

考虑非期望规模收益的创新型企业并购决策*

张晓明^{1,2} 王应明^{2,†} 施海柳³

摘要 根据创新型企业持续创新发展的需要, 针对创新型企业并购决策问题, 提出一种考虑到非期望产出的规模收益的并购决策方法. 首先, 基于仅限于期望产出的企业规模收益判断方法, 建立包含非期望产出的GDEA模型与WY-DEA模型; 其次, 利用GDEA模型判断弱WY-DEA有效并购方案的规模收益不变、递增、递减或拥挤四种状态; 然后, 在剔除规模收益拥挤的并购方案基础上, 利用交叉效率模型为被收购企业选择最优的收购方; 最后, 以算例说明方法的可行性与优势.

关键词 非期望产出, 规模收益, 并购决策, DEA模型改进, 可持续创新

中图分类号 O221.1, F270.5

2010 数学分类号 90B50

A merger and acquisition decision of innovative enterprises based on the undesirable return to scale*

ZHANG Xiaoming^{1,2} WANG Yingming^{2,†} SHI Hailiu³

Abstract For innovative enterprises, sustainable innovation is the key to obtain and maintain competitive advantage. However, after ten years of construction and development of innovative enterprises in China, some enterprises have shown the situation that they can weaken the ability of sustainable innovation, and even can not maintain innovation. According to the existing foundation of innovation and the need for their sustainable development of innovative enterprises, this paper expounds the significance of the merger and acquisition (M&A) as an important way to realize the sustainable innovation. At the same time, a method of M&A decision is proposed, which takes into account the return to scale (RTS) of undesirable output. Firstly, a Generalized Data Envelopment Analysis (GDEA) model and a WY-DEA model with undesirable output are established, which are based on the judgment method of scale income which is limited to the desirable output. Secondly, the Generalized DEA model is used to determine whether the RTS of the weak WY-DEA effective M&A schemes are constant, increasing, decreasing or crowded. Then on the basis of the elimination of the congestion plan, the

收稿日期: 2017-01-20

* 基金项目: 国家自然科学基金 (No.71371053), 2017 年福建省中青年教育科研项目 (科技类) (No. JAT170635), 福建省社科规划项目 (No. FJ2016B087)

1. 福建江夏学院教务处, 福州 350108; Dean's Office, Fujian Jiangxia University, Fuzhou 350108, China

2. 福州大学经济与管理学院, 福州 350116; School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China

3. 福建江夏学院电子信息科学学院, 福州 350108; School of Electronic Information Science, Fujian Jiangxia University, Fuzhou 350108, China

† 通信作者 E-mail: ymwang@fzu.edu.cn

cross efficiency model is used to select the optimal purchasing party. Finally, a numerical example is given to illustrate the feasibility and advantage of the method.

Keywords undesirable output, return to scale, merger and acquisition decision, improvement of DEA model, sustainable innovation

Chinese Library Classification O221.1, F270.5

2010 Mathematics Subject Classification 90B50

0 引言

可持续创新是创新型企业取得和保持竞争优势的关键,而并购是实现创新型企业可持续创新的一种重要途径.理想的并购,不仅可以有效提高创新型企业高成本性资源的利用率,而且可以实现创新资源在企业间的流动,促进创新机制的完善.当创新型企业持续创新能力减弱乃至无法维持创新时,可考虑与同类型企业开展并购活动.企业并购活动中,并购决策是其重要环节,合理的并购对象能够促使合并企业提高管理绩效、实现资源整合、优化资源配置;相反,不合理的并购对象不但不能为合并企业带来更高的收益,反而会增加合并企业的内耗.因此,如何利用科学的量化方法选择合理的并购对象成为并购决策的关键问题.

数据包络分析方法(Data Envelopment Analysis, DEA)是一种评价同性质决策单元有效性的非参数方法,已开始应用于并购决策的研究,此方面的研究主要从效率和规模等要素角度考虑对并购对象的选择及预测并购的成效.如Lin等人^[1]从效率与风险方面分析企业并购问题,为企业并购目标决策提供依据;Wu等人^[2]从规模收益角度对决策单元的并购与重组进行研究,识别被并购的企业;施海柳等人^[3,4]则同时从效率和规模的角度判断对最佳并购目标的选择;Lozano和Villa^[5]从效率角度预测并购后企业的成本效率和利润效率;Bogetoft和Wang^[6]则评价并购带来的潜在的效率收益等.但已有文献基本针对一般有并购需求的企业进行决策研究,少有文献针对创新型企业这一类特殊创新群体进行专门性的并购决策研究.对于创新型企业,效率提升是衡量其技术创新的最好方法^[7];对复杂的管理决策,以效率导向的绩效评价变得越来越重要^[8],因此,已有研究尽管未涉及创新型企业并购决策问题,但为本文开展的从效率及与其相关的规模收益角度进行的创新型企业并购决策研究奠定了基础.而另一方面,DEA方法用于纯粹的创新效率方面的研究也已较广泛,此方面的研究可分为两类,一类只考虑以经济等因素为主的期望产出^[9-13],另一类研究考虑到了以环境因素为主的非期望产出^[14-19].对于创新型企业,由于其高投入高风险高产出等方面的特性,一方面,企业追求创新成功带来的丰裕的期望产出,另一方面,企业同时面临着由于创新带来的并不乐观的非期望产出等,因此,已有的考虑到期望产出与非期望产出的研究也为创新型企业并购决策中的创新效率研究奠定了基础,但已有文献关于非期望产出的研究仍不多,且在非期望产出因素中多针对环境因素,未涉及类似创新型企业内部的资产负债率等非期望产出因素.

基于此,本文针对创新型企业可持续创新发展的需要,提出创新型企业并购决策问题,且在并购决策过程中,考虑创新型企业并购双方的期望产出的互补性和最大化及非期望产出的相互抑制和最小化,利用不同的DEA模型逐步对并购对象进行优化选择,最后以实例进一步说明创新型企业合理并购的意义及此并购决策方法在创新型企业并购对象选择应用中的可行性与优势.

1 相关理论与模型

规模收益是衡量企业可持续发展的重要指标,也是学者们关注的重点,现代经济学鼻祖马歇尔(Alfred Marshall)首先提出当企业在投入增加时,产出增加的比例超出(等于、小于)投入增加的比例,定义为规模收益递增(不变、递减);后来,Wei等人^[20]又研究了另一种“反常”状况,被称为“拥挤”迹象,即当投入增大时,产出不但不会增加,反而会减少。以下给出判断这四种规模收益状态的GDEA (Generalized Data Envelopment Analysis)模型和WY-DEA (Wei & Yan Data Envelopment Analysis)模型;作为进一步选择并购对象的依据,同时给出交叉效率模型。

1.1 GDEA 模型

DEA方法是一种非参数绩效评估方法。DEA方法一般是在一定的规模报酬(规模收益)假设下考察绩效状况。常用的绩效评估模型有CCR模型、BCC模型、FG模型和ST模型,分别对应于规模报酬不变、可变、非增、非减等技术假设^[21]。这四类模型可概括为GDEA模型形式。假设有 n 个决策单元(DMU),每个决策单元 $DMU_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 有 m 种投入和 s 种产出, $x_{ij} (i = 1, 2, \dots, m)$ 、 $y_{rj} (r = 1, 2, \dots, s)$ 分别为第 j 个决策单元的第 i 种投入和第 r 种产出,又设被评价单元 $DMU-j_0$ 输入输出为 (x_{ij_0}, y_{rj_0}) ,则输出导向型的GDEA模型如下:

$$\begin{aligned}
 & \max h_{j_0} \\
 & \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{ij_0} \quad i = 1, 2, \dots, m, \\
 & \quad \quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq h_{j_0} y_{rj_0} \quad r = 1, 2, \dots, s, \\
 & \quad \quad \delta_1 \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j + \delta_2 (-1)^{\delta_3} \lambda_{n+1} \right) = \delta_1, \\
 & \quad \quad \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n+1,
 \end{aligned} \tag{1.1}$$

其中 h_{j_0} 为被评价单元 $DMU-j_0$ 的相对效率; λ_j 为非负变量; $\delta_i (i = 1, 2, 3)$ 为0-1变量。设置变量 $(\delta_1, \delta_2, \delta_3)$ 为不同的向量值,则把GDEA模型分为以下几类:

- (1) 当 $(\delta_1, \delta_2, \delta_3) = (0, *, *)$ 时,模型(1.1)为CCR (Charnes & Cooper & Rhodes)模型;
- (2) 当 $(\delta_1, \delta_2, \delta_3) = (1, 0, *)$ 时,模型(1.1)为BCC (Banker & Charnes & Cooper)模型;
- (3) 当 $(\delta_1, \delta_2, \delta_3) = (1, 1, 0)$ 时,模型(1.1)为FG (Färe & Grosskopf)模型;
- (4) 当 $(\delta_1, \delta_2, \delta_3) = (1, 1, 1)$ 时,模型(1.1)为ST (Seiford & Thrall)模型^[22]。

1.2 WY-DEA 模型

设被评价单元为 DMU- j_0 , 输出 WY-DEA 模型^[23]如下所示, 各变量含义同模型(1.1).

$$\begin{aligned}
 & \max h_{j_0} \\
 & \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{ij_0} \quad i = 1, 2, \dots, m, \\
 & \quad \quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq h_{j_0} y_{rj_0} \quad r = 1, 2, \dots, s, \\
 & \quad \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \quad \quad \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n.
 \end{aligned} \tag{1.2}$$

联合使用 DEA 模型 WY、FG、ST 可分析判断决策单元规模收益状况. 当被评价单元 DMU- j_0 在输出 WY-DEA 模型下为弱 DEA 有效(决策单元弱 DEA 有效判断方法参见文献^[20])时, 则

- (1) DMU- j_0 为规模收益不变, 当且仅当 DMU- j_0 为 FG 弱有效, 并且为 ST 弱有效;
- (2) DMU- j_0 为规模收益递增, 当且仅当 DMU- j_0 为非 FG 弱有效, 并且为 ST 弱有效;
- (3) DMU- j_0 为规模收益递减, 当且仅当 DMU- j_0 为 FG 弱有效, 并且为非 ST 弱有效;
- (4) DMU- j_0 为规模收益拥挤, 当且仅当 DMU- j_0 为非 FG 弱有效, 并且为非 ST 弱有效^[20].

而当被评价单元 DMU- j_0 在输出 WY-DEA 模型下为非 DEA 有效时, 设该单元输入输出组合 (x_{ij_0}, y_{rj_0}) 在有效前沿面上投影为 $(\hat{x}_{ij_0}, \hat{y}_{rj_0})$, 则有 $\hat{x}_{ij_0} = x_{ij_0}$, $\hat{y}_{rj_0} = h_0 y_{rj_0}$. 然后利用投影 $(\hat{x}_{ij_0}, \hat{y}_{rj_0})$ 作为 DMU- j_0 新的输入输出, 判断 FG、ST 模型下该单元的有效性, 并以此判断决策单元规模收益状况, 判断方法同上.

1.3 交叉效率模型

交叉效率模型的优势是既考虑决策单元对自身的效率评价, 同时也考虑其他单元对决策单元的评价, 因此能从多角度对决策单元的效率进行评价, 相比其他 DEA 模型评价更为客观. 交叉效率模型有激进型、仁慈型与中立型三种. 其中, 中立型交叉效率模型^[24]如下:

$$\begin{aligned}
 & \max \delta \\
 & \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 1, \\
 & \quad \quad \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} = \theta_{kk}^*, \\
 & \quad \quad \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} \leq 0, j = 1, 2, \dots, n; j \neq k, \\
 & \quad \quad u_{rk} y_{rk} - \delta \geq 0, r = 1, 2, \dots, s, \\
 & \quad \quad v_{ik} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, \\
 & \quad \quad \delta \geq 0, u_{rk} \geq 0, r = 1, 2, \dots, s.
 \end{aligned} \tag{1.3}$$

模型(1.3)中, $u_{rk}(r = 1, \dots, s)$, $v_{ik}(i = 1, \dots, m)$ 和 δ 为决策变量, 且 u_{rk} , v_{ik} 分别表示第 j 个决策单元第 r 项产出与第 i 项投入的权重, δ 表示对于被评价单元, 存在一个变量, 小于被评价单元的任意产出, 目标函数最大化 δ 意味着使得被评价单元最小产出最大化; θ_{kk}^* 为事先由CCR-DEA模型得到的第 k 个决策单元相对效率值. 中立型交叉效率模型由于其目标与决策单元DMU $_k$ 以外的单元无关, 且投入产出权重也仅决定于决策单元自身, 因此相比激进型与仁慈型交叉效率模型, 在效率判断中具有更强的客观性.

2 考虑非期望产出的规模收益判断方法

由1.1节与1.2节中的FG、ST、WY等DEA模型对决策单元进行的规模收益状况的判断是只考虑期望产出的情况, 若产出同时考虑期望产出与非期望产出两种情况, 则规模收益状况判断通过下列方法进行.

2.1 考虑非期望产出的GDEA模型

假设有 n 个决策单元DMU $_j$ ($j = 1, 2, \dots, n$), 每个决策单元都有 m 项投入、 s 项期望产出和 k 项非期望产出. 记 x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$)为第 j 个决策单元DMU $_j$ 的第 i 种投入量, $x_{ij} > 0$; y_{rj} ($r = 1, 2, \dots, s$)为DMU $_j$ 的第 r 种期望产出量, $y_{rj} > 0$; z_{tj} ($t = 1, 2, \dots, k$)为DMU $_j$ 的第 t 种非期望产出量, $z_{tj} > 0$. 考虑非期望产出的生产可能集为:

$$T = \left\{ (x, y, z) \left| \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq x, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \geq y, \sum_{j=1}^n \lambda_j z_j \leq z, \\ \delta_1 \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j + \delta_2 (-1)^{\delta_3} v \right) = \delta_1, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{array} \right. \right\},$$

考察第 j_0 个决策单元DMU- j_0 , 建立非参数规划模型如下:

$$\begin{aligned} \max \quad & h_{j_0} = \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{ij_0}, i = 1, 2, \dots, m, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \alpha y_{rj_0}, r = 1, 2, \dots, s, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j \psi_{tj} \geq \beta \psi_{tj_0}, t = 1, 2, \dots, k, \\ & \psi_{tj} = M_t - z_{tj}, \\ & \delta_1 \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j + \delta_2 (-1)^{\delta_3} v \right) = \delta_1, \\ & \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n; v \geq 0, \alpha \geq 1, \beta \geq 1, \end{aligned} \quad (2.1)$$

其中 M_t 为充分大的数, h_{j_0} 为DMU- j_0 的考虑期望产出与非期望产出的效率. 模型(2.1)与模型(1.1)相比, 增加了第三、四个约束条件, 其作用是把非期望产出作为产出的一部分, 使产出指标考虑更全面、实际, 且通过第四个约束中充分大的数 M_t 使第三个约束发挥作用的同时体现第四个约束中非期望产出量 z_{tj} 的约束作用, 目的是抑制非期望产出的增加.

定理 2.1 若 $\lambda_j^* \geq 0 (j = 1, 2, \dots, n)$, α^*, β^* 是模型(2.1)的最优解, 则决策单元 DMU- j_0 为 DEA 有效的充分必要条件是 $\alpha^* = 1, \beta^* = 1$.

证明 先证充分性, 即证: $\alpha^* = 1, \beta^* = 1 \Rightarrow$ DMU- j_0 为 DEA 有效.

假设 DMU- j_0 为非 DEA 有效, 则说明 DMU- j_0 的期望产出可以进一步地提高, 非期望产出也可以进一步地降低, 即存在一个决策单元 DMU $_p$, 其期望产出 $y_p > y_{j_0}$, 非期望产出 $z_p < z_{j_0}$ ($\psi_p > \psi_{j_0}$), 则有 $\alpha^* > 1, \beta^* > 1$, 这与 $\alpha^* = 1, \beta^* = 1$ 相矛盾, 故 DMU- j_0 为 DEA 有效.

再证必要性, 即证 DMU- j_0 为 DEA 有效 $\Rightarrow \alpha^* = 1, \beta^* = 1$.

假设 α^* 和 β^* 中至少有一个不为 1, 不妨设 $\alpha^* > 1, \beta^* = 1$, 根据模型(2.1)的约束条件有:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq x_{ij_0}, i = 1, 2, \dots, m, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq \alpha y_{rj_0} > y_{rj_0}, r = 1, 2, \dots, s, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j \psi_{tj} &\geq \psi_{tj_0}, t = 1, 2, \dots, k, \\ \psi_{tj} &= M_t - z_{tj}, \\ \delta_1 \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j + \delta_2 (-1)^{\delta_3 v} \right) &= \delta_1, \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n; v \geq 0, \alpha \geq 1, \beta \geq 1, \end{aligned}$$

其中 M_t 为充分大的数. 又因为

$$\left(\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{1j}, \dots, \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{mj} \right), \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{1j}, \dots, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{sj} \right), \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j z_{1j}, \dots, \sum_{j=1}^n \lambda_j z_{kj} \right) \right) \in T,$$

所以可在生产可能集中找到一个决策单元 DMU $_q$, 其期望产出 $y_q > y_{j_0}$, 非期望产出 $z_q = z_{j_0}$ ($\psi_q = \psi_{j_0}$), 显然, DMU- j_0 为非 DEA 有效, 这与 DMU- j_0 为 DEA 有效相矛盾. 当 $\alpha^* \neq 1$ 或 $\beta^* \neq 1$ 时的其他情况类似可证. 故有: $\alpha^* = 1, \beta^* = 1$.

模型(2.1)第 5 个约束中 $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ 取不同值时代表不同的模型, 当 $(\delta_1, \delta_2, \delta_3) = (0, *, *)$ 时, 模型(2.1)具体为考虑非期望产出的 CCR-DEA 模型, 即模型(2.2), 其中 M_t 为充分大的数.

$$\begin{aligned} \max \quad & h_{j_0} = \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{ij_0}, i = 1, 2, \dots, m, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \alpha y_{rj_0}, r = 1, 2, \dots, s, \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j \psi_{tj} \geq \beta \psi_{tj_0}, t = 1, 2, \dots, k, \\ & \psi_{tj} = M_t - z_{tj}, \\ & \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n; \alpha \geq 1, \beta \geq 1. \end{aligned} \tag{2.2}$$

2.2 考虑非期望产出的 WY-DEA 模型

建立考虑非期望产出的 WY-DEA 模型, 即模型(2.3).

$$\begin{aligned}
 \max \quad & h_{j_0} = \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = x_{ij_0}, i = 1, 2, \dots, m, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \alpha y_{rj_0}, r = 1, 2, \dots, s, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j \psi_{tj} \geq \beta \psi_{tj_0}, t = 1, 2, \dots, k, \\
 & \psi_{tj} = M_t - z_{tj}, \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n; \alpha \geq 1, \beta \geq 1,
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

其中 M_t 为充分大的数. 模型(2.3)与模型(1.2)相比, 增加了第三、四个约束条件, 体现了非期望产出量 z_{tj} 的约束作用, 具体说明同模型(2.1)的说明.

定理 2.2 若 $\lambda_j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, n)$, α_0, β_0 为模型(2.3)的最优解, 则决策单元 DMU- j_0 为 WY 模型的 DEA 有效的充分必要条件是 $\alpha_0 = 1, \beta_0 = 1$, 即 $h_0 = (\alpha_0 + \beta_0)/2 = 1$.

证明同定理 2.1, 此处略.

定理 2.3 期望产出 y_j 的期望规模收益与非期望产出 z_j 非期望规模收益一致.

证明 对于决策单元 DMU- j_0 , 投入产出组合为 $(x_{ij_0}, y_{rj_0}, z_{tj_0})$, 由约束条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \alpha y_{rj_0}$ 和 $\sum_{j=1}^n \lambda_j \psi_{tj} \geq \beta \psi_{tj_0}$ 可知: y_{rj_0} 和 ψ_{tj_0} 同等视为期望产出, 规模收益判断方法具有一致性; 若 ψ_{tj_0} 规模收益递增, 则当 $k > 1$ 时, 有 $f(kx_{ij_0}) > k\psi_{tj_0}$, 因为 $\psi_{tj_0} = M_t - z_{tj_0}$, 所以 $f(kx_{ij_0}) > k(M_t - z_{tj_0})$, 则有 $f(kx_{ij_0}) - kz_{tj_0} > kM_t - 2kz_{tj_0}$, 又因为 M_t 为充分大的数, 所以 $f(kx_{ij_0}) - kz_{tj_0} > 0$, 显然 ψ_{tj} 和 z_{tj} 规模收益相一致.

当 $1 > k > 0$ 时, 证明过程相同. 若 ψ_{tj_0} 规模收益不变、递减或拥挤, 证明方法同上.

2.3 考虑非期望产出的规模收益判断

当被评价单元 DMU- j_0 为考虑非期望的弱 WY-DEA 有效时, 利用下述规模收益判断方法做出决策单元 DMU- j_0 规模收益不变、递增、递减与拥挤的判断, 即:

- (1) DMU- j_0 为规模收益不变, 当且仅当 DMU- j_0 为 FG 弱有效, 并且为 ST 弱有效;
- (2) DMU- j_0 为规模收益递增, 当且仅当 DMU- j_0 为非 FG 弱有效, 并且为 ST 弱有效;
- (3) DMU- j_0 为规模收益递减, 当且仅当 DMU- j_0 为 FG 弱有效, 并且为非 ST 弱有效;
- (4) DMU- j_0 为规模收益拥挤, 当且仅当 DMU- j_0 为非 FG 弱有效, 并且为非 ST 弱有效.

当被评价单元 DMU- j_0 在输出 WY-DEA 模型下为非 DEA 有效时, 设该单元输入输出组合 $(x_{ij_0}, y_{rj_0}, \psi_{tj})$ 在有效前沿面上的投影为 $(\hat{x}_{ij_0}, \hat{y}_{rj_0}, \hat{\psi}_{tj_0})$, 有 $\hat{x}_{ij_0} = x_{ij_0}, \hat{y}_{rj_0} = \alpha_0 y_{rj_0}, \hat{\psi}_{tj_0} = \beta_0 \psi_{tj_0}$, 则投影 $(\hat{x}_{ij_0}, \hat{y}_{rj_0}, \hat{\psi}_{tj_0})$ 为输出 WY-DEA 模型下弱 DEA 有效. 利用投影 $(\hat{x}_{ij_0}, \hat{y}_{rj_0}, \hat{\psi}_{tj_0})$ 作为 DMU- j_0 新的输入输出组合, 判断 FG、ST 模型下该单元的有效性, 并以此判断决策单元规模收益状况, 判断方法同上.

3 创新型企业并购决策过程

并购决策是一个涉及并购对象识别、可行并购对象筛选和并购对象优化选择的复杂决策过程。

3.1 识别被并购企业

效率差异性理论认为,存在效率差异的企业并购过程中会出现“外溢效应”或“拔靴效应”,效率低的一方的效率在并购过程中得到提高和改善^[25]。在创新型企业并购过程中,通过考虑含非期望产出的CCR模型得到的综合效率高低识别各创新型企业可持续创新能力的高低,以此识别需要并购的企业并确定被并购企业。具体而言,即利用模型(2.2)计算得到 h_0 值,并以 $p_0 = 1/h_0 = 2/(\alpha + \beta)$ 作为各被评价单元(各创新型企业)的相对效率;同时,决策过程中,假设效率最低的创新型企业为获取持续创新能力需要被并购,其他创新型企业愿意作为收购方。

3.2 并购方案规模收益判断

规模收益的判断是为了筛选出可行的并购对象。规模收益存在递增、递减、不变与拥挤四种状况,拥挤状态指当企业在投入增加时,产出不但不会增加,反而会减少,因此,若并购后企业呈现“规模收益拥挤”状态,显然是一种不可取的状态,对此类并购方案必须予以剔除。

在创新型企业进行并购后,原有企业规模必然增大,而企业规模增大给企业既带来积极的影响,如扩大市场占有率,打破行业壁垒等;同时也产生消极的影响,如规模收益呈现拥挤状况等。因此,需要判断被收购方与不同可能的收购方合并构成的不同并购方案的规模收益状况。

本文利用改进的DEA模型(2.1)、(2.3)对并购企业规模收益状况进行判断,即:利用考虑非期望产出的GDEA模型判断弱WY-DEA有效并购方案的规模收益不变、递增、递减和拥挤四种状态,并依此剔除规模拥挤的并购方案,筛选出可行的并购对象。

3.3 并购对象的优化选择

被收购方与各可行并购对象分别形成多种可行并购方案,不同的可行并购方案创新效率存在差异,其创新效率高低进一步体现了其并购效果的优劣差异。为了实现可行并购方案的有效排序,本文采用具有较强客观性的中立型交叉效率模型,即模型(1.3)作为可行并购方案创新效率评价与区分的根据,并依此选择最优并购对象,确定最佳并购方案。

4 考虑非期望产出并购决策模型的实证研究

4.1 并购决策过程变量的选择

创新型企业并购决策过程主要以各种DEA模型得到的创新效率判别被收购方并选择收购方,创新效率评价指标(变量)包括各创新型企业与创新活动相关的主要投入产出指标,其中,采用创新投入指标3项,分别为 x_1 : R&D投入强度; x_2 : 企业从事R&D科技人员总数占企业从业职工总数比例; x_3 : 企业每年用于职工教育、培训、学习经费支出占计税工资总额的比例。创新投入状况体现了企业资源配置的导向,是反映企业创新意识、衡量企业创新动力的重要指标^[26]。同时,采用的创新产出指标包括5项期望产出指标与2项

非期望产出指标. 期望产出指标分别为 y_1 : 企业千名研发人员拥有授权专利数; y_2 : 企业主营业务收入增长率; y_3 : 企业新产品(新服务)销售收入占主营业务总收入比重; y_4 : 企业税后利润增长率; y_5 : 企业全员劳动生产率. 创新期望产出反映了企业创新活跃程度和实现状况以及通过创新实现的经济效益情况. 非期望产出指标分别为 z_1 : 企业人员流失率; z_2 : 企业资产负债率. 由于创新的高投入性, 使得企业资产负债率相比一般企业更高; 而由于创新人才的特质性与稀缺性, 当企业持续创新能力减弱乃至无法创新时, 创新人员易于流向强势的创新企业, 而企业资产与人力资源则是企业创新的根本, 因而采用的两个非期望产出指标反映了企业由于创新带来的主要的负面影响.

4.2 研究样本的选取

研究对象为 2006 年至今已命名的福建省省级创新型企业(含国家级创新型(试点)企业). 研究样本取自这些企业中的 20 家企业, 研究样本亦即研究模型中的 20 个决策单元. 为满足并购基本要求, 选择的 20 家创新型企业为同一类型企业, 即电子设备制造业. 20 个决策单元(企业)分别用 $DMU_1, DMU_2, \dots, DMU_{20}$ 表示.

4.3 效率计算与被收购方的识别

利用考虑非期望产出的 CCR-DEA 模型即模型(2.2), 计算得到 h_{j_0} 值, 并以 $p_0 = 1/h_{j_0} = 2/(\alpha + \beta)$ 作为各决策单元(各创新型企业)的相对效率; 20 个决策单元 DEA 有效性情况如表 1 所示.

表 1 基于 CCR 模型的效率(p)

企业	DMU_1	DMU_2	DMU_3	DMU_4	DMU_5	DMU_6	DMU_7	DMU_8	DMU_9	DMU_{10}
效率(p)	0.71	0.74	1	1	0.66	1	0.51	1	1	1
企业	DMU_{11}	DMU_{12}	DMU_{13}	DMU_{14}	DMU_{15}	DMU_{16}	DMU_{17}	DMU_{18}	DMU_{19}	DMU_{20}
效率(p)	0.72	1	1	1	1	0.72	1	1	1	1

由表 1 可知, 20 家企业中, 14 家企业为 DEA 有效(效率为 1), 6 家企业为非 DEA 有效(效率小于 1). 在非有效企业中, 企业 DMU_7 效率最低, 为了使其效率得到提升, 假设企业 DMU_7 希望与其他企业进行并购, 即企业 DMU_7 愿意作为被收购方, 同时又假设其他的 19 家企业愿意作为收购方, 则 DMU_7 希望在 19 家企业中选取最理想的企业(收购方)进行并购.

4.4 规模收益判断

利用考虑非期望产出的 FG、ST、WY 等 DEA 模型对并购后的弱有效决策单元进行规模收益不变、递增、递减与拥挤的判断. 首先, 企业 DMU_7 分别与其他 19 家企业进行并购形成并购方案, 也称新企业 $DMU_{7,j}$ ($j = 1, \dots, 6, 8, \dots, 20$), 且每个新企业与其他未并购的 18 家企业进行效率比较, 由模型(2.3)得到各 $DMU_{7,j}$ 对应的 $\alpha_{r,7j}, \beta_{t,7j}$ 值及效率值 h_{7j} . 当决策单元 DMU_{7j} 为输出 WY-DEA 模型下非 DEA 有效时, 固定投入不变, 以对应的 $\alpha_{r,7j}, \beta_{t,7j}$ 值分别对 $y_{rj}, \psi_{t,7j}$ 进行调整. 设决策单元 $(x_{i,7j}, y_{r,7j}, \psi_{t,7j})$ 的投影为 $(\hat{x}_{i,7j}, \hat{y}_{r,7j}, \hat{\psi}_{t,7j})$, 则有 $\hat{x}_{ij} = x_{ij}, \hat{y}_{rj} = \alpha_{r,7j} y_{r,7j}, \hat{\psi}_{t,7j} = \beta_{r,7j} \psi_{r,7j}$. 然后利用投影 $(\hat{x}_{ij_0}, \hat{y}_{rj_0}, \hat{\psi}_{tj_0})$ 作为 DMU_{j_0} 新的输入输出值判断 FG、ST 模型下该单元的有效性, 并以此判断决策单元(各并购方案)规模收益状况, 如表 2 所示.

表 2 19 种并购方案的规模收益情况

并购方案	DMU _{7,1}	DMU _{7,2}	DMU _{7,3}	DMU _{7,4}	DMU _{7,5}	DMU _{7,6}	DMU _{7,8}	DMU _{7,9}	DMU _{7,10}	DMU _{7,11}
FG	非有效	非有效	非有效	非有效	非有效	有效	有效	非有效	非有效	非有效
ST	有效	有效	非有效	非有效	有效	有效	有效	非有效	非有效	有效
规模收益	递减	递减	拥挤	拥挤	递减	不变	不变	拥挤	拥挤	递减
并购方案	DMU _{7,12}	DMU _{7,13}	DMU _{7,14}	DMU _{7,15}	DMU _{7,16}	DMU _{7,17}	DMU _{7,18}	DMU _{7,19}	DMU _{7,20}	
FG	有效	非有效	非有效	非有效	非有效	有效	有效	非有效	有效	
ST	有效	有效	非有效	非有效	有效	有效	有效	有效	有效	
规模收益	不变	递减	拥挤	拥挤	递减	不变	不变	递减	不变	

由表 2 可知, 19 种并购方案中, 存在 6 种并购方案(并购后形成的新企业)DMU_{7j}规模收益为“拥挤”, 由于规模拥挤意味着一种投入过度的状况, 即随着投入的增加, 产出不增加反而减少, 因此, 这 6 种并购方案是不可取的, 予以剔除. 在其他 13 种并购方案中, 规模收益不变的方案有 7 种, 规模收益递减的方案有 6 种. 由于并购后的企业规模收益不变, 说明随着投入的增加, 产出增加的倍数等于投入增加的倍数; 规模收益递减, 说明随着投入的增加, 产出增加的倍数小于投入增加的倍数, 但产出仍为增加的, 因此由表 2 得到的规模收益不变与规模收益递减的 13 种并购方案均为可行的并购方案.

4.5 最优并购对象的选择

利用中立型交叉效率模型对进行规模收益判断筛选后的可行并购方案进一步决策, 以并购后每个方案的平均交叉效率进一步衡量并购效果, 选择平均交叉效率最大的并购方案作为最优并购方案.

在可行的 13 种并购方案中, 利用中立型交叉效率模型, 即模型(1.3), 选取最理想的并购方案. 根据模型(1.3)得到 13 种并购方案的平均交叉效率数值计算过程如表 3 所示. 表 3 中 θ_{nk} 表示利用第 n 个决策单元自评过程所得权重对第 k 个决策单元进行他评得到的效率值.

表 3 13 种并购方案的平均交叉效率数值计算过程

DMU- j_0	DMU _k				平均交叉效率
	1	2	...	19	
DMU _{7,1}	θ_{11}	θ_{12}	...	$\theta_{1,19}$	$\frac{1}{19} \sum_{k=1}^{19} \theta_{1,k}$
DMU _{7,2}	θ_{21}	θ_{22}	...	$\theta_{2,19}$	$\frac{1}{19} \sum_{k=1}^{19} \theta_{2,k}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
DMU _{7,20}	$\theta_{13,1}$	$\theta_{13,2}$...	$\theta_{13,19}$	$\frac{1}{19} \sum_{k=1}^{19} \theta_{13,k}$

表 3 中“平均交叉效率”表示每一种并购方式形成的单元 DMU_{7j}自评效率与他评效率的平均值, 其中他评效率为未进行并购的 18 个企业利用 DEA 模型获得的权重对 DMU_{7j}评价的效率. 于是得到 13 种并购方案 DMU_{7j}的平均交叉效率值如表 4 所示.

表 4 13 种并购方案的平均交叉效率值

并购方案	DMU _{7,1}	DMU _{7,2}	DMU _{7,5}	DMU _{7,6}	DMU _{7,8}	DMU _{7,11}	DMU _{7,12}
平均交叉效率	0.332	0.298	0.275	0.331	0.378	0.262	0.384
并购方案	DMU _{7,13}	DMU _{7,16}	DMU _{7,17}	DMU _{7,18}	DMU _{7,19}	DMU _{7,20}	
平均交叉效率	0.283	0.309	0.421	0.431	0.326	0.409	

由表 4 可知, 企业 DMU_{18} 是企业 DMU_7 选择的最理想的并购方, 因为两者并购后的单元 $DMU_{7,18}$ 相对其他非规模收益拥挤的 12 种并购方案, 效率最高, 其平均交叉效率为 0.431.

4.6 最优并购对象选择方法的比较

上述研究过程先对并购后的方案进行规模收益的判断, 对规模收益“拥挤”的并购方案先予以剔除, 再选择理想的并购方. 为强调说明规模收益判断对并购对象决策的必要性与意义, 图 1 对 6 种规模“拥挤”并购方案剔除前后最优并购对象选择结果进行了比较. 为图示简便, 并购方案 $DMU_{7,j}$ 在图 1 中简单标识为 D_j . 图 1 中实线所连方形点表示非规模拥挤的 13 种并购方案的平均交叉效率情况, 虚线所连菱形点未被方形点覆盖部分表示规模拥挤的 6 种并购方案的平均交叉效率情况.

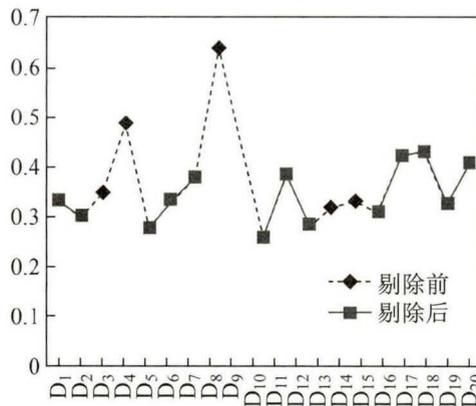


图 1 规模收益拥挤的并购方案剔除前后平均交叉效率比较

由图 1 可知, 若单从规模拥挤方案剔除前的 19 种并购方案的平均交叉效率值来看, 企业 DMU_9 是企业 DMU_7 的最佳并购方, 因为相对其他并购方式, 其并购后的效率最高, 效率值为 0.643. 然而, 由表 2 表明, 企业 DMU_9 与 DMU_7 并购而成的新企业 $DMU_{7,9}$ 规模收益呈“拥挤”状况, 即随着产量的增加, 产出减少, 亦即期望产出减少且非期望产出增加, 因此是不可取的并购方案. 实际上, 规模拥挤的 6 种并购方案中, $DMU_{7,4}$ 的平均交叉效率同 $DMU_{7,9}$ 一样也高于各非规模拥挤并购方案的最高效率, 即高于 $DMU_{7,18}$ 的平均交叉效率. 由此说明, 没有预先经过规模收益判断筛选的方案, 仅以并购后的效率判断其最优并购对象, 尽管这样得到的并购方案的效率更高, 但由于选取的方案可能出现规模拥挤的状态, 不合实际并购的要求, 因此是不科学的.

5 研究结论

鉴于创新型企业提升持续创新能力的需要, 本文提出了对同一产业领域的创新型企业进行并购的决策方法, 并得到如下结论: (1) 该方法考虑到了企业创新产出不仅包含经济利润等期望产出, 而且包含资产负债率等非期望产出, 使得能够对企业创新效率评价的期望指标与非期望指标区别对待, 评价结果更科学、全面. (2) 该方法先对并购方案进行规模收益判断再以效率高低选择最优并购对象, 排除了对规模收益拥挤的并购方案的选择, 使决策过程更合理. 通过算例, 也验证了该方法的可行性与可取性. (3) 该研究以不同

DEA 模型为依据,以效率为导向对创新型企业的并购问题进行决策研究,研究结果客观,可为国家科技部、各省科技厅等政府相关部门对创新型企业建设与发展过程的管理与指导提供决策参考。(4) 由于创新型企业的创新特性及其相应存在的高投入高风险等方面的特点,创新型企业的并购决策问题需要更有针对性的 DEA 模型解决不同产业领域企业的并购需要,值得进一步研究。

参考文献

- [1] Lin L, Kuo H C, Lin I L. Merger and optimal number of firms: an integrated simulation approach [J]. *Applied Economics*, 2011, **40**(18): 2413-2421.
- [2] Wu J, An Q, Liang L. Mergers and acquisitions based on DEA approach [J]. *International Journal of Applied Management Science*, 2011, **3**(3): 227-240.
- [3] 施海柳, 王应明, 陈圣群. 考虑效率和规模的企业并购匹配策略 [J]. *系统科学与数学*, 2015, **35**(6): 695-706.
- [4] 施海柳, 王应明, 陈圣群. 不完全信息下考虑效率和规模的多时点并购决策 [J]. *运筹学学报*, 2015, **19**(1): 65-77.
- [5] Lozano S, Villa G. DEA-based pre-merger planning tool [J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2010, **61**(10): 1485-1497.
- [6] Bogetoft P, Wang D. Estimating the potential gains from mergers [J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2005, **23**(2): 145-171.
- [7] Cruz-Cázares C, Bayona-Sáez C, García-Marco T. You can't manage right what you can't measure well: technological innovation efficiency [J]. *Research Policy*, 2013, **42**(6): 1239-1250.
- [8] Kou M, Chen K, Wang S, et al. Measuring efficiencies of multi-period and multi-division systems associated with DEA: an application to OECD countries' national innovation systems [J]. *Expert Systems with Applications*, 2015, **46**(C): 494-510.
- [9] 李刘艳. 基于DEA分析法的高新技术企业创新效率研究 [J]. *科技管理研究*, 2013(18): 171-174.
- [10] 陈泽聪, 徐钟秀. 我国制造业技术创新效率的实证分析—兼论与市场竞争的相关性 [J]. *厦门大学学报(哲学社会科学版)*, 2006, (6): 122-128.
- [11] 熊飞, 郑茜, 唐葆君. 基于DEA方法的高新技术企业创新效率研究—以丰台科技园为例 [J]. *中国管理科学*, 2012, **20**(S2): 696-701.
- [12] 罗思民. 创新基金项目后绩效评价——基于福建省数据的实证研究 [J]. *技术与创新管理*, 2014, **35**(6): 567-571.
- [13] Hashimoto A, Haneda S. Measuring the change in R & D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry [J]. *Research Policy*, 2008, **37**(10): 1829-1836.
- [14] Zhang H, Su X, Ge S. A Slacks-based measure of efficiency of electric arc furnace activity with undesirable outputs [J]. *Journal of Service Science and Management*, 2011, **4**(2): 227-233.
- [15] Goto M, Otsuka A, Sueyoshi T. DEA (Data Envelopment Analysis) assessment of operational and environmental efficiencies on Japanese regional industries [J]. *Energy*, 2014, **66**(4): 535-549.
- [16] Sueyoshi T, Goto M. Environmental assessment for corporate sustainability by resource utilization and technology innovation: DEA radial measurement on Japanese industrial sectors [J]. *Energy Economics*, 2014, **46**(11): 295-307.
- [17] Sueyoshi T, Goto M. DEA radial measurement for environmental assessment: a comparative study between Japanese chemical and pharmaceutical firms [J]. *Applied Energy*, 2014, **115**(4): 502-513.
- [18] Reinhard S, Lovell C A K, Thijssen G J. Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables: estimated with SFA and DEA [J]. *European Journal of Operational Research*, 2000, **121**(2): 287-303.

- [19] 宋马林, 吴杰, 杨力, 等. 非期望产出、影子价格与无效决策单元的改进[J]. 管理科学学报, 2012, 15(10): 1-10.
- [20] Wei Q, Yan H. Congestion and returns to scale in Data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 2004, 153(3): 641-660.
- [21] 马赞甫, 刘妍珺. 四类 DEA 模型相互关系及其在计算中的应用 [J]. 系统工程学报, 2011, 26(4): 558-565.
- [22] Yu G, Wei Q, Brockett P, et al. Construction of all DEA efficient surfaces of the production possibility set under the Generalized Data Envelopment Analysis Model [J]. *European Journal of Operational Research*, 1996, 95(3): 491-510.
- [23] 魏权龄. 评价相对有效性的数据包络分析模型—DEA 和网络 DEA [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2012.
- [24] Wang Y M, Chin K S. A neutral DEA model for cross-efficiency evaluation and its extension [J]. *Expert Systems with Applications*, 2010, 37(5): 3666-3675.
- [25] Martynova M, Renneboog L. Spillover of corporate governance standards in cross-border mergers and acquisitions [J]. *Journal of Corporate Finance*, 2008, 14(3): 200-223.
- [26] 中国创新型企业发展报告编委会. 2013~2014 中国创新型企业发展报告 [M]. 北京: 经济管理出版社, 2015.