臺大管理論叢 2012/12
第23卷第1期 151-174
DOI: 10.6226/NTURM2012.JUL.R08040

海外直接投資對台灣生技廠商營運績效影響之研究

Analysis of FDI on Performance of Taiwan's Biotech Firms

李揚／國立高雄大學經營管理研究所教授
Yang Li, Professor, Institute of Business and Management, National University of Kaohsiung

鄭舜仁／正修科技大學經營管理研究所副教授
Shuenn-Ren Cheng, Associate Professor, Department of Business Administration, Cheng Shiu University

李威龍／國立高雄應用科技大學國際企業學系副教授
Wei-Long Lee, Associate Professor, Department of International Business, National Kaohsiung University of Applied Sciences

夏松喬／興成資訊公司總經理
Song-Chiao Hsiao, General Manager, Xing-Cheng Information CO.

Received 2008/10, Final revision received 2011/7

摘 要

人類基因體計畫於2003年完成人類基因解碼，開啟「後基因時代」。許多國家紛紛加速發展生技產業，擬定策略、推動各項計畫搶佔先機，台灣亦積極將生技產業列為「兩兆雙星」計畫的產業之一。台灣生技廠商除了在國內積極發展之外，亦從事海外直接投資 (FDI) 以期能夠提昇自身的競爭力與效率。本研究採用非射線差額變量模型探討海外直接投資對台灣生技廠商之經營績效影響，並進一步將其分解成純技術效率、規模效率、及混合效率。樣本取自於台灣經濟新報資料庫，包括63家廠商，共計188筆觀測值，研究期間為2003年至2005年。實證結果顯示：FDI可有效提升台灣生技廠商之混合效率及規模效率成分，且降低資本無效率；此外，台灣生技廠商較適當的研發策略為較高之研發投資以增加新產品研發成功之機會，或專注於製造生產之低度研發投資策略。其他發現包括：(1) 台灣生技廠商的效率偏低，尚有73.75%的改善空間 (2) 若忽略混合效率，大約高估台灣生技廠商效率達37.91%；(3) 無效率的主要來源為原物料無效率。

【關鍵字】生技廠商、國際直接投資、研發

Abstract

After the completion of human genome project (HGP) in 2003, biology went into "post-genome era." Many countries have marked different approaches in craving out a niche in the biotech arena. Taiwan also proposed the "Two Trillions, Twin Stars plan" to advance biotech industry. Taiwan's biotech firms not only expanded in the domestic market, but also engage in foreign direct investment (FDI) in order to enhance their competitiveness and efficiency. This study applies the slack-based measure (SBM) to analyze how FDI affects the operating efficiency of Taiwan's biotech firms. We further decompose the technical efficiency into three components: mixed efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency. The data set, obtained from Taiwan Economic Journal, consists of 63 Taiwan's biotech firms for 2003-2005. The empirical results indicate that FDI can effectively increase the mix efficiency and scale efficiency. In addition, the appropriate R&D strategies of Taiwan's biotech firms should either invest massively in R&D in order to enhance the likelihood of development of new products, or focus on production with a little investment in R&D. Other findings include: (1) On average, Taiwan's biotech firms could increase their efficiencies by 73.75 percent if all firms operated on the efficiency frontier; (2) If we omit the mix efficiency, we may overestimate technical efficiency about 37.91 percent; (3) The primary source of inefficiency results from the raw material inefficiency.

【Keywords】Biotech firm, FDI, R&D

壹、緒論

人類基因體計畫 (Human Genome Project；HGP) 於 2003 年完成人類基因解碼，開啟「後基因時代」，亞洲國家紛紛加速發展生技產業，擬定策略、推動各項計畫搶佔先機。台灣從 1985 年頒訂「加強生物技術產業推動方案」推動產業發展方向與未來規劃後，更於 2002 年將生技產業的推動列為「挑戰 2008：國家重點發展計畫」中「兩兆雙星」產業發展計畫的重點推動產業，致力於建構完善之生技產業的整體發展環境。台灣生技廠商除了在國內積極發展之外，亦從事海外直接投資 (Foreign Direct Investment；FDI) 以期夠提昇自身的競爭力與效率。因此，在台灣政府積極推動與生技廠商致力於 FDI 下，生技產業在台灣的發展一日千里，所以 FDI 對台灣生技廠商之經營績效之影響亟需加以分析與探討。

自生技醫藥產品上市發展迄今，相繼有眾多的生技醫藥、檢驗試劑、基因轉植作物等商品上市，生技產業規模亦有快速成長趨勢。2004 年全球生技產業規模達約為 997 億美元，且全球資金募集亦達約 210 億美元，相較 2003 年成長 15%。全球在 2005 年共有 201 億美元的資金投入生技產業，美國的投資金額大約為 158 億美元，約為全球資金比重的 78.9%；其次分別為英國與加拿大，日本、印度及我國在內的亞太地區，對於國際生技資金的吸引力也逐漸增加中。

亞洲各國的生技產業發展，目前正處於加速發展的階段；台灣將生技產業視為「兩兆雙星」政策中主要推動的新產業，新加坡擬定「Industry 21」之目標為生物科技領域的世界領導者之一，南韓制訂「Biotech 2000」之目標在 2010 年生技醫藥領域全球市場佔有率達 10%。台灣要如何去掌握自身的競爭優勢與產品差異化，進而在國際的生技產業嶄露頭角，將是重要的關鍵。此外，台灣為一小型開放經濟體系，對外貿易及 FDI 對台灣經濟發展扮演非常重要的角色；不過，根據我們的了解，目前尚未有研究探討及分析 FDI 對台灣生技廠商效率之影響。

資料包絡分析 (Data Envelopment Analysis；DEA) 廣泛的應用於分析各種營利和非營利事業的經營績效，其優點在於不需設定函數型式且可以衡量多元投入與多元產出。許多研究利用 DEA 分析生技廠商之生產力與效率 (Graves & Langowitz, 1993; González & Gascón, 2004; Saranga & Phani, 2009; Chen, Hu, & Ding, 2005; Saranga, 2007; Liang, Jiang, & Lai, 2008; Mazumdar & Rajeev, 2009; Kim, Harris, & Vusovic, 2009)。一般的研究係以 Farrell (1957) 的概念衡量技術效率與規模效率，不過並非所有廠商的生產要素投入比例皆位於合理的範圍之內，可能某些生產要素的投入比例過高，當所有生產要素皆經過適當的等比例縮減後，在既定的產出水準下，仍有減少的空間。若忽略了生產投入資源混合比例不當所導致的無效率，則可能有高估廠商效率的問題。因此本研究擬將生產要素投入比例不當所導致的無效率納入分析，並進一步確認各種無效率的來源、可改善空間、及其相對重要性。

臺灣大學醫務期刊資料庫

本研究之結構如下：第一節為緒論；第二節為文獻探討；第三節闡述研究方法，包括應用投入差額變量所取得之總效率，並將其分解為混合效率、純技術效率、規模效率；第四節為實證分析，涵蓋資料來源說明、實證結果分析與討論；最後為本文之結論。

貳、文獻探討

近年來，許多國家皆不遺餘力地提出政策推動生物科技產業發展，隨著全球的產業環境日趨競爭激烈，生物科技廠商於營運過程中能否使資源作最有效率的分配與運用，並進而獲得良好的經營績效至關重要。Huang、Hu、Meijl 與 Tongeren (2004) 指出，生物科技對於一個國家的生產、貿易及社會福利有正向的影響，其中政府因推動生物科技所獲得的福利水準遠超過相關的公共支出。Lin 與 Wang (2005) 認為生物科技產業對於人類未來的生活、健康和環境品質有深遠的影響，已被公認為二十一世紀最具有發展潛力的產業。Saranga (2007) 應用多目標資料 DEA 為不同商業策略的無效率廠商尋找較適合的學習標竿，具體提供改善效率的方向；Saranga 與 Phani (2009) 指出印度生技廠商除了透過標竿學習外，亦能藉由改善廠商層級因素提升效率，Mazumdar 與 Rajeev (2009) 發現垂直整合或產業內整合有助於印度生技廠商達到最適經濟規模以提升生產力，Kim et al. (2009) 認為產業群聚有助於提升美國生物科技廠商之經營績效。

許多研究發現研發為影響生物科技產業績效之重要因素，Grave 與 Langowitz (1993)、Roberts (1999)、及 Hall 與 Bagchi-Sen (2007) 根據美國生物科技廠商資料的研究指出：研發投入與廠商績效存在顯者之正向關係，Qian 與 Li (2003) 以生物科技產業之中小企業為研究對象，亦獲致相同之結論。Sharma 與 Lacey (2004) 的研究顯示製藥廠商的市場價值明顯反映在新產品開發的成敗，Saranga (2007) 認為研發投資受到需長期 (約 10-12 年) 發展之新的醫療或化學藥品所主導。

FDI 會因時間、環境及進入時機的不同，導致營運績效之影響不盡相同。Lu 與 Beamish (2006) 指出日本中小型企業之 FDI 活動對廠商績效具有正向關係，Liu 與 Shu (2003) 發現 FDI 對中國產業之出口績效有顯著正向的影響，Thangavelu 與 Owyong (2003) 實證結果顯示出口績效與規模經濟以 FDI 為導向的製造業則會影響其總要素生產力之成長，Qian 與 Li (2003) 指出中小型之生物科技廠商應積極擴展海外市場。Pan、Li 與 Tse (1999) 指出早期進入大陸市場的外商在獲利率與市場佔有率的績效表現上均優於晚期進入者，不過 Shaver、Mitchell 與 Yeung (1997) 發現晚期進入美國市場的製造業廠商之營運績效較早期進入者為佳。

許多學者亦針對台灣生技廠商之生產力及效率進行相關研究。劉祥熹與朱珮宏 (2002) 的研究顯示生技產業無效率之原因多為純技術效率偏低，邱永和、胡均立與曹嘉麟 (2003) 指出成本無效率主要導因於規模太小，張萃中與陳景榮 (2005) 亦發現台灣

臺灣華人管理學術期刊資料庫

生技廠商之規模報酬偏低，Chen et al. (2005) 指出台灣生技產業生產力有下降的趨勢。台灣屬於小型開放經濟體系，對外貿易的依存度相當高，但是自 1980 年代中期以後，由於國內投資環境惡化，促使許多廠商到海外地區投資，根據我們的了解，目前尚未有研究探討及分析 FDI 對台灣生技廠商效率之影響。

參、研究方法

Charnes、Cooper 與 Rhodes (1978) 延續 Farrell (1957) 的觀念發展 DEA。假設存在 H 個決策單位 (Decision Making Unit；DMU)，每個決策單位投入 N 項投入 $(x_1, x_2, \cdots, x_N)$，生產 M 項產出 $(y_1, y_2, \cdots, y_M)$。Charnes et al. (1978) 提出下述之投入導向模型 (簡稱 CCR 模型) 衡量 DMU j 之技術效率：

$$\max_{\substack{u_1,u_2,\cdots,u_M \\ v_1,v_2,\cdots,v_N}} \frac{\sum_{m=1}^{M} u_m y_{mj}}{\sum_{n=1}^{N} v_n x_{nj}} \tag{1}$$

$$\text{Subject to } \frac{\sum_{m=1}^{M} u_m y_{mh}}{\sum_{n=1}^{N} v_n x_{nh}} \le 1 \quad h = 1,2,\ldots,H$$

$$u_1, u_2, \ldots, u_M \ge 0; \quad v_1, v_2, \ldots, v_N \ge 0 \ .$$

CCR 模型乃在找尋最大的投入權數 (v_n, n = 1, 2,⋯, N) 與產出權數 (u_m, m = 1, 2,⋯, M) 組合，使得 DMU j 的技術效率值為最大；限制條件為限定所有 DMU 的效率值小於或等於 1，因此 DMU 的最大效率值為 1。然而，此模型為非線性，計算上相當困難，而且會解出無限多組解，Charnes et al. (1978) 將上述之非線性模型，加入限制式 $\sum_{n=1}^{N} v_n x_{nj} = 1$，改寫成如下之等價的線性模型：

$$\max_{\substack{u_1,u_2,\cdots,u_M \\ v_1,v_2,\cdots,v_N}} \sum_{m=1}^{M} u_m y_{mj} \tag{2}$$

$$\text{Subject to } \sum_{n=1}^{N} v_n x_{nj} = 1$$

$$\sum_{m=1}^{M} u_m y_{mh} - \sum_{n=1}^{N} v_n x_{nh} \le 0, \quad h = 1,2,\cdots,H$$

$$u_m \ge 0, \quad m = 1, 2, \cdots, M; \quad v_n \ge 0, \quad n = 1, 2, \cdots, N.$$

利用線性規劃法之對偶性，可將上述模型改寫如下：

臺灣大學學術期刊資料庫

$$\min_{\theta_j,\lambda_1,\lambda_2,\cdots,\lambda_H} \quad \theta_j \tag{3}$$

$$\text{Subject to } \theta_j x_{nj} - \sum_{h=1}^{H} \lambda_h x_{nh} \geq 0, \quad n = 1,2,\cdots,N$$

$$-y_{mj} + \sum_{h=1}^{H} \lambda_h y_{mh} \geq 0, \quad m = 1,2,\cdots,M$$

$$\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_H \geq 0; \quad \theta_j \text{ is free}$$

一般而言，此模型之限制式較少 ($N + M < H + 1$)，較易於計算。上述之模型必須求解 H 次，每一個 DMU 求解一次。根據 Farrell (1957) 的定義，各 DMU 的 θ 值即為其技術效率 (Technical Efficiency；TE) 的估計值。雖然 θ 的範圍並無限制，但可證明，θ 的範圍會在 0 與 1 之間。效率指標為 1 者，為具有完全技術效率的 DMU，座落在效率邊界上；若 θ 值小於 1，則為技術無效率的 DMU。

CCR 模型假設生產技術為固定規模報酬 (Constant Returns to Scale；CRS)，實際上 DMU 有可能處於規模報酬遞增或遞減的情形，因此 DMU 的無效率除了可能來自本身投入與產出的配置不當之外，也有可能是因為 DMU 的規模因素所致。Banker、Charnes 與 Cooper (1984) 將 CRS 的限制予以放寬，假設生產技術為變動規模報酬 (Variable Returns to Scale；VRS)，稱為 BCC 模型；就數學而言，僅需將上述對偶轉換後之 CCR 模型加上一個凸性限制式 ($\sum_{h=1}^{H} \lambda_h = 1$) 即可。BCC 模型可將技術效率分解為純技術效率以及規模效率，圖 1 中虛線部份為 VRS 生產邊界，實線部份為 CRS 生產邊界，D 點之技術效率值為 $\overline{P_eP_c} / \overline{P_eD}$，純技術效率值為 $\overline{P_eP_v} / \overline{P_eD}$，規模效率值為 $\overline{P_eP_c} / \overline{P_eP_v}$；易言之，CCR 模型所取得之技術效率值可分解為純技術效率值 (PTE) 與規模效率值 (SE) 之乘積，亦即 TE = PTE × SE。

臺灣大學學術期刊資料庫

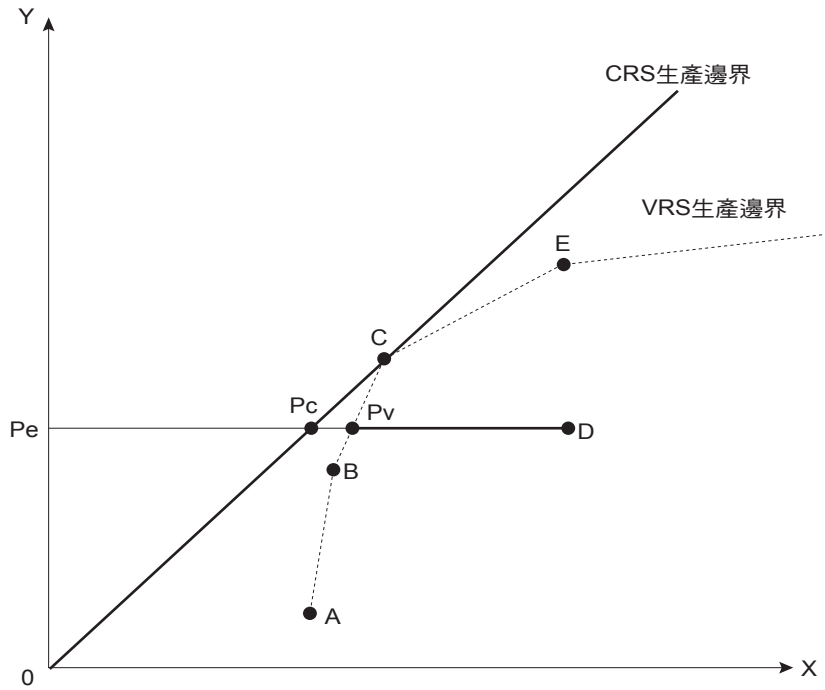


圖 1　技術效率、純技術效率及規模效率

上述之投入導向 CCR 與 BCC 模型將所有投入變數，在現有的生產技術下，尋求最大可能的等比例縮減；然而，並非所有 DMU 的生產要素投入比例皆在合理的範圍之內，有些 DMU 可能投入過多某些生產要素；因此，在所有生產要素皆透過適當的等比例縮減後，也許這些生產要素可以再加以縮減，而不會影響產出量。前者稱為射線差額變量，後者為非射線差額變量，我們以圖 2 之投入集合加以說明。假設有五個 DMU，A、B、C、D 和 E，效率邊界係由 A、B、C 連成的曲線所組成，D 與 E 為無效率 DMU。連接原點與 D 的射線指出：D 點之效率值為 $0\hat{D}/0D$，射線投入差額變量為 $(1-0\hat{D}/0D)X_i^D = X_i^D - X_i^D,\ i=1,2$；然而，在既定的產量下，$X_2$ 可再縮減 $\hat{X}_2^D - \tilde{X}_2^D$，此即非射線差額變量。

臺灣大學學術期刊資料庫

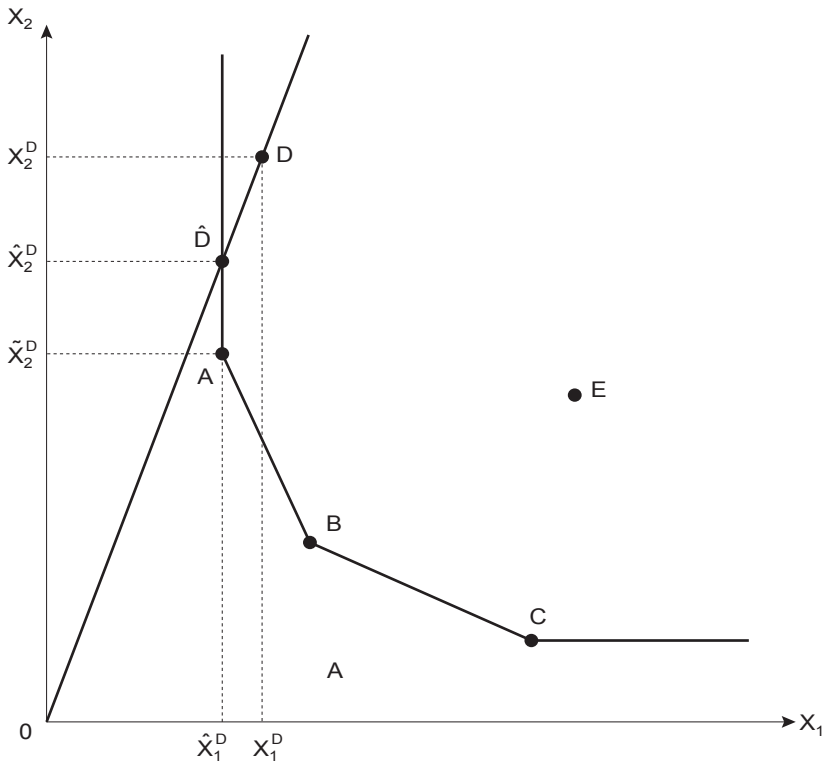


圖 2　射線與非射線差額變量

由於 CCR 及 BCC 模型僅考慮生產要素之射線差額變量，因此有高估 DMU 技術效率的傾向。投入導向之差額變量 (Slack-based Measure；SBM) 模型，以投入差額變量衡量 DMU 之技術效率，因此可兼顧射線與非射線投入差額變量。固定規模報酬下之 SBM 模型線性方程式如下 (Cooper, Seiford, & Tong, 2007)：

$$\min_{\lambda_1,\lambda_2,\cdots,\lambda_H,s_1^-,\ldots,s_N^-} \quad \phi_j = 1 - \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} s_n^- / x_{nj} \tag{4}$$

$$\text{Subject to } x_{nj} = \sum_{h=1}^{H} \lambda_h x_{nh} + s_n^-, \quad n = 1,2,\cdots,N$$

$$y_{mj} \le \sum_{h=1}^{H} \lambda_h y_{mh}, \quad m = 1,2,\cdots,M$$

$$\lambda_1,\ldots,\lambda_H,s_1^-,\ldots,s_N^- \ge 0.$$

其中 s_i^- 為第 i 個投入變數之差額變量。由於 SBM 模型同時考慮射線與非射線差額變量，因此，總效率 (Overall Efficiency；OE) ϕ 會小於 CCR 模型所最取得之技術效率值，Cooper et al. (2007) 據以定義混合效率 (Mix Efficiency；ME) 為 ϕ 相對於

臺灣大學圖書期刊資料庫

CCR 模型之效率值，亦即 ϕ / TE 。因此，SBM 模型所取得之總效率值 ϕ 可分解為混合效率與技術效率二項之乘積，或混合效率、純技術效率、及規模效率三項之乘積，亦即

$$OE = ME \times TE = ME \times PTE \times SE \quad (5)$$

肆、實證分析

一、資料來源

本研究以台灣上市、上櫃生技廠商為樣本，依據「台灣經濟新報資料庫 (TEJ)」所列產業別，以化學生技股與生技醫療股的廠商為對象。包括 63 家廠商從 2003 年至 2005 年的資料，共計 188 筆觀測值。由於包含三年資料，所有的名目變數皆以 GDP 平減指數加以平減 (以 2001 年為基期)。根據國內、外績效評估與生技產業相關研究 (黃台心，1999；楊永列、黃鏡如，2010；Weill, 2004; Valverde, Humphrey, & Del Paso, 2007; Huang & Kao, 2006; Kwan, 2006; Ray, 2007; Camanho & Dyson, 2006; Sturm & Williams, 2008; Saranga & Phani, 2009; Chen et al., 2005; Saranga, 2007; Liang et al., 2008; Kim et al., 2009)，並考量生技產業的特質，本研究所選取的投入變數包括：(1) 固定資產 (單位：新台幣億元)，(2) 員工人數 (每年雇用的員工人數，單位：人)，(3) 原物料耗用 (單位：新台幣億元)；產出變數涵蓋：(1) 銷貨淨額 (「銷貨收入淨額」扣除「轉投資銷貨淨額」，單位：新台幣億元)；(2) 轉投資銷貨淨額 (單位：新台幣億元)。投入與產出變數之基本敘述統計資料參見表 1。

表 1　產出與投入變數敘述統計表 (樣本數 = 188)

	平均值	標準差	極小值	極大值
產出變數				
本業銷貨淨額 (新台幣億元)	20.870	28.283	0.103	149.406
轉投資銷貨淨額 (新台幣億元)	4.299	10.101	0.000	77.070
投入變數				
固定資產 (新台幣億元)	15.165	44.436	0.123	369.396
員工人數 (人)	297.500	340.730	17.000	2,191.000
原物料 (新台幣億元)	11.212	18.607	0.004	116.089

註：所有的名目變數皆台灣國內生產毛額平減價格指數加以平減 (以 2001 年為基期)。

DEA 模型之投入與產出變數須符合等幅擴張性 (Isotonicity)，亦即投入增加時，產出 得減少。本研究參考高強、黃旭男與 Sueyoshi (2003) 之建議，以 Pearson 相關係

臺灣大學學術期刊資料庫

數驗證等幅擴張性。表 2 顯示在 0.1% 的顯著水準下，投入變數與產出變數間存在顯著的正向關係；因此，本研究所選取之投入與產出變數，的確滿足等幅擴張性。

表 2　投入與產出變數之相關係數

	固定資產	員工人數	原物料
本業銷貨淨額	0.6635 (< 0.001)	0.3527 (< 0.001)	0.9008 (< 0.001)
轉投資銷貨淨額	0.2905 (< 0.001)	0.6650 (< 0.001)	0.4448 (< 0.001)

註：括弧內為 *p* 值。

二、實證結果

台灣生技廠商 SBM 模型之總效率 (OE) 及其分解成分估計值置於表 3。整體而言，台灣生技廠商之總效率值偏低，平均僅達 0.2625，換言之，尚有 73.75% 的改善空間。主要的無效率來源為純技術效率 (PTE) 偏低，僅有 0.5282；混合效率 (ME) 與規模效率 (SE) 差異不大，分別為 0.7176 與 0.7199。

表 3　台灣生技廠商之總效率及其分解成分

	總效率	混合效率	技術效率	純技術效率	規模效率
全體	0.2625	0.7176	0.3620	0.5282	0.7199
FDI					
有 FDI 廠商	0.2716	0.7369	0.3648	0.5125	0.7433
無 FDI 廠商	0.2353	0.6598	0.3535	0.5755	0.6498
無母數檢定 Z [p 值]	-1.411 [0.159]	-2.905*** [0.004]	-0.553 [0.581]	-1.098 [0.272]	-2.125** [0.034]
上市櫃公司					
上市公司	0.2607	0.7145	0.3619	0.5005	0.7724
上櫃公司	0.2644	0.7209	0.3621	0.5572	0.6651
無母數檢定 Z [p 值]	-0.133 [0.894]	-0.859 [0.390]	-0.228 [0.773]	-1.696* [0.090]	-3.165*** [0.002]

註 1：總效率 = 混合效率 × 技術效率 = 混合效率 × 純技術效率 × 規模效率。
註 2：*** 表示 1% 顯著水準；** 表示 5% 顯著水準；* 表示 10% 顯著水準。

台灣由於資源有限，加上市場規模較小，生技廠商多會尋求與海外公司合作，或是直接從事海外投資，其目的不外乎一方面可擴展海外市場，另一方面也可為公司帶

臺灣大學學術期刊資料庫

來各種技術創新之最新資訊。FDI 不僅會影響廠商的佈局、策略規畫，也會影響其組織、協調與整合；因此，本研究進一步分析 FDI 是否對台灣生技廠商的各種效率產生影響。廠商是否有從事跨國投資行為，取自資訊王證券資訊整合資料庫之「海外投資資料」與「赴大陸投資資料」之資訊；其中，有 FDI 的 DMU 為 141 個，無 FDI 的 DMU 為 47 個。表 3 顯示有 FDI 廠商之技術效率 (0.2716)，高於無 FDI 廠商之技術效率 (0.2353)；其中，有 FDI 廠商之混合效率與規模效率 (分別 0.7369 與 0.7433) 高於無 FDI 廠商 (分別為 0.6598 與 0.6498)，純技術效率則呈現相反的情形，分別為 0.5125 與 0.5755。

TEJ 資料庫顯示，上市公司有 96 個 DMU，上櫃公司有 92 個 DMU。有鑑於政府法令對上市、上櫃公司的規定不同，上市公司之營業規模大多大於上櫃公司。因此我們也探討上市、上櫃生技公司之效率是否存在不同的現象。表 3 的資料顯示上市公司之總效率 (0.2607) 低於上櫃公司 (0.2644)，其中上市公司之純技術效率 (0.5005) 與混合效率 (0.7145) 低於上櫃公司 (分別為 0.5572 及 0.7209)，不過規模效率則呈現相反的現象，上市公司與上櫃公司分別為 0.7724 與 0.6651。

雖然各個群體間之各種效率值不盡相同，然而，相互之間是否存在顯著的差異則需進一步加以檢定。DEA 模型之效率值為相對效率，係衡量 DMU j 與樣本內位於效率邊界 DMU 之相對比值，具有順序尺度 (Ordinal Scale) 之特性，所以過去研究經常利用 DEA 模型之效率值將 DMU 加以排序。由於無母數檢定適用於順序尺度資料，且不需對母體的分配型態加以設定；因此，本研究採用可分析兩組獨立樣本之 Mann–Whitney U test 分別驗證虛無假設 (Null Hypothesis)：(1) 有 FDI 與無 FDI 群體之平均效率值相等；(2) 上市公司與上櫃公司群體之之平均效率值相等。表 3 之無母數檢定結果指出：FDI 對混合效率及規模效率造成顯著的差異，然而對總效率、技術效率 (TE) 與純技術效率並未產生明顯的影響；此外，上市公司群體之平均規模效率顯著的大於上櫃公司群體，純技術效率則呈現相反的現象，其餘的總效率、混合效率與技術效率未有明顯的不同。

式 (4) 指出總效率值為 $1-\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} s_n^- \Big/ x_{nj}$ ；亦言之，無效率值 $\sum_{n=1}^{N} s_n^- \Big/ Nx_{nj}$ 是由各個投入要素所導致的無效率 $(s_n^- \Big/ Nx_{nj})$ 加總平均而成。表 4 顯示：台灣生物科技廠商之總無效率的主要來源為原物料無效率 (0.2884)，其次分別為資本無效率 (0.2354) 與勞動無效率 (0.2137)。進一步分析，我們發現不同廠商群體之總無效率的主要來源亦是原物料無效率，然後是資本與勞動無效率。無母數檢定指出：僅有資本無效率在不同廠商群體間存在顯著的差異，在 1% 的顯著水準下，有 FDI 廠商群體的資本無效率小於無 FDI 廠商群體，而上市公司群體的資本無效率則大於上櫃公司群體；此外，在 17% 的顯著水準下，原物料無效率與勞動無效率在不同廠商群體間並未存在顯著的差異。

臺灣大學醫學圖書館典藏

表 4　SBM 模型之無效率來源

	勞工無效率	資本無效率	原物料無效率
全體	0.2137	0.2354	0.2884
FDI 廠商	0.2116	0.2290	0.2878
無 FDI 廠商	0.2198	0.2545	0.2903
無母數檢定 Z [p 值]	-1.042 [0.298]	-2.583** [0.010]	-1.131 [0.258]
上市公司	0.2084	0.2459	0.2851
上櫃公司	0.2192	0.2245	0.2919
無母數檢定 Z [p 值]	-1.349 [0.117]	-2.590** [0.010]	-0.110 [0.912]

註：*** 表示 1% 顯著水準；** 表示 5% 顯著水準；* 表示 10% 顯著水準。

表 5 說明台灣生技廠商規模報酬的特性。結果顯示處於遞增規模報酬廠商的比例 (73.4%) 明顯大於固定規模報酬 (4.8%) 及遞減規模報酬 (21.8%)。各個廠商群體間亦呈現相同的現象，只是有FDI廠商群體及上市公司群體有較高的比例處於遞減規模報酬，分別為 24.1% 與 37.5%；無 FDI 廠商群體及上櫃公司群體則處於遞增規模報酬的比例較高，分別為 80.9% 與 91.3%。

表 5　遞增規模報酬、固定規模報酬、與遞減規模報酬之比重

	遞增規模報酬	固定規模報酬	遞減規模報酬	總和
全體	73.4%	4.8%	21.8%	100%
海外直接投資				
有海外直接投資	70.9%	5.0%	24.1%	100%
無海外直接投資	80.9%	4.3%	14.9%	100%
上市、櫃公司				
上市公司	56.3%	6.3%	37.5%	100%
上櫃公司	91.3%	3.3%	5.4%	100%

三、特殊投入—研發—分析

許多研究發現研發為影響生物科技產業績效之重要因素 (Graves & Langowitz, 1993; Roberts, 1999; Hall & Bagchi-Sen, 2007; Qian & Li, 2003)。不過，Sharma 與 Lacey (2004) 指出製藥廠商的市場價值明顯反映在新產品開發的成敗，因此廠商在制定研發

臺灣人文與科技期刊資料庫

策略時，應該要全盤的考量到失敗的機率。Saranga (2007) 認為研發投資受到需長期 (約 10-12 年) 發展之新的醫療或化學藥品所主導，因此研發支出不應將其涵蓋在評估當期生物科技廠商之營運效率。再者，許多著名國際生物科技公司，經常將其部份生產外包或授權給其它國家的廠商，因此有些生物科技廠商之營運策略著重在於生產，而非研發新產品，這些廠商之研發支出極低，甚至為 0；本研究的樣本廠商中，研發支出為 0 的比例為 11.7% (22/188)，且在具有純技術效率 DMU 中的比例高達 17.4% (4/23)。因此，研發雖然是生物科技廠商之重要投入，但不應當作一般投入處理，而宜視為特殊投入 (Special Input)，允許生物科技廠商採取不同之研發策略。

Saranga (2007) 發展一個多目標 DEA (Multiple Objective DEA；MODEA) 模型，將類似研發支出之特殊投入納入多目標線性規劃之最後階段 (註 [1])。將方程式 (3) 之線性規劃模型加入凸性限制式 ($\sum_{h=1}^{H}\lambda_h = 1$)，即為投入面之 BCC 模型，亦為 MODEA 之階段一 (Phase I)，據以取得之最適值 θ^* 視為已知之常數，再將其代入階段二 (Phase II) 據以取得投入、產出、與特殊投入之差額變數。階段二之線性規劃模型如下：

$$\max_{\substack{\lambda_1,\ldots,\lambda_H,S_1^-,\ldots,S_N^- \\ S_1^+,\ldots,S_M^+,S_1',\ldots,S_G'}} \quad \sum_{n=1}^{N}S_n^- + \sum_{m=1}^{M}S_m^+ + \sum_{g=1}^{G}S_g' \tag{6}$$

$$\text{Subject to } \sum_{h=1}^{H}\lambda_h x_{nh} + S_n^- = \theta_j^* x_{nj}, \quad n = 1,2,\cdots,N$$

$$\sum_{h=1}^{H}\lambda_h Z_{nh} + S_g' = Z_{gj}, \quad g = 1,2,\cdots,G$$

$$\sum_{h=1}^{H}\lambda_h y_{mh} - S_m^+ = y_{mj}, \quad m = 1,2,\cdots,M$$

$$\sum_{h=1}^{H}\lambda_h = 1$$

$$\lambda_h \geq 0, \quad S_n^- \geq 0, \quad S_m^+ \geq 0, \quad \forall\, h,n,m$$

$$S_g' \text{ are unrestricted} \quad \forall\, g$$

其中，S_n^- 與 S_m^+ 分別為第 n 個投入變數之投入差額與第 m 個產出變數之產出差額，Z_{gj} 與 S_g' 分別為第 g 個特殊投入變數及其投入差額。上述之 MODEA 模型若僅處理一般投入 x_{nh} 與一般產出 y_{mh}，則與傳統 BCC 模型的階段一與階段二完全相同；不同之處在於特殊投入變數 Z_{gj} 並未涵蓋在計算效率值 θ 之階段一，僅出現在階段二，且允許其差額變量 S_g' 為負值。

階段二主要是針對無效率廠商做進一步分析。若所有特殊投入變數之差額變量皆為非負值，亦即 $S_g' \geq 0\ \forall g$，表示在一般投入與一般產出下為無效率之 DMU j，在加

註 [1] MODEA 模型可同時考慮特殊投入與特殊產出。

臺灣大學學術期刊資料庫

入特殊投入變數後，亦為無效率。然而，若至少存在一個特殊投入變數之差額變量為非正值，亦即 $S'_g \leq 0 \ \exists g$ ，意謂無效率之 DMU j 至少有一個特殊投入變數值為最小；易言之，無效率之 DMU j 至少有一個特殊投入變數之績效優於生產邊界上的 DMU。此對 DMU j 而言是一個好消息，其較佳策略應是給定此一特殊投入變數，而集中力量於提升其它尚有改善空間的投入、產出、與特殊投入變數之績效，以期趕上具有效率的廠商，到達效率邊界。

由於 BCC 模型是根據廠商實際的技術衡量純技術效率，因此本研究針對 BCC 模型下之 165 個無效率 DMU 進行特殊投入—研發—分析。表 6 顯示：研發差額小於或等於 0 的 DMU 約佔全體無效率 DMU 的 32.12% (53/165)，其中約有 33.96% (18/53) DMU 的實際研發支出為 0；再者，研發差額小於或等於 0 的 DMU，他們的實際研發支出幾乎皆低於樣本中位數 Q2 (Median)，超過 60% 低於首四分位數 Q1 (First Quartile)。另一方面，研發差額大於 0 的無效率 DMU，有超過 68% DMU 的研發支出大於中位數。

表 6　BCC 模型無效率群體之研發支出與研發差額分佈

	實際研發支出					全體
	0	0~Q1	Q1~Q2	Q2~Q3	> Q3	
研發差額 ≤ 0	18(34.0%)	14(26.4%)	15(28.3%)	3(5.7%)	3(5.7%)	53(100%)
有 FDI	9(27.3%)	7(21.2%)	11(33.3%)	3(9.1%)	3(9.1%)	33(100%)
無 FDI	9(45.0%)	7(35.0%)	4(20.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	20(100%)
上市公司	12(42.9%)	3(10.7%)	9(32.1%)	1(3.6%)	3(10.7%)	28(100%)
上櫃公司	6(24.0%)	11(44.0%)	6(24.0%)	2(8.0%)	0(0.0%)	25(100%)
研發差額 > 0	0(0.0%)	6(5.4%)	29(25.9%)	43(38.4%)	34(30.4%)	112(100%)
有 FDI	0(0.0%)	5(5.5%)	21(23.1%)	36(39.5%)	29(31.9%)	91(100%)
無 FDI	0(0.0%)	1(4.8%)	8(38.1%)	7(33.3%)	5(23.8%)	21(100%)
上市公司	0(0.0%)	2(3.6%)	10(18.2%)	15(27.3%)	28(50.9%)	55(100%)
上櫃公司	0(0.0%)	4(7.0%)	19(33.3%)	28(49.1%)	6(10.5%)	57(100%)

註：Q1 = 6.98 佰萬、Q2 = 28.52 佰萬與 Q3 = 62.82 佰萬，分別為 25、50 與 75 分位數。

四、討論

台灣生技廠商若只考量純技術效率與規模效率，則廠商之平均技術效率值為 0.362，大於考量混合效率後的總效率值 0.2625；易言之，若忽略混合效率，大約高估台灣生技廠商效率達 37.91% (100×[0.362：0.2625] / 0.2625)。再者，CCR 與 BCC 模

臺灣大學學術期刊資料庫

型假設所有投入變數對無效率值的貢獻皆相同，SBM 模型則允許各個投入變數對無效率值的影響不盡相同，並可進一步提供投入變數優先調整順序。一般而言，台灣生技廠商的效率偏低，尚有 73.75% 的改善空間，SBM 模型中僅有 6 個 DMU 之總效率為 1；就其它 182 個無效率 DMU 而言，表 7 顯示原物料無效率佔無效率值的比例最高為 39.34%，其次為資本與勞動無效率佔無效率值的比例分別為 32.11% 為 28.56%。就總效率的組成而言，以純技術效率的成長空間為最大 (47.18%)，其次為混合效率為 (28.24%) 與規模效率 (28.01%)。故台灣生技廠商應優先思考如何提升原物料之使用效率與改善純技術效率。此外，表 5 顯示台灣生技廠商目前大多處於遞增規模報酬階段，尤其是上櫃公司群體有高達 91.3% 處於遞增規模報酬，反觀上市公司群體則較為平均，遞增與遞減規模報酬比例分別為 56.3% 與 37.5%，因此處於遞增規模報酬階段之 DMU 可考慮透過擴大經營規模，進而提升生產力與效率。

表 7　SBM 模型無效率群體之無效率來源比例

	勞工無效率	資本無效率	原物料無效率
全體	28.56%	32.11%	39.34%
FDI 廠商	28.87%	31.40%	39.37%
無 FDI 廠商	27.64%	34.13%	38.23%
無母數檢定 Z [p 值]	-0.214 [0.831]	-1.750* [0.080]	-1.474 [0.140]
上市公司	27.88%	33.56%	38.56%
上櫃公司	29.27%	30.58%	40.15%
無母數檢定 Z [p 值]	-1.552 [0.121]	-3.326*** [0.001]	-1.026 [0.305]

註：*** 表示 1% 顯著水準；** 表示 5% 顯著水準；* 表示 10% 顯著水準。

實證結果指出 FDI 可有效提升台灣生技廠商之混合效率及規模效率成分，可能的原因為台灣生技廠商大都處於遞增規模報酬階段，FDI 可以有效的擴張廠商規模，進而提升規模效率；再者，FDI 群體之資本無效率亦顯著低於無 FDI 群體 (其它兩項投入無效率無明顯的差異)，隱含跨國企業較能有效運用資本，獲得較佳之混合效率。此外，FDI 對台灣生技廠商之純技術效率產生負面的影響 (檢定結果並不顯著)，可能導因於 FDI 易產生跨國整合與協調等問題 (Hill, 2009)。上櫃公司的純技術效率及資本無效率皆明顯的優於上市公司，可能導因於較大規模的公司，易出現組織僵化與彈性不足的問題，也容易產生過度投資與固定資產過多的情形。

表 8 為 BCC 模型之具有效率群體與無效率群體之研發支出分佈情形，結果顯示：

臺灣大學圖書館期刊資料庫

有超過半數之有效率跨國企業的研發投資高於第 3 四位數 Q3 (Third Quartile)。此可能導因於跨國企業面對較大之國際競爭，研發投資有助於提升其核心競爭力，然而生技產業之研發投資受到需要較長期間發展且具高失敗風險之新產品所主導 (Saranga, 2007)，因此需要持續投入較多之研發經費以獲取較高之成功機會；至於無效率跨國企業的研發投資大多位於四分位距 (Inter Quartile Range) 內，亦即 Q1~Q3。此外，不論是有效率或無效率之非跨國企業群體，研發支出大致呈現均勻分佈。另一方面，有效率上市公司群體之實際研發支出則集中於兩個極端：等於 0 或大於 Q3，而上櫃公司有效率群體則大多低於中位數 Q2。

表 8　BCC 模型有效率群體與無效率群體之研發支出分佈

	實際研發支出					全體
	0	0~Q1	Q1~Q2	Q2~Q3	> Q3	
有效率 DMU	4(17.4%)	4(17.4%)	4(17.4%)	1(4.4%)	10(43.5%)	23(100%)
有 FDI	3(17.7%)	2(11.8%)	3(17.7%)	0(0.0%)	9(52.9%)	17(100%)
無 FDI	1(16.7%)	2(33.3%)	1(16.7%)	1(16.7%)	1(16.7%)	6(100%)
上市公司	4(30.8%)	0(0.0%)	1(7.7%)	0(0.0%)	8(61.5%)	13(100%)
上櫃公司	0(0.0%)	4(40.0%)	3(30.0%)	1(10.0%)	2(20.0%)	10(100%)
無效率 DMU	18(10.9%)	20(12.1%)	44(26.7%)	46(27.9%)	37(22.4%)	165(100%)
有 FDI	9(7.3%)	12(9.7%)	32(25.8%)	39(31.5%)	32(25.8%)	124(100%)
無 FDI	9(21.9%)	8(19.5%)	12(29.3%)	7(17.1%)	5(12.2%)	41(100%)
上市公司	12(14.5%)	5(6.0%)	19(22.9%)	16(19.3%)	31(37.3%)	83(100%)
上櫃公司	6(7.3%)	15(18.3%)	25(30.5%)	30(36.6%)	6(7.3%)	82(100%)

註：Q1 = 6.98 佰萬、Q2 = 28.52 佰萬與 Q3 = 62.82 佰萬，分別為 25、50 與 75 分位數。

一般而言，大多數無效率 DMU 的研發支出位於四分位距內，比例為 55% (90/165)；反之，具有效率 DMU 的研發支出大多落於四分位距以外，比例高達 78.3% (18/23)。此應是反映研發在生技產業所顯現之特殊性質，亦即生技廠商的市場價值主要反映在需長期研發投入且具高失敗風險之新醫療或化學藥品，在制定研發策略時，大多會通盤考量投資金額與失敗的機率 (Sharma & Lacey, 2004; Saranga, 2007)。所以，具有效率的廠商大致可分為兩類：(1) 投入較多之研發經費以獲取較高之成功機會；(2) 專注於生產且規避高風險之研發投資。另一方面，針對無效率 DMU 之 MODEA 分析指出 (參見表 6)，研發差額小於或等於 0 的 DMU 中，約有 1/3 DMU 的實際研發支出為 0，超過 60% (32/53) 低於首四分位數 Q1；易言之，不需調整研發支出之無效率

臺灣大學學術期刊資料庫

DMU，大多屬於研發支出較低之生技廠商。因此，台灣生技廠商較適當的研發策略應為較高之研發投資以增加新產品研發成功之機會，或專注於製造生產之低度研發投資策略 (特別是無效率廠商)。

伍、結論

近年來，許多國家皆不遺餘力地提出政策推動生物科技產業發展；台灣於 2002 年將生技產業的推動列為「挑戰 2008：國家重點發展計畫」中「兩兆雙星」產業發展計畫的重點推動產業，致力於建構完善之生技產業的整體發展環境。台灣生技廠商除了在國內積極發展之外，亦進行 FDI 以期能夠提昇自身的競爭力與效率。傳統的 CCR 與 BCC 模型忽略了生產投入資源混合比例不當所導致的無效率，所以有高估廠商效率之傾向。因此本研究將生產要素投入比例不當所導致的無效率納入分析，並進一步將總效率分解成純技術效率、規模效率、及混合效率。

本研究透過台灣經濟新報資料庫，取得 63 家廠商從 2003 年至 2005 年的資料，共計 188 筆觀測值。實證結果顯示：FDI 可有效提升台灣生技廠商之混合效率及規模效率成分，且降低資本無效率；此外，台灣生技廠商較適當的研發策略為較高之研發投資以增加新產品研發成功之機會，或專注於製造生產之低度研發投資策略。其他發現包括：(1) 台灣生技廠商的效率偏低，平均而言，尚有 73.75% 的改善空間；其中，純技術效率可提升 47.18% 的幅度最大，混合效率與規模效率分別為 28.24% 與 28.01%；(2) 若忽略混合效率，大約高估台灣生技廠商效率達 37.91%；(3) 無效率的主要來源為原物料無效率，其次分別為資本無效率與勞動無效率；(4) 上市公司群體之平均規模效率顯著的大於上櫃公司群體，純技術效率則呈現相反的現象。

本研究僅採用台灣生技廠商之樣本探討海外直接投資對於生技廠商經營效率的影響，未來可繼續應用 SBM 模型，將研究對象擴展至亞洲區域的生技廠商做跨國比較之分析。再者，本研究係透過台灣經濟新報取得生技廠商資料，然而只針對上市上櫃公司收集，尚未納入除了上市上櫃以外的生技公司，未來可以蒐集相關公司資料，擴大研究分析的基礎。

臺灣大學學術期刊資料庫

Analysis of FDI on Performance of Taiwan's Biotech Firms

Yang Li, Professor, Institute of Business and Management, National University of Kaohsiung

Shuenn-Ren Cheng, Associate Professor, Department of Business Administration, Cheng Shiu University

Wei-Long Lee, Associate Professor, Department of International Business, National Kaohsiung University of Applied Sciences

Song-Chiao Hsiao, General Manager, Xing-Cheng Information CO.

Objective

Taiwan's biotechnology thrust began as early as in 1981 when the government began to promulgate the industry's growth and development. Following the successful decoding of the human genome in 2003, the sector was given a much needed boost when the government announced that biotechnology would be one of the twin engines for Taiwan's economic growth and development. Since then, the government has poured trillions of dollars into enhancing the overall development of the industry. Meanwhile local biotech firms, in their bid to enhance their competitiveness and efficiency have also begun to engage in outward FDI. As a result of these initiatives, Taiwan's biotechnology sector has progressed tremendously. However, while the beneficial effects of government spending are obvious, the effects of FDI on the growth of the biotech industry have remained empirically ambiguous. Therefore, the effects of FDI on the performance of Taiwan's biotech firms are worthy of analysis and discussion.

Methodology

Data Envelope Analysis (DEA) was initially proposed by Charnes et al. in 1978 (called the CCR model), based on the concept of technical efficiency by Farrel (1957). Banker, Charnes, and Cooper (1984) extended the CCR model to account for variable returns to scale, thus established the BCC model. However, because CCR and BCC models only take radial slacks into account it is unlikely that the input ratios of all firms are within the reasonable range. Input-oriented slack-based measure (SBM) evaluates the technical efficiency of firms by using input slacks, thus effectively taking into account both radial and non-radial slacks. Moreover, the overall efficiency obtained by SBM can be decomposed into three components: Mixed efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency.

R&D is an important factor influencing the performance of the biotech industry (Graves & Langowitz, 1993; Roberts, 1999; Hall & Bagchi-Sen, 2007; Qian & Li, 2003). Nevertheless, Saranga (2007) argued that R&D is a long-term investment (about 10 to 12

臺灣人文學術期刊資料庫

years) which mainly focuses on the development of new treatments or medicines. Thus, R&D expenses should not be included when assessing the current operational efficiency of biotech firms. Furthermore, many well-known multinational biotech enterprises often outsource part of their production or license production to other biotech firms. Hence, R&D should be regarded as special input to allow biotech firms the flexibility to undertake different R&D strategies.

Saranga (2007) developed a Multiple Objective DEA (MODEA) model to analyze specific inputs. The optimal efficiency, obtained in the Phase I (the BCC or CCR model), is treated as constant in Phase II to find slacks in inputs, outputs, and special inputs. Phase II mainly focuses on the analysis of inefficient firms. If the slack variable of one special input is non-positive, the inefficient DMU will perform better than frontier DMUs with respect to this special input. Hence, the best strategy should be given to this special input level while concentrate on improving the performance in rest of inputs, outputs, and special inputs in order to catch up the efficient DMUs.

Findings

The data set, obtained from Taiwan Economic Journal Data Bank, consists of 63 firms for the period from 2003 to 2005. This unbalanced panel data set includes 188 observations. Since we are using a three-year panel data, we deflated all nominal variables using a GDP deflator with 2001 as the base year. We have two output variables: sales (NT$ hundred million) and other incomes (NT$ hundred million). Sales measures the output derived from the firms' own business activities, while other incomes includes revenues other than those obtained from firms own business activities such as investment revenue etc. There are three input variables being considered in this study: labor (total number of employees, person), capital (fixed assets, NT$ hundred million), and raw material expenditures (NT$ hundred million).

Empirical results show that the overall efficiency of the Taiwan's biotech firms is 0.2625. In other words, Taiwan's biotech firms can, on average, increase their efficiencies by 73.75 percent if they operate on the efficiency frontier. Among the three components, the pure technical efficiency has the lowest value (0.5282), followed by mixed efficiency (0.7176) and scale efficiency (0.7199).

The overall efficiency of firms with FDI (0.2716) exceeds that of firms without FDI (0.2353). In addition, the mixed efficiency and scale efficiency of firms with FDI (0.7369

臺灣大學學術期刊資料庫

and 0.7433, respectively) exceed those of firms without FDI (0.6598 and 0.6498, respectively), while the pure technical efficiency shows opposite results (0.5125 versus 0.5755). The Mann-Whitney U statistics indicate that there is no significant difference in the average overall efficiency, technical efficiency, and pure technical efficiency between the firms with FDI and those without FDI at 15% level of significance, but the mean values of mixed efficiency and scale efficiency are significantly different at a 5% level of significance.

The overall inefficiencies mainly result from raw material inefficiency (0.2884), followed by capital inefficiency (0.2354) and employee inefficiency (0.2137). In addition, different groups also show the same pattern. The Mann-Whitney U statistics suggest that at 1% level of significance, there are fewer capital-inefficient firms with FDI than those without FDI, while the other two inefficiencies are insignificant at 25% level of significance.

Research Implications

FDI can effectively enhance the mixed and scale efficiencies of Taiwan's biotech firms. One possible reason for this finding is that Taiwan's biotech firms are still at the stage of increasing returns to scale. FDI can provide opportunities for firm growth and in doing so, improve their scale efficiency. Moreover, we found that firms with FDI are more capital efficient than those without FDI. This suggests that multinational enterprises can use capital more efficiently and obtain better mixed efficiency.

The R&D expenditure of most efficient DMUs are outside the inter-quartile range, while the most inefficient DMUs are within the inter-quartile range. In addition, the MODEA analysis for inefficient DMUs also indicates that one third of inefficient DMUs associated with non-positive R&D slacks have zero R&D expenditure and more than 60% of them are below the first quartile. Hence, Taiwan's biotech firms should either invest aggressively in R&D to enhance the likelihood of developing new products, or focus mainly on improving their production with a little investment in R&D.

Contribution

Although many scholars have studied the productivity and efficiency of Taiwan's biotech companies, they have neglected account for the inefficiency caused by a sub-optimal product mix. This study shows that by neglecting to account for a sub-optimal mix ratio, we will overestimate the technical efficiency of the Taiwan's biotech firms by 37.91%. Further, there have been no studies examining the impact of FDI on the efficiency of Taiwan's

臺灣大學學術期刊資料庫

biotech firms. Empirical results show that FDI not only enhances the mix and scale efficiency, but also reduces the capital inefficiency of Taiwanese biotech firms.

R&D is an important factor that affects the efficiency of the biotech firms. However, because R&D is a long-term investment (about 10 to 12 years) that is mostly devoted to the development of new treatment or new medicines, it should be treated as a special input to allow biotech firms the flexibility to adopt different R&D strategies. Finally, our findings reveal Taiwan's biotech firms should either increase their R&D investments to enhance the likelihood of successfully developing new products, or focus mainly on improving their production with lower R&D investment (especially in the case of inefficient firms).

臺灣大學學術期刊資料庫

參考文獻

邱永和、胡均立、曹嘉麟，2003，「台灣生物科技廠商之成本效率分析」，農業與經濟，31 期：頁 55-78。(Chiu, Yung-Ho, Hu, Jiun-Li, & Tsao, Chia-Lin. 2003. Cost efficiency of biotech firms in Taiwan. ***Agriculture and Economics***, 31: 55-78.)

高強、黃旭男、Toshiyuki Sueyoshi，2003，管理績效評估：資料包絡分析法，台北：華泰書局。(Kao, Chiang, Huang, Hsu-Nan, & Sueyoshi, Toshiyuki. 2003. ***Management performance evaluation: Data envelopment analysis***. Taipei, TW: Hwa Tai Publishing.)

黃台心，1999，「由利潤函數衡量我國銀行廠商之經濟效率－參數計量法的應用」，經濟論文，27 期： 頁 283-309。(Huang, Tai-Hsin 1999. A study on the bank efficiency of Taiwan using a shadow profit function with panel data. ***Academia Economic Papers***, 27: 283-309.)

張萃中、陳景榮，2005，「食品公司投入生物技術產業對其經營績效影響之探討」，東海學報，46 期：頁 111-133。(Chang, Tsui-Jung, & Chen, Jing-Jung. 2005. A study on operation performance for food firms' biotechnology investment. ***Tunghai Journal***, 46: 111-133.)

楊永列、黃鏡如，2010，「台灣地區本國銀行生產面與成本面 Malmquist 生產力指數之估計」，經濟論文叢刊，37 卷 4 期： 頁 353-378。(Yang, Yung-Lieh, & Huang, Ching-Ju. 2010. Estimating the Malmquist productivity index in the Taiwanese banking industry: A production and cost approach. ***Taiwan Economic Review***, 37 (4): 353-378.)

劉祥熹、朱珮宏，2002，「台灣地區生技產業經營績效之研究－ DEA 方法與 Malmquist 生產力指數之應用」，產業論壇，7 卷 3 期：頁 63-100。(Liu, Hsiang-Hsi, & Ju, Pei-Hung. 2002. A study on the operational efficiency of Taiwan biotechnological industry: An application of DEA and Malmquist productivity index. ***Industry & Management Forum***, 7 (3): 63-100.)

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. 1984. Some models for estimation technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. ***Management Science***, 30 (9): 1078-1092.

Camanho, A. S., & Dyson, R. G. 2006. Data envelopment analysis and malmquist indices for measuring group performance. ***Journal of Productivity Analysis***, 26 (1): 35-49.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. 1978. Measuring the Efficiency of Decision making units. ***European Journal of Operational Research***, 2 (6): 429-444.

Chen, M. F., Hu, J. L., & Ding, C. G. 2005. Efficiency and productivity of Taiwan's biotech

臺灣大學學術期刊資料庫

industry. ***International Journal of Biotechnology***, 7 (4): 307-322.

Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tong, K. 2007. ***Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*** (2nd ed.). New York, NY: Springer.

Farrell, M. J. 1957. The measurement of productive efficiency. ***Journal of the Royal Statistical Society***, A120 (3): 253-290.

González, E., & Gascón, F. 2004. Sources of productivity growth in the Spanish pharmaceutical industry (1994-2000). ***Research Policy***, 33 (5): 735-745.

Graves, S. B., & Langowitz, N. S. 1993. Innovative productivity and returns to scale in the pharmaceutical industry. ***Strategic Management Journal***, 14 (3): 593-605.

Hall, L. A., & Bagchi-Sen, S. 2007. An analysis of firm-level innovation strategies in the US biotechnology industry. ***Technovation***, 27 (1/2): 4-14.

Hill, R. W. L. 2009. ***International business: Competing in the global marketplace*** (7th ed.), New York, NY: McGraw-Hill.

Huang, J., Hu, R., Meijl, H. V., & Tongeren, F. V. 2004. Biotechnology boosts to crop productivity in China: Trade and welfare implications. ***Journal of Development Economics***, 75 (1): 27-54.

Huang, T. H., & Kao, T. L. 2006. Joint estimation of technical efficiency and production risk for multi-output banks under a panel data cost frontier model. ***Journal of Productivity Analysis***, 26 (1): 87-102.

Kim, M. K., Harris, T. R., & Vusovic, S. 2009. Efficiency analysis of the US biotechnology industry: Clustering enhances productivity. ***AgBioForum***, 12 (3/4): 422-436.

Kwan, S. H. 2006. The X-efficiency of commercial banks in Hong Kong. ***Journal of Banking and Finance***, 30 (4): 1127-1147.

Liang, S. K., Jiang, J. L., & Lai, C. T. 2008. Effects of integrative strategies on the production efficiency of biotech firms: A data envelopment analysis. ***International Journal of Management***, 25 (1): 140-149.

Lin, C. T., & Wang, S. M. 2005. Biosensor commercialization strategy: A theoretical approach. ***Frontiers in Bioscience***, 10 (1): 99-106.

Liu, X., & Shu, C. 2003. Determinants of export performance evidence from Chinese industries. ***Economics of Planning***, 36 (1): 45-67.

Lu, J. W., & Beamish, P. W. 2006. SME internationalization and performance growth vs. profitability. ***Journal of International Entrepreneurship***, 4 (1): 27-48.

Mazumdar, M., & Rajeev, M. 2009. Comparing the efficiency and productivity of the Indian

臺灣大學圖書館期刊資料庫

pharmaceutical firms: A Malmquist-Meta-Frontier approach. ***International Journal of Business and Economics***, 8 (2): 159-181.

Pan, Y., Li, S., & Tse, D. K. 1999. The impact of order and model of market entry on profitability and market share. ***Journal of International Business Studies***, 30 (1): 81-103.

Qian, G., & Li, L. 2003. Profitability of small and medium sized enterprises in high-tech industry: The case of the biotechnology industry. ***Strategic Management Journal***, 24 (9): 881-887.

Ray, S. C. 2007. Are some Indian banks too large? An examination of size efficiency in Indian banking. ***Journal of Productivity Analysis***, 27 (1): 41-56.

Roberts, P. W. 1999. Product innovation, product-market competition and persistent profitability in the U.S. pharmaceutical industry. ***Strategic Management Journal***, 20 (7): 655-670.

Saranga, H. 2007. Multiple objective data envelopment analysis as applied to the Indian pharmaceutical industry. ***Journal of the Operational Research Society***, 58 (11): 1480-1493.

Saranga, H., & Phani, B. V. 2009. Determinants of operational efficiencies in the Indian pharmaceutical industry. ***International Transactions in Operational Research***, 16 (1): 109-130.

Sharma, A., & Lacey, N. 2004. Linking product development outcomes to market valuation of the firm: The case of the U.S. pharmaceutical industry. ***Journal Product Innovation Management***, 21 (5): 297-308.

Shaver, J. M., Mitchell, W., & Yeung, B. 1997. The effect of own-firm and other-firm experience on foreign direct investment survival in the United States, 1987-92. ***Strategic Management Journal***, 18 (10): 811-824.

Sturm, J. E., & Williams, B. 2008. Characteristics determining the efficiency of foreign banks in Australia. ***Journal of Banking and Finance***, 32 (11): 2346-2360.

Thangavelu, S. M., & Owyong, D. T. 2003. The impact of export growth and scale economies on productivity in Singapore's manufacturing industries. ***Journal of Economic Studies***, 30 (6): 623-635.

Valverde, S. C., Humphrey, D. B., & Del Paso, R. L. 2007. Opening the black box: Finding the source of cost inefficiency. ***Journal of Productivity Analysis***, 27 (3): 209-220.

Weill, L. 2004. Measuring cost efficiency in European banking: A comparison of frontier techniques. ***Journal of Productivity Analysis***, 21 (2): 133-152.

臺灣大學學術期刊資料庫

作者簡介

李揚

美國愛荷華州立大學統計碩士、經濟博士，現職為國立高雄大學經營管理研究所教授。主要研究領域為國際直接投資、生產力與效率、金融機構管理。論文曾刊登於 Small Business Economics、Asia-Pacific Journal of Accounting and Economics、The Developing Economies、Applied Economics、The Service Industry Journal、Journal of Statistics and Management Systems、中山管理評論、管理與系統、應用經濟論叢等期刊。

鄭舜仁

東海大學統計學系；紐約聖約翰大學商管碩士；Manuel. L. Q 大學商學博士。研究領域為財務預測方法、計量方法。現任正修科技大學經營管理研究所教授兼國際事務處處長。論文曾刊登於 Patteon Recognition、Journal of Mathematical Analysis and Application 等期刊。

*** 李威龍**

為本文通訊作者，英國女皇大學國際企業博士。現為國立高雄應用科技大學國際企業系 (所) 副教授，研究領域為國際企業管理、國際行銷、國際企業經營策略及績效管理等。論文曾刊登於 Total Quality Management & Business Excellence、Expert Systems with Applications、Taiwan Journal of Applied Economics、Taiwan Journal of Marketing Science、Journal of Commercial Modernization 等期刊。

夏松喬

國立高雄大學經濟管理研究所碩士，現職為興成資訊公司總經理。研究領域為績效評估、行銷與策略管理。

本文衷心感謝主編與二位匿名審查委員的細心審閱與寶貴意見。此外，本研究獲國科會補助 (99-2410-H-390-003-MY2) 特此致謝。

* E-aml: w.lee@kuas.edu.tw

臺灣大學學術期刊資料庫