

数据包络分析方法在研究生教育投入产出效率评价中的应用

曲虹, 高伟涛

(北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081)

摘要:针对我国的高等教育现状,文章系统地分析了高等教育投入产出评价的研究内容和特点,建立了科学的评价指标体系,并借助数据包络分析方法,探讨了高等教育投入产出效率的优劣问题,最后提出对策和建议。研究结果为高等院校管理者提供了科学的决策支持,对于更好地发展高等教育具有积极的意义。

关键词:研究生教育;投入产出;数据包络分析

中图分类号: G648; F224.33

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2009)06-0026-05

一、前言

21 世纪是知识经济的时代,是创新的时代,而教育是知识经济赖以生存的物质基础,是实施科教兴国战略的物质保障。科学技术日新月异,经济全球化的发展趋势,给我国高等教育的发展提供了广阔的空间,也带来了深刻的变革和严峻的挑战^[1]。为了大力发展教育事业,加快人力资源开发,为我国经济和社会可持续发展提供可靠的人才保证,对高等教育的发展进行研究是一项极其重要的工作。

教育评价概念最早由美国教育家泰勒教授正式提出^[2]。此后,随着人们对教育评价认识的深化以及评价实践的发展,通过对评价的本质与功能分析认为,教育评价从本质上讲是一种价值判断活动,通过全面地收集教育方面的有关信息,对教育的价值进行全面的考察和判断,从而提出改进的建议,促进教育的持续改进和不断提高。

目前,美、英、法等发达国家已形成一套具有本国特色较成熟的高等教育评价制度。美国自 50-60 年代开始致力于教育投入与产出研究,通过教育的生产函数说明教育资源的投入是如何转化为教育产出的^[3]。以美国为例,美国高等教育评价制度的主要特点是实行非官方独立的高等教育质量评价认证制度,并将其作为高校自我管理的重要手段之一。基于自我评价和同行评价的认证制度是美国高等教育质量保障体系的核心内容。遵循“输入—过程—结果”的模式,强调组织愿景与目标的重要性,重视教学效果,关注机构的行政运作、财务管理、图书资源与设备以及学生服务等因素。通常以整体校务为对象,认证内容包括教学、学生服务、财政状况和学校内部管

理等相关事务。

高等教育的投入产出效率评价是一项复杂的系统工程,我国在这方面进行的系统研究与实践较少,对高等教育的评价多为宏观讨论,对其投入产出效率等问题的定量分析较少。本文将着重针对这些缺点展开分析和讨论。

二、教育投入产出的基本理论

高等教育投入产出分析和评价是高等学校对其资源和能力、学科建设、人才队伍、科学研究、对外服务、精神文化等方面的综合评估,其结果反映了高等学校在学科建设、人才培养、对外服务、价值创造等领域的效益与效率^[4]。评价活动还反映了高等学校投入有效性、产出有效性以及投入产出转化过程中的关系,而不是孤立地评价某一单方面的效果。

教育投入可以理解为教育资源(人、财、物等资源的总称)的投入,其中财力是人力和物力的货币表现。教育的产出一般是指培养专门人才,培育科研成果,发展科学,开展社会服务^[5]。

高等教育投入产出评价的目的是通过科学的评估工作使高等学校能够识别管理中存在的问题和不足,为资源合理化配置以及改进提供科学的依据和建议。

教育投入产出分析的本质是教育资源的有效配置和利用。人、财、物配置,都是教育成本的投入^[6]。从经济学角度看,在市场经济体制下,成本配置的唯一准则就是看它能否产生效益和产生多大的效益。要获得丰厚的高收入回报,就必须创造高效益和高效率的投资环境和投资条件,促进投入资源的优化配置,提高有限资源的效率。那么,教育投入产出分析

收稿日期: 2009-06-22

作者简介: 曲虹(1963—),女,研究员。E-mail: qh@bit.edu.cn

和评价的实质也就是教育投入产出效率问题的研究。

结合经济学里投入产出的知识,我们知道,在一定量的教育投入水平下,产出数量越多,质量越高的成果,那么效率就越高;在产出一定数量和质量的成果下,所消耗的教育投入越少,则教育投入效率也越高^[7]。

三、数据包络分析的基本理论

数据包络分析(DEA)为一种生产前沿的非参数估计方法,是使用数学规划模型评价具有多个输入和多个输出的部门或单位间的相对有效性^[8]。

1.基本概念

(1)决策单元

一般而言,一个系统内部,只要具有相同目标和任务的待评估单位,在具有相同的输入、输出指标的前提下,都可视为决策单元,简记为 DMU。

(2)生产可能集

记 n 个 DMU 的输入数据和输出数据的集合为

$$\hat{T}=\{(X_j, Y_j) | j=1, 2, \dots, n\} \quad (1)$$

\hat{T} 为参考集,定义生产可能集为

$$T=\left\{ (X, Y) \mid \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq X, \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y, \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \right\} \quad (2)$$

(3)生产前沿面

DEA 利用一组实际的输入输出观测值(即某个 DMU 的输入输出值),通过建立一定形式的线性规划模型(DEA 模型)构造出输入输出的一切可能组合的外部边界(称为生产前沿面,也称作包络面)。

(4)相对有效

相对有效即是评价某 DMU 在一组 DMU 中是否相对的处于有效状态。位于前沿面上的 DMU 被视为 DEA 相对有效的,而不在前沿面上的 DMU 为非 DEA 相对有效的。根据对各 DMU 单元的观察数据判断 DMU 是否为 DEA 有效,本质上是判断 DMU 是否位于生产可能集的前沿面上。

(5)生产函数

我们首先做如下定义:

定义 1 有投入产出组合 $(x, y) \in T$, 如果不存在 $(x, y') \in T$, 且 $y \leq y'$, 则称 (x, y) 为有效生产活动。

定义 2 对生产可能集 T , 由有效生产活动 (x, y) 构成的空间中的超曲面 $y=f(x)$ 称为生产函数。

定义 3 设, 令

$$\alpha(\beta)=\max\{\alpha \mid (\beta x, \alpha y) \in T, \beta \neq 1\}$$

$$\rho=\lim_{\beta \rightarrow \infty} \frac{\alpha(\beta)-1}{\beta-1}$$

若 $\rho > 1$, 称 (x, y) 对应的 DMU 为规模收益递增的; 相反, 若 $\rho < 1$, 称 (x, y) 对应的 DMU 为规模收益递减; 若 $\rho = 1$, 称 (x, y) 对应的 DMU 为规模收益不变。

2.数据包络分析的基本模型

(1)CCR 模型

设有 m 个投入 $(i=1, \dots, m)$, s 个产出 $(r=1, \dots, s)$,

$$x_j=(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0, j=1, \dots, n$$

$$y_j=(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T > 0, j=1, \dots, n$$

及 n 个 DMU。

第 j 个 DMU 的效率值, 可由下式得到:

$$h_j = \frac{u^T y_j}{v^T x_j} = \max_{\substack{r=1 \\ i=1}}^s \frac{u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}, j=1, \dots, n \quad (3)$$

Charnes, Cooper 和 Rhodes 于 1978 年提出了如下的 CCR 分式规划模型:

$$\begin{cases} \max \frac{u^T y_j}{v^T x_j}, j=1, \dots, n \\ \frac{u^T y_j}{v^T x_j} \leq 1 \\ u \geq 0, v \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

其中

$u^T=(u_1, \dots, u_s)^T$ 为产出项权重

$v^T=(v_1, \dots, v_m)^T$ 为投入项的权重

令 $t = \frac{1}{v^T X_0}$, $\omega = tv$, $\mu = tu$, 可将分式规划模型转化

为相应的线性规划模型

$$(P_{CCR}) \begin{cases} \max \mu^T Y_0 = h_0 \\ \omega^T X_j - \mu^T Y_j \geq 0 \\ j=1, 2, \dots, n \\ \omega^T X_0 = 1 \\ \omega \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

其对偶规划模型为

$$(D_{CCR}) \begin{cases} \min \theta \\ \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + s^- = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - s^+ = Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (6)$$

其中 s^-, s^+ 为松弛变量, 线性规划中将不等式转化为等式常用的变量。

(2)BCC 模型

BCC模型的提出,是考虑了有些DMU的非有效问题是受到其他因素影响,而不是单纯的投入产出配置问题引起的,这就存在了变动规模报酬的情况。

$$\begin{cases} \min \theta \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \sigma x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases} \quad (7)$$

若 $\sigma^0=1$ 则该DMU为弱DEA有效;若 $\sigma^0=1$,且 $s^{0-}=0, s^{0+}=0$ 则该DMU为DEA有效。

3.数据包络分析的应用步骤

(1)选择合适的决策单元(DMU)

参考集包含的DMU的个数并非越多越好,虽然这样会使生产前沿面的构成曲面更加光滑,但过多的要求会使DMU的评价准确度受到影响,所以通常认为参考集元素的个数至少为输入、输出指标总数的二倍。在实践中,选择DMU就是确定参考集。要求各DMU的投入和产出要素必须相同,所处的外部环境应该一致^[6]。

(2)建立投入产出指标体系

建立合理的投入产出指标体系是DEA方法的最基本的工作,评价指标体系要能完整系统地反映评价目标,对对象的评价应做到客观、公正。一个指

标必须来自于实际,具有普遍性,这样才是有意义的,才能起到鉴别评价对象优劣的作用。

(3)选择合适的DEA模型

一般DEA由CCR模式开始,先假设为固定规模报酬,求其总体效率,然后再运用BCC模型,考虑变动规模报酬,得到纯技术效率和规模效益。DEA模型还包括基于输入和基于输出两类模型,如何选择要视具体情况而定。一般输入指标不易有较大变动时倾向选用基于输出的DEA模型;当输出指标不易有较大变动时则倾向选用基于输入的DEA模型。

四、实例研究

1.背景介绍

由于DEA方法是在同类型的DMU之间进行的评价,因此选择DMU的一个基本要求是DMU的同类型性,即DMU具有相同的环境、相同的输入输出和相同的任务。

本文的数据来源为教育部直属高校基本情况统计,共选择了教育部直属的16所高校作为决策变量,分别是:清华大学,北京大学,中国人民大学,复旦大学,北京科技大学,北京化工大学,北京邮电大学,中国农业大学,北京林业大学,北京交通大学,山东大学,南开大学,吉林大学,同济大学,中国石油大学(北京),浙江大学。从科学研究的角度出发,为避免结果产生负面影响,特隐去学校名称,而以DMU1, ..., DMU16来代表这16所学校。

根据DEA评价模型中样本数量至少是指标数量的2倍等准则,建立如下的评价指标体系表。

表1 高校研究生教育投入产出数据统计表

决策单元	研究生授予学位数	发表学术论文数	各类科技奖	专任教师数	研究生人均科研经费投入(万元)	固定资产投入(万元)	图书量(含一般图书和电子图书)(万册)
DMU1	3 952	9 582	10	2 322	8.49	299 136.00	404.4
DMU2	3 930	3 428	38	2 928	3.74	379 552.48	627.44
DMU3	3 201	44	1	1 647	0.51	198 316.39	352.94
DMU4	2 939	2 287	36	2 287	2.78	266 710.53	556.1
DMU5	1 426	2 430	25	1 412	3.28	152 409.51	135.7
DMU6	690	1 211	11	915	5.38	74 267.00	161.8
DMU7	1 604	2 000	30	1 024	1.82	115 737.18	169.7
DMU8	1 744	3 224	5	1 398	6.8	13 387.00	271.89
DMU9	524	726	6	948	1.22	112 837.00	199.87
DMU10	1 483	1 880	6	1 445	2.85	154 686.40	156.39
DMU11	3 333	2 366	111	3 654	1.48	331 900.00	731.2
DMU12	4 037	2 036	9	1 677	1.91	173 070.00	469.35
DMU13	5 074	3 319	49	4 351	1.32	430 954.08	658.45
DMU14	2 691	2 662	43	2 662	3.13	268 796.40	418.98
DMU15	852	1 137	12	670	7.59	109 564.30	112.47
DMU16	7 434	11 184	10	3 531	3.82	540 411.95	655.8

表 2 基于投入的 CCR 模型总体效率值

决策变量	总体效率	决策变量	总体效率	决策变量	总体效率	决策变量	总体效率
DMU1	1.000	DMU5	1.000	DMU9	0.354	DMU13	1.000
DMU2	0.729	DMU6	0.607	DMU10	0.848	DMU14	0.741
DMU3	1.000	DMU7	1.000	DMU11	1.000	DMU15	0.766
DMU4	0.751	DMU8	1.000	DMU12	1.000	DMU16	1.000

2.CCR 模型求解

由基于投入的 CCR 模型我们得到了各 DMU 的总体效率情况,如下表,

其中 DMU1,DMU3,DMU5,DMU7,DMU8,DMU11,DMU12,DMU13,DMU16 的总体效率为 1,也即这些

高校的投入产出整体处于最优状态,其余的 DMU 都存在投入量冗余的情况。出于总体效率最优状态的高校比例占到了 56%,超过了半数。

下面以 DMU2 为例进行分析说明。

DMU2 的总体效率为 0.729,即从长期角度看,

表 3 基于投入的 CCR 模型松弛变量调整量表(DMU2)

投入产出指标	原始量	调整量	目标量
研究生授予学位数	3 930.000	0.000	3 930.000
发表学术论文数	3 428.000	0.000	3 428.000
获奖科技成果	38.000	0.000	38.000
专任教师数	2 928.000	-794.630	2 133.370
研究生人均科研经费投入(万元)	3.740	-1.015	2.725
固定资产投入(万元)	379 552.480	-143 777.95	235 774.531
图书量(含一般图书和电子图书)(万册)	627.440	-170.281	457.159

该 DMU 有 72.9%的投入有效地转化为了产出。在产出保持不变的前提下,我们来观察投入的调整变化,和最优 DMU 相比,DMU2 的专任教师数出现过量,即现有教师群体还没有发挥充分的数量优势,进行调整后的目标值约为 2133 人;研究生人均科研经费比例较高,可以适当缩减 27%左右,达到 2.725 万元;固定资产的投入也出现了冗余,但现实中对于固定资产的调整较难操作;图书量的冗余达到了 27%,说明有相当一部分的图书资源没有被有效利用起来,应该大力加大图书的使用效率,尤其是电子图书的普及和应用。

3.BCC 模型求解

上面我们讨论的都是从一个高校投入产出资源的长期发展的角度出发所应进行的相应调整建议。但更现实的是,我们需要知道高校短期应该做出的,也是目前最需要进行的调整。

下面就利用 BCC 模型进行相关问题的讨论。基于投入模式的 BCC 模型运算结果如下:

由上表可知,DMU1,DMU3,DMU5,DMU7,DMU8,DMU11,DMU12,DMU13,DMU16 处于规模报酬不变状态,这些 DMU 的投入与产出的可以成比例增加,也就是说,每增加一个单位的投入,将可以增加一个单位的产出。DMU6,DMU9,DMU10,DMU15 这四个 DMU 处于规模报酬递增状态,即每

增加一个单位的投入,将增加多于一个单位的产出。DMU2,DMU4,DMU14 这三个 DMU 处于规模报酬递减状态,即每增加一个单位的投入,将产生少于一个单位的产出。下面选取 DMU2 做分析。

表 4 基于投入的 BCC 模型评价

决策变量	总体效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
DMU1	1.000	1.000	1.000	不变
DMU2	0.729	0.795	0.917	递减
DMU3	1.000	1.000	1.000	不变
DMU4	0.751	0.780	0.963	递减
DMU5	1.000	1.000	1.000	不变
DMU6	0.607	1.000	0.607	递增
DMU7	1.000	1.000	1.000	不变
DMU8	1.000	1.000	1.000	不变
DMU9	0.354	1.000	0.354	递增
DMU10	0.848	0.962	0.890	递增
DMU11	1.000	1.000	1.000	不变
DMU12	1.000	1.000	1.000	不变
DMU13	1.000	1.000	1.000	不变
DMU14	0.741	0.813	0.912	递减
DMU15	0.766	1.000	0.766	递增
DMU16	1.000	1.000	1.000	不变

表5 基于投入的BCC模型松弛变量调整量表

投入产出指标	原始量	调整量	目标量
研究生授予学位数	3 930.000	0.000	5 393.833
发表学术论文数	3 428.000	270.312	4 704.850
获奖科技成果	38.000	0.000	52.154
专任教师数	2 928.000	-600.926	2 327.074
研究生人均科研经费投入(万元)	3.740	-1.62	2.120
固定资产投入(万元)	379 552.480	- 117 319.076	262 233.404
图书量(含一般图书和电子图书)(万册)	627.440	-128.722	498.668

从上表可以看到,从短期角度考虑,教师数约有21%处于资源过量状态,进行调整后的目标值约为2327人,低于通过CCR模型得到的目标值,这也是短期调整的方向;研究生人均科研经费比例较高,可以适当缩减43%左右。固定资产的投入出现了约31%的冗余。图书量的资源未被利用情况为21%。我们发现这些值均低于CCR模型的调整量,这也符合了这两个模型的逻辑关系。

五、总结

本文从高校的办学实际出发,根据目前高校的

实际情况,综合考虑高校人力、物力、财力方面的投入,选取了一系列投入产出指标,运用数据包络分析方法定量地分析了16所教育部直属高校的情况,并分别进行了总体效率的分析和评估。

实例分析部分给出了各高校相关指标的投入冗余率和产出指标的不足率。从分析结果看,大部分低效率高校均存在投入量无法有效转化为产出量的情况,只有极少学校的低效率单纯是由规模效率引起的。本文最后给出了在现有投入量下应该得到的产出量,并给出了调整的比例和期望量值。

参考文献:

- [1] 陈玉琨,李如海.我国教育评价发展的世纪回顾与未来展望[J].华东师范大学学报:教育科学版,2000(1).
- [2] 瞿葆奎.教育学文集——教育评价[M].北京:人民教育出版社,1989:58.
- [3] 吴家国.面向21世纪培养高质量研究生[M].北京师范大学出版社,1998.
- [4] 冯增俊.现代研究生教育研究[M].广东高等教育出版社,1993.
- [5] 林自新.教育质量评价的若干思考[J].福建教育学院学报,2001,(4):32-34.
- [6] 李煌果,等.研究生教育概论[M].科学技术文献出版社,1991.
- [7] 李冀.教育管理辞典[M].海南出版社,2002.
- [8] Tom kins C, Green R. An experiment in the use of data envelopment analysis for evaluating the efficiency of UK university departments of Accounting[J]. Financial Accountability and Management, 1988, 4:147-164.
- [9] Alm T, Chames A, Cooper W W. Some statistical and DEA evaluations of relative efficiencies of public and private institutions of higher learning[J]. Social Economic Planning Science, 1989,22(6):259-269.

On the Application of Data Envelopment Analysis in the Evaluation of Input & Output Efficiency of Graduate Education

QU Hong, GAO Wei-tao

(School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract: Aiming at the current college education reality, this paper systematically analyzed the research content and features of the input & output evaluation process, built a scientific evaluation index system, discussed the quality of input & output efficiency with data envelopment analysis approach, and finally drew some solutions and suggestions. The research achievements can directly give decision supply for the management department of college, and possess a great significance for the better development of college education.

Key words: graduate education; input & output; data envelopment analysis

[责任编辑:箫姚]