

我国十大城市群高校科研效率 及影响因素研究 ——基于 DEA-Malmquist-Tobit 模型



蔡文伯^{1 2} 赵志强¹

(1. 石河子大学 师范学院, 石河子 832003; 2. 塔里木大学 人文学院, 阿拉尔 843300)

摘要: 城市群高校作为科研创新体系的“桥头堡”, 肩负着培养创新人才、进行科学研究和服务创新战略的重要使命。以 2009—2018 年我国十大城市群高校为研究对象, 运用 DEA-Malmquist 模型对各城市群高校科研效率进行测算。结果表明: 2018 年我国城市群高校科研效率明显提升, 但是非 DEA 有效城市群仍然占比较高。山东城市群、中原城市群和长三角城市群等高校科研效率的增长主要源于技术进步效率的提高, 珠三角城市群、海西城市群和辽中南城市群等高校科研效率的下降主要源于技术效率的降低。进而通过 Tobit 模型对影响高校科研效率的因素进行回归分析, 发现城市群高校人力资本和财力资本处于“丰裕”状态, 成果奖励、学术交流和科研机构处于“稀缺”状态。为推进我国高校内涵式发展, 应减少人力资本和财力资本的过度投入, 加强对外交流合作, 改组和整合科研机构, 完善成果奖励机制, 努力推进城市群高校协同发展。

关键词: 投入产出理论; 城市群; 高等教育; 科研效率; DEA-Malmquist-Tobit 模型

[中图分类号] G644 [文献标志码] A [文章编号] 1673-8012(2021)04-0030-13

一、问题提出

近几年, 我国不仅实现了经济持续稳定增长, 城市群扩张步伐也在不断加快。与单一城市的“节点经济”相比, 城市群具有开放性和综合性的发展优势, 逐渐成为资源共享、优势互补的经济集合体。面对当前复杂的国内外形势, 城市群建设也面临着新挑战、新难题, 城市群建设空心化、产业结构高度

收稿日期: 2020-09-15

基金项目: 国家自然科学基金项目“深度贫困地区教育精准扶贫政策绩效的测度与评价研究”(71864032); 教育部人文社会科学规划基金项目“新疆不同社会阶层的少数民族高等教育入学机会差异研究”(14YJA880002); 新疆兵团社会科学基金项目“兵团教育精准扶贫成效与实现路径研究”(18ZD04)

作者简介: 蔡文伯, 男, 新疆巴里坤人, 石河子大学教授, 博士, 塔里木大学“昆仑学者”特聘教授, 主要从事高等教育学和教育经济学研究;

赵志强, 男, 山东济南人, 石河子大学师范学院硕士生, 主要从事高等教育学研究。

引用格式: 蔡文伯, 赵志强. 我国十大城市群高校科研效率及影响因素研究: 基于 DEA-Malmquist-Tobit 模型[J]. 重庆高教研究, 2021, 9(4): 30-42.

Citation format: CAI Wenbo, ZHAO Zhiqiang. Research on the scientific research efficiency and influencing factors of universities in China's ten major urban agglomerations: based on DEA-malmquist-tobit mode [J]. Chongqing higher education research 2021 9(4): 30-42.

重型化导致区域经济发展后劲不足。作为区域创新能力的集中反映,高等教育直接控制和影响着城市群的发展质量和协同化运行格局,并且正在成为推进经济高质量发展的重要推动力。高等教育向城市群集聚不仅有助于降低学术交流的时间和空间成本,还能实现科技资源的整合与共享,提高成果转化效率。那么,我国城市群高校科研创新效率表现如何?主要受哪些因素的影响?应怎样确保科研要素投入的合理性和有效性?本研究将对以上问题进行深入剖析和解答。

在城市群建设的大背景下,学术界关于高校科研效率的研究逐渐增多。通过对现有文献的梳理发现,研究成果可归纳为3个主要方面。一是分省份研究科研创新效率。汪彦等基于知识生产理论,采用 DEA-Tobit 两步法对上海17所高校科研创新效率进行分析,发现处于科研创新效率最优状态的高校数量较少,无论是综合技术效率还是纯技术效率,市属高校科研效率与教育部直属高校存在显著差距且差距逐渐扩大^[1]。郜林平等对河北省各高校科研效率进行评价,发现河北省高校科研效率整体偏低,并且大部分高校存在投入冗余或产出不足的情况^[2]。刘天佐等对我国省际高校科研绩效进行实证研究,发现我国高校科研绩效整体水平不高且地区差异明显,区域经济发展水平和地区政策环境对科研效率没有明显影响,而地区科研环境、教师职称结构对高校科研效率有显著影响^[3]。二是分等级研究科研创新效率。闫平等运用 DEA 和 Malmquist 指数法对教育部直属48所高校科研效率进行静态和动态评价,发现教育部直属高校中有16.7%的高校科研效率是有效的,83.3%的高校没有达到有效水平,大部分高校仍然存在科研管理水平较低、科研资源配置不合理等问题^[4]。彭迪等运用输出导向权重约束 BCC 视窗分析模型,测算了32所“双一流”建设高校的全要素生产效率均值为1.097,且分地区样本高校的全要素生产效率呈现“中部塌陷”态势^[5]。林德明等以我国“985工程”高校的技术转移效率为研究对象,采用 DEA 方法测算高校技术转移的有效性,发现我国“985工程”高校的技术转移平均效率不高,有60%的高校是非 DEA 有效的,且这些高校在资源投入一定的情况下均存在产出不足的情况^[6]。三是分学科研究科研创新效率。胡咏梅等以“211工程”高校理工农医学科和人文社会学科科研生产效率为研究对象,发现人文社会学科科研生产效率维持在较低水平,理工农医学科科研生产效率处于相对较高水平^[7]。蔡文伯等运用 SE-DEA 模型对我国25所地方高等师范院校进行效率评价,发现我国大部分地方高等师范院校呈现无效率状态,非效率地方高等师范院校物质资源短缺,且地方高等师范院校研究生培养和科研产出严重不足^[8]。赵小峰等以陕西7所涉农高等职业院校为研究对象,发现导致部分院校的整体效率非有效的主要原因是技术效率和规模效率偏低^[9]。

综上所述,我国学者对高校科研效率已经进行了多方位、分层次的研究,但仍然存在一些不足:一是在研究区域上,已有研究成果较多侧重于全国高校、省内高校和高校属性层面,较少涉及高校聚集的城市群层面。二是在指标选取上,投入或产出变量多以主观偏好或搜集的难易程度进行选择,易导致变量指标的代表性不强。三是在效率评价上,现有研究较多地对科研投入产出效率进行发展现状评价,对于高校内部科研能力和外部经济环境关注较少,导致结论分析的说服力不强。鉴于此,本研究以2009—2018年我国十大城市群高校为研究对象,首先采用 DEA-Malmquist 模型对不同城市群高校科研创新效率进行指数测算,进而利用空间 Tobit 回归模型找出影响高校科研创新效率的关键因素,以期能为打造高质量的“科创中心”、发挥区域城市群的资源集聚优势提出合理化对策建议。

二、研究设计

(一) 模型设定

1. 传统 DEA 模型

学术界应用最广泛的高校科研效率评价方法主要包括数据包络分析法(DEA)、层次分析法和模

糊综合评价法等。数据包络分析法是美国学者 Charnes 于 1978 年所构建的方法,其优点在于通过比较各决策单元与前沿标准的偏离程度来衡量效率是否有效,且在数据处理上不用考虑对其进行加权或标准化处理^[10]。我国高校可以被视为一个投入产出系统,各高校虽然在办学规模、办学层次等方面存在差异,但是均以资源投入和成果产出作为主要衡量标准,由此可以精确地测算各高校科研效率,考虑到高校科研效率的规模收益可变(VRS),本研究运用 DEA-BCC 模型对我国城市群高校的静态效率进行分析。其基本表达式如下:

$$\begin{cases} \min \theta \\ s. t. \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s_r^- = \theta x_0, r = 1, 2, \dots, a \\ \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - s_i^+ = y_0, i = 1, 2, \dots, b \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0 \\ s_i^- \geq 0, s_r^+ \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中 n 表示评价单元个数, x_j, y_j 分别表示评价单元的投入变量和产出变量, s_r^-, s_r^+ 分别表示投入冗余变量和产出松弛变量, λ_j 表示评价单元的参变量, θ 表示评价单元的效率值,当 $\theta = 1, s_i^- = 0, s_r^+ = 0$ 时,评价单元处于有效状态;当 $\theta < 1$ 时,评价单元处于非有效状态。

2. Malmquist 指数模型

传统 DEA 模型能够测算各城市群高校科研投入产出的静态效率,但如果要观察跨年份的变化趋势,须引入经典的曼奎斯特指数(Malmquist)。Malmquist 指数又称全要素生产率指数,是由瑞典学者 Malmquist 最早提出,他将全要素生产率分解为技术进步(TE)和技术效率(EF)^[11]。随后 Fare 在此基础上又将技术效率(EF)进一步分解为纯技术效率(PE)和规模效率(SE),并广泛应用于动态分析各领域的投入产出效率^[12]。Lovell 分别运用理论和实证方法对 Malmquist 指数进行验证,也充分肯定了该模型的科学性^[13]。为此,本研究采用 Malmquist 指数法对 2009—2018 年城市群高校科研投入产出的面板数据进行分析。其基本表达式如下:

$$M_0 = (x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \times \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

式(2)中 D^t 表示 t 时期的距离函数, x^t 表示第 t 期的投入值, y^t 表示第 t 期的产出值。当 $M_0 < 1$ 时,全要素生产率随时间的推进而降低;当 $M_0 = 1$ 时,全要素生产率随时间的推进没有变动;当 $M_0 > 1$ 时,全要素生产率随时间的推进而上升。

3. Tobit 回归模型

由于传统 DEA 模型测算出的科研创新效率值服从 $[0, 1]$ 的截断型分布,若采用传统最小二乘法(OLS)的函数估计可能导致分析结果不准确。因此,在测算我国城市群高校科研效率值后,将采用最大似然估计法(MLE)构建空间 Tobit 回归模型,对高校科研创新效率的关联因素作进一步分析。Tobit 回归模型又被称为受限回归模型,是由美国学者 Tobin^[14] 于 1958 年首次提出,该模型因表达简洁、具有较强的普适性而被广泛应用。其基本形式如下:

$$\begin{cases} Y_i^* = a + \beta_i X_i + \varepsilon_i \\ Y_i = Y_i^* (Y_i^* > 0) \\ Y_i = 0 (Y_i^* \leq 0) \end{cases} \quad (3)$$

式(3)中 Y_i^* 表示观测到的被解释变量; X_i 表示观测到的解释变量; β_i 表示解释变量的回归系数; ε_i 表示影响观测变量的随机干扰项,独立且服从于 $(0, \sigma)$ 的正态分布。

(二) 指标构建与数据来源

1. 投入产出指标构建

高校科研活动是一个多元投入、多元产出的复杂系统,而评价指标体系是关系到评价目的性、代表性和权威性的关键因素。通过文献梳理发现,目前对高校物力资本投入仍然没有形成一种可靠的衡量标准,学者们在收集高校科研投入指标时基本上是从人力和财力两个方面着手。为此,本研究在综合考量数据科学性和研究可行性的基础上,最终构建了城市群高校科研活动的投入产出指标体系(见表1)。借鉴宗晓华、杨博等的研究,选取研究与发展全时当量人员和科研经费内部支出作为投入指标的代理变量^[15-16]。借鉴 Bhutto、覃雄合等的研究,选取高校科研项目数、科技著作与论文数、专利申请数和专利转让实际收入作为产出指标的代理变量^[17-18]。

表1 我国城市群高校科研活动的投入产出指标

变量性质	测量维度	测量指标
投入指标	人力资本投入	研究与发展全时当量人员(人年)
	财力资本投入	科研经费内部支出(万元)
产出指标	学术效益产出	科技著作与论文数(部、篇)
		科研项目数(项)
	社会效益产出	专利申请数(件) 专利转让实际收入(万元)

2. 影响因素指标构建

尽管投入产出指标是影响高校科研效率的直接因素,但也不能忽略人力资本、财力资本、学术交流等外部科研环境对高校科研效率产生的间接影响。因此,本研究选取以下解释变量作为观察对象(见表2)。

表2 我国城市群高校科研效率的影响因素指标

变量性质	测量维度	测量指标
科研环境	人力资本(hr)	研究与发展全时当量人员(人年)
	财力资本(fr)	科研经费内部支出(万元)
	学术交流(ae)	学术会议交流论文和特邀报告(篇)
	研究机构(rd)	研究机构数(所)
	成果奖励(aa)	科研成果获奖数(项)
	经济实力(pg)	人均地区生产总值(元)

(1) 人力资本 hr 。人力资本作为高校科研创新的主体,承担着知识传承、转化和创新的任务,高校科研工作的顺利开展在很大程度上依赖人力资本的知识生产水平。借鉴李璐^[19]的做法,采用“研究与发展全时当量人员”作为高校人力资本的衡量指标。(2) 财力资本 fr 。高校是开展科学研究的“桥头堡”,科研经费是高校科技工作开展的基本保障^[20]。但投入财力资本过多或不合理的资源配置可能会导致投入与产出失衡的问题,因此采用“科研经费内部支出”作为高校财力资本的衡量标准。(3) 学术交流 ae 。Davenport 认为知识是一种流动性较强的综合体,包括结构化的经验、价值以及经过符号化的信息等^[21]。随着城市群建设的不断深化,高校之间加强学术交流,才能不断提升高校知识生产与科研创新能力,因此选取“学术会议交流论文和特邀报告”作为高校学术交流的衡量指标。(4) 研究机构 rd 。研究机构是高校科研成果产出的“孵化中心”。借鉴苏荟^[22]的做法,选用“研究机

构数”作为影响高校科研效率的因素之一。(5) 成果奖励 aa 。成果奖励是对科研人员价值创造活动的肯定,是对众多科研人员积极投身科研事业的鼓励和鞭策,可以激发科研人员的积极性。借鉴吴和燊^[23]的做法,选取“科研成果获奖数”作为高校成果奖励的衡量指标。(6) 经济实力 pg 。经济发展水平在很大程度上决定了高校科研经费的投入多少。借鉴张家峰^[24]的做法,采用“地区人均国内生产总值”作为经济实力的衡量指标。为减少数据波动等,本研究对以上变量均进行了取对数处理。

3. 数据来源

由于各省高校多集中在省会城市或城市群范围内,本研究在现有成果的基础上,引用陆玉麒^[25]对空间结构的概念界定和陈明华等^[26]对十大城市群的划分标准,对18个在地理位置上相近、生产要素上具有互补优势的省份进行划分(长江中游城市群:湖北、湖南、江西;成渝城市群:四川、重庆;长三角城市群:江苏、浙江、上海、安徽;中原城市群:河南;关中城市群:陕西;珠三角城市群:广东;京津冀城市群:北京、天津、河北;海峡西岸城市群:福建;辽中南城市群:辽宁;山东半岛城市群:山东)^①。数据均来自历年《高等学校科技统计资料汇编》《中国科技统计年鉴》和《中国统计年鉴》。高校科研效率的体现具有一定的滞后性,通过对2009—2018年高校科研创新指标进行Pearson相关系数检验,其相关程度较高且显著,在此不再进行滞后性处理。

三、我国十大城市群高校科研效率分析

(一) 静态效应分析

为在有限的资源条件下获得更高的科研效率,本研究侧重从产出角度(output-oriented)对2009—2018年我国十大城市群高校科研创新效率进行合理性评价。在此仅对2009年和2018年进行比较分析(见表3)。

表3 2009年和2018年城市群高校科研创新的静态效率分析

城市群	省份	2009年				2018年			
		技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬	技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
京津冀城市群	北京	0.698	0.698	0.698	drs	1.000	1.000	1.000	crs
	天津	0.615	0.615	0.978	irs	0.687	0.706	0.974	drs
	河北	0.879	0.893	0.984	drs	0.809	0.829	0.975	drs
珠三角城市群	广东	0.903	1.000	0.903	drs	0.879	1.000	0.879	drs
长三角城市群	上海	0.600	0.873	0.687	drs	0.959	0.989	0.970	drs
	江苏	0.986	1.000	0.986	drs	1.000	1.000	1.000	crs
	浙江	1.000	1.000	1.000	crs	0.974	1.000	0.974	drs
	安徽	0.812	0.842	0.964	drs	0.718	0.850	0.845	drs
长中城市群	湖北	0.831	1.000	0.831	drs	0.952	1.000	0.952	drs
	湖南	0.859	0.887	0.968	drs	0.926	0.984	0.941	drs
	江西	0.977	1.000	0.977	irs	1.000	1.000	1.000	crs
海西城市群	福建	1.000	1.000	1.000	crs	0.926	0.953	0.972	drs
成渝城市群	重庆	0.792	0.877	0.903	irs	0.802	0.896	0.895	irs
	四川	0.728	0.873	0.833	drs	0.986	1.000	0.986	drs

① 在本研究中,“长江中游城市群”简称“长中城市群”,“海峡西岸城市群”简称“海西城市群”,“山东半岛城市群”简称“山东城市群”。

续表

城市群	省份	2009 年				2018 年			
		技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬	技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
中原城市群	河南	1.000	1.000	1.000	crs	1.000	1.000	1.000	crs
辽中南城市群	辽宁	0.793	0.891	0.890	drs	1.000	1.000	1.000	crs
山东城市群	山东	0.908	1.000	0.908	drs	0.768	0.929	0.827	drs
关中城市群	陕西	0.749	0.864	0.867	drs	1.000	1.000	1.000	crs
	均值	0.841	0.924	0.910		0.910	0.952	0.955	

注: irs、crs、drs 分别表示决策单元处于规模报酬递增、不变、递减阶段

由表 3 可知 2018 年我国城市群高校科研技术效率、纯技术效率和规模效率的均值与 2009 年相比分别提升了 0.069、0.028 和 0.045, 城市群高校整体科研水平有了较大幅度提升, 但仍有多数城市群处于非 DEA 有效状态, 且城市群之间、省份之间差距明显。具体分析如下:

1. 技术效率

2018 年城市群高校技术效率较 2009 年上升幅度最大, 说明整体上城市群高校技术效率水平较高, 对高校科研效率的贡献更多。从技术效率有效的城市群来看, 2009 年只有海西城市群和中原城市群实现了高校科研技术效率的有效配置。截至 2018 年, 高校技术效率有效的城市群增添了关中城市群和辽中南城市群, 说明西部地区和东北地区高校资源利用率较高, 后发型优势逐渐显现。虽然有效城市群的数量在不断增多, 但城市群高校科研创新水平仍然比较落后, 且有效城市群高校以东部居多, 中西部城市群大部分处于非 DEA 有效状态。原因可能是东部城市群对高技术成果的需求迫切, 直接影响着高校科研创新效率。而中西部地区经济发展水平相对滞后, 不仅造成高校科研创新成果转化效率不足, 而且强化了高校在政策变迁中的路径依赖, 不利于激发科研人员的创新积极性。西部城市群高校应在有限的资源条件下, 加强与东部城市群高校的合作, 并依托东部城市群建立高新技术研究中心, 借船出海、借风远航, 使中西部高校在科研创新领域中占有一席之地。

2. 纯技术效率

2018 年城市群高校纯技术效率较 2009 年上升幅度并不明显。从纯技术效率有效城市群看, 2018 年高校纯技术效率有效的城市群有 4 个, 包括珠三角城市群、山东城市群、辽中南城市群和中原城市群。表明这些城市群高校的科研管理水平、绩效评价方式、成果转化机制均处于最佳状态, 可能是近几年城市群高校为加快进入“双一流”建设行列, 频出新招吸引各行各业高精尖科研人才, 逐步实现高校专业设置、课程内容与地区产业需求的精准衔接, 加速了科技成果的转化。从纯技术效率有效省份来看, 2018 年有效省份增加了四川、辽宁和陕西等, 中西部地区和东北地区高校纯技术效率提升速度较快, 而东部省份的福建和山东等地为非 DEA 有效状态, 且纯技术效率的省际差距逐渐扩大。表明个别省份高校科研经费、人员利用率低下, 出现了“外行领导内行”的管理现象, 应努力完善高校科研管理体系, 赋予高校科研管理更大的自主权。

3. 规模效率

2018 年城市群高校规模效率较 2009 年上升幅度较大。其中, 辽中南城市群、中原城市群和关中城市群表现最佳, 均达到 DEA 有效状态, 其他城市群规模效率值也在 0.827 以上。从规模效率有效省份来看, 2009 年仅浙江、福建和河南处于 DEA 有效状态, 2018 年北京、江西、江苏、河南、辽宁和陕西处于 DEA 有效状态。山东城市群高校规模效率表现欠佳, 究其原因, 山东省的产业结构整体底部沉重, 农业、重工业所占比重较高, 高校科研创新成果与产业需求错位, 且山东城市群高校的留人政策

落实不到位,山东已连续 6 年成为人才流失最多的省份。而中西部城市群的江西、河南、陕西发展势头强劲,得益于中西部高校积极参与“一带一路”建设,在地区经济发展的同时提高了科研转化效率,逐步打造西部创新高地和开发枢纽,但西部城市群总体发育程度偏低,要持续加大对西部城市群高校的政策支持力度。

(二) 非 DEA 有效的城市群高校科研效率投影分析

为进一步分析各省份科研效率低下的原因,本研究基于 DEA 模型对 2018 年科研无效率城市群的部分省份的投入产出指标进行测算,结果见表 4。在选取的无效率省份中,天津、河北、上海、安徽、福建、山东、湖南和重庆 8 个省份的高校存在投入冗余或产出不足现象。从投入要素的冗余值来看,河北、上海、安徽、福建、山东、湖南的高校投入冗余主要集中在科研全时当量人员方面,重庆高校的投入冗余主要表现在科研经费内部支出方面。从产出要素的不足值来看,8 个省份均存在产出不足现象,体现出城市群高校整体科研效率低下的严峻态势。其中,天津、河北、山东、湖南和重庆的高校产出不足值主要表现在专利转让收入方面,安徽和福建的高校产出不足值主要表现在专著与论文方面,上海的高校产出不足值主要表现在科研项目方面。可以说,造成以上 8 个省份生产效率低下的主要原因在于人力资源的超额投入,这种投入对城市群高校科研创新的拉动作用不够明显,若持续增加人力资源投入,可能会导致由该要素所产生的边际递减效应。应尽快完善人才考核机制,提升人才队伍的整体质量,并注重各城市群高校要素投入产出的合理配置,努力提升高校资源的利用率。

表 4 2018 年非 DEA 有效城市群高校科研投入冗余值与产出不足值

城市群	省份	投入指标冗余值		产出指标不足值			
		科研全时当量人员	科研经费内部支出	科研项目	专著与论文	专利申请	专利转让收入
京津冀城市群	天津	0	0	5 797.556	16 028.521	3 699.619	34 410.997
	河北	874.214	0	2 487.939	5 462.223	3 901.073	9 505.724
长三角城市群	上海	1 161.988	0	4 684.579	791.328	2 609.879	3 786.807
	安徽	1 291.320	0	3 241.670	19 222.292	2 171.764	18 235.857
海西城市群	福建	61.408	0	1 013.962	18 381.364	780.934	2 934.268
山东城市群	山东	2 081.379	0	3 907.151	4 413.325	1 207.347	6 938.686
长中城市群	湖南	195.286	0	1 134.852	691.186	218.476	1 430.203
成渝城市群	重庆	0	1 144 731.469	1 628.816	2 661.865	2 065.396	14 091.942

(三) 动态效率分析

为进一步分析我国十大城市群高校科技创新效率的年度变化趋势,采用 Malmquist 指数测算 2009—2018 年城市群高校科技创新的动态效率,结果见表 5 和表 6。

表 5 2009—2018 年城市群高校科研创新效率 Malmquist 指数值

年份	技术效率	技术进步效率	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
2009—2010	1.068	0.865	1.057	1.010	0.924
2010—2011	1.030	0.997	1.007	1.023	1.026
2011—2012	0.990	0.964	0.974	1.017	0.954
2012—2013	1.003	1.010	1.000	1.003	1.013
2013—2014	0.990	1.056	0.997	0.993	1.045
2014—2015	0.989	1.093	0.997	0.991	1.081

续表

年份	技术效率	技术进步效率	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
2015—2016	0.968	1.128	0.999	0.969	1.092
2016—2017	1.014	1.022	0.987	1.028	1.036
2017—2018	1.037	0.911	1.016	1.021	0.945
均值	1.009	1.002	1.004	1.006	1.011

表6 2009—2018年城市群高校科研创新 Malmquist 生产率指数及其分解

城市群	省份	技术效率	技术进步效率	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
京津冀城市群	北京	1.041	1.079	1.000	1.041	1.123
	天津	1.012	0.948	1.013	1.000	0.960
	河北	0.991	0.943	0.992	0.999	0.935
珠三角城市群	广东	0.997	0.992	1.000	0.997	0.989
长三角城市群	上海	1.053	0.988	1.014	1.039	1.041
	江苏	1.002	1.114	1.000	1.002	1.115
	浙江	0.997	1.047	1.000	0.997	1.044
	安徽	0.986	1.021	1.001	0.985	1.007
长中城市群	湖北	1.015	1.011	1.000	1.015	1.027
	湖南	1.008	0.997	1.012	0.997	1.005
	江西	1.003	0.991	1.000	1.003	0.994
海西城市群	福建	0.992	0.857	0.995	0.997	0.850
成渝城市群	重庆	1.001	0.989	1.002	0.999	0.990
	四川	1.034	0.991	1.015	1.019	1.025
中原城市群	河南	1.000	1.019	1.000	1.000	1.019
辽中南城市群	辽宁	1.026	0.999	1.013	1.013	1.025
山东城市群	山东	0.982	1.037	0.992	0.990	1.018
关中城市群	陕西	1.033	1.040	1.016	1.016	1.074
	均值	1.009	1.002	1.004	1.006	1.011

1. 城市群高校 Malmquist 指数的年度划分

从整体来看,表5中全要素生产率、技术进步效率和技术效率均值分别为1.011、1.002和1.009,说明城市群高校的科研创新活动有效,且科研创新效率提升明显。其中,规模效率贡献最大,年均增长率约为0.6%,表明2009—2018年城市群高校规模集聚水平的提高对全要素生产率有明显的促进作用。但2017—2018年规模效率的贡献呈现衰减的趋势,说明投入规模增加导致边际收益出现递减,规模驱动的增长之路不可持续。技术进步效率均值虽然也大于1,但是低于技术效率均值,且年度变化趋势不稳定,整体呈“倒V”型波动趋势,2016—2017年度技术进步效率出现倒退趋势。提升规模集聚水平、优化资源配置、提高成果转化效率仍是城市群高校的主攻方向。

从各年来看,城市群高校除2009—2010、2011—2012和2017—2018年度的全要素生产率小于1,其他年度城市群高校科研创新效率均大于1,说明我国城市群高校整体科研利用效率提升明显,发展势头良好。全要素生产率年度变化与规模效率趋同,总体呈“M”型的波动趋势,尤其是“一带一路”

建设和“双一流”建设推进以来,城市群高校科研创新效率均有较大幅度提升,但2017—2018年度,高校全要素生产率有所下降。技术效率与纯技术效率主要呈“倒M”型变化趋势,且在2017—2018年度逆势上升,足以说明技术效率的带动作用。总体来看,城市群高校科研效率波动较大,特别是后期的颓势逐渐凸显,需要进一步稳定发展,增强技术效率的促进作用,使高校科研效率尽快提高。

2. 城市群高校 Malmquist 指数的区域划分

从城市群角度看,表6中山东城市群、关中城市群、中原城市群和长三角城市群高校全要素生产率的提高主要源于技术进步效率的提高,珠三角城市群、海西城市群和辽中南城市群高校科技创新全要素生产率的下降主要源于技术效率的降低。其中,海西城市群平均降幅最大,约为15%,关中城市群增幅最大,平均增幅为7.4%,这两省之间的巨大差距主要源于高校技术进步效率的差别。关中城市群立足于西部,聚集了多所高水平院校,其科技创新成果在该土壤生根发芽,使得陕西省经济落后的局面有了明显改观。而福建作为改革开放的排头兵,经济发展速度较快,随着时间的推移,技术进步的拉动效应逐渐减弱,需要更先进的技术和科技成果来拉动城市群的经济的发展。

从省份角度看,2009—2018年有12个省份高校的全要素生产率大于1,占总数的66.7%,有6个省份高校的全要素生产率小于1,占比约为33.3%。城市群高校的全要素生产率年均增幅约为1.1%,主要源于技术效率的增长(年均增长0.9%),而技术效率增长主要源自规模效率平均提高0.6%。说明规模效率是影响城市群高校技术效率变动的重要因素,技术效率又是影响城市群高校科研创新效率变动的重要因素。2009—2018年,河北、浙江、安徽、福建和山东高校技术效率处于下降趋势,技术效率低下的主要原因在于资源配置不合理和生产规模不足,规模效率的拉动作用未能充分发挥,进而引发了河北、福建等6个省份的高校全要素生产率的下降。各省份要合理规划高校空间布局,充分发挥城市群高校规模集聚效应的作用,推动高校全要素生产率的进一步提升。

(四) 城市群高校科研效率影响因素分析

本研究以2009—2018年城市群高校科研效率的技术效率作为被解释变量,以人力资本、财力资本、学术交流、科研机构、成果奖励和经济实力作为解释变量,运用Tobit模型对其进行回归分析,结果见表7。我国城市群高校科研效率的LRchi2值为32.680,且在1%水平上显著,说明模型回归中不存在多重共线和序列相关性等因素影响,对六大变量的分析结果具有较高的解释力。

表7 2009—2018年我国城市群高校科研效率的Tobit回归结果

解释变量	回归系数	标准误	t 值	p 值
lnhr	-0.212	0.042	-5.08***	0.000
lnfr	-0.002	0.034	-0.06	0.951
lnae	0.068	0.031	2.19**	0.030
lnrd	0.056	0.025	2.22**	0.028
lnaa	0.031	0.030	1.04	0.300
lnpg	0.004	0.026	0.16	0.871
_cons	1.755	0.224	7.85***	0.000
LRchi2(6)	32.680	Pseudo R2	-0.131	
Prob > chi2	0.000			

注: *、**、*** 分别表示在10%、5%、1%的统计水平上显著

人力资本对城市群高校科技创新效率的回归系数为-0.212,且在1%水平上显著。大多数研究成果表明,人力资源投入越多,科研创新水平越强,越有利于高校科技成果产出。在经济落后地区,人

才资源的大规模投入确实对高校科研创新效率有一定的促进作用,但我国城市群地区人才数量已经明显饱和,北京、山东、陕西等地近几年人才流出频繁。各省份在城市群建设中,要对拟引进的人才进行合理筛选,并引导内部人员参与学术交流和社会实践,防止低水平的“科研水军”阻碍高校科研创新效率的提升。

财力资本对城市群高校科研创新效率的回归系数为 -0.002 ,但未通过显著性检验。说明科研经费内部支出与高校科研创新效率存在负相关关系,过度的科研经费投入会引发高校科研创新效率的边际递减效应。科研经费的大力投入实际上使科研人员需要背负更多的科研任务,需要将大量的时间投入项目申请和考核等工作,而且发达地区城市群高校财力资本出现冗余,不利于高校科研创新效率的整体提升。

学术交流对城市群高校科技创新效率的回归系数为 0.068 ,且在 5% 水平上显著。说明城市群高校对外交流次数越多,越有利于科技资源共享、科技项目合作和科技政策沟通。特别是随着“一带一路”建设和新一轮西部大开发战略的深入推进,中西部高校的学术交流逐渐增多,科研创新绩效与对外交流的频繁程度呈现同方向变化。城市群高校应加强对外交流,不断深化与高水平大学的合作,从而有效地提升科研创新效率。

科研机构数量对城市群高校科技创新效率的回归系数为 0.056 ,且在 5% 水平上显著。说明科研机构数量与高校科研效率呈显著的正相关关系。基于政府部门对城市群高校科研经费方面的大力投资,高校可以建立和运行更多的科研机构,短时间内缓解了人才冗余现象,提高了成果产出效率。值得注意的是,在未充分了解地区经济发展实际的情况下盲目扩大科研机构数量,可能导致城市群高校内部存在一定的“虚设”和“滥设”科研机构等问题,特别是中西部城市群高校在成果转化链等方面尚不完善,成果产出的重复性和低效性问题更加突出。

科研成果奖励对城市群高校科研创新效率的回归系数为 0.031 ,但未通过显著性检验。说明成果奖励能够对科研人员产生激励和导向作用,进而提高高校的科研创新效率。成果奖励机制强化了高校科研创新活动的意义,为科研人员从事科技创新活动提供了强大动力。各城市群要不断完善科技成果奖励机制,提高成果转化效率,但也要保证成果评议过程的公正性和科学性,使科研成果真正为民所用,为地区经济高质量发展提供新动能。

区域经济实力对城市群高校科研创新效率的回归系数为 0.004 ,但未通过显著性检验。说明区域经济发展水平与高校科研创新效率存在正相关关系。经济发展是高校科研创新的基础,没有强大的经济实力作支撑,就不可能有足够的经费进行科学研究,各城市群应逐步加大服务业特别是高新技术产业的对外开放力度,创造有吸引力的科研创新环境。但是中西部城市群因受发展观念落后、资金支持有限和基础设施陈旧等因素制约,创新潜力与积极性得不到充分发挥,出现了经济发展对高校科研效率的不显著现象。

总体来看,城市群建设对我国高校科研创新活动提出了更严格的要求。城市群高校的人力资本和财力资本处于“丰裕”状态,成果奖励、学术交流、科研机构和经济实力处于“稀缺”状态,提高城市群高校科研创新效率不应一味地扩大人才规模、追加科研经费,而应逐步打造更强劲的经济增长极。

四、研究结论与优化对策

(一) 研究结论

本研究首先利用 DEA 模型对 2009—2018 年我国十大城市群高校进行了生产效率的静态分析,继而运用 Malmquist 指数法对各年度城市群高校科研创新效率进行动态分析,最后采用空间 Tobit 模型测算了各影响因素与高校科研效率是否存在积极的正向关系。主要得到以下研究结论:

第一 2018年相较于2009年,城市群高校的整体科研效率水平较高,但是非DEA有效省份高校仍然占有较大比重,且十大城市群之间差异明显。从技术效率看,2018年高校技术效率有效的城市群有海西城市群、中原城市群、关中城市群和辽中南城市群。从纯技术效率看,2018年高校纯技术效率有效的城市群有4个,即珠三角城市群、山东城市群、辽中南城市群和中原城市群。从规模效率看,辽中南城市群、中原城市群和关中城市群表现最佳,山东城市群规模效率表现最差。

第二,从各年来看,城市群高校除2009—2010、2011—2012和2017—2018年度的全要素生产率小于1,其他年度城市群高校科研创新效率均大于1,说明我国城市群高校整体科研效率提升明显,尤其是“一带一路”倡议和“双一流”建设提出后,城市群高校科研创新效率均显著提升。关中城市群、山东城市群、中原城市群和长三角城市群高校科技创新全要素生产率的提高主要源于技术进步效率的提高,珠三角城市群、海西城市群和辽中南城市群高校科技创新全要素生产率的下降主要源于技术效率的降低。

第三,我国高校科研效率主要有六大影响因素,包括人力资本、财力资本、学术交流、科研机构、成果奖励和经济实力。人力资本与城市群高校科研创新效率呈显著的负相关关系,财力资本与城市群高校科研创新效率呈负相关关系但不显著,学术交流和科研机构与城市群高校科研创新效率存在显著的正相关关系,成果奖励和经济实力与城市群高校科研创新效率呈正相关关系但并不显著。为有效提升各城市群高校科研创新效率,应坚持“差异化”资源配置战略。

(二) 优化对策

第一,在城市群建设背景下,各省份高校要为科研人员提供良好的学术环境,制定人才引进与培养方案,包括绩效评价和职位晋升机制,充分挖掘科研人员的创新潜力,提升高校创新型人才的资本累积水平。在严重缺乏高水平科研人才的中西部城市群高校,可以根据各省市发展的实际需求制定青年人才定向培养方案,并依托发达城市群的经济、资源优势,建立创新研究中心,从而吸引科研人才。

第二,财力资本的持续投入对高校科研创新效率的提升产生了抑制作用,资本拥挤效应突出。城市群高校应改变盲目追求财力资本存量的发展模式,基于资本积累水平、科研创新能力、科研项目等级等标准对科研经费分配模式进行适当调整。同时,完善科研经费管理体系,针对不同城市群高校科研活动的实际需求,坚持“区别对待、分类指导”原则,对各类资本投入进行适当增加或缩减,切实提高城市群高校整体创新效率。

第三,高校在科研成果评定方面不仅要重视项目、专著与论文等数量指标,更要关注科研成果的质量和转化效率。高校应建立特色化的同行专家评议机制,加强对科研成果的后续评价,完善高校科研创新的综合评价体系,充分激发科研人员的创新活力,提高高校科研绩效水平。各级政府部门也应根据市场需求对科研成果进行产业化开发和市场化筛选,大力发展高校科技产业园,以高校云集的城市群为载体服务于地方经济发展,实现高校与产业的良性互动。

第四,为使科研人员能稳定地在优势领域开展科学研究工作,需要对现有科研机构进行重组和整合,淘汰“虚设”与“滥设”的科研机构,将科研机构与地区经济发展密切结合。同时,在科研机构设立时也应注重“质”的提升而非“量”的增加,以解决企业面临的技术难题为目标,以“引育并举”的人才优势为动力,引导政府、高校、企业等主体参与共建新型科研机构,共同开发适合地区经济发展的前沿项目,提高产学研合作效能。

第五,不同高校要建立长期合作机制,加强科研人员的双边、多边交流,努力打造城市群协同创新发展智库。在城市群内部,政府可以运用制度手段,以“双一流”高校牵头,保持“双一流”高校精准帮扶地方普通院校的良好局面。在城市群之间,政府可以引导东部高校继续加大对中西部高校的对口支援力度,促进东部、中部和西部城市群高校平等对话,改变传统的合作方式,实现地区的优势互补以

及资源的合理配置。

第六, 技术进步在提升经济发展质量、促进经济可持续发展中发挥了关键的作用, 只有充分挖掘技术优势, 才能为区域经济发展注入新动能^[27]。东部城市群应强化技术内核, 打造高水平创新示范区, 集聚周边科技力量和重大科研项目, 加快新旧动能转换, 实现区域产业结构的快速升级。中西部城市群应增强发展意识, 积极融入“一带一路”建设和新一轮西部大开发战略, 加强与“一带一路”沿线国家和地区在经济领域的合作, 积极培育本土企业, 为提升高校科研创新效率打下坚实的基础。

参考文献:

- [1] 汪彦, 陈悦, 曹贤忠. 上海高校科研创新效率与影响因素实证研究: 基于 DEA-Tobit 模型[J]. 科技管理研究, 2018, 38(8): 100-109.
- [2] 郜林平, 鲁勇兵. 基于 DEA 方法的高校 R&D 投入产出绩效评价与对策研究: 以河北省 29 所高校为例[J]. 经济与管理, 2016, 30(2): 37-42.
- [3] 刘天佐, 许航. 我国不同区域高校科研投入产出绩效及其影响因素分析: 基于 DEA-Tobit 模型的实证研究[J]. 科技管理研究, 2018, 38(13): 113-118.
- [4] 闫平, 马璇璇, 王海涛. 我国高校科研效率评价: 基于 DEA 与 Malmquist 指数的分析[J]. 财会月刊, 2016(32): 3-9.
- [5] 彭迪, 郭化林. 基于 DEA-Malmquist 模型的“双一流”建设高校绩效评价研究[J]. 教育发展研究, 2020, 40(3): 29-37.
- [6] 林德明, 贾艳. 基于 DEA 的“985 工程”高校技术转移效率研究[J]. 现代教育管理, 2016(12): 23-28.
- [7] 胡咏梅, 范文凤. “211 工程”高校科研生产效率评估: 基于 DEA 方法的经验研究[J]. 重庆高教研究, 2014, 2(3): 1-14.
- [8] 蔡文伯, 李鑫洁. 我国地方高等师范院校效率评价: 基于 SE-DEA 模型分析[J]. 现代教育管理, 2018(5): 41-46.
- [9] 赵小峰, 陈宗兴, 霍学喜. “投入—产出”的协同进化效率研究: 以陕西涉农职业院校为例[J]. 统计与信息论坛, 2018, 33(6): 123-128.
- [10] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European journal of operational research, 1978(6): 429-444.
- [11] MALMQUIST S. Index numbers and indifference surfaces[J]. Trabajos de estadística, 1953, 4(2): 209-242.
- [12] FARE R, GROSSKOPF S, NORRIS M, et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries[J]. American economic review, 1994, 84(1): 66-83.
- [13] LOVELL C A K. The decomposition of Malmquist productivity indexes[J]. Journal of productivity analysis, 2003, 20(3): 437-458.
- [14] 古扎拉蒂, 波特. 计量经济学基础[M]. 费剑平, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2011: 576-579.
- [15] 宗晓华, 付呈祥. “双一流”建设高校科研效率及其变化: 基于超效率和 Malmquist 指数分解[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2020, 26(1): 93-106.
- [16] 杨博, 曹辉. 我国高校创新效率测度及区域比较[J]. 统计与决策, 2020, 36(16): 60-63.
- [17] BHUTTO A, RASHDI P I, ABRO Q M. Indicators for science and technology policy in Pakistan: entering the science, technology and innovation paradigm[J]. Science & public policy, 2012, 39(1): 1-12.
- [18] 覃雄合, 杜德斌, 刘树峰. 中国省际高校科研成果转化效率时空格局与影响因素: 基于网络 SBM 模型的评价[J]. 地理研究, 2017, 36(9): 1641-1652.
- [19] 李璐. 京津冀高校科技创新效率的实证研究: 基于 DEA 分析的 SBM 模型和 Malmquist 生产率指数[J]. 教育学术月刊, 2019(2): 44-53.
- [20] 孙敏. 内部审计对高校科研经费绩效影响的实证研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2014: 35.
- [21] 达文波特, 普鲁萨克. 营运知识: 工商企业的知识管理[M]. 王者, 译. 南昌: 江西教育出版社, 1999: 1-33.
- [22] 苏荟, 刘奥运. “双一流”建设背景下我国省际高校科研效率及影响因素研究: 基于 DEA-Tobit 模型[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2020, 26(1): 107-118.
- [23] 吴和燊, 林青宁, 刘瀛弢. 我国农业高校科技创新效率及影响因素研究[J]. 黑龙江高教研究, 2018, 36(7): 59-64.
- [24] 张家峰, 李佳楠, 陈红喜. 长三角高校科研创新绩效评价及影响因素研究: 基于 DEA-Malmquist-Tobit 模型

- [J]. 科技管理研究 2020 40(9): 80-87.
- [25] 陆玉麒. 区域发展中的空间结构研究[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 1998: 38-39.
- [26] 陈明华, 刘玉鑫, 王山, 等. 中国十大城市群民生发展差异来源及驱动因素[J]. 数量经济技术经济研究 2020 37(1): 23-40.
- [27] 蔡宗模, 张海生, 吴朝平, 等. 地方高校的区域化行动: 泛在化与再地化[J]. 教育发展研究 2018 38(Z1): 67-76.

(责任编辑 张 腾 杨慷慨)

Research on the Scientific Research Efficiency and Influencing Factors of Universities in China's Ten Major Urban Agglomerations: Based on DEA-Malmquist-Tobit Mode

CAI Wenbo^{1,2}, ZHAO Zhiqiang¹

(1. Teachers College, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 2. College of Humanities, Tarim University, Alar 843300, China)

Abstract: As the “bridgehead” of the scientific research and innovation system, the urban agglomeration colleges and universities shoulder the important mission of cultivating innovative talents, conducting scientific research and serving innovation strategies. Taking China's top ten urban agglomeration universities as the research object, the DEA-Malmquist model was used to measure the scientific research efficiency of the urban agglomeration universities. The results show that the scientific research efficiency of China's urban agglomeration universities has increased significantly in 2018, but the non-DEA effective city cluster still accounts for a relatively high proportion. The increase in scientific research efficiency of universities in the Shandong urban agglomeration, the Central Plains urban agglomeration, and the Yangtze River Delta urban agglomeration is mainly due to the improvement of the efficiency of technological progress. The decline in the scientific research efficiency of universities in the Pearl River Delta urban agglomeration, the Haixi urban agglomeration, and the central and southern Liaoning urban agglomeration is mainly due to the decrease in technical efficiency. Then the Tobit model was used to makes regression analysis on the factors that affect the efficiency of scientific research in colleges and universities, and it is found that the human capital and financial capital of urban agglomeration universities are in a state of “abundant”, and the rewards, academic exchanges and scientific research institutions are in a state of “scarce”. In order to promote the connotative development of Chinese universities, it is necessary to reduce excessive investment in human capital and financial capital, strengthen foreign exchanges and cooperation, reorganize and integrate scientific research institutions, improve the reward mechanism for achievements, and strive to promote the coordinated development of urban agglomeration universities.

Key words: input-output theory; urban agglomeration; higher education; scientific research efficiency; DEA-Malmquist-Tobit model