

·专题: 金融计量·

中部六省技术创新效率受制于何 ——基于超效率DEA和多层线性模型的实证研究



□刘曼赞¹ 彭 刚¹ 符学忠²

[1. 西南财经大学 成都 611130; 2. 海南大学 海口 570228]

[摘 要] 技术创新战略关乎中部地区能否顺利崛起,是化解我国发展“不平衡不充分”主要矛盾的关键一环。基于2000~2016年中部六省的面板数据,利用超效率DEA模型测度综合技术创新效率,基于新经济社会学的相关理论构建了影响技术创新效率的多层线性模型。结果表明:R&D经费支出和R&D人员全时当量对技术创新效率均具有明显的促进作用,但两者作用在中部六省间存在显著性差异;对中部六省的技术创新效率具有显著直接影响的因素有技术创新效率百度指数和城市化率,具有显著间接影响的有教育财政支出规模、外贸依存度、技术创新效率百度指数和工业化程度。

[关键词] 技术创新效率;嵌入性视角;超效率DEA;多层线性模型

[中图分类号] F224

[文献标识码] A

[DOI] 10.14071/j.1008-8105(2019)-0008

What Constrains the Technological Innovation Efficiency of the Six Central Provinces ——Based on Super Efficiency DEA and Hierarchical Linear Model

LIU Man-yun¹ PENG Gang¹ FU Xue-zhong²

(1. Southwestern University of Finance and Economics Chengdu 611130 China;

2. Hainan University Haikou 570228 China)

Abstract Whether central provinces can develop depends on the technology innovating strategy, which is a key point to solve the primary contradiction of “Imbalance and Inadequacy” in China. This paper uses panel data from 2000 to 2016 to compute the technological innovation efficiency. In addition, the study builds hierarchical linear model based on the theory of new economic sociology. Results show that R&D expenditure and R&D personnel both play a significant role in promoting technological innovation efficiency. Meanwhile, they vary from the six provinces. Furthermore, Baidu index of technological innovation efficiency and urbanization rate have a remarkably direct impact on technological innovation efficiency. On the other hand, education expenditure, the dependence on foreign trade, Baidu index and the degree of industrialization have an evidently influence on technological innovation efficiency.

Key words technology innovation efficiency; embeddedness perspective; super efficiency DEA; hierarchical linear model

我国中部地区地域辽阔、交通发达、资源丰富、发展潜力巨大,在全国区域经济发展格局中具

有的重要地位不容小觑。2016年通过的《促进中部地区崛起规划》中,更是将致力促进中部地区发展

[收稿日期] 2018-12-26

[基金项目] 国家社科基金青年项目(18CTJ005);全国统计科学研究重大项目(2017LD05)。

[作者简介] 刘曼赞(1997-)女,西南财经大学统计学院硕士研究生;彭刚(1988-)男,经济学博士,西南财经大学统计学院讲师;符学忠(1969-)男,海南大学经济与管理学院讲师。

提上了日程。技术创新作为引领经济发展的核心要素,相比于东部发达地区,中部地区在创新方面仍存在较多需要改善的地方,包括研发投入不足、核心技术研发能力较弱、研发人才匮乏等。由此,中部地区需要大力推进技术创新,将区域经济发展牢牢地与产业技术提高相结合,通过技术进步引领生产力发展,进而推动经济增长,早日实现“中部崛起”。因此,探究中部地区创新效率的影响机制及相关因素的实际作用,也就显得尤为必要。

研究技术创新效率首先需要明确其测算方法,现有相关测度的研究已较为丰富。DEA方法常被用于技术创新效率,多投入、多产出的经济系统用于刻画效率方面十分直观。Nasierowski等以45个国家作为样本,采用两阶段DEA法测定技术创新效率^[1];Chen等将网络SBM模型与DEA窗口分析相结合,对2000~2011年中国高新技术产业技术创新效率进行了测度^[2]。Wang采用DEA和SFA两种方法分别测算不同国家的技术创新效率,研究发现技术创新效率能显著地促进国家经济和生产率的提高^[3];陈泽聪等运用超效率DEA模型测算了1994~2003年我国各省市技术创新效率^[4];罗彦如等利用三阶段DEA模型实证得到我国整体的技术创新效率仍处于低位^[5];考虑DEA方法的不可分解及其结果在结构解释的不便,Malmquist方法进一步提出且被用于技术创新效率测度。黄海霞等利用DEA-Malmquist模型,测算了2005~2012年战略新兴产业的技术创新效率^[6];王圣云和林玉娟等使用Malmquist方法对2006~2016年长江经济带11省市科技创新效率进行测算和指数分解等研究^[7]。其他一些方法,如因子分析定权法^[8]、SFA方法^[9]、产出距离函数的随机前沿分析方法^[10]等也被应用于技术创新效率的测度。

一、方法与模型介绍

(一) 超效率DEA模型

传统面向投入的DEA模型,其前提是假定规模报酬不变。模型的原理为:假定存在 n 个决策单元DMU ($i=1, 2, \dots, n$),这 n 个决策单元需要满足的条件有:具备相同特性且相互之间可以比较。每个决策单元都存在 m 种不同的投入,则相应的投入向量为 $x_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi})^T > 0$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。又每个决策单元存在 p 种不同的产出,则产出向量为 $y_i = (y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{pi})^T > 0$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。又设投入的权重系数向量为 $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T$,产出的权重向量为 $v = (v_1, v_2, \dots, v_p)^T$ 。则此时,第

i 个DMU的效率评价指数为:

$$h_i = \frac{\sum_{s=1}^p v_s y_{si}}{\sum_{t=1}^m u_t x_{ti}} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

选取合适的权重系数向量,以效率评价指数自身的限制作为约束条件,对所有的DMU进行评价,求解得到的最优值即为最优效率评价指数。

超效率模型是由Andersen和Petersen于1993年建立的,它用于比较多个DEA同时有效的决策单元。它在测算某个单元的效率时,隔离此单元,以剩下的单元作为一个决策组合,作为效率排序的依据。假定存在 n 个决策单元且都具有可比性,每个决策单元都存在 m 种不同的投入和 p 种不同的产出,基于CCR模型的基础上,则超效率模型可表示为:

$$\begin{aligned} \min \theta \\ \text{s.t.} \quad \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq j_0}^n X_j \lambda_j + s^- = \theta X_0 \\ \sum_{j=1, j \neq j_0}^n Y_j \lambda_j - s^+ = Y_0 \\ \lambda_j \geq 0 \\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

式中的最优解为 $\lambda^*, s^{*+}, s^{*-}, \theta^*$,其中 θ^* 为最优技术效率,当 $\theta^* = 1$,且 $s^{*+} = s^{*-} = 0$,说明决策单元为DEA有效;当 $\theta^* = 1$,且 $s^{*+} \neq 0, s^{*-} \neq 0$,说明决策单元为弱DEA有效;当 $\theta^* < 1$,说明决策单元DEA无效,而且值越小,有效性越差。

(二) 多层线性模型

多层线性模型的出现是为了解决一个难题,即传统统计模型未能对多层结构数据很好地进行解释。在经济社会生活中,具有多层结构的数据并不少见,比如说学生数据、病人数据等,而这种数据的共同特征是不仅具备单个个体效应,还具备外部的环境效应。多层线性模型的核心就是将个体效应和外部环境效应进行剥离,分别对它们进行研究分析,并探寻两个效应究竟是如何影响对象的。该模型弥补了传统模型不能很好地解释多层数据的缺陷。目前,最常见的是二层模型,其模型表示如下:

层一:

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}x_{ij} + \beta_{2j}z_{ij} + r_{ij} \quad (3)$$

层二:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \sum_{m=1}^M \gamma_{0m}W_{mj} + u_{0j} \quad (4)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \sum_{m=1}^M \gamma_{1m} W_{mj} + u_{1j} \quad (5)$$

$$\beta_{2j} = \gamma_{20} + \sum_{m=1}^M \gamma_{2m} W_{mj} + u_{2j} \quad (6)$$

合并模型:

$$Y_{ij} = \gamma_{00} + \sum_{m=1}^M \gamma_{0m} W_{mj} + u_{0j} + \left(\gamma_{10} + \sum_{m=1}^M \gamma_{1m} W_{mj} + u_{1j} \right) x_{ij} + \left(\gamma_{20} + \sum_{m=1}^M \gamma_{2m} W_{mj} + u_{2j} \right) z_{ij} + r_{ij} \quad (7)$$

上述理论模型不仅解释了基本影响因素对研究对象的作用路径问题,还说明了基本影响因素与嵌入性因素的具体影响精度。当层一模型中的基本因素影响系数 β_{1j}, β_{2j} 及嵌入性变量对 β_{0j} 的系数 $\gamma_{0m} (m = 1, 2, \dots, M)$ 显著时,表示基本因素与相应的嵌入性变量对研究对象具有直接影响作用;当层二模型中嵌入性变量对 β_{1j}, β_{2j} 的系数 γ_{1m}, γ_{2m} 显著时,表示相应的嵌入性变量对研究对象具有间接影响作用,且以基本因素作为中间桥梁,作用于最终研究对象;当嵌入性变量对 $\beta_{0j}, \beta_{1j}, \beta_{2j}$ 的系数 $\gamma_{0m}, \gamma_{1m}, \gamma_{2m}$ 均显著时,表明嵌入性变量对研究对象存在双重影响:直接影响和间接影响。

二、影响因素、指标选取与数据来源

(一) 影响因素的确定

技术创新效率的影响因素,不仅包括基本影响因素,还应纳入社会场景因素,这是因为经济研究不应该脱离经济活动所处的社会大环境^[1]。基本影响因素是资本和劳动投入;社会场景因素可依据社会嵌入性的维度进行选择。社会嵌入性可分为五个维度,分别是认知嵌入、结构嵌入、关系嵌入、文化嵌入和政治嵌入。

1. 认知嵌入。每个组织在长期的经济活动中,逐渐会形成特有的“群体认知和群体思维”,进而影响各项经济活动中的计划与决策。

2. 结构嵌入。组织形成的多元化网络结构带来的一定程度的价值提升。结构嵌入注重分析组织所处的网络位置和网络密度对组织价值的作用机制。在三次产业中,对技术创新最为依赖的是第二产业,技术的进步会极大地提升生产效率,进而增加

产值,往往第二产业产值占比越大的省份,技术创新能力越强。

3. 关系嵌入。各省的技术创新活动可以看作网络中心的节点,关系嵌入关注的是各网络节点的资源流动对技术创新效率的影响,因此对各省的技术创新效率会产生一定的影响。

4. 文化嵌入。不同的地域文化、价值观念及宗教信仰等都会影响社会的技术创新效率,再者中国长期处于二元城乡结构,城乡文化大有差异,城市化进程的差异也会引起地区的精神面貌和行为特征存在一定的差异,进而影响技术创新效率。

5. 政治嵌入。一个国家或地区所处的政治环境会对当地的经济活动产生一定的影响。各个省份所出台的针对技术创新的公共政策,对重点领域的财政支出等社会政治因素均会对技术创新的发展产生一定的影响。

(二) 指标选取

1. 技术创新效率投入和产出指标的选取。投入指标选择R&D经费支出和R&D人员全时当量。R&D经费支出通常用于衡量创新活动的资本投资规模,而R&D人员全时当量是目前比较创新人力投入的通用指标。产出指标选择技术市场成交额、国内专利申请量和新产品产值。由于专利申请到授权存在较长的时滞,并不能有效地反映技术创新的真实水平,故选取专利申请量作为产出指标。新产品的产值能够有效地体现了技术创新的产出成果,也是衡量创新成果是否市场化的重要指标。技术市场成交额代表技术创新成果与市场经济相结合,反映了各个地区的创新能力。

2. 影响因素指标的确定。层一指标包括技术创新效率、R&D经费支出和R&D人员全时当量;层二指标主要有:由于认知程度属于不可量化的指标,考虑用百度指数(BI)代替认知嵌入;工业化程度(TI, 第二产业产值占GDP的比重)代替结构嵌入;外贸依存度(FC, 进出口总额占GDP的比重)代替关系嵌入;城市化率(UR, 城市人口占总人口的比例)代替文化嵌入;教育财政支出规模(EDU, 教育财政支出占GDP的比重)代替政治嵌入。

(三) 数据来源与处理

本文选择中部六个省份2000~2016年的数据进行实证分析,除百度指数来源于百度官网对“技术创新效率”的搜索指数查询外,2001~2017年的《中国统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》是主要的数据来源,其中百度搜索指数数据截止到2018年

4月, 同时为了避免异方差对模型的影响, 故对层一中三个变量的数据取对数处理, 结果见表1; 层二的嵌入性变量均取各年的平均值处理进入模型, 具体数据见表2。

表 1 相关指标的描述性统计

指标	样本数	最小值	最大值	均值	标准差
R&D经费支出	102	7.76	600.07	150.71	150.45
R&D人员全时当量	102	9.38	134.26	48.72	30.24
国内专利申请量	102	1.47	172.55	23.96	30.55
新产品产值	102	37.00	23188.77	1973.94	2964.69
技术市场成交额	102	0.53	903.84	66.58	134.39

表 2 层二组中心化数据

省份	百度指数	城市化率	教育财政支出规模	外贸依存度	工业化程度
山西	82	0.4713	0.0334	0.1367	0.5185
安徽	88	0.4196	0.0311	0.1584	0.4621
江西	62	0.4297	0.0343	0.1357	0.4795
河南	102	0.3765	0.0273	0.0674	0.5169
湖北	89	0.4873	0.0247	0.1269	0.4478
湖南	94	0.4287	0.0260	0.0754	0.4222

(四) 技术创新效率测算结果

将上文已选取的投入指标和产出指标作为基础数据, 在基于投入导向和规模报酬不变的假设下, 代入超效率DEA模型, 可得到各省的技术创新效率测算结果, 见表3。

表 3 中部六省的技术创新效率值

年份	山西	安徽	江西	河南	湖北	湖南
2000	0.630	0.406	0.804	0.676	0.654	1.208
2001	0.575	0.514	0.968	0.624	0.710	0.887
2002	0.478	0.635	0.735	0.640	0.568	0.912
2003	0.577	0.407	0.609	0.651	0.623	0.962
2004	0.678	1.343	0.655	0.866	0.808	1.426
2005	0.871	0.822	0.803	1.137	0.861	1.102
2006	0.809	0.689	0.793	0.803	0.704	0.856
2007	0.808	0.764	0.795	0.857	0.768	0.854
2008	0.352	0.460	0.243	0.549	0.596	0.560
2009	0.334	0.467	0.259	0.401	0.517	0.848
2010	0.342	0.973	0.336	0.417	0.488	0.450
2011	0.404	0.784	0.450	0.452	0.545	0.474
2012	0.452	0.903	0.479	0.481	0.604	0.468
2013	0.486	0.897	0.508	0.560	0.727	0.496
2014	0.427	0.884	0.714	0.553	0.840	0.511
2015	0.483	1.189	0.919	0.602	1.432	0.569
2016	0.478	1.245	1.022	0.548	3.683	0.530
年平均	0.540	0.787	0.652	0.636	0.890	0.771

从测算结果来看, 中部六省的技术创新效率存在一定的差异, 最高的是湖北省, 其年平均效率值

为0.890, 最低的是山西省, 年平均效率值为0.540。山西、江西和河南省的效率值较为低下, 总体趋势是先增后减; 2000~2005年, 湖南省的效率值一直处于领先的地位, 但是自身的增幅不大, 2005年后, 一直呈现下降的趋势; 安徽省在2000年的效率值是中部六省间最低的, 技术创新力度明显不足, 但是在2004年达到年峰值; 湖北省的效率值在前十年里绝对值一直在0.5以上, 属于中间水平, 但自2009年起其效率值逐年递增, 且增速不断加大。

三、实证结果与分析

(一) 模型选择

在拟合多层线性模型之前, 需要进行方差分解检验来判断模型的适用性。影响技术创新效率(Y)的因素包括基本因素和社会场景因素, 当社会场景因素对Y的影响程度超过某一阈值时, 此时可以认为原来传统的模型不适用。运行零模型的目的是为了检验社会影响是否超过阈值, 其中组内相关系数(ICC)是主要依据。

$$ICC = \tau_{00} / \tau_{00} + \sigma^2 \quad (8)$$

其中, τ_{00} 为组间方差, σ^2 为组内方差。当ICC的值越接近于1, 说明由第二层变量引起的变异程度越大, 适合拟合多层模型。一般说来, 当ICC大于10%, 被认为可以拟合多层模型。

表 4 技术创新效率方差分解结果

随机效应	标准误差	方差成分	自由度	卡方值	P值
层二, μ_0	0.1315	0.3873	5	7.0238	<0.001
层一, τ	0.8523	0.6249			

组内相关系数 $ICC=0.3873/(0.3873+0.6249)=38.26\%$, 由此可知, 不同省份的效率差异中38.26%可由社会场景因素来解释。显然此处的ICC已经满足条件, 意味着接下来可以进行多层线性分析。

(二) 基本因素对技术创新效率的影响分析

将层一解释变量R&D经费支出(K)和R&D人员全时当量(L)引入到模型中, 分析基本因素变化对技术创新效率产生的影响, 见表5。中部六省的R&D经费支出(K)和R&D人员全时当量(L)对技术创新效率都有正向的促进作用, R&D经费支出(K)的回归系数为0.1693, 表示R&D经费支出每增加1%, 技术创新效率会平均增加0.1693%; R&D人员全时当量(L)的回归系数为0.3846, R&D人员全时当量每增加1%, 技术创新效率会平均增加0.3846%。

另一方面，R&D经费支出和R&D人员全时当量对数的斜率通过了卡方检验，概率p值小于显著性水平0.05，可以得到各个省份的斜率存在差异。但是，这种差异究竟是怎样产生的，需要进一步的分析，即加入社会嵌入性变量进行解释。

表 5 基本因素对技术创新效率影响的回归结果

解释变量	回归系数和显著性检验			方差成分和显著性检验	
	回归系数	标准误差	T值	方差成分	卡方值
截距1, β_0					
截距2, γ_{00}	0.7877**	0.0913	8.627	0.0403**	7.7756
lnK斜率, β_1					
截距2, γ_{10}	0.1693**	0.1540	0.970	0.1511**	8.7134
lnL斜率, β_2					
截距2, γ_{20}	0.3846**	0.3965	1.099	1.0655**	11.0584

注：“**”代表在5%的显著性水平下显著

（三）嵌入变量对技术创新效率的影响分析

将嵌入性变量引入模型形成全模型，即随机系数（ β_{0j} 、 β_{1j} 、 β_{2j} ）作为二层的被解释变量，嵌入性变量作为解释变量，其对系数的影响效果见表6。测算结果显示：在中国省域之间，技术创新效率百度指数（BI）对技术创新效率具有直接影响和间接影响；城市化率（UR）对技术创新效率只有直接影响；教育财政支出规模（EDU）、外贸依存度（FC）和工业化程度（TI）对技术创新效率只有间接影响。

表 6 社会嵌入变量的影响效应结果

	回归系数	标准差	T检验	自由度	P值
截距1, β_0					
截距2, γ_{00}	0.7877	0.119	6.618	3	<0.001
BI, γ_{01}	0.0053	0.0095	0.557	3	<0.001
UR, γ_{02}	1.5115	3.0689	0.493	3	0.001
lnK斜率, β_1					
截距2, γ_{10}	1.2553	0.3367	3.729	2	<0.001
EDU, γ_{11}	0.0262	0.0118	2.226	2	0.035
TI, γ_{12}	-7.0668	4.0416	-1.882	2	0.046
FC, γ_{13}	5.1027	4.0785	1.251	2	0.037
lnL斜率, β_2					
截距2, γ_{20}	-2.1557	0.2907	-7.416	2	<0.001
EDU, γ_{21}	12.1168	26.986	0.076	2	0.031
BI, γ_{22}	0.026	0.0366	0.711	2	<0.001
TI, γ_{23}	5.4273	3.7394	1.829	2	0.029

1. 直接影响。中部六省技术创新效率百度指数对技术创新效率的发展具有正向的显著作用，回归系数值为0.0053，表明技术创新效率百度指数每增加一个单位，技术创新效率会平均增加0.0053%，可以解读为社会民众对于科技创新的关注度愈高，

就会愈发促进自身的知识积累与更新，从而推动技术创新的发展；城市化率对于技术创新效率具有正向的显著作用，回归系数值为1.5115，表明城市化率每增加一个单位，技术创新效率会平均增加1.5115%。

2. 间接影响。R&D经费支出与技术创新效率之间的关系，在各省份之间存在显著的差异。教育财政支出规模、工业化程度和外贸依存度是调节二者关系的变量，具体效果为教育财政支出规模每增加一个单位，R&D经费支出对技术创新效率的影响就会增加0.0262%。这说明政府对教育的支出力度越大，相应地区的技术创新效率增加越快。工业化程度即第二产业占地区生产总值的比重每增加一个单位，R&D经费支出对技术创新效率的影响就会降低7.0668%，相对于其他调节因素来说，其调节作用是最大且是相反方向的。外贸依存度每增加一个单位，R&D经费支出对技术创新效率的影响就会增加5.1027%，说明进出口总额越高，资金用于技术进步的效率越高。

R&D人员全时当量与技术创新效率的关系，在各省份之间也存在显著的差异。教育财政支出规模、百度指数和工业化程度是调节二者关系的变量。教育财政支出规模每增加一个单位，R&D人员全时当量对技术创新效率的影响会增加12.1168%，说明教育对技术创新效率的影响巨大，教育是提升技术创新效率的必要的基石。因此，大力发展教育是提高技术创新效率的第一要事。百度指数每增加一个单位，R&D人员全时当量对技术创新效率的影响会增加0.0260%，随着人们对技术创新的认识程度不断加深，会一定程度促进技术创新人才的大量涌出，从而提升技术创新效率。工业化程度每增加一个单位，R&D人员全时当量对技术创新效率的影响会增加5.4273%，第二产业的规模越大，从事创新研发的科技人员基数相对越大，对技术创新效率的影响也就越大。

3. 方差分解程度分析。由表5和嵌入性变量的随机效应效果，可计算社会场景变量对 β_{0j} 、 β_{1j} 、 β_{2j} 的方差成分解释程度，见表7。结果显示：嵌入性变量对截距以及lnk，lnL与lnY之间的关系的变异有良好的解释。R&D经费支出对技术创新效率影响的变动，有85.40%是由嵌入性变量教育财政支出规模（EDU）、工业化程度（TI）和外贸依存度（FC）所解释的；R&D人员全时当量对技术创新效率的影响的变动，有69.54%是由嵌入性变量教育财政支出规模（EDU）、技术创新效率百度指数（BI）和工业化程度（TI）所解释的。

表 7 二层场景变量的解释程度

斜率	未加嵌入变量	增加嵌入变量	解释程度
截距1, μ_0	0.0403	0.0031	0.9237
lnK斜率, μ_1	1.0655	0.1556	0.8540
lnL斜率, μ_2	0.1511	0.0460	0.6954

四、结论与建议

基于超效率DEA模型, 本文首先测算出中部六省2000~2016年各年的技术创新效率值, 结果发现中部各省的技术创新效率存在地域差异。就年平均值来说, 湖北的效率值最高, 安徽、湖南、江西、河南、山西依序次之。进一步依据社会嵌入性理论选出可能影响技术创新效率的因素, 运用多层线性模型解决了影响因素对其作用路径的问题。实证检验发现: R&D经费支出及R&D人员全时当量均对技术创新效率有显著的促进作用, 并且两者对于技术创新效率在中部六省之间的影响存在显著性差异。对中部六省的技术创新效率具有显著直接影响的因素有技术创新效率百度指数和城市化率, 具有显著间接影响的有教育财政支出规模、外贸依存度、技术创新效率百度指数和工业化程度。基于上述结论, 为切实提高中部各省的技术创新效率并缩小各省的差距, 需要在下述方面发挥效用:

首先, 要提升网络平台的建设, 强化公众的创新意识。中部各省应该完善对网络宣传平台的建设, 让普通社会民众更迅速精准地找到到所需的信息。相应的网络平台多要开设学习专栏, 供民众免费下载使用。同时中部各省的政府应当积极举办创新活动, 强化民众的创新意识, 增加民众的实践经验。

再者, 要持续关注教育的发展。教育是发展之源, 政府应当重视教育, 增加教育财政经费的支出规模, 完善教育基础设施建设, 切实解决部分偏远地区教育资源分配不均的问题, 争取让更多的孩子能够接受良好的教育。同时加大对教师群体的补贴力度, 鼓励高校的教师和同学积极参与科研项目, 为技术创新注入新血液。

最后, 要加大技术创新投入力度。技术投入是提高技术创新效率的最直接途径。因此, 我国中部各省应加强资金和人员的有效投入, 创新管理方法, 加强对科研经费资助目标和科研项目的监督, 以提高所投入的创新资源的利用率。

参考文献

- [1] NASIEROWSKI W, ARCELUS F J. On the efficiency of national innovation systems[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2003(37): 215-234.
- [2] CHEN J L, MENG L J. Research on technological innovation efficiency of China's high-tech industry based on network SBM model and DEA window analysis[M]. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014.
- [3] WANG E C. R&D efficiency and economic performance: A cross-country analysis using the stochastic frontier approach[J]. Journal of Policy Modeling, 2003, 29(2): 345-360.
- [4] 陈泽聪, 许钟秀. 我国制造业技术创新效率的实证分析——兼论与市场竞争的相关性[J]. 厦门大学学报(哲学社会科学版), 2006(6): 122-128.
- [5] 罗彦如, 冉茂盛, 黄凌云. 中国区域技术创新效率实证研究——三阶段DEA模型的应用[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(14): 20-24.
- [6] 黄海霞, 张治河. 中国战略性新兴产业的技术创新效率——基于DEA-Malmquist指数模型[J]. 技术经济, 2015, 34(1): 21-27+68.
- [7] 王圣云, 林玉娟, 罗玉婷. 长江经济带科技创新效率变化的指数分解及聚类分析[J]. 华东经济管理, 2018, 32(9): 66-72.
- [8] 赵琳, 范德成. 我国高技术产业技术创新效率的测度及动态演化分析——基于因子分析定权法的分析[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(11): 111-115.
- [9] 龚雪媚, 汪凌勇, 董克. 基于SFA方法的区域技术创新效率研究[J]. 科技管理研究, 2011, 31(16): 57-62.
- [10] 牛泽东, 张倩肖. 中国装备制造业的技术创新效率[J]. 数量经济技术经济研究, 2012, 29(11): 51-67.
- [11] GRANOVETTER M. Economic action and social structure: The problem of embeddedness[J]. American of Sociology, 1985, 91(3): 481-510.
- [12] MUELLER D C. Patents, Research and Development, and the Measurement of Inventive Activity[J]. Journal of Industrial Economics, 1966, 15(1): 26-27.
- [13] 罗吉, 党兴华. 三大区域技术创新效率差异与影响因素——基于随机边界模型与省级面板数据的实证研究[J]. 工业技术经济, 2013, 32(3): 82-89.
- [14] 刘殿国, 肖辉旭. 泛珠三角区域能源效率影响因素的实证研究——基于社会嵌入性视角和多层统计模型的分析[J]. 软科学, 2017, 31(4): 80-84.
- [15] 王海珍, 刘殿国. 泛珠三角区域多层经济增长理论模型及应用研究——基于社会嵌入性视角的分析[J]. 统计与信息论坛, 2016, 31(10): 35-41.

编辑 何婧