

工业企业技术创新效率 DEA 评价

刘东霞

(中北大学 经济与管理学院, 太原 030051)

摘要:企业技术创新体系是国家创新体系的重要组成部分,企业技术创新效率直接关系到创新型国家的建设,因此,对企业技术创新效率进行评价有较强的现实意义。论文根据第二次全国工业企业经济普查的相关数据,采用 DEA 方法对全国 31 个省、自治区与直辖市的工业企业的技术创新效率进行评价,得出如下结论:在 2008 年工业企业技术创新规模下,全国大部分省、直辖市与自治区的工业企业技术创新效率较低、R&D 人才不足、创新产出水平低。这为决策者提高工业企业技术创新效率提供了理论依据。

关键词:技术创新管理;工业企业技术创新效率评价;DEA

中图分类号:F273.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2012)01-0078-05

当今世界,科技革命迅猛发展,科技成果转化速度加快和产业更新换代的周期越来越短。连接科学与经济必要环节的技术创新,其地位和作用愈来愈受到世界各国的重视。技术创新是提高区域经济发展水平、加快区域经济结构调整的重要手段。企业作为区域技术创新的主体,其技术创新效率的高低决定了产品更新换代的速度与区域经济发展的速度。由于企业技术创新活动涉及多个投入与产出指标,不能单纯地仅以某个投入指标最小或产出指标最大来评价。DEA 方法可以综合考虑某几个主要的投入与产出指标,来评价企业的技术创新活动^[1]。

现阶段,国内对企业技术创新的评价主要从创新能力综合评价^[2]、创新能力评价指标体系^[3]、企业技术创新的现状^[4]、企业技术创新的计量^[5]等方面进行研究。用 DEA 方法来评价企业技术创新的效率与规模的较少,而且某些文献对 DEA 方法的应用存在一些误用,如文献[1]中企业技术创新的 5 个输入输出指标却只选择了 3 个决策单元,于是造成了评价结果的偏差。

数据包络分析(简称 DEA)是美国著名运筹学家 A. Charnes 和 W. W. Cooper 等学者在“相对效率评价”概念基础上发展起来的一种的系统分析方法,它主要采用线性规划方法,利用观察到的有效样本数据,对决策单元进行生产有效性评价^[1]。因此,本文利用 DEA 模型,首先分析其评价步骤,然后利用第

二次全国工业企业经济普查的相关数据,对全国 31 个省、自治区与直辖市规模以上的工业企业综合效率进行分析评价,得出一些有益的结论。

1 工业企业技术创新综合效率的 DEA 模型

工业企业技术创新效率 DEA 方法评价的步骤包括:确定评价目的;选择决策单元;建立输入输出指标体系;建立 DEA 模型;得出评价结论。

1.1 确定评价目的

为了正确地运用 DEA 方法,得出科学的评价结论和有用的决策信息,必须认真分析评价的具体目的。这是建立输入输出指标体系和 DEA 模型的主要依据,本文以全国 31 个省区规模以上工业企业的技术创新活动作为研究对象,视其为 DEA 方法中的决策单元,主要通过 DEA 的“相对有效性”来衡量工业企业的技术创新效率。

1.2 选择决策单元

从技术和经验上,DEA 要求决策单元满足:一是决策单元应该具有“同类型”特征;二是通常认为决策单元的个数不少于输入输出指标总数的 2 倍为宜。本文选取全国 31 个省、自治区与直辖市规模以上的工业企业作为决策单元满足要求。

1.3 建立输入输出指标体系

选择输入输出指标的首要原则是反映评价目的和评价内容;其次,从技术上应避免输入、输出集内部指标间强线性关系;同时还要考虑指标的多样性和指

收稿日期:2011-10-12

作者简介:刘东霞(1975—),女,山西朔州人,西南交通大学在读博士研究生,中北大学经济与管理学院讲师,研究方向:技术创新及管理。

表 1 全国各省、自治区与直辖市工业企业技术创新投入与产出指标的相关系数分析

		R&D 人 员全时当 量	R&D 人 员占科技 活动人员 比重	科学家与 工程师占 R&D 人 员比重	R&D 经 费	R&D 经 费占科技 活动经费 比重	R&D 经 费占主营 业务收入 比重	微电子控 制设备占 生产经费 用设备比 重	R&D 项 目占科技 项目比重	新产品产 值占工业 总产值比 重	发明专利 数量
R&D 人员全时当量	Pearson Cor- relation	1	0.576 * *	−0.291	0.965 * *	0.537 * *	0.347	0.550 * *	0.257	0.175	0.885 * *
	Sig. (2-tailed)	0.	0.001	0.112	0.000	0.002	0.056	0.001	0.163	0.346	0.000
R&D 人员占科技活动 人员比重	Pearson Cor- relation	0.576 * *	1	−0.430 *	0.545 * *	0.700 * *	0.475 * *	0.417 *	0.528 * *	0.396 *	0.477 * *
	Sig. (2-tailed)	0.001	0.	0.016	0.002	0.000	0.007	0.019	0.002	0.027	0.007
科学家与工程师占 R&D 人员比重	Pearson Cor- relation	−0.291	−0.430 *	1	−0.259	−0.106	−0.064	−0.383 *	−0.048	−0.130	−0.069
	Sig. (2-tailed)	0.112	0.016	0.	0.159	0.571	0.732	0.033	0.799	0.485	0.711
R&D 经费	Pearson Cor- relation	0.965 * *	0.545 * *	−0.259	1	0.564 * *	0.373 *	0.520 * *	0.288	0.192	0.815 * *
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.002	0.159	0.	0.001	0.039	0.003	0.116	0.301	0.000
R&D 经费占科技活动 经费比重	Pearson Cor- relation	0.537 * *	0.700 * *	−0.106	0.564 * *	1	0.602 * *	0.278	0.639 * *	0.254	0.467 * *
	Sig. (2-tailed)	0.002	0.000	0.571	0.001	0.	0.000	0.129	0.000	0.167	0.008
R&D 经费占主营业务 收入比重	Pearson Cor- relation	0.347	0.475 * *	−0.064	0.373 *	0.602 * *	1	0.192	0.622 * *	0.613 * *	0.340
	Sig. (2-tailed)	0.056	0.007	0.732	0.039	0.000	0.	0.300	0.000	0.000	0.062
微电子控制设备占生产 经费用设备比重	Pearson Cor- relation	0.550 * *	0.417 *	−0.383 *	0.520 * *	0.278	0.192	1	0.235	0.392 *	0.481 * *
	Sig. (2-tailed)	0.001	0.019	0.033	0.003	0.129	0.300	0.	0.202	0.029	0.006
R&D 项目占科技项目 比重	Pearson Cor- relation	0.257	0.528 * *	−0.048	0.288	0.639 * *	0.622 * *	0.235	1	0.325	0.219
	Sig. (2-tailed)	0.163	0.002	0.799	0.116	0.000	0.000	0.202	0.	0.074	0.237
享受各级政府减免税	Pearson Cor- relation	0.656 * *	0.458 *	−0.282	0.745 * *	0.542 * *	0.438 *	0.314	0.330	0.224	0.495 * *
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.011	0.130	0.000	0.002	0.016	0.091	0.075	0.235	0.005
新产品产值占工业总产 值比重	Pearson Cor- relation	0.175	0.396 *	−0.130	0.192	0.254	0.613 * *	0.392 *	0.325	1	0.232
	Sig. (2-tailed)	0.346	0.027	0.485	0.301	0.167	0.000	0.029	0.074	0.	0.209
发明专利数量	Pearson Cor- relation	0.885 * *	0.477 * *	−0.069	0.815 * *	0.467 * *	0.340	0.481 * *	0.219	0.232	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.007	0.711	0.000	0.008	0.062	0.006	0.237	0.209	0.

* * Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

标数据的可获得性等。工业企业技术创新活动表现在两个方面即技术创新投入活动与产出活动,因此本文选择能够反映工业企业技术创新投入活动的 R&D 人员全时当量、R&D 人员占科技活动人员比重、科学家与工程师占 R&D 人员比重、R&D 经费、R&D 经费占科技活动经费比重、R&D 经费占主营业务收入比重、微电子控制设备占生产经费用设备比重、R&D 项目占科技项目比重等指标,选择能够反映工业企业技术创新产出活动的新产品占工业总产值比重与发明专利数等指标。

运用第二次全国工业企业经济普查数据对以上指标用 SPSS 统计分析软件进行相关性分析,分析结果如表 1 所示。

从表 1 可以看出,产出指标新产品产值占工业总产值比重与发明专利数之间不具有线性相关性,因此可以将这两个指标作为 DEA 模型的输出指标。在所选的八个投入指标中,与新产品产值占工业总产值比重、发明专利数这两个产出指标显著线性相关的指标为 R&D 人员占科技活动人员比重,但 R&D 人员占科技活动人员比重与其余的七个投入指标显著线性相关,于是只选择 R&D 人员占科技活动人员比重作为 DEA 模型的投入指标。

1.4 建立 DEA 模型

DEA 模型有多种形式,应用中可根据问题的实际背景和评价目的选择合适的 DEA 模型,还可以应用不同的模型从不同的角度进行评价,得到较为综合的结论。本文主要选择了最基本的评价模型的 C^2R 模型(见式 1)。

$$\begin{aligned} &\min \theta - \epsilon(\hat{e}^T S^- + e^T S^+) \\ &s. t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + S^- = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - S^+ = Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, S^-, S^+ \geq 0 \\ e = (1, \dots, 1)^T \in \mathbf{R}^m, \hat{e} = (1, \dots, 1)^T \in \mathbf{R}^m \\ \epsilon \text{ 为非阿基米德无穷小量} \end{cases} \end{aligned} \tag{1}$$

该模型主要用于评价决策单元的总效率,即工业企业技术创新的综合效率。

1.5 得出评价结论

通过 DEA 模型求解可得出以下的结论:各决策单元的 DEA 有效性,各决策单元的相对规模收益情况,各决策单元的相对有效性与各输入、输出指标之

间的关系等。根据以上绪论,并结合实际问题,可以为决策者提供科学决策的依据。

2 工业企业技术创新效率分析

本文利用 MATLAB7.0 版本中的 Linprog 函数编程求解大型的线性规划问题,可以得到全国各省、自治区与直辖市工业企业的技术创新活动的规模收益与工业企业技术创新活动的效率。具体计算结果如表 1.2 所示,其中 $\sum \lambda_j / \theta$ 为 DEA 模型中各变量 λ_j 之和与最优值 θ 的比值,该值反映了各省区工业企业技术创新活动的规模收益情况; θ 表示各省区工业企业技术创新活动的效率。

2.1 全国各省、自治区、直辖市工业企业技术创新活动的效率分析

若决策单元的 θ 值等于 1,说明该决策单元是 DEA 有效,处于总体效率前沿面,其中既包括技术有效(输出指标值相对于投入指标值而言已达到最大,该决策单元位于生产函数的曲线上),也包括规模有效(投入指标值既不偏大,也不偏小,是处于规模收益不变的状态)。从表 2 可以看出,在 2008 年全国 31 个省市规模以上工业企业技术创新活动中,全国 31 个省、直辖市及自治区中有 3 个省、直辖市的工业企业技术创新活动效率是 DEA 有效,分别为北京、吉林与广东,说明北京、吉林与广东的工业企业技术创新的投入相对于产出的有效利用度较高,即其技术创新活动的效率较高。

若决策单元的 θ 值小于 1,说明该决策单元是 DEA 无效,即在保持现有产出指标值不变的情况下,投入指标值降为原值的 θ 倍时,可以使技术创新活动的效率达到最高。从表 2 可以看出,在 2008 年全国 31 个省市规模以上工业企业技术创新活动中,全国 31 个省、直辖市及自治区中有 28 个省、直辖市及自治区的工业企业技术创新活动效率是 DEA 无效的,说明这些省、直辖市及自治区的工业企业技术创新活动效率较低。即在保持现有的产出水平下,这些省、直辖市及自治区的工业企业技术创新投入过高,或者在保持现有投入水平下,这些省、直辖市及自治区的工业企业技术创新活动应有更高的产出。本文所选择的技术创新的投入指标为 R&D 人员占科技活动人员的比重,因此反映出这些省、直辖市及自治区的工业企业的 R&D 人员创新能力较低,虽然有较高的人员投入,但创新的产出水平太低。

表 2 全国各省、自治区与直辖市工业企业技术创新活动 DEA 模型(基于投入的 C^2R)计算结果

决策单元	θ	$\sum \lambda_i/\theta$	规模收益	决策单元	θ	$\sum \lambda_i/\theta$	规模收益
北京	1	1	不变	湖北	0.4048	1.773 221	递减
天津	0.761 8	1.583 093	递减	湖南	0.485 4	1.547 178	递减
河北	0.199	1.236 181	递减	广东	1	1	不变
山西	0.224 2	1.571 365	递减	广西	0.347 8	1.394 767	递减
内蒙古	0.124 7	1.644 747	递减	海南	0.445 5	0.666 667	递增
辽宁	0.298 5	1.459 296	递减	重庆	0.781 1	1.975 547	递减
吉林	1	1	不变	四川	0.416 8	1.622 601	递减
黑龙江	0.174 5	1.866 476	递减	贵州	0.292 5	1.099 487	递减
上海	0.590 4	1.713 076	递减	云南	0.213 8	1.359 214	递减
江苏	0.611	1.114 239	递减	西藏	0.653 4	0.619 069	递增
浙江	0.724 9	1.325 976	递减	陕西	0.230 6	1.611 015	递减
安徽	0.440 9	1.233 613	递减	甘肃	0.234	1.475 641	递减
福建	0.285 1	2.151 877	递减	青海	0.321 1	0.714 419	递增
江西	0.222 2	1.707 021	递减	宁夏	0.185 2	1.714 363	递减
山东	0.388 2	1.407 007	递减	新疆	0.161 6	1.256 807	递减
河南	0.215 6	1.112 709	递减				

2.2 全国各省、自治区、直辖市工业企业技术创新活动的规模收益分析

$\sum \lambda_i/\theta$ 反映了决策单元技术创新活动的规模效益。若 $\sum \lambda_i/\theta < 1$, 表示规模效益递增且该值越小规模递增趋势越大, 反映决策单元提高投入规模可带来更高比例的产出, 因此决策单元未来应该增加投入。如表 2 所示, 2008 年全国 31 个省、自治区与直辖市中有 3 个省、自治区的工业企业技术创新活动处于规模效益递增状态, 分别为海南、青海与西藏, 即这些省、自治区的工业企业开展的技术创新活动的投入规模太小, 还没有达到理想产出的投入规模, 这些省、自治区的工业企业技术创新活动的投入规模还有一定的发展空间, 存在着较大的发展余地, 未来应适当加大技术创新活动的投入规模, 即加大对 R&D 人员的投入。

若 $\sum \lambda_i/\theta > 1$, 表示规模效益递减, 且该值越大规模递减趋势越大, 反映决策单元提高投入规模不能带来更高比例的产出, 因此决策单元未来不应再增加投入。如表 2 所示, 2008 年全国 31 个省、自治区与直辖市中 25 个省、自治区与直辖市的工业企业技术创新活动处于规模收益递减状态, 即这些省、自治区与直辖市的工业企业开展技术创新活动规模已足够大, 未来应注重提高技术创新活动的产出水平, 即提高 R&D 人员的创新能力, 不能再一味地追求高投入。

2.3 全国各省、自治区与直辖市的工业企业技术创新效率综合评价

通过对全国 31 个省、自治区与直辖市工业企业的技术创新活动的 DEA 分析, 可以得出:

首先, 我国大部分省、自治区与直辖市的工业企业技术创新活动未达到 DEA 有效, 即工业企业的技术创新效率较低, 在现有 R&D 人员投入量的水平下, 这些省、自治区与直辖市工业企业的技术创新活动的产出太低, 即新产品产值占工业总产值比重太低以及拥有发明专利数太少。因此, 未来这些省、自治区与直辖市的工业企业不应再追求技术创新中 R&D 人员投入量的多少, 而应注重投入 R&D 人员的素质, 加大 R&D 人才的投入。

其次, 我国大部分省、自治区与直辖市的工业企业技术创新活动的产出偏低, 即新产品产值占工业总产值比重太低与拥有发明专利数太少, 一方面反映出我国大部分省、自治区与直辖市的工业企业新产品的产量以及获利能力较低; 另一方面, 反映出我国大部分省、自治区与直辖市的工业企业自主创新能力较低, 而且将发明专利成果化的能力较差。因此, 未来我国大部分省、自治区与直辖市的工业企业应加大新产品的研发与生产, 加快发明专利的成果化速度。

3 结束语

DEA (C^2R) 模型是评价具有同类型输入与输出指标的决策单元的规模与技术有效的定量分析方法, 但该模型有其不足之处: 只能评价决策单元之间的相

对规模与技术有效,要评价决策单元的绝对有效性,需要运用投入产出分析等方法;没有反映决策者对输入输出指标的偏好。因此,本文是对工业企业技术创新相对效率的定量分析评价,克服了定性分析方法中主观因素的影响,比较客观地反映了全国各省、自治区与直辖市的工业企业技术创新效率与技术创新活动中存在的问题,为决策者提供科学决策的依据,以期在国家自主创新体系与区域经济发展方面有更大的作为,为我国建立创新型国家做出更大的贡献。

参考文献

[1] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京:科学出版社,2006.

[2]吴永林,高洪深,林晓言. 企业技术创新能力的多级模糊综合评价[J]. 数量经济技术经济研究,2002(3):53—56.
[3]傅利平,柳飞红. 基于过程模型的企业技术创新能力指标体系研究[J]. 科技进步与对策,2009,26(17):137—140.
[4]付庆波. 浅析我国企业技术创新能力的不足[J]. 工业技术经济,2006,25(8):18—21.
[5]陶用之,苏世伟,曾艳. 我国大中型企业技术创新的计量研究[J]. 科技管理研究,2005(12):74—78.
[6]杜栋. 企业技术创新评价的 DEA 方法[J]. 系统工程理论方法应用,2001,10(1):82—84.

Evaluation on the Efficiency of Industrial Enterprise Technology Innovation on DEA

LIU Dong-xia

(College of Economics and Management,North University of China,Taiyuan 030051,China)

Abstract: The system of enterprise technology innovation is an important part of the national innovation system. The efficiency of enterprise technology innovation would affect the construction of innovative nation. Therefore, it is meaningful to evaluate the efficiency of enterprise technology. According to the second national industrial enterprise economic statistics data, the efficiency of industrial enterprise technology innovation of 31 provinces and municipalities in China is calculated by means of DEA. The following conclusions are drawn: with the number of industrial enterprise technology innovation in 2008, the industrial enterprise technology innovation of a majority of provinces and municipalities has lower efficiency and output, and deficiency of R&D talent. This affords the theoretic foundation for the decision-maker to improve the efficiency of industrial enterprise technology innovation.

Key words: technology innovation management;evaluation on the efficiency of industrial enterprise technology innovation;DEA

(上接第 52 页)

[7]孙胜东. 基于灰色关联度和理想解决的决策方法研究[J]. 中国管理科学,2005,13(4):63—68.
[8]万江. 多层次模糊评价法在科技招标项目评标中的应用[J]. 科技和产业,2005,5(8):17—23.
[9]任宏,祝连波. 基于组合权法的建筑施工企业信息化水平的

多层次灰色评价[J]. 系统工程理论与实践,2008,28(2):82—88.
[10]张成考,聂茂林,吴价宝. 基于改进型灰色评价的虚拟企业合作伙伴选择[J]. 系统工程理论与实践,2007,7(11):54—61.

Improvement and Perfection of Success Method of Post- evaluation
Method Based on Grey Theory

DU Jun-hui

(School of Economics and Management,North University of China,Taiyuan 030051,China)

Abstract: Degree of success method is a common method of Post- evaluation, but the degree of success method only gives some qualitative evaluation results by evaluation experts. Due to evaluation index system of degree of success possess the character of grey system, on this basis,improve the tradition degree of success method in this paper. Using grey related degree calculate evaluation indexes weight, adopting grey statistical method quantitative conclude evaluation result. Finally ,a numerical example is given to show the feasibility and effectiveness of the method.

Key words: post- evaluation;degree of success method;grey related degree;grey statistical method