

DOI:10.15918/j.jbitss1009-3370.2018.3191

# 交通基础设施、人力资本对区域创新能力影响的实证研究

马明<sup>1</sup>, 薛晓达<sup>2</sup>, 赵国浩<sup>3</sup>

(1.山西财经大学 经济学院, 山西 太原 030006; 2.北京航空航天大学 经济管理学院, 北京 100083;  
3.山西财经大学 资源型经济转型协同创新中心, 山西 太原 030006)

**摘要:** 使用1995—2015年中国30个省区面板数据,在空间杜宾面板模型基础上加入时间因素,构建动态空间杜宾面板模型,使用经济距离和经济地理距离空间权重矩阵,实证分析了交通基础设施与人力资本两因素对区域创新能力的空间溢出效应。结果显示:(1)两因素在经济距离空间权重矩阵和经济地理距离空间权重矩阵中均对区域创新能力产生了显著的空间溢出效应和时间累积效应。前者对区域创新能力产生正空间溢出,后者对区域创新能力产生负空间溢出;(2)两因素对区域创新能力空间溢出效应的大小同时受地理距离与经济发展水平的影响;(3)两因素对区域创新能力速度提升的影响不显著。

**关键词:** 交通基础设施; 人力资本; 区域创新能力; 动态空间杜宾面板模型

**中图分类号:** F8

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-3370(2018)01-0095-07

## 一、文献回顾

新古典经济增长理论<sup>[1-3]</sup>认为区域创新能力是区域可持续发展的源泉,而在影响区域创新能力的诸多要素中,很多学者认为交通基础设施和人力资本是重要因素<sup>[4-7]</sup>。从理论角度来看,交通基础设施的网络特征通过降低运输成本等交易成本,增加了空间可达性,为区域间创新活动提供便利,并对区域间创新要素的流动产生影响,最终导致创新能力的跨区域溢出<sup>[8]</sup>。同时,这种空间溢出效应具有两面性:当交通基础设施主要导致创新要素单向流动时,其对区域创新能力主要发挥集聚作用,在空间上表现为负溢出;当交通基础设施主要导致创新要素双向流动时,其对区域创新能力主要发挥扩散作用,在空间上表现为正溢出<sup>[9-14]</sup>;人力资本作为“非物力资本”,是“隐性知识”的重要载体,而“隐性知识”作为创新能力的重要内容,其溢出(区域内部和跨区域)程度是区域创新能力强弱的重要因素。“隐性知识”具有知道但难以言述的特征,其传播的一个重要方式是人力资本频繁的流动<sup>[15]</sup>,即隐性知识传播的速度与人力资本的流动速度正相关<sup>[16]</sup>。人力资本的空间流动导致了“隐性知识”的空间溢出,最终导致创新能力的跨区域溢出。同时,这种空间溢出效应具有两面性:当人力资本跨区域双向流动频繁时,其对区域创新能力主要发挥扩散作用,表现为正的空间溢出效应,当人力资本单向流动频繁时,其对区域创新能力主要发挥集聚作用,主要表现为负的空间溢出效应<sup>[17-22]</sup>。

从实证角度来看,使用空间面板模型实证探讨交通基础设施与人力资本在区域创新能力空间溢出中作用的文献较多:张建伟等(2017)<sup>[23]</sup>运用空间计量经济模型对1986—2014年江苏省县域创新产出的差异演变及影响因素进行了实证分析,结果表明交通基础设施对江苏省县域创新产出具有正的溢出效应。梁双陆等(2016)<sup>[24]</sup>运用空间计量经济学模型分析了中国省域交通基础设施对产业创新的影响,发现交通基础设施对产业具有正的溢出效应。李婧等(2017)<sup>[25]</sup>和马大来等(2017)<sup>[26]</sup>分别使用2004—2013年和2000—2011年中国30个省区的面板数据,构建空间计量模型,研究结果均显示人力资本水平对区域创新绩效具有显著正向影响。

上述实证文献使用的多为静态空间面板数据,静态空间面板数据虽然考虑空间滞后引起的内生性,但是忽略了时间滞后引起的内生性。基于此,本文在空间杜宾面板模型(静态空间面板模型)基础上引入时间

收稿日期: 2017-01-22

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目“煤炭资源绿色低碳发展理论与政策研究”(71774105);山西省回国留学基金项目资助“煤炭资源综合利用及资源型经济转型研究”(2016-重点3);山西省高等学校人文社科重点研究基地项目资助(2015323);山西省高等学校哲学社会科学一般项目资助(2015246)

**作者简介:** 马明(1984—),女,博士研究生,讲师,E-mail:maming412710@126.com

因素,解决了由空间和时间引起的序列相关性以及由时空滞后引起的内生问题,同时运用误差修正准极大似然估计方法,保证其研究结果的一致性和渐近性,为准确把握交通基础设施与人力资本对区域创新能力的空间影响、明确交通基础设施与人力资本对区域创新能力提升的机理,最终有效促进区域创新能力提升提供政策依据。

## 二、模型

根据 Romer(1990)<sup>[27]</sup>提出的知识生产函数,构建中国区域创新能力的动态空间杜宾面板模型

$$Pat_{it} = \tau Pat_{i,t-1} + \rho \sum_{j \neq i}^N w_{ij} Pat_{jt} + \eta \sum_{j \neq i}^N w_{ij} Pat_{j,t-1} + \delta_1 Inf_{it} + \delta_2 \sum_{j \neq i}^N w_{ij} Inf_{jt} + \delta_3 Inf_{i,t-1} + \delta_4 Hu_{it} + \delta_5 \sum_{j \neq i}^N w_{ij} Hu_{jt} + \delta_6 Hu_{i,t-1} + \gamma X_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,  $Pat_{it}$  为  $i$  区域  $t$  时间的创新能力;为了考察区域创新能力在时间和空间以及时空上的累积特征,方程(1)加入被解释变量的时间滞后项、空间滞后项和时空滞后项:  $Pat_{i,t-1}$ 、 $\sum_{j \neq i}^N w_{ij} Pat_{jt}$  和  $w_{ij} Pat_{j,t-1}$ 。 $w_{ij}$  是  $N \times N$  阶空间权重矩阵,反映了交通基础设施与人力资本对区域创新能力空间溢出的不同机理;  $Inf_{it}$  和  $Hu_{it}$  分别为区域  $i$  在时间  $t$  时交通基础设施和人力资本存量;方程(1)中通过加入交通基础设施与人力资本的空间滞后项 ( $\sum_{j \neq i}^N w_{ij} Hu_{jt}$  和  $\sum_{j \neq i}^N w_{ij} Inf_{jt}$ ) 考察上述两个因素对区域创新能力的空间影响;  $Inf_{i,t-1}$  和  $Hu_{i,t-1}$  是交通基础设施与人力资本的时间滞后项,反映交通设施与人力资本对区域创新能力的时间累积影响;  $X_{it}$  是控制变量矩阵;  $\varepsilon_{it}$  为随机误差项,服从均值为 0、方差为  $\sigma^2$  的标准正态分布;  $\mu_i$  为区域固定效应;  $\theta_t$  为时间固定效应。

对于方程(1), Yu 等(2008)<sup>[28]</sup>和 LEE L 等(2010)<sup>[29]</sup>比较了不同估计方法的一致性和渐近性,认为准极大似然估计方法(the Quasi Maximum Likelihood Estimation)在  $T/N^{1/3} \rightarrow \infty$  时得出的  $T$  统计量有偏,其结果的有效性弱于误差修正准极大似然估计方法。同时,当估计出来的  $\tau, \rho$  以及  $\eta$  的和小于 1 时模型结果稳定,但是当  $\tau, \rho$  以及  $\eta$  的和为 1 时则会出现空间协整(spatial cointegration)和爆炸根(the explosive roots)问题,此时需要将模型进行空间一次差分(spatial first-differences)。

通过对本文使用样本进行分析,使用误差修正准极大似然估计方法(误差修正 QML)对中国区域创新能力的动态空间杜宾面板模型,即方程(1)进行估计可以得到各个参数的一致和渐近估计。同时,根据 Le Sage J 等(2013)<sup>[30]</sup>和 Paul Elhorst 等(2013)<sup>[31]</sup>,本文使用方程(2)计算交通基础设施与人力资本对区域创新能力提升速度的边际影响。对方程(1)两边同时减去  $Pat_{i,t-1}$ ,在时间  $t$  不变的情况下,对第  $k$  个解释变量求偏导,方程(1)可以重新写为

$$\left[ \begin{matrix} \frac{\partial \Delta Pat}{\partial x_{1k}} & \dots & \frac{\partial \Delta Pat}{\partial x_{Nk}} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \Delta Pat_N}{\partial x_{1k}} & \dots & \frac{\partial \Delta Pat_N}{\partial x_{Nk}} \end{matrix} \right]_t = \left[ \begin{matrix} \frac{\partial \Delta Pat}{\partial x_{1k}} & \dots & \frac{\partial \Delta Pat}{\partial x_{Nk}} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \Delta Pat_N}{\partial x_{1k}} & \dots & \frac{\partial \Delta Pat_N}{\partial x_{Nk}} \end{matrix} \right]_t = (I - \rho W)^{-1} \beta_k \quad (2)$$

方程(2)中直接效应由矩阵对角线元素的平均值表示,代表控制了其他因素前提下被解释变量 ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ) 对本区域创新能力提升速度的边际影响;间接效应则由方程(2)中矩阵非对角线元素的平均值表示,代表控制了其他因素前提下被解释变量 ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ) 对区域创新能力提升速度的边际空间溢出效应。同理,在方程(1)两边同时减去  $Pat_{i,t-1}$ ,在时间  $t$  不变前提下,对  $Pat_{i,t-1}$  求偏导,从而得到区域创新能力时间滞后 ( $Pat_{i,t-1}$ ) 对区域创新能力变化 ( $\Delta Pat_{it}$ ) 的直接效应和间接效应

$$\frac{\partial \Delta Pat_{it}}{\partial \Delta Pat_{i,t-1}} = (I - \rho W)^{-1} [(\tau - 1)I + (\rho + \eta)W] \quad (3)$$

## 三、变量和样本数据

本文使用每人平均受教育时间和交通基础密度代表人力资本和交通基础设施存量水平,使用人均专利申请授权数代表区域创新能力<sup>[32-34]</sup>。另外,本文提取出两个对区域创新能力影响最大的控制变量:R&D 活动和对外投资强度,分别由人均科学和技术发展(研发)人员的数量和外商直接投资额占 GDP 比重的滞后一

期表示。数据来自1996—2016年的《中国统计年鉴》。

本文设置2种类型空间权重矩阵,反映交通基础设施与人力资本对区域创新能力的不同空间溢出机制:

1.经济距离空间权重矩阵。该经济距离空间权重矩阵假设交通基础设施虽然降低了运输成本等交易成本,但在经济发展水平类似的区域更容易引起创新要素的流动,同时也假设人力资本在经济发展水平类似的区域之间流动更频繁。根据林光平等(2006)<sup>[35]</sup>,本文选取人均GDP作为经济距离空间权重矩阵构建的基础,即

$$w_{ij}^{gdp} = \begin{cases} 1/|Y_i - Y_j| & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \quad (4)$$

其中,  $Y_t = Y_{it}/(T - T_0)$ ,  $Y_{it}$  为区域  $i$  在时间  $t$  的人均GDP水平。

2.经济地理距离空间权重矩阵。虽然本文引入经济距离空间权重矩阵考察交通基础设施与人力资本对区域创新能力空间溢出的机制,但是在实践中,地理距离作为自然因素仍然是影响上述两因素对区域创新能力空间溢出效应的重要因素。因此本文将经济距离空间权重矩阵与地理距离空间权重矩阵结合,引入以下3类经济地理距离空间权重矩阵,反映经济因素与地理因素结合条件下两因素对区域创新能力空间溢出的机制:第一,假设仅对经济发展水平相似的相邻区域的创新能力产生影响,则空间权重矩阵为:  $w_{ij}^{gdpnci} = w_{ij}^{gdp} \times w_{ij}^{nci}$ ; 第二,对区域创新能力的空间溢出效应不仅仅受到经济发展水平的影响,其影响还随着距离的增加呈现递减趋势,空间权重矩阵为:  $w_{ij}^{gdp\Psi} = w_{ij}^{gdp} \times \frac{1}{d_{ij}^\Psi}$ , 其中  $d_{ij}$  为区域  $i$  与区域  $j$  之间的质心距离,本文选取  $\Psi = 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2$ ; 第三,对区域创新能力的空间溢出效应不仅仅受到经济发展水平的影响,其影响还随着距离的增加以  $e$  为底的指数函数形式衰减,空间权重矩阵为:  $w_{ij}^{gdp\theta} = w_{ij}^{gdp} \times \exp(-\theta d_{ij})$ , 本文选取  $\theta = -0.01, -0.02, -0.03, -0.04, -0.05$ 。本文采用 Yu(2009)<sup>[36]</sup>提供的 stata 程序计算区域  $i$  与区域  $j$  之间的质心距离。

本文共设计了12种不同的空间权重矩阵,同时在模型估计时对上述空间权重矩阵进行行标准化。

#### 四、计算结果及分析

表1~表3给出了经济距离空间权重矩阵以及经济地理距离空间权重矩阵的选择及其模型估计结果。

根据表1,对于由  $w_{ij}^{gdp}$  和  $w_{ij}^{gdp\Psi}$  ( $\Psi = -1$ ) 空间权重矩阵构建的动态空间杜宾面板模型, Wald 值分别为 2.388 0 和 2.982 4,  $P$  值均大于 0.05, 意味着具有空间爆炸根和协整问题, 需要进行空间一阶差分。其他动态空间杜宾面板模型 (另外 9 种空间权重矩阵构建) 结果稳定, 无需进行空间一阶差分。同时, 使用经济距离空间权重矩阵和经济地理距离空间权重矩阵构建的动态空间杜宾面板模型  $F$  统计量, 因此, 本文使用时间和截面双固定的动态空间杜宾面板模型。

表2给出了各模型(不同空间权重矩阵)估计的极大似然函数值和方差( $\sigma^2$ )。极大似然函数值越大, 方差越小, 使用该空间权重矩阵估计的中国区域创新能力动态空间杜宾面板模型的结果越准确。从表2来看, 使用  $w_{ij}^{gdp\Psi}$  ( $\Psi = -1.25$ ) 空间权重矩阵构建的时间和截面双固定动态空间杜宾面板模型其极大似然估计值最大, 同时方差最小。因此, 本文使用该空间权重矩阵对中国区域创新能力动

表1 模型选择检验

空间权重矩阵	$\tau + \rho + \eta$	Wald 检验 $\tau + \rho + \eta = 1$	Wald 检验 $P$ 值
$w_{ij}^{gdp}$	0.965 0	2.388 0	0.122 3
$w_{ij}^{gdpnci}$	0.925 0	14.113 2	0.000 2
$w_{ij}^{gdp\Psi}, \Psi = -2$	0.934 8	8.922 2	0.002 8
$w_{ij}^{gdp\Psi}, \Psi = -1.7$	0.941 6	6.997 1	0.008 2
$w_{ij}^{gdp\Psi}, \Psi = -1.5$	0.946 5	5.786 1	0.016 2
$w_{ij}^{gdp\Psi}, \Psi = -1.25$	0.955 5	3.982 9	0.046 0
$w_{ij}^{gdp\Psi}, \Psi = -1$	0.961 3	2.982 4	0.084 2
$w_{ij}^{gdp\theta}, \theta = -0.01$	0.905 5	20.834 4	0.000 0
$w_{ij}^{gdp\theta}, \theta = -0.02$	0.905 9	21.878 1	0.000 0
$w_{ij}^{gdp\theta}, \theta = -0.03$	0.905 3	22.715 1	0.000 0
$w_{ij}^{gdp\theta}, \theta = -0.04$	0.906 1	22.703 1	0.000 0
$w_{ij}^{gdp\theta}, \theta = -0.05$	0.907 4	22.347 7	0.000 0

注:使用 MALAB 8.3 计算。

态空间杜宾面板模型,即方程(1)进行估计,其结果如表3所示。

从表1中可以看出: $WPat_t$ 的系数为正并显著,说明区域创新能力自身具有显著的空间溢出效应; $Pat_{t-1}$ 的系数为正并显著,说明区域创新能力自身具有时间累积特征; $WPat_{t-1}$ 的系数为负并显著,说明创新生产要素在下一年度会向创新能力强的区域流动,从而降低本区域创新能力。同时,也可以看出创新要素的流动同时受到地理邻近相关(随着距离的增加递减)和区域的经济水平影响; $Pat_{t-1}$ 的直接效应系数为负并显著,说明区域创新的基础越好,其创新能力提升的速度越慢,即 $Pat_{t-1}$ 对区域创新能力提升的边际影响为负,这主要是由于创新能力越强,其创新水平、管理水平和创新生产要素等越处于领先地位,导致可引进的新技术与新管理方法减少。同时新技术和新管理方法的创新又需要较长时间,从而减缓了创新能力强区域的创新能力提升速度。这也说明区域创新能力的提升具有收敛性质; $Pat_{t-1}$ 的间接效应为正并显著,说明上一年度地理相邻且经济发展水平较强区域创新能力越强,本区域创新能力的提升速度越快,这主要是因为地理距离近,运输成本低,本区域可以更快地察觉并引进新技术,也可以更快捷地与创新能力强的相邻区域进行新技术的交流与沟通,通过扩散效应加快区域创新能力的提升速度; $Pat_{t-1}$ 的总效应为负,但是没有通过显著性检验,说明从整体上看,区域创新能力并未对创新能力提升速度产生显著影响。

$Inf_t$ 和 $Hu_t$ 的系数为正并显著,说明交通基础设施和人力资本对区域创新能力具有积极作用; $Inf_t$ 和 $Hu_t$ 的直接效应系数、间接效应系数以及总效应系数虽然都为正但均未通过显著性检验,说明两因素对本区域以及相邻区域的创新能力提升速度并无显著影响; $Inf_{t-1}$ 和 $Hu_{t-1}$ 的系数均为正并显著,说明交通基础设施和人力资本对区域创新能力的影响具有动态特征; $Inf_{t-1}$ 和 $Hu_{t-1}$ 的直接效应、间接效应以及总效应均未通过显著性检验,说明上一年度交通基础设施与人力资本的存量水平并不是影响本年度区域创新能力提升速度的重要因素; $WInf_t$ 的系数为正并显著,说明在中国,交通基础设施的网络特性通过降低交易成本主要导致了创新要素的双向流动,创新要素跨区域的双向流动最终导致创新能力的跨区域正溢出,即空间正溢出。交通基础设施对区域创新能力的空间溢出主要表现为扩散效

表2 不同模型比较结果

空间权重矩阵	模型选择	$\sigma^2$	极大似然函数
$w_{ij}^{gdp}$	空间一阶差分	0.018 7	300.813 7
$w_{ij}^{gdpei}$	截面固定	0.022 9	-120.643 7
$w_{ij}^{gdp\psi}$ , $\psi=-2$	时间和截面双固定	0.022 8	274.450 0
$w_{ij}^{gdp\psi}$ , $\psi=-1.7$	截面固定	0.022 4	286.431 2
$w_{ij}^{gdp\psi}$ , $\psi=-1.5$	时间和截面双固定	0.022 3	-342.338 3
$w_{ij}^{gdp\psi}$ , $\psi=-1.25$	截面固定	0.022 2	291.037 7
$w_{ij}^{gdp\psi}$ , $\psi=-1$	时间和截面双固定	0.022 1	-409.439 0
$w_{ij}^{gdp\psi}$ , $\theta=-0.01$	截面固定	0.022 0	294.431 1
$w_{ij}^{gdp\psi}$ , $\theta=-0.02$	时间和截面双固定	0.021 9	-457.917 8
$w_{ij}^{gdp\psi}$ , $\theta=-0.03$	截面固定	0.021 7	298.717 5
$w_{ij}^{gdp\psi}$ , $\theta=-0.04$	时间和截面双固定	0.021 6	-552.534 4
$w_{ij}^{gdp\psi}$ , $\theta=-0.05$	截面固定	0.025 0	256.777 1
	时间和截面双固定	0.025 0	35.700 3
	空间一阶差分	0.025 3	70.370 1
	截面固定	0.024 7	258.236 4
	时间和截面双固定	0.024 7	55.157 8
	截面固定	0.025 4	251.576 7
	时间和截面双固定	0.025 3	89.076 4
	截面固定	0.025 4	251.727 7
	时间和截面双固定	0.025 3	90.916 9
	截面固定	0.025 1	251.775 9
	时间和截面双固定	0.025 3	87.570 9

注:使用MALAB 8.3计算。

表3 动态空间杜宾面板模型结果( $w_{ij}^{gdp\psi}$ ,  $\psi=-1.25$ )

变量	时间截面双固定	直接效应	间接效应	总效应
$Pat_{t-1}$	0.938 6 (38.405 6)	-0.984 2 (-6.933 8)	0.970 5 (6.363 1)	-0.013 7 (-0.393 6)
$WPat_t$	0.659 4 (14.928 4)			
$WPat_{t-1}$	-0.642 5 (-12.567 8)			
$Inf_t$	0.0297 0 ( 2.060 7)	0.046 4 (0.964 6)	0.000 8 (0.230 6)	0.047 2 (0.946 1)
$Inf_{t-1}$	0.011 6 (1.897 0)	-0.000 9 (-0.411 1)	-0.000 2 (0.006 8)	-0.000 9 (-0.392 4)
$Hu_t$	0.568 1 (1.876 8)	-0.238 0 (-0.710 8)	-0.004 1 (-0.143 7)	-0.242 1 (-0.693 2)
$Hu_{t-1}$	0.126 0 (1.965 5)	0.338 1 (0.449 7)	0.005 8 (0.127 0)	0.343 8 (0.448 1)
FDI	0.023 0 (1.813 7)	0.032 0 (0.364 6)	0.000 5 (0.248 6)	0.032 5 (0.385 5)
R&T <sub>t</sub>	0.010 7 (2.068 4)	0.050 1 (0.607 0)	0.000 9 (0.196 3)	0.050 9 (0.599 4)
$WHu_t$	-0.061 9 (-1.920 1)			
$WInf_t$	0.819 6 (1.861 6)			

注:使用MATLAB 8.30计算,括号内为T统计量。

导致了创新要素的双向流动,创新要素跨区域的双向流动最终导致创新能力的跨区域正溢出,即空间正溢出。交通基础设施对区域创新能力的空间溢出主要表现为扩散效

应。同时,也可以看出,交通基础设施对区域创新能力的扩散效应不仅与地理邻近相关,还与经济发展水平相关,经济发展水平相似的两个区域即使地理相邻,交通基础设施也很难对创新能力产生空间溢出;WHu的系数为负并显著,说明在中国,作为“隐性知识”重要载体的人力资本,其跨区域流动主要表现为单向频繁流动,导致“隐性知识”跨区域单向溢出,而“隐性知识”的跨区域单向溢出导致了创新能力的跨区域负溢出,即空间负溢出。人力资本对区域创新能力的空间溢出主要表现为集聚效应。同时,也可以看出,人力资本对区域创新能力的集聚效应不仅与地理邻近相关,还与经济发展水平相关,经济发展水平相似的两个区域即使地理相邻,人力资本也很难对区域创新能力产生溢出。即人力资本总是向邻近的比自身区域经济发展水平高的区域流动。

控制变量中R&T<sub>t</sub>系数为0.023,FDI<sub>t</sub>系数为0.011,T统计量分别为1.81和2.06,这和大部分文献结果相同,不赘述。同时FDI<sub>t</sub>和R&T<sub>t</sub>的直接效应、间接效应以及总效应分别为0.032、0.001、0.032和0.050、0.001、0.051,并且均不显著。

为了检验模型的稳健性,本文也使用地理相邻空间矩阵估计了中国区域创新能力动态空间杜宾面板模型,即方程(1),地理相邻空间权重矩阵为

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{如果区域 } i \text{ 和 } j \text{ 相邻} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (5)$$

对地理相邻空间权重矩阵进行行标准化后,使用其对方程(1)进行估计,结果如下:(1)区域创新能力本身在时间、空间以及时空上具有显著溢出效应;本区域上一年度创新能力对本年度创新能力具有重要的正面影响。其他区域本年度创新能力对本区域创新能力具有重要的正面影响。上一年度其他区域创新能力对本区域本年度创新能力具有重要的负面影响;(2)与新经济增长理论相同,交通基础设施和人力资本是影响区域创新能力的重要因素。同时,上述两因素也对区域创新能力的空间溢出产生了重要影响。但两个因素对区域创新能力空间溢出的影响不同:交通基础设施对区域创新能力主要表现为扩散效应,人力资本则主要表现为集聚效应。与使用 $w_{ij}^{gdp \Psi}$ ( $\Psi=-1.25$ )空间权重矩阵得出的结果稍有不同的是系数的大小,核心变量交通基础设施和人力资本空间滞后项的系数均小于由 $w_{ij}^{gdp \Psi}$ ( $\Psi=-1.25$ )空间权重矩阵得出的结果,这表明上述两因素对区域创新能力空间溢出效应的大小虽然与地理距离相关,但是准确而言它们对区域创新能力空间溢出效应的大小随着距离的增加而减少,同时,它们对区域创新能力空间溢出效应的大小不仅仅与地理距离相关,还与相关区域经济发展水平相关:相似经济发展水平的区域交通基础设施与人力资本区域创新能力的空间溢出效应越大,反之越小。对本区域创新能力都具有积极作用,同时对区域创新能力也具有时间上的溢出效应,但是对本区域和其他区域创新能力提升的速度并没有显著性影响;(3)交通基础设施与人力资本均对区域创新能力产生了显著的空间溢出效应,但是交通基础设施对区域创新能力主要发挥扩散作用,而人力资本则主要发挥集聚作用。上述结果与使用 $w_{ij}^{gdp \Psi}$ ( $\Psi=-1.25$ )空间权重矩阵得出的结果基本相同。

## 五、结论及建议

为了避免由时间、空间以及时空滞后引起的内生问题,将时间因素引入空间杜宾面板模型,首次在考虑了交通基础设施与人力资本对区域创新能力的时空累积特征以及区域创新能力自身发展具有的时间累积特征前提下,使用中国1995—2015年面板数据,运用动态空间杜宾面板模型实证检验了上述两因素对区域创新能力的空间溢出效应;同时,为了保证结果的一致性和渐进性,使用误差修正准极大似然估计方法对中国区域创新能力的动态空间杜宾面板模型进行估计。另外,为了探讨交通基础设施与人力资本对区域创新能力的空间溢出机制,本文构建了3种不同类型的空间权重矩阵。结果显示:(1)区域创新能力本身在时间、空间以及时空上具有显著溢出效应。在时间上,区域创新能力具有正的累积特征,即具有正溢出效应。在空间上,区域创新能力也具有正的累积特征,即正溢出效应。在时空上,区域创新能力具有负的累积特征,即负溢出效应;(2)交通基础设施与人力资本均对区域创新能力产生了显著空间溢出效应,交通基础设施和人力资本对区域创新能力分别发挥扩散作用和集聚作用;(3)交通基础设施与人力资本对本区域创新能力具有显著积极作用,同时对区域创新能力具有时间累积效应;(4)交通基础设施与人力资本对区域创新能力提升

的速度没有显著影响;(5)交通基础设施和人力资本对区域创新能力空间溢出效应的大小一方面随着距离的增加而减少,另一方面也与相关区域经济发展水平相关;相似经济发展水平的区域交通基础设施与人力资本区域创新能力的空间溢出效应越大,反之越小。

从结论来看,交通基础设施对区域创新能力主要起扩散作用,人力资本对区域创新能力则主要起集聚作用。因此,地方政府应该重视对交通基础设施和人力资本的投资:(1)东部地区政府应积极扩展交通基础设施网络,向中西部地区辐射,从而带动中西部地区的经济发展,同时,东部地区也应该加大对人力资本的培养;(2)中西部地区也要加大对交通基础网络和人力资本的投资,加大对跨省交通基础设施网络的建设,同时将培养高端人才、引进人才作为长期的政策执行。

#### 参考文献:

- [1] BARRO R J. Government spending in a simple model of endogenous growth[J]. *Journal of Political Economy*, 1990(5):103-125.
- [2] LUCAS R E. On the mechanics of economic development[J]. *Journal of Monetary Economics*, 1988, 22(1):3-42.
- [3] ROMER P. Why, indeed, in america? theory, history and the origins of modern economic growth[J]. *American Economic Review*, 1996(2):202-206.
- [4] 何舜辉, 杜德斌, 焦美琪, 等. 中国地级以上城市创新能力的时空格局演变及影响因素分析[J]. *地理科学*, 2017, 37(7):1014-1022.
- [5] 周柯, 唐娟莉. 我国省际创新驱动发展能力测度及影响因素分析[J]. *经济管理*, 2016(7):24-34.
- [6] 马明. 网络基础设施对区域创新能力影响的实证检验[J]. *统计与决策*, 2015(3):98-101.
- [7] 武晓静, 杜德斌, 肖刚, 管明明. 长江经济带城市创新能力差异的时空格局演变[J]. *长江流域资源与环境*, 2017(4):490-499.
- [8] KRUGMAN P. Increasing returns and economic geography[J]. *Journal of Political Geography*, 1991(99):183-199.
- [9] BOARNET M G. Spillovers and the locational effects of public infrastructure[J]. *Journal of Regional Science*, 1998(38):381-400.
- [10] CANTOS P, GUMBAU-ALBERT M, MAUDOS J. Transport infrastructures, spillovers effects and regional growth: evidence of the spanish case[J]. *Transport Reviews*, 2005(25):25-50.
- [11] COHEN J P, MORRISON PAUL C J. Public infrastructure investment, interstate spatial spillovers, and manufacturing costs[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2004(2):551-560.
- [12] BRONZINT R, PISELLI P. Determinants of long-run regional productivity with geographical spillovers: the role of R&D, human capital and public infrastructure [J]. *Regional Science and Urban Economics*, 2009(2):187-199.
- [13] 刘秉廉, 武鹏, 刘玉海. 交通基础设施与中国全要素生产率增长——基于省域数据的空间面板计量分析[J]. *中国工业经济*, 2010(3):54-64.
- [14] 刘志红, 王利辉. 交通基础设施的区域经济效应与影响机制研究——来自郑西高铁沿线的证据[J]. *经济科学* 2017(2):32-46.
- [15] POLANYI M. *Personal Knowledge*[M]. Chicago: the University of Chicago Press, 1958.
- [16] ALMEIDA P, KOGUT B. Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks[J]. *Management Science*, 1999(45):905-916.
- [17] BLOMSTROM M, KOKKO A. Host country competition, labour skills, and technology transfer by multinationals[J]. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 1994(128):522-533.
- [18] FUNKE M, NIEBUHR A. Regional geographic research and development spillovers and economic growth[J]. *Regional Studies*, 2005(39):143-153.
- [19] MANFRED M, FISCHER. A spatially augmented mankiw-romer-weil model: theory and evidence[J]. *The Annals of Regional Science*, 2011(10):419-436.
- [20] 肖志勇. 人力资本、空间溢出与经济增长——基于空间面板数据模型的经验分析[J]. *财经科学*, 2010(3):61-68.
- [21] 高远东, 花拥军. 人力资本空间效应与区域经济增长[J]. *地理研究*, 2012(4):711-71..
- [22] 杨凡, 杜德斌, 林晓. 中国省域创新产出的空间格局与空间溢出效应研究[J]. *软科学*, 2016, 30(10):6-30.
- [23] 张建伟, 窦攀烽, 张永凯, 苗长虹. 江苏省县域创新产出的空间计量经济分析[J]. *干旱区地理*, 2017, 40(1):222-229.
- [24] 梁双陆, 梁巧玲. 交通基础设施的产业创新效应研究——基于中国省域空间面板模型的分析[J]. *山西财经大学学报*, 2016, 38(7):60-72.
- [25] 李婧, 何宜丽. 基于空间相关视角的知识溢出对区域创新绩效的影响研究——以省际数据为样本[J]. *研究与发展管理*, 2017, 29(1):42-54.

- [26] 马大来,陈仲常,王玲. 中国区域创新效率的收敛性研究:基于空间经济学视角[J]. 管理工程学报,2017,31(1):71-78.
- [27] ROMER,P. Endogenous technological change[J]. Journal of Political Economy,1990,98(5):71-102.
- [28] YU J,DE JONG R,LEE L.Quasi-maximum likelihood estimators for spatial dynamic panel data with fixed effects when both  $n$  and  $T$  are large[J]. Journal of Econometrics,2008(1):118-134.
- [29] LEE L,YU J. A spatial dynamic panel data model with both time and individual fixed effects[J]. Econometric Theory,2010(2):564-597.
- [30] LESAGE J,PACE R K P.Introduction to spatial econometrics[M]. Boca Raton:CRC Press,2002.
- [31] ELHORST P,ZANDBERG E,DE HAAN J. The impact of interaction effects among neighboring countries on financial liberalization and reform;a dynamic spatial panel data approach[J]. Spatial Economic Analysis,2013(3):293-313.
- [32] DEMURGER S.Infrastructure and economic growth;an explanation for regional disparities in China? [J]. Journal of Comparative Economics,2001(29):95-117.
- [33] 刘生龙,胡鞍钢. 基础设施的外部性在中国的检验:1988—2007[J]. 经济研究,2010(3):4-15.
- [34] CHEUNG K Y,LIN P.Spillover effects of FDI on innovation in China:evidence from the provincial data[J]. China Economic Review,2004(15):25-44.
- [35] 林光平,龙志和,吴梅. 中国地区经济收敛的空间计量实证分析[J]. 数量经济技术经济研究,2006(4):14-21.
- [36] YU Y. CHINA\_SPATDWM;Stata module to provide spatial distances for Chinese provinces and cities[EB/OL].(2009-12-22) [2016-12-20]. <http://ideas.repec.org/c/boc/bocode/st57059.html>.

## An Empirical Study on the Influence of Transportation Infrastructure and Human Capital on Regional Innovation Capability

MA Ming<sup>1</sup>, XUE Xiaoda<sup>2</sup>, ZHAO Guohao<sup>3</sup>

(1.School of Economics, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan Shanxi 030006, China;

2.School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100083, China;

3.Center of Resource Economics Innovation, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan Shanxi 030006, China)

**Abstract:** Using panel data from 30 provinces in China over the period 1995—2015, introducing the time factor into the spatial panel model, a dynamic spatial Dubin model with a different spatial weight matrix was built based on the bias corrected QML estimator method to examine the spatial spillover effects of infrastructure and human capital on regional innovation capability. The results show: (1)the traffic infrastructure and human capital in different spatial weight matrixes have significant spillover effects on regional innovation ability: the transportation infrastructure has a diffusion effect, while human capital an agglomeration effect; (2)the spatial spillover effects of infrastructure and human capital on regional innovation capability are subject to geographical distance and economic development level; (3)the effects of traffic infrastructure and human capital on regional innovation capability are variable; (4)the traffic infrastructure and human capital have no significant impact on regional innovation speed.

**Key words:** transportation infrastructure; human capital; regional innovation capability; dynamic spatial Dubin panel model

[责任编辑:宋宏]