

用 DEA 方法评价高等职业院校办学效益实证探析

上海市教科院职成教所副研究员 陈嵩

摘要：本文在阐述 DEA 方法原理的基础上，通过实例对如何进行同类别高等职业院校办学效益的评价进行了探究。

关键词：DEA 方法 高等职业教育 评价 办学效益

一、引言

提高办学质量和效益是发展我国高等职业教育的主要任务。对同类高等职业院校，在现有资源条件下，哪些运行较优？规模效益如何？要回答这类问题，仅仅借助于统计数据和采用统计平均值相比是片面的。对于解答这类问题，国内外学者作了大量的工作，用多种方法，从不同的角度给予解答。但在已有的多种方法中，尚未有一种方法能对一所学校的总体工作效益作出确切的定义。

DEA 法（Data Envelopment Analysis，即数据包络分析）解决了上述方法的不足，它不需要以参数形式规定生产前沿函数。这种方法采用数学规划模型，对所有的输出都一视同仁。这些输入输出的价值的设定与虚拟系数有关，它有助于我们找出效益偏低的原因。这种方法以经验数据为基础，逻辑上较为合理，能衡量各单位由一定量的输入产生预期输出的能力，并能计算在非有效的单位中，输入没有发挥效益的程度，而且，还有可能进一步估计当这个单位达到相对有效时，它们的输出应增加多少，输入可减少多少。

二、DEA 法的数学模型构建

（一）关于效益的两个量化定义

为了便于建立数学模型，在此，我们先给出两个关于效益的量化式定义。

定义 1 对任何一个决策单元，它达到百分之百的效益是指：

- a) 在现有的输入条件下，任何一种输出都无法增加，除非增加其它种类的输入；
- b) 要达到现有的输出，任何一种输入都无法降低，除非增加其它种类的输入。

一个决策单元达到了百分之百的效益，我们说这个决策单元是有效的，从多目标决策观点看，它是非劣的（即达到 Pareto 最优），而一个非劣的决策单元也就是有效的决策单元。

为了使效益的定义能够适用于经验数据，引入相对效益的定义：

定义 2 一个决策单元达到百分之百的相对效益是指它与同类型的其它决策单元相比时，没有理由说明它在使用输入和产生输出时的过程中不是有效的。即根据同类型所有单位

的输入—输出的统计数字，它是非劣的。

(二) 数学模型

假设有 n 个单位（称为决策单元），每个单位都有 m 中类型的“输入”（表示该单位对“资源”的耗费）以及 s 种类型的“输出”（表示该单位消耗“资源”之后表明“成效”的信息量），见下表。

表 1 n 个决策单元的输入

		1	2	...	j	...	n
V_1	1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1j}	...	X_{1n}
V_2	2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2j}	...	X_{2n}
.
.
.
V_i	i	X_{i1}	X_{i2}	...	X_{ij}	...	X_{in}
.
.
.
V_m	m	X_{m1}	X_{m2}	...	X_{mj}	...	X_{mn}

表 2 n 个决策单元的输出

		1	2	...	j	...	n		
		Y_{11}	Y_{12}	...	Y_{1j}	...	Y_{1n}	1	U_1
		Y_{21}	Y_{22}	...	Y_{2j}	...	Y_{2n}	2	U_2
	
	
	
		Y_{r1}	Y_{r2}	...	Y_{rj}	...	Y_{rn}	r	U_r
	
	
	
		Y_{s1}	Y_{s2}	...	Y_{sj}	...	Y_{sn}	s	U_s

其中：

X_{ij} = 第 j 个决策单元对第 i 种类型输入的投入总量， $X_{ij} > 0$ ；

Y_{rj} = 第 j 个决策单元对第 r 种类型输出的投入总量， $Y_{rj} > 0$ ；

V_i = 对第 i 种类型输入的一种度量（或称权）；

U_r = 对第 r 种类型输出的一种度量（或称权），

$i=1, 2, \dots, m$; $j=1, 2, \dots, n$; $r=1, 2, \dots, s$.

每个决策单元都有相应的效益评价指数 h_j ，即：

$$h_j = \left(\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} \right) / \left(\sum_{i=1}^m V_i X_{ij} \right), \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

我们总可以适当地选取相应的系数 V 及 U ，使其满足

$$h_j \leq 1, \quad j=1, 2, \dots, n.$$

现在对第 j_0 个决策单元进行效益评价 ($1 \leq j_0 \leq n$)，以权系数 V 及 U 为变量，以第 j_0 个决策单元的效益指数为目标，以所有决策单元（也包括第 j_0 个决策单元）的效益指数 $h_j \leq 1$ ($j=1, 2, \dots, n$) 为约束，构成如下的最优化模型：

$$M_1 \begin{cases} \max h_{j_0} = \left(\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj_0} \right) / \left(\sum_{i=1}^m V_i X_{ij_0} \right) \\ \text{s. t. } \left(\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} \right) / \left(\sum_{i=1}^m V_i X_{ij} \right) \leq 1 \quad j=1, 2, \dots, n \\ V = (V_1, V_2, \dots, V_m)^T \geq 0 \\ U = (U_1, U_2, \dots, U_s)^T \geq 0 \end{cases}$$

上述问题 M_1 是一个具有线性分式约束的非凸——非线性规划问题。

令 M_1 的最优解为 $h_{j_0}^*$ ，即： $h_{j_0}^* = \max_{U_r, V_i} h_{j_0}$

因为 $U_r, V_i > 0, X_{ij}, Y_{rj} \geq 0$

所以 $h_{j_0}^* \leq 1$

故只要模型 M_1 有解，所求得的 $h_{j_0}^*$ 就是介于 0 与 1 之间的一个数，即是考虑了多种类型输入 X_{ij} , $i=1, 2, \dots, m$ ，与多种类型输出 Y_{rj} , $r=1, 2, \dots, s$ 的效益，是第 j_0 个决策单元与其他 $n-1$ 个决策单元相比较时的相对效益。求 $h_{j_0}^*$ 的值时，权 U_r, V_i 的选取是从最有利于第 j_0 个决策单元的角度出发的。也就是说， $h_{j_0}^*$ 是根据 n 个单位的实际数据评估 n 个决策单元时，

第 j_0 个决策单元所可能达到的最大相对效益,这就使各个被评估的单位没有任何理由抱怨 U_r 、 V_i 的选择不公平,决策者和评估人员也不必为确定大家都能接受的权系数 U_r 、 V_i 而操心。

对模型 M_1 经过 Charnes-Cooper 变换,可以得到与 M_1 等价的线性规划模型及其对偶问题 M_2 ,后者是我们用来评估高等职业院校综合相对效益的实用模型。

实用模型 M_2 的具体形式如下:

$$M_2 \left\{ \begin{array}{l} \min [\theta - \delta \sum_{i=1}^m S_i^- - \delta \sum_{r=1}^s S_r^+] \\ \text{s. t.} \quad \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + S_i^- = \theta X_{ij_0} \\ \quad \quad \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - S_r^+ = Y_{rj_0} \\ \quad \quad \lambda_j \geq 0 \\ \quad \quad S_i^- \geq 0 \\ \quad \quad S_r^+ \geq 0 \\ \quad \quad i = 1, 2, \dots, m \\ \quad \quad j = 1, 2, \dots, n \\ \quad \quad r = 1, 2, \dots, s \end{array} \right.$$

我们有以下结论:决策单元 j_0 相对有效,当且仅当最优输出强度 $\theta^* = 1$,且所有的最优松弛变量 S_i^* 、 S_r^* 均为零时。(具体证明可参见魏权龄编著的《评价相对有效性的 DEA 方法——运筹学的新领域》)

上述线性规划模型 M_2 可以用单纯形法求解,解 S_{-i} 和 S_{+r} 表示了非有效的原因,用这些数据 and 原始统计数据可得:

$$\bar{X}_{ij_0} = X_{ij_0} - S_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\bar{Y}_{ij_0} = Y_{ij_0} - S_r^+ \quad r = 1, 2, \dots, s$$

如果决策单元 j_0 的输入、输出按照上面两式加以调整，得到 X_{ij_0} 平均值和 Y_{ij_0} 平均值，这个单位就会变成相对有效单位，即对某些单位既要减少某些种类的输入，同时也需要增加某些种类的输出，才能成为相对有效单位。

三、DEA 法在效益评价中的实际操作

(一) 输入、输出指标的选取

高等职业院校是一个复杂的大系统。从宏观方面讲，高等职业院校系统的投入主要是人、财、物，产出是人才、科研成果、社会服务及其它创收。而从微观方面考虑，评价一所学校的综合效益可以从不同的方面入手。如果把高等职业院校系统看成一个黑箱，即只考察输入、输出的指标体系，而不去考虑系统内部的构造，那么这种投入与产出的关系可图示如下：

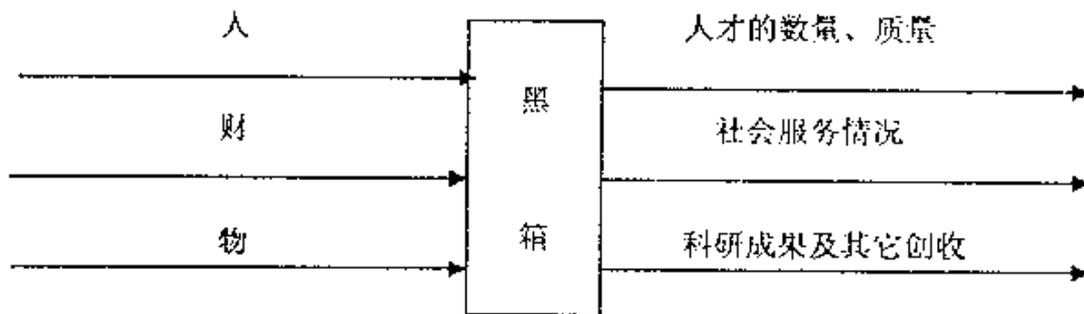


图 1

借助于 DEA 方法进行评价，目的是通过相同规模、同样质量水平的同类学校的有效前沿面的分析，可以为制定合理的学校管理定额提供依据，通过对有效前沿面各点规模效益的分析，确定效果最佳的规模。现在，我们以九所高等职业院校为例（为避免不必要的麻烦，以下用代号 1、2、…、9 表示这九所院校，隐去学校的真实名称），综合考虑宏观、微观两个方面，以数据可采集为前提，选取四个较典型的输入量，主要是反映学校的教学规模、师资力量、实验实训设备水平以及学校科研能力等状况；选择三个输出量，主要反映学校的教学服务、教学质量以及学校科研成果等情况，具体是：

A——有效教室面积（单位：平方米），反映学校教学规模和基本条件。（输入）

B——46-55 岁副教授级专任教师数（单位：人），反映学校师资力量。（输入）

C——固定设备资产值（单位：万元）（以二万元以上仪器计），反映学校的实验、实训设备基础条件。（输入）

D——科研经费（到账数）（单位：万元），反映学校科研能力状况。（输入）

E——合格毕业生（单位：人/年），反映学校服务利用情况。（输出）

F——大学英语四级统考合格率（单位：%），反映学校服务质量的部分情况。（输出）

G——获省、部级及以上科技进步奖项目数（单位：项），反映学校科研水平及成果情况。
（输出）

九所同类别学校的上述七项数据见表 3。

表 3

编号	输入				输出		
	A	B	C	D	E	F	C
1	13418	66	364. 9	222. 2	601	0. 582	2
2	18416	61	928. 0	1440. 3	912	0. 588	3
3	7423	68	222. 7	1130. 6	493	0. 715	15
4	13220	70	529. 0	804. 4	469	0. 640	2
5	13677	60	1233. 8	1512. 1	660	0. 735	7
6	9698	14	336. 0	1159. 7	509	0. 557	2
7	22125	55	541. 7	758. 0	696	0. 579	0
8	58907	73	1437. 2	1365. 9	936	0. 809	0
9	17609	62	758. 0	469. 5	681	0. 415	1

（二）运行结果分析

用 DEA 法对九所高等职业院校进行效益评价需解一系列线性规划问题。可通过编制程序，并在计算机上运行求解，分别可得各学校的效益 h_{jo}^* 及 S^* 、 S^* 之值，见表 4。

表 4

编号	相对效益	未能充分利用的资源（输入）				输出		
		A	B	C	D	E	F	G
1	1	0	0	0	0	601	0. 5824	2
2	0. 99	0	0	348. 54	0	912	0. 588+	3+
3	1	0	0	0	0	493	0. 7147	15
4	0. 89	0	0	0	0	469+	0. 6400	2+
5	0. 87	0	0	696. 65	0	660	0. 7345+	7+
6	1	0	0	0	0	509	0. 5574	2
7	1	0	0	0	0	696	0. 5788	0
8	1	0	0	0	0	936	0. 8092	0
9	1	0	0	0	0	681	0. 4150	1

（注：输出数据中带“+”号的表明尚未充分挖掘“潜力”）

表 4 所示的结果表明，在九所高等职业院校中有六所属于相对有效的（相对效益为 1）。在其余三所非有效的高职院校中，院校 2 和院校 5 未达到相对有效的主要原因是没有充分利用现有的实验设备条件。另外，在现有的条件下，学校领导应认真考虑如何进一步提高教学质量和积极开展科研活动；院校 4 虽然能充分利用现有的资源条件，但仍是非有效的。其主要原因是学校在服务利用方面不够理想（表中，数字后带‘+’的输出，表明在现有的输入情况下，这些输出还未能达到一定的标准）。在现有的条件下，产出达不到一定的要求，自然就谈不上高效益。另外，院校 4 也应加强科研队伍建设。只有增加产出量，才会有效益的提高。

为了既能显示效益，又能说明效能（“生产能力”），在此我们采用说明相对效益与学校服务利用情况关系图和说明相对效益与学校服务质量关系图来表示。（图中的水平方向表示相对效益；学校的编号标在图中相应的位置上）

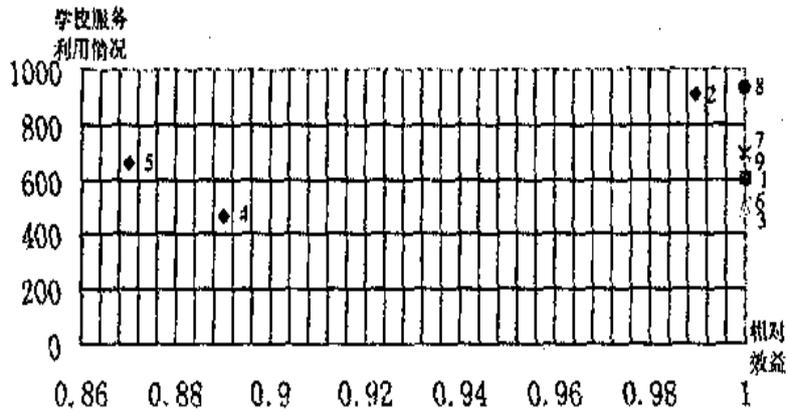


图2

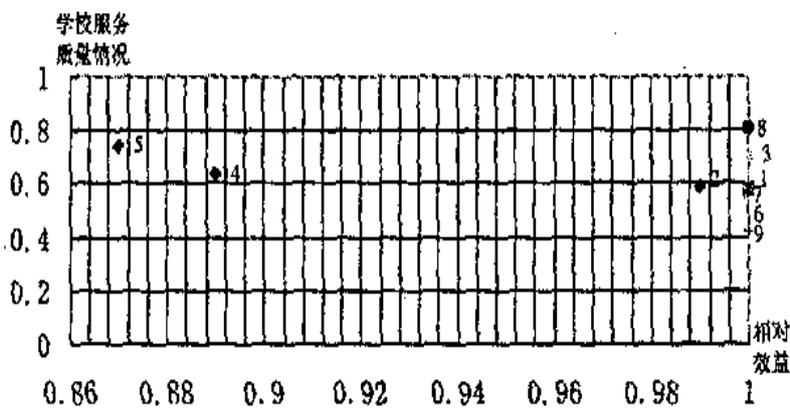


图3

从上述两个图中可以看出，“生产能力”较低的高等职业院校也有可能是相对有效的。如院校6，它的输出偏低（在九所学校中，年均毕业生数居第7位，四级统考合格率居第8位），照通常的看法，这所学校的服务工作做得较差，但结合输入来分析，情况并非如此，院校6的服务工作做得不比其它学校差，它与院校4的输出相对而言比较接近，但院校6是相对有效的，而院校4则不是有效的，说明院校4的输入资源未能被充分利用或内部管理有问题，前面已作过简单分析。

从上述两个图中还可以看出，院校5的“生产能力”比较强，但却不是相对有效的，主要原因是未能充分利用现有的教学设备。根据这一情况，主管部门可以要求院校5提出计划，说明准备如何充分利用这些尚未充分发挥作用的资源。而对“生产能力”较低但却是相对有效的院校6，主管部门可以要求它提出资源申请，说明它提高“生产能力”至某一水平时，达到这些目标还需要投入的资源种类及数量。在可能的情况下，主管部门可以在不降低院校5“生产能力”的前提下，将院校5某些未被充分利用的资源调配给院校6（如通过联合办学等形式），以期实现优势互补，提高各自学校的综合效益，并在一段时间后，再进行综合评估。

当然，在此仅仅是用来说明如何利用数据包络分析的结果来平衡资源的例证，据此可以推广到跨部门的高等院校中去。

以下我们考察那些相对效益为 1 的高等职业院校，通过对有效前沿面上各点规模效益的分析，来确定效益最佳的规模。从图中可知，院校 8 在相对效益为 1 的高职院校中具有最大的“生产能力”，故我们确定这类学校具有效益最佳的规模为：

1、生均教学用房面积是 22.5（平方米）（教学用房面积 \div 在校生总数）。基本符合国家教育部有关“普通高等学校建筑规划面积指标”中的标准。

2、高级职称专任教师数与中、初级职称专任教师数的比为 0.5 左右。符合国家教育部制定的“普通高等学校核定招生规模的办学条件规定要求”。

3、人均年科研经费为 1（万元）（到款科研经费总数；从事教学、科研工作教师数）。这条也基本符合高等职业院校实际情况。

还可以考虑人均固定设备资产数，等等。

我们也可以结合采用说明相对效益与学校科研成果关系图来分析确定具有最佳效益的学校规模。值得一提的是，为说明方法明晰起见，上述对效益评价的指标选取是十分有限的，在实际问题具体操作中可灵活把握。

从以上分析可以看出，DEA 法对规划工作者有很大帮助，可以通过各高等职业院校不同时间段面的数据包络分析，了解各决策单元逐年的发展，考察各单位相对位置的变化。通过同类高等职业院校中所有有效点构成的有效前沿面，结合时间序列分析，就可以预测出有效前沿面的变化趋势。这种预测所得到的是多输入、多输出的极值估计，而不是单输入、单输出的均值变化，通过有效前沿面参数的时序递推估计得到的是分段线性、时变的经验生产函数模型，比用一般预测模型得到的线性、时不变模型更能反映实际情况，这将是进一步的研究目标。

参考文献

- [1]朱佳生. 教育系统工程[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 1989.
- [2]陈玉琨. 教育评估的理论与技术[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1957.
- [3]魏权龄. 评价相对有效性的 DEA 方法——运筹学的新领域[M]. 北京: 中国人民出版社, 1988.

（文见《中国高等教育评估》2009 年第 1 期）

