

基于 PCA/DEA 模型的科技创新效率评价

——以山东高校为例

阮红伟¹ 赵西²

(1 青岛大学 商学院, 山东 青岛 266071; 2 合肥学院, 安徽 合肥 230601)

摘要: 科学地评价山东高校科技创新效率, 对于推动山东新旧动能转换并加快“双一流”大学建设具有重要影响。采用 PCA-DEA 组合模型和 Malmquist 指数分析方法, 利用 2013-2017 年高校科技创新面板数据, 测算了山东 39 所高校科技创新过程中技术效率、技术进步及全要素生产率增长情况, 并进行了聚类分析。研究结果表明: 2013 年后, 山东高校科技创新效率总体显示出上升趋势, 但是波动较大; 山东省属高校(特别是省属非重点高校)科技创新效率增幅较大, 而三所“211”及省部共建高等学校科技创新效率增幅并不明显。高校科技创新效率提升的主要限制因素是技术进步因素。本文结论可以为山东高校科技创新有效性评价提供相应启示。

关键词: PCA-DEA 组合模型; Malmquist 指数; 科技创新效率; 山东高校

中图分类号: F204

文献标识码: A

文章编号: 1005-7110 (2019)03-0094-13

一、引言

科技创新目前已成为引领全球经济发展和社会进步的核心力量。山东作为国务院批复的我国第一个新旧动能转换综合试验区, 承担着“探索完善科技创新、制度创新、开放创新有机统一的推进机制, 为全国新旧动能转换提供经验借鉴”的重大使命和责任。实现新旧动能转换的核心是创新。实践证明, 在科技创新面前“无问西东”, 谁抢占了科技创新高地, 谁就能实现弯道超车, 顺利实现新旧动能转换。高校是我国科教兴国、人才强国和创新驱动发展战略实施的坚定执行者和重要参与者, 在促进山东新旧动能转换重大工程的实施、加快创新型省份建设过程中将发挥着巨大的作用, 对山东高校科技创新能力评价并探寻提升科技创新能力的路径, 具有重要的理论价值和现实意义。

国外学者早在 20 世纪 50 年代就开始对高校科技创新进行研究。主要涉及二个方向且重视研究方法和研究工具的选用。一是针对高校科研创新绩效评价研究, 例如, Johnes (1993) 等^① 使用 DEA

收稿日期: 2019-02-22

基金项目: 本文系山东省高等学校人文社会科学研究计划项目“基于 PCA-DEA 组合模型和 Malmquist 指数的山东高校科技创新能力研究”(J18RZ008)、国家社会科学基金项目“中国女性微创业的制度环境评价与政策优化研究”(18BJY043)的阶段性成果。

作者简介: 阮红伟, 女, 山东威海人, 青岛大学商学院副教授, 硕士生导师; 赵西, 女, 湖南湘潭人, 博士, 合肥学院经济系副教授。

^① Johnes G, Johnes J, “Measuring the research performance of UK economics departments: an application of data envelopment analysis”, *Oxford economic papers*, vol. 45, no. 2 (April 1993), pp. 332-347.

方法评价了英国不同大学经济系 1984–1988 年间的科研效率。Abramo (2009) 等^① 使用 DEA 方法对意大利高校的科研效率进行了评价。Jill Johnes (2010)^② 选取高校毕业生人数这一指标对高校产出效率进行测算。Goldstein、Bergman 和 Maier (2013)^③ 比较研究了欧洲与美国的高校在地区经济发展中创新以及高校的产出内容,他们认为高校主要承担了知识创造、人才培养等 8 项功能;二是针对高校科技创新成果的转化研究,例如, Jerry G Thursby (2002) 等^④ 采用回归分析方法,分析了高校科技创新成果的影响因素,归纳出科研水平和校企合作程度两个主要影响变量。Agrawal A (2003) 等^⑤ 研究认为高校科技创新成果转化能促进产业自身的研发行为。Rahal A D (2006)^⑥ 通过评价高校科技创新成果的转让效率,分析得出了一些对高校科技创新转化具有较大影响的因素。

国内关于高校创新的研究始于 20 世纪 80 年代,相对集中在高校科技创新能力评价指标与体系的构建及评价方法的研究。戚湧 (2007) 等^⑦ 构建了 58 个评价指标,对 30 所教育部直属重点高校的自主创新能力进行了实证研究;杜俊慧 (2013) 等^⑧ 选用 14 个指标构建起山西高校创新能力的评价体系;王章豹 (2005) 等^⑨ 采用线性加权求和法计算高校科技创新能力综合评价得分;袁卫 (2013) 等^⑩ 使用 DEA 方法研究 2011 年教育部直属 72 所高校办学效率;陶耘 (2014) 等^⑪ 采用因子分析、模糊聚类分析相结合的方法以安徽为例对高校科技创新能力进行评价;孙继国 (2015) 等^⑫ 运用面板分析方法对山东 17 地市科技创新效率进行了研究;王惠 (2015) 等^⑬ 运用数据包络分析 (DEA) 中 BCC 模型和 Malmquist 生产率指数分别测算江苏省高校科研静态效率和动态效率。孙继红 (2017) 等^⑭ 并行使用主成分分析、超效率 DEA 分析和 Malmquist 指数模型等方法,对 72 所直属高校进行绩效评价。

-
- ① Abramo G, Angeloa C D, Costa F D, “University–Industry collaboration in Italy: A bibliometrie examination”, *Technovation*, vol.29,no.6 (June 2009),pp. 498–507.
- ② Johnes J, “Measuring Efficiency: A Comparison of Multilevel Modelling and Data Envelopment Analysis in the Context of Higher Education”, *Bulletin of Economic Research*, vol.58,no.2 (February 2000),pp. 75–104.
- ③ Goldstein H, Bergman E M, Maier G, “University mission creep?Comparing EU and us faculty views of university innvolvement in regional economic development and commercialization”, *The Annals of Regional Science*.vol.50,no.2 (February 2013),pp. 453–477.
- ④ Jerry G Thumby, Sukanya Kemp, “Growth and productive efficiency of university intellectual property licenslng”, *Research Policy*, vol.31, (2002),pp. 109–124.
- ⑤ Agrawal A , Cockburn I , “The anchor tenant hypothesis: Exploring the role of large, local, R&D–intensive firms in regional innovation systems”, *International Journal of Industrial Organization*, vol.21,no.9 (November 2003), pp. 1227–1253.
- ⑥ Rahal A D , Rabelo L C, “Assessment Framework for the Evaluation and Prioritization of University Inventions for Licensing and Commercialization”, *Engineering Management Journal*, vol.18,no.4(April 2006),pp. 28–36.
- ⑦ 戚湧、李千目:《高校自主创新能力评价测度研究》,《科研管理》2007 年第 s1 期。
- ⑧ 杜俊慧、王文寅、苏贵影:《基于主成分分析的山西高校科技创新能力评价》,《经济问题》2013 年第 7 期。
- ⑨ 王章豹、徐枋巍:《高校科技创新能力综合评价:原则、指标、模型与方法》,《中国科技论坛》2005 年第 2 期。
- ⑩ 袁卫、李沐雨、荣耀华:《2011 年教育部直属 72 所高校办学效率研究—基于 DEA 模型》,《中国高教研究》2013 年第 11 期。
- ⑪ 陶耘、李铁范、张乐勤:《省域尺度高校科技创新能力综合评价及优化—基于安徽省实证》,《华东经济管理》2014 年第 10 期。
- ⑫ 孙继国、黄堃:《科技创新与金融支持——基于山东省 17 地市面板数据的实证分析》,《东方论坛》2015 年第 3 期。
- ⑬ 王惠、王树乔、李小聪:《基于 DEA 方法的江苏省高校科研效率评价研究》,《科技管理研究》2015 年第 7 期。
- ⑭ 孙继红、翁秋怡:《2016 年高校绩效评价研究报告》,《高教发展与评估》2017 年第 3 期。

基于目前文献分析,本文在国内外学者研究的基础上,构建山东高校科技创新效率指标评价体系,运用 PCA-DEA 组合模型和 Malmquist 指数分析方法对山东 39 所高校 2013-2017 年科技创新活动进行动态实证分析,探讨引发山东高校科技创新能力和效率提升的影响因素,可以为政府相关发展政策的制定提供依据。

本文安排如下:第二部分为研究方法与数据来源;第三部分为指标选择及数据处理;第四部分为实证分析;最后是结论。

二、研究方法与数据来源

(一)研究方法

1. 基于主成分分析的数据包络分析评价法(PCA-DEA)

主成分分析法(Principal Component Analysis, PCA)是通过降维过程,将多个相互关联的数值转化为少数几个互不相关的综合指标的一种多元统计分析方法^①。

数据包络分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)是利用数学规划的方法,评价具有多个输入与输出的决策单元(简记为 DMU)间的相对有效性(DEA 有效),即判断 DMU 是否位于生产可能集的“前沿面”上的一种数量分析方法。DEA 方法有 CCR 和 BCC 两种基本模型,CCR 模型假设的是规模报酬不变,BCC 模型则假设规模报酬可变^②。本文出于高校科技创新的总体滞后性、地区差异性考虑,剔除固定规模报酬的 CCR 模型,假设规模报酬可变,运用多阶段方法的 BCC 模型将综合效率分解为技术效率与规模效率两部分乘积,以此分别衡量来自于技术、规模的非 DEA 效率。

在进行 DEA 分析时,多指标集可能会因数据之间的相关性而干扰分析结果、失去分析意义,而进行主成分提取,将数据集从高维空间投影到低维空间,保存低阶主成分、忽略高阶主成分,可达到降维目的。将主成分分析(PCA)与数据包络分析(DEA)整合起来,即采用 PCA-DEA 组合模型,既可以降低指标间的相互关联,也可以有效削弱统计随机波动对 DEA 的影响。

2. Malmquist 指数分析法

Malmquist 指数是基于 DEA 模型的方法提出的,它利用距离函数的比率来计算投入产出效率。传统 DEA 模型一般用来对同一时间点的各决策单元效率情况进行横向比较,处理的通常是截面数据,不适宜对面板数据进行分析,难以研究不同时期决策单元效率的动态变化和发展趋势。Malmquist 指数可以较好地分析面板数据,纵向反映各高校的相对效率的动态变化。同时 Malmquist 指数还能够将各高校的全要素生产率变化(Tfpch)分解为技术效率变化指数(Effch)和技术进步指数(Techch),而技术效率变化指数又可分解为纯技术效率指数(Pech)和规模效率指数(Sech)。即 $Tfpch = Effch * Techch = Pech * Sech * Techch$ 。其中纯技术效率指数 Pech 能够分析规模报酬可变动设定下的技术效率变化,规模效率指数 Sech 则表示规模经济的贡献,技术进步指数 Techch 则体现生产前沿面的变动对于生产率变化的贡献。

① 宇传华:《SPSS 与统计分析》,北京:电子工业出版社,2007 年,第 491 页。

② 魏权龄:《数据包络分析(DEA)》,《科学通报》2000 年第 17 期。

3. 聚类分析法

聚类分析法是依据事物的数值特征,根据相互之间的距离来观察亲疏关系,从而对事物进行分类的一种多元统计分析方法^①。根据“物以类聚”的道理,无任何模式可供参考或依循,综合利用多个变量的信息,把相似程度较大的单元聚合为一类,把另外一些彼此之间相似程度较大的单元聚合为另一类,分类结果直观,聚类谱系图能清楚表现其数值分类结果。

(二)数据来源

为确保测算的客观性、准确性,本文根据中华人民共和国教育部科学技术司编制的《高等学校科技统计资料汇编》2013–2017 年的统计数据进行分析。在高校的选择上,以山东省“211”及省部共建高等学校和其他本科高等学校 2 种高校类型共 39 所高校作为研究对象。

三、指标选择及数据处理

(一)构建山东高校科技创新效率评价指标体系

评价高校科技创新效率需要建立一套科学、合理、可操作的评价指标体系。应遵循全面性原则、代表性原则、相关性原则、可比性原则、可操作性原则等构建原则^②,尽量减少人为主观因素,突出指标体系的导向作用,系统准确地构建能反映高校创新效率的客观状况,体现评价对象的共同属性,主次分明、层次清晰且与国家发展战略相衔接的科学指标体系。本文参考国内外相关研究的理论文献,结合山东高校具体情况,选取 11 个投入指标(X1~ X11)和 6 个产出指标(Y1~ Y6)构建山东高校科技创新效率评价指标体系,具体如表 1 所示:

表 1 山东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	序号
投入指标	教学与科研人员(人)	合计	X1
		其中:科学家与工程师中高级职称者	X2
	研究与发展人员(人年)	合计	X3
		其中:科学家与工程师中高级职称者	X4
		全时当量人员	X5
	科技经费(千元)	合计	X6
		当年内部支出	X7
	科技课题	课题总数(项)	X8
		当年投入人数(人)	X9
		当年拨入经费(千元)	X10
		当年支出经费(千元)	X11
产出指标	科技成果及技术转让	专著数量(部)	Y1
		学术论文(篇)合计	Y2
		鉴定成果数(项)	Y3
		技术转让签订合同数(项)	Y4
		技术转让当年实际收入(千元)	Y5
	成果获奖(项)	合计	Y6

① 宇传华:《SPSS 与统计分析》,北京:电子工业出版社,2007 年,第 459 页。

② 阮红伟、姚海棠:《金砖国家创新能力与产业结构升级研究》,《东方论坛》2018 年第 3 期。

(二) 数据处理

在利用基于主成分分析的数据包络分析法(PCA-DEA)进行分析前,必须要通过KMO检验与Bartlett球形度检验。选取山东高校科技创新能力评价指标体系中涵盖的11个投入指标和6个产出指标分别进行测算,KMO检验值分别为0.847和0.741,Bartlett球度统计量均较大,其伴随概率均 <0.05 ,表明各变量间相关性较强,且各变量独立(如表2所示),可以进行主成分分析。

表2 KMO检验与巴特利特球形度检验表(KMO and Bartlett's Test)

	投入指标	产出指标
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.847	.741
Bartlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square	1.746E3	201.865
df	55	15
Sig.	.000	.000

在进行主成分分析前,本文运用SPSS20.0对原始数据进行标准化处理,消除各指标间量纲差异的影响,随后提取主分量,一般要求主分量的特征值大于或约等于1。从表3可以看出,投入指标集符合条件的主分量有1个,产出指标集符合条件的主分量有2个,它们的累计贡献率分别为92.743%和82.826%,由于提取的主分量可以较好的替代原始指标集,因此本文以这3个主分量的得分矩阵代替原始指标集进行效率分析。

表3 PCA主成分特征值与累计贡献率

主成分	投入主分量 Z1	产出第一主分量 Z2	产出第二主分量 Z3
特征值	10.202	3.484	1.486
贡献率 %	92.743	58.062	24.764
累积贡献率 %	92.743	58.062	82.826

考虑到对高校科技创新效率进行分析时投入和产出变量数据的非负性要求,需要对提取的各主分量评分进行标准化处理。设定A为第i个单元标准化前的主分量得分,minA、maxA分别为A的最小值、最大值,A'为标准化后的指标,则具体的标准化过程为: $A' = 0.1 + 0.9(A - \min A) / (\max A - \min A)$ 。

四、实证分析

(一) 山东高校科技创新效率静态技术效率分析

应用投入导向规模效率可变BCC模型,对得到的数据进行整理,运用DEAP2.1软件,得出2013年和2017年山东高校科技创新效率及其分解效率,结果见表4。

表 4 山东高校科技创新效率及其分解效率

序号	高等学校名称	2013 年				2017 年			
		Crste	Vrste	Scale	R-S	Crste	Vrste	Scale	R-S
1	山东大学	0.731	1.000	0.731	drs	0.549	1.000	0.549	drs
2	中国海洋大学	0.504	0.581	0.867	drs	0.533	0.696	0.766	drs
3	中国石油大学(华东)	0.314	0.552	0.569	drs	0.547	0.813	0.673	drs
4	山东科技大学	1.000	1.000	1.000	-	1.000	1.000	1.000	-
5	青岛科技大学	0.519	0.562	0.924	drs	0.550	0.553	0.994	irs
6	济南大学	1.000	1.000	1.000	-	1.000	1.000	1.000	-
7	青岛理工大学	0.614	0.625	0.981	drs	0.573	0.578	0.992	irs
8	山东建筑大学	0.823	0.838	0.981	drs	0.925	0.937	0.988	irs
9	齐鲁工业大学	0.590	0.591	0.998	drs	0.631	0.642	0.983	irs
10	山东理工大学	0.616	0.639	0.964	drs	0.491	0.492	0.998	irs
11	山东农业大学	0.468	0.530	0.883	drs	0.685	0.805	0.851	drs
12	青岛农业大学	0.524	0.554	0.946	drs	0.620	0.621	0.997	irs
13	潍坊医学院	0.722	0.739	0.977	irs	0.509	0.516	0.987	irs
14	泰山医学院	0.486	0.491	0.991	irs	0.906	0.944	0.960	irs
15	滨州医学院	0.760	0.778	0.977	irs	0.867	1.000	0.867	irs
16	山东中医药大学	1.000	1.000	1.000	-	0.983	1.000	0.983	irs
17	济宁医学院	0.550	0.559	0.984	irs	0.408	0.412	0.990	irs
18	山东师范大学	0.761	0.763	0.999	irs	0.639	0.645	0.991	irs
19	曲阜师范大学	0.918	0.925	0.993	irs	0.545	0.558	0.976	irs
20	聊城大学	0.718	0.721	0.996	irs	0.618	0.624	0.991	irs
21	德州学院	0.715	0.744	0.962	irs	0.528	0.548	0.964	irs
22	滨州学院	0.654	0.694	0.943	irs	0.639	0.670	0.953	irs
23	鲁东大学	0.606	0.610	0.992	irs	0.601	0.622	0.967	irs
24	临沂大学	0.711	0.718	0.991	irs	0.639	0.648	0.986	irs
25	泰山学院	0.617	0.657	0.939	irs	0.951	1.000	0.951	irs
26	济宁学院	0.702	0.805	0.873	irs	0.671	0.797	0.842	irs
27	菏泽学院	0.697	0.752	0.926	irs	0.548	0.571	0.959	irs
28	山东财经大学	0.667	0.719	0.927	irs	0.679	0.758	0.895	irs
29	枣庄学院	0.739	1.000	0.739	irs	0.904	1.000	0.904	irs
30	青岛大学	0.717	0.842	0.852	drs	0.482	0.501	0.963	drs
31	烟台大学	0.582	0.594	0.980	drs	0.476	0.486	0.979	irs
32	潍坊学院	0.683	0.691	0.989	irs	0.573	0.596	0.961	irs
33	山东警察学院	0.729	0.862	0.845	irs	0.715	0.870	0.822	irs
34	山东交通学院	0.538	0.557	0.965	drs	0.538	0.557	0.966	irs
35	山东工商学院	0.692	0.783	0.884	irs	0.709	0.829	0.855	irs
36	山东女子学院	0.803	1.000	0.803	irs	0.723	0.975	0.742	irs
37	山东政法学院	0.795	1.000	0.795	irs	0.729	1.000	0.729	irs
38	齐鲁师范学院	0.730	0.885	0.825	irs	0.700	0.894	0.784	irs
39	山东青年政治学院	0.746	0.932	0.801	irs	0.730	0.992	0.736	irs
	均值	0.686	0.751	0.918		0.670	0.747	0.910	

注: Crste 为综合效率, Vrste 为纯技术效率, Scale 为规模效率, drs 为规模收益递减, irs 为规模收益递增,“-”为规模收益不变。

表4表示的是2013年和2017年山东高校科技创新效率及分解项目。可以看出,从山东高校平均技术效率来看,2013年为0.686,2017年为0.670比2013年略有下降;从DEA有效性来看,2013年达到有效的有3所高校,分别是山东科技大学、济南大学和山东中医药大学,2017年只有2所,分别是山东科技大学和济南大学;总体来看,2013年山东科技大学、济南大学、山东建筑大学、山东中医药大学、曲阜师范大学等高校综合技术效率较高,其中山东建筑大学和曲阜师范大学主要是由于规模效率拉动,而多数高校技术效率低,主要是由于纯技术效率较低导致。2017年,技术效率高的高校明显增加。在技术效率比2013年提升的高校中,除中国石油大学(华东)、滨州医学院和泰山学院是由纯技术效率拉动外,其他均由于规模效率提高所致。综合来看,2017年山东有16所高校技术效率比2013年得到了明显提升,主要由规模效率拉动,纯技术效率并没有太大提高,有些高校甚至出现了下降。表明纯技术效率较低是阻碍山东高校科技创新能力快速发展的重要原因。

(二) 山东高校科技创新效率动态变化分析

根据山东省高等学校2013年至2017年5年的面板数据,运用PCA-DEA-Malmquist指数分析方法,计算得出年度平均的高校科技投入产出全要素生产率(表5和图1)。

表5 2013-2017年度平均Malmquist指数及分解

年份	Effch	Techch	Pech	Sech	Tfpch
2013-2014	1.198	0.888	1.024	1.170	1.064
2014-2015	1.169	0.809	1.157	1.010	0.946
2015-2016	0.895	1.194	0.951	0.941	1.068
2016-2017	1.315	0.816	1.225	1.073	1.073
均值	1.133	0.915	1.084	1.045	1.036

注: Effch 为综合技术效率指数, Techch 为技术进步指数, Pech 为纯技术效率指数, Sech 为规模效率指数, Tfpch 为全要素生产率指数。

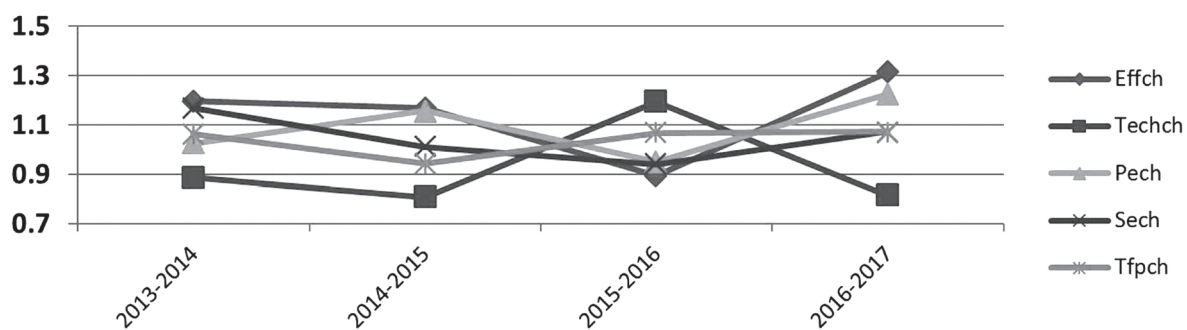


图1 2013-2017年年度平均Malmquist指数及其分解

从表 5 的数据可以看出,2013–2017 年间,反映山东高校科技创新绩效变化的曼氏指数的平均增长率为 3.6%,其中只有技术进步指数呈现退步,表明技术进步是制约山东高校科技创新绩效提升的主要因素。

从时间序列数据来看,山东高校科技创新全要素生产率整体呈现上升趋势。2013–2017 年年均增长 3.6%。图 1 显示,只有在 2014–2015 年全要素效率指数下降,其他年份则是上升的趋势。其中,综合技术效率指数上升最大,年均增长 13.3%,原因主要是纯技术效率年均增长 8.4%,同时规模效率年均增长 4.5%。然而技术进步指数下降,年均下降 8.5%,这对高校科技创新生产率的提高起到了反向作用。由此可见,山东高校科技创新全要素生产率的增长主要来源于纯技术效率和规模效率的提高,而非技术进步。

(三) 山东高校科技创新效率的空间差异分析

从全要素生产率变化角度。表 6 给出了各高校 2013–2017 年全要素生产率变动情况,根据 TFP 指数是否大于 1 进行划分,39 所公办普通高校中有 27 所 TFP 指数大于 1,说明这些高校在 2013–2017 年科技创新效率基本保持上升趋势,余下 12 所 TFP 指数小于 1,全要素生产率呈现下降趋势,科技创新效率有待提高。

从综合技术效率变化角度。根据表 6,济宁医学院(0.968)、青岛大学(0.975)及菏泽学院(0.995)综合技术效率指数小于 1,其余 36 所高校综合技术效率指数均大于 1。涨幅超过 20% 的高校有 11 所。超过 10% 的高校有 13 所。涨幅位列第一和第二的高校分别为山东农业大学(1.267)和潍坊医学院(1.259),其全要素生产率排名分别为第二和第一。

从技术进步变化角度。由表 6 数据可看出,除山东中医药大学技术进步指数为 1.001 外,其余高校技术进步指数均小于 1,排在最末的山东青年政治学院,技术进步指数为 0.834,降幅达到 16.6%。同时表 6 显示,39 所普通高校的技术进步指数均低于各自的综合技术效率指数,因而导致了全要素生产效率指数降低,所以山东高校在技术创新和进步方面严重不足,应该加大研发人员和经费的投入,合理配置科技资源,提高科研管理水平,增强科研成果产出能力。

为了更好地研究各高校 Malmquist 指数与其分解指数之间的关系,绘制柱状图(见图 2)。

表 6 山东高校科技创新能力 Malmquist 指数及分解

序号	高等学校名称	Effch	Techch	Pech	Sech	Tfpch
1	山东大学	1.088	0.841	1.000	1.088	0.915
2	中国海洋大学	1.158	0.911	1.000	1.158	1.055
3	中国石油大学(华东)	1.068	0.867	0.963	1.110	0.926
4	山东科技大学	1.065	0.862	0.970	1.097	0.917
5	青岛科技大学	1.139	0.892	0.983	1.158	1.016
6	济南大学	1.231	0.887	1.169	1.054	1.092
7	青岛理工大学	1.174	0.920	1.107	1.060	1.079
8	山东建筑大学	1.225	0.895	1.159	1.057	1.097

续表

序号	高等学校名称	Effch	Techch	Pech	Sech	Tfpch
9	齐鲁工业大学	1.229	0.867	1.155	1.064	1.065
10	山东理工大学	1.080	0.943	1.086	0.994	1.018
11	山东农业大学	1.267	0.944	1.160	1.092	1.196
12	青岛农业大学	1.206	0.959	1.066	1.131	1.156
13	潍坊医学院	1.259	0.998	1.233	1.021	1.257
14	泰山医学院	1.229	0.912	1.154	1.065	1.121
15	滨州医学院	1.193	0.952	1.052	1.134	1.136
16	山东中医药大学	1.027	1.001	1.000	1.027	1.028
17	济宁医学院	0.968	0.947	0.980	0.988	0.917
18	山东师范大学	1.020	0.932	1.002	1.018	0.951
19	曲阜师范大学	1.059	0.920	0.989	1.070	0.974
20	聊城大学	1.049	0.974	1.000	1.049	1.021
21	德州学院	1.216	0.922	1.191	1.021	1.121
22	滨州学院	1.145	0.910	1.144	1.001	1.042
23	鲁东大学	1.173	0.889	1.171	1.002	1.044
24	临沂大学	1.228	0.848	1.216	1.010	1.041
25	泰山学院	1.175	0.959	1.168	1.006	1.126
26	济宁学院	1.042	0.953	1.046	0.995	0.992
27	菏泽学院	0.995	0.937	0.980	1.016	0.933
28	山东财经大学	1.179	0.881	1.170	1.008	1.038
29	枣庄学院	1.205	0.840	1.198	1.006	1.012
30	青岛大学	0.975	0.892	0.977	0.999	0.870
31	烟台大学	1.149	0.964	1.136	1.011	1.108
32	潍坊学院	1.142	0.933	1.127	1.014	1.066
33	山东警察学院	1.253	0.892	1.235	1.015	1.118
34	山东交通学院	1.235	0.881	1.236	0.999	1.088
35	山东工商学院	1.181	0.950	1.173	1.007	1.122
36	山东女子学院	1.048	0.985	1.002	1.046	1.032
37	山东政法学院	1.028	0.939	0.976	1.053	0.965
38	齐鲁师范学院	1.111	0.882	1.012	1.098	0.980
39	山东青年政治学院	1.105	0.834	1.045	1.057	0.921

续表

序号	高等学校名称	Effch	Techch	Pech	Sech	Tfpch
	全部平均值	1.136	0.916	1.088	1.046	1.040
	“211”及省部共建高等学校均值	1.105	0.873	0.988	1.119	0.965
	其他本科高等学校均值	1.139	0.919	1.096	1.040	1.046

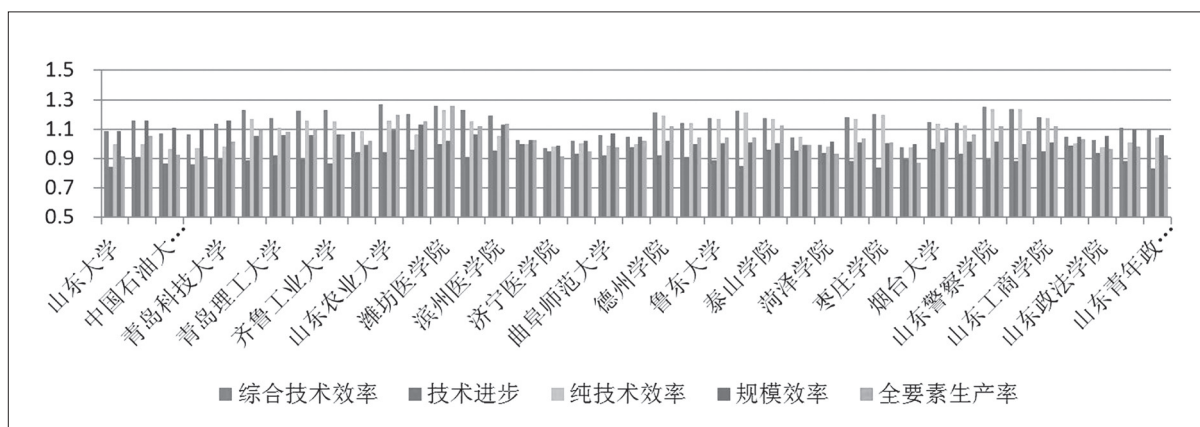


图2 山东高校科技创新 Malmquist 指数及其分解

图2列示了山东高校科技创新全要素生产率及构成。同图1一致的是,全要素生产率的变动和技术进步指数基本一致,但表现出一种明显的波动性。

按照教育部对高校传统划分方法,将39所普通公办本科院校划分为“211”及省部共建高等学校及其他本科高等学校,计算结果显示,山东大学、中国海洋大学及中国石油大学(华东)三所“211”及省部共建高等学校2013–2017年间科技创新全要素生产率平均下降3.5%,是由于技术进步指数降低12.7%,以及由于纯技术效率指数下降拉低了综合技术效率指数上升幅度(综合技术效率最终上升10.5%),两者共同影响的结果所致;而山东其他36所普通公办本科高校在2013–2017年间科技创新全要素生产率平均上升了4.6%,其中,技术进步指数降低了8.1%,综合技术效率指数上升了13.9%,除了规模效率指数低,其技术进步和纯技术效率指数均高于3所“211”高校。起到了提升全要素生产率的作用。说明近几年,随着创新理念的渗透及高校改革的深入,山东高校尤其是地方普通高校科技创新投入增大、技术进步明显,科技创新能力获得提升。

(四) 山东高校科技创新效率的聚类分析

聚类分析法是依据事物的数值特征,根据相互之间的距离来观察亲疏关系,从而对事物进行分类的一种统计分析方法。根据山东高校科技创新效率 Malmquist 指数及其分解数据,运用 SPSS20.0 软件,对山东39所普通高校采用层次聚类方法中离差平方和法(Ward Method)进行聚类,得到聚类图如下图3(图中纵轴数字表示39所高校,顺序与表4一致)。

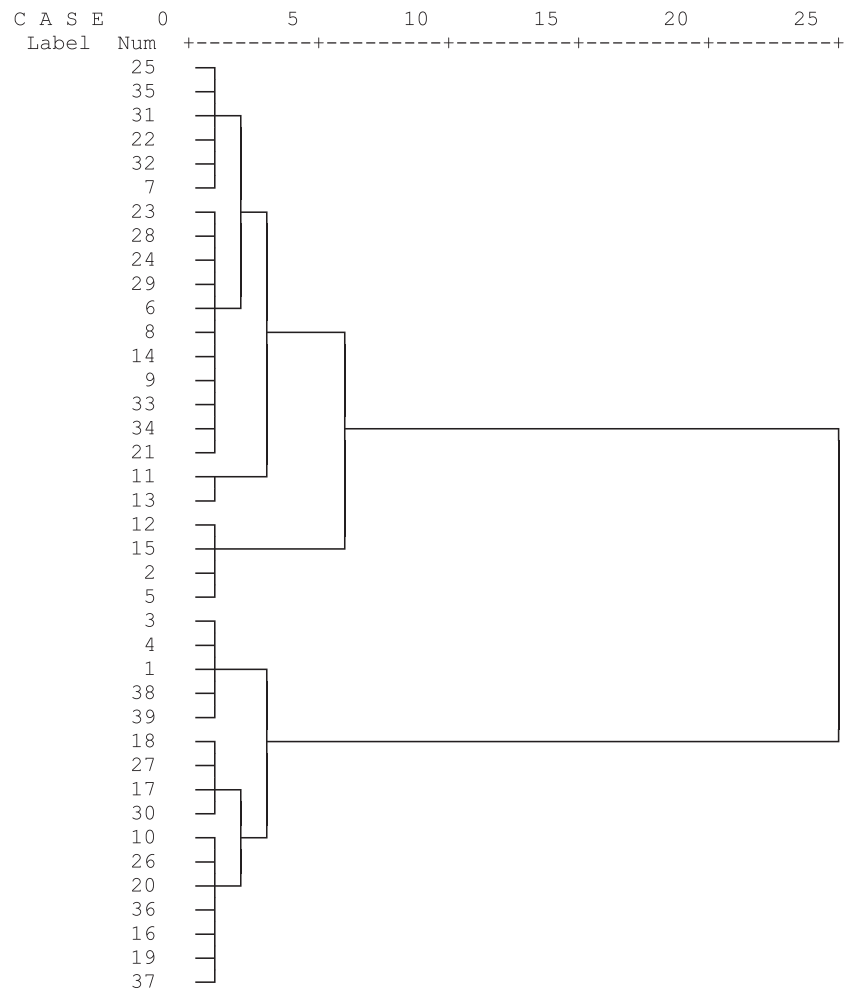


图 3 山东 39 所高校科技创新效率聚类图

根据聚类谱系图，得出具体分类结果，如表 7 所示。

表 7 山东 39 所高校科技创新效率分类结果

类别	学校名称
第一类(共 19 所)	泰山学院、山东工商学院、烟台大学、滨州学院、潍坊学院、青岛理工大学、鲁东大学、山东财经大学、临沂大学、枣庄学院、济南大学、山东建筑大学、泰山医学院、齐鲁工业大学、山东警察学院、山东交通学院、德州学院、山东农业大学、潍坊医学院
第二类(共 4 所)	青岛农业大学、滨州医学院、中国海洋大学、青岛科技大学
第三类(共 16 所)	中国石油大学(华东)、山东科技大学、山东大学、齐鲁师范学院、山东青年政治学院、山东师范大学、菏泽学院、济宁医学院、青岛大学、山东理工大学、济宁学院、聊城大学、山东女子学院、山东中医药大学、曲阜师范大学、山东政法学院

从聚类分析的结果看,山东高校科技创新效率变化率并没有遵循传统的“211”及省部共建高等学校及其他本科高等学校的划分格局。第一类,大多为山东省属非重点高校;第三类,却包含了中国石油大学(华东)、山东大学两所“211”和“985”全国重点大学以及山东科技大学、山东师范大学、青岛大学等省属重点大学。结果表明,“211”及省部共建高等学校总体创新能力较强,原因可能是基于较大的研发投入,但是相比山东省内其他本科高等学校创新效率增幅并不明显;反而一些综合排名并不靠前的高校,比如泰山学院、滨州学院、潍坊学院等高校创新效率增幅较大,说明这些高校尽管投入不高,但是单位创新产出相比其他高校效率要高。应该承认,创新效率增幅与创新基础有很大关系,同样多的创新产出总量,创新基础总量较大的高校其创新效率增幅低于创新基础总量较小的高校。然而,上述聚类结果仍可以给我们一个启示,创新基础好的高校资源利用效率不一定高,因此无论创新基础大小,都需要高度重视优化利用创新资源,更进一步提高科技创新产出效率。

结论

本文运用 PCA-DEA 和 Malmquist 指数方法,分析了 2013-2017 年山东 39 所高校的科技投入产出,并以综合技术效率、技术进步指数、纯技术效率、规模效率和全要素生产效率为指标进行评价,可以有针对性地采取措施,提升山东高校的整体创新效率。结论如下:

1. 总体来看,近年来山东高校科技创新效率整体水平呈上升趋势;从高校类别来看,山东省属普通高校(特别是省属非重点高校)科技创新效率增幅较大,三所“211”及省部共建高等学校科技创新效率增幅并不明显;高校科技创新效率提升的主要限制因素为技术进步。

2. 对山东高校科技创新效率静态技术效率分析显示,2017 年,山东大部分高校都处于 DEA 无效,而且 DEA 无效的高校大部分处于规模递增的阶段。因此扩大山东高校的科研规模是提升山东高校科技效率的重要途径。同时,2017 年与 2013 年相比,39 所高校中只有 16 所高校技术效率明显提升,且主要由规模效率拉动,纯技术效率并没有太大提高,有些高校甚至出现了下降。反映出纯技术效率较低也是阻碍山东高校科技创新能力快速发展的重要原因。

3. 对山东高校科技创新效率动态变化分析显示,2013-2017 年山东高校平均全要素生产效率指数为 1.036,除了 2014-2015 年全要素效率指数小于 1 以外,其他年份均大于 1,说明只有在 2015 年山东高校的科技投入产出全要素生产率下降,其他年份则是呈上升的趋势。5 年间山东高校平均全要素生产效率增长 3.6%,是由综合技术效率增长 13.3% 和技术进步下降 8.5% 两大因素共同作用的。而其中综合技术效率增长的 13.3% 是由于纯技术效率增长 8.4% 和规模效率增长 4.5% 两因素贡献,山东高校技术进步效率的提升尚有很大空间。

4. 对山东高校科技创新效率的空间差异分析显示,5 年间,山东 39 所公办普通高校中有 27 所(超过三分之二)TFP 指数大于 1,说明这些高校在 2013-2017 年科技创新效率基本保持上升趋势,余下 12 所(近三分之一)TFP 指数小于 1,全要素生产率呈现下降趋势,科技创新效率有待提高。而从全要素生产率的两个构成要素来看,5 年间综合技术效率普遍提升,有 36 所高校综合技术效率指数均大于 1,而技术进步要素普遍下降,有 38 所高校技术进步指数均小于 1。从规模效率增长看,三所“211”及

省部共建高等学校规模效率增长幅度大于纯技术效率增长幅度,而其他省属高校规模效率增长幅度低于纯技术效率增长幅度,说明应该加大普通省属高校科技创新的投入力度,推动技术进步。

5. 对山东高校科技创新效率的聚类分析显示,山东省属高校(特别是省属非重点高校)科技创新效率增幅较大,反而三所“211”及省部共建高等学校科技创新效率增幅并不明显。省属普通高校尽管投入不高,但其单位创新产出效率相对高,当然这与高校创新基数也有很大关系。表明不管创新基础如何,高校都需要重视创新资源的优化利用,进一步提高创新产出效率。

随着我国经济迈入高质量发展的新阶段,创新已成为引领发展的第一动力。习近平总书记“十九大”报告中强调要加快“双一流”高校建设,高校的科技创新发展已引发我国政府的高度关注。山东高校只有优化整合自身资源,调整创新策略,加速提高科技创新能力,才能把握时代机遇和政策机遇,真正促进高校“双一流”建设,实现经济的新旧动能转换。

责任编辑:胡燕京

Study on the Effectiveness of the Pca-Dea Combination Model and the Malmquist Index in Evaluating the Efficiency of Scientific and Technological Innovation-Based on Data from Universities in Shandong

RUAN Hong-wei¹ ZHAO Xi²

(1. Business School, Qingdao University, Qingdao 266071, China; 2. Hefei University, Hefei, Anhui 230601, China)

Abstract: Colleges and universities are important scientific and technological innovators. Scientific evaluation of the efficiency of scientific and technological innovation in Shandong colleges and universities has an important influence on promoting the transformation of old growth drivers into new ones and accelerating the construction of "double first-class" universities. In this paper, the PCA-DEA combination model and the Malmquist index analysis method are adopted to calculate the technological efficiency, technological progress and total factor productivity growth in the technological innovation process of 39 colleges and universities in Shandong province by using the panel data of scientific and technological innovation in colleges and universities from 2013 to 2017. Moreover, cluster analysis is conducted. The research results show that since 2013, the overall efficiency of scientific and technological innovation in Shandong colleges and universities has been seeing an upward trend, but has been fluctuating greatly. The colleges and universities under Shandong provincial administration (especially provincial non-key colleges and universities) have registered great increase in the efficiency of scientific and technological innovation while the three "211 Project" colleges and universities and those jointly built by the province and ministry have not. The main factor limiting the improvement of the efficiency of scientific and technological innovation in colleges and universities is technological progress. The conclusion of this paper can provide enlightenment for colleges and universities in Shandong to guide their scientific and technological innovation activities.

Key words: PCA-DEA combination model; Malmquist index; efficiency of scientific and technological innovation; colleges and universities in Shandong