

基于模糊 DEA 的高校科技创新能力研究

王高媛

(太原科技大学 经济管理学院, 太原 030024)

摘要:高校是国家科技创新体系的重要组成成分,是重要的科技创新来源。将环境变量以三角模糊数的形式引入 DEA 模型,构建了基于截集法解法的模糊 DEA 模型,并对我国 31 个省、市、自治区高校进行实证分析。结果表明,环境因素确实对于我国高校科技创新绩效有着一定的影响,较好的验证了该模型适用于高校科技创新绩效的测度。

关键词:高校科技创新能力;三角模糊数;模糊 DEA

中图分类号:F224.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2016)07-0093-04

1 问题的提出

党的十八大报告强调了科技创新是促进社会生产力与国家综合国力的重要支撑,因此需放在国家发展战略的关键位置。然而由于我国管理机制以及实际国情的约束,我国 80% 的科技研究经费以及科研任务赋予了高等院校和科研院所^[1]。目前我国对于科技创新的研究主要集中在两个方面,一方面为对高校科技创新能力综合评价指标体系研究,如章熙春等^[2]学者基于高校自身特点以及对社会的作用与贡献角度,采用层次分析法构建了包括基础能力、知识创造以及流动、科技创新、科研成果转化以及外界环境 6 个方面的科技创新能力评价体系;蒋艳萍等^[3]学者基于高校的实际创新情况,构建了包含科技创新基础能力、投入、产出、管理以及国际交流与合作 5 个方面的综合评价指标体系;刘伟、曹建国等^[4]学者通过主成分分析法对初选指标候选群进行筛选构建指标体系等。另一方面则集中在科技创新绩效研究,如谈毅^[5]采用传统的 DEA-BCC 方法对中国高校科技创新投入产出效率进行评价,并指出其存在的问题及改进的建议;郭际^[1]等人采用 DEA 方法评价我国高校科技投入产出效率,接着以 Tobit 模型分析高校科创非有效的缘由;张慧琴、尚甜甜^[6]基于全国 30 个省份高校科研创新的面板数据,采用 DEA-Malmquist 方法测算科研创新效率,并在效率值的基础上对全国省市进行聚类分析。

综合现存的文献,国内外学者在研究对象样本选择上,从重点某类高校、某一地区逐渐扩展到对省际、各区域高校的研究;在方法上,从传统的 DEA 方法

扩展到三阶段 DEA、DEA-Tobit 以及 DEA-Malmquist 方法上,而为了达到更好的效率分析,这些方法往往剔除环境变量或者分析外部环境变量的影响。鉴于此,本文的研究在以往精确投入产出指标基础上,将环境变量作为模糊投入变量,采用模糊 DEA 对我国高校科技创新绩效评价。

2 研究方法

数据包络分析法是由 Charnes 学者于 1978 年提出并推广的,适用于多投入多产出的相同类型决策单元有效性综合评价问题。与其他方法相比,其优势表现在无需任何权重假设及指标的无量纲化处理,从而排除了主观因素的影响。

假定有 n 个决策单元 DMU_s , 每个决策单元 $DMU_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 都有 m 个投入指标 $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ 和 s 个产出指标 $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$ 。假定在评价决策单元 i 的相对效率时,认定其为 DMU_0 。 DMU_0 的相对效率视为输出指标的权重和与输入指标的权重和的比值,约束条件为没有一个决策单元的相对效率值会大于 1。

DEA 模型仅仅适用于以确定的输入输出指标来判断决策单元的有效性。但在实际的应用中,可用的输入输出指标往往具有不确定性或模糊性,这是由于数据的无法量化(如定性信息)、不完全信息、信息的无法获取以及保密约束导致的^[7]。如不同地区高校科技创新绩效由于处于不同的环境,而环境变量是无法准确判定的。因此为了更加准确的测度决策单元的真实情况,需要对类似环境变量的模糊变量进行处理,且环境变量被看作各个决策单元的衔接^[8]。对于

收稿日期:2016-03-28

作者简介:王高媛(1990—),女,山西运城人,太原科技大学经济管理学院,硕士研究生,研究方向:科技创新。

环境变量,可以假定量化等级并通过将模糊变量转变为定量指标。

在此引入 $L-R$ 模糊数,其可以表示为 $\tilde{A} = (\underline{\alpha} \quad \alpha \quad \bar{\alpha})$,式中 L, R 分别为 $\tilde{A}$ 的左、右分支, $\underline{\alpha}, \bar{\alpha}$ 分别为模糊数 $\tilde{A}$ 的左边界、右边界。 $\beta = \alpha - \underline{\alpha}, \gamma = \bar{\alpha} - \alpha$ 分别是 $L-R$ 模糊数的左、右展形。本文选择的是最简单的对称三角模糊数(即左右展形 $\beta = \gamma$),其隶属函数表达式为:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 1 - \frac{|2x - (\bar{\alpha} + \underline{\alpha})|}{\bar{\alpha} - \underline{\alpha}} & x \in [\underline{\alpha}, \bar{\alpha}] \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

式中, $[\underline{\alpha}, \bar{\alpha}]$ 是支撑集,点 $((\bar{\alpha} + \underline{\alpha}) \div 2, 1)$ 是峰值坐标。

在经典 DEA 模型的基础上,假设输入输出指标均为 $L-R$ 模糊数,则模糊 DEA 模型的 CCR 模型表达式为:

$$\begin{aligned} & \min[\theta - e(S^- + S^+)] \\ & s. t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{X}_j + S^- = \theta \tilde{X}_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{Y}_j - S^+ = \tilde{Y}_{j_0} \\ \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

式中, $\tilde{X}_j = (\underline{X}_j, X_j, \bar{X}_j)$ 与 $\tilde{Y}_j = (\underline{Y}_j, Y_j, \bar{Y}_j)$ 均为 $L-R$ 模糊数,分别为第 j 个 DMU 的模糊输入与输出变量。 $\tilde{X}_{j_0}, \tilde{Y}_{j_0}$ 分别为评价单元 j_0 的模糊输入输出变量, θ 为效率评价指数。

对于模型的求解,选择的是基于截集的求解方法。该方法的原理为根据模糊数的特性,其在支撑集区间内其取值的概率不同,因此将置信水平 α 作为考虑因素,求出在该置信水平 α 下的截集区间。将 α -截集因素引入求解后,上述模型变为:

$$\begin{aligned} & \min[\theta - e(S_1^- + S_2^- + S_1^+ + S_2^+)] \\ & s. t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j (\underline{X}_j)_\alpha + S_1^- = \theta (\underline{X}_{j_0})_\alpha \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j (\bar{X}_j)_\alpha + S_2^- = \theta (\bar{X}_{j_0})_\alpha \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j (\underline{Y}_j)_\alpha - S_1^+ = (\underline{Y}_{j_0})_\alpha \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j (\bar{Y}_j)_\alpha - S_2^+ = (\bar{Y}_{j_0})_\alpha \\ \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ S_1^-, S_2^-, S_1^+, S_2^+ \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

式中, $\alpha \in [0, 1], (\underline{X}_j)_\alpha, (\bar{X}_j)_\alpha$ 分别为模糊输入 $\tilde{X}_j$ 的 α -截集的左右端点, $(\underline{Y}_j)_\alpha, (\bar{Y}_j)_\alpha$ 分别为模糊输出 $\tilde{Y}_j$ 的 α -截集的左右端点。

与经典 DEA 的有效性类似,对模糊 DEA 的有效性下定义,并称之为模糊 DEA 的有效性,当最优解 $\theta^* = 1$,且 $S_1^{-*} = S_2^{-*} = S_1^{+*} = S_2^{+*} = 0$ 时,第 j_0 个决策单元模糊 DEA 有效。

3 实证结果及分析

3.1 指标选取及数据说明

在对高校活动绩效的研究方面,西方国家要早于我国,研究者一般将高校看作是一个将多种资源投入到教学、科学研究以及社会服务活动中并对应的产生多种产出的系统。文中数据均来自《2014 年高等学校科技统计资料汇编》和《中国统计年鉴》,样本群为我国 31 个省市自治区。在参考相关文献的基础上,考虑了数据的可获取性及其可操作性,选择了确定指标体系(图 1)。

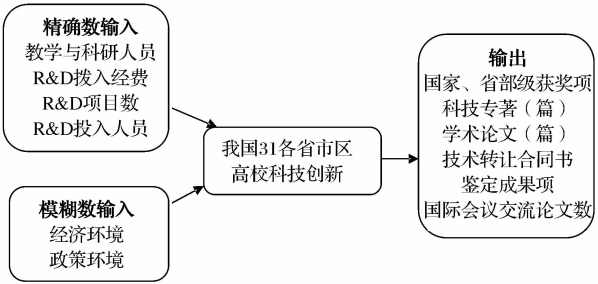


图 1 高校科技创新绩效测量模型框架图

然而由于全国 31 个省市各地区在政治、经济、文化以及产业环境方面存在明显的差异,经过多方面考虑,本文将经济环境与政策环境作为模糊投入变量:经济环境,一个地区的经济发展实力不仅仅是高校科创的需求因素,而且还是高校科技经费等方面的供给因素^[9];政策环境,从短期角度来看,政府的支持对各高校科创活动具有促进作用。本文根据 2009 年到 2013 年的分地区人均 GDP 以及教育占财政支出的比重,采用 spss20.0 初步对各地区的经济与政策环境模糊等级划分^[10](如表 1)。等级划分为{高、较高、一般、较低、低},对于语言变量,可以看做是展形是 0 的通 $L-R$ 模糊数,可表示为 $\tilde{A} = (\alpha - \beta, \alpha, \alpha + \gamma)$,取 $\beta = \gamma = 0.1$ 。则可将等级模糊量化为{0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1},那么对于等级“高”,量化为(0.8, 0.9, 1.0),其他依次类推。

表 1 我国 31 个省市区的环境变量模糊等级划分

模糊量化	等级	经济环境	政策环境
(0.8,0.9,1.0)	高	北京、天津、上海	河北、山西、江苏、浙江、福建、江西、山东、河南、广东、广西、贵州、陕西、新疆
(0.6,0.7,0.8)	较高	内蒙古、江苏、浙江	北京、天津、吉林、安徽、湖北、湖南、海南、云南、甘肃
(0.4,0.5,0.6)	一般	辽宁、福建、山东、广东	辽宁、黑龙江、上海、重庆、四川
(0.2,0.3,0.4)	较低	河北、山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、海南、重庆、四川、陕西、青海、宁夏、新疆	内蒙古、青海、宁夏
(0.0,0.1,0.2)	低	贵州、云南、西藏、甘肃	西藏

3.2 模糊 DEA 绩效分析

在模糊 DEA 方法的求解过程中,难点主要在于参数 α 值的选取,为了确保结果的稳健性,本文在 α 值的区间 $(0,1)$ 上选取了 0.75、0.5、0.25 三组数据,分别经过计算并进行对比分析,结果见表 2。

随着 α 截集取值的变化,模糊 DEA 模型的分析结果变化趋势越趋于一致,这在一定水平上表明模型结果的稳健性。文中将 α 取值为 0.5 时的模糊 DEA 统计结果与经典 DEA 结果进行对比分析,可以发现

我国高校的科技创新能力绩效大不相同(见表 3)。

表 2 模糊 DEA 分析结果

分类	$\alpha=0.75$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.25$
均值	0.957 5	0.958 5	0.958 7
中位数	1	1	1
标准差	0.876 7	0.878 2	0.878 1
最小值	0.66	0.67	0.67
最大值	1	1	1

表 3 模糊 DEA 与经典 DEA 结果对比

地区	模糊 DEA	经典 DEA	地区	模糊 DEA	经典 DEA	地区	模糊 DEA	经典 DEA
北京	1	1	安徽	1	1	四川	1	0.902
天津	0.674	0.674	福建	1	1	贵州	1	0.71
河北	1	1	江西	0.9	0.817	云南	1	0.822
山西	0.779	0.721	山东	0.964	0.949	西藏	0.802	0.802
内蒙古	1	0.885	河南	1	1	陕西	0.98	0.899
辽宁	1	1	湖北	1	0.979	甘肃	1	0.929
吉林	1	1	湖南	1	0.884	青海	1	1
黑龙江	1	1	广东	0.91	0.662	宁夏	1	1
上海	1	0.981	广西	1	0.924	新疆	1	1
江苏	1	1	海南	1	1	均值	0.958 452	0.91
浙江	0.736	0.736	重庆	0.967	0.934			

从表 3 可以看出,通过两种方法所得的全国高校科技创新效率在 2014 年的综合效率平均值都达到了 0.9 以上,从而可以得出我国高校科技创新效率整体情况较好。将环境因素加入考虑之后,2014 年我国高校科创新绩均值有所上升。其中,北京、河北、辽宁、吉林等 13 个省市在两种方法的分析中均 DEA 有效,除此之外其他 18 个省市经过模糊 DEA 分析之后,综合效率均有不同幅度的提升。这更加说明了环境因素对我国高校科技创新绩效有一定影响。从综合效率增长幅度角度来说,在两种方法之间,贵州的综合效率值的增长幅度最大,这主要得益于贵州的政策环境,从表 1 可以看出,虽然贵州经济环境即经济发展水平不高,但由于贵州在政府对科研经费投入

比例很高,从而进一步拉高了贵州高校科技创新效率。

4 小结

科技创新绩效问题是我国高校教育发展过程中需要关注的一个关键问题。本文采用模糊 DEA 方法以我国 31 个省市区为样本群,通过将经济环境、政策环境 2 个模糊环境变量引入模型进行分析,结果表明环境因素与我国高校科技创新绩效存在正向相关。通过此方法对高校科技创新绩效实证分析,克服了经典 DEA 同一性假设的缺陷。

(下转第 149 页)

Research on the Influence and Countermeasures of the Reform of Pension System in National Universities

YIN Li-Ping, ZHANG Xiang-Qian

(Huaqiao University, Quanzhou Fujian 362021, China)

Abstract: There are many disadvantages in the pension system which called "two-track system". Through the analysis of the characteristics and development process of the "two track system", the reform of pension system in the national Universities must be carried out. But the reform brought far-reaching consequences for individual teachers, public universities and countries. such as increasing the free flow of teachers, promote university personnel system reform, the socialist system of fairness. But there are also negative effects, May be causing dissatisfaction of teachers, reducing the talent competitiveness of university, huge transition costs etc. Research suggests that the government must lead this reform, to increase financial support, improve the overall level of pension system and gradually establish a system of pension which reflects teachers' professional characteristics. Universities should take positive action to coordinate the reform though guiding public opinion, carry out the relevant policies and so on.

Key words: national universities; the reform of pension system; two-track system

(上接第 95 页)

参考文献

[1] 郭际,吴先华,吴崇. 基于 DEA-Tobit 模型的我国高校科技投入产出绩效评价及政策启示[J]. 科技管理研究, 2013 (23): 65—70.

[2] 章熙春,马卫华,蒋兴华,等. 高校科技创新能力评价体系构建及其分析[J]. 科技管理研究, 2010, 30(13): 79—83.

[3] 蒋艳萍,田兴国,吕建秋,等. 高校科技创新能力综合评价指标体系的构建[J]. 科技管理研究, 2010, 30(8): 38—40.

[4] 刘伟,曹建国,郑林昌,吴荫芳. 基于主成分分析的中国高校科技创新能力评价[J]. 研究与发展管理, 2010(6): 121—127.

[5] 谈毅. 基于 DEA-BCC 方法的我国高校科技投入产出效率研究[J]. 科技管理研究, 2015(20): 106—111.

[6] 张惠琴,尚甜甜. 高校科研创新效率对比分析——基于全国 30 个省份的面板数据[J]. 科研管理, 2015(S1): 181—186.

[7] BRAY S, CAGGIANI L, DELL'ORCO M, et al. Measuring transport systems efficiency under uncertainty by fuzzy sets theory based data envelopment analysis[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2014, 111: 770—779.

[8] 王恩创,任玉珑,朱春波. 基于模糊 DEA 的配电网投入产出综合效率评估[J]. 工业工程与管理, 2009(2): 81—87.

[9] 沈能,宫为天. 我国省区高校科技创新效率评价实证分析——基于三阶段 DEA 模型[J]. 科研管理, 2013(S1): 125—132.

[10] 曾春媛,刘青青,王锦,杨妮娜. 科技投入与区域经济发展水平协调性研究[J]. 科研管理, 2013(S1): 203—210.

The Evaluation on Performance of Scientific and Technological Innovation Based on Fuzzy DEA

WANG Gao-yuan

(Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: University is the important component of national innovation system of science and technology, and it is the important source of scientific and technological innovation. This paper brings the environment variable by fuzzy number form into the DEA model, constructs the fuzzy DEA model which is based on the solutions of the cut set method, and makes up the empirical simulation in China. The result proves that the environment factors do have certain effect on the operational efficiency, and certifies that this model is suitable for the measurement of university of science and technology system.

Key words: university of science and technology; triangular fuzzy number; fuzzy DEA