

國家研發組織績效及其影響因素之研究

A Study on Performance of National R&D Organizations and Its Determinants

盧文民¹ Wen-Min Lu 王宗誠² Tsung-Cheng Wang 吳秀華³ Hsiu-Hua Wu
國防大學財務管理學系 龍華科技大學資訊管理學系 國防大學資源管理及決策研究所

¹Department of Financial Management, National Defense University, ²Department of Information Management, Lunghwa University of science and technology, and ³Institute of Resources Management and Decision, National Defense University

(Received May 21, 2010; Final Version August 4, 2010)

摘要：評估研發組織的績效是一個重要且複雜的課題，主要是在瞭解政策是否能有效達成促進產業技術升級之目的，以及在執行層面，資源是否分配給有效率的組織，並達到充分的預期結果。因此，本研究發展一個創新的價值創造程序，並藉由網絡資料包絡分析法 (network data envelopment analysis) 來衡量國家研發組織的「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」。此外，並進一步運用截斷式迴歸 (truncated regression) 探究是否有其他影響國家研發組織績效之因素。研究發現如下：整體而言，「研發效率」優於「技術擴散效率」和「價值創造效率」。因此，管理者應優先改善技術擴散效率，進一步改善價值創造效率。其次，研發組織績效結合集群分析與多元尺度分析方法，以協助管理者瞭解研發組織本身之競爭優勢。最後，截斷迴歸分析亦說明，研發創新能力與服務支援能力對國家研發組織績效影響有其重要性。

關鍵詞：研發組織、網絡資料包絡分析法、截斷式迴歸

Abstract: Assessing the R&D organizations performance is an important yet complex issue. It is important to know whether the policy is effective in achieving its goal to advance the industrial technology; and at the execution level, whether the resources are allocated to the organization which is

efficient enough to deliver expected results. Consequently, this study develops an innovative value creation process including 'R&D efficiency', 'technology diffusion efficiency' and 'value creation efficiency' using a network data envelopment analysis for assessing the national R&D organizations performance. Additionally, the truncated-regression is employed to discuss whether the other determinants affect the national R&D organizations performance. The findings can briefly be concluded as follows. Firstly, the 'R&D efficiency' is better than 'technology diffusion efficiency' and 'value creation efficiency'. This also suggests that managers should focus firstly on removing the technology diffusion inefficiencies, and then improving their value creation inefficiencies. Secondly, the R&D organizations performance combines cluster analysis and multidimensional scaling to assist managers to discuss the competitive advantage of R&D organizations. Finally, the truncated-regression analysis also indicates that the R&D innovation capability and service support do play an important role in influencing the R&D organizations performance.

Keywords: R&D Organizations, Network Data Envelopment Analysis, Truncate-regression

1. 緒論

根據經濟合作暨發展組織 (organization for economic and cooperation development; OECD) 之「科學、技術與產業評量指標」, 2007 年觀察全球產業科技創新政策發展, 發現在全球性與區域性的競爭中, 「科技與創新」是多數 OECD 國家優先重視的議題, 亦是牽動國家經濟成長之主要動因。在「2015 年台灣產業發展願景與策略」(工研院、資策會, 民 96) 中亦指出, 台灣經濟發展歷程已由 50 年代勞力密集產業階段, 隨著產業型態逐步轉型為資本密集及技術密集之產業階段, 加速資訊電子、光電、通訊等高科技產業蓬勃發展, 促使台灣獲得了快速經濟發展; 面對充滿不確定性的未來與全球競爭激烈的環境中, 將持續朝向以知識經濟為目標, 科技與創新為重點的知識密集產業階段邁進。

近年來, 全球經貿環境的快速變遷, 使得全球市場競爭加劇, 雖然每個國家的天然資源、經濟狀況、產業結構及國家創新系統之運作模式等皆有所有不同, 但是對於科技創新與產業科技發展, 卻是各國皆然, 同時深切體認出唯有不斷強化科技創新, 才能重振經濟成長。因此, 各國政府無不全力支持「科技與創新」活動, 而國家研發組織成立之使命與任務即是為了達成以科技創新帶動產業發展, 從而促進經濟成長之目標, 其使命、任務與目標則成為研發組織績效衡量的基準; 目標是否能實現則有賴於對研發過程及成果產出進行之評估。因此, 國家研發組織如何採用一套具客觀及量化之績效測度標準工具來衡量國家研發組織績效, 以協助國家研

發組織之績效管理，並提供政府當局資源規劃與研發組織經營策略之參考，儼然已成為各國產、官、學機構所關切且不可避免之議題。

然而，一個組織的經營績效亦需透過多重指標來測度 (Chakravarthy, 1986)，方能避免管理決策失當；許多研究已使用多因子績效測度模型來衡量組織經營績效 (Altman, 1971; Argenti, 1976; Bagozzi and Phillips, 1982; Chakravarthy, 1986)。而資料包絡分析法 (data envelopment analysis; DEA) 可同時處理多投入及多產出，透過線性規劃 (linear programming) 技巧，求出生產邊界 (product frontier) 做為衡量效率之基礎，進行績效評估。與其它評估方法最大不同之處，在於 DEA 引用 Farrell (1957) 所提出之非預設生產函數觀念進行效率評估。由於國家研發組織的績效評估屬於多元準則之環境，而傳統 DEA 忽略了組織內部經濟活動的連結性，亦無法呈現經濟活動中的管理訊息；為克服上述問題，本研究採用 Network DEA 績效測度模型 (Färe *et al.*, 2007; Kao, 2009; Tone and Tsutsui, 2009) 做為國家研發組織績效評估的工具。此外，為了衡量外部環境因素對組織經營績效之影響，多數學者運用 Tobit 迴歸分析外部環境因素對效率值之影響 (Binam *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2003)，而 Simar and Wilson (2007) 藉由拔靴法 (bootstrap) 分別對截斷式迴歸 (truncated regression) 及 Tobit 迴歸進行檢測，結果指出截斷式迴歸優於 Tobit 迴歸，故本研究將採用 Simar and Wilson 截斷式迴歸檢視國家研發組織績效影響因素。

因此，本研究之目的如下：首先建構國家研發組織價值創造程序，包含「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」，並運用 Network DEA 績效測度模型，以一次執行計算方式取得「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」，以分析國家研發組織績效之良窳，且掌握研發組織內部經濟活動。其次，結合多變量分析之集群分析與多元尺度分析方法，使效率分析更加具體化，提供國家研發組織更適切地目標改善建議。最後，運用截斷式迴歸，探究國家研發組織績效的影響因素，以瞭解研發組織之競爭優勢，進而提升國家研發組織績效與創造產業永續競爭力，達到促進產業升級的目標。

2. 文獻回顧

本研究旨在探討國家研發組織績效及其影響因素；以下依序針對國家研發組織現況、DEA 應用於科技研發績效評估、影響科技研發績效進行相關文獻的回顧，以作為後續研究的基礎。

2.1 國家研發組織現況

國家研發組織為政府設置的產業技術應用研究機構，肩負著將應用研究之成果移轉至產業的使命 (Edquist, 1997)。同時國家研發組織亦為國家創新系統中重要之一環，在整個產業技術價值鏈之運作機制中，佔有舉足輕重之地位；其任務是執行中長程國家性應用研究，亦配合政府

措施，輔導中小型企業參與國營企業研發，以發揮國家總體資源之助益，促使台灣產業技術成長快速。

爲了達成產業技術升級進而提升國家競爭力之目的，我國政府自民國 68 年起開始編列預算，由經濟部技術處負責推動「科技專案」，並先後成立工研院、資策會、生技中心、金屬中心、食品所、紡織所、紡拓會、車輛中心、自行車中心、船舶中心、石資中心、印研中心、塑膠中心、精機中心、藥技中心、鞋技中心、動科所、核能所等技術研究法人單位，從事產業技術專案研發，支援我國產業發展及帶動新興高科技產業（經濟部技術處，民 96）。

此外，國防部所屬中科院亦配合政府之產業政策指導下，積極參與科技專案，負責推動軍民通用科技發展。目前，國家研發組織藉由科技專案的執行，開發具前瞻性之關鍵技術，並透過技術移轉擴散至產業應用，以健全國內產業科技發展體系，提升國家競爭力。同時，在配合行政院國家型計畫推動執行下，已協助產業發展深層次、前瞻性之核心技術，建構良好基礎之研發環境，促使產業技術不斷創新與升級，並運用產業技術增值能量衍生新興產業，多年來已累積相當的研發成果，顯見對我國科技研發的重要性，以及國家經濟成長具關鍵之影響力。

2.2 DEA 應用於科技研發績效評估之相關研究

過去已有許多學者應用 DEA 來評估國家、研發組織、專案計畫及產業等績效，在國家研發效率評估方面，如 Pastor and Lovel (2005)、Perelman (1995)、Ramanathan (2006)、Sharma and Thomas (2008)、Wang and Huang (2007)、Yörük and Zaim (2005) 等研究；在研發組織效率評估方面，如徐基生等 (民 92)、Groot and Carcia-Valderrama (2006)、Johnes and Johnes (1993)、Liu and Lu (2010)、Thursby and Kemp (2002) 等研究；在專案計畫效率評估方面，如吳學良、林育司 (民 94)、李文福、蔡秋田 (民 93)、Eilat *et al.* (2008)、Linton *et al.* (2002)、Linton *et al.* (2007)、Swink *et al.* (2006) 等研究；在產業經營效率評估方面，如 Chen *et al.* (2006)、Hung *et al.* (2010)、Liu and Wang (2008)、Lu *et al.* (2010)、Wu *et al.* (2006) 等研究。

綜合上述文獻發現，DEA 已被廣泛應用於各層級中，在國家層級中，應用 DEA 探討不同國家之科技研發績效表現，以瞭解國家是否具國際競爭力；而研發組織層級中，應用 DEA 探討研發組織之研發績效，可發掘出標竿學習對象，提供其他研發組織績效改善方向；此外，亦有許多文獻將 DEA 應用於科學園區、半導體、電腦等產業，藉由產業之分析，可瞭解不同產業之績效表現，提供政府管理當局政策制訂與產業發展策略規劃。顯見，DEA 適合作爲評估國家研發組織績效之分析工具。

2.3 科技研發績效影響因素之相關研究

本節將針對影響科技研發績效因素之文獻進行探討。過去許多學者在探討影響科技研發績效因素時，有著不同的衡量觀點，如李元墩、吳濟民 (民 93) 針對台灣生物科技產業實證研究

中，歸納出六項衡量因素，包含組織管理能力、策略管理能力、資源控管能力、研發創新能力、行銷運籌能力、生產管理能力等因素；研究顯示，此六項因素對績效，均有正向影響。Jao (1996) 以台灣資訊電子業為研究對象，歸納出六項衡量因素，包含策略管理能力、研究發展能力、網路資源能力、行銷運籌能力、服務支援能力及量產製造能力等因素。Wang *et al.* (2004) 探討中國高科技廠商的實證研究中，歸納出三項衡量因素，包含技術能力、行銷能力、整合能力等因素，研究發現，此三項因素對研發績效，均有正向影響。李文福、蔡秋田 (民 93) 以「主導性新產品開發計畫」為研究對象，歸納出六項衡量因素，包含管理制度建立、研發團隊運作、研發人力素質、相對研發投入、研發經費密度、廠商規模大小、產業別等因素，研究發現，除管理制度建立外，其餘因素均對研發績效，均有正向影響。

而評估國家研發組織績效係以「科技與創新」為主體之特質，故本研究提出三項較為符合研發組織影響因素衡量方式，分別為研發創新能力 (Bruderl and Preisendorfer, 2000; Dollinger, 1995; Hall and Bagchi-Sen, 2007; Lee *et al.*, 2001); 人力資源能力 (李文福、蔡秋田, 民 93; Carlsson and Wilmot, 2006; Richard and Johnson, 2004; Souitaris, 2002); 服務支援能力 (Aaker, 1989; Chakravarty *et al.*, 1995; Churchill and Surprenant, 1982; Upton, 1995) 等三項衡量標準。

綜合上述文獻探討，可獲悉 DEA 適用於科技研發的績效評估，而影響國家研發組織績效可能之因素對於組織的發展，扮演著重要的角色，故本研究擬進一步以截斷式迴歸來探究影響國家研發組織績效之因素。本研究歸納與過去研究之差異有三點，說明如下：

- (1) 本研究首先建構國家研發組織價值創造程序，包含「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」，並運用創新的 Network DEA 績效測度模型，探究國家研發組織績效之良窳。
- (2) 本研究結合多變量分析之集群分析與多元尺度分析方法，使其效率分析更加具體化，提供更適切地目標改善建議，以提升國家研發組織績效。
- (3) 本研究使用截斷式迴歸分析檢視國家研發組織績效的影響因素，以瞭解研發組織之競爭優勢，進而提升國家研發組織的績效。

3. 研究設計

本節就研究對象、國家研發組織價值創造程序之建構、方法論、資料蒐集與敘述統計分析作說明；其研究架構主要分為兩個階段，第一階段先以 Network DEA 績效測度模型衡量各研發組織的效率，接著結合多變量分析中的集群分析、多元尺度分析，使效率分析更加具體化；第二階段進一步採用截斷式迴歸探究影響國家研發組織績效之因素。

3.1 研究對象

根據經濟部技術處 2006 至 2007 年「科技專案執行年報」的報告中指出，近年來法人科

專決算數約占科技專案總預算 76%；並就科技研發的連貫性與持續性而言，法人科專執行計畫數亦較業界科專及學界科專為多，為歷年提升我國產業技術的主要力量，因此本研究選定研發組織執行「法人科專」共計 35 個研發組織作為研究對象。

其中包含工研院所屬 12 個研發組織、中科院所屬 6 個研發組織及其他研發組織 17 個，並將每一個研發組織視為一個決策單位 (decision making unit; DMU)，探討其執行績效。此外，法人科專依其研發屬性差異而有不同定位，區分「一般關鍵與環境建構」、「創新前瞻」、「研發服務與共通性」等類型。考量 DEA 之決策單位同屬性要求，故僅針對「一般關鍵與環境建構類」探討。

3.2 建構國家研發組織價值創造程序

有鑑於國內研發組織、專案計畫之績效評估，多依研發計畫執行中所產生之效益特性，將計畫效益解構為投入、產出、成果運用及經濟效益等不同階段，可知此四階段乃是研發活動中的主要過程。2007 年法人科專執行成效報告中亦指出 97 年度在科技專案考評指標方面，將以「組織發展」、「研發績效」與「產業效益」等三大構面作為考評研發組織的成效，此亦顯示政府對研發組織執行人科專成果擴散及產業價值創造之重視程度。因此，本研究利用 DEA 多投入及多產出評估概念，並採用 Tone and Tsutsui (2009) 提出 Network DEA 績效衡量模型，建構國家研發組織價值創造程序。本研究變數選取係參考徐基生等 (民 92)、吳學良、林育司 (民 94)、Liu and Lu (2010)、Wu *et al.* (2006) 之研究及 2007 年科技專案執行年報；有關國家研發組織價值創造程序建構特性 (如圖 1)、投入與產出變數定義，如表 1 所示。

在「研發效率」階段，探討國家研發組織之研究人力、時程及經費是否已充分運用在技術成果產出及智慧財產權，故以研究人力、研究時間、研究經費為投入變數，以專利申請、技術引進、研究報告及論文發表為產出變數；在「技術擴散效率」階段，探討研發組織在投入技術成果及智慧財產權後產生之技術擴散，以專利申請、技術引進、研究報告、論文發表及分包研究為投入變數，專利授權、技術移轉、委託案及工業服務及研討會為產出變數；在「價值創造效率」階段，探討研發組織在投入技術擴散後產生之促成投資生產效果，以專利授權、技術移轉、委託案及工業服務、研討會為投入變數，以投資額及生產值為產出變數。

3.3 方法論

本研究採用 Tone and Tsutsui (2009) Network DEA 績效測度模型與 Simar and Wilson (2007) 截斷式迴歸分析工具，衡量 35 個國家研發組織之績效表現，並探討國家研發組織績效影響因素。有關方法理論介紹如下：

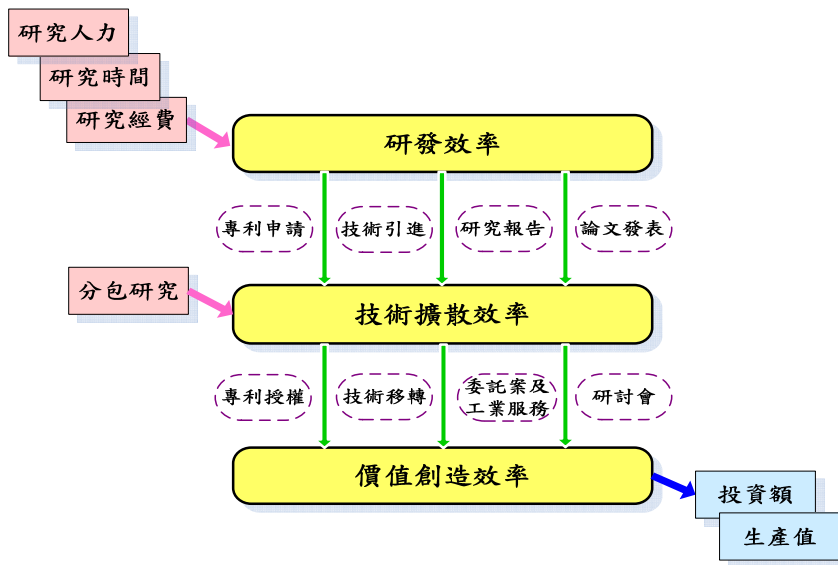


圖 1 國家研發組織價值創造程序

表 1 國家研發組織執行科技專案投入與產出項定義

項 目	定 義	單 位
研究人力	計畫執行期間所投入的研發人數。	人數
研究時間	計畫執行期間所投入的研發時間。	月份
研究經費	計畫執行期間所投入研發經費的決算數。	百萬元
專利申請	指計畫所獲得的國內、外專利申請件數。	件數
技術引進	藉由國外技術合作、技術授權、技術指導等，取得國外之先進技術並引進國內。	件數
研究報告	計畫執行所完成之研究報告篇數，包括技術、調查、訓練等報告。	篇數
論文發表	計畫執行所完成之國內、外論文篇數，包括期刊、研討會等論文。	篇數
分包研究	進行研究活動中，將部分工作計畫交由業界或學術界負責。	件數
專利授權	計畫之技術，藉由技術移轉、授權予廠商使用之專利授權金及權利金之收入。	萬元
技術移轉	計畫之技術，藉由技術移轉、授權予廠商使用。	家數
委託案及工業服務	計畫已建立之技術，接受外界委託從事特定產品研究開發及檢校、維修、技術輔導等短期服務。	家數
研討會	將成果以公開方式向業界說明之活動，包含技術研討會、訓練講習會、技術說明會、發表會。	場次
投資額	透過成果移轉取得關鍵性生產技術後，促使業者投資相關技術而衍生產品生產。	百萬元
生產值	透過成果移轉取得關鍵性生產技術後，促使業者擴大原有之生產規模。	百萬元

資料來源：本研究整理自經濟部技術處 2007 年科技專案年報

3.3.1 網絡資料包絡分析法 (Network DEA)

Cooper *et al.* (2004) 整理歷來 DEA 多種模式，如影響力最深遠的 CCR 模式 (Charnes *et al.*, 1978) 及 BCC 模式 (Banker *et al.*, 1984)，本研究為瞭解研發組織內部經濟活動之連結性，故運用 Network DEA 績效測度模型之概念 (Färe *et al.*, 2007; Kao, 2009; Tone and Tsutsui, 2009)，建構國家研發組織價值創造程序，此模式可以克服傳統 DEA (如 CCR 與 BCC 模式) 在處理多投入與多產出決策單位之效率評估時，需將每項活動明確地歸類為投入項或產出項之缺失，不再將組織內部之經濟活動視為「黑箱」(black box)，可同時評估決策單位之整體效率與部門效率。

由於，傳統 DEA 衡量的是射線效率，係假設投入或產出可以等比率調整 (縮減或擴增)，在某些情況下並不適用；因此，Tone and Tsutsui (2009) 提出 Network SBM (slack-based measures) 模式，以差額變數為基礎之測度，衡量組織的整體效率及部門效率，SBM 模式是一種非射線效率衡量，符合單位不變性 (unit invariant)，整合投入過多或產出不足的差額變數來衡量效率值，當投入及產出無法進行等比率調整時，即適合採用 SBM 模式。此模式區分為投入導向效率、產出導向效率及無導向效率等三種導向；本研究在同時考量投入差額與產出差額對效率之影響、生產程序具有變動規模報酬 (variable returns to scale) 之特性及階段之間連結變數可任意調整之情境，故採用無導向變動規模報酬 Network SBM DEA 模型且假設階段之間連結變數可任意調整 (Free) 之情境下，評估國家研發組織之績效。績效模型之分數規劃 (fractional program) 表達如下：

$$\rho_o^* = \underset{\lambda^k, s_i^-, s_r^+}{\text{Min}} \sum_{k=1}^K w_k \left[1 - \frac{1}{m_k} \left(\sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_i^-}{x_{io}^k} \right) \right] \bigg/ \sum_{k=1}^K w_k \left[1 + \frac{1}{r_k} \left(\sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_r^+}{y_{ro}^k} \right) \right] \quad (1)$$

s.t.

$$x_{io}^k = \sum_{j=1}^n x_{ij}^k \lambda_j^k + s_i^-, \quad i = 1, \dots, m_k$$

$$y_{ro}^k = \sum_{j=1}^n y_{rj}^k \lambda_j^k - s_r^+, \quad r = 1, \dots, r_k$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^k = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n z_{dj}^{(k,h)} \lambda_j^h = \sum_{j=1}^n z_{dj}^{(k,h)} \lambda_j^k, \quad \forall (k, h)$$

$$\lambda_j^k \geq 0, \quad s_i^- \geq 0, \quad s_r^+ \geq 0, \quad w_k \geq 0, \quad \sum_{k=1}^K w_k = 1, \quad \forall k,$$

其中 n 為受評研發組織個數， K 為階段數 ($k = 1, \dots, K$)， m^k 表示階段 k 的投入， r^k 表示階段 k 的產出， (k, h) 表示階段 k 至階段 h 之連結， $z_{dj}^{(k,h)} \in R^{(k,h) \times n}$ 為連結階段 k 與階段 h 的中間投入(產出)；在模型 (1) 中， ρ_o^* 表示研發組織的整體效率值，藉由改變下標 o ，即可求得所有研發組織整體效率值；其中的 w_k 代表階段 k 效率值之權重，由於國家研發組織成立之使命與任務即是為了達成以科技創新帶動產業發展，從而促進經濟成長之目標，

因此一個國家研發組織價值創造程序之任何階段，如被刻意強調或忽略，對國家研發組織價值創造程序將有所偏誤，而無法符合國家研發組織成立之使命與任務。因此，各階段效率值對一個國家研發組織之重要性缺一不可，因此本研究對此三階段效率值取等同重要之權重； $\sum_{j=1}^n x_{ij}^k \lambda_j^k$ 及 $\sum_{j=1}^n y_{rj}^k \lambda_j^k$ 分別代表階段 k 的第 i 個投入及第 r 個產出項效率邊界之標竿值， s_i^{k-} 及 s_r^{k+} 分別代表階段 k 的投入差額及產出差額；若 ρ_o^* 為 1，表示整體效率值，在差額基礎之衡量模式中為有效率者；若 ρ_o^* 小於 1，表示目標研發組織之整體效率為無效率者；再者，使用模型 (1)、(2) 中最適投入差額 s_i^{k-} 及最適產出差額 s_r^{k+} ，可將無導向的階段效率定義如模型 (3)：

$$\rho_k = \left[1 - \frac{1}{m_k} \left(\sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_i^{k-}}{x_{io}^k} \right) \right] / \left[1 + \frac{1}{r_k} \left(\sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_r^{k+}}{y_{ro}^k} \right) \right] \quad (3)$$

在模型 (3) 中，在不考慮權重的前提下，若目標研發組織 ρ_k 為 1，則表示目標研發組織之階段 k 具有效率，若目標研發組織 ρ_k 小於 1，則表示目標研發組織之階段 k 為無效率者； $0 \leq \rho_k \leq 1$ 表示 SBM 效率值限制在 0 到 1 之間，當所有 s_i^{k-} 及 s_r^{k+} 均為 0，表示該目標研發組織之階段 k 之所有投入及產出項，均無差額存在。

3.3.2 截斷式迴歸 (Truncated Regression)

由於 DEA 所得到之效率值有其上限或下限的限制，因此在分析外部環境因素對效率之影響時，一般多選用 Tobit 迴歸方式從事分析 (Binam *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2003)。此做法在估算決策單位效率時，DEA 係取其非參數之特性，再運用 Tobit 迴歸分析時，卻假設決策單位的效率誤差分配為參數之常態分配 (Simar and Wilson, 2007)，同時當概似函數 (likelihood function) 之參數化形式假設錯誤時，Tobit 估計式並不具一致性 (inconsistent)。為了克服上述限制，Simar and Wilson 藉由拔靴法 (bootstrap) 分別對截斷式迴歸及 Tobit 迴歸進行檢測，結果指出截斷式迴歸優於 Tobit 迴歸，故本研究採用 Simar and Wilson 截斷式迴歸探討國家研發組織績效影響之因素，截斷式迴歸模型如下：

$$TE_j = a + \sum_{t=1}^w Z_{jt} \beta_t + \varepsilon_j, (j = 1, \dots, n) \quad (4)$$

在模型 (4) 中 $\varepsilon_j \sim N(0; \sigma_\varepsilon^2)$, $\varepsilon_j \geq 1 - a - \sum_{t=1}^w Z_{jt} \beta_t$ ， a 為常數項， ε_j 是統計干擾， Z_{jt} 是 DMU_j 特定觀察變數的第 t 個值，我們預期它與決策單位的效率值 (TE_j) 有關。

3.4 資料蒐集與敘述統計分析

本研究係以經濟部技術處編印之「科技專案執行年報」為次級資料來源，考量年報出版期間及資料獲得來源、資料可靠性，因此以國家研發組織執行法人科專之 2006 至 2007 年為樣本期間。此年報係由經濟部技術處每年委託台灣經濟研究院（簡稱台經院）編撰，具有高度公信力與完整性，涵蓋法人科專之整體執行成果。

本研究樣本在 2006 至 2007 年間已完成之法人科專，平均投入人力為 153 人，平均投入時間為 76 個月，平均投入研究經費為 3 億 7100 萬元，平均專利申請數為 126 件，平均技術引進為 2 件，平均研究報告數為 246 篇，平均論文發表數為 165 篇，平均分包研究件數為 37 件，平均專利授權金額為 3014 萬元，平均技術移轉廠家數為 67 家，平均委託案及工業服務廠家數為 97 家，平均研討會為 37 場次，執行期間投資廠商金額約 14 億 4200 萬元，執行期間生產值金額約 60 億 1200 萬元，如表 2 所示。由此顯見，政府多年來致力於研發組織執行法人科專資源的投入與所獲得之豐碩研發成果與效益。

依據 Golany and Roll (1989) 研究，DEA 之投入與產出項選出後，必須進行相關性分析，以驗證投入與產出變數間是否具有同向性關係 (isotonicity)，即一部份投入增加會使一部份產出增加。表3、表4、表5，顯示本研究之研發效率、技術擴散效率與價值創造效率等階段之投入及產出變數 Pearson 相關係數分析結果，可知投入與產出變數間均存在正向關係，符合 DEA 變數選取要求。

表 2 國家研發組織投入、產出變數敘述統計量

變 數	平均數	標準差	中位數	上四分位數	下四分位數	極大值
研究人力 (人數)	153	166	97	38	227	891
研究時間 (月份)	76	55	60	24	120	216
研究經費 (百萬元)	371	496	203	64	526	2,780
專利申請 (件數)	126	226	42	18.0	156	1,282
技術引進 (件數)	2	4	1	1.0	3	18
研究報告 (篇數)	246	320	143	45.0	314	1,596
論文發表 (篇數)	165	222	103	32.0	234	1,262
分包研究 (件數)	37	43	25	8.0	45	187
專利授權 (萬元)	3,014	6,082	285	53	2,750	23,746
技術移轉 (家數)	67	72	44	19	95	310
委託案及工業服務 (家數)	97	89	59	27	166	320
研討會 (場次)	37	51	31	7	44	277
投資額 (百萬元)	1,442	1,698	623	290	2,629	6,767
生產值 (百萬元)	6,012	8,019	2,636	142	10,689	32,185

表3 「研發效率」階段之投入與產出項變數相關係數矩陣

投入項 \ 產出項	專利申請	技術引進	研究報告	論文發表
研究經費	.9634 p=0.00	.5019 p=.002	.9171 p=.000	.9503 p=.000
研究人力	.9181 p=.000	.5159 p=.002	.9365 p=.000	.9445 p=.000
研發時間	.1829 p=.293	.4376 p=.009	.3759 p=.026	.2513 p=.145

表4 「技術擴散效率」階段之投入與產出項變數相關係數矩陣

投入項 \ 產出項	專利授權	技術移轉	委託案及工業服務	研討會
專利申請	.3609 p=.033	.2125 p=.220	.3757 p=.026	.8656 p=.000
技術引進	.0530 p=.763	.6915 p=.000	.6010 p=.000	.5508 p=.001
研究報告	.2975 p=.083	.3577 p=.035	.4723 p=.004	.8652 p=.000
論文發表	.2863 p=.095	.3512 p=.039	.4975 p=.002	.9145 p=.000
分包研究	.0583 p=.740	.4521 p=.006	.3163 p=.064	.7795 p=.000

表5 「價值創造效率」階段之投入與產出項變數相關係數矩陣

投入項 \ 產出項	專利授權	技術移轉	委託案及工業服務	研討會
投資額	.5004 p=.002	.4925 p=.003	.3641 p=.032	.3287 p=.054
生產值	.5988 p=.000	.4574 p=.006	.3694 p=.029	.0914 p=.602

此外，Golany and Roll (1989) 亦認為決策單位數量決定的經驗法則：「決策單位之數目至少應為投入及產出項目個數總合的兩倍」，本研究有 35 個決策單位，投入及產出項目共計 14 個，包含投入變數、中間變數及產出變數，故 $35 > 2(14) = 28$ ；符合 Golany and Roll 所建議，因此，本研究發展之國家研發組織價值創造程序符合績效模型之建構效度，同時相關分析也指

出，投入與產出變數之間符合同向性之要求；惟無法瞭解組織內部經濟活動的連結性及各階段之績效。因此，本研究將於下一節，透過 Network DEA 績效測度模型，衡量國家研發組織價值創造程序之「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」等階段的整體效率值及各階段效率值。

4. 實證結果分析

本研究實證分析主要分為三部份，首先，運用 Network DEA 績效測度模型，衡量國家研發組織價值創造程序的績效；其次，結合多變量分析之集群分析及多元尺度分析方法，使效率分析更加具體化；最後，運用截斷式迴歸探討國家研發組織績效影響之因素，提供國家研發組織瞭解本身競爭優勢，以提升研發績效及創造永續競爭力。

4.1 國家研發組織績效分析

爲了瞭解國家組織內部經濟活動的連結性，藉由 Network DEA 績效測度模型，來衡量國家研發組織價值創造程序之「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」各階段效率，分析說明及各階段效率值，如表 6 所示。

首先，就國家研發組織的績效表現來看，資策會、印研中心、塑膠中心及鞋技中心等 4 個研發組織，不論是在整體績效或是各階段績效之表現，均可作為其它研發組織標竿典範。此 4 個研發組織相對於其他組織而言，能藉由「研發效率」之優勢利基，充分整合研究人力、時間及經費等資源投入，創造出相對技術成果及智慧財產權，如專利申請、技術引進、研究報告、論文發表，進而轉化為組織的創新研發能量，協助提升產業研發基礎。舉例來說，「資策會」積極參與全球微波互通存取 (WiMAX) 產業關鍵技術之研發及通過國際認證，布局多項關鍵智財，協助產業進軍國際市場，爭取與世界合作機會；「塑膠中心」致力於生質複合材料等高性能環保材料開發，提升綠色環保技術層次，以符合國際標準，進而帶動產業市場國際化。「印研中心」致力於立體印刷、環保油墨及色彩等關鍵技術的開發，積極建立色彩標準認證制度並重視色彩品質的提升，協助產業邁向國際化發展；「鞋技中心」致力於台灣製鞋全球品牌佈局的推動，持續運用創新研發能量，與國際檢測及驗證機構技術交流，加速鞋業一流技術之國際接軌，有效提升台灣製鞋品牌之國際能見度。

爲了進一步瞭解研發組織內部經濟活動表現，分別從「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」進行分析，就「研發效率」而言，此階段平均效率值爲 0.740；有 89% 研發組織仍具有改善空間，改善作法建議如下，在專利申請方面，可發展具價值之關鍵技術及專利，強化全球專利布局及加速智慧財產之創造，以提升專利成效；技術引進方面，可藉由國際合作、技術授權等途徑，提升技術研發與國際接軌，協助產業發展深層次與前瞻性之核心技術；研究

表6 國家研發組織價值創造程序效率值

研發組織	整體效率值*	階段效率值		
		研發效率	技術擴散效率	價值創造效率
工研院本部	0.183	0.408	0.101	0.042
工研院電光所	0.426	0.168	0.214	0.896
工研院資通所	0.579	0.277	0.461	1.000
工研院機械所	0.294	0.212	0.080	0.590
工研院材化所	0.294	0.180	0.144	0.557
工研院能環所	0.335	0.454	0.202	0.349
工研院生醫所	0.261	0.410	0.244	0.128
工研院南分院	0.470	0.215	0.194	1.000
工研院晶片中心	0.279	0.480	0.250	0.107
工研院醫材中心	0.389	0.816	0.300	0.052
工研院顯示中心	0.490	0.800	0.562	0.110
工研院辨識中心	0.560	0.891	0.637	0.153
中科院航空所	0.315	0.624	0.252	0.070
中科院飛彈火箭所	0.256	0.463	0.157	0.149
中科院電子所	0.245	0.482	0.157	0.097
中科院系發中心	0.353	0.318	0.061	0.679
中科院化學所	0.390	0.802	0.195	0.172
中科院光電材料所	0.443	0.272	0.073	0.984
資策會	1.000	1.000	1.000	1.000
生技中心	0.475	0.217	1.000	0.208
金屬中心	0.397	0.217	0.098	0.884
食品所	0.344	0.353	0.254	0.426
紡織所	0.299	0.325	0.091	0.482
紡拓會	0.579	0.965	0.547	0.224
車輛中心	0.359	0.569	0.236	0.272
自行車中心	0.606	0.992	0.713	0.113
船舶中心	0.507	0.964	0.358	0.199
石資中心	0.580	0.974	0.561	0.204
印研中心	1.000	1.000	1.000	1.000
塑膠中心	1.000	1.000	1.000	1.000
精機中心	0.490	0.858	0.501	0.112
藥技中心	0.422	0.804	0.420	0.041
鞋技中心	1.000	1.000	1.000	1.000
動科所	0.667	0.915	1.000	0.087
核能所	0.618	0.781	1.000	0.073
平均數	0.483	0.740	0.355	0.292

註：整體效率值* = 1/3 (研發效率值 + 技術擴散效率值 + 價值創造效率值)

報告與論文發表方面，深耕技術報告與期刊論文等學術研究，以呈現研究工作的達成程度，提升學術成就之價值。亦即，研發組織應積極深耕產業所需的關鍵利基技術、專利佈局與智權創造及學術研究，有效落實技術成果於產業應用，進而帶動產業新一波之升級或轉型，自能提升「研發效率」之貢獻與價值。

就「技術擴散效率」而言，此階段平均效率值為 0.355；有 80% 的研發組織仍具有改善空間，改善作法建議如下，在技術移轉與專利授權方面，宜積極將所研發之技術，透過技術移轉、授權予廠商使用，進而增加專利授權金及權利金之收入；在研討會方面，可藉由技術研討會、訓練講習會、技術說明會、發表會等活動之舉辦，將研究報告與論文發表等研究成果，向產業說明，以協助廠商提升技術能力，創造研發成果技術價值；在委託及工業服務方面，積極運用既有的技術服務、國際標準認證、技術平台交流機制等，提供產業技術輔導、檢校維修等服務諮詢，以促進產業技術升級。亦即，此階段可藉由強化研發成果的擴散效應，建立技術移轉、專利授權、工業服務等機制與策略做法，擴散至產業應用，協助廠商找到生存利基所在，帶動整體產業發展，方能彰顯「技術擴散效率」衍生之擴散效應。

就「價值創造效率」而言，此階段平均效率值為 0.292，有 83% 的研發組織仍具有改善空間，改善作法建議如下，在投資與生產方面，可透過技術移轉、專利授權、委託案及工業服務等策略機制，將技術成果擴散至產業加值應用，充分發揮直接促成或間接衍生投資的效益，如產值增加、新創產業成形、傳統產業轉型等產業效益，帶動產業朝向高附加價值發展。亦即，此階段可藉由強化產業價值的增益，積極運用既有的產業聯盟與平台交流機制，並藉由市場規模之擴大，創造出新的產業利基，進而帶領台灣產業發展從「技術追隨者轉變為價值開創者」，方能提升「價值創造效率」之價值與貢獻。

綜上分析發現，整體而言，以「研發效率」表現較佳，「技術擴散效率」及「價值創造效率」之表現未能彰顯；隱含，國家研發組織在「技術擴散效率」階段，可藉由強化技術的擴散效應，適時透過技術移轉、專利授權、技術服務與諮詢等途徑，落實研發成果之擴散效益；在「價值創造效率」階段，可著重產業價值的增益，發揮應有之價值創造效能，協助廠商於產業價值鏈中找到利基所在，以達「藏技於民」的目標，進而共創政府與產業雙贏契機。

4.2 多變量分析 (Multivariate Analysis)

在探討國家研發組織績效表現，係針對研發組織內部經濟活動之連結性作探討，為了進一步瞭解各階段效率值之共同特徵與差異，本研究結合了多變量分析之集群分析及多元尺度分析等方法，使效率分析更加具體化，亦可提供研發組織較明確之目標改善方向，以提升研發績效。

「集群分析」是一種將樣本觀察值進行分類 (Johnson and Wichern, 2007)，且能有效掌握各群之間的特性。亦即，對某特性而言，群與群是不同的 (Sharma, 1996)。故本研究即利用集群分

析之特性，以 35 個研發組織作為研究對象，就「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」等階段效率，進行集群分析，並根據樹狀圖 (hierarchical tree) 之結果，分成 3 個群組；透過各群之特徵與差異分析後，本研究依特性，將此 3 群分別命名為標竿群、服務支援群與研發創新群。此外，為了進一步瞭解此 35 個研發組織背後之隱藏特質結構，本研究運用多元尺度分析 (Torgerson, 1952) 將國家研發組織 3 個階段的效率值，簡化為二維空間之構面圖，並整合集群分析之分群結果繪製出 3 個群組 (如圖 2)，在這兩個維度的分析下 (X、Y 軸)，得到的壓力係數 (stress) 為 0.09868，RSQ (R square) 為 0.96017。根據 Kruskal (1964) 的解釋，壓力係數和 RSQ 係一種配合度指標，壓力係數愈小，RSQ 愈高，表示所繪製的構面圖，愈能代表原始資料，本研究得到的壓力係數介於 0.05~0.100，故符合多元尺度分析配適度之要求。

透過集群分析之分群結果，結合多元尺度分析繪製出的二維空間構面圖，更能適切地找出組織的特徵，可進一步瞭解各研發組織在「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」各階段之競爭優勢及策略改善方針。以下分別就「標竿群」、「服務支援群」與「研發創新群」之特徵進行分析，如表 7 所示。

為了進一步瞭解「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」在「標竿群」、「服務支援群」與「研發創新群」此三個不同分群之間是否呈現差異，本研究採用無母數統計方法之 Kruskal-Wallis Test 進行驗證 (Brockett *et al.*, 1996)，在 5% 顯著水準下，結果皆呈現顯著差異，顯示此分群方式具有鑑別力，如表 8 所示。

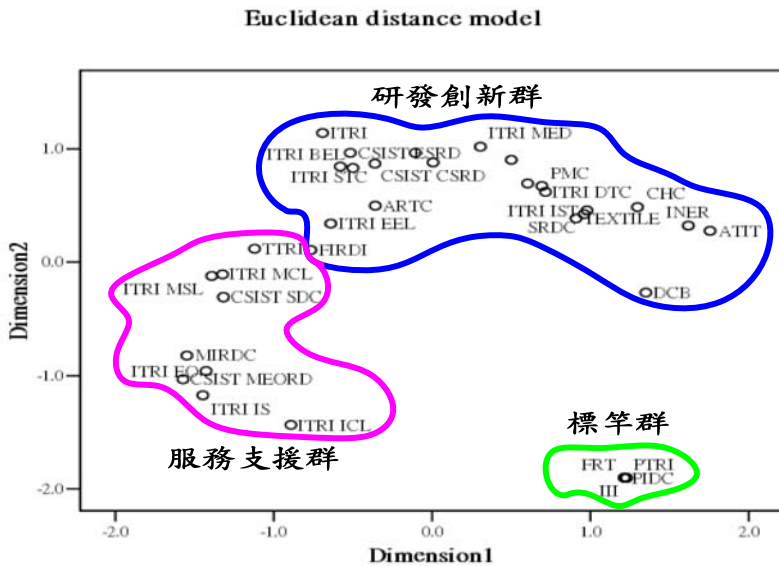


圖 2 多元尺度分析圖

表 7 各分群效率值

群組	研發組織	階段效率值		
		研發效率	技術擴散效率	價值創造效率
標竿群	資策會 (III)	1.000	1.000	1.000
	印研中心 (PTRI)	1.000	1.000	1.000
	塑膠中心 (PIDC)	1.000	1.000	1.000
	鞋技中心 (FRT)	1.000	1.000	1.000
	平均	1.000	1.000	1.000
服務支援群	工研院電光所 (ITRI EOL)	0.168	0.214	0.896
	工研院資通所 (ITRI ICL)	0.277	0.461	1.000
	工研院機械所 (ITRI MSL)	0.212	0.080	0.590
	工研院材化所 (ITRI MCL)	0.180	0.144	0.557
	工研院能環所 (ITRI EEL)	0.454	0.202	0.349
	工研院南分院 (ITRI IS)	0.215	0.194	1.000
	中科院系發中心 (CSIST SDC)	0.318	0.061	0.679
	中科院光電材料所 (CSIST MEORD)	0.272	0.073	0.984
	金屬中心 (MIRDC)	0.217	0.098	0.884
	食品所 (FIRDI)	0.353	0.254	0.426
	紡織所 (TTRI)	0.325	0.091	0.482
	平均	0.272	0.170	0.713
研發創新群	工研院院本部 (ITRI)	0.408	0.101	0.042
	工研院生醫所 (ITRI BEL)	0.410	0.244	0.128
	工研院晶片中心 (ITRI STC)	0.480	0.250	0.107
	工研院醫材中心 (ITRI MED)	0.816	0.300	0.052
	工研院顯示中心 (ITRI DTC)	0.800	0.562	0.110
	工研院辨識中心 (ITRI ISTC)	0.891	0.637	0.153
	中科院航空所 (CSIST ASRD)	0.624	0.252	0.070
	中科院飛彈火箭所 (CSIST MRSRD)	0.463	0.157	0.149
	中科院電子所 (CSIST ESRD)	0.482	0.157	0.097
	中科院化學所 (CSIST CSRD)	0.802	0.195	0.172
	生技中心 (DCB)	0.217	1.000	0.208
	紡拓會 (TEXTILE)	0.965	0.547	0.224
	車輛中心 (ARTC)	0.569	0.236	0.272
	自行車中心 (CHC)	0.992	0.713	0.113
	船舶中心 (USDDC)	0.964	0.358	0.199
	石資中心 (SRDC)	0.974	0.561	0.204
	精機中心 (PMC)	0.858	0.501	0.112
	藥技中心 (PITDC)	0.804	0.420	0.041
	動科所 (ATIT)	0.915	1.000	0.087
	核能所 (INER)	0.781	1.000	0.073
	平均	0.711	0.460	0.131

表 8 國家研發組織各分群效率值無母數統計檢定分析

效率值	群別	個數	平均效率	Kruskal-Wallis Test (P-Value)
研發效率	標竿群	4	1.000	0.0440*
	服務支援群	11	0.272	
	研發創新群	20	0.711	
技術擴散效率	標竿群	4	1.000	0.0002**
	服務支援群	11	0.170	
	研發創新群	20	0.460	
價值創造效率	標竿群	4	1.000	0.0023**
	服務支援群	11	0.713	
	研發創新群	20	0.131	

註：*，** 代表顯著水準 $\alpha = 0.05$ ， $\alpha = 0.01$ 。

就「標竿群」之績效表現來看，資策會、印研中心、塑膠中心及鞋技中心等 4 個研發組織，在「研發效率」、「技術擴散效率」、「價值創造效率」等 3 階段的效率值均達 1.000，其特色表現，在於研發成果朝全方位發展，有效運用人力、時間及經費等資源能量，達到效益最大化；開發具前瞻性之關鍵技術及專利，轉化基礎核心技術擴散至產業應用，協助產業創造價值，因此在每個效益階段產出，如技術產出、知識服務、學術成就、技術擴散與服務、衍生效益等，均顯現出，此群之研發組織能洞悉市場需求，創造經濟價值效益，值得其他研發組織效法學習。

就「服務支援群」之績效表現來看，各階段的平均效率值分別為 0.272、0.170、0.713，計有工研院（電光所、資通所、機械所、材化所、能環所、南分院）、中科院（系發中心、光電材料所）、金屬中心、食品所及紡織所等 11 個研發組織；觀察發現，此群在「價值創造效率」之表現優於「研發效率」與「技術擴散效率」。亦謂著，此群之研發組織，應著重在「研發效率」與「技術擴散效率」之提升。舉例而言，「工研院電光所」在國際標準認證、技術服務與交流平台建置等方面有不錯表現；惟應考量時效、市場需求及經濟價值，掌握產業發展動向，開發具前瞻創新及產業效益之技術，進而轉化成實際規劃布局，使研發之技術成果符合產業需求，並強化與廠商間互動，透過產業研發聯盟之方式，將技術成果移轉廠商。此外，亦應加強重視全球專利分析與佈局策略，擬定具體技術擴散機制，有效落實技術成果於產業應用，藉由國際合作關係之深化，提升技術研發與國際接軌程度，從而引進關鍵利基技術，促使產業迅速進入下世代技術布局及創造產業價值，以提升我國產業國際競爭力。

就「研發創新群」之績效表現來看，各階段平均效率值分別為 0.711、0.460、0.131，計有工研院（院本部、生醫所、晶片中心、醫材中心、顯示中心、辨識中心）、中科院（航空所、飛彈火箭所、電子所、化學所）、生技中心、紡拓會、車輛中心、自行車中心、船舶中心、石資中

心、精機中心、藥技中心、動科所及核能所等 20 個研發組織；觀察發現，此群的「研發效率」優於「技術擴散效率」與「價值創造效率」。隱含，此群之研發組織，雖有極佳之「研發效率」，但無法有效移轉至產業或是研發之技術不符合市場需求，皆有可能呈現出表現不佳之情形，故建議，此群之研發組織可與民間企業進行瞭解，以掌握市場需求，方能有效率改善「技術擴散效率」，進而提升「價值創造效率」。舉例而言，「藥技中心」深耕呼吸道及抗關節炎中草藥等關鍵技術開發；建議未來進行研發技術與產品策略規劃時，應考慮與市場之連結性，此外工業服務收入比例偏低，宜著重在中草藥創新研發平台等技術服務之強化，協助產業技術突破，以授權合作方式將技術移轉至產業，以彰顯研發效益，讓研發成果能逐步的轉移至產業發光發熱，進而促成研發成果商業化及創造產業價值，達到產業技術升級之目標。

綜上分析發現，「服務支援群」在「價值創造效率」之表現優於「研發效率」與「技術擴散效率」；未來應掌握產業發展動態與需求，整合跨領域、跨單位及國際合作之創新構想，聚焦於開發具市場利基及高附加價值之技術，並著重關鍵技術之深耕與發展，將研發成果擴散於產業，觸發產業發展新契機，以達成在產業價值鏈中開創更高價值與貢獻之目標。「研發創新群」雖有極佳之「研發效率」，而未能達成技術移轉之原因可能為，研發之技術不符合市場需求、技術授權限制與規範過多、取得技術之成本過高，不符合後續推廣之效益等；其思維模式應轉以「市場需求」為導向，以求改善既往「先研發後尋求技術市場」之模式，發展符合產業需求之產品，並進行與合作廠商之技術移轉，促成創新與加值產業發展，以改善「技術擴散效率」，進而提升「價值創造效率」之貢獻度。此外，亦發現一個值得重視現象，工研院及中科院為國家設置之大型研發組織，扮演著推動台灣科技進步、創新基地及產業發展智財供應源頭之重要原動力；因此如何善用豐沛的研發能量，加強技術擴散與服務，創造產業附加價值，進而達到「藏技於民」的目標，是值得深思的課題。

4.3 截斷式迴歸分析

本研究在運用 Network DEA 績效測度模型，衡量國家研發組織價值創造程序之「研發效率」、「技術擴散效率」與「價值創造效率」各階段效率後，將進一步利用截斷式迴歸模型探討影響國家研發組織績效可能之因素。

截斷式迴歸模型中，被解釋變數分別為國家研發組織之整體效率(TE_1^1)、研發效率(TE_2^2)、技術擴散效率(TE_3^3)與價值創造效率(TE_4^4)；解釋變數包含人力資源能力、研發創新能力、服務支援能力，各解釋變數定義如下：

人力資源能力方面，許多研究以學經歷來衡量研發人力素質(李文福、蔡秋田，民 93；賴士葆，民 76；Souitaris, 2002)；故本研究人力資源能力變數選取為：博碩士人數佔全部研究人數之比率，高素質研究人力之比率愈高，則一個單位之人力資源能力則愈佳。由於高科技產品的

研發是需要創新的科技，而人才是創新科技的根本，亦是知識經濟發展的核心（簡禎富等，民 98）。Souitaris (2002) 研究發現，研發人力素質與技術創新有高度的關聯性。因此，我們預期研發人力素質與國家研發組織績效有正向關聯。

研發創新能力方面，許多研究以專利核準數來衡量研發創新能力 (Griliches, 1990; Hall and Bagchi-Sen, 2007; Trajtenberg, 1990)；故本研究研發創新能力變數選取為：專利獲得數佔專利申請數之比率，通過比率愈高則一個單位之研發創新能力則愈佳。專利是技術創新的重要指標，專利件數愈多，創新技術能力也就愈強 (李元墩、吳濟民，民 93; Archibugi, 1992; Griliches, 1990; Trajtenberg, 1990)。因此，我們預期研發創新能力對國家研發組織績效有正向關聯。

服務支援能力方面，由於科技專案係藉由已建立之技術，接受外界委託從事特定產品之研究開發，利用既有設備對業界提供檢校、鑑定、維修及技術輔導等短期服務。故本研究服務支援能力變數選取為：平均每一件工業服務簽約金額，金額愈高則代表一個單位之服務支援能力則愈佳。許多研究指出，透過服務的創新，可提供顧客最佳的服務 (Chakravarty *et al.*, 1995; Churchill and Surprenant, 1982; Upton, 1995)，亦是競爭優勢關鍵因素。因此，我們亦預期服務支援能力對國家研發組織績效有正向關聯。

接著我們探討國家研發組織績效之影響因素，解釋變數包含人力資源能力 (HR)、研發創新能力 (RI)、服務支援能力 (SS) 等 3 個代理變數，同時也納入 4.2 節之分群結果，並以二個虛擬變數來呈現，D1=1 且 D2=0 代表標竿群，D1=0 且 D2=1 代表服務支援群，D1=0 且 D2=0 代表研發創新群，其截斷式迴歸模型如 (5)-(8) 式，迴歸分析結果如表 9 所示。

$$TE_j^1 = \alpha + \beta_1 HR_j + \beta_2 RI_j + \beta_3 SS_j + \beta_3 D_1 + \beta_3 D_2 + \varepsilon_j, \quad (5)$$

$$TE_j^2 = \alpha + \beta_1 HR_j + \beta_2 RI_j + \beta_3 SS_j + \beta_3 D_1 + \beta_3 D_2 + \varepsilon_j, \quad (6)$$

$$TE_j^3 = \alpha + \beta_1 HR_j + \beta_2 RI_j + \beta_3 SS_j + \beta_3 D_1 + \beta_3 D_2 + \varepsilon_j, \quad (7)$$

$$TE_j^4 = \alpha + \beta_1 HR_j + \beta_2 RI_j + \beta_3 SS_j + \beta_3 D_1 + \beta_3 D_2 + \varepsilon_j, \quad (8)$$

「人力資源能力」方面，對整體效率、研發效率、技術擴散效率與價值創造效率皆呈現正向相關但不顯著，隱含研發組織若能持續透過如技術引進，學習更高的關鍵性專業技術，獲取最新的技術知識、或採取跨國之合作方式，與國外研發、學術機構從事人才交流，提高人員素質，進而精進與培育出更具競爭力之科技菁英，轉化為人力資源貢獻與價值能力，將有助於增進研發組織的績效及永續競爭力。許多研究也驗證了健全的人力資源發展，將有助於組織績效的提升及創造競爭優勢 (李元墩、吳濟民，民 93; Carlson and Wilmot, 2006; Richard and Johnson, 2004; Souitaris, 2002)。

表 9 國家研發組織績效影響因素之截斷式迴歸分析結果

獨立變項	模式一	模式二	模式三	模式四
	整體效率值	研發效率值	技術擴散效率	價值創造效率
常數項	-0.431	3.439	-0.466	-0.274
人力資源能力 (HR)	3.032	0.447	1.030	0.527
研發創新能力 (RI)	1.435**	1.968*	1.743*	1.181
服務支援能力 (SS)	1.816*	-0.016	0.358	1.943*
D1	0.568**	0.339**	0.492**	0.780**
D2	-0.016	-0.374**	0.130	0.558**
R-squared	0.336	0.321	0.316	0.381
Adjusted R-squared	0.281	0.271	0.261	0.291

註：*，** 代表顯著水準 $\alpha = 0.05$ ， $\alpha = 0.01$ 。

「研發創新能力」方面，對整體效率、研發效率與技術擴散效率在 5% 顯著水準下，皆呈現正向且顯著影響，表示研發創新能力愈強，研發組織之研發效率與技術擴散效率愈佳 (李元墩、吳濟民，民 93)，雖然研發創新能力與價值創造效率關係不顯著但仍呈現正向關係。觀察研發組織在 2006 至 2007 年執行法人科專之專利獲得成果表現來看，2006 至 2007 年共累積專利獲得件數達 2 千餘件，顯示研發組織近年來致力於專利全球布局規劃、建構完整專利族群、強化專利強度，提升技術成果在國際上的優勢。由於技術經由成果擴散至產業過程中，關鍵在於專利，而專利獲得之多寡，可反映其國家或產業之競爭力 (Deeds and Hill, 1996; Mowery *et al.*, 1996)。因此，研發組織亦積極提升專利品質，以協助產業提升國際競爭力。

「服務支援能力」方面，對整體效率與價值創造效率在 5% 顯著水準下，皆呈現正向且顯著影響，表示服務支援能力愈強，整體效率與價值創造效率愈佳，雖然服務支援能力與技術擴散效率關係不顯著但仍呈現正向關係。隱含，在研發服務傳遞過程中，提供較佳技術服務品質與後勤支援能力，可為顧客創造較高價值服務與顧客滿意度 (Aaker, 1989; Chakravarty *et al.*, 1995)。因此，研發組織應培養創造價值服務能力，提供客製化產品與價值服務，以提升經營績效與競爭力。觀察研發組織在 2006 至 2007 年執行法人科專之委託案及工業服務的表現，已累計委託案及工業服務件數共達 595 件，並累計超過新台幣 11 億餘元的收入，顯示研發組織積極建置或維持產業發展所需之核心技術、檢測認證設施等不遺餘力，對產業價值提升存有一定之助益。除此之外，虛擬變數在四個迴歸模型內，在 5% 顯著水準下，皆呈現顯著相關，此結果與 4.2 節之無母數統計檢定一致，分群結果皆呈現顯著差異，顯示此分群方式具有鑑別力。

綜上分析顯示，研發組織若擁有領先的研發創新技術，掌握關鍵專利佈局，確實能為組織帶來較佳的績效表現。根據世界經濟論壇 (WEF) 所公布的 2008 年全球競爭力，在 134 個受評比的經濟體中，台灣排名為 17，在「創新」指標排名第 7；另洛桑國際管理學院 (IMD) 2008

年世界競爭力排名，在 57 個受評比的經濟體中，我國排名為 23，在「技術」指標排名第 11，顯現，台灣在創新與技術方面仍具競爭力。在服務傳遞過程中，提供較佳後勤支援能力與技術服務品質，可為顧客創造較高價值服務與滿意度，也會有較高的績效表現；此外，研發組織若能建立完善的人力資源管理制度，積極培育高素質的尖端科技人才，厚植研究潛力，將有助於組織研發績效的提升。

5. 結論與建議

本研究首先運用 Network DEA 績效測度模型，衡量國家研發組織績效，以瞭解研發組織內部經濟活動之連結性，並結合多變量分析之集群分析與多元尺度分析方法，提供國家研發組織更具體之績效改善建議。其次，運用截斷式迴歸探究國家研發組織績效之影響因素，以瞭解研發組織之競爭優勢，進而提升國家研發組織績效。最後，本研究提供管理意涵，做為政府資源分配與經營者策略規劃之參考。綜合本研究之重要發現與建議，說明如下：

5.1 結論

就國家研發組織績效表現來看，資策會、印研中心、塑膠中心及鞋技中心等 4 個研發組織，在整體績效及階段之績效表現，均可作為其它研發組織學習典範。其次，從研發組織內部經濟活動表現來看，以「研發效率」表現較佳，而「技術擴散效率」及「價值創造效率」之表現則未能彰顯；意謂，國家研發組織在「技術擴散效率」階段，宜適時透過技術移轉、專利授權、技術服務與諮詢等途徑，以落實研發成果之擴散效益；在「價值創造效率」階段，宜重視技術擴散所造成的產業效益，協助廠商於產業價值鏈中找到生存利基，以達「藏技於民」的目標，共創政府與產業雙贏契機。換言之，扮演著推動台灣科技創新「開路先鋒」之國家研發組織，宜善加利用有限國家資源，強化研發成果轉化成產業效益，以促進產業升級進而提升國家競爭力之目的。此外中科院囿於國防科技研發組織之特殊性，導致研發成果無法充分發揮，產業效益之展現未能符合期望；宜積極發展「光電與材料」之核心技術，轉化核心能量延伸於產業，衍生產業投資效益及創造價值，以促進民間參與國防軍備研究，共同創造雙贏之局面。

就多變量分析來看，「服務支援群」在「價值創造效率」的表現優於「研發效率」與「技術擴散效率」；未來宜掌握產業需求，整合跨領域與國際合作之創新構想，開發與深耕具市場利基之關鍵技術，並擴散於產業應用，觸發產業發展新契機，期在產業價值鏈中開創更高價值與貢獻之目標。而「研發創新群」雖有極佳之「研發效率」，惟研發的技術不符合市場需求、取得技術之成本過高等，皆有可能是造成技術移轉未能落實的原因，應轉以「市場需求」為導向，發展產業需求之技術，並進行技術移轉，促成創新與加值產業發展，以改善「技術擴散效率」，進而提升「價值創造效率」之貢獻度。此外工研院及中科院為國家級之大型研發組織，扮演著台

灣創新基地及產業發展智財供應源頭之重要原動力；惟如何善用豐沛的研發能量，強化技術擴散與服務，創造產業價值，進而達到「藏技於民」的目標，亦是值得深思的課題。

就截斷式迴歸分析來看，其中「研發創新能力」及「服務支援能力」兩項因素對國家研發組織績效皆有顯著的正向影響；而人力資源能力對國家研發組織績效呈現正向相關但不顯著影響。意謂，研發組織擁有領先之創新技術，其績效亦將提升。根據世界經濟論壇 (WEF) 2008 年全球競爭力評比，台灣排名為 17，「創新」指標排名第 7；另洛桑國際管理學院 (IMD) 2008 年世界競爭力排名，我國排名為 23，「技術」指標排名第 11，顯見，台灣在「創新與技術」方面仍具國際競爭力。在服務過程中，完善的後勤支援能力與服務品質，將有較佳績效表現；此外，若能建立完善的人力資源管理制度，培育高素質的科技人才，厚植研究潛力，亦將提升績效。亦即，研發組織若能瞭解本身的競爭優勢，確實能為組織帶來更佳的績效表現。

5.2 建議

綜合上述之研究結果，本研究研擬相關具體作法，提供國家研發組織未來擬定策略之建議如下：

在資源管理方面，為強化並推動產業整體及持續性的研發，宜落實研發組織資源合理化分配，期達到效益最大化，此外人才是創新科技的根本，宜持續透過技術引進以獲取最新之技術，亦可與國內外學研機構從事人才交流，培育更具競爭力之研發人才，轉化為組織的核心能耐，將有助於增進國家研發組織績效及永續競爭力。在研發效率方面，台灣正處於「效率階段」躍升至「創新階段」的轉換期，宜積極配合電信、奈米、晶片系統、生技製藥及基因體醫學等國家型科技計畫之推動 (行政院國科會，民 98)，如「電信計畫」，聚焦於寬頻通訊技術等關鍵技術研發，「奈米計畫」，建構奈米材料平台，支援奈米(電子、光電、能源、生醫應用)等產業；「晶片系統計畫」，著重 IC 產業技術之創新突破；「生技製藥計畫」，著重於癌症、心血管等藥物研發；「基因體醫學計畫」，深耕癌症、感染症等疾病之預防與治療。此外，隸屬國防部之中科院宜持續深耕 3C、奈米及能源等軍民通用之關鍵技術為研發重點。在產業效益方面，積極整合各領域之研發效率培養與擴散機制，產生學術成就、經濟效益及社會影響等綜效，期能推動台灣成為創新研發基地，提升我國產業之國際能見度。此外，中科院在考量產業發展需求下，宜善用厚實的研發能量，結合經濟部科專計畫與國防部科研計畫之研發成果，創造軍民通用的科技產業，亦可運用國軍現有資通安全技術為基礎，結合產、官、學、研機構，建置國家資訊網路安全防護的核心能量，以研發創新協助產業創造經濟價值，進而達到「國防自主、藏技於民」的目標。

參考文獻

- 工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心、資訊工業策進會資訊市場情報中心編撰，「2015 年台灣產業發展願景與策略」，民國 96 年。
- 行政院國家科學委員會，國家科學技術發展計畫（民國 98 年至 101 年），台北：國科會，民國 98 年。
- 吳學良、林育司，「經濟部科技專案執行效率之評估－資料包絡分析之實證」，科技管理期刊，第十卷第一期，民國 94 年，101-134 頁。
- 李元墩、吳濟民，「知識管理策略、組織核心能耐與經營績效之關係：以台灣生物科技產業為實證」，科技管理學刊，第九卷第二期，民國 93 年，103-130 頁。
- 李文福、蔡秋田，「新產品研發技術效率及其影響因素之研究」，中山管理評論，第十二卷第二期，民國 93 年，573-593 頁。
- 徐基生、李宗耀、史欽泰、洪志洋、虞孝成、曾國雄，「運用資料包絡分析評量工業技術研究院各研發組織之研發績效」，管理評論，第二十二卷第二期，民國 92 年，25-53 頁。
- 經濟部技術處，2006 年科技專案執行年報，台北市：經濟部，民國 95 年。
- 經濟部技術處，2007 年科技專案執行年報，台北市：經濟部，民國 96 年。
- 經濟部技術處，2007 年法人科技專案執行成效報告，台北市：經濟部，民國 96 年。
- 賴士葆，「企業技術特性與新產品發展績效相關之研究」，管理評論，第六期，民國 76 年，102-114 頁。
- 簡禎富、游智閔、徐紹鐘，「紫式決策分析以建構半導體晶圓廠人力規劃決策模型」，管理與系統，第十六卷第二期，民國 98 年，157-180 頁。
- Aaker, D. A., "Managing Assets and Skills: The Key to a Sustainable Competitive Advantage," *California Management Review*, Vol. 31, No. 2, 1989, pp. 91-106.
- Altman, E. I., *Corporate Bankruptcy in America*, Lexington, MA: Heath Lexington Books, 1971.
- Archibugi, D., "Patenting as an Indicator of Technological Innovation: A Review," *Science and Public Policy*, Vol. 19, No. 2, 1992, pp. 357-368.
- Argenti, J., *Corporate Collapse: The Causes and Symptoms*, Main: London; New York, 1976.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W., "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, Vol. 30, No. 9, 1984, pp. 1078-1092.
- Bagozzi, R. P. and Phillips, L. W., "Representing and Testing Organizational Theories: A Holistic Construal," *Administrative Science Quarterly*, Vol. 27, No. 3, 1982, pp. 459-489.

- Binam, J. N., Sylla, K., Diarra, I., and Nyambi, G., "Factors Affecting Technical Efficiency Among Coffee Farmers in Côte d'Ivoire: Evidence from the Centre West Region," *African Development Review*, Vol. 15, No. 1, 2003, pp. 66-76.
- Bruderl, J. and Preisendorfer, P., "Fast-Growing Businesses," *International Journal of Sociology*, Vol. 30, No. 3, 2000, pp. 45-70.
- Brockett, P. L. and Golany, B., "Using Rank Statistics for Determining Programmatic Efficiency Differences in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, Vol. 42, No. 3, 1996, pp. 466-472.
- Carlson, C. R. and Wilmot, W. W., *Innovation: The Five Disciplines for Creating What Customers Want*, New York: Crown Business, 2006.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E., "Measuring the Efficiency of Decision Making Units" *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, 1978, pp. 429-444.
- Chakravarthy, B. S., "Measuring Strategic Performance," *Strategic Management Journal*, Vol. 7, No. 3, 1986, pp. 437-458.
- Chakravarty, S., Feinberg, R., and Widdows, R., "What do Consumers Want from Banks?" *Journal of Retail Banking*, Vol. 12, 1995, pp.15-19.
- Chen, C. J., Wu, H. L., and Lin, B. W., "Evaluating the Development of High-tech Industries: Taiwan's Science Park," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 73, No. 4, 2006, pp. 452- 465.
- Churchill, G. A. Jr. and Surprenant, C., "An Investigation into the Determinants of Customer Satisfaction," *Journal of Marketing Research*, Vol. 19, No. 4, 1982, pp. 491-504.
- Cooper, W. W., Li, S., Seiford, L. M., Tone, K., Thrall, R. M., and Zhu, J., "Sensitivity and Stability Analysis in DEA: Some Recent Developments," *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 15, No. 3, 2001, pp. 217-246.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Zhu, J., *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- Deeds, D. L. and Hill, C. W., "Strategic Alliances and the Rate of New Product Development: An Empirical Study of Entrepreneurial Biotechnology Firms," *Journal of Business Venturing*, Vol. 11, No. 1, 1996, pp. 41-55.
- Dollinger, M. J., *Entrepreneurship: Strategies and Resources*, Boston, MA: Irwin, 1995.
- Edquist, C., *Systems of Innovation: Technologies, Institutions, and Organizations*, London: Pinter/Cassell, 1997.

- Eilat, H., Golany, B., and Shtub, A., "R&D Project Evaluation: An Integrated DEA and Balanced Scorecard Approach," *Omega, International Journal of Management Science*, Vol. 36, No. 5, 2008, pp. 895-912.
- Farrell, M. J., "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, No. 3, 1957, pp. 253-290.
- Färe, R., Grosskopf, S., and Whittaker, G., *Network DEA: Chapter 12 in Modelling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*, J. Zhu and W.D. Cook (eds.), Springer, New York, 2007, pp. 209- 240.
- Golany, B. and Roll, Y., "An Application Procedure for Data Envelopment Analysis," *Omega, International Journal of Management Science*, Vol. 17, No. 3, 1989, pp. 237-250.
- Griliches, Z., "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey," *Journal of Economic Literature*, Vol. 28, No. 4, 1990, pp. 1661-1707.
- Groot, T. and Carcia-Valderrama, T., "Research Quality and Efficiency: An Analysis of Assessments and Management Issues in Dutch Economics and Business Research Programs," *Research Policy*, Vol. 35, No.9, 2006, pp. 1362-1376.
- Hall, L. A. and Bagchi-Sen, S., "An Analysis of Firm-Level Innovation Strategies in the US Biotechnology Industry," *Technovation*, Vol. 27, No. 1-2, 2007, pp. 4-14.
- Hung, S. W., Lu, W. M., and Wang, T. P., "Benchmarking the Operating Efficiency of Asia Container Ports," *European Journal of Operational Research*, Vol. 203, No. 1, 2010, pp. 706-713.
- IMD, International Institute for Management Development, *TheWorld CompetitivenessYearbook 2008*.
- Jao, I. Y., "Capability Enhancement through Cross-border Contract Manufacturing Alliances: A Study Taiwanese Information Technology Firms," United Kingdom: London Business School Press, 1996.
- Johnes, G. and Johnes, J., "Measuring the Research Performance of UK Economics Departments: An Application of Data Envelopment Analysis," *Oxford Economic Papers*, Vol. 45, No.2, 1993, pp. 332-347.
- Johnson, R. A. and Wichern, D. W., *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 6th ed., Pearson International Edition, 2007.
- Kao, C., "Efficiency Decomposition in Network Data Envelopment Analysis: A Relational Model," *European Journal of Operational Research*, Vol. 192, No. 1, 2009, pp. 949-962.
- Kruskal, J. B., "Multidimensional Scaling by Optimizing Goodness of Fit to a Nonmetric Hypothesis," *Psychometrika*, Vol. 29, No. 1, 1964, pp. 1-27.

- Lee, C., Lee, K., and Pennings, J. M., "Internal Capabilities, External Networks, and Performance: A Study on Technology-Based Ventures," *Strategic Management Journal*, Vol. 22, No. 6/7, 2001, pp.615-640.
- Linton, J. D., Walsh, S. T., and Morabito, J., "Analysis, Ranking and Selection of R&D Projects in a Portfolio," *R&D Management*, Vol. 32, No. 2, 2002, pp. 139-148.
- Linton, J. D., Morabito, J., and Yeomans, J. S., "An Extension to a DEA Support System Used for Assessing R&D Projects," *R&D Management*, Vol. 37, No. 1, 2007, pp. 29-36.
- Liu, F. H. and Wang, P. H., "DEA Malmquist Productivity Measure: Taiwanese Semiconductor Companies," *International Journal Production Economics*, Vol. 112, No. 1, 2008, pp. 367-379.
- Liu, J. S. and Lu, W. M., "DEA and Ranking with the Network-based Approach: A Case of R&D Performance," *Omega, International Journal of Management Science*, Vol. 38, No. 6, 2010, pp.453-464.
- Lu, W. M., Wang, W. K., Tung, W. T., and Lin, F., "Capability and Efficiency of Intellectual Capital: The Case of Fabless Companies in Taiwan," *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No. 1, 2010, pp. 546-555.
- Mowery, D. C., Oxley, J. E., and Silverman, B. S., "Strategic Alliances and Inter Firm Knowledge Transfer," *Strategic Management Journal*, Vol. 17, No. 4, 1996, pp. 77-91.
- OECD, Science, Technology and Industry Scoreboard 2007: Innovation and Performance in the Global Economy, *OECD*, Paris, 2007.
- Pastor, J. T. and Lovell, C. A. K., "A Global Malmquist Productivity Index," *Economics Letters*, Vol. 88, No. 2, 2005, pp. 266-271.
- Perelman, S., "R&D, Technological Progress and Efficiency Change in Industrial Activities," *Review of Income and Wealth*, Vol. 41, No. 3, 1995, pp. 349-366.
- Ramanathan, R., "Evaluating the Comparative Performance of Countries of the Middle East and North Africa: A DEA Application," *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 40, No. 2, 2006, pp. 156-167.
- Richard, O. C. and Johnson, N. B., "High Performance Work Practices and Human Resource Management Effectiveness: Substitutes or Complements?" *Journal of Business Strategies*, Vol. 21, No. 2, 2004, pp. 133-148.
- Sharma, S., *Applied Multivariate Techniques*, John Wiley & Sons, Inc, U.S.A, 1996.
- Sharma, S. and Thomas, V. J., "Inter-country R&D Efficiency Analysis: An Application of Data Envelopment Analysis," *Scientometrics*, Vol. 76, No. 3, 2008, pp. 483-501.
- Simar, L. and Wilson, P. L., "Estimation and Inference in Two-Stage, Semi-Parametric Models of

- Production Processes,” *Journal of Econometrics*, Vol. 136, No. 1, 2007, pp. 31-64.
- Souitaris, V., “Firm-Specific Competencies Determining Technological Innovation: A Survey in Greece,” *R&D Management*, Vol. 32, No. 1, 2002, pp. 61-77.
- Swink, M., Talluri, S., and Pandejpong, T., “Faster, Better, Cheaper: A Study of NPD Project Efficiency and Performance Tradeoffs,” *Journal of Operations Management*, Vol. 24, No. 5, 2006, pp. 542-562.
- Thursby, J. G. and Kemp, S., “Growth and Productive Efficiency of University Intellectual Property Licensing,” *Research Policy*, Vol. 31, No.1, 2002, pp. 109-124.
- Tone, K. and Tsutsui, M., “Network DEA: A Slacks-Based Measure Approach,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 197, No. 1, 2009, pp. 243-252.
- Torgerson, W. S., “Multidimensional Scaling: I. Theory and method,” *Psychometrika*, Vol.17, No. 4, 1952, pp. 401-419.
- Trajtenberg, M., “A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations,” *The RAND Journal of Economics*, Vol. 21, No. 1, 1990, pp. 172-187.
- Turner, H., Windle, R., and Dresner, M., “North American Container Port Productivity: 1984-1997,” *Transportation Research Part E*, Vol. 40, No. 4, 2004, pp. 339-356.
- Upton, D. A., “What Really Makes Factories Flexible?” *Harvard Business Review*, Vol. 73, No. 4, 1995, pp. 74-84.
- Wang, E. C. and Huang, W., “Relative Efficiency of R&D Activities: A Cross-Country Study Accounting for Environmental Factors in the DEA Approach,” *Research Policy*, Vol. 36, No. 2, 2007, pp. 260-273.
- Wang, K. L., Tseng, Y. T., and Weng, C. C., “A Study of Production Efficiencies of Integrated Securities Firms in Taiwan,” *Applied Financial Economics*, Vol. 13, No. 3, 2003, pp. 159-167.
- Wang, Y., Lo, H. P., and Yang, Y., “The Constituents of Core Competencies and Firm Performance: Evidence from High-Technology Firm in China,” *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 21, No. 4, 2004, pp. 249-280.
- WEF, World Economic Forum, The Global Competitiveness Report 2008-2009 ◦
- Wu, W., Tsai, H., Cheng, K., and Lai, M. “Assessment of Intellectual Capital Management in Taiwanese IC Design Companies: Using DEA and the Malmquist Productivity Index,” *R&D Management*, Vol. 36, No. 5, 2006, pp. 531-545.
- Yörük, B. K. and Zaim, O., “Productivity Growth in OECD Countries: A Comparison with Malmquist Indices,” *Journal of Comparative Economics*, Vol. 33, No. 2, 2005, pp. 401-420.