

高校科技创新、空间溢出与区域经济发展

王少鹏¹, 苗欣茹², 席增雷³

(1. 河北大学 管理学院, 河北 保定 071002; 2. 南京农业大学 经济管理学院, 南京 210095;

3. 河北大学 经济学院, 河北 保定 071002)

摘要:本文搜集整理了2008—2017年31个省(市、自治区)(因数据缺失,不包括港澳台地区)高校科技创新能力及区域经济发展的空间面板数据,在评价各省域高校科技创新能力基础上运用ArcGIS探寻两者的空间分布特征。利用空间面板模型对高校科技创新能力对区域经济发展的影响进行参数估计;选取时点固定效应的空间杜宾模型将各变量对经济发展的空间溢出效应进行分解。研究结果表明:一是高校科技创新能力和区域经济发展在地理空间上的集聚特征更加集中;二是解释变量高校科技创新能力和各控制变量的提高对区域经济发展水平有显著正向影响;三是空间效应分解后,按直接、间接和总效应的作用方向、数值大小和是否通过显著性水平检验,结果可分为三类。

关键词:高校科技创新;区域经济增长;空间溢出效应;空间面板模型

中图分类号:F129.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2021)04—0049—09

一、引言

高校科技创新活动与区域经济发展的关系是区域经济研究的重要内容之一。在知识经济的大背景下,高校科技创新能力发挥着引领社会创新的作用,是区域经济发展的重要驱动力。当前各省(市、自治区)高校科技创新能力及经济发展取得长足进步,但从空间分布来看,各省域范围内高校科技创新能力与经济发展水平的不均衡现象仍然突出,二者在空间分布上有何规律?各高校科技创新能力对区域经济发展是否存在空间效应及作用方向、大小如何?这是一组有现实意义的问题,值得深入探究。

国外对于高校科技创新活动及其空间溢出效应对经济发展的影响已有深入研究,梳理总结如下:首先,高校科技创新能力主要由投入、产出和成果转化三方面组成。高校科研经费和科研人员数量对高校整体科研能力的影响最为关键(Bolli et al, 2018),而高水平研究人员数量比科研经费因素更能影响高校科研能力(Sergio et al, 2016),高校科技创新产出和成果转化则直接决定高校科技创新的效率高低,其衡量标准主要有学术专著出版数量、专利数及相关成果转化为产品和服务的比例等(Meyer et al, 2006)。其次,高校科技创新能力区域差异也分别对应来自于投入、产出和成果转化的不同。基于对高校科研资助环境的研究,发现高校科研实力的强弱与经费的多寡关系密切(Shin et al, 2015; Abramo et al, 2013);此外,更重要的是吸引顶尖人才而带来的高水平研究成果多,转化为经济成果的比例高,这大大促进了高校和全社会的科技创新水平,美国高校就是其典型代表(Bolli et al, 2011)。最后,高校科技创新空间溢出效应的研究。通过运用新经济地理学的相关知识分析发现区域间高校科技创新空间溢出效应会随着地理空间距离的缩小而不断增强,同时当空间溢出效应对高校科技创新的空间集聚产生影响时,可以将其细化为外部溢出与内部溢出,作用于本区域和邻近区域高校科技创新活动(Rodríguez-Pose et al, 2008; Youtie et al, 2008)。

国内学者基于高校科技创新的构成要素,在对高校科技创新能力进行量化和评价分析的基础上,深入研究高校科技创新的空间溢出效应。首先,投入和产出构成要素。通过借鉴发达国家高校科技创新评价机制并结合我国实际情况,学界形成比较一致的观点认为国内高校科技创新投入包括科研人才、科研资金和科研项目等的数量;在研究中将高校科技创新产出包括论文发表、论文成果质量和科技咨询服务等方面(石晓军等, 2006; 吴杨等, 2011);虽然高校的科技成果转化效率评价则视角众多、方法各异,但最终目标都是为估计

收稿日期:2019—10—31

基金项目:河北省教育厅重大课题攻关项目“京津冀高校创新链与区域产业链对接思路研究”(ZD201914)

作者简介:王少鹏,河北大学管理学院硕士研究生,研究方向:财政理论与政策、资金绩效评价;(通讯作者)苗欣茹,南京农业大学博士研究生,研究方向:科技创新与区域发展;席增雷,博士,河北大学经济学院教授,研究方向:教育资源优化、区域发展与区域管理。

高校科技成果转化的影响因素,并实证分析了最大可能的理论产出与实际进行差异对比分析,以实际了解投入产出效率(姚思宇和何海燕,2017)。其次,高校科技创新的空间特征分布和空间效应的溢出作用。国内对这一方面的研究主要包括3个方面:其一,高校科技创新空间特征的研究及方法。利用诸如 ArcGIS 核密度估计、探索性数据分析(ESDA)等方法探究高校科技创新的形成格局和影响高校科技创新时空格局异质性分布的因素主要包括投入、产出、转化等方面(汪凡等,2011;焦敬娟等,2017)。其二,高校空间协同创新能力评价及指数测算。在总结高校科技创新时空格局异质性分布的主要因素后,加入合作、支撑等指标构建完善、科学的高校协同创新能力评价体系,运用数学方法对高校的协同创新能力进行量化,更加直观地分析了高校科技创新的空间分布差异(王美霞,2018)。其三,高校科技创新空间溢出效应与经济增长或产业发展的关系研究。通过整理省域面板数据的基础上建立计量经济模型,得出高校科技创新能力确实能促进经济发展或高新技术产业结构优化的结论(彭新一和王春梅,2018;郭泉恩和孙斌栋,2017)。

目前,国内外学者已经在高校科技创新能力评价、高校科技创新与经济发展的关系研究方面取得丰硕成果,但在对高校科技创新能力空间特征、差异及其对经济发展的空间溢出作用方面分析不足。在研究方法上,不乏使用复杂的分析工具如空间计量模型,但较少对高校科技创新能力影响区域经济发展的空间效应进行分解。鉴于此,本文采用 ArcGIS 的自然断点法对高校科技创新能力及区域经济发展进行时空演化分析,运用空间杜宾模型(SDM)探究高校科技创新能力对经济发展作用的空间效应,在引入控制变量的同时,对各变量的空间效应进行分解,深入探讨各变量对经济发展的空间溢出效应。

二、指标建立、模型设定与数据说明

评价指标体系的建立是测算高校科技创新能力的前提和基础。本文遵循系统性、全面性、客观性、可操作性原则,科学合理地选取指标,以构建31个省域(因数据缺失,不包括港澳台地区)范围内高校的科技创新能力综合评价体系,借鉴运用变异系数法赋予各指标权重,进而采用加权 TOPSIS 法对高校的科技创新能力进行测度(查奇芬等,2009)。

(一)科技创新评价指标的建立与测算

1. 指标体系建立

结合已有理论、研究成果和本文实际需要,采用频率统计法对评价指标进行设置和筛选。首先,对已有高校科技创新评价研究的著作、报告和论文进行指标统计,从中选取出现次数较多的指标。其次,在频率统计的基础上,结合本文要采用的评价模型对各指标进行准则层和指标层归类,确定将高校科技创新能力分解为投入能力、产出能力、成果的转化能力3个方面。评价指标体系包含1个目标层、3个准则层和16个指标层数据,详见表1。

高校科技创新投入能力作为评价科技创新能力的传统指标,仍是当下科技创新能力测度的主要指标之一。采用研究与开发人员数、R&D 成果应用及科技服务人员数、研究与发展项目数、发展机构数、研究与发展投入总额和科研事业费投入额等来反映。

高校科技创新产出能力与投入能力是“一体两面”的关系,同样也是衡量科技创新水平的主要标准。具体采用专利申请数、专利授权数、发表学术论文数、出版科技著作数、科技进步奖励数和国家级项目验收数等指标进行评价。

高校科技创新成果转化能力是科技创新投入、产出的效果评价,是反映高校科技创新的重要指标之一,也是社会经济发展的不竭动力。可从专利出售数、专利出售金额、其他知识产权数和国际合作交流派遣人数四方面来衡量。

2. 高校科技创新指数

在构建评价指标体系对高校科技创新能力进行评价的基础上,通过变异系数法赋权,进而使用

表1 高校科技创新评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标单位
中国 高校 科技 创新 能力	高校科技创新投入	研究与开发人员数	人
		R&D 成果应用及科技服务人员数	人
		研究与发展项目数	项
		发展机构数	个
		研究与发展投入总额	千元
		科研事业费投入额	千元
	高校科技创新产出	专利申请数	项
		专利授权数	项
		发表学术论文数	篇
		出版科技著作数	部
		科技进步奖励数	项
		国家级项目验收数	项
	高校科技创新成果转化	专利出售数	项
		专利出售金额	千元
		其他知识产权数	项
		国际合作交流派遣人数	人次

TOPSIS方法计算各省(市、自治区)高校科技创新能力指数。步骤及公式如下。

(1)计算指标权重:

$$w_i = \frac{V_{ij}}{\sum_{i=1}^n V_{ij}} \quad (1)$$

其中: V_{ij} 表示*i*省(市、自治区)高校科技创新能力三级指标的观测值, $i=1, 2, \dots, 31$; j 表示指标层中第*j*个三级评价指标, $j=1, 2, \dots, n, n=16$ 。

(2)计算各省(市、自治区)加权高校科技创新指数与最优、最劣加权高校科技创新指数的欧式距离:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^+)^2} \quad (2)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad (3)$$

其中: $y_{ij} = w_i V_{ij}$; $i=1, 2, \dots, 31$; $j=1, 2, \dots, 16$; $y_i^+ = \max_{1 \leq j \leq n} y_{ij}$ 和 $y_i^- = \min_{1 \leq j \leq n} y_{ij}$ 分别表示*i*省域最优和最劣科技创新评价指标观测值。

(3)确定各省(市、自治区)高校科技创新能力指数:

$$L_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (4)$$

其中: $i=1, 2, \dots, 31$; L_i 表示*i*省(市、自治区)高校科技创新指数值,取值介于0和1; L_i 值越大,即越趋近于1,表示该区域高校科技创新能力越强,当 $L_i=1$ 时,表示该区域高校科技创新能力评价指标达到相对最优水平。

(二)变量选取与空间计量模型设定

为探究各省域高校科技创新能力与区域经济发展之间存在的空间关联性,分析省域高校科技创新能力对区域经济发展的空间效应,以空间自回归模型(SAR)结果作为对比,构建空间杜宾模型(SDM)来分析作用效果。被解释变量为各省(市、自治区)人均GDP(*PER*),核心解释变量为相应区域高校的科技创新能力指数值(*tech*),其由式(1)计算所得。

为防止非实验变量控制不当可能带来的内生性偏误,而无法得到被解释变量人均GDP(*PER*)和核心解释变量高校的科技创新能力指数值(*tech*)之间真实的因果关系,本文增加4个控制变量,即固定资产投资(*invest*)用全社会实际固定资产投资额来表示;对外开放度(*foreign*)用实际利用外商直接投资来表示;基础设施水平(*peinfrastr*)用人均公路线路里程表示;人力资本(*pelabor*)用人均城镇就业人口数表示。由于各指标之间的非线性作用关系,将各变量进行对数化处理,以减少异方差对面板数据的影响。

空间杜宾模型(SDM)是一个通过加入空间滞后变量而增强了的空间自回归模型(SAR),它综合了自变量和被解释变量的空间相关性,不仅能测算核心解释变量和控制变量对本地区经济发展的影响,还可测算各变量对邻近地区的影响。公式如式(5)所示:

$$\begin{aligned} \ln PER_{it} = & \beta_0 + \rho D_{ij} \ln PER_{it} + \beta_1 \ln tech_{it} + \beta_2 \ln invest_{it} + \beta_3 \ln foreign_{it} + \beta_4 \ln peinfrastr_{it} + \\ & \beta_5 \ln pelabor_{it} + \gamma_1 D_{ij} tech_{it} + \gamma_2 D_{ij} \ln invest_{it} + \gamma_3 D_{ij} \ln foreign_{it} + \gamma_4 D_{ij} \ln peinfrastr_{it} + \\ & \gamma_5 D_{ij} \ln pelabor_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

其中:解释变量 $\ln PER_{it}$ 表示*i*省(市、自治区)人均GDP(*PER*)的对数形式, $i=1, 2, \dots, 31$; t 表示样本时间序列, $t=2008, 2009, \dots, 2017$ 。序列 ρ 为空间回归系数; D_{ij} 表示*i*省(市、自治区)基于地理距离,与*j*省(市、自治区)的空间权重数值, $i, j=1, 2, \dots, 31$,即具体含义为*i*省(市、自治区)与*j*省(市、自治区)间的地理距离越近,相互之间的相关性就越强,随着地理距离的扩大,其相关性会逐步减弱。区域*i*与区域*j*的距离满足:当 $i \neq j$ 时, $D_{ij} = 1/d_{ij}$;当 $i=j$ 时, $D_{ij} = 0$, d_{ij} 表示基于不同省(市、自治区)所在的经纬度数据计算而得的球面距离; $D_{ij} \ln PER_{it}$ 表示空间滞后的区域经济发展。同理, D_{ij} 与其他解释变量的对数的积,也表示为该变量的空间滞后形式; β_i 为各变量对区域经济产生的影响系数; γ_i 表示空间滞后变量的系数; ε_{it} 表示随机误差项。

(三)数据来源

以各省(市、自治区)高校科技创新能力为评价对象的指标体系涉及16个指标层数据,其主要来源包括2008—2017年教育部科学技术司编写的《高等学校科技统计资料汇编》中的科技人力、科技机构、科技经费、

科技项目、科技成果及技术转让、国际科技交流6大类统计数据,以及《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》和《中国城市统计年鉴》及各地区政府部门工作文件、公报等资料。相关经济发展数据收集整理自《中国统计年鉴》。通过对原始数据分类,并进行无量纲化处理,以消除原始单位不一致及数量级的影响,从而避免对评价结果的造成系统性误差。

三、高校科技创新、区域经济发展的空间关联性

为了检验各省域高校科技创新能力指数、区域经济发展及二者关系是否适合采用空间计量模型进行参数估计,参考已有文献,采用 Moran's I 和散点图来分别检验是否存在全局和局部空间自相关性,即空间自相关性检验。

(一)全局空间自相关性

通过 Moran's I 指数测算高校科技创新能力及区域经济发展的空间单元属性值聚集程度,即全局空间自相关性检验。该指数值介于-1~1,小于零表示负相关,等于零表示不相关,大于零表示正相关。当该数值越接近于1时,表示高校科技创新能力或各区域经济发展关系越密切、性质越相似,都为高值集聚或低值集聚,即高校科技创新能力都强或都弱,各区域经济发展都快或都慢;反之亦然。计算公式如式(6)所示:

$$\text{Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n D_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n D_{ij}} \quad (6)$$

其中: n 表示行政区划数量($n=1,2,\dots,31$); x_i 和 x_j 分别表示 i 地区和 j 地区高校科技创新能力和区域经济发展的测算值; $\bar{x}$ 表示均值; S^2 表示样本方差; D_{ij} 表示空间权重,构造标准化的检验统计量 Z 检验全局空间自相关系数的显著性。通过式(6)计算得到高校科技创新指数值及区域经济增长的全局 Moran's I 值,检验结果见表2。

从表2可以看出,2008—2017年的高校科技创新($tech$)及经济发展水平 GDP(PER)的 Moran's I 指数值全部为正。除2017年仅通过5%的显著性检验外,其余各年份均通过了1%的显著性检验。这说明各省域的高校科技创新能力及经济发展水平存在着显著的空间相关性,即高校科技创新活动及区域经济活动并不是处于完全的随机状态,而是受到与之距离不同的临近地区的影响。

各省域范围内高校科技创新及经济发展水平的 Moran's I 指数的关系演变趋势如图1所示。2008—2017年区域经济发展水平 Moran's I 指数先升后降,即2008—2011年逐年上升,于2011年达到最大值0.1635,2012—2017年逐渐下降,于2017年达到10年中的最小值0.0994。高校科技创新 Moran's I 指数整体较为平稳,除2010年和2011年出现较大数值外,其他年份数值相差不大,数值在0.1附近微小波动。

表2 高校科技创新能力与区域经济发展的全局 Moran's I

$tech$			PER		
年份	Moran's I	Z	年份	Moran's I	Z
2008	0.1025***	2.6728	2008	0.1404***	3.5339
2009	0.1079***	2.7663	2009	0.1467***	3.6530
2010	0.1141***	2.9320	2010	0.1547***	3.8170
2011	0.1151***	2.9584	2011	0.1635***	3.9968
2012	0.0975***	2.6223	2012	0.1613***	3.9418
2013	0.0983***	2.6529	2013	0.1501***	3.7006
2014	0.1015***	2.7559	2014	0.1399***	3.4846
2015	0.1044***	2.7642	2015	0.1268***	3.2138
2016	0.1007***	2.7206	2016	0.0984***	2.6980
2017	0.0994**	2.7282	2017	0.0914**	2.5492

注:***、**、*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下通过检验。

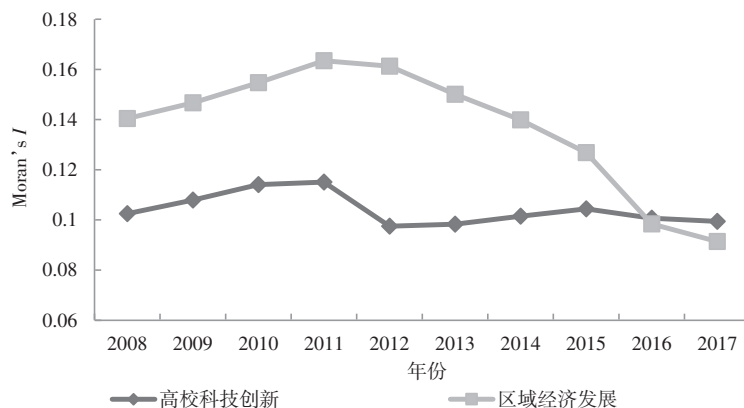


图1 高校科技创新及区域经济发展的 Moran's I 值的趋势关系

(二)局部空间自相关性

由于高校科技创新能力及区域经济发展的 Moran's I 数值只能显示该变量在整体区域存在空间集聚或空间异质性,并不能呈现其在本区域及邻近区域具体的空间特征,为进一步衡量局部高校科技创新及区域经济发展水平的空间集聚或差异,本文运用 2008 年和 2017 年的 Moran 散点图进行局部空间自相关分析。

1. 高校科技创新能力的局部空间自相关

从图 2 可以看出,2017 年与 2008 年相比,高校科技创新空间集聚特征更加明显,向第一和第二象限集中分布。2008 年该指数位于第一象限(HH,即高高聚集)的高校集中分布在东部省(市、自治区)和西部地区的陕西、湖北、四川和重庆,反映出这些省(市、自治区)范围内高校的科技创新活动呈空间正相关,且临近省(市、自治区)范围内高校的科技创新能力都较强。至 2017 年该类型省域数增加,分布更为密集,如福建由低指数区域上升为高指数区域,并原处第二象限(LH,即低高聚集),即低指数地区由高指数地区包围,过渡到和高指数地区集中分布,空间联系也变为正相关。上述区域作为我国高等教育发展水平领先的聚集区,其高校科技创新能力强,且创新活动表现出正向空间效应。与此相反,2008 年该指数位于第二象限(LH,即低高聚集)的高校主要分布在除陕西、湖北、四川和重庆外的中西部省区,表示低指数地区由高指数地区包围,即低高校科技创新指数的省区与临近高指数的省(市、自治区)产生空间上的“磁吸效应”,反映出这些省(市、自治区)范围内高校的科技创新活动的外部性呈空间负相关。

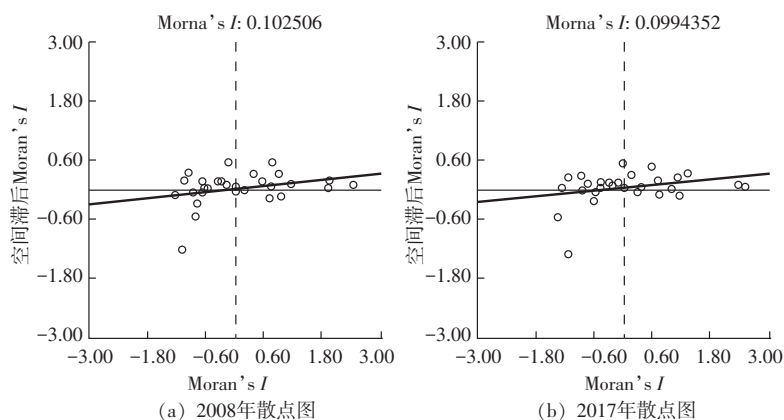


图 2 2008 年和 2017 年高校科技创新能力散点图

2. 区域经济发展的局部空间自相关

结合图 3 看出,2017 年区域经济发展水平的空间集聚特征与 2008 年相比,第一象限(HH,低高聚集)、第二象限(LH,低高聚集)的单元数量明显增多,表明区域经济发展在地理空间上的集聚特征增强。从数量来看居于第二象限的省域最多,表示 31 个省(市、自治区)区域经济发展低的区域被发展水平高的省(市、自治区)所包围,区域经济发展水平不均衡,但分布更为集中,省域间的经济发展水平差异在缩小。第三象限(LL,低低聚集)的省域数量显著减少,意味着区域经济发展水平低的省域被发展水平低的省域包围的情形已大为改善,主要归因于中西部省区,如河南、四川和成都等省(市、自治区)的经济崛起。

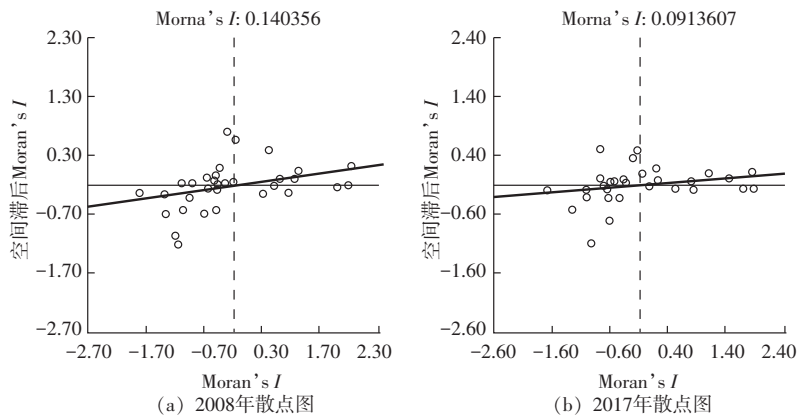


图 3 2008 年和 2017 年区域经济发展散点图

(三)高校科技创新能力及区域经济发展的空间演化特征

选取 2008 年和 2017 年两个典型时间点的各省域内高校科技创新能力指数、区域经济发展数据,利用 ArcGIS 的自然断点法将高校科技创新能力指数值划分为 4 个等级,分别为低度创新、中度创新、较高创新和高度创新;将区域经济发展也划分为 4 个等级,分别为低度增长、中度增长、较高增长和高度增长。

1. 高校科技创新能力的空间演化

由表 3 可知,31 个省(市、自治区)高校科技创新整体呈“极-核”发展形态,高校科技一直处于较高或高度

表3 高校科技创新能力空间演化趋势表

年份	低度创新	中度创新	较高创新	高度创新
2008	山西、内蒙古、江西、福建、贵州、广西、云南、海南、宁夏、甘肃、青海、新疆、西藏	吉林、河北、天津、河南、安徽、湖南	黑龙江、辽宁、山东、陕西、湖北、四川、重庆、浙江、广东	北京、江苏、上海
2017	山西、内蒙古、江西、贵州、广西、云南、海南、宁夏、甘肃、青海、新疆、西藏、重庆	黑龙江、吉林、河北、天津、河南、安徽、湖南、福建	辽宁、山东、陕西、湖北、四川、重庆、浙江、广东	北京、江苏、上海

注：因数据缺失，不包括港澳台地区。

创新的东部省(市、自治区)有北京、江苏、上海、辽宁、山东、浙江、广东；中西部省(市、自治区)有陕西、湖北、四川和重庆。从两个时间点对比看，福建高校科技创新能力发展较快，由低度创新提升为中度创新；相较而言，黑龙江高校科技创新能力出现下降，由较高创新下降为中度创新；其他中西部省份的高校科技创新能力也有小幅度提升。

2. 区域经济发展的空间演化

31个省(市、自治区)区域经济发展水平整体见表4，呈“正态状”分布，大部分省份属于中度或较高增长。对比来看，京津沪始终保持高发展水平；东部地区的浙江、江苏由较高发展水平发展为高度发展水平；中部地区湖北、安徽、江西发展较快，湖北由中度发展水平上升为较高发展水平，安徽、江西由低发展水平上升为中度发展水平；西部地区中，陕西、重庆、四川发展较快，陕西、重庆由中度发展水平上升为较高发展水平，四川由低发展水平上升为中度发展水平。特别地，辽宁发展水平由较高发展水平下降为中度发展水平。

表4 区域经济发展空间演化趋势表

年份	低度增长	中度增长	较高增长	高度增长
2008	安徽、江西、甘肃、四川、贵州、广西、云南、西藏	黑龙江、吉林、河北、海南、山西、陕西、河南、湖北、湖南、重庆、宁夏、青海、新疆	内蒙古、辽宁、山东、江苏、浙江、福建、广东	北京、天津、上海
2017	甘肃、贵州、广西、云南、西藏	黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、河南、安徽、江西、湖南、海南、宁夏、四川、甘肃、新疆	内蒙古、山东、福建、广东、陕西、湖北、重庆	北京、天津、江苏、上海、浙江

注：因数据缺失，不包括港澳台地区。

四、高校科技创新对区域经济发展的空间计量模型的估计与结果

(一) 结果与分析

经过对比分析，由于空间自回归模型(SAR)与空间杜宾模型(SDM)的估计结果基本一致，考虑到空间杜宾模型(SDM)的拟合优度 R^2 和 $\ln L$ 要明显优于空间自回归模型，故本文重点关注空间杜宾模型(SDM)的估计结果，结果见表5。

根据表5的估计结果，被解释变量区域经济发展的空间滞后项系数为0.7178，且在1%的水平上显著，说明以往忽视的各省域范围内高校科技创新能力这一解释变量和固定资产投资等控制变量对经济发展具有明显的区域外部性。整体上，省域高校科技创新能力的空间回归系数(以下简称“回归系数”)为0.1941，且在5%的水平上显著，即当高校科技创新能力提高1%时，会使得区域经济发展水平提高0.1941个百分点，表明高校科技创新在需求方面增加创新投入，供给方面从创新产出、科技成果及转化等驱动本区域经济发展水平提高。经过检验，各控制变量均通过1%的显著性检验，回归系数分别为0.1809、0.0433、0.2633和0.1828。即各控制变量每增加1个百分点会使得区域经济发展水平分别提高0.1809%、0.0433%、0.2633%和0.1828%，均对区域经济增长起到不同程度的促进作用。

(二) 空间效应分解

由于空间杜宾模型同时考虑了自变量(高校科技创新能力)和被解释变量(区域经济发展水平)的空间滞后项，自变量的变化不仅影响本区域经济发展水平，而且也会影响到邻近地区。因此将空间杜宾模型的总效

表5 空间面板计量回归结果

变量	SAR模型	SDM模型
<i>tech</i>	0.2222** (2.45)	0.1941** (2.21)
<i>invest</i>	0.1733** (12.42)	0.1809*** (13.42)
<i>foreign</i>	0.0457*** (4.53)	0.0433*** (4.45)
<i>peinfrastr</i>	0.1898** (4.28)	0.2633*** (5.80)
<i>pelabor</i>	0.1386** (4.84)	0.1828*** (5.94)
D_{it} <i>peinfrastr</i>	—	-0.3476*** (-3.94)
D_{it} <i>pelabor</i>	—	-0.1280 (-2.67)
ρ 或 λ	0.6462** (27.18)	0.7178*** (26.44)
R^2	0.96	0.97
$\ln L$	432.0591	441.8605

注：***、**、*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下通过检验；括号中数字为对应的 t 统计量。

应分解为直接效应和间接效应,以深入研究高校科技创新能力及其他四个控制变量所具有的空间效应大小及作用方向。

分析表6可得,解释变量的空间效应结果显示,各省域范围内高校科技创新能力拉动相应经济发展的直接、间接和总空间效应都通过了5%的显著性检验,数值分别为0.2264、0.4846和0.7110。即当本省域高校科技创新能力提高1%

时,意味着直接拉动本省域经济发展水平提高0.2264%;对邻近地区经济发展水平提升0.4846%;高校科技创新促进区域整体经济发展上升0.7110个百分点,可见高校科技创新活动具有重要的经济促进效应。高校在进行科技创新活动时,事前、事中需要投入大量资金开展项目调研、购买实验设备、吸引科研人才、进行创新实践,这就对本省域经济社会生产活动产生巨大需求,特别是对高新技术行业发展具有基础性支撑作用;而后科技创新活动产生的成果及其转化应用又为本地区乃至全国范围提供了高效的技术和产品,进一步推动了经济良性循环发展。

控制变量的空间效应结果显示:第一,直接效应。固定资产投资、对外开放度、基础设施建设水平和人力资本的直接空间效应均通过1%的显著性检验,其数值分别为0.2086、0.0496、0.2286和0.1819,意为在置信度为1%条件下,这4个控制变量分别提高1%时,直接促进本区域经济发展水平上升0.2086%、0.0496%、0.2286%和0.1819%。第二,间接效应。固定资产投资、对外开放度的空间溢出效应均通过1%的显著性检验,基础设施建设水平通过5%的显著性检验。对应表中结果,在相应置信度水平下,当本省域的固定资产投资、对外开放度和基础设施建设水平提高1%时,促进临近地区经济发展水平上升0.4404%、0.1048%;基础设施建设水平则使得本省域经济发展水平下降0.5666%;而本省域人力资本投入的增加对临近区域则没有明显的空间溢出效应。

通过对控制变量的空间效应结果进行归类分析得出:第一,固定资产投资、对外开放度对经济发展表现出明显的空间效应,是正向的直接效应和间接效应的叠加。固定资产投资增加直接增加了本省域和临近区域的经济社会需求,并经过一系列生产循环促进了相关省域的经济的发展;扩大开放有利于促进经济文化交流,引进先进技术和管理经验,促进资源合理配置,带动本省域和临近地区的经济发展。第二,基础设施建设水平未明显表现出对经济发展的空间效应,主要由于其正直接效应和负间接溢出效应相互削弱,使得总空间效应不显著,一种合理解释是基础设施建设直接促进了本省域经济生产效率的提高,而邻近地区基础设施建设水平的提高使得不同地区的人、财、物的流动更快捷、高效,使得这些资源在经济结构,特别是产业结构相似的不同区域之间竞争加剧,从而临近地区对本省域经济发展产生一定的抑制作用,造成正负两种空间作用影响相互抵消,总效应微弱。第三,人力资本增加也未表现出对经济发展的空间效应,主要在于人力资本投入和规模增加,人才数量和质量的提高具有推动本地区经济发展的直接空间效应,对临近区域没有显著的溢出效应。

(三)稳健性检验

为探讨高校科技创新能力对经济发展影响效果的稳健性,本文通过增加变量、变换模型估计方法及构建动态模型3个方面对模型结果进行稳健性检验,结果见表7。

第一,增加变量。在原有变量的基础上,增加变量(政府财政支出)作为控制变量,并运用SDM模型,对高校科技创新能力与区域经济发展的作用机制进行空间效应检验,结果显示,高校科技创新能力对区域经济发展有促进作用且显著,与表5的参数估计结果基本一致,同时SDM模型的拟合效果最优,这表明研究结果是稳健可靠的。

表6 空间效应分解

变量	直接效应	间接效应	总效应
<i>tech</i>	0.2264 ^{**} (2.18)	0.4846 ^{**} (1.97)	0.7110 ^{**} (2.05)
<i>invest</i>	0.2086 ^{***} (15.54)	0.4404 ^{***} (8.00)	0.6491 ^{***} (10.94)
<i>foreign</i>	0.0496 ^{***} (4.54)	0.1048 ^{***} (4.00)	0.1544 ^{***} (4.29)
<i>peinfrast</i>	0.2286 ^{***} (5.06)	-0.5666 ^{**} (-1.91)	-0.3380(-1.08)
<i>pelabor</i>	0.1819 ^{***} (5.85)	0.0059(0.04)	0.1878(1.25)

注:***、**、*分别代表在1%、5%和10%的显著性水平下通过检验;括号中数字为对应的*t*统计量。

表7 稳健性检验

变量	增加变量(政府财政支出)	变换模型估计方法	构建动态模型
	SDM模型	SAC模型	动态SDM模型
<i>tech</i>	0.1590 [*] (1.80)	0.1565 [*] (1.74)	0.1546 [*] (1.63)
<i>invest</i>	0.1596 ^{***} (10.30)	0.1929 ^{***} (14.02)	0.1872 ^{***} (13.64)
<i>foreign</i>	0.0139 ^{***} (3.09)	0.0169 ^{***} (4.09)	0.0209 ^{***} (4.67)
<i>peinfrast</i>	0.2576 ^{***} (5.76)	0.2950 ^{***} (6.23)	0.2480 ^{***} (4.46)
<i>pelabor</i>	0.1522 ^{***} (4.82)	0.1790 ^{***} (5.92)	0.1430 ^{***} (4.79)
<i>govern</i>	0.1247 ^{***} (3.73)	—	—
<i>D_{ij} peinfrast</i>	-0.2373 ^{***} (-2.42)	—	-0.4577 ^{***} (-3.80)
<i>D_{ij} pelabor</i>	-0.0936 ^{**} (-1.92)	—	-0.1760 ^{**} (-3.68)
<i>D_{ij} foreign</i>	0.0236 [*] (1.71)	—	—
ρ 或 λ	0.6943 ^{***} (13.94)	0.3221 ^{***} (4.35)	0.6320 ^{***} (12.20)
<i>R</i> ²	0.98	0.96	0.97
lnL	386.0014	572.4497	516.0647

注:***、**、*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下通过检验;括号中数字为对应的*t*统计量。

第二,变换模型估计方法。为检验SDM模型在测度高校科技创新能力对区域经济发展的估计效果,选取空间自相关模型(SAC)进行稳健性检验。表7中基于地理距离空间权重矩阵的SAC模型的高校科技创新能力的空间相关系数为0.1565,且通过了10%的显著性检验,估计系数与基于地理距离空间权重矩阵的SDM模型的估计系数大小略有差异,但方向没有发生根本性变化,其他控制变量影响系数的大小虽有小幅变化,但作用方向同样也未发生改变,表明实证结果具有稳健性。

第三,构建动态模型。滞后一期的区域经济发展 $GDP(PER_{i,t-1})$ 的回归系数在地理距离空间权重矩阵下为正,通过了1%的显著性检验。这说明区域经济发展存在显著的时间滞后性,前期区域经济发展成果对当期的经济发展成果产生明显的影响,同时,高校科技创新能力及其他控制变量的估计系数为正,显著性未发生明显变化,从而使得模型的估计结果的准确性更加可靠。

五、研究结论

通过采用Moran's I 和散点图探讨各省(市、自治区)高校科技创新能力和经济发展的空间集聚特征,并运用空间面板计量分析二者的空间效应,分析发现:

第一,各省域的高校科技创新能力及经济发展水平存在着显著的空间联系。各省域范围内高校科技创新活动及经济活动并不是处于完全的独立随机状态,而是受到地理空间距离不同的临近地区高校科技创新活动及经济活动的影响。高校科技创新能力、经济发展水平的Moran's I 指数大小演变趋势基本一致,反映了各省域高校科技创新活动的空间分布与经济发展的空间特征存在联系,即二者间存在空间关联,侧面反映了高校科技创新活动与区域经济发展之间具有引致作用。

第二,各省域高校科技创新能力、经济发展的区域空间集聚特征更加明显。高校科技创新能力和区域经济发展在地理空间上的集聚特征更加集中,主要表现为3种形式:高高集聚(东部地区)、低高集聚(西部地区)和低高向高高集聚转变(中部地区和福建)。主要得益于各省域范围内高校科技创新能力、经济发展水平全面提高带来的区域间差距缩小,促使更多高校创新人才向落后省域流动,各地区经济协作加强,整体生产效率提高,使得各区域之间发展形成良性循环。

第三,高校科技创新能力对区域经济发展具有显著的空间促进效应。高校科技创新能力对区域经济发展的这种积极空间促进作用可具体分解为正向的直接、间接和总空间效应,恰好印证了前文分析高校科技创新活动对全国的经济发展具有积极的促进作用,这种空间作用是对本省域和临近区域两种空间作用的叠加。可见,大力促进高校科技创新活动的开展、能力的提高,对本地区和其他地区都是一项利国利民的重要举措,政府、高校和社会企业事业团体必须从远期顶层规划、中期机制完善和近期项目开展上予以政策、资金支持和配合。

第四,各控制变量对区域经济发展具有不同的空间效应。固定资产投资、对外开放度的直接、间接和总空间效应为正且显著,意味着加强固定资产投资,注重资本积累,可以有利地促进各省域经济协调发展。此外,基础设施建设水平和人力资本投入规模能够有效地促进本省域经济的发展,并对临近省域产生一定的“磁吸现象”,削弱它们的发展动力,但这并不意味着各省域要过分注重交通、电力等重资产建设投资;推行地方保护,阻断与其他区域的互联互通和人才交流。而是要求各省域更加注重互利合作,发挥区位优势、促进人力资源合理流动,提高生产效率,实现高质量发展。

总之,在知识经济快速发展背景下,各区域不仅要大力推动高校科技创新,重视高校科技创新能力在经济发展中的引领作用,也要在扩大开放和发挥区位优势的基础上加大投资力度,加强基础设施互联互通,注重职业和就业培训,充分发挥人才优势,以促进经济社会可持续发展。

参考文献

- [1] 查奇芬,董洁,陈祖功,2009.主客观组合赋权法在科技成果转化评价分析中的应用[J].统计与决策(16):152-154.
- [2] 郭泉恩,孙斌栋,2017.高校知识溢出对我国高技术产业创新的影响研究——基于省级区域的空间计量分析[J].世界地理研究,26(4):82-92.
- [3] 焦敬娟,王姣娥,程珂,2017.中国区域创新能力空间演化及其空间溢出效应[J].经济地理,37(9):11-18.
- [4] 彭新一,王春梅,2018.区域高校科技创新能力与经济发展水平耦合协调研究[J].科技管理研究,38(3):148-155.
- [5] 石晓军,周静,王立杰,2006.中国高校科技创新发展轨迹与模式的实证分析[J].科学学研究,24(3):405-410.
- [6] 王美霞,2018.中国高校协同创新能力评价及空间格局研究[J].统计与信息论坛,33(8):67-73.

- [7] 汪凡,白永平,周亮,等,2017.中国高校科技创新能力时空格局及影响因素[J].经济地理,37(12):49-56.
- [8] 吴杨,何光荣,何晋秋,2011.高校科研投入与产出的相关性分析:1991-2008[J].清华大学教育研究,32(4):104-112.
- [9] 姚思宇,何海燕,2017.高校科技成果转化影响因素研究——基于 Ordered Logit 模型实证分析[J].教育发展研究,37(9):45-52.
- [10] ABRAMO G, CICERO T, D'ANGELO C A, 2013. The impact of unproductive and top researchers on overall university research performance[J]. Journal of Informetrics, 7(1): 166-175.
- [11] BOLLI T, VAAN M D, RIJT A V D, 2018. The Matthew effect in science funding[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(19): 4887-4890.
- [12] BOLLI T, SOMOGYI F, 2011. Do competitively acquired funds induce universities to increase productivity?[J]. Research Policy, 40(1): 136-147.
- [13] MEYER M, 2006. Are patenting scientists the better scholars? An exploratory comparison of inventor-authors with their non-inventing peers in nano-science and technology[J]. Research Policy, 35(10): 1646-1662.
- [14] Rodríguez-Pose A, CRESCENZI R, 2008. Research and development, spillovers, innovation systems and the genesis of regional growth in Europe[J]. Regional Studies, 42(1): 51-67.
- [15] SERGIO B, TINDARO C, MARCO M, 2016. Determinants of research quality in Italian universities: Evidence from the 2004 to 2010 evaluation exercise[J]. Research Evaluation, 25(3): 257-263.
- [16] SHIN J C, LEE S J, 2015. Evolution of research universities as a national research system in Korea: Accomplishments and challenges[J]. Higher Education, 70(2): 187-202.
- [17] YOUTIE J, SHAPIR A P, 2008. Building an innovation hub: A case study of the transformation of university roles in regional technological and economic development[J]. Research Policy, 37(8): 1188-1204.

Scientific and Technological Innovation, Spatial Spillover and Regional Economic Development in Colleges and Universities

Wang Shaopeng¹, Miao Xinru², Xi Zenglei³

(1. School of Management, Hebei University, Baoding 071002, Hebei, China; 2. School of Economics and Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3. School of Economy, Hebei University, Baoding 071002, Hebei, China)

Abstract: The spatial panel data of scientific and technological innovation and economic development of universities in 31 provinces (cities) and autonomous regions from 2007 to 2016 is collected. Based on the evaluation of scientific and technological innovation capacity of universities in various provinces, ArcGIS is used to explore the spatial distribution characteristics of the two. The spatial panel model is used to estimate the impact of university science and technology innovation on provincial economic development, and the spatial Doberman model with time fixed effect is selected to decompose the spatial spillover effect of economic development of each variable. The results show as follows. First, the agglomeration characteristics of University Science and technology innovation and regional economic development in geographical space are more concentrated. Second, the improvement of the abilities of scientific and technological innovation in University and control variables has a significant positive impact on the level of regional economic development. Third, after the spatial effect is resolved, according to the direction of direct, indirect and total effect, the numerical value and the significance, the results can be divided into three categories.

Keywords: scientific & technological innovation of universities; regional economic growth; spatial spillover effect; spatial panel model