

# 基于主成分和数据包络分析的高校绩效评价

黄建元<sup>1</sup> 崇庆华<sup>2</sup> 王静梅<sup>2</sup>

(1. 南京财经大学, 江苏 南京 210023; 2. 南京中医药大学, 江苏 南京 210023)

摘要: 在高校绩效评价必要性阐述的基础上, 对江苏省 25 所省属本科院校的绩效评价进行了深入的探索, 借助主成分分析和数据包络分析方法, 对省属高校绩效评价指标体系的构建进行实证研究, 从而得出了本省省属高校教育资源利用率、教育资源投入规模等结论。

关键词: 绩效评价; 指标体系; 数据包络分析; 主成分分析

中图分类号: G647 文献标识码: A 文章编号: 1672-6049(2015)06-0051-05

人才培养逐渐成为社会发展的内在动力, 而高校作为人才培养的重要基地, 其持续发展为社会服务不断提供新鲜血液, 与国家进步紧密相连。国家对于高等教育给予了大力支持, 然而对于高等教育的发展而言, 是否最大限度地利用资源来改善高校办学质量是值得关注的重大问题。作为教育资源大省的江苏高等教育, 资源相对丰富, 人才培养系统庞大, 其高等教育资源利用效率如何? 进行科学、合理、全面的高校绩效评价有助于发现办学中存在的问题, 有利于引导资源合理配置, 提高资源的使用效率。因此, 对高校开展绩效评价具有深远而又现实的意义。

高等教育作为一种非盈利公共服务组织, 其投入和产出项目的形式复杂多样, 不能单纯地利用某一种指标进行评价。要对高校绩效做出科学全面的评价, 首先要从其自身特性出发, 对其多投入和多产出的各个方面进行系统性的评价, 从其自身出发分别从人才培养、科学研究和社会服务等方面的社会效益进行研究。本文因此利

用 DEA 模型, 以高校的绩效评价体系作为研究基础, 全面系统地对江苏省省属院校的绩效评价体系进行实证研究, 评价各高校在资源管理配置和规模效益方面的实际情况。对丰富高校绩效评价的内容和方法提出参考, 也为高校在制定资源配置政策以及提高整体效率方面提供借鉴<sup>[1]</sup>。

## 一、数据包络分析模型的介绍

数据包络分析方法(Data Envelopment Analysis)简称 DEA<sup>[2]</sup>, 是由著名运筹学家 Charnes、Cooper 和 Rhodes 于 1978 年提出的, 该方法主要是通过保持决策单元(DMU, Decision Making Units)的输入或者输出不变, 借助于数学规划模型确定相对有效的生产前沿面, 并将各个 DMU 投影到 DEA 的生产前沿面上, 通过比较 DMU 偏离 DEA 前沿面的程度来评价它们的相对有效性。CCR 和 BCC 模型是目前使用最广泛的两类模型, 分别用于处理“规模报酬不变”和“规模报酬可变”假设下的决策单元有效性问题。因为高校受到内外部环境等多种因素的影响, 其规模报酬

收稿日期: 2015-10-30

基金项目: 本文系江苏省社科基金(批准号 13JYB010)及南京中医药大学高等教育改革与发展研究中心省局共建一期项目(SJGJ0011)的阶段性研究成果。

作者简介: 黄建元(1963—), 男, 江苏常州人, 南京财经大学总会计师, 研究方向为高等教育管理; 崇庆华(1986—), 女, 江苏盐城人, 南京中医药大学财务处职员, 研究方向为高校会计与财务管理; 王静梅(1970—), 女, 河北乐亭人, 南京中医药大学财务处高级会计师, 研究方向为会计与财务管理。

是可变的,因此本文选取评价可规模报酬的 BCC 模型作为本文的评价模型。

### (一) BCC 模型

BCC 模型是由 Banker、Charnes 和 Cooper 提出来的,它剔除了 CCR 模型中固定规模报酬的因素,加入了变动规模报酬的因素,方便衡量不同规模报酬状态下决策单元的相对效率值。

其模型为

$$\begin{cases} \min(\theta - \varepsilon(e^T S^- + e^T S^+)) \\ \text{s. t. } \sum \chi_j \lambda_j + s^- = \theta \chi_0 \\ \sum y_j \lambda_j + s^+ = y_0 \\ \sum \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases}$$

其中  $e = (1, 1, \dots, 1)^T$ ;  $\chi_j$  为第  $j$  个决策单元的输入,  $y_j$  为第  $j$  个决策单元的输出,  $j = 1, 2, \dots, n$ ; 且记  $\chi_0 = \chi_{j0}$ ,  $y_0 = y_{j0}$ 。

设模型存在的最优解为  $\lambda^*$ ,  $S^{*-}$ ,  $S^{*+}$ ,  $\theta^*$ , 则有如下结论:

1. 若  $\theta^* = 1$ , 并且有某个投入或产出大于 0, 则 DMU 为弱 DEA 有效。
2. 若  $\theta^* = 1$ , 且  $S^{*-} = 0$ ,  $S^{*+} = 0$ , 则 DMU 为 DEA 有效, DMU 的经营活动同时为规模有效和技术有效。
3. 若  $\theta^* < 1$ , 则决策单元 DMU 不是 DEA 有效, 即: 既不是规模有效, 也不是技术有效。
4. 若存在  $\lambda_j (j = 1, 2, \dots, n)$  使得  $\lambda = 1$ , 则 DMU 为规模报酬不变; 如果不存在  $\lambda_j (j = 1, 2, \dots, n)$  使得  $\lambda = 1$ , 若  $\lambda < 1$ , 则 DMU 为规模报酬递增; 如果不存在  $\lambda_j (j = 1, 2, \dots, n)$  使得  $\lambda = 1$ , 若  $\lambda > 1$ , 则 DMU 为规模报酬递减。

### 二、绩效评价指标体系的建立

高等教育投资作为投资活动的一种同样具备投入产出的特性。高等教育投资经过一定方式的配置和运用,最后将会以各类人才培养、科研产出和社会服务等形式表现。本文针对高等院校这一特殊的主体,对其投入产出绩效指标进行分解,将学校的投入分解为人、财、物三个方面<sup>[3]</sup>。人力投入包括教学和科研人员以及专任教师数量,同时通过高级职称数量反映学校配备人员的质量;财力投入从教育事业拨款、事业费

投入、科研经费投入和纵向科研的政府投入几个方面反映;物力投入包括校舍面积、图书数量、实验仪器设备和固定资产价值表现。从高等教育投资的产出看,高校产出主要表现为教育资源的投入在资源配置中的运用和高校科研成果和人才输出在社会服务中发挥的作用。本文主要从人才培养、科研产出和成果转化三个方面评价高校产出情况。人才培养方面,通过学校培养的在校生人数、在校研究生数和毕业生就业率指标反映人才培养的数量和质量成果;科研成果主要为学术论文在国内外发表的数量、专著数和科技课题数;成果转化为成果授奖中国国家级奖项、技术转让签订的合同数以及技术转让当年的收入。本文将高校绩效评价指标体系由投入和产出一级指标分为 6 个二级指标以及 20 个三级指标<sup>[4]</sup>, 汇总如表 1 所示:

表 1 高校绩效评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	变量代码
投入	人力资源	教学与科研人员	X1
		高级职称人员	X2
		生师比	X3
	财力资源	科技经费(千元)	X4
		政府资金(千元)	X5
		事业费投入(千元)	X6
		教育事业拨款(千元)	X7
	物力资源	校舍面积(平方米)	X8
		图书数量(册)	X9
		固定资产价值(千元)	X10
		实验仪器设备额(千元)	X11
人才培养	就业率	Y1	
	在校生数	Y2	
	在校研究生数	Y3	
	专著数(本)	Y4	
产出	科研产出	学术论文在国外及全国性刊物发表	Y5
		科技课题数	Y6
	成果转化	成果授奖数中国国家级奖项(项)	Y7
技术转让签订合同数(项)		Y8	
		技术转让当年实际收入(千元)	Y9

注: 以上全部指标的数据均来自 2012 年《高等学校科技统计资料汇编》、《江苏省教育年鉴》。

(一) 原始指标的数据选取

本文以江苏省 25 所省属本科院校为研究对象,数据来源为 2012 年《高等学校科技统计资源汇编》、《江苏省教育年鉴》及各大网站官方数据搜集整理而得。选取的投入产出指标共计 19 个,由于运用数据包络分析方法进行绩效评价必须满足评价单元的样本个数是评价指标之和的两倍以上<sup>[5]</sup>,为了满足 DEA 研究方法的要求和投入产出指标体系的全面完整,因此利用主成分分析方法对评价指标进行降维,浓缩投入产出指标,消除所选变量间的相关性和重复性,使指标更精练同时更客观<sup>[6]</sup>。

(二) 主成分处理

主成分分析(Principal Component Analysis, 简称 PCA)是数学中的一种降维方法,其原理是通过线性变化将一个指标组转换成较少的指标组,新的指标组相互线性无关,并且能够最大程度地代替原指标组。主成分分析法有减少计算

量、消除指标相关性的优点,是对事物进行综合评价的有效手段。运用 spss18.0<sup>[7]</sup>对所选取的投入产出指标分别进行主成分提取,步骤如下:

(1) 对高校绩效指标体系的投入产出一级指标,对投入指标中的人力资源(F1)、财力资源(F2)和物力资源(F3),产出指标中的人才培养(F4)、科研产出(F5)和成果转化(F6)进行主成分提取的结果如下:

$$F_1 = 0.966X_1 + 0.959X_2 - 0.852X_3$$

$$F_2 = 0.973X_4 + 0.865X_5 + 0.904X_6 + 0.967X_7$$

$$F_3 = 0.953X_8 + 0.919X_9 + 0.928X_{10} + 0.886X_{11}$$

$$F_4 = -0.611Y_1 + 0.88Y_2 + 0.945Y_3$$

$$F_5 = 0.662Y_4 + 0.842Y_5 + 0.918Y_6$$

$$F_6 = 0.762Y_7 + 0.906Y_8 + 0.97Y_9$$

经过主成分分析计算处理后的投入产出数据如表 2 所示:

表 2 25 所高校主成分分析后投入产出指标

决策单元	F1	F2	F3	F4	F5	F6
DMU1	4082.67	1585386.87	6214939.50	31063.13	4079.31	5877.19
DMU2	4213.70	2903064.78	11940493.10	41985.37	3971.96	2730.36
DMU3	2192.76	948156.55	5413998.28	25625.57	977.11	422.39
DMU4	3110.36	1635548.78	6533828.32	31129.47	1946.98	19934.10
DMU5	4908.88	1219320.17	3170197.31	12725.81	1768.86	0.00
DMU6	861.64	632053.32	1681848.59	11001.33	700.22	106.97
DMU7	1200.34	762765.90	2423662.98	14452.05	634.37	2381.94
DMU8	1814.79	1466008.73	6485793.14	33541.54	1110.89	3099.79
DMU9	829.55	766182.61	4057809.83	20549.73	358.11	0.00
DMU10	507.92	359019.85	3312671.94	14400.60	308.06	186.11
DMU11	547.74	334004.76	3298186.16	14104.92	285.35	79.41
DMU12	531.08	285598.28	2889384.90	10491.83	232.18	78.51
DMU13	1491.04	842024.89	3879161.95	19789.49	925.65	2226.13
DMU14	1414.06	767255.89	3383409.97	17482.95	1065.29	6741.17
DMU15	1724.87	1361226.13	5529784.91	24017.92	1327.97	42622.68
DMU16	891.20	601735.28	3079942.88	13174.32	1046.76	911.92
DMU17	1402.81	866371.68	4033511.49	18285.37	1160.34	3101.74
DMU18	1309.06	995881.67	3929491.35	17751.64	1787.08	833.31
DMU19	837.76	385090.60	3655574.56	14101.40	285.69	196.72
DMU20	857.73	477788.57	3047072.58	13891.59	380.68	68.81
DMU21	610.31	301055.11	2807829.83	11100.60	415.35	0.00
DMU22	705.20	287754.49	3226997.54	12821.25	200.76	159.73
DMU23	1219.06	564166.69	4250964.48	15854.74	318.47	2.72
DMU24	982.06	413026.58	2991061.49	12442.60	267.57	59.11
DMU25	176.30	439080.06	5087489.06	16710.88	69.87	0.00

注:由于 DEA 数据处理中不能出现零值,所以对上表中的零值进行赋值为 1 的特殊处理。

### 三、实证分析

本文利用 DEAP2.1 软件的投入导向型法对搜集的数据进行分析,投入法是在不减少决策单元产出的情况下衡量要素投入减少的比例,对高校来说控制输入要素的比例比产出容易,所以选用投入导向型的方法进行测算<sup>[8]</sup>。结果如下:

表3 DMU 效率分析结果

决策单元	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
DMU1	1.000	1.000	1.000	—
DMU2	0.762	1.000	0.762	drs
DMU3	0.970	1.000	0.970	drs
DMU4	0.934	1.000	0.934	drs
DMU5	0.850	0.983	0.865	irs
DMU6	1.000	1.000	1.000	—
DMU7	1.000	1.000	1.000	—
DMU8	0.979	1.000	0.979	drs
DMU9	1.000	1.000	1.000	—
DMU10	1.000	1.000	1.000	—
DMU11	1.000	1.000	1.000	—
DMU12	0.882	1.000	0.882	irs
DMU13	0.981	0.990	0.991	drs
DMU14	1.000	1.000	1.000	—
DMU15	1.000	1.000	1.000	—
DMU16	1.000	1.000	1.000	—
DMU17	0.923	0.927	0.995	drs
DMU18	1.000	1.000	1.000	—
DMU19	0.894	0.896	0.998	irs
DMU20	0.959	0.960	0.999	irs
DMU21	1.000	1.000	1.000	—
DMU22	1.000	1.000	1.000	—
DMU23	0.817	0.817	1.000	—
DMU24	0.903	0.934	0.967	irs
DMU25	1.000	1.000	1.000	—
平均值	0.954	0.980	0.974	

注:irs:表示规模报酬递增;drs:表示规模报酬递减;—:表示规模报酬不变。

表4 非有效 DMU 投入冗余值

决策单元	F1 投入冗余值	F2 投入冗余值
DMU5	2944.006	264805.504
DMU13	186.277	0.000
DMU19	197.773	0.000
DMU20	199.864	0.000
DMU23	406.000	0.000
DMU24	282.111	0.000

### 四、结论

由 deap2.1 程序运行结果看出,基于投入型的 BCC 模型得到了 25 个决策单元的 DEA 有效

性及冗余值<sup>[9]</sup>,如表 3 和表 4 所示。其中 DMU1、DMU6、DMU7、DMU9、DMU10、DMU11、DMU14、DMU15、DMU16、DMU18、DMU21、DMU22、DMU25 的  $\theta = 1$  并且  $s^-$  和  $s^+ = 0$ ,说明这 13 个决策单元是 DEA 有效的,即它们既是规模有效,也是技术有效,各项投入要素取得了最佳的产出效果。总体观察有效的决策单元占总决策单元数量的 52%,说明江苏省属院校的总有效效率是比较高的,整体管理状态较好;对于 DMU2、DMU3、DMU4、DMU8、DMU12 是纯技术效率等于 1,而规模技术效率小于 1,这说明这些高校的内部管理和资源的配置是相对合理的,而其整个高校的投入规模存在投入不足或投入过剩状态;通过规模报酬具体分析发现 DMU2、DMU3、DMU4、DMU8 是处于规模报酬递减的状态,这 4 所高校应缩小投入规模,提高现有产量,而 DMU12 处于规模报酬递增状态,应该扩大投资规模,从而能更有效地提高该校产出效率;其中 DMU23 规模效率等于 1,纯技术效率小于 1,表明该校现有规模状态较为合理,需要的是对自我管理控制和资源分配进行改善,提高自身的管理素质。相对于 DMU5、DMU13、DMU17、DMU19、DMU20、DMU24 这几所纯技术效率和规模效率都小于 1 的,即为非 DEA 有效,应进行管理和规模效益的两方面管理。通过表 4 非 DEA 投入冗余值表可清晰地看出 DMU5、DMU13、DMU19、DMU20、DMU23、DMU24 存在冗余值,说明这些高校主要是由于投入要素冗余而造成的 DEA 无效,提供了具体数量的改进,主要集中在人力资源和财力资源的投入,通过调整资源的投入和产出量可以使各个决策单元达到 DEA 有效,得出最佳产出效果。由于本文在前文中研究方法的局限性,无法对具体指标进行分析,对此有待进一步展开研究。

总体来说,DEA 评价方法不仅能够对决策单元的技术有效性予以评价,更侧重于规模收益状况相对比较。对于不位于生产前沿面上的高校,应首先提高自身技术效率;而对于技术有效的高校而言,可依据这些高校的规模收益状况,进一步了解其投资规模状况,处于规模收益递增状况的高校,应加大其投入;对于处于规模收益递减状态的高校,进一步扩大投入反而会造成投入资源冗余,即使它位于生产前沿面上,也不应

再增大投入,此时的投入增加只会减少产出,造成高校绩效水平的下降。

#### 五、建议

本文对高校投入产出进行绩效评价,探讨绩效差异的原因,并进一步改善高等教育资源配置的效率问题,不但具有一定的学术价值,还可作为国家拟定相关政策的参考。而被评价的高校更应藉此优化投入产出结构,加强学校活动的资源配置的内部管理和提升资源使用效率,发挥自身优势,克服薄弱环节,整体提升院校竞争力;同时,借助绩效评价指标体系督促高校提高财政资金使用效率,完善内部财务预算管理制度和方法,合理有效地进行高等教育投入,提高办学效益<sup>[10]</sup>。

#### 参考文献:

- [1]崔卫国. 教育的经济学分析[M]. 北京: 经济科学出版社 2003.
- [2]Pastor J T ,Ruiz J L ,Sirvent I. An Enhanced DEA Russell Graph Efficiency Measure [J]. European Journal of Operational Research 2001( 130) : 8-10.
- [3]J L Ratcliff. Assessment ,Accreditation and Evaluation

of Higher Education in the U. S [J]. Quality in Higher Education ,1996( 1) : 38.

- [4]马志庆. 高等教育评估系统的分析与设计[D]. 济南: 山东师范大学 2002.
- [5]Mariana Cunha ,Vera Rocha. On the Efficiency of Public Higher Education Institutions in Portugal: An Exploratory Study [J]. FEP Working Papers ,2012( 1) : 34-35.
- [6]Jones J , Li Yu. Measuring the Research Performance of Chinese Higher Education Institutions Using Data Envelopment Analysis [J]. China Economic Review ,2008( 19) : 24-26.
- [7]刘大海,李宁. SPSS15. 0 统计分析从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社 2008.
- [8]王莹,刘延平. 基于 DEA 方法的高校管理学院科研效率评价实证研究[J]. 北京交通大学学报( 社会科学版) 2007( 4) : 60-63.
- [9]魏权龄. 数据包络分析( DEA) [M]. 北京: 科学出版社 2004.
- [10]陈家洪. 高等教育投资效益的综合评估[J]. 统计与决策 2006( 9) : 23-27.

(责任编辑: 黄明晴)

## The College's Performance Measurement Based on the Method of PCA and DEA

Huang Jianyuan<sup>1</sup> , Chong Qinghua<sup>2</sup> , Wang Jingmei<sup>2</sup>

( 1. Nanjing University of Finance and Economics , Nanjing 210023 , China;

2. Nanjing University of Chinese Medicine , Nanjing 210023 , China)

**Abstract:** This paper first analyses the necessity of the relative effectiveness of the college's performance measurement , and then explores the performance evaluation of Jiangsu province's 25 provincial colleges based on the method of the principal component analysis( PCA) and data envelopment analysis( DEA) . In the construction of the provincial colleges's performance evaluation index system for empirical research , the result shows the utilization rate of higher learning education resources in the province and the education resources investment scale and so on.

**Key words:** performance evaluation; index system; DEA; PCA