

高校科研投入—产出效率实证研究

仲 洁 陈静漪

(河海大学公共管理学院, 江苏南京 211100)

摘要: 采用主成分分析法(PCA)和数据包络分析法(DEA), 从静态和动态两个维度对2010—2013年我国31个省的高校科研投入—产出效率进行测算与分析。分析表明: 整体上我国各地区的高校科研绩效状况不够理想, 高校科研绩效年均增长率小于0的省份占61%, 其科研绩效水平呈下降趋势; 只有38.7%的省份的高校科研绩效达到了最佳状态, 处于规模效益不变阶段, 且多分布在西部地区, 而中部、东部地区则大多处于规模收益递减阶段。最后提出提高高校科研效率的建议。

关键词: 地区; 高校; 科研效率; 主成分分析法; PCA; DEA

中图分类号: G640

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2016.01.016

Empirical Analysis of Input-output Efficiency of Chinese Universities' Scientific Research

ZHONG Jie, CHEN Jingyi

(School of Public Administration, Hohai University, Nanjing 211100)

Abstract: In this paper, we calculate and analyze its input-output efficiency of Chinese universities at 31 provincial levels during 2010-2013 in accordance with the method of Principal Component Analysis and Data Envelopment Analysis models. The results displays that scientific research efficiency of universities is low as a whole, and 61% of these provinces are with the average annual growth rate less than zero, on the decline, only 38.7% of provinces, mostly distribute in the western region, achieve the best and are at the stage of scale constant returns; the other two regions are at the stage of scale diminishing returns, there are rooms to improve scientific research efficiency of universities. It proposed specific suggestions to further enhance research efficiency.

Keywords: region, university, scientific research efficiency, PCA, DEA

1 引言

近年来, 我国高校的科研投入资源逐年增加, 高校的科研经费从2004年的112.8亿元增加到2013年的445.9亿元, 平均年增幅高达

16.5%。然而, 在实践中却存在重视数量、规模的增加而较轻视发展质量、效益的问题^[1]。因此, 对各地区高校的科研投入—产出效率进行深入研究, 对教育主管部门相关政策的制定、高校科研管理的优化以及科研评价机制的调整等具有

作者简介: 仲洁* (1989—), 女, 河海大学公共管理学院硕士研究生, 研究方向: 教育经济、教育政策; 陈静漪 (1981—), 女, 河海大学公共管理学院副教授, 教育学博士, 研究方向: 教育经济、教育政策。

基金项目: 河海大学高等教育科学研究课题“教育部直属高校科研绩效评价研究”(20141207); 江苏省教育科学“十二五”规划重点资助项目“研究型大学技术转移机制与激励政策研究——比较创新体制的视角”(B-a/2011/01/019)。

收稿时间: 2015年9月20日。

重要意义。

关于对高校科研绩效的评价,国内外学者对主成分分析法(PCA)和数据包络分析法(DEA)的探索和应用日益增多,并取得丰硕的研究成果。采用主成分分析法赋予指标权重,整合计算出各种要素投入、产出综合得分或其他得分,如袁振国等对2012年部属高校绩效的评估^[2],都具有参考价值。但是,基于主成分分析的高校科研绩效评价一般采用产出/投入的方式得到反映绩效大小的科研绩效综合得分,却忽略了科研效率的动态趋势特点,且部分研究是从总体规模的角度,而不是从科研投入、产出效率角度选取指标,忽视了科研投入与产出关系,甚至忽视了科研产出的质量,更注重科研产出的绝对量。采用DEA方法确定最优权重集合来评价大学科研的相对效率是常见的做法,例如:Johnes等使用2003—2004年高校数据、Ng等使用1998—2002年高校数据对转型时期我国高校科研效率的评价^[3-4]。王欢等人的《中国各地区高校科研的技术效率与规模调整——基于省级面板数据的DEA分析》整理了2001—2009年高校科研投入产出的相关数据,应用DEA方法从动态角度对我国各地区高校科研投入的技术效率与规模效率进行分析与测算,但使用的数据过于陈旧^[5]。也有学者综合应用两种方法,例如:张婧的《基于因子分析与DEA模型的高校科研效率评价》综合运用两种方法对2012年我国教育部直属的64所高校的科研效率进行了实证研究^[6],是最新的相关研究成果。但是,此研究在采用的投入指标中存在重叠性指标,如科技经费拨入、科技服务当年投入经费和研究与发展项目经费等,却忽视了仪器设备资产、实验室面积等物力资源的重要性;产出指标直接采用发表论文、出版科技著作数量等指标,忽视了不同论文或著作质量的差异。另有李清彬对2002—2006年我国各省高校科研效率进行平均处理,忽略了科研效率的动态趋势特点^[7]。

按地区对高校科研效率的差异分析及动态分析,采用的评价方法较为单一^[8],使用的数据较为陈旧^[9],甚至没有从国家制度层面、高校管

理层面分析高校的科研投入—产出效率问题。现今,我国高校科研投入水平已有较大增幅,引入科研投入维度,通过开展以高水平产出为导向的科研绩效评价,可推进高校走向以科研质量为导向的发展道路。

本文的研究构建了高校科研绩效评价指标体系,运用主成分分析测算出2010—2013年我国东部、中部和西部地区31省、市和自治区的高校科研绩效得分及排名,并采用产出导向的BC²模型对高校科研投入—产出的相对效率进行测算与评价。

2 评价指标

本研究采用主成分分析法(PCA)选取高校科研绩效评价指标。由于各个研究者具有不同的关注,其采用的研究方法也不一而同,因此在实际应用中各个指标的选取也很难依据统一的标准。本文在查阅已有研究成果^[10-12]的基础上,综合考虑数据的可获取性等因素,初步选取了科研绩效评价指标。为了剔除无关指标和重叠性指标,又采用典型相关性分析和聚类分析对初步选取的指标进行了两轮筛选,确定了适用于PCA法的科研绩效评价指标体系。投入指标共包括7项指标。其中,人力投入主要包括研究与发展全时人员数和R&D成果应用及科技服务全时人员数;经费投入主要包括研究与发展经费拨入总额和科技经费拨入总额;项目和课题投入主要包括研究与发展项目数。R&D成果应用及科技服务项目数和科技课题数。由于实验室面积和仪器设备资产净值等固定资产投入量的相关数据难以搜集,故而未纳入指标体系。产出指标则主要包括国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科技进步奖、出版专著数、国外发表论文数、国内发表论文数、国家级项目验收数、专利授权数、专利出售实际收入和技术转让实际收入等10项指标。

按数据包络评价模型(DEA)构建评价指标体系。DEA评价模型在处理多输入、多输出的生产效率问题时,为了得到更加精确、客观的效率分析结果,需要通过众多的DMUs构建更加精

确、客观的生产前沿面，所以按照应用DEA模型的经验法则，一般要求评价指标的数量不宜过多。综合考虑DEA模型的特点、各省高校科研的特点以及数据的可获取性等，在以上选取的指标中进行了再筛选与整合，最终形成了适用于DEA法，反映高校科研投入、产出情况的评价指标体系（表1）。

参照确定的评价指标和参评对象，以《高等学校科技统计资料汇编》和教育部等官方网站为数据来源，选取了2010—2013年31个省、自治区和直辖市高校科研相关数据。在数据收集过程中，相关资料及官方网站中均未统计的指标数据，一律赋值为0。为了保持年度数据的可比性，将涉及经费类的数据均根据居民消费价格指数（Consumer Price Index，简称CPI）调整为2013年不变价格，价格调整公式为：

$$X_i = \frac{x_i \times 594.8}{CPI_i} \quad (1)$$

在式（1）中， x_i 为*i*（2010—2013）年的某原始经费类数据值， X_i 为调整后的*i*年某经费类数据值，594.8是2013年的CPI指数值， CPI_i 为*i*（2010—2013）年的CPI指数值。这样就得到了适用于PCA和DEA法的实验数据，继而进行下一步的实证分析。

3 投入—产出与绩效的得分

在原始指标数据中，各个指标的单位各不相同，每一个三级指标对应的数据也很不平衡，最大差距超过了几千倍。现采用极值法进行数据的无量纲化处理，得到0～1的变量值。

文章采用客观赋权法确定指标的权重，进而计算投入、产出综合得分和绩效得分。具体做法是借助Stata17.0软件，采用主成分分析法分别计算出科研投入、产出主成分的特征根、方差贡献率和累计方差贡献率（表2），再以主成分的方差贡献率占累计方差贡献率的比重为权重，计算出每一年各地区高校的科研投入、产出综合得分。然后，用每一年31个省、自治区和直辖市的高校科研产出综合得分除以科研投入综合得分，计算出每一年各省的高校科研绩效得分，取4年间高校科研绩效得分的算术平均值为最终科研绩效得分，计算公式可以表示为：

$$P_j = \frac{\sum_i u_{ij} y_{ij}}{\sum_r v_{rj} x_{rj}} \quad (2)$$

在式（2）中， P_j 为某地区第*j*年的高校科研绩效得分， y_{ij} 为第*j*年该地区第*i*项产出主成分， u_{ij} 为该主成分的权重， x_{rj} 为第*j*年该地区第*r*项投入主成分， v_{rj} 为其权重。

根据以上数据处理过程，得出了2010—2013年间各地区高校科研绩效得分及其排名情况，具体如表3所示。

科研投入与产出得分排名的差异表明，一些拥有较少科研资源的省份，其高校在科研产出方面实现了规模扩大和质量提升的双重发展，而各省高校科研投入与产出排名存在的差异性，说明大部分省份的高校科研产出量与其规模较大的科研投入之间并不相匹配。年均科研投入得分排名前10位的依次是，北京市、江苏省、上海市、广东省、湖北省、陕西省、浙江省、四川省、山东

表1 高校科研绩效评价指标体系

一级指标	二级指标	具体解释	权重
科研投入	人力投入	研究与发展全时人员数/（人/年）	0.483
	科研经费	研究与发展经费拨入/（千元/年）	0.517
	自然科学奖	获取国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科技进步奖的总数/项	0.141
	出版专著	出版的社会科学专著和自然科学专著的总数/部	0.201
科研产出	学术论文	在国内、外核心期刊发表论文的总数/篇	0.217
	国家级项目验收	国家级项目验收总数/个	0.138
	知识产权	专利授权数/项	0.189
	成果转化	技术转让当年实际收入/元	0.114

表2 投入指标、产出指标主成分的特征根和方差贡献率

	公共因子	特征值	方差贡献率	累积方差贡献率
投入指标	Fac1	5.852	0.836	0.836
	Fac2	1.034	0.105	0.941
产出指标	fac1	6.914	0.691	0.691
	fac2	1.179	0.105	0.796

表3 2010—2013年区域高校的科研绩效得分情况

区域划分	省市名称	排名		科研绩效得分	排名
		投入	产出		
东部（12）	北京市	1	1	1.021	1
	天津市	15	15	0.846	15
	河北省	17	18	0.851	14
	辽宁省	10	9	0.797	22
	上海市	3	3	0.803	20
	江苏省	2	2	0.837	17
	浙江省	7	5	0.804	19
	福建省	19	19	0.871	9
	山东省	9	11	0.758	28
	广东省	4	7	0.651	31
	广西壮族自治区	20	22	0.703	30
	海南省	29	28	0.908	4
中部（9）	山西省	23	23	0.837	16
	内蒙古自治区	26	25	0.827	18
	吉林省	14	17	0.785	25
	黑龙江省	12	8	0.922	3
	安徽省	13	13	0.882	8
	江西省	21	20	0.760	27
	河南省	18	14	1.010	2
	湖北省	5	4	0.800	21
	湖南省	11	12	0.856	12
西部（10）	重庆市	16	16	0.855	13
	四川省	8	10	0.747	29
	贵州省	25	26	0.788	24
	云南省	22	21	0.796	23
	西藏自治区	31	31	0.899	5
	陕西省	6	6	0.762	26
	甘肃省	24	24	0.888	7
	青海省	30	30	0.894	6
	宁夏回族自治区	28	29	0.858	11
	新疆维吾尔自治区	27	27	0.864	10

省、辽宁省，其中除了2个位于西部地区和1个位于中部地区的省份，其他7个省份均处于东部地区。可见，东部地区的高校在科研资源获取方面占有较大优势，中西部地区的科研投入资源依然相对较少。年均科研产出得分排名前10的省份

依次是：北京市、江苏省、上海市、湖北省、浙江省、陕西省、广东省、黑龙江省、辽宁省、四川省。高校科研投入排名前10位的省份中只有山东省没有同时进入产出排名的前10位，取而代之的是黑龙江省。

从2010—2013年科研绩效综合得分来看，各省的高校科研投入产出效率之间存在显著差异，且科研绩效得分排名靠前的省份大多分布在中、西部地区，而东部地区的高校科研投入产出效率相对偏低。科研绩效排名前5位的省份依次为北京市、河南省、黑龙江省、海南省和西藏自治区。其中，投入产出排名均为第2位的江苏省的科研绩效综合得分排在第17位；投入排名第9位的山东省，科研绩效综合得分则滑落到第28位。与之相反，科研投入分别排在第12位和第18位的黑龙江省和河南省，科研绩效得分排名却为第3位和第2位。因此，我们认为东部地区的高校虽然整体办学实力较强，吸引了科研投入资源，但是其科研资源利用效率较低，反而是一些受高校规模、地理位置或历史等客观因素影响的中、西部地区高校，能够坚持科研活动的内涵式发展，不断提升科研投入产出效率，也说明了科研资源是否得到有效利用也是决定科研绩效水平高低的关键之一。

事实上，年均科研绩效得分并不能全面展现各地区高校科研绩效状况，如样本个体虽然有较高的年均科研绩效得分，但其年均增长率却较小，即增长幅度很小甚至呈现下降趋势，我们认为，其科研绩效情况也不容乐观。因此，本文基于以上计算结果，进一步计算得出4年间31个省、自治区、直辖市的高校科研绩效得分年均增长率，并通过散点图充分展现各省高校的初始科研绩效得分与年均增长率的分布与变动情况，如图1所示。

由图1可知，有61%的省份的高校科研绩效年均增长率小于0，其科研绩效水平呈下降趋势，总体上各地区高校的科研资源投入转化为科研成果的情况令人堪忧。初始科研绩效得分越高的省份，其年均增长率就越小，科研绩效增长缓慢甚至逐步下降。相反，初始科研绩效得分较低的省份，其年均增长率就越大，科研绩效水平逐步提升。因此，各省高校科研绩效水平在catch-up追赶效应下正在逐渐减小差距，收敛趋势明显。

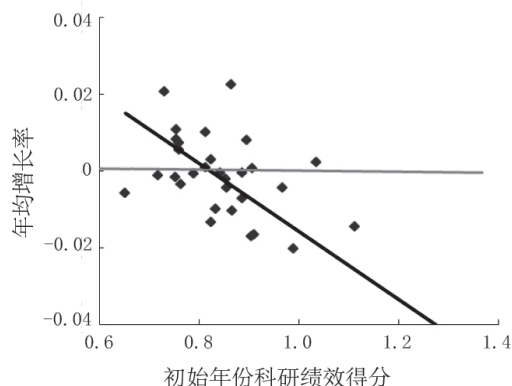


图1 各地区高校科研绩效动态情况

4 投入—产出的相对效率

本文借助DEAP 2.1软件采用产出导向型的BC²模型，基于构建的评价指标体系，对31个决策单元投入与产出的相对效率进行了统计分析，得出了技术效率、纯技术效率、规模效率值和规模报酬情况（表4）。据此，在从整体上对各决策单元科研绩效情况进行分析的同时，也从区域上对其科研投入产出效率进行了分析与评价。

由表4可知，2010—2013年各省高校科研的年均技术效率值、年均纯技术效率值和年均规模效率值分别为0.837、0.876和0.953，虽然年均技术效率值较高，但是其科研绩效的取得更多地依赖于较大规模的科研投入，而不是科研能力的提升或是管理的合理化。同时，仅有38.7%，即12个省属于DEA有效，说明其高校科研绩效达到了最佳水平。因此，整体上来看，我国各省的高校科研绩效状况不够理想。

从高校科研规模报酬阶段来看，有12个省份属于DEA有效，处于规模报酬不变阶段，且以分布在西部地区居多。因此，在西部大开发战略的扶持下，位于西部的大部分高校在扩大科研资源投入规模的同时，兼顾了科研产出的数量和质量，科研效率达到了最佳水平，保持现有发展状态即可。另外19个省份属于非DEA有效，其中只有6个省份处于规模递增阶段，包括北京市、海南省、江西省、云南省、甘肃省和青海省，这些省份应该在适当加大人力、财力等投入规模的

同时,通过提高科研能力和优化资源配置等来提升效率,从而实现规模收益的优化。剩余的13个省份则处于规模递减阶段,且多分布在中部、东部地区,这表明这些省份在不优化自身科研管理、合理利用已有资源的情况下,继续增加投入将很难带来相称的产出增量。

5 结语与对策建议

本文在构建高校科研绩效评价指标体系的基础上,采用主成分分析法和数据包络分析法从效率角度对我国31个省、自治区、直辖市的高校科研绩效进行了评估。结果表明:大部分省份的高校科研产出与其较大规模的科研投入之间并不相

匹配,东部较之中部和西部地区拥有更大规模的科研投入,但其投入产出的相对效率却要低于中部和西部地区,中部、东部地区的高校科研绩效水平则依次偏低;各地区的高校科研绩效水平在catch-up追赶效应下正在逐渐减小差距,收敛趋势明显;DEA分析结果同样表明,绝大部分地区接近于生产前沿面,各地区高校之间科研投入产出的相对效率差异较小,但整体上我国各地区高校的科研绩效状况不够理想,只有38.7%的地区达到了最佳状态,其余地区大多处于规模收益递减阶段,且多分布在中部和东部地区,其科研绩效水平还有较大的提升空间。对此,提出如下对策建议。

表4 各地区高校科研投入—产出的相对效率

	地区名称	技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
东部	北京市	1.000	1.000	1.000	irs
	天津市	0.588	0.599	0.981	—
	河北省	1.000	1.000	1.000	drs
	辽宁省	0.512	0.563	0.910	drs
	上海市	0.779	1.000	0.779	drs
	江苏省	0.971	1.000	0.971	drs
	浙江省	1.000	1.000	1.000	—
	福建省	1.000	1.000	1.000	—
	山东省	1.000	1.000	1.000	—
	广东省	0.688	0.861	0.800	drs
	广西壮族自治区	0.697	0.790	0.883	drs
	海南省	0.990	1.000	0.990	irs
中部	山西省	0.639	0.641	0.998	—
	内蒙古自治区	0.570	0.570	1.000	drs
	吉林省	0.459	0.708	0.648	drs
	黑龙江省	0.649	0.653	0.995	drs
	安徽省	0.849	0.959	0.886	drs
	江西省	0.645	0.647	0.997	irs
	河南省	1.000	1.000	1.000	—
	湖北省	0.963	1.000	0.963	drs
	湖南省	1.000	1.000	1.000	—
西部	重庆市	1.000	1.000	1.000	—
	四川省	0.708	0.755	0.938	drs
	贵州省	0.695	0.696	1.000	—
	云南省	0.817	0.817	0.999	irs
	西藏自治区	1.000	1.000	1.000	—
	陕西省	1.000	1.000	1.000	—
	甘肃省	0.991	1.000	0.991	irs
	青海省	0.731	0.901	0.811	irs
	宁夏回族自治区	1.000	1.000	1.000	—
	新疆维吾尔自治区	1.000	1.000	1.000	—

注:“irs”指地区高校的科研规模效益递增;“drs”指地区高校的科研规模效益递减;“—”指地区高校的科研规模效益不变。

第一, 教育管理部门应努力转变已往的非均衡发展观念, 完善基于科研绩效评价的科研资源配置机制, 为中、西部地区高校的科研活动发展提供更多的政策支持与制度保障。“211工程”和“985工程”高校多聚集于东部地区, 即使在“西部大开发”战略的影响下, 东部地区高校在科研资源投入方面仍具有优势, 有7个省份的高校科研投入综合得分位列前十名, 但是只有3个省份的科研绩效得分进入前十名(表3)。相较而言, 中、西部地区的高校科研绩效状况更为理想。因此, 教育主管部门应该将科学、合理的科研绩效评价与科研资源的优化配置相挂钩, 针对中西部地区较高水平的科研绩效, 应进一步加大对中西部地区高校的科研人才引进、科研经费投入和科研绩效评价等方面的支持力度, 改变对中西部地区高校科研支持不足的局面。如制定有利于扩充中西部地区高校的科研人才队伍的相关政策, 完善有效的人才激励机制, 使更多的高素质专业人才愿意留在中西部高校, 从而提高中西部高校科研人员的科研能力, 产生更多优秀成果。

第二, 针对我国中部、东部地区均处于规模报酬递减阶段的情况, 教育主管部门要通过体制或机制创新, 控制好科研投入的力度, 优化科研资源投入的结构。如在为高校科学研究活动注入新的活力, 提供更有力的经费和人力支持同时, 要努力健全高校科研经费管理制度, 必要时可以在学校内部建立专门的科研管理机构, 使高校及时地掌握各项科研经费的基本使用情况。此外, 科研管理部门还要重视对科研项目或者课题研究成果的管理与考核, 使高校能够兼顾科研项目的数量与质量, 在消耗大量人力、物力和财力的同时, 也能够产出更多高水平的科研成果。总之, 中、东部地区的高校应通过体制和机制创新, 调整当下粗放型的发展路径, 实现内涵式发展, 提高科研资源利用效率。

第三, 针对东部、中部、西部高校科研绩

效存在的差异性, 教育主管部门和高校需要共同努力, 循序渐进, 更好地推动我国各地区高校科学研究活动。主要在扩大高校科研投入规模的同时, 促使各地区高校实现资源共享, 加强高校间的交流与合作, 在学习与借鉴中提高自身的科研生产力和科研管理水平, 从而不断提升科研投入产出效率。

参考文献

- [1] 陆根书, 席西民, 梁磊, 等. 建立基于效率的高校科研管理体系与运行机制[J]. 研究与发展管理, 2007(4): 119-123.
- [2] 袁振国, 张男星, 孙继红. 2012年高校绩效评价研究报告[J]. 教育研究, 2013(10): 58-60.
- [3] JOHNES J, YU L. Measuring the research performance of Chinese higher education institutions using data envelopment analysis[J]. China Economic Review, 2008, 19(4): 679-696.
- [4] NG Y C, LI S. Efficiency and productivity growth in Chinese universities during the post-reform period[J]. China Economic Review, 2009, 20(2): 183-192.
- [5] 王欢, 宗晓华. 中国各地区高校科研的技术效率与规模调整: 基于省级面板数据的DEA分析[J]. 科技与经济, 2013(3): 66-70.
- [6] 张婧. 基于因子分析与DEA模型的高校科研效率评价[J]. 统计与决策, 2015(2): 74-77.
- [7] 李清彬. 中国省际高校科研效率的经验研究: 2002—2006: 基于DEA模型的效率分析[J]. 山西财经大学学报(高等教育版), 2009(1): 7-12.
- [8] 郭海娜. 教育部直属高校科研效率评价研究[D]. 镇江: 江苏科技大学, 2012.
- [9] 田东平, 苗玉凤. 基于DEA的我国高校科研效率评价[J]. 理工高教研究, 2005(8): 6-8.
- [10] 王瑞文, 孙建东. 地区高校科技能力评价: 基于高校科技统计数据的因子分析[J]. 科学管理研究, 2012, 30(4): 61-62.
- [11] 王晓红, 陈浩. 1999—2006年我国各省市高校科研效率的实证研究: 基于科技成果指标变化的对比分析[J]. 科研管理, 2011, 32(4): 94-95.
- [12] 姜彤彤. “985”高校科研效率测算及区域差异对比[J]. 高等工程教育研究, 2014(4): 35-37.