

测算高校 R&D 综合实力的二次相对评价方法^①

毕克新¹, 吴勃英², 马英浚²

(1. 哈尔滨理工大学科学学与科技管理研究所, 哈尔滨 150080; 2. 哈尔滨工业大学理学院, 哈尔滨 150001)

摘要: 对于提高高校 R&D 综合实力有效努力程度的评估比对高校 R&D 综合实力本身的评估更为重要. 本文提供了可以消除各高校客观条件的影响, 能够真正体现高校在提高 R&D 综合实力主观努力程度的二次相对评价方法.

关键词: 高校; R&D 综合实力; 二次相对评价

中图分类号: N94

文献标识码: A

文章编号: 1007-9807(2000)03-0089-06

0 引言

定量地测算各高校 R&D(研究与发展)综合实力, 有利于各高校寻找差距、挖掘潜力、调动广大科技人员积极性, 增强科技创新能力. 目前, 我国已有的测算各高校 R&D 综合实力的方法大都采用美国著名运筹学家 Saaty 提出的层次分析法(AHP)^[1]. 它是一种比较科学合理、简单易行的反映各高校 R&D 综合实力的方法, 但是由它测算得到的评价结果含有客观基础条件的因素. 因此, 这种方法难以反映各高校在提高 R&D 综合实力中的主观努力程度, 评估结果产生的激励作用是有限的.

建立高校 R&D 综合实力评价体系, 除考虑有关的各个评价指标外, 还必须考虑各学校所处的客观基础条件的差别, 这样才能真实地反映各高校的主观努力程度, 真正做到对不同高校都有激励作用, 基础条件好的高校不能高枕无忧, 基础条件差的高校也不会感到追赶无望. 本文将测算企业经济效益的二次相对效益^[2]思想移植到测算高校 R&D 综合实力中来, 就是把用层次分析法测算得到的以往各高校 R&D 综合实力的结果作为各高校基础条件的一种度量, 并将它看作为一种输入, 而将相应的用层次分析法测算得到的

当前的结果看作为一种输出, 以此作为输入输出的要素, 再用美国著名运筹学家 A. Charnes, W. W. Cooper 80年代提出的数据包络分析(DEA)方法中的 C²GS²模型^[3]测算出各评价单元之间相对的评价结果. 这种相对的评价结果可以消除各高校客观基础条件优劣造成的影响, 真正体现各高校的主观努力程度. 可称这种评价方法为二次相对评价方法. 用二次相对评价方法对各高校 R&D 综合实力进行评价, 可以使不同基础条件的高校都受到激励.

本文采用上述二次相对评价方法对国家教委所属30所高校1994年—1997年 R&D 综合实力进行了评估.

1 高校 R&D 综合实力评价分析的指标体系

用二次相对评价方法进行高校 R&D 综合实力评估是分两个阶段进行的. 首先用层次分析法测算出各高校 R&D 综合实力以往和当前的综合指数^[4,5], 分别称它们为参考指数和当前指数. 然后分别将它们视作为输入和输出, 用数据包络分析方法测算出它们的二次相对评价. 在使用层次分析法测算各高校 R&D 综合实力的综合指数

① 收稿日期: 2000-2-14; 修订日期: 2000-04-14.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(79870038)和黑龙江省自然科学基金资助项目(G9609).

作者简介: 毕克新(1961-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 哈尔滨理工大学科学学与科技管理研究所副研究员, 哈尔滨工业大学管理学院在职博士生.

时,要建立高校 R&D 综合实力评价分析的指标体系.本文首先给出选择指标的原则,指标体系的建立及权参数的选定.

1.1 选择指标的原则

选择指标的原则是所有指标及其数据都必须公开资源且满足以下条件^[6,7]:

(1)所有指标及其数据都必须由中国国家机关或国际公认的研究机构公开发布,或在中国国家机关主办的信息中心可以公开检索;

(2)指标数据必须覆盖要测算的全部高校;

(3)指标数据的发布必须连续和稳定.

1.2 选择指标数据源

按照上述原则,本评价选择的数据源为国家教委科技司编写,中国统计出版社出版的《1994年全国高等学校科技统计资料汇编》——《1998年全国高等学校科技统计资料汇编》^[8-12].

1.3 建立指标体系与选定权参数

为了评价高等学校 R&D 综合实力,依照上述数据源的具体情况和系统工程原理,本评价系统建立以下指标体系.由文[1]中层次分析法原理,确定出的各指标权参数见表1.

表1 高校 R&D 综合实力二次相对评价指标体系与权重分配

目标	一级指标	二级指标	三级指标	最终权数	
高校 R & D 综合实力	投入 R&D 全时人员	教师人数	教授人数	0.018 7	
			副教授人数	0.012 4	
			讲师人数	0.005 6	
			助教人数	0.003 6	
			其它人数	0.001 7	
		其他技术职称系列人数	高级职称人数	0.013 4	
			中级职称人数	0.005 4	
			初级职称人数	0.002 2	
			R&D 经费		0.063 0
			课题数	R&D 课题数	基础研究课题数
	应用研究课题数	0.011 3			
	试验发展课题数	0.006 4			
	科技服务课题数	R&D 成果应用课题数		0.011 8	
		其他科技服务课题数		0.003 9	
		科技成果		论文(篇)	国际刊物
	全国性刊物		0.008 5		
	地方性刊物		0.002 7		
	专 著(部)			0.001 1	
	鉴定成果(项)		国际水平	0.019 3	
			国内首创	0.011 7	
			国内先进	0.005 8	
			其 它	0.002 9	
			专利授权(项)	发明专利	0.024 8
	实用新型专利			0.009 5	
	外观设计专利	0.005 4			
	国际科技交流	出席国际会议人数		0.055 3	
		出席国内国际会议人数		0.033 5	
进修访问学者人数			0.016 8		
派遣研究生人数			0.008 4		
科技奖励(项)	国家级奖		0.219 3		
	省部级奖		0.125 8		
	地市级奖		0.047 9		
技术转让收入			0.114 0		

2 高校 R&D 综合实力的二次相对评价方法

为了寻找一种可以消除各高校客观基础条件优劣的影响,真实地反映各高校由于主观努力使得 R&D 综合实力提高的评价方法,需要解决两个问题:一是基础条件不同的每个高校应该有不同参考标准,就像弯道短跑比赛时需要考虑运动员有不同的起点一样,需要考虑这种参数指标如何确定;二是给出确定每个高校 R&D 综合实力管理有效性的具体测算方法。

2.1 参考指数、当前指数、指数状态可能集

用层次分析法测算得到的以往各高校 R&D 综合实力的指数在一定程度上反映了它们基础条件的不同,因而可以把它作为一种衡量不同高校基础条件的参考标准,我们称它为参考指数。

用层次分析法同样也可以测算得到当前各高校 R&D 综合实力的指数,我们称它为当前指数。如前所述,用当前指数作为不同高校的评价方法不尽合理,需要在动态变化中探索新的评价方法。为此,先引入指数状态及指数状态可能集的概念。

设 x_j 是第 j 个高校的参考指数, y_j 是该高校在当前指数,其中 $x_j \in E_1, y_j \in E_1$,称数组 (x_j, y_j) 为第 j 个高校的指数状态。

设观察到各高校的指数状态为 $(x_j, y_j), j = 0, 1, 2, \dots, n$, 称

$$T = \{(x, y) \mid \sum_{j=0}^n \lambda_j x_j \leq x, \sum_{j=0}^n \lambda_j y_j \geq y, \sum_{j=0}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j = 0, 1, 2, \dots, n\}$$

为由上述指数状态 $(x_j, y_j), j = 0, 1, 2, \dots, n$, 组成的指数状态可能集,其中 $(x_0, y_0) = (0, 0)$ 。

指数状态可能集 T 显然是凸集,即如果 $(x', y') \in T, (x'', y'') \in T$, 则 $\lambda x' + (1 - \lambda)x'', \lambda y' + (1 - \lambda)y'' \in T$, 其中 $0 \leq \lambda \leq 1$ 。

建立以下的 DEA 模型

$$\begin{aligned} \max Z \\ \text{s. t. } \sum_{j=0}^n \lambda_j x_j \leq x_0 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{j=0}^n \lambda_j y_j \geq Z y_0$$

$$\sum_{j=0}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j = 0, 1, 2, \dots, n$$

如果上述线性规则(1)的最优值 $Z^0 = 1$, 则称该高校处在指数状态可能集 T 的前沿面上。一般地,若 Z^0 是线性规划(1)的最优值,令 $\bar{x}_{j_0} = x_{j_0}, \bar{y}_{j_0} = Z^0 y_{j_0}$, 不难看出 $(\bar{x}_{j_0}, \bar{y}_{j_0})$ 处在指数状态可能集的前沿面上,称 $(\bar{x}_{j_0}, \bar{y}_{j_0})$ 为第 j_0 个高校的指数状态 (x_{j_0}, y_{j_0}) 在指数状态可能集 T 前沿上的投影。

图1的阴影部分表示指数状态可能集 T , 图1中第1个高校的指数状态 (x_1, y_1) 处在指数状态可能集 T 的前沿面上(此时 $Z^0 = 1$), 第2个高校的指数状态 (x_2, y_2) , 不在指数状态可能集 T 的前沿面上(此时 $Z^0 > 1$), (\bar{x}_2, \bar{y}_2) 是指数状态 (x_2, y_2) 在指数状态可能集 T 前沿面上的投影。

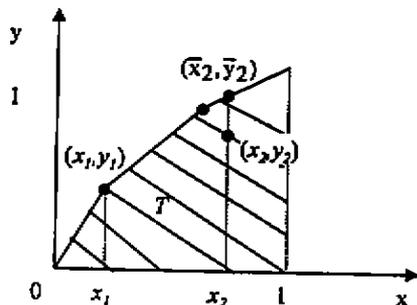


图1 指数状态可能集示意图

2.2 二次相对评价方法

建立了指数状态可能集的概念之后,就可以建立每个高校 R&D 综合实力二次相对评价方法的模型了。

设 Z^0 是(1)线性规划的最优值,称

$$\eta = 1/Z^0 \times 100\% \quad (2)$$

为第 j_0 个高校的二次相对评价价值。

解释如下:图1中第2个高校的指数状态 (x_2, y_2) 不在指数状态可能集 T 的前沿面(此时 $Z^0 > 1$), \bar{y}_2 表示在参考指数 x_2 不变的情况下,第2个高校的指数状态可能集 T 中可以达到的最大当前指数。二次相对评价价值表示每个高校在当前指数在同样参考条件下可达到的最大当前指数中所占的百分比。

由(2)得

$$\eta = y_2/\bar{y}_2 \times 100\% = 1/Z^0 \times 100\% \quad (3)$$

注:当两个高校的参考指数不同而当前指数均等于1时,按照(2)计算它们的二次相对评价价值

时会出现相同的值.这显然是不合理的,因为参考指数较低评价单元达到同样的当前指数需要付出更大的代价.这时反映在指数状态可能集的前沿面上出现“持平”的现象,见图2中的A与B.为了避免这种情况的出现,可在表示参考指数的x轴较大的地方设置一个虚拟的评价单元,使指数状态可能集的前沿面向上略有倾斜.该虚拟评价单元 (x_{n+1}, y_{n+1}) 可按如下方法选取.

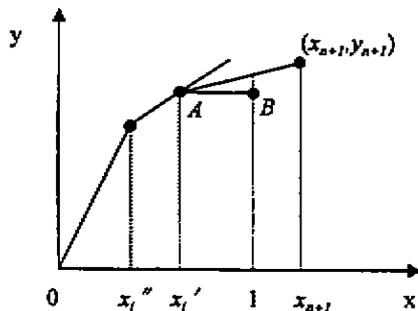


图2 虚拟评价单元设置示意图

先假定通过线性规划(1)计算得 $Z=1$ 的评价单元的下标集为 I ,取

$$x_i' = \min\{x_k | k \in I, y_k = 1\}$$

$$x_i'' = \max\{x_k | k \in I, y_k \neq 1\}$$

令 $x_{n+1} = 1 + (x_i' - x_i'')$

$$y_{n+1} = \alpha \left[\frac{(y_i' - y_i'')}{(x_i' - x_i'')} \right] (x_{n+1} - x_i') + y_i'$$

$$0 < \alpha < 1$$

虚拟评价单元 (x_{n+1}, y_{n+1}) 的示意图见图2,通常 α 值可取二分之一.

3 1994年—1997年国家教委所属院校R&D综合实力二次相对评价方法的测算结果

我们运用上述给出的二次相对评价方法对1994年国家教委所属30所高校R&D综合实力进行了测算评价,测算结果见表2,采用同样方法对1995年—1997年国家教委所属30所高校R&D综合实力也进行了测算评价,限于文章篇幅,只将二次相对评价排名结果列于表3中.

结果分析:对于参考指数较高的高校,如果它们的当前指数仍很高,那么二次相对评价价值就比较高,如清华大学;对于参考指数较低的高校,如

果它们的当前指数有较大的提高,那么它们的二次相对评价价值也比较高,如:1996年的东北师范大学,1997年的青岛海洋大学、山东大学;华东师范大学和华中师范大学1995年的当前指数相差无几,但由于华中师范大学的参考指数比华东师范大学的参考指数低,因而华中师范大学是第四名,而华东师范大学却是第二十八名;对于参考指数比较高的学校,如果它们的当前指数降低,那么它的二次相对评价价值就比较低,如1995年的东南大学、西安交通大学;西南师范大学、陕西师范大学等学校名次靠后是因为它们的参考指数较低,当前指数又有所降低.

综上所述,二次相对评价价值较高的学校可分为下面两种情况:一种情况是参考指数与当前指数均比较高的学校,如清华大学、北京大学、浙江大学等学校;另一种情况是参考指数比较低而当前指数有比较大的提高,如1997年的山东大学、青岛海洋大学等学校.二次相对评价价值较低的学校也可分为下面两种情况:一种情况是当前指数下降幅度较大的学校,如1997年的厦门大学;另一种情况是参考指数比较低,而当前指数也比较低的学校,如西南师范大学、陕西师范大学等.

计算结果表明,把参考指数作为各高校R&D综合实力参考标准,用二次相对评价价值作为各高校R&D综合实力的指标是比较合适的,能够消除由于客观基础条件的优劣而造成的对评价高校R&D综合实力管理有效性的不公正,从而真正体现由于人们主观努力而产生的效果.另外,持续采用二次相对评价方法对各高校的R&D综合实力进行测算,可使所有的高校R&D综合实力处在不进则退的状态中,对所有高校都有激励作用.

表2 1994年30所高校R&D综合实力二次相对评价及排序

评价单元	参考指数	当前指数	二次相对评价	名次
北京大学	0.448 1	0.516 3	0.848 9	6
清华大学	0.955 2	0.897 1	1.000 0	1
北京师范大学	0.160 5	0.147 6	0.479 0	27
南开大学	0.237 1	0.218 4	0.356 6	24
天津大学	0.478 6	0.398 1	0.636 3	22
大连理工大学	0.336 4	0.407 2	0.811 8	11
吉林大学	0.235 9	0.275 0	0.703 2	17
东北师范大学	0.079 0	0.123 0	0.694 1	20

续表2

评价单元	参考指数	当前指数	二次相对评价	名次
复旦大学	0.206 0	0.293 1	0.826 9	9
同济大学	0.305 0	0.363 9	0.779 1	15
上海交通大学	0.415 4	0.413 4	0.702 5	18
华东理工大学	0.226 7	0.306 1	0.803 5	12
华东师范大学	0.187 9	0.166 0	0.490 7	26
南京大学	0.311 4	0.473 0	0.997 7	2
东南大学	0.448 2	0.529 0	0.869 7	5
浙江大学	0.558 7	0.528 1	0.786 8	14
厦门大学	0.081 0	0.150 8	0.829 9	8
山东大学	0.231 3	0.368 1	0.953 6	3
青岛海洋大学	0.115 1	0.258 2	1.000 0	1
武汉大学	0.185 2	0.277 0	0.826 1	10
华中理工大学	0.485 3	0.463 7	0.736 7	16
华中师范大学	0.082 1	0.102 0	0.553 8	25
中山大学	0.231 9	0.323 1	0.835 6	7
华南理工大学	0.237 8	0.357 0	0.908 0	4
四川联合大学	0.484 8	0.438 1	0.696 4	19
重庆大学	0.401 1	0.387 4	0.676 4	21
西南师范大学	0.046 9	0.061 1	0.580 7	23
西安交通大学	0.417 5	0.590 8	1.000 0	1
陕西师范大学	0.065 7	0.062 4	0.423 4	28
兰州大学	0.123 2	0.210 5	0.788 1	13

续表3

评价单元	名次(95)	名次(96)	名次(97)
同济大学	8	7	8
上海交通大学	7	4	10
华东理工大学	17	15	21
华东师范大学	28	13	26
南京大学	9	20	7
东南大学	23	12	12
浙江大学	3	9	1
厦门大学	22	2	27
山东大学	30	19	1
青岛海洋大学	29	27	1
武汉大学	13	24	17
华中理工大学	11	3	4
华中师范大学	4	26	19
中山大学	25	16	11
华南理工大学	24	18	6
四川联合大学	21	10	9
重庆大学	26	14	18
西南师范大学	10	28	22
西安交通大学	18	5	3
陕西师范大学	19	21	13
兰州大学	15	8	23

表3 1995—1997年30所高校 R&D 综合实力
二次相对评价的排序

评价单元	名次(95)	名次(96)	名次(97)
北京大学	14	6	5
清华大学	1	1	1
北京师范大学	16	11	20
南开大学	5	17	14
天津大学	2	25	2
大连理工大学	12	23	16
吉林大学	20	22	24
东北师范大学	27	1	25
复旦大学	6	1	15

4 结束语

高校 R&D 综合实力可以通过建立评价指标体系以及层次分析法予以描述,但是这种测算方法得到的结果含有客观基础条件的因素,因此它难以反映人们为提高高校 R&D 综合实力有效努力的程度,从而评估的结果产生的激励作用是有限的,只有在动态的环境下才能描述提高高校 R&D 综合实力有效努力程度.为此,本文建立了有关高校 R&D 综合实力的参考指数、当前指数、指数状态可能集的概念,并在此基础上建立了消除评价单元客观基础条件的优劣影响,能够真正反映人们通过主观努力而产生的效果方法,它作

为不同高校 R&D 综合实力的一种评价方法是比较公正的,具有可比性。

持续采用二次相对评价方法作为提高高校 R&D 综合实力有效努力程度的评估标准,可使所有高校都明显地处在不进则退的状态中,基础条

件好的高校不能高枕无忧,基础条件差的高校也不会感到追赶无望,因为只要高校 R&D 综合实力增长幅度大也会得到较高的评估结果。这种二次相对评价方法对所有的高校都有激励作用。本文不足之处恳请批评指正。

参 考 文 献:

- [1] Saaty T L. The analytic hierarchy process[M]. McGraw-Hill International Book Company. 1980
- [2] 冯英波,李成红. 二次相对效益——衡量企业经济效益的一种新指标[J]. 中国软科学. 1995,7:31-37
- [3] Charnes A, Cooper W W, Golany B, Seiford L, Stutz J. Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions[J]. Journal of Econometrics 1985,30:91-107
- [4] 陈晓剑,梁 梁. 系统评价方法及应用[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1993
- [5] 国家教委科技司编. 高等学校科技统计指南[M]. 北京:科学出版社,1994
- [6] 武书连,吕 嘉,郭石林. 中国大学研究与发展成果评价[J]. 科学学与科学技术管理. 1997,7:49-70
- [7] 刘文达,刘已红,李学志. 对改进大学科技统计内容的探讨——兼对《中国大学研究与发展成果评价》指标体系的提出[J]. 科学学与科学技术管理. 1998,1:40-42
- [8] 中华人民共和国国家教育委员会科技司编. 1994年高等学校科技统计资料汇编[M]. 北京:中国统计出版社,1994
- [9] 中华人民共和国国家教育委员会科技司编. 1995年高等学校科技统计资料汇编[M]. 北京:中国统计出版社,1995
- [10] 中华人民共和国国家教育委员会科技司编. 1996年高等学校科技统计资料汇编[M]. 北京:中国统计出版社,1996
- [11] 中华人民共和国国家教育委员会科技司编. 1997年高等学校科技统计资料汇编[M]. 北京:中国统计出版社,1997
- [12] 中华人民共和国国家教育委员会科技司编. 1998年高等学校科技统计资料汇编[M]. 北京:中国统计出版社,1998

The binary relative evaluation method of measuring the R&D comprehensive strength of high college

BI Ke-xin¹, WU Bo-ying², FENG Ying-jun²

1. Science of Science and Science & Technology Management Institute, HUST, Harbin 150080, China;

2. Department of Management Science, HIT, Harbin 150001, China

Abstract: Evaluating the extent of efficient effort to enhance the R&D comprehensive strength of High College is more important than evaluating the R&D comprehensive strength of High College itself. The binary relative evaluation method, which can eliminate the effect from the objective situation of High College and really represent the extent of subjective effort when to enhance the R&D comprehensive strength of High College, is put forward in this article.

Key words: high college; the R&D comprehensive strength; the binary relative evaluation method