

上市、櫃及公開發行之太陽能廠商的績效與 影響因素分析

*李東杰¹、鄭雅云²、薛金愛³

南台科技大學企業管理系

*¹donejae@mail.stut.edu.tw, ²isbigtree@gamil.com, ³hja6104@yahoo.c

摘要

太陽能具有環保、無危害及無限量的特色，已成為最具潛力的替代能源。台灣由於具有科技產業基礎，因此太陽能廠商只要能提升其管理績效，則將更具有競爭力。本文除利用資料包絡分析法，進行上市、櫃及公開發行太陽能廠商的績效評估外，亦應用 Fried ,Lovell ,Schmidt ,and Yaisawarng (2002)的步驟檢定影響績效因素的顯著性。結果發現僅 2008 年下半年中、下游廠商的規模效率與總效率之中位數排名，顯著較上游廠商為佳，但卻較 2009 年上半年呈顯著進步。另在研究發展費用率、資產週轉率、及經營年限上，均對營收淨額的無效率呈顯著的負向影響，僅負債比率呈顯著正向影響。

關鍵詞：太陽能產業、資料包絡分析法、績效評估

The Performance of TSE, OTC and Public Listed Solar Companies and Its Influencing Factors

*Tung-Chieh Lee, Yun-Ya Zheng, Chin-Ai Hsueh

Department of Business Administration Southern Taiwan University

Abstract

The solar energy has the properties of protecting environment, security and infinity. It already becomes the main energy sources in recent years. Because the strength of Taiwanese high-tech industry is very well, the solar firms only pay attention to the management efficiency and have the competitiveness. This paper uses the Data Envelopment Analysis to evaluate the performances of TSE, OTC and Public Listed Solar Companies and applies the method of Fried, Lovell, Schmidt and Yaisawarng (2002) to test the significance of influent factors. The results only find the ranks of both the scale efficiency and the technical efficiency for middle-downstream companies to be significantly better than upstream companies in the second half of 2008. However, the ranks in the first half of 2009 are more significantly inferior than the ranks in the second half of 2008. Further more, the factors of R&D expense ratio, asset turnover, and operating period are significantly negative to the inefficiency of net sales except the liabilities ratio.

Keywords : Solar Industry, Data Envelopment Analysis, Performance Evaluation



壹、前言

工業革命至今，科技的進步使人類生活品質提升、社會經濟的發展進步，但也形成越來越嚴重的環境污染問題。由於人們的食、衣、住、行、育、樂都跟石油化工的產物息息相關，但根據美國能源部相關研究，全球已近 36 年沒有發現新油田，而且石油並非是取之不盡、用之不竭，因此其在人類生活上供不應求的情況已愈趨明顯，使得各國必須積極尋找或發展多元的替代能源，包含天然氣、煤炭、太陽能、風力、水力、地熱、及核能.....等。其中天然氣與煤炭的使用會產生二氧化碳，導致地球的溫室效應；風力、水力、及地熱的替代發電，因受到地理環境的限制，無法更進一步的使用；核能的運用則會產生輻射等環境維護問題。因此，目前似乎只有太陽能較不會產生一些不利的因子。

就台灣的太陽能產業發展而言，2005 年已達新台幣 70 億元產值，至 2010 時則已增加至 720 億元，平均年增約二倍；且台灣原就有電子科技的產業實力，若能趁能源危機愈趨嚴重之際，提升太陽能產業的經營績效，將可使其更具有競爭力，因此本文想進行台灣太陽能產業廠商的經營績效分析，以作為政府或廠商之參考。

由於京都議定書的簽訂，先進國家對太陽能產業的發展將會採取鼓勵措施，因此亦會影響到台灣太陽能各游廠商之發展，導致該產業新進廠商如雨後春筍，紛紛成立且萌芽，但本文發現至最新的 2009 年上半年止，所公佈的財報資料能滿足本文進行經營績效評估者僅 18 家，由於本文使用資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)是採效率邊界(Efficiency Frontier)概念評估績效，因此根據 DEA 理論最適合橫斷面資料(Cross-section Data)，故邊界是不會變動的，但若資料超過一年以上，就可能因技術變動而影響邊界；但本文為了使樣本數倍增，因此採取半年期資料，來表示樣本在這期間的績效水準，也由於太陽能產業正值成長期階段，產業發展瞬息萬變，故亦可比較上、下半年的績效變動情況，因此選擇 2008 下半年與 2009 上半年為研究期間。又基於黃旭男(1993)對資料包絡分析法之優點評述，及 Fried, Lovell, Schmidt and Yaisawarng (2002，簡稱 FLSY)將其結合隨機性統計邊界法(Stochastic Statistical Frontier Analysis, SFA)，可在針對績效水準的解釋變數之顯著性檢定上，較利用 Tobit 迴歸法在誤差項的考量更周延，因此更具不偏性，故本文可達成以下之研究目的：

- 一、進行太陽能產業之上與中、下游廠商的績效評估，並作 Mann-Whitney U 檢定，以獲得上與中、下游廠商間的績效是否具顯著差異。
- 二、利用 Wilcoxon 符號等級和檢定進行太陽能產業廠商之績效，在兩個半年間是否存在顯著差異，以獲得績效變動趨勢。
- 三、分析並檢定研究期間影響太陽能產業上市、櫃及公開發行廠商績效水準因素的顯著性。

貳、文獻探討

一、太陽能產業介紹

太陽能產業鏈的上、中、下游，依序為上游的矽原料→矽晶棒(Ingot)→矽晶圓(Wafer)→太陽能電池→中游的光電模組及電力調節器→下游的系統組裝，其中產業最大的問題是在矽沙之取得，故近年來已研發出薄膜技術，其原料(如玻璃基板、矽甲烷、銦錫氧化物(ITO)靶材、壓克力樹脂、環氧樹脂、氟樹脂等)可低於傳統結晶矽的價格，且太陽能轉換效率也提升。以目前台灣太陽能產業而言，上游主要是以結晶矽為主，但也有少部份廠商是與國外技術合作，開發薄膜太陽能電池產品。另外，聚光型太陽能電池(CPV)市場亦正蓬勃發展¹，全球目前使用 CPV 技術的商業化運轉太陽能電廠集中在西班牙。而台灣投入 CPV 的廠商不多，又由於其製程技術與發光二極體(LED)雷同，因此 LED 的相關廠商亦有機會投入聚光型太陽能領域。

¹聚光型太陽能電池模組是聚光型太陽能電池(Concentrator Photo Voltaic)、高聚光鏡面菲涅爾透鏡(Fresnel Lenses)、及太陽光追蹤器(Sun Tracker)而成，主要材料是砷化鎵(GaAs)，乃是以在極小的晶片面積上，達到高倍的聚光效果，且耐熱性比一般晶矽型太陽能電池來得高。



在中游太陽能模組方面，可分為一般型和建物一體型兩類²，差異在於一般型太陽能模組為不透光，背面是以聚氟乙烯薄膜(Tedlar)為主要部件；而建物一體型則為半透光型，正、背面均為強化玻璃。在模組市場中，晶矽太陽能電池模組仍佔有超過九成的市場，其餘以薄膜太陽能電池模組為主。

在下游太陽能系統組裝上，其應用已益趨廣泛，涵蓋手錶、計算機、玩具...等消費性電子產品，以及照明、工商用發電系統...等，主要是將太陽能以高科技的方法轉換成電能或者是熱能，再和一般生活用品做結合，作為最終使用。

由於薄膜太陽能電池的市場還很小，以至有些廠商還無法達到上市、櫃、或公開發行的規模³，有些則僅占其營收少量⁴。目前台灣已有 70 餘家廠商投入太陽能產業，但均須仰賴國外的市場與原料，其中晶圓有 98%進口，太陽能電池則有 97%外銷。本文根據「公開資訊觀測站」，詳細整理所有相關廠商的商品營收資料，篩選出研究期間為上市、櫃及公開發行公司，且營收居首位的商品為太陽能產業者，其乃為本文的樣本，並列如表 1 所示。其中茂迪、益通等太陽能電池領導廠商於 2007 年進行垂直整合後，已擁有自己的模組產線，而台達電則是結合集團內的資源與工研院簽署合資成立旺能光電廠商，完成從電池到終端系統的垂直整合。

二、科技產業績效評估之文獻探討

近年來國內有關太陽能產業管理課題探討之文獻不多，因此針對與本文研究方法有關者，即利用 DEA 進行科技產業績效評估的文獻，蒐集並整理如表 2 所示。

表 1 本文太陽能樣本廠商一覽表

類別	上游		中、下游 ^b		
產品別	多矽晶材料	矽晶棒、矽晶錠、晶圓	電池元件(PV cell) 太陽能電池	太陽能電池模組	系統應用
廠商別	無	中美晶、合晶、嘉晶、綠能 ^a 、台勝科、旭晶、達能、碩禾	茂迪、益通、昱晶、昇陽科、新日光、旺能、太陽光	茂迪、益通、頂晶科、立碁、旺能	茂迪、益通、旺能、新日光、九豪

註：a.綠能的產品有一部份是屬中游的電池元件，但因其大部分營收仍來自於晶片，故歸類為上游廠商。

b.由於太陽能產業的中、下游廠商其產品多橫跨，難以明確歸類，故予以合併。

資料來源：本文整理。

表 2 以資料包絡分析法衡量科技產業績效之近年文獻

作者	題目	投入	產出	解釋變數	結論
Thore, Phillips, Rusfli and Yue (1996)	DEA 和產品週期的管理：美國電腦業	1.銷貨成本 2.管銷費用 3.勞動力 4.固定資產 5.資本支出 6.研究與發展費用	1.銷售收入 2.稅前淨利 3.市場價值		實證結果顯示效率與產品週期有密切關係。由於電腦公司在成功的管理產品週期上有很大的不同，因此也顯示了相當不同的效率結果。一些公司，如蘋果和康柏，製造產品須長期和持續的週期，其就位於效率前緣。但大多數花費巨資以產生創新產品的公司，其效率就偏低。

(續下頁)

²所謂建物一體型太陽能模組，是指建築設計手法將具有建材功能之太陽光電模板導入與建物結合，使系統元件不僅有發電功能，也是建物外殼的一部份，除替代了既有的建材，降低初置之相關成本，還結合遮陽處理、採光照明等，增加了建築節能之效益。

³例如：大豐、鑫筌、聯相、威奈、旭能、富陽。

⁴例如：綠能、茂迪、益通、大億。



Kozmetsky and Yue (1998)	全球半導體公司的績效比較	1.研發費用 2.生產力 3.總資產	利潤率		結果顯示：1.日本公司已經超過了競爭對手美國公司。2.韓國和台灣企業直接挑戰競爭對手日本和美國公司。3.歐洲企業增長緩慢，特別是在1990-1994年，從而減少了他們在全球市場的競爭力。
Ho and Zhu (2003)	在台灣電子產業衡量績效評估的一個實證研究	1.資本 2.總資產 3.員工人數	銷售淨額		結果顯示： 1.有效率的單位只有九個公司。 2.有更好效率的公司並不總是具有較好的效能。
周啓文 (2004)	影響台灣 TFT-LCD 業經營績效之關鍵因素分析	1.固定資產 2.研發費用 3.員工人數	營業收入		友達整體效率、純技術效率、及規模效率，皆處於相對有效，可提供其它廠商學習參考的對象。台灣 TFT-LCD 產業的生產力提升大多來自廠商生產技術變動的提升，而技術變動的提升又來自於投入購置先進的機械設備，所以固定資產是目前台灣 TFT-LCD 產業發展上，廠商在制定產業策略時所需考量的關鍵因素。
孫松增 (2004)	台灣 TFT-LCD 業產力與效率分析	1.資產總額 2.營業成本 3.營業費用 4.員工人數	1.營業收入 2.營業淨利	1.每人配備率 2.資產週轉率 3.流動比率 4.研發費用率 5.經營年限	由 Tobit 迴歸分析得出，廠商可藉提高每人配備率、總資產週轉率、流動比率、研發費用率、及經營年限等變數，提昇廠商的整體技術效率。
陳俊銘 (2004)	我國光電產業經營效率之研究—資料包絡分析法的應用	1.員工人數 2.固定資產 3.營業成本 4.營業費用	1.營業收入淨額 2.稅前淨利	1.存貨週轉率 2.研發費用率 3.TCRI 評比	結果顯示，光電產業無效率的原因多是技術無效率導致。而在 Malmquist 生產力指數上，光電產業只有在2000年至2001年間，因技術退步而使得生產力衰退，往後的期間則皆呈進步態勢。在迴歸分析的結果，存貨週轉率對於整體技術效率有顯著正向影響；研發費用率則是顯著負向影響。
謝榮明 (2005)	台灣 TFT-LCD 大尺寸液晶面板廠商研發效率與影響因子分析	1.研發人力 2.研發資本	專利件數	1.碩士以上人員佔研發人員比例 2.研發人員年約收入 3.研發人員平均年資 4.專利累積數 5.專利數變化 6.公司規模 7.技術移轉費	友達の整體相對效率、研發績效、規模效率皆為1；以 Tobit 迴歸分析發現，影響大型 TFT-LCD 研發因子，有碩士以上研發人員佔研發人員比例、研發人員年約收入、研發人員平均年資、專利累積數量、專利數量變化量等會影響技術效率。

(續下頁)



洪秋湧 (2006)	企業經營規模、 績效與效率實證 分析：以大尺寸 TFT-LCD 面板 產業為例	1.總資產 2.員工人數 3.研發規模	1.稅前淨利 2.營業額		市佔率最大的 Samsung 其經營效率並非最佳，而市佔率最小之 Sharp 其經營效率亦非最差，顯示經營規模大的公司，短期規模經濟並未顯現出來，且其資源管理不一定是最適的。故友達合併廣輝，可能是著眼長期的全球佈局，而非短期的規模效應。
張世其 等三人 (2007)	台灣 TFT-LCD 產業經營效 率動態分析 之研究	1.固定資產 2.資產總額 3.營業成本	1.營業收入淨額 2.資產週轉率		視窗分析結果顯示奇美的效率平均值最佳，其次為友達；華映的整體波動性最小，但其效率平均值也最低；整體波動性最大的是廣輝。根據 Malmquist 生產力指數，TFT-LCD 整體產業的生產力在觀察期間呈衰退 (-4.6%) 趨勢，而個別廠商中僅有友達的生產力為提升 (6.9%)。
李東杰 吳坤龍 (2007)	台灣液晶顯 示器相關產 業管理效率 與影響因素 之探討	1.員工人數 2.研發費用 3.固定資產總額 4.管理及總務費 用 5.推銷費用	營業收入	1.員工年資 2.碩博士人數 佔總人數比例 3.員工平均年資 之平方 4.碩博士人數佔 公司總人數比例之 平方 5.LCD 類別	結果發現：1.組裝類廠商的總效率、純粹管理效率，均呈明顯改善的情況，但零組件類廠商則不論是 TE、PTE、SE，皆未呈顯著改善趨勢。2.外生變數檢定方面，員工平均年資對無效率的影響，是顯著呈先遞減在遞增的關係；碩博士人數佔公司總人數的比例與無效率的關係卻是相反地，此外零組件類廠商的無效率顯著較組裝類來的低。
王本正 等六人 (2008)	亞太地區太 陽光電產業 績校評估：應 用資料包絡 分析法	1.營業成本 2.營業費用 3.總資產 4.固定資產	營業收入		研究顯示：1.大多數公司無效率的原因在於規模與技術均無效率，其中在規模上須遞減。2.太陽能產業近年來原料的供需失調，使營業成本對總體效率值影響幅度最大。
李正文 陳翔修 (2008)	台灣光電產 業之經營效 率分析－資 料包絡分析 法之應用	1.營業成本 2.推銷費用 3.管理總費用 4.研發費用	營業收入		結果發現，在 2003-2005 年光碟片、光碟機與 LED 廠商的生產力皆下滑，表示國內的光電廠商，在刺激銷售之餘，應追求整體生產力的提升。
孫嘉祈 等三人 (2008)	以生產力指 數探討全球 前四大筆記 型電腦代工 廠商之經營 績效趨勢	1.資產總額 2.營業費用	1.營業毛利 2.營收淨額 3.稅前淨利 4.EPS		研究發現緯創經營效率相繼掉隊而英業達相繼掉隊。本研究建議未來筆記型電腦代工廠商應以多角化經營發展為未來策略方針，積極創新與研發，逐漸減少筆記型電腦產品線佔總營收之比例。
Liu and Wang (2009)	PCB 製造業 使用兩階段 DEA 的效率 評估	第一階段： 1.員工人數 2.經營成本 3.研發成本 第二階段： 1.銷售額 2.產品量	營業收入		將台灣印製電路板(PCB)製造廠商的生產過程，分為二個子過程：生產取得與利潤獲取。發現所有的印製電路板製造廠商都是低效率，其低效率來自第二階段的無效率，即利潤產生過程，這也反應在台灣因價格競爭，確導致低利潤收入的現象。
Tseng, Chiu and Chen (2009)	高科技製造業 的經營績效衡 量：以台灣大 尺寸 TFT- LCD 面版公司 為例	1.銷售成本 2.固定資產 3.產品成本 4.資本價格	銷售淨額		台灣大尺寸 TFT-LCD 面板廠商應加重視競爭與研發績效，還要將重點放在增加其市場佔額和銷售額的增長速度，保持穩定和足夠的上下游材料，並加強關鍵技術和專利的獲得。

資料來源：本文整理。



除非有針對性的課題，如表 2 有一些文獻在投入上另外就研發活動，或產出上就專利、總資產週轉率方面做探討，否則根據經濟學的生產理論，投入分別有「勞動力」、「資本」、「土地」、「企業才能」，而生產出「產量」，因此爲了評估「經營績效」，根據「公開資訊觀測站」的上、市櫃財報資料之定義，上述投入是包含在資產、營業成本及營業費用項目內，而「產量」即反映在營收上；前者如 Thore et al.(1996)、Kozmetsky and Yue (1998)、周啓文(2004)、洪秋湧(2006)、李東杰與吳坤龍(2007)、李正文與陳翔修(2008)、Liu and Wang(2009)；後者如謝榮明(2005)、張世其等三人(2007)。但亦有一些文獻，如 Thore et al.(1996)、孫松增(2004)、陳俊銘(2004)、孫嘉祈等三人(2008)，則犯了評估項目重複的問題，即在投入項選用營業成本與營業費用二項，而在產出項卻同時選用營收(淨額)與淨利潤；又張世其等三人(2007)、王本正等六人(2008)則在投入項上，同時使用總資產與固定資產。因此，本文所使用的各項投入、產出之定義，詳述如下：

(一) 產出變數：

1. 營收淨額：指營業收入總額扣除銷貨退回與銷貨折讓的金額。
2. 專利件數：指經過經濟部智慧財產局登記許可的件數。

(二) 投入變數：

1. 營業成本：或稱銷貨成本，包括進貨費用(進貨運費、進貨保險費、或進貨退出)、原物料、薪資等等的金額。
2. 營業費用：或稱管銷費用，是由推銷費用、管理及總務費用、研究發展費用等之合計金額。
3. 固定資產：由於總資產(或稱資產總額)是流動資產、基金與投資、固定資產、無形資產、其他資產等之合計數，並不符本文所選擇的營收淨額(未包含營業外收入)產出項，故以固定資產較適當。固定資產是指供營業上使用之有形資產，包括資產負債表上的土地成本、房屋及建築成本、機器及儀器設備成本、其他設備成本、固定資產重估增值、累計折舊、損失準備、未完工程及預付款等合計後的總額。

(三) 影響績效之解釋變數：本文將再根據太陽能的高科技產業特性、文獻中對製造業較常探討影響效率的變數及資料來源(財報)中所能提供的數據，因此選擇下列變數，進一步分析可能影響績效之顯著水準。

1. 研究發展費用率：是指廠商的研究與發展費用除以營收淨額，以瞭解太陽能廠商的績效是否與研發活動具有顯著相關。
2. 資產週轉率：是指廠商的營收淨額除以總資產，即表示每一塊錢的資產可以創造多少營業收入；可瞭解太陽能廠商的績效是否與資產週轉率具有顯著相關性。
3. 負債比率：是指廠商的資產中向外舉債的比率，比率愈高表示該廠商的財務結構愈不健全，每年支付的利息費用需愈多，此對廠商資金週轉會產生相當大的壓力，因此是否會造成本文太陽能廠商績效的影響，這值得探討。
4. 經營年限：是指自廠商成立起至本文研究年度爲止的存在年數，可討論管理經驗的累積對績效是否具有顯著性影響。
5. 年度別：本文定義 2008 年下半年以 0 表示，2009 年上半年則以 1 表示，以比較分析期間績效水準是否有顯著變化。
6. 類別：本文定義太陽能產業的上游廠商以 0 表示，中、下游廠商則以 1 表示，以比較兩類廠商間的績效是否有顯著差異。

上述資料中，除專利件數是來自經濟部智慧財產局外；其餘均來自公開資訊觀測站。



參、研究方法

一、資料包絡分析法

DEA 是由 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978, 簡稱 CCR)所提出, 不過是衡量規模報酬固定下之總效率(Technical Efficiency, 簡稱 TE), 因此稱為 CCR 模式; 其後 Banker, Charnes, and Cooper(1984)再發展出衡量規模報酬可變之純粹管理效率(Pure Technical Efficiency, 簡稱 PTE), 被稱為 BCC 模式, 此模式可將 TE(CCR)分解為 PTE 與 SE, 故可求得規模效率(Scale Efficiency, 簡稱 SE)。

DEA 有兩種不同衡量效率的作法, 即調整在相同之投入水準下評估產出值的產出導向效率, 與調整在相同產出水準下評估投入值的投入導向效率。由於本文是衡量太陽能產業上市、櫃及公開發行廠商之績效, 而在產業成長期的市場競爭激烈之環境中, 以產出導向評估效率將可使廠商獲得所需的改善訊息。以下本文將就產出導向, 分別介紹 CCR 與 BCC 兩種模式的效率衡量:

(一) CCR 模式:

假設本文第 k 個($k=1, \dots, 36$)決策單位(Decision-Making Unit, 簡稱 DMU)使用第 n 項($n=1, 2, 3$)投入量為 X_{nk} , 而有第 m 種($m=1, 2$)產出量為 Y_{mk} , 則受評者 DMU₀之總效率(TE₀):

$$\begin{aligned} & \text{Max } \theta_0 + \varepsilon \left(\sum_{m=1}^2 S_{m0}^+ + \sum_{n=1}^3 S_{n0}^- \right) \\ \text{s.t. } & \sum_{k=1}^{36} \lambda_k Y_{mk} = \theta_0 Y_{m0} + S_{m0}^+, m=1, 2 \\ & \sum_{k=1}^{36} \lambda_k X_{nk} = X_{n0} - S_{n0}^-, n=1, 2, 3 \\ & \lambda_k \geq 0, k=1, \dots, 36 \\ & S_{m0}^+ \geq 0, m=1, 2 \\ & S_{n0}^- \geq 0, n=1, 2, 3 \end{aligned} \quad (1)$$

其中 $TE_0=1/\theta_0$, 為受評估者 DMU₀之總效率; λ_k 為 DMU_k被 DMU₀所參考之權重; S_{m0}^+ 、 S_{n0}^- 分別為 DMU₀之第 m 種產出、第 n 項投入的差額變數(Slack Variable)。而所謂差額變數是指若 $TE_0 \leq 1$ 時, 在不影響其他 DMU_k之效率水準下, DMU₀還可繼續改善產出、投入的空間。

(二) BCC 模式:

不同於 CCR 模式是在固定規模報酬下衡量 TE, BCC 模式是假設生產規模可變, 因此無效率的產生除可能是管理因素外, 亦有可能是源自於規模調整不當所致, 故須摒除規模效率(即 SE)之影響, 先衡量純粹管理效率(即 PTE)。假設符號定義如上, 則:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \gamma_0 + \varepsilon \left(\sum_{m=1}^2 S_{m0}^+ + \sum_{n=1}^3 S_{n0}^- \right) \\ \text{s.t. } & \sum_{k=1}^{36} \lambda_k Y_{mk} = \gamma_0 Y_{m0} + S_{m0}^+, m=1, 2 \\ & \sum_{k=1}^{36} \lambda_k X_{nk} = X_{n0} - S_{n0}^-, n=1, 2, 3 \\ & \sum_{k=1}^{36} \lambda_k = 1 \\ & \lambda_k \geq 0, k=1, \dots, 36 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} S_{m0}^+ &\geq 0, m=1,2 \\ S_{n0}^- &\geq 0, n=1,2,3 \end{aligned} \quad (2)$$

其中 $PTE=1/\gamma_0$ ，為受評估者 DMU_0 之純粹管理效率。又規模效率(SE_0)則可利用下式獲得：

$$SE_0 = \frac{TE_0}{PTE_0} = \frac{\gamma_0}{\theta_0} \quad (3)$$

二、FLSY 結合 SFA 法檢定績效影響變數之顯著性

Fried, Schmidt, and Yaisawarng (1999, 簡稱 FSY) 認為造成廠商在不具完全管理效率的原因，除了 Leibenstein(1966)的 X 無效率，即管理才能或努力程度不夠等所謂廠商內部無效率(internal to the firm's inefficiency)因素外，還包括廠商外部無效率因素，如地形、天氣、機器運作狀況等所謂隨機性因素的影響，但該文僅利用 Tobit 迴歸分析，探討一些廠商內、外部無效率因素之影響，並未考慮尚有其他因素與隨機性因素之差別，因此乃有 Fried, Lovell, Schmidt, and Yaisawarng(2002)提出結合 SFA 法，將誤差項分為其他未討論因素項與隨機性因素項進行估計，並考量了差額變數的資訊，故相較 Tobit 迴歸更具估計的不偏性。因此，本文的實證步驟如下：

步驟(一)：利用前述第(2)式，可得 $(1/\gamma_k-1)Y_k$ 為 DMU_k 的射線產出差額變數(radial output slack variable)，而 S_k^+ 為非射線產出差額變數(Non-radial output slack variable)，由於營業收入淨額是最主要的產出，因此本文將針對其作績效影響因素之探討。

步驟(二)：加總 $(1/\gamma_k-1)Y_k$ 與 S_k^+ 是為總無效率(以 TN_k 表示)，並作為因變數，再以本文所探討的績效影響因素為解釋變數，作迴歸分析。亦即：

$$TN_k = f(Q_k, \beta, v_k + u_k), k=1, \dots, 36 \quad (4)$$

其中 $TN_k = (1/\gamma_k-1)Y_k + S_k^+$ ； $Q_k = [1, Q_{1k}, \dots, Q_{6k}]$ 為 DMU_k 之可能績效影響變數向量； $\beta = [\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6]$ 為被估計之參數向量； u_k 為 DMU_k 之其他未討論因素項，且 u_k 服從 i.i.d truncated $N(\beta_0, \sigma_u^2)$ at zero； v_k 為 DMU_k 之隨機性因素項，且與 u_k 獨立不相關， v_k 服從 i.i.d $N(0, \sigma_v^2)$ 。第(4)式因符合 Battese and Coelli (1995) 之 SFA 的成本函數模式，故可利用 Frontier Version 4.1 之成本函數指令，來估計參數向量值 $\hat{\beta}$ 。

又若 $\hat{\beta}_i (i=1, \dots, 6)$ 具顯著水準，且符號為正(或負)者，則表第 i 項變數(Q_i)與總無效率呈顯著正(或負)相關，可作為效率改善之參考。

表 3 各變數之基本統計量

變數別	2008 下半年				2009 上半年				
	平均值	標準差	極小值	極大值	平均值	標準差	極小值	極大值	
投入項	固定資產(千元)	3,316,014.17	4,301,594.19	23,429.00	18,164,945.00	3,529,158.50	4,296,121.81	30,158.00	17,503,431.00
	營業成本(千元)	2,896,430.44	2,918,996.35	26,064.00	10,043,313.00	2,318,360.56	2,415,092.42	84,406.00	7,273,608.00
	營業費用(千元)	147,678.89	112,018.93	9,363.00	346,757.00	110,732.17	73,984.92	14,256.00	246,452.00
產出項	營收淨額(千元)	3,309,952.72	3,434,320.66	46,843.00	11,860,881.00	2,182,119.89	2,265,050.86	62,071.00	6,828,104.00
	專利數(件)	1.06	2.84	0.00	12.00	1.22	3.12	0.00	13.00
解釋變數	研發費用率(%)	3.41	5.72	0.00	22.86	2.99	2.88	0.00	11.43
	總資產週轉率(%)	0.47	0.42	0.04	1.87	2.65	6.32	0.11	23.49
	負債比率(%)	41.11	24.73	2.82	89.98	40.58	22.19	7.01	76.91
	速動比率(%)	128.35	161.36	2.06	611.85	115.93	120.20	8.95	401.05
	經營年限(年)	8.20	8.39	1.17	27.92	8.75	8.38	1.67	27.92

註：解釋變數中年度別、類別均為性質變數，故不列入本表中。

資料來源：本文整理。



表4 投入項與產出項間之 Pearson 相關係數

投入項 \ 產出項	固定資產(X ₁)	營業成本(X ₂)	營業費用(X ₃)
營收淨額(Y ₁)	0.422*	0.985**	0.906**
專利件數(Y ₂)	0.073	0.240	0.397*

註：*、**分別表在顯著水準(α)為 5%、1%時，採雙尾檢定具顯著性。 資料來源：本文整理。

表5 解釋變數間之 Pearson 相關係數

解釋變數	研發費用率	資產週轉率	負債比率
資產週轉率	0.006		
負債比率	0.074	-0.300	
經營年限	-0.117	-0.179	-0.049

註：由於年度別與類別均為性質變數，故不在檢定之列。 資料來源：本文整理。

肆、實證結果與討論

一、資料的基本統計性質

(一) 資料之基本統計量說明：

本文樣本廠商為18家，其各項投入、產出及影響績效之解釋變數之各種基本統計量，如表3所示。

(二) Pearson 相關檢定：

為進一步確認投入項與產出項間之相關性，是否符合 DEA 所要求應具同向性質(Isotonicity)，故利用 Pearson 相關係數檢定，結果如表 4 所示。表中各項投入均與營收淨額具顯著正相關($p < 0.05$)；但與專利件數具顯著正相關者卻僅營業費用一項，本文認為這是正常的，因對專利而言，各項投入乃是屬於充分而非必要條件，亦即各項投入並不能保證能獲得專利件數的產出，但要有專利件數的產出則必定須要有各項投入才行，基於太陽能產業的高科技特性，將專利件數列為績效評估項目之一，是本文認為必要且適當的。

另為確認解釋變數間的獨立性，亦利用 Pearson 相關係數進行檢定，如表 5 所示，均不具顯著相關性。

二、各項績效指標分析

首先本文將分別依 2008 下半年與 2009 上半年各樣本廠商之績效，分成上游與中、下游兩類，並將績效分別以 DEA 所獲得之三項指標分析，即純粹管理效率(PTE)、規模效率(SE)、及總效率(TE)，再進行排名比較，以評估其競爭力；其次以 Mann-Whitney U 檢定，作上游與中、下游廠商間在各項績效指標的中位數排名，是否具有顯著差異；再以 Wilcoxon 符號等級和檢定，作廠商在不同研究年間各項績效指標的中位數排名，是否具有顯著差異；最後探討解釋變數對績效之影響。

(一) 2008 下半年太陽能廠商各項績效指標及其排序：

1. 上游廠商：

- (1)純粹管理效率(PTE)：依據表 6 觀察，PTE 為 1 者有中美晶與碩禾，表示其在資源管理上達到完全純粹管理效率；而落居在後，且 PTE 在 0.50 以下者，有旭晶、達能。
- (2)規模效率(SE)：SE 為 1 者只有中美晶，表示其在經營規模上達到最佳狀態；而其餘仍在 0.79 以上，其中僅碩禾的規模為 IRS。
- (3)總效率(TE)：TE 為 1 者只有中美晶，表示其總績效最佳；落居在後者，且 TE 在 0.50 以下，有嘉晶、



旭晶、達能。

2. 中、下游廠商：

- (1)純粹管理效率(PTE)：依據表 6 觀察，PTE 為 1 者有茂迪、旺能、頂晶科、立碁光能、九豪；除最差者太陽光外，餘則均在 0.95 以上。
- (2)規模效率(SE)：本類廠商之 SE 均在 0.92 以上，其中有茂迪、頂晶科、九豪則達到完全規模效率。
- (3)總效率(TE)：TE 為 1 者，分別有茂迪、頂晶科、九豪；最差者為太陽光，TE 僅 0.644，其餘則仍在 0.93 以上。

(二) 2009 上半年太陽能廠商各項績效指標及其排序：

1. 上游廠商：

- (1)純粹管理效率(PTE)：依據表 7 觀察，PTE 為 1 者為中美晶與碩禾；而落居在後，且 PTE 在 0.500 以下者仍為旭晶。
- (2)規模效率(SE)：SE 為 1 者有中美晶與碩禾；其餘均在 0.82 以上，其中僅綠能的規模為 IRS。
- (3)總效率(TE)：TE 為 1 者有中美晶與碩禾；而落居在後者，且 TE 在 0.50 以下，有嘉晶、旭晶。

2. 中、下游廠商：

- (1)純粹管理效率(PTE)：依據表 7 觀察，PTE 為 1 者只有新日光；而落居在後者，且 PTE 在 0.50 以下，有頂晶科、立碁光能。
- (2)規模效率(SE)：沒有任何廠商之 SE 為 1，且除頂晶科、立碁光能之 SE 在 0.8~0.9 間外，其餘均在 0.9 以上。
- (3)總效率(TE)：沒有任何廠商之 TE 為 1，位在前矛者為新日光；而落居在後者，且 TE 在 0.50 以下，有頂晶科、立碁光能。

表 6 2008 下半年太陽能廠商的各項績效指標及其排序

廠商類別	廠商	純粹管理效率(PTE)		規模效率(SE)			總效率(TE)	
		績效值	排序	績效值	排序	規模狀況	績效值	排序
上游	中美晶	1.000	1	1.000	1	-	1.000	1
	合晶	0.978	3	0.915	4	DRS	0.895	2
	嘉晶	0.586	6	0.825	7	DRS	0.483	6
	綠能	0.951	4	0.890	5	DRS	0.846	4
	台勝科	0.837	5	0.943	3	DRS	0.789	5
	旭晶	0.307	7	0.797	8	DRS	0.245	7
	達能	0.211	8	0.974	2	DRS	0.206	8
	碩禾	1.000	1	0.888	6	IRS	0.888	3
中、下游	茂迪	1.000	1	1.000	1	-	1.000	1
	益通	0.954	8	0.999	4	DRS	0.953	7
	昱晶	0.981	6	0.993	6	DRS	0.974	5
	昇陽科	0.965	7	0.996	5	IRS	0.961	6
	新日光	0.953	9	0.988	8	IRS	0.942	8
	旺能	1.000	1	0.991	7	DRS	0.991	4
	太陽光	0.698	10	0.922	10	DRS	0.644	10
	頂晶科	1.000	1	1.000	1	-	1.000	1
	立碁光能	1.000	1	0.933	9	IRS	0.933	9
	九豪	1.000	1	1.000	1	-	1.000	1

註：DRS 表示規模報酬遞減；IRS 表示規模報酬遞增；-表示規模報酬固定。

資料來源：本文整理。



表 7 2009 上半年太陽能廠商的各項績效指標及其排序

廠商類別	廠商	純粹管理效率(PTE)		規模效率(SE)			總效率(TE)	
		績效值	排序	績效值	排序	規模狀況	績效值	排序
上游	中美晶	1.000	1	1.000	1	-	1.000	1
	合晶	0.799	4	0.903	7	DRS	0.722	4
	嘉晶	0.537	7	0.820	8	DRS	0.441	8
	綠能	0.813	3	0.999	3	IRS	0.812	3
	台勝科	0.707	5	0.946	6	DRS	0.668	5
	旭晶	0.467	8	0.980	4	DRS	0.458	7
	達能	0.616	6	0.965	5	DRS	0.595	6
	碩禾	1.000	1	1.000	1	-	1.000	1
中、下游	茂迪	0.958	2	0.987	3	IRS	0.946	2
	益通	0.817	4	0.983	4	IRS	0.803	4
	昱晶	0.779	6	0.999	1	IRS	0.778	5
	昇陽科	0.783	5	0.946	5	DRS	0.741	6
	新日光	1.000	1	0.993	2	IRS	0.993	1
	旺能	0.728	8	0.938	7	DRS	0.683	8
	太陽光	0.939	3	0.913	8	IRS	0.857	3
	頂晶科	0.454	9	0.805	10	DRS	0.366	10
	立碁光能	0.434	10	0.867	9	IRS	0.376	9
	九豪	0.771	7	0.943	6	DRS	0.727	7

註：DRS 表示規模報酬遞減；IRS 表示規模報酬遞增；-表示規模報酬固定。

資料來源：本文整理。

(三) 太陽能產業之上游與中、下游廠商間之 Mann-Whitney U 檢定：

為了解 2008 下半年及 2009 上半年太陽能廠商之上游與中、下游間，在各項績效指標的中位數排名是否具顯著差異，因此採雙尾 Mann-Whitney U 檢定進行，有關對立假設(H_1 、 H_2)如下：

H_1 ：2008 下半年，中、下游廠商在 PTE(或 SE、或 TE)的中位數排名優於上游廠商。

H_2 ：2009 上半年，中、下游廠商在 PTE(或 SE、或 TE)的中位數排名優於上游廠商。

檢定結果如表 8 所示，在 2008 下半年分別在 TE、SE 上不拒絕 H_1 ，表示中、下游太陽能廠商的 TE 中位數排名顯著地優於上游廠商，而且還可知道此乃是因 SE 表現較佳所致。

但到了 2009 上半年，上游與中、下游廠商間的 PTE、SE、TE 均拒絕 H_2 ，表示兩類廠商間的各项績效指標已無多大差異，這可能表示台灣太陽能產業或許開始出現群雄並起的現象。

表 8 太陽能產業之上游與中、下游廠商間之 Mann-Whitney U 檢定

年度	檢定結果	純粹管理效率(PTE)	規模效率(SE)	總效率(TE)
2008 下半年	統計量	21.000	12.500*	12.500*
	P-value	0.082	0.014	0.014
2009 上半年	統計量	39.000	30.000	38.000
	P-value	0.929	0.374	0.859

註：*表在顯著水準(α)為 5%時，採單尾檢定具顯著性。

資料來源：本文整理。



表9 廠商在各項績效指標排序變動的類型

廠商類別	一直名列前矛			一直表現在後			排序大幅提升			排序大幅退步		
	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE
上游	中美晶 碩禾	中美晶	中美晶 碩禾	嘉晶 旭晶 達能	嘉晶	嘉晶 旭晶 達能		旭晶 碩禾				
中、下游	茂迪	茂迪	茂迪		太陽光 立碁	立碁	益通 新日光 太陽光	昱晶 新日光	新日光 太陽光	旺能 頂晶科 立碁 九豪	頂晶科 九豪	旺能 頂晶科 九豪

註：一直名列前矛乃是指均位在前三名；一直表現落後乃是指均位在倒數前三名；排序大幅提升乃是指進步4個名次以上者；排序大幅退步乃是指退步4個名次以上者。資料來源：本文整理。

三、績效變動趨勢分析：

(一) 2008 下半年至 2009 上半年間之績效變動比較：

上游與中、下游廠商在不同年間的各項績效指標排序之變動，可歸類成表9所示。

1. 一直名列前矛(即研究期間均位在前三名)者：

- (1) 上游廠商：中美晶，不論在 PTE、SE、及 TE 均一直表現最佳；而碩禾亦在 PTE 與 TE 上，一直表現最佳。
- (2) 中、下游廠商：不論在 PTE、SE、及 TE，茂迪均一直表現較佳。

2. 一直表現在後(即研究期間均位在倒數前三名)者：

- (1) 上游廠商：嘉晶不論在 PTE、SE、及 TE 上，均一直表現不佳；而旭晶、達能則 PTE 與 TE 一直表現不佳。
- (2) 中、下游廠商：在 SE 與 TE 上均為立碁光能表現不佳；而太陽光則在 SE 一直不佳。

3. 排序大幅提升(即進步幅度達4個名次以上)者：

- (1) 上游廠商：在 SE 上有旭晶、碩禾；而在 PTE 與 TE 則均無。
- (2) 中、下游廠商：在 PTE 上有益通、新日光、太陽光；在 SE 上有昱晶、新日光；在 TE 上為新日光、太陽光。

4. 排序大幅退步(即退步幅度達4個名次以上)者：

- (1) 上游廠商：在 PTE、SE、TE 上，均無。
- (2) 中、下游廠商：在 PTE 上有旺能、頂晶科、立碁光能、九豪；在 SE 上有頂晶科、九豪；在 TE 上有旺能、頂晶科、九豪。

(二) 2008 下半年至 2009 上半年，廠商在各項績效之 Wilcoxon 符號等級和檢定：

為了解廠商在 2008 下半年至 2009 上半年間，其純粹管理效率、規模效率、及總效率之中位數排名，是否具有顯著變動，乃利用 Wilcoxon 符號等級和檢定，故有關虛無假設(H_0)的敘述如下：

H_3 ：上游廠商在 2008 下半年至 2009 上半年的 PTE(或 SE、或 TE)之中位數排名是退步的。

H_4 ：中、下游廠商在 2008 下半年至 2009 上半年的 PTE(或 SE、或 TE)之中位數排名是退步的。

由表 10 的檢定結果，可知上游廠商在 PTE、SE、TE 上均拒絕 H_3 ，表示由 2008 下半年至 2009 上半年，上游廠商的各項績效指標雖有退步，但未達顯著水準。

但在中、下游廠商上，則顯示 TE、SE 均不拒絕 H_4 ，表示由 2008 下半年至 2009 上半年，中、下游廠商的 TE 中位數排名呈顯著地退步，而且還可知道此乃是因 SE 表現不佳所致。

由於 2008 年爆發了美國的金融風暴，並波及至歐洲，因此可能就影響了我國太陽能廠商在 2009 年的績效表現。



表 10 不同年間各項績效指標之 Wilcoxon 符號等級和檢定

廠商類別	統計量	PTE	SE	TE
上游	Z-值	-0.105	-0.845	-0.338
	P-value	0.917	0.398	0.735
中、下游	Z-值	-1.886	-2.497*	-2.191*
	P-value	0.059	0.013	0.028

註：*表在顯著水準(α)為 5%時，採單尾檢定具顯著性。

資料來源：本文整理。

四、影響績效因素之分析

由於本文在評估有關太陽能廠商的效率時，是採產出導向衡量，因此將探討在營收淨額無效率上，是否受本文所討論的解釋變數之顯著影響。本文利用 Frontier 第 4.1 版的成本函數指令，將參數的估計值與檢定結果，整理如表 11 所示。

由表 11 可知，各解釋變數對上市、櫃及公開發行太陽能廠商之營收無效率的影響，茲分別說明如下：

- (一) **研究發展費用率**：其與營業收入的無效率呈顯著負向關係，表示太陽能樣本廠商的研究發展費用率愈高，其營收無效率是呈愈低現象，因此樣本廠商的研發多具有營收成效；亦即投入研發對太陽能廠商而言，其成效已達反映在經營績效的階段。
- (二) **總資產週轉率**：其與營業收入的無效率呈顯著負向關係，表示樣本廠商確實能將資產轉化成營收貢獻，而且績效良好。此也說明了企業除了擁有龐大的資產，若能善加運用企業資源對經營會更具競爭力。
- (三) **負債比率**：其與營業收入的無效率呈顯著正向關係，表示負債比率愈高，亦即樣本廠商的財務結構愈不健全，會造成廠商的營收愈無效率。
- (四) **經營年限**：其與營業收入的無效率呈顯著負向關係，表示經營年限愈久，樣本廠商的管理經驗愈豐富，愈能降低營收之無效率。意謂著太陽能廠商會隨著經營時間的遞增，將管理經驗予以累積，並反映在實質績效表現上。
- (五) **年度別**：與營業收入的無效率呈顯著正向關係，表示以 2008 下半年為基準，2009 上半年之廠商營收無效率呈顯著擴大。此亦與前節之結論一致，美國的金融風暴可能是原因之一。
- (六) **類別**：與營業收入的無效率呈顯著負向關係，表示以太陽能上游廠商為標準，相對地中、下游廠商之營收無效率呈顯著降低。

表 11 影響營收淨額無效率之解釋變數的檢定結果

解釋變數	參數估計值	t 值
研發費用率(%)	-0.162E+05**	-0.251E+02
資產週轉率(次)	-0.200E+05**	-0.462E+02
負債比率(%)	0.182E+04*	0.174E+01
經營年限(年)	-0.956E+04**	-0.691E+01
年度別	0.297E+06**	0.260E+04
類別	-0.270E+05**	-0.231E+04

註：*、**分別表在顯著水準(α)為 5%、1%時，採雙尾檢定具顯著性。資料來源：本文整理。

伍、結論與建議

一、結論

本文發現 2008 下半年太陽能上市、櫃及公開發行的中、下游廠商，在規模效率與總效率之中位數排名上，乃是顯著較上游廠商為佳；但若與 2009 上半年比較，則上述兩效率指標卻隨時間呈顯著下降，本文認為 2008 年美國金融風暴應是原因之一。此外，本文發現研究期間績效一直名列前茅者，在上游有中美晶，而中、下游則有茂迪；一直表現不良者，上游廠商主要為嘉晶，其次為旭晶、達能，中、下游廠商則為立碁光能。

最後與營收無效率呈顯著關係的影響因素中，本文發現「研究發展費用率」、「總資產週轉率」、及「經營年限」是為顯著負向關係，僅「負債比率」為顯著正向關係。亦即，對太陽能上市櫃廠商而言，表示了研發費用率愈高，其成效有反映在經營績效上，因而無效率愈低；資產週轉率愈高者，愈有善加運用企業資源，使其更具競爭力，因而無效率愈低；經營年限愈久者，因太陽能產業正值成長期，故愈能累積管理經驗，而使無效率愈低。另在負債比例上則呈現愈高者，顯示其財務結構愈不健全，因此就會對無效率造成正向影響。

二、建議

由於地球溫室效應的影響，世界各國均開始管制污染產業，並鼓勵能源替代產業，有關條約的簽訂與實施使得目前的外在環境對太陽能產業之發展是有利的，因此台灣太陽能廠商更應注重管理績效的提升，提升本身的競爭力，並趁勢崛起進而取得產業的立足之地。本文的探討結果可提出以下幾項建議，希望提供廠商或政府相關單位之參考：

1. 本文發現台灣由 2008 年下半年至 2009 年上半年間，太陽能產業之中、下游樣本廠商，原本較上游廠商之績效表現為佳，但其卻又呈績效逐漸退步現象，顯示目前台灣的太陽能產業是群雄並起，因此政府應積極鼓勵與維護該產業的市場環境，以使廠商能百花齊放，成為下一個帶動台灣經濟發展的明星產業。
2. 各家樣本廠商可依各項績效指標之評估結果，以瞭解本身的競爭力(或缺點)所在，繼續自己的績效長處以維持競爭力，並進行績效指標缺點的改善。
3. 由本文太陽能樣本廠商可發現，研發費用率、總資產週轉率、及經營年限均愈高者，其績效表現會愈好；但負債比率要愈低，績效表現才會愈好。

致謝

感謝國科會大專生專題計畫補助，計畫編號：NSC 98-2815-C-218-045-H。

參考文獻

- 王本正、莊銘國、宋明弘、林建銘、蔡宛珊、王昭懿(2008)。亞太地區太陽光電產業之績校評估：應用資料包絡分析法。《台灣企業績效學刊》，1(2)，229-249。
- 李東杰、吳坤龍(2007)。台灣液晶顯示器相關產業管理效率與影響因素之探討。《企業管理學報》，74，99-136。
- 李正文、陳翔修(2008)。光電產業之經營效率分析－資料包絡分析法之應用。《中原企管評論》，6(1)，1-30。
- 周啓文(2004)。《影響台灣 TFT-LCD 業經營績效之關鍵因素分析》(碩士論文)。國立高雄第一科技大學，高雄市。
- 洪秋湧(2006)。《企業經營規模、績效與效率實證分析-以大尺寸 TFT-LCD 面板產業為例》(碩士論文)。成功大學，台南市。
- 孫松增(2004)。《台灣 TFT-LCD 產業生產力與效率分析》(碩士論文)。國立政治大學，台北市。



- 孫嘉祈、林亭汝、曾國雄(2008)。以生產力指數探討全球前四大筆記型電腦代工廠商之經營績效趨勢。 *台灣企業績效學刊*, 1(2), 147-173。
- 陳俊銘(2004)。我國光電產業經營效率之研究-資料包絡分析法的應用(碩士論文)。國立政治大學，台北市。
- 黃旭男(1993)。包絡分析法使用程序之研究及其在非營利組織效率評估上之應用(博士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 張世其、林哲鵬、盧孟欣(2007)。台灣 TFT-LCD 產業經營效率動態分析之研究。 *臺灣企業績效學刊*, 1(1), 27-52。
- 謝榮明(2005)。台灣 TFT-LCD 大尺寸液晶面板廠商研發效率與影響因子分析(碩士論文)。國立政治大學，台北市。
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1995). A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production for Panel Data. *Empirical Economics*, 20, 325-332.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Fried, H.O., Schmidt, S. S., & Yaisawarng, S. (1999). Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency. *Journal of Productivity Analysis*, 12, 249-267.
- Fried, H. O., Lovell, C. A., K., Schmidt, S. S., & Yaisawarng, S. (2002). Accounting for Environmental Effect and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 17, 157-174.
- Ho, C. T., & Zhu, D. S. (2003). An Empirical Study on Measuring Performance Evaluation of the Electronic Industry in Taiwan. *Industries and Finance Quarterly*, 118, 102-115.
- Kozmetsky, G., & Yue, P. (1998). Comparative Performance of Global Semiconductor Companies. *Omega*, 26, 153-175.
- Leibenstein, H. (1966). Allocative Efficiency vs. X-Efficiency. *American Economic Review*, 56, 392-415.
- Liu, S.T., & Wang, R.T. (2009). Efficiency Measures of PCB Manufacturing Firms Using Relational Two-Stage Data Envelopment Analysis. *Expert Systems with Applications*, 36, 4935-4939.
- Thore, S., Phillips, F., Rusfli, T. W., & Yue, P. (1996). DEA and the Management of the Product Cycle: The U.S. Computer Industry. *Computers and Operations Research*, 23, 341-356.
- Tseng, F.M., Chiu, Y. J., & Chen, J. S. (2009). Measuring Business Performance in the High-Tech Manufacturing Industry : A Case Study of Taiwan's Large-Sized TFT-LCD Panel Companies. *Omega*, 37, 686-697.

