

應用二階段資料包絡分析法衡量國內航空公司營運效率

An Application of Two-stage Data Envelopment Analysis for the Measurement of the Operation Efficiency of Domestic Airlines

余銘忠¹ 郭恒志² 耿怡³

(Received: Oct. 25, 2007 ; First Revision: Jan. 16, 2008 ; Accepted: Jun. 7, 2008)

摘要

國內航空業在政府「開放天空」政策實施後，由原先的少數幾家快速成長，但近幾年受到政府政策與其他運輸業不斷衝擊的情形下，載客量呈現下滑的現象，造成許多航空公司進行整併或退出產業。

本研究應用二階段資料包絡分析法（Two-stage Data Envelopment Analysis）評估國內四家航空公司的營運效率。根據運輸業的營運活動分成生產階段與行銷階段進行探討。為克服決策單位數量過少之限制，採用視窗分析之概念以提升鑑定效率值之穩定度，並藉由部分數據的重複採計，以充分利用有限的資料。研究期間為民國88至91年四個年度。

實證結果顯示，單一階段資料包絡分析法所評估之平均效率值，明顯較二階段所評量之結果來得高，且具有效率的決策單位個數也比分成兩個階段評估結果還要多。此固然是因為投入產出項較多所導致，但卻因此降低了效率評估的鑑別能力。此外，二階段資料包絡分析法更能夠呈現出國內航空運輸業營運效率之內涵，使各個航空公司了解其不同年度中不同階段的優勢與劣勢，針對其經營策略加以調整，應有實質上之幫助。

關鍵詞：營運效率、航空公司、資料包絡分析、視窗分析

Abstract

The number of domestic airlines grew up rapidly after the government's implementation of the "Open Skies" policy. However, due to the competition from other transportation modals as well as recent economic slowdown, the airlines' occupancy rates have been declining. Therefore, airlines are looking for ways to improve operating efficiency.

In this research, Data Envelopment Analysis (DEA) was utilized to evaluate the operating efficiency of four domestic airlines. A two-stage approach including production and marketing phases is proposed for the efficiency evaluation. Window analysis is also implemented to overcome the insufficient number of decision making units. Operational data were collected from year 1999 to 2002.

¹國立高雄應用科技大學企業管理系助理教授

²台灣開億工業股份有限公司管理部副助理專員

³崑山科技大學會計資訊系講師

The results of this study indicate that average efficiencies evaluated by single-stage DEA is much higher than those evaluated by two-stage approach. High average efficiency was mainly due to the offset effect cause by higher number of single-stage input data. Furthermore, scale efficiency for two-staged DEA allows the airliners to understand how they adjust operational strategies.

Keywords: Operating Efficiency, Domestic Airliner, Data Envelopment Analysis, Window Analysis

1. 研究背景與動機

近年來由於國民所得的提高，旅客時間價值觀念不斷提升，而地面交通又逐漸飽和壅塞，航空運輸不僅可以爭取時間效益，大幅縮短城市與城市之間的距離，也提升人與人之間互動的關係，因此航空運輸便成為節省時間的一項重要工具。國內航空運輸在民國 75 年以前，主要都是交由公營的中華航空公司與民營的遠東航空公司負責營運，離島的航線由台灣航空與永興航空負責營運，由於國內航空運輸需求不斷增加，但航空營運的家數並未隨之成長。因此交通部於民國 76 年實施「開放天空」的政策，以確保飛航安全並提升國內航空運輸的成長（朱雲志，2000）。

「開放天空」實施之初，共有中華、遠東、台灣與國華航空等四家航空，其中只有中華航空營運國際航線，之後便有許多新公司紛紛加入國內航線的營運，例如復興航空、大華航空、馬公航空...等。截至民國 86 年底經營國內定期航線共計有中華、長榮、遠東、復興、立榮、台灣、大華、國華與瑞聯等九家航空公司。在這段期間國內航空的市場需求大幅增加，成長率由民國 85 年的 24% 到民國 86 年的 60%，使得國內飛航班次也跟著增加。

民國 87 年國內航線發生重大的轉變，長榮航空退出國內航線的營運市場，飛行航線全部交由立榮航空公司負責營運，並在同年 7 月合併台灣航空與大華航空，又加上國內航線的成長率大幅萎縮，成長率由 86 年的 60% 下滑至 87 年的 10%，國內航線剩下六間航空公司維持營運。民國 88 年華信航空合併國華航空，民國 89 年又因瑞聯航空發生財務問題全面停飛，使得國內航線目前僅剩下四家航空公司經營。

自由開放趨勢使得國內航線的營運必須面臨市場所帶來的嚴重競爭壓力。近年來國內經濟成長趨緩，航空票價不斷的往上攀升，加上政府在各項交通建設上不斷的擴充，例如台灣高鐵在今年(民國 96 年)1 月通車後，載客數已突破一千萬人次，第二高速公路國道三號也已於民國 93 年完工通車，再加上持續開闢快速道路與連接中山高與二高的橫向國道公路，屆時所形成之鐵公路網，將大幅縮短城市與鄉村之間的距離。

根據交通部統計，民國 95 年 1 至 10 月之國內航線載客人數僅 728 萬人次，相較於民國 86 年之 1,861 萬人次大規模衰退，96 年高鐵通車後更是雪上加霜，因此各家航空公司便採取降低票價、贈獎或與其他廠商聯盟的方式來吸引顧客，但這樣的經營方式是否真能提升航空公司的營運效率，卻是令人質疑的。

航空運輸業為典型的服務業，其產出的項目並非實體產品。由於服務業強調的是服務品質的提升，經營績效的衡量較不容易。航空公司的經營目標，除要達成一般營利單位的利潤目標外，可能還必須負責一些政策性的任務如飛航離島偏遠航線。這些有時會相互衝突的目標，很難用「單一投入與單一產出」之傳統方法來衡量效率。本研究利用可以同時評估「多項投入與多項產出」的資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, 以下簡稱 DEA)來分析國內線航空公司之營運效率，並將經營活動劃分成兩個生產過程(Two-stage Production Process)以進行效率分析，期望分析結果能提供航空運輸產業做為改善經營效率、達成獲利目標之參考。

DEA 透過建立總體的衡量標準，為同性質的公司或產品線客觀地進行效率評估，

並對於無效率者能夠提供改善的方向，以提升效率程度。單一階段 DEA 模式可同時處理多項投入及多項產出因子而求得決策單位(Decision Making Unit, DMU)之綜合效率值，卻忽略了產業生產過程中之階段效率。Seiford and Zhu(1999), Zhu(2000), Sexton and Lewis(2003)與 Abad et al.(2004)均曾提出以二階段 DEA 或多階段 DEA，衡量較為複雜之企業經營活動過程，認為多階段 DEA 比起單一階段 DEA 更能夠清楚地反應不同階段的效率。

本研究將航空公司之營運活動分為生產與行銷二階段，將生產階段的產出作為行銷階段的投入，以二階段 DEA 分別評估其營運效率，以使航空業者更能瞭解其優劣勢，作為其擬訂未來營運策略時之參考。另本研究之對象本應包含所有經營國內航線之航空公司，然而由於部份航空公司只經營包機的業務，若一併納入探討，並不符合 DEA 應用時對 DMU 具同質性之規定。因此本研究的研究範圍僅限國內四家航空公司(為避免公司營運困擾，以下稱為甲、乙、丙、丁四家公司)。

2. 文獻探討

DEA 是一可同時衡量多項投入多項產出之決策單位相對效率的方法，可建立總體的衡量標準，為同性質的公司或產品線客觀地進行效率評估，並對於無效率者能夠提供改善的方向，以提升效率程度。DEA 將觀測值利用生產效率前緣 (Production Frontier) 衡量技術效率(Technical Efficiency)與價格效率(Price Efficiency)。所謂技術效率是指現有的技術水準下，投入資源有效利用的程度。價格效率是只在既定的要素成本價格比率下，用最低成本的要素投入比例組合來生產。而技術效率與價格效率的乘積，便是單位的總效率。

2.1 DEA 與相關研究

Farrell(1957)在假設固定規模報酬下，利用二種投入及一種產出來表示以投入導向的效率衡量的概念。Charnes, Cooper and Rhodes在1978年將Farrell的觀念加以推廣，並建立一般化之數學規劃模式，主要是衡量在固定規模報酬下，多項投入與多項產出效率衡量的觀點轉換成數學比例模式，將一個決策單位所有產出項加權總和除以所有投入項的加權總和，得到最大的比值為效率值，再用數學規劃模式求出生產邊界而發展出CCR模式，並正式定名為資料包絡分析法。

假設有n個受評估的決策單位，將每一個DMU_k (k=1,2,...,n) 使用m種投入X_i (i=1,...,m) >0，生產s種產出Y_r (r=1,...,s)，在求任一個DMU_k效率值時，首先要找出結合各項投入及生產的虛擬乘數 (Virtual Multiplier) U_r、V_i，且U_r、V_i 可當作是一組用來計算投入項與產出項比值時的權數，目標DMU_k之效率值為：

$$MAX \quad E_k = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}}$$

Subject to

$$\frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}} \leq 1,$$

$$U_r, V_i \geq \varepsilon, i=1, \dots, m, r=1, \dots, s, k=1, \dots, n$$

其中指標 k ：表接受評估之決策單位

E_k ：表接受評估決策單位之相對效率值

X_{ik} ：表第 k 個決策單位的第 i 個投入值

Y_{rk} ：表第 k 個決策單位之第 r 個產出值

V_i ：第 i 個投入項的虛擬乘數

U_r ：第 r 個產出項的虛擬乘數

ε ：非阿基米德常數（Non-archimedean Quantity）

由於效率值限制於0和1之間，在計算第 k 個決策單位的效率值（即 E_k 時）所求得的一組權數 U_r 與 V_i 也會使其他決策單位的效率值介於0和1之間，因為評估每一個決策單位的效率值時，均在相同的限制式之下，找出能使決策單位最有利相對效率值的一組虛擬乘數 U_r 與 V_i ，因此以DEA模式求得的效率值，對每一個決策單位都算是公平的。

Banker, Charnes and Cooper(1984)改良CCR模式，將原來固定規模報酬假設的生產可能集合限制，進一步放寬為變動規模報酬之模式，並將CCR模式所計算的技術效率，分解成純粹技術效率（Pure Technical Efficiency, PTE）與規模效率（Scale Efficiency, SE）。此改善能讓管理階層瞭解缺乏效率的原因是錯誤決策所造成（純粹技術效率）或者是生產組織並沒有在固定規模報酬的情況下來生產（規模效率）。

茲將BCC之數學規劃模式表示如下：

$$\text{MAX } E_k = \sum_{r=1}^s U_r Y_{rk} - U_k$$

subject to

$$\sum_{i=1}^m V_i X_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s U_r Y_{rk} - \sum_{i=1}^m V_i X_{ik} - U_k \leq 0$$

$$U_r \geq \varepsilon > 0, V_i \geq \varepsilon > 0$$

$$i=1, \dots, m, r=1, \dots, s, k=1, \dots, n$$

U_k 無正負限制

根據上式求得之 U_k ，可用以探討各公司之規模報酬之趨勢或固定規模報酬的狀態。當 $U_k=0$ 時表示該決策單位在最適的生產規模之下，可求得最適解，屬於固定規模報酬； $U_k > 0$ 時表示該決策單位在大於最適的生產規模的狀態下生產，屬於規模報酬遞減（Decreasing Return to Scale, DRS）；而 $U_k < 0$ 時表示該決策單位在小於最適的生產規模之狀態下生產，屬於規模報酬遞增（Increasing Return to Scale, IRS）。

傳統 DEA 將投入與產出之營運過程視為單一階段，並同時處理多項投入及多項產出而求得一綜合效率值，此固然可以看出某一 DMU 的整體效率為何，卻忽略了產業生產過程中的重要內涵，故無法更深一層的去探究在產業生產過程中各過程的真正效率為何。Seiford and Zhu (1999)與 Zhu (2000)曾提出不論是二階段 DEA 或多階段 DEA，都相當符合企業的實際經營活動過程，比起單一階段的 DEA 更能夠清楚地反應不同階段的效率。

Seiford and Zhu (1999)使用二階段 DEA 模式分析 1995 年美國前 55 大商業銀行的獲利能力與行銷能力，接近 90%的銀行在獲利能力和行銷能力之效率是很低的。更進一步的解釋，大部分大銀行在行銷能力上呈現規模報酬遞減，而一些銀行在獲利能力上呈現規模報酬遞增。Zhu (2000)發展符合不同衡量績效的工具來描述美國前 500 大公司的財務績效，因為 DEA 可以用來評估多因素財務績效模式，且本質上也認同不同產業的財務衡量。將 DEA 發展成兩階段的生產過程，一是獲利能力，另一個是行銷能力。結果顯示只有百分之三達到最佳生產邊界，且收益排名較高的公司其績效未必最高。

黃旭男(1999)應用CCR模式，將之擴充為二階段DEA以衡量台灣地區縣市環保機構之組織績效，並處理多元之質性投入產出資料。研究發現以效能為基礎所發展出之效能評估模式，在特定條件下與以效率為基礎所發展出之模式相同，亦即DEA之效率模式涵蓋效能模式。黃旭男與高棟梁(2003)則另以二階段DEA評估台灣地區產險公司之經營績效，將產險業之生產過程分為行銷階段及獲利階段分別加以評估，發現兩階段的衡量更能呈現產險業經營績效的內涵，並顯示各產險公司在不同階段的優勢及劣勢。

Sexton and Lewis (2003) 以二階段 DEA 模式分析美國職棒大聯盟，將職棒球隊之營運分為前後兩階段，第一階段投入資金選擇具優異球技之球員，第二階段則利用這些球員贏得球賽。Sexton and Lewis 認為二階段分析模式可避免 DEA 將 DMU 視為黑箱(black box)進行效率衡量，且由於該二階段均分別考慮投入與產出，管理者能較清楚各階段之個別營運特性，而提出適合之營運策略。

2.2 航空業營運效率衡量

以往探討航空運輸效率相關文獻，通常都是採用生產函數、成本函數與資料包絡分析法來進行評估分析。Schmidt and Sickles (1984), Cornwell et al. (1990) 與 Good et al. (1993)將隨機邊界模式應用於研究美國國內航空公司產業效率，以 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數評估投入要素(如資本、勞動、能源與物料等)與產出要素(如貨運量、載客數等)。並分別用虛擬變數法、一般最小平方法及最大概似法來評估，研究結果顯示各航空公司之效率值都相當接近。

Schefczyk (1993)利用 DEA 來分析 14 家航空客運與 1 家航空貨運公司，他認為航空公司應從投入 - 營運 - 產出三方面來探討營運績效，研究結果顯示營運活動與外部的旅客運輸服務有密切關係。Sengupta (1998)評估 7 家國際航空公司，採用 DEA 評估生產效率，並以最小平方法估算對數生產函數，結果顯示各家航空公司的效率有顯著變化。Alder and Golany (2001)利用 DEA-PCA 模式來分析西歐轉運航線網路，目的是為了克服使用過多投入與產出造成 DEA 分析困難，因而使用主成份分析法 (Principle Component

Analysis, PCA) 整合某些分散數據，確保得到類似在原始 DEA 模型下的結果。

林延儒(1993)針對飛行國際航線之華航與國內航線其他航空公司進行比較，發現在開放天空政策前，原有航空公司比新加入業者生產效率高，且遠航的生產效率均高於華航。林進榮(2002)探討國內航線整併前後的經營差異與影響經營績效的因素，並認為國內航線應維持適當的生產規模，才能有效提升經營效率。陳武宏(2003)提出二階段模式探討世界主要航空公司之營運績效，第一階段評估整體營運績效，第二階段則評估生產與銷售效率，並探討二者間的關係。

由於現有國內文獻大多探討國內航空公司於民國 76 年政府「開放天空」政策前後營運效率的差異，且在變數的選取時忽略投入產出變數具有同向性的特性，例如林延儒(1993)在產出變數提出的服務機場數、廖逸君(1993)提出的準時率均與投入要素數量增減無關，也未提出利用相關分析來探討其同向關係，在變數選取上似欠嚴謹。考量國內民航公司營運特性與 DEA 模式投入與產出同向特性，本研究提出一包括生產與行銷二階段之 DEA 模式以分析國內民航公司之營運效率。

3. 二階段資料包絡分析模式

航空公司的營運活動可視為一種連續且循環的過程(如圖1所示)，其中包含要素投入、產品產出與顧客消費等三個狀態，要素投入轉變為產品產出之過程為生產階段，而產品產出轉換為顧客消費之過程則為行銷階段。企業根據前一期的顧客消費決定本期最適要素投入量，在已知的投入要素下，追求生產階段的產出最大。在產品價格與要素固定的情況下，依照目前的產出水準，追求行銷階段的顧客之最大消費量。最終的銷售結果可回饋系統以計算下一期之要素投入量。

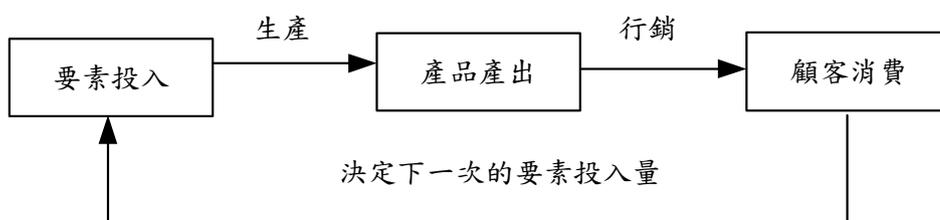


圖1 企業營運活動循環圖

根據上述的企業營運活動，本研究將民航業的營運效率分成兩個階段來加以衡量。圖2 描述二階段DEA運作流程，第一階段為生產效率的衡量，由要素投入與產品產出所構成的生產效率階段主要在衡量組織的資源利用程度，此可代表與生產相關部門的營運效率。第二階段為行銷效率的衡量，由產品產出與服務消費所構成的行銷效率階段則在衡量組織的產出銷售程度，可代表行銷相關部門的營運效率。

在進行兩階段效率評估時，第一階段之生產效率評估的投入項為勞動及資本資產兩項，而產出項為營運公里及可提供座位數。而第二階段之行銷效率評估的投入項為第一

階段的產出項，而第二階段的產出項為總載客公里數及營業收入。

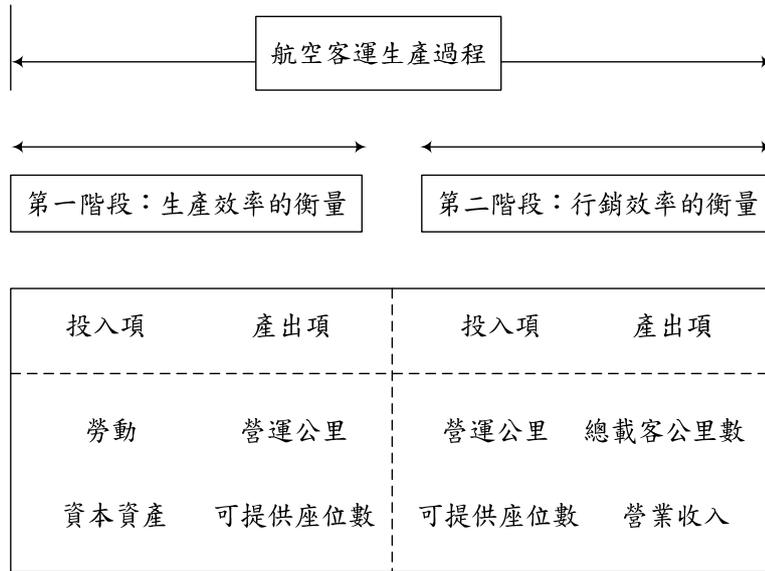


圖2 二階段營運效率衡量流程

3.1 決策單位選取

Golany and Roll (1989)認為決策單位必須為一組同質 (Homogeneous) 的單位，亦即評比的對象需有相似的生產品質，但又必須有相當的差異存在。本研究選取國內四家航空公司 (甲、乙、丙、丁) 作為決策單位進行評估，為了克服決策單位數目過少而不適合使用DEA的評估方式的問題，採用了視窗分析(Window Analysis)之概念。視窗分析是由Charnes et al.(1985)所提出，透過時間推移與原DMU的組合增加決策單位數，並藉由部分數據的重複採計，可充分利用有限的資料。研究期間為民國88至民國91年四個年度，決策單位共計16個 (4家航空公司×4個年度)。為避免航空業因淡旺季節波動所造成的差異，每一決策單位的所評估期間均為一年。

3.2 投入與產出變數選取

由於資料包絡分析法對資料相當敏感，使用資料包絡分析法時，變數的選取需謹慎。且運用資料包絡分析法來衡量時，投入與產出項目的總數應有所限制，否則基於柏拉圖最適準則的觀念，各決策單位的效率值都將趨近 1，如此將降低 DEA 的鑑別力，更失去效率評估的意義。因此要選用多少投入與產出項目，可根據參考模式使用上的經驗法則，即受評估的決策單位個數至少應為投入與產出項個數總和之兩倍以上(黃旭男，1993)。

3.2.1 投入變數

根據交通部運輸研究所之研究(1992)指出，航空客運業在經營上特別重視成本、收入、與載客率三大要素，本研究根據生產效率要素投入構面採用勞動與資本資產為投入變數。在勞動方面，是以從事營運的人員總數為主，包括員工人數、維修人員數、駕駛

人員數。在資本資產方面，則以各航空公司之流動資產、固定資產、其他資產與股東權益之總和為投入項目。

3.2.2 產出變數

本研究以營運公里、可提供座位數、總載客公里數(或稱延人公里, Revenue Passenger Kilometer, RPK)、營業收入為產出變數。其中營業收入包含空運營業收入及其他營業外收入。各項變數的資料由交通部民用航空局發行的民航統計年報中之統計表獲得，而財務方面的資料透過證券基金會網站(www.sfi.org.tw)取得各航空公司的年度財務報表。本研究將變數之投入產出變數與資料來源整理如表 1，各變數參數則整理於表 2。

表 1 變數說明與資料來源彙整表

項目	變數	說明	資料來源
投入項目	勞動 (人數)	員工人數、維修人員數、駕駛人員數之總和	民航統計年報統計表
	資本資產 (千萬元)	流動資產、固定資產、其他資產與股東權益之總和	各航空公司年度財務報表之資產負債表
產出項目	營運公里 (萬公里)	飛行次數乘上航空線里程數	民航統計年報統計表 (經換算後得知)
	提供座位數 (萬位)	針對定期航線所提供座位數之總和	民航統計年報統計表
	總載客公里數 (萬公里)	實際載客人數乘上載客公里數	民航統計年報統計表
	營業收入 (千萬元)	包含空運營業收入及其他營業外收入	各航空公司年度財務報表之損益表

表 2 投入、產出變數之參數值

DMU	投入		產出			
	勞動 (人)	資本資產 (千萬元)	營運公里 (萬公里)	提供座 位數 (萬位)	總載客公 里數 (萬公里)	營業收入 (千萬元)
88 甲	1952	2495	1563	776	162599	615
88 乙	1867	1684	1664	658	117365	608
88 丙	2410	2045	2019	763	121068	587
88 丁	1125	1055	893	257	38838	468
89 甲	1854	2458	1479	752	142089	734
89 乙	1902	1576	1627	607	96571	724
89 丙	1687	1926	1963	674	99201	690
89 丁	1079	790	964	319	47565	450
90 甲	1992	2047	1417	693	130879	676
90 乙	1485	1596	16,53	527	88303	715
90 丙	1863	2081	1945	643	105095	622
90 丁	873	681	924	253	40701	297
91 甲	1716	1892	1328	625	116079	706
91 乙	1471	1602	1354	480	80155	736
91 丙	1768	1962	1865	623	102955	623
91 丁	836	550	847	221	34366	290

3.3 投入、產出之相關分析

就上述所選取的投入與產出變數項目蒐集資料完成後，分析投入與產出項之間是否符合同向性(Isotonicity)。亦即投入項目增加時，產出項目不能減少，否則需將該項目剔除，才能進一步使用 DEA 模式進行分析。表 3 顯示，本研究所選取之投入與產出變數之相關係數均大於 0，滿足同向性的關係，亦符合 DEA 模式應用之前提。

表 3 投入與產出之相關係數表

投入 \ 產出	營運公里	提供 座位數	總載客 公里數	營業收入
勞動	0.835**	0.949**	0.881**	0.722**
資本資產	0.761**	0.956**	0.952**	0.791**

** 在顯著水準為 0.01 時(雙尾)，具顯著相關

4. 實證結果與分析

本研究根據選定之產出與投入變數建立 DEA 模式後，利用 LINDO 數學規劃軟體，分別以 CCR 模式計算生產與行銷階段之整體效率值，及以 BCC 模式衡量技術效率值，並推估其規模效率。茲將分析結果敘述如下：

生產階段效率分析

表 4 之生產階段分析結果顯示，共有 6 個 DMU 總效率值為 1，分別是 2 (88 乙)、5 (89 甲)、7 (89 丙)、8 (89 丁)、12 (90 丁) 以及 16 (91 丁)。

在總效率並未達到 1 的單位中，有 3 個單位 1 (88 甲)、3 (88 丙)、6 (89 乙) 其技術效率值為 1，代表的是雖不是效率單位，但仍處於效率前緣上，導致其不能成為有效率單位之原因，為生產規模大小之問題，因此必須增加或降低其規模，使其達到有效率階段。其餘的非效率單位除了未處於最適規模階段，在技術效率上也未達到最適規模。

凡是規模無效率者，其規模報酬可能是呈現遞增或遞減之狀態。在規模報酬階段，受評估的 16 個單位，共計有 7 個單位是處於規模報酬固定階段，另外的 9 個單位都處於規模報酬遞減階段，顯示出航空公司的快速成長雖帶來相當之利潤，但無形中也讓公司的生產營運方面超過了最適規模，管理階層必須考慮降低規模以提升生產階段之營運效率。

行銷階段效率分析

行銷階段分析結果如表 5 所示，共有 5 個 DMU 總效率值為 1，分別是 1 (88 甲)、4 (88 丁)、5 (89 甲)、13 (91 甲) 以及 14 (91 乙)。

行銷階段無效率之原因完全來自缺乏純粹技術效率的有 2 (88 乙)、3 (88 丙)、6 (89 乙)、7 (89 丙)、8 (89 丁)、9 (90 甲)、10 (90 乙)、11 (90 丙)、12 (90 丁)、15 (91 丙)、16 (91 丁) 等 11 個決策單位，表示這些決策單位的投入不能有效使用；而完全來自規模無效率的單位有 2 (88 乙)、3 (88 丙)、6 (89 乙)、7 (89 丙)、10 (90 乙)、11 (90 丙)、15 (91 丙) 等七個。另外，在純粹技術效率和規模效率都缺乏的情況中，2 (88 乙)、3 (88 丙)、6 (89 乙)、7 (89 丙)、10 (90 乙)、11 (90 丙)、15 (91 丙) 行銷階段無整體技術效率之原因來自缺乏純粹技術效率的傾向大於規模無效率，也就是說相對的整體技術效率低與沒有達到最適規模較無明確之關係。

在規模報酬階段，受評估的 16 個單位，共計有 9 個單位是處於規模報酬固定階段，另外的 7 個單位都處於規模報酬遞減階段，顯示出航空公司的快速成長雖帶來相當之利潤，但無形中也讓公司的行銷階段方面超過了最適規模，必須犧牲部分的效率，接受規模報酬遞減之結果。

表 4 第一階段生產效率分析結果

DMU	CCR	BCC	規模效率	規模報酬階段
1 (88 甲)	98.39%	1	98.39%	遞減
2 (88 乙)	1	1	1	固定
3 (88 丙)	94.63%	1	94.63%	遞減
4 (88 丁)	71.88%	71.95%	99.90%	遞減
5 (89 甲)	1	1	1	固定
6 (89 乙)	97.33%	1	97.33%	遞減
7 (89 丙)	1	1	1	固定
8 (89 丁)	1	1	1	固定
9 (90 甲)	92.25%	96.13%	95.96%	遞減
10 (90 乙)	97.29%	97.50%	99.78%	遞減
11 (90 丙)	90.28%	98.40%	91.75%	遞減
12 (90 丁)	1	1	1	固定
13 (91 甲)	92.95%	92.99%	99.96%	遞減
14 (91 乙)	83.84%	83.84%	1	固定
15 (91 丙)	91.38%	94.71%	96.48%	遞減
16 (91 丁)	1	1	1	固定

表5 第二階段行銷效率分析結果

DMU	CCR	BCC	規模效率	規模報酬階段
1 (88 甲)	1	1	1	固定
2 (88 乙)	90.69%	90.94%	99.73%	遞減
3 (88 丙)	79.50%	82.74%	96.08%	遞減
4 (88 丁)	1	1	1	固定
5 (89 甲)	1	1	1	固定
6 (89 乙)	89.19%	98.45%	90.59%	遞減
7 (89 丙)	80.66%	93.86%	85.94%	遞減
8 (89 丁)	90.11%	90.11%	1	固定
9 (90 甲)	98.02%	98.02%	1	固定
10 (90 乙)	96.10%	97.19%	98.88%	遞減
11 (90 丙)	85.79%	87.42%	98.14%	遞減
12 (90 丁)	89.39%	89.39%	1	固定
13 (91 甲)	1	1	1	固定
14 (91 乙)	1	1	1	固定
15 (91 丙)	87.23%	88.37%	98.71%	遞減
16 (91 丁)	90.37%	90.37%	1	固定

單一階段效率分析

單一階段效率分析結果如表6所示，共有10個DMU總效率值為1，分別是1 (88甲)、2 (88乙)、5 (89甲)、7 (89丙)、8 (89丁)、10 (90乙)、12 (90丁)、13 (91甲)、14 (91乙) 以及16 (91丁)。

表6 單一階段效率分析結果

DMU	CCR	BCC	規模效率	規模報酬階段
1 (88 甲)	1	1	1	固定
2 (88 乙)	1	1	1	固定
3 (88 丙)	96.08%	1	96.08%	遞減
4 (88 丁)	89.46%	89.46%	1	固定
5 (89 甲)	1	1	1	固定
6 (89 乙)	98.36%	1	98.36%	遞減
7 (89 丙)	1	1	1	固定
8 (89 丁)	1	1	1	固定
9 (90 甲)	96.90%	1	96.90%	遞減
10 (90 乙)	1	1	1	固定
11 (90 丙)	93.28%	99.01%	94.21%	遞減
12 (90 丁)	1	1	1	固定
13 (91 甲)	1	1	1	固定
14 (91 乙)	1	1	1	固定
15 (91 丙)	95.44%	96.95%	98.44%	遞減
16 (91 丁)	1	1	1	固定

在總效率並未達到1的單位中，有3個決策單位3 (88丙)、6 (89乙)、9 (90甲) 其技術效率值為1，代表的是雖不是效率單位，但仍處於效率前緣上，導致其不能成為有效率單位之原因，為生產規模大小之問題，因此必須增加或降低其規模，使其達到有效率階段。由表6中可以看出單一階段無效率之原因完全來自缺乏純粹技術效率的有4 (88丁)、11 (90丙)、15 (91丙)，表示這些決策單位的投入不能有效使用；而完全來自規模無效率的單位有3 (88丙)、6 (89乙)、9 (90甲)、11 (90丙)、15 (91丙) 等五個。

另外，在純粹技術效率和規模效率都缺乏的情況中，僅11（90丙）、15（91丙）無整體技術效率之原因來自缺乏純粹技術效率的傾向大於規模無效率，也就是說相對的整體技術效率低與沒有達到最適規模較無明確之關係。

在規模報酬階段，受評估的16個單位，共計有11個單位是處於規模報酬固定階段，另外的5個單位都處於規模報酬遞減階段，顯示出航空公司的快速成長雖帶來相當之利潤，但無形中也讓公司的整體營運超過了最適規模，必須犧牲部分的效率，接受規模報酬遞減之結果。

綜合分析

由表7中可知甲航空公司於民國89年(DMU5)在生產、行銷或是單一階段的效率值均呈現相對有效率。民國88年與91年甲航空公司(DMU1、DMU13)及民國91年乙航空公司(DMU14)在生產階段並未達最適生產規模報酬，但其行銷階段卻表現良好，因此須調整人員的配置或是減少購置新航空器等固定資產等策略，以提升生產階段之效率。

民國88年乙航空公司(DMU2)、民國89年丙航空公司(DMU7)及民國89、90與91年丁航空公司(DMU8、12與16)在生產階段為相對有效率，但在行銷階段卻未達最適規模。須在飛航班次或者在提供載客的飛機上應由中型客機改為小型客機等政策加以調整，以減少飛行里程或確保所提供的飛機載客率均能達到滿載的效果，以提升行銷階段之效率。

丙航空公司在民國90年與91年(DMU11、15)之營運效率在生產、行銷或單一階段效率值均未達最適規模報酬。顯示該公司投入過多的人力與資本資產，但在營運的公里數、座位數或者是營業收入，都未能達到最大的產出量，因此丙航空公司須針對營運現況與政策加以改善，以提升公司的經營效率。

表7 不同模式下各階段之效率值

效率值 DMU	CCR模式			BCC模式			規模效率		
	生產	行銷	單一	生產	行銷	單一	生產	行銷	單一
1(88 遠東)	98.39%	1	1	1	1	1	98.39%	1	1
2(88 復興)	1	90.69%	1	1	90.94%	1	1	99.73%	1
3(88 立榮)	94.63%	79.50%	96.08%	1	82.74%	1	94.63%	96.08%	96.08%
4(88 華信)	71.88%	1	89.46%	71.95%	1	89.46%	99.90%	1	1
5(89 遠東)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6(89 復興)	97.33%	89.19%	98.36%	1	98.45%	1	97.33%	90.59%	98.36%
7(89 立榮)	1	80.66%	1	1	93.86%	1	1	85.94%	1
8(89 華信)	1	90.11%	1	1	90.11%	1	1	1	1
9(90 遠東)	92.25%	98.02%	96.90%	96.13%	98.02%	1	95.96%	1	96.90%
10(90 復興)	97.29%	96.10%	1	97.50%	97.19%	1	99.78%	98.88%	1
11(90 立榮)	90.28%	85.79%	93.28%	98.40%	87.42%	99.01%	91.75%	98.14%	94.21%
12(90 華信)	1	89.39%	1	1	89.39%	1	1	1	1
13(91 遠東)	92.95%	1	1	92.99%	1	1	99.96%	1	1
14(91 復興)	83.84%	1	1	83.84%	1	1	1	1	1
15(91 立榮)	91.38%	87.23%	95.44%	94.71%	88.37%	96.95%	96.48%	98.71%	98.44%
16(91 華信)	1	90.37%	1	1	90.37%	1	1	1	1

表8顯示不同決策單位以CCR模式與BCC模式所評估出的總體經營效率結果，包括第一階段的生產效率、第二階段的行銷效率及單一階段的綜合效率。就效率內涵而言，則包含固定規模報酬(CRS)下的總效率、變動規模報酬(VRS)下的技術效率及規模效率。

表8 不同階段的平均效率及單位數

		CCR模式	BCC模式	規模效率
第一階段：生產效率	平均效率	94.39%	95.23%	99.15%
	最低效率	71.88%	71.88%	94.63%
	效率值為1之DMU個數	6	9	9
第二階段：行銷效率	平均效率	92.32%	92.38%	99.92%
	最低效率	79.50%	79.51%	99.21%
	效率值為1之DMU個數	5	5	9
單一階段：綜合效率	平均效率	98.00%	98.78%	99.22%
	最低效率	89.46%	89.46%	94.63%
	效率值為1之DMU個數	10	13	11

由以上評估結果可以發現，單一階段DEA所評估出來之平均效率值，明顯較分成兩個階段所評估出之結果來得高，且效率值為1者的決策單位個數也比分成兩個階段評估

結果還要多，此固然是因為投入產出項較多所導致的(四項產出項與兩項投入項)，但卻因此降低了效率評估的鑑別能力。

5. 結論與建議

本研究將資料包絡分析法分成兩階段的生產過程，分析國內四家航空公司在民國88~91年間之營運效率。首先針對這四家航空公司的投入與產出資料進行整體分析，以了解每一家航空公司的綜合經營績效。接著針對航空運輸業的營運過程，將經營活動劃分成生產與行銷兩階段，並將投入產出項重新分配在兩階段中，以分析每一個DMU在不同階段中的相對效率。

結果顯示四家航空公司中，以甲航空公司之效率值最佳，乙居次，丁航空公司在生產階段比行銷階段之效率來得佳，丙航空之效率值則相對較差，應針對目前的營運現況與政策儘速改善，以提升公司的營運效率。研究結果顯示利用兩階段生產過程的分析比單一階段更有鑑別力，更能呈現營運效率之內涵，可讓航空公司了解其不同的優勢與劣勢，對於營運策略的調整亦有實質上的幫助，部份公司在生產(如DMU1、DMU13與DMU14)及行銷階段(如DMU2、DMU7、DMU12與DMU16)未達最適規模且呈現規模效率遞減，則建議降低營運規模以提升整體效率。

本研究係針對併購後之國內航空業者且分成兩階段生產過程進行分析。後續研究可針對各家航空公司在併購前後，不同階段的效率評估，以提供各家航空公司更明確的評估準則。

參考文獻

1. 中華民國證券基金會網址：www.sfi.org.tw
2. 交通部民用航空局(2002)「民航統計年報」，台北：交通部民用航空局。
3. 交通部運輸研究所(1992)「國內航空運輸業競爭力與生產力之研究」，台北：交通部運輸研究所。
4. 朱雲志(2000)「航空業務」，台北：揚智文化事業股份有限公司。
5. 吳萬益、林清河(2000)「企業研究方法」，初版，台北：華泰文化事業股份有限公司。
6. 林延儒(1993)「台灣地區航空公司生產效率之評估---DEA 彈性函數方法之應用」，國立清華大學碩士論文。
7. 林進榮(2002)「國內航空公司經營效率之研究」，國立台灣科技大學碩士論文。
8. 高強、黃旭男、Toshiyuki Sueyoshi (2003)「管理績效評估：資料包絡分析法」，初版，台北：華泰文化事業股份有限公司。
9. 陳武宏(2003)「世界主要國際航空公司營運績效之研究」，國防管理學院碩士論文。
10. 黃旭男(1999)「二階段資料包絡分析法在績效評估上之應用：以台灣地區環保機構組織績效之評估為例」，管理與系統，第六卷第一期，111-130 頁。
11. 黃旭男、高棟梁(2003)「台灣地區產險公司經營績效之評估—兩階段資料包絡分析法的應用」，2003 中華決策科學研討會論文摘要集，88 頁。
12. 廖逸君(1993)「以 DEA 方法評估亞太地區航空公司的經營效率」，國立台灣大學碩士論文。
13. Abad, C., S. A. Thore, and J. Laffarga (2004), "Fundamental Analysis of Stocks by Two-stage DEA," *Managerial and Decision Economics*, 25(5), pp.231-241.
14. Alder, N. and B. Golany (2001), "Evaluation of Deregulated Airline Networks Using Data Envelopment Analysis Combined with Principle Component Analysis with an Application to Western Europe," *European Journal of Operational Research*, 132, pp.260-273.
15. Banker, R. D., A. Charnes, and W. W. Cooper (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, 30(9), pp.1078-1092.
16. Charnes A., T. Clark, W. W. Cooper, and B. Golany (1985), "A Developmental Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the U.S. Air Forces," *Annals of Operation Research*, 2, pp.95-112.
17. Charnes A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin, R. C. Money, and J. Rousseau (1985), "Sensitivity and Stability Analysis in DEA," *Annals of Operation Research*, 2, pp.139-156.
18. Charnes A., W. W. Cooper, and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, 2(6), pp. 429-444.

19. Charnes, A. and W. W. Cooper (1984), "The Non-Archimedean CCR Ratio for Efficiency Analysis : A Rejoinder Boyd and Fare," *European Journal of Operational Research*, 15, pp.333-334.
20. Cornwell, C., P. Schmidt and R. C. Sickles (1990), "Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels," *Journal of Econometrics*, 43, pp.185-200.
21. Farrell, M. J. (1957), "The Management of Productive Efficiency," *Journal of Royal Statistical Society*, 120(3), pp.253-281.
22. Golany, B., and Y. Roll (1989), "An Application Procedure for DEA," *OMEGA*, 17(3), pp.237-250.
23. Good, D. H., M. Ishaq Nadiri, Lars-Hendrik Roller, and R.C. Sickles (1993), "Efficiency and Productivity Growth Comparisons of European and U.S. Air Carriers : A First Look at the Data," *The Journal of Productivity Analysis*, 4, pp.115-125.
24. Schefczyk, M. (1993), "Operational Performance of Airlines : An Extension of Traditional Measurement Paradigms," *Strategic Management Journal*, 14, pp.301-317.
25. Schmidt, P. and R.C. Sickles (1984), "Production Frontiers and Panel Data," *Journal of Business & Economics Statistics*, 2, pp.367-374.
26. Seiford, L. M. and J. Zhu (1999), "Profitability and Marketability of the Top 55 U.S. Commercial Banks," *Management Science*, 45(9), pp. 1270-1288.
27. Sengupta, J. K. (1998), "A Dynamic Efficiency Model Using Data Envelopment Analysis," *International Journal of Production Economics*, 62, pp.209-218.
28. Sexton, T. R. and, H. F. Lewis (2003), "Two-stage DEA: An Application to Major League Baseball," *Journal of Productivity Analysis*, 19(2), pp.227-249.
29. Zhu, J. (2000), "Multi-factor performance measure model with an application to Fortune 500 companies," *European Journal of Operational Research*, 123(1), pp.105-124.