

基于 DEA 的工业企业技术创新能力的综合评价

Comprehensive Evaluation on the Technological Innovation Ability of Industrial Enterprise Using DEA Method

张 凌/ZHANG Ling, 刘井建/LIU Jing-jian

哈尔滨工程大学经济管理学院, 哈尔滨 150001

School of Economic Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China

[摘要] 技术创新能力的提高是保持企业竞争优势的根本途径,也是评价企业在行业中竞争地位的重要指标。在对技术创新能力进行界定的基础上,建立了工业企业技术创新能力评价指标体系,运用基于输入的 C^2R 模型和单纯评价技术有效的 C^2GS^2 评价模型,对哈尔滨 10 家工业企业的技术创新能力进行了实证分析,获取了评价信息和管理信息,并提出了提高我国工业企业技术创新能力的对策。

[关键词] 技术创新能力,工业企业,创新能力评价,数据包络分析(DEA)

[中图分类号] F424.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857-(2005)09-0050-03

Abstract: The improvement of technological innovation ability is a basic way to maintain industrial enterprises advantage in competition, and its indexes are important parameters to appraise the competitive position in their trade. Definition of technological innovation ability this paper sets up an evaluation index system of technological ability of industrial enterprises. Based on makes use of C^2R on input and C^2GS^2 appraisal model which simply appraise effective technology, then empirical example is established to appraise the technological innovation ability of ten industrial enterprises in Harbin, and correlative information is obtained.

Key Words: technological innovation ability, industrial enterprise, inovation ability evaluation, Data Envelopment Analysis(DEA)

CLC Number: F424.3

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2005)09-0050-03

1 引言

技术创新能力,是指企业依靠新技术推动企业发展的能力,即通过引入或开发新技术并实现其工程化和商业化生产,使企业满足或创造市场需求。它是企业竞争能力的重要组成部分。技术创新能力是一个能力组合概念,由若干能力要素组合而成,是企业整体的系统能力,即是以产品创新能力、生产技术创新能力和管理创新能力为主体,并相互协调发挥以实现企业获取最大经济利润的能力,它涉及到整个企业技术创新过程的所有因素和对象。

由于企业技术创新的广泛性和创新过程的复杂性,对企业技术创新能力的评价既要考虑企业当前的现实情况,又要考虑企业产品竞争力增强和市场营销状态改观而带来的潜在效益。可以将技术创新能力分解为技术创新投入能力、创新倾向能力、企业 R&D 能力、财务能力、生产制造能力、组织管理能力、营销能力和技术创新产出能力 8 个方面。① 技术创新投入能力,指创新活动中的资源投入,主要涉及到人力资源和财力资源的投入数量和质量两个方面,同时也要考虑到投入强度;② 创新倾向能力,指企业技术创新的主动性和前瞻性,反映了企业创新意识和倾向,对企业未来的发展具有指导作用;③ 企业 R&D 能力,指企业创新资源投入所积累的效果,它强调研究开发产出,主要体现在 R&D 人员消化吸收能力;④ 财务能力,指从经济角度反映了技术创新

能力,企业具有较强的规避风险能力以及融资能力,促进了技术创新的顺利实施,同时也提高了技术创新的规模和档次;⑤ 生产制造能力,指研究开发成果转化为产品生产的能力,生产设备先进性是其最主要的体现;⑥ 组织管理能力,指企业从整体上、战略上安排和组织实施技术创新的能力,使创新人员及其相关人员人尽其才,合作有效;⑦ 营销能力,指新产品开发出来后的销售能力,以及提高市场占有率和扩大市场范围的能力,同时要考虑用户的反馈信息以改进产品;⑧ 产出能力,指技术创新为企业创造的综合效益,不仅包括与销售收入相关的指标,而且要考虑技术进步所引起劳动效率的提高。

评价工业企业的技术创新能力需要综合考虑到以上涉及到的各个方面,是一个极其复杂的过程。运用不同的评价方法需要建立不同的指标体系,这些诸多环节既有相互独立的部分,又有相互关联的部分,同时还要考虑贡献度。

2 关于技术创新能力评价方法综述

从国内外研究的情况来看,尤其是最近几年来,对工业企业技术创新能力的研究取得了较为长足的进步,国内外学者提出和应用的评价方法达近百种。在技术创新能力评价中最主要和最常用的方法有专家评价法、层次分析法(AHP)、多指标综合评价方法、指数法及经济分析法(指数法、费用-效益分析、投入产出分

收稿日期: 2005-04-11

基金项目: 教育部博士点基金(20030217005)、黑龙江自然科学基金(G2004-25)资助项目

作者简介: 张 凌,女,哈尔滨工程大学经济管理学院,副教授,研究方向为技术创新研究;E-mail: heuljj@126.com

析、价值工程)、运筹学方法、属性评价方法、数理统计方法、模糊评价方法和基于计算机技术的评估方法等。但是,在以下几个方面仍然存在着一些不足或是由于研究角度的不同而与研究的目的发生偏差。

1) 研究在整体上缺乏系统性,研究对象、研究内容、研究方法和研究成果过于繁杂与分散,缺乏必要的整合,尚未形成一个公认的完整而且明确的技术创新项目投资前期的系统科学评价体系和程序,而这一时期的评测结果是评价现期技术创新能力的依据。

2) 在对工业企业技术创新能力的指标评价和测度方面,更多的研究成果集中在企业层面或产业层面上,而且测度的结果一般只能说明技术创新活动的水平,而不是针对某一具体企业,不能在技术创新项目投资决策之前给出具有参考价值的评价结论,因此不能服务于具体企业技术创新项目决策的目的。

3) 在企业技术创新能力的评价方面,近年来研究成果很多,采用的方法也各有千秋,如专家评价法、模糊综合评价法和层次分析法(AHP)等。上述方法虽然具有很重要的作用,但是由于技术创新活动涉及的因素较多,评价中有较多的主观性和模糊性,因此受到专家知识、经验和主观见解的影响较大。

3 基于 DEA 的技术创新能力评价模型的建立

本文运用 DEA 的理论和方法确定工业企业技术创新能力的评价模型,综合考虑了技术创新活动的前期投入和后期产出,并克服赋予权值而受到的主观性影响。

数据包络分析(Data Envelopment Analysis)方法是由著名的运筹学家查恩斯、库伯和罗兹在 1987 年首次提出的。

引入具有非阿基米德无穷小的 C^2R 模型,令 ε 是非阿基米德无穷小量,它是一个小于任何正数且大于零的数,给出它的线性规划对偶问题为:

(Dr)
$$\begin{cases} \min[\theta - \varepsilon(\hat{e}^T s^- + e^T s^+)] \\ s.t. \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j - s^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{cases}$$

模型的最优解为 λ^0 ,当 θ^0, s^{0-}, s^{0+} 并且 $s^{0-}=0, s^{0+}=0$,则有决策单元 j_0 为 DEA 有效;当 $\theta^0 < 1$,则有决策单元 j_0 为非 DEA 有效,若有 $s_i^{0-} > 0, s_r^{0+} > 0$,则有决策单元 j_0 的第 i 项的投入指标值在 DEA 的相对有效面的“投影”(即改进的目标值)为 $(\theta^0 x_{j_0} - s_i^{0-})$,第 r 项产出指标值在相对有效面上的投影(即产出的改进目标值)为 $(y_{j_0}^{0+} + s_r^{0+})^{[1]}$ 。

用 C^2R 模型评价技术有效性时,不能单纯地评价部门间的相对技术有效性,为此引入评价纯技术有效性的 C^2GS^2 模型:

(D)
$$\begin{cases} \max \mu^T y_0 + \mu_0 = v_0 \\ s.t. w^T x_j - \mu^T y_j - \mu_0 \geq 0, j=1, 2, \dots, n \\ w^T x_0 = 1 \\ w \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases}$$

线性规划问题(D)存在最优解 w^0, μ^0, μ_0^0 ,若满足 $w^0 > 0, \mu^0 > 0$,则称决策单元 j_0 为 DEA 有效(C^2GS^2)^[2]。

4 哈尔滨工业企业技术创新能力实证分析

根据所调查的工业企业的实际情况,运用主成分分析方法进

表 1 工业企业技术创新能力评价指标和计算

编号	指标名称	指标计算
X1	创新经费投入	创新经费投入数量
X2	R&D 人员比例	R&D 人员数目/企业全员数目
X3	R&D 人员的积极性与协作能力	定性指标
X4	设备先进性	定性指标
X5	激励机制综合评价	定性指标
X6	营销费用投入	营销投入费用投入数量
X7	新产品收益率	新产品净收入/新产品销售收入

表 2 哈尔滨市 10 家工业企业技术创新能力评价的输入输出原始值

指标	企业 1	企业 2	企业 3	企业 4	企业 5	企业 6	企业 7	企业 8	企业 9	企业 10
输入数据	X1	0.041	0.025	0.012	0.054	0.041	0.056	0.084	0.032	0.031
	X2	0.042	0.031	0.014	0.055	0.043	0.056	0.211	0.025	0.021
	X3	0.65	0.54	0.42	0.71	0.63	0.69	0.70	0.45	0.51
	X4	0.65	0.58	0.42	0.69	0.62	0.65	0.62	0.51	0.55
	X5	0.54	0.57	0.62	0.60	0.56	0.58	0.64	0.56	0.61
	X6	0.035	0.024	0.032	0.028	0.24	0.28	0.032	0.034	0.031
输出数据	X7	0.082	0.064	0.103	0.114	0.121	0.082	0.145	0.061	0.074

注:数据来源根据哈尔滨市 10 家工业企业的历史数据和调查数据进行标准化而得。

行指标体系的筛选与简化,获取 10 个相关指标(见表 1),对哈尔滨市 10 家工业企业的技术创新能力进行评价,相关数据如表 2 所示。

4.1 综合技术规模有效性评价

利用 Matlab 编制相关的软件,进行 DEA 有效性(C^2R 和 C^2GS^2)分析,分别求出 C^2R 和 C^2GS^2 模型的最优值 θ^0 和 V_D ,如表 3 所示。

表 3 10 家工业企业的 C^2GS^2 和 C^2R 模型的最优值分析表

	企业 1	企业 2	企业 3	企业 4	企业 5	企业 6	企业 7	企业 8	企业 9	企业 10
V_D	1	1	1	1	1	0.943 5	1	1	0.976 6	1
θ^0	0.787 8	0.743 1	1	1	1	0.651 8	1	0.594 5	0.712 4	1
$1-\theta^0$	0.212 2	0.256 9	0	0	0	0.348 2	0	0.405 5	0.287 6	0

由表 3 数据知,在利用综合评价技术规模有效性 C^2R 模型评价时,工业企业 3、4、5、7、10 的最优值 $\theta^0=1$ (C^2R),说明规模是有效的,在这里投入规模有效与非有效是指在生产函数前沿面上,企业是处于规模收益不变还是处于规模收益递增或递减阶段,即当 $\theta^0=1$ 时,工业企业处于规模收益不变阶段。企业 1、2、6、8、9 的最优值 $\theta^0 < 1$,说明其规模都是非有效的,对各种投入要素还需要进一步调整。在工业企业中规模是制约技术创新能力提高的主要因素。

根据技术有效的定义,当产出一定时,如果相应的投入不能再减少时,该过程为技术有效。工业企业 1、2、3、4、5、7、8、10 的最优值 $V_D=1$,说明已经达到技术有效;工业企业 6、9 的最优值 $V_D < 1$,说明其技术非有效;同 C^2R 模型最优值 θ^0 相比较,企业 1、2、8 的 C^2R 模型的最优值 $\theta^0 < 1$,而 C^2GS^2 模型的最优值 $V_D=1$,说明规模非有效但技术有效。

为了进一步比较各家工业企业的规模有效性,以此评价技术创新能力的高低,应计算其与有效前沿面的距离 $(1-\theta^0)$ 。从与有效前沿面的距离可以看出,企业 3、4、5、7、10 与有效前沿面的距离 $1-\theta^0=0$,为规模有效,资源配置相对达到最优;企业 8 的最优值与有效前沿面的差距 $1-\theta^0=0.405 5$,与非有效企业 1、2、6、9 相比较,差距最大,说明规模性最差,资源配置最差,制约了工业企业技术创新能力的提高;企业 6 次之;企业 1、2、9 相对好一些。

表 4 非 C^2R 有效的工业企业指标的 λ 值

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9	λ_{10}
企业 1	0	0	0.296 0	0	0.005 5	0	0.071 2	0	0	0.268 3
企业 2	0	0	0.330 8	0.226 8	0	0.028 1	0	0	0	0
企业 6	0	0	0	0	0.622 4	0	0.046 2	0	0	0
企业 8	0	0	0.329 3	0	0.000 6	0	0.006 8	0	0	0.172 3
企业 9	0	0	0.580 3	0.123 2	0	0	0	0	0	0.001 2

4.2 规模收益评价

从 C^2R 模型的最优值中并不能直接地判定工业企业是处于规模收益递增还是递减阶段,需要进一步予以判定,为此可以对企业 2、企业 6 和企业 9 的各指标值所对应的 λ 值列表,如表 4。

根据表 4 所计算的最优解 λ ,对企业 1 的规模有效性进行判定。经计算: $\frac{1}{\theta} \sum_{j=1}^s \lambda_j = \frac{0.296+0.005\ 5+0.071\ 2+0.268\ 3}{0.7878} = 0.813\ 7 <$

1,说明企业 2 处于规模递增阶段,需要增大一些要素的投入量,才能有效地发挥规模经济优势;计算企业 2、6 的值有

$$\frac{1}{\theta} \sum_{j=1}^s \lambda_j = \frac{0.330\ 8+0.226\ 8+0.028\ 1}{0.743\ 1} = 0.7881 < 1 \text{ 和 } \frac{1}{\theta} \sum_{j=1}^s \lambda_j = \frac{0.622\ 4+0.046\ 2}{0.651\ 8} = 1.025\ 8 > 1,$$

说明企业 2 处于规模收益递增阶段。同理,通过计算看出企业 8 和企业 9 也处于规模收益递增阶段。

上述计算结果只能从一个企业层面上说明工业企业是处于规模收益不变还是规模收益递增或递减,不能够具体分析哪些因素是影响收益的主要因素。为了进一步度量各种投入要素对收益的影响,选取 C^2GS^2 非有效即纯技术非有效的企业 6 和企业 9,对各个指标值在相对有效面上的投影进行分析。

4.3 技术有效性评价

由于企业 6 和企业 9 为 C^2GS^2 非有效,即在产出资源一定的情况下,其投入要素可以在一定程度上降低,与基于投入的 C^2R 模型最优值一样,同为非有效。为此,利用相关的软件,计算其最优值,如表 5 所示。

表 5 企业 6 与企业 9 最优解列表

企业 \ 最优解	S_1^{0-}	S_2^{0-}	S_3^{0-}	S_4^{0-}	S_5^{0-}	S_6^{0-}	S_7^{0+}
企业 6	0.007 1	0	0.025 4	0.009 2	0	0.031 7	0
企业 9	0.008 4	0	0.031 4	0.062 2	0	0	0

企业 6 的 C^2GS^2 模型最优解相对企业 9 要低。以企业 6 为例,计算各个指标值在其有效生产前沿面上的投影(即目标值)、差距和差距百分比,结果如表 6 所示。

表 6 工业企业 6 的目标值、差距和差距百分比

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
实际值	0.056	0.056	0.69	0.65	0.58	0.28	0.082
目标值	0.079	0.086	1.033	0.988	0.859	0.398	0.125
差距	0.053	0.030	0.343	0.338	0.279	0.189 4	0.043
差距百分比	0.946	0.534	0.534	0.520	0.481	0.423	0.534

从表 6 中可以得出,指标值 X1(创新经费投入)的差距最大,差距百分比为 94.6%,说明企业 6 的创新经费上投入与产出还有一定的差距。对原始值横向比较,其创新经费投入量相对其它企业处于中等水平,但产出相对其它企业却有很大差距,说明资金的利用效率比较低,在创新经费投入很大的情况下,却不能达到

预期的目的。国际上一般认为,研究和开发资金占销售收入 1 % 的企业难以生存,占 2 % 可以维持,占 5 % 以上的企业才有竞争力。然而在调查工业企业中,平均水平不到 0.5%。应大幅度提高这一比重,力争使这一比重达到或超过 2 % ,才能根本改变技术创新能力薄弱的现状。其次是指标值 X3(R&D 人员的积极性与协作能力)的差距百分比为 49.7%,说明企业各个部门之间的联系不够紧密,团队精神没有得到充分的体现,或者是因为该企业激励机制存在问题。考察指标 X6(激励机制综合评价),其差距百分比为 48.1%,说明该企业的激励机制相对较差,在管理层方面出现了问题,个人的积极性没有充分发挥。当今,人是创新的主体,是创新成败的决定因素,因此,工业企业必须高度重视和尊重人才,创造良好环境,构建富有成效的人才激励机制。管理层应该完善激励机制,进一步增强做好人才工作的责任感,使之全身心地投入到科研和技术开发工作中。R&D 人员的绝对数量对技术创新能力有很大的影响,但协作能力也已成为制约技术创新能力提高的更加重要的因素,应该引起该企业的足够重视。对于指标值 X4(设备的先进性)的差距百分比是 52%,说明其设备相对落后。从企业 6 的实际情况看,其 35%的设备是处于寿命期以外的低负荷运转,60%是 20 世纪 80 年代生产的,只有 30%是在 2000 年左右引进的。企业设备落后在很大程度上制约了技术创新能力的实施,即使在科研经费和人力资源上投入很大,其生产能力也不能达到预期的目标。因此改进的重点是加大企业在固定资产上的投入,加强工业企业间的合作,相互吸取其先进的管理方式,学习其先进的科学技术和引进先进的技术设备等。考察企业 6 的输出指标值,其指标值 X7(新产品产值率)实际值与目标值的差距百分比为 53.4%,说明企业即使实现了其实际生产计划,但是销售收入却没有达到预期的目标,导致新产品产值率偏低。考虑到投入要素的原因,比如指标 X6(营销费用投入比例),其指标值的差距百分比为 42.3%,与目标值也有很大的差距,因此,营销费用的投入问题也是影响新产品收益率的重点,制约了技术创新能力的实现。

对于其它指标,其分析方法也类似,对于这种技术有效性的分析,也可以使用复合 DEA 的方法,同时还可以引入具有“偏好锥”的综合 DEA 模型,各自具有优点,在此不再详述。

5 结论

运用数据包络分析(DEA)的理论和方法确定工业企业技术创新能力的评价模型,为技术创新能力的评价理论及其应用拓宽了思路,并提高了评价结果的客观性和准确性。数据包络分析不仅可以从总体上分析企业投入产出要素的有效性,而且在微观上分析了企业资源分配的合理性,得到了相关的管理信息,为工业企业调整资源分配,改进管理方法指明了方向。

参考文献 (References)

- [1] 盛昭瀚. DEA 理论、方法与应用[M]. 北京:科学出版社, 1996
- [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] 曹崇延,王淮学. 企业技术创新能力评价指标体系研究 [J]. 预测, 1998,(2):66~68
- [4] 马胜杰. 企业技术创新能力及其评价指标体系 [J]. 数量经济技术经济研究, 2002, (12):5~8
- [5] 曲国禹,刘学铭. 对建立企业技术创新能力评价指标体系的探讨[J]. 辽宁工学院学报,1993,(9):79~82

(责任编辑 李慧政)