

doi:10.3969/j.issn.1000-7695.2018.19.010

长三角城市群创新产出差异的时空演变及影响因素

黄丽, 王晓燕, 熊瑶

(1. 华东师范大学城市与区域科学学院;
2. 华东师范大学科技创新与发展战略研究中心, 上海 200062)

摘要: 以长三角城市群26个城市为观测对象, 运用泰尔(Theil)指数二阶分解方法、探索性空间数据分析方法以及地理探测器法, 从时间和空间视角分析2005—2014年长三角城市群创新产出差异的时空格局演变及其影响因素。研究表明: (1) 城市群创新产出的相对差异有减少的趋势, 且区域内部异质性作用明显; (2) 城市群创新产出在空间上存在不均衡的集聚分布, 总体呈现出“北冷南热, 西冷东热”的空间关联特征; (3) 随着时间的推移, 信息化水平逐渐成为影响长三角创新产出差异的主导因素。

关键词: 创新产出差异; 时空演变; Theil系数二阶分解; 空间自相关; 地理探测器; 长三角城市群

中图分类号: F127; F224; G301

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695(2018)19-0069-06

Spatial and Temporal Evolution of Innovation Output Difference in Yangtze River Delta Urban Agglomeration and Its Influencing Factors

Huang Li, Wang Xiaoyan, Xiong Yao

(1.School of Urban and Regional Science;
2.Institute for Innovation and Strategic Studies, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Taking 26 cities in the Yangtze River Delta urban agglomeration as the observation object, the second order decomposition method of Theil coefficient, the exploratory spatial data analysis method and the geographical detector method are used, from the perspective of time and space, this paper analyzes the evolution of spatial and temporal patterns of innovation output differences in Yangtze River Delta urban agglomeration from 2005 to 2014 and its influencing factors. The results show that: (1) the relative difference of innovation output of urban agglomeration has a decreasing trend, and the effect of regional heterogeneity is obvious; (2) there is an unbalanced agglomeration distribution of innovation output in urban agglomeration; (3) with the passage of time, the level of informatization gradually becomes the dominant factor that affects the difference of innovation output in the Yangtze River Delta.

Key words: differences of innovation outputs; spatial and temporal evolution; Theil coefficient second order decomposition; spatial autocorrelation; geographical detector; Yangtze River Delta urban agglomeration

1 研究背景

随着知识经济的兴起, 城市由工业社会的生产与交换中心、后工业社会的服务与管理中心逐渐转变为知识经济下的创新与创意中心^[1], 科技创新成为近期和未来城市发展的主导方向。新经济增长理论认为技术创新是经济增长的重要驱动力之一^[2], 因此创新能力发展成为城市竞争力的关键因素, 而资源高度聚集且具有较强创新竞争潜力的城市群成为当前各国参与全球竞争与国际分工的全新地域单元^[3]。以2014年专利授权数考量, 长三角城市群

占有全国的35%, 且其中的核心城市创新能力凸显, 这可能导致长三角城市群内部创新差异的拉大^[4], 不利于城市群创新能力的提高。因此, 分析长三角城市群城市创新差异的时空格局的动态演变, 无论是在国家战略视角还是区域发展视角方面都显得尤为重要。

当前, 多数学者从经济空间联系、交通与空间结构、城市群网络结构和空间集聚与溢出效应等若干方面探讨长三角城市群的空间差异与联系^[4-10]。随着创新在我国城市发展中功能定位的强化, 长三

收稿日期: 2018-01-15, 修回日期: 2018-04-28

基金项目: 国家自然科学基金项目“全球创新资源转移的空间过程、格局与机制研究”(41471108)

角的创新发展成为学者们研究的热点。就此而言，该领域的研究文献主要集中在城市群创新能力评价、区域创新网络分析、R&D 资源配置效率研究和经济增长与创新的关系探究以及区域创新的空间格局分析等方面^[11-20]，但众多研究只是关注城市内部创新要素间的相互影响，没有同时考虑城市群在创新差异方面的时空动态演变过程，忽视邻近城市的创新扩散效应特征^[21]，以及没有解释造成这种差异性变化的原因。在研究方法上，学者们主要采用基尼系数、变异系数、标准差指数和 Theil 系数等，以及利用探索性空间数据分析 (ESDA) 方法分析区域创新水平的时空差异^[22-28]，在影响因素分析上多采用传统的统计学方法，如多元线性回归模型、面板数据模型^[19-20,23]。基于前人研究，本文引入能够有效测度创新差异时空演变特征的泰尔指数 (Theil index) 二阶分解法、空间自相关莫兰指数 (Moran's I) 和局部 G 指数法，从时间、空间演变的视角分析国家新规划的长三角城市群创新产出差异的动态特征，并运用地理探测器进行影响因素分析，以期为缩小长三角城市群创新差异、促进长三角城市群创新协调发展提供科学政策依据。

2 数据来源及研究方法

2.1 指标选取及数据来源

目前关于衡量创新产出的指标虽然很多，例如新产品开发项目数、新产品销售收入、技术市场成交额、专利授权数等^[29]，但专利数据是最常用的指标。国内学者在研究区域创新水平时也较多地运用专利数据来作为创新产出的度量指标^[29-30]。Acs 等^[31]认为虽然用专利数据衡量创新活动并不完美，但具有通用性、易得性和可靠性。本研究以专利授权量反映长三角城市群的创新产出水平，并分析其在 2005—2014 年的时空变化特征。

本文的研究根据 2016 年 6 月 3 日国务院发布的《长江三角洲城市群发展规划》，选取上海市，江苏省的南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江和泰州，浙江省的杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山和台州，安徽省的合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州和宣城，共 26 市作为研究对象。由于数据的可获取性，本文选取的时间跨度为 2005—2014 年，专利数据来源于各省市的知识产权局网站以及 2005—2014 年的《中国城市统计年鉴》，部分数据经过计算整理后得到。

2.2 研究方法

2.2.1 泰尔指数二阶分解法

泰尔指数相比其他测度区域差异性的方法，其

可以通过二阶分解适用于不同空间尺度的差异研究。本文采用最常用的 Theil T 来测度长三角地区创新产出的差异变化，并通过泰尔指数做适当的二阶分解变形，将区域总差异进一步分解为独立的区域间差异和区域内差异。其中测算出的指数 T 越大，代表差异程度越大。

首先，将长三角 26 市以行政区域作为基本单元，分为江苏、浙江、安徽和上海 3 省 1 市，其泰尔指数计算公式为^[25]：

$$T_1 = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{y} \lg \left(\frac{y_i/y}{g_i/g} \right) \quad (1)$$

其中： T_1 代表长三角 26 市各区域间创新产出差异程度； n 代表区域个数； g 代表长三角 26 市生产总值 (GDP)； g_i 代表 i 区域 GDP； y 代表长三角 26 市的专利授权数总量； y_i 代表 i 区域专利授权数。

其次，以城市作为基本单元，把 3 省 1 市 4 个地区的差异分解为其内部各城市之间的差异（由于上海已为城市基本单元，故不能继续分解，本部分仅分析江苏、浙江和安徽 3 省的内部分解），则内部的差异指标可分解为：

$$T_2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i}{y} \right) \sum_{j=1}^m \frac{y_{ij}}{y_i} \lg \left(\frac{y_{ij}/y_i}{g_{ij}/g_i} \right) \quad (2)$$

其中： T_2 代表二阶分解后长三角 26 市的区域内创新产出差异度； n 代表区域个数； m 代表各区域内城市个数； g_{ij} 代表 i 区域 j 城市 GDP； y_{ij} 代表 i 区域 j 城市专利授权数。

长三角 26 市整体专利授权数差异程度 $T=T_1+T_2$ 。

2.2.2 探索性空间数据分析方法

(1) 全局空间自相关。全局空间自相关主要探索相关属性值在整个研究区域的空间分布特征。为反映与空间临近单元的相似程度，本文采用全局莫兰指数来测量，计算公式为^[32]：

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} |x_i - \bar{x}| |x_j - \bar{x}|}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n |x_j - \bar{x}|^2} \quad (3)$$

其中： x_i 、 x_j 分别为城市 i 、 j 的专利授权数； W_{ij} 为空间权重矩阵，用来定义空间单元的相互邻接关系（本文采用二进制连接矩阵）； n 为研究区域城市个数。莫兰指数的取值范围在 $[-1, 1]$ 之间，值小于 0 且越靠近 -1，说明创新活动呈现空间负相关且越分散；值等于 0 说明不相关，在空间上随机分布；值大于 0 且越靠近 1，说明创新活动呈现

空间正相关且越集聚。检验统计量 Z 对空间自相关关系进行显著性检验，计算公式如下：

$$Z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}} \quad (4)$$

当 Z 值为正且显著时，表示区域创新水平存在正的空间自相关；当 Z 值为负且显著时，表示区域创新水平存在负的空间自相关；当 Z 等于零时，则区域观测值呈现随机分布。

(2) 局部空间自相关。由于区域内部之间是不同的，局部空间自相关可以弥补全局自相关对空间内部差异的描述的缺失。张松林等^[33]通过比较局部自相关指标的研究发现，局部 G 指数在对聚集区域范围识别方面优于局部莫兰指数，因此本文选用局部 G 指数分析局部空间自相关性。计算方法如下^[32]：

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij}(d)x_j}{\sum_{j=1}^n x_j} \quad (5)$$

其中： x_j 为各城市的专利授权数； W_{ij} 为空间权重矩阵； n 为研究区域的个数。

2.2.3 地理探测器法

地理探测器是由王劲峰等^[34]空间分析小组开发的，应用于地方性疾病风险和地理影响因素的研究方法。与传统统计方法相比，该模型在假设条件方面受到的制约较少，可以克服传统统计方法处理变量的局限性^[35]。并且王劲峰等^[36]研究指出，如果因变量 Y 和自变量 X 均为数值量，当对 X 和 Y 离散化转换为类型量后，运用地理探测器方法比经典回归方法更加可靠，尤其当样本量小于 30 时。目前该方法已经被广泛应用到多领域的影响机理研究中，如城市居民宜居满意度、经济开发区经济增长率空间分异和城市休闲商务区时空分布等^[37-39]。计算模型如下^[37]：

$$P_{D,H} = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_h^L n_h \sigma_h^2 \quad (6)$$

其中： $P_{D,H}$ 为影响因子 D 对创新产出 H 的解释力； n 、 σ^2 分别为样本量和方差， n_h 和 σ_h^2 为 $h(h=1,2, \dots, L)$ 层样本量和方差。 $P_{D,H}$ 取值范围为 $[0,1]$ ，数值越大表明影响因子对创新产出差异的解释力越强，数值为 0 说明影响因子与创新产出差异完全无关，数值为 1 说明影响因子可以完全解释创新产出的差异。

3 长三角城市群创新产出差异的时空分析

3.1 时序特征

计算得到反映长三角 26 市创新产出差异的泰尔

指数值 T ，其区域间差异及区域内差异情况如表 1 所示，可以发现：

(1) 从总体来看，2005—2014 年长三角 26 市的创新产出差异呈波动性减小，泰尔指数值 T 已从 2005 年的 0.051 降到 2014 年的 0.040，下降了 21.6%，说明长三角城市群创新产出整体上有向均衡化发展的态势，各地区创新发展效果明显。

(2) 不同空间尺度衡量长三角 26 市的创新产出差异具有差异性，其中区域内的差异总体上大于区域间的差异，特别是近两年区域内差异较大，表明长三角城市群创新产出差异主要来源于区域内部，这也说明空间单元越小则区域创新产出差异程度越大，也更能揭示区域创新发展格局的异质性特征。

(3) 2012 年长三角 26 市的创新产出差异最大且受区域间差异影响显著。2011 年安徽省的合肥、芜湖以及江苏省的苏州、无锡等地专利授权量大增，导致区域内差异明显，城市与城市间发展极不平衡，如苏州市的专利授权数达到 77 281 件，远远超出其他各市。由于创新产出可能存在溢出效应，导致 2012 年区域差异已由区域内部差异转向区域间差异。

表 1 2005—2014 年长三角 26 市创新产出差异及对比

年份	总体差异 T	区域间差异 $T1$	比重 1%	区域内差异 $T2$	比重 1%
2005	0.051	0.025	48.7	0.026	51.3
2006	0.052	0.031	59.1	0.021	40.9
2007	0.039	0.023	58.0	0.016	42.0
2008	0.049	0.022	45.0	0.027	55.0
2009	0.050	0.015	30.4	0.035	69.6
2010	0.037	0.013	35.6	0.024	64.4
2011	0.065	0.012	18.8	0.053	81.2
2012	0.070	0.046	65.1	0.024	34.9
2013	0.052	0.020	38.6	0.032	61.4
2014	0.040	0.018	44.9	0.022	55.1

3.2 空间特征

3.2.1 空间分布

利用 ArcGIS 软件对长三角 26 市创新产出进行分类，基于 Jenks 自然最佳断裂点分级方法，将各城市的创新产出分为五类，分别为高等组、中高等组、中等组、中低等组以及低等组，如图 1 所示。从 10 年间的变化可以发现，创新产出在地理空间上存在集聚现象，表现出“东强西弱，南高北低”的特征，并逐渐沿沪宁合杭甬呈现 Z 字型空间布局，说明城市群内创新产出分布具有一定空间联系。2005—2014 年，高等、中高等组的城市主要以上海、苏州、杭州和宁波为主；中等组城市主要有南通、无锡、常州、南京、绍兴和金华，层级分布明显并形成以高等创新产出组为中心的环状分布带；低等组中城市则集中在江苏的北部及安徽的大部分区域，且 10 年间低等和中低等组的城市没有太大变动，说明处于低等创新产出组的城市不易脱离。

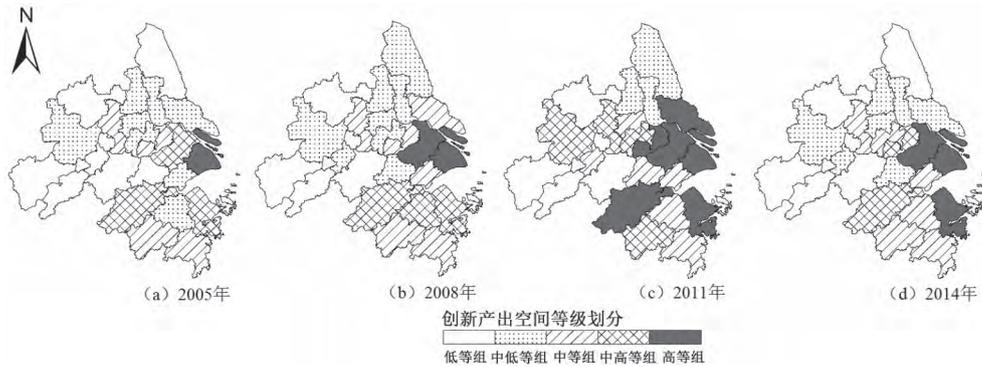


图 1 2005—2014 年长三角 26 市创新产出分类

3.2.2 空间相关性分析

(1) 全局空间自相关分析。从上文长三角 26 市创新产出分布的空间格局中可以看出，各城市的创新产出具有一定的空间联系性，本研究通过莫兰指数统计值来检验其全局空间自相关，用 ArcGis10.1 进行分析。如表 2 所示，结果发现：长三角 26 市创新产出的莫兰指数值 I 在 2005—2014 年间均大于 0，表明长三角城市群创新产出的分布不是随机的，而

是存在着正向空间依赖性；并且除了 2005 年、2006 年和 2013 年在 10% 的水平下显著，其余年份都在小于 5% 的显著水平下表现出明显的空间自相关性。全局莫兰指数值 I 由 2005 年的 0.112 上升至 2014 年的 0.267，说明长三角城市群创新产出水平相似的市域（高高或低低）呈空间集聚态势，且整体而言这种集聚性在增大。

表 2 2005—2014 年长三角 26 市创新能产出的全局自相关情况

指标	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
I	0.112	0.173	0.197	0.286	0.348	0.381	0.338	0.241	0.202	0.267
Z	1.469	1.889	2.103	2.424	2.907	2.976	2.816	2.182	1.743	2.133
P	0.142	0.059	0.036	0.015	0.004	0.003	0.005	0.029	0.081	0.033

(2) 局部空间自相关分析。为进一步探索长三角 26 市创新产出高低值集聚的分布情况，本文选取了局部 G 指数来度量长三角城市群创新产出的局部空间相关性。局部 G 指数可以探测观测点与其周围

邻近单元间是高值还是低值聚集，即形成热点还是冷点。本文利用 ArcGis10.1 测度并按自然断裂法分为 4 级，如图 2 所示，空白部分表示冷点区，黑色部分表示热点区。

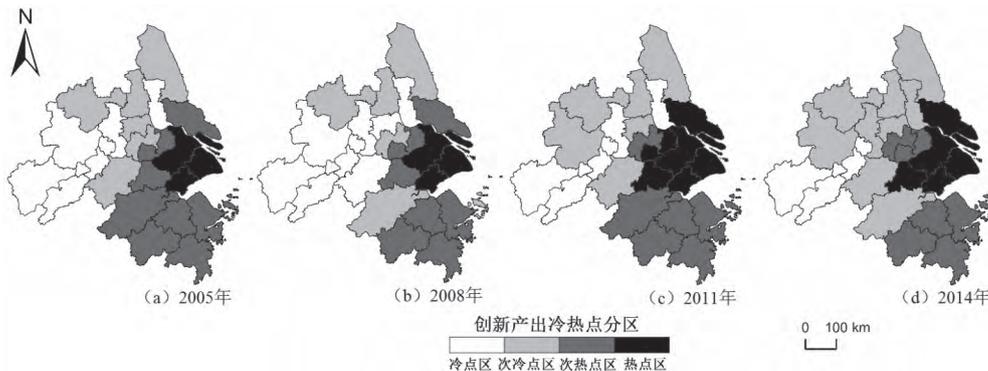


图 2 2005—2014 年长三角 26 市创新产出的局部空间自相关分析

从整体上看，长三角 26 市创新产出呈现“北冷南热，西冷东热”的空间相关性特征，且 2005—2014 年间冷点区减少、热点区增多。其中，上海、苏州和嘉兴一直是热点区，表明这 3 个地区及其周围地区创新产出水平相对稳定，且形成创新核心集

聚区。嘉兴北与苏州、上海接壤，南与杭州、宁波毗邻，受到近邻效应的影响，无疑成为高值集聚区。而冷点区则主要集中在西部的安徽地区，马鞍山、芜湖、铜陵及池州一直处于冷点区，并且低低集聚区中的城市大多数一直处于低等创新产出组中（除

了芜湖外)，这表明创新产出水平不高的城市受自身创新能力基础条件有限的制约，创新的扩散效应也甚微。且从图 2 中可以看出，冷点区与其他类型集聚区在空间上不邻近，这导致其不能受到高创新产出集聚区的带动作用，从而创新能力提升缓慢，长期处于低低集聚状态。2008 年冷点区数量达到最大值，说明该时期长三角城市群创新发展遭遇瓶颈，陷入低潮期，可能原因是受到金融危机影响，地区经济受创，创新发展动力不足，导致创新产出低下。2014 年创新冷点区明显减少，次冷点区增加，整体上呈现均匀发展态势。

表 3 长三角城市群创新产出影响因素指标选取

一级指标	二级指标	代理变量
创新投入	人才投入 (X1)	科学研究、技术服务和地质勘查业从业人数 / 万人
	政策投入 (X2)	科学支出与教育支出占公共财政支出比重 / %
创新环境	经济基础 (X3)	地区生产总值 (GDP) / 亿元
	知识溢出 (X4)	普通高等学校教师数 / 人
	信息化水平 (X5)	电信业务总量 / 万元
	开放度 (X6)	进出口总额 / 亿美元

4.2 结果分析

本研究采用地理探测器方法对长三角 26 市创新产出差异进行因子探测分析，分别计算 2005 年、2010 年和 2014 年各要素对 26 市创新产出的影响力。考虑到创新从投入到产出有一定时间滞后性，本文采用 1 年的滞后期，即分别以 2004 年、2009 年、2013

4 长三角城市群创新产出差异的影响因素分析

4.1 变量选取及分析方法

区域的创新产出受诸多因素影响，众多学者也从多方面进行了分析^[19-20,29-30]，基于前人研究，本文认为创新投入是创新产出的源泉，创新环境的优劣也会对创新产出有一定的影响，因此本研究将影响长三角城市群创新产出差异的因素归结为创新投入和创新环境两大方面，其中创新投入分为人才投入、政策投入，创新环境分为经济基础、知识溢出、信息化水平和开放度 4 个方面。结合长三角 26 市的具体情况 & 数据的可获得性，具体表征指标整理如表 3 所示。

年的创新投入和创新环境的指标来解释 2005 年、2010 年及 2014 年创新产出的指标。由于本文选取的变量都属于连续变量，而地理探测器模型擅长分析类型变量^[36]，需要对连续变量离散化，因此采用非监督离散化方法——自然断点法 (natural breaks)，使连续代理变量离散化。实证结果如表 4 所示。

表 4 2005、2010、2014 年长三角 26 市创新产出差异的影响因素测度

年份	人才投入	政策投入	经济基础	知识溢出	信息化水平	开放度
2005	0.670	0.215	0.903	0.589	0.775	0.854
2010	0.685	0.414	0.842	0.519	0.876	0.880
2014	0.438	0.383	0.811	0.655	0.846	0.837

由表 4 可知，2005 年、2010 年和 2014 年各要素对长三角 26 市创新产出的影响力是有差异的。从整体上看，影响 26 市创新产出差异的因素主要是经济基础、信息化水平和地区开放度。其中，2005 年经济基础对创新产出的影响最大，PD 值为 0.903，说明经济基础对创新产出具有至关重要的作用，经济发达的城市基础设施完善、工资收入高，能够创造良好的创新环境并吸引更多的人才，从而促进城市创新产出。开放度和信息化水平分别以 0.854 和 0.775 的影响力位列第二和第三，这表明地区的开放度及信息化的发展对地区创新产出也有较大影响，开放度高、信息化水平发展好的地区能够加快信息和知识的共享、传递和吸收，推动城市创新产出。2011 年经济基础的影响力下降，而开放度和信息化水平的影响程度提升，且开放度的影响最大，说明开放度对长三角 26 市创新的作用开始凸显。2014 年信息化水平的影响力位于第一，影响力值为 0.846，

表明此时各城市信息化水平的高低已成为影响长三角城市群创新产出差异的主导因素。

随着时间的推移，各个因子解释力的变化说明了各要素在城市群创新产出不同发展阶段的影响作用是不同的，经济基础影响力位序的下降以及信息化水平影响力位序的上升说明地区的创新发展不再主要单一受地方经济发展水平的制约，而更看重信息化水平的带动作用。随着近几年互联网、大数据的快速发展，长三角城市群的信息网络也愈渐发达，这极大地促进了地区创新资源转移、知识与技术在城市间扩散与溢出，从而带动了地区创新的发展。值得注意的是，政策投入的影响力度一直都不高，分析可能的原因是各地区政策投入力度相当，但政府的科技投入占总支出的比重差异较小，各地政府都比较重视创新投入，从而导致对创新产出差异的影响较小。

5 结论

本研究采用泰尔指数二阶分解法及探索性空间数据分析方法,从时间和空间角度分析了2005—2014年长三角城市群创新产出差异时空格局演变的过程和特征,并用地理探测器的方法探讨了影响其创新产出差异的六大因素,得出以下结论:

(1) 长三角城市群创新产出的相对差异呈现波动减少的趋势,创新产出差异受区域内部相对差异的影响较大,说明空间单元越小则创新产出异质性特征越明显,且区域内差异会逐步影响到区域间差异。

(2) 长三角城市群创新产出具有明显的空间集聚特征,并形成“东强西弱、南高北低”的空间分布格局。2005—2014年长三角城市群创新产出的空间关联性增加,并伴随着显著的高值和低值集聚现象,总体呈现出“北冷南热,西冷东热”的空间集聚特征。

(3) 影响长三角城市群创新产出差异的因素主要有经济基础、开放度和信息化水平;随着时间的推移,影响创新产出差异的因素有所变动,信息化水平逐渐成为新时期推动长三角城市群创新发展的主导因素。信息化水平高,能够有效促进创新要素的聚集,增强创新网络的建设和完善,加快技术、知识和信息的流动,从而推动区域创新的发展。

本研究认为,未来长三角城市群的发展,首先要注重发展自身经济,为创新发展打下坚实的基础,而创新的提高也有助于地方经济的发展,从而实现创新与经济良性互动的良性互动;其次要加强东西部及南北地区的贸易联系以及对外经济联系,实现资本和人才的转移,促进区域创新的协同发展;同时要加快各地区的信息化建设,完善各城市间的信息网络建设,打造长三角城市群“互联网+”一体化,促进区域内的信息交流和创新合作,从而推动长三角城市群建设成为我国的创新核极。

参考文献:

- [1] 吕拉昌,李勇.基于城市创新职能的中国创新城市空间体系[J].地理学报,2010(2):177-190.
- [2] ROMER P M. Endogenous technological change [J]. Journal of Political Economy, 1990, 98(5):71-102.
- [3] 方创琳.中国城市群研究取得的重要进展与未来发展方向[J].地理学报,2014,69(8):1130-1144.
- [4] 张旭亮,宁越敏.长三角城市群城市经济联系及国际化空间发展战略[J].经济地理,2011,31(3):353-359.
- [5] 柴攀峰,黄中伟.基于协同发展的长三角城市群空间格局研究[J].经济地理,2014,34(6):75-79.
- [6] 赵丹,张京祥.高速铁路影响下的长三角城市群可达性空间格局演变[J].长江流域资源与环境,2012,21(4):391-398.
- [7] 方大春,孙明月.高铁时代下长三角城市群空间结构重构:基于社会网络分析[J].经济地理,2015,35(10):50-56.
- [8] 李响.基于社会网络分析的长三角城市群网络结构研究[J].城市发展研究,2011(12):80-85.
- [9] 吕康娟,王娟.长三角城市群网络化发展研究[J].中国软科学,2011(8):130-140.
- [10] 周韬.空间交互视角下的长三角城市群空间溢出效应研究[J].经济问题探索,2015(6):97-104.
- [11] 毕亮亮,施祖麟.长三角城市群科技创新能力评价及“区域科技创新圈”的构建:基于因子分析与聚类分析模型的初探[J].经济地理,2008,28(6):946-951,954.
- [12] 胡晓鹏.长三角城市群创新能力比较研究[J].经济学研究,2006(9):44-54.
- [13] 胡晓辉,杜德斌,龚利.长三角区域知识合作网络演化的空间特征[J].地域研究与开发,2012(6):22-28.
- [14] 周灿,曾刚,宓泽锋,等.区域创新网络模式研究:以长三角城市群为例[J].地理科学进展,2017(7):795-805.
- [15] 曹贤忠,曾刚,邹琳.长三角城市群R&D资源投入产出效率分析及空间差异[J].经济地理,2015(1):104-111.
- [16] 董洁,张体委.长三角地区高技术产业R&D资源配置效率优化研究[J].科技进步与对策,2012,29(21):49-54.
- [17] 蒋颖,刘程军.长江三角洲区域创新与经济增长的耦合协调研究[J].地域研究与开发,2015(6):8-13.
- [18] 武宁,陈新国.微观视角下城市经济网特征对创新产出的影响研究:以长三角为例[J].商业时代,2014(27):43-46.
- [19] 赵少平,黄飞.长三角区域创新集聚的空间计量实证研究[J].经济地理,2016(8):73-79.
- [20] 孙东,杨端易.长三角区域创新生产的空间计量分析[J].科技与经济,2013(1):70-74.
- [21] GREIMZ L. Geographically and technologically mediated knowledge spillovers between European regions [J]. Annuals of Regional Science, 2003(37):657-680.
- [22] 曹勇,秦以旭.中国区域创新能力差异变动实证分析[J].中国人口·资源与环境,2012(3):164-169.
- [23] 蒋颖.我国区域创新差异时空格局演化及其影响因素分析[J].经济地理,2013(6):22-29.
- [24] 王山河.中国区域创新能力的省际差异研究[J].统计观察,2008(17):100-101.
- [25] 梁政骥,吕拉昌.基于锡尔系数的广东省城市创新能力差异研究[J].地域研究与开发,2012(6):73-77.
- [26] 姜磊,戈冬梅,季民河.长三角区域创新差异和位序规模体系研究[J].经济地理,2011(7):1101-1106.
- [27] 李国平,王春杨.我国省域创新产出的空间特征和时空演化:基于探索性空间数据分析的实证[J].地理研究,2012,31(1):95-106.
- [28] 张建伟,石江江,王艳华,等.长江经济带创新产出的空间特征和时空演化[J].地理科学进展,2016(9):1119-1128.
- [29] 李志刚.我国创新产出的空间分布特征研究[J].科学与技术管理,2006(8):64-71.
- [30] 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,2004(6):76-81.
- [31] ACS Z J, LUC U, ATTILA V. Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge [J]. Research Policy, 2002, 31(7):1069-1085.
- [32] 张新峰.空间自相关的数据分析方法与应用研究[D].兰州:兰州大学,2009.
- [33] 张松林,张昆.三值全局空间自相关指标及其应用研究[J].测绘学,2008(1):107-111.
- [34] WANG J F, LI X H, CHRISTAKOS G, et al. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2010, 24(1):107-127.
- [35] 谢帅,刘士彬,段建波,等.OSDS注册用户空间分布特征及影响因素分析[J].地球信息科学,2016(10):1332-1340.
- [36] 王劲峰,徐成东.地理探测器原理与展望[J].地理学报,2017(1):116-134.
- [37] 湛东升,张文忠,余建辉,等.基于地理探测器的北京市居民宜居满意度影响机理[J].地理科学进展,2015,34(8):966-975.
- [38] 丁悦,蔡建明,任周鹏,等.基于地理探测器的国家级经济技术开发区经济增长率空间分异及影响因素[J].地理科学进展,2014,33(5):657-666.
- [39] 朱鹤,刘家明,陶慧,等.北京城市休闲商务区的时空分布特征与成因[J].地理学报,2015,70(8):1215-1228.

作者简介:黄丽(1969—),女,新疆乌鲁木齐人,博士,副教授,硕士研究生导师,主要研究方向为城市经济与区域创新;王晓燕(1992—),女,山东烟台人,硕士研究生,主要研究方向为城市发展与科技创新;熊瑶(1991—),女,湖北随州人,硕士研究生,主要研究方向为城市发展与创新。