

Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.pj.2018.10.003

欢迎按以下格式引用:李文辉,江涌芝,何秋锐,陈忠暖.中国省域高校科技创新能力、效率及其经济贡献率研究[J].重庆大学学报(社会科学版),2019(3):108-121.

Citation Format: LI Wenhui, JIANG Yongzhi, HE Qiuwei, CHEN Zhongnuan. Research on the scientific and technological innovation ability, efficiency and economic contribution rate of Chinese provincial universities[J]. Journal of Chongqing University(Social Science Edition), 2019(3): 108-121.

中国省域高校科技创新能力、效率及其经济贡献率研究

李文辉^a, 江涌芝^a, 何秋锐^b, 陈忠暖^a

(华南师范大学 a.地理科学学院;b.公共管理学院,广东 广州 510631)

摘要:以中国省域高校 2004—2016 年数据为基础,借助 SPSS 统计工具,采用主成分分析法评价分析了省域高校的科技创新能力;采用两阶段数据包络分析模型(DEA)评价分析了省域高校的科技创新效率;借鉴“柯布-道格拉斯(C-D)生产函数”和索洛“增长速度方程”,评价分析了省域高校的科技创新经济贡献率。将三个维度指标分别取平均值,高于平均值的数界定为“高”,低于平均值的数界定为“低”。研究发现,三项指标和省份产生了如下对应结果:(1)高-高-高:辽宁、陕西、山东;(2)高-高-低:江苏、广东、浙江;(3)高-低-高:北京、上海、湖北、安徽;(4)低-高-高:吉林、广西、云南、内蒙古、贵州、海南;(5)高-低-低:四川、河南;(6)低-高-低:江西、福建、新疆;(7)低-低-高:湖南、天津、重庆;(8)低-低-低:黑龙江、河北、山西、甘肃。从表现为“高-高-高”的辽宁、陕西和山东 3 个省份情况看,科技创新能力、科技创新效率、经济贡献率和 GDP 增长率之间有一定的线性相关关系,研究结论与国家“双一流”高校建设情况也具有一定的一致性。

关键词:科技创新能力;科技创新效率;经济贡献率;高校;省域

中图分类号:G644;G40-058.1 文献标志码:A 文章编号:1008-5831(2019)03-0108-14

修回日期:2018-10-16

基金项目:国家自然科学基金重点项目“全球化背景下城市移民的人地互动与地方协商研究——以珠三角为例”(41630635);广东省科技计划项目“广东与一带一路沿线省份技术创新协同模式及其机制研究”(2017A030303073);广州市哲学社会科学“十三五”规划 2018 年度课题“广州科技创新一带一路合作机制研究”(2018GZGJ20)

作者简介:李文辉(1980—),男,华南师范大学地理科学学院博士研究生,副研究员,主要从事创新地理学研究,Email: liwh612@126.com;江涌芝(1995—),女,华南师范大学地理科学学院研究实习生,主要从事人文地理研究;何秋锐(1994—),男,华南师范大学公共管理学院研究实习生,主要从事管理科学研究。

通信作者:陈忠暖(1957—),男,华南师范大学地理科学学院教授,博士研究生导师,主要从事城市地理学研究,Email: chenzhn@scnu.edu.cn。

一、研究背景与思路

国内外学者对科技创新能力的研究是从探讨其评价指标体系开始的,直到1972年美国第一份《科学指标》出版,才标志着科技创新能力评价指标体系的诞生。随后,随着计算机技术的发展和信息技术的普及,学者从评价指标体系、评价方法、评价原则、影响因素等方面进行了大量研究,特定区域以及区域间科技创新能力的评价也引起了学者的广泛关注^[1-6]。

与此同时,科技创新效率问题也渐渐成为研究热点。Farrell在1957年提出了效率评价的具体意义和概念,对实际生产单位投入产出的数据进行分析,评价不同生产步骤的技术效率。1975年,Rhodes等人基于分段线性函数的基础,引入了DEA方法对效率进行测算。经过多年的探索,美国国会于1993年通过了《政府绩效与结果法案》,效率评价的概念、制度和范围首次以法律形式得到了明确。同样,学者们对科技创新效率评价指标、评价方法、影响要素,以及区域创新效率等问题开展了大量研究^[7-9]。

约瑟夫·熊彼特于1912年出版其著作《经济发展理论》,提出“创新”的概念,首次明确地将经济发展与创新结合起来,认为只有当它应用于经济活动并产生利益的时候才称得上是创新,即创新具有经济性的特征^[10]。测定科技进步对经济增长的作用,成了科技进步分析工作的重要任务之一,众多学者开始研究经济增长中是否有技术进步、技术进步对经济增长的贡献度等问题^[11-12]。

发展经济学认为,经济增长的主要源泉是科技创新,而科技创新能力与效率共同决定了科技创新的质与量,它们通过促进生产关系调整和经济结构变化,推动区域经济的发展和社会的进步^[13]。高校作为科技创新、人才培养的主要基地,是推动科技进步与创新、促进经济发展的动力源泉和贡献主体^[14]。高校创新能力和效率的提高与国民经济的健康快速发展之间具有重要联系^[15]。学界对高校科技创新能力、效率、经济贡献率某一维度问题的研究,取得了丰硕成果和广泛共识,并在此基础上把某两个维度进行结合探讨^[16-19]。已有评价研究中,对科技创新服务人才培养、国际化等创新辐射方面的重视不够,把三个维度问题结合在一起进行综合分析的研究尚未出现。可见,高校科技创新能力、效率、经济贡献率的综合评价研究,是一个尚未形成一致认识的难题。

基于此,本研究从科技创新能力、科技创新效率、科技创新经济贡献率三个维度,以2004—2016年有关数据为依据,综合评价中国高校的发展状况,以期为高校实施供给侧结构性改革、“双一流”建设和国家创新驱动发展战略等提供参考。需要说明的是,研究数据截至2016年,这是目前能搜集到的最新数据,研究中的“省域”是指中国行政规划中的省份,“省域高校”为教育部出版的《高等学校科技统计资料汇编》中某个省份地域内的全部高等学校。为确保评价数据前后的一致性和相关性,三个维度评价指标涉及的数据均采用同一出处、同一口径,评价科技创新效率和经济贡献率的指标,同时也是科技创新能力的指标。涉及经费指标用价格指数进行可比化平减^[20]。

科技创新能力评价数据来源是:(1)2004—2016年全国科技经费投入统计公报(<http://www.most.gov.cn/kjtj/>);(2)中国科技统计年鉴(2005—2017)^[21];(3)高等学校科技统计资料汇编(2005—2017年)(http://www.moe.gov.cn/s78/A16/A16_tjdc/);(4)“全省对创新的重视程度”一项由项目团队根据各省份每年政府工作报告整理。科技创新效率评价数据来源是:高等学校科技统计资料汇编(2005—2017年)。科技创新经济贡献率评价数据来源是:(1)中国科技统计年鉴(2005—2017);(2)高等学校科技统计资料汇编(2005—2017年);(3)国民经济和社会发展统计公

报(<http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/ndtjgb/>)。根据数据科学性和可得性要求,青海、宁夏、西藏3个省份和港澳台地区未作评价。

二、科技创新能力分析

(一)评价指标体系

根据高校科技创新能力的内涵特点,以及评价的科学性、可比性、系统性、可行性等原则要求^[5,22],项目团队通过专家咨询和指标测算,确定表1为高校科技创新能力评价指标体系。

表1 高校科技创新能力评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	单位
高校科技创新能力	创新支撑能力	全省研究与试验发展经费投入强度	%
		全省研究与试验发展(R & D)人员	人
		全省研究与试验发展(R & D)经费内部支出	万元
		全省国家“211工程”高校数量	所
		全省对创新的重视程度(政府工作报告“创新”出现频次)	次
		全省固定资产投资总额增长	%
	创新投入能力	高校研究与发展全时人员	人年
		高校科学家和工程师占研究与发展全时人员比重	%
		高校研究与发展经费	万元
		高校人均研究与发展经费	万元
		高校固定资产购置费	万元
		高校人均固定资产购置费	万元
	创新产出能力	高校发表学术论文数	篇
		高校人均发表学术论文数	篇
		高校专利授权数	项
		高校人均专利授权数	项
		高校出版科技著作数	部
		高校人均出版科技著作数	部
	创新转化能力	高校签定技术转让合同数	项
		高校技术转让当年实际收入	万元
		高校人均技术转让当年实际收入	万元
		高校专利出售合同数	项
		高校专利出售当年实际收入	万元
		高校人均专利出售当年实际收入	万元
	创新服务能力	高校企事业单位委托经费	万元
		高校人均企事业单位委托经费	万元
		高校科技服务经费	万元
		高校人均科技服务经费	万元
		高校研究与发展项目培养学生数	人
		高校上缴税金	万元
创新辐射能力	高校平均参加国际派遣合作研究情况	人次	
	高校平均接受国际合作研究情况	人次	
	高校平均出席国际学术会议情况	人次	
	高校人均提交国际学术会议交流论文情况	篇	
	高校人均提交国际学术会议特邀报告情况	篇	
	高校主办国际学术会议情况	次	

(二) 实证分析

借助 SPSS22.0 统计工具,采用主成分分析法进行评价。主要理论步骤包括五步^[23-24]。

1. 对指标的原始数据无量纲化

设有 n 个样本, p 项指标, 可得数据矩阵 $X = (X_{ij})_{n \times p}$, $i = 1, 2, \dots, n$ 表示 n 个样本, $j = 1, 2, \dots, p$ 表示 p 个指标, X_{ij} 表示第 i 个样本的第 j 项指标值。用 Z-score 法对数据进行标准化变换, 得出:

$$Z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / S_j。$$

$$\text{式中, } \bar{x}_j = \sum_{i=1}^n (x_{ij}) / n, S_j^2 = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 / (n - 1); l = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p。$$

2. 计算其相关系数矩阵

$R = (r_{jk})_{p \times p}$, $j = 1, 2, \dots, p, k = 1, 2, \dots, p$, r_{jk} 为指标 j 与指标 k 的相关系数。

$$r_{jk} = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{S_j} \right] [(X_{ik} - \bar{X}_k)^2 / S_k], \text{即: } r_{jk} = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n Z_{ij} Z_{ik}。$$

有 $r_{ii} = 1, r_{jk} = r_{kj}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, p, k = 1, 2, \dots, p。$

3. 求出各特征向量

由特征方程 $| \lambda_p - R | = 0$, 可求得 p 个特征根 $\lambda_g (g = 1, 2, \dots, p)$, λ_1 将其按大小顺序排列为 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$, 它是主成分的方差, 它的大小描述了各个主成分在描述被评价对象上所起作用的大小。由特征方程, 每一个特征根对应一个特征向量 $L_g (L_g = l_{g1}, l_{g2}, \dots, l_{gp})$, $g = 1, 2, \dots, p。$

将标准化后的指标变量转换为主成分:

$$F_g = l_{g1} Z_1 + l_{g2} Z_2 + \dots + l_{gp} Z_p (g = 1, 2, \dots, p)。$$

F_1 称为第一主成分, F_2 称为第二主成分, \dots, F_p 称为第 p 主成分。

4. 根据因子累积方差贡献率选出主成分

一般主成分个数等于原始指标个数, 如果原始指标个数较多, 进行综合评价时就比较麻烦。主成分分析法就是选取尽量少的 k 个主成分 ($k < p$) 来进行综合评价, 同时还要使损失的信息量尽可能少。

k 值由方差贡献率 $\sum_{g=1}^k \lambda_g / \sum_{g=1}^p \lambda_g \geq 85\%$ 决定。

5. 以各主成分的方差贡献率为权数, 将所选取的主成分进行综合评价

先求每一个主成分的线性加权值 $F_g = l_{g1} Z_1 + l_{g2} Z_2 + \dots + l_{gp} Z_p, g = 1, 2, \dots, k$, 再对 k 个主成分进行加权求和, 即得到最终评价值, 权数为每个主成分的方差贡献率: $\lambda_g \sum_{g=1}^p \lambda_g。$

$$\text{最终评价值为: } F = \sum_{g=1}^k (\lambda_g \sum_{g=1}^p \lambda_g) F_g。$$

根据以上步骤, 分别对二级指标和一级指标进行主成分分析。在此, 仅以创新投入能力(设为 A)二级指标为例进行推演说明。

对创新投入能力二级指标的 6 个三级指标(设为 A1, A2, \dots , A6)的原始数据进行标准化, 并计算特征值、贡献率和累积贡献率, 确定如表 2 所示的主成分情况。

从表 2 可以看出, 前 2 个主成分的累积贡献率达到了 84.803%, 说明这 3 个主成分所包含的信息占 84.803%。选用斜交旋转法, 得到因子得分系数矩阵和模型, 如表 3 和表 4。

表2 主成分分析各主成分的特征值和贡献率

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差%	累积%	合计	方差%	累积%	合计	方差%	累积%
A1	2.566	42.764	42.764	2.566	42.764	42.764	2.356	39.259	39.259
A2	1.340	22.340	65.104	1.340	22.340	65.104	1.549	25.815	65.075
A3	1.002	16.699	84.803	1.002	16.699	84.803	1.004	16.728	84.803
A4	0.768	12.804	94.607						
A5	0.184	3.065	97.672						
A6	0.140	2.328	100.000						

表3 因子分析的因子旋转结果

评价指标	成分		
	1	2	3
高校研究与发展全时人员(A1)	0.943	-0.168	-0.005
高校科学家和工程师占研究与发展全时人员比重(A2)	-0.015	0.003	0.995
高校研究与发展经费(A3)	0.779	0.436	-0.051
高校人均研究与发展经费(A4)	-0.016	0.900	-0.075
高校固定资产购置费(A5)	0.911	0.191	0.019
高校人均固定资产购置费(A6)	0.174	0.696	0.073

表4 主成分得分函数的系数

评价指标	成分		
	1	2	3
高校研究与发展全时人员(A1)	0.448	-0.242	0.000
高校科学家和工程师占研究与发展全时人员比重(A2)	0.001	0.021	0.992
高校研究与发展经费(A3)	0.292	0.194	-0.037
高校人均研究与发展经费(A4)	-0.129	0.618	-0.059
高校固定资产购置费(A5)	0.385	0.009	0.030
高校人均固定资产购置费(A6)	-0.014	0.455	0.086

由表3和表4可得以下线性组合模型:

$$F1 = 0.448A1 + 0.001A2 + 0.292A3 - 0.129A4 + 0.385A5 - 0.014A6。$$

$$F2 = -0.242A1 + 0.021A2 + 0.194A3 + 0.618A4 + 0.009A5 + 0.455A6。$$

$$F3 = 0.000A1 + 0.992A2 - 0.037A3 - 0.059A4 + 0.030A5 + 0.086A6。$$

根据因子得分系数矩阵和各个主成分的贡献率可以确定创新基础能力的综合评分函数:

$$A = 0.39259F1 + 0.25815F2 + 0.16728F3。$$

根据组合模型统计,考察期各省份高校科技创新能力得分如表5所示,全国平均得分为0.063。高于平均值的有江苏、北京、广东、上海、山东、辽宁、浙江、湖北、陕西、四川、河南和安徽等12个省份,说明省域高校之间科技创新能力存在东部高、西部低的区域不均衡性。

表5 各省高校科技创新能力情况

省份	平均得分	排名	省份	平均得分	排名
江苏	1.261	1	河北	-0.068	15
北京	1.207	2	天津	-0.073	16
广东	0.907	3	江西	-0.170	17
上海	0.616	4	重庆	-0.174	18
山东	0.443	5	吉林	-0.177	19
辽宁	0.383	6	福建	-0.211	20
浙江	0.345	7	广西	-0.256	21
湖北	0.141	8	山西	-0.276	22
陕西	0.118	9	云南	-0.298	23
四川	0.093	10	甘肃	-0.390	24
河南	0.078	11	新疆	-0.430	25
安徽	0.064	12	内蒙古	-0.445	26
湖南	0.042	13	贵州	-0.451	27
黑龙江	0.040	14	海南	-0.555	28

通过对科技创新能力排名前3的江苏、北京、广东高校的36项指标原始值分析可知,这3个省份高校有9项评价指标均排名在全国各省份前5名(表6)。从表6可以发现,创新支撑能力方面,全省R&D人员、全省R&D经费支出、全省对创新的重视程度3项指标对科技创新能力影响较大,各地政府应该高度重视创新工作,在人员和经费方面提供保障。创新投入能力方面,高校研究与发展全时人员、固定资产购置费2项指标对科技创新能力影响较大,各省、高校应该增加科研人力投入,加强实验仪器设备购置等基础平台建设工作。创新服务能力方面,高校研究与发展项目、培养学生数指标对科技创新能力影响较大,各省、高校应该支持和发展研究生教育,引导研究生积极参与科研项目创新研究工作。创新辐射能力方面,高校平均出席国际学术会议情况、人均提交国际学术会议特邀报告情况、高校主办国际学术会议情况3项指标对科技创新能力影响较大,各省、高校应该更加重视科技国际交流合作工作,注重“走出去”参加国际学术会议,了解国际学术前沿,也要通过主办国际学术会议“请进来”现场指导交流,同时重视通过提交国际学术会议特邀报告,在国际学术同行中提高学术知名度和影响力。

表6 江苏、北京、广东3省份高校评价指标排名情况

评价指标	全省研究与试验发展(R&D)人员	全省研究与试验发展(R&D)经费	全省对创新的重视程度	高校研究与发展全时人员	高校固定资产购置费	高校研究与发展项目培养学生数	高校出席国际学术会议情况	高校提交国际学术会议特邀报告情况	高校主办国际学术会议情况
江苏	2	1	2	3	1	2	5	2	2
北京	3	3	5	1	2	4	3	1	5
广东	1	2	1	5	4	1	4	4	4

三、科技创新效率分析

(一) 评价指标体系

在分析高校科技创新能力的基础上,项目组采用数据包络分析(DEA)模型构建评价指标体系^[25]。数据包络分析(DEA)将每一个被评价的经济系统或生产过程视为一个决策单元(DMU),由决策单元组(DMUS)构成评价群体,处于同一评价群体的每个决策单元都具有同样种类的资源消耗,即各决策单元具有相同的投入项指标和相同的产出项指标,在指标项和决策单元组确定以后,采用数学规划模型比较决策单元之间的相对效率,进行投入与产出比率的综合分析,得到每一决策单元综合效率的量化指标值,从而确定有效的决策单元,指明其他决策单元非有效的程度。

本项目研究认为,高校科技创新过程具有复杂的阶段特征,主要包括产出创新成果和创新成果转化两个阶段。即:在第一阶段,将创新投入要素转化成知识创新产出成果;在第二阶段,将知识创新产出成果投入生产,进行技术创新成果转化,带来经济效益,促进经济发展。具体评价指标可参见表7。第一阶段投入指标包括人力、财力和物力投入,研究与发展全时人员反映了人力资源投入的情况,研究与发展经费反映了财力资源投入的情况,固定资产购置费反映了物力资源投入的情况。第一阶段产出指标(第二阶段投入指标)包括研究、开发、知识产出(投入),发表学术论文数反映科学研究水平,专利授权数反映技术开发水平,出版科技著作数反映知识传承水平。第二阶段产出指标包括转让、出售和委托产出,技术转让、专利出售实际收入代表开发技术、专利技术的市场应用程度,企事业单位委托经费代表创新对社会经济发展的促进程度。

表7 高校科技创新效率评价指标体系

指标类别	指标名称	单位
创新投入	研究与发展全时人员	人年
	研究与发展经费	万元
	固定资产购置费	万元
知识创新产出/投入	发表学术论文数	篇
	专利授权数	项
	出版科技著作数	部
技术创新转化产出	技术转让实际收入	万元
	专利出售实际收入	万元
	企事业单位委托经费	万元

注:根据测算,与数据人均值相比,采用数据原始值时,全要素生产效率值的偏差比例更小,故此评价指标体系采用原始数据

(二) 实证分析

根据DEA模型构建的评价指标体系,采用基于DEA的Malmquist指数计算方法,分别考察各省高校两个阶段科技创新全要素生产效率(Total Factor Productivity),第一、第二阶段时滞均为1年^[21]。

基于DEA的Malmquist全要素生产效率指数是通过距离函数来定义的^[26-27],可以定义投入距离函数和产出距离函数。本项目研究采用产出距离函数来定义Malmquist生产率指数。假定向量 x

表示投入量, $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$; y 表示产出量, $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$; $p(x)$ 代表使用投入向量 x 所能生产的所有产出向量的集合。即:

产出距离函数可定义为:

$$d_0(y, x) = \min \{ \varphi : (y/\varphi) \in p(x) \} \quad (1)$$

以时期 t 的技术 T 为参照, 基于产出角度的 Malmquist 指数可以表示为:

$$M_0^t(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1}) / d_0^t(x_t, y_t) \quad (2)$$

以时期 $t+1$ 的技术 $T+1$ 为参照, 基于产出角度的 Malmquist 指数可以表示为:

$$M_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) / d_0^{t+1}(x_t, y_t) \quad (3)$$

从 t 到 $t+1$ 时期, 度量全要素生产率指数增长的 Malmquist 指数可以分解为不变规模报酬假定下技术效率指数 (EC) 和技术进步指数 (TP), 其中技术效率变化指数还可进一步分解为纯技术效率指数 (PC) 和规模效率指数 (SC), 其分解过程如下:

$$\begin{aligned} & M_0^t(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) \\ &= \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \times \left[\frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{d_0^t(x_t, y_t)}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right] \\ &= \text{EC} \times \text{TP} \\ &= \text{TP} \times \text{PC} \times \text{SC} \end{aligned} \quad (4)$$

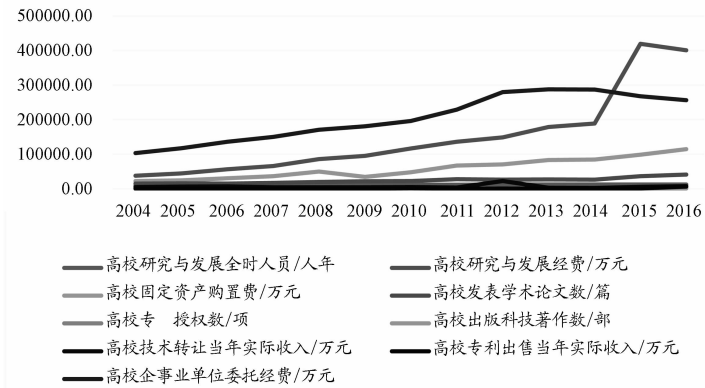
式(4)中, (x_t, y_t) 和 (x_{t+1}, y_{t+1}) 分别表示时期 t 和时期 $t+1$ 的投入产出量, d_0^t 和 d_0^{t+1} 分别表示以时期 t 的技术 T 为参照时期 t 和时期 $t+1$ 的距离函数。

全要素生产率是指全部生产要素(包括资本、劳动、土地,但通常分析时都略去土地不计)的投入量都不变时,而生产量仍能增加的部分^[28]。根据组合模型和函数进行统计,得分如表8所示,全国平均得分为1.084。高于平均值的有辽宁、江西、吉林、山东、海南、内蒙古、广西、贵州、新疆、云南、江苏、浙江、福建、广东和陕西等15个省份,说明省域之间高校科技创新效率相对比较均衡。

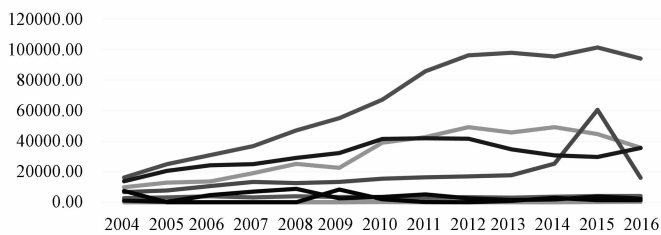
表8 各省高校科技创新效率情况

省份	平均得分	排名	省份	平均得分	排名
辽宁	1.236	1	陕西	1.107	15
江西	1.225	2	山西	1.068	16
吉林	1.213	3	重庆	1.060	17
山东	1.207	4	甘肃	1.048	18
海南	1.176	5	四川	1.025	19
内蒙古	1.143	6	湖南	1.017	20
广西	1.142	7	黑龙江	1.011	21
贵州	1.139	8	北京	1.001	22
新疆	1.126	9	上海	1.001	23
云南	1.130	10	天津	0.995	24
江苏	1.129	11	河北	0.984	25
浙江	1.126	12	安徽	0.975	26
福建	1.112	13	湖北	0.971	27
广东	1.110	14	河南	0.873	28

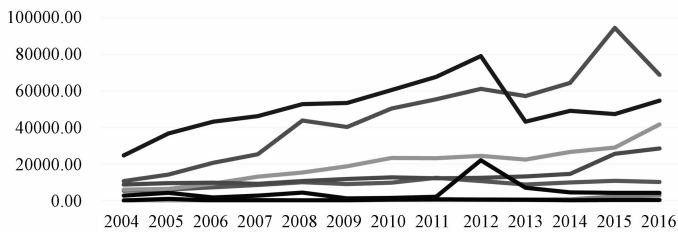
图1分析发现,由于受国家供给侧结构性改革、东北老工业基地振兴等各项政策影响,高校科技创新效率排名前3的辽宁、江西和吉林,科技创新投入不足,如2016年全省研究与试验发展经费投入强度,辽宁、江西和吉林分别为1.69%、0.94%和1.13%,均低于全国平均的2.11%。但他们通过加强科技创新管理、优化创新政策等方式,在投入相对不足的情况下,实现了创新效率的良好效果,吉林2011年实施了创新型吉林建设科技行动计划、江西2013年实施了科技创新“六个一”工程、辽宁2014年出台了自主创新促进条例,确保了创新效率的提升。



(A) 辽宁



(B) 江西



(C) 吉林

图1 辽宁、江西和吉林三省高校科技创新效率评价指标情况

四、科技创新经济贡献率分析

(一) 评价指标设计

在上述分析基础上,借鉴“柯布-道格拉斯(C-D)生产函数”和索洛“增长速度方程”,推导出科技进步速度:

$$a = y - \alpha k - \beta l$$

式中, y 表示产出(GDP)的年平均增长速度, k 表示资金(固定资产)投入的年平均增长速度, l 表示劳动力投入的年平均增长速度。则科技进步的经济贡献率为:

$$a/y * 100\%$$

根据 GDP 增长与全省研究与试验发展(R&D)人员全时当量的相关性校验结果,采用高校 R&D 全时人员增加量与全省 R&D 全时人员增加量的比重,来对应衡量高校科技创新进步对经济的贡献率^[29]。参照国家统计局推荐值, $\alpha = 0.3, \beta = 0.7$ ^[30]。

(二) 实证分析

根据评价指标和公式模型,考察周期各省份高校科技创新经济贡献率平均得分如表 9 所示,全国平均得分为 5.15%。高于平均值的有广西、贵州、吉林、云南、湖南、湖北、上海、内蒙古、陕西、重庆、北京、海南、辽宁、安徽、山东和天津等 16 个省份。

表 9 各省高校科技创新经济贡献率情况

省份	平均得分	排名	省份	平均得分	排名
广西	14.16%	1	天津	5.43%	15
贵州	12.02%	2	山东	5.19%	16
吉林	10.90%	3	甘肃	4.18%	17
云南	10.80%	4	江苏	3.26%	18
湖南	9.81%	5	河北	3.23%	19
湖北	8.51%	6	河南	3.22%	20
上海	7.54%	7	浙江	2.42%	21
内蒙古	7.15%	8	江西	2.44%	22
陕西	6.95%	9	广东	1.93%	23
重庆	6.70%	10	福建	1.69%	24
北京	6.45%	11	新疆	0.23%	25
海南	6.38%	12	黑龙江	-1.97%	26
辽宁	5.68%	13	山西	-2.28%	27
安徽	5.61%	14	四川	-3.40%	28

从对高校科技创新经济贡献率排名前 3 名的广西、贵州、吉林的测算指标(表 10)分析发现,3 个省份的平均 GDP 总量增长幅度分别为 15.6%、17.4% 和 14.8%,均高于全国平均增幅的 11.6%。全省固定资产投资总额增幅与全国增长较大(22.5%)类似,分别增长 27.8%、31.5% 和 19.3%。而全社会从业(就业)人员增幅远低于全国平均的 3.12%,分别为 0.67%、0.66% 和 1.70%。“全省高校 R&D 人员全时当量/全省 R&D 人员全时当量”则高于全国平均值的 0.1,分别为 0.33、0.18 和 0.34,科技进步对经济的贡献率也高于全国平均水平的 18.7%,分别为 45.2%、68.9% 和 32.1%。可见,广西、贵州和吉林 GDP 总量保持较快增长,主要原因是科技进步对经济的贡献率较高,全省高校 R&D 人员所占比重也较大。因此,各省应该高度重视科技创新工作,让经济发展更多依靠科技创新驱动,各高校应该注重科技人才引进和培养工作,增加或增强创新人才队伍数量与质量。

表 10 广西、贵州、吉林高校科技创新经济贡献率测算指标平均情况

指标	全省 GDP 总量增长/%	全省固定资产投资总额增长/%	全社会从业(就业)人员增长率/%	科技进步对经济的贡献率/%	全省高校 R&D 人员全时当量/全省 R&D 人员全时当量
广西	15.6	27.8	0.68	45.2	0.33
贵州	17.4	31.5	0.66	68.9	0.18
吉林	14.8	19.3	1.70	32.1	0.34

五、研究结论与讨论

根据上述分析,将高校科技创新能力、效率和经济贡献率三项指标分别取平均值,高于平均值的数界定为“高”(H),低于平均值的数界定为“低”(L),得出以下研究发现。

第一,三项指标评价结果和省份之间有 8 种对应关系。表现为 H-H-H 的是地处经济发展水平较好的辽宁、陕西和山东 3 个省份;表现为 H-H-L 的是地处经济最发达地区的江苏、广东和浙江 3 个省份;表现为 H-L-H 的是地处经济发达及发展水平较好的北京、上海、湖北和安徽 4 个省份;表现为 L-H-H 的是地处经济欠发达地区的吉林、广西、云南、内蒙古、贵州和海南 6 个省份;表现为 H-L-L 的是地处经济欠发达地区的四川和河南 2 个省份;表现为 L-H-L 的是地处经济欠发达地区的江西、福建和新疆 3 个省份;表现为 L-L-H 的是湖南、天津和重庆 3 个省份;表现为 L-L-L 的是地处经济欠发达地区的黑龙江、河北、山西和甘肃 4 个省份。

可以认为,地处经济发达地区省份的高校,在科技创新能力方面表现更为突出,地处经济欠发达地区省份科技创新效率更高,科技创新对经济发展的贡献率也更大。

第二,从图 2 表现为 H-H-H 的辽宁、陕西和山东高校近 5 年情况可以看出,辽宁高校科技创新能力逐年平缓增长,创新效率波动较大,经济贡献率比较平缓,陕西高校科技创新能力在波动中增长,创新效率在波动中有所下降,经济贡献率也在波动中下降,山东高校科技创新能力略微上涨,创新效率在波动中有所下降,经济贡献率也有所下降。根据图 2 中 3 个省域高校实证结果来看,高校科技创新能力、科技创新效率和 GDP 增长率之间,并无明显一致的线性关系,而经济贡献率和 GDP 增长率之间有较为明显的趋势一致的线性相关性,拟合指数 $R^2=0.3114$ 。

由此说明,高校科技创新能力、科技创新效率并不能直接影响经济增长,而只有将高校科技创新有效转化为促进经济贡献率提升时,才对经济发展具有促进作用。因此,高校应该更加注重产学研结合,让科技创新向生产力进行有效转化,更加深入服务社会经济发展。由此也可以发现,科技创新效率的波动幅度比较大,说明效率受各方面综合因素影响较大,将在后续研究中进一步进行验证。

第三,从公布的国家“双一流”建设高校及建设学科名单来看^[31],三项指标中其中两项为 H 的省份高校“双一流”建设情况如图 3 所示。从图 3 可以看出,表现为 H-H-H 的陕西有 3 所高校被列为世界一流大学建设行列,高校数量排在北京(8 所)、上海(4 所)之后,辽宁和山东分别有 2 所高校,并列排在北京、上海和陕西之后。表现为 H-H-L 的江苏、广东和浙江 3 个省份,分别有 43 个、

18个和20个学科进入国家“双一流”建设行列。表现为H-L-H的北京、上海、湖北和安徽4个省份,分别有153个、57个、29个和13个学科进入国家“双一流”建设行列。表现为L-H-H的除广西、内蒙古、贵州和海南外,吉林有1所高校和12个学科、云南有1所高校和2个学科进入国家“双一流”建设行列。

由此也从另一个侧面反映出,科技创新能力、效率、经济贡献率三者的协调发展,有利于提升高校学科建设水平和整体竞争实力,也将有利于促进国家“双一流”建设。

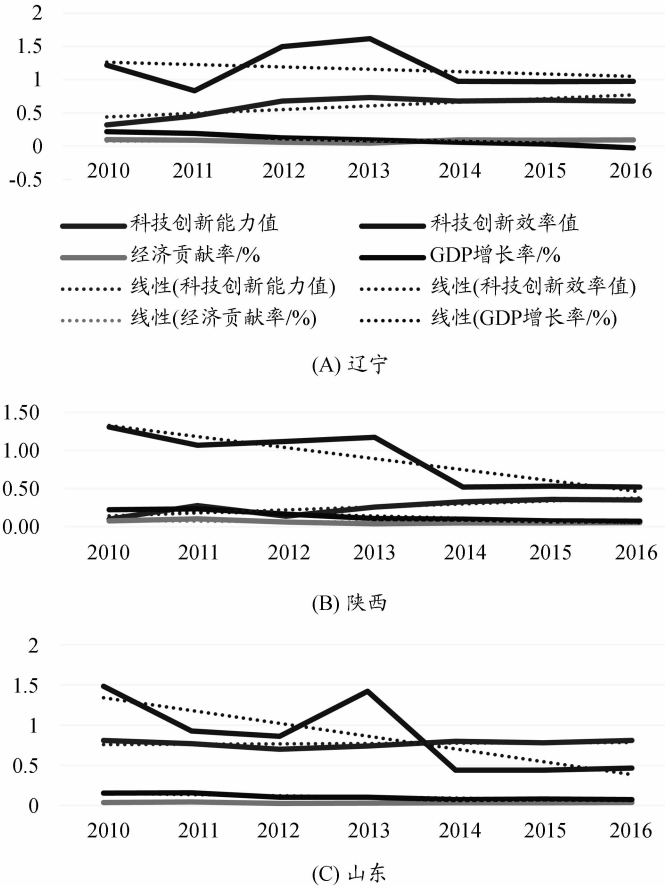


图2 辽宁、陕西和山东三省高校科技创新能力、效率、经济贡献率和GDP增长情况(2010—2016年)

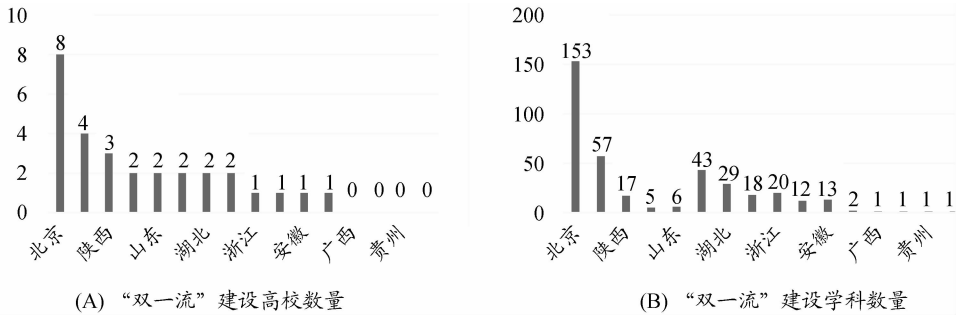


图3 三项指标中有其中两项为H的省份“双一流”建设情况

第四,由于中国省域之间经济发展水平差异较大,政府部门应该出台相应政策,加大对经济欠发达地区高校的科技创新投入,提高经济发达地区科技创新效率,促进地区之间科技创新资源的有效流动,促进区域间科技和经济健康、持续、协同发展。

回顾本研究对高校科技创新能力、科技创新效率、科技创新经济贡献率的综合分析可以发现,这项研究仅仅是一个探索性的研究,所以对评价指标构建、测算方法选取、参考数据来源等也只是试探性研究。不足之处以及影响因素、作用机理等将在今后的研究中进行弥补和深化。

参考文献:

- [1] TÖDTLING F, KAUFMANN A. Innovation systems in regions of Europe—a comparative perspective[J]. *European Planning Studies*, 1999, 7(6): 699–717.
- [2] KERSSENS-VAN DRONGELEN I C, COOKE A. Design principles for the development of measurement systems for research and development processes[J]. *R and D Management*, 1997, 27(4): 345–357.
- [3] ZABALA-ITURRIAGAGOITIA J M, VOIGT P, GUTIERREZ-GRACIA A. Regional innovation systems: How to assess performance[J]. *Regional Studies*, 2007, 41(5): 661–672.
- [4] FREEMAN C. The ‘National System of Innovation’ in historical perspective[J]. *Cambridge Journal of Economics*, 1995, 19(1): 5–24.
- [5] 王章豹,徐枏巍. 高校科技创新能力综合评价: 原则、指标、模型与方法[J]. *中国科技论坛*, 2005(2): 55–59.
- [6] 谭恒. 河南省科技创新能力评价研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2010.
- [7] WANG E C, HUANG W. Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach[J]. *Research Policy*, 2007, 36(2): 260–273.
- [8] JAYANTHI S, WITT E C, SINGH V. Evaluation of potential of innovations: A DEA-based application to US photovoltaic industry[J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2009, 56(3): 478–493.
- [9] 刘玲利. 科技资源配置理论与配置效率研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [10] 熊彼特. 经济发展理论[M]. 郭武军, 等译. 北京: 华夏出版社, 2015: 16–26.
- [11] GRILICHES Z. R&D and the productivity slowdown[R]. *National Bureau of Economic Research*, 1980: 343–348.
- [12] 赵喜鸟, 钱燕云, 薛明慧. 技术进步对经济增长的贡献度分析——基于长三角和珠三角5个地区的实证分析[J]. *科技进步与对策*, 2012(2): 23–26.
- [13] 史英慧. 辽宁省科技创新能力及效率评价[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2015.
- [14] 周国华. 高校科技创新能力对江苏区域经济影响的实证研究[J]. *中国商贸*, 2014(10): 174–176.
- [15] 赵绪胜. 山东省高校科技创新效率的评价研究[D]. 济南: 山东大学, 2016.
- [16] 范斐, 杜德斌, 李恒, 等. 中国地级以上城市科技资源配置效率的时空格局[J]. *地理学报*, 2013(10): 1331–1343.
- [17] 张静. 我国农业科技创新能力与效率研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [18] 盛彦文, 马廷吉. 东北三省科技资源产出效率及经济贡献——基于34个地级城市的面板数据[J]. *中国科学院大学学报*, 2016(5): 632–640.
- [19] 王青, 潘桔. 高校科技创新能力对地区经济增长贡献率研究——以辽宁省为例[J]. *沈阳工业大学学报(社会科学版)*, 2017(2): 129–133.
- [20] 林卓玲, 黄英, 贺浪萍. 不同类型高等学校科技创新效率变化分析[J]. *华南师范大学学报(自然科学版)*, 2014(4): 116–123.
- [21] 国家统计局社会科技和文化产业统计司, 科学技术部创新发展司. 中国科技统计年鉴(2005–2017)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005–2017.
- [22] 李文辉, 林卓玲. 地方高校科技创新能力评价指标体系构建思考[J]. *技术与创新管理*, 2011(4): 325–327, 353.
- [23] 李艳双, 曾珍香, 张闯, 等. 主成分分析法在多指标综合评价方法中的应用[J]. *河北工业大学学报*, 1999(1): 94–97.
- [24] 陈运平. 高校科技创新体系、能力及其对经济增长的贡献研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2007.
- [25] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [26] 陈国生, 杨凤鸣, 陈晓亮, 等. 基于 Bootstrap-DEA 方法的中国科技资源配置效率空间差异研究[J]. *经济地理*, 2014(11): 36–42.
- [27] 刘为. 大学科技园创新效率评价研究——基于两阶段共同边界 DEA 模型[D]. 苏州: 苏州大学, 2015.

- [28] 石枕. 怎样理解和计算“全要素生产率”的增长——评一个具体技术经济问题的计量分析[J]. 数量经济技术经济研究, 1988(12): 68-71.
- [29] 齐艳杰. 高校科技创新对河北省经济发展的贡献作用的实证研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2012.
- [30] 姜均露. 经济增长中科技进步作用测算: 理论与实践[M]. 北京: 中国计划出版社, 1998.
- [31] 赵蓉英, 张心源. “双一流”建设背景下中国高校人才与大学排名相关性分析[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2018(3): 117-127.

Research on the scientific and technological innovation ability, efficiency and economic contribution rate of Chinese provincial universities

LI Wenhui^a, JIANG Yongzhi^a, HE Qiurui^b, CHEN Zhongnuan^a

(*a. School of Geography; b. School of Public Administration, South China Normal University, Guangzhou 510631, P. R. China*)

Abstract: Based on the data collected from provincial universities in China from 2004 to 2016, SPSS statistical tools were used to evaluate the scientific and technological innovation capability by principal component analysis. The efficiency of scientific and technological innovation was evaluated by two-stage data envelopment analysis model (DEA). The contribution rate of scientific and technological innovation was evaluated by using the “Cobb-Douglas (C-D) production function” and Solow “growth rate equation”. Average number for each of the three indicators was calculated, data higher than the average number was defined as “high”, and data below the average number was defined as “low”. Provinces were divided by their grades of the three indicators: 1) high-high-high: Liaoning, Shaanxi, Shandong; 2) high-high-low: Jiangsu, Guangdong, Zhejiang; 3) high-low-high: Beijing, Shanghai, Hubei, Anhui; 4) low-high-high: Jilin, Guangxi, Yunnan, Inner Mongolia, Guizhou, Hainan; 5) high-low-low: Sichuan, Henan; 6) low-high-low: Jiangxi, Fujian, Xinjiang; 7) low-low-high: Hunan, Tianjin, Chongqing; 8) low-low-low: Heilongjiang, Hebei, Shanxi, Gansu. Found in Liaoning, Shaanxi and Shandong, there is a certain linear correlation between scientific and technological innovation capability, efficiency, economic contribution rate and GDP growth rate. The research conclusion is consistent with the situation of “Double First-Class” construction to a certain extent.

Key words: scientific and technological innovation ability; scientific and technological innovation efficiency; economic contribution rate; universities; provinces

(责任编辑 彭建国)