

# 基于DEA模型的高等院校院系投入产出效率评估

查勇,梁樑

(中国科学技术大学商学院,安徽合肥 230026)

**摘要:**建立高等院校院系投入产出效率评估的数据包络分析模型,进行DEA有效性分析和规模效益分析,测算出经济效益评价指标、松弛变量、各投入产出的权重系数等多项分析参数,并且根据各个院系的经营效益做出评价,以期为院系资源配置的合理性、资源利用的有效程度、导致经营无效的因素分析提供依据。

**关键词:**DEA;高等院校

**中图分类号:**G640

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7348(2004)01-0102-03

## 0 前言

数据包络分析方法(Data Envelopment Analysis, DEA)是由著名的运筹学家A·Charnes和W·W·Cooper等人于1978年创立的,是一种针对具有多指标投入和多指标产出的同类型部门,进行相对有效性综合评价的方法,能有效地处理多输入多输出的复杂系统。DEA方法是在“相对效率评价”概念的

基础上发展起来的一种系统分析方法,实质是运用数学规划模型比较同类型的决策单元之间的相对效率,在此基础上实现对各个决策单元(Decision Making Unit, DMU)的综合分析,如确定每个决策单元的DEA有效性,确定其相对效率最高(即有效的DMU),并指出其非有效的原因和程度,判断各DMU的投入规模是否恰当以及如何进行有效调整等许多有价值的信息。近年来,

DEA方法已成为管理科学和系统工程领域中一种重要而有效的分析工具。

在市场经济环境中,高等院校已经不再是一个单纯的教育者,而是政府投资的使用者和经营者,又是高等教育的生产者和提供者。如何提高高等教育的资源配置效率,提高现有资源的使用效率,已成为不可忽略的问题。而对高等院校教育的评估都围绕着要建立一个合理的评估体系,同时保证评估体

相比1995~2001年时期有所下降,但仍呈现明显的推动作用,因此方案2也在选择之列。最后可以接受的方案是方案2、方案3和方案4。

通过计算得到各方案的人均GDP和人

均电信业务收入(见表3)。

最后,为了考察区域经济差异和区域电信业务收入差异的变化,分别计算东部地带人均GDP和人均电信业务收入与中部和西部人均GDP和人均电信业务收入的比值

人均电信业务收入都有缩小的趋势。因此,排除方案3,最后将方案2和方案4作为最终的备选方案,再根据具体情况从这两个方案中选择其一。

**参考文献:**

[1]信息产业部综合规划司.中国信息产业“十五”发展规划(通信卷)[M].北京:人民邮电出版社,2001.

[2]刘思峰,郭天榜,党耀国.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,1999.102-113.

[3]邓聚龙.灰色系统理论教程[M].武汉:华中理工大学出版社,1990.

(责任编辑:汪智勇)

表4 人均GDP的比值和人均电信业务收入的比值

方案	比例	人均GDP的比值				人均电信业务收入的比值			
		2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
方案一	东部与中部的比值	2.03	2.03	2.04	2.03	1.49	1.33	1.20	1.07
二	东部与西部的比值	2.58	2.58	2.58	2.57	1.53	1.33	1.16	1.01
方案二	东部与中部的比值	2.06	2.07	2.09	2.10	1.90	1.92	1.94	1.95
三	东部与西部的比值	2.66	2.70	2.74	2.78	2.09	2.13	2.18	2.22
方案三	东部与中部的比值	2.03	2.03	2.04	2.03	1.87	1.87	1.87	1.87
四	东部与西部的比值	2.58	2.58	2.58	2.57	2.00	2.00	2.00	2.00

(见表4)。

由表4看出,方案3的人均GDP和人均电信业务收入都有扩大的趋势,方案2和方案4的人均GDP和

收稿日期:2003-04-04

作者简介:查勇(1977-),安徽庐江人,中国科学技术大学商学院硕士研究生,主要研究方向为决策分析;梁樑,中国科学技术大学商学院教授,博士生导师,常务副院长。

系中各评价指标及其权重的代表性、合理性和公正性。院系作为高等学校的下级机构和子系统,在保证其总系统——高等学校资源配置有效的情况下,其本身应该处于什么状态;如果高校总决策系统本身非有效,要使高校总决策系统有效,院校子决策系统应该作如何变动,是一个值得研究的问题。

到目前为止,已经有不少专家对教育评估体系进行了较为深入的研究,提出了不少合理可行的指标体系和评价模型,为高校院系评估提供了可行的方法,值得研究和借鉴。本文从一个较为全面的角度来探讨高校院系指标体系的建立,并且采用数据包络分析(DEA)方法对建立的指标体系进行评估,进而分析院系的 DEA 有效性,包括技术有效性、规模有效性等,以及对非 DEA 有效的决策单元(DMU)进行原因分析和有效性转化。

### 1 建立 DEA 分析模型

设存在有  $n$  个决策单元  $DMU_i, i=1, 2, \dots, n$ , 每个决策单元都有  $m$  种输入和  $p$  种输出, 其中第  $i$  个决策单元  $DMU_i$  的输入表示为  $x_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})^T$ , 输出表示为  $y_i=(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ip})^T$ 。并且  $x_{it} \geq 0, y_{it} \geq 0$ , 其中  $s=1, 2, \dots, m, t=1, 2, \dots, p, i=1, 2, \dots, n$ 。

建立基于输入的 DEA 方法的  $C^2R$  评价模型:

$$\begin{cases} \min[\theta - \varepsilon \cdot (e^T s^- + e^T s^+)] = V_{D_e} \\ \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n x_i \cdot \lambda_i + s^- = \theta \cdot x_0 \\ \sum_{i=1}^n y_i \cdot \lambda_i - s^+ = y_0 \\ \lambda_i \geq 0, (1 \leq i \leq n) \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中  $e^T=(1, 1, \dots, 1)$  是元素均为 1 的  $m$  维向量,  $e^T=(1, 1, \dots, 1)$  是元素均为 1 的  $p$  维向量,  $\varepsilon$  表示非阿基米德无穷小量,  $s^-(s_1^-, s_2^-, \dots, s_m^-)^T, s^+(s_1^+, s_2^+, \dots, s_p^+)^T$  是松弛变量。

利用带有非阿基米德无穷小量  $\varepsilon$  的  $C^2R$  评价模型(1), 可以很容易判定决策单元的 DEA 有效性, 分析出决策单元的技术有效性和规模有效性, 并且对于非 DEA 有效决策单元, 进行有效生产前沿面的投影, 分析指出导致决策单元非有效性的影响因素。

设线性规划(1)的最优解为  $\lambda^0, s^{0-}, s^{0+}$ ,  $\theta^0$ , 根据文献[2]可以得到如下的结论:

(1)若  $\theta^0=1$ , 则决策单元  $DMU_0$  是弱 DEA

有效的。其经济意义就是:决策单元  $DMU_0$  的生产活动不同时技术有效和规模有效, 如果某个  $s_i^{0-} > 0$ , 则表示第  $s$  种输入指标有  $s_i^{0-}$  没有被充分利用; 如果某个  $s_i^{0+} > 0$ , 则表示第  $t$  种输出指标与最大的输出值还有  $s_i^{0+}$  的不足。

(2)若  $\theta^0=1$ , 并且  $s^0=0, s^{0+}=0$ , 则决策单元  $DMU_0$  是 DEA 有效的。表示决策单元  $DMU_0$  的生产活动同时技术有效和规模有效。从技术的角度来看, 各种资源得到了充分的利用, 取得了最大的输出效果(经济效益评价指标  $\theta^0=1$ )。此时, 模型(1)的约束条件为:

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot \lambda_i^0 = x_0 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i \cdot \lambda_i^0 = y_0 \quad (3)$$

表示对于得到的最大输出  $y_0$  而言, 生产活动的各种输入  $x_0$ , 都得到了充分的利用。

(3)若  $\theta^0 < 1$ , 则说明决策单元  $DMU_0$  不是 DEA 有效的。它的生产活动既不是技术有效的, 同时也不是规模有效的。根据模型(1)的约束条件:

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot \lambda_i^0 + s_i^{0-} = \theta^0 \cdot x_0$$

$$\sum_{i=1}^n y_i \cdot \lambda_i^0 - s_i^{0+} = y_0$$

说明要得到输出量  $y_0$ , 至多只需要  $\theta^0 \cdot x_0$  的输入量, 也就是说, 生产活动的输入规模过大, 产出水平没有达到最佳规模。

(4)若  $\frac{1}{\theta^0} \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i^0 = 1$ , 则决策单元  $DMU_0$  的规模收益不变, 此时生产规模最佳。

(5)若  $\frac{1}{\theta^0} \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i^0 < 1$ , 则决策单元  $DMU_0$  的规模收益递增, 表示增加输入量可以使输出水平以递增的速度增加。

(6)若  $\frac{1}{\theta^0} \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i^0 > 1$ , 则决策单元  $DMU_0$  的规模收益递减, 表示增加输入量只能使输出水平的增加速度减小。

(7)对于非 DEA 有效的决策单元进行“投影”, 构造一个新的有效的决策单元。

$$\text{令: } \hat{x}_0 = \theta^0 \cdot x_0 - s^{0-}, \hat{y}_0 = y_0 + s^{0+} \quad (4)$$

则称  $(\hat{x}_0, \hat{y}_0)$  为非 DEA 有效的决策单元所对应的  $(x_0, y_0)$  在 DEA 的相对有效面上的“投影”, 它相对于原来的  $n$  个决策单元来说, 是 DEA 有效的。

### 2 实例分析

首先, 本文通过一系列的调研, 以及在实际工作分析的基础上, 建立了一套对高校院系进行 DEA 有效性评价的指标体系。

一个院系的投入主要是本身所拥有的资源, 包括固定资产、人员、投入经费等, 其中固定资产包括建筑(宿舍、教室、实验室)、教学仪器、计算机、网络资源、图书; 人员可细分为正高、副高、中职、其他人员; 投入经费包括科研经费、日常经费(支出费用)等。产出由以下几个方面组成: 学生、教学成就、争取经费、科研成果、学术, 其中学生下设二级指标, 本科生、硕士生、博士生, 本科生可细分为新生(包括新生数量和质量 2 个方面)、在校生、毕业生; 教学成就包括公共教学(包括教授学生数、各种形式的公共服务)、专业课学生数、课程(学分、人数); 争取经费为争取到的科研经费, 包括横向课题经费、纵向课题经费, 以及其他方面的经费资助等, 但由于不同的课题具有不同的实际意义, 需要考虑其对社会的贡献; 科研成果包括课题中产生的科研成果、发明专利、以及对高新技术的转化及产业化水平; 学术包括学术声誉、论文数, 论文细分为国际、国内、核心、一般 4 个等级。具体内容如表 1、表 2 所示。

考虑到部分指标数据的不易获取, 以及

表 1 院系投入指标

一级指标	二级指标
固定资产	建筑(宿舍、教室、实验室)、教学仪器、计算机、网络资源、图书
人员	正高、副高、中职、其他人员
投入经费	科研经费、日常经费

表 2 院系产出指标

一级指标	二级指标
学生	本科生   新生(新生数量、质量)、在校生(选课情况、综合素质、创造教育评估、获得第一/第二学位学生比例/人数)、毕业生(毕业生去向、就业率)   硕士生、博士生
教学成就	公共教学(教授学生数、其他形式的公共服务, 如外语系的考试中心)、专业课学生数、课程(学分、人数)
争取经费	横向经费、纵向经费
科研成果	科研成果、专利发明
学术	学术声誉 论文数(SCI、EI、国内)

在整个指标体系中所处地位的相对重要性,可以将上述指标体系简化成下面的形式,如表3、表4所示:

表3 院系简化的投入指标

一级指标	二级指标
人员	高职、其他
经费	经费

表4 院系简化的产出指标

一级指标	二级指标
学生数	本科生、研究生
争取经费	横向经费、纵向经费
科研成果	专利发明
学术	论文数(国际、国内)

根据简化后的投入、产出指标,在对院系进行DEA有效性分析时,本文全部采用二级指标作为各决策单元的输入和输出元素。经过一定的调研,采集到某高校8个学院的所有统计数据如表5所示:

根据表5所提供的数据,采用带非阿基米德无穷小量 $\epsilon$ 的C<sup>2</sup>R评价模型(1),运用线性规划软件计算出相应的参数如表6所示:

表6中的 $\theta$ 表示经济效益评价指标, $s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_1^+, s_2^+, s_3^+, \dots, s_7^+$ 分别为DEA模型(1)中的松弛变量, $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_7$ 分别表示各决策单元投入和产出指标的权重系数,也就是各投入、产出的影子价格。

2.1 DEA有效性分析

根据表6中各学院经济效益评价指标 $\theta$ 值和松弛变量 $s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_1^+, s_2^+, s_3^+, \dots, s_7^+$ 的大小,可以看出在当前的这种资源投入和管理水平下,该高校的8个学院中,DMU2(学院2)、DMU3、DMU4、DMU5、DMU6、DMU7都是DEA有效的,处于技术有效和规模有效的前沿面上。投入的各种资源在其生产活动中都得到了充分的利用,取得了最大的输出效益。而决策单元DMU1和DMU8则处于DEA无效的状态,它们的生产活动既不属于技术有效,也不属于规模有效。其投入的部分资源没有得到充分的利用,生产的输出水平没有达到最佳的生产规模。

2.2 规模收益分析

根据表6中 $\frac{1}{\theta} \sum \lambda_i$ 数值的大小显示,该学校的8个学院中,共有6个决策单元(DMU2、DMU3、DMU4、DMU5、DMU6、DMU7)是处于规模收益不变的状态,一个学院

(DMU8)处于规模收益递增状态,一个学院(DMU1)处于规模收益递减状态。也就是说该学校有87.5%的学院是处于规模收益不变或者递增的阶段,处于这种状态的学院具有很大的发展空间和发展潜力,可以通过增加投入数量,来提高学院的产出水平,对学院进行适当的扩张。

2.3 影子价格分析和非有效性DMU的投影

对于非DEA有效的决策单元,可以通过将它们的输入、输出指标在各自的相对有效面上进行“投影”,来改进它的非有效性。其实质就是根据前面的数值分析,通过适当调整非有效性决策单元的投入数量和产出

数量,来达到DEA有效的目的。

以DMU8为例,根据公式(4)所给出的投影规则,可以计算出每一个输入、输出指标的投影点为:

$$\begin{aligned} x_1 &= 0.20098 \times 49 = 9.848 \\ x_2 &= 0.20098 \times 53 = 10.652 \\ x_3 &= 0.20098 \times 294 - 23.12095 = 35.967 \\ y_1 &= 193.915 + 0.504 = 194.419, \\ y_2 &= 0 + 34.683 = 34.683, \\ y_3 &= 0 + 5.592 = 5.592, \\ y_4 &= 1 + 13.303 = 14.303, \\ y_5 &= 0 + 1.275 = 1.275, \\ y_6 &= 170, \\ y_7 &= 50 \end{aligned}$$

表5 某高校下设各学院的统计数据 (单位:万元)

学院编号	人员		经费	争取经费		论文数		专利	学生数	
	高职	其他		纵向	横向	SCI	国内		本科生	研究生
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$
1	203	135	652	3 666.0775	319.398	220	205	25	1 615	491
2	133	91	389	3 922.045642	217	403	185	41	1 049	442
3	103	69	346	1 457.8	305.3375	71	131	64	1 119	264
4	146	146	451	1 756.991686	556.9	73	209	21	2 446	741
5	23	38	167	1 640.52	40	24	38	1	485	117
6	46	23	192	1 110.976	44.7186	49	84	0	296	43
7	44	27	236	441.1	54.8	7	23	0	454	225
8	49	53	294	193.915	0	0	1	0	170	50

表6 DEA模型计算结果

分析指标	学院1	学院2	学院3	学院4	学院5	学院6	学院7	学院8
$\theta$	0.85	1	1	1	1	1	1	0.20098
$s_1^-$	24.35829	0	0	0	0	0	0	0
$s_2^-$	0	0	0	0	0	0	0	0
$s_3^-$	0	0	0	0	0	0	0	23.12095
$s_1^+$	0	0	0	0	0	0	0	0.50388
$s_2^+$	1.79998	0	0	0	0	0	0	34.68272
$s_3^+$	0	0	0	0	0	0	0	5.59231
$s_4^+$	0	0	0	0	0	0	0	13.30327
$s_5^+$	17.98278	0	0	0	0	0	0	1.27549
$s_6^+$	0	0	0	0	0	0	0	0
$s_7^+$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\omega_1$	0	0	0.00454	0	0	0	0.02123	0.02001
$\omega_2$	0.00683	0	0	0	0	0.00397	0.00217	0.00037
$\omega_3$	0.00012	0.00257	0.00154	0.00222	0.00599	0.00473	0.00003	0
$\mu_1$	0.00006	0.00025	0.00018	0	0.00045	0	0	0
$\mu_2$	0	0	0.00176	0	0	0	0	0
$\mu_3$	0	0	0	0	0	0	0.00275	0
$\mu_4$	0.00011	0	0	0	0	0.01191	0	0
$\mu_5$	0	0	0.00322	0	0	0	0	0
$\mu_6$	0.00033	0	0	0.00041	0.00056	0	0	0.00005
$\mu_7$	0.00014	0	0	0	0	0	0.00436	0.00387
$\sum \lambda_i$	2.04378	1	1	1	1	1	1	0.11580
$\frac{1}{\theta} \sum \lambda_i$	2.40445	1	1	1	1	1	1	0.57618

也就是说,决策单元8要想达到DEA有效,必须要大大地削减投入指标数量。对于人员方面,学院8现有人员49人,高级职称的员工实际只需要9.848人(约10人),需要精简39.152人(约39人);其他职称的员工只需要10.652人(约11人),需要减少42.348人(约42人);而实际需要的投入经费为35.967万元,需要削减258.033万元。各产出水平的变化情况分别应该是:可争取到的纵向经费可以增加0.50388万元,而横向经费可以增加34.683万元;在国外期刊发表的论文数目应该再增加5.592篇,而在国内期刊上发表的论文数应增加13.303篇;所取得的专利可以增加1.275项;对于学生数目,无论是本科生还是研究生,都不用改变。

另外,该决策单元各投入、产出的权重系数分别为 $\omega_1=0.02001, \omega_2=0.00037, \omega_3=0, \mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4=\mu_5=0, \mu_6=0.00005, \mu_7=0.00387$ 。其中投入经费指标、争取的纵向横向经费输出指标、发表论文数量以及专利数量等产出指标的权重系数都为0,表明如果要单独地降低经费的投入,或者增加争取经费数量、论文发表数量、专利数量,是不会对决策单元8的DEA有效性有所影响的。而单独改变其他的几项指标,是可以改进DEA有效性的。

其中高级职称人员的权重系数为0.02001,是所有指标中权重最大的一项,表明高级职称员工的数量改变对于该决策单元DEA有效性的影响最大。其他职称的人员权重系数为0.00037,虽然对于整个学院的运作效率也具有一定的影响,但是程度要低很多。同时,学院8中无论是高级职称人员,还是其他职称的人员数量都是其在相对有效面上“投影”的4.98倍,说明它的人力资

源没有得到充分的利用,每位员工的内在潜力没有得到充分的挖掘和发挥,出现了严重的资源浪费现象。要想提高整个学院的经营效率,必须首先解决人力资源浪费的问题。或者进行人员的精简,将多余员工分流出去;或者在现有人员的基础上,扩展学院的科研和教学领域,为使每一位人员能充分发挥各自的潜力创造条件,以增加学院最后各项产出,比如发表论文数、专利数目等。研究生指标的权重系数也比较大,为0.00387,所以如果增加该学院研究生的培养能力和数量,将会极大地拉动学院教学和科研水平,对改进学院的经营效率有很大的影响。

对于没有达到DEA有效性的决策单元1,也可以运用同样的方法进行分析,找出导致经营无效的原因。

### 3 小结

本文通过数据包络分析(DEA)方法,对高校院系的经营效益和规模效益进行了全面的分析。实例表明,DEA分析对高校投入产出的效率评估是非常有效的。通过DEA数据分析,利用得到的经济效益评价指标、松弛变量、各投入产出的权重系数、以及各决策单元在相对有效面上的“投影”等多项分析参数,不仅可以对各个院系的经营效益做出正确的评价,而且还可以对其资源配置的合理性、资源利用的有效程度、导致经营无效的因素等做出详细的分析。本文实例中的高校院系,75%的学院的经营效益都比较好,但是在规模效益方面有87.5%的学院是处于规模收益不变或者递增的阶段,说明该高校处于一个有较大发展空间,可以采取一些改革措施,对学院进行适当的扩

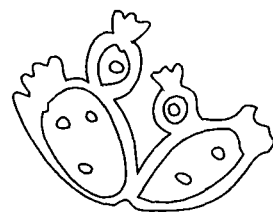
张。

本文只是运用DEA方法对高校学院进行了相对有效性分析,但是各个学院又是由不同的系构成的,相对于所属学院而言,各个系就是其所属学院的子决策系统,学院就是主决策系统。在这样的分层决策系统中,整个决策单元的输出不仅取决于主决策系统,还受子决策系统输出结果的影响。在这种情况下,整个学院的有效性分析该怎样做?各子决策系统之间、以及子决策系统和主决策系统之间的有效性影响又是怎样的?都需要进行更进一步的数据采集和分析。

#### 参考文献:

- [1] 盛昭瀚等. DEA理论、方法于应用[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [2] 彭勇行. 管理决策分析[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [3] 迟旭, 杨德礼. 生产过程状态分析的非参数方法[J]. 管理工程学报, 1998, 12, (2): 1-5.
- [4] 吴文江. 只改变输出使决策单元变为DEA有效[J]. 系统工程, 1995, 13, (2): 17-20.
- [5] 李光金, 刘永清. DEA有效决策单元判断及排序的新方法[J]. 系统工程理论与实践, 1998, (8): 37-42.
- [6] 张斌斌, 曲然. DEA方法分层系统评价中的应用[J]. 情报科学, 2001, 19, (12): 1233-1235.

(责任编辑: 焱 焱)



## The Efficiency Evaluation of Input-Output of Colleges and Universities Based on DEA

**Abstract:** In this paper, the model of efficiency evaluation of input-output of colleges and universities based on DEA is constructed, DEA availability analysis and scale benefit analysis are processed. With the calculation of evaluation indexes of economic performance, slack variable, input-output weights and other analysis parameters, evaluation of operation benefits of each department is given, in order to provide a great basis for analysis of the rationality of resource allocation of the departments, significant degree of utilization of resource and factor analysis which result in operation ineffectiveness.

**Key words:** DEA; colleges and universities; efficiency evaluation