

# 长三角城市群创新效率测算及其空间异质性分析

李 刚,余郁波

(安徽财经大学 经济学院,安徽 蚌埠 233030)

**摘 要:**基于区域创新系统理论,借助两阶段串联链式 DEA 方法与 ESDA 空间分析方法,对长三角城市群 41 个城市 2010—2018 年的综合创新效率、两阶段创新效率及其空间异质性进行分析,研究表明:创新成果转化阶段效率高于创新成果产出阶段效率与综合创新效率;综合创新效率由创新成果产出阶段效率与创新成果转化阶段效率共同决定;长三角城市群综合创新效率在空间上表现为正的空间自相关性,且具有显著的空间异质特征,H-H 集聚区多为长三角城市群东部城市,且范围不断扩大,各城市空间依赖性较强,其热点分布呈现“核心-外围-边缘”形态。基于此,从持续推进两阶段协调高效发展、积极培育自主创新能力、科学发展差异化创新模式等方面提出提升长三角城市群创新效率的建议。

**关键词:**综合创新效率;创新成果产出效率;创新成果转化效率;空间异质性

中图分类号:F127

文献标识码:A

文章编号:1008-7699(2021)05-0069-14

## 一、引言

随着知识经济时代的飞速发展,创新作为未来知识经济的核心,能够加快转变以往依靠传统要素投入的粗放式经济发展方式,城市创新能力是推动区域经济高质量发展的重要动力。城市创新能力依赖于创新资源的投入与产出,而城市创新效率不仅能体现创新系统的运行质量,也能够综合反映创新资源投入与产出的情况,是提升城市创新竞争力的核心要素。长三角城市群内各地区的创新产出与创新资源禀赋都有着不同程度的差异,研究创新效率在空间上的演化特征能够进一步推动城市创新发展。

城市创新效率的研究能够破解各地区的创新困境,明确区域创新增长极,加强地区间协同创新能力。<sup>[1]</sup>创新是推动技术进步与经济增长的关键因素,<sup>[2]</sup>以往研究城市创新效率主要从技术创新效率入手,<sup>[3]</sup>前期通过测算技术创新效率,从侧面反映城市创新效率水平。<sup>[4]</sup>衡量技术创新效率是看一个经济单位能从某组给定的投入中产生多大可能的产出,<sup>[5]</sup>那么,区域创新效率的衡量标准则是看区域内的创新投入能够产生多大可能的创新产出,如果一个地区的创新投入能够产生较大可能的创新产出,则这个地区的创新效率较高。近年来,对于城市创新效率的研究主要围绕其提升策略、<sup>[6]</sup>驱动因素、<sup>[7]</sup>时空差异<sup>[8]</sup>以及测算方法<sup>[9,10]</sup>等主题进行探索。其中,城市创新效率的测算与驱动因素为当前的研究重点。

对于城市创新效率的测算,初期的研究将创新看成是一个系统,运用传统 DEA 模型<sup>[11]</sup>与 Malmquist 指数来进行测算,<sup>[12]</sup>这两种测算方法存在一定的缺陷,即不能详细地分析创新系统内部效率情况。基于此,后续研究将创新活动分为两个独立的子阶段,<sup>[13]</sup>运用网络 DEA 模型来进行测算,<sup>[14]</sup>实际上两个子阶段并非绝对独立的关系。<sup>[15]</sup>对于城市创新效率驱动因素的研究也十分丰富:一方面,详细分析了影响城市创新效率水平的社会发展因素,将城市规模分布<sup>[16]</sup>、社会环境效益<sup>[17]</sup>以及创新驱动<sup>[18]</sup>与城市创新效率结合研究,同时有学者认为区域决策能力、资金投入、内部市场动态以及政策环境是提升创新效率水平

收稿日期:2020-10-23

基金项目:安徽省哲学社会科学规划项目(AHSKYG2017D118)

作者简介:李 刚(1971—),男,安徽阜阳人,安徽财经大学经济学院教授、硕士生导师,博士。

的重要支撑<sup>[19]</sup>;另一方面,创新效率会受到城市自身经济发展水平<sup>[20]</sup>与产业结构<sup>[21]</sup>的影响,其通过城市间的交流会与邻近城市产生“涓滴效应”“虹吸效应”与“示范效应”,<sup>[22]</sup>从而影响邻近城市的创新效率;再者,创新资源的优化配置能够直接体现出城市创新效率水平,<sup>[23]</sup>因为区域内创新资源投入与产出不平衡会导致部分创新资源的无效配置,<sup>[24]</sup>使得区域内的创新效率低下。此外,为了把握区域自主创新效率的总体情况及发展趋势,需要对城市自主创新效率进行动态评价。有学者利用理想解法发现不同年份不同地区的自主创新效率排名有较大差异,<sup>[25]</sup>即自主创新效率具有明显的地域特征,后续研究发现城市跨界创新联系强度也具有明显的地区分化特征,<sup>[26]</sup>而创新联系强度与模式的不同能够使自主创新效率具有明显的地域差异特征<sup>[27]</sup>。

综上所述,目前对城市创新效率已经进行了多方位、分层次的研究,但仍然存在一些不足,已有研究大多采用 Malmquist-DEA 方法与传统的网络 DEA 方法来测算城市群的创新效率水平,其暗含了规模报酬可变的假设,且没有考虑创新系统内部各子阶段的关联性;此外,现有研究多针对创新效率的测算结果研究其影响及驱动因素,较少关注创新效率的空间异质特征。鉴于此,文章以长三角城市群 41 个城市为研究对象,运用两阶段串联链式 DEA 方法测算 2010-2018 年综合创新效率与两阶段创新效率,且运用 ESDA 空间分析方法测度城市创新效率在空间上的分布特征、差异程度及显著性水平,以期为跨区域协同创新发展提供有益参考。

## 二、研究对象、研究方法与数据来源

### (一)研究对象

长江三角洲城市群包括安徽省、江苏省、浙江省以及上海市三省一市,以其 41 个城市为研究对象<sup>①</sup>。长三角区域一体化已上升为国家战略,创新是推动一体化发展的内生动力,各城市间创新要素的自由流动能够有效促进区域一体化的高质量发展。研究长三角城市群内各地区创新效率情况及其空间异质特征能够优化创新资源在空间上的合理配置,同时加强不同城市间的创新交流,有利于长三角城市群协同创新发展规划的实施。

### (二)研究方法

#### 1.两阶段串联链式 DEA 方法

传统的 DEA 方法不能体现出系统内部的运行规律与影响机理,因此在 1996—2000 年间 Fare 等人提出并创建了网络 DEA 理论体系<sup>[28]</sup>,对传统的 DEA 方法进行了改进,网络 DEA 方法能具体测算系统内部每个子阶段的决策单元效率,但大多研究是以规模报酬可变为基础,由于两个子阶段间也会存在关联性,为了研究城市创新系统内部的效率分布情况,假设规模报酬是不变的,采用改进的网络 DEA 方法<sup>[29]</sup>,即以两阶段串联链式 DEA 方法来测算综合创新效率、创新成果产出效率、创新成果转化效率。

第一个子阶段的投入为  $\mathbf{X}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})^T$ , 产出为  $\mathbf{Z}_i = (z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{ik})^T$ ; 第二个子阶段的投入为第一个子阶段的产出  $\mathbf{Z}_i$ , 产出为  $\mathbf{Y}_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{is})^T$ 。

若忽略决策单元内部结构,将决策单元看成一个整体,根据经典的 BCC 模型计算出整体的纯技术效率与各子阶段的纯技术效率:

$$\begin{aligned}
 E &= \max(\mathbf{u}^T \mathbf{Y}_i + u_i) / \mathbf{v}^T \mathbf{X}_i, \\
 s.t. &\begin{cases} \mathbf{u}^T \mathbf{Y}_j + u_i - \mathbf{v}^T \mathbf{X}_j \leq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \mathbf{u} \geq \epsilon \mathbf{e}_s; \mathbf{v} \geq \epsilon \mathbf{e}_m, u_i \in \mathbf{R}^1 \end{cases}, \\
 E^{(1)} &= \max(\mathbf{u}^T \mathbf{Z}_i + u_i^{(1)}) / \boldsymbol{\delta}'^T \mathbf{X}_i,
 \end{aligned} \tag{1}$$

① 合肥、芜湖、蚌埠、淮南、马鞍山、淮北、铜陵、安庆、黄山、滁州、阜阳、宿州、六安、亳州、池州、宣城、南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、连云港、淮安、盐城、扬州、镇江、泰州、宿迁、杭州、宁波、温州、嘉兴、湖州、绍兴、金华、衢州、舟山、台州、丽水、上海。

$$s.t. \begin{cases} \mathbf{u}^T \mathbf{Z}_j + u_i^{(1)} - \boldsymbol{\delta}'^T \mathbf{X}_j \leq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \mathbf{u} \geq \varepsilon \mathbf{e}_s; \boldsymbol{\delta}' \geq \varepsilon \mathbf{e}_m, u_i^{(1)} \in \mathbf{R}^1 \end{cases}; \quad (2)$$

$$E^{(2)} = \max(\mathbf{u}^T \mathbf{Y}_i + u_i^{(2)}) / \boldsymbol{\delta}''^T \mathbf{Z}_i, \\ s.t. \begin{cases} \mathbf{u}^T \mathbf{Y}_j + u_i^{(2)} - \boldsymbol{\delta}''^T \mathbf{Z}_j \leq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \mathbf{u} \geq \varepsilon \mathbf{e}_s; \boldsymbol{\delta}'' \geq \varepsilon \mathbf{e}_m, u_i^{(2)} \in \mathbf{R}^1 \end{cases}. \quad (3)$$

其中,  $\mathbf{e}_k^T = (1, \dots, 1) \in \mathbf{R}^k$ ,  $\mathbf{e}_s^T = (1, \dots, 1) \in \mathbf{R}^s$ ,  $\mathbf{e}_m^T = (1, \dots, 1) \in \mathbf{R}^m$ ,  $\varepsilon$  为阿基米德无穷量。

考虑到决策单元内部子阶段之间相关关系,构建系统效率测算模型须满足以下条件:每个子阶段都必须满足累计产出不超过累计投入的前沿条件;系统中的要素权重始终是相同的,即  $\boldsymbol{\delta}' = \boldsymbol{\delta}''$ ,即根据经典 BCC 模型,基于所需满足的条件,构建串联链式模型为:

$$E = \max(\mathbf{u}^T \mathbf{Y}_i + \sum_{d=1}^2 u_i^{(d)}) / \mathbf{v}^T \mathbf{X}_i, \\ s.t. \begin{cases} \mathbf{u}^T \mathbf{Z}_j + u_i^{(1)} - \boldsymbol{\delta}'^T \mathbf{X}_j \leq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \mathbf{u}^T \mathbf{Y}_j + u_i^{(2)} - \boldsymbol{\delta}''^T \mathbf{Z}_j \leq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \mathbf{u} \geq \varepsilon \mathbf{e}_s; \mathbf{v} \geq \varepsilon \mathbf{e}_m, \boldsymbol{\delta} \geq \varepsilon \mathbf{e}_k, u_i^{(1)}, u_i^{(2)} \in \mathbf{R}^1 \end{cases}. \quad (4)$$

令  $t = 1/\mathbf{v}^T \mathbf{X}_i$ ,  $\mu = t\mathbf{u}$ ,  $\boldsymbol{\lambda}^{(t)} = t\boldsymbol{\delta}$ ,  $\mathbf{w} = t\mathbf{v}$ ,  $\eta_i^{(1)} = tu_i^{(1)}$ ,  $\eta_i^{(2)} = tu_i^{(2)}$ ,  $\bar{\varepsilon} = t\varepsilon$ , 得到  $m$  个阶段,第  $L$  个决策单元的效率为:

$$E = \max \left[ \mathbf{u}^T \mathbf{Y}_i + \sum_{d=1}^m n_i^{(d)} \right], \\ s.t. \begin{cases} [\boldsymbol{\lambda}^{(1)}]^T \mathbf{Z}_j^{(1)} + \eta_i^{(1)} - \mathbf{w}^T \mathbf{X}_j \leq 0, j = 1, \dots, n \\ [\boldsymbol{\lambda}^{(t)}]^T \mathbf{Z}_j^{(t)} + \eta_i^{(t)} - [\boldsymbol{\phi}^{(t-1)}]^T \mathbf{Z}_j^{(t-1)} \leq 0, j = 1, \dots, n; t = 1, \dots, m-1 \\ \mu^T \mathbf{Y}_j + \eta_i^{(m)} - [\boldsymbol{\lambda}^{(m-1)}]^T \mathbf{Z}_j^{(m-1)} \leq 0, j = 1, \dots, n \\ \mathbf{w}^T \mathbf{X}_i = 1 \\ \mu \geq \bar{\varepsilon} \mathbf{e}_g; \mathbf{w} \geq \bar{\varepsilon} \mathbf{e}_n; \boldsymbol{\lambda}^{(1)}, \dots, \boldsymbol{\lambda}^{(m-1)} \geq \bar{\varepsilon} \mathbf{e}_k; \eta_i^{(1)}, \dots, \eta_i^{(m)} \in \mathbf{R}^1 \end{cases}. \quad (5)$$

如果  $\mathbf{u}^*$ ;  $\mathbf{w}^*$ ;  $\boldsymbol{\lambda}^{(1)*}$ ,  $\dots$ ,  $\boldsymbol{\lambda}^{(m-1)*}$ ;  $\eta_i^{(1)*}$ ,  $\dots$ ,  $\eta_i^{(m)*}$  都是最优解,那么第  $i$  个决策单元以及第  $m$  阶段的效率分别为:

$$E = \mathbf{u}^{*T} \mathbf{Y}_i + \sum_{d=1}^m \eta_i^{(d)*}, \quad (6) \\ E^{(1)} = \frac{[\boldsymbol{\lambda}^{(1)*}]^T \mathbf{Z}_i^{(1)} + \eta_i^{(1)*}}{\mathbf{w}^{*T} \mathbf{x}_i}, E^{(t)} = \frac{[\boldsymbol{\lambda}^{(t)*}]^T \mathbf{Z}_i^{(t-1)} + \eta_i^{(t)*}}{[\boldsymbol{\lambda}^{(t-1)*}]^T \mathbf{Z}_i^{(t-1)}} \quad (t = 2, \dots, m-1), E^{(m)} = \frac{\boldsymbol{\lambda}^{(m)*T} \mathbf{Z}_i^{(m)} + \eta_i^{(m)*}}{[\boldsymbol{\lambda}^{(m-1)*}]^T \mathbf{Z}_i^{(m-1)}}. \quad (7)$$

## 2. 空间探索性分析

空间探索性分析方法(ESDA)是用空间权重矩阵数据来解释空间关联性以及分布规律,通过数据的空间依赖性与空间异质性来探索某个事物的空间特征。<sup>[30]</sup>空间探索性分析一般包括全局空间自相关性分析法与局部空间自相关性分析法。

(1)全局空间自相关分析,主要是衡量城市创新效率的空间分布特征,运用 Moran's I 指数全局空间自相关公式:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} |x_i - \bar{x}| |x_j - \bar{x}|}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{j=1}^n |x_j - \bar{x}|^2}. \quad (8)$$

其中,  $n$  为 41 个城市综合创新效率的总和,  $W_{ij}$  为空间权重(权重的设定原则:城市  $i$  与城市  $j$  空间相邻则

为1,不相邻则为0), $x_i$ 与 $x_j$ 分别为城市*i*与城市*j*的创新效率值, $\bar{x}$ 为 $x_i$ 的均值,*Moran's I*(-1,1)。 $I > 0$ ,则城市创新效率空间正相关; $I < 0$ ,则空间负相关; $I = 0$ ,创新效率空间关联度越低或者空间不相关,其呈现随机分布特征。

(2)局部空间自相关分析,主要是探索系统内部子单元的创新效率分布特征,衡量某一区域与其他区域的空间差异程度与异质性特征,引入 Getis-Ord  $G_i^*$  指数统计量,并结合 LISA 集聚图分析城市间创新效率分布的空间自相关程度,公式如下:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n (W_{ij}x_j)}{\sum_{j=1}^n x_j} \quad (9)$$

$G_i^* < 0$ ,并且其值显著,则局部空间呈现低值集聚现象; $G_i^* > 0$ ,并且其值显著,则局部空间呈现高值集聚现象; $G_i^* = 0$ ,则创新效率值呈现局部空间随机分布现象。

(三)指标体系的构建

为了更深入地探讨长三角城市群创新效率情况,需要研究创新系统内部的投入与产出情况,将一个完整的创新系统有效地划分为不同的子系统。借鉴不同学者对于城市创新系统划分的不同见解,<sup>[31,32]</sup>本研究将长三角城市群创新活动划分为创新成果产出与创新成果转化,即将创新系统分为创新成果产出阶段与创新成果转化阶段。

在创新成果产出阶段,由于内生增长理论认为 R&D 活动成果能够抽象概括为创新能力,<sup>[33]</sup>因此在科技投入指标构建中选择 R&D 经费支出与 R&D 人员全时当量作为其评价体系;创新成果产出阶段的产出主要是知识与技术的产出,<sup>[34]</sup>而专利情况能够直观反映知识创新能力,技术市场情况能够反映产学研情况,因此这一阶段的中间产出指标构建中选择专利授权量与技术市场合同成交额作为其评价体系。

表 1 长三角城市群创新效率评价指标体系

阶段	一级指标	二级指标	三级指标
创新成果产出阶段	科技投入	资金投入	R&D 经费支出
		人员投入	R&D 人员全时当量
	中间产出	知识产出	专利授权量
		技术产出	技术市场合同成交额
创新成果转化阶段	中间投入	知识投入	专利授权量
		技术投入	技术市场合同成交额
	经济产出	技术成果	高技术产业产值
		经济成果	人均 GDP

在创新成果转化阶段,其资源投入是创新成果产出阶段的产出成果;创新成果转化阶段的产出则为经济产出,创新可以促进宏观经济效率的提高,<sup>[35]</sup>因此用人均 GDP 来评价经济成果,同时技术创新产出转化的成果能够带动技术进步,<sup>[36]</sup>优化区域产业结构,因此用高技术产业产值来评价技术成果(见表 1)。

(四)数据来源

研究数据主要来源于历年《中国科技统计年鉴》(2011-2019)、《中国城市统计年鉴》(2011-2019)、《中国高技术产业统计年鉴》(2011-2019)、相关城市统计年鉴以及国民经济与社会发展统计公报。

三、长三角城市群创新效率测算

(一)城市综合创新效率测算

选取创新成果产出阶段的投入指标体系与创新成果转化阶段的产出指标体系,分别运用传统的网络 DEA 模型与两阶段串联链式 DEA 模型测算长三角城市群内各地区历年综合创新效率得分,并根据历年创新效率得分均值进行排名,结果见表 2。

表 2 长三角城市群综合创新效率测算结果

地区	串联链式 DEA 模型		传统网络 DEA 模型	
	2010-2018 年均值	结果排名	2010-2018 年均值	结果排名
上海	0.771	2	1	1
南京	0.617	3	1	2
无锡	0.556	5	0.503	16
徐州	0.263	25	1	3
常州	1.000	1	1	4
苏州	0.373	13	0.555	15
南通	0.532	7	1	5
连云港	0.310	19	0.431	21
淮安	0.336	15	0.630	12
盐城	0.139	40	0.490	19
扬州	0.246	28	0.224	38
镇江	0.246	29	0.482	20
泰州	0.247	27	0.317	32
宿迁	0.329	16	0.421	23
杭州	0.503	8	1	6
宁波	0.545	6	1	7
温州	0.246	30	0.759	10
嘉兴	0.221	31	0.651	11
湖州	0.250	26	0.308	33
绍兴	0.563	4	0.567	14
金华	0.153	36	0.409	24
衢州	0.151	37	0.396	27
舟山	0.146	38	0.274	35
台州	0.145	39	0.144	41
丽水	0.164	35	0.358	29
合肥	0.448	9	1	8
芜湖	0.389	12	0.402	25
蚌埠	0.199	33	0.233	37
淮南	0.314	18	0.206	40
马鞍山	0.408	10	1	9
淮北	0.196	34	0.398	26
铜陵	0.400	11	0.357	30
安庆	0.266	24	0.493	18
黄山	0.274	23	0.293	34
滁州	0.206	32	0.386	28
阜阳	0.315	17	0.591	13
宿州	0.105	41	0.268	36
六安	0.290	22	0.328	31
亳州	0.293	21	0.422	22
池州	0.296	20	0.215	39
宣城	0.348	14	0.499	17

### 1.传统网络 DEA 模型与串联链式 DEA 模型结果对比分析

在不考虑两个子阶段间的关联关系时,运用传统的网络 DEA 模型测算长三角城市群综合创新效率的结果见表 2 中 4-5 列,从综合创新效率的测算结果来看,长三角城市群 41 个城市中有 9 个城市的创新效率为 1,分别为上海、南京、徐州、常州、南通、杭州、宁波、合肥、马鞍山,显然此评价结果意义不大,这些城市自 2010 年以来,综合创新效率都为 1,不利于这些城市综合创新效率的时序分析,使得研究分析受到较大的限制。对比表 2 中 2-3 列与 4-5 列,虽然两种方法测算结果的规律相似,但传统方法的测算结果普遍比串联链式 DEA 测算结果更高,这是因为串联链式 DEA 模型测算的是纯技术效率与规模效率的综合结果,而传统的方法忽略了规模效率,会使得测算结果偏高,即串联链式 DEA 方法的测算结果将会更加准确。因此,需要运用串联链式 DEA 模型进行综合创新效率测算。

### 2.串联链式 DEA 模型测算结果分析

从表 2 中 2-3 列可以看出,总体上长三角城市群内邻近城市的创新效率得分基本遵循着相同的走向,但各城市间的综合效率得分具有显著差异,两极的综合创新效率得分差距明显,中间城市的得分差距较小。长三角城市群各地区在地域上都十分邻近,以上海为中心,大量中等城市作为其经济发展支撑,三省一市的营商环境与文化背景极其相似,其协同创新能力较强,而某些城市受到以往的经济政策与管理体制的影响,一直难以突破经济发展的瓶颈阶段。具体而言,常州、上海、南京、绍兴、无锡分别是长三角城市群综合创新效率得分排名前五的城市,这些城市的综合创新效率得分均大于 0.5,其中常州自 2010 年以来综合创新效率得分一直为 1,综合创新效率较高,而宿州、盐城、台州、舟山、衢州的综合创新效率得分仅接近 0.15,综合创新效率较低,需重置创新资源分布,其他城市的综合创新效率处于中间水平。综合效率得分靠前的都是经济发展基础良好、创新资源丰富的城市,这些城市的产业结构与政策环境相较于其他中小城市会更加完善,能够使得创新投入得到较大可能的创新产出;综合创新效率得分排名靠后的城市在科技创新投入上存在冗余,在科技产出上存在不足。上海市与江苏省大部分城市的综合创新效率得分基本优于浙江省与安徽省大部分城市的综合创新效率得分,这得益于其产业发展战略与科技创新投入。

针对长三角城市群综合创新效率随时间演变的情况,取各个城市的平均值,得到长三角城市群综合创新效率平均得分,为了更直观地观察其整体的发展趋势,绘制 2010-2018 年长三角城市群整体综合创新平均效率的变化趋势,结果见图 1。

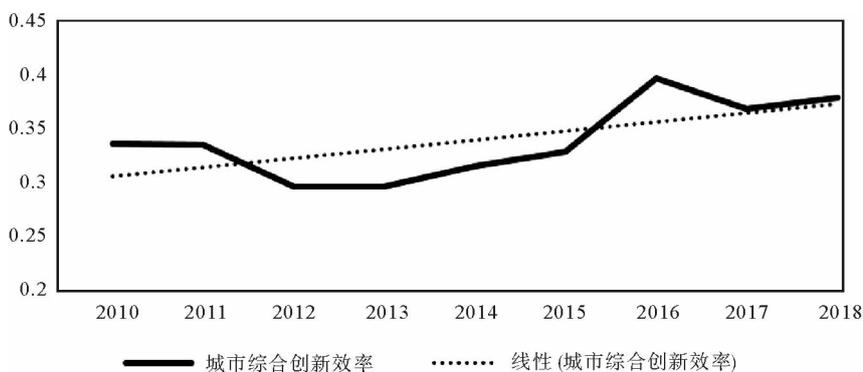


图 1 2010-2018 年长三角城市群综合创新平均效率变化趋势

从总体上看,长三角城市群创新效率呈现上升态势,2010-2012 年综合创新效率呈下降趋势,2011 年下降明显,但 2013 年又开始呈现出稳步上升的趋势,在 2016 年达到较高值后,又开始回落,2017 年有所

回升。具体而言,2011年某些小城市的综合创新效率停滞不前,如宿州、金华、滁州、台州以及蚌埠等,尽管上海、南京、常州等大中城市的综合创新效率足够高,也会被具有“创新惰性”的城市给中和,不足以带动整个城市群的创新经济高效发展,只有各地区的创新经济均衡发展,才能遵循城市经济的发展规律,使得创新资源合理配置。2013年开始呈现稳步上升的原因是国家政策以及经济大环境对于城市创新发展的利好作用。2016年达到高值,此时长三角城市群内创新活动频繁,但创新资源的短缺与基础设施的滞后会阻碍创新效率的提升。由于城市的发展是以解决城市问题为导向的,所以2017年又开始稳步上升。

## (二)城市两阶段创新效率测算

### 1.创新成果产出阶段效率测算

为了分析创新系统内部的创新效率情况,将一个完整的创新系统分为创新成果产出阶段与创新成果转化阶段,测算出创新成果产出效率得分,结果见表3。

从表3中可以看出,传统网络DEA模型测算出来的结果较串联链式DEA的结果偏高,且多数城市的测算结果与综合创新效率结果相同,体现不出其变化规律,这再一次验证了串联链式DEA模型的测算结果更准确。由表3中2-3列可知,长三角城市群大部分地区的创新成果产出效率与综合创新效率基本保持一致。其中,排名前五的城市有常州、上海、南通、南京、苏州,其中南通与苏州的排名与综合创新效率排名相比有所提升,说明南通与苏州的创新成果产出高效,创新活动效率更优,在这一阶段的创新产出贡献更大;排名靠后的城市有舟山、金华、蚌埠、镇江、滁州,这些城市在综合创新效率排名中同样靠后,即它们在进行创新活动时创新成果产出低效,这也是其综合创新效率较低的原因之一。此外,安徽省各中小城市的排名情况与综合创新效率排名有明显差距,此阶段安徽省部分城市得分较低,创新成果产出效率低下,如蚌埠、滁州、亳州、六安等,表明安徽省在既定创新资源投入下资源管理能力较低,应该引进新技术优化资源配置,从而提升创新资源的利用效率,更大程度地发挥出已有资源的价值,应进一步增加创新资源投入,提升城市的科技水平,从而实现规模经济。数据还表明盐城与台州在此阶段的得分排名为13名与18名,而其综合创新效率得分排名分别为40名与39名,这说明创新成果产出高效,综合创新效率不一定高效,需要进一步考察创新成果转化为经济成果的效率情况。

### 2.创新成果转化阶段效率测算

将创新成果产出阶段的中间产出作为创新成果转化阶段的初始资源投入,此阶段主要是考察创新活动的产出转化为经济成果的效率,得到创新成果转化效率的得分情况,结果见表4。

从表4中可以看出,创新成果转化阶段的效率仍然是串联链式DEA模型的测算结果更优,因此仍采用串联链式DEA模型进行结果分析。由表4中2-3列可知,长三角城市群创新成果转化效率普遍较高。其中,创新成果转化效率得分排名前五的城市有常州、上海、连云港、南通、徐州,这些城市具有经济高度开放的特征,常州与上海的综合创新效率与两阶段创新效率的排名不变;创新成果转化效率得分排名靠后的城市有安庆、芜湖、盐城、黄山、蚌埠,其中四个城市属于安徽省,说明安徽省的创新成果转化效率较低。此外,江苏省整体具有较高的创新成果转化效率,但南京和无锡在此阶段的得分排名与创新成果产出阶段排名相比有所下降。数据同时表明,连云港在创新成果转化阶段的平均转化效率为0.674,排第3名,而其创新成果产出效率得分排第22名,综合创新效率得分排第19名,能够实现创新成果产出的高效转化,但创新系统具有完整性,某个分阶段的高效运转并不足以带动整个创新系统的高效运行,所以只有两个分阶段均衡高效发展才足以使得整个系统高效运转。

## (三)城市创新效率分布特征

将长三角城市群各地区串联链式DEA模型测算的综合创新效率平均值、创新成果产出效率平均值以及创新成果转化效率平均值整合分析,考察城市群整体的效率情况是否稳定,结果如图2所示。

表3 长三角城市群创新成果产出效率测算结果

地区	串联链式 DEA 模型		传统网络 DEA 模型	
	2010-2018 年均值	结果 排名	2010-2018 年均值	结果 排名
上海	0.862	2	1	1
南京	0.650	4	1	2
无锡	0.565	6	0.609	14
徐州	0.210	16	1	3
常州	1.000	1	1	4
苏州	0.594	5	0.655	12
南通	0.827	3	1	5
连云港	0.168	22	0.45	22
淮安	0.157	23	0.742	11
盐城	0.262	13	0.522	18
扬州	0.114	29	0.404	25
镇江	0.047	38	0.564	16
泰州	0.051	36	0.421	24
宿迁	0.189	19	0.533	17
杭州	0.476	9	1	6
宁波	0.545	7	1	7
温州	0.267	12	0.759	10
嘉兴	0.207	17	0.566	15
湖州	0.178	21	0.234	31
绍兴	0.514	8	0.476	19
金华	0.044	40	0.304	27
衢州	0.132	28	0.267	30
舟山	0.029	41	0.219	33
台州	0.206	18	0.302	28
丽水	0.081	32	0.471	20
合肥	0.357	10	1	8
芜湖	0.246	14	0.39	26
蚌埠	0.044	39	0.134	39
淮南	0.227	15	0.229	32
马鞍山	0.188	20	1	9
淮北	0.143	25	0.268	29
铜陵	0.146	24	0.211	34
安庆	0.141	26	0.156	38
黄山	0.103	30	0.109	40
滁州	0.050	37	0.2	35
阜阳	0.057	33	0.109	40
宿州	0.052	34	0.189	37
六安	0.096	31	0.198	36
亳州	0.052	35	0.433	23
池州	0.136	27	0.456	21
宣城	0.335	11	0.644	13

表4 长三角城市群创新成果转化效率测算结果

地区	串联链式 DEA 模型		传统网络 DEA 模型	
	2010-2018 年均值	结果排名	2010-2018 年均值	结果排名
上海	0.752	2	1	1
南京	0.537	14	1	2
无锡	0.399	33	0.825	18
徐州	0.616	5	1	3
常州	1.000	1	1	4
苏州	0.616	6	0.847	17
南通	0.638	4	1	5
连云港	0.674	3	0.957	12
淮安	0.542	12	0.849	16
盐城	0.319	39	0.938	13
扬州	0.599	7	0.554	38
镇江	0.428	29	0.854	15
泰州	0.483	20	0.752	25
宿迁	0.391	35	0.789	21
杭州	0.514	16	1	6
宁波	0.429	27	1	7
温州	0.565	9	1	8
嘉兴	0.496	18	0.517	39
湖州	0.596	8	0.644	33
绍兴	0.443	24	0.677	31
金华	0.469	21	0.702	28
衢州	0.402	31	0.708	27
舟山	0.437	25	0.578	36
台州	0.398	34	0.476	40
丽水	0.564	10	0.760	24
合肥	0.429	28	1	9
芜湖	0.317	40	0.602	35
蚌埠	0.340	37	0.557	37
淮南	0.444	23	0.899	14
马鞍山	0.402	30	1	10
淮北	0.432	26	0.814	19
铜陵	0.538	13	0.691	29
安庆	0.306	41	0.672	32
黄山	0.330	38	0.609	34
滁州	0.366	36	0.779	22
阜阳	0.490	19	0.689	30
宿州	0.510	17	0.714	26
六安	0.449	22	0.814	19
亳州	0.402	32	0.974	11
池州	0.515	15	0.471	41
宣城	0.544	11	0.774	23



第一象限为上海、南京、常州、苏州、南通、杭州、温州、宣城,这8个城市为高产出高转化型,两阶段创新效率都较高,综合创新效率也位于长三角城市群前列,说明城市创新系统内部两阶段均衡高效发展;第二象限为徐州、连云港、淮安、扬州、嘉兴、湖州、丽水、铜陵、阜阳、宿州、池州,这11个城市为低产出高转化型,虽然创新成果转化效率相对于创新成果产出效率较高,但创新产出效率相对于经济转化效率不高,接下来的创新经济发展应着重于提高技术研发能力;第三象限为盐城、镇江、泰州、宿迁、金华、衢州、舟山、台州、芜湖、蚌埠、淮南、马鞍山、淮北、安庆、黄山、滁州、六安、亳州,这18个城市为低产出低转化型,创新成果产出阶段和创新成果转化阶段的效率值均处于较低水平,综合创新属于效率较低的城市,需要从源头开始提高技术创新,同时也应该注重知识转化效率、技术转化效率以及两阶段创新效率的提高;第四象限为无锡、宁波、绍兴和合肥,这4个城市为高产出低转化型,创新成果产出效率明显强于创新成果转化效率,经济转化能力弱是导致综合创新效率较低的主要原因。

#### 四、长三角城市群创新效率的空间异质性分析

##### (一)全局空间自相关分析

以2010—2018年长三角城市群41个地级市的综合创新效率为基础数据,借助ArcGIS10.2软件,对各地区创新效率进行全局空间自相关分析,从整体上反映长三角城市群综合创新效率的空间特征,测算各年度的Moran's I指数值,并研究长三角城市群创新效率Moran's I指数随时间演变的趋势,结果见图4。

整体而言,2010—2018年的Moran's I指数值都显著为正,说明长三角城市群综合创新效率为全局空间正相关,具有较明显的空间集聚特征,即综合创新效率较高的城市会与其同等效率水平的城市集聚在一起,综合创新效率较低的城市也会产生集聚。具体而言,2011—2017年Moran's I指数值不断递增,这一时期综合创新效率集聚的态势持续加强,各城市间的联系比较紧密,创新合作较多;2010—2011年与2017—2018年的Moran's I指数值有递减的趋势,说明在这些时期综合创新效率集聚趋势逐渐弱化,各城市间的创新联系较少,创新溢出效应减弱。其中,2014—2017年的增长趋势尤为明显,为之后的趋势走向奠定了良好的基础。这一趋势图同时表明,长三角城市群整体创新效率有较强的空间依赖程度,各城市受周围邻近城市的影响较大。

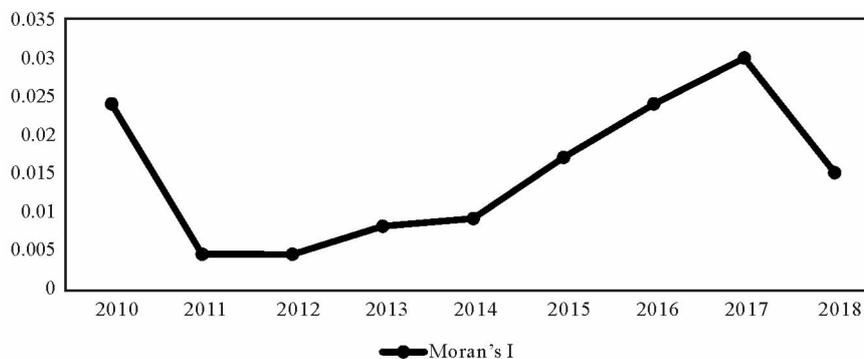
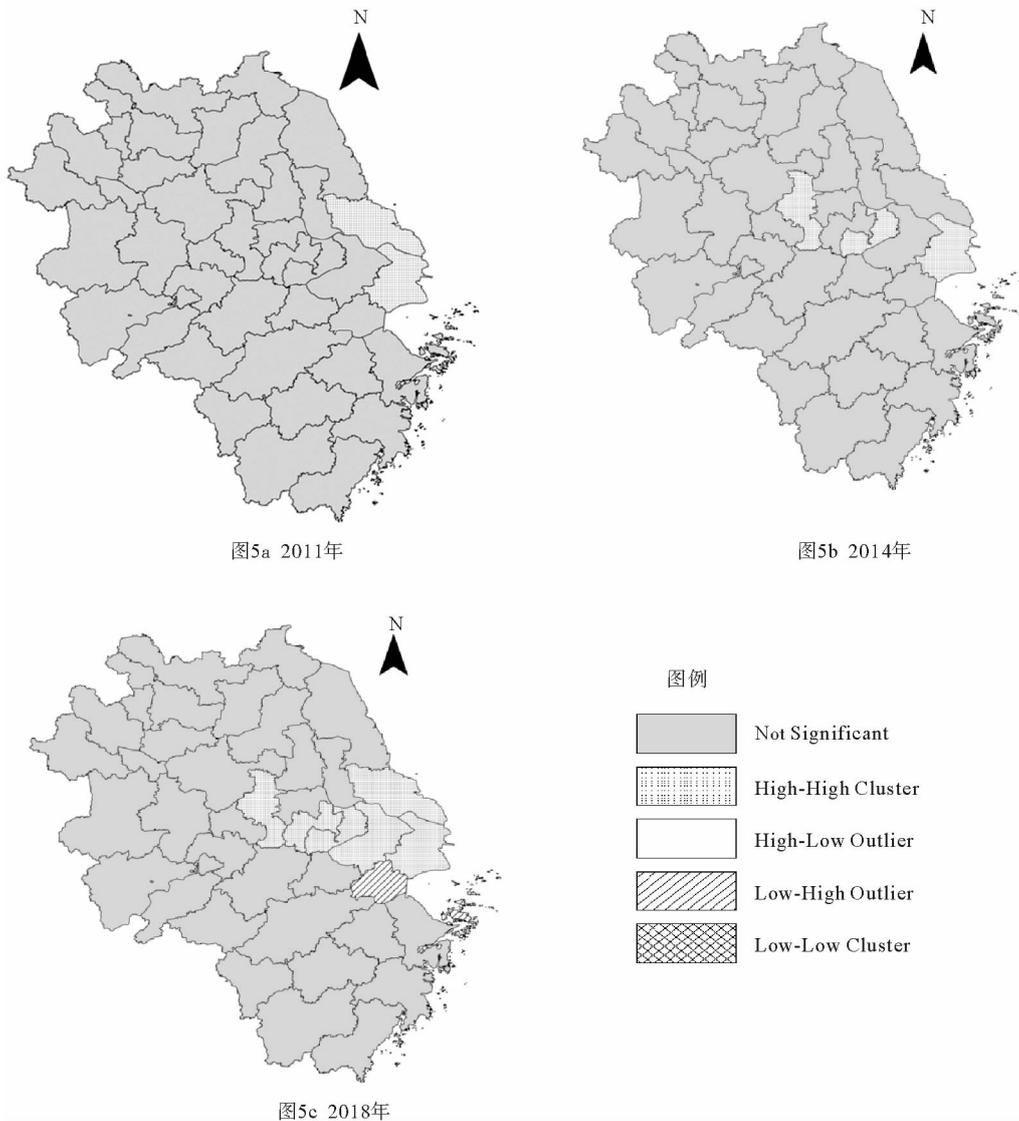


图4 2010—2018年长三角城市群创新效率Moran's I演变趋势

##### (二)局部空间聚类分析

以上运用全局空间自相关探索了长三角城市群整体的创新效率集聚水平,为了深入研究各城市创新效率在空间上的分布特征,需要运用局部空间聚类分析探索长三角城市群内城市与城市之间的聚集情况,以2011年、2014年与2018年为时间节点,做出各城市创新效率LISA集聚图,如图5所示。



注:底图来源于国家自然资源部

图5 各城市创新效率 LISA 集聚图

LISA 集聚图将创新效率水平分为四个区域:H-H 集聚区,即创新效率水平较高的城市被周边创新效率水平较高的城市所包围;H-L 集聚区,即创新效率水平较高的城市被周边创新效率水平较低的城市所包围;L-H 集聚区,即创新效率水平较低的城市被周边创新效率水平较高的城市所包围;L-L 集聚区,即创新效率水平较低的城市被周边创新效率水平较低的城市所包围。

由图 5 可以看出,H-H 集聚区是以上海为中心、江苏省为基线的扩展模式,上海作为国家的中心城市,是中国重要的交通、工业、科技、经济、会展、金融以及航运中心,是世界上面积与规模最大的都会区之一,城市发展过程中具有更多的自主权,拥有更多的科技资源,具有强大的凝聚力与辐射效应,能够带动周边城市的创新发展。总体上来说,H-H 集聚区主要由长三角城市群东部地区组成,其拥有上海都市圈与南京都市圈,以上海为中心城市,推进南京、苏州、无锡、常州等城市同城化发展,具有强大的辐射效应。长三角城市群东部地区水陆交通便利,工业基础雄厚,商品经济发达,外贸出口频繁,对于国际资本与民间资本的积累带来较大的便利性,使得城市规模扩大,将在改革创新和经济转型升级方面引领长三角城市群经济高质量发展。具体而言,2011 年 H-H 集聚区为上海市与南通市,2014 年 H-H 集聚区包括上海

市、无锡市和南京市,虽然 H-H 集聚区出现了转移,但新增了无锡市和南京市,表明其还是呈现扩散模式,2018 年 H-H 集聚区包括上海市、苏州市、无锡市、常州市、南京市和南通市,新增了苏州市与常州市,说明长三角城市群还是较为依赖知识溢出效应与地理邻近效应来提升创新效率。此外,2018 年嘉兴市转移成了 L-H 集聚区,说明嘉兴市在 2014 年到 2018 年期间创新效率提升较慢。

(三)局部空间热点分析

以上分析了长三角城市群创新效率的集聚模式与集聚程度,接着研究热点分布情况。以 2011 年、2014 年与 2018 年为时间节点,首先运用 ArcGIS10.2 软件测度长三角城市群创新效率的 Getis-Ord  $G_i^*$  指数,其次按照 Getis-Ord  $G_i^*$  指数值将空间分布区域分为热点区、次热点区、冷点区以及随机分布区,结果见图 6。

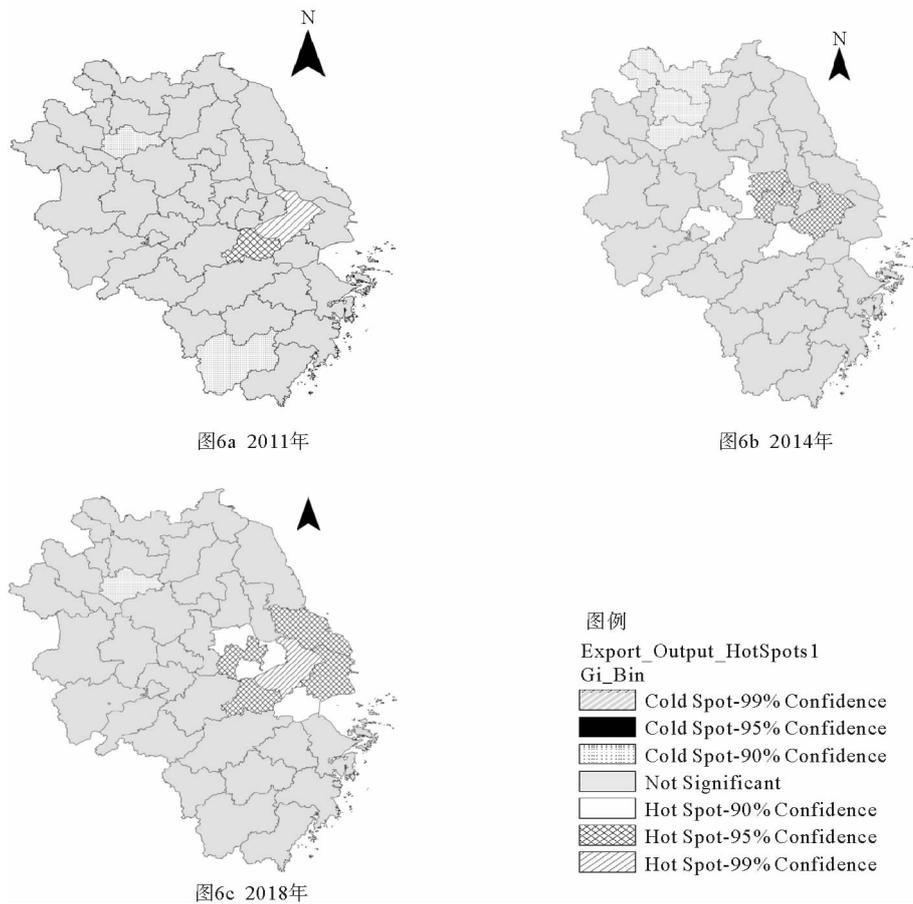


图6a 2011年

图6b 2014年

图6c 2018年

注:底图来源于国家自然资源部

图 6 各城市创新效率热点分布图

由图 6 可知,热点区与次热点区以苏州市为中心向周边扩散,基本集中在长三角城市群东部与中部地区,大体为江苏省与浙江省的部分大中型城市,这些城市的经济发展相对于其他城市有其自身优势,充足的创新资源与合理的配置方式使得城市创新高效发展,同时区域辐射效应强大,有利于带动周边城市创新活动的高效开展。冷点区基本集中在长三角城市群的北部地区,大体为安徽省的部分小型城市,这些地区交通受阻,城市隔离效应严重,容易产生一系列的经济负效应,使得创新效率较低。总体而言,长三角城市群创新效率热点分布呈现出“核心-外围-边缘”的表现形式,以苏州市为核心密集区,地理邻近的江苏省与浙江省的部分城市成为承接知识与技术扩散的第二梯度带,长三角城市群北部地区为外部边缘

区,热点区开始扩大,热点效应开始向边缘扩散。具体而言,2011年创新效率热点区为苏州市,次热点区为湖州市,冷点区包括蚌埠市与丽水市。2014年创新效率次热点区包括苏州市、常州市、镇江市、湖州市、南京市以及芜湖市,次热点区范围扩大,新增了常州市、镇江市、南京市、芜湖市,苏州市由热点区转移为次热点区,同时冷点区范围扩大,新增了徐州市与宿州市,丽水市发生转移。2018年创新效率热点区为苏州市,次热点区包括上海市、南通市、湖州市、常州市、嘉兴市、无锡市以及镇江市,冷点区为蚌埠市,苏州市又重新转移回了热点区,次热点区范围继续扩大,新增了南通市、上海市、嘉兴市、无锡市,南京市与芜湖市从次热点区中发生转移,热点区范围开始扩大。

## 五、结论与启示

文章在串联链式DEA模型的基础上测算了长三角城市群41个城市2010-2018年的综合创新效率与两阶段创新效率,并借助空间探索性分析方法对长三角城市群创新效率的全局空间自相关、局部空间集聚情况与局部空间冷热点分布特征进行了分析,主要结论如下。

第一,长三角城市群创新成果转化阶段效率优于综合创新效率与创新成果产出阶段效率。当创新主体进行创新活动时,将创新成果产出后就开始进行创新成果的转化,由于长三角城市群外贸经济发达,交通运输便利,创新主体会尽可能地实现创新成果变为经济产物的最大转化,具有较强的经济转化能力。相对于创新成果产出阶段,创新成果转化阶段在创新主体进行创新活动时的贡献度更大。

第二,长三角城市群创新成果产出阶段效率与创新成果转化阶段效率共同决定综合创新效率水平。当考察一个完整的创新系统效率时,需要将创新成果产出效率与创新成果转化效率联合研究,如果一个城市的创新成果产出高效,且创新成果转化也高效,其综合创新效率一定也处于较高水平,两阶段效率的均衡高效发展能够带来综合创新效率的快速提升。

第三,长三角城市群创新效率呈现全局空间正相关,且具有显著的空间异质特征,其热点分布表现为“核心-外围-边缘”的形式。城市创新效率的空间集聚明显,其空间依赖程度较强,容易受到周边城市创新活动的影响,创新效率在局部空间集聚模式上,H-H集聚区主要由长三角城市群东部地区组成,在局部空间集聚程度上,H-H集聚区呈现扩散趋势。长三角城市群依赖大中型城市的辐射效应与知识溢出效应,局部空间上的热点区与次热点区扩大。

基于以上结论,提出以下政策启示来提升长三角城市群创新效率水平:一是,充分利用创新成果转化功能,并加强创新成果产出能力,协调创新成果产出与创新成果转化的均衡发展;二是,在积极利用长三角城市群东部地区的区位优势与资源条件带动邻近城市创新发展的同时,应培育长三角各地区的自主创新能力,降低各城市间的依赖程度,实现创新活动的内外联动;三是,由于各地区存在的经济、文化以及社会差异,应采取差异化的创新发展模式。

### 参考文献:

- [1]王腾飞,谷人旭,姜炎鹏,等.长江三角洲城市创新梯度研究[J].经济问题探索,2019(7):78-84.
- [2]曾鹏,李松有,邢梦昆.城市在现代科技创新中的核心作用及趋势[J].自然辩证法研究,2020(10):66-72.
- [3]罗颖,罗传建,彭甲超.基于三阶段DEA的长江经济带创新效率测算及其时空分异特征[J].管理学报,2019(9):1385-1393.
- [4]刘鑫,李云静,郭凯.我国金融支持技术创新的两阶段效率——基于TSC-DEA模型的检验[J].财经问题研究,2018(11):66-73.
- [5]杨浩昌,李廉水,张发明.高技术产业集聚与绿色技术创新绩效[J].科研管理,2020(9):99-112.
- [6]郑国洪.国家中心城市创新效率比较与提升策略[J].河南社会科学,2017(4):38-43.
- [7]朱丽霞,贺容,郑文升,等.长江中游城市群城市创新效率的时空格局及其驱动因素[J].长江流域资源与环境,2019(10):2279-2288.
- [8]杨力,刘敦虎,魏奇锋.城市群技术创新与经济增长效率的时空分异研究——以成都城市群为例[J].经济体制改革,2020

- (1):43-52.
- [9]李梦琦,胡树华,王利军.基于DEA模型的长江中游城市群创新效率研究[J].软科学,2016(4):17-21+45.
- [10]牛秀红,刘海滨,周佳宁.西部典型城市创新效率测算及影响因素路径分析[J].中国科技论坛,2019(4):111-123.
- [11]陶群山,魏骅,陶世奇.基于DEA模型的中药产业自主创新效率评价——以安徽省为例[J].科技管理研究,2016(18):51-56.
- [12]罗利华,胡先杰.大中型工业企业研发机构创新效率研究——基于城市视角的DEA-Malmquist指数分析[J].科技和产业,2016(6):93-96+106.
- [13]常晓然,周全,吴晓波.我国54个城市的创新效率比较研究:基于包含非期望产出的SBM-NDEA模型[J].管理工程学报,2016(1):9-18.
- [14]王默,魏先彪,彭小宝,等.国家创新型城市效率评价研究——基于两阶段DEA模型[J].北京理工大学学报(社会科学版),2018(6):65-74.
- [15]陆菊春,沈春怡.国家中心城市绿色创新效率的异质性及演变特征[J].城市问题,2019(2):21-28.
- [16]陆远权,秦佳佳.中国城市规模分布对区域创新效率的影响研究[J].经济经纬,2018(6):1-7.
- [17]章文光,李伟.创新型城市创新效率评价与投入冗余分析[J].科技进步与对策,2017(6):122-126.
- [18]邓国营,龚勤林.创新驱动对资源型城市转型效率的影响研究[J].云南财经大学学报,2018(6):86-95.
- [19]KHYAREH M M, KHAIRANDISH M, TORABI H. Macroeconomic effects of entrepreneurship: evidences from factor, efficiency and innovation driven countries[J]. International journal of entrepreneurship, 2019(1):1-21.
- [20]张静,李平.中国区域创新绩效的过程溢出与空间关联[J].西部论坛,2017(3):34-44.
- [21]吕海萍.创新要素空间流动及其对区域创新绩效的影响研究[D].杭州:浙江工业大学,2019.
- [22]周灵玥,彭华涛.中心城市对城市群协同创新效应影响的比较[J].统计与决策,2019(11):98-101.
- [23]盛彦文,骆华松,宋金平,等.中国东部沿海五大城市群创新效率、影响因素及空间溢出效应[J].地理研究,2020(2):257-271.
- [24]王军.中国省级区域创新经济效率的实证分析[J].经济问题探索,2018(10):105-114.
- [25]李美娟.基于理想解的区域自主创新效率动态评价研究[J].科学与科学技术管理,2014(2):114-123.
- [26]叶雷,曾刚,曹贤忠,等.中国城市创新网络模式划分及效率比较[J].长江流域资源与环境,2019(7):1511-1519.
- [27]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.
- [28]FARE R, GROSSKOPF S, NORRIS M, et al. Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries[J]. American economic review, 1994(1):66-83.
- [29]TORRES A I Z, TELLO A F. Measuring the efficiency of innovation 2013-2016 through dynamic network DEA[J]. Economia sociedad y territorio, 2018(57):557-584.
- [30]张智,陈颇.基于ESDA的县域体育彩票事业发展的空间异质性研究[J].沈阳体育学院学报,2017(5):59-64.
- [31]王元明,徐大海.天津科技创新效率两阶段过程评价与提升研究[J].科技与经济,2019(4):21-25.
- [32]康年,顾倩雯,宋波.基于三阶段DEA模型的国家中心城市制造企业创新效率研究[J].科技管理研究,2019(8):9-14.
- [33]张鸿,郝添磊,汪玉磊.基于创新链视角的科技创新效率实证分析[J].西安财经学院学报,2017(6):56-61.
- [34]李杨,唐克.全球主要经济体技术创新及对我国的启示——基于PCT申请视角[J].征信,2020(8):11-17+92.
- [35]冯飞鹏,韦琼华.研发投资动机、影响因素及其经济后果研究述评[J].河南科技大学学报(社会科学版),2020(2):43-50.
- [36]余子鹏,金晶.研发创新对技术进步贡献测度及其影响因素分析[J].统计与信息论坛,2020(4):81-88.

(下转第106页)

- [11] MITCHELL W J T. Landscape and power[M]. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2002.
- [12] 安德鲁·朗利. 艺术为证之维多利亚时代[M]. 吴静, 译. 天津: 天津教育出版社, 2011: 32.
- [13] 马尔科姆·安德鲁斯. 寻找如画美: 英国的风景美学与旅游[M]. 张箭飞, 韦照周, 译. 南京: 译林出版社, 2014: 54-57.
- [14] 何畅. “风景”的阶级编码——奥斯丁与“如画”美学[J]. 外国文学评论, 2011(2): 36-46.
- [15] OLSHEN B N. The archetype of the green man in the writings of John Fowles[M] // AUBREY J R. John Fowles and nature: fourteen perspectives on landscape. New Jersey: Fairleigh Dickinson University Press & London: Associated University Presses, 1999: 96-104.
- [16] FOWLES J. The ebony tower[M]. London: Jonathan Cape, 1974.
- [17] BARNUM C M. An interview with John Fowles[J]. Modern fiction studies, 1985(1): 188.

## Landscape Politics: Literary Imagination and Cultural Consumption in the "Nature Writing" of John Fowles

LIU Ya

(School of Chinese Language and Literature, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

**Abstract:** The nature writing of John Fowles is the inheritance and transcendence of English pastoral literary tradition. On the one hand, he follows the literary imagination of "Rural England", criticizing the disadvantages of urban industrial civilization in contrast with the rural pastoral life. On the other hand, he reveals the ideological metaphor and cultural consumption paradox behind the idyllic imagination from the perspective of Marxist criticism. The poverty in the countryside and the employment exploitation relationship are often weakened in face of the harmony between the human and nature. The urban middle and upper strata intentionally ignore the labor scenes, making their appreciation of nature kind of artistic imagination of the elites. The nature writing of John Fowles explores the "green Englishmen" which are based on Robin Hood and their natural spirit so as to rebel against the British imperial image and the spirit of capitalism embodied in the image of John Bull.

**Key words:** John Fowles; nature writing; ideology; literary imagination; cultural consumption

(责任编辑: 江 雯)

(上接第 82 页)

## Analysis of Innovation Efficiency Measurement and Spatial Heterogeneity of the City Cluster in the Yangtze River Delta

LI Gang, YU Yubo

(School of Economics, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu, Anhui 233030, China)

**Abstract:** Based on the theory of regional innovation system, comprehensive innovation efficiency, two-stage innovation efficiency and spatial heterogeneity of 41 cities, a city cluster in the Yangtze River Delta, are analyzed by using two-stage series chain DEA method and ESDA spatial analysis method. The results show that: 1) Innovation efficiency in the transformation stage is higher than that in the output stage and comprehensive innovation efficiency; 2) Comprehensive innovation efficiency is determined by the efficiency in the output stage and that in the transformation stage. 3) Comprehensive innovation efficiency of the city cluster in the Yangtze River Delta is spatially shown as positive spatial self-correlation, and is featured with significant spatial heterogeneity, and the H-H cluster area lies mostly in the eastern cities in the Yangtze River Delta, and the coverage is expanding. The spatial dependence of each city is strong, and its hotspot distributes in the pattern of "core-peripheral-edge" form. Therefore, to improve innovation efficiency of the city cluster in the Yangtze River Delta, some suggestions are put forward, including continuously promoting coordinated and efficient development in the two stages, actively cultivating independent innovation capacity and establishing differentiated innovation models.

**Key words:** comprehensive innovation efficiency; output efficiency of innovation results; transformation efficiency of innovation results; spatial heterogeneity

(责任编辑: 魏 霄)