在動態調整下重新驗證資訊科技生產力逆說

蔡蕙安・楊佳勳*

本文加入動態調整的考量重新驗證90年代之生產力逆說, 探討各製造業採用資訊科技所產生之動態調整與生產力成長。本文應用動態的要素需求模型, 假設產業以極小化預期未來生產成本貼現值爲目標, 考慮準固定要素的落後生產效果, 及自動化科技在生產過程之調整效果。在變數設定方面, 將勞動與準固定要素劃分爲一般勞動、自動化相關勞動及一般資本、自動化資本。實證結果推翻生產力逆說, 並得出高科技產業比較於傳統產業, 能以較低調整成本、較快速調整速度達到長期均衡, 顯示台灣高科技廠商之投資決策較佳。再者, 高科技產業由於使用自動化科技的層面較廣, 因此在自動化科技的產出貢獻就比傳統產業大; 而自動化勞動在生產力上又比自動化資本來的高, 這表示相關人員的訓練比不斷投資自動化資本來的重要。

關鍵詞: 自動化科技, 資訊科技, 擴散效果, 動態調整, 產業動態模型, 台灣製造業

JEL 分類代號: L1, L6, O3

1 前言

創造、擴散與探索知識的能力逐漸成爲競爭優勢最主要的因素。不同於有限的自然資源, 知識是可以不斷創新而不虞匱乏的; 其中, 資訊科技之應用最有助於知識的擴散。由於人們之間的知識存量和性質均不相同, 透過

*作者爲國立中山大學經濟研究所教授與國立中山大學經濟研究所碩士。作者感謝國科會研究計畫編號: NSC94-2415-H-110-006, 及國立中山大學國家政策研究中心之贊助。Email: dianatsai@fac.nsysu.edu.tw

期刊資料庫

經濟論文叢刊 (*Taiwan Economic Review*), 37:4 (2009), 455–481。
國立台灣大學經濟學系出版

人際之間的溝通有利於知識的傳播, 而人與人之間的知識融合亦有利於新知識的創新。資訊科技 (information communication technology, ICT)[1] 最主要的概念就是電腦與電信的結合, 在1990年代初期, 電腦網路的擴展加快了經濟活動全球化的腳步, 而電腦網路與電信的結合也被視爲在未來經濟與社會發展最基本也最重要的基礎, 這也形成了 ICT 發展的主要潮流。ICT 的優勢不單在高速運算, 更在資訊的高效能與快速的傳輸能力。藉由資訊高速公路的建構與 ICT 的發展, 將國家、地區、廠商及產業納入全球網路的一環, 透過 ICT, 廠商及產業更可直接進入全球化的市場及分散其生產, 使其跳脫地域上的思考, 創造其競爭上的優勢。因此, 在追求速度與創造知識的數位經濟時代, ICT 發展與產業發展甚至國家經濟發展存在相輔相成的關係。

在「知識經濟」時代中, 除了資本設備之外, 勞動力及其具備的知識技術也扮演了極爲重要的角色。1990年代美國的長期經濟成長就勾畫出知識經濟的遠景 (Oliner and Sichel, 2000)。在美國, 因爲知識長期不斷的累積與有效應用, 再加上資訊科技所帶來的技術變革, 使資訊、知識及經驗的傳輸擴散更加快速, 增強產業生產力, 形成了經濟成長的原動力, 因此「知識經濟」又被明確的界定爲知識與資訊的激發、擴散與應用上的經濟模式; 其中知識的擴散、激發主要仰賴於資訊、通訊的技術, 所以, 資訊科技的發展不但促使知識數碼化之速度加快, 且經過數碼化和簡化的知識可以在很短的時間以極小的成本來做資訊傳輸, 這一些技術上的改進都大幅的提升知識有效的擴散、使用, 有效率的知識資訊傳遞使用也直接影響到產業在知識經濟時代中的發展, 尤其對於知識型產業而言, ICT 的使用的確是關係著產業在產出的表現, 所以如何評估 ICT 對產出的影響, 是本文的目的之一。

台灣的經濟發展策略自1970年代晚期即著重於科學及科技發展政策, 且自1980年代初期便開始提升國家在科技資訊方面的投資, 1994年台灣創立一個10年的國家資訊建構 (National Information Infrastructure, NII) 計畫, 期望台灣能成爲亞洲地區的電信通訊中心。面對全球化的機會及競

[1] Creti (1999) 定義 ICT 爲資訊科技 (電腦、主機板等) 及電信通訊 (電話、傳眞、數據機與網路架構)。

臺灣大學學術期刊資料庫

爭的壓力, 台灣地區的廠商也積極的加重資訊科技的投資比例。而在追求經濟的永續成長下, 台灣除了在 ICT 的持續投資之外, 更重視相關人力資源的訓練及增加電信方面的實質投資。然而 ICT 產業的快速發展在提升產業生產力上究竟是扮演何種角色? 自動化科技人才所扮演的重要性爲何? 本文以台灣各製造業爲分析對象, 加入動態調整的考量重新驗證 90 年代之生產力逆說, 探討各製造業採用自動化科技所產生之動態調整與生產力成長。

在 80 年代, 資訊科技被認爲是改善公司競爭力優勢的關鍵, 但這種看法到了 90 年代出現了不確定的因素, 因爲許多實證研究都指出, 對 ICT 大量投資的公司並未因此得到相對的報酬, 這樣的看法也給了許多公司決策者一個很大的難題。Roach (1987) 提出生產力逆說 (productivity paradox), 指出1977年至1989年的每單位勞動的電腦投資額以高比例成長時, 每單位勞工的產出並沒有成長的趨勢。Berndt and Morrison (1995) 在分析美國製造業中分類 (two-digit) 高科技資本, 發現高科技資本之邊際生產力小於其邊際成本; 且驗證一般認爲電腦的使用應該會節省人力需求的假說並不成立, 而得出高科技資本和勞動需求是正相關的結論。Strassmann (1997) 以1994年539家公司的資料探討 ICT 投資與其投資報酬之間的關係時, 得出 ICT 與獲利能力之間並沒有任何實質的關係。Barua et al. (1995) 以策略商業單位 (strategic business unit: SBU) 來做爲分析的單位, 發現 ICT 的引入對 SBU 的表現雖然有正面的助益, 但對公司資產報酬卻沒有明顯的效益。[2] 因此當時許多學者都一致建議公司應盡量把資金投資在非 ICT 部分, Robert Solow 做了這樣的結論,『你可以看見電腦的時代已經來臨, 但是在政府生產力統計上卻無法反映出來』(Solow, 1987, p. 36)。因此, 生產力逆說又稱爲 Solow 逆說。生產力逆說的產生, 震驚了許多公司的管理階層, 也令學者們感到迷惑, 美國產業花費了數百萬美元在電腦的投資上, 若這些投資無法帶來效益, 那公司管理階層就必須重新思考他們在資訊科技的投資策略。

儘管在1990年代早期, 許多人認爲資訊科技並未對公司產出帶來幫助, 但仍有許多學者急欲找出 ICT 與產出之間的關係。Brynjolfsson and Hitt

[2]其他相關文獻包括 Crowston and Treacy (1986)、Kauffman and Kriebel (1989)、Mukhopadhyay and Cooper (1992)、Mukhopadhyay and Cooper (1993) 等。

臺灣大學學術期刊資料庫

(1996) 採用最常被使用的 Cobb-Douglas 生產函數作分析, 並針對不同的投入產出以不同的物價指數作平減, 實證結果得出電腦資本與資訊科技相關員工具正的生產彈性, 且其淨邊際產出爲正。並證實反向因果關係 (reverse causality) 亦然存在, 亦即資訊科技導致產出增加, 產出的增加亦促使資訊科技投資增加; 因爲資訊科技在長期時除了有短期的直接效果之外, 還因與其他資本密切結合造成間接效果。Mairesse et al. (2001) 則建立三個資訊科技指標 — 電腦設備占總資本比例、電腦相關員工比例與電子相關員工比例, 而結論資訊科技指標與生產力成長是正相關的。Lehr and Lichtenberg (1998) 衡量 ICT 投資對政府公共部門的影響, 以 BLS (Bureau of Labor Statistics) 所建立公共部門產出的產出係數爲產出, ICT 投資方面, 用資訊科技存量乘上其價格加總而得, 並將勞工分爲技術性及非技術性, 且考慮一項生產力差別係數, 結果顯示出產出成長率的確與電腦密集成長率成正相關。McGuckin et al. (1997) 則利用廠商在科技方面的採用數目作分析, 發現廠商增加科技使用並不一定造成生產力大幅提昇的。

Brynjolfsson (1993) 回顧了過去生產力逆說的文獻之後認爲, 產品的多元化及品質上的改善應該計入產品價值的一部份, 但以往所用來平減產出的物價指數往往忽略了這一點, 因爲政府的物價指數是在假設產品的品質不變下所得, 因此必然高估產品的實際價格, 導致高估物價指數, 因而在平減過程中, 低估了產出。Bosworth and Triplett (2000) 及 Dedrick et al. (2003) 提出, 在新經濟時代生產力的成長很大一部分應歸功於投資資訊科技所產生之無形資本 (intangible capital) 的成長及無法測量的品質改善, Brynjolfsson and Hitt (2000) 即試圖衡量並強調資訊科技的投資所產生的無形資本的重要性。但這些無形資本及品質改善的衡量及其對生產力的貢獻, 都還極具爭議性, 且在品質的衡量上也未見共識; 例如 Baily and Gordon (1988) 及 Triplett (1997) 就得出相反的結論, 認爲品質的改善並不足以解釋生產力逆說。

Morrison and Berndt (1990) 在發現產出成長率與科技資本之間存在反向關係之後也認爲, 之所以會產生這樣的實證結果, 可能是因爲資料衡量上出了問題, 因爲所使用的產業資料, 無法區分產業中哪些廠商是資訊科技高投資群。Weill (1992)、Loveman (1994)、Barua et al. (1995) 雖然都

臺灣大學博期刊資料庫

是以公司內部的策略商業單位作分析, 但由於樣本占總銷售額比率太低, 因此實證結果不免令人懷疑。Schrage (1997) 則認爲知識管理的無效率是造成生產力逆說的主要原因; Stratopoulos and Dehning (2000) 也提出相似的看法, ICT 投資若無法有效率的利用, 則會產生生產力逆說。

生產力逆說主要探討是否資訊科技投資是改善公司競爭力優勢的關鍵, 前述許多文獻都得出資訊科技投資與生產力及公司獲利能力之間並沒有任何實質的關係。本文最大論點在於若考慮資訊科技投資之落後期數的動態效果、使用資訊科技所產生的動態調整, 則資訊科技投資可能帶來生產力之正面效果。這樣的分析需要一個產業的動態模型, 考量當公司在採用新的資訊科技時, 勢必會有一段時間學習、調整, 考慮準固定要素在投入與顯現生產效果間具有調整、落後的情形, 並且在調整過程中會伴隨調整成本的產生, 使得資訊科技的影響有可能在短期沒有明顯的正面效果, 但在長期的總效果卻是正面的。本研究採用動態要素需求模型, 假設產業以極小化預期未來生產成本貼現值爲目標, 在生產對偶性的基礎下, 利用標準控制理論以得出準固定要素的封閉解。透過動態的分析方法, 本文分析自動化勞動與自動化資本對廠商要素需求行爲、生產成本及產出成長之影響。

本文以下各章節安排如下: 第2節爲理論架構與實證模型之推導; 第3節說明資料來源與變數設定; 第4節爲實証分析; 第5節則爲結論與建議。

2 理論與實證模型

本文模型假設廠商使用三種變動要素-中間投入 (M)、一般勞動 (L_1)、ICT 勞動 (L_2) 及兩種準固定要素-實質資本 (K_1, physical capital) 與 ICT 資本 (K_2) 來生產單一產出 (Y) 以作爲當期銷售之用途。本研究應用一動態要素需求模型, 考慮準固定要素在生產上具調整、落後的情形。另外, 我們也考慮到不當的測量會錯誤衡量投入產出的問題, 因此, 針對不同的投入產出, 以其最適且資料可得之物價指數來予以平減。[3] 另外, 在資訊科技

[3]Brynjolfsson (1993) 亦提出, 討論資訊科技對產出的影響時, 往往忽略了資訊科技使用的調整落後及有錯誤測量 (measurement errors) 之情形, 而造成分析上的偏差。

臺灣大學學術期刊資料庫

(ICT) 的設定, 將 ICT 投入分爲 ICT 資本、ICT 相關勞動兩項, 並令 ICT 資本爲準固定要素, 考慮其在生產上具落後、待調整之效果。

動態要素需求模型之發展主要可分爲四個階段, 本文採用爲第四階段較爲完整之動態模型架構; 有關動態要素需求模型之發展詳見 Nadiri and Prucha (1999)、蔡蕙安 (1999)。此模型以動態最適爲基礎, 並考慮要素需求在短、中、長期的調整情形, 反應準固定要素變動所產生之調整成本。[4] 廠商的生產技術以如下之要素需求集合 (input requirement set) 表示之:

$$M_t = M\left(Y_t, L_{1,t}, L_{2,t}, K_{1,t-1}, K_{2,t-1}, \Delta K_{1,t}, \Delta K_{2,t}, T_t\right), \qquad (1)$$

其中 $L_{1,t}$ 表示廠商的 ICT 相關勞動投入; $L_{2,t}$ 表示廠商的一般勞動要素投入; K_1 表示廠商的 ICT 資本投入; K_2 表示廠商的非 ICT 資本投入; T_t 則表示爲外生技術的指標。

假設廠商依據確定相等回饋控制政策 (certainty equivalence feedback control policy)[5] 來極小化其預期未來成本之現值的加總, 即:

$$\begin{aligned}\sum_{\tau=t}^{\infty}\Big\{ & G\left(E_t P_\tau^{l1}, E_t P_\tau^{l2}, E_t Y_\tau, K_{1,\tau-1}, K_{2,\tau-1}, \Delta K_{1,\tau}, \Delta K_{2,\tau}, T_\tau\right) \\ & + \left(E_t P_\tau^{k1}\right)'\left[K_{1,\tau} - \left(1-\delta_\tau^{k1}\right) K_{1,\tau-1}\right] \\ & + \left(E_t P_\tau^{k2}\right)'\left[K_{2,\tau} - \left(1-\delta_\tau^{k2}\right) K_{2,\tau-1}\right]\Big\} \Pi_{s=t}^{\tau}\left(1+r_s\right)^{-1}, \qquad (2)\end{aligned}$$

[4]動態要素需求模型中之調整成本主要可分爲兩類: 第一爲內生調整成本, 可視爲內生於廠商的購買成本與安裝成本之總和, 此調整成本會隨資本存量的增加而提高, 也直接影響到生產函數, 使產出減少。第二爲外生調整成本, 此調整成本 Gould (1968) 認爲是毛投資的的顯函數, 爲一投資的遞增函數。Lucas (1967) 認爲廠商的資金來自借貸, 資僅成本的高低取決於借貸的多寡, 因此此調整成本爲外生並不會影響到產出。本文模型所引用的調整成本, 即爲內生調整成本的概念。

[5]一般於動態模型中皆假設廠商是依據隨機閉路迴圈回饋政策來進行投入選擇, 而於此種政策下必須掌握所有外生變數分配的資訊, 往往無法從隨機尤拉方程中求出準固定要素之最適選擇。因此, 我們假設廠商根據確定相等回饋控制政策 (certainty equivalence feedback control policy) 來進行要素投入的決策, 於此政策下, 廠商於每一期皆會於極小化預期未來生產成本貼現值的前提下訂定其最適的要素投入計劃; 同時, 廠商於未來的每一期都會根據其所得到的新訊息變動其預期與最適的選擇, 因此, 求解上只需掌握外生變數一階動差 (均數) 之資訊即可。

期刊資料庫

其中 E_t 代表預期因子, 受限於 t 期時廠商可獲得的資訊集合; r_s 表實質貼現率; P_τ^{l1}、P_τ^{l2} 分別爲 ICT 勞動及一般勞動的價格; P_τ^{k1}、P_τ^{k2} 爲 ICT 資本及非 ICT 資本的價格; δ_τ^{k1}、δ_τ^{k2} 分別爲 ICT 資本與非 ICT 資本的外生折舊率。[6]

標準化限制成本函數 $G(\cdot)$ 是廠商極小化其預期未來成本之現值的短期變動成本函數, 由於已對 M_t 之價格作標準化, 故其他價格變數 P_τ^{l1}、P_τ^{l2}、P_τ^{k1}、P_τ^{k2} 爲以 P_τ^m 標準化的相對價格。在實證上, 本文爲利用確定相等回饋原則與隨機迴圈反饋控制政策相等的特性, 假定標準化限制成本函數 $G(\cdot)$ 以線性二次 (linear quadratic) 的形式表示, 並隱含當 $\Delta K_{1,t} = \Delta K_{2,t} = 0$ 時邊際調整成本爲零之假設。[7] 限制成本函數之設定是爲第四階段動態要素模型, 模型設定參考 Epstein and Yatchew (1985)、Prucha and Nadiri (1986)、Nadiri and Prucha (1996)。在 ICT 投入方面的設定, 則參照 Brynjolfsson and Hitt (1996)、Mairesse et al. (2001) 之設定, 將勞動與準固定要素劃分爲一般勞動、自動化相關勞動及一般資本、自動化資本。

$$
\begin{aligned}
&G\left(P_t^{l1}, P_t^{l2}, K_{1,t-1}, K_{2,t-1}, \Delta K_{1,t}, \Delta K_{2,t}, T_t, Y_t\right) \\
&= Y_t^{1/\rho}\left\{\alpha_0 + \alpha_{l1}P_t^{l1} + \alpha_{l2}P_t^{l2} + \frac{1}{2}\gamma_{l1l1}\left(P_t^{l1}\right)^2 + \frac{1}{2}\gamma_{l2l2}\left(P_t^{l2}\right)^2\right. \\
&\quad \left. + \beta_{l1l2}P_t^{l1}P_t^{l2} + \beta_{l1t}P_t^{l1}T_t + \beta_{l2t}P_t^{l2}T_t\right\} \\
&\quad + \left\{\alpha_{k1}K_{1,t-1} + \alpha_{k2}K_{2,t-1} + \beta_{l1k1}P_t^{l1}K_{1,t-1} + \beta_{l2k1}P_t^{l2}K_{1,t-1}\right. \\
&\quad \left. + \beta_{l1k2}P_t^{l1}K_{2,t-1} + \beta_{l2k2}P_t^{l2}K_{2,t-1} + \beta_{k1t}T_tK_{1,t-1} + \beta_{k2t}T_tK_{2,t-1}\right\} \\
&\quad + Y_t^{-\frac{1}{\rho}}\left\{\frac{1}{2}\gamma_{k1k1}\left(K_{1,t-1}\right)^2 + \frac{1}{2}\gamma_{k2k2}\left(K_{2,t-1}\right)^2 + \beta_{k1k2}K_{1,t-1}K_{2,t-1}\right. \\
&\quad \left. + \frac{1}{2}\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}\left(\Delta K_{1,t}\right)^2 + \frac{1}{2}\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}\left(\Delta K_{2,t}\right)^2\right\}。
\end{aligned} \tag{3}
$$

此外, 此標準化限制成本函數必須滿足下列的理論限制: 爲一連續且可二次微分之函數, P_t^{l1}、P_t^{l2} 之一次齊次, Y_t、$|\Delta K_{1,t}|$、$|\Delta K_{2,t}|$、P_t^{l1}、P_t^{l2} 的

[6]資本落後一期代表資本之期初存量, 廠商的目標函數 (2) 表示廠商在每 t 期根據當期所獲得的資訊與當期期初的資本存量下, 從極小化 (2) 式得出最適計畫, 且廠商每一期皆重複此過程, 在每一期由於外生變數及預期的新資訊的獲得, 將修正產生一個新的規劃。

[7]調整成本爲準固定要素變動量之凸函數 (convex function), 而當準固定要素變動量爲零時, 由於僅存在著「折舊 (替換) 投資」, 故調整成本會達到最低點, 即邊際調整成本爲0。

非遞減, $K_{1,t-1}$、$K_{2,t-1}$ 之非遞增函數, P_{τ}^{l1}、P_{τ}^{l2} 之凹函數; $K_{1,t-1}$、$K_{2,t-1}$、$\Delta K_{1,t}$、$\Delta K_{2,t}$ 之凸函數。因此 (3) 式的參數必須有以下的限制: $\gamma_{k1k1} > 0$、$\gamma_{k2k2} > 0$、$\gamma_{k1k1}\gamma_{k2k2} - \beta_{k1k2}^2 > 0$、$\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1} > 0$、$\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2} > 0$、$\gamma_{l1l1} < 0$、$\gamma_{l2l2} < 0$。

另外, (3) 式隱含內生調整成本爲:

$$Y^{-\frac{1}{\rho}}\left\{\frac{1}{2}\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}\left(\Delta K_{1,t}\right)^2+\frac{1}{2}\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}\left(\Delta K_{2,t}\right)^2\right\}。 \tag{4}$$

我們假設廠商對相對價格、產出水準及技術水準爲靜態預期, 且貼現率爲外生變數來簡化模型。因此, 廠商的目標函數 (2) 所決定出的最適要素投入必須滿足以下的隨機尤拉方程式 ($\tau = 0,\ 1,\ 2, \cdots$):

$$\begin{aligned}
&-\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}K_{1,t+\tau-1}+\left[\gamma_{k1k1}+(2+r_s)\,\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}\right]K_{1,t+\tau}\\
&\quad-(1+r_s)\,\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}K_{1,t+\tau-1}+\beta_{k1k2}K_{2,t+\tau}\\
&=-Y_t^{\frac{1}{\rho}}\left\{\alpha_{k1}+\beta_{k1l1}P_t^{l1}+\beta_{k1l2}P_t^{l2}+\beta_{k1t}T_t+(r_s+\delta_{k1})\,P_t^{k1}\right\}; \qquad (5)\\
&-\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}K_{2,t+\tau-1}+\left[\gamma_{k2k2}+(2+r_s)\,\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}\right]K_{2,t+\tau}\\
&\quad-(1+r_s)\,\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}K_{2,t+\tau-1}+\beta_{k1k2}K_{1,t+\tau}\\
&=-Y_t^{\frac{1}{\rho}}\left\{\alpha_{k2}+\beta_{k2l1}P_t^{l1}+\beta_{k2l2}P_t^{l2}+\beta_{k2t}T_t+(r_s+\delta_{k2})\,P_t^{k2}\right\}。 \qquad (6)
\end{aligned}$$

假設外生變數成長的指數階小於 $(1+r)^{1/2}$, 以排除不穩定根, 並應用重新參數法可得出 (5)、(6) 式的解爲:[8]

$$\begin{aligned}
\Delta K_{1,t} = {} & d_{k1k1}\left[\alpha_{k1}+\beta_{k1l1}P_t^{l1}+\beta_{k1l2}P_t^{l2}+\beta_{k1t}T_t\right.\\
& \left.+\ (r_s+\delta_{k1})\,P_t^{k1}\right]\hat{Y}_t^{\frac{1}{\rho}}+d_{k1k2}\left[\alpha_{k2}+\beta_{k2l1}P_t^{l1}\right.\\
& \left.+\beta_{k2l2}P_t^{l2}+\beta_{k2t}T_t+(r_s+\delta_{k2})\,P_t^{k2}\right]\hat{Y}_t^{\frac{1}{\rho}}\\
& +\ \left[c_{k1k1}/\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}\right]K_{1,t-1}+\left[c_{k1k2}/\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}\right]K_{2,t-1}; \qquad (7)
\end{aligned}$$

[8]詳見 Epstein and Yatchew (1985) 與蔡蕙安·陳致剛 (2002) 附錄之推導。

臺灣大學學術期刊資料庫

$$\begin{aligned}\Delta K_{2,t} = d_{k1k2}\left[\alpha_{k1} + \beta_{k1l1}P_t^{l1} + \beta_{k1l2}P_t^{l2} + \beta_{k1t}T_t\right.\\ \left. + \ (r_s + \delta_{k1})\ P_t^{k1}\right]\hat{Y}_t^{\frac{1}{\rho}} + d_{k2k2}\left[\alpha_{k2} + \beta_{k2l1}P_t^{l1}\right.\\ \left. + \beta_{k2l2}P_t^{l2} + \beta_{k2t}T_t + (r_s + \delta_{k2})\ P_t^{k2}\right]\hat{Y}_t^{\frac{1}{\rho}}\\ + \ \left[c_{k1k2}/\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}\right]K_{1,t-1} + \left[c_{k2k2}/\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}\right]K_{2,t-1}\circ \qquad (8)\end{aligned}$$

準固定要素需求式, 除限制成本函數之參數限制外, 同時必須符合以下重新參數化之限制式, 此限制爲計量上之參數轉化限制:

$$\begin{aligned}\gamma_{k1k1} &= c_{k1k1} - (1+r)\left[\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1} - \left(\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}\right)^2\left(\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2} + c_{k2k2}/f\right);\right.\\ \gamma_{k2k2} &= c_{k2k2} - (1+r)\left[\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2} - \left(\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}\right)^2\left(\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1} + c_{k1k1}/f\right);\right.\\ \beta_{k1k2} &= c_{k1k2} - (1+r)\left(\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}c_{k1k2}\right)/f;\\ f &= \left(\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1} + c_{k1k1}\right)\left(\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2} + c_{k2k2}\right) - c_{k1k2}^2;\\ d_{k1k1} &= \frac{1}{\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}} + (1+r)\left[c_{k2k2} - r\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}\right]/e;\\ d_{k2k2} &= \frac{1}{\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}} + (1+r)\left[c_{k1k1} - r\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}\right]/e;\\ d_{k1k2} &= -(1+r)c_{k1k2}/e;\\ e &= \left(c_{k1k1} - r\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}\right)\left(c_{k2k2} - r\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}\right) - c_{k1k2}^2\circ \qquad (9)\end{aligned}$$

最後, 利用 Shephard lemma 得出確定相等原則政策下廠商變動要素之估計式:

$$\begin{aligned}\hat{L}_{1,t} &= \hat{Y}_t^{\frac{1}{\rho}}\left(\alpha_{l1} + \gamma_{l1l1}P_t^{l1} + \beta_{l1l2}P_t^{l2} + \beta_{l1t}T_t\right)\\ &\quad + \ \left(\beta_{l1k1}K_{1,t-1} + \beta_{l1k2}K_{2,t-1}\right); \qquad (10)\\ \hat{L}_{2,t} &= \hat{Y}_t^{\frac{1}{\rho}}\left(\alpha_{l2} + \gamma_{l2l2}P_t^{l2} + \beta_{l1l2}P_t^{l1} + \beta_{l2t}T_t\right)\\ &\quad + \ \left(\beta_{l2k1}K_{1,t-1} + \beta_{l2k2}K_{2,t-1}\right); \qquad (11)\end{aligned}$$

臺灣大學學術期刊資料庫

$$\hat{M}_t = \hat{Y}_t^{\frac{1}{\rho}} \left\{ \alpha_0 - \frac{1}{2}\gamma_{l1l1}\left(P_t^{l1}\right)^2 - \frac{1}{2}\gamma_{l2l2}\left(P_t^{l2}\right)^2 \right\}$$
$$+ \left\{ \alpha_{k1}K_{1,t-1} + \alpha_{k2}K_{2,t-1} + \beta_{k1t}K_{1,t-1}T_t + \beta_{k2t}K_{2,t-1}T_t \right\}$$
$$+ \hat{Y}_t^{-\frac{1}{\rho}} \left\{ \frac{1}{2}\gamma_{k1k1}\left(K_{1,t-1}\right)^2 + \frac{1}{2}\gamma_{k2k2}\left(K_{2,t-1}\right)^2 \right.$$
$$+ \beta_{k1k2}\left(K_{1,t-1}K_{2,t-1}\right) + \frac{1}{2}\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}\left(\Delta K_{1,t}\right)^2$$
$$+ \left. \frac{1}{2}\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}\left(\Delta K_{2,t}\right)^2 \right\}。 \tag{12}$$

$\hat{L}_{1,t}$、$\hat{L}_{2,t}$、$\hat{M}_t$、$\hat{Y}_t$ 分別代表在成本極小化下的最適要素需求及產出; 由於本文探討資訊科技 (ICT) 對製造業生產力的影響的理論基礎爲動態要素需求模型, 本模型採取一般化動差估計法 (GMM) 方法進行估計, 最主要理由是由於自變數中存在前期應變數, 亦即外生變數之內生化問題。在本模型之前期應變數包括 (7) 中 $K_{1,t-1}$, $K_{2,t-1}$, (8) 中 $K_{1,t-1}$, $K_{2,t-1}$, (10) 式中 $K_{1,t-1}$, $K_{2,t-1}$, (11) 式中 $K_{1,t-1}$, $K_{2,t-1}$, 及 (12) 式中 $K_{1,t-1}$, $K_{2,t-1}$, $\Delta K_{1,t}$, $\Delta K_{2,t}$。由於外生變數之內生化問題, 導致可能產生變異數異質性、及誤差項自我相關的問題。在此動態的概念下, 我們使用 GMM 聯立估計準固定要素需求方程式 — (7) 式及 (8) 式; 變動要素需求方程式 — (10) 式、(11) 式及 (12) 式。

3 變數設定與資料分析

本文的目的是爲分析台灣製造業在 ICT 發展與其生產力之間的關係, 因此實證對象爲台灣製造業中小分類 (two-digit) 的行業, 研究樣本期間爲1991–2004年。台灣資訊科技之資料主要有二個部分: 自動化資料及電子化資料, 本研究以自動化資料爲主代表資訊科技, 最主要的原因是針對本研究的目的主要是以動態調整的分析方法驗證生產力逆說 (productivity paradox), 並與前面文獻作比較, 驗證若考慮資訊科技投資之落後期數的動態效果、使用資訊科技所產生的動態調整, 則資訊科技投資可能帶來生產力之正面效果。由於前面文獻在資訊科技的研究也大都以自動化資料爲主 (Berndt and Morrison, 1995; Brynjolfsson and Hitt, 1996; Lehr and Lichtenberg, 1998; Mairesse et al., 2001) 等。再者, 因爲台灣電子化資料的蒐集

臺灣大學學術期刊資料庫

自88年起兩年一次的普查資料, 至今只有3次資料, 三次的資料在時間數列尚不足以含括做任何動態的分析。是故雖然本文的資訊科技資料以自動化資料爲主, 顯有不夠周全之處, 但以本文之目的而言尚不至太過偏差。再者, 既然採用自動化科技的資料就能對生產力逆說產生強有力的驗證, 若果台灣資料繼續擴充能增加電子化科技資料, 生產力逆說的驗證當更爲充足。[9]

本文主要資料的來源爲經濟部統計處所出版的「自動化調查報告」以及財團法人經濟資訊推廣中心之「Aremos 經濟統計資料庫」。於自動化調查報告當中, 台灣製造業總共分爲20個產業, 本文之研究對象則爲此20個台灣製造業。另外, 相關變數來源與設定如下:

(1) 產出

由於製造業各行業所包含之產品十分繁雜, 本文模型設定爲單一產出。此外, 由於國內相關單位並未對產品價格進行相關統計, 因此本文以 Aremos 資料庫中各行業之躉售物價指數爲其價格, 再將自動化調查報告中之營業銷貨收入, 以其相對價格除之, 以得到產出值。

(2) 自動化相關勞動

爲了針對台灣製造業 ICT 發展對生產力的影響分析, 我們將勞動分爲自動化相關勞動與一般勞動, 而自動化相關勞動的資料是由經濟部統計處的「自動化調查報告」中所得, 而其價格是由行政院主計處所提供之電腦從業人員薪資待遇, 且假設各行業之自動化員工薪資無異。

(3) 一般勞動

一般勞動人數是由 Aremos 經濟統計資料庫中各行業的勞動人口數減去自動化相關勞動人口數所得出。其相對價格則由 Aremos 經濟統計資料庫之員工的平均薪資所得。

(4) 自動化軟硬體設備資本

由於國內統計資料並無各行各業資本價格的資料, 故本文是以行政院主計處所提供的台灣製造業固定資本毛額與固定資本淨額相除而計算出

[9]電子化資料的內容與指標的量化, Tsai and Chang (2005) 有深入探討。

臺灣大學學術期刊資料庫

資本價格指數。自動化軟硬體設備投入則是將「自動化調查報告」中自動化軟硬體設備總值除以資本價格指數而得。

(5) 一般實質資本

如自動化軟硬體設備資本價格, 一般資本價格是由上述所計算出來的價格指數爲替代。而一般資本是將行政院主計處的固定資本毛額減去自動化軟硬體設備總值再以資本價格指數予以平減。

(6) 中間投入

本文所指的中間投入包含原物材料與燃料。而中間投入成本爲工業統計調查報告中之耗用原材物料的支出值, 而以 Aremos 資料庫提供之各行業躉售物價指數爲其價格做平減, 即爲中間投入值。

(7) 外生技術進步指標

一般研究中通常對技術變動指標之設定有二: 一爲時間趨勢變數; 二爲研究發展支出。本文乃是依據 Nadiri and Prucha (1996)、Mamuneas and Nadiri (1995)、Srinivasan (1996) 中動態模型採用之設定方式, 以時間趨勢代理之。

假設各行業之自動化員工薪資無異, 及在各行業之自動化資本品質無異, 的確有其限制, 各行業之自動化員工薪資可能不同, 自動化員工也並非只有電腦從業人員。Bosworth and Triplett (2000)、Brynjolfsson and Hitt (2000) 及 Dedrick et al. (2003) 都強調在新經濟時代資訊科技所產生之無形資本對生產力成長的重要性。本文則是由考慮資訊科技投資之動態調整效果, 考量當公司在採用新的資訊科技時, 勢必會有一段時間學習、調整, 考慮準固定要素在投入與顯現生產效果間具有調整、落後的情形, 來解釋生產力逆說。再者, 台灣的統計資料尚未對品質調整有任何的努力, 自動化相關勞動及相關資本的資料主要是由經濟部統計處的「自動化調查報告」及行政院主計處所得, 是故囿於資料之可得性而作各行業同質性之限制性假設。並且, 在此限制假設下本文都得到推翻生產力逆說的結論, 若果加入各行業 ICT 薪資不同、及自動化資本不同質之考量, 且加入自動化員工包含更高階的其他 ICT 技術勞工之考量, 則所得之結論 ICT 的正面效果將更加強。

臺灣大學學術期刊資料庫

表1綜合各產業之產出、一般資本、自動化資本、一般勞動、自動化勞動、原材物料之基本統計值, 顯示各製造業在自動化設備普及率及密集度皆有相當的成果, 但在人才培訓方面則有待加強, 技術人才及人力不足一直是業者推動自動化最大的障礙。電力電子業的自動化設備值比 (乃是自動化軟硬體設備購入金額佔總生產設備購入金額之比率) 爲最高 −20.79%, 由於資訊產品壽命週期較短、生產線彈性需求較大, 電力電子業在自動化設備值比能有此水準, 顯示國內在自動化設備引進及技術應用能力之增強以逐步邁向先進國家的應用水準。而一般的民生工業自動化設備值比雖都不高, 但仍逐年顯現成長的趨勢。另外, 由歷年之自動化調查報告可知, 由於企業內自動化已做的相當完善, 生產技術也日漸成熟, 隨著自動化機器設備投入價值的增加, 相對的亦減少其直接人工之投入。在此方面, 台灣菸草業表現尤其明顯, 由於是獨占市場, 只有一家國營企業, 所以原先在勞動人口上比較其他競爭性產業都來得少; 再者, 菸草業的原料大都爲國外進口, 不需太多的勞動就可以加工產出, 自動化後更是減少勞工之投入, 是故相對於跡近競爭市場的電力電子業有許多競爭業者, 亦需投入許多研發人才, 在勞動人口自然相對少很多, 也因此導致較高的勞動生產力。電力電子業的自動化密集度 (乃是平均每位直接人工所使用之自動化軟硬體生產設備之金額) 成長更是明顯, 這顯示出電力電子業已由勞動密集產業轉型至資本密集產業。

4 實証分析

本文之估計樣本爲 1991–2004 年間台灣 20 個產業的資料。本研究先以匯集時間序列和截面資料 (pooling time series and cross section data) 的方式, 以傳統 Cobb-Douglas 生產函數的模型進行最小平方法 (OLS) 估計, 結果列於表 2; 得出自動化勞動對生產力的提升爲負向不顯著、自動化資本爲正向顯著的結果。但最小平方法估計得到 Durbin-Watson = 0.29 小於 DL (1.59), 拒絕虛無假設, 得出具有自我相關之結論。並作 White test 得到 CHISQ (10) = 33.64 拒絕虛無假設, 得出具有變異數異質性之結果。

另外本研究考慮模型中有外生變數內生化的問題, 本研究乃採取一般動態模型常採用之一般化動差估計法 (generalized moment method, GMM)。

臺灣大學圖書館 期刊資料庫

表 1: 台灣各產業之產出投入之基本統計值 (1991–2004)

單位: 台幣百萬元

	產出	一般資本	自動化資本	一般勞動	自動化勞動	原材物料
食品業	4.5392	3,586.0579	21.4112	0.1109	0.0018	252.5835
	(0.4592)	(1,398.7169)	(9.1761)	(0.0164)	(0.0006)	(40.2227)
菸草業	0.2844	3,605.5717	1.8974	0.0017	0.0001	12.9358
	(0.0412)	(1,028.6604)	(1.1620)	(0.0044)	(0.0001)	(3.3249)
紡織業	3.1650	3,571.6478	35.8213	0.1496	0.0019	243.0763
	(0.2486)	(1,015.5890)	(12.5991)	(0.0269)	(0.0010)	(27.4245)
成衣及服飾品業	1.3081	3,606.6634	0.8057	0.0752	0.0003	58.8354
	(0.4438)	(1,027.9856)	(0.3650)	(0.0154)	(0.0002)	(14.9544)
非金屬礦物製品業	0.9175	3,606.7796	0.5394	0.0298	0.0003	48.6460
	(0.4913)	(1,027.5858)	(0.4333)	(0.0078)	(0.0002)	(8.9441)
皮革、毛皮及其製品業	0.8993	3,606.1761	1.2930	0.0646	0.0005	66.4540
	(0.3409)	(1,027.8076)	(0.3535)	(0.0224)	(0.0004)	(11.8929)
木竹及家具業	1.8357	3,590.1599	17.3092	0.0911	0.0012	1,262.8694
	(0.0192)	(1,024.5928)	(5.6092)	(0.0143)	(0.0005)	(15.8664)
紙漿、紙及紙製品印刷業	4.6466	3,518.0187	89.4504	0.0607	0.0018	308.0157
	(1.1869)	(989.3934)	(39.8646)	(0.0072)	(0.0010)	(198.9230)
化學材料業	1.7800	3,602.4105	5.0586	0.0540	0.0007	109.6753
	(0.2083)	(1,026.9173)	(1.4920)	(0.0035)	(0.0002)	(22.7038)
化學製品業	3.6240	3,572.4565	50.0126	0.0146	0.0002	164.6982
	(0.4879)	(1,021.2583)	(27.5160)	(0.0062)	(0.0003)	(85.8143)
石油及煤製品業	0.6722	3,603.9803	3.4888	0.0344	0.0010	35.2545
	(0.0495)	(1,027.4006)	(1.1682)	(0.0054)	(0.0014)	(4.1260)
橡膠製品業	2.6329	3,588.8932	18.5758	0.1554	0.0018	204.2393
	(0.1477)	(1,016.1939)	(11.8863)	(0.0258)	(0.0008)	(19.8637)
非金屬礦物製品業	1.8818	3,592.1272	15.3419	0.0832	0.0010	119.6535
	(0.1330)	(1,025.4797)	(4.2579)	(0.0149)	(0.0005)	(13.3087)
金屬基本工業	4.0326	3,541.1408	66.3283	0.0887	0.0021	378.5738
	(0.6554)	(998.7984)	(30.6659)	(0.0120)	(0.0010)	(112.1884)
金屬製品業	3.9132	3,596.9584	10.5107	0.2075	0.0022	239.6144
	(0.3489)	(1,028.0445)	(1.8155)	(0.0340)	(0.0011)	(49.3080)
機械設備業	3.9283	3,598.4796	8.9895	0.2031	0.0022	243.4875
	(0.6593)	(1,025.0771)	(5.6916)	(0.0335)	(0.0010)	(78.1953)
電子電器業	19.8796	3,379.6989	227.7701	0.5530	0.0136	1,464.6322
	(11.1807)	(819.3374)	(231.2822)	(0.1031)	(0.0074)	(689.6263)
運輸工具業	4.7484	3,589.2634	18.2056	14.4430	0.0030	316.2046
	(0.4337)	(1,020.5584)	(9.2136)	(0.0069)	(0.0018)	(55.5814)
精密器械業	0.6271	3,605.2674	1.7088	0.0392	0.0005	53.3116
	(0.0904)	(1,026.5763)	(1.5754)	(0.0031)	(0.0003)	(22.6344)
雜項工業	1.4641	3,605.3331	2.5645	0.0767	0.0005	84.9253
	(0.1833)	(1,026.7914)	(1.4621)	(0.0210)	(0.0002)	(7.2145)

說明: 括弧內爲標準差。
資料來源: 本研究整理。

臺灣大學學術期刊資料庫

表 2: Cobb-Douglas 估計結果

Dependent variable: LNY		
	估計值	t 值
LNK1	0.208135	10.1623
LNK2	0.339747	18.0176
LNL1	0.411184	17.9118
LNL2	−0.106170E-02	−0.016957

Durbin-Watson = 0.290120,
Adjusted R-squared = 0.810895,
White test statistics: CHISQ (10) Test Statistic: 33.63706。

另外, 我們也考慮到不當的測量會錯誤衡量投入產出的問題, 因此, 針對不同的投入產出, 以其物價指數來予以平減。估計過程中所使用之產出、勞動、中間投入及資本等資料皆以其相對產業之樣本平均值進行標準化處理, 藉此消除各產業間之變異; 此外, 利用重新參數法所得之參數限制於估計時亦代入相對之要素需求式。另外, 本模型乃是採用 panel data 估計以減低模型中共線性所產生的影響, 由於樣本中各產業的資料期間過短, 因此並無法細分出可代表各個產業生產結構特色的隨機效果, 而是以整個製造業做爲樣本進行估計。因此本模型之估計參數爲整個製造業的平均值; 然而, 在探討生產來源及內生調整成本時, 我們以不同產業的資料樣本計算, 藉此分析資訊科技對不同產業的影響。[10]

4.1 一般化動差法估計結果

在進行一般動差估計法時, 本文所使用的工具變數包含資本價格落後變數、一般勞動落後變數、一般勞動價格落後變數、自動化勞動落後變數、自動化勞動價格落後變數、原材物料價格落後變數、消費者物價指數、自動

[10]在估計本文模型時, 假設調整成本參數 $\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}$、$\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}$, 及參數 γ_{k1k1}、γ_{k2k2}、β_{k1k2}、β_{l1T}、β_{l2T}、β_{k1T}、β_{k2T} 於產業間爲無異的, 其目的在於降低模型之共線性影響; 然而這並不代表各產業之技術變動效果、資訊科技變動效果是相同的, 由限制變動成本函數可知各產業之技術變動效果及資訊科技變動效果則尚須取決於各廠商之資本、自動化資本、勞動、自動化勞動及中間投入間之交互影響。

期刊資料庫

化資本密集度、自動化資本所佔總資本之值比、各業銷售量指數、各業工業生產指數、失業率、製造業月平均薪資年增率、工業生產物價指數年增率、各業之資本淨額密集度 (GK/L)、勞動要素投入份額、各業之多因素生產力指數、各業之受雇者單位產出成本指數、各業之受雇者勞動生產力指數、國民儲蓄毛額對資本形成毛額之比率、放款與投資年增率、年重貼現率及各業之 TORNQVIST 投入指數。這些工具變數的設定是爲解決動態模型中外生變數內生化的問題, 當然工具變數的設定除了符合設定工具變數的條件外, 也以是否能增加一般動態估計法的解釋能力而定, 但是加入太多工具變數也會產生過度認定的問題。是故 GMM 估計後, 本研究進行 J 檢定測試 GMM 估計值基於過度認定之樣本動差條件, 是否有等同於母體動差條件之正交條件。卡方值未超過百分之五的臨界值 (18.49), J 檢定證明並無過度認定的問題存在。

一般化動差估計法之參數估計結果詳列於表3。在95%顯著水準下, 絕大部分的參數皆十分顯著。估計結果中, 參數 α_{l1}、α_{l2} 皆大於0, 代表變動成本隨著要素價格上升而提高, 亦即驗證了標準化變動成本爲變動要素價格之非遞減函數; α_{k1}、α_{k2} 小於0, 則代表準固定要素 — 一般資本及自動化資本之存量增加, 變動成本亦隨之下降, 符合標準化變動成本爲準固定要素存量之非遞增函數之設定。另外, γ_{k1k1}、γ_{k2k2} 及 β_{k1k2} 亦可由重新參數法估計出來; 標準化限制成本函數之參數有下列限制存在 $\gamma_{k1k1} > 0$, $\gamma_{k2k2} > 0$, $\gamma_{k1k1}\gamma_{k2k2} + \beta^2_{k1k2} > 0$, $\gamma_{l1l1} < 0$, 實證結果符合以上理論限制; 再者, $\gamma_{k'1k'1} > 0$、$\gamma_{k'2k'2} > 0$ 則印證了調整成本遞增之假設。

4.2 準固定要素之內生調整成本比較

由 Brynjolfsson (1993) 提出, 討論資訊科技對產出的影響時, 往往忽略了資訊科技使用的調整過程, 而造成分析上的偏差。因此由本文之動態要素需求模型, 即可一窺若忽略了準固定要素之調整所造成之偏誤。由本文之估計結果之產業內生調整成本係數 ($\gamma_{k'1k'1}$、$\gamma_{k'2k'2}$), 兩項係數雖然值不大, 但皆顯著地異於0。表示調整成本係數於準固定要素投資行爲上扮演著重要的地位, 並印證調整成本遞增。倘若於產業之成本結構中將此兩種調整成本忽略掉, 將會造成對資本與資訊科技資本投資設定上的模型偏誤。本文

臺灣大學圖書館 期刊資料庫

表 3: GMM 估計結果 — 自動化勞動、一般勞動、中間投入、一般資本與自動化資本需求之聯立估計

參數	估計值	t 值	參數	估計值	t 值
α_{l1}	1.2100*	30.9030	γ_{l1l1}	−0.0963	−2.0461
α_0	0.9658*	41.0208	β_{l1l2}	−0.2567*	−4.0019
α_{k1}	−0.2372*	−13.7686	β_{l1t}	−0.0077*	−2.7022
α_{k2}	−0.2722*	−18.4964	β_{k1l1}	0.05532	2.1424
β_{k1t}	0.0009	1.2076	β_{k2l1}	0.0313	−2.6472
β_{k2t}	0.0026*	5.3309	α_{l2}	1.6364*	25.1427
c_{k1k1}	0.0460*	3.3301	γ_{l2l2}	−0.4296*	−8.3290
c_{k1k2}	0.0263*	6.4606	β_{l2t}	−0.0329*	−5.9423
c_{k2k2}	0.0175*	7.6475	β_{k1l2}	−0.0592*	−3.1529
γ_{k1k1}	0.0355*	3.1170	β_{k2l2}	−0.0404*	−3.0643
γ_{k2k2}	0.0168*	7.0652	$\gamma_{\dot{k}1\dot{k}1}$	0.0354*	3.0793
β_{k1k2}	0.0242*	6.4730	$\gamma_{\dot{k}2\dot{k}2}$	0.0158*	6.9537
ρ	3.0026*	14.8075			

Test of overidentifying restrictions = 6.0873,
Number of observations = 280, E'PZ × E = 0.0217,
說明: * 表95%顯著水準下, 該估計值爲顯著。
資料來源: 本研究整理。

模型中之調整係數主要反應產業或廠商之準固定要素存量 (實質資本與資訊科技資本) 由任一時點調整至長期均衡 (steady state) 的速度, 調整速度愈快、內生調整成本對限制總成本的比例愈小, 意味著廠商對於此兩種準固定要素之投資決策優良, 使其能迅速達到其長期均衡的最適值。

根據式 (4) 計算內生調整成本得出表 4, 比較台灣各製造業之內生調整成本, 並將其內生調整成本除以其標準化限制成本, 藉此瞭解該產業的內生調整成本所佔標準化限制成本之比例, 以分析各個產業的動態調整過程。理論上, 內生調整成本代表著期初廠商在調整準固定要素之投入所必須花費之成本; 由表 4 之實證結果, 機械設備業之內生調整成本佔總限制成本之比例最重 (5.3%), 而其他產業的內生調整成本比例也都介於 0.4% 至 2% 左右。

臺灣大學學術期刊資料庫

表 4: 內生調整成本佔標準化限制成本比例

單位: %

	內生調整成本佔標準化限制成本比例
食品業	1.3674
菸草業	1.6320
紡織業	0.4214
成衣及服飾品業	1.8244
非金屬礦物製品業	1.6572
皮革、毛皮及其製品業	1.4906
木竹及家具業	2.1948
紙漿、紙及紙製品印刷業	1.3655
化學材料業	1.5947
化學製品業	1.6348
石油及煤製品業	1.4526
橡膠製品業	1.3684
非金屬礦物製品業	1.5175
金屬基本工業	1.3601
金屬製品業	1.2996
機械設備業	5.3313
電子電器業	1.6115
運輸工具業	1.5043
精密器械業	2.3071
雜項工業	1.4699

資料來源: 本研究整理。

整體而言, 傳統產業的內生調整成本所佔的比例一般偏大,[11] 而高科技產業的比例比較而言較小, 主要是因爲當高科技產業所生產的產品一般產品週期皆不長, 因此面對新準固定要素之投資, 會針對其生產情形馬上予以反應, 一旦此準固定要素有絲毫無法達到生產者或消費者的要求時, 廠商會立即做出停產或調整的決定, 以免喪失其產品的生產先機; 其次, 由於

[11]本文定義高科技產業則依行政院主計處之定義, 包括高技術密集度的產業、高研究發展經費的產業、電力電子業、資訊業等, 定義爲高科技產業; 其他產業則定義爲傳統產業。

臺灣大學學術期刊資料庫

高科技產業內部生產分工、組織相當細膩, 加上各單位擁有其具體的決策權, 因此面對準固定要素的調整通常能予以做出立即對策。一般高科技公司相當著重公司員工的再訓練 (retraining), 當新準固定要素投入時, 公司亦會引進新的員工, 或以既有員工做再訓練, 並立即配合新準固定要素的生產。再者, 高科技公司不同於一般傳統產業, 高科技公司除了注重其垂直整合的生產結構之外, 也相當在意橫斷面的整合, 其網絡般的生產結構往往簡化的內部的調整過程。因此, 在面對不確定性或衝擊時, 高科技產業能以上述的優勢做出最快速的調整與適應, 而這也是爲何傳統產業之調整成本比例會高於高科技產業的主要原因。

4.3 產出成長來源

在實證研究上通常利用各種投入與其他相關變數來解釋產出之成長, 由與本文之研究重點在於 ICT 對產出的影響, 因此進行產出分析時, 我們將 ICT 的投入由傳統的投入劃分出來討論。此外, 由於準固定要素無法於短期間進行充分調整, 這可能會對產出造成某種程度的影響, 這裡我們也考慮這個因素。而依據 Mohnen et al. (1986)、Nadiri and Prucha (1990)、Srinivasan (1996) 的方法, 我們將產出做以下的分解:

$$\Delta \ln Y_t = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{7}\left[\varepsilon_{yzi}(t) + \varepsilon_{yzi}(t-1)\right]\Delta \ln Z_{it} + \frac{1}{2}\left[\lambda_y(t) + \lambda_y(t-1)\right], \tag{13}$$

其中: $Z_1 = l1$、$Z_2 = l2$、$Z_3 = M$、$Z_4 = K_{1,t-1}$、$Z_5 = K_{2,t-1}$、$Z_6 = \Delta K_1$、$Z_7 = \Delta K_2$; 而 ε_{yzi} 代表相對應之產出彈性, $\lambda_Y(T) = (1/Y_t)(\partial Y_t/\partial T)$ 爲外生技術變動之貢獻。[12] 此外, 由於實證資料皆爲間斷性資料, 故彈性值乃是取本期與前期之平均彈性值。

表5比較台灣20個製造業產出成長之解釋因子貢獻, 在此僅針對研究期間產出成長率及因子貢獻度計算其年平均值。中間投入對產出的影響都

[12]解釋因子對產出成長之貢獻乃是因子之成長透過彈性加總而來; 因此, 此處產出彈性乃是根據標準對偶理論, 透過估計出之標準化變動成本函數間接得出, $\varepsilon_{YZ_i} = (\partial G/\partial Z_i)(\partial G/\partial Y_i)^{-1}(Z_i/Y_i)$ for $i = 1, 2, 3$, 而 $\varepsilon_{YZ_i} = -(\partial G/\partial Z_i)(\partial G/\partial Y_i)^{-1}(Z_i/Y_i)$ for $i = 4, 5, 6, 7$, 詳細推導參見 Nadiri and Prucha (1990)。

臺灣博碩士論文知識加值系統 期刊資料庫

表 5: 台灣各製造業之產出成長來源

年平均值, 百分比

	食品業	菸草業	紡織業	成衣及服飾品業
產出成長	8.2754	9.9855	2.7932	6.1273
一般勞動效果	1.4119	1.2914	0.0015	4.4539
自動化勞動效果	3.0761	4.6466	0.0008	2.5428
中間投入效果	1.1984	0.3772	0.0036	1.2697
一般資本效果	0.5472	0.4935	1.6308	0.6552
自動化資本效果	0.0675	0.2662	0.7593	0.7170
一般資本調整成本效果	1.9502	3.0460	−2.7642	1.9401
自動化資本調整成本效果	−0.4238	−2.9553	1.5362	−7.0228
外生技術變動效果	2.8660	3.8612	1.1199	3.2212

	非金屬礦物製品業	皮革、毛皮及其製品業	木竹及家具業	紙漿、紙及紙製品印刷業
產出成長	11.1046	2.6333	6.6725	11.1074
一般勞動效果	1.8098	2.7750	1.5544	1.1155
自動化勞動效果	5.0076	2.1016	1.2237	2.2750
中間投入效果	1.9899	0.1659	3.1832	2.1378
一般資本效果	0.9110	0.6173	0.5081	0.4597
自動化資本效果	0.4095	0.5032	0.0712	0.2878
一般資本調整成本效果	2.3291	−3.6166	−1.5784	1.0391
自動化資本調整成本效果	−2.1116	−5.6592	−2.2457	2.1283
外生技術變動效果	2.3671	2.3109	3.4328	2.9901

	化學材料業	化學製品業	石油及煤製品業	橡膠製品業
產出成長	7.8033	11.4157	7.6374	8.4091
一般勞動效果	0.6016	0.3616	2.4730	3.1510
自動化勞動效果	3.5368	1.7180	2.0967	2.2445
中間投入效果	4.2084	5.8394	0.2721	2.8944
一般資本效果	0.5318	0.4374	1.5357	1.5337

續接下頁

臺灣大學學術期刊資料庫

承接上頁

自動化資本效果	0.0809	0.1532	0.1641	0.4023
一般資本調整成本效果	0.7577	1.5282	0.1562	3.7924
自動化資本調整成本效果	−3.9768	−0.9273	−1.3594	−1.7803
外生技術變動效果	2.3298	2.5031	2.3163	2.5451

	非金屬礦物製品業	金屬基本工業	金屬製品業	機械設備業
產出成長	5.2584	11.6900	6.9357	21.7914
一般勞動效果	3.3165	3.1346	2.5290	2.0787
自動化勞動效果	2.3021	3.8692	0.2590	3.6039
中間投入效果	0.8344	4.4800	2.0439	7.0475
一般資本效果	0.5267	0.4555	0.4920	0.6295
自動化資本效果	0.0978	0.4336	0.1020	1.0844
一般資本調整成本效果	1.1604	−1.8648	−2.9161	2.8163
自動化資本調整成本效果	−1.6668	−2.2490	1.7873	1.9356
外生技術變動效果	2.1791	2.4507	3.3665	2.6546

	電子電器業	運輸工具業	精密器械業	雜項工業
產出成長	33.4348	12.3089	7.8666	7.6539
一般勞動效果	5.8292	0.1776	0.9787	0.4434
自動化勞動效果	11.2724	2.0782	0.5940	3.2151
中間投入效果	7.1107	2.8870	2.1912	1.4892
一般資本效果	2.3410	0.5046	0.5040	0.5459
自動化資本效果	1.6305	0.5222	0.3091	0.5320
一般資本調整成本效果	0.3638	2.0871	1.6318	1.9416
自動化資本調整成本效果	0.1458	1.7589	−2.0812	−1.8161
外生技術變動效果	4.4844	2.3468	3.7653	2.2820

資料來源: 本研究整理。

臺灣大學學術期刊資料庫

爲正且大概介於1%至5%之間, 其中以電力電子業之中間投入產出貢獻度最大。自動化相關勞動之產出貢獻值且是產出成長最主要的來源, 在20個產業當中以非金屬礦物製造業 (5.01%) 及電力電子業 (11.27%) 之自動化勞動產出貢獻度最大。比較一般傳統產業與高科技產業, 我們也不難發現到, 高科技產業的 ICT 投入對其產出值提升比傳統產業大許多, 主要是因爲高科技產業在生產上利用自動化資本與勞動之層面包含較廣, 因此其產出效果較傳統產業顯著; 其次, 由於高科技產業對自動化資本的使用比例較大, 且其使用經驗較優於傳統產業, 因此在面對自動化資本調整時, 其生產結構較容易隨之調整, 這一點由高科技產業擁有較低內生調整成本比例不難觀察到。

最後, 產業在不斷投資自動化資本及使用自動化勞動的同時, 應該適時的改變其管理及生產策略, 而非一昧的投資, Stratopoulos and Dehning (2000) 提出, ICT 投資若無法有效率的利用, 則其對產出的效果是無法顯現的, 本研究亦得出同樣的實證驗證。在自動化設備資本的使用上, 貢獻度雖小於自動化相關人員之貢獻度, 但仍呈正面影響, 其中以電力電子業最大 (1.63%), 主要原因在於自動化勞動是屬於變動要素, 其調整速度是相當快的, 且產業可透過不斷的訓練, 累積自動化勞動之知識存量, 進而改善其勞動生產上的缺陷; 因此我們總結, 自動化相關勞動爲產出所帶來的貢獻明顯的大於自動化資本。此外, 準固定要素 — 一般資本及自動化資本 — 於調整時所引發之調整成本對產出成長之影響並不大, 但仍爲負面影響, 此與理論相符。在外生技術的影響方面, 雖然本文僅以時間趨勢來代理外生技術進步, 亦可看出在20個產業中, 外生技術的變動皆對產出成長存在著一定程度且正面的影響, 且外生技術的變動與產業之勞動及中間投入與變動成本存在著負相關。

5 結論

本文採用一動態要素需求模型的架構, 重新驗證資訊科技之生產力逆說, 並分析台灣製造業採用自動化科技所導致之動態調整與生產力成長。本文的實證分析對象爲1991–2004年的台灣20個製造業, 並將資訊科技由勞動及資本兩方面獨立出來, 由資訊科技勞動及資訊科技資本兩層面來分

臺灣大學學術期刊資料庫

析。採用一般動差估計法作爲計量分析基礎, 模型估計採取各產業同時以 panel data 方法估計。實證結果顯示, 自動化科技使用的調整成本係數十分顯著, 因此在討論資訊科技對產出的影響時, 若忽略了資訊科技使用的調整過程, 將造成分析上顯著的偏差, 亦明顯顯示以前相關文獻設定靜態模型之偏誤。

台灣製造業的內生調整成本比例大約介於0.4%–2%之間, 其中以機械設備業之比例最爲突出, 其值高達5.3%。由此分析可見一般傳統產業在面對固定資本的投入時, 其調整能力偏低, 因此若無法提高其本身生產結構內部之調整能力, 對 ICT 的投資將不會產生預期的效果; 反觀高科技產業, 由於產業內部的組織分工細膩, 加上對生產線的要求較嚴格等因素, 促使其生產結構調整能力較具優勢, 在 ICT 的投資及發展成果優於一般傳統產業。

在產出成長之貢獻度方面, 本文實證結果證實資訊科技的使用爲台灣製造業帶來正面的產出影響, 亦即自動化科技勞動及自動化科技資本對台灣各製造業之產出貢獻值皆爲正; 亦顯示在模型修正爲加入自動化科技使用的調整過程之動態調整模型, 生產力逆說並不成立。再者, 高科技產業在資訊科技的產出貢獻就比傳統產業大, 主要是由於高科技產業使用資訊科技的層面較廣, 並且對自動化資本的使用比例較大, 且使用經驗較優於傳統產業, 因此高科技產業之產出效果較傳統產業顯著。

自動化科技勞動之產出貢獻亦明顯的大於一般勞動的產出貢獻, 且是產出成長最主要的來源; 在20個產業當中以非金屬礦物製造業 (5.01%) 及電力電子業 (11.27%) 之自動化勞動產出貢獻度最大。在自動化科技資本的使用上, 其產出成長貢獻皆大於一般資本產出成長貢獻, 其貢獻度雖小於自動化相關人員之貢獻度, 但仍呈正面影響, 其中以電力電子業最大 (1.63%), 主要原因在於自動化勞動是屬於變動要素, 其調整速度是相當快的, 且產業可透過不斷的訓練, 累積自動化勞動之知識存量, 進而改善其勞動生產上的缺陷。最後, 自動化相關勞動爲產出所帶來的貢獻明顯的大於自動化資本, 而且高科技產業的貢獻度也比一般傳統產業來的高。這也總結出製造業廠商及政府在人員培訓方面, 應該更加重視資訊人員的訓練及培養, 而非一味的重度投資於資訊科技設備。因此政府在大力鼓吹業界投

臺灣大學學術期刊資料庫

資自動化設備之時, 應當也要協助產業培訓現有在職的自動化工作人員。

參考文獻

蔡蕙安・陳致剛 (2002), “研究發展外溢效果對廠商成本結構之影響 — 台灣高科技產業之實証分析”, 《經濟論文叢刊》, 30(2), 175–204。

蔡蕙安 (1999), “靜態與非靜態預期下產業動態模型之研究: 以台灣電信業爲例”, 《亞太經濟管理評論》, 3(1), 21–40。

Baily, M. N. and Gordon, R. J. (1988), “The productivity slowdown, measurement issues, and the explosion of computer power”, *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 347–420.

Barua, A., Kriebel, C. H., and Mukhopadhyay, T. (1995), “Information technologies and business value: An analytic and empirical investigation”, *Information Systems Research*, 6, 3–23.

Berndt, E. R. and Morrison, C. J. (1995), “High-tech capital, economic and labor composition in U.S. manufacturing industries: An exploratory analysis”, *Journal of Econometrics*, 65, 9–43.

Bosworth, B. P. and Triplett, J. E. (2000), “What’s new about the new economy? IT, economic growth and productivity”, Working Paper, Brookings Institiution, Washington, D.C.

Brynjolfsson, E. (1993), “The productivity paradox of information technology”, *Communication ACM*, 36, 66–77.

Brynjolfsson, E. and Hitt, L. M. (1996), “Paradox lost? Firm-level evidence on the returns to information systems spending”, *Management Science*, 42, 541–558.

——— (2000), “Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance”, *The Journal of Economic Perspectives*, 14, 23–48.

Creti, A. (1999), “Network technology, communication externalities and total factor productivity”, *Structural Change and Economic Dynamics*, 12, 1–28.

Crowston, K. and Treacy, M. E. (1986), “Assessing the impact of information technology on enterprise level performance”, Proceedings of the Seventh International Conference on Information Systems, San Diego, CA.

Dedrick, J., Gurbaxani, V., and Kraemer, K. (2003), “Information tech-

臺灣大學學術期刊資料庫

nology and economic performance: A critical review of the empirical evidence", *ACM Computing Surveys*, 36, 1–28.

Epstein, L. G. and Yatchew, A. (1985), "The empirical determination of technology and expectations: A simplified procedure", *Journal of Econometrics*, 27, 235–258.

Gould, J. P. (1968), "Adjustment costs in the theory of investment of the firm", *The Review of Economic Studies*, 35, 47–55.

Kauffman, R. J. and Kriebel, C. H. (1989), *Identifying Business Value Linkages for Production Processes Involving Information Technology*, Connecticut: JAI Press.

Lehr, W. and Lichtenberg, F. R. (1998), "Computer use and productivity growth in U.S. federal government agencies, 1987–1992", *The Journal of Industrial Economics*, 46, 257–279.

Loveman, G. (1994), *Information Technology and the Corporation in the 1990s*, Cambridge: MIT Press.

Lucas, R. E. (1967), "Adjustment costs and the theory of supply", *The Journal of Political Economy*, 75, 321–334.

Mairesse, J., Greenan, N., and Topiol-Bensaid, A. (2001), "Information technology and research and development impacts on productivity and skills: Looking for correlations on French firm level data", NBER Working Paper no. 8075.

Mamuneas, T. and Nadiri, M. I. (1995), "Public R&D policies and post behavior of the U.S. manufacturing industries", NBER Working Paper no. 5059.

McGuckin, R., Streitwieser, M. L., and Doms, M. (1997), "The effect of technology use on productivity growth", *Economics of Innovation and New Technology*, 7, 1–26.

Mohnen, P. A., Nadiri, M. I., and Prucha, I. R. (1986), "R&D production structure and rates of return in the U.S., Japanese and German manufacturing sectors", *European Economic Review*, 30, 749–771.

Morrison, C. J. and Berndt, E. R. (1990), "Assessing the productivity of information technology equipment in the U.S. manufacturing industries", NBER Working Paper no. 3582.

Mukhopadhyay, T. and Cooper, R. B. (1992), "Impact of management information systems on decisions", *Omega*, 20, 37–49.

——— (1993), "A microeconomic production assessment of the business value of management information systems", *Journal of Management In-*

臺灣人文學術期刊資料庫

formation Systems, 10, 33–35.

Nadiri, M. I. and Prucha, I. R. (1990), "Dynamic factor demand models, productivity measurement, and rates of return: Theory and application to the U.S. Bell system", *Structural Change and Economic Dynamics*, 1, 263–289.

——— (1996), "Endogenous capital utilization and productivity measurement in dynamic factor demand models theory and an application to the U.S. electrical machinery industry", *Journal of Econometrics*, 71, 343–379.

——— (1999), "Dynamic factor demand models and productivity analysis", NBER Working Paper no. 7079.

Oliner, S. D. and Sichel, D. E. (2000), "The resurgence of growth in the late 1990s: Is information technology the story?", *Journal of Economic Perspectives*, 14, 3–22.

Prucha, I. R. and Nadiri, M. I. (1986), "A comparison of alternative methods for the estimation of dynamic factor demand models under nonstatic expectations", *Journal of Econometrics*, 33, 187–211.

Roach, S. S. (1987), *America's Technology Dilemma: A Profile of the Information Economy*, New York: Morgan Stanley.

Schrage, M. (1997), "Collaborative tools: A first look", in Rudy L. Ruggles (ed.), *Knowledge Management Tools*, Boston: Butterworth-Heinemann.

Solow, R. M. (1987), "We'd better watch out", *New York Times*, Book Review, July 12, 36.

Srinivasan, S. (1996), "Estimation of own R&D, R&D spillovers and exogenous technical change effects in some U.S. high-technology industries", Discussion Papers in Economics and Econometrics 9607, University of Southampton.

Strassmann, P. (1997), *The Squandered Computer: Evaluating the Business Alignment of Information Technologies*, New Canaan, Connecticut: The Information Economics Press.

Stratopoulos, T. and Dehning, B. (2000), "Does successful investment in information technology solve the productivity paradox?", *Information and Management*, 38, 103–117.

Triplett, J. E. (1997), "Measuring consumption: The post–1973 slowdown and the research issues", *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 79, 9–42.

Tsai, Diana H. A. and Chang, Chiung-Yun (2005), "Uncertainty and diffu-

臺灣大學學術期刊資料庫

sion of the information communication technologies", presented at the International Productivity and Efficiency Conference, Academic Sinica, Taipei, Taiwan.

Weill, P. (1992), "The relationship between investment in information technology and firm performance: A study of the value manufacturing sector", *Information System Research*, 3, 307–333.

投稿日期: 2006年11月8日, 接受日期: 2008年9月16日

Reconsidering the ICT Productivity Paradox under the Assumption of Dynamic Adjustment

Diana H. A. Tsai and J. S. Yang

Institute of Economics, National Sun Yat-Sen University

This paper reconsiders the 1990s productivity paradox for information communication technology (ICT), controlling for industry heterogeneity, endogeneity of ICT investments, and associated dynamic adjustments. We apply a dynamic factor demand model that assumes each firm derives an optimal plan such that the expected present value of current and future cost streams is minimized. Labor inputs are divided into ICT labor and non-ICT labor; and capital inputs are divided into automation capital and physical capital. The empirical evidence shows the followings. First, the adjustment speed of quasi-fixed inputs – ICTs and physical capital – are relatively faster in high-technology industries compared to other industries, showing Taiwan's high-technology industries may have performed better in facing environmental shocks. Second, the contribution of ICTs to high-technology industries is more significant than to traditional industries due to wide uses of the ICTs. Third, the productivity of automation labor is higher than ICT capital, indicating that the investment in ICT capital should be accompanied by automation personnel training.

Keywords: Automation information communication technology (AICT), information communication technology (ICT), diffusion effect, dynamic adjustment, industry dynamic model

JEL classification: L1, L6, O3

臺灣大學學術期刊資料庫