

江苏省县域创新产出的空间关联与时空演化

张友志，顾红春

(江苏科技大学 土木工程与建筑学院,江苏 镇江 212003)

**摘要：**采用 GeoDa 对江苏省县域地区的创新产出空间关联和时空演化进行了探索性空间数据分析,根据空间自相关诊断结果建立了空间滞后回归计量分析模型,以此为依据检验了创新产出与人均 GDP 的空间关联性。研究表明:在观测期内,江苏省县域创新产出由苏南→苏中→苏北梯度递减;创新产出表现出显著的空间正相关,并具有自我强化的时空演化趋势,观测得到明显的苏南高—高集聚、苏北低—低集聚的局部自相关模式;空间邻居效应对创新产出具有显著的积极影响并随时间推移不断增强,相比于传统 OLS 法估计值空间滞后模型估计结果更为稳健可信。

**关键词：**创新集聚;空间关联;时空演化;空间计量;GeoDa;江苏省  
**中图分类号：**F207      **文献标志码：**A      **文章编号：**1003-2363(2013)06-0033-06

0 引言

熊彼特(J. Schumpeter)开创了创新理论研究,将创新定义为“间断出现的生产要素新组合”,本质在于建立“一种新的生产函数”。创新理论认为,创新是全部创新参与者相互作用的结果,不是线性的单一路径过程,创新能力取决于全部创新参与者结成的创新网络<sup>[1]</sup>。

新增长理论和新经济地理学<sup>[2-3]</sup>指出,经济活动和经济增长具有显著的空间集聚特征,这是知识溢出、创新外部性和集聚经济导致的收益递增的必然结果。所以,区域创新表现出路径依赖和自我锁定特性,这使得一个区域能够维持历史的发展路径、积累以前的发展属性,创新能力强的地区倾向于保持竞争优势,创新驱动的经济增长因此具有明显的区域差异性。

因此,一个地区要维持长期的经济增长,必须致力于提高自身创新能力<sup>[4]</sup>。地方政府的主要作用在于采用恰当的制度形式营造良好的创新环境促进创新,以创新促进地区经济增长,防止出现组织薄弱、断裂和锁定等创新活动障碍<sup>[5]</sup>。

由此可见,创新活动和创新驱动的经济增长中包含天然的空间关联效应,这样在传统的创新研究中引入空间分析方法<sup>[6-8]</sup>便成为一个合理选择。在此背景下,采用空间分析方法研究中国地区创新活动的研究文献不断涌现,吴玉鸣<sup>[9]</sup>采用空间计量模型研究了中国省域创新,认为省域创新能力的贡献主要来自于企业的 R&D 投入,大学研发对创新能力没有显著贡献;李志刚等<sup>[10]</sup>

发现省域创新产出的空间分布显著不均衡;张玉明等<sup>[11]</sup>认为省际创新产出具有空间集聚和空间依赖特征;张建新等<sup>[12]</sup>观测到了区域创新的空间邻居效应,即周边地区创新能力对本地区的创新能力提高具有积极影响;李国平等<sup>[13]</sup>以专利申请受理数作为创新产出衡量指标对 1997—2008 年省域创新产出空间分布进行了探索性空间数据分析(ESDA),指出省际创新活动具有很高的空间集中度,创新活动存在显著的空间自相关。

本研究与相关研究的不同之处主要表现在:1)多数研究以省际创新产出为研究对象,本研究以江苏省县域地区作为研究区域;2)除了对创新产出进行全局和局部空间自相关分析,还通过跨期分析试图揭示创新产出空间关联的时间演化特征;3)采用 GeoDa 软件进行了空间自相关诊断分析,以此为依据选择正确的空间计量分析模型,以便获得更为稳健的研究结论。

1 创新产出的空间分析方法

1.1 构建空间权重矩阵

为揭示研究区域创新产出的空间分布特征,需要首先定义区域之间的邻接关系,基本方法是建立空间权重矩阵<sup>[14]</sup>。在空间分析中,经常采用二元对称矩阵  $W$  来表达  $n$  个研究区域间的邻接关系:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ w_{n1} & \cdots & w_{nn} \end{bmatrix}。$$

(1)

式中:  $w_{ij}$  为县域  $i$  与  $j$  的邻接关系,若  $w_{ij} = 1$  表示县域  $i$  与  $j$  邻接,否则,  $w_{ij} = 0$ 。在本研究中,运用 GeoDa 软件建立 Rook 邻接关系(rook contiguity)一阶邻接权重矩阵。

1.2 创新产出的全局空间自相关

Moran's  $I$  最早用于检验全局自相关,可以用来检验研究区域中的相邻地区之间的创新产出水平是相似、相异(正相关或负相关)还是独立的。

收稿日期: 2012-06-11; 修回日期: 2013-10-19  
基金项目: 江苏省教育厅高校哲学社会科学研究项目(2012SJD790005);江苏省社科联研究项目(2010-C-25);江苏科技大学博士基金研究项目(635281201)  
作者简介: 张友志(1973-),男,四川青神县人,副教授,博士,主要从事区域经济研究,(E-mail)just-zhang@163.com。

设研究区域中有  $n$  个地区单元,第  $i$  个地区单元对应的创新产出为  $y_i$ ,相邻地区创新产出的平均值为  $\bar{y}$ (亦即创新产出的空间滞后  $W_y$ ),全局 Moran's  $I(I_G)$  定义为:

$$I_G = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (2)$$

全局 Moran's  $I$  的取值范围为  $(-1,1)$ 。若 Moran's  $I$  取值趋近于 0,表示创新产出随机分布,不存在空间自相关效应;若取值为正且越接近 1 时,说明相邻地区的创新产出存在空间正相关特性;当取值为负且接近 -1 时,则相邻地区的创新产出存在空间负相关。

1.3 创新产出的局部空间自相关

在全局上创新产出不存在空间自相关,在局部地区创新产出仍然可能存在空间自相关。为此,Anselin<sup>[15]</sup>提出了一个被称为 LISA 的局部 Moran's  $I(I_i)$  用于检验在局部地区的空间集聚问题。 $I_i$  衡量了区域  $i$  和它的邻域创新产出的关联程度,被定义为:

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y})}{s_y^2} \sum_{j=1}^n \left[ w_{ij} (y_j - \bar{y}) \right] \quad (3)$$

式中:  $s_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})$ 。 $I_i$  取值为正,表示具有相似属

性(高值或低值)的创新产出集聚于区域  $i$  周围; $I_i$  值为负,表示相异属性的创新产出的空间集聚。

2 江苏省县域创新产出的空间分析

2.1 研究区域和研究数据

江苏地处东经  $116^{\circ}18' \sim 121^{\circ}57'$ ,北纬  $30^{\circ}45' \sim 35^{\circ}20'$ ,东濒黄海,西连安徽,北接山东,东南与浙江、上海毗邻,全省总面积 10.26 万  $\text{km}^2$ ,占全国总面积的 1.1%。全省设 13 个地级市,105 个县级地理单元,由于 13 个地级市所属市辖区数据为合并数据,故将江苏省划分为 64 个县级地理单元进行研究。研究数据为 shp 格式数据,包含区划名称、地理坐标、面积、人口、GDP 和专利数据等经济地理信息;其中,专利数据、人口和 GDP 等来自 2010—2012 年《江苏统计年鉴》<sup>①</sup>。为消除可能存在的异方差,对原始数据进行了对数处理。

2.2 描述性统计分析

考虑到数据的可得性及其质量要求,采用每万人专利授权量指标评价江苏省县域创新产出水平。2009—2011 年江苏省县域创新产出的基本情况见表 1。

由表 1 可知,2009 年江苏省县域创新产出平均值为 13.18 件/万人,中位数为 4.39 件/万人;其中,最高的苏

表 1 2009—2011 年江苏省县域专利授权量描述统计 件/万人

Tab.1 Descriptive statistics of authorized patents in county regions of Jiangsu Province during 2009—2011

年份	观测值	平均值	标准误差	中位数	标准差	方差	峰度	偏度	最大值	最小值
2009	64	13.18	3.61	4.39	28.91	835.60	28.21	4.91	199.06	0.31
2010	64	18.38	3.96	7.07	31.68	1 003.32	15.93	3.72	184.09	0.61
2011	64	27.44	6.79	8.66	54.31	2 949.37	27.41	4.73	375.20	0.78

州吴江市每万人 199.06 件,最低的宿迁泗洪县每万人仅为 0.31 件。与 2009 年相比,2010—2011 年江苏省县域创新产出均有较大幅度提高,创新产出的平均值提高到每万人 18.38 件和 27.44 件,创新产出中位数增加到每万人 7.07 件和 8.66 件,创新产出最低值增加到每万人 0.61 件和 0.78 件。另一方面,江苏省县域创新产出的地区差异非常显著。以 2011 年为例,创新产出的变异系数达到 1.98,创新产出极差高达 374.41 件/万人,创新产出最高的苏州吴江市是最低的盐城响水县的 480 倍;创新产出分布的峰度为 27.41、偏度为 4.73,为典型的“尖峰”状右偏分布,表明少数地区创新产出占据了相当份额,相应地多数地区创新产出份额偏低。

江苏省县域创新产出由南向北梯度递减。中等及高产地区绝大多数集聚在苏南地区,除南通的个别县市进入中等产出地区行列外没有一个苏中、苏北县市进入创新高产地区行列;相应地,最低产出和低产出地

区则主要集中在苏北地区(图 1)。

江苏省县域创新产出的地区差异也可用集中度指数衡量。2011 年,全省专利授权量最多的前五位地区的集中度( $CR_5$ )达到了 46.87%,比 2009 年上涨了 0.83 个百分点,主要集中在南京和苏锡常地区;而后五位地区的专利授权量合计仅为 540 件,集中度( $CR_{-5}$ )仅为 0.27%,多集中在宿迁、淮安、连云港等苏北地区。

由此可见,创新活动主要发生在苏南等少数的局部地区,初步验证了创新的局域性特征;从时间演变看,创新活动没有出现趋同,相反具有自我强化趋势,创新产出较高的地区由于累积因果关系维持先发优势,创新产出较低地区则可能陷入了累积的创新锁定状态。

2.3 全局空间自相关分析

首先,利用空间分析 GeoDa 软件建立江苏省 64 个

① 2009 年及以前年度的《江苏统计年鉴》中没有江苏省县域地区专利数据,故本研究数据来自于 2010—2012 年的《江苏统计年鉴》。客观地说,2009—2011 年 3 个年度的截面数据尚不足以充分揭示创新产出的长期演化趋势,但是在数据可得性受到限制的条件下,仍然具有一定的参考意义。

县域地区的 Rook 邻接关系空间权重矩阵,生成空间权重文件;然后,利用空间权重文件,采用 GeoDa 软件绘制江苏县域地区创新产出的 Moran 散点图(图2)。

图2表明,2009—2011年江苏县域创新产出的 Mo-

ran's *I* 分别为 0.757 9、0.823 6 和 0.781 5,均远大于 0,绝大多数县、市、区位于第 I 和第 III 象限,仅有少数地区位于第 II、第 IV 象限或者处于跨界状态(表 2)。

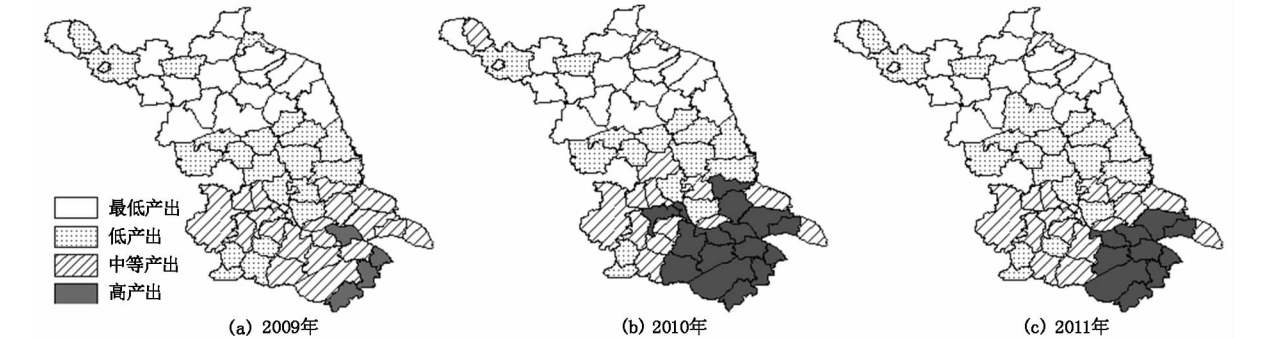


图1 2009—2011年江苏省县域创新产出分布

Fig.1 Distribution of innovation output in county regions of Jiangsu Province during 2009—2011

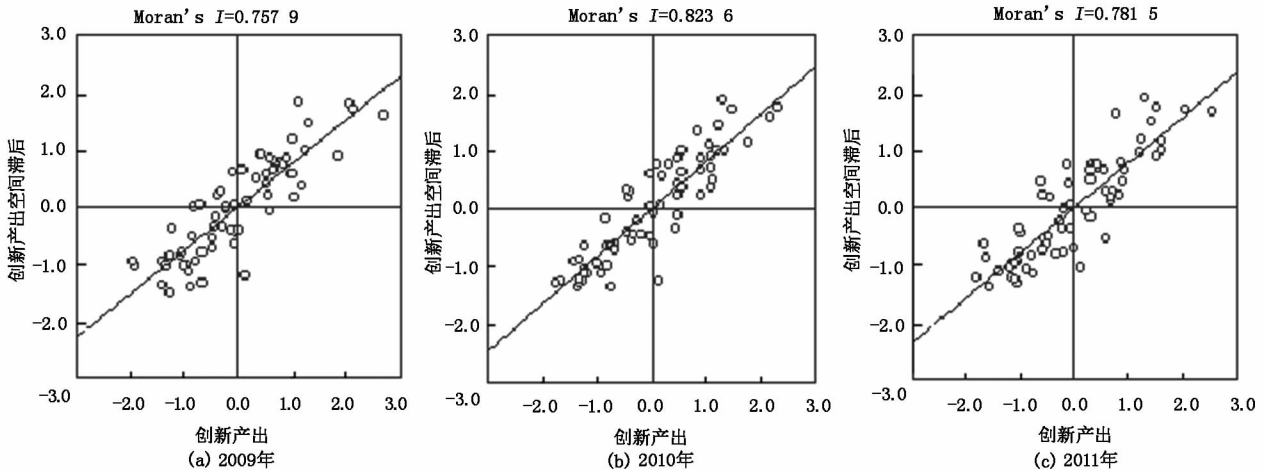


图2 2009—2011年江苏省县域创新产出的 Moran 散点图

Fig.2 Moran's scatter diagram of innovation output in county regions of Jiangsu Province during 2009—2011

表2 2009—2011年江苏省县域创新产出的 Moran 空间分布

Tab.2 Moran's spatial distribution of innovation output in county regions of Jiangsu Province during 2009—2011					
年份	高一高(H—H)	低—高(L—H)	低—低(L—L)	高一低(H—L)	跨界状态
2009	南京市区、无锡全市、常州市区、金坛、苏州全市、南通全市、扬州市区、仪征、镇江全市、靖江和姜堰	东台、江都、泰兴	高淳、徐州市区、铜山、睢宁、新沂、邳州、连云港全市、淮安、涟水、洪泽、盱眙、盐城市区、响水、滨海、阜宁、射阳、建湖、宝应、兴化、宿迁全市	连云港市区、泰州市区	跨Ⅱ—Ⅲ象限:丰县、溧水、高邮、溧阳;跨Ⅲ—Ⅳ象限:大丰、金湖、沛县
2010	南京市区、无锡全市、常州全市、苏州全市、南通全市、扬州市区、仪征、镇江全市、靖江、姜堰	溧水、东台、江都、泰兴	丰县、铜山、睢宁、新沂、邳州、连云港全市、淮安全市、盐城市区、响水、滨海、阜宁、射阳、建湖、宝应、兴化、宿迁全市	徐州市区、泰州市区、连云港市	跨Ⅱ—Ⅲ象限:高淳;跨Ⅲ—Ⅳ象限:大丰、沛县、高邮
2011	南京市区、无锡全市、常州市区、溧阳、苏州全市、南通全市、扬州市区、仪征、镇江全市、靖江	溧水、金坛、东台、江都、泰兴	丰县、沛县、铜山、睢宁、新沂、邳州、连云港全市、淮安全市、盐城市区、响水、滨海、阜宁、射阳、建湖、宝应、兴化、宿迁全市	徐州市区、连云港市区、泰州市区、姜堰	跨Ⅰ—Ⅱ象限:高邮、高淳;跨Ⅲ—Ⅳ象限:大丰

表2表明江苏省县域创新产出具有较为明显的全局空间关联特征,属于典型的空间正相关模式。经进一步检验,Moran's *I* 在 0.1% 显著性水平上空间自相关统计显著。

从时间演变趋势分析,2009—2011 年的 Moran's *I*

分别为 0.757 9、0.823 6 和 0.781 5,变化过程呈倒“U”型结构,总体上呈下降趋势;但是,2010—2011 年的 Moran's *I* 仍然远高于 2009 年。经计算,2010 与 2009 年、2011 与 2010 年县域创新产出的相关系数分别达到了 0.899 和 0.956。由此可见,江苏省县域创新产出的空间

关联性具有自我强化趋势,表现出时间自相关特征,这与上述集中度指标的分析结论一致。

随着时间推移,多数地区保持了时空稳定性,仅有少数地区发生了位次变化和时空迁移。发生迁移的多为跨界地区,如跨Ⅱ—Ⅲ象限的溧阳跃迁至第Ⅰ象限、跨Ⅲ—Ⅳ象限的丰县跌落至第Ⅲ象限。与此同时,时空迁移通常发生在相邻象限之间,没有发现有地区从第Ⅲ象限直接跃迁至第Ⅰ象限。值得关注的是,多数苏北县

域位次有所下降、苏中及苏南县域多有跃迁,这在一定程度上验证了前述有关苏北地区面临创新锁定和路径依赖困境的假说。

2.4 局部自相关分析

全局空间关联反映了 Moran's I 的平均水平,但有可能掩盖局部地区可能存在的空间自相关。因此,本研究对江苏县域创新产出进行局部自相关分析,揭示出了创新产出的局部空间关联和创新空间集聚模式(图 3)。

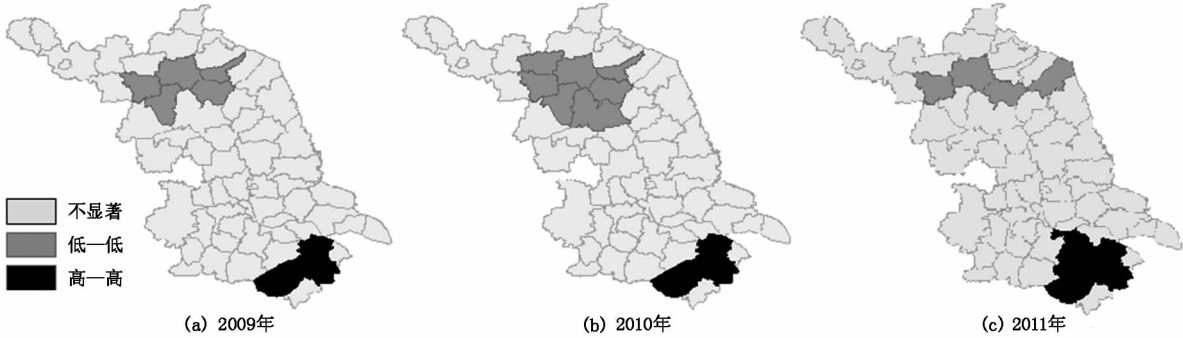


图 3 2009—2011 年江苏省县域创新产出的空间自相关

Fig. 3 Spatial autocorrelation of innovation output in county regions of Jiangsu Province during 2009—2011

由图 3 可知,江苏省县域创新产出的空间分布具有如下特征:1)由南向北创新产出梯度递减,苏南地区为创新高产出区域和创新中心,苏中次之,苏北创新产出水平最低;2)发现了两种局部空间自相关模式,即苏南的高—高集聚和苏北的低—低集聚,没有观测到在统计上显著的高—低集聚和低—高集聚模式,表现为苏南和苏北之间出现了创新断裂,缺乏创新的中间过渡地带,表明苏南的创新溢出效应还主要局限在周边县市,苏中还没有成为吸纳苏南创新溢出效应和辐射带动苏北发展的创新扩散区域;3)局部空间自相关具有自我强化趋势,2009 年高—高集聚和低—低集聚显著的地区有 8 个,2010 年有 10 个,2011 年有 9 个。

2.5 空间自相关计量分析

创新产出是多种因素相互作用的结果<sup>[16-20]</sup>,本研究选择综合性很强的人均 GDP 指标表示影响创新产出的诸多因素。经计算,2009—2011 年江苏省县域创新产出与人均 GDP 的 Moran's I 分别为 0.720 5、0.752 0 和 0.740 9,均远大于 0,表明创新产出与人均 GDP 之间不是独立随机分布,而是存在正的空间自相关。Moran's I 随时间变化呈倒“U”型结构,表现出“先升后降”的变化特征,但是总体上 2010—2011 年的 Moran's I 远高于 2009 年的 Moran's I,表明创新产出与人均 GDP 的空间关联性有所上升。

空间自相关计量分析遵循如下的技术路线:首先,采用传统最小二乘法 (OLS) 进行估计;然后,对 OLS 法估计结果进行空间自相关诊断;最后,根据空间自相关诊断结果,选择恰当的空间自相关计量模型。目前,空间自相关计量模型主要有两种<sup>[21]</sup>,分别是空间滞后模

型 (spatial lag mode) 和空间残差模型 (spatial error mode);前者假设因变量存在空间自相关,后者假设误差项在空间上自相关,分别表示为:

$$\ln y = c + \rho W_y + \beta \ln x + \varepsilon ; \tag{4}$$

$$\ln y = c + \beta \ln x + (I - \lambda W_\varepsilon)^{-1} \varepsilon . \tag{5}$$

式中:  $x$  和  $y$  分别为人均 GDP 和万人专利授权量;  $c, \varepsilon$  为常数项和随机误差项;  $W_y$  和  $W_\varepsilon$  分别为  $y, \varepsilon$  的空间滞后值;  $\beta, \rho, \lambda$  分别为  $x, W_y, W_\varepsilon$  的估计系数。

采用 GeoDa 软件对 OLS 法估计结果进行空间自相关诊断,估计和诊断结果见表 3。

由表 3 可知,OLS 法的各估计系数统计显著,估计系数符号符合相关经验事实和经济学理论,估计方程显著,方程拟合优度分别为 0.766、0.777 和 0.769,表明 OLS 法估计值还是可以接受的。但是,估计方程空间残差的 Moran's I 分别达到了 0.281、0.419 和 0.290,说明估计方程的空间残差存在严重的空间自相关,违背了 OLS 法的基本假设,估计结果并不可靠。

空间滞后的拉格朗日乘数检验统计量 (LM\_lag) 和稳健统计量 (Roburst LM\_lag) 均统计显著,空间残差的拉格朗日乘数检验统计量 (LM\_err) 显著,但是稳健统计量 (Roburst LM\_err) 不显著 (表 3)。根据空间自相关诊断方法<sup>[22]</sup>,空间滞后估计系数显著而空间残差估计系数不显著。因此,应当建立空间滞后模型,估计结果见表 4。

根据表 3 和表 4,对比 OLS 法和空间滞后模型估计结果,分析如下。

1) 空间滞后变量系数  $\rho$  分别为 0.426、0.494 和 0.429,并通过了似然比例检验,表明空间滞后变量系数

表 3 OLS 法估计和空间自相关诊断结果  
Tab.3 OLS estimates and spatial autocorrelation diagnosis

年份	常数	自变量	F 统计量	调整 R <sup>2</sup>	似然对数检验	赤池信息准则	施瓦茨准则	残差模型莫兰指数	滞后模型拉格朗日统计量	滞后模型稳健统计量	残差模型拉格朗日统计量	残差模型稳健统计量
2009	-0.476 (0.005)	1.640 (0.000)	207.256	0.766	-64.211	132.422	136.743	0.281 (0.000)	16.701 (0.000)	7.219 (0.007)	9.732 (0.002)	0.250 (0.617)*
2010	-0.413 (0.025)	1.680 (0.000)	221.144	0.777	-62.969	129.938	134.256	0.419 (0.000)	28.296 (0.000)	8.919 (0.003)	21.753 (0.000)	2.376 (0.123)*
2011	-0.509 (0.019)	1.757 (0.000)	210.936	0.769	-65.390	134.781	139.099	0.290 (0.000)	17.892 (0.000)	7.894 (0.005)	10.423 (0.001)	0.315 (0.575)*

说明：\* 表示不显著;括号中数字为伴随概率,下表同。

表 4 空间滞后模型估计结果  
Tab.4 Estimates of spatial lag mode

年份	常数	自变量	空间滞后估计系数	调整 R <sup>2</sup>	似然对数检验值	赤池信息准则	施瓦茨准则	似然比例检验值
2009	-0.416 (0.003)	1.066(0.000)	0.426(0.000)	0.832	-55.631	117.263	123.739	17.160(0.000)
2010	-0.376(-0.006)	0.973(0.000)	0.494(0.000)	0.870	-48.545	103.089	109.566	28.849(0.000)
2011	-0.468(-0.008)	1.142(0.000)	0.429(0.000)	0.835	-56.593	119.187	125.663	17.595(0.000)

统计显著,验证了创新产出在邻接地区之间存在空间自相关的基本假设。

2) 加入空间滞后变量后,空间滞后模型中人均 GDP 的估计值显著地小于 OLS 法估计值,说明若不考虑空间自相关将可能严重高估人均 GDP 对创新产出的作用,从而证明了空间邻居效应对创新产出的积极意义。

3) 人均 GDP 对创新产出的弹性系数从 1.066 上升到 1.142,表明人均 GDP 对创新产出的作用增强;空间滞后变量估计系数从 0.426 上升到 0.494 和 0.429,说明随着时间推移,创新活动具有自我强化累积发展趋势,空间邻居效应对创新产出的作用显著增强。

4) 从模型检验及可靠性分析,空间滞后模型的拟合优度和似然对数检验统计量数值均大于 OLS 法估计值,而赤池信息准则和施瓦茨准则数值均小于 OLS 法估计值,表明空间滞后模型在整体上优于 OLS 法模型,空间滞后模型估计值更为稳健可靠。

经检验,2009—2011 年空间残差模型的 Moran's I 分别为 -0.002 91,0.032 4 和 -0.026 3,均小于公认临界值 0.18,表明空间滞后模型基本排除了空间自相关带来的估计偏差问题。

3 结论

1) 在观测期间内,江苏省各县域地区的创新产出水平有较为明显地提高,但是创新产出表现出显著的地区差异,创新产出由苏南→苏中→苏北梯度递减。

2) 在全球上,江苏省县域创新产出具有显著的空间关联效应,属于空间正相关分布模式,并随时间自我累积强化。存在两种局部空间自相关模式,即苏南为高一高集聚的创新热点、苏北为低—低集聚的创新冷点,说明创新活动主要局限在苏南局部地区,处于苏南和苏北之间的苏中地区出现了创新断裂;同样地,创新产出的

局部空间自相关具有自我强化趋势。

3) 空间滞后变量估计系数统计显著,验证了创新产出的空间自相关特性;空间滞后模型中人均 GDP 估计值显著地小于 OLS 法估计值,说明若不考虑空间自相关将会严重高估人均 GDP 对创新产出的作用,表明空间邻居效应对创新产出具有积极作用;随着时间推移,空间邻居效应对创新产出的作用有所增强;相比于 OLS 法,空间滞后模型估计更为稳健。

4) 苏南、苏中、苏北三大地带创新能力梯度递减的事实表明,应当适度加大对苏中和苏北创新活动的支持力度,单纯依靠欠发达地区很难打破历史形成的路径依赖和创新锁定状态;创新产出的空间关联效应说明,一个地区的创新能力既取决于自身条件,也受制于邻近区域的状况,邻近地区之间应优化配置创新资源,协作和协同创新,提高区域创新能力。

参考文献：

[1] Fischer M. Innovation, Knowledge Creation and Systems of Innovation[J]. The Annals of Regional Science,2001, 35(2):199-216.

[2] Romer P M. Human Capital and Growth:Theory and Evidence[J]. Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy,1990,32(1):251-286.

[3] Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography [J]. The Journal of Political Economy,1991,99(3):483-499.

[4] 王缉慈. 创新的空间:企业集群与区域发展[M]. 北京:北京大学出版社,2001:384.

[5] Isaksen A. Building Regional Innovation Systems:Is Endogenous Industrial Development in the Global Economy [J]. Journal of Regional Science, 2001, 24(1):101-

- 120.
- [6] Paelinck J. Spatial Econometrics[J]. *Economics Letters*, 1978,1(1):59-63.
- [7] Anselin L. *Spatial Econometric: Methods and Models*[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- [8] Elhorst J P. *Dynamic Models in Space and Time*[J]. *Geographical Analysis*, 2001,33(2):119-140.
- [9] 吴玉鸣. 空间计量经济模型在省域研发与创新中的应用研究[J]. *数量经济技术经济研究*, 2006(5):74-85.
- [10] 李志刚, 汤书昆, 梁晓艳, 等. 我国创新产出的空间分布特征研究——基于省际专利统计数据的空间计量分析[J]. *科学学与科学技术管理*, 2006(8):64-71.
- [11] 张玉明, 李凯. 中国创新产出的空间分布及空间相关性研究——基于 1996—2005 年省际专利统计数据的空间计量分析[J]. *中国软科学*, 2007(11):97-103.
- [12] 张建升, 杨勇. 区域创新的空间邻居效应——基于我国省际面板数据的实证研究[J]. *科技与经济*, 2011,24(3):25-29.
- [13] 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[J]. *地理研究*, 2012,31(1):95-105.
- [14] 徐建华. *计量地理学*[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008:120-131.
- [15] Anselin L. Local Indicators of Spatial Association: LISA[J]. *Geographical Analysis*, 1995,27(2):93-115.
- [16] 张玉明, 聂艳华, 李凯. 知识溢出对区域创新产出影响的实证分析——以高技术产业为例[J]. *软科学*, 2009(7):99-102.
- [17] 尤建新, 陈震, 邵鲁宁. 产业间 R&D 溢出对创新产出的动态效应研究——基于上海市大中型工业企业的实证研究[J]. *科学学与科学技术管理*, 2011(4):124-127.
- [18] 蔡海霞, 范如国. FDI 技术溢出、能源约束与区域创新产出分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011,21(11):21-26.
- [19] 冯文娜. 高新技术企业研发投入与创新产出的关系研究——基于山东省高新技术企业的实证[J]. *经济问题*, 2010(9):74-78.
- [20] 吴玉鸣. 官产学、R&D 合作、知识溢出与区域专利创新产出[J]. *科学学研究*, 2009(10):1486-1494.
- [21] 王法辉. *基于 GIS 的数量方法与应用*[M]. 北京: 商务印书馆, 2009:223-224.
- [22] Anselin L. *Exploration Spatial Data with GeoDa: A Workbook*[R]. Urbana: Center for Spatially Integrated Social Science, 2005.

## Spatial Association and Temporal Evolution of Innovation Output: An Empirical Study of Jiangsu County-level Regions

Zhang Youzhi, Gu Hongchun

(School of Civil Engineering and Architecture,  
Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

**Abstract:** The exploratory spatial data analysis on the space differentiation and time evolution of innovation capability from 64 counties of Jiangsu Province during 2009—2011 was implemented using GeoDa software, and spatial lag regression model was developed based on spatial autocorrelation diagnosis, then spatial correlation of the innovation output and per capita GDP was tested. Studies has shown that: (1) in the observation period, innovative capacity gradient decrease notably from southern Jiangsu to northern; (2) a significantly positive spatial dependence of innovation capability has been captured, the concentration level self-reinforced steadily over time, local spatial autocorrelation mode has demonstrated high-high agglomeration mode in southern region while low-low agglomeration in northern; (3) the self-reinforced spatial neighbor effect has a significantly positive impact on innovation output, and the spatial lag regression model are more robust and credible compared to estimation results of traditional OLS method.

**Key words:** innovation agglomeration; spatial association; temporal evolution; spatial econometrics; GeoDa; Jiangsu Province