

Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.pj.2019.05.003

欢迎按以下格式引用:宗晓华,付呈祥.“双一流”建设高校科研效率及其变化[J].重庆大学学报(社会科学版),2020(1):93-106.Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.pj.2019.05.003.

Citation Format: ZONG Xiaohua, FU Chengxiang. The research efficiency of “Double First-Class” universities and its changes: Based on super-efficiency DEA and Malmquist index decomposition[J]. Journal of Chongqing University(Social Science Edition), 2020(1):93-106. Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.pj.2019.05.003.

“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

宗晓华,付呈祥

(南京大学 教育研究院,江苏 南京 210093)

摘要:科学合理地评估高校科研效率,并据此优化高校科研资源配置,进而提高科研效率,是落实“双一流”建设方案“绩效评价、动态支持”要求的重要路径。选取教育部直属“双一流”建设高校,构建突出科研质量和贡献度的指标体系,使用超效率 BCC 模型和 Malmquist 模型方法,分析 2010—2015 年间高校的科研效率及其变动。研究发现:样本科研效率整体偏低,科研效率虽有提高但速度缓慢,导致科研效率提高的主要因素是科研管理效率提升和规模效率增加,但规模效应趋于衰减。中西部地区高校由于经费投入不稳定,科研效率波动较大,大理类高校科研效率持续降低。未来应主要通过提高科研管理水平和创新科研生产技术来提高科研效率,摆脱对要素投入驱动的过度依赖;同时加强对中西部高校稳定持续的经费投入,改进经费与人力资源的匹配度,优化大理类高校的学科结构。

关键词:“双一流”建设高校;科研效率;科研评价;超效率 DEA;Malmquist 指数

中图分类号:G644

文献标志码:A

文章编号:1008-5831(2020)01-0093-14

一、研究背景与思路

随着经济结构的转型升级和创新驱动战略的深度实施,高校的科技创新及其对社会经济发展的贡献受到前所未有的重视,国家对高校的科研投入快速增加。据科技部和教育部联合发布的《中国普通高校创新能力监测报告 2016》显示,2015 年我国高校 R&D 经费支出达 998.6 亿元,是 2006 年的 3.6 倍;高校 R&D 人员全时当量为 35.5 万人年,比 2006 年增长 46.7%,居世界第一。高校 SCI

修回日期:2019-03-26

基金项目:国家社会科学基金项目教育学一般课题“‘双一流’建设大学科研绩效评价与拨款机制研究”(BFA180066)

作者简介:宗晓华(1982—),男,河南平顶山人,南京大学教育研究院副教授,教育经济与管理研究所副所长,主要从事教育经济、教育财政研究,Email: zongxh@163.com;付呈祥(1993—),南京大学教育研究院硕士研究生,主要从事高校科研评价研究。

论文发表达到22万篇,比2006年增加了1.68倍^[1]。由高校牵头的重大科技攻关任务取得了举世瞩目的成就,服务国家需求和经济发展的能力显著增强。例如,由高校牵头研制的高铁项目已经助力我国高铁走向世界。然而,高校科研产出的增加是否仅仅由于大规模的科研投入驱动,还是科研效率也得到了显著的提高?哪些高校科研效率更高,哪些高校科研效率提高的速度更快?这些问题不仅是重要的理论问题,而且也是当前落实“双一流”建设政策紧迫的现实问题。我国“双一流”建设总体方案要求,要形成基于绩效评价的动态调整与激励约束机制。相比于教学活动来说,高校的科研效率评价存在更多的显性指标和可选方式,然而在开展评价时仍会面临一些理论和技术上的挑战,例如在评价指标选取上如何在学术优先和服务经济社会发展之间权衡^[2],在评价标准与模型设定上如何在统一评价标准和学科结构多样化之间折衷^[3],等等。这些问题与矛盾都必须在制定“双一流”建设大学科研绩效评价与拨款机制时给予充分的讨论和深入的研究。

目前关于高校科研效率的评价主要采用加权产出与加权投入之比的计量逻辑来衡量。根据确定权重方法的不同,又可分为统计方法和数学规划方法。前者主要应用因子分析方法确定权重,整合各种要素投入得分^[4]。后者主要采用数据包络分析(DEA)和随机前沿分析(SFA)来测量。其中,DEA及其扩展模型因其预设条件少,易于操作,在高等教育效率评价方面的应用日益广泛^[5]。使用DEA方法来分析我国大学科研生产效率的研究也逐步增多,关注的重点从静态评价转向动态评价,使用的模型也日趋复杂^[6-9]。

总体上看,目前使用DEA模型评价高校科研效率的相关文献存在以下不足:第一,由于数据可获得性等原因,评价指标体系较为简单,多关注科研数量指标如论文发表量等,对于科研质量指标如引用率等涉及较少,更重要的是,缺乏科研产出的社会经济影响指标;第二,评价过程中对于高校内部的学科结构差异和外部的经济社会环境关注较少,评价结果对于一些高校来说有失公允。

鉴于此,本文试图从以下几方面改进研究工作:(1)构建以质量为中心、以科研贡献度为重点,相对全面的科研产出的指标体系,包含高质量科研论文、科研成果获奖以及科研服务社会三方面;(2)将样本高校根据学科构成划分为综合类和大理类^①,分别计算不同类型高校的科研效率,并根据不同的模型进行分解,还原不同类型高校的真实效率值;(3)为了探究不同类型高校的科研效率变化情况,通过将样本高校分为东、中和西部三个地区,进行分地区评价。需要说明的是,由于资料获取具有较大难度,本文采用2010—2015年样本高校数据进行处理和分析,但并不影响对总体情况和规律性的把握。

二、计量模型和方法

Charnes等^[10]提出DEA-CCR模型,解决决策单元排序问题,但是该模型假定生产规模不变,与实际生产过程不符。因此,学者通过增加凸性约束 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 (\lambda_j \geq 1)$,形成了DEA-BCC模型^[11],使投影点的生产规模与被评价的决策单元(DMU)的成产规模处于同一水平,从而可以计算规模可变情况下的效率。以上两个模型的不足之处在于,如果多个单元处于前沿面,那么这些有效单元的效率值就都是1,无法再进行比较。为解决这一问题,Anderson和Petersen提出超效率模型(Super

^①大理类高校32所,综合类高校27所,具体划分方法可参见袁振国等人于2013年发表的论文。

Efficiency Model, SE), 通过在标准效率 DEA 模型中加入了 $j \neq k$ 的条件限制, 将被评价 DMU 从参考集中剔除。也就是说, 被评价 DMU 的效率是参考其他 DMU 构成的前沿得出的, 有效 DMU 的超效率值一般会大于 1, 从而可以对有效 DMU 进行区分^[12]。然而, 在产出导向 VRS 径向超效率模型中, 存在无可行解的情况。针对此, 学者 Chen J-X 等人提出了一般化导向 VRS 径向模型^[13]:

$$\min \frac{1 - w^l \alpha}{1 + w^0 \beta}; \quad s.t. \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_{ij} \leq [1 - f(w^l) \alpha] x_{ik}; \quad \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_{rj} \geq [1 + f(w^0) \beta] y_{rk}; \quad \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j = 1$$

$$\alpha \leq 0, \beta \leq 0, \lambda_j \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad r = 1, 2, \dots, q; \quad j = 1, 2, \dots, n (j \neq k); \quad w^l + w^0 > 0, w^l \geq 0, w^0 \geq 0$$

$$f(w) = \begin{cases} 0, & \text{if } w = 0 \\ 1, & \text{if } w > 0 \end{cases}$$

在公式中, k 为有效 DMU, α 代表投入等比例缩减的程度, β 代表产出等比例增加的程度。 w^l 和 w^0 为模型的两个参数, 分别表示投入导向和产出导向的权重, 当两个参数均大于 0 时, 模型不存在无可行解的情况, DMU 的效率值为 $(1 - \alpha)/(1 + \beta)$ 。该模型的提出为比较处于生产前沿面上的决策单元效率差异提供了有效的解决思路。

超效率 DEA 模型能够评价高校间的科研投入—产出的相对效率, 但是这种效率是一种静态效率, 如果要进行跨年份动态比较, 还必须引入评价跨期动态效率变化的曼奎斯特生产率指数 (Malmquist Index, 简称 MI)。Malmquist 生产率指数由瑞典经济学家曼奎斯特于 1953 年提出^[14], Färe 最早使用 DEA 方法计算 Malmquist 生产率指数, 并将其分解为两个方面: 一是被评价 DMU 两个时期内的技术效率变化 (Technological Efficiency, TE), 即资源配置和使用效率, 反映决策单元的实际产出与最优前沿面的距离, 当 $TE > 1$, 表示在该时期内, 组织管理水平提高导致组织效率提高, 出现追赶效应, 反之则下降; 二是生产技术进步 (Technological Change, TC), 即最优前沿面的向外扩展, 在同样的要素投入情况下, 潜在产出量得到提高, 实际上是出现了技术创新和进步, 即创新效应^[15]。Färe 等人又进一步将 EC 分解成纯技术效率变化 (PEC) 和规模效率变化 (SEC)^[16], Zofio 的研究则更进了一步, 将生产技术进步分解成纯技术变化 (PTC) 和规模技术变化 (STC)^[17]。最后分解出来的公式是: $MI = TE * TC = PEC * SEC * PTC * STC$ 。使用 Malmquist 指数分解, 可以明确组织生产效率变化产生的具体原因, 并且该指数通过跨年份动态数据计算, 具有稳定性等优势。具体指数模型如下:

$$MI(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)} \right] \left[\frac{D_t(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} \cdot \frac{D_t(y_t, x_t)}{D_{t+1}(y_t, x_t)} \right]^{1/2}$$

三、评价指标选择与数据处理

(一) 评价指标选择

DEA 方法对指标变量选择较为敏感, 随着模型所选择指标变量的增加, 前沿面上的决策单元数上升, 会影响估计精度, 因此投入指标、产出指标选择的合理性是确保运用 DEA 模型评价高校科研绩效科学性的关键。目前并没有关于高校科研指标体系构建的统一标准, 一般而言, 高校科研指标体系的选取不应该过分看重全面性, 应当向科学性、可比性等原则倾斜^[18], 科学性原则意味着指标选取时应该处理好质量和数量的关系、处理好国内数据和国外数据的关系、平衡自然科学和社会科学的关系^[19]。以科研质量和贡献度为导向的科研效率评估, 有利于改进科研人员及管理者的价值

观念,进而促进高校科研质量,推动高校追求内涵式发展。基于以上原则,本研究选取2项科研投入指标和14项科研产出指标,其中产出指标涵盖科研论文、科研获奖、社会服务三个维度。由于科研产出指标涵盖较广,目前仅能搜集到教育部直属高校的完整数据。剔除较为特殊的艺术语言类高校,如中央美术学院、中央音乐学院等,最终参与效率评价的高校为59所。这些部属高校均为“双一流”建设高校;其中一流大学建设高校32所,一流学科建设高校27所。

1. 科研投入及其分布状况

“人”“财”“物”投入是科研效率评价的主要投入要素,其中物力资本主要是财力投入长期积累而成,属于存量概念,短期内相对较为稳定。本研究选取专任教师数量作为高校科研的人力投入变量,选取研发经费当年总支出为财力投入变量。专任教师是高校科研生产的主力军^[20],经费是科研活动的经济保障。

从专任教师投入来看,各校之间教师规模差异巨大,其中吉林大学专任教师人数最多,2014年为4 817人,其次为四川大学和山东大学,专任教师人数均在4 000人以上。但是,有些高校专任教师规模很小,北京林业大学和北京中医药大学等7所高校的专任教师人数在1 500人以下。其中,中国药科大学2014年专任教师人数仅为884人,不足吉林大学的1/5。样本高校专任教师总人数由131 187人增加至139 385人,年均增长率仅为1.53%,各高校专任教师规模都比较稳定。

从科研经费投入来看,样本高校科研经费投入水平较高,且增长较快。2010年科研经费投入总额为275.46亿元,2014年增到了361.44亿元,年均增幅为7.05%。根据《2015年高等学校科技统计资料汇编》统计,2014年全国1 146所高校研发经费投入总额825.05亿元,样本高校的研发经费为361.44亿元。也就是说,59所样本高校获得了总科研经费的40.24%。然而,这些高校内部科研经费规模差异却十分显著。科研经费最多的清华大学,2014年的研发经费投入为29.19亿元,是投入最少的北京中医药大学(0.22亿元)的132倍。投入经费在5亿元以下的高校有31所,其中有10所高校经费不足2亿元,投入经费在5亿元~10亿元之间的高校有20所,投入10亿元~15亿元的高校有5所,投入高于15亿元的高校为3所。

从师均研发经费来看,经费最多的高校为清华大学,2014年的师均研发经费是87.59万元,是经费最少的北京中医药大学(2.04万元)的42.94倍。这里采用基尼系数来衡量各高校之间的经费差异程度。基尼系数是国际上通用的用以衡量收入差距的常用指标。2014年样本高校的师均科研经费基尼系数值为0.44,说明各高校之间的科研经费分配差异极大,极少数高校占据了大部分科研经费。

从研发投入的区域分布来看,东部地区、中部地区和西部地区高校人员与经费的投入差异巨大。东部地区高校校均专任教师相对最少,2014年校均专任教师2 186人,年均增长为1.57%。但是东部地区高校科研经费投入最多,校均科研经费由2010年的4.96亿元逐渐增长为2014年的6.97亿元,年均增幅达到了8.90%,增速较为稳定。中部地区高校校均专任教师数量最多,2014年校均专任教师人数为2 582人,年增长率为0.78%;校均科研经费增长呈现先上升后下降的趋势,年均增长率为4.79%。西部地区高校校均专任教师2014年为2 500人,年增长率为2.29%;校均科研经费呈现增长和下降的交替趋势,整体增长率为2.24%。具体情况参见图1和图2。

从图1、图2可以看出,中西部地区高校专任教师规模相对稳定,但研发经费波动幅度较大,且有些年份出现负增长情况,两项投入要素之间的匹配度不高。例如,中部地区高校2012年科研经费

校均投入为 4.88 亿元,而 2013 年却下降为 4.67 亿元,降低幅度为 4.50%;西部高校 2011 年校均科研经费为 4.38 亿元,2012 年却下降为 4.06 亿元,下降幅度为 7.90%。

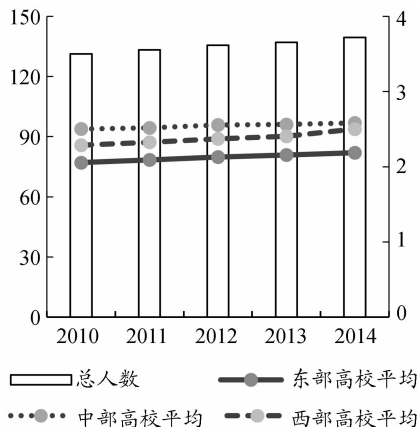


图1 各年专任教师规模(千人)

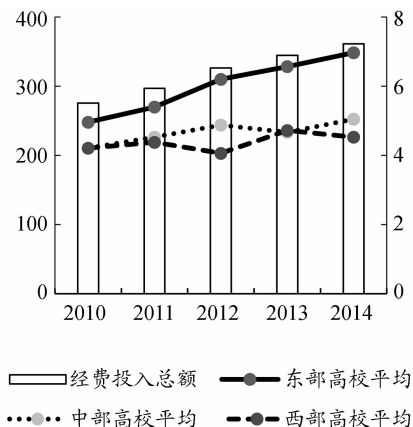


图2 各年科研经费投入情况(亿元)

2. 产出指标选取及描述

在科研产出方面,为了充分体现质量和效益导向的原则,本研究选取科研论文、科研获奖和社会服务三个维度 14 项产出指标。

(1) 科研论文。科研论文是高校科研产出的标志之一。本文采用基本科学指标数据库(Essential Science Indicators,简称 ESI)的论文总量以及被引量作为重要的质量指标,数据采集时间为 2017 年 7 月 16 日。由于 ESI 主要收录国际期刊发表论文,且理工科较多,为此,本研究选取中文社会科学引文索引(CSSCI)论文指标,以反映国内哲学社会科学研究成果。样本高校 2011—2015 年间 ESI 论文总数为 242 万篇,总引用量达到了 1 173.58 万次,并且论文总数和总被引用量呈现高速增长态势,年均增长幅度分别达到了 15.27% 和 25.62%;高影响论文(Top 论文)是指 ESI 论文中的高被引用论文和热点论文,是学术影响力和学科评估的重要指标。通过分析可知,高影响论文数量呈现高速增长的趋势,年均增长幅度为 22.43%。值得注意的是,高影响论文的引用率虽然年均增长 5.29%,但是增幅却越来越小,这也显示出虽然高被引论文数量增加,但可持续性堪忧。样本高校的 C 刊论文发表数量一直呈下降趋势,年均下降幅度为 0.91%,这也反映了这些部属重点高校已经更多倾向于质量导向而非数量导向,且越来越注重国际期刊论文发表。

(2) 科研获奖。国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科技进步奖是国家科技最高奖项,代表着我国在科技领域最高的荣誉。获得该奖项表征着国家和社会对该项科技成果的充分肯定。目前,不同的高校对三大奖的不同等级给予不同的奖励,其中北京大学的做法较为典型,并被很多高校借鉴,本文亦采取这种方法,分别赋予三大奖中一等奖(包括特等奖)权重为 1,二等奖权重为 1/2,三等奖权重为 1/4^[21]。同时选取人文社会科学省级和部级奖励作为科研获奖的另一个重要二级指标。具体来看,2011—2015 年间,样本高校共获得国家自然科学奖 161 项,其中一等奖 7 项;获得技术发明奖共 180 项,其中一等奖 8 项;获得国家科技进步奖 551 项,其中特等奖 8 项,一等奖 46 项;获得人文社会科学部级和省级奖分别为 1 352 项和 3 223 项。高校获奖数量每年都不一样,且呈现无规律波动状态,这也显示出科研创新的高度不确定性。

(3) 社会服务。社会服务作为高校科研的另一项重点,应该得到重点关注。样本高校在 2011—2015 年间,共有 10 171 份研究报告被采纳,获得专利授权 139 636 件,技术转让获得收益总额为

69.98 亿元,专利出售金额为 11.19 亿元。研究报告数量呈现先减少、后增加的态势,平均年度增幅为 8.05%;而专利授权数量整体呈快速增长趋势,平均年度增幅达到了 15.45%;技术转让收入呈现逐年下降趋势,从 2012 年度开始为负增长,平均年度增幅-2.69%;专利出售呈现较强的波动性,平均年度增幅为 1.85%。

(二)数据处理

根据 Golany 和 Roll 实证研究发现,参与评价的 DMU 个数至少应该是投入和产出项目数量之和的两倍,科研投入和产出指标需要尽量精简^[22]。由于本研究选取的产出指标较多,为了进一步降维,先对各项指标使用极值法进行标准化处理,然后采用学界较为常用的熵值法赋权对各维度内的指标进行加总^[23]。

考虑到科研存在滞后性,根据同类研究,将产出数据前置一年^[24],即 2010 年的投入,对应 2011 年的产出,并以此类推。因此,本文的数据即 2010 年至 2014 年的投入数据,对应于 2011 至 2015 年的产出数据。样本高校数据主要采集于历年的《教育部直属高校统计资料汇编》《高等学校科技统计资料汇编》以及 Web of Science 学术发表与引文数据库。

表 1 科研投入和产出指标描述性统计

指标	一级指标	二级指标	2010— 2011 年	2011— 2012 年	2012— 2013 年	2013— 2014 年	2014— 2015 年	熵值
投入	人员	专任教师	2189.44	2223.29	2263.71	2288.00	2328.32	
	经费	科研支出(千万)	46.69	47.75	51.16	52.62	53.75	
产出	科研论文	ESI 论文总量	6 064.61	6 951.63	8 023.00	9 270.31	10 708.02	0.15
		ESI 论文总被引量	23 865.83	30 015.31	37 949.63	47 660.31	59 420.32	0.21
		高影响论文总量	58.51	73.56	92.75	114.32	139.97	0.22
		高影响论文被引量	14497.76	17477.02	18752.10	18756.25	17495.36	0.26
	科研获奖	CSSCI 论文总量	591.24	585.24	580.68	580.61	569.86	0.17
		国家自然科学奖	0.23	0.25	0.42	0.24	0.30	0.24
		国家技术发明奖	0.28	0.37	0.29	0.31	0.31	0.19
		国家技术进步奖	0.58	0.52	0.51	0.50	0.52	0.13
		人文社科获奖(部级)	2.02	1.32	8.90	0.95	9.73	0.23
	社会服务	人文社科获奖(省级)	10.61	12.20	9.69	14.34	7.78	0.21
		研究报告采纳数量	33.22	31.44	30.47	33.47	43.78	0.24
		知识产权授权总数	347.78	467.92	484.73	470.59	595.69	0.08
		技术转让收入(千万)	2.02	2.75	2.50	2.04	1.47	0.39
		专利出售收入(千万)	0.37	0.34	0.38	0.29	0.35	0.29

注:所有有关经费的数据都经过 CPI 换算。

四、实证分析与结果讨论

实证研究分两步进行:第一步是静态效率评价,根据 DEA-BCC 模型,使用 Maxdea7.0 软件,计

算大学科研效率得分,并进行超效率分解,计算出在数据包络前沿面的决策单元的效率;第二步是动态效率评价,根据 Malmquist 模型,对各高校的科研动态效率进行计算并分解,并对不同地区和不同学科类型高校进行差异分析。

(一) 高校科研静态效率分析

使用投入导向的 BCC 模型和超效率模型,应用 Maxdea7 软件对 2010—2015 年样本高校的科研效率进行测度,结果见表 2。表 2 中,TE 是指技术效率,表示对决策单元的资源配置能力、资源使用效率等的综合衡量与评价。PTE 是纯技术效率,是制度完善和管理水平提升带来的效率,它与技术效率的区别在于计算纯技术效率时没有考虑规模效率因素。SE 是规模效率,是指在制度和管理水平一定的前提下,现有规模与最优规模之间的差异。RTS 是规模收益情况,规模收益递增说明决策单元应该扩大规模;反之,规模收益递减,决策单元则应缩减规模。Super 是相应的超效率值(表 2 中的下标 s),各效率指标之间的关系是:TE=PTE * SE,TE_s=PTE_s * SE_s。

表 2 2014—2015 年度各高校科研效率超效率分解

高校	技术效率 (TE _s)	纯技术效率 (PTE _s)	规模效率 (SE _s)	规模收益 (RTS)	高校	技术效率 (TE _s)	纯技术效率 (PTE _s)	规模效率 (SE _s)	规模收益 (RTS)
清华大学	2.87	1.12	2.56	递减	中南大学	0.44	0.5	0.87	递增
西南大学	1.88	2.9	0.65	递减	江南大学	0.4	0.63	0.64	递增
中国人民大学	1.77	1.85	0.95	递减	华中农业大学	0.4	0.72	0.55	递增
陕西师范大学	1.35	1.58	0.85	递减	北京邮电大学	0.39	0.8	0.49	递增
北京师范大学	1.18	1.19	0.99	递增	中国海洋大学	0.36	0.69	0.52	递增
北京大学	1.15	2.12	0.54	递减	南京农业大学	0.35	0.66	0.52	递增
南开大学	1.13	1.15	0.99	递增	北京化工大学	0.34	0.9	0.37	递增
复旦大学	1.09	1.2	0.91	递减	北京中医药大学	0.34	4.67	0.07	递增
华中师范大学	1.07	1.11	0.96	递增	吉林大学	0.34	0.37	0.93	递增
南京大学	1.02	1.07	0.95	递增	同济大学	0.34	0.54	0.62	递增
西安交通大学	0.96	1.18	0.81	递减	中国农业大学	0.33	0.76	0.44	递增
武汉大学	0.95	1.46	0.65	递减	天津大学	0.31	0.53	0.58	递增
中山大学	0.91	1.26	0.72	递减	重庆大学	0.31	0.43	0.72	递增
上海交通大学	0.9	0.91	0.99	递增	北京科技大学	0.3	0.58	0.51	递增
浙江大学	0.85	0.86	0.99	递增	电子科技大学	0.29	0.52	0.56	递增
大连理工大学	0.83	0.86	0.96	递增	北京林业大学	0.27	0.77	0.35	递增
兰州大学	0.81	0.87	0.94	递增	中国石油大学	0.27	0.48	0.56	递增
厦门大学	0.78	0.79	0.99	递减	西北农林科技大学	0.27	0.54	0.5	递增
华南理工大学	0.73	0.73	0.99	递增	华北电力大学	0.26	0.62	0.42	递增
河海大学	0.71	0.84	0.84	递增	西安电子科技大学	0.25	0.57	0.43	递增
华东师范大学	0.67	0.75	0.89	递增	中国地质大学	0.23	0.44	0.54	递增
东北师范大学	0.66	0.89	0.74	递增	合肥工业大学	0.22	0.49	0.46	递增
华中科技大学	0.6	0.62	0.96	递增	武汉理工大学	0.22	0.4	0.56	递增
中国药科大学	0.58	1.39	0.42	递增	东北林业大学	0.21	0.66	0.31	递增
山东大学	0.56	0.58	0.98	递减	东北大学	0.2	0.38	0.53	递增
东华大学	0.50	0.90	0.56	递增	中国矿业大学	0.2	0.45	0.44	递增
湖南大学	0.50	0.69	0.73	递增	长安大学	0.16	0.54	0.30	递增
东南大学	0.49	0.6	0.82	递增	北京交通大学	0.15	0.54	0.28	递增
华东理工大学	0.48	0.69	0.7	递增	西南交通大学	0.13	0.40	0.32	递增
四川大学	0.46	0.46	0.98	递增	均值	0.62	0.90	0.70	

从静态 DEA-BCC 模型来看,技术效率平均值为 0.545 6,纯技术效率平均值为 0.727 7,规模效率平均值为 0.713 9,说明 59 所直属高校整体技术效率比较低。其中,10 所高校技术效率达到了 1,构成了技术效率的前沿面,分别为北京大学、中国人民大学、清华大学、北京师范大学、南开大学、复

旦大学、南京大学、华中师范大学、西南大学和陕西师范大学。西安交通大学、武汉大学、中山大学、中国药科大学和北京中医药大学的纯技术效率虽达到了1,但是受规模效率的影响,技术效率没有达到最佳状态。

通过超效率模型对 BCC 模型的分解,原来处于前沿面的高校效率值得到进一步的计算和排序。结果显示,清华大学真实的技术效率值是 2.8740,居首位,其次是西南大学(1.8832)和中国人民大学(1.7650)。纯技术效率排序发生了较大变化,纯技术效率的超效率最高的是北京中医药大学,达到 4.6745,但是由于其规模效率太低,因此整体效率不高。

从以上 BCC 模型和超效率分解模型来看,样本高校的整体技术效率并不高,BCC 模型下的静态效率均值仅为 0.55,超效率模型下的均值为 0.62,说明很大部分高校的效率距离最优效率仍有很大差距。罗杭、郭珍等相关实证研究显示,部属高校的科研效率均值为 0.74^[25],相比之下,本研究中样本高校的得分更低。

超效率分解模型也显示,一些高校科研效率不高主要是由纯技术效率较低所导致,例如吉林大学(0.37)、东北大学(0.38)就是如此,仅有 13 所高校的纯技术效率大于 1;一些高校科研效率不高主要是由规模效率较低所致,例如北京中医药大学(0.07)、北京交通大学(0.28)和长安大学(0.30)就是如此,仅有 1 所学校规模效率大于 1。规模效率低的原因可分为两种情况:一种是投入规模过大,已经进入规模收益递减阶段,例如清华大学、北京大学、复旦大学、武汉大学和中山大学等;一种是投入规模不足,仍处于规模收益递增阶段,如南京大学、北京师范大学、南开大学等。由于本研究使用两项投入指标,具体是何种因素投入过度或不足,要视其效率评价的参照院校(benchmark)才可甄别。例如,南京大学的参照院校是北京大学、清华大学、复旦大学和中国药科大学。由于参照院校信息较为庞大,这里不再赘述。

规模收益是指组织内部各种生产要素按相同比例变化时所带来的产出变化,如果产出变化大于投入变化的比例,则称之为规模收益递增,反之为递减。通过超效率分解,2014 年样本高校中,处于规模收益递增阶段的高校为 48 所,占比为 81.36%,规模收益递减的高校为 11 所,占比为 18.64%,说明目前我国大部分高校的投入为有效投入。通过分析不同高校专任教师投入(图 3)和师均科研经费投入(图 4)对高校科研规模收益影响情况来看,专任教师规模在 2 500 人以下的高校和师均经费在 40 万元以下的高校,大部分都处于规模收益递增阶段。

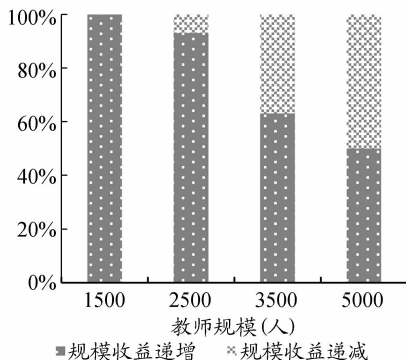


图3 高校教师投入与规模收益情况

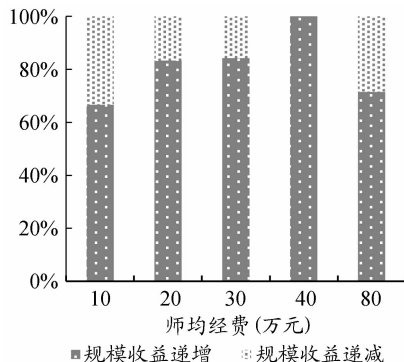


图4 高校师均经费投入与规模收益情况

(二) 高校科研动态效率分析

为测算样本高校科研效率的变动情况,笔者选取投入导向的全局参比 Malmquist 指数(Global

Reference Malmquist)模型进行分析。全局参比的集合是基于所有 DMU 所有年份的投入—产出数据构造技术前沿面来进行效率评价的,该模型可以有效处理规模收益可变情况下模型不可解的问题。具体结果参见表 3。

2010—2015 年度科研效率的增长率 MI 平均值为 1.033 7,年均增长率为 3.37%,说明科研效率处于增长态势。从具体分解来看,首先,技术效率的均值为 1.031 8,即由于资源配置和使用效率改进等原因导致生产效率年均增幅为 3.18%。其中,纯技术效率均值为 1.035 9,但是年度变化不稳定,先升后降,呈现抛物线型结构,到 2013—2014 年度,纯技术效率出现倒退现象。规模效率年平均值为 1.073 2,即由规模效率导致的生产效率进步年均为 7.32%。然而,规模效率的贡献呈现逐年衰减的趋势,说明投入规模增加的边际收益出现递减,规模驱动的增长之路不可持续。其次,年均技术进步的均值为 1.018 2,即每年由于科研生产技术创新和应用水平提高所引致的生产效率提高为 1.82%,远低于管理效率改进对科研效率提升的贡献度。这说明样本高校对原有的科研生产技术和生产手段的改进不够,推进科研效率前沿面扩展比较缓慢。其中,推动技术进步的主要因素是规模技术变化,纯技术进步的贡献度仅为每年 0.47%。

表 3 Malmquist 指数均值及其分解

年份	Malmquist 指数 (MI)	技术效率			技术进步		
		技术效率 变化(EC)	纯技术效率 变化(PEC)	规模效率 变化(SEC)	技术进步 (TC)	规模技术 进步(STC)	纯技术 进步(PTC)
2010—2011	1.053 1	1.062 3	1.034 3	1.125 3	1.004 2	1.095 1	0.931 7
2011—2012	1.041 9	1.054 8	1.064 1	1.071 7	1.000 6	0.961 3	1.051 2
2012—2013	0.996 4	1.047 7	1.048 0	1.052 4	0.971 6	1.008 6	0.978 4
2013—2014	1.043 6	0.962 3	0.997 0	1.043 6	1.096 4	1.072 4	1.057 7
各年度均值	1.033 7	1.031 8	1.035 9	1.073 2	1.018 2	1.034 3	1.004 7

具体到单个高校来看,2010—2015 年间,处于科研效率递增阶段的高校为 45 所,占比为 76.21%,13 所高校处于科研效率递减状态,占比为 22.03%,1 所高校处于科研效率不变状态。其中,效率增长最快的 3 所高校是西安交通大学、西南大学和武汉大学,年度平均增长率均超过 15%。效率下降幅度最大的 3 所高校为华东理工大学、北京林业大学和华东师范大学,年均效率降幅超过 5%。

根据影响高校科研效率的不同因素,将高校分为技术效率主导型和技术进步主导型两类。技术效率主导型是指技术效率的年均增长速度高于技术进步的增长速度,即该校的科研效率增长主要由管理水平提升和规模效益改善导致;反之则称为技术进步主导型,即该校的科研效率增长主要通过改进科研生产技术、采用新的科研装备而导致。从表 4 可以知道,在科研效率递增的高校中,43 所属于技术效率主导型,16 所为技术进步主导型。科研效率递减的高校中,除华东理工大学、北京林业大学和长安大学外,主要是因为技术效率降低造成科研效率下降。

总体来看,东、中、西部高校的 Malmquist 指数均呈现先递减后升高的态势,其中 2013—2014 年度是 Malmquist 指数的最低值(0.996 4)。从政策背景和数据分析来看,2012 年中共中央、国务院出台了《关于深化科技体制改革 加快国家创新体系建设的意见》(中发[2012]6 号),提出要推进高校

科研体制机制改革,建立分类科研管理制度和运行机制,同时加大科研投入力度,提高科技进步贡献率。2013年预算执行年度由于要落实政策精神,推进管理体制改革,大幅增加了经费投入,但短期内人员投入很难跟上和匹配到位,导致科研效率下降。

表4 2010—2015年样本高校年均 Malmquist 指数及其分解

高校	MI	EC	PEC	SEC	TC	高校	MI	EC	PEC	SEC	TC
西安交通大学	1.19	1.16	1.13	1.01	1.03	北京交通大学	1.02	1.01	1.19	1.06	1.01
西南大学	1.18	1.13	1.13	1.01	1.09	东华大学	1.02	1.03	1.06	1.03	0.99
武汉大学	1.16	1.14	1.15	1.00	1.06	中国农业大学	1.02	1.01	1.04	0.98	1.01
同济大学	1.13	1.11	1.12	1.01	1.02	南京大学	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01
中山大学	1.13	1.03	1.04	1.00	1.06	东北师范大学	1.01	0.99	1.05	0.96	1.02
河海大学	1.12	1.12	0.97	1.16	1.02	中国药科大学	1.01	1.00	0.92	1.26	1.01
华南理工大学	1.10	1.07	1.01	1.06	1.03	华北电力大学	1.01	1.03	1.12	0.98	0.98
中南大学	1.09	1.14	1.02	1.08	0.99	浙江大学	1.01	1.00	0.99	1.01	1.01
中国石油大学	1.08	1.08	1.03	1.49	1.02	东北林业大学	1.01	1.04	1.10	0.97	0.99
北京邮电大学	1.08	1.07	0.90	1.55	1.01	北京大学	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01
华中科技大学	1.08	1.07	1.06	1.02	1.02	武汉理工大学	1.01	1.06	1.15	0.93	1.07
大连理工大学	1.08	1.05	1.02	1.05	1.03	南开大学	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
合肥工业大学	1.06	1.11	0.91	1.56	1.00	北京中医药大学	1.00	1.00	1.35	1.49	1.00
华中师范大学	1.06	1.02	1.01	1.02	1.03	北京科技大学	1.00	0.99	0.96	1.07	1.01
中国人民大学	1.06	1.00	1.00	1.00	1.06	江南大学	1.00	1.00	1.04	1.03	1.02
上海交通大学	1.05	1.05	1.05	1.00	1.01	清华大学	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
西南交通大学	1.05	1.04	0.91	1.27	1.01	复旦大学	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
西安电子科技大学	1.05	1.04	1.00	1.07	1.01	中国海洋大学	1.00	1.01	0.98	1.07	0.99
华中农业大学	1.05	1.06	0.91	1.22	1.01	东南大学	1.00	1.02	1.02	0.98	1.02
北京师范大学	1.05	1.02	1.00	1.02	1.04	长安大学	0.99	0.99	1.15	1.02	1.00
厦门大学	1.05	1.01	1.00	1.00	1.03	天津大学	0.99	0.98	0.97	1.01	1.01
兰州大学	1.05	1.02	1.00	1.03	1.03	北京化工大学	0.99	0.98	1.00	1.02	1.01
山东大学	1.04	1.04	1.05	0.99	1.02	西北农林科技大	0.98	1.00	0.86	1.19	0.98
重庆大学	1.04	1.03	0.98	1.07	1.02	中国地质大学	0.97	0.95	1.05	0.96	1.03
吉林大学	1.04	1.31	1.52	1.05	1.17	南京农业大学	0.97	0.96	0.99	0.99	1.01
四川大学	1.04	1.03	0.97	1.07	1.00	中国矿业大学	0.96	0.94	1.12	0.96	1.03
陕西师范大学	1.04	1.01	1.06	1.12	1.01	华东师范大学	0.95	0.93	0.96	0.97	1.02
电子科技大学	1.03	1.03	0.95	1.12	1.01	北京林业大学	0.94	0.94	1.14	0.95	1.00
东北大学	1.03	1.04	0.99	1.44	1.01	华东理工大学	0.91	0.92	1.00	0.92	1.00
湖南大学	1.03	1.02	1.05	1.01	1.01	均值	1.03	1.03	1.04	1.07	1.02

从各地区来看,东部地区高校科研效率进步较为缓慢,但非常稳定,MI 指数最低的年份也大于 1 (1.002 4)。这与东部高校整体发展水平有关,东部地区高校经费和人力资源较为充足,科研效率整体较高,进步虽慢,但持续性和稳定性很强。西部地区高校科研效率波动幅度较大,2013—2014 年度效率下降显著,2014 年后西部高校科研效率又大幅上升,当年的 Malmquist 指数为 1.140 34,即该年度西部高校平均比上年度效率增加 14.03%。这次波动的原因可能是政策实施形成的冲击。2013 年,教育部、国家发展改革委、财政部制定了《中西部高等教育振兴计划(2012—2020 年)》提出要加大中西部地区高校投入,在经费和人才引进等方面予以优惠。正如本文图 1、图 2 所显示的那样,西部高校的经费投入短期内得到大幅提升,但是人员投入并没有适应性扩大,这种不匹配是导致当年科研效率下降的潜在因素。中部地区的科研效率虽然也在 2013—2014 年度出现波动,但是之后的恢复力度并不大,中部高校崛起似乎有后劲不足之忧。具体情况可见图 5。

从不同类型高校的科研效率来看,大理类高校科研效率的增速逐年下降,而综合类高校虽然在 2013—2014 年度有所波动,但是总体上呈上升态势(图 6)。具体而言,理工类高校 2010—2015 年度平均 MI 值大于 1,说明该类高校科研效率一直在增长,但是年均 MI 指数呈现逐年下降趋势,说明大理类高校科研效率增速越来越慢,到了 2014—2015 年度,MI 指数为 0.98,出现了科研效率下降的情况。这一研究与之前专门针对理工类“985”大学效率评价的结论相似^[26]。大理类高校科研效率水平下降主要有以下两方面的原因。首先,由于我国理工类高校普遍忽视社会科学和人文学科的发展,学科结构的偏狭可能制约其整体效率的提高。随着知识分化越来越严重,科研领域的重大突破往往依靠大型跨学科团队合作完成,显然理工类院校较为单一的学科结构越来越难以满足集成创新和协同创新的需求。其次,科研效率计算主要是遵循加权产出与加权投入之比的逻辑,理工类院校投入巨大,而科研产出具有不确定性,科研贡献也难以精确测度,由此在投入—产出效率评价中可能会处于劣势。

综合类院校 2010—2015 年平均 MI 值大于 1,说明该类高校效率也一直在增长,但是年均 MI 波动比较明显,2010—2011 年度 MI 值小幅上升,然后下降,到 2013—2014 年度,MI 值仅为 0.98,随后急剧攀升至 1.11,即该年度科研效率以比上年增加 11%。MI 值波动说明综合类高校科研活动相当活跃,但是科研生产存在不稳定性。

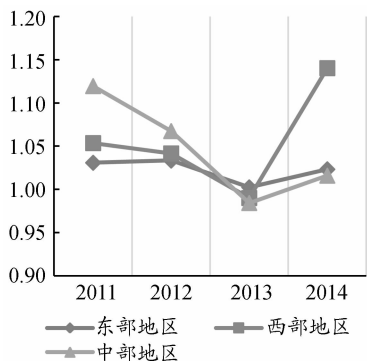


图 5 分地区高校动态效率情况

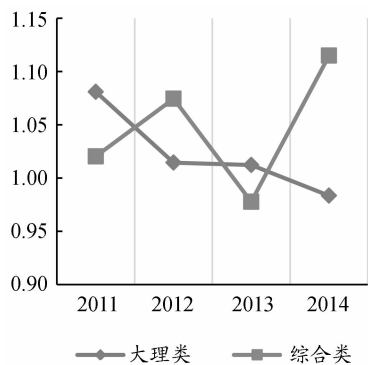


图 6 分类型高校动态效率情况

五、主要结论与政策涵义

通过对 2010—2015 年度部属“双一流”建设高校科研效率的实证分析可以发现:(1)样本高校

的科研效率整体水平不高,科研资源并没有得到充分、有效利用,科研效率仍有很大的改进空间。导致相关高校科研效率较低的原因,既有管理效率不高的因素,也有规模效率不高的因素;(2)虽然样本高校科研效率整体不高,但是总体上呈现上升趋势。多数高校科研效率的提高是依靠科研管理效率的改进和规模调整实现的,只有很少一部分高校依靠科研技术创新提高科研效率。(3)东、中和西部地区高校科研效率存在较大的差异。东部地区科研效率增长比较稳定,但是中、西部地区高校科研效率波动比较大。大理类高校的科研效率总体上低于综合类高校。

根据实证研究结论,提出以下三点政策建议。

(一) 改变高校科研评价中的“四唯”倾向,建立更为注重科研质量和效益的评价指标体系

与以往使用部属高校数据评价科研效率的结果不同,本研究中样本高校的科研效率得分均值更低。究其原因,之前相关研究往往使用科研论文、著作等量化指标,评价维度相对单一,过于注重数量规模,而本研究构建的评价指标更为注重科研产出的质量和社会经济影响,更加注重人文社科的产出及其贡献;即使在科研论文方面,也采取高影响论文及其引用量等指标,体现“代表作”理念。在这套评价指标体系下,部属“双一流”大学的科研效率表现不佳、得分更低,这也从侧面说明当前很多高校在科研评价导向上仍然存在较为严重的“四唯”问题。未来“双一流”建设成效评估中,应建立更加注重科研质量而非数量、更加注重社会经济贡献等效益取向的绩效评价指标体系,引导高校树立更为科学的科研价值取向。

(二) 加大高校在资源配置和使用上的自主权,激励高校提高科研管理效率,推动科研组织和技术创新

高校科研效率进步相对缓慢,而且更多地依靠更为严格的管理和规模调适来完成,而非科研生产技术的创新和进步。从发展趋势来看,高校的规模效率呈现明显的下降趋势,说明规模扩张的收益空间将会越来越小。未来需要更多地依靠改革科研管理方式,改进和创新科研生产技术来提高科研效率,而这都需要进一步扩大高校在资源配置和使用上的自主权,加大“放管服”政策落实力度,激励高校和一线科研人员的主动性和创造性。改进和创新科研生产效率,不同高校面临的约束差异较大,既有实验设施设备不够前沿和精良的因素,也有科研人员专业素养和能力不足的因素,更有高校利用其他科研机构、企业等外部互补资源机制不健全的因素。如何在新一轮科技革命浪潮中更新高校自身科研生产方式和技术,并将高校的科研创新成果向现实生产力转化,需要不断突破惯性较强的相关文化理念和体制机制的限制。

(三) 对处于不同区域、不同类型和不同规模报酬阶段的高校,采用差别化的支持政策

相对于东部高校而言,中西部高校科研效率的稳定性不足,科研资源匹配度较差,这也凸显中西部高校“双一流”建设的难度。地处中西部地区的部属高校,来自地方的支持有限且不稳定;即使经费或科研设施等条件配备到位,有时领军人物甚至整个科研团队的“孔雀东南飞”也会导致科研效率的下滑。对于中西部地区的“双一流”建设,既需要在经费投入上予以倾斜,更要建立更为良性的学术生态和制度环境,以保持科研队伍的稳定性,提高科研资源配置效率和使用效率。大理类高校科研效率整体较低,需要进一步优化学科结构,在保持传统学科竞争优势的同时,培育跨学科和交叉学科等前沿性生长点,提升集成创新能力。虽然我国高等教育整体上已进入内涵式发展阶段,但对处于规模报酬递增阶段的高校,则应在优化结构和精益管理的基础上,适度扩大资源投入规模;对于已经进入规模报酬递减阶段的学校,应考虑适当“瘦身”。

参考文献:

- [1] 科技部,教育部.中国普通高校创新能力监测报告[EB/OL].(2017-10-12)[2018-06-20].http://www.moe.gov.cn/s78/A16/moe_789/201710/t20171012_316131.html.
- [2] BENNER M, LIU L, SERGER S. Head in the clouds and feet on the ground: research priority setting in China[J]. *Science and Public Policy*, 2012, 39(2): 258-270.
- [3] MINGERS J, LEYDESDORFF L. A review of theory and practice in scientometrics[J]. *European Journal of Operational Research*, 2015, 246(1): 1-19.
- [4] 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): 55-64.
- [5] COOPER W W, SEIFORD L M, ZHU J. Handbook on data envelopment analysis[M]. New York: Springer, 2011: 1-3.
- [6] NG C, LI S K. Measuring the research performance of Chinese higher education institutions: an application of data envelopment analysis[J]. *Education Economics*, 2000, 8(2): 139-156.
- [7] NG Y C, LI S K. Efficiency and productivity growth in Chinese universities during the post-reform period[J]. *China Economic Review*, 2009, 20(2): 183-192.
- [8] 周伟.基于DEA方法的研究型大学科研绩效实证研究[D].天津:天津大学,2010.
- [9] 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.
- [10] CHARNES A, COOPER W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1979, 2(6): 429-444.
- [11] BANKER R, CHARNES A, COOPER W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis[J]. *Management Science*, 1984, 30(9): 1078-1092.
- [12] ANDERSEN P, PETERSEN N. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis[J]. *Management Science*, 1993, 39(10): 1261-1265.
- [13] CHEN J, DENG M. A cross-dependence based ranking system for efficient and inefficient units in DEA[J]. *Expert Systems with Applications*, 2011, 38(8): 9648-9655.
- [14] MALMQUIST S. Index numbers and indifference surfaces[J]. *Trabajos de Estadística*, 1953(2): 209-242.
- [15] FARE R, GROSSKOPF S. Malmquist productivity indexes and Fisher ideal indexes[J]. *The Economic Journal*, 1992, 102(410): 158-160.
- [16] FARE R, GROSSKOPF S. Intertemporal production frontiers: with dynamic DEA[M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1996: 47-66.
- [17] ZOFIO J L. Malmquist productivity index decompositions: a unifying framework[J]. *Applied Economics*, 2007, 39(18): 2371-2387.
- [18] 潘健,宗晓华.基于数据包络分析的大学科研效率评价指标体系研究[J]. *清华大学教育研究*, 2016(5): 101-110.
- [19] 丁敬达,邱均平.科研评价指标体系优化方法研究:以中国高校科技创新竞争力评价为例[J]. *评价与管理*, 2010(1): 111-118.
- [20] 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:基于RCCSE2017年中国大学及学科专业评价报告[J]. *重庆大学学报(社会科学版)*, 2018(3): 117-127.
- [21] 北京大学.关于印发《北京大学科学技术成果奖励办法》的通知(校发[2009]213号)[EB/OL].(2009-12-15)[2018-06-29].
<http://www.research.pku.edu.cn/docs/2018-06/20180629090152839622.pdf>.
- [22] GOLANY B, ROLL Y. An application procedure for DEA[J]. *Omega*, 1989, 17(3): 237-250.
- [23] 刘树林,邱苑华.多属性决策基础理论研究[J]. *系统工程理论与实践*, 1998(1): 39-44.
- [24] ZONG X, ZHANG W. Establishing world-class universities in China: deploying a quasi-experimental design to evaluate the

net effects of Project 985[EB/OL].[2018-08-11]. <https://doi.org/10.1080/03075079.2017.1368475>.

- [25] 罗杭, 郭珍. 2012年中国“985”大学效率评价: 基于DEA-Tobit模型的教学—科研效率评价与结构—环境影响分析[J]. 高等教育研究. 2014(12): 35-45.
- [26] 罗杭. 中国理工类“985工程”大学效率评价[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 133-139.

The research efficiency of “Double First-Class” universities and its changes: Based on super-efficiency DEA and Malmquist index decomposition

ZONG Xiaohua, FU Chengxiang

(*Institute of Education, Nanjing University, Nanjing 210093, P. R. China*)

Abstract: It is an important path to implement the performance based funding requirement of the “Double First-Class” policy by assessing the efficiency of research of universities, optimizing the allocation of research resources and improving its efficiency. This article selects the “Double First-Class” universities that directly under the Ministry of Education as a sample to assess the research efficiency and its changes of universities during 2010-2015. An indicator system which highlights the quality and contribution of scientific research is utilized, and DEA-BCC model and the Malmquist index are employed. The results show that: the overall research efficiency of these universities was low, slowly improving during the period, which was mainly enhanced by the increase in management efficiency and scale efficiency; however, the scale effect was decreasing. The research efficiency of universities in the central and western regions fluctuated significantly due to the unstable research funding, and the research efficiency of universities specialized in science and engineering (S&E) continued to decrease. In the future, it should depend more on the improvement of research management and technology innovation to increase research efficiency and get rid of the heavy dependence on the factor-driven model. Moreover, it should stabilize the investment and better the match between funds and human resources of the universities in the central and western regions, and optimize the disciplinary structure of the S&E universities.

Key words: “Double First-Class” universities; research efficiency; research evaluation; super-efficiency DEA; Malmquist index

(责任编辑 彭建国)