

# 基于 DEA 的“985 工程”院校科研效率评价

胡庆江,何玮佳,柳 锐

(北京航空航天大学 人文学院,北京 100191)

**摘 要:**选取不同年份的数据,应用数据包络分析方法(DEA),对“985 工程”重点院校的科研数据进行了实证分析和评价,针对非 DEA 有效的高校如何提升科研效率提出了一些改进方向与措施,并就“985 工程”院校的科研工作提出了一些可行性建议。

**关键词:**数据包络分析(DEA);“985 工程”院校;科研绩效

**DOI:**10.3969/j.issn.1001-7348.2011.19.031

**中图分类号:**G640

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7348(2011)19-0135-05

## 0 引言

1998 年 5 月,国家教育部决定在实施“面向 21 世纪教育振兴行动计划”中,重点支持国内部分高校创建世界一流大学和高水平大学,简称“985 工程”。目前,全国共有 39 所高等院校被列入“985 工程”重点建设高校名单,并获得教育部、院校所在省市和所属部委两方或三方的巨额拨款。近年来,“985 工程”院校承担的各类科研项目和科研经费都呈现快速增长态势,但这些高校科研投入的产出效率如何,是一个值得学界关注的重要问题,对于在这些院校系统建立效率优先的科研资源配置机制具有重要的基础作用。因此,正确评价高校的科研绩效,对政府和高校都有着重要的意义。对政府来说,通过正确评价高校的科研绩效,有利于强化政府对高校科研活动的监督,并在此基础上将评价结果与资源配置相结合,使教育资源得到合理的分配。对于高校来说,科研绩效决定其获得资源的能力,高校必须努力提高科研绩效,以获得充足的科研资源投入。这一机制将促使各高校不断提高其科研生产效率,并使有限的教育资源得到优化利用。

高等院校的科研活动是一项多投入(人、财、物)、多产出(论著、发明、获奖成果)的复杂活动,因此对其投入产出效率的评价是一个多因素综合评价系统工程。考虑多因素综合评价的特点和高校科研绩效评价的目标,本文采用数据包络分析(Data Envelopment Analysis,简称 DEA)方法对“985 工程”所属院校的科研投入产出的相对有效性进行评价。

## 1 DEA 模型的选取

DEA 方法是由美国著名运筹学家 A. Charnes 和 W. W. Cooper 等人从“相对效率”概念发展起来的一种非参数的效率评估方法,该方法特别适用于对若干个具有相同属性并具有多输入、多输出结构的决策单元进行相对效率或效益的评价,从而对这些决策单元进行排序。在 1988 年魏权龄教授系统介绍 DEA 方法之后,我国先后有不少关于 DEA 方法理论研究和实证研究的论文问世。

1978 年, A. Charnes 等人提出了第一个 DEA 模型—— $C^R$  模型。该模型假设有  $n$  个 DMU, 每个 DMU 都有  $m$  个类型的输入以及  $s$  种类型的输出,  $x_{ij}$  为第  $j$  个 DMU 第  $i$  种输入的投入量,  $x_{ij} > 0$ ;  $y_{rj}$  为第  $j$  个 DMU 第  $r$  个输出的产出量,  $y_{rj} > 0$ ,  $x_{ij}$  和  $y_{rj}$  都为已知的数据,可以根据历史资料得到,也就是实际观测到的数据。

在具体评价时,由于各输入输出变量的地位与作用不同,因此要赋予每个输入、输出指标恰当的权重,假设  $v_i$  是第  $i$  个输入的一种度量(权),  $u_r$  为第  $r$  个输出的一种度量(权)。

每个决策单元  $DMU_j$  都有相应的效率评价指数:

$$h_j = \frac{u^T y_j}{v^T x_j} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

对上式,就总可以适当地取权系数  $v$  和  $u$ , 使得  $h_j \leq 1$ 。

收稿日期:2011-03-14

作者简介:胡庆江(1971—),男,江西吉安人,博士,北京航空航天大学副教授,研究方向为科技管理、国际贸易。

现在,要对第  $j_0$  ( $1 \leq j_0 \leq n$ ) 个 DMU 进行效率评价。一般来说,  $h_{j_0}$  越大,表明  $DMU_{j_0}$  能够用相对较少的投入而得到相对较多的产出。这样,如果我们要对  $DMU_{j_0}$  进行评价,看  $DMU_{j_0}$  在这  $n$  个 DMU 中相对来说是不是最优的即可,我们可以考察当尽可能地变化权重时,  $h_{j_0}$  的最大值是多少。以第  $j_0$  个决策单元的效率指数为目标,以所有决策单元(包含第  $j_0$  个决策单元)的效率指数为约束,就可以构造出如下  $C^2R$  模型:

$$\begin{aligned} \max h_{j_0} &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}} \\ \text{s. t. } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} &\leq 1, j = 1, 2, \dots, n \\ v &= (v_1, v_2, \dots, v_m)^T \geq 0 \\ u &= (u_1, u_2, \dots, u_s)^T \geq 0 \end{aligned}$$

由于  $v \geq 0$  表示对于  $i$  来说,  $v_i \geq 0$ , 并且至少存在某个  $i_0$  ( $1 \leq i_0 \leq m$ ),  $v_{i_0} > 0$ , 对于  $u \geq 0$  含义相同。

上式是一个分式规划问题,使用 Charnes-Cooper 变化,即令:

$$t = \frac{1}{v^T x_0}, w = tv, \mu = tu$$

分式规划就可以变化成为一个线性规划模型:

$$(P) \begin{cases} \max h_{j_0} = \mu^T y_0 \\ \text{s. t. } W^T x_j - \mu^T y_j \geq 0, j = 1, 3, \dots, n \\ w^T x_0 = 1 \\ w \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases}$$

用线性规划的最优解来定义决策单元的有效性。

不难看出,利用上述模型来评价决策单元  $j_0$  是不是有效是相对于其它所有决策单元而言的。

根据线性规划对偶理论可知,(P)模型在引入松弛变量和剩余变量后的对偶规划模型为:

$$(D) = \begin{cases} \max \theta \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \end{cases}$$

下面给出几条定理与定义,从而为后面的模型应用作准备。

定理 1:线性规划(P)和其对偶规划(D)均存在可行解,所以都存在最优值,假设它们的最优值分别为  $h_{j_0}^*$  与  $\theta^*$ , 则  $h_{j_0}^* = \theta^* \leq 1$ 。

定义 1:若线性规划(P)的最优值  $h_{j_0}^* = 1$ , 则称决策单元  $DMU_{j_0}$  为弱 DEA 有效。

定义 2:若线性规划(P)的解中存在  $w^* > 0, \theta^* >$

0, 并且其最优值  $h_{j_0}^* = 1$ , 则称决策单元  $DMU_{j_0}$  为 DEA 有效( $C^2R$ )。

定理 2 :①  $DMU_{j_0}$  为弱 DEA 有效的充分必要条件是线性规划(D)的最优值  $\theta^* = 1$ ; ②  $DMU_{j_0}$  为 DEA 有效的充分必要条件是线性规划(D)的最优值  $\theta^* = 1$ , 并且对于每个最优解  $\lambda^*, s^{*+}, s^{*-}, \theta^*$ , 都有  $s^{*+} = 0, s^{*-} = 0$ 。

从经济学角度看,我们可以用  $C^2R$  来判定生产活动是否同时技术有效和规模有效。结论如下:

(1)  $\theta^* = 1$ , 且  $s^{*+} = 0, s^{*-} = 0$ , 此时决策单元  $j_0$  为 DEA 有效。决策单元  $j_0$  的生产活动同时为技术有效和规模有效,不存在“超量”投入( $s^-$ )和“亏量”产出( $s^+$ )。

(2)  $\theta^* = 1$ , 但至少有一个输入或输出松弛变量大于零,此时决策单元  $j_0$  为弱 DEA 有效,决策单元  $j_0$  不是同时技术有效和规模有效,此时的经济活动不是同时技术效率最佳和规模效率最佳,表明在某些方面的投入仍有“超量”,某些方面的产出存在“亏量”。

(3) 若  $\theta^* < 1$ , 此时决策单元  $j_0$  为非 DEA 有效,决策单元  $j_0$  的生产活动既不是技术效率最佳,也不是规模效率最佳。

对于非有效的决策单元,可以计算出它在生产可能集上的投影,由此可以进一步得出各个决策单元在投入指标上的可减少量和产出指标上的多产出量。

## 2 科研绩效评价指标选取及数据来源

如前所述,DEA 评价本质上是投入产出效率评价,评价指标必须包括投入指标与产出指标。因此,本文的评价指标也从投入与产出两方面进行设计。考虑到评价所需数据的可得性和权威性,我们选取的评价指标基本对应于《教育部直属高校科技统计资料汇编》中的几个关键指标,如表 1 所示。

表 1 科研效率指标选取

投入指标	科技活动人员数(人)
	拨入经费(元)
产出指标	专著(部)
	学术论文数量(篇)
	鉴定成果数(项)
	技术转让收入(千元)

数据来源方面,本文剔除了一些无法取得数据的学校,选取了“985 工程”所属院校中的 36 所高校作为评价对象(DMU)。为了对这些院校的科研活动作一个动态评价,选取 2001、2003、2006 和 2008 年共 4 年的科研数据,数据全部来源于教育部科学技术司主编的各对应年份《高等学校科技统计资料汇编》。

选用 DEAP Version 2.1 软件进行数据计算。运算结果直接可以读出每个 DMU 的技术效率(vrste)、规模效率(scale)以及综合效率(crste, 综合效率=技术效率×规模效率)的数值,还可以详细列出各评价单元的投

影结果,即各投入产出变量原始值、理想目标值以及投入产出的不足量与冗余量,从而得出决策单元从非 DEA 有效到 DEA 有效的改进方向。比如,如果投入因素是决策单元可控的,产出因素是不可控的,就可以考虑投入是否能减少;如果产出是决策单元可控的,而投入因素不可控,就可以考虑产出是否能增加。另外,如果决策单元的技术效率为 1,而规模效率小于 1,说明就决策单元本身的技术效率而言,没有投入需要减少,也没有产出需要增加,决策单元的综合效率没有达到有效,是因为其规模和投入、产出不相匹配,需要增加或缩小规模。

### 3 结果分析

#### 3.1 评价结果

我们利用 DEAP2.1 软件,采用 Input orientated 计算分析,得到“985 工程”36 所高校科研状况的综合效率、技术效率和规模效率,结果见表 2。

表 2 “985 工程”所属院校科研效率整体结果

学校	综合效率	技术效率	规模效率	规模阶段
清华大学	1.000	1.000	1.000	不变
浙江大学	0.590	1.000	0.590	递减
上海交通大学	0.750	0.776	0.967	递减
复旦大学	0.528	0.617	0.856	递减
北京大学	1.000	1.000	1.000	不变
华中科技大学	1.000	1.000	1.000	不变
四川大学	0.533	0.539	0.990	递减
中山大学	0.697	0.768	0.907	递增
东南大学	0.746	0.748	0.997	递增
同济大学	0.525	1.000	0.525	递减
吉林大学	0.578	0.711	0.813	递减
武汉大学	0.931	1.000	0.931	递减
天津大学	0.643	0.681	0.945	递增
西安交通大学	0.691	0.703	0.984	递减
大连理工大学	0.410	0.436	0.941	递增
华南理工大学	0.589	0.607	0.970	递增
山东大学	1.000	1.000	1.000	不变
中国农业大学	0.535	0.653	0.820	递增
湖南大学	0.489	0.631	0.775	递增
重庆大学	0.520	0.527	0.986	递减
南京大学	0.707	0.717	0.986	递减
电子科技大学	1.000	1.000	1.000	不变
西北农林科技大学	0.738	0.801	0.921	递增
南开大学	1.000	1.000	1.000	不变
厦门大学	1.000	1.000	1.000	不变
华东师范大学	0.643	1.000	0.643	递增
中国海洋大学	1.000	1.000	1.000	不变
北京师范大学	1.000	1.000	1.000	不变
兰州大学	1.000	1.000	1.000	不变
东北大学	0.285	0.349	0.817	递增
北京航空航天大学	0.882	1.000	0.882	递增
北京理工大学	0.446	0.459	0.973	递增
哈尔滨工业大学	0.518	0.578	0.897	递减
西北工业大学	0.237	0.282	0.841	递增
中国科学技术大学	0.276	0.303	0.913	递增
中南大学	0.649	0.658	0.987	递减
均值	0.698	0.765	0.913	

如表 2 所示,“985 工程”所属院校的综合效率为 0.698,分解的两部分,技术效率和规模效率的平均值

也都小于 1,分别为 0.765 和 0.913。由于 DEA 衡量出来的是相对效率(有效性),是处于 DEA 前沿面的内部标杆衡量出来的效率。因此,导致这种整体均值非效率在技术层面上有两种可能的原因:①“985 工程”所属院校在 2001、2003、2006、2008 年几年中,多数学校处于 DEA 非有效状态,导致整体科研效率不高;②“985 工程”所属院校间的科研水平差距较大,处于前沿面上的高校科研效率与处于前沿面下的高校科研效率相差甚远,从而导致整体相对效率均值偏小。

从各高校综合效率来看,DEA 有效高校为 10 个,占总数的 27.8%,即“985 工程”所属院校中的 10 所高校科研的投入产出规模为全部 36 所高校中相对最优的,处于前沿面上(如表 3 所示);其它学校与它们相比得到相对非有效值,这些学校的数量为 26 个。

表 3 DEA 有效高校汇总

学校	综合效率	技术效率	规模效率	规模阶段
清华大学	1	1	1	不变
北京大学	1	1	1	不变
华中科技大学	1	1	1	不变
山东大学	1	1	1	不变
电子科技大学	1	1	1	不变
南开大学	1	1	1	不变
厦门大学	1	1	1	不变
中国海洋大学	1	1	1	不变
北京师范大学	1	1	1	不变
兰州大学	1	1	1	不变

从技术分解的结果来看,在 26 所非 DEA 有效的学校中,纯技术有效的学校有 5 所,占“985 工程”所属院校总数的 13.9%(如表 4 所示)。这些学校只是由于规模非有效而导致了科研的综合非有效。对于这 5 所学校,科研效率的提高需要关注的是其科研规模,而不是其对投入技术性的利用效率。科研规模效率的提高要采取的是扩大规模还是缩减规模,应该结合其所处的规模阶段来考虑。对于武汉大学、浙江大学和同济大学而言,这 3 所学校处于规模报酬递减阶段,应该缩小其科研投入规模;而对于北京航空航天大学和华东师范大学而言,这两所学校处于规模报酬递增阶段,应该相应地加大投入规模。

表 4 “985 工程”所属高校科研技术有效而规模非有效学校汇总

学校	综合效率	技术效率	规模效率	规模阶段
武汉大学	0.931	1.000	0.931	递减
北京航空航天大学	0.882	1.000	0.882	递增
华东师范大学	0.643	1.000	0.643	递增
浙江大学	0.590	1.000	0.590	递减
同济大学	0.525	1.000	0.525	递减

表 3 和表 4 以外的 DEA 非效率的高校,则是由于技术非效率和规模非效率两个方面原因共同导致的。这意味着,这些学校需要在两个方面都采取相应的措施来提高科研效率。如前所述,规模效率的提高依赖于学校所处的规模阶段的动态变化,而技术效率的提高则主要侧重于人员和资金冗余量的改进。冗余量

(slacks)在投入时可称为投入冗余,对应的产出则称为产出不足。这是DEA效率分析后依据前沿面的标杆计算出来的非效率地区应该减少的投入量和应该增加的产出量的值,可为实际建议提供参考标准。表5则是通过DEAP软件计算出来的各参评高校的投入冗余

量与产出不足量,列出了非DEA有效的高校科研投入产出效率值以及各评价指标要达到DEA最优所需增加或减少的数量(即指标期望值减去指标现值)。根据这一结果,就可以具体找到各非DEA有效高校提高科研投入产出效率的方向与力度。

表5 技术效率小于1且非DEA有效高校的产出不足量和投入冗余量

学校名称	产出不足量				投入冗余量	
	专著(部)	学术论文数量(篇)	鉴定成果数(项)	技术转让收入(千元)	科技活动人员数(人)	拨入经费(元)
上海交通大学	38.094	82.281	0.000	0.000	550.898	113 112.512
复旦大学	36.706	0.000	0.000	198.200	753.115	81 769.292
四川大学	0.000	0.000	3.104	0.000	1 069.669	55 375.913
中山大学	0.000	0.000	13.646	0.000	245.104	20 568.588
东南大学	0.000	0.000	0.000	0.000	593.953	49 574.180
吉林大学	28.254	0.000	0.000	0.000	2 715.168	43 237.294
天津大学	0.000	0.000	7.171	0.000	741.453	100 471.187
西安交通大学	27.313	0.000	9.438	0.000	619.883	66 660.040
大连理工大学	0.000	0.000	0.000	893.143	986.161	89 203.573
华南理工大学	0.000	0.000	0.000	0.000	572.226	57 383.775
中国农业大学	0.000	0.000	23.453	0.000	499.203	47 952.312
湖南大学	1.946	0.000	19.051	917.495	391.648	29 967.892
重庆大学	12.570	0.000	0.000	0.000	1 155.951	57 426.886
南京大学	13.957	0.000	4.353	0.000	371.653	36 421.402
西北农林科技大学	0.000	0.000	9.868	4 147.796	356.488	13 005.659
东北大学	0.000	0.000	30.363	884.504	921.538	180 936.694
北京理工大学	0.000	0.000	0.000	1 472.123	794.338	115 795.924
哈尔滨工业大学	42.819	0.000	0.000	0.000	1 155.562	128 342.580
西北工业大学	3.695	0.000	26.174	1 184.569	1 193.147	192 996.882
中国科技大学	1.119	0.000	7.386	0.000	1 501.904	151 888.218
中南大学	18.951	0.000	8.208	0.000	587.265	74 327.570

从表5来看,“985工程”所属院校技术效率小于1的非DEA有效的21所院校都存在投入冗余状况,占总数的58.3%;其中既存在投入冗余,又存在产出不足的院校有19所,占全部总数的52.8%,只存在投入冗余而非产出不足的有2所,占全部总数的5.6%。

对于这21所院校科研效率的改进,应该结合其所处的规模阶段加以分析。对于处于规模报酬递减阶段的学校来说,例如吉林大学,其技术效率为0.711,属于偏低水平,其两项投入指标的投入冗余量分别为2 715.168和3 237.294。因此,吉林大学在科研活动人员数上需要缩减2 717.168个单位,在拨入经费上需要缩减3 237.294个单位,而该校专著产出需要增加28.254个单位,其它产出不变。同时,吉林大学处于规模效率递减阶段。因此,该校需要通过压缩科研规模来提高科研规模效率,从而使该校的科研综合效率进一步提高。对于规模报酬递增的学校来说,例如大连理工大学,其技术效率为0.436,远远低于平均水平,其两项投入指标的投入冗余量分别为986.161和89 203.573。因此,大连理工大学在科研活动人员数上需要缩减986.161个单位,在拨入经费上需要缩减89 203.573个单位,而该校技术转让收入需要增加839.142个单位,其它产出不变。同时,大连理工大学处于规模效率递增阶段。因此,该校应该在缩小人员

及经费投入规模的同时,调节投入方向,从而达到DEA有效,使资源利用的高效率成为现实,进而使该校的科研综合效率进一步提高。

### 3.2 导致“985”工程院校科研非DEA有效的原因

综上所述,“985工程”所属院校中有很大一部分学校科研效率偏低,原因可能是:

(1)高校科研工作中重立项轻产出的现象依然严重。从实证结果可看出,大部分非DEA有效的高校科研产出严重不足,造成这个问题的主要原因之一是高校科研工作关注的重心与科研效率评价之间存在矛盾。比如高校在考核教师科研业绩时,往往把科研立项数归为成果指标,更看重科研立项数和经费数,这就难以根本扭转教师重立项轻产出的倾向。

目前,国内各高校科研主管领导与科研人员都很重视调动各种资源去争取课题,而不太重视课题立项后的管理与考核评价,科研成果产出基本上取决于科研人员的自我行动。加上目前国内科研项目验收标准偏低,学术风气浮躁,因此较难产出真正有创新价值的科研成果。这就导致部分高校科研立项与经费很多,但科研产出却相对较少。

(2)部分高校科研人员总数偏大。一方面许多院校将科研服务人员也统计在科研人员总数中,造成科

研人员数量虚高,导致投入多、产出少,科研效率总体偏低。另一方面,由于历史的原因和一些高校大规模合并,部分高校科研活动人员基数较大,而人均产出较少,这样也导致了科研人员投入与科研产出严重失衡,科研综合效率得分偏低。

(3)部分高校规模效率偏低,从而导致科研综合效率较低。一些学校存在规模无效率,必须扩大科研规模;而另一些学校科研实力不强,科研人员所占比重过大、科研投入过多的问题并存。其中一部分高校处于规模效率递增区间,科研规模没有最优化。因此,对于这部分高校来说,由于短期对科研人员数量的调整相对比较困难,因此可考虑进一步扩大科研整体规模,增加经费投入。

(4)高校科研管理水平较低。科研投入与产出同科研管理水平有直接关系,很多高校粗放式的科研管理没有真正起到调动科研人员积极性和潜能的作用。事实上,高校科研管理部门完全可以通过发挥自己在项目申报前与申请后的主观能动性来进一步扩大科研产出。比如,在项目申报前的学科建设和科研平台建设、科研团队组建与优化、科研资源整合与配置方面,科研管理部门完全可以发挥自身的优势去做强做好,增强本校整体科研竞争力。在项目结题验收后,科研

管理部门可以在成果报奖、成果推广应用、技术转让与产业化方面发挥其优势。此外,科研管理部门还可以通过营造良好的科研环境以及出台相关科研激励政策,激励科研人员多出高水平的科研成果,彻底摆脱科研水平偏低的局面。

#### 参考文献:

- [1] 田东平.我国重点高校科研效率的 DEA 分析[J].科技管理研究,2005(8).
- [2] 魏权龄.评价相对有效性的 DEA 方法:运筹学的新领域[M].北京:中国人民大学出版社,1988.
- [3] 李清彬,任子雄.中国省际高校科研效率的经验研究[J].陕西财经大学学报:高等教育版,2009(3).
- [4] 中华人民共和国教育部科学技术司.2001 年高等学校科技统计资料汇编[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [5] 中华人民共和国教育部科学技术司.2003 年高等学校科技统计资料汇编[M].北京:高等教育出版社,2003.
- [6] 中华人民共和国教育部科学技术司.2006 年高等学校科技统计资料汇编[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [7] 中华人民共和国教育部科学技术司.2008 年高等学校科技统计资料汇编[M].北京:高等教育出版社,2008.

(责任编辑:高建平)

## Evaluation of Scientific Research Efficiency of "985 program" Universities Based on DEA

Hu Qingjiang, He Weijia, Liurui

(College of Humanities, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

**Abstract:** This paper made an empirical evaluation on the scientific research efficiency of "985 Program" Universities based on DEA model, it also discussed overall input and output efficiency of these universities and their orientation and measure of improving scientific research efficiency, it will be of help and reference for the management of scientific research at "985 program" Universities.

**Key Words:** DEA; "985 Program" Universities; Scientific Research Efficiency