

應用 DEA/AR 模式評估港埠經營效率 之研究——以基隆、臺中及高雄三港為例

APPLYING THE DEA/AR MODEL TO EVALUATION OF THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF PORTS – AN EMPIRICAL STUDY OF KEELUNG, TAICHUNG, AND KAOHSIUNG PORTS

林 彬 Bin Lin¹

游明敏 Ming-Miin Yu²

楊啟宏 Chi-Hung Yang³

(94 年 11 月 28 日收稿，95 年 5 月 11 日第一次修改，95 年 6 月 15 日
第二次修改，95 年 11 月 19 日定稿)

摘要

近年來，有許多研究致力於分析不同港口間的經營效率，然而，相關研究中，對於決策單位太少的問題與計算效率分數時使用之投入與產出權重的限制問題卻缺少深入探討。本研究利用資料包絡分析法 (DEA) 之區域保證 (AR) 模式，探討臺灣主要港口的技術效率及純粹技術效率。DEA 是一種無母數的分析方法，與傳統上使用產品情況來估計效率作比較，此法只需一個以上的產出資料，也不需事先明確界定投入與產出之間的關係，因此，相當適合應用於評估港口效率。AR 模式則可以克服傳統 DEA 模式中投入和產出項目之虛擬乘數過於自由所衍生的問題。本研究利用 4 項投入及 3 項產出來評

-
1. 國立臺灣海洋大學商船學系副教授 (聯絡地址：202 基隆市中正區北寧路 2 號臺灣海洋大學商船學系；E-mail：blin@mail.ntou.edu.tw)。
 2. 國立臺灣海洋大學運輸與航海科學系副教授 (聯絡地址：202 基隆市中正區北寧路 2 號臺灣海洋大學運輸與航海科學系；電話：02-24622192 轉 7017；E-mail：yumm@mail.ntou.edu.tw)。
 3. 國立臺灣海洋大學商船學系碩士。

估港口的經營效率。研究結果顯示，在假定固定與變動規模報酬的情況下，基隆港相對於高雄及臺中二港而言，顯得最不具經營效率。主要原因在於基隆港投入之員工人數、港埠支出、船席空間及拖船噸位具有龐大的差額所致。本研究亦對港口當局提出一些政策上的建議及未來研究的方向。

關鍵詞：資料包絡分析法；港埠管理；效率；區域保證模式

ABSTRACT

Recently, considerable attention has been focused on the performance of various ports in terms of efficiency. However, available studies have not provided a satisfactory answer to the problem of few decision-making units (DMU) and a priori specification of input and output weights. Data envelopment analysis (DEA) and assurance region (AR) models were used in this paper to investigate the technical efficiency and pure technical efficiency of the major ports in Taiwan. The DEA technique is useful in resolving the measurement of port efficiency because the calculations are non-parametric, can handle more than one output and do not require an explicit a priori determination of relationships between outputs and inputs, as is required for conventional estimation of efficiency using production functions. The AR approach overcomes the issues caused by free running of input and output weights in basic DEA models. Efficiency measures in this study were based on four inputs and three outputs. The results show the Keelung Port (KLG) is the most inefficient port among the three samples based on constant and variable returns to scale assumptions, mainly due to the enormous slack in their number of labours, total expense, ship berths and tons of tug boats. This study also draws some policy implications for ports and recommends certain areas for future research.

Key Words: *Data envelopment analysis; Port management; Efficiency; Assurance region model*

一、前言

臺灣為一海島型的經濟地區，四面環海，幅員狹小，資源比較缺乏。依據行政院主計處統計資料顯示^[1]，我國原料進口需求旺盛，出口亦以代工及加工產品為主，以平衡整體經濟之供需。對外貿易運輸系統，必須依賴海運及空運，然而實際上進出口貨物大多數係由海運承擔。港埠為海運的大門，其經營效率與海運貿易間具有一定的相關性。為提升港埠的營運能力，對於港埠之經營效率進行比較評估，以改善現有港埠之效率，實為首要之務。

近年國內許多學者以資料包絡分析法 (data envelopment analysis, DEA) 作為評估港埠經營效率的方法，如：蔡文化^[2]、郭建男^[3]、曾兆君^[4]、游智超^[5]、林國棟和盧華安^[6]、

周明道等人^[7]與曾立安^[8]等。DEA 是利用現有資料進行相對效率分析的一種方法，由於 DEA 是就實際投入資源與所獲得的收益等資料進行分析，於乘數的部分（即權重值）也是以各分析變數總和的最大值為目標，利用數學規劃模式求取投入與產出要素的最佳乘數，因此 DEA 可獲得相當客觀的分析結果。然而，在傳統 DEA 模式的使用上，為獲得各項目結果的最大值，乘數在計算上將可能有極端值產生，如產生某投入項的乘數為「零」的情況，亦即表示該投入項與該項目所得之效率評分並無關係。Charnes, Cooper 與 Rhoades (CCR)^[9]在其研究中指出了這種不合理的情況，並建議應對於乘數適度的加以限制。除此之外，以 DEA 進行國內港埠經營效率之分析，面臨決策單位 (decision making unit, DMU) 太少的限制，若作為比較的決策單位過少或其投入及產出變數選擇不客觀或運用不適當，亦將直接影響所得效率值之公正及正確性。

上述國內學者主要研究範圍可區分成兩類，一類是以亞太地區港埠作為研究對象^[3-5,7,8]，另則以國內港埠作為研究對象^[2,6]。地域上的差異，在結果的呈現及分析上各有不同，例如資料蒐集，由於國外港埠資料取得不易，因此所投入之變數資料有限，大體分析結果較屬於總體面；國內港埠資料取得容易，可深入地選擇變數資料進行分析，其結果比較明確，且可提供較為實質之建議。但是因其使用傳統 DEA 模式，故仍存在著乘數不合理的情形。因此，本研究乃以國內港埠作為主要經營效率分析之對象，選擇使用 DEA 之 CCR/AR 模式用以修正乘數不合理的情形，使分析結果更為適切。另一方面，由於僅使用國內港埠作為分析對象，分析決策單位過少的結果將使得 DEA 的鑑別度大為降低，因此本研究另輔以 DEA 的視窗分析法 (window analysis)^[10]，用以解決此一問題，並提出更為客觀及實質的建議。

在以亞太區域港埠整體經營效率為研究對象的相關文獻方面，國內首先是由郭建男^[3]以亞太區域作為研究對象，其以亞太地區 11 個國際港埠作為決策單位 (DMU)，選擇傳統 DEA 之 CCR 及 BCC (Banker, Charnes 與 Copper) 模式作為研究模式，以 4 個投入及 1 個產出，對 11 個港埠進行橫斷面的資料分析，如：效率分析、差額變數分析、規模報酬分析、虛擬乘數分析及敏感度分析等。曾兆君^[4]自亞太地區排名前 20 大的國際貨櫃港埠中選擇 10 個港埠進行分析，並修正補充了原先的投入產出部分資料，利用傳統 DEA 模式及 A&P (Andersen 與 Petersen)、D&G (Doyle 與 Green) 和簡單交叉模式對資料進行分析，將港埠經營效率做較為明確之排序。周明道等人^[7]則利用數學規劃技巧將傳統 DEA 模式做了一些修正，應用跨期遞迴資料包絡分析法客觀的找出兩岸三地貨櫃港埠的效率前緣。曾立安^[8]則是以追求利潤最大化為目標，應用隨機邊界分析法 (stochastic frontier analysis, SFA) 的分配模式及傳統 DEA 模式進行效率評估。

以國內港埠經營效率為研究對象的文獻方面有：蔡文化^[2]首先使用 DEA 法對我國港埠進行分析，其中選擇蘇澳、基隆、臺中、高雄、花蓮港等五港為對象，取縱斷面三年的資料，分成十五個 DMU，利用 DEA 之 CCR 及 BCC 模式進行資料的分析，而後以其投入／產出項目 (input/output, I/O) 資料，利用比率分析法求取比率指標，再以指標計算公式計算出各港埠之各項效率指標比率值與排名，並加以分析之後，了解利用比率分析法僅可

求得局部性的相對效率，不能用以評估整體的相對效率。林國棟和盧華安^[6,11]乃針對現行衡量各項經營效率指標及各港務局現有已建立之統計資料為基礎，從港埠主管單位的角度進行研議，擬定財務、資源使用率、生產力及服務效率等層面，為評核港埠效率之經營管理指標，藉由標竿管理之方法，進行內部及競爭性標竿的缺口比較分析，之後藉由其所建立之經營管理指標，選取出更為切合港埠經營管理概念之 I/O，再以 DEA 之 CCR 及 BCC 模式分析港埠整體經營效率。

過去亞太與國內港埠經營效率分析文獻之差異，主要在於 DMU 及 I/O 選擇的不同，且 DEA 對所選用的 DMU 與 I/O 的資料相當的敏感。因此若在 DMU 及 I/O 的選擇上有所不同，則其顯示與分析的結果亦相對會產生差異。於使用 DEA 時，DMU 的選取必須具有相當的同質性^[8,12]，且受評單位必須有比較上的意義，然而本研究於回顧過去對於我國港埠進行經營效率評估之文獻時，發現其在 DMU 的選取上並不妥當，因此本研究乃就其所選用的 DMU 作部分修正，且為克服 DMU 不足的問題，資料部分則採跨期式資料，並利用視窗分析方法以增加 DMU 個數來克服此一問題。另一方面，於乘數部分，雖然 Charnes 等人^[9]在其研究中已指出傳統 DEA 模式乘數的不合理處，且後續研究者亦提出了許多的方法^[12-15]，然而國內至今研究港埠的相關文獻卻都沒有對乘數加以修正限制，因此，本研究參考 Thompson 等人^[12]、Cooper 等人^[13]及 Dyson 等人^[14]之研究後，選擇以 CCR/AR 與 BCC/AR 模式對乘數適當地加以限制，以解決現存乘數不合理的情況。

二、資料包絡分析法

2.1 傳統資料包絡分析法

DEA 是一種無母數效率前緣 (non-parametric efficiency frontier) 的分析方法，可用來評估使用多重投入與多重產出 DMU 之相對效率，給予效率得分 (效率值)。此法運用實際可觀察到之數據來選擇 I/O 變數，利用數學規劃的技巧，建立一條相對最有效率的生產邊界。位於生產邊界上的 DMU，其效率值皆為 1，同時此 DMU 並成為其他不具效率的決策單位之前緣參考集合 (face reference set)；而其他相對不具效率的 I/O 組合，會位於生產邊界的下方，且被這條相對最有效率的生產邊界所包絡。這些不具效率的 DMU，則就其分佈狀況給予其介於 0 與 1 之間的效率值。

DEA 之概念源自於柏拉圖最適境界 (Pareto optimality)，在生產邊界上生產的 DMU 被視為最適化之生產，並根據其概念給予各 I/O 項目一種具彈性之最佳乘數，使所評估之 DMUs 能獲得最大效率得分。Farrell^[15]首先提出以生產邊界衡量單一產出下之技術效率與價格效率，建立了以數學規劃模式衡量效率的基本理論。Charnes 等人^[16]將 Farrell 的觀念加以延伸，建立一般化的數學規劃之 CCR 模式，用以衡量在固定規模報酬假設下，多項 I/O 之生產效率，並將此法正式定名為資料包絡分析法。此後，Banker 等人^[17]利用生產可

能集合 (production possibility set) 與 Shephard 距離函數，導出可衡量的純粹技術效率 (pure technical efficiency) 與規模效率 (scale efficiency) 的改良模式，亦即放寬 CCR 模式之固定規模報酬 (constant returns to scale, CRS) 假設，進而考慮變動規模報酬 (variable returns to scale, VRS) 之 BCC 模式。CCR 及 BCC 模式之數學規劃式，分別如式 (1) 及式 (2) 所示：

$$\text{Max } h_{j_0} = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij_0}} \quad (1)$$

$$\text{ST. } \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n$$

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

$$\text{Max } h_{j_0} = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij_0} + V_{j_0}} \quad (2)$$

$$\text{ST. } \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij} + V_j} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n$$

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

於式 (1) 及式 (2) 中，乃假設某一 DMU 有 s 種產出， m 種投入，共有 n 個 DMU。而 h_{j_0} 則表示 n 個 DMU 中某一特定受評估之 DMU_{j_0} 的相對效率值。其他符號之說明如下：

X_{ij} ：表示第 j 個 DMU 的第 i 項投入；

Y_{rj} ：表示第 j 個 DMU 的第 r 項產出；

(每個 X_{ij} 及 Y_{rj} 皆為觀察值且理論上必須為正)

U_r ：表示各產出項的組合乘數；

V_i ：表示各投入要素的組合乘數；

ε ：為設定的極小正數，稱為非阿基米德數 (Non-Archimedean Quantity)。

利用傳統的 CCR 及 BCC 模式，可以計算出各 DMU 之效率值，並經由各 DMU 的技

術效率、純粹技術效率、規模效率及虛擬乘數等之變化與差異，進一步進行各種分析及建議。但由於原始 CCR 及 BCC 模式之虛擬乘數 (U_r, V_i) 設限為 ≥ 0 ，如此卻有可能因 I/O 資料差異程度過大，造成部分 I/O 之虛擬乘數為 0 的現象，雖然這將可獲得總產出與投入加權之最大值，並取得該 DMU 之最大效率值，但卻也因某部分 I/O 虛擬乘數為 0 之關係，而造成忽略了該 I/O 資料之結果，使得各 DMU 之比較基準不盡相同。

由 DEA 傳統模式自行分配所產生出來的非主觀乘數之特性，將有可能造成各 DMU 比較基準不同之結果，因此，早在 Charnes 等人^[9]的研究中即已提出： U_r, V_i 之值應至少大於或等於 ε ，並要求乘數不得為 0。其如此要求的主要原因在於各 DMU 為求本身效率極大，將會捨棄不利因子，即令其乘數為 0，而 I/O 的乘數是為求得目標 DMU 之最佳效率值，由模式運算求得。然而，這些乘數如未能考量各 I/O 項變數的重要性，而產生為 0 之結果，則在經濟學上或管理意義上將無法適當且合理地解釋^[18]。亦因如此之後更有許多學者進一步提出許多方法將乘數適當地加以限制，以使 DMU 的比較基準能完全一致^[12-14]。

2.2 區域保證 (assurance region, AR) 模式

乘數限制的方法大致可以分成三類^[19]，第一類是對乘數直接加以規範，對每一乘數獨立設定一上界與下界之絕對範圍。第二類為相對性的規範，由不同乘數間應具有之相對關係，定出乘數的相對範圍。第三類則是使用相同的乘數，讓所有 DMU 均採用相同之乘數。此三類對乘數加以限制的方法各有其特性，但由於各因子之衡量單位不同，因此要訂定絕對範圍比較困難，且在實際應用上，亦有可能遇有兩乘數之比值具有相對關係之情況。使用相同乘數，雖可使各 DMU 立足於同一基準點上，但卻也因此抹煞了各 DMU 可自由發展其特殊性之考量。因此，本研究選擇以相對乘數範圍基準之 AR 模式，用以修正傳統 DEA 模式所存在之問題。

為考量實際投入與產出的重要性比例，Thompson 等人^[12]修正 CCR 模式後，提出 AR 模式，將各項投入與產出項目增加上限與下限的比例值，以求出更接近真實的效率值，以取代因上述乘數未設限所產生的問題。由 Thompson 等人^[12]所提出之 DEA 區域保證模式，其將先驗資訊 (prior information) 納入 DEA 之計算過程，對 I/O 之乘數設定上下限 (相對範圍)：

$$L_{li} \leq \frac{V_i}{V_1} \leq U_{li}, i = 2, \dots, m$$

$$L_{Or} \leq \frac{U_r}{U_0} \leq U_{Or}, r = 2, \dots, s$$

如此將可使評估之結果更貼近於事實；而於 Cooper 等人^[13]之著作提出在相對乘數上下限之選擇，則可利用兩種方式來取得：

1. 利用專家的知識取得適當比例的乘數。第一種方式多是以專家知識取得乘數上下限，如

Thompson 等人^[12]即以層級分析法 (AHP) 找出各 I/O 相對乘數之上下限，用以分析日本銀行業效率的問題。Tone^[20]亦對於 AHP 應用於 DEA 的方式作了相關的比較研究。

2. 利用傳統的模式之乘數來選擇適當的比例。其做法是自原有資料之 CCR 或 BCC 的效率值中找出具有最佳效率者 (效率值為 1 者)，視其為各 I/O 之最佳乘數，之後以其乘數之相對關係中找出最大值及最小值，用以作為 I/O 乘數之上下限。其中使用 CCR 乘數者，稱 CCR/AR 模式，使用 BCC 乘數者，則稱為 BCC/AR 模式。

第一種方式的特性是可讓原本客觀的 DEA 加入專家考量，用以修正原本 DEA 乘數上可能存在的盲點。而第二種方式，則是將原有之 DEA 模式做客觀的修正，讓傳統的 DEA 模式更加合理。

由於本研究之目的為修正現有以傳統 DEA 方式 (CCR, BCC 模式) 計算港埠經營效率之問題，因此先不考慮人為因素，選擇以第二種方式，來求取乘數之上下限值。以 CCR/AR 模式為例，其數學規劃式，如式 (3) 所示：

$$\begin{aligned}
 \text{Max } h_{j_0} &= \sum_{r=1}^s U_r Y_{rj_0} \\
 \text{ST. } \sum_{i=1}^m V_i X_{ij_0} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} &\leq 1, j = 1, 2, \dots, n \\
 \alpha_i^L &\leq \frac{V_i}{V_I} \leq \alpha_i^U, i = 1, 2, \dots, m \\
 \beta_r^L &\leq \frac{U_r}{U_O} \leq \beta_r^U, r = 1, 2, \dots, s \\
 U_r, V_i &\geq \varepsilon
 \end{aligned} \tag{3}$$

式 (3) 中之 α_i^L 、 α_i^U 及 β_r^L 、 β_r^U 分別表示投入項重要性比率 V_i/V_I 及產出項重要性比率 U_r/U_O 之上下限。

AR 模式可修正乘數的設定範圍，故評估結果較切合實際，另外亦可避免由 CCR、BCC 模式所自行產生之虛擬乘數，致使可能因 I/O 項資料差異程度過大，使部分 I/O 之虛擬乘數出現為 0 之不盡合理現象，從而影響效率評估之適切性。

2.3 視窗分析法 (window analysis)

多數使用 DEA 衡量效率之文獻，都是以靜態 (static) 的方式進行，如此可能會扭曲效率衡量的意義，特別是當在動態 (dynamic) 的環境下，某些資源的過度投入，有可能會對未來幾期的產出造成有利的結果；而這些效果在當期作效率評估時，可能是被忽略的。因此，作跨期間 DEA 效率評估時，除了橫斷面分析外，也應加入縱剖面分析，以求效率

評估之周延。此外，當以 DEA 進行分析時，根據經驗法則所選取之 DMU 個數最好為 I/O 變數總和的兩倍以上，DEA 所分析之效率值方有足夠之鑑別力^[21]。而透過視窗分析法，則可增加受評估單位的個數，來提高 DEA 的鑑別力，並觀察各個受評估單位之經營效率穩定性與變動趨勢。

視窗分析最早是由 Charnes 等人^[10]所提出，其主要目的在彌補受評估單位數目太少時，無法有效執行傳統 DEA 模式之不足，同時亦可比較不同時期 DMU 之相對效率。其利用多期的資料，將每期歸為一個視窗，各視窗之期數均相同，再以各個 DMU 之同一視窗列為一組效率參考組合，對此組效率參考組合進行相對效率分析，依此類推對其他各視窗列進行相對效率分析，則同一 DMU 會因視窗重疊而產生多個效率值。藉此將同一 DMU 在不同時期之相對效率互相比較，以觀察同一 DMU 在不同視窗列中效率的變動程度。如果視窗間變動越大則代表效率越不穩定，視窗間變動越小則代表效率越穩定。

本研究採用 84 至 91 年共計 8 年之縱斷面資料作為效率評估之依據，且考慮各年可能產生之規模及技術變動，修正 6 年為一個視窗，自 89 至 91 年間依序推移出三個視窗加以分析，並透過視窗的推移過程，進一步觀察我國港埠於不同年度效率的動態變化。其示意如表 1 所示。

表 1 本研究之 DEA 視窗分析示意圖

DMU	視窗	84	85	86	87	88	89	90	91	平均值	標準差
基隆港	W ₁	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆			M _A	S _A
	W ₂		A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃	A ₂₄	A ₂₅	A ₂₆			
	W ₃			A ₃₁	A ₃₂	A ₃₃	A ₃₄	A ₃₅	A ₃₆		
臺中港	W ₁	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆			M _B	S _B
	W ₂		B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₂₄	B ₂₅	B ₂₆			
	W ₃			B ₃₁	B ₃₂	B ₃₃	B ₃₄	B ₃₅	B ₃₆		
高雄港	W ₁	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆			M _C	S _C
	W ₂		C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆			
	W ₃			C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅	C ₃₆		

資料來源：本研究繪製。

另外，DEA 視窗分析法雖然可增加 DMU 個數、提升資料包絡分析法的鑑別力，並提供個別 DMU 跨期之短期效率變化，藉此分析各 DMU 經營效率之穩定性，但 DEA 視窗分析法在使用及分析上應審慎注意下列兩點^[22]：

1. 若以全期的效率值判斷效率變動情形，則容易產生誤導。因為基本上各視窗的參考效率集合並不相同，則比較基礎並不一致，此時若將各期的參考效率集合一概而論，將產生不客觀的結果。

2. 若因為顯著的技術改變和基本經營結構變遷，也將造成比較基礎不一致，而可能導致不客觀的評估結果。

2.4 導向問題

DEA 之發展已歷經數十年之久，其技術已相當成熟，其中亦發展出許多之模式，可供在不同情況下作不同分析之用⁴。這些模式中有一種共同之特點即為導向問題；大部分之模式均可再區分出投入導向 (input-oriented) 及產出導向 (output-oriented) 二者。以 CCR 模式為例，使用 CCR 投入導向 (CCR-I) 之目的乃在於求取目前產出下可能最小之適當投入量；反之，若使用 CCR 產出導向 (CCR-O)，則是在求取就目前投入之情況下最大之可能產出量為何。自另一個角度看，若投入產出之價格變化不大，亦可說 CCR-I 是為求取最小成本，而 CCR-O 則在求取最大利潤。由於目前港埠民營化是政府既定的政策，評估各港埠可以如何節省投入是一個重大的課題。本研究是以可能之最小成本為目的，故有關其中所用之模式，如 CCR、BCC、CCR/AR 及 window analysis 等模式均為使用投入導向作為計算方式。

三、模式實證分析

3.1 決策單位之選取

高強等人^[19]認為 DEA 之受評單位必須擁有三大條件：(1) 受評單位須有相同的目標，執行相似的工作；(2) 受評單位須在相同的市場條件下運作；(3) 影響受評單位經營效率之投入產出項目必須相同。就上述三項基本條件而言，本研究參照表 2，發現過去以 DEA 進行國內港埠效率分析之相關文獻，於受評單位 (DMU) 選擇方面共有蘇澳、基隆、臺中、高雄、花蓮港等五港，並沒有完全符合上述所定義之條件，其原因如下：

1. 蘇澳港在功能上乃為基隆港之輔助港，且根據其貨物吞吐量統計資料^[23]顯示，蘇澳港之裝卸貨物以散裝貨為大宗，因此，蘇澳港在市場條件上與其他各港實際上並不相同。
2. 花蓮港則由於主要裝卸貨種與其他港埠不同，且其設備、投入及整體規模與本研究選定分析之三港差距過大，市場條件亦不相同。所以如依過往文獻^[11]所選擇，將花蓮港與其他三港以 DEA 一同作相對效率之比較，並不適當。

4. 如本研究所使用之 CCR、BCC、AR 及 window 模式，另如 A&P 模式，可求取 1 以上之效率值，而 D&G 模式則用於同儕評估等。

表 2 我國各國際商港進港船舶總噸位—按船種分 (93 年 1-11 月)

單位：萬噸；%

港別		總計	客船	客貨船	貨船					
					總計	貨櫃船	乾貨船	油船	散裝船	其他
總計	總噸位	51,992	319	422	51,251	30,468	7,854	5,736	3,692	3,501
	結構比%	100.0	0.6	0.8	98.6	58.6	15.1	11.0	7.1	6.7
	平均每艘	1.41	0.75	0.64	1.44	2.09	0.82	1.31	1.00	1.02
基隆港	總噸位	9,926	241	179	9,506	6,697	1,240	354	987	227
	結構比%	100.0	2.4	1.8	95.8	67.5	12.5	3.6	9.9	2.3
	平均每艘	1.14	0.89	0.62	1.16	1.55	0.85	1.09	0.58	0.66
高雄港	總噸位	32,192	69	243	31,880	20,669	4,366	4,515	656	1,674
	結構比%	100.0	0.2	0.8	99.0	64.2	13.6	14.0	2.0	5.2
	平均每艘	1.80	0.97	0.67	1.82	2.65	1.00	1.40	1.75	0.97
臺中港	總噸位	7,143	3	1	7,140	3,094	898	644	1,031	1,473
	結構比%	100.0	0.0	0.0	99.9	43.3	12.6	9.0	14.4	20.6
	平均每艘	1.31	1.45	0.36	1.31	1.28	1.04	0.99	2.20	1.40
花蓮港	總噸位	1,662	3	—	1,660	1	992	57	560	50
	結構比%	100.0	0.2	—	99.8	0.1	59.7	3.4	33.7	3.0
	平均每艘	0.54	2.84	—	0.54	1.43	0.44	1.53	0.90	0.28
蘇澳港	總噸位	561	0.01	—	561	—	—	136	402	23
	結構比%	100.0	0.0	—	100.0	—	—	24.2	71.6	4.1
	平均每艘	0.91	0.01	—	0.91	—	—	1.18	0.90	0.44

資料來源：交通部及各港務局^[24, 25]。

基於上述，本研究選定以基隆、臺中、高雄三港為主要 DMU，另根據經驗法則，DEA 所選取之 DMU 個數最好為 I/O 變數總和的兩倍以上^[21]，並參照林國棟和盧華安^[11]所使用之 DMU，決定較其增加一年之跨期資料，亦以每一港務局每一年度之 I/O 資料視為一 DMU，使 DEA 所分析之效率值具有足夠之鑑別力，故本研究計有 18 個 DMU 進行 DEA 分析。

3.2 投入與產出變數設定

於 I/O 部分，由於林國棟和盧華安^[6, 11]自其研究中，已將港埠經營之相關管理指標定義得相當明確，因此，本研究乃就其所選定 I/O 作為主要參考依據，並就其 I/O 作進一步

之修正，以使得 DEA 分析之結果更加合理及明確。其 I/O 如下：

投入：港灣支出、棧埠支出、拖船數、船席數。

產出：營業收入、進港船舶、總裝卸量。

其中港灣成本、棧埠成本及營業收入以百萬元為單位，拖船數及進港船舶數以艘為單位，船席數以座為單位，總裝卸量以千噸為單位。雖然 DEA 之評估結果並不受因素衡量單位之影響，然而根據其所選擇之 I/O，本研究發現有部分 I/O 在運算上可能產生分析結果之差異，因此本研究就其 I/O 以比例分析之概念進一步作相關之修正，並參照表 3 說明如下：

1. 拖船數：港口拖船之數量雖直接影響船舶停泊之效率，但實際上拖船之噸位亦為一項很重要的指標。簡單來說，一艘 1,000 總噸之拖船與一艘 3,000 總噸之拖船，其所發揮之效能是不同的。除此之外，近年由於船舶大型化之趨勢亦使得拖船的噸位隨之提升。以基隆港為例，其 1995 及 1998 年之拖船數均為 19 艘，然而 1995 年其所擁有之拖船總噸位為 3,113 總噸，而 1998 年卻為 4,312 噸。本研究發現若僅以「艘」作計算，事實上並沒有辦法完全將拖船之效能加以考量。因此，本研究乃以拖船總噸位用以修正此一變數。
2. 船席數：港口船席的調度會因船舶長度而有調整，每個船席並不限定只能靠泊一艘船舶。以長榮公司高雄 115 號至 117 號三個船席為例，長度分別為 260、320 及 322 公尺，對於長度不到 200 公尺的 A 型或 P 型船可同時靠泊四艘，對於長度 300 公尺的 E 型或 S 型船，只能靠泊兩艘再加上一艘長度不到 200 公尺的小型船舶，若等候的船舶是 231 公尺的 G 型船而非小型船舶，船席長度將不足以供其靠泊，三個船席只好靠泊兩艘大型船舶。因此，若單以船席數作為投入項目，則有可能產生誤差，是故本研究參考相關研究後^[26,27]，選擇以船席總長度代替船席數用以修正此一問題，以避免傳統上以船席數作為投入項可能產生之問題。
3. 營業收入：原先林國棟和盧華安^[6]所使用之營業收入乃為總營業收入，亦即包含營業收入及其他營業外收入兩者，其中以營業收入為大宗，主要包含：港灣收入、棧埠收入及營業資產租金收入三者，而其他營業收入則涵蓋如：財產交易利益、盤存盈餘及賠償收入等。由於其他營業收入有部分為不可預期者，且各 DMU 之狀況也有可能不一致，因此，為避免可能產生之誤差，本研究乃將其他營業收入扣除，將營業收入部分作小幅之修正，惟投入項仍沿用營業收入名稱。
4. 進港船舶：由於近年船舶大型化與航商經營模式的改變下，以進港船舶的艘數作為產出變數，將可能致使結果造成誤判。舉例來說，高雄港 1999 年船舶進港艘數為 18,159 艘，共 299,259,708 總噸，而 2000 年之進港船舶艘數為 18,012 艘，雖較 1999 年少，但卻增加為 309,024,498 總噸，此即很明顯不合理之處。因此，本研究選擇以進港船舶總噸位作為產出項目，以修正利用船舶艘數衡量港埠經營效率可能產生之誤差。

除上述之 I/O 作相關修正外，本研究亦發現將港灣支出及棧埠支出分開作為投入項，與將兩者合併後作為投入項，對於效率值之改變並沒有很大之影響。因此，考量本研究 DMU 數目較少之緣故，乃將兩者合併成為港埠支出作為修正之投入項。除此之外，本研

究另多加入一組港務局員工數作為投入項目，用以觀察員工數對於整體經營效率之敏感度及其造成之影響。

表 3 決策單位及投入產出項目比較表

作 者	DMU	I / O		單 位
林國棟與 盧華安 ^[1]	基隆 臺中 高雄 花蓮	投 入	港灣支出 棧埠支出 拖船數 船席數	百萬元 百萬元 艘 座
		產 出	營業收入 進港船舶 總裝卸量	百萬元 艘 千噸
本研究	基隆 臺中 高雄	投 入	港務局人數 港埠支出 拖船總噸位 船席總長度	人 百萬元 總噸位 公尺
		產 出	營業收入 進港船舶總噸位 貨物總裝卸	百萬元 千噸 千噸

資料來源：本研究整理。

接著，本研究並就上述所修正之 I/O 項目作皮爾森 (Pearson) 相關係數分析，以檢視 I/O 項目之同向性。於 DEA 之使用上，若相關係數呈現負數，則該 I/O 項應予以刪除，而由表 4 所示，本研究所使用 I/O 之相關係數均為正數，如此表示此組 I/O 具有足夠同向性，可供 DEA 作相關之計算分析。至於本研究所使用之 DMU 及 I/O 項目，如表 5 所示。

表 4 投入產出項目相關係數

	港務局 人數	港埠 支出	拖船 總噸數	船席 總長度	營業 收入	進港船舶 總噸位	貨物 總裝卸量
港務局人數	1	0.888	0.728	0.529	0.617	0.659	0.529
港埠支出	0.888	1	0.886	0.712	0.774	0.829	0.727
拖船總噸數	0.728	0.886	1	0.901	0.927	0.957	0.912
船席總長度	0.529	0.712	0.901	1	0.978	0.976	0.985
營業收入	0.617	0.774	0.927	0.978	1	0.976	0.960
進港船舶總噸位	0.659	0.829	0.957	0.976	0.976	1	0.983
貨物總裝卸	0.529	0.727	0.912	0.985	0.960	0.983	1

表 5 投入產出基本資料

DMU	港務局人數 (人)	港埠支出 (百萬元)	拖船總噸數 (公噸)	船席總長度 (公尺)	營業收入 (百萬元)	進港船舶總噸 (千噸)	貨物總裝卸 (千噸)
基 84	2,359	1,941	3,112.74	9,862	4,969	111,402	94,332
基 85	2,276	2,386	3,998.50	9,862	4,853	116,558	89,430
基 86	2,198	2,489	4,689.00	9,900	4,671	118,923	85,431
基 87	2,118	2,547	4,312.00	9,903	4,487	111,985	75,686
基 88	2,036	2,502	4,123.00	9,903	4,273	113,843	76,498
基 89	1,958	2,781	4,123.00	9,945	4,628	121,046	88,336
基 90	1,837	3,025	4,123.00	9,945	4,896	121,002	82,515
基 91	1,726	3,045	3,935.00	9,945	5,093	119,011	88,911
中 84	815	688	2,343.00	8,840	3,224	49,531	48,563
中 85	805	743	2,233.00	8,840	3,591	59,013	60,436
中 86	795	799	2,889.00	9,340	3,946	68,996	69,782
中 87	790	749	2,889.00	9,340	4,191	69,948	87,086
中 88	772	779	2,889.00	9,340	4,476	75,354	79,218
中 89	724	888	2,889.00	10,240	4,575	76,538	82,013
中 90	620	834	2,889.00	10,724	4,266	71,021	75,368
中 91	576	967	2,689.00	10,724	4,225	76,875	81,508
高 84	2,316	3,161	5,971.77	23,273	8,118	240,124	261,807
高 85	2,240	3,026	5,945.88	24,649	8,776	254,746	266,898
高 86	2,167	3,057	5,946.00	25,140	8,916	276,369	310,039
高 87	2,088	2,990	5,946.00	25,460	8,576	295,414	323,251
高 88	2,272	3,452	5,947.00	26,135	7,851	299,260	358,704
高 89	2,163	3,584	5,947.00	26,595	8,597	309,024	375,406
高 90	2,026	3,351	7,515.00	26,597	9,048	317,905	373,747
高 91	1,909	3,607	7,364.00	26,597	8,549	327,674	410,660

資料來源：交通部及各港務局^[24,25]，本研究整理。

3.3 研究結果分析

DEA 模式所評估出的效率值乃為 DMU 間之相對效率值，而非絕對效率值，其越接近 1 者，即代表其相對效率越佳。透過假設為固定規模報酬之 CCR 模式或本研究所使用之 CCR/AR 模式，可求得 DMU 之技術效率。利用假設為變動規模報酬之 BCC 或 BCC/AR 模式，則可求得 DMU 的純粹技術效率。由於技術效率為純粹技術效率與規模效率之乘積，

因此將所求得之技術效率值除以純粹技術效率，即可獲得規模效率值之資料；各效率值之代表意義並不相同。又透過這些 DMU 所呈現之效率值、虛擬乘數及參考集合等資料，即可進一步進行相關之分析。另加上視窗分析的運用，即可用以觀察探討各 DMU 年度發展效率之變化。

3.3.1 效率分析

各效率得分資料如表 6 所示。此表主要分成兩部分，左半邊所顯示的資料為利用傳統 DEA 之 CCR 及 BCC 模式所計算得出；右半邊則是本研究以 DEA/AR (CCR/AR、BCC/AR) 模式所求得之數據。表中可以清楚的發現，經由 DEA/AR 模式所求得之效率值與排名均與傳統 CCR、BCC 模式有所不同。雖然效率值與排序的不同不足以證明 DEA/AR 模式較適於港埠經營效率的評估，但從港埠在經營上的技術面及營運面來看，允許 I/O 虛擬乘數過度的自由變動是不合理的^[11]，而且本研究的實證結果，也顯示出傳統 DEA 的衡量結果較不符合直覺的經驗判斷，如臺中港在直覺上效率是不及基隆港與高雄港的，但傳統 DEA 結果卻顯示其相對於基、高二港較具經營效率，影響之原因主要即是因為虛擬乘數變動太大所致，如前節所述，AR 模式修正了傳統 DEA 模式乘數上所存在之不合理性，亦即該 DMU 是因乘數的刻意選擇而使得其產生效率得分增加，其效率未必來自本質效率 (inherent efficiency)，而是來自於乘數的選擇。因此，若單純以傳統 DEA 模式分析其效率及規模效率值，將可能造成經營效率在衡量上的誤導 (misleading)。從表 6 的實證結果也可以得知，以 DEA/AR 模式評估國內三大港口的效率表現，較符合一般的經驗判斷。因此，DEA/AR 模式在港埠效率評估上有其應用上的價值。

而於各港所顯示之經營效率而言，以基隆港 86 年及 89 年來說，傳統 DEA 所呈現之資料，顯示其已達到最適之規模；然而自 AR 模式所顯示之資料，卻呈現其未達到應具有之規模效率。是故以 AR 模式所呈現之結果，可以發現造成基隆港無效率之原因，主要在於其規模效率的不足，也就是說基隆港之生產規模相對於其他二港並未達到最適規模。另一方面，若以臺中港 89 年至 91 年來看，其 AR 模式所顯示之資料中，除呈現了臺中港並未達到最適之規模外，且其純粹技術效率之平均值為三港中最低，表示在純粹技術效率上臺中港有再予提升之空間，也就是在相同的產出下，臺中港相較於基隆港及高雄港所使用之投入要素較多，突顯出臺中港在營運投入資源的管理上仍有其改善空間。而於高雄港部分，總體而言，高雄港近年整體效率發展趨勢穩定，顯示相較於基隆港與臺中港而言，其為我國三大國際商港中經營效率最佳的港口。

3.3.2 虛擬乘數分析

DEA 模式的虛擬乘數係由客觀的數學模式產生，具有客觀公正的基礎，且已確定其所使用之 I/O 乘數組合，可使 DMU 效率值獲得最大。在 I/O 項中，若虛擬乘數趨近於零者，表示此要素投入量的減少或產出量的增加，對整體技術效率值之影響影較小。反之，虛擬乘數高者，代表當總投入資源或產能有限時，決策者優先處置這些項目，將能獲得最

大之成效。由於本研究採用投入導向進行 DEA 分析，在產出固定下，投入愈小的愈有效率，因此虛擬乘數分析中之變數是以投入變數作為主要分析對象。

表 6 CCR、BCC 及 AR 效率分析表

	CCR-I	BCC-I	SE	技術效率 率排名	CCR/AR-I	BCC/AR-I	AR-SE	技術效率 率排名
DMU	技術效率	純粹技術 效率	規模效率		技術效率	純粹技術 效率	規模效率	
基 86	1	1	1	1	0.990	1	0.990	10
基 87	0.950	0.991	0.959	16	0.936	0.980	0.954	15
基 88	0.948	0.994	0.954	17	0.925	0.984	0.940	16
基 89	0.998	1	0.998	14	0.983	1	0.983	12
基 90	1	1	1	1	0.990	0.998	0.992	9
基 91	1	1	1	1	1	1	1	1
中 86	0.894	1	0.894	18	0.891	0.999	0.892	18
中 87	1	1	1	1	1	1	1	1
中 88	1	1	1	1	1	1	1	1
中 89	1	1	1	1	0.983	0.984	0.9995	11
中 90	1	1	1	1	0.906	0.953	0.951	17
中 91	1	1	1	1	0.948	0.987	0.961	14
高 86	1	1	1	1	1	1	1	1
高 87	1	1	1	1	1	1	1	1
高 88	0.984	0.988	0.996	15	0.975	0.980	0.995	13
高 89	1	1	1	1	1	1	1	1
高 90	1	1	1	1	1	1	1	1
高 91	1	1	1	1	1	1	1	1

資料來源：本研究整理。

表 7 所顯示之資料為傳統 CCR 模式及修正乘數後之 AR 模式所計算使用的虛擬乘數，從表中可以發現傳統 CCR 模式有許多乘數均為 0，即表示該 DMU 在計算效率值時為獲得最大效率值，因此並沒有用到此 I/O 項目之資料；然而該 I/O 變數之影響雖小但若將其忽略，卻也不盡合理；而在 AR 模式之乘數中，可看出其修正乘數為 0 的不合理處。

表 8 為利用表 7 中 AR 之虛擬乘數所求得，其計算方式是以表 7 各港埠跨期之縱斷面數值加以平均排序後取得；其在於政策上的意義表示，若依其排序較高之投入變數進行調整或加強的話，將可有效地使港埠經營效率獲得提升。由表 8 所呈現的數據來看，臺中與

表 7 虛擬乘數分析表

變數 DMU	港務局人數		港埠支出		拖船總噸數		船席總長度	
	CCR	AR	CCR	AR	CCR	AR	CCR	AR
基 86	0.000012	0.000010	0.000086	0.000075	0.000004	0.000003	0.000075	0.000079
基 87	0	0.000010	0.000088	0.000075	0.000013	0.000003	0.000073	0.000078
基 88	0	0.000009	0.000049	0.000068	0.000007	0.000003	0.000086	0.000081
基 89	0	0.000007	0	0.000014	0	0.000002	0.000101	0.000094
基 90	0.000006	0.000007	0.000046	0.000014	0.000002	0.000002	0.000085	0.000094
基 91	0.000123	0.000141	0.000009	0.000011	0.000048	0.000007	0.000057	0.000070
中 86	0	0.000012	0.000133	0.000092	0	0.000004	0.000096	0.000097
中 87	0.000263	0.000088	0.000472	0.000647	0.000079	0.000026	0.000022	0.000040
中 88	0.000575	0.000065	0.000335	0.000481	0.000053	0.000104	0.000015	0.000029
中 89	0.000562	0.000098	0.000328	0.000024	0.000052	0.000157	0.000015	0.000044
中 90	0.000614	0.000097	0.000336	0.000024	0.000057	0.000155	0.000016	0.000044
中 91	0.000455	0.000100	0.000199	0.000025	0.000095	0.000161	0.000027	0.000045
高 86	0.000013	0.000011	0.000008	0.000010	0.000054	0.000047	0.000025	0.000027
高 87	0.000152	0.000027	0.000136	0.000197	0.000021	0.000008	0.000006	0.000012
高 88	0	0.000011	0.000191	0.000056	0.000058	0.000043	0	0.000020
高 89	0.000103	0.000015	0.000123	0.000108	0.000054	0.000041	0.000001	0.000013
高 90	0.000068	0.000031	0.000007	0.000154	0.000004	0.000006	0.000031	0.000014
高 91	0.000009	0.000034	0.000005	0.000056	0.000003	0.000044	0.000036	0.000015

資料來源：本研究整理。

高雄港要如何有效的調節港埠支出，將是提升兩港經營效率最顯著的方式；而基隆港則可就調整船席空間的運用，作為主要努力的方向。然而在實務上於考量虛擬乘數時，亦應就實際情況進行調整，如以基隆港為例，其船席長度不一定能有空間或足夠的預算予以提升，但可考慮以改變船席空間的利用方式，或選擇以調節港埠支出來作為提升其經營效率的方式。因此，由虛擬乘數分析得知，基隆港、臺中港及高雄港為追求經營效率的提升，在投入資源有限的限制下，各港埠營運管理當局即可參考表 8 之結果，作為擬定營運方向的參考之用。

3.3.3 差額變數分析

DEA 之差額變數提供了無效率 DMU 之改善方向與改善幅度大小的相關資訊，也就是求得應減少的投入資源使用量或增加的產出量。差額變數乃利用相對無效率的 DMU 就其

表 8 虛擬乘數順序表

排序 DMU	順序一	順序二	順序三	順序四
基隆	船席總長度 0.000083 (0.519)	港埠支出 0.000043 (0.268)	港務局人數 0.000031 (0.192)	港埠拖船總噸位 0.000003 (0.021)
臺中	港埠支出 0.000216 (0.486)	港埠拖船總噸位 0.000101 (0.228)	港務局人數 0.000077 (0.173)	船席總長度 0.000050 (0.113)
高雄	港埠支出 0.000097 (0.582)	港埠拖船總噸位 0.000032 (0.189)	港務局人數 0.000021 (0.128)	船席總長度 0.000017 (0.101)

資料來源：本研究整理（括弧內為各港歸一化的虛擬乘數）。

與效率前緣上投影點間之差距進行分析；對無效率之 DMU 提出應改善之數量，對於區別 DMU 是否具有效率，在管理上將更有意義。另外，必須注意的是差額變數為根據數學模式計算所得，因此並未考量受評 DMU 及 I/O 的特性與限制，僅就現有之資料中，找出對應 I/O 最有利的改善途徑，在實務運用上未必全然可以適用，需再就實際狀況斟酌運用。如以基隆港 86-91 年為例，若單就差額變數所得資料來看，其應將港埠拖船總噸位及船席總長度做適度減少，方能得到較高之效率評分，然而在事實上設備的增減與船席空間的規劃，並不是一蹴可及，在短期上的調整仍需以變動投入為優先。

表 9 所示即為 AR 模式所計算出差額之建議修正量。如前所述，於基隆港的船席總長度部分，模式的計算結果均建議減少船席空間，但在實務上並不合理或短期內有技術上的困難。因此，船席總長度的修正可列為長期努力的方向。其餘差額部分，從表中可以發現，基隆港於港務局人數及拖船總噸數之建議修正量均有逐年減少的趨勢；就其 I/O 可知，近年基隆港已將其員工及拖船作適度的調整。另外，於基隆港 I/O 及建議修正量之港埠支出的部分，卻皆有逐年增加的情形，亦即表示基隆港雖增加了港埠資金的投入，卻無法有效地提升其經營效率，顯示該港在港埠營運資金的使用策略上，應作適度修正。而在臺中港部分，其如基隆港一般，於船席空間的利用上有很大的改善空間，且其 89 年至 90 年間，船席總長度與港埠支出的修正量均有逐年攀升的趨勢。雖然在 91 年已有一些改善，但若長期考量下，臺中港則可就如何改善船席空間的利用與有效地運用港埠資金，作為港埠策略的考量方向。至於高雄港在 88 年突然增加了差額的建議修正量，自其 I/O 資料了解，主要是由於該年度高雄港的營業收入減少所致。雖然投入並無太大變化，但在產出減少的情況下，投入差額的現象就會發生。因此，在實務上探討投入差額變數的大小不可只從投入面來考量，仍須就港埠實際的營運狀況，來探討其可減少投入的方法。

表 9 AR 差額變數分析

DMU \ 變數	港務局人數	港埠支出	拖船總噸數	船席總長度
基 86	-22	-25.33	-47.72	-100.74
基 87	-136	-163.84	-277.38	-637.04
基 88	-153	-188.17	-310.08	-744.78
基 89	-34	-48.40	-71.76	-173.08
基 90	-18	-29.05	-39.59	-95.50
基 91	0	0	0	0
中 86	-87	-87.09	-314.91	-1018.09
中 87	0	0	0	0
中 88	0	0	0	0
中 89	-12	-14.77	-48.06	-170.36
中 90	-58	-78.28	-271.15	-1006.50
中 91	-30	-49.80	-138.49	-552.29
高 86	0	0	0	0
高 87	0	0	0	0
高 88	-57	-86.51	-149.03	-654.94
高 89	0	0	0	0
高 90	0	0	0	0
高 91	0	0	0	0

資料來源：本研究整理。

3.3.4 視窗分析

視窗分析除了可作為增加 DMU 個數的方法外，其另一項主要之目的，即在於其可藉由縱剖面的效率分析結果，作為追蹤及了解各 DMU 效率的動態變化趨勢與穩定度之用。此外，在視窗推移的過程中，各 DMU 可與其本身相同年度之效率值進行比較，亦可避免於一般 DEA 橫斷面分析中可能產生的誤導^[28]。表 10 及表 11 為我國三港各年度視窗分析之結果，其效率值即如各港 W1、W2 及 W3 之視窗所示。以臺中港 89 年為例，W1 至 W3 的效率值分別為 0.786、0.935 及 0.983。若僅以其視窗一的效率值作橫斷面的分析，則臺中港 89 年之分析結果呈現出效率不佳之情形；然而透過視窗的推移，將臺中港 89 年度各視窗之效率值進行分析，則可進一步發現事實上該港之效率有逐漸成長的趨勢。因此，視窗分析可補足原本 DEA 中僅以橫斷面進行分析的不足，利用縱剖面資料的結果，可由各 DMU 本身效率值的變化作進一步的說明。

表 10 CCR/AR 效率六年視窗分析

DMU	視窗	84	85	86	87	88	89	90	91	平均值	標準差
基隆港	W1	0.997	1	0.998	0.941	0.950	1			0.976	0.029
	W2		1	0.993	0.936	0.938	0.998	1			
	W3			0.990	0.936	0.925	0.983	0.990	1		
臺中港	W1	0.615	0.713	0.760	0.798	0.844	0.786			0.873	0.109
	W2		0.842	0.887	0.967	1	0.935	0.835			
	W3			0.891	1	1	0.983	0.906	0.948		
高雄港	W1	0.902	0.910	0.962	1	0.985	1			0.975	0.033
	W2		0.921	0.967	0.979	0.960	0.989	1			
	W3			1	1	0.975	1	1	1		

資料來源：本研究整理。

表 11 BCC/AR 效率六年視窗分析

DMU	視窗	84	85	86	87	88	89	90	91	平均值	標準差
基隆港	W1	1	1	1	0.986	0.990	1			0.995	0.007
	W2		1	0.999	0.983	0.986	1	1			
	W3			1	0.980	0.984	1	0.998	1		
臺中港	W1	1	1	0.977	1	1	0.979			0.981	0.034
	W2		1	0.976	1	1	0.935	0.867			
	W3			0.999	1	1	0.984	0.953	0.987		
高雄港	W1	0.902	0.913	0.964	1	0.989	1			0.980	0.030
	W2		0.962	0.990	0.980	0.961	0.990	1			
	W3			1	1	0.980	1	1	1		

資料來源：本研究整理。

首先根據表 10 及表 11 的結果，分述各港之變化如下：

1. 基隆港：逐年視窗的推移過程中，發現基隆港之整體效率值有下降的趨勢。以 88 年為例，基隆港於表 10「視窗一」之 CCR/AR 效率值為 0.950，經過「視窗二」的推移後，其效率值下降為 0.938，至「視窗三」更下降到 0.925。另觀察表 11 之 BCC/AR 效率值，其純粹技術效率雖有逐年遞減的現象，但大體而言，其純粹技術效率值仍與技術效率評分有一定的差距，且相當接近於 1。因此，可以了解造成整體技術效率下降的原因，主要是由於規模效率的不足，致使其整體技術效率不佳。規模效率不佳的原因，可解釋為

基隆港在營運規模的適當性，相對於其他港口較差。

2. 臺中港：在歷年視窗推移的過程中，整體技術效率值呈現小幅增加的趨勢。此外，臺中港效率值的標準差相較於基、高二港而言，則高出許多，表示臺中港的效率表現並不穩定。在觀察其技術效率的變化時，則發現於 88 年之前臺中港效率不佳之主要原因在於其當時未達到最適之規模；89 年之後，則是因為其純粹技術效率不佳，以致影響其近年總技術效率評分的結果。
3. 高雄港：觀察高雄港整體之技術效率變化而言，具有逐年上升的情形。就數據顯示，造成高雄港無效率的主要原因，多是由於營運規模的不適當。88 年高雄港的 CCR/AR 及 BCC/AR 效率值在視窗的推移過程中均有下滑的現象，亦即表示該年度效率不佳的原因，主要是由於純粹技術效率不佳所導致。另就其該年度的 I/O 資料觀察，發現該年度的營業收入與其他年度有顯著落差；因此可了解造成該年度效率不佳的原因，乃是因為收入的減少所造成。惟至近年，該情形已獲改善，其效率表現已提升並呈現相對有效率的穩定狀態。

其次，若以我國歷年整體港埠經營效率之動態變化來看，如圖 1 所示，我國港口之總體技術效率呈現緩升趨勢。若就各港歷年整體之技術效率動態變化表現來看，如圖 2 所示，基隆港與高雄港於 88 至 89 年效率表現均較平均值為低。進一步探究其原因，造成基隆港與高雄港二港效率不佳之原因，則可能是由於二港先後於 88 年及 89 年開放裝卸業務民營化，使營業收入減少，而營業成本及營業外費用卻大幅成長等因素所致。臺中港則由於上述二港效率表現不佳，加上臺中港營業收入適時成長的相對情況下，在效率趨勢上出現急遽上升的現象。因此，當基、高二港的效率回穩後，加上臺中港於 90 年起港棧埠業務全面開放民營等因素衝擊下，造成臺中港又出現急遽下降的現象。

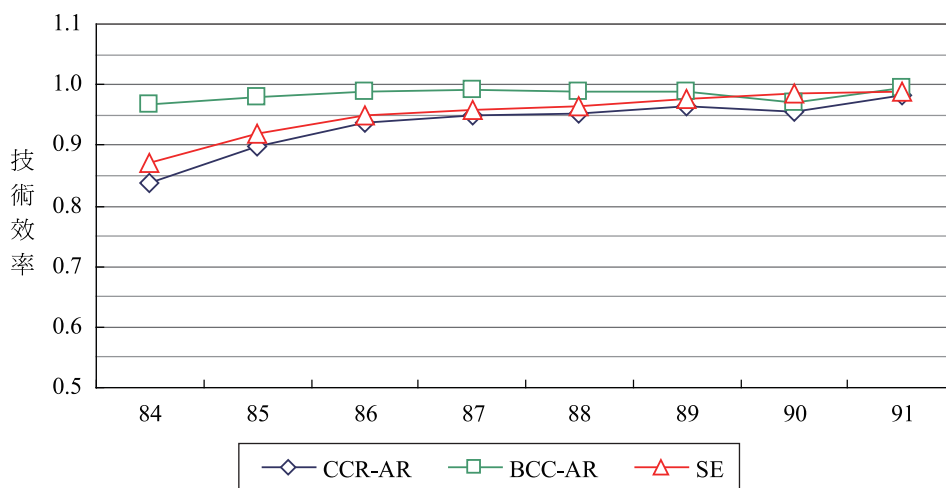


圖 1 我國主要國際港埠歷年動態效率變化

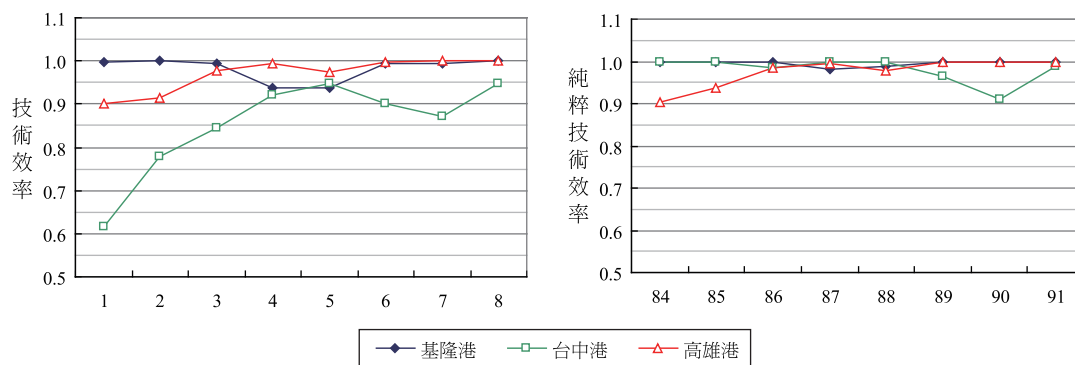


圖 2 各港歷年動態效率變化

四、結論與建議

傳統 DEA 模式係以數學規劃的方式求得各 I/O 之最佳乘數，其優點在於排除了人為主觀因素，使分析結果能更為客觀。然而以其分配所產生之非主觀乘數，卻有可能造成各 DMU 的比較基準不同，而產生不合理的情況。如其計算分配之虛擬乘數為 0，則其所求得之效率值可能未必來自本質效率，而是來自於乘數的選擇。因此，若單純以傳統 DEA 模式分析其效率，將可能造成偏差。本研究利用 AR 模式來修正傳統 DEA 模式於乘數上所存在之不合理現象，將先驗資訊納入 DEA 之計算過程，對 I/O 之乘數設定上下限，以避免虛擬乘數出現為 0 之現象，使評估結果更貼近於事實。

再者，本研究亦就國內以 DEA 法評估我國港埠經營效率之相關文獻進行探討，並修正其部分之 DMU 及 I/O 變數，使分析能更為公正合理。根據本研究效率分析的結果，發現基隆港歷年之表現多呈現相對的無效率，另綜合視窗分析的結果發現，基隆港整體效率不佳的原因，主要是由於規模效率不佳所導致，再根據差額變數分析結果，發現若欲改善基隆港的整體營運效率，則可就考量船席空間的有效利用及降低港埠支出兩者進行改善。臺中港近年則因純粹技術效率之故，致使其效率評分結果不佳，若欲提升整體營運效率，則可考量如何有效調節港埠支出作為首要之務。在高雄港的部分，雖然在國內港埠之分析中呈現相對的有效率，但若欲提升其經營效率，以加強整體競爭力的話，短期而言，可考慮調節港埠支出，作為主要考量；長期而言，則可就調整拖船與善用人力方面，作為其未來增加競爭力的有效策略。

本研究主要係採取 DEA 之 AR 模式進行國內國際港埠之效率評比，而 DEA 評比之依據，則直接來自於受評 DMU 的個數與所選用的 I/O 變數。就後續研究而言，提出相關建議如下：

1. 本研究所選擇之主要評估單位為國內國際港埠，由於 DMU 的選擇必須為相近之環境、市場條件及工作性質，因此本研究選擇以基隆、臺中、高雄三港為主要受評單位，並以

縱斷面之年跨期資料與 DEA 視窗分析法，克服 DMU 不足的問題。後續研究則可嘗試以本研究所選擇之變數及方法，利用季資料進行 DEA 分析，進一步觀察港埠季經營效率的變化情況。

2. 本研究主要是以港埠之整體經營效率進行評估，後續亦可依本研究所提供之研究步驟，採取不同之 DMU 或 I/O 變數，以國際港埠作為評估對象或以不同財務構面或設施配置構面作為 I/O 變數，進行不同部門或不同層面之經營效率分析。

參考文獻

1. 行政院主計處，**中華民國統計年鑑**，民國九十三年。
2. 蔡文化，「臺灣地區國際港埠作業效率比較評估」，國立中山大學企業管理研究所碩士論文，民國八十三年。
3. 郭建男，「應用包絡分析法評估亞太地區港埠貨櫃作業績效之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國九十年。
4. 曾兆君，「應用資料包絡分析法評估亞太地區國際港埠貨櫃經營效率」，國立高雄第一科技大學運輸與倉儲營運系碩士論文，民國九十二年。
5. 游智超，「應用資料包絡分析法評估國際貨櫃航商整體營運效率之研究」，國立高雄第一科技大學運輸與倉儲營運系碩士論文，民國九十二年。
6. 林國棟、盧華安，「應用資料包絡分析法評量港埠經營績效之研究」，**航運季刊**，第十三卷，第三期，民國九十三年，頁 49-68。
7. 周明道、李選士、林 光，「應用跨期遞迴資料包絡分析法評估兩岸三地貨櫃港埠生產效率」，**航運季刊**，第十三卷，第四期，民國九十三年，頁 71-86。
8. 曾立安，「國際貨櫃港埠經營效率分析—以 SFA 及 DEA 之比較」，國立高雄第一科技大學運輸倉儲營運系碩士論文，民國九十三年。
9. Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E., "Short Communication: Measuring the Efficiency of Decision-making Units", *European of Operational Research*, Vol. 3, No. 4, 1979, pp. 339.
10. Charnes, A., Clark, C. T., Cooper, W. W., and Golany, B., "A Developmental Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the U.S. Air Force", *Annals of Operations Research*, Vol. 2, 1985, pp. 95-112.
11. 林國棟、盧華安，「應用標竿管理缺口分析法評量港埠經營績效之研究」，**運輸學刊**，第十六卷，第四期，民國九十三年，頁 355-378。
12. Thompson, R. G., Singleton, F. D., Thrall, Jr. R. M., and Smith, B. A., "Comparative Site Evaluation for Locating a High-Energy Physics Lab in Texas", *Interfaces*, Vol. 16, 1986, pp. 35-49.
13. Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Tone, K., *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive*

- Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.
14. Dyson, R. G. and Thanassoulis, E., “Reducing Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis”, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 39, 1988, pp. 563-576.
 15. Farrell, M. J., “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, No. 3, 1957, pp.253-290.
 16. Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E., “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, 1978, pp.429-444.
 17. Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W., “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiency in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, Vol. 30, No. 9, 1984, pp.1078-1092.
 18. 孫遜, **資料包絡分析法-理論與應用**, 一版, 揚智出版社, 臺北, 頁 59-60, 民國九十三年。
 19. 高強、黃旭男、Toshiyuki, S., **管理績效評估**, 一版, 華泰文化事業, 臺北, 頁 78, 民國九十二年。
 20. Tone, K., “A Comparative Study on AHP and DEA”, *International Journal on Policy and Information*, Vol. 13, 1989, pp.57-63.
 21. Golany, B. and Roll, Y., “An Application Procedure for DEA”, *Omega*, Vol. 17, No. 3, 1989, pp.237-250.
 22. 陳禹廷, 「我國產險業經營績效之研究—資料包絡分析法之應用」, 朝陽科技大學保險金融管理系碩士論文, 民國九十二年。
 23. 蘇澳港貨物吞吐量統計圖表, <http://www.sahb.gov.tw/work.htm>。
 24. 臺灣省政府交通處, **臺灣省交通統計年報**, 民國八十四年至八十八年。
 25. 基隆港務局、臺中港務局、高雄港務局, **交通統計年報**, 民國八十四至九十一年。
 26. 李選士、周明道、郭森桂, 「應用資料包絡分析評估亞太地區貨櫃港效率」, **航運季刊**, 第十二卷, 第四期, 民國九十四年, 頁 81-105。
 27. Dowd, T. J. and Leschine, T. M., “Container Terminal Productivity: A Perspective”, *Maritime Policy and Management*, Vol. 17, 1990, pp.107-112.
 28. Cullinane, K., Song, D. W., Ji, P., and Wang, T. F., “An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency”, *Review of Network Economics*, Network Economics Consulting Group, Vol. 3, No. 2, 2004, pp.184-206.

