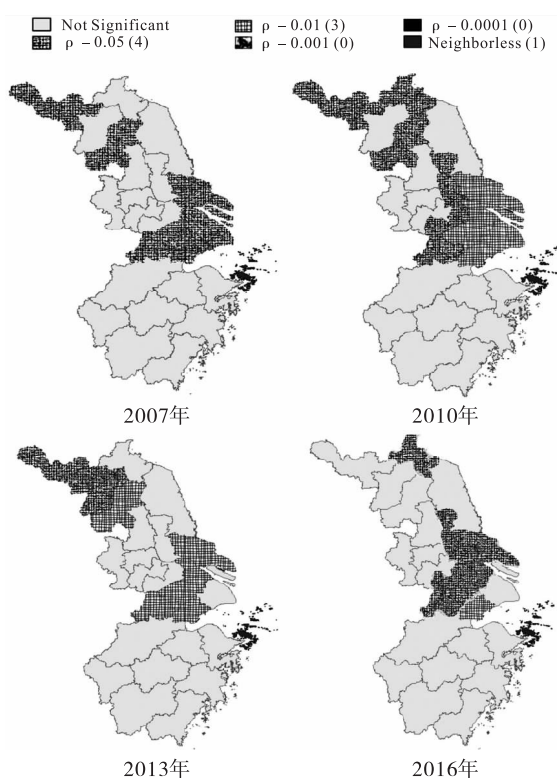


图 5 Lisa 显著性检验地图

在显著性地图中,P 作为统计变量,衡量区域间的空间显著性,当  $P < 0.05$  时,表示具有显著性,即空间上存在相关性;当  $P > 0.05$  时,则不具有相关性。结合 Lisa 集聚图和 Lisa 显著性地图,可以发现:长三角内

部区域分化非常明显,H-H型的星点状分布,集中在苏州、上海、杭州,L-L型也是呈现显著的点状,如连云港、宿迁、淮安等,长三角其余地区则呈现带状分布,点状集中与带状断层的现象非常明显。

局部自相关的分析结果显示:第一,高行政级别城市在创新要素配置中依然占据主导地位,上海、杭州、宁波、南京的要素辐射能力大于集聚能力,苏州从2010年起辐射能力超过集聚能力;第二,长三角城市网络展现出多中心结构,城市体系也由“等级体系”向“网络体系”转变,区域内的联系呈现省内纵向联系和跨省水平联系相交织的特点,邻近连接和跳跃连接并存,省内连接不断加深,跨省远程连接不断拓展;第三,从核心—边缘结构来看,上海、杭州、宁波、苏州、无锡、南京6个城市构成了长三角城市网络的核心层,核心层与边缘层之间以及核心城市的资源互动是推动长三角网络演变的动力。

#### 四、长三角地区产业技术创新影响机制的面板模型分析

##### (一)一般面板模型

本文主要探究长三角地区产业技术创新的空间溢出效应,因此,被解释变量为创新产出。学术界关于创新产出测度指标选取一般采用专利数据,虽然专利数据不能反映区域所有的创新程度,但相对于其它数据更具有可靠性,能为区域创新相关研究提供重要的信息<sup>[20]</sup>。国内外许多学者采用专利数据开展城市创新的相关研究<sup>[21-22]</sup>,研究认为专利申请数比专利授权数更能反映区域的创新能力。因此,本文参考国内外学者的研究,因变量选择专利申请数。考虑到研究区域宏观经济的影响<sup>[23]</sup>,将人均GDP和工业总产值作为衡量区域经济总量的重要衡量指标。Cheung等(2004)从外商投资的角度讨论了空间溢出效应<sup>[24]</sup>。Wu等(2016)从贸易的角度探讨了创新空间溢出的影响程度<sup>[25]</sup>。Rho等(2014)研究指出,创新溢出不仅发生在区域内部,也发生在区域间,即创新溢出具有空间联动效应<sup>[26]</sup>。因此,综合国内外学者的研究,自变量选择人均GDP、工业总产值、进出口总额和外商直接投资,从四个方面衡量对城市创新产出溢出效应的影响。

在建立模型时,本文还需要考虑是固定效应还是随机效应更适合,选择哪种效应建模取决于Hausman值的大小,检验结果显示,Hausman在5%显著水平上拒绝“随机效应模型有效”的原假设,所以选择固定效应。固定效应模型的相应参数见表5。

表5 固定效应检验结果

变量	系数	标准差	T统计量	概率
常数项	-9.1671	0.8761	-10.4639	0.0000
人均GDP	1.5691	0.1497	10.4798	0.0000
工业总产值	0.0227	0.1052	0.2158	0.8292
进出口总额	0.2227	0.0937	2.3752	0.0182
外商直接投资	0.0745	0.0512	1.4553	0.1468
Adj-R2	0.9389			
Log-likelihood	-876206			
F-Statistic	161608			
Prob(F)	0.0000			
AIC	0.7651			
SC	1.1231			
Durbin-Watson	0.6252			

首先,表5中显示,固定效应的模型拟合程度是0.9389,拟合效果较好;其次,从检验的显著性水平来说,在5%的显著性水平下,仅人均GDP和进出口总额两个因素显著,检验值Log-likelihood为-876206,AIC值为0.7651,SC值为1.1231,总体来说,模型的拟合效果较好,但是从模型生成的数据来看,工业总产值和实际外商投资在模型中并不显著,这与前面通过3D散点图、条件地图与定性描述的工具观察到的情况略有差距,因此,本文需要进一步分析原因,调整模型。

##### (二)空间面板模型

空间计量模型有两类:第一类是空间滞后模型(Spatial Lag Model, SLM),第二类是空间误差模型



(Spatial Error Model, SEM)。两者计算的侧重点也不同,SLM 讨论某区域是否存在空间溢出或空间扩散的情况,模型中的参数值用  $\rho$  来衡量邻近地区对本地区的影响程度;SEM 模型讨论的是随机干扰项对本地区观察值的影响。结合十年的面板数据,采用 Matlab7.0 的空间计量分析经济程序,计算得出的 SLM 模型相关参数见表 6,SEM 模型相关参数见表 7。

表 6 SLM 空间滞后模型计算结果

变量	空间固定	时间固定	空间时间都固定
人均 GDP	0.8038 (3155) [0.0000]	-0.2289 (-2.2082) [0.0272]	0.0164 (0.0887) [0.9293]
工业总产值	0.0140 (0.1569) [0.8753]	0.8475 (11.6483) [0.0000]	0.2325 (2.6802) [0.0074]
进出口总额	0.2247 (2.8661) [0.0042]	0.2296 (8388) [0.0000]	0.1498 (1.8095) [0.0704]
外商直接投资	0.0389 (0.8735) [0.3824]	0.0231 (0.6144) [0.5389]	0.0954 (2.2227) [0.0262]
$R^2$	0.9574	0.9149	0.9637
$\rho$	0.0086 (0.3290) [0.1421]	0.1070 (1.5756) [0.1151]	0.5279*** (14.6889) [0.0013]
Log-likelihood	-56.4074	-152.7423	-24.6473
$\text{Sigma}^2$	0.0810	0.1617	0.0690

表 7 SEM 空间误差模型计算结果

变量	空间固定	时间固定	混合效应
人均 GDP	-0.1621 (-0.09) [0.927]	-0.5994*** (-2.92) [0.003]	0.8282 (0.39) [0.699]
工业总产值	1.5563 (1.64) [0.101]	1.2486*** (8.91) [0.000]	1.7874*** (1.98) [0.048]
进出口总额	-0.3073 (-1.28) [0.200]	0.2405** (2.22) [0.026]	0.2806** (-1.11) [0.068]
外商直接投资	-0.0582 (-0.33) [0.739]	-0.2020*** (-2.63) [0.009]	0.0928* (-0.53) [0.098]
$\lambda$	-0.0055 (-0.02) [0.985]	-0.7571*** (-3.71) [0.000]	0.1104** (-0.37) [0.014]
$R^2$	0.894	0.907	0.946
Log-likelihood	42.4458	-13.8030	42.7689
AIC	-72.892	39.606	-73.538
BIC	-61.419	51.078	-62.066

表 8 SEM 模型和 SLM 模型的检验估计

检验值	空间固定效应	时间固定效应	混合效应
LM(lag)	1.3211	2.2463	121.6954*
P 值	[0.2504]	[0.1339]	[0.0920]
Robust LM(lag)	3.8619*	5.9101*	169.8612*
P 值	[0.0994]	[0.0851]	[0.0851]
LM(error)	3.1316**	0.4228**	3.9280**
P 值	[0.0468]	[0.0355]	[0.0475]
Robust LM(error)	5.6704**	4.0866**	52.0938***
P 值	[0.0172]	[0.0432]	[0.0000]

根据 Anselin 等(1996)提出的判别法则<sup>[27]</sup>,如果 LM(error)比 LM(lag)显著性更高,并且 Robust LM(error)显著而 Robust LM(lag)不显著,那么,空间误差模型比空间滞后模型更适合,同理,如果 LM(lag)比 LM(error)显著性更高,并且 Robust LM(lag)显著而 Robust LM(error)不显著,那么,空间滞后模型就是适合的。根据表 8 中的两种模型检验值的对比,LM(error)的显著性要高于 LM(lag),同时 Robust LM(error)的显著性也高于 Robust LM(lag),因此,SEM 空间误差模型是更适合的。

再来看 SEM 模型的三种效应:第一种是空间固定效应(Spatial Fixed Effect),第二种是时间固定效应(Time Period Fixed Effect),第三种是空间时间都固定的混合效应(Spatial Time Period Fixed Effect)。空间固定表示变量仅随区位变化而不随时间变化,对于稳态水平的影响;时间固定效应反映随时间变化不随区位变化情况下,对于稳态水平的影响;混合效应是既有空间又有时间效应的影响。

对比 SEM 模型的三种效应的估计结果,从 R<sup>2</sup> 来看,空间和时间固定效应的 R<sup>2</sup> 是 0.894 和 0.907,而混合效应是 0.946,高于空间固定效应和时间固定效应;从 Log-likelihood 值来看,空间和时间混合效应值是 42.7689,优于空间固定效应的 42.4458,和时间固定效应的一 13.8030,因此,SEM 模型中的空间和时间混合效应估计效果相对较好。

## (二)两种模型的对比

将空间误差模型 SEM 混合效应与一般面板模型的估计结果放在一起综合对比,看看考虑空间因素后模型总体情况变化。

表 9 SEM 混合效应模型与一般面板模型对比

变量	一般面板模型(固定效应)	SEM 模型的混合效应
人均 GDP	1.5691*** (10.4798) [0.0000]	0.8282 (0.39) [0.699]
工业总产值	0.0227 (0.2158) [0.8292]	1.7874** (1.98) [0.0480]
进出口总额	0.2227** (0.3752) [0.0182]	0.2806* (-1.11) [0.068]
外商直接投资	0.0745 (1.4553) [0.1468]	0.0928* (-0.53) [0.098]
$\lambda$		0.1104** (-0.37) [0.014]
R <sup>2</sup>	0.9389	0.946
Log-likelihood	-876206	42.7689

从拟合的总体效果来说,SEM 模型的混合效应要优于一般面板模型,SEM 的混合效应是 0.946,一般面板模型是 0.9389,此外,SEM 混合效应的 Log-likelihood 值是 42.7689,也要优于一般面板模型的 Log-likelihood 值 -876206,因此,从两种模型的对比情况来看,自变量之间确实存在着较强的空间联系,而一般面板

模型中,忽略了空间因素。从系数的估计情况来看,一般面板模型中,仅人均 GDP 和进出口总额估计显著,其他的自变量都不显著,在 SEM 混合效应中,工业总产值、进出口总额和实际外商投资估计值都是显著的。

从现实的经济意义角度来说,产业在空间上的集聚对邻近地区产生显著的溢出。由于区域间存在明显的空间相关性且相关性逐渐增强,传统的面板模型没有考虑到变量之间的空间相关性或随机误差扰动带来的影响,所以模型估计的效果一般。

空间面板模型表明:地区的工业总产值、进出口总额、人均 GDP 水平对创新产出有强烈的空间相关性,对空间差异存在显著影响。因产业附加值较高且外向度较高,依赖于来自核心地区的人才技术和信息资源,空间分布上体现以核心城市及交通轴线为主的集聚,并且在 2010 年以后经历明显的产业扩散过程,逐渐由核心城区扩散到次核心城区,扩散体现出典型的空间溢出效应,溢出效应引起长三角区域内部分工的梯度转移。

另外,空间经济模型在研究产业对区域经济增长过程中具有比一般面板模型更好的估计结果,研究发现,空间因素影响区域经济发展水平,说明空间计量模型是处理空间依赖性及区域经济现象的较适合的模型。从模型估计情况来看,产业资本的投入、产业空间集聚的加强,对地区经济增长有促进作用,知识溢出、技术创新与产业空间分布之间并不是一个单向过程,而是相互促进的过程,空间距离接近的企业知识溢出和创新促进了产业集中在核心城市,而产业空间分布又强化企业的知识溢出和技术创新,从而形成一个空间分布—技术创新—知识溢出良性的互动循环机制。

## 五、结论及政策建议

本文首先利用四分位地图和条件地图等工具分析长三角产业技术创新的空间层次,研究发现:第一,长三角正从单一中心向多中心模式转变,这种组团式的协同创新,是长三角产业发展的有效空间组织形式,创新网络之间呈现出多重联系且相互交织的发展趋势;第二,高行政级别城市在长三角城市网络体系中占据绝对领导地位;第三,长三角创新网络群联系的密度进一步增长,产业发展推动了区域网络结构的演变,但是在区域内存在明显的分层集聚现象;第四,长三角区域内部主要呈现以上海、南京、杭州、宁波四个核心城市为主的省内邻近联系,但 2010 年后网络化程度明显升级,跨省跨区域的纵向扩张日益增多并成熟。这表明长三角产业技术创新的空间形态已从单一中心向多中心转变,形成以上海为中心,以苏州、杭州、宁波、南京等核心城市为次中心的圈层结构。多圈层和多中心的城市空间形态是未来长三角城市群的必然,这种多圈层的空间形态也决定了长三角未来的经济发展趋势和整体的经济状况。

其次,本文用 Moran'I 指数和 Lisa 集聚等空间探索性数据方法计算长三角产业的全局空间性和局部空间相关性,发现:第一,产业的发展对长三角城市群的深度一体化具有巨大的推动作用,但是具体到区域内部,高行政级别城市在创新要素配置中依然占据主导地位;第二,长三角城市网络展现出多中心结构,城市体系也由“等级体系”向“网络体系”转变,呈现省内纵向联系和跨省水平联系相交织的特点;第三,核心层与边缘层之间以及核心城市的资源互动是推动长三角网络结构演变的动力。

最后,本文建立空间计量模型,结果显示:地区的工业总产值、进出口总额、人均 GDP 水平对创新产出有强烈的空间相关性,对空间差异存在显著影响,尤其是 2010 年以后,产业扩散体现出典型的空间溢出效应,溢出效应加剧区域内的分工,同时也加强产业在空间上的集聚形态。

本文的政策建议是:

第一,在全球化的竞争格局下,中国的城市群发展也进入到新的阶段。本文以长三角产业发展为例,开展定量化的研究,为地区引导产业发展导向提供参考。政府应进一步发挥市场机制的作用,在空间集聚与扩散中合理配置产业,从比较优势的角度,促进产业链的完善,加强区域内的分工协作和产业的有序转移。长三角作为全国经济的领头羊,以产业发展为契机,带动长三角甚至全国经济结构变化,政策制定除了形成产业集聚之外,还要深入区域间的交流沟通,产生更多的溢出和扩散效应。

第二,溢出的扩散效应与局限性。外部性是一种潜在的对周围事物的影响,每个战略性新兴企业都具有一定的外部性,受距离的约束,外部性的大小与距离变化具有负相关关系。在核心城市内的企业由于距离接近,得到更多的创新外部性,再由外部性的扩散效应吸引更多的战略性新兴产业进入核心城市范围,同时由于缄默知识等特性,溢出又具有空间局限性,正是由于知识外部性和溢出的局限性,使得产业的技术创新行为在创新资源更丰富的核心城市中进行,尤其是知识投入越重要的企业,这种分布倾向也就越发明显。产业技术创新在长三角呈现出的这种集聚状态,使得空间分布形态呈现出集聚在以核心城市为主,部分区域性中

心城市和部分综合实力较强的二线城市为辅,但并没有呈现明显的带状或者圈状分布的空间形态。

第三,组织要素需要发挥更强效应。影响空间形态的主要因素,首先是空间要素,包括通道(资金融通与技术转移通道、商品物流通道、交通与信息通道)、城市体系(核心城市、区域性次级核心城市和二三线城市),以及经济腹地(核心城市对周边的辐射与带动作用)。其次是组织因素,包括支撑体系(政府、行政、文化氛围)、产业体系(区域产业发展水平、企业与其他实体经济水平)、创新体系(大学与科研机构、人才团队)等。长三角的交通网络发达,城镇体系完善,相比之下,组织要素还没有发挥出较强的效应,因此,政府可以考虑从组织要素发挥的层面,完善创新体系、产业体系、支撑体系的必要条件,为长三角产业未来有更大的发展创造条件。

第四,空间集聚与扩散相互依存又交替发展。在长三角产业空间形态的演化过程中,空间的集聚与扩散相互依存,交替发展,形成集聚—扩散—再集聚—再扩散的产业演变框架,推动新兴产业由核心城市向边缘不断发展,这两种效应在不同时期强度也不相同。在发展初期,以集聚作用为主,集聚伴随着人流、资本流、技术流、信息流的共同作用,产业在空间上不断扩张。例如:近几年,长三角出现了很多国家级、省级等产业发展园区,像宁波北仑注塑机和嘉善新型电子元器件、临安电线电缆等5家基地被批准成立国家级特色产业基地,还有普陀海洋生物与生化产品,以及诸暨电脑刺绣设备等被评为省级特色产业基地,因此,在政策设计方面,需要进一步加强扩散作用,让新兴产业发展更深入,向更大范围内拓展,形成新的空间分布态势。

## [参 考 文 献]

- [1] 吴建楠,曹有挥,姚士谋,等.基础设施与区域经济系统协调发展分析[J].经济地理,2009,29(10):1624—1628.
- [2] 单许昌.空间经济研究中马克思主义与新古典两条路径的关联——基于资本逻辑与空间基本规律的比较视角[J].财经研究,2012(8):136—145.
- [3] COLOMBELLI A, KRAFFT J, QUATRARO F. The emergence of new technology-based sectors in european regions: a proximity-based analysis of nanotechnology[J]. Research Policy, 2014,43(10):1689—1696.
- [4] BAHLMANN M D. Geographic network diversity: how does it affect exploratory innovation? [J]. Industry And Innovation, 2014,21(7):633—654.
- [5] 范群林,邵云飞,唐小我,等.结构嵌入性对集群企业创新绩效影响的实证研究[J].科学学研究,2010,28(12):1891—1900.
- [6] 邵云飞,杜晓明.产业集群内基于时间和距离的技术创新扩散模型研究[J].科技进步与决策,2011,28(20):67—71.
- [7] LÓPEZ S F, ASTRAY B P, PAZOS D R, et al. Are firms interested in collaborating with universities? An open-innovation perspective in countries of the South West European Space[J]. Service Business, 2015,9(4):637—662.
- [8] ISABELLA R F. International technological dynamics in production sectors: an empirical analysis[J]. Cepal Review, 2015(115):23—39.
- [9] TURCO A L, MAGGIONI D. On firms' product space evolution: the role of firm and local product relatedness[J]. Journal of Economic Geography, 2016,16(5):975—1006.
- [10] BI J X, SARPONG D B. From imitation to innovation: the discursive processes of knowledge creation in the chinese space industry[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2017,34(120):261—270.
- [11] 蔡昉,王美艳,曲玥.中国工业重新配置与劳动力流动趋势[J].中国工业经济,2009(8):5—16.
- [12] 陈智,吉亚辉.中国高技术产业创新绩效的影响因素研究——基于中国省级面板数据的空间计量分析[J].江南大学学报(人文社会科学版),2019,18(2):108—115.
- [13] TABUCHI T, THISSE J F, ZHU X W. Does OES technological progress magnify regional disparities? [J]. International Economic Review, 2018,59(2):647—663.
- [14] 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.
- [15] 宋来胜,苏楠,付宏.创新创业能力的空间分布及其经济增长效应——基于 GMM 方法的实证分析[J].经济经纬,2013(1):6—10.
- [16] 丁刚,苏馨雨,王士源,等.区域“双创”政策工具体系构成的空间分布态势研究[J].江南大学学报(人文社会科学版),2019,18(6):103—108.
- [17] NAN D, LIU F C, MA R K. Effect of proximity on recombination innovation in R&D collaboration: an empirical analysis[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2018,30(8):921—934.
- [18] CHEN Y, LIU B S, SHEN Y H. Spatial analysis of change trend and influencing factors of total factor productivity in China's regional construction industry[J]. Applied Economics, 2018,50(25):2824—2843.
- [19] MAGNUSSON T, BERGGREN C. Competing innovation systems and the need for redeployment in sustainability transi-

- tions[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018,126(23):217—230.
- [20] HAGRDoom J, CLOODT M. Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators? [J]. *Research Policy*, 2003,32(8):1365—1379.
- [21] GRILICHES Z. Patent statistics as economic indicators: a survey[J]. *Journal of Economic Literature*, 1990,28(28):1661—1707.
- [22] DING J, HUANG R. Multiscale analysis of innovation difference in the Yangtze River economic belt based on the number of patents[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2016,25(6):868—876.
- [23] BETTENCOURT L M A, LOBO J, STRUMSKY D. Invention in the city: increasing returns to patenting as a scaling function of metropolitan size[J]. *Research Policy*, 2007,36(1):107—120.
- [24] CHEUNG K Y, LIN P. Spillover effects of FDI on innovation in China: evidence from the provincial data[J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2004,15(1):25—44.
- [25] WU Y, LIU N Q. The spatial spillover effects of different ownership enterprises innovation [J]. *Economic Management*, 2016(11):45—59.
- [26] RHO S, MOON I J. Innovation and spillovers in China: spatial econometric approach[J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2014,27(2):149—170.
- [27] ANSELIN L, BERA A K, FLORAX R, et al. Simple diagnostic tests for spatial dependence[J]. *Regional Science and Urban Economics*, 1996,26(1):77—104.

(责任编辑:蒋萍)

## Spatial effect of industrial technology innovation in the Yangtze river delta region

LI Xue<sup>1</sup>, CHEN Yu<sup>2</sup>

(1. Shanghai Lixin University of Accounting and Finance, School of international economics and trade, 201209;

2. Shanghai Lixin University of Accounting and Finance, School of Business Administration, 201209)

**Abstract:** The Yangtze river delta is one of the most dynamic regions in China. Strategic emerging industries, as an important carrier of economic development, are powerful engines to promote the upgrading of industrial structure in the Yangtze river delta and the key to improve regional competitiveness. This article firstly analyzes the spatial level of industrial technology innovation in the Yangtze river delta region by means of 4-point map and conditional map and finds that the industrial spatial form in the Yangtze river delta region presents three characteristics: dynamic, hierarchical and multidimensional. Then, a spatial exploration data analysis is conducted to explore the overall and local correlation of the industry in this region, and it is found that the input of innovation factors in the industry in the Yangtze river delta region has a significant positive correlation with economic benefits and a strong spatial dependence, and the economic activities of core cities have a positive spillover effect on economic growth. The accumulation of spatial distribution, the proximity of height to height and the multi-center and flattening network are the important characteristics of industrial spatial form in the Yangtze river delta. Finally, a spatial econometric model is established to analyze the influence mechanism of the spatial form of emerging industries in the Yangtze river delta. The results show that the total industrial output value, total import and export value, and per capita GDP level of each region in the Yangtze river delta have strong spatial autocorrelation to innovation output and have significant influence on spatial difference. On the one hand, the findings of this study are conducive to guiding enterprises to choose the industrial location. On the other hand, it is helpful for the government to reduce the waste of resources caused by industrial overlap, and facilitate the realization of the goal of promoting the integrated development of the Yangtze river delta and building a world-class innovation platform and growth level.

**Key words:** The Yangtze river delta; Industrial technology innovation; Spatial effect