

我國科技發展投資與生產效率之關聯 性研究—隨機邊界法之應用

The Association Between Technology Development Investment and Production Efficiency in Taiwan: Using a Stochastic Frontier Approach*

陳玉麟 Yu-Lin Chen
國立政治大學會計學系
Dept. of Accounting, National Chengchi University

蔡秋田 Chiu-Tien Tsai†
中國科技大學會計系
國立政治大學會計學系
Dept. of Accounting, China University of Technology;
Dept. of Accounting, National Chengchi University

摘要：本研究旨在探討科技發展投資（資訊科技、研究發展投資與資訊人員）對企業生產效率的影響。藉由理論模型的推導，配合隨機邊界法進行實證分析，主要結果為：資訊人員密度對於我國公司生產技術效率具有顯著的解釋能力，此意味著資訊人才的取得將是我國企業未來可否快速成長與茁壯的關鍵。實務界與政府可由如何培養與留任優秀的資訊人才著手，以提高企業整體的生產技術效率，進而提升競爭能力。其次，本研究發現資訊科技的投資與研究發展的投資對生產技術效率存在正向的關聯性，故公司若能在科技發展投資上有進一步的提昇，諸如加強資訊電子業對資訊科技的投資，提高其它產業對於研究發展的投資，則對於台灣整體產業的生產技術效率應會有所助益。

關鍵詞：資訊科技投資、資訊人員、研發密度、技術效率、隨機邊界法

Abstract: The purpose of this paper is to explore the impact of technology development investment (information technology (IT), research and development (R&D) and information human) on production efficiency. Through the theoretic model inference and empirical analysis of the stochastic frontier approach, our

*作者感謝兩位匿名審查人提供寶貴意見，文中一切疏漏由作者自行承擔。

†聯絡作者：蔡秋田，E-mail: pete2236@ms15.hinet.net。

results show that information human intensity positively affects the production efficiency. This implies that the acquisition of the information human is crucial for the future growth of the enterprise in Taiwan, and this finding can provide some references to business decision and governance policy in enhancement of production technology efficiency. Besides, we find that both IT and R&D investment are positively related to the production technology efficiency. This indicates it would be benefit to the production technology efficiency of the overall industry if the enterprise can improve the technology development investment, such as increase in IT investment of the electronic industry and R&D investment of the other industry.

Keywords: IT Investment; Information Human Intensity; R&D Intensity; Technology Efficiency; Stochastic Frontier Approach.

1. 前言

近年來的台灣，不論是在資訊科技 (information technology, IT) 或是研究發展 (research and development, R&D) 方面的投資，都有逐年成長的現象。根據資策會 MIS 整理的資料顯示，台灣對資訊科技的投資已由 1998 年之 4,789 百萬美元，增加至 2001 年的 8,723 百萬美元。而行政院國科會 (2002) 《中華民國科學技術統計要覽》的資料也顯示，研發人力資源投入，由 1991 年的 32,857 人，至 2000 年增加為 70,392 人；研究發展投資佔國內生產毛額的比重，也由 1992 年的 1.78%，到 2001 年已提昇為 2.16%。

然而與其它各國相較，台灣對科技發展的投資 (包含研發投資、資訊科技投資與資訊人員) 遠不及美、日、德等科技先進國家，也不及同屬開發中國家的韓國。就資訊技術投資而言，2001 年美國為 50,880 百萬美元，日本為 14,171 百萬美元，南韓為 12,907 百萬美元；就 R&D 投資佔整 GDP 的比率來看，2001 年日本為 3.09%，美國為 2.82%，德國為 2.49%；在研發人力資源投入方面，2000 年韓國為 108,370 人，為台灣的 1.5 倍。這些現象使人聯想到：是否因為台灣企業的科技發展投資，無法帶來經濟效益，無法提高企業的生產效率，以致於企業缺乏投資研究發展的誘因？

過去三十年，資訊科技與生產力間的關係，在學術界已備受爭議。1980 年代與 1990 年代早期的實證研究，並沒有發現公司生產力改善與資訊科技投資有攸關性的證據 (Becchetti et al. 2003; Strassmann 1990)，此一現象被稱之為「資訊科技的生產力弔詭」(IT productivity paradox) (Lucas 1999)。《哈佛商業評論》(民 92) 也提出 IT 不再具有重大攸關性的論點。許多研究試圖解釋

這個現象：諸如類似研發投資(蔡蕙安與陳致綱, 2002) 一般，認為資訊科技投資與生產力的關係可能具有遞延效果，網絡外部性，或與其互補性的基礎建設變動有關 (David 1990)。之後，隨著新資料的取得與新方法的運用，則透過中間績效衡量 (Rai Patnayakuni and Patnayakuni, 1997; Mitra and Chaya 1996; Barua et al. 1995); 或是以國家層級來解釋，認為資訊科技投資對生產力有正面助益的情況，只有在已開發國家才存在，在開發中國家則否 (Dewan and Kraemer 2000); 或以控制其它可能影響資訊科技效益與公司績效關係之背景變數，如公司規模、前期財務績效與資本密集度等(Santhanam and Hartono 2003; Lee and Bose 2002)。近年來，則有學者採用多投入產出之資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis; DEA) 來處理，透過二階段的方式，發現資本密集度愈高，則資訊科技投資對技術效率的影響也愈大 (Shao and Lin 2002)。此外，人力資本在當今知識經濟的時代，被認為是公司最重要無形資產 (O'Donnell and Berkery 2003)，資訊科技人才對於組織生產力更被認為具有正向的助益 (Swierczek and Shrestha 2003)。台灣屬於開發中國家，政府對於資訊科技的租稅獎勵，與先進國家或是新興國家不同，已有研究顯示國家文化與組織環境對企業科技發展具深重的影響力 (Veiga, Floyd and Dechant 2001; Kambayashi and Scarbrough 2001)，故企業資訊科技投資與生產力之間的關係可能與不同於先進國家或是新興國家。過去可能受限於資料取得的困難，故沒有辦法探究我國公司科技發展與生產力間的關係，而資策會 (III) 自 2000 年起已針對國內前 900 大企業資訊科技應用概況做大規模的調查，故我們便想了解台灣科技發展投資對公司生產的影響為何？

經濟理論定義生產函數為：在給定要素投入的水準下，最大可能的產出。但是在實務上，公司可能因為技術不效率或是隨機因子，使其將要素投入轉換為產出時，出現不同生產效率的現象。最直接改善這個現象的實證方法，就是以一階段的方式，同時考量生產函數與技術不效率效果。有鑑於此，本文採用隨機邊界法 (stochastic frontier approach, SFA)，檢視科技投資對於公司傳統之生產投入與產出間的關係所造成的影響。

本文的目的為探討公司的 R&D 與 IT 投資、資訊人員等科技發展投資對公司生產技術效率的影響，並進一步考量產業因素，探討我國資訊電子產業與其它產業之生產技術效率。為能較完整了解科技發展投資對公司生產技術效率的影響，本文首先發展一套具解釋性之理論模型，並據此模型配合隨機邊界法進行實證分析。主要結果為：資訊人員密度對於我國公司生產技術效率具有顯著的解釋能力，此意味著資訊人才的取得將是我國企業未來可否快速成長與茁壯的關鍵。實務界與政府可由如何培養與留任優秀的資訊人才著手，以提高企業整體的生產技術效率，進而提升競爭能力。資訊科技的投資與研究發展的投資對生產技術效率存在正向的關聯性，故若能在科技發展投

results show that information human intensity positively affects the production efficiency. This implies that the acquisition of the information human is crucial for the future growth of the enterprise in Taiwan, and this finding can provide some references to business decision and governance policy in enhancement of production technology efficiency. Besides, we find that both IT and R&D investment are positively related to the production technology efficiency. This indicates it would be benefit to the production technology efficiency of the overall industry if the enterprise can improve the technology development investment, such as increase in IT investment of the electronic industry and R&D investment of the other industry.

Keywords: IT Investment; Information Human Intensity; R&D Intensity; Technology Efficiency; Stochastic Frontier Approach.

1. 前言

近年來的台灣，不論是在資訊科技 (information technology, IT) 或是研究發展 (research and development, R&D) 方面的投資，都有逐年成長的現象。根據資策會 MIS 整理的資料顯示，台灣對資訊科技的投資已由 1998 年之 4,789 百萬美元，增加至 2001 年的 8,723 百萬美元。而行政院國科會 (2002) 《中華民國科學技術統計要覽》的資料也顯示，研發人力資源投入，由 1991 年的 32,857 人，至 2000 年增加為 70,392 人；研究發展投資佔國內生產毛額的比重，也由 1992 年的 1.78%，到 2001 年已提昇為 2.16%。

然而與其它各國相較，台灣對科技發展的投資 (包含研發投資、資訊科技投資與資訊人員) 遠不及美、日、德等科技先進國家，也不及同屬開發中國家的韓國。就資訊技術投資而言，2001 年美國為 50,880 百萬美元，日本為 14,171 百萬美元，南韓為 12,907 百萬美元；就 R&D 投資佔整 GDP 的比率來看，2001 年日本為 3.09%，美國為 2.82%，德國為 2.49%；在研發人力資源投入方面，2000 年韓國為 108,370 人，為台灣的 1.5 倍。這些現象使人聯想到：是否因為台灣企業的科技發展投資，無法帶來經濟效益，無法提高企業的生產效率，以致於企業缺乏投資研究發展的誘因？

過去三十年，資訊科技與生產力間的關係，在學術界已備受爭議。1980 年代與 1990 年代早期的實證研究，並沒有發現公司生產力改善與資訊科技投資有攸關性的證據 (Becchetti et al. 2003; Strassmann 1990)，此一現象被稱之為「資訊科技的生產力弔詭」(IT productivity paradox) (Lucas 1999)。《哈佛商業評論》(民 92) 也提出 IT 不再具有重大攸關性的論點。許多研究試圖解釋

這個現象：諸如類似研發投資(蔡蕙安與陳致綱，2002)一般，認為資訊科技投資與生產力的關係可能具有遞延效果，網絡外部性，或與其互補性的基礎建設變動有關 (David 1990)。之後，隨著新資料的取得與新方法的運用，則透過中間績效衡量 (Rai Patnayakuni and Patnayakuni, 1997; Mitra and Chaya 1996; Barua et al. 1995)；或是以國家層級來解釋，認為資訊科技投資對生產力有正面助益的情況，只有在已開發國家才存在，在開發中國家則否 (Dewan and Kraemer 2000)；或以控制其它可能影響資訊科技效益與公司績效關係之背景變數，如公司規模、前期財務績效與資本密集度等(Santhanam and Hartono 2003; Lee and Bose 2002)。近年來，則有學者採用多投入產出之資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis; DEA) 來處理，透過二階段的方式，發現資本密集度愈高，則資訊科技投資對技術效率的影響也愈大 (Shao and Lin 2002)。此外，人力資本在當今知識經濟的時代，被認為是公司最重要無形資產 (O'Donnell and Berkery 2003)，資訊科技人才對於組織生產力更被認為具有正向的助益 (Swierczek and Shrestha 2003)。台灣屬於開發中國家，政府對於資訊科技的租稅獎勵，與先進國家或是新興國家不同，已有研究顯示國家文化與組織環境對企業科技發展具深重的影響力 (Veiga, Floyd and Dechant 2001; Kambayashi and Scarbrough 2001)，故企業資訊科技投資與生產力之間的關係可能與不同於先進國家或是新興國家。過去可能受限於資料取得的困難，故沒有辦法探究我國公司科技發展與生產力間的關係，而資策會 (III) 自 2000 年起已針對國內前 900 大企業資訊科技應用概況做大規模的調查，故我們便想了解台灣科技發展投資對公司生產的影響為何？

經濟理論定義生產函數為：在給定要素投入的水準下，最大可能的產出。但是在實務上，公司可能因為技術不效率或是隨機因子，使其將要素投入轉換為產出時，出現不同生產效率的現象。最直接改善這個現象的實證方法，就是以一階段的方式，同時考量生產函數與技術不效率效果。有鑑於此，本文採用隨機邊界法 (stochastic frontier approach, SFA)，檢視科技投資對於公司傳統之生產投入與產出間的關係所造成的影響。

本文的目的為探討公司的 R&D 與 IT 投資、資訊人員等科技發展投資對公司生產技術效率的影響，並進一步考量產業因素，探討我國資訊電子產業與其它產業之生產技術效率。為能較完整了解科技發展投資對公司生產技術效率的影響，本文首先發展一套具解釋性之理論模型，並據此模型配合隨機邊界法進行實證分析。主要結果為：資訊人員密度對於我國公司生產技術效率具有顯著的解釋能力，此意味著資訊人才的取得將是我國企業未來可否快速成長與茁壯的關鍵。實務界與政府可由如何培養與留任優秀的資訊人才著手，以提高企業整體的生產技術效率，進而提升競爭能力。資訊科技的投資與研究發展的投資對生產技術效率存在正向的關聯性，故若能在科技發展投

資上有進一步的提昇，諸如加強資訊電子業對資訊科技的投資，提高其它產業對於研究發展的投資，則對於台灣整體產業的生產技術效率應會有所助益。

本文第二節建構科技發展投資對公司生產效率之理論模型，第三節設計為隨機邊界法之實證模式，第四節對估計結果進行分析，並闡述其管理意涵，最後則為結論與建議。

2. 理論模型

本節我們先建構出科技發展投資對公司生產效率影響之理論模型，以利與後文之實證模型配合。

假設公司有兩個部門：生產部門 (P) 與支援部門 (S)。公司的總附加價值 (Y) 為此二部門的附加價值的加總，可表示為

$$Y = Y_p + Y_s \quad (1)$$

而兩部門所需使用的要素投入有資本 (K)、勞動 (L) 與營業費用 (Z)，而勞動 (L) 又可區分為非資訊人員 ($NMIS$) 與資訊人員 (MIS)。設兩部門為中性型 (neutral) 技術變遷，且生產函數為 Cobb-Douglas 型態¹：

$$Y_p = A(NMIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma = A(L - MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma \quad (2)$$

$$Y_s = M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma \quad (3)$$

$$L = NMIS + MIS \quad (4)$$

其中 A 與 M 代表技術層次之高低，假設其分別受到企業規模與公司技術 (RD 和 IT) 的影響，其它條件不變下，隨著技術的消耗，支援部門的技術層次 (M) 會逐漸變低，且呈負指數型態²。 α 、 β 與 γ 分別代表資本 (K)、勞動 (L) 與營業費用 (Z) 的附加價值 ($\alpha > 0$ ， $\beta > 0$ ， $\gamma > 0$)， λ 則為技術參數 ($\lambda > 0$)

$$M = \exp[-\lambda x] = \exp[-\lambda(RD + IT)] \quad (5)$$

¹本文理論模型採用 Cobb-Douglas 生產函數之因，係此類型的生產函數具有運算最簡單且應用最為廣泛的特點(例如：取 log 後方便實證模式的進行；估計之投入係數代表生產彈性)故最為一般文獻所採用(例如：Banker et al. 2003；Bishop and Brand 2003)。

²本文假設技術會隨著時間的經過而消耗(例如因市場競爭而使得公司技術汰舊)，此一作法如同文獻上之負指數型態之時間折現因子的概念(請見 Chirinko and Schaller 1995, Hung 2003)。

部門間的技術層次可能不同，故假設生產部門與支援部門相對技術變遷比例為

$$\frac{A}{M} = 1 + g \quad (6)$$

其中， g 為未知參數。

勞動投入的均衡條件為兩部門之勞動邊際產值相等可得

$$MIS = \frac{A^{\alpha-1}(L - MIS)}{M^{\frac{1}{\alpha-1}}} \quad (7)$$

利用式 (1) 與式 (7)，經過模式的推導（請見附錄），可得

$$\begin{aligned} \ln Y = & \alpha \ln NMIS + \beta \ln K + \gamma \ln Z - \lambda d(RD + IT) \\ & - \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{MIS}{L} \ln(A) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{MIS}{L} [\lambda d(RD + IT)] \end{aligned} \quad (8)$$

由上述模式可知：公司的附加價值除了受到非資訊人員 ($NMIS$)、資本 (K) 與營業費用 (Z) 的影響外，尚受到技術 (RD 與 IT)、規模 ($\ln A$) 與資訊人員密度 ($\frac{MIS}{L}$) 等公司技術特性因子的影響。

由隨機邊界模型的觀點來看，式 (8) 可表示成

$$\ln Y = \alpha \ln NMIS + \beta \ln K + \gamma \ln Z - \Gamma(Tech) + v; \quad v \sim N(0, \sigma^2_v) \quad (9)$$

其中 $Tech$ 代表技術不效率，包含技術 (RD 與 IT)、規模 ($\ln A$) 與資訊人員密度 ($\frac{MIS}{L}$) 等公司技術特性因子。

我們比較有技術不效率與無技術不效率之預期總附加價值。若公司生產技術完美，則技術不效率的問題不存在 [$\Gamma(Tech) = 0$]，則非資訊人員 ($NMIS$)、資本 (K) 與營業費用 (Z) 為公司總附加價值的的充份統計量。由式 (9) 可得出

$$\begin{aligned} E[\ln Y | \ln NMIS = \overline{\ln NMIS}, \ln K = \overline{\ln K}, \ln Z = \overline{\ln Z}; \Gamma(Tech) = 0] \\ - E[\ln Y | \ln NMIS = \overline{\ln NMIS}, \ln K = \overline{\ln K}, \ln Z = \overline{\ln Z}; \Gamma(Tech) > 0] > 0 \end{aligned} \quad (10)$$

也就是說，其它條件不變下，技術不效率之總附加價值低於生產技術完美之

總附加價值，生產技術不完美為單邊的。

由上述可定義出隨機邊界的總附加價值 $[(\ln Y)^{SF}]$ 為

$$[\ln Y]^{SF} = \alpha \ln NMIS + \beta \ln K + \gamma \ln Z + v; \quad v \sim N(0, \sigma^2_v) \quad (11)$$

式 (8) 可一般化為邊界總附加價值與非負的技術不效率的差異，即

$$\ln Y = [\ln Y]^{SF} - u(\text{Tech}, w) \quad (12)$$

其中 Tech 為非隨機變數向量， w 為一隨機誤差。

3. 計量模型

我們採用隨機邊界法來檢視資訊科技投資與研究發展對廠商生產效率之影響。其中，科技發展投資定義為：廠商資訊科技、研究發展與資訊人員之投資；生產效率係用以評估廠商於生產過程中，善用投入或極大產出之能力，我們以隨機邊界法估計之技術效率 (technical efficiency) 來衡量生產效率。隨機邊界法為 Aigner, Lovell and Schmidt (1977) 以及 Meeusen and van den Broeck (1977) 所提出。模式如下：

$$\ln(y_i) = x_i B + v_i - u_i, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (13)$$

式中 $\ln(y_i)$ 為廠商 i 產出取自然對數； x_i 為 $(K+1)$ 列向量，第一元素為 1，其餘為廠商 i 使用 K 種投入量取自然對數； $B = (B_0, B_1, \dots, B_k)'$ 為 $(K+1)$ 行向量，為待估計之參數； $u_i \geq 0$ ，表示廠商 i 不效率效果，服從 i.i.d. $N(0, \sigma^2)$ ，即非負半常態分配； v_i 為常態隨機誤差，服從 i.i.d. $N(0, \sigma^2_v)$ ； v_i 與 u_i 獨立無關。在給定投入向量 x_i ，廠商 i 的技術效率可以定義為：廠商 i 的實際產出與潛能產出的比率：

$$TE_i = \frac{y_i}{\exp(x_i B + v_i)} = \exp(-u_i) \quad (14)$$

利用最大概似法 (maximum-likelihood method) 可以估計相關參數 B ， σ_s^2 ($\sigma_s^2 \equiv \sigma^2 + \sigma_v^2$)， C ($C \equiv \sigma^2 / \sigma_s^2$)，進一步可以獲得個別廠商 i 之技術效率的最佳估計值 (Battese and Coelli 1988)：

$$E[\exp(-u_i) | e_i] = \frac{1 - \Phi(\sigma_A + C e_i / \sigma_A)}{1 - \Phi(C e_i / \sigma_A)} \exp(C e_i + \sigma_A^2 / 2). \quad (15)$$

式中， $\sigma_A = \sqrt{C(1-C)\sigma_s^2}$ ； $e_i = \ln(y_i) - x_i B = v_i - u_i$ ； $\Phi(\cdot)$ 為標準常態隨機變數的分配函數； $C \equiv \sigma^2 / \sigma_s^2$ ； $\sigma_s^2 \equiv \sigma^2 + \sigma_v^2$ 。

有許多的實證研究 (例如，Pitt and Lee 1981; and Kalirajan 1981) 在預測廠商的技術效率後，並以技術效率為被解釋變數，而以代表廠商特質因素為解釋變數 (例如，管理經驗、廠商規模、廠商成立年數) 進行第二階段的迴歸分析，企圖發現廠商效率差異的一些原因。然而，在此二階段的分析方法中有明顯的問題；在第一階段估計不效率效果時，不效率效果假設為獨立且是相同的分配，但是在第二階段中，不效率效果假設為廠商特質因素的函數，即隱含除非廠商特質因素的迴歸係數全都為零，否則不效率效果是不同的分配。

Kumbhakar, Ghosh and McGuchin (1991) 以及 Reifschneider and Stevenson (1991) 注意到上述不一致的問題，並且提出一階段的方法，可以同時估計不效率效果與其影響因素的參數。本研究即採此一階段的方法，並使用 Cobb-Douglas 隨機邊界生產函數來估計資料，估計的模式定義如下：

$$\ln y_i = B_0 + \sum_{j=1}^4 B_j \ln x_{ji} + v_i - u_i \quad (16)$$

式中

- i : 代表第 i 家公司， $i=1,2,\dots,N$ ；
- y : 公司附加價值，為營業收入淨額扣除銷貨成本 (Y ：單位為千元)；
- x_1 : 勞動投入，為非資訊人員人數 ($NMIS$ ：單位為人)；
- x_2 : 資本投入，為平均固定資產，包括土地、廠房、機器設備等 (K ：單位為千元)；
- x_3 : 營業費用投入，為銷管費用，扣除薪資支出 (Z ：單位為千元)；

v_i 為常態隨機誤差， v_i 服從常態分配 $N(0, \sigma_v^2)$ ，且 v_i 與 u_i 相互獨立。 u_i 為一個非負的隨機變數 $u_i \geq 0$ ，表示廠商 i 不效率效果，而且假設服從截斷性常態分配 $N(m_i, \sigma^2)$ ，其中平均數 m_i 定義³為：

$$m_i = \delta_0 + \delta_1 (IT_i + RD_i) + \delta_2 \left[\left(\frac{MIS}{L} \right)_i \ln(A)_i \right] + \delta_3 \left[(RD_i + IT_i) \left(\frac{MIS}{L} \right)_i \right] \quad (17)$$

³ m_i 的定義係經過理論模式的推導而來 (p.6 之式(3))。

式中

- i : 代表第 i 家廠商， $i=1,2,\dots,N$ ；
- RD : 研發經費密度，係以廠商研發費用除以銷貨收入淨額；
- IT : 為公司資訊科技投資密度，係硬體費用支出、軟體費用支出、維修費用支出、以及訓練費用支出四項加總，除以銷貨收入淨額；
- $\frac{MIS}{L}$: 資訊人員密度，係以廠商資訊部門人員數目除以總員工人數；
- $\ln A$: 企業規模大小，係以企業之平均總資產取自然對數，作為控制變數。(單位為千元)；

我們使用估計模式為一個邊界 (frontier) 模式，因為式 (16) 中 u_i 為一個非負的隨機變數，表示廠商存在不效率效果。本研究中，不效率效果的模式設定為式 (17)，表示廠商的資訊科技投資支出、資訊人員密度、研發經費密度、以及企業規模大小可能會影響廠商技術效率的差異。我們利用 Battese and Coelli (1995) 的模式與程式 FRONTIER 4.1，以最大概式估計法同時估計式 (16) 與式 (17) 隨機邊界模式的所有參數。

利用隨機邊界法，並由式 (3) 可知：公司的產出受到非資訊人員 ($NMIS$)、資本 (K) 與營業費用 (Z) 的影響。而技術不效率效果部份，則受到公司技術 (IT 與 RD)，資訊人員密度 (MIS/L) 與公司規模 (A) 的影響。為檢視技術不效率因子的個別影響效果，我們將式 (17) 中的各項技術因子區隔，進一步估計下式：

$$m_i = \delta_0 + \delta_1(IT_i) + \delta_2(RD_i) + \delta_3\left(\frac{MIS}{L}\right) + \delta_4 \ln(A)_i \quad (18)$$

本變數的操作性定義如下：採用生產力廣義的概念，利用附加價值作為應變項，定義為營業收入淨額扣除銷貨成本。在自變項方面，除了代表勞動投入之非資訊人員人數，資本投入之平均固定資產，與營業費用外，尚包括影響生產技術效率之研發密度、資訊科技密度、資訊人員密度與企業規模大小。其中研發密度係以廠商研發費用除以銷貨收入淨額；資訊科技密度為公司資訊科技投資密度，係硬體費用支出、軟體費用支出、維修費用支出、以及訓練費用支出四項加總，除以銷貨收入淨額；資訊人員密度，係以廠商資訊部門人員數目除以總員工人數；而企業規模大小，係以企業之平均總資產取自然對數，作為控制變數。

有關資訊科技投資方面的資料，目前在國內並非強迫揭露之資訊，因此要取得公司資訊科技投資支出的資料相當困難。過去之文獻大多採用問卷調

查，但問卷調查品質如何則不得而知。國內較有系統及可信的調查之一，是經濟部技術處委託資策會於 90 年所進行之我國產業智慧資本評價研究，該研究針對我國大企業資訊科技投資概況做大規模調查，本研究之資訊科技投資支出之資料來源為資策會 90 年之調查報告。非資訊科技投資之營業資料及財務資料，主要來自台灣經濟新報社 (TEJ) 資料庫。

為了研究目的，公司必須符合下列條件才列為本研究之樣本公司：(1) 屬於經濟部技術處委託資策會所調查之「我國各產業八十九年度資訊技術應用投資 Top 900 家」之企業；(2) 在民國八十九年及九十年為公開上市公司；(3) 由於金融、保險業之行業性質特殊，因此未納入本研究樣本之內。

4. 實證分析

在本節中，先就本文實證模型中所採用的相關變項的敘述統計量，進行初步的分析。之後，再依據實證模型的估計結果加以探究。

4.1 敘述統計量

變數的敘述性統計量資料如表 1 所示，樣本的平均附加價值為 1,867,384 千元，最大值為 75,996,839 千元，最小值為 8,103 千元。而樣本的平均固定資產為 6,023,307 千元，而最大值為 148,285,699 千元，最小值為 44,363 千元。樣本的平均營業費用為 630,331 千元，而最大值為 13,253,122 千元，最小值為 40,328 千元。樣本的平均資產總額為 15,726,830 千元，而最大值為 251,197,596 千元，最小值為 661,753 千元。樣本的平均非資訊人員為 1,092 人，最大值為 17,575 人，其中最小值為 58。樣本的平均研究發展密度為 0.0176，中位數為 0.0067，呈現右偏的情況。樣本的平均資訊科技投資密度為 0.0044，中位數為 0.0014，呈現右偏的情況。而樣本的平均資訊人員密度為 0.0194，中位數為 0.0125，也呈現右偏的情況。

表 1 研究變數敘述性統計量

Variables	Mean	Median	Max.	Min.	Std. Dev.
附加價值	1,867,384	673,716	75,996,839	8,103	6,199,763
非資訊人員	1,092	546	17,575	58	1,758
固定資產	6,023,307	1,770,413	148,285,699	44,363	16,200,471
營業費用	630,331	302,271	13,253,122	40,328	1,211,527

研究發展密度	0.0176	0.0067	0.2775	0.0000	0.0287
資訊投資密度	0.0044	0.0014	0.1556	0.0000	0.0120
資訊人員密度	0.0194	0.0125	0.3036	0.0001	0.0263
資產總額	15,726,830	6,337,795	251,197,596	661,753	31,514,820

註：附加價值、固定資產、營業費用、資產總額等變數之單位為千元；非資訊人員單位為人；研究發展密度、資訊科技投資密度、資訊人員密度等變數為比率值。

4.2 實證結果

4.2.1 隨機邊界生產函數與不效率效果之估計—當期效果

首先，我們進行表 2 的實證結果分析。由式 (16) 之隨機邊界生產函數來看，不論是整體樣本、資訊電子產業或是非資訊電子產業的估計結果，非資訊人員投入的生產彈性與營業費用的生產彈性均顯著為正，而資本投入的生產彈性則不顯著。

表 2 隨機邊界生產函數與不效率效果之估計—式 (16) 與 (17)

變數	全體樣本	資訊電子業	其他產業
隨機邊界生產函數			
常數項	4.020*** (7.37)	2.719*** (4.19)	4.313*** (4.61)
勞動投入	0.309*** (5.11)	0.361*** (4.03)	0.193*** (2.33)
資本投入	-0.009 (-0.23)	0.062 (0.99)	0.025 (0.37)
營業費用投入	0.655*** (11.99)	0.656*** (10.34)	0.646*** (7.29)

不效率效果			
研發經費密度+資訊科技投資密度	-0.011 (-0.01)	2.68 (1.33)	-0.037 (-0.03)

資訊人員密度*企業規模	-1.756*** (-2.55)	-5.30*** (-2.65)	-1.904* (-1.74)
資訊人員密度*(研發經費密度+資訊科技投資密度)	-0.003 (-0.01)	-0.009 (-0.01)	-0.001 (-0.01)
Sigma-squared	1.538***	1.545***	1.809***
Gamma	0.913***	0.947***	0.912***
Log-likelihood	-293.26	-96.27	-179.17
LR test	91.49***	59.50***	49.46***
樣本數	268	115	153

註：括號中為 t 值。***, **, *表示達 $\alpha = 0.01, 0.05, 0.1$ 顯著水準。

再就式 (17) 之技術不效率模型所估計的結果，觀察台灣整體產業、資訊電子業與其它產業公司之 R&D、資訊科技投資、資訊人員密度與公司規模等技術因子，對其生產技術效率產生的影響。研究結果發現，資訊人員密度與公司規模之交互作用對生產技術效率存在顯著的正向關係。然而，研發科技投資，資訊人員密度與研發科技投資之交互作用，對其技術效率卻無顯著的影響。這可能是因為資訊人員密度與研發密度的交互作用，或是資訊人員密度與資訊科技密度的交互作用所造成，亦或發密度與資訊科技密度對生產技術效率有相反的效果，實有釐清其間關係的必要，故我們就式 (18) 進一步檢視此一影響。

表 3 隨機邊界生產函數與不效率效果之估計一式 (16) 與 (18)

變數	當期效果 (89 年)		
	全體樣本	資訊電子業	其他產業
隨機邊界生產函數			
常數項	3.697*** (8.03)	2.715*** (4.76)	4.191*** (5.66)
勞動投入	0.262*** (4.50)	0.230*** (2.68)	0.199*** (2.55)

資本投入	0.027 (0.69)	0.104* (1.88)	0.065 (1.25)
營業費用投入	0.656*** (13.02)	0.669*** (11.28)	0.599*** (10.09)

不效率效果			
研發經費密度	5.179*** (3.95)	56.112* (1.85)	-6.243* (-1.69)
資訊科技投資密度	-4.020*** (-2.97)	-6.707* (-1.75)	1.365 (1.08)
資訊人員密度	-31.278*** (-6.03)	-23.660* (-1.84)	-23.681* (-1.78)
企業規模	-1.068*** (-12.16)	-1.508** (-2.13)	-1.678** (-2.07)
Sigma-squared	12.61***	11.45***	21.38***
Gamma	0.988***	0.990***	0.992***
Log-likelihood	-286.95	-96.22	-175.63
LR test	104.11***	59.59***	56.55***
樣本數	268	115	153

註：括號中為 t 值。***, **, *表示達 $\alpha = 0.01, 0.05, 0.1$ 顯著水準。

當期效果而言，見表 3，就整體樣本來看，非資訊人員投入的生產彈性與營業費用的生產彈性均顯著為正，而資本投入的生產彈性則不顯著，此一結果與式 (17) 所估計的結果相同。而資訊科技密度、資訊人員密度與公司規模，對其生產技術的影響都呈現一正向的關係。但是研發密度，對其技術效率卻為負向影響。

再就資訊電子產業來看，不論是非資訊人員投入的生產彈性、資本投入的生產彈性與營業費用的生產彈性，均顯著為正。而資訊科技密度、資訊人員密度與公司規模，對其生產技術的影響都呈現一正向的關係。但是研發密度，對其技術效率為負向影響，此一情況與整體樣本相同。這可能是因為競爭劇烈，或研究發展投資需要較長時間才能產生效益，而在當年度可能看不出效果；或是因為外溢效果的關係，造成研發密度的當年正向效益不顯著（黃智聰，高安邦與許敬基，民 92）。

至於其它產業，研究發展密度、資訊人員密度與公司規模對其生產技術效率則呈現一正向的影響。而資訊科技密度，對其技術效率並無顯著的影響。這可能是因為非資訊電子業的公司，其資訊科技投資不足，以致於無法顯現資訊科技投資的效果。

由表 2 與表 3 的結果可知，資訊人員密度對於我國公司生產技術效率具有顯著的解釋能力，此意味著資訊人才的取得將是我國企業未來可否快速成長與茁壯的關鍵。實務界與政府可由如何培養與留任優秀的資訊人才著手，以提高企業整體的生產技術效率，進而提升競爭能力。

比較資訊電子產業與其它產業之技術不效率模型所估計的結果，我們發現資訊科技密度有助於資訊電子業的生產技術效率；而研究發展密度則有助於其它產業的生產技術效率。依據行政院國科會《科學技術統計要覽》(2002) 與資策會 (III) 的報告顯示，2001 年台灣對於科技發展的投資，遠落後於先進國家，甚至不及同屬於開發中國家的韓國。此一現象隱含台灣的公司對於科技發展資源投入不足，故若能在科技發展投資上有進一步的提昇，諸如加強資訊電子業對資訊科技的投資，提高其它產業對於研究發展的投資，而非只是側重在技術移轉，則對於台灣整體產業的生產技術效率應會有所助益。

4.2.2 隨機邊界生產函數與不效率效果之估計—遞延效果

考量到研發資訊科技投資可能會具有遞延效果，故我們就式 (18) 之個別技術因子模式進行估計與檢視。我們假設八十九年與九十年之資訊人員密度相似，以藉由八十九年之非資訊人員資料推估九十年之非資訊人員資料。表 4 顯示遞延效果，就整體樣本來看，與當期模式相同，不論是非資訊人員投入的生產彈性與營業費用的生產彈性，均顯著為正。然而，資本投入的生產彈性卻為負。而在技術不效率效果方面，研發密度呈現正向的邊際遞延效果，而資訊科技密度也僅達邊際的負向反應。資訊人員密度與公司規模對其生產技術效率的影響則顯著為正。

就產業別來看，資訊電子業與非資訊電子業之非資訊人員投入的生產彈性與營業費用的生產彈性，均顯著為正；而資本投入的生產彈性則顯著為負，此一結果意涵著我國對於資本可能存在過度投資的現象。而技術不效率效果方面，則除了資訊電子業之公司規模對其技術不效率有正向反應之外，其餘的技術因子皆不顯著。此一現象可能肇始於資訊電子產業公司之研發資訊科技投入的遞延效果，可能需要較長的時間才會顯現，或是因為資訊電子業的競爭劇烈使然，造成各公司當年度研發資訊科技的投入，不足以對其未來生產技術效率產生影響。

大體來說，研發與資訊科技投資之遞延效果，意味著可能因競爭劇烈使然，造成各公司當年度研發資訊科技的投入，不足以對其未來生產技術效率產生影響。而 Cobb-Douglas 生產函數似乎可解釋我國公司的生產情況。

表 4 隨機邊界生產函數與不效率效果之估計一式 (16) 與 (18)

遞延效果 (90 年)			
變數	全體樣本	資訊電子業	其他產業
隨機邊界生產函數			
常數項	4.854*** (9.63)	4.369*** (5.46)	5.056*** (8.89)
勞動投入	0.321*** (5.41)	0.246** (2.06)	0.315*** (4.13)
資本投入	-0.101*** (-2.45)	-0.058 (-0.75)	-0.054 (-1.07)
營業費用投入	0.673*** (12.82)	0.705*** (8.90)	0.603*** (8.96)

不效率效果			
研發經費密度	-9.746* (-1.67)	6.743 (1.45)	-15.479 (-0.78)
資訊科技投資密度	4.917* (1.67)	4.427 (1.41)	1.361 (0.69)
資訊人員密度	-26.190* (-1.75)	-20.542 (-1.45)	-8.911 (-0.81)
企業規模	-2.02** (-2.02)	-2.512* (-1.65)	-2.773 (-0.87)
Sigma-squared	30.27**	36.60*	42.71
Gamma	0.995***	0.996***	0.997***
Log-likelihood	-334.52	-144.33	-187.57
LR test	127.89***	54.65***	76.10***
樣本數	268	115	153

註：括號中為 t 值。***, **, *表示達 $\alpha = 0.01, 0.05, 0.1$ 顯著水準。

5. 結論與建議

在新古典經濟理論中，技術被視為經濟體系中的一個外生變數，針對技術發展影響經濟成長之研究並不多。美國在二十世紀末發展出所謂的「新經濟」(Core et al. 2003; Ittner et al. 2003; Murphy 2003; Anderson et al. 2000)，企業的生產力得以發揮，形成經濟持續擴張，展現出新的經濟發展模式，使得經濟學家必須正視技術發展對經濟成長的正面貢獻。台灣屬於開發中國家，政府對於資訊科技的租稅獎勵，與先進國家或是新興國家不同，已有研究顯示國家文化對企業科技發展具深重的影響力 (Veiga and Floyd 2001; Kambayashi and Scarbrough 2001)。故本文首先發展出一套理論模型，並據此模型配合隨機邊界法，以台灣企業為樣本，進行實證分析，試圖檢視台灣科技發展投資對生產效率的影響，以提供與文獻上之先進國家為主之研究結果做比較。

本研究主要的結果為：資訊人員密度對於我國公司生產技術效率具有顯著的解釋能力，此意味著資訊人才的取得將是我國企業未來可否快速成長與茁壯的關鍵。實務界與政府可由如何培養與留任優秀的資訊人才著手，以提高企業整體的生產技術效率，進而提升競爭能力。

此外，本研究發現資訊科技的投資與研究發展的投資對生產技術效率存在正向的關聯性。台灣目前為全球僅次於美國與日本的第三資訊產品生產國。過去二十年來，由於政府的產業政策，造就了台灣的資訊電子業的快速發展。然而，台灣資訊電子產業的發展也非沒有隱憂，隨著個人電腦市場趨於成熟，激烈的價格競爭是可以預見的；再加上考量自行研發時程過長，將錯失進入市場的時機，故企業多以技術移轉的方式投入生產 (洪世章與黃欣怡，民 92)。依據本研究結果，若台灣能在科技發展投資上有進一步的提昇，諸如加強非資訊電子業對資訊科技的投資，整合上下游廠商的交易資訊，提供品牌經營商更快速有效的資訊查詢功能，加深了資訊科技在系統合作上的效率貢獻 (胡哲生與黃泰元，民 92)；進而，提高整體產業對於研究發展的投資，而非只側重於技術移轉，則對於台灣整體產業的生產技術效率應會有所助益。而本研究發現資訊科技投資對我國之生產技術效率具有正面的效益，此一發現與 Dewan and Kraemer (2000) 的發現不同，可能的原因應是本研究採隨機邊界法，同時考量生產函數與技術不效率效果，以此種較周延的方式，方得以捕獲科技發展投資對企業生產力之影響，未來研究應可採行此法以較有效地衡量出科技發展投資與公司績效的關係。

從事資訊科技投資效益之研究，最主要的困難之一是資訊科技投資及公司經營資料取得不易，因此有不少研究是透過問卷調查的方式，調查受訪者

主觀判斷公司資訊科技投資與其經營績效是否有關聯。本研究在資訊科技投資效益的衡量上，主要是根據樣本公司之實際經營資料而非問卷調查資料。在資訊科技投資的資料方面，本研究採用資策會針對國內大企業之調查資料。由於資策會之調查於民國九十年才開始，因此資料期間較短，是為本研究之主要限制。今後的研究，在資料期間較長的時候可進一步探討資訊科技投資效益之遞延效果有多久。此外，本文假設研究發展與資訊科技投資係為企業的技术，故並沒有考量到研究發展投資產業外溢效果，未來研究可進一步加以探究。

附 錄

理論模型：

假設公司有兩個部門：生產部門(S)與支援部門(P)。公司的總產出(Y)為此二部門的產出的加總，可表示為

$$Y = Y_S + Y_P \quad (A1)$$

而兩部門所需使用的要素投入有資本(K)、勞動(L)與營業費用(Z)，而勞動(L)又可區分為非資訊人員($NMIS$)與資訊人員(MIS)。設兩部門為中性型(neutral)技術變遷，且生產函數為Cobb-Douglas型態：

$$Y_S = A(NMIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma = A(L - MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma \quad (A2)$$

$$Y_P = M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma \quad (A3)$$

$$L = NMIS + MIS \quad (A4)$$

其中 A 與 M 代表技術層次之高低，假設其分別受到企業規模與公司技術(RD 和 IT)的影響，其它條件不變下，隨著技術的消耗，支援部門的技術層次(M)會逐漸變低，且呈負指數型態。 α 、 β 與 γ 分別代表資本(K)、勞動(L)與營業費用(Z)的附加價值($\alpha > 0$ ， $\beta > 0$ ， $\gamma > 0$)， λ 則為技術參數($\lambda > 0$)

$$M = \exp[-\lambda x] = \exp[-\lambda(RD + IT)] \quad (A5)$$

部門間的技術層次可能不同，故假設生產部門與支援部門相對技術變遷比例為

$$\frac{A}{M} = 1 + g \quad (A6)$$

其中， g 為未知參數。

勞動投入的均衡條件為兩部門之勞動邊際產值相等

$$\frac{dY_O}{dMIS} = -A\alpha(L - MIS)^{\alpha-1} K^\beta Z^\gamma \quad (A7)$$

$$\frac{dY_N}{dMIS} = M\alpha(MIS)^{\alpha-1} K^\beta Z^\gamma \quad (A8)$$

$$A\alpha(L - MIS)^{\alpha-1} K^\beta Z^\gamma = M\alpha(MIS)^{\alpha-1} K^\beta Z^\gamma \quad (A9)$$

$$MIS = \frac{A^{\frac{1}{\alpha-1}}(L - MIS)}{M^{\frac{1}{\alpha-1}}} \quad (A10)$$

對 (A10) 式取自然對數可得

$$\begin{aligned} \ln(MIS) &= \frac{1}{\alpha-1} \ln(A) + \ln(NMIS) - \frac{1}{\alpha-1} \ln(M) \\ &= \frac{1}{\alpha-1} \ln(A) + \ln(NMIS) - \frac{1}{\alpha-1} [-\lambda dx] \end{aligned} \quad (A11)$$

其中 $M = \exp[-\lambda x] = \exp[-\lambda(RD + IT)]$

故 $dM = -\lambda \exp[-\lambda x] dx = -\lambda M dx$

$$\ln M = -(RD + IT) dx \quad (A12)$$

利用 (A10) 式，可得出支援部門產出佔公司總產出之份額為

$$\begin{aligned} \frac{Y_N}{Y} &= \frac{M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma}{M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma + A(NMIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma} \\ &= \frac{M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma}{M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma + M(MIS)^{\alpha-1} K^\beta Z^\gamma NMIS} \\ &= \frac{M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma}{M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma + M(MIS)^{\alpha-1} K^\beta Z^\gamma (L - MIS)} \\ &= \frac{M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma}{M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma + M(MIS)^{\alpha-1} K^\beta Z^\gamma L - M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma} \\ &= \frac{MIS}{L} \end{aligned} \quad (A13)$$

對 (A1) 式全微分可得到

$$Y = Y_O + Y_N = A(NMIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma + M(MIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma \quad (A14)$$

$$\begin{aligned} dY &= (NMIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma dA + A\alpha(NMIS)^{\alpha-1} K^\beta Z^\gamma dNMIS + A(NMIS)^\alpha \beta K^{\beta-1} Z^\gamma dK \\ &\quad + \gamma A(NMIS)^\alpha K^\beta Z^{\gamma-1} dZ + M(MIS)^\alpha K^\beta + M\alpha(MIS)^{\alpha-1} K^\beta dMIS \\ &\quad + M\beta(MIS)^\alpha K^{\beta-1} dK + M\gamma(MIS)^\alpha K^\beta Z^{\gamma-1} dZ \end{aligned} \quad (A15)$$

對上式等式兩邊同除以 Y ，並整理可得

$$\begin{aligned} \frac{dY}{Y} &= \frac{(NMIS)^\alpha K^\beta Z^\gamma dA}{Y} + \frac{A\alpha(NMIS)^{\alpha-1} K^\beta Z^\gamma (NMIS) dNMIS}{Y NMIS} \\ &\quad + \frac{A(NMIS)^\alpha \beta K^{\beta-1} Z^\gamma (K) dK}{Y K} + \frac{\gamma A(NMIS)^\alpha K^\beta Z^{\gamma-1} (Z) dZ}{Y Z} \\ &\quad + \frac{(MIS)^\alpha K^\beta dM}{Y} + \frac{M\alpha(MIS)^{\alpha-1} K^\beta (NMIS) dMIS}{Y MIS} \\ &\quad + \frac{M\beta(MIS)^\alpha K^{\beta-1} (K) dK}{Y K} + \frac{M\gamma(MIS)^\alpha K^\beta Z^{\gamma-1} (Z) dZ}{Y Z} \\ &= \frac{1}{A} \frac{Y_O}{Y} (1+g)dM + \alpha \frac{Y_O}{Y} \frac{dNMIS}{NMIS} + \beta \frac{Y_O}{Y} \frac{dK}{K} + \gamma \frac{Y_O}{Y} \frac{dZ}{Z} + \frac{1}{M} \frac{Y_N}{Y} dM \\ &\quad + \alpha \frac{Y_N}{Y} \frac{dMIS}{MIS} + \beta \frac{Y_N}{Y} \frac{dK}{K} + \gamma \frac{Y_N}{Y} \frac{dZ}{Z} \\ &= \frac{1}{(1+g)M} \frac{Y_O}{Y} (1+g)[- \lambda dx]M + \alpha \frac{Y_O}{Y} \frac{dNMIS}{NMIS} + \beta \frac{Y_O}{Y} \frac{dK}{K} + \gamma \frac{Y_O}{Y} \frac{dZ}{Z} \\ &\quad + \frac{1}{M} \frac{Y_N}{Y} [- \lambda dx]M + \alpha \frac{Y_N}{Y} \frac{dMIS}{MIS} + \beta \frac{Y_N}{Y} \frac{dK}{K} + \gamma \frac{Y_N}{Y} \frac{dZ}{Z} \\ &= \left[\frac{Y_O}{Y} + \frac{Y_N}{Y} \right] [- \lambda dx] + \alpha \frac{Y_O}{Y} \frac{dNMIS}{NMIS} + \beta \left[\frac{Y_O}{Y} + \frac{Y_N}{Y} \right] \frac{dK}{K} + \gamma \left[\frac{Y_O}{Y} + \frac{Y_N}{Y} \right] \frac{dZ}{Z} \\ &\quad + \alpha \frac{Y_N}{Y} \left\{ \frac{1}{\alpha-1} \ln(A) + \ln(NMIS) - \frac{1}{\alpha-1} [- \lambda dx] \right\} \\ &= - \lambda dx + \alpha \left[\frac{Y_O}{Y} + \frac{Y_N}{Y} \right] \frac{dNMIS}{NMIS} + \beta \frac{dK}{K} + \frac{\alpha}{\alpha-1} \frac{Y_N}{Y} \ln(A) + \frac{\alpha}{\alpha-1} \frac{Y_N}{Y} [- \lambda dx] \end{aligned}$$

$$\ln Y = \alpha \ln NMIS + \beta \ln K + \gamma \frac{dZ}{Z} - \lambda dx - \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{Y_N}{Y} \ln(A) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{Y_N}{Y} \lambda dx \quad (A16)$$

故可得到

$$\ln Y = \alpha \ln NMIS + \beta \ln K + \gamma \ln Z - \lambda d(RD + IT) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{MIS}{L} \ln(A) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{MIS}{L} [\lambda d(RD + IT)] \quad (A17)$$

由上述模式可知：公司的產出除了受到非資訊人員(NMIS)、資本(K)與營業費用(Z)的影響外，尚受到技術(RD與IT)、規模(lnA)與資訊人員密度($\frac{MIS}{L}$)等公司技術特性的影響。

6. 參考文獻

- Carr N. G. (民 92), 「IT 不再攸關重大」, 哈佛商業評論, 第 21 期, 42-52 頁。
- 洪世章與黃欣怡 (民 92), 「產業、環境與競爭力-台灣薄膜電晶體液晶顯示器工業的分析」, 科技管理學刊, 第八卷第一期, 1-31 頁。
- 胡哲生與黃泰元 (民 92), 「產業合作關係與內部資訊系統對傳統產業導入網路科技之影響」, 科技管理學刊, 第八卷第三期, 79-110 頁。
- 黃智聰, 高安邦與許敬基 (民 92), 「研究發展對生產效率的影響及產業內的外溢效果-台灣 IT 產業的實證研究」, 台灣經濟學會 2003 年年會。
- Aigner, D. J., Lovell, C. A. K., and Schmidt, P. (1977), "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models," *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.
- Anderson, M., Banker, R., and Ravindran, S. (2000), "Executive compensation in the information technology industry," *Management Science*, 6, 21-37.
- Banker, R. D., Chang, H., and Cunningham, R. (2003), "The public accounting industry production function," *Journal of Accounting and Economics*, 35, 255-281.
- Barua, A., Kriebel, C. H., and Mukhopadhyay, T. (1995), "Information technologies and business value: an analytic and empirical investigation," *Information Systems Research*, 6 (1), 3-23.
- Battese, G. E. and Coelli, T. J. (1988), "Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data,"

Journal of Econometrics, 38, 387-399.

- Battese, G. E. and Coelli, T. J. (1995), "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data", *Empirical Economics*, 20, 325-332.
- Becchetti, D. A., Bedoya, L. and Paganetto, L. (2003), "ICT Investment, Productivity and Efficiency: Evidence at Firm Level Using a Stochastic Frontier Approach," *Journal of Productivity Analysis*, 20, 143-167.
- Bishop, P. and Brand, S. (2003), "The efficiency of museums: a stochastic frontier production function approach," *Applied Economics*, 35, 1853-58.
- Chirinko, R. S. and Schaller, H. (1995), "Why Does Liquidity Matter in Investment Equations?" *Journal of Money, Credit, and Banking*, 27, pp.507-48.
- Core, J. E., Guay, W. R., and Van, B. A. (2003), "Market valuations in the New Economy: an investigation of what has changed," *Journal of Econometrics*, 34, 43-67.
- Dewan, S. and Kraemer, K. L. (2000), "Information Technology and Productivity: Evidence from country-level data", *Management Science*, 46 (4), pp.548-562.
- Hung, J. (2003), "A stochastic frontier analysis of financing constraints on investment: The case of financial liberalization in Taiwan," *Journal of Business and Economic Statistics*, 21, 406-19.
- Ittner, C. D., Lambert, R. A., and Larcker, D. F. (2003), "The structure and performance consequences of equity grants to employees of new economy firms," *Journal of Econometrics*, 34, 89-127.
- Kalirajan, K. P. (1981), "An econometric analysis of yield variability in paddy production," *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 29, 283-294.
- Kambayashi, N. and Scarbrough, H. (2001), "Cultural influences on IT use amongst factory managers: a UK-Japanese comparison," *Journal of Information Technology*, 16, 221-236.
- Kumbnakar, S. C., Ghosh, S. and McGuckin, J. T. (1991), "A generalized production frontier approach for estimating determinants of inefficiency in U.S. dairy farms," *Journal of Business and Economic Statistics*, 9, 279-286.
- Lee, J. and Bose, U. (2002), "Operational linkage between diverse dimensions of information technology investments and multifaceted aspects of a firm's economic performance," *Journal of Information Technology*, 17, 119-153.
- Lucas, H. C. (1999), *Information Technology and the Productivity Paradox*. New York: Oxford University Press.

- Mata, S. and Chaya, A. K. (1996), "Analyzing cost effectiveness of organizations: The impact of information technology spending," *Journal of Management Information Systems*, 13 (2), 29-57.
- Meeusen, W. and Broeck, J. V. D. (1977), "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error," *International Economic Review*, 18, 435-444.
- Murphy, K. J. (2003), "Stock-based pay in new economy firms," *Journal of Econometrics*, 34, 129-147.
- O'Donnell, D. and Berkery, G. (2003), "Human interaction: the critical source of intangible value," *Journal of Intellectual Capital*, 4, 82-99.
- Pitt, M. M. and Lee, L. F. (1981), "Measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry," *Journal of Development Economics*, 9, 43-64.
- Rai, A., Patnayakuni, R., and Patnayakuni, N. (1997), "Technology Investment and Business Performance," *Communications of the ACM*, 40 (7), 89-97.
- Reifschneider, D. and Stevenson, R. (1991), "Systematic departures from the frontier: A framework for the analysis of firm inefficiency," *International Economic Review*, 32, 715-723.
- Santhanam, R. and Hartono, E. (2003), "Issue in linking information technology capability to firm performance," *MIS Quarterly*, 27(1), 125-153.
- Shao, B. B. M. and Lin, W. (2002), "Technical efficiency analysis of information technology investments: A two-stage empirical investigation," *Information & Management*, 39 (5), 391-401.
- Strassmann, P. A. (1990), *The Business Value of Computer: An Executive's Guide*. New Canaan, CT, Information Economics Press.
- Swierczek, F. W. and Shrestha, P. K. (2003), "Information technology and productivity: a comparison of Japanese and Asia-Pacific banks," *Journal of High Technology Management Research*, 14, 269-288.
- Veiga, J. F., Floyd, S., and Dechant, K. (2001), "Towards modeling the effects of national culture on IT implementation and acceptance," *Journal of Information Technology*, 16, 145-158.