

技术创新资本配置效率的实证分析

——以我国大型高新技术企业为例

刘 振 宋献中(博士生导师)

(暨南大学管理学院 广州 510630)

【摘要】 本文运用数据包络分析(DEA)和面板数据计量分析,对我国大型高新技术企业技术创新的资本配置效率进行了实证研究,并对如何进一步提高我国大型高新技术企业技术创新资本配置效率提出了建议。

【关键词】 高新技术企业 资本配置效率 DEA 面板数据

在当今知识经济时代,企业的技术创新能力不仅体现在技术转化成商品的速度上,而且更加凸显为自主创新能力的不断提升。技术创新的投入与产出效果,不仅是衡量公司治理效率、管理效率和竞争力的标准,而且是公司进行技术创新资本配置的依据。但是,关于技术创新资本配置效率的研究往往被学术界所忽视,即高新技术企业如何将有限的资本在不同来源的技术之间进行最佳配置。因此,本文采用DEA的投入产出分析方法和面板数据计量模型的相关性分析法,对我国大型高新技术企业技术创新的资本配置效率进行探索性研究。

一、技术创新资本配置效率的DEA分析

(一)DEA的模型设计

DEA是效率测度方法中前沿分析法的非参数方法,本文首先运用DEA中的C²R模型对我国大型高新技术企业的融资效率进行评价。

对已知的N个决策单元DMU,可采用DEA法来判断各个决策单元投入产出的合理性和有效性。对于某个选定的DMU₀,判断其有效性的C²R模型的对偶规划可表示为D₀。为使上述模型能用单纯形法求解并且简便易行,本文在模型中引进非阿基米德无穷小量 ε ,模型为D₁。

$$\begin{aligned} \min \theta & & \min \theta - \varepsilon (\sum S_j^- + \sum S_k^+) \\ \text{s.t. } \sum \lambda_i x_i + S_j^- &= \theta x_0 & \text{s.t. } \sum \lambda_i x_i + S_j^- = \theta x_0 \\ (D_0) \quad \sum \lambda_i y_i - S_k^+ &= y_0 & (D_1) \quad \sum \lambda_i y_i - S_k^+ = y_0 \\ \lambda_i \geq 0, i=1, 2, \dots, n & & \lambda_i \geq 0, i=1, 2, \dots, n \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 & & S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{aligned}$$

(二)C²R模型有效性判定定理及其经济学内涵

本文采用对偶规划的D₁模型来评价决策单元DMU₀的DEA有效性,其判定定理如下:

1. 判定定理一: 设 ε 为非阿基米德无穷小量,对偶规划D₁的最优解为 θ^* 、 λ^* 、 S_j^{-*} 、 S_k^{+*} 。

(1) $\theta^* = 1$,且 $S_j^{-*} = 0$, $S_k^{+*} = 0$,则决策单元DMU₀为DEA有效(C²R)。此时,决策单元DMU₀的效率同时达到技术有效和规模有效。即DMU₀在原投入 X_0 的基础上所获得的产出 Y_0 达到最优,并且可以证明被评价单元DEA有效与Pareto最优是等价的。

(2) $\theta^* = 1$, $S_j^{-*} \neq 0$ 或 $S_k^{+*} \neq 0$,则决策单元DMU₀为弱DEA有效(C²R)。此时,决策单元DMU₀的效率没有同时达到技术有效和规模有效。若某个 $S_j^{-*} > 0$,表明第j种投入闲置了 S_j^{-*} ;若某个 $S_k^{+*} > 0$,表明第k种产出不足为 S_k^{+*} 。即对于DMU₀的部分投入 X_0 可减少 S_j^{-*} 而保持原产出 Y_0 不变,或在投入 X_0 不变的情况下,可将部分产出 Y_0 提高 S_k^{+*} 。

(3) $\theta^* < 1$, $S_j^{-*} \neq 0$, $S_k^{+*} \neq 0$,则决策单元DMU₀为DEA无效(C²R)。 $\theta^* < 1$,表明决策单元DMU₀的效率既不是技术有效也不是规模有效。将决策单元中各分量的 S_j^{-*} 与对应的指标分量 S_j 的比值定义为投入冗余率,用 S_j^-/S_j 表示($j=1, 2$),将决策单元中 S_k^{+*} 与对应的指标分量 S_k 的比值定义为产出不足率,用 S_k^+/S_k 表示($k=1, 2$)。

2. 判定定理二: 设对偶规划D₁的最优解为 θ^* 、 λ^* 、 S_j^{-*} 、 S_k^{+*} 。若:① $k = \sum \lambda_i^* / \theta^* < 1$,则决策单元为规模效益递增;② $k = \sum \lambda_i^* / \theta^* = 1$,则决策单元为规模效益不变;③ $k = \sum \lambda_i^* / \theta^* > 1$,则决策单元为规模效益递减。

判定定理二的经济学含义为:“规模有效”是指规模收益不变,是介于规模收益递增和规模收益递减之间的最佳状态。一般来说,当生产处于规模收益递增状态时,厂商应该扩大生产规模;当生产处于规模收益递减状态时,厂商应该缩小生产规模。

(三)实证结果与分析

为了对我国大型高新技术企业技术创新的资本配置效率进行评价,本文选取与技术创新资本配置效率密切相关的两个投入指标和两个产出指标:①从技术创新资本配置支出角度来看,主要投入指标为:企业平均科技活动经费支出中购买、引进和应用技术所发生的支出(反映企业利用外部技术进行创新的投入强度,本文称为外部创新支出);企业平均科技活动经费支出中的新产品研发支出、购买科研仪器支出和技术活动劳务支出等(反映企业进行自主创新支出的投入强度,本文称为内部创新支出)。②反映技术创新资本配置产出效果的指标主要有企业平

均新产品销售收入(能够反映企业的技术成果转化能力)和专利申请数(能够反映自主创新的能力)。本文采用的数据主要来自《中国高技术产业统计年鉴》(2000~2006)。下面运用DEAP2.1软件,以年份作为决策单元,对1995~2005年进行C²R模型的DEA分析。具体分析结果见表1和表2。

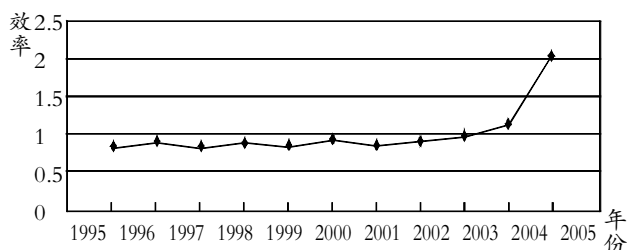
1. 效率与规模分析。

表1 资本配置效率与规模有效性判断

| DMU | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| θ | 0.844 | 0.895 | 0.816 | 0.855 | 0.827 | 0.928 | 0.842 | 0.893 | 0.961 | 1 | 1 |
| λ_{10} | 0.047 | 0.058 | 0.067 | 0.088 | 0.106 | 0.165 | 0.169 | 0.124 | 0.402 | 1 | |
| λ_{11} | | | | | | | | 0.076 | 0.502 | | 1 |
| $\sum \lambda_i$ | 0.047 | 0.058 | 0.067 | 0.088 | 0.106 | 0.165 | 0.169 | 0.2 | 0.904 | 1 | 1 |
| K | 0.056 | 0.065 | 0.082 | 0.103 | 0.128 | 0.178 | 0.201 | 0.224 | 0.941 | 1 | 1 |
| 规模性 | 递增 | 递增 | 递增 | 递增 | 递增 | 递增 | 递增 | 递增 | 递增 | 不变 | 不变 |

注:表1中 $k = \sum \lambda_i / \theta$ 表示规模有效性值;1995~2005年系数 $\lambda_1 \sim \lambda_9$ 的值为0。

根据C²R模型有效性判定定理,从表1可以看出:① $\theta=1$ 且 $K=1$ 的年份,有2004年和2005年,说明在2004年和2005年我国大型高新技术企业技术创新的资本配置效率DEA有效,不仅规模收益最佳,而且技术效率最佳。②1995~2003年, $\theta < 1$ 且 $K < 1$,说明1995~2003年我国大型高新技术企业技术创新的资本配置效率DEA无效,并且规模收益递增。③为了更好地反映技术创新的资本配置效率的变化趋势,本文运用DEA超效率分析法求出 θ_i 值,然后将 θ_i 值绘制成下图。可以直观地看出, θ_i 值从2001年开始逐年提高,说明我国大型高新技术企业技术创新的资本配置效率不断改善,并且在2004年和2005年达到DEA有效。我国大型高新技术企业技术创新和资本配置超效率如下图所示:



上图中,DEA超效率方法的效率判断方法为:如果 $\theta_i \geq 1$,那么DMU为有效;如果 $\theta_i < 1$,那么DMU为无效; θ_i 越大,效率越高(θ_i 是第*i*个被决策单元的总效率)。

2. 投入冗余率与产出不足率分析。本文根据投入冗余率和产出不足率的概念,分别计算出各年投入冗余率和产出不足率,计算结果见表2。从表2可以看出我国大型高新技术企业技术创新的资本配置效率主要具有以下特征:

(1)从技术创新支出来看,在所有年份我国大型高新技术企业的内部创新支出冗余率均为零($S_2^- / S_2 = 0$),说明企业内部创新支出利用率高,没有出现冗余现象;外部创新支出在1995~2003年出现冗余,并且冗余率呈现不稳定波动,这说明创新支出结构不合理,外部创新支出过多。

表2 各年度投入冗余率与产出不足率

| 类别 | 投入冗余率(%) | | 产出不足率(%) | |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | S_1^- / S_1 | S_2^- / S_2 | S_1^+ / S_1 | S_2^+ / S_2 |
| 符号 | | | | |
| 指标 | 外部创新冗余率 | 内部创新冗余率 | 技术转化不足率 | 自主创新不足率 |
| 1995 | 0.664 | 0 | 0 | 0.459 |
| 1996 | 0.579 | 0 | 0 | 1.007 |
| 1997 | 0.535 | 0 | 0 | 0.999 |
| 1998 | 0.248 | 0 | 0 | 0.740 |
| 1999 | 0.084 | 0 | 0 | 0.656 |
| 2000 | 0.279 | 0 | 0 | 0.640 |
| 2001 | 0.386 | 0 | 0 | 0.247 |
| 2002 | 0.500 | 0 | 0 | 0 |
| 2003 | 0.287 | 0 | 0 | 0 |
| 2004 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2005 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注:投入冗余率= S_1^- / S_1 ;产出不足率= S_k^+ / S_k 。

(2)从技术创新产出成果来看,在所有年份我国大型高新技术企业的技术成果转化能力不足率均为零($S_1^+ / S_1 = 0$),说明我国大型高新技术企业技术成果转化率高。但是自主创新能力在1995~2003年出现了产出不足现象,说明在2003年以前,我国大型高新技术企业的技术创新过多地依赖外部技术,而自主创新不足,这主要是因为创新支出结构不合理导致产出结构不合理。但是1996年以后,自主创新能力产出不足率呈现逐年下降趋势,说明我国大型高新技术企业自主创新能力不断提升。

二、技术创新资本配置效率面板数据计量分析

(一)面板数据计量模型的构建

为了进一步揭示资本配置对我国大型高新技术企业技术创新成果(技术转化能力和自主创新能力)的贡献和影响程度,本文采用面板数据计量模型加以分析,模型设计如下:

$$Y_{it}^n = \alpha_i + \beta_1 BUY_{it} + \beta_2 ASS_{it} + \beta_3 EMP_{it} + \beta_4 APP_{it} + \beta_5 SER_{it} + \mu_i$$

其中: $i=1,2,\dots,N$,代表第*i*个截面观察单位; $t=1,2,\dots,T$,代表第*t*个时间序列观察值; Y_{it}^n ($n=1,2$)是因变量,代表企业的技术成果转化能力和自主创新能力; BUY_{it} 、 ASS_{it} 、 EMP_{it} 、 APP_{it} 和 SER_{it} 为解释变量,分别代表大型高新技术企业技术创新的资本配置的不同支出; β_k ($k=1,2,\dots,5$)代表解释变量系数; μ_i 代表随机误差项。

(二)指标选取与数据来源

因变量为 Y_{it}^1 和 Y_{it}^2 , Y_{it}^1 用企业平均新产品销售收入表示, Y_{it}^2 用企业平均专利申请数表示。 BUY_{it} 、 ASS_{it} 、 EMP_{it} 、 APP_{it} 和 SER_{it} 等解释变量,分别用企业平均购买国内技术经费支出、引进和应用国外技术的经费支出、新产品开发经费支出、科技活动经费支出中的仪器设备费和劳务费等来表示。本文数据选自《中国高技术产业统计年鉴》,并经过平均化处理;截面观察单位为医药制造(YY)、航空航天制造(HK)、电子通信制造(DZ)、计算机制造(JSJ)、医疗仪器制造(YL)等5个横

截面观察单位;时间序列选取时间窗口为1995~2005年。

(三) 面板数据计量模型回归结果与分析

本文采取变截距模型,以更好地反映不同行业的大型高新技术企业在技术创新轨道和技术水平方面的差异,利用Eviews5.0计量软件,对模型进行回归分析,考虑到面板数据的异方差性和序列相关性,本文选择可行的EGLS回归分析法。

1. 技术成果转化能力分析。从表3可以看出:①在5%的显著性水平上,购买国内技术与新产品销售收入之间显著负相关,说明我国大型高新技术企业对国内技术市场的路径依赖可能不利于企业技术成果的转化。②在1%的显著性水平上,引进和应用国外技术支出、新产品开发支出和技术活动劳务支出与新产品销售收入之间显著正相关;从相关系数的大小来看, $\beta_5 > \beta_3 > \beta_2$,说明单位货币支出对技术成果转化能力的贡献由大到小依次为技术活动劳务支出(主要是指支付给科学家和工程师的劳务报酬)、新产品开发支出和引进及应用国外技术支出。 $Y_{it}^1 = \alpha_i + \beta_1 BUY_{it} + \beta_2 ASS_{it} + \beta_3 EMP_{it} + \beta_4 APP_{it} + \beta_5 SER_{it} + \mu_i$ 模型的回归分析结果如表3所示。

表3

| Variable | Coefficient(β_k) | t-Statistic | Prob. | |
|-------------------|--------------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| BUY _{it} | -11.585 7 ** | -1.866 86 | 0.068 4 | |
| ASS _{it} | 8.045 762 * | 4.1045 17 | 0.000 2 | |
| EMP _{it} | 11.768 64 * | 11.200 05 | 0 | |
| APP _{it} | -5.383 25 * | -3.191 08 | 0.002 6 | |
| SER _{it} | 18.060 64 * | 6.994 47 | 0 | |
| YY-C | -1 598.54 | -1.540 43 | 0.130 5 | |
| HK-C | -18 029.3 * | -5.252 56 | 0 | |
| DZ-C | -1 896.07 | -0.339 18 | 0.736 1 | |
| JSJ-C | 32 811.15 * | 3.709 37 | 0.000 6 | |
| YL-C | -6 949.94 ** | -2.470 65 | 0.017 3 | |
| R-squared | Adjusted R-squared | F-statistic | Prob(F-statistic) | Durbin-Watson stat |
| 0.985 071 | 0.982 085 | 329.920 1 | 0 | 2.044 275 |

注:*表示在1%的水平上显著,**表示在5%的水平上显著,***表示在10%的水平上显著。

2. 自主创新能力分析。从表4可以看出:①在5%的显著性水平上,购买国内技术与专利申请数之间显著负相关,说明我国大型高新技术企业对国内技术市场过度依赖,这不利于企业自主创新能力的提升。②在1%的显著性水平上,引进及应用国外技术支出与专利申请数之间显著正相关,说明由于发达国家与发展中国家之间存在技术势差,通过引进国外技术可以提高我国大型高新技术企业的自主创新能力。在1%的水平上,新产品开发支出与专利申请数之间显著正相关,说明新产品开发支出不仅有利于技术成果转化,而且有利于促进企业自主创新能力的提升。在5%水平上,技术活动劳务支出与自主创新能力之间显著正相关,说明对科学家和工程师的劳务支出有利于提升企业的自主创新能力。 $Y_{it}^2 = \alpha_i + \beta_1 BUY_{it} + \beta_2 ASS_{it} + \beta_3 EMP_{it} + \beta_4 APP_{it} + \beta_5 SER_{it} + \mu_i$ 模型的回归分析结果如表4所示。

表4

| Variable | Coefficient(β_k) | t-Statistic | Prob. | |
|-------------------|--------------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| BUY _{it} | -0.006 79 ** | -2.605 36 | 0.012 4 | |
| ASS _{it} | 0.0036 * | 4.347 875 | 0.000 1 | |
| EMP _{it} | 0.002 295 * | 4.450 673 | 0.000 1 | |
| APP _{it} | -0.001 77 * | -2.919 59 | 0.005 5 | |
| SER _{it} | 0.002 35 ** | 2.126 788 | 0.039 | |
| YY-C | 2.489 25 *** | 1.987 648 | 0.053 | |
| HK-C | -5.116 07 * | -4.254 26 | 0.000 1 | |
| DZ-C | -1.734 28 | -1.481 73 | 0.145 4 | |
| JSJ-C | -2.412 32 *** | -1.767 47 | 0.083 9 | |
| YL-C | 0.751 25 | 0.757 98 | 0.452 4 | |
| R-squared | Adjusted R-squared | F-statistic | Prob(F-statistic) | Durbin-Watson stat |
| 0.876 782 | 0.852 138 | 35.57 833 | 0 | 1.731 306 |

三、相关建议

为了进一步提高我国高新技术企业技术创新的资本配置效率,有必要对技术创新的资本配置结构进行适当调整。根据以上分析,笔者认为主要应从以下四个方面进行改进:

1. 适当减少购买国内技术支出。由于购买国内技术支出与技术成果转化能力和自主创新能力之间显著负相关,适当减少对国内技术的购买,有利于解决企业对国内技术市场的过度依赖问题。

2. 适当增加购买和应用国外技术支出。由于引进和应用国外技术与技术成果转化能力和自主创新能力之间显著正相关,企业可以利用发达国家与我国之间的技术势差提高企业的自主创新能力。

3. 加大对新产品开发的投入力度。新产品开发支出与企业的技术成果转化能力和自主创新能力显著正相关,这可能是由于多年的技术积累使企业自主研发的边际效率不断提高。因此,适当增加新产品开发支出,有利于提高技术成果转化能力和自主创新能力。

4. 适当增加技术人员的劳务报酬支出。由于技术活动劳务支出与企业的技术成果转化能力和自主创新能力之间显著正相关,说明增加技术人员的劳务报酬,可以提高技术人员的创新积极性,从而有利于提高企业的技术成果转化能力和自主创新能力。

【注】本文系广东省软科学项目“广东省高新技术企业投融资机制与资本配置效率研究”(项目编号为2005B70101065)部分研究成果。

主要参考文献

- 冯玉明.对中国证券市场资本配置效率的实证研究.证券市场导报,2003;7
- 潘文卿,张伟.中国资本配置效率与金融发展相关性研究.管理世界,2003;8
- 韩立岩,王哲兵.我国实体经济资本配置效率与行业差异.经济研究,2005;1
- Jeffrey Wurgler. Financial markets and the allocation of capital. Journal of Financial Economics,2000;58