

基于DEA的科研机构科技资源配置效率评价

杨洪涛

(华东理工大学 商学院,上海 200237)

摘 要:将DEA(数据包络分析)应用于科研机构的科技资源配置效率评价,建立了评价指标体系。以上海市人文社会科学科研机构为例,对该方法的应用进行了实证研究。用 C^2R 模型和 C^2GS^2 模型分别对上海市社会人文科学类科研机构科技资源配置的综合效率和技术效率进行了评价,得出如下结论:大部分社会人文科学类科研机构的科技资源配置效率总体水平较高,个别机构配置效率低下;绝大多数社会人文科学科研机构科技资源配置为技术有效,规模是造成科技资源配置非DEA有效的主要原因;科技投入不足问题值得引起重视。

关键词:科技资源配置;数据包络分析;科研机构

中图分类号:G322.2

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)04-0115-04

0 引言

目前,国内学者采用了多种方法对科技资源配置效率进行评价^[1]。大多数评价方法只注重结果的排序,而对于排序结果原因的分析较少^[2]。由美国著名运筹学家 A. Charnes 和 W.W.Cooper^[3]等人于 1978 提出的 DEA 方法(数据包络分析)却可以克服上述缺陷,通过 DEA 评价可以得到很多其它的信息,充分利用这些信息可获得对评价对象进行指导的决策意见。另外,DEA 方法又可以解决科技投入产出指标多样化、难以同质化、难以用统一标准衡量的问题^[4],特别适合科研机构这种多参量投入和多参量产出系统的相对有效性评价。DEA 已经在国内外科研效率评价方面得到了广泛的应用^[2,5-8]。因此,本文选择 DEA 方法对科研机构的科技资源配置效率进行评价。

1 DEA模型

在用 DEA 进行相对有效性评价时,使用得最多的是 C^2R 和 C^2GS^2 模型^[9]。 C^2R 模型建立在总体有效概念的基础上,综合反映了评价对象的技术有效性和规模有效性。而 C^2GS^2 模型只评价决策单元技术效率是否最佳,不考虑其规模是否有效^[10]。“技术有效”是指评价对象的知识创新与硬件环境、科研与财政管理制度、激励机制、成果转化制度等能够保证投入的科技资源充分发挥出生产潜力。规模有效则是指评价对象科技投入的规模,既不偏小,也不偏大,处于规模收益不变的最佳状态。在实际决策中,决策者希

望技术和规模这两种有效性可以分离,以便针对不同的原因采取相应的策略。因此,用 C^2R 和 C^2GS^2 两种模型进行评价,分别得出综合效率值和技术效率值。再用 C^2R 模型判断规模效率,这样就可以知道造成非 DEA 有效的原因(如无特别说明,本文所说“有效”和“非有效”均指在 C^2R 模型下的有效性)。

1.1 C^2R 模型

假设有 n 个部门或单位(称为决策单元, Decision Making Units, DMU),这 n 个决策单元都是具有可比性的。每个决策单元都有 m 种类型的输入(表示该决策单元对“资源”的耗费),以及 s 种类型的“输出”(它们是决策单元在消耗了“资源”后,表明“成效”的一些指标)。

为了计算简便,引进非阿基米德无穷小的概念。具有非阿基米德无穷小的 C^2R 模型为:

$$(D_e) \begin{cases} \min[\theta - \varepsilon(\hat{e}^T \bar{S}^- + e^T \bar{S}^+)] \\ \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + S^- = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j + S^+ = Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n, S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中: ε 为非阿基米德无穷小, $\hat{e}=(1, 1, \dots, 1)^T \in E^m, e=(1, 1, \dots, 1)^T \in E^s$ 。 θ 为综合效率值,综合反映了技术效率和规模效率。

1.1.1 (弱)DEA 有效的经济含义

设 $(\lambda^0, S^{-0}, S^{+0}, \theta^0)$ 为模型(1)的最优解,我们可以根据

模型(1)的最优解判断决策单元 DMU_{j_0} 的有效性:

(1)若 $\theta^0=1$,且 $S^{-0} \neq 0$ 或 $S^{+0} \neq 0$,则 DMU_{j_0} 仅为弱 DEA 有效。在这 n 个决策单元组成的经济系统中,投入 X_0 可以减少 S^{-0} 而保持原产出 Y_0 不变,或者在投入 X_0 不变的情况下可将产出提高;

(2)若 $\theta^0=1$,且 $S^{-0}=0, S^{+0}=0$,则 DMU_{j_0} 为 DEA 有效。在这 n 个决策单元组成的经济系统中,在原投入 X_0 的基础上所获得的产出 Y_0 已达到最优。

(3)若 $\theta^0 < 1$,则 DMU_{j_0} 为非 DEA 有效。在这 n 个决策单元组成的经济系统中,可通过组合将投入降至原投入 X_0 的 θ 比例而保持原产出 Y_0 不变。

模型(1)的决策单元如果是(弱)DEA 有效的,则既为“技术有效”,也为“规模有效”。对于 C^2R 模型下非 DEA 有效的决策单元,虽然无法判定其技术有效性,但可以判断其规模有效性。

设 $k = \frac{1}{\theta} \sum_{j=1}^n \lambda_j^0$, 决策单元的“规模收益”状态可以根据 k 值的情况进行判断:若 $k > 1$,则规模收益递减;若 $k < 1$,则规模收益递增;若 $k = 1$,则规模收益不变。

1.1.2 投影定理

设 $(\lambda^0, S^{-0}, S^{+0}, \theta^0)$ 为模型(1)的最优解,令

$$\begin{cases} \hat{X}_0 = \theta X_0 - S^{-0} \\ \hat{Y}_0 = Y_0 + S^{+0} \end{cases} \quad (2)$$

称 (\hat{X}_0, \hat{Y}_0) 为 DMU_{j_0} 对应的 (X_0, Y_0) 在 DEA 相对有效面上的“投影”,决策单元为 DMU_{n+1} 。 (\hat{X}_0, \hat{Y}_0) 相对于原来的 n 个 DMU 来说是 DEA 有效的。一般地,我们记

$$\Delta X_0 \triangleq X_0 - \hat{X}_0 = (1 - \theta^0)X_0 + S^{-0} \geq 0 \quad (3)$$

$$\Delta Y_0 \triangleq \hat{Y}_0 - Y_0 = S^{+0} \geq 0 \quad (4)$$

ΔX_0 为输入剩余, ΔY_0 为输出亏空,它们分别表示在保持当前的产出或投入不变的情况下,如果达到 DEA 有效,投入的冗余量和产出的不足。由这两个数据可以知道,非有效的决策单元有多少科技投入没有充分发挥出作用,以及产出还有多大的潜力。

1.2 C²GS² 模型

引入非阿基米德无穷小的 C^2GS^2 模型如下:

$$(D_\varepsilon) \begin{cases} \min[\theta - \varepsilon(e^{-T} S^- + e^{+T} S^+)] \\ \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + S^- = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - S^+ = Y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n, S^-, S^+ \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

其中: ε 为非阿基米德无穷小, $\hat{e} = (1, 1, \dots, 1)^T \in E^m, e = (1, 1, \dots, 1)^T \in E^s, \theta$ 是技术效率值。设 $(\lambda^0, S^{-0}, S^{+0}, \theta^0)$ 为模型(5)的最优解,我们可以根据模型(5)的最优解判断决策

单元 DMU_{j_0} 的有效性(C^2GS^2):

(1)若 $\theta^0=1$,则 DMU_{j_0} 为(弱)DEA 有效(C^2GS^2);

(2)若 $\theta^0 < 1$,则 DMU_{j_0} 为非 DEA 有效(C^2GS^2)。

2 评价指标的选取

以上海市社会人文科学类科研机构为研究对象,对基于 DEA 模型的科研机构科技资源配置效率评价方法进行研究,所用数据来自《上海科技统计年鉴》。综合考虑指标的全面性、代表性、可得性、简洁性、整合性等原则,建立评价指标体系,如表 1 所示。表 1 中的技术性收入包括技术开发收入、技术转让收入、技术咨询服务收入和学术活动收入 4 个部分。

表 1 上海市社会人文科学类科研机构科技资源配置效率评价指标体系

类别	名称
投入指标	从事科技活动人员(人) X_1
	科学家工程师占科技人员比重(%) X_2
	科技活动经费支出(千元) X_3
产出指标	发表科技论文(篇) Y_1
	国外发表论文占发表科技期刊论文的比重(%) Y_2
	出版著作(部) Y_3
	技术性收入(千元) Y_4

3 实证研究

3.1 社会人文科学类科研机构科技资源配置效率的 DEA 计算结果

考虑到科学研究活动的投入和产出之间存在一定的延迟,科技投入指标选取 2003 年的数据,科技产出指标选取 2004 年的数据。《上海科技统计年鉴》中,管理学、艺术学、统计学 3 个学科领域的科研机构的主要科技产出指标(发表论文、国外发表论文、著作、技术性收入),在 2004 年的统计数据均为零(这 3 类科研机构科技资源配置效率是非 DEA 有效的),我们将这 3 个学科领域剔除,对剩下的哲学、宗教学、文学、历史学、经济学、政治学、法学、社会学、新闻学与传播学、图书馆、情报与文献学、教育学 11 个学科领域的科研机构的科技资源配置效率进行评价。

根据表 1,由《上海科技统计年鉴》可得到相关数据(原始数据省略)^[11,12]。根据模型(1)和(5),分别建立 C^2R 模型和 C^2GS^2 模型。用 LINGO 软件求解,得 DEA 计算结果,如表 2 所示。表 2 中的技术效率值由 C^2GS^2 模型求得,其它值均由 C^2R 模型求得。

对表 2 中非 DEA 有效的决策单元,用公式(2)计算其在 DEA 相对有效面的投影值(即有效值),用公式(3)计算输入剩余,即科技投入冗余量,它表示某类科研机构的某个科技投入指标在科技活动中没有发挥出作用的投入量(见表 3)。

表 2 上海市社会人文科学类科研机构科技资源配置 DEA 评价结果

学科领域	S ₁	S ₂	S ₃	S ₁ ⁺	S ₂ ⁺	S ₃ ⁺	S ₄ ⁺	综合效率值	技术效率值	k	结论
哲学	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	有效,规模收益不变
宗教学	0	59.0841	172.6153	0	0.4458	2.5943	0	0.8910	1	0.2647	非有效,规模收益递增
文学	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	有效,规模收益不变
历史学	9.5455	0	0	11.3399	0	0	65.6916	0.9986	1	0.8828	非有效,规模收益递增
经济学	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	有效,规模收益不变
政治学	0	0	1027.868	0	0	4.0912	400.4975	0.4375	0.8245	1.0857	非有效,规模收益递减
法学	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	有效,规模收益不变
社会学	0	0	2057.730	119.2475	0.1293	0	1264.704	0.9198	1	0.7102	非有效,规模收益递增
新闻学与传播学	0	37.0063	90.7178	0	0.4393	2.5728	0	0.6214	0.9589	0.3826	非有效,规模收益递增
图书馆、情报与文献学	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	有效,规模收益不变
教育学	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	有效,规模收益不变

表 3 上海市社会人文科学类科研机构非 DEA 有效决策单元的调整

决策单元		投入			产出			
		X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
宗教学	观察值	9	88.89	851	25	0	0	0
	有效值	8	20.1169	585.6257	25	0.4458	2.5943	0
	输入剩余	1	68.7731	265.3743	-	-	-	-
	松弛变量	0	59.0841	172.6153	0	0.4458	2.5943	0
历史学	观察值	50	86	3 647	72	2.78	11	293
	有效值	40	85.8796	3 641.894	3 641.894	2.78	11	358.6916
	输入剩余	10	0.1204	5.1058	-	-	-	-
	松弛变量	9.5455	0	0	11.3399	0	0	65.6916
政治学	观察值	82	97.56	10 799	74	1.35	1	0
	有效值	36	42.6825	3 696.695	74	1.35	5.0912	400.4975
	输入剩余	46	54.8775	7 102.306	-	-	-	-
	松弛变量	0	0	1 027.868	0	0	4.0912	400.4975
社会学	观察值	175	65.14	22 240	150	0	13	855
	有效值	161	59.9158	18 398.62	269.2475	0.1293	13	2 119.704
	输入剩余	14	5.2242	3 841.378	-	-	-	-
	松弛变量	0	0	2 057.730	119.2475	0.1293	0	1 264.704
新闻学与传播学	观察值	13	92.31	1 109	25	0	0	16
	有效值	8	20.3551	598.4148	25	0.4393	2.5728	16
	输入剩余	5	71.9549	510.5852	-	-	-	-
	松弛变量	0	37.0063	90.7178	0	0.4393	2.5728	0

3.2 社会人文科学类科研机构科技资源配置效率评价结果分析

根据 DEA 计算结果(表 2 和表 3 的数据),我们可以针对每类科研机构进行分析,对其技术有效性和规模有效性进行判断,找出造成科技资源配置为非 DEA 有效的原因,并可以进一步分析非 DEA 有效科研机构的科技投入冗余量。由于篇幅有限,我们只对 11 类科研机构的总体情况进行分析,对每类科研机构的分析结果不再详述。从总体上看,我们得出以下结论:

(1)大部分社会人文科学类科研机构科技资源配置效率的总体水平较高,个别机构配置效率低下。

根据表 2 中数据,经过计算可知,上海市 11 类社会人文科学类科研机构中,有 54.55%(6 个)的科研机构科技资源配置为 DEA 有效,综合效率值的平均值为 0.8971。综合效率值位于平均值以下的研究机构有 3 个,占 27.27%。其中,综合效率值最低的是政治学类科研机构,其综合效率值还不到平均值的一半。说明大部分社会人文科学类科研机构科技资源配置效率总体水平较高,个别机构配置效率低下。

(2)绝大多数社会人文科学类科研机构科技资源配置为技术有效,规模是造成科技资源配置非 DEA 有效的主要原因。

由表 2 数据可知,在上海市 11 类社会人文科学类科研机构

中,有 9 类科研机构科技资源配置为技术有效,占 81.82%。非 DEA 有效的 5 个机构全部为规模非有效,但只有 2 个为技术非有效。仅因规模的原因造成非 DEA 有效的机构有 3 个,占非有效总数的 60%。说明规模是造成上海市社会人文科学类科研机构科技资源配置效率非 DEA 有效的主要原因。

(3)科技投入不足问题值得引起重视。在 5 类非 DEA 有效的机构中,有 4 类处于规模收益递增状态,占 80%,说明科技投入不足是规模非有效的主要原因,并最终导致综合效率

为非 DEA 有效。因此,科技投入不足问题应引起重视。

4 结束语

科研机构是我国技术创新的主体之一,其科技资源配置效率对于推动科技进步、提高自主创新能力有重要影响。本文将 DEA 方法应用于科研机构科技资源配置效率评价,以上海市人文社会科学类科研机构为研究对象,对该方法的应用进行研究,发现了上海市人文社会科学类科研机构科技资源配置中存在的问题。

参考文献:

- [1] 雷睿勇,罗敏,邹吉鸿.对我国科技资源配置效率评价方法的述评[J].山地农业生物学报,2004,23(5):448-453.
- [2] 关忠诚,张炎.科研组织相对效率评价定量方法研究[J].中国管理科学,2003,11(5):89-94.
- [3] 魏权龄.数据包络分析[M].北京:科学出版社,2004:38.
- [4] 宋涛,胡宝民,李伟红.DEA 模型及其参数在区域科技资源配置有效性评价中的应用 [J]. 科技进步与对策,2004,21(7):77-78.

- [5] ROUSSEAU S., ROUSSEAU R. The scientific wealth of European nations: Taking effectiveness into account [J]. Scientometrics, 1998, 42(1):75-87.
- [6] ROUSSEAU S., ROUSSEAU R. Data envelopment analysis as a tool for constructing scientometrics indicators [J]. Scientometrics, 1997, 40(1):45-56.
- [7] 周静,王立杰,石晓军.我国不同地区高校科技创新的制度效率与规模效率研究 [J]. 研究与发展管理,2005,17(1):109-117.
- [8] 许陈生.基于 DEA 的我国高新区相对效率评价[J].科技进步与对策,2007,24(8):117-200.
- [9] 张俊容.DEA 若干理论及其应用的研究[D].西南交通大学博士学位论文,2003(7).
- [10] 江兵,张承谦.企业技术进步的 DEA 分析与实证研究[J].系统工程理论与实践,2002(7):65-70.
- [11] 林锦伟.上海科技统计年鉴[M].上海:东华大学出版社,2005.
- [12] 丁文龙.上海科技统计年鉴[M].上海:上海科学普及出版社,2004.

(责任编辑:万贤贤)

Evaluation on the Efficiency of Science&Technology Resource Allocation of Scientific Research Organization Based on DEA

Yang Hongtao

(School of Business, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: DEA (Data Envelopment Analysis) is applied to evaluate the efficiency of science&technology resources allocation of scientific research organization. The evaluation indicator system is established. Making social scientific research organizations in Shanghai as example, the author carries out a study on the application of this method. It employs C2R model and C2GS2 model to evaluate the overall efficiency and technical efficiency of them respectively and drew conclusions as follows: (1)The efficiency of science&technology resources allocation of a majority of social scientific research organizations in Shanghai is high as a whole, while the efficiency of several of them is low. (2)Most of social scientific research organizations in Shanghai are technically effective. And scale is the prominent reason that leads to DEA ineffectiveness. (3)Absence of scientific input should be paid attention to.

Key Words: Science&Technology Resource Allocation; DEA; Scientific Research Organization