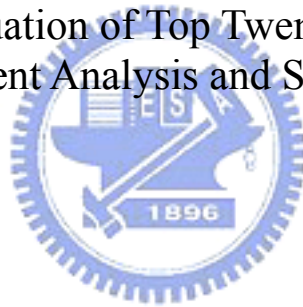


國立交通大學
運輸科技與管理學系碩士班

碩士論文

以資料包絡法與隨機邊界分析法評估亞洲地區二十大
港埠之貨櫃經營效率

Performance Evaluation of Top Twenty Container Ports in Asia by
Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis



研究生：林伶潔
指導教授：黃家耀

中華民國九十八年六月

以資料包絡法與隨機邊界分析法評估亞洲地區二十大
港埠之貨櫃經營效率

Performance Evaluation of Top Twenty Container Ports in Asia by Data
Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis

研 究 生：林伶潔

Student : Ling-Chieh Lin

指 導 教 授：黃家耀

Advisor : Ka-Lo Wong

國立交通大學
運輸科技與管理學系
碩 士 論 文



Submitted to Institute of Transportation Technology and Management
College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Transportation Technology and Management

June 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年六月

以資料包絡法與隨機邊界分析法評估亞洲地區二十大港埠之貨櫃經營效率

研究生：林伶潔

指導教授：黃家耀

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

摘要

近年來，根據「國際貨櫃化雜誌」(Containerisation International)的統計，可以發現中國在經濟快速發展以及其經濟地位日漸重要之際，嚴重的壓縮與排擠台灣及鄰近亞洲國家港埠的成長空間，使得台灣與東南亞國家的經濟發展與港埠貨櫃量出現變化，值得注意的是中國大陸港埠的成長幅度，中國港埠已有六個港埠擠進亞太地區前十大，其五個港口的成長率達到 10% 以上，香港除外。因此，港埠營運績效與港埠的競爭力息息相關，為了進一步衡量、分析港埠經營績效，須選擇適當的效率衡量方法，但港埠事業係屬於營利事業或非營利事業，說法很多，亦可以公營、公民營、民營等不同形式存在。SFA 分析以經濟計量方法估算投入與產出間之效率值，常應用於營利組織，而 DEA 為一種績效評估的方法，透過線性規劃來找出包住所有受評估單位的效率包絡線，可衡量多項投入與產出之相對效率值，常應用於非營利組織，根據港埠事業具有多元投入及產出組合的特性，故本研究在此同時運用資料包絡分析法(DEA)與隨機邊界分析法(SFA)二種不同的方法分析 2004-2006 年間亞洲地區 20 大國際貨櫃港的經營績效以及其競爭力的變化。

研究發現：在 DEA 分析法中採用 CCR 與 BCC 模式，2006 年之大陸地區的寧波、天津、廈門、上海、香港在亞洲地區二十大港埠中較具有競爭力。SFA 法中採用 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數兩種模式進行分析，其中兩模式效率最高的港口排名中前三名皆為相同的港埠分別為深圳、上海、香港。模式間相比，可發現平均總體效率值為 BCC 模式最高，順序依序為順序依序為 $TE_{BCC} (0.759) > TE_{CCR} (0.684) > TE_{TR} (0.650) > TE_{C-D} (0.542)$ 。運用 Spearman 等級相關係數分析使用四種衡量模式中各效率排序間之相關性，顯示效率值排序與 SFA 兩模式較一致，僅 DEA_{BCC} 與三模式之相關係數相對較低，加入 2004-2006 年平均貨櫃吞吐量排序與四模式比較，其不存在較明顯的趨勢關係。

關鍵字：隨機邊界分析法、資料包絡法、亞洲貨櫃港埠、經營效率

Performance Evaluation of Top Twenty Container Ports in Asia by Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis

Student : Ling-Chieh Lin

Advisor : Dr. Ka-Lo Wong

Department of Transportation Technology & Management
National Chiao Tung University

Abstract

According to the statistics of Containerisation International, with the recent fast growing of economics, China greatly competes and challenges Taiwan and other Asia countries' development of ports. Thus the economic developments of containers ports of Southeast Asian countries have been changed. As a result of the recent growing of China economies, now there are six China ports being in the top ten Asian, with a growing rates of more than 10 percents, excluding Hong Kong. As the port operating performance links closely with port competitiveness, to further measure and analyze the operating efficiency of ports, we have to select a suitable method to evaluate the efficiency. On the methodology, SFA is an econometric approach, and is suited to measure efficiencies of stochastic industry for input/output information. SFA has been applied to measure performance of profit organizations. In contrast, DEA is a non-parametric approach and is suited to measure efficiencies of deterministic industry for multiple inputs/outputs information. DEA has been applied to assess performance of non-profit organizations. Since seaport can be public-owned, private-owned and both public and private-owned, this paper aimed at measure the operating efficiencies and the change of competition of Top Twenty Container Ports in Asia from 2004 to 2006 by applying both SFA and DEA models.

From the results of the analysis, with CCR model and BCC model in DEA, Ningbo, Tianjin, Xiamen, Shanghai and Hong Kong have the best performance in 2006. For SFA, Cobb-Douglas function and Translog production function were used to analyze the data, and the result showed that Shenzhen, Shanghai and Hong Kong had the best performances in the two models. Comparison of the four models showed that the average operating efficiency value of BCC model TE_{BCC} was 0.759 which is the highest value, followed by TE_{CCR} (0.684), TE_{TR} (0.650) and TE_{C-D} (0.542). Adopting Spearman ranking correlation coefficient analysis to measure the efficiency ranking of the four models, we found that the efficiency values were consistent for the two models in SFA. The correlation coefficient of DEA_{BCC} was the lowest as compared to the result of the other models. Furthermore, the efficiency ranking of each of the four models does not depend on the average container volumes ranking for the data studied in 2004-2006.

Keywords : DEA, SFA, Container port in Asian, Operating efficiency

誌 謝

在研究所的歲月裡，雖然看似苦悶，但在這兩年的生活，卻是人生中最美好的回憶，時光匆匆，隨著口試的結束，也才驚覺學生生活即將劃下句點，這一路走來要感謝的人實在是太多了。

首先要感謝在論文撰寫期間，指導教授黃家耀老師給予耐心積極的指導與鼓勵，才使得論文得以持續並且完成，在此表達我最深的敬意。在口試期間，承蒙本系姚明忠老師與本系黃明居老師撥冗細閱，並惠賜許多寶貴的意見與指正，使論文更甄嚴謹完備，並且得以更完整的呈現，學生由衷感謝。

在交大兩年的研究生活中，也要感謝許多生活中一起打拼的夥伴與一直持續鼓勵我的朋友們，感謝實驗室的智偉、總務、亞蓁、修安等學長學弟妹們，另外還有家銘、展宗、佩瑜、小花、筱嵐、怡安、惟茵、聰儒、蕭仔、蛋妹、維中不同實驗室的夥伴同學們，以及同寢兩年共患難的好室友子子、芊芊、德德、宜靜與好飯友阿布，還有台北老朋友們與台大小幫手嘉茵和大學好朋友雅嵐，感謝這些朋友們一直以來在生活上或課業上的幫忙與照顧，亦陪伴我渡過許多歡笑與低潮的時光，由衷的謝謝你們與我分享生活以及和我一同成長。

最後，謹將本文獻予我最敬愛的母親與在天上的父親，雖然人生中總是充滿著許多遺憾，但這一切都讓我學會必須要成長，謝謝你們給我最大的支持與力量讓我有動力繼續前進，也期許未來的自己能夠更加勇敢大步的往前邁進。

林伶潔 謹致
2008年 6月
新竹 交大

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌 謝.....	iii
目 錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究範圍與限制.....	3
1.4 研究流程.....	3
第二章 文獻回顧.....	6
2.1 傳統效率衡量方法.....	6
2.2.1 邊界分析法中 SFA 與 DEA 之比較.....	8
2.2 港埠經營效率之文獻回顧.....	10
2.2.1 港埠競爭力之影響因素.....	11
2.2.2 應用不同方法評估港埠經營效率.....	12
2.2.3 應用資料包絡法評估港埠經營效率.....	14
2.2.4 應用隨機邊界法評估港埠經營效率.....	18
2.2.5 運用 DEA 與 SFA 於其他產業之效率分析相關文獻.....	19
2.3 小結.....	22
第三章 研究方法與理論基礎.....	23
3.1 資料包絡分析法(DEA)之起源.....	23
3.2 資料包絡分析法基本概念.....	23
3.3 資料包絡分析法之模式.....	25
3.3.1 CCR 模式.....	25
3.3.2 BCC 模式.....	28
3.4 資料包絡分析法模式分析.....	31
3.4.1 效率分析.....	31
3.4.2 差額變數分析.....	31
3.4.3 規模報酬分析.....	32
3.4.4 敏感度分析.....	32
3.5 資料包絡分析法之應用假設與限制.....	32
3.6 Malmquist 生產力指數法.....	34
3.7 隨機邊界法(SFA)之基本概念.....	36
3.8 隨機邊界法(SFA)之分析法.....	37
第四章 實證分析與研究結果.....	41
4.1 投入與產出變數之選取.....	41
4.2 受評單位之選用.....	44
4.3 投入與產出變數之相關檢定.....	49
4.4 DEA 模式評估結果分析.....	53

4.4.1 分析內容項目	53
4.4.2 CCR 模式與 BCC 模式之效率分析	53
4.4.3 規模報酬分析	57
4.4.4 差額變數分析	58
4.4.5 敏感度分析	60
4.4.6 2004-2006 年 DEA 之總體效率值分析	62
4.5 競爭力變動 (Malmquist)分析內容	64
4.5.1 效率變動分析	64
4.5.2 技術變動分析	65
4.5.3 生產力變動分析	66
4.6 SFA 模式之實證結果分析	69
4.6.1 SFA 函數估計結果	69
4.7 DEA 與 SFA 之實證結果比較	72
4.8 討論	76
4.9 小結	78
第五章 結論與建議	80
5.1 結論	80
5.2 建議	81
參考文獻	82



表 目 錄

表 1 2007 年亞太地區排名前 10 名貨櫃港.....	2
表 2 港埠作業服務項目明細表.....	8
表 3 SFA 與 DEA 比較表.....	10
表 4 港埠競爭力之影響因素.....	11
表 5 應用不同方法評估港埠經營效率之相關文獻.....	14
表 6 應用 DEA 評估港埠經營效率之文獻.....	17
表 7 應用隨機邊界法評估港埠經營效率之文獻.....	19
表 8 運用 DEA 與 SFA 於其他產業之效率分析相關文獻.....	21
表 9 港埠效率評估之投入及產出變數.....	41
表 10 相關港埠評估指標之蒐集與分類表.....	43
表 11 亞洲前二十大國際貨櫃港 2004 年投入產出資料表.....	46
表 12 亞洲前二十大國際貨櫃港 2005 年投入產出資料表.....	47
表 13 亞洲前二十大國際貨櫃港 2006 年投入產出資料表.....	48
表 14 2004 年投入與產出各變數間之相關係數分析表.....	50
表 15 2005 年投入與產出各變數間之相關係數分析表.....	51
表 16 2006 年投入與產出各變數間之相關係數分析表.....	52
表 17 2006 年亞洲二十大港口 DEA 之產出導向之效率分析表.....	57
表 18 亞洲地區二十大港口之規模報酬分析表.....	58
表 19 亞洲二十大港埠經營效率之差額變數分析表.....	60
表 20 亞洲二十大港口經營效率之敏感度分析.....	61
表 21 2004-2006 年 DEA 兩模式之總體效率值與排名.....	63
表 22 效率變動分析表.....	65
表 23 技術變動表.....	66
表 24 生產力變動指數表.....	68
表 25 隨機邊界分析之最大概似估計值.....	69
表 26 2004-2006 年 SFA 效率估計結果.....	71
表 27 2004-2006 DEA 與 SFA 四種模式之總體效率值與排名.....	73
表 28 Spearman 等級相關係數矩陣表.....	74
表 29 效率值分佈情況.....	75

圖目錄

圖 1 研究流程圖.....	5
圖 2 資料包絡分析法推估生產函數與評估效率值之圖解.....	25
圖 3 亞洲地區二十大港口位置圖.....	45
圖 4 DEA 與 SFA 四模式之效率排名與貨櫃吞吐量排名之關係圖	75



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

在全球化的時代下，航運為促進國際貿易，繁榮工商企業，發展國家經濟建設之主要力量，舉世各經濟大國莫不致力於拓展航運事業。又因全球的貨物約 90% 均藉著海運貨櫃運輸與移動，可預期海運將帶來龐大的商機，所以各國及各主要都市都十分重視及關切其對外貿易港在國際貨櫃運輸中的作用和地位。故各國港務單位均積極擴大其港埠資源與設施。

隨著中國經濟的快速發展，外資持續湧入，出口量及內需市場大幅擴增，且近年來國際貿易重心有自歐美地區移轉至亞洲地區的趨勢，目前亞洲地區的海運市場也約佔世界海運市場 50% 以上，這也順勢帶動了亞太區域內國際貿易的蓬勃發展，中國港埠亦因此貿易的情勢而迅速成長，其沿海地區港埠不斷地建設發展，亦帶動著亞太地區各國政府大肆開發港口，使得亞太地區港埠競爭更加趨於明顯與激烈。

台灣為一個海島型國家，因其島內資源有限，國家經濟發展大多需依賴國際貿易，而實體貨物的進出口，除空運外，海運亦是貿易交流的重要管道，具有單次運輸量大，且運輸成本較空運來的低廉的優點，在跨洲運輸上具有無可取代的優勢，然貨櫃進出通常需要透過港埠，所以港埠成為台灣經濟發展重要的角色，又因台灣地理位置優渥，位於太平洋上各大洲的中心點，故成為遠東地區海運轉運的重要樞紐。

近年來，根據「國際貨櫃化雜誌」(Containerisation International) 的統計，可以發現中國在經濟快速發展以及其經濟地位日漸重要之際，嚴重的壓縮與排擠台灣及鄰近亞洲國家港埠的成長空間，使得台灣與東南亞國家的經濟發展與港埠貨櫃量出現變化，台灣面對此環境衝擊，造成國際經濟貿易地位與重心產生快速變化，以致於貨櫃量呈現緩慢成長，甚至在 2007 年國際貨櫃化期刊上可知亞太地區十大貨櫃港口的排名已滑落到第七名，且成長率為較低。值得注意的是中國大陸港埠的成長幅度，中國港埠已有六個港埠擠進全球前十大，其五個港口的成長率達到 10% 以上，香港除外。

因此，一個國家的港埠競爭力關係著國家經濟發展，又港埠營運績效與港埠的競爭力息息相關，為了進一步衡量、分析港埠經營績效，須選擇適當的效率衡量方法，故本研究在此同時運用資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis; DEA)與隨機邊界分析法(Stochastic Frontier Analysis; SFA)二種不同的方法分析亞洲地區20大國際貨櫃港的經營績效以及其競爭力的變化，以藉由生產效率之評估量測港埠競爭力之優劣勢，助於了解亞太地區各國家經濟發展，與體認台灣港口目前所處的大環境之地位，並且提出建議。

表 1 2007 年亞太地區排名前 10 名貨櫃港

排 名		港 別	國 別	貨 櫃 裝 卸 量 單位：萬 TEU		成 長 率 (%)
2007 年	2006 年			2007 年	2006 年	
1	1	新加坡(Singapore)	新 加 坡	2,794	2,479	12.7
2	3	上海(Shanghai)	中 國 大 陸	2,615	2,171	20.5
3	2	香港(Hong Kong)	中 國 大 陸	2,400	2,354	2.0
4	4	深圳(Shenzhen)	中 國 大 陸	2,110	1,847	14.2
5	5	釜山(Busan)	韓 國	1,327	1,204	10.2
6	8	杜拜(Dubai)	阿 拉 伯 聯 合 大 公 國	1,065	892	19.3
7	6	高雄(Kaohsiung)	中 華 民 國	1,026	977	4.9
8	12	青島(Qingdao)	中 國 大 陸	946	770	22.9
9	13	寧波-舟山 (Ningbo-Zhoushan)	中 國 大 陸	932	707	32.4
10	15	廣州(Guangzhou)	中 國 大 陸	920	660	39.2


資料來源：國際貨櫃化雜誌 (Containerisation International) 2007 年

1.2 研究目的

本研究主要目的如下：

- 一、針對 2006 年全球貨櫃排名之前二十大亞洲港口進行競爭力分析，以了解各大港口所具有的個別競爭優勢，探究港口的整體競爭力，分析哪些港口的相對競爭力較佳或是較弱的地方，並且提出建議與可能修改的策略。
- 二、探討亞洲地區二十大港埠在 2004~2006 年三年期間經營效率變動情形。
- 三、本研究使用資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis; DEA)與隨機邊界分析法(Stochastic Frontier Analysis; SFA)，了解哪些重要因素對於港口競爭力最具影響性，對貨櫃航商進行各項因素的評量。
- 四、探討我國高雄港於全球貨櫃排名下滑下，其港埠之經營績效是否也同步處於低落，並且分析其相對優劣勢，進一步探討如何提升其競爭力與提供發展策略以供參考。

1.3 研究範圍與限制



本研究主要以 2006 年世界排名前二十大之亞洲地區貨櫃港埠作為主要研究對象，包括新加坡港、上海港、香港、深圳港、釜山港、高雄港、青島港、寧波港、廣州港、巴生港、天津港、丹絨柏樂巴斯港、南查班港、廈門港、丹絨不祿港、迦哇內盧港、東京港、大連港、橫濱港、可倫坡港。各港埠在資料的取得上，選取的評估項目考量其正確性與蒐集的方便性，無法納入全數的港埠競爭力評估指標，因此僅參考文獻資料中較具代表性的項目來進行評估，資料來源以國際貨櫃化雜誌(Containerisation International Yearbook)中刊載全球各地區港埠或碼頭的相關資訊為主，以各港埠之官方網站統計資料為輔，以彌補國際貨櫃化期刊之不足，以求結果公正。本研究以亞洲前二十大港口之相關基礎設施資料為投入變數，分別為橋式起重機(台)、貨櫃場面積(公頃)、船席長度(公尺)、冷凍插座(個)，選用貨櫃吞吐量(TEU)為產出變數，由於影響港埠競爭力的因素眾多，又因所選擇的投入變數特性，本研究將著重於各港埠所具備資源之使用對於貨櫃作業效率之影響。

1.4 研究流程

本研究之研究流程研擬如下：

第一章:緒論，說明本研究之研究背景與動機、研究目的、研究範圍與限制以及研究架構與流程，主要是分析亞太地區排名前二十大貨櫃港埠之競爭力，並且選出代表性的衡量指標，運用資料包絡分析法與隨機邊界分析法進行分析以及排序，針對無效率的港埠分析與研究，給予建議。

第二章:文獻回顧與蒐集，根據國內外文獻進行探討，回顧國內外港埠經營績效分析之相關文獻，探討運用資料包絡分析法與隨機邊界分析法於港埠績效評估之相關文獻研究。

第三章:研究方法介紹，說明資料包絡分析法與隨機邊界分析法模式，且對於投入與產出項進行選取，選擇較具影響力與關鍵性的投入與產出進行分析。

第四章:實證分析與研究數據結果，因本研究是以亞太地區二十大港埠進行分析，以了解港埠之營運狀況。

第五章:結論與建議，對本研究之研究結果提出具體的結論與建議，供航商與港埠機構決策參考。

流程圖如圖(1)所示。



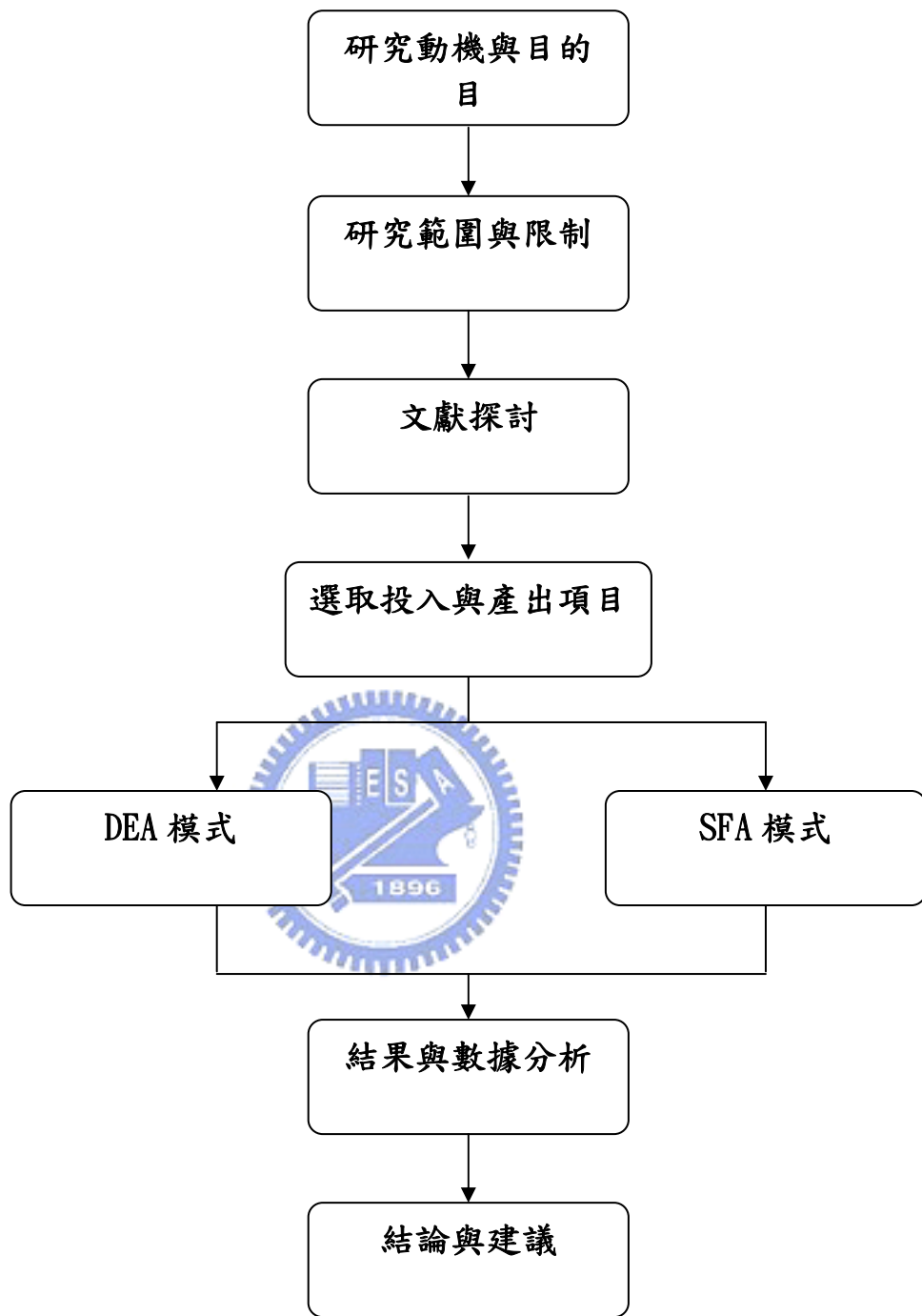


圖 1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

2.1 傳統效率衡量方法

效率(efficiency)的基本概念是在評估資源投入項與產出項是否適當利用程度之比率關係，Charnes and Cooper(1985)從投入面與產出面來說明其效率之涵義，亦可由在經濟學上的柏拉圖最適化 (Pareto optimality) 概念說明之。以產出面而言，當生產個體或產業組織無法進一步增加目前某一產出的產量，而不以其他產出的減少或增加投入量為代價時，則定義該生產個體或產業組織目前處於效率的狀況。相反的我們以投入面而言，當生產個體或產業組織無法進一步減少目前某一投入的使用量，而不以其他投入之增加或降低產出量為代價時，則定義該生產個體或產業組織乃處於效率的狀況。

效率是指組織輸出（產品或勞務）與輸入（人力或資本）之比例。通常是以每單位成本所產生的價值最大化(投入不變、產出最大)或者每單位產品所需成本的最小化(投入最小、產出不變)，來做為計算效率的基礎。亦可將效率分解為技術效率(technical efficiency)與配置效率(allocative efficiency)或價格效率(price efficiency) (Farrel, 1957)。技術效率指在固定的投入要素數量下所能生產的最大效能，而配置效率則指在給定的生產技術與投入要素之相對價格下，以最適當的投入使生產極大之能力。上述兩種效率之乘積一般定義為生產效率或經濟效率。

一般而言，生產效率衡量方法可分為比例分析法 (Ratio Analysis)、迴歸分析法 (Regression Analysis) 與邊界分析法(Frontier Analysis)等三種 (翁興利,1996)，比例分析法係將單一的產出項除以單一的投入項之比值定義為效率值，其優點為使用簡便且容易瞭解。但只注重單一的投入及產出，而忽略其他相關因素之影響，因此無法完整表現整體之效率。迴歸分析法亦可稱非邊界分析法，其可同時處理多項投入與單一產出，將對評估對象之投入項設為自變數，產出項設為應變數套入迴歸模式中，即可獲得知投入項對產出項之影響程度。由於所推估的生產函數為「平均」的概念，缺乏一個完全效率的比較點，無法有效區分高效率與低效率單位。且在迴規模式中假設之生產函數必須為線性，一旦有生產函數為非線性，則此方法便不適用。在迴歸模式中，只能衡量單一個應變數，無法同時將多個應變數放入同一個迴歸模式中。邊界分析法係藉由欲評估之生產單位的投入產出估

算效率，將其最具效率的生產點連成一條生產效率邊界，任一生產點與生產效率邊界的差距則代表無效率值之大小。此法係經常使用於多項投入及多項產出的評估對象，使用前需確定評估對象其效率是由多項因素組成，即可求得各受評估單位之效率，並比較其差異性。

在港埠產業中為提供消費者完整的服務，可整理由表 2 中可知，僅由單一投入項或產出項所求得之經營效率值較無法完整呈現港埠產業之效率，港埠作業效率需要經由港口作業系統各項措施所展現的服務品質評定，該措施有些是屬有形設施領域，如港埠規劃、港埠設施、基礎設施等；部分屬於組織功能範疇，包括港埠維護策略、人力資源管理等，能有效發揮，而成一個完整的港口作業服務，因此本研究採用可由多項投入與產出項衡量效率之邊界分析法。



表 2 港埠作業服務項目明細表

港埠功能	港埠服務項目	服務單位
船舶進出港及靠泊	進出港預報	航政單位
	聯檢作業	海關、海巡署
	船席指泊	港務單位
	引水作業	引水人
	拖船服務	拖船業
	帶解纜	帶解纜業
裝卸及倉儲	裝卸	裝卸公司、機具出租業
	進、出倉	倉儲業、碼頭營運人
	船邊提貨	陸運運輸業
增值服務	拆/併櫃	裝卸公司
	簡易加工	倉儲業、製造業
	物流服務	物流業
其他服務	日用品補給	日用品供應商
	給水	給水業
	船舶維修	船舶小修業
	加油	加油業

資料來源:鄭淑惠(2002)

2.2.1 邊界分析法中 SFA 與 DEA 之比較

根據經濟生產理論，組織之經營效率通常可由生產邊界加以衡量，因為「邊界」的觀念，係強調所估計的函數能滿足經濟學上所要求的最大產出、最大利潤與最小成本等假設目標，有異於一般迴歸分析所估算的「平均值」概念，因此較適合作為衡量廠商在追尋其目標時，生產效率或無效率之指標。有關生產邊界之估計主要有兩種方法，即參數法與無參數法(Lovell, 1993)：

(一) 參數法(parametric approach)

參數法為代表，主要透過經濟計量方法估算相關的邊界函數，再進行效率值之估算。其特徵在於需預先設定生產(或成本)函數之型式及函數殘差項分布等若干假設，通常可區分為確定性(deterministic)模型與隨機性(stochastic)模型兩類。

確定性模型將生產無效率歸因於人為技術無效率，而不考慮其他隨機因素。而隨機邊界模型亦即我們所要討論的SFA分析法，最大的特色為其組合性誤差項(Composite Error Term)，將廠商不效率值區分為技術不效率與統計噪音二種，前者為相對於效率邊界的效率差異所構成，後者則為無法衡量的誤差，藉此將無法衡量之誤差降至最低，以求取最接近現況之經營效率值；隨機邊界模型對誤差項常見有三種不同分配假設(Greene, 1993)，即假設符合半常態(Half-normal)、指數型態(Exponential)及截斷型態(Truncated from below at zero)等不同特性之分配。由於包含隨機干擾項，故可處理外在環境中不確定因素為其優點，因為廠商在實際過程中，會受到罷工、天候、機器運作突發狀況發生等不確定性的隨機因素干擾，故隨機邊界分析法需預先設定函數之型式及誤差項分配等若干假設，以利進行估算，常運用於營利性組織。

(二) 無參數法(non-parametric approach)

無參數法不須預設生產或成本函數之型式，亦不用估計函數之參數，而通常運用數學規劃(mathematical programming)技巧，應用上較為彈性，可衡量多項投入多項產出之受評估單位的相對效率值。常見之無參數邊界法如資料包絡分析法，其區分為CCR模式(Charnes et al., 1978)與BCC模式(Banker et al., 1984)兩種。CCR模式是假設投入產出之間為固定規模報酬，並不考慮規模因素對於效率之影響。BCC模式則假設投入產出之間為變動規模報酬，即考慮變動規模報酬下所衡量之相對效率。兩模式都將相對效率值設定在0到1之間，故可明確表達效率之含意，較廣泛應用於非營利組織。

DEA法雖然在應用上具有彈性，但其主要缺點是在技術無效率的衡量對於效率邊界太過敏感，在遺漏某些具有效率的樣本，或變數的衡量產生誤差的情況發生時，皆將影響所估計之效率值。從統計的角度來看，DEA法並未考慮誤差項的分配，在參數的估計上亦無法提供統計的假設檢定。

將上面所述，參數法與無參數法之比較整理如表3所示。

表 3 SFA 與 DEA 比較表

項目	隨機邊界分析法(SFA)	資料包絡分析法(DEA)
共同性	均為效率邊界法，利用一組樣本廠商從中尋求技術或成本邊界，若廠商位於效率邊界上稱為最有效率廠商，其他廠商的效率水準則視它們與效率邊界的相對位置而定	
特性	參數型	非參數型
可衡量之項目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 技術效率 2. 規模彈性 3. 規模效率 4. 分配效率 5. 技術變動與總生產要素生產力變動 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 技術效率 2. 規模彈性 3. 規模效率 4. 分配效率 5. 擁擠效率 6. 技術變動與總生產要素生產力變動
理論基礎	廠商實際使用之技術雖未知，但可運用計算迴歸法予以逼近，求出近似的函數來代表廠商使用的技術。	將擬衡量之樣本與最佳樣本比較，應用線性規劃求出相對效率值。
基本假設	廠商所面對效率邊界是隨機變動的，可能受天候、罷工、機器運作狀況與量測誤差	由樣本中最佳廠商構成效率邊界，所有與邊界間之差距均被解釋為無效率。
方法差異	以計量經濟方法，由樣本校估函數之參數及機率分配之平均數與變異數，再將樣本與最佳可能達成值比較，以求出效率值	以數學規劃法從樣本中尋找最大產出組合(或最小投入組合)，並視為同儕(peer)，再將其餘廠商與同儕廠商比較，得出相對效率值。
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不必事先假設廠商都是有效率，符合實際狀況。 2. 將天候、運氣等隨機項及量測誤差等統計上的殘差列入考量。 3. 不需要價格資料。 4. 可進行假設檢定。 5. 校估邊界函數而非平均函數，亦即可校估。到廠商所使用之最佳技術，而非平均技術。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不必事先假設廠商都是有效率，符合實際狀況。 2. 可處理多投入、多產出的效率衡量問題。 3. 不需要價格資料。 4. 不必事先假設函數型態及分配型態。 5. 樣本數較少時亦可比較相對效率。 6. CCR 與 BCC 模式具有單位不變性。
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 必須事先假設函數型態及分配型態。 2. 必須有足夠的樣本，以避免自由度不足的問題。 3. 所假設的分配型態對於評估之效率值是敏感的。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 未將量測誤差等統計上的殘差列入考量，所有與最佳觀測點之差異均被解釋為無效率。 2. 不能進行假設檢定。 3. 增加新樣本如為離群者會影響評估結果。
適用	常應用於營利性組織	常應用於非營利性組織

資料來源:Coelli et.al.(1997)，藍武王、林村基(2003)，曾立安(2004)

2.2 港埠經營效率之文獻回顧

近年來探討港埠相關評估指標之文獻眾多，本研究舉較具代表性之文獻來進行說明。本節首先介紹不同評估方法於港埠經營效率之文獻回顧，其次資料包絡法(DEA)於評估港埠績效之相關文獻回顧，從中獲取其研究分析之相關經驗，並了

解其適用性，接著回顧應用隨機邊界分析法(SFA)於評估港埠績效之相關文獻，了解 SFA 之相關經驗與其適用性，由於較少文獻是同時運用 DEA 與 SFA 兩種方法同時分析港埠之競爭力，故最後一節回顧運用 DEA 與 SFA 與不同產業之競爭力分析，藉由文獻中的經驗運用於港埠分析中。

2.2.1 港埠競爭力之影響因素

從港埠競爭力之影響因素來看，戴輝煌(2006)將評估指標歸納為港口內部條件與港口外部環境與營運策略三大方面，整理如下表 4 所示。

表 4 港埠競爭力之影響因素

構面	影響因素	參考文獻
樞紐港口之內部條件	碼頭能量	Tai & Hwang(2005), Cullinane et al.(2002), Fung(2001), Tongzon(2001), Zohil & Prijon(1999), Thomas(1998)
	裝卸效率	Tongzon & Wu (2005), Tai & Hwang(2005), Sanchez et al.(2003), 吳偉銘(民 91),戴輝煌(民 91), Wong et al.(2001), Tongzon(2001), 交通部運輸研究所(89), Fleming & Baird(1999), Thomas(1998)
	服務品質	Tai & Hwang(2005), Song & Yeo(2004), Lirn et al.(2004), 農用新(92), Cullinane et al.(2002), Heaver et al.(2001), Wong et al.(2001),Notteboom & Winkelmans(2001), Fleming & Baird(1999), Murphy & Daley(1994)
	船席設施	Tai & Hwang(2005), Song & Yeo(2004), Lirn et al.(2004), Tiwari et al.(2003), Cullinane et al.(2002), Fung(2001), Tongzon(2001),McCalla(1999), Thomas(1998)
	費率水準	Tongzon & Wu (2005), Tai & Hwang(2005), Veldman &Buckmann(2003),Lirn et al.(2004), Ha(2003), Zeng & Yang(2002), 吳偉銘(民 91),Fung(2001), Wong et al.(2001), 交通部運輸研究所(89),Budria et al.(1999), Wu(1988), Brooks(1984)
	水深條件	Tongzon & Wu (2005), Tai & Hwang(2005), Tiwari et al.(2003), 葛蕙銀(民 93)
樞紐港口之外部環境	貨源因素	Tai & Hwang(2005), Song & Yeo(2004), Zeng & Yang(2002), 交通部運輸研究所(89), McCalla(1999), Zohil & Prijon(1999), Thomas(1998)
	聯外系統	Tongzon & Wu (2005), Tai & Hwang(2005), Lirn et al.(2004), Veldman & Buckmann(2003), 農用新(92), Nir et al.(2003), Notteboom & Winkelmans(2001), Wong et al.(2001), Wang & Slack(2000), Heaver et al.(2000), 交通部運輸研究所(89), Fleming & Baird(1999),Ryoo & Thanopoulou(1999), Wang(1998), Brooks(1984)
	通關便利	Tai & Hwang(2005), Ha(2003), Wong et al.(2001),

	地理區位	林光、張志清(民 95), Tai & Hwang(2005), Song & Yeo(2004), Lirn et al.(2004), Veldman & Buckmann(2003), Ha(2003), Tiwari et al.(2003),交通部運輸研究所(89), Hoyle(1999), Fleming & Baird(1999),Thomas(1998)
營運策略的配合因素	航線策略	Tai & Hwang(2005), Lirn et al.(2004), Tiwari et al.(2003), Nir et al.(2003), Robinson(1998)
	選擇偏好	林光、張志清(民 95), Tongzon & Wu (2005), Tai & Hwang(2005), Fleming & Baird(1999)
	代理能力	Tai & Hwang(2005)
	政治因素	Tai & Hwang(2005), 戴輝煌(民 91)、交通部運輸研究所(89)

資料來源：戴輝煌(2006)

2.2.2 應用不同方法評估港埠經營效率

近年來評估港埠績效的相關研究中，大多針對碼頭貨櫃裝卸作業績效與港埠整體競爭力兩方面探討，所以用於評估港埠績效的分析方法總類也很多，例如：層級分析法(Alytic Hierarchy Process ,AHP)、結構方程模式(Structural Equation Modeling ,SEM)、TOPSIS 分析法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution ,TOPSIS)、主成份分析(Principal Component Analysis, PCA)、資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)、隨機邊界分析方式 (Stochastic Frontier Approach , SFA)等，皆可運用於績效評估上。

徐慧芬(1998)運用 Michael E. Porter 之鑽石模式作為理論的基礎，依據鑽石模式中的六個決定性因子：(1)生產要素；(2)市場需求；(3)國內相關及支援供應產業；(4)企業的策略結構與競爭態勢；(5)政府；及(6)機會，並配合港埠特性構建有效港埠競爭力評估準則，主要以專家問卷、AHP 分析法決定權重作為評估的方法，然而整體的問卷初步架構可細分為 20 個因素內容層集和 55 個細部評量準則，對象以亞太地區香港、新加坡及台灣高雄、基隆、台中等港，依照航商企業、政府官員、學者專家進行港埠競爭力的評分統計，評估各港競爭力高低。最後實證發現，競爭力按高低排名分別為：新加坡第一，香港第二，高雄港第三，再來依序為台中港及基隆港。而進一步利用集群分析技巧時，若分成「高競爭力」、「中競爭力」、「低競爭力」等三個集群時，可知具「高競爭力」之港埠組成包含：香港、新加坡港港。「中競爭力」港埠包含：高雄港與台中港。「低競爭力」港埠組成則包含：

基隆港。

戴輝煌(2006)對於影響航商在兩岸三地間，選擇樞紐港口的重要因素，進行探究，並且應用結構方程模式(SEM)，探討這些重要影響因素(如港口內部條件與外部環境、航商之營運策略配合因素)與樞紐港口營運誘因(如增加營收、節省成本等)之關係。得出一個重要的結論為貨櫃航商在樞紐港口之營運策略配合因素，對於航商整體營運成本之節省，具有正面之影響。且該因素與樞紐港口外部環境間，具有顯著之相關性。樞紐港口外部環境愈佳，愈有助於貨櫃航商擴大其市場範圍與增加營收。

Tongzon and Wu(2005)篩選出港口競爭力的八項決定因素，來評比全球 25 大重要的貨櫃碼頭和港口之競爭力，並且運用 PCA 以及線性迴歸分析法來探討貨櫃碼頭之營運效率，其中發現以民營化方式的營運行為，確實有助於營運的效率，且提升港口的競爭力，另一個決定港口競爭力的重要因素，則是對於顧客即時需求，能夠立即的做處理與應變的策略，也是能夠提升港口競爭力的關鍵因素之一。

將應用不同方法評估港埠經營效率之相關文獻整理如表 5 所示。



表 5 應用不同方法評估港埠經營效率之相關文獻

作者	標題	內容摘要
徐慧芬 (1998)	以鑽石模式建立國際港埠競爭力評估準則之研究	運用 Michael E. Porter 之鑽石模式作為理論的基礎，並配合港埠特性構建有效港埠競爭力評估準則，主要以專家問卷、AHP 分析法決定權重作為評估的方法，亞太地區香港、新加坡及台灣高雄、基隆、台中等港，依照航商企業、政府官員、學者專家進行港埠競爭力的評分統計，評估各港競爭力高低。
戴輝煌 (2002)	越洋航商在兩岸三地擇港因素與港口競爭力之評估	對於影響航商在兩岸三地間，選擇樞紐港口的重要因素進行探究，並且應用結構方程模式(SEM)，探討這些重要影響因素(如港口內部條件與外部環境、航商之營運策略配合因素)與樞紐港口營運誘因(如增加營收、節省成本等)之關係。
Tongzon and Wu (2005)	Port Privatization, Efficiency and Competitiveness: Some Empirical Evidence from Container Ports (Terminals)	篩選出港口競爭力的八項決定因素，來評比全球 25 大重要的貨櫃碼頭和港口之競爭力，並且運用 PCA 以及線性迴歸分析法來探討貨櫃碼頭之營運效率。

2.2.3 應用資料包絡法評估港埠經營效率

DEA 在管理領域與績效評估應用領域非常的廣泛，如航空業、公路、海運、銀行、醫院等，皆有相當多良好的實證，針對 DEA 應用於港埠績效評估上，國內外皆有許多相關文獻，其概要如下：

Roll and Hayuth (1993)最先將資料包絡法運用於港埠績效評估上，以 DEA 的單一衡量指標，衡量二十個港埠的營運績效，所選擇之投入項目包括人力、資本、貨種一致性(cargo uniformity)，產出項目包括總裝卸量、服務水準、顧客滿意度、到港船舶總艘數等，並將港口予以分群，且認為若能定期以此法評估，將可作為管理者衡量不同時期或不同政策對經營效率影響的有效工具。

Martines-Budria et al.(1999)應用資料包絡法評估西班牙 26 個港口之港埠效率，並以分析法中 BCC 模式比較此 26 個港口之管理當局於 1993~1997 年連續五年間之作業效率，其中所選擇的投入項變數為勞力支出、折舊費用以及其他支出三項；而產出項變數為總處理貨物量與港口設備租金兩項，此研究也將港口依其複雜程度分成三個群組，再分析各群組之效率，最後發現高複雜性的港口有較高

的相對效率；中度複雜性的港口在近五年內的作業效率成長趨於減緩；低複雜性的港口作業效率為負成長的現象。

Tongzon(2001)應用 DEA 分析澳洲 4 個國際港埠與其他國家 12 個國際港埠之效率。港口的產出是複雜多元的，DEA 可應用在許多複雜的情況下，國際港口效率的比較，且 DEA 這項技術，不用決定參數，便可處理多個投入與產出之方式進行港埠效率分析。文中選出六項港埠投入指標與兩項港埠產出指標進行績效評估，其中包括起重機的數量、貨櫃船席的數量、拖船的數量、場棧面積、等待時間與員工數量；以及 20 呎貨櫃的吞吐量與船舶每小時單位貨櫃搬運數量。其中文中發現港口的大小與形式並非決定績效的主要因素，最後結果也顯示 DEA 分析法能提供可實行的方法去評估港埠績效，也能提供資源無效率使用的情形，有助於管理當局的立即改善。

曾兆君(2003)針對 2001 年亞太地區排名前十大港埠進行經營效率的評估分析，其認為效率評估可以衡量港埠表現之優劣，並有助於了解本身的優勢與劣勢，以及自己所處的環境中存在的危機與轉機，可及時採取適當的因應措施，應用 DEA 之結果可知，高雄港在資源利用率不足且未能有效運用下，造成經營效率逐漸下滑。在基隆港方面，除了裝卸機具老舊、港域水深不足、港區後線腹地狹小的自然地理條件受限之外，其每年皆有不錯的效率表現。

郭建男(2002)利用 DEA 方法來進行我國國際港埠與鄰近主要競爭性港埠貨櫃作業績效之評比，並應用技術效率、規模效率分析、規模報酬分析、差額變數分析、虛擬乘數分析及敏感度分析來分析我國港埠之整體作業效率，其主要投入項目包含：橋式起重機數、櫃場搬運機具數、貨櫃船席數、貨櫃場面積，產出項目為年裝卸量，並探究效率低落的癥結所在，進一步提出改善方向，提供作為港埠管理者制定改善營運策略之參考。從研究中發現香港、上海港及基隆港為相對有效率的港埠，另外新加坡港、廈門港及高雄港為相對較無效率的港埠，但只須針對其資源進行小幅度調整，則能使其作業效率達到最佳化。

黃善界(2005)採用資料包絡法評估亞太地區貨櫃港埠之競爭力，採用 2001-2003 年資料，運用 CCR、BBC 模式求得亞太地區港埠的相對生產效率，以相對生產效率表現來評估各港埠的競爭力，以及相對競爭地位。並且利用規模效

率分析、規模報酬分析、差額變數分析、虛擬乘數分析以及 Malmquist 生產力指數，分別探討生產效率低的導因以及跨期相對生產效率、相對技術效率和相對生產利的變動，以瞭解各港埠相對競爭力是否增長，最後結果顯示：大陸地區上海港與青島港為最具相對競爭力的港埠，而我國高雄港已具備轉運中心的實力，未來應朝向提升自身競爭力與加強競爭優勢條件的方向前進。

黃焯智(2007)應用資料包絡法來評估高雄港的營運績效，並且篩選出亞太地區相同作業型態的港埠，包括香港、上海港、高雄港、廣州港、天津港、青島港、廈門港、基隆港、深圳港、釜山港、東京港、大連港、與神戶港等共十三個港埠，評估各港埠生產效率之程度，以了解高雄港在這競爭激烈的環境下所處之地位，進而擬出提昇高雄港競爭力之策略，其中主要的方向為：改善高雄港貨櫃碼頭軟硬設備之不足，以及吸引航商灣靠高雄港，發揮自由貿易港區之功能，形成附加價值的物流供應鏈並且建立港埠管理與經營分立的體制，以確保高雄港之整體績效與持續性競爭優勢。

將應用資料包絡法評估港埠經營效率之相關文獻整理如表 6 所示。



表 6 應用 DEA 評估港埠經營效率之文獻

作者	研究方法	研究範圍	投入項變數	產出項變數
Roll and Hayuth (1993)	DEA	20 個港口 1993 年假設資料	人力 資本 貨種一致性	總貨物裝卸量 服務水準 顧客滿意度 船舶到港數
Martines-Budria et al (1999)	DEA 之 BCC 模式	26 個西班牙港口 1993~1997 年跨期連續資料	勞力支出 折舊費用 其他支出	貨物處理量 設備租金
Tongzon (2001)	DEA 之 CCR 及 Additive DEA 模式	4 個澳洲港口及其他 12 個國際港口 1996 年資料	貨櫃船席數 橋式起重機數 拖船數 場棧面積 延滯時間 港埠管理單位員工數	貨櫃吞吐量 船舶作業率
曾兆君 (2003)	DEA 之 CCR、BCC 模式、簡單交叉效率分析、D&D 及 A&P 模式	10 個亞太地區主要國際港埠 1998~2001 年跨期連續資料	深水碼頭數 橋式起重機數 貨櫃基地面積 貨櫃碼頭長度	貨櫃裝卸量 進港船舶數
郭建男 (2002)	DEA 之 CCR、BCC 模式	11 個亞太地區貨櫃港 1999 年資料	貨櫃船席數 橋式起重機數 場棧面積 櫃場搬運機具	貨櫃裝卸量
黃善界 (2005)	DEA 之 CCR、BCC 模式及 Malmquist 生產力指數模式	10 個亞太地區貨櫃港埠 2001~2003 年跨期連續資料	貨櫃船席數 貨櫃基地面積 橋式起重機數	年貨櫃量 航商數量

2.2.4 應用隨機邊界法評估港埠經營效率

隨機邊界分析法(SFA)是使用經濟計量模式，衡量營利性事業的效率。近年來港埠的經營傾向營利性，故本節主要探討 SFA 應用於評估港埠經營績效之相關文獻。Liu(1995)最早應用隨機邊界分析法分析港埠經營績效，主要衡量 28 個英國港埠於 1983~1990 年之作業效率，其中投入項變數為勞力費用與資本兩項；產出變數為總交易額，並且進一步比較公營與民營對於港埠經營效率之影響，其最後研究結果顯示港埠之所有權並非唯一影響生產效率之因素。

Coto et al.(2000)利用隨機邊界法衡量西班牙 27 個港埠於 1985~1989 年間之經營效率，主要投入項變數為員工成本率、水深超過 4 公尺水深碼頭折舊費用及中間財消費率，產出項變數為總貨物量與旅客數兩項。並運用 Cobb-Douglas 及 Translog 函數模型進行比較與分析其差異，根據研究結果可發現規模越小管理越集中的港埠，其經營效率較高。

Cullinane et al.(2002)利用隨機邊界分析法衡量亞洲地區 15 個港口於 1989~1998 年之生產效率，運用 Cobb-Douglas 函數半常態、指數及截斷常態分配模式，以貨櫃碼頭長度、貨櫃碼頭面積、貨物裝卸設備數量等三項為投入項變數；而產出項以年貨櫃量為產出變數，研究結論中指出，港埠碼頭的規模大小與效率高低有相當密切的關係，且港口業務的民營化或解除管制也將會是影響港口效率的重大因素，由於私人資本的大量投入，將可以整體的提高港口的服務水準，增進轉運的效率。

黃玉梅(2001)利用概似比檢定超越對數成本函數，分析民國 72~88 年間國內五大商港之作業績效，並建構一個隨機邊界成本模式，其中採用的投入項變數為各商港之員工成本、資本折舊費用以及其他成本；產出項變數則為貨物裝卸量。其研究結果顯現出各商港經濟效率之高低與各商港港埠規模之大小有著極大的相關性，規模愈大之港埠其經濟效率愈低，反之，則愈高。

Estache et al.(2002)利用隨機邊界分析法之 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數半常態截斷常態分配模式，評估 11 個墨西哥港埠於 1996~1999 年之配置效率與技術效率，其中分別以人力數與碼頭長度等兩項作為投入項變數，年總貨物裝卸量

為產出項變數。將應用隨機邊界法評估港埠經營效率整理如表 7 所示。

表 7 應用隨機邊界法評估港埠經營效率之文獻

作者	研究方法	研究範圍	投入項變數	產出項變數
Liu (1995)	SFA 之隨機生產邊界法	28 個英國地區港口 1983~1990 年 8 年之跨期連續資料	勞力費用 資本產出	總交易額
coto et al (2000)	SFA 之隨機邊界成本法 Cobb-Douglas 及 Translog 函數	27 個西班牙港口 1985~1989 年跨期連續資料	員工成本率 水深超過 4 公尺的碼頭折舊費用 中間財消費率	總貨物量 旅客數
Cullinane et al (2000)	SFA 之隨機生產邊界法 Cobb-Douglas 函數半常態、指數及截斷常態分配	15 個亞洲地區港口與碼頭 1989~1998 年跨期連續資料	貨櫃碼頭長度 貨櫃碼頭面積 貨物裝卸設備數量	各港年貨櫃量
黃玉梅 (2001)	SFA 之隨機邊界成本法 Translog 函數	5 個台灣國際商港 1983~1999 年跨期連續資料	員工成本 資本折舊費用 其他成本	各港每年總貨物裝卸量
Estache et al. (2002)	SFA 之隨機生產邊界法 Cobb-Douglas 與 Translog 函數	11 個墨西哥港口 1996~1999 年跨期連續資料	人力數 碼頭長度	總貨物量

資料來源:曾立安(2004)，本研究整理

2.2.5 運用 DEA 與 SFA 於其他產業之效率分析相關文獻

目前有許多文獻運用 DEA 或 SFA 其中一種方法來衡量港埠的績效，鮮少有同時運用這兩種方法做為港埠效率的衡量，以下主要探討應用此兩種方法於其他產業之績效分析相關文獻，Reinhard et al.(2000)同時運用 DEA 之 CCR 的投入導向與產出導向兩種模式，與 SFA 之 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數中的四種模式來衡量荷蘭地區 613 加牛奶工廠於 1991~1994 年的環境效率與技術效率，並將模式進行比較，研究指出平均技術效率值(產出導向)SFA 大於 DEA，平均綜合環境效

率值也是 SFA 大於 DEA。

Pels et al(2003)運用 DEA 之 CCR 與 BCC 模式，SFA 之 Translog 生產函數法衡量 33 個歐洲機場於 1995~1997 年的技術效率及規模效率，並且分別衡量國內外年作業量(ATM)與國內外年旅客量(APM)模式下之機場效率，研究結果顯示，過於擁擠與實施時間管制的機場，其績效普遍存在無效率的現象，而在規模報酬的狀況，空側部分於規模報酬固定的狀況下營運，航廈部分則於規模報酬遞增的狀況下營運。

藍武王、林村基(2003)應用 DEA 與 SFA 分別衡量 1999 年世界上 74 家鐵路公司的生產效率，並採用二階段作法，即先求算各鐵路公司之技術效率，再討論影響效率值之外在環境因素。研究結果顯示，以荷蘭鐵路最有效率；歐美之生產效率普遍高於亞、非地區，民主國家之效率值高於共產國家，民營公司之效率值高於公營公司。就線路規模而言，以 2000-3000 公里之平均規模效率值較高。

吳忠岳 (2003)利用 DEA 與 SFA 衡量台鐵各車站之效率，並運用 Tobit 迴歸模式探討影響效率差異的因素。實證結果發現，以運輸收入為產出之模式所得的技術效率排名比較符合台鐵目前之車站等級。Tobit 迴歸結果顯示車站營運環境變數仍是影響車站技術效率的主要因素。

Cullinane et al.(2006)運用 DEA 中之 CCR 與 BCC 模式，與 SFA 中所假設的四種不同型態的函數分別對於 2004 年世界上 57 個港埠評估其相對效率，並對於兩種方法所得效率進行比較，以及對各港埠的規模報酬進行分析。研究所選取五個投入項變數為貨櫃場棧長度、貨櫃場棧總面積、橋式起重機數、門型起重機數與跨運車數(straddle carrier)等變數，一個產出項變數為貨櫃吞吐量。研究結果指出，利用 CCR 模式所得到的效率值是最底的，而 BCC 模式所得到的效率值相對較 SFA 下假設 half-normal 分配所得的效率來的高，但 SFA 下假設指數分配、Gamma 分配或 truncated 常態分配所得到的效率值都會較高。

運用 DEA 與 SFA 於其他產業之效率分析相關文獻整理如表 8 所示。

表 8 運用 DEA 與 SFA 於其他產業之效率分析相關文獻

作者	參數法	非參數法	分析內容
Reinhard et al. (2000)	SFA 之 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數	DEA 之 CCR 的投入導向與產出導向兩種模式	衡量荷蘭地區 613 加牛奶工廠於 1991~1994 年的環境效率與技術效率
Pels et al (2003)	SFA 之 Translog 生產函數法	運用 DEA 之 CCR 與 BCC 模式	衡量 33 個歐洲機場於 1995~1997 年的技術效率及規模效率，且分別衡量國內外年作業量(ATM)與國內外年旅客量 (APM)模式下之機場效率
藍武王、林村基 (2003)	SFA 之 Translog 生產函數法中半常態分配及截斷常態分配	DEA 之 CCR 與 BCC 模式	採用 1999 年單期橫斷面資料，衡量世界上 74 家鐵路公司的生產效率，並採用二階段作法，即先求算各鐵路公司之技術效率，然而再討論影響效率值之外在環境因素
吳忠岳 (2003)	SFA 之隨機邊界成本法	DEA 之 CCR 與 BCC 模式	衡量台鐵各車站之效率，並運用 Tobit 迴歸模式探討影響效率差異的因素
Cullinane et al. (2006)	SFA 之假設的四種不同型態的函數	DEA 中之 CCR 與 BCC 模式	對於 2004 年世界上 57 個港埠評估其相對效率，並對於兩種方法所得效率進行比較，以及對各港埠的規模報酬進行分析。



2.3 小結

本章首先回顧傳統效率衡量方法，為了衡量港埠之經營績效，故選擇無參數之 DEA 分析法與有參數之 SFA，因其具有可衡量多投入與多產出之特性，並加入兩分析法之比較，以說明兩分析法之差別，並於 2.2.1 節中回顧港埠競爭力之影響因素，因運用於港埠績效分析的方法有許多，故 2.2.2 節主要回顧採用不同方法評估影響港口之重要因素，進而針對港口效率作分析，然而港口績效的評估是屬於多元投入與多元產出之組合，且早期港埠通常由國家或公共部門經營，屬於非營利性組織，符合 DEA 的特性，故 2.2.3 節主要整理 7 篇運用 DEA 評估港埠績效之文獻。因近年來順應港埠民營化的潮流，大部份各國主要港埠都以民營化作業為主流，則民營業者均將港埠事業視為營利性事業，為了回收投入興建碼頭購置貨櫃機具的龐大成本，以追求利潤最大化為目標，符合 SFA 經濟計量的特性，故 2.2.4 節主要整理 5 篇以 SFA 衡量港埠技術效率及經濟效率的相關文獻。

目前有許多文獻運用 DEA 或 SFA 其中一種方法來衡量港埠的績效，較少有同時運用這兩種方法做為港埠效率的衡量，故 2.2.5 節主要整理針對同時運用 DEA 與 SFA 兩種方法評估不同產業的經營績效，藉以了解相關的分析特性與其適用性，將可應用於港埠績效當中。

第三章 研究方法與理論基礎

3.1 資料包絡分析法(DEA)之起源

資料包絡分析法(DEA)之概念起源於 Farrell(1957)，當時係以生產效率前緣 (production frontier) 的概念來評估決策單位(Decision Making Unit, DMU)，而到了 1978 年 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)將之發展為投入導向且假設固定規模報酬的數學規劃模式(即 CCR 模式)並將擴充為多投入多產出的衡量後，DEA 法才開始被廣泛的應用。CCR 模式評估效率的主要觀念系將所有 DMU 的投入項與產出項投射至空間上，以尋求最高產出或最低投入之邊界，此即為 DEA 中所謂的效率前緣，在經濟學上則統稱為「包絡線」，凡落在邊界上之 DMU 就代表有相對效率，而不在邊界上者則為無相對效率。1984 年時 Banker, Charnes and Cooper(1984)又提出了變動規模報酬的 BBC 模式，使 DEA 的操作業更具彈性。BCC 模式放寬了原本在 CCR 模式中固定規模報酬之假設，在 BBC 模式中可應用於探討技術效率、規模效率與規模報酬等問題。

利用資料包絡分析法作為績效評估具有下述優點：(1)不必事先假設廠商都是有效率，較符合實際狀況(2)可同時處理不同衡量單位的多投入多產出之效率衡量(3)不需事先假設函數型態與分配型態(4)投入與產出之權數值由數學規劃模型產生，不受人為主觀因素影響(5)可提供管理者資源使用狀況及效率改善資訊；缺點判為(1)不能考量測量誤差或是統計上的殘差(2)無法進行假設檢定(3)樣本不足或投入與產出項目過多時，易將無效率單位當成有效率單位。DEA 早期大多被應用於評估非營利組織如政府機關、醫院、林業等之績效，後來漸漸被各領域所廣為應用，如金融業、觀光旅館、運輸業等，在運輸業中則以航線績效、港埠營運績效和公車與公路客運業績效的相關應用最多。

3.2 資料包絡分析法基本概念

DEA 模式之效率衡量觀念是藉由所謂的「相對效率」(relative efficiency)，利用數學技巧將受評估單位(decision making unit, DMU)區分「有效率」(efficiency)與「無效率」(inefficiency)兩種。其相對效率之衡量係建立於一柏拉圖最適境界(Pareto optimal frontier)之效率觀念上，亦即：(1)針對某個產出項，除非增加投入資源或減

少其他產出項之若干產量，否則該產出項之產量無法被增加；(2)針對某個投入項，除非減少產出或增加其他投入項之若干投入資源，否則該投入項的投入資源無法被減少。

Farrell(1957)提出以「非預設生產函數」代替「預設函數」來預估生產效率的衡量方法，他以生產前緣衡量效率的觀念，利用線性規劃的方法求出確定性無參數效率前緣(deterministic non-parametric efficiency frontier)，此即「效率生產函數」。Farrell 假設廠商使用單一投入(X)生產單一產出(Y)，則投入產出之關係可用函數 $y=f(x)$ 表示， $f(x)$ 為效率邊界。若由投入面來衡量，則在產出固定情況下，技術效率定義為最小可能投入與廠商實際投入之比；若由產出面來衡量，則在投入固定情況下，技術效率定義為廠商實際產出與最大可能產出之比。在效率前緣即等產量曲線上的每一點都具有完全的技術效率，亦即每一點的技術效率值皆為 1。

Farrell 的研究建立了 DEA 非預設生產函數方式衡量效率的雛形，然其處理之問題僅限於單一產出之情況。直至 Charnes, Cooper & Rhodes(1978)依據 Farrell 之效率衡量觀念建立一般化數學模式後，始正式定名為「資料包絡分析法」(DEA)，並可用來評估多投入多產出的相對效率值。

DEA 方法在幾何學意義上的解釋，是藉由包絡線原理，將所有決策單位的投入項與產出項投射到空間中並尋找其最低的邊界(即效率前緣)。凡落在邊界上的 DMU，便表示其投入產出組合是具有相對效率的，而落在邊界內的 DMU，則表示其投入與產出組合是無相對效率的，效率前緣係由所有樣本資料採用數學規劃方法所求出。

假設有六個不同生產單位 (A、B、C、D、E、F)，分別以不同量之投入項目 (X) 生產不同量之產出項目 (Y)，如圖 1 所示。首先若假設此組資料之規模報酬為可變動的情況，則其所評估對 DMU 最有利的生產函數為連接單位 A、B、C、D 之線段，超出 D 單位部分為水平線，表示投入量若持續增加，產出不應減少。其次，由於單位 A、B、C、D 落於生產函數上，因此這四個單位之效率值為 1；單位 E 位於生產函數之下，則其效率值為實際產出 $I_E E$ 與理論產出 $I_E E^*$ 的比值；同理，單位 F 的效率值為 $\frac{I_F F}{I_F F^*}$ 。

其次，若假設此組資料之規模報酬為固定，即投入量等比例增加時，產出亦等比例增加，則此時生產函數為通過原點 O 與點 B，並覆蓋於所有觀測點之直線。因此只有點 B 位於生產前緣線上之有效率單位；其餘則否，以 A、E、F 為例，其效率值依序為 $\frac{I_A A}{I_A A^0}$ 、 $\frac{I_E E}{I_E E^0}$ 、 $\frac{I_F F}{I_F F^*}$ 。

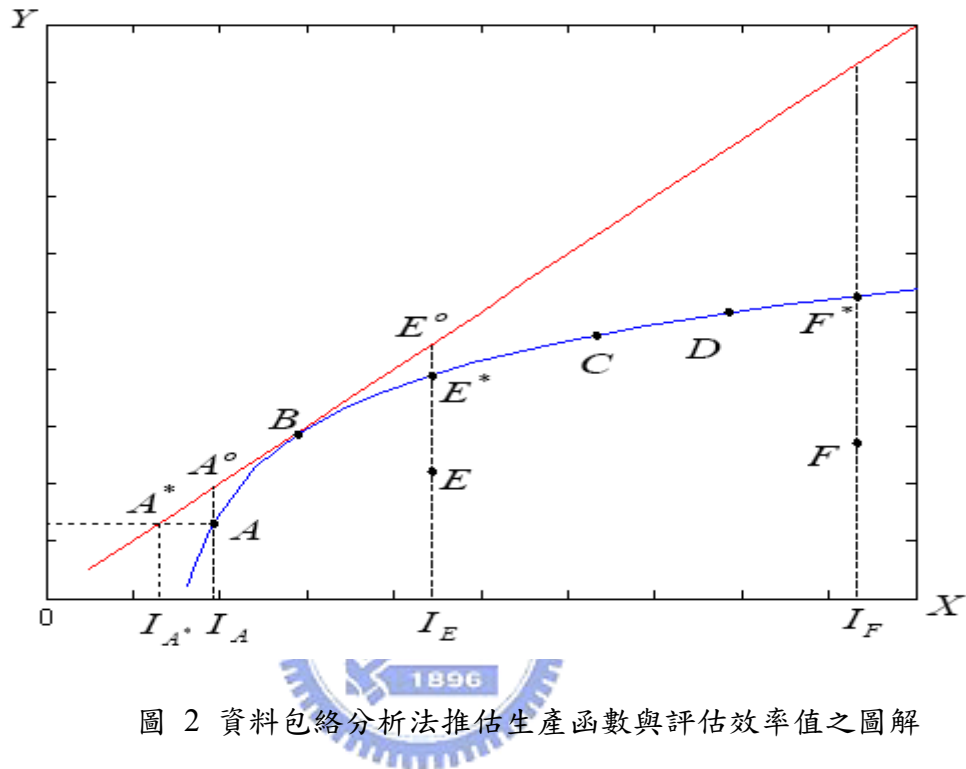


圖 2 資料包絡分析法推估生產函數與評估效率值之圖解

3.3 資料包絡分析法之模式

3.3.1 CCR 模式

Charnes, Cooper & Rhodes(1978)針對 Farrell 模式未能處理多元產出生產行為的問題，依據 Farrell 的效率衡量理論基礎，結合自然科學上以比率方式衡量效率的觀念，發展出數學規劃比率模式。將多投入與多產出的情形，加權整合成為單一投入與單一產出，並以此種虛擬的投入產出比率作為 DMU 效率衡量的指標，即所謂的 CCR 模式，並將其定名為資料包絡分析法。

CCR 模式假設固定規模報酬(constant return to scale, CRS)，亦即每一單位的投入可得產出量為固定，不因規模大小而有所改變。又依經濟學角度可分為投入導向與產出導向，本研究主要以產出導向為例，從產出面建立其模型，其所求為實質投入對實質產出的比率，使指在既定的投入水準下比較產出之達成狀況，使否

能夠同比例的增加。假設有 n 個決策單位，各使用 m 種投入 $X_i (i=1,2,\dots, m)$ 來生產 s 種的產出 $Y_r (r=1,2,\dots,s)$ ，則其第 k 個受評估單位 DMU_k 的效率評估模式如式 (1)：

$$\text{Min } \frac{1}{h_k} = \frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}}{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}} \geq 1, \quad j=1,\dots,n \quad (2)$$

$$\begin{aligned} u_r &\geq \varepsilon > 0, \quad r=1,\dots,s \\ v_i &\geq \varepsilon > 0, \quad i=1,\dots,m \end{aligned} \quad (3)$$

模式中，

h_k ：第 k 個 DMU 的相對效率值

y_{rk} ：第 k 個 DMU 的第 r 項產出

x_{ik} ：第 k 個 DMU 的第 i 項投入

y_{rj} ：第 j 個 DMU ($j \neq k$) 的第 r 個產出項

x_{ij} ：第 j 個 DMU ($j \neq k$) 的第 i 個投入項

u_r ：第 r 個產出項的虛擬乘數

v_i ：第 i 個投入項的虛擬乘數

ε ：表極小的正數，Charnes et al. (1979) 稱為非阿基米德數，在實際使用上常設為 10^{-6} 。

由(1)式可知， X_i 與 Y_r 是各個 DMU 的實際投入與產出資料，而 CCR 模式是以 DMU 的各項產出、投入之權數為變數，效率值是符合所有限制條件下(如效率值均不大於 1)，產出加權和與投入加權和之最大比值，當此比值為 1 時，稱為相對於

其他 DMU 有效率，小於 1 則稱相對無效率。故權數便是為使某個 DMU 目標函數效率值最大化，所能找到對此 DMU 最有利的一組 (u_r, v_i) ，其意義為所對應的投入或產出項目對整體效率值的貢獻程度，因此權數不得為負。

由於式(1)中的分數規劃形式求解不易，故為了方便求解可將目標式分母強制設定為 1，以轉換為一般線性規劃模式，形成產出導向之原問題模式，模式如式(4)：

$$\text{Min } \frac{1}{h_k} = \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \quad (4)$$

$$\text{s.t. } \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} \geq 0, \quad j=1, \dots, n \quad (6)$$

$$\begin{aligned} u_r &\geq \varepsilon > 0, \quad r=1, \dots, s \\ v_i &\geq \varepsilon > 0, \quad i=1, \dots, m \end{aligned} \quad (7)$$

式(4)目標函數的意義是在投入資源加權和等於 1 的情況下，儘量使產出加權總和為最大。在目標式中有 $m+s$ 個變數，與 $n+m+s$ 個限制式，一般為了讓求解更有效率，可對上述線性規劃模式取對偶轉換以簡化演算，同時透過對偶化的結果，亦可獲得更多的資訊。因此，令各限制式之對偶變數為 θ_k 、 λ_j 、 s_r^+ 、 s_i^- ，可得如式(8)之對偶形式：

$$\text{Max } \frac{1}{h_k} = \theta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^+ + \sum_{r=1}^s s_r^- \right) \quad (8)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} - X_{ik} + s_i^+ = 0 \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - \theta Y_{rk} - s_r^- = 0 \quad (10)$$

$$\forall i, r, j \quad r=1, \dots, s \quad (11)$$

式中 s_r^- ：第 r 種產出變數的差額變數

s_i^+ ：第 i 種投入變數的差額變數

$r = 1, \dots, s.$

$i = 1, \dots, m.$

$j = 1, \dots, n.$

上式之 s_r^- 與 s_i^+ 為產出 y 與投入 x 之差額變數(slack variables)，可衡量技術無效率，而得知改善的方向及大小。偶題式(8)中 s_r^- 與 s_i^+ 分別為原題式(4)中產出、投入權數的互補差額變數(complementary slack variables)，由此差額變數可瞭解投入與產出方面各有多少改善空間。當 $\theta=1$ 且 $s_r^- = s_i^+ = 0$ 時，則表示該 DMU_k 具有效率，否則則為無效率而存有改善的空間。透過差額變數可知各項投入及產出的調整方向及數量，進而達到有效率。因此，由對偶化的模式可知無效率 DMU_k 若欲達到相對效率為 1 的境界，則投入與產出調整為：

$$\begin{aligned} \Delta X_{ik} &= X_{ik} - (X_{ik} - s_i^{+*}), i = 1, \dots, m. \\ \Delta Y_{rk} &= (\theta^* Y_{rk} + s_r^{-*}) - Y_{rk}, r = 1, \dots, s. \end{aligned} \quad (12)$$

3.3.2 BCC 模式

CCR 模式為假設生產過程屬於固定規模報酬，即當投入量以等比例增加時，產出亦等比增加。然而於生產過程中可能會產生規模報酬遞增或遞減。因此若為一個無效率的 DMU，其無效率的原因可能源於不同規模報酬的態勢，因此透過了解個別 DMU 的規模報酬狀態，則可提供管理者更多改善效率的資訊。因此 Banker、Charnes 與 Cooper 以生產可能集合四個公理與 Shephard 距離函數，導出能衡量技術效率與規模效率的 BCC 模式，則 BCC 模式屬於變動規模報酬。

CCR 模式採用目標式與限制式的數學規劃技巧，計算出個別 DMU 的相對效率值。而 Banker、Charnes 與 Cooper 在投入產出為多項的情況下，將 CCR 模式修正為 BCC 式，本研究依舊衡量受平單位之產出導向模式，係針對相同之投入水準下，比較產出之達成狀況，模式為 (14) 所示。

$$\text{Min } \frac{1}{h_k} = \frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} + u_0}{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}} \quad (14)$$

$$\text{s.t. } \frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} + u_0}{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}} \geq 1, \quad j = 1, \dots, n \quad (15)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0 \quad r = 1, \dots, s ; i = 1, \dots, m \quad (16)$$

ε ：表極小的正數，Charnes et al. (1979) 稱為非阿基米德數，在實際使用上常設為 10^{-6} 。

u_0 ：無正負限制

模式中 u_0 代表規模報酬的指標，經由 u_0 可以判斷處於何種狀況。當：

$u_0 = 0$ 時代表該 DMU 為規模報酬固定(constant return to scale, CRS)

$u_0 > 0$ 時代表該 DMU 為規模報酬遞減(decreasing return to scale, DRS)

$u_0 < 0$ 時代表該 DMU 為規模報酬遞增(increasing return to scale, IRS)

模式 (14) 不易求解，但可經由固定分母的值藉由轉換成線性規劃模式，形成如模式 (17) 以利求解。

$$\text{Min } \frac{1}{h_k} = \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} + u_0 \quad (17)$$

$$\text{s.t. } \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} = 1 \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} + u_0 \geq 0, \quad j = 1, \dots, n. \quad (19)$$

$$u_r, v_i \geq 0, \quad r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m. \quad (20)$$

u_0 ：無正負限制

模式 (14) 為求簡易計算處理的線性規劃模式。同樣地，為了計算的簡便與能夠增加解釋上的資訊，則可藉由對偶處理將模式 (17) 轉換成如模式 (21) 所示。

$$\text{Max} \quad \frac{1}{h_k} = \theta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^+ + \sum_{r=1}^s s_r^- \right) \quad (21)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - \theta Y_{rk} - s_r^- = 0, \quad (22)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^+ = X_{ik}, \quad r = 1, \dots, s \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (24)$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0, \quad r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$$

θ : 無正負差異

由 BCC 的對偶模式可了解各 DMU 的目標評比對象 $(\sum_{j=1}^n \lambda_j^* X_{ij}, \sum_{j=1}^n \lambda_j^* Y_{rj})$ ，其欲達成有效率所應改善的數量則是投入減少 ΔX_{ik} ，產出增加 ΔY_{rk} ，如模式 (25) 表示。

$$\begin{aligned} \Delta X_{ik} &= X_{ik} - (X_{ik} - s_i^{+*}), \quad i = 1, \dots, m. \\ \Delta Y_{rk} &= (\theta^* Y_{rk} + s_r^{-*}) - Y_{rk}, \quad r = 1, \dots, s. \end{aligned} \quad (25)$$

若 DMU 以 CCR 模式 (1) 評估效率，其所得的結果小於 BCC 模式所評估的效率值，其兩者的差異為規模報酬的假設不同所造成，學者將 BCC 模式所評估的效率值稱為純粹技術效率；CCR 模式所評估的效率值稱為技術效率；兩者之比值稱為規模效率，即生產效率等於技術效率與規模效率的相乘。依據 Banker 等(1984) 中所示可知「技術效率值 technical efficiency」(TE) 為「純粹技術效率值 pure technical efficiency」(PTE) 與「規模效率值 scale efficiency」(SE) 值相乘。所以求得下列式子：

$$TE=PTE \times SE$$

$$SE=TE/PTE$$

其中 $SE=1$ 表示決策單位正位於最適規模效率水準；若 $SE<1$ 則表示決策單位處於規模無效率狀態，但無法判定該規模效率水準是由遞增或遞減規模報酬所引起。故 Fare, Grosskopf and Lovell(1985)提出，因此只要加入非遞增規模報酬

(non-increasing return to scale, NIRS)條件，即在下述對偶公式中將 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 改變為

$\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1$ ，重新求解即可得出各決策單位非遞增規模報酬之技術效率，再將各決策

單位的非遞增規模報酬(NIRS)之技術效率與變動規模報酬(VRS)作一比較，即可得知決策單位處於何種規模報酬階段，其中判斷條件如下：

當 $TE^{NIRS} \neq TE^{VRS}$ 時，決策單位處於遞增規模報酬階段。

當 $TE^{NIRS} = TE^{VRS}$ 時，決策單位處於遞減規模報酬階段。

當 $TE^{CRS} = TE^{VRS}$ 時，決策單位處於固定規模報酬階段。

3.4 資料包絡分析法模式分析

3.4.1 效率分析

由 DEA 評估相對效率之結果，除了可利用 CCR 模式計算總體效率，及以 BCC 模式計算技術效率外，並可以藉由規模效率判斷投入與產出比例是否適當。總體效率為相對有效率的 DMU，其技術效率與規模效率亦同時為相對有效率。當整體技術效率越高，代表生產者之生產效率越高；技術效率值越高，表示投入要素之使用越有效率；規模效率值越高，則生產力越大。

3.4.2 差額變數分析

由於 DEA 是透過衡量對象中最有效率的單位形成效率前緣，再以效率前緣作為效率衡量標準，差額變數分析即是以效率前緣為標準，針對被評為相對無效率之 DMU 進行分析，以清楚了解各組織在目前經營情況下資源使用狀態及可改善的方向與幅度。

由 3.3.1 節所推導之式 (8) 可找出差額變數 S_r^+ 與 S_r^- ，並由式 (12) 可得到目標投入量 x_{ik}^* 與目標產出量 y_{rk}^* ，進而瞭解欲達到效率境界所需進行調整的方向與數量。由 (12) 式所求得 DMU_k 之效率目標，可得知理想投入產出與實際投入產出之差如 (26) 及 (27) 所示：

$$\Delta x_{ik} = x_{ik} - x_{ik}^* \quad (26)$$

$$\Delta y_{rk} = y_{rk}^* - y_{rk} \quad (27)$$

由式(26)與(27)可知， DMU_k 應減少 Δx_{ik} 之投入，並增加之 Δy_{rk} 產出，以改善其相對效率。

3.4.3 規模報酬分析

DMU 之無效率可能是來自技術效率，或不同規模報酬的規模效率。在規模報酬變動的 BCC 模式分析時，當規模效率值等於 1 時，該 DMU 即已達到最適生產規模。而 DMU 的規模效率值小於 1 時，規模報酬可能是屬於遞增或遞減之情況，可以藉此決定應該由增加或減少投入來趨近最適生產規模。

藉由 BCC 模式中之變數 u_0 可以判別該 DMU 處於規模報酬遞增、固定或是遞減。當規模報酬處於遞增時，邊際產出大於邊際投入，該 DMU 可藉增加投入量來達到規模效率；當規模報酬處於固定時，邊際產出等於邊際投入，表示該 DMU 處於規模效率；當規模報酬處於遞減時，邊際產出小於邊際投入，該 DMU 可藉減少投入量來達到規模效率。

3.4.4 敏感度分析

由於 DEA 模式的結果易受考慮的投入產出屬性，以及 DMU 的資料影響，為使評估結果更具效果，可更進一步使用敏感度分析，釐清不同投入產出資料發生變動時影響的程度如何。

當檢驗增加或減少某一項投入項或產出項時，是否有某些 DMU 之相對效率值因此而有大幅度增加或減少，可以反映出所增加或減少的投入產出項對這些 DMU 的重要性。

3.5 資料包絡分析法之應用假設與限制

DEA 模式有其假設前提與應用的限制(黃旭男(1993)、邱裕鈞等人(2003))，使用資料包絡分析法進行效率評估上時，由於 DEA 是一種相對而非絕對之比較，故當 DMU 判定為有效率時，未必真正具有生產上之效率；當 DMU 被判定具有效率時，僅代表其在該群 DMU 當中具有相對性之效率；也由於 DEA 模式是一種非隨機線性規劃模式，其所求解之效率極易受界外值(outliers)影響，進而影響整個效率的估計值。在 DEA 模式中所求得的權重具備資料標準的功能，因此只要其投入與產出項資料採用相同的計量單位，可以不用在做處理。

由於在使用資料包絡分析法評估效率時，是透過比較性的方式來評估各單位之間的相對效率。因此評估的單位彼此之間應當要滿足有一定的同質性，否則差異過大的單位之間亦無從相互比較起，即不適宜採用資料包絡分析法。針對應用資料包絡分析法上的限制，以下由對受評估單位之篩選與投入產出項之選擇上的限制進行說明。

(一) 篩選受評估單位

受評估單位必須是能夠在一起互相比較的單位，若是將不相關的單位拿來進行比較，則評估結果將較不具有意義。根據 Golany & Roll(1989)對受評估單位所提出的同質性(homogeneous)要求，需注意受評估單位是否滿足下述條件：

- (1)各 DMU 都具備有相同的經營目標及相似的工作性質，
- (2)各 DMU 之經營環境與條件應相似，
- (3)各 DMU 間具有相同之評估屬性。

(二) 投入與產出項之選擇

產出項與投入項之間應符合同向性(isotonicity)之假設，亦即投入項數量增加時，產出項數量不得減少。當有些投入項或產出項屬於非期望(愈少愈好)的項目，如污染排放量等時，可透過將該項目數值以倒數表達，或是以一大數減去該值來表達之。分析上可先求算各投入產出項間之相關矩陣(correlation matrix)來驗證同向性，以避免將不具同向性之因子納入分析而影響分析之效度。

在投入項與產出項選擇之個數上，根據 Golany & Roll(1989)提出之經驗法則，

投入項與產出項相加的總個數不能超過受評估單位個數的二分之一；而 Dyson et al.(2001)甚至提出更為嚴格的標準，認為受評估單位的個數不能低於投入項與產出項個數乘積的兩倍。DMU 太多，會降低受評單位的相似性，而增加外生因素干擾評估結果的機會；DMU 太少，則高效率受評單位形成效率前緣之機會小，同時投入與產出之間關係難確認。

3.6 Malmquist 生產力指數法

在 Farrell(1957)的觀念中，並未加入「時間」之影響生產邊界因素，傳統 DEA 只能對各個決策單位進行單期比較，侷限於橫斷面資料，欲評估組織效率之移動狀態，須以 Malmquist 生產力指數法建立效率變動模式。故 Caves et al.(1982)提出以衡量第 t 期與第 t+1 期之間的生產力變動指數「麥氏生產力指數」(MPI)。MPI 的功能是用來衡量同一個受評單位在不同期間下，其生產力變動的情形，同時也可以處理多種投入與產出的狀況，將生產力變動分解為效率變動(Efficiency Change, EC)與技術變動(Technical Change, TC)，以探討在 CRS 下廠商之生產力變動原因。Caves et al.(1982)定義之 Malmquist 投入導向生產力指數如式(28)，是以第 t 期之技術水準作為基礎，衡量由第 t 期至第 t+1 期之生產力的變動情形。而式(29)則以第 t+1 期的技術水準作為計算第 t 期至第 t+1 期生產力變動的基礎。

$$\text{第 } t \text{ 期： } M_0^t = \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \quad (28)$$

$$\text{第 } t+1 \text{ 期： } M_0^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \quad (29)$$

Fare et al.(1989)MPI 是將 Caves et al.(1982)提出第 t 期與第 t+1 期之 Malmquist 投入導向生產力指數的幾何平均，如式(30)：

$$M_0(X^t, Y^t, X^{t+1}, Y^{t+1}) = \left[\frac{D_0^t(X_0^{t+1}, Y_0^{t+1})}{D_0^t(X_0^t, Y_0^t)} \times \frac{D_0^{t+1}(X_0^{t+1}, Y_0^{t+1})}{D_0^{t+1}(X_0^t, Y_0^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (30)$$

此指數的前提假設是在規模報酬固定的情況下，衡量第 t 期與第 t+1 期之間生

產力變動的情形。且在此 MPI 指數中包含兩種距離函數，分別為 $D_0^t(X_0^t, Y_0^t)$ 與 $D_0^{t+1}(X_0^{t+1}, Y_0^{t+1})$ 的單期距離函數， $D_0^t(X_0^{t+1}, Y_0^{t+1})$ 與 $D_0^{t+1}(X_0^t, Y_0^t)$ 的跨期距離函數。當 $M_0 > 0$ 時，表示受評的 DMU 生產力為改善的情況；反之，若 $M_0 < 0$ 時，則代表其 DMU 的生產力呈現衰退的現象。Fare et al.(1989)修正為如式(31)、(32)、(33)：

$$M_0(X^t, Y^t, X^{t+1}, Y^{t+1}) = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \times \left[\frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^t)} \times \frac{D_0^t(X^t, Y^t)}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (31)$$

$$EC = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \quad (32)$$

$$TC = \left[\frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \times \frac{D_0^t(X^t, Y^t)}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right] \quad (33)$$

EC 可作為相對效率之追趕程度，用以判別決策單位相較於整體受評單位之效率改善程度，若 $EC > 1$ 代表第 t 期與第 t+1 期之間的效率改善；若 $EC < 1$ 則代表兩期中的效率是呈現衰退的情況。若 $TC > 1$ 為生產邊界外移，意謂整體產業技術進步；當 $TC < 1$ 時，則表示生產邊界向原點移動，即整體產業技術衰退或是技術退步。Malmquist 生產力指數是以 CRS 情況下所用來衡量生產力的變動，但若假設變動規模報酬的情形下，則 EC 可分解成純技術效率變動(Pure technical Efficiency Change, PTEC)與規模效率變動(Scale Efficiency Change, SEC)。

$$PETC(VRS) = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1}|VRS)}{D_0^t(X^t, Y^t|VRS)} \quad (34)$$

$$SEC = \frac{\frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1}|CRS)}{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1}|VRS)}}{\frac{D_0^t(X^t, Y^t|CRS)}{D_0^t(X^t, Y^t|VRS)}} \quad (35)$$

式(34)在變動規模報酬下之第 t+1 期與第 t 期效率之比，故若 $PETC(VRS) > 1$ ，則表示兩期中的純技術效率改善； $PETC(VRS) < 1$ ，表示純效率惡化。同理，在式(35)中，若 $SEC > 1$ ，表示第 t+1 期相對於第 t 期而言，更加接近最適生產規模，即代表生產規模的效率增加；當 $SEC < 1$ ，則代表生產規模的效率下降。可將 Malmquist 生產力指數分解為 PETC、SEC 與 TC，此外，透過效率變動與技術變動之相乘積即可求得第 t 期至第 t+1 期的生產力變動指數 M_0 ，當 $M_0 > 1$ 表示跨期生產力遞增，

$M_0 < 1$ 表示跨期生產力遞減， $M_0 = 1$ 表示跨期生產力不變。如式(36)：

$$\begin{aligned} M_0(X^t, Y^t, X^{t+1}, Y^{t+1}) &= EC(CRS) \times TC(CRS) \\ &= PETC(VRS) \times SEC \times TC(CRS) \end{aligned} \quad (36)$$

3.7 隨機邊界法(SFA)之基本概念

隨機邊界法(SFA)是由 Aigner, Lovell, and Schmidt(1977)與 Meeusen & van den Broeck(1977)所提出之方法，主要概念是將欲評估企業之最具效率的投入產出組合點連成一條生產效率邊界，並認為受評估者並非全為有效率企業，唯有在效率前緣生產點的企業具有技術效率。此法是由確定性前緣分析法演進而來，也是依據 Farrell(1957)的效率量測概念演進而來，確定性前緣分析法的基本假設是所有廠商擁有一個共同前緣，廠商技術效率的測定皆以此前緣為基準。由於在實際的生產情形中，廠商往往必須面臨許多不確定性，包括政治因素、天災等，便將不確定性情況納入模式中，發展出隨機邊界法。其基本概念整理如下：

$$Y_i = X_i \beta + \varepsilon_i \quad (37)$$

$$\varepsilon_i = v_i - u_i$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$



Y_i 表示第 i 個廠商產出的適當型式(如 log 型式)

X_i 表示第 i 個廠商投入向量($1 \times k$)

β 表示生產函數個別的投入係數向量($k \times 1$)

ε_i 為誤差項

其中， v_i 為隨機誤差項，其平均數為 0，變異數為常數的常態分配，亦即 $v_i \sim iddN(0, \sigma_v^2)$ ，代表量測誤差及其他不確定因素。

$u_i \geq 0$ ，表示一非負的隨機變數，可衡量廠商生產的技術無效率。

由於式(37)只衡量廠商單一年度的資料，為橫斷面(cross-section)模式，故欲衡量跨期連續資料(panel data)，Battese & Coelli(1988)提出跨期連續資料之隨機邊界

生產函數模式整理如下:

$$Y_{it} = X_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (38)$$

$$\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$$

$$i = 1, 2, \dots, N \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Y_{it} 表示在時間 t 中第 i 個廠商產出的適當型式(如 log 型式)

X_{it} 表示在時間 t 中第 i 個廠商投入向量($1 \times k$)

β 表示生產函數個別的投入係數向量($k \times 1$)

ε_{it} 為誤差項

v_{it} 代表生產函數隨機變異之對稱干擾項， $v_{it} \sim \text{idd } N(0, \sigma_v^2)$ 與 u_{it} 互為獨立變數， u_{it} 代表生產技術無效率，唯一非負的隨機變數；

Coelli et al.(1997)將 u_{it} 分成兩種，一種為時間不變性(time-invariant)與另一種為時間變動性(time-varying)兩種技術無效率效果整理如下:

時間不變性(time-invariant)技術無效率效果

$$u_{it} = u_i, \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad t = 1, 2, \dots, T$$

時間變動性(time-varying)技術無效率效果

$$u_{it} = \{\exp[-\eta(t-T)]\}u_i$$

$$, \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad t = 1, 2, \dots, T;$$

η 為未知的估計數然而隨機邊界法使用上有優點與缺點，優點包括有：(1)不必事先假設廠商都是有效率，較符合實際狀況(2)可考慮非廠商所能控制的隨機性因素(3)可進行假設檢定；而缺點則為(1)隨機因素考量難以量化，必須考量機率分配之假設(2)必須有足夠的樣本，若觀測點較少時，參數的估計值準確度較低。

3.8 隨機邊界法(SFA)之分析法

SFA 法必須先設定廠商的目標函數及隨機干擾型態，並以最大概似法 (maximum-likelihood method) 求解。

1. 目標函數式

本研究的函數型態使用 Cobb-Douglas 及 Translog 函數形式，若以一個產出變數與四個投入變數為例，函數形式如式(39)與(40)所示。

Cobb-Douglas 函數:

一般模式為:

$$y = Ax_1^{b_1} x_2^{b_2} x_3^{b_3} x_4^{b_4} \quad (39)$$

取對數模式為:

$$\ln y = \ln A + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 + b_3 \ln x_3 + b_4 \ln x_4$$

Translog 函數:

$$\begin{aligned} \ln y = & b_0 + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 + b_3 \ln x_3 + b_4 \ln x_4 + \left(\frac{1}{2}\right)[b_{11} (\ln x_1)^2 + b_{22} (\ln x_2)^2 \\ & + b_{33} (\ln x_3)^2 + b_{44} (\ln x_4)^2] + b_{12} \ln x_1 \ln x_2 + b_{13} \ln x_1 \ln x_3 + b_{14} \ln x_1 \ln x_4 \\ & + b_{23} \ln x_2 \ln x_3 + b_{24} \ln x_2 \ln x_4 + b_{34} \ln x_3 \ln x_4 \end{aligned} \quad (40)$$

2. 隨機干擾模式

SFA 方法中之無效率的隨機干擾項 u_i ，一般須先假設此值的分配型態，Aigner et al.(1977)提出可用半常態分配或是指數分配，Stevenson(1980)則提出截斷常態分配，另有學者提出 u_i 為伽瑪(Gamma)分配。其中半常態分配模式、指數模式及截斷常態分配模式等三種分配模式如下：

(1) 半常態(Half-Normal)分配模式

$$E\langle u_{it} | \varepsilon_{it} \rangle = \frac{\sigma\lambda}{(1+\lambda^2)} \left[\frac{\phi\left(\frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma}\right)}{\Phi\left(-\frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma}\right)} - \frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma} \right] \quad (41)$$

(2) 指數(Exponential)模式

$$E\langle u_{it} | \varepsilon_{it} \rangle = (\varepsilon_{it} - \theta\sigma_v^2) + \frac{\sigma_v \phi\left[\frac{\varepsilon_{it} - \theta\sigma_v^2}{\sigma_v}\right]}{\Phi\left[\frac{\varepsilon_{it} - \theta\sigma_v^2}{\sigma_v}\right]} \quad (42)$$

$$\theta = \frac{1}{\sigma_u}$$

(3) 截斷常態(Truncated Normal)分配模式

截斷常態分配模式無效率項以 $\left(\frac{\varepsilon_{ii}\lambda}{\sigma} + \frac{\mu_i}{\sigma\lambda}\right)$ 取代式(41)之 $\left(\frac{\varepsilon_{ii}\lambda}{\sigma}\right)$, 為

$$E\langle u_{ii} | \varepsilon_{ii} \rangle = \frac{\sigma\lambda}{(1+\lambda^2)} \left[\frac{\phi\left(\frac{\varepsilon_{ii}\lambda}{\sigma}\right)}{\Phi\left(-\frac{\varepsilon_{ii}\lambda}{\sigma}\right)} - \left(\frac{\varepsilon_{ii}\lambda}{\sigma} + \frac{\mu_i}{\sigma\lambda}\right) \right] \quad (43)$$

3. 最大概似估計法(maximum likelihood estimate method)

Aigner et al.(1977) 導出邊際密度函數如下：

$$f(\varepsilon) = \frac{2}{\sigma} \phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) \left[1 - \Phi\left(-\frac{\varepsilon\lambda}{\sigma}\right) \right] , \quad (44)$$

式中 $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$, $\varepsilon = v - u$, $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$

$\phi(\cdot)$ 為標準常態分配之密度函數

$\Phi(\cdot)$ 為標準常態分配之累積分配函數

平均數為

$$E(\varepsilon) = E(u) = -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sigma_u$$

變異數為

$$V(\varepsilon) = V(u) + V(v) = \left(\frac{\pi-2}{\pi}\right) \sigma_u^2 + \sigma_v^2$$

而 SFA 邊際密度函數 的概似函數如下：

$$\ln L = A - N \ln \sigma + \sum_{i=1}^N \ln \Phi\left(-\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 \quad (45)$$

A 為常數

利用最大概似估計法求解，公式如下：

$$E\langle u_i | \varepsilon_i \rangle = \mu_{*i} + \sigma_* \left[\frac{\phi\left(-\frac{\mu_{*i}}{\sigma_*}\right)}{1 - \Phi\left(-\frac{\mu_{*i}}{\sigma_*}\right)} \right] = \sigma_* \left[\frac{\phi\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right)}{1 - \Phi\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right)} - \left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right) \right] \quad (46)$$

於 $\mu_{*i} = \frac{-\varepsilon\sigma_u^2}{\sigma^2}$, $\sigma_*^2 = \frac{\sigma_v^2 \sigma_u^2}{\sigma^2}$, u_i 於 ε 的條件期望值已知後，即可校估廠商之技術效率(TE_i)如右式： $TE_i = \exp\left(-\hat{u}_i\right) = \exp\left(-E\langle u_i | \varepsilon_i \rangle\right)$, 但 Battese&Coelli(1988)

認為最佳 TE_i 點估計如(47)式：

$$TE_i = E[\exp\langle -u_i | \varepsilon_i \rangle] = \left[\frac{1 - \Phi\left(\frac{\sigma_* - \mu_{*i}}{\sigma_*}\right)}{1 - \Phi\left(-\frac{\mu_{*i}}{\sigma_*}\right)} \right] \exp\left(-\mu_{*i} + \frac{\sigma_*^2}{2}\right) \quad (47)$$

4.SFA 假設檢定

依照 Coelli et al.(1997)建議我們以單尾一般化概似比率檢定(one-side generalized likelihood-ratio test)判定是否有技術無效率的效果，其檢定統計量 LR 計算式為：

$$LR = -2\{\ln[L(H_0)/L(H_1)]\} = -2\{\ln[L(H_0)]\} - \ln[L(H_1)]$$

式中 $L(H_0)$ 與 $L(H_1)$ 分別是虛無假設 H_0 與對立假設 H_1 概似函數。假如 $H_0: \sigma_u^2 = 0$ 為真，代表接受所設定模式並沒有技術無效率的效果；否則 $H_1: \sigma_u^2 \neq 0$ 為真，拒絕沒有技術無效率的效果，並比較 LR 值與查表 $\chi^2(2\alpha)$ 之值(自由度為虛無假設的限制數)，即可判定接受或拒絕虛無假設。



第四章 實證分析與研究結果

過去有許多學者對於評估港口績效的問題提出許多意見與相關的探討，試圖發展出有效的評估港口績效以及效率的研究方法，由於資料包絡分析法(DEA)具有可處理多項投入及多項產出的評估問題，並可同時處理比率資料與非比率資料及單位不變的特性，故本章節對所欲分析之實證資料進行選取及敘述性分析，並採用DEA分析方法來做為評估亞洲前二十大國際貨櫃港績效分析。

4.1 投入與產出變數之選取

資料包絡法與隨機邊界分析法為近年來應用於評估港口競爭力常用的方法，其中戴輝煌(2006)將常用投入與產出變數整理如表(9)所示，作為本研究選取港埠效率評估之投入及產出變數之參考。

表 9 港埠效率評估之投入及產出變數

港口競爭之投入與產出指標	
主要投入指標：	主要產出指標：
1. 港口資源面 (人力、資本、及工時投入等)	1. 港口吞吐量 (進/出/轉口之貨種、櫃量、噸數等)
2. 港口成本面 (勞工費用、船/貨之等待時間與成本、港埠費用等)	2. 港口效率面 (各項港灣與棧埠設施之作業效率、服務等級)
3. 港口設施面 (碼頭或場棧之長度與面積等、各類裝卸機具之數量等)	3. 港口效益面 (各項港灣/棧埠設施之收益、使用者滿意度等)

資料來源:戴輝煌(2006)

影響港埠經營效率的因素相當多，所以應該如何選取投入與產出的變數為相當重要的關鍵，然而在眾多影響變數中，除了參考相關文獻之投入與產出變數的選取，也須考量變數的可取得性及衡量的一致性，以期望能以客觀與一致性的結果表現出港埠競爭的現況，故本研究配合DEA可衡量多元投入及產出的特性，以及SFA衡量單一產出及多元投入之共通性，投入變數主要以港口設施面為主，本研究主要收集橋式起重機數量(台)、貨櫃船席數(座)、貨櫃場棧總面積(公頃)、船席總長度(公尺)、貨櫃場堆積容量(TEU)、冷凍插座(個)等六項資料，但因礙於SFA

法中變數太多的限制，故根據表14、15、16中之平均相關性較高之三項變數加上較少討論之冷凍貨櫃之插頭，蕭博仁(2004)說明全球冷凍貨櫃總運能數量從2000年到2002年約以1.07倍逐年擴張，相對的冷凍插頭的重要性也逐漸上升，故本研究初步選用橋式起重機數量(台)、貨櫃場棧總面積(公頃)、船席總長度(公尺)、冷凍插座(個)四項變數，以貨櫃吞吐量(TEU)為產出變數。針對研究中所選取的投入與產出項進一步定義如表10所示：



表 10 相關港埠評估指標之蒐集與分類表

評估項目	定義
投入項目指標	
橋式起重機數量 Number of gantry crane	貨櫃起重機設置於碼頭岸肩，其主要的任務為將貨櫃裝卸於貨櫃船舶與碼頭間，為貨櫃場最前線之作業機具，期作業效率較吊桿或起重船之裝卸效率高出許多。貨櫃之進出港埠皆須由其進行裝卸步驟，所以橋式起重機數量與港埠的裝卸量呈現正相關，因此橋式起重機的數量為影響貨櫃港埠作業效率指標之一。
貨櫃船席數 Number of container berth	即為貨櫃碼頭，提供船舶安全靠港並從事卸裝貨之場地，港埠所擁有貨櫃船席數若越多，能夠停泊的貨櫃船則越多，所以相對的能夠在相同時間內裝卸貨櫃數量就越多，因此貨櫃船席數量為影響貨櫃港埠作業效率指標之一。
貨櫃場棧總面積 Area of container terminal	貨櫃場棧主要包括碼頭後方的貨櫃存放場、貨櫃堆積場與貨櫃集散場，其用以堆放由碼頭與船舶間進行裝卸之貨櫃。若貨櫃場棧面積不夠充足，則無法支持貨櫃作業順利進行，且貨櫃裝卸搬運流程亦受到延遲的影響，進而影響港埠作業效率，因此貨櫃場棧總面積影響貨櫃港埠作業效率指標之一。
船席總長度 Length of berth	船席係指碼頭、浮筒或其他繫船設施，供船舶停靠裝卸客貨之水域，使碇泊於船席之船舶能完成裝卸工作，又由於各港埠投入的船席數量不同，且各船席的長度亦不同，且在貨櫃船舶大型化的趨勢下，船舶本身長度亦隨之增加，因此一艘大型船舶可能灣泊超過一個船席，所以碼頭船席總長度為影響港埠效率指標。
貨櫃場堆積容量 Container storage	貨櫃場若能堆積容量越大，表示可以承載相對較多的貨櫃，與港埠的裝卸量呈現正相關，為影響港埠效率指標之一。
冷凍插座 Reefer slot	冷凍櫃的插座不足可能影響冷凍櫃貨源，進而影響港埠營收，所以冷凍櫃插座為影響港埠營運的重要指標。
投入項目指標	
貨櫃吞吐量 Number of container	貨櫃吞吐量為世界港埠年度排名之主要依據，通常為衡量各港埠之作業績效的重要評估指標。

資料來源:本研究整理，林光、張志清(2004)

4.2 受評單位之選用

在受評單位選取上，必須考量同質性 (homogeneous) 之要求，及受評估必須是能夠在一起互相比較的單位，若是將不相關的單位拿來進行比較，則評估結果將不具有意義。因此，受評估單位必須滿足下列條件：(1) 各 DMU 都具備有相同的經營目標及相似的工作性質 (2) 各 DMU 之經營環境與條件應相似 (3) 各 DMU 間具有相同之評估屬性。故由於近年各國國際港埠貨物皆以貨櫃化為趨勢，所以已使得全球的貨櫃港口趨向標準、機械化的貨櫃作業方式，將差異縮小，目前亞洲前二十大貨櫃港在港埠作業體制上均為民營化作業形式，且以最大產出(貨櫃量)及作業效率為目標，具有一致性的限制。本研究之受評對象之選定係針對亞洲前二十大國際貨櫃港來做為決策單位 DMU (Decision Making Unit)，分別是新加坡 (新加坡港)、中國大陸 (香港港、上海港、深圳港、青島港、寧波港、廣州港、天津港、廈門港、大連港)、韓國 (釜山港) 中華民國 (高雄港)、馬來西亞 (巴生港、丹絨柏樂巴斯港)、泰國 (林查班港)、日本 (東京港、橫濱港)、印尼 (丹絨不祿)、印度 (迦哇內盧)、斯里蘭卡 (可倫坡) 等二十座國際貨櫃港，如圖 3 所示。然而表 11、12、13 分別為二十座港口從 2004 年至 2006 年，三年期間投入項與產出項之資料。

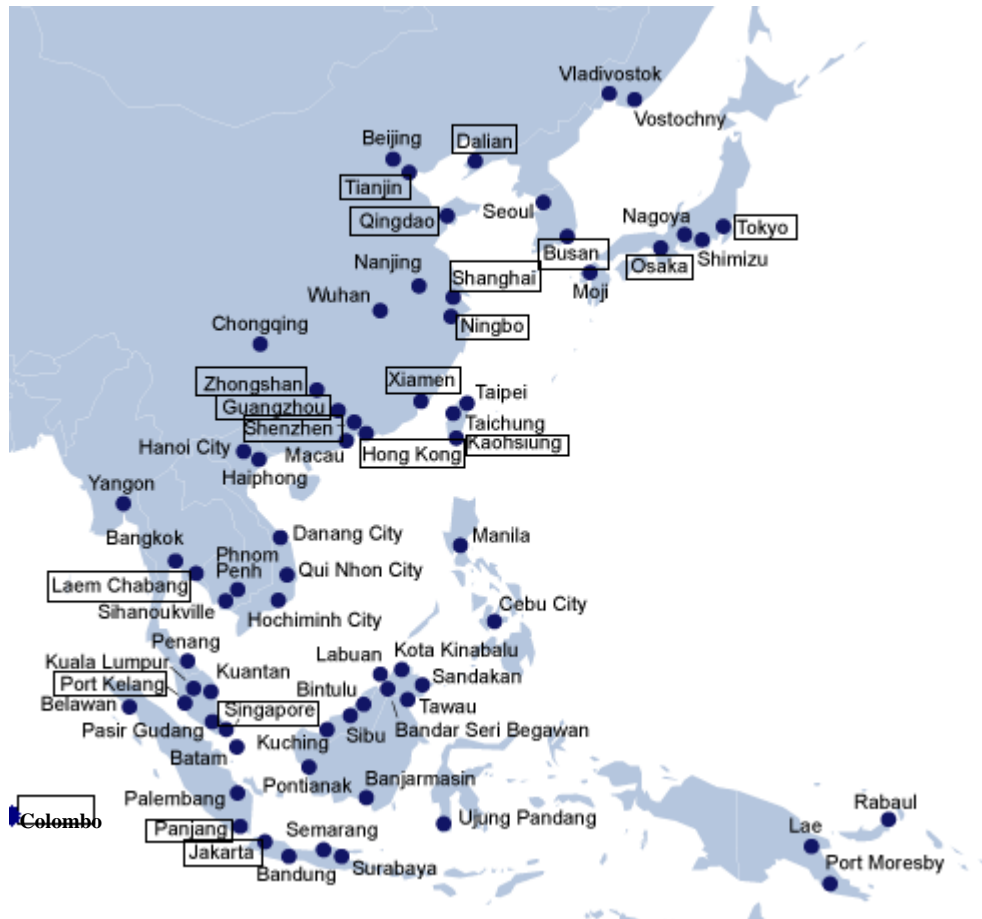


圖 3 亞洲地區二十大港口位置圖

資料來源: asianlink(Korea)(2005)

從馮正民等(2004)一書中可知，DEA 之投入與產出項之選擇須符合一般經驗法則，即 DMU 的個數必須大於投入項目(m)與產出項目(s)相乘的兩倍，為 $2m \times s$ 。因為受評單位之個數越多越好，是由於由高效率受評估單位形成的效率前緣機會越大，投入與產出之間的關係則較易辨認與明顯。故本研究將以亞洲前二十大國際貨櫃港為決策單位，亦為考量其受評單位之個數符合次經驗法則。

表 11 亞洲前二十大國際貨櫃港 2004 年投入產出資料表

港口	投入						產出
	貨櫃船席數 (座)	船席長度 (m)	貨櫃場面積 (公頃)	貨櫃場堆積 容量(TEU)	冷凍插座 (個)	橋式起重機 (台)	貨櫃吞吐量 (TEU)
新加坡	37	5,265	3,390,000	65,614	3,768	118	21,329,100
香港	22	7,259	2,503,100	203,920	5,922	83	21,932,000
上海	19	5,059	2,614,926	156,264	2,667	51	14,557,200
深圳	18	5,543	2,290,000	185,000	1,718	42	13,650,000
釜山	62	11,040	3,013,570	162,659	4,470	52	11,430,000
高雄	22	6,711	1,901,374	87,906	2,339	21	9,710,000
青島	13	5,100	1,136,000	144,872	6,072	43	5,139,700
寧波	4	2,138	757,000	39,591	992	16	4,005,500
廣州	6	1,299	615,000	29,600	654	8	3,308,200
巴生港	20	3,113	1,493,300	50,800	997	48	5,243,593
天津	8	2,450	1,004,400	22,100	598	10	3,814,000
丹絨柏樂巴斯	6	2,160	1,200,000	108,360	2,100	24	4,020,421
林查班	22	8,600	3,471,800	49,288	1,912	56	3,529,000
廈門	3	1,110	715,000	15,000	469	10	2,871,000
東京	13	3,686	893,701	50,561	3,342	32	3,580,000
丹絨不祿	12	2,788	1,626,000	33,480	288	29	3,170,000
大連	13	2,669	1,504,000	30,566	1,768	16	2,211,200
橫濱	21	5,580	1,733,601	88,020	3,444	42	2,576,522
迦哇內盧	5	1,280	688,400	58,550	868	16	2,371,338
可倫坡	12	3,176	472,300	62,320	1,116	26	2,220,525

資料來源：Containerisation International Yearbook 2005

表 12 亞洲前二十大國際貨櫃港 2005 年投入產出資料表

港口	投入						產出
	貨櫃船席 (座)	船席長度 (m)	貨櫃場面積 (公頃)	貨櫃場堆積 容量(TEU)	冷凍插座 (個)	橋式起重 機 (台)	貨櫃吞吐量 (TEU)
新加坡	37	14,900	3,390,000	65,614	4,128	131	23,192,200
香港	24	7,999	2,788,500	251,834	6,672	91	22,427,000
上海	23	5,706	2,947,858	192,084	3,855	63	18,084,000
深圳	19	5,543	2,290,000	185,000	2,106	54	16,197,173
釜山	65	12,090	3,823,570	242,177	4,470	61	11,843,151
高雄	22	6,711	1,901,374	87,906	2,339	21	9,471,056
青島	13	5,100	1,136,000	144,872	6,072	43	6,307,000
寧波	4	2,138	757,000	39,591	992	16	5,208,000
廣州	8	3,119	2,435,000	115,496	1,734	22	4,685,000
巴生港	21	5,213	1,493,300	50,800	997	50	5,543,527
天津	8	2,450	1,004,400	22,100	598	10	4,801,000
丹絨柏樂巴斯	6	2,160	1,200,000	108,360	2,100	27	4,177,121
林查班	22	8,600	3,471,800	48,460	2,242	56	3,765,967
廈門	5	1,490	480,000	15,000	240	11	3,342,300
東京	14	4,016	1,020,901	55,061	3,386	34	3,593,071
丹絨不祿	12	2,788	1,626,000	40,176	388	29	3,281,580
大連	9	1,759	1,504,000	30,566	1,768	16	2,655,000
橫濱	23	6,040	1,943,601	97,874	4,776	42	2,873,277
迦哇內盧	8	1,725	688,400	58,550	868	16	2,666,703
可倫坡	12	3,176	472,300	62,320	1,116	26	2,455,297

資料來源：Containerisation International Yearbook 2007

表 13 亞洲前二十大國際貨櫃港 2006 年投入產出資料表

港口	投入						產出
	貨櫃船席 (座)	船席長度 (m)	貨櫃場面積 (公頃)	貨櫃場堆積 容量(TEU)	冷凍插座 (個)	橋式起重機 (台)	貨櫃吞吐量 (TEU)
新加坡	37	14,900	3,390,000	65,614	4,128,	131	24,792,400
香港	26	7,999	3,438,820	251,834	7,080	124	23,230,000
上海	29	7,356	6,169,837	224,691	4,776	79	21,710,000
深圳	27	8,228	3,341,600	248,000	2,354	77	18,468,900
釜山	65	12,610	3,922,413	267,630	7,422	70	12,030,000
高雄	22	6,714	1,901,374	87,906	2,339	21	9,774,670
青島	13	5,100	1,136,000	144,872	6,072	45	7,702,000
寧波	4	2,138	757,000	39,591	992	16	7,068,000
廣州	19	5,219	4,650,000	292,805	5,784	26	6,600,000
巴生港	22	5,513	1,736,300	50,800	997	50	6,320,000
天津	8	2,450	1,004,400	22,100	598	10	5,900,000
丹絨柏樂巴斯	6	2,160	1,200,000	108,360	2,100	27	4,770,000
林查班	21	8,600	3,546,800	67,555	2,242	56	4,123,124
廈門	8	1,490	480,000	15,000	240	11	4,018,700
東京	14	4,016	1,020,901	55,061	3,386	35	3,665,000
丹絨不祿	14	3,192	1,656,000	47,676	496	31	3,346,600
大連	13	2,808	1,663,150	35,468	2,296	20	3,212,000
橫濱	23	5,430	1,911,256	99,214	5,674	54	3,200,000
迦哇內盧	8	1,725	688,400	48,500	992	16	3,084,000
可倫坡	12	3,176	472,300	62,320	1,116	26	2,876,100

資料來源：Containerisation International Yearbook 2007

4.3 投入與產出變數之相關檢定

本研究依照資料可得性，以及根據許多相關文獻所採用之投入與產出變數作為參考，在選取投入與產出變數之後，接著將投入與產出之相關性做檢測，由於資料包絡分析法無須預設生產函數的型態，但其所篩選的投入與產出變數必須能解釋各因子對效率的影響，亦即投入與產出資料必須符合 Isotonicity 這項假設，表示在投入量增加時，產出也必須要增加，相關性應呈現正相關；因此要驗證這相關性，可藉由所蒐集的投入與產出資料之 Pearson 相關係數來檢定求其相關矩陣，若有負相關存在時，則必須將該變數剔除。經由 SPSS 統計軟體計算相關係數如表 14、15、16 所示，可看出各年度之投入與產出變數之相關係數均呈正值，亦即橋式起重機數量(台)、貨櫃船席數(座)、貨櫃場棧總面積(公頃)、船席總長度(公尺)、貨櫃場堆積容量(TEU)、冷凍插座(個)等六項變數皆與產出項貨櫃吞吐量呈現正相關，表示符合假設中 Isotonicity 之特性，故可供研究使用計算，但礙於 SFA 分析法之變數太多之限制，故最終選用橋式起重機數量(台)、貨櫃場棧總面積(公頃)、船席總長度(公尺)、冷凍插座(個)四項相關性較高之投入當成最終投入變數。



表 14 2004 年投入與產出各變數間之相關係數分析表

投入與產出項變數		投入						
		貨櫃 吞吐量 (TEU)	貨櫃船 席數 (座)	船席 長度 (公尺)	貨櫃場 面積 (公頃)	貨櫃場 堆積 (TEU)	冷凍 插座 (個)	橋式起 重機 (台)
貨櫃 吞吐量 (TEU)	Pearson 相關	1						
貨櫃船 席數 (座)	Pearson 相關	.539*	1					
船席 長度 (公尺)	Pearson 相關	.599*	.854**	1				
貨櫃場 面積 (公頃)	Pearson 相關	.673**	.760**	.806**	1			
貨櫃場 堆積 (TEU)	Pearson 相關	.622**	.484*	.623**	.459*	1		
冷凍 插座 (個)	Pearson 相關	.569**	.539*	.665**	.467*	.782**	1	
橋式起 重機 (台)	Pearson 相關	.764**	.636**	.583**	.778**	.466*	.640**	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)
 **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

表 15 2005 年投入與產出各變數間之相關係數分析表

投入與產出項變數		投入						
		貨櫃 吞吐量 (TEU)	貨櫃船 席數 (座)	船席 長度 (公尺)	貨櫃場 面積 (公頃)	貨櫃場 堆積 (TEU)	冷凍 插座 (個)	橋式起 重機 (台)
貨櫃 吞吐量 (TEU)	Pearson 相關	1						
貨櫃船 席數 (座)	Pearson 相關	.605**	1					
船席 長度 (公尺)	Pearson 相關	.658**	.949**	1				
貨櫃場 面積 (公頃)	Pearson 相關	.598**	.781**	.822**	1			
貨櫃場 堆積 (TEU)	Pearson 相關	.721**	.488*	.468*	.582**	1		
冷凍 插座 (個)	Pearson 相關	.578**	.515*	.599**	.530*	.751**	1	
橋式起 重機 (台)	Pearson 相關	.836**	.780**	.865**	.720**	.574**	.651**	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)
 **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

表 16 2006 年投入與產出各變數間之相關係數分析表

投入與產出項變數		投入						
		貨櫃 吞吐量 (TEU)	貨櫃船 席數 (座)	船席 長度 (公尺)	貨櫃場 面積 (公頃)	貨櫃場 堆積 (TEU)	冷凍 插座 (個)	橋式起 重機 (台)
貨櫃 吞吐量 (TEU)	Pearson 相關	1						
貨櫃船 席數 (座)	Pearson 相關	.757**	1					
船席 長度 (公尺)	Pearson 相關	.716**	.843**	1				
貨櫃場 面積 (公頃)	Pearson 相關	.574**	.610**	.520*	1			
貨櫃場 堆積 (TEU)	Pearson 相關	.497*	.646**	.217	.258	1		
冷凍 插座 (個)	Pearson 相關	.487*	.672**	.480*	.631*	.463*	1	
橋式起 重機 (台)	Pearson 相關	.769**	.932**	.853**	.625**	.569*	.642**	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)
 **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

4.4 DEA 模式評估結果分析

4.4.1 分析內容項目

藉由 DEA 進行效率評估，其所得到的效率值及各變數所得到的訊息，需適當地加以分析與解釋，進而以提供有用的管理資訊給予管理者進行矯正行動。而 DEA 之衡量模式又可分為 CCR 及 BCC 兩種模式，因此分別對此兩項模式進行說明，研究首先以 CCR 模式進行效率評估，其所求得的生產效率為總體技術效率，其次再以 BCC 模式所求得的效率值則包括純粹技術效率及規模效率。透過此兩種模式進行計算，則可發現無效率的來源為缺乏純粹技術效率或規模效率。

所以以下就整體技術效率、純粹技術效率、規模效率作出說明：

(1) 純粹技術效率

由 BCC 模式求得的效率值為純粹技術效率值，其指各 DMU 對於各項投入指標項目能否有效運用，藉以達到產出極大化或投入極小化的情況，因此當所得到的效率值越高，即表示該 DMU 在投入項目使用上越有效率。

(2) 規模效率

規模效率是指各 DMU 其投入指標項目與產出指標項目的比例是否適當，即在該比例的情況下，DMU 能否達到最大的生產力。因此規模效率是用以衡量各 DMU 之投入與產出指標項目的比例，其與達成最大生產力之 DMU 的差異程度。

若透過效率評估後，有發現 DMU 之規模為無效率之情況時，則需先找出其當時所屬的生產規模階段為增加或減少生產規模，以達到最大生產力與規模效率。因此當 DMU 的規模效率越高時，代表其規模大小越適合此 DMU，亦即越接近最適規模，其生產力越大。

(3) 整體技術效率

整體技術效率為 CCR 模式所求得之效率值，亦或將 BCC 模式所求得之純粹技術效率及規模效率進行相乘，此乘積則可得出 DMU 的整體技術效率值。

4.4.2 CCR 模式與 BCC 模式之效率分析

CCR 模式所求出之效率值為各 DMU 之總效率，而透過 BCC 模式則可將此總

效率予以細分為純粹技術效率與規模效率，因此透過此兩種模式進行計算，可以發現無效率的來源為缺乏純粹技術效率或是規模效率。

DMU 的總效率包含技術效率與規模效率，如果同時達到技術效率與規模效率時才可達到總體效率，本研究利用 DEAP 之電腦程式來估計 DEA 效率值，DEAP 為澳大利亞昆士蘭大學效率與生產力中心所發展出來的電腦程式，旨在建立 DEA 邊界，用以計算技術與成本效率，亦可計算麥式(Malmquist)TFP 指數值，該程式可從 <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/software.htm> 中免費下載，經由 DEAP 程式所運算的結果可得知各港埠之各項效率值，若其總效率為「1」者，代表相對有效率；反之，則代表相對無效率。故本研究由產出的角度探討效率，其觀點係在相同投入水準下，應有多少之產出方屬有效率，即在相同投入水準下比較產出之達成狀況，因而稱為產出導向效率。

由 CCR 模式（總體效率）分析各港口於 2006 年之港埠作業效率的結果可得知：當相對效率值為 1 時，為相對高效率的港口；反之，相對效率不為 1 的港口，為相對低效率的港口，離 1 愈遠者則相對效率愈低。由表 17 可知寧波、天津與廈門相對之總效率為 1，表示該港口相對最有效率；其餘十七個港埠則為相對效率較低之港口。依其無效率的程度依序為：上海的總效率為 0.893、香港的總效率為 0.878、高雄的總效率為 0.828、新加坡總效率為 0.793、深圳的總效率為 0.761、青島的總效率為 0.726、丹絨伯樂巴斯的總效率為 0.668、可倫坡的總效率為 0.652、迦哇內盧的總效率為 0.541、廣州的總效率值為 0.478、巴生港的總效率值為 0.430、丹絨不祿的總效率為 0.403、東京的總效率為 0.384、釜山的總效率為 0.369、大連的總效率為 0.356、橫濱的總效率為 0.179，最後則是林查班的總效率為 0.173，對於相對低效率的港埠，需要進行不同幅度之改善，才能成為相對高效率的港埠，需注意的是此模式結果為各港埠營運資料經由模式計算產生的結果，為數據結果非實際營運效率表現，相對高效率的港埠非代表其實際生產效率高，僅代表港埠在模式的結果表現較佳，亦即港埠能以較少橋式起重機、貨櫃船席長度、貨櫃場棧面積與冷凍插座的投入量，處理較多年貨櫃量。

而針對上述十七個相對無效率的港口再以 BCC 模式進行純粹技術效率分析，其結果可得知：新加坡、香港、上海、深圳、高雄、可倫坡的技術效率值為 1，表示此六個港口為相對有技術效率的港口；其餘十一個港口為相對無技術效率的港

口。依其無效率的程度依序為：青島的技術效率為 0.801、巴生港的技術效率為 0.687、丹絨柏樂巴斯的技術效率為 0.669、釜山的技術效率均為 0.662、廣州的技術效率為 0.645、迦哇內盧的技術效率為 0.602、丹絨不祿的技術效率為 0.580、東京的技術效率為 0.414、大連的技術效率為 0.395、林查班的技術效率為 0.273，最後則是橫濱的技術效率為 0.239。此 BCC 模式求得的技術效率用於表示各港埠於每年之投入項目能否有效的運用，達產出最大化或投入最小化，其值表示投入要素在使用上的效率，值越高表示該港埠在投入要素使用上越有效率。

接著根據上面所求得的 CCR 模式下之效率值與 BCC 模式之效率值相除可得到規模效率值，而規模效率代表港埠之產出與投入的比例是否適當，亦即是否達到最大生產力，其值越高表示規模越適合，生產力也越大。則此二十個港口，除了寧波、天津與廈門之外，其他十七個港口皆為相對無規模效率之港口，依其無效率的程度依序為：丹絨柏樂巴斯的總效率為 0.998、東京的總效率為 0.928、青島的總效率為 0.907、大連的總效率為 0.901、迦哇內盧的總效率為 0.899、上海總效率為 0.893、香港的總效率為 0.878、高雄的總效率為 0.828、新加坡的總效率為 0.793、深圳的總效率為 0.761、橫濱的總效率為 0.750、廣州的總效率值為 0.741、丹絨不祿的總效率為 0.695、可倫坡的總效率為 0.652、林查班的總效率值為 0.632、巴生港的總效率為 0.626，最後則是釜山的總效率為 0.557。

由表 17 可看出港埠的總體效率、技術效率與規模效率值三種效率值皆為 1 的有寧波、天津及廈門，代表這三個港口於產出指標項目與投入指標項目的比例適當，以達到最適生產規模。而總效率值、純粹技術效率值及規模效率值皆不為 1 的港口有釜山、青島、廣州、巴生港、丹絨柏樂巴斯、林查班、東京、丹絨不祿、大連、橫濱與迦哇內盧，並且由技術效率與規模效率可判別低效率的主要因素，而缺乏純粹技術效率的傾向大於規模無效率者為青島、廣州、丹絨柏樂巴斯、林查班、東京、丹絨不祿、大連、橫濱與迦哇內盧，其無效率的主要原因為投入指標項目不能有效運用，次要原因為港埠作業之產出與投入要素比例不適當，而造成未達到最適規模；而釜山與巴生港則剛好相反，規模無效率的現象比較嚴重。新加坡、香港、上海、深圳、我國高雄港與可倫坡港之技術效率值為 1，表示其投入項目能有效運用，但規模效率不為 1，顯示未達最適規模，低效率導因於規模因素。

根據總體效率排名可看出，大陸地區的寧波、天津、廈門、上海與香港，分別佔據了前五名的位置，較具有相對競爭力，而我國高雄港、新加坡、深圳、青島與丹絨柏樂巴斯排名居中位於前十的位置，顯示尚有成長的空間，然後倒數十名分別為，可倫坡、迦哇內盧、廣州、巴生港、丹絨不祿、東京、釜山、大連、橫濱與林查班港口。



表 17 2006 年亞洲二十大港口 DEA 之產出導向之效率分析表

DMU	CCR	BCC	SE	低效率導因	總體效率排名
	總體效率	技術效率	規模效率		
新加坡	0.793	1	0.793	規模	7
香港	0.878	1	0.878	規模	5
上海	0.893	1	0.893	規模	4
深圳	0.761	1	0.761	規模	8
釜山	0.369	0.662	0.557	技術、規模	17
高雄	0.828	1	0.828	規模	6
青島	0.726	0.801	0.907	技術、規模	9
寧波	1	1	1	-----	1
廣州	0.478	0.645	0.741	技術、規模	13
巴生港	0.43	0.687	0.626	技術、規模	14
天津	1	1	1	-----	1
丹絨柏樂巴斯	0.668	0.669	0.998	技術、規模	10
林查班	0.173	0.273	0.632	技術、規模	20
廈門	1	1	1	-----	1
東京	0.384	0.414	0.928	技術、規模	16
丹絨不祿	0.403	0.58	0.695	技術、規模	15
大連	0.356	0.395	0.901	技術、規模	18
橫濱	0.179	0.239	0.75	技術、規模	19
迦哇內盧	0.541	0.602	0.899	技術、規模	12
可倫坡	0.652	1	0.652	規模	11

4.4.3 規模報酬分析

由規模報酬分析可知規模效率值小於 1 的 DMU，其效率低的原因可能是處於規模報酬遞增、固定或遞減的狀態，若處於規模報酬遞增階段，則擴大規模有利於提高效率；反之，若規模報酬處於遞減狀態，則縮減規模有利於效率之提昇。其中，總體效率值為 1 的寧波、天津與廈門港，處於最適規模報酬，港埠營運規模處於合適的狀態；經由 DEAP 軟體所運算結果可知新加坡、香港、上海、深圳、釜山、高雄、青島、廣州、巴生港、丹絨柏樂巴斯、林查班、東京、丹絨不祿、大連與橫濱等皆為規模報酬遞減，顯示其生產規模過大，縮減規模有利於提高效率，可以減少橋式起重機數、冷凍插座、貨櫃船席長度與貨櫃場棧面積等投入項目的使用，以避免投入資源有浪費的情況發生；然而迦哇內盧與可倫坡港口為規模報酬遞增，顯示出其生產規模過小，可以擴大規模有利於提高其效率，使其營運處於合適的規模狀態。各港埠總體效率之規模報酬整理如下表 18 所示。

表 18 亞洲地區二十大港口之規模報酬分析表

DMU	總體效率	規模報酬
新加坡	0.793	遞減
香港	0.878	遞減
上海	0.893	遞減
深圳	0.761	遞減
釜山	0.369	遞減
高雄	0.828	遞減
青島	0.726	遞減
寧波	1	-----
廣州	0.478	遞減
巴生港	0.43	遞減
天津	1	-----
丹絨柏樂巴斯	0.668	遞減
林查班	0.173	遞減
廈門	1	-----
東京	0.384	遞減
丹絨不祿	0.403	遞減
大連	0.356	遞減
橫濱	0.179	遞減
迦哇內盧	0.541	遞增
可倫坡	0.652	遞增

4.4.4 差額變數分析

經由規模效率與規模報酬的分析可以知道港埠相對效率低的導因，然而接下來對於各投入與產出項之差額變數分析，可清楚瞭解對於各個效率較差之 DMU，其應行改善的方向以及幅度之大小，並據此計算出對於各 DMU 必須改善之投入量，即可將相對效率低的港埠改善成為相對效率高效率。

必須注意的一點是，差額變數係根據數學模式所計算而產生，因此並未對 DMU 與投入及產出項之特性與限制進行考量，而僅就現有資料中，找出最有利之改善途徑，因此在實務上未必全然可以適用，不需在就實際狀況斟酌運用（林彬等，2006）。如貨櫃船席長度、貨櫃場棧面積、橋式起重機數、冷凍插座等資源皆已投入，實際上無法因為需要縮減而閒置，所以必須運用營運策略或技術使投入資源發揮最大之效用。

利用 DEAP 所求取之差額變數如表 19 所示，其值主要是原始投入量與目標投

入量的相差額，其中改善目標在投入項部分，有效率的港口，如新加坡、香港、上海、深圳、高雄、寧波、天津、廈門、可倫坡已位於效率前緣上，所以投入項之差額變數皆為 0。至於無效率作業期間方面，釜山、青島、廣州、巴生港、丹絨柏樂巴斯、林查班、東京、丹絨不祿、大連、橫濱、迦哇內盧等港口，因其投入資源有過多的現象，需要將投入項目進行縮減或運用管理策略將其產出之貨櫃吞吐量提升，才能使其作業效率達到效率前緣。



表 19 亞洲二十大港埠經營效率之差額變數分析表

DMU	技術效率	差額變數				
		投入項目				產出項目
		橋式起重機數	冷凍插座	貨櫃場棧面積	貨櫃船席長度	貨櫃吞吐量
		應增加量(-為減少)				
新加坡	1	0	0	0	0	0
香港	1	0	0	0	0	0
上海	1	0	0	0	0	0
深圳	1	0	0	0	0	0
釜山	0.662	0	-4406	0	-4824	6155101
高雄	1	0	0	0	0	0
青島	0.801	-12	-4628	0	-1125	1917290
寧波	1	0	0	0	0	0
廣州	0.645	0	-3624	-2646920	0	3628194
巴生港	0.687	-15	0	-231592	-1610	2873156
天津	1	0	0	0	0	0
丹絨柏樂巴斯	0.669	-10	-1092	-420178	0	2359733
林查班	0.273	0	0	-782868	-1182	10952819
廈門	1	0	0	0	0	0
東京	0.414	-7	-2079	0	-598	5179485
丹絨不祿	0.58	-12	0	-829467	-886	2421982
大連	0.395	0	-978	-504307	0	4911352
橫濱	0.239	0	-3636	0	0	10181871
迦哇內盧	0.602	-3	-479	-107944	0	2040541
可倫坡	1	0	0	0	0	0

4.4.5 敏感度分析

敏感度分析係利用減少投入項貨產出項的方式來檢視該投入或產出項對效率評估的重要程度，即刪除該變數項後之效率值相對於原始效率值差距愈大者貢獻愈大。此處利用 CCR 模式來計算刪除變項對總體效率值之改變。

表 20 亞洲二十大港口經營效率之敏感度分析

DMU	原始總效率值	刪除該投入項後之效率值			
		貨櫃船席長度	貨櫃場棧面積	冷凍插座	橋式起重機
新加坡	0.793	0.793	0.568	0.783	0.793
香港	0.878	0.724	0.878	0.878	0.878
上海	0.893	0.521	0.893	0.893	0.893
深圳	0.761	0.642	0.761	0.679	0.761
釜山	0.369	0.369	0.341	0.369	0.328
高雄	0.828	0.828	0.789	0.828	0.556
青島	0.726	0.726	0.457	0.726	0.726
寧波	1	1	1	1	1
廣州	0.478	0.43	0.478	0.478	0.383
巴生港	0.43	0.43	0.419	0.39	0.43
天津	1	1	1	1	0.841
丹絨柏樂巴斯	0.668	0.426	0.668	0.668	0.668
林查班	0.173	0.163	0.173	0.157	0.165
廈門	1	1	1	0.897	1
東京	0.384	0.384	0.276	0.384	0.384
丹絨不祿	0.403	0.403	0.403	0.317	0.403
大連	0.356	0.296	0.356	0.356	0.346
橫濱	0.179	0.179	0.16	0.179	0.179
迦哇內盧	0.541	0.48	0.541	0.541	0.541
可倫坡	0.652	0.652	0.294	0.652	0.652
平均值	0.626	0.572	0.573	0.609	0.596

港埠作業效率之敏感度分析，可看出分別刪除貨櫃船席長度、貨櫃場棧面積、冷凍插座或橋式起重機四個投入項來比較總體效率值之改變，由表 20 可發現，刪除貨櫃船席長度與貨櫃場棧面積後之總體效率平均值較其他兩項冷凍插座與橋式起重機後之總體效率平均值為低，這樣的結果可以顯示貨櫃船席長度與貨櫃場棧面積之投入該兩項變項對效率評估之重要程度較高。這也說明了若是相對無效率的 DMU 要想提高其規模效率便須要增加或減少其相對程度較高的投入量。

4.4.6 2004-2006 年 DEA 之總體效率值分析

運用 DEA 可分為二模式，以下就二模式進行總體平均分析如表 21，CCR 模式所估算之亞洲二十大港埠之經營效率平均值為 0.684，進一步將樣本區分為大陸地區與其它地區，結果發現，20 個港埠中，9 個大陸地區港埠之總體平均效率值為 0.831，11 個其它地區港埠之總體平均效率值為 0.563，顯示出大陸地區港埠的總體效率值平均高於其它地區港埠之總體平均效率值，其中效率最高的港口天津，其效率值平均為 1，排名第二為廈門，其效率值平均為 0.990，排名第三者為上海，其效率值平均為 0.964。接著，在 BCC 模式中其所估算之效率平均值為 0.759，並且進一步將樣本區分為大陸地區與其它地區，結果亦可發現，在 20 個港口中，大陸地區 9 個港埠之總體平均效率值為 0.865，高於其它地區之總體平均效率值 0.671，其中效率最高且皆為 1 的港埠為天津、廈門、上海、新加坡、香港、深圳、高雄與可倫坡等 9 個港口。從以上分析可知 CCR 模式與 BCC 模式所估算之效率值，BCC 模式之總體平均效率值皆高於 CCR 模式之總體平均效率值，可能是因為 BCC 模式中效率值為 1 的佔較多。兩模式中前三者效率較高之港口排名中可能有些許的不同，但在 CCR 效率值前三名中與 BCC 效率值為第一的的 9 個港埠重複，也顯示兩者的有效率港口一致。

表 21 2004-2006 年 DEA 兩模式之總體效率值與排名

DMU	2004-2006 年			
	TE _{CCR}	TE _{CCR} 排名	TE _{BCC}	TE _{BCC} 排名
新加坡	0.907	8	1.000	1
香港	0.959	4	1.000	1
上海	0.964	3	1.000	1
深圳	0.920	7	1.000	1
釜山	0.504	16	0.685	13
高雄	0.942	5	1.000	1
青島	0.644	11	0.696	12
寧波	0.933	6	0.939	9
廣州	0.695	9	0.751	11
巴生港	0.543	15	0.677	14
天津	1.000	1	1.000	1
丹絨柏樂巴斯	0.632	12	0.675	15
林查班	0.197	20	0.249	19
廈門	0.990	2	1.000	1
東京	0.426	17	0.468	17
丹絨不祿	0.670	10	0.777	10
大連	0.374	18	0.401	18
橫濱	0.204	19	0.224	20
迦哇內盧	0.560	14	0.632	16
可倫坡	0.612	13	1.000	1
平均值	0.684		0.759	
最小值	0.197		0.224	
最大值	1.000		1.000	
平均值(大陸)	0.831		0.865	
平均值(其它)	0.563		0.671	

4.5 競爭力變動 (Malmquist)分析內容

Malmquist 生產力指數分析乃組織任二期間產出面或投入面之效率變動，生產力指數成長表示成本降低、產出增加，而 Malmquist 生產力分析係由技術變動分析與效率變動分析所構成。故本節說明 2004~2006 年之亞太地區二十大港埠相對競爭力變動，藉由數據結果觀看各港埠的發展是否進步與發展：

1. 效率變動分析：

效率變動乃相對於業界之效率水準下，決策單位持續改善之追趕效果。效率進步表示效能改進或資源浪費、誤用的情況有所改善；反之，效率衰退則表示經營無效率或資源浪費情形惡化。而效率變動可區分為純粹技術效率變動及規模效率變動二類，純粹技術效率欠佳乃經營技術不如業界平均，可藉管理者提升經營能力予以改善；而規模效率不彰則須藉規模調整方可改善。

2. 技術變動：

技術變動乃因時間改變，所引起生產邊界的變動，為產業整體生產技術產生變化。而生產邊界外移表示業者生產技術進步；而生產邊界向原點移動表示業者生產技術衰退。其中技術進步，係通常係因技術的發明或創新所致之成本節省或生產力提高，而技術衰退則因技術退步，須加速創新方可改善 (張谷銘, 2001)。

4.5.1 效率變動分析

效率變動($EC_{t,t+1}$)係在固定規模報酬下，第 $t+1$ 期對 t 期之效率距離函數比值，可作為相對效率之追趕程度，用以判別決策單位相較於整體受評單位之效率改善程度，當 $EC_{t,t+1} > 1$ 表示決策單位效率改善速度優於整體受評單位，值愈大改善越多； $EC_{t,t+1} = 1$ 即決策單位與整體效率之改善速度一致； $EC_{t,t+1} < 1$ 即效率改善速度落後整體受評單位，且可能有衰退的現象。

表 22 效率變動分析表

DMU	EC ₀₄₋₀₅	EC ₀₅₋₀₆
新加坡	0.928	0.854
香港	1	0.878
上海	1.002	0.893
深圳	1	0.761
釜山	0.846	0.703
高雄	0.999	0.828
青島	1.337	1.052
寧波	1.249	1
廣州	0.607	0.788
巴生港	0.781	0.818
天津	1	1
丹絨柏樂巴斯	0.985	1.095
林查班	0.839	0.908
廈門	1.029	1
東京	0.957	0.879
丹絨不祿	0.607	0.663
大連	1.303	0.821
橫濱	1.117	0.787
迦哇內盧	0.929	0.984
可倫坡	1.206	1.007
平均值	0.986	0.885

由表 22 中的結果可顯示，2004-2005 年期間，上海、青島、寧波、廈門、大連、橫濱與可倫坡港其效率變動值皆大於 1，表示是效率有改善的港埠，然而青島港值最大表示改善程度越多。香港、深圳與天津港其值皆為 1 則表示維持相對高效率不變，新加坡、釜山、高雄、廣州、巴生港、丹絨柏樂巴斯、林查班、東京、丹絨不祿與迦哇內盧港其值皆小於 1，表示面臨成長幅度小甚至出現退步的情況，又以丹絨不祿與廣州港的值最小。在 2005-2006 年期間，青島與可倫坡還是持續成長，並加入丹絨柏樂巴斯。然寧波、天津、廈門維持相對高效率，其餘的港埠則面臨相對效率成長較小或是衰退的狀況，港埠之相對效率成長幅度小，可能原因是港埠設備發展趨於穩定，成長幅度無法像新興港口一樣大幅度擴張，所以以相對比較的角度來看，可能有衰退的現象發生。

4.5.2 技術變動分析

技術變動($TC_{t,t+1}$)可衡量產業技術是否成長，為第 t 期到 t+1 期生產邊界之相對距離，當 $TC_{t,t+1} > 1$ 表示生產邊界外移，意謂整體產業生產技術進步，使用更少的投入水準可以得到相同的產出；當 $TC_{t,t+1} < 1$ 則表示生產邊界向原點移動，即整

體產業生產技術衰退，必須使用更高的投入水準才能獲得相同的產出， $TC_{t,t+1}=1$ 表示整體產業生產技術不變。

表 23 技術變動表

DMU	TC ₀₄₋₀₅	TC ₀₅₋₀₆
新加坡	0.923	1.251
香港	0.923	1.135
上海	1.048	1.052
深圳	1.078	1.097
釜山	1.009	1.319
高雄	0.976	1.246
青島	0.918	1.161
寧波	1.041	1.357
廣州	0.926	1.27
巴生港	1.197	1.211
天津	1.259	1.229
丹絨柏樂巴斯	1.033	1.043
林查班	1.17	1.205
廈門	1.32	1.202
東京	0.918	1.161
丹絨不祿	1.339	1.202
大連	0.922	1.281
橫濱	0.989	1.267
迦哇內盧	1.026	1.175
可倫坡	0.917	1.163
平均值	1.046	1.201

由表 23 中的結果可顯示，2004-2005 年期間，新加坡、香港、高雄、青島、廣州、東京、大連、橫濱與可倫坡港有衰退的情況發生、其餘港口皆為成長，2005-2006 年期間，各港埠技術效率皆大於 1，所有港口皆為成長的狀態，包含前面所述之技術退步的港口亦轉為成長的狀況。

4.5.3 生產力變動分析

生產力變動分析透過效率變動與技術變動之相乘積即可求得第 t 期至第 t+1 期的生產力變動指數($M_{t,t+1}$)，當($M_{t,t+1}$)>1 表示跨期生產力遞增，值愈大表示不同時期相對競爭力進步愈多，($M_{t,t+1}$)<1 表示跨期生產力遞減，值愈小表示不同時期相對競爭力衰退愈多，($M_{t,t+1}$)=1 表示跨期生產力不變。

由表 24 可知，在 2004-2005 年期間，相對競爭力進步的港口有上海、深圳、青島、寧波、天津、丹絨柏樂巴斯、廈門、大連、橫濱與可倫坡港。其中大陸地

區港口佔有十座港口中的七座，其餘的十座港口皆為相對競爭力較低的港口，其中以廣州衰退最多。2005-2006 年期間，青島、寧波、天津、丹絨柏樂巴斯、廈門、大連、可倫坡等港口其相對競爭力持續成長，加入新加坡、高雄、林查班、東京、迦哇內盧等競爭力提升之港口，而上海、深圳、橫濱港口則落為相對競爭力較低的港口，其餘的港口依舊競爭力較低。值得注意的是，生產力變動分析只是衡量受評港口相較於其他港埠於不同時期生產力的變化，若生產力遞增，表示此港埠針對其不同時期相較於其他港埠的生產力表現是有提升的，並非絕對增加其生產力，此分析是一種相對的概念。

表 24 中亦可看出，2004-2006 年亞洲地區二十大港埠生產力指數的排名，在 2004-2005 年期間，前五名為廈門、寧波、天津、青島、大連；2005-2006 年期間，前五名為寧波、天津、青島、廈門、可倫坡。雖然由排名可得知生產力成長及衰退的排名每年都會有變化，難以維持不變，但其實相對較有競爭力的前幾名港口依舊不會改變，其中大陸地區之港口五座中佔有四座皆處於生產力成長的狀況。



表 24 生產力變動指數表

DMU	M ₀₄₋₀₅	M ₀₄₋₀₅ 排名	M ₀₅₋₀₆	M ₀₅₋₀₆ 排名
新加坡	0.856	17	1.069	9
香港	0.923	15	0.997	14
上海	1.049	9	0.939	17
深圳	1.078	8	0.835	19
釜山	0.854	18	0.927	18
高雄	0.975	12	1.032	11
青島	1.227	4	1.221	3
寧波	1.3	2	1.357	1
廣州	0.562	20	1	13
巴生港	0.936	14	0.991	16
天津	1.259	3	1.229	2
丹絨柏樂巴斯	1.017	10	1.142	7
林查班	0.982	11	1.095	8
廈門	1.358	1	1.202	4
東京	0.879	16	1.02	12
丹絨不祿	0.813	19	0.798	20
大連	1.201	5	1.051	10
橫濱	1.105	7	0.997	15
迦哇內盧	0.953	13	1.156	6
可倫坡	1.106	6	1.171	5
平均值	1.021		1.061	

4.6 SFA 模式之實證結果分析

4.6.1 SFA 函數估計結果

針對 SFA 目標函數及無效率的隨機干擾項 u_i ，採用 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數兩種模式進行分析，本研究使用 Coelli(1996)之 FRONTIER(Version4.1)電腦軟體求解，衡量自 2004~2006 年之亞太地區二十大港口的效率值，其中兩種成本含數之迴歸估計結果如表 25 所示

表 25 隨機邊界分析之最大概似估計值

變數項	SFA _{CD} 模式			SFA _{TR} 模式		
	係數值	標準差	t 值	係數值	標準差	t 值
常數	8.144	1.851	4.399**	-4.799	0.494	-9.710
X ₁ [=ln(橋式機數)]	0.5093	0.111	4.549**	-0.8202	0.592	-1.384
X ₂ [=ln(冷凍插座)]	0.0253	0.095	0.265	-0.5813	0.409	-1.425
X ₃ [=ln(貨櫃場面積)]	-0.0136	0.130	-0.104	12.824	7.095	1.807
X ₄ [=ln(船席長度)]	0.1502	0.103	1.453	-1.151	0.712	-0.161
(X ₁) ²				-0.212	0.214	-0.988
(X ₂) ²				-0.0306	0.121	-0.251
(X ₃) ²				-0.7371	0.323	-2.276**
(X ₄) ²				-0.2074	0.493	-0.420
(X ₁ · X ₂)				-0.0463	0.308	-0.150
(X ₁ · X ₃)				0.8445	0.500	1.687
(X ₁ · X ₄)				-0.2114	0.450	-0.469
(X ₂ · X ₃)				0.2788	0.292	0.952
(X ₂ · X ₄)				-0.0123	0.403	-0.036
(X ₃ · X ₄)				0.4058	0.807	0.502
σ^2	0.826	0.284	2.904	0.4828	0.188	2.565
γ	0.982	0.750	13.04	0.97	0.149	6.506
LR 值	95.29			72.73		

由上表可知 Cobb-Douglas 成本函數模型架構中，橋式起重機數具有顯著的正相關性，其餘變數的顯著性較低。在 Translog 成本函數中，僅有貨櫃場面積平方項有較顯著的負相關性，其於變數相關性皆較低，由 t 值可看出皆不顯著，可能原因是由於資料太少，變數太多的關係。在模式檢定中，SFA_{CD} 模式的 LR 值為 95.29、SFA_{TR} 模式 LR 值為 72.73 皆大於 χ^2 ($\alpha = 0.05$) 分配臨界值 2.71，故均拒絕 H_0 的假設，表示 $\alpha^2 \neq 0$ ，接受對立假設 H_1 ，表示有技術無效率 u_{it} 的效果，滿足 SFA 中需要有技術無效率之效果。亦可由 γ 值來判定是否存在技術無效率的效果，

$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}$ ，可知 SFA_{CD} 模式的 γ 值為 0.982 (t 值為 13.04)、SFA_{TR} 模式 γ 值為 0.97 (t

值為 6.07)，均為較顯著，故接受對立假設 H_1 ，表示 $\gamma \neq 0$ ，該兩模式均有技術無效率的效果。

4.6.2 SFA 函數估計結果

根據 4.6.1 小節之隨機邊界成本函數的迴歸估計結果，可進一步估算兩模式之經營效率值如表 26 所示，由於 Translog 模型變數太多的限制，無法估計逐年港埠的經營效率，僅以 2004-2006 年之總體經營效率來呈現，故兩模式皆分析三年間之總體經營效率。

以 Cobb-Douglas 模式所估算之亞洲二十大港埠之經營效率平均值為 0.542，進一步將樣本區分為大陸地區與非大陸地區，結果發現：20 個港埠中，9 個大陸地區港埠之平均效率值為 0.682，11 個非大陸地區港埠之平均效率值為 0.428，顯示出大陸地區港埠的效率值平均高於非大陸地區港埠之平均效率值，其中效率最高的港口為上海，其效率值平均為 0.937，排名第二為深圳，其效率值平均為 0.914，排名第三者為香港，其效率值平均為 0.913。接著，在 Translog 模式中其所估算之效率平均值為 0.650，並且進一步將樣本區分為大陸地區與非大陸地區，結果亦可發現：在 20 個港口中，大陸地區 9 個港埠之平均效率值為 0.796，高於非大陸地區之平均效率值 0.428，其中效率最高的港埠為深圳，其效率值為 0.937，排名第二為上海，其效率值為 0.926，排名第三為香港，其效率值為 0.908。從以上分析可知 Cobb-Douglas 模式與 Translog 模式所估算之效率值，Translog 模式之平均效率值皆高於 Cobb-Douglas 模式之平均效率值，兩模式中前三者效率較高之港口排名中可能有些許的不同，但效率較高前三者皆是相同的港口。

表 26 2004-2006 年 SFA 效率估計結果

DMU \ 效率值	2004 年		2005 年		2006 年		2004-2006 年			
	TE _{C-D}	名次	TE _{C-D}	名次	TE _{C-D}	名次	TE _{C-D}	名次	TE _{TR}	名次
新加坡	0.708	9	0.612	8	0.953	3	0.810	5	0.895	4
香港	0.928	3	0.976	4	0.992	2	0.913	3	0.908	3
上海	0.813	7	0.999	1	0.907	5	0.937	1	0.926	2
深圳	0.999	1	0.978	3	0.908	4	0.914	2	0.937	1
釜山	0.591	10	0.486	13	0.539	10	0.588	9	0.487	15
高雄	0.965	2	0.909	6	0.825	7	0.900	4	0.850	7
青島	0.402	16	0.576	10	0.631	9	0.415	12	0.709	10
寧波	0.750	8	0.983	2	0.995	1	0.687	7	0.860	6
廣州	0.901	4	0.529	12	0.426	14	0.573	10	0.797	8
巴生港	0.485	11	0.365	16	0.448	13	0.378	13	0.505	14
天津	0.831	6	0.975	5	0.858	6	0.783	6	0.892	5
丹絨柏樂巴斯	0.416	15	0.583	9	0.510	11	0.433	11	0.587	12
林查班	0.194	19	0.174	20	0.216	19	0.213	19	0.216	19
廈門	0.882	5	0.839	7	0.758	8	0.594	8	0.739	9
東京	0.390	17	0.389	15	0.345	16	0.287	17	0.455	17
丹絨不祿	0.445	13	0.318	18	0.299	18	0.308	16	0.456	16
大連	0.251	18	0.418	14	0.327	17	0.321	15	0.394	18
橫濱	0.186	20	0.220	19	0.211	20	0.184	20	0.201	20
迦哇內盧	0.442	14	0.549	11	0.461	12	0.369	14	0.535	13
可倫坡	0.482	12	0.356	17	0.379	15	0.239	18	0.642	11
平均值	0.603		0.612		0.599		0.542		0.650	
最大值	0.999		0.999		0.995		0.937		0.937	
最小值	0.186		0.174		0.211		0.184		0.201	
平均值(大陸)	0.751		0.808		0.756		0.682		0.796	
平均值(其它)	0.482		0.451		0.471		0.428		0.530	

4.7 DEA 與 SFA 之實證結果比較

2004 至 2006 年各模式總體技術效率值與排序如表 27 所示，以模式間的效率值比較，可發現平均總體效率值為 TE_{BCC} 最高，順序依序為 $TE_{BCC}(0.759) > TE_{CCR}(0.684) > TE_{TR}(0.650) > TE_{C-D}(0.542)$ ，故 DEA 模式下之效率值皆大於 SFA 模式下之效率值。亦可知將總體效率值區分為大陸地區與其它，在四模式中大陸地區之總體效率值皆大於其它地區之總體效率值。

依據 DEA 與 SFA 四種模式相對效率值之港埠進行排序，在 CCR 模式中排名前三個分別為天津、廈門、上海，而倒數三個港埠為大連、橫濱、林查班；在 BCC 模式中，其中效率為 1 的港口有 8 個，分別為新加坡、香港、上海、深圳、高雄、天津、廈門、可倫坡，與 CCR 中排名前三的港口亦有重複，而倒數三個港埠為橫濱、大連、林查班。在 DEA 中兩個模式之相對排名中前三個與倒數三個港埠大致上均相似。在 C-D 模式中排名前三個港埠分別為上海、深圳、香港，倒數三個為可倫坡、林查班、橫濱；在 TR 模式中排名前三個港埠分別為深圳、上海、香港，倒數三個為大連，林查班、橫濱，故可知在 SFA 兩模式中排名為前三個的港埠均相同，排序有些許不同，在倒數三個港埠中不同，但大致上也相似。

比較 SFA 與 DEA 四個模式，可以發現排名前三的港埠只有在 DEA 兩模式中兩兩相似，SFA 中兩模式兩兩相似，然而在倒數三個排名的港埠中四個模式大致相似，有趣的地方在 BCC 模式中可倫坡效率值為 1，在 C-D 模式中卻變成倒數三個，探究其原因，SFA 模式對於原始資料在各年度間變動較具敏感性，亦會隨著資料的變動受到影響，故 SFA 模式研究效果較容易受原始資料的影響。故可知在相同的港埠資料下，使用不同的分析方法、模式下所得出的效率值排序有所差異。

表 27 2004-2006DEA 與 SFA 四種模式之總體效率值與排名

效率值 DMU	2004-2006							
	TE _{CCR}	排名	TE _{BCC}	排名	TE _{C-D}	排名	TE _{TR}	排名
新加坡	0.907	8	1.000	1	0.81	5	0.895	4
香港	0.959	4	1.000	1	0.913	3	0.908	3
上海	0.964	3	1.000	1	0.937	1	0.926	2
深圳	0.920	7	1.000	1	0.914	2	0.937	1
釜山	0.504	16	0.685	13	0.588	9	0.487	15
高雄	0.942	5	1.000	1	0.9	4	0.85	7
青島	0.644	11	0.696	12	0.415	12	0.709	10
寧波	0.933	6	0.939	9	0.687	7	0.86	6
廣州	0.695	9	0.751	11	0.573	10	0.797	8
巴生港	0.543	15	0.677	14	0.378	13	0.505	14
天津	1.000	1	1.000	1	0.783	6	0.892	5
丹絨柏樂巴斯	0.632	12	0.675	15	0.433	11	0.587	12
林查班	0.197	20	0.249	19	0.213	19	0.216	19
廈門	0.990	2	1.000	1	0.594	8	0.739	9
東京	0.426	17	0.468	17	0.287	17	0.455	17
丹絨不祿	0.670	10	0.777	10	0.308	16	0.456	16
大連	0.374	18	0.401	18	0.321	15	0.394	18
橫濱	0.204	19	0.224	20	0.184	20	0.201	20
迦哇內盧	0.560	14	0.632	16	0.369	14	0.535	13
可倫坡	0.612	13	1.000	1	0.239	18	0.642	11
平均值		0.684		0.759		0.542		0.650
最大值		1.000		1.000		0.937		0.937
最小值		0.197		0.224		0.184		0.201
平均值(大陸)		0.831		0.865		0.682		0.796
平均值(其它)		0.563		0.671		0.428		0.530

本研究運用 Spearman 等級相關係數(Spearman rank correlation coefficients)分析使用四種衡量模式中各效率排序間之相關性，Spearman 等級相關係數是根據等級資料反映兩組模式之間相關聯的密切程度，它和相關係數一樣，取值介於-1 到 1 之間，不同點是它是建立在等級的基礎上計算。

由表 28 可知該四種模式下，SFA_{TR} 與 SFA_{C-D} 的 Spearman 等級相關係數值為 0.910 最高，其次為 DEA_{CCR} 與 SFA_{TR} 的 0.872、最低為 SFA_{CD} 與 DEA_{BCC} 的 0.639。故可知 SFA_{TR} 與 SFA_{C-D} 對相同受評估港埠之資料在 2004-2006 年間之總體效率排序較為一致，在 DEA_{CCR} 模式中與 SFA 兩模式之相關係數值皆高於 0.8，顯示效率

值排序與 SFA 兩模式較一致，僅 DEA_{BCC} 與三模式之相關係數相對較低，顯示排序間關係可能較不一致。

表 28 Spearman 等級相關係數矩陣表

變數別	SFA_{C-D}	SFA_{TR}	DEA_{CCR}	DEA_{BCC}
SFA_{C-D}	1			
SFA_{TR}	0.910	1		
DEA_{CCR}	0.827	0.872	1	
DEA_{BCC}	0.639	0.767	0.776	1
貨櫃吞吐量排名	0.667	0.568	0.416	0.271

由圖 4 中將四個模式與貨櫃吞吐量排名以折線圖呈現，可看出其趨勢高低，首先在我們由圖 4 中可看出四模式間之趨勢相當一致，隨著排名波動四模式均呈現一致的上下起伏，僅 BCC 模式之曲線可能與其他三模式在部分港口產生背離的現象，這樣的現象也與表 28 結果一致，BCC 模式之 Spearman 等級相關係數值相對於其他模式皆較低，亦即 BCC 模式與其他三種模式之相關性不高。接著在圖中加入 2004-2006 年平均貨櫃吞吐量排序，其中我們發現折線圖中貨櫃吞吐量之排序與四模式之間不存在較明顯的趨勢關係，不隨著四模式間排名之上下而波動，其中有些排名較前的港口之經營效率排名相對較低落，亦可說明受評單位之貨櫃量大其經營效率不代表就會高，無絕對正向關係。

針對 2004-2006 年之平均貨櫃量排序與四個模式間進行 Spearman 等集相關係數的運算如表 23 所示，僅可知 SFA 模型中兩模式之排序與貨櫃吞吐量排序之等級相關係數相對較高。

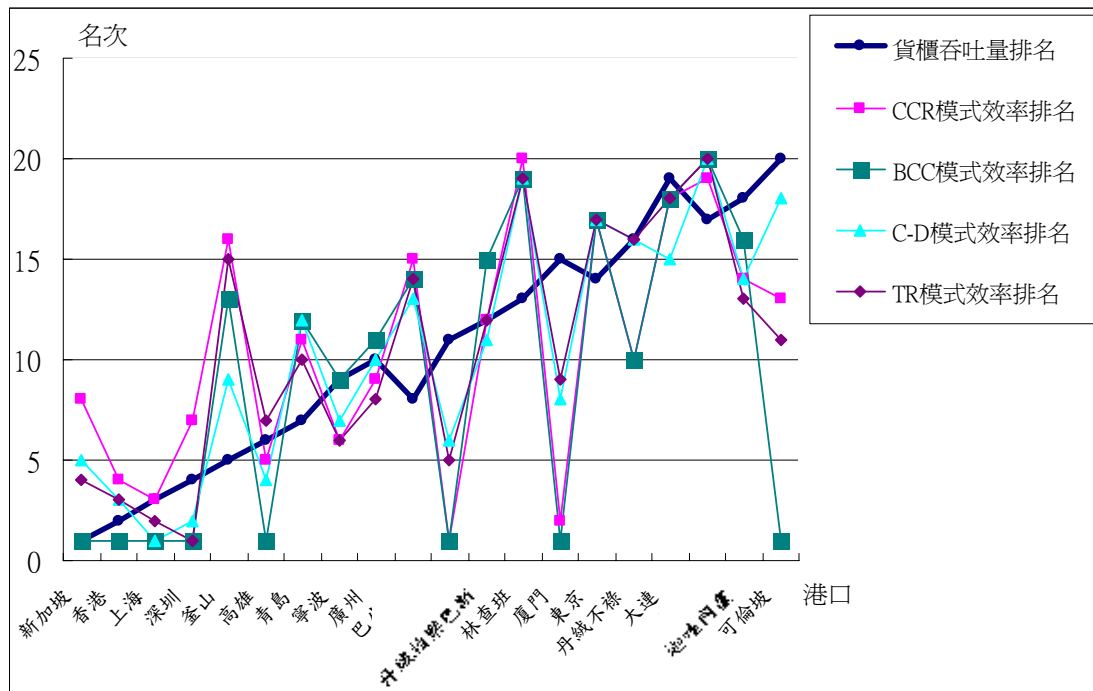


圖 4 DEA 與 SFA 四模式之效率排名與貨櫃吞吐量排名之關係圖

表 29 效率值分佈情況

技術效率範圍	2004-2006年之DEA與SFA各模式平均技術效率值之分布			
	DEA _{CCR}	DEA _{BCC}	SFA _{CD}	SFA _{TR}
TE _i =1	1	8	0	0
0.9 < TE _i < 1	7	1	3	3
0.8 < TE _i ≤ 0.9	0	0	2	4
0.7 < TE _i ≤ 0.8	0	2	1	3
0.6 < TE _i ≤ 0.7	5	5	1	1
0.5 < TE _i ≤ 0.6	3	0	3	3
0.4 < TE _i ≤ 0.5	1	2	2	3
0.3 < TE _i ≤ 0.4	1	0	4	1
0.2 < TE _i ≤ 0.3	1	2	3	2
0.1 < TE _i ≤ 0.2	1	0	1	0

針對表 29 可知 2004-2006 年之 DEA 與 SFA 各模式平均技術效率值之分布情況如下所述：

1. 效率值為 1 者：SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式均無效率為 1 者；DEA 之 CCR 模式及 BCC 模式中分別有 1 個(天津)，8 個(新加坡、香港、上海、深圳、高雄、天津、廈門、可倫坡)。
2. 效率值介於 1-0.9 者：SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式中皆各有 3 個，皆為(香港、上海、深圳)；DEA 之 CCR 模式及 BCC 模式中分別有 7 個(新加坡、香港、上海、深圳、

高雄、寧波、廈門)，1 個(寧波)。

3. 效率值介於 0.9-0.8 者：SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式中皆分別有 2 個(高雄、新加坡)，4 個(新加坡、高雄、寧波、天津)；DEA 之 CCR 模式及 BCC 模式中皆無。
 4. 效率值介於 0.8-0.7 者：SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式中各有 1 個(天津)，3 個(青島、廣州、廈門)；DEA 之 CCR 模式及 BCC 模式中分別有 0 個，2 個(廣州、丹戎不祿)。
 5. 效率值介於 0.7-0.6 者：SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式中各有 1 個(寧波)，1 個(可倫坡)；DEA 之 CCR 模式及 BCC 模式中分別有 5 個(青島、廣州、丹戎柏樂巴斯、丹戎不祿、可倫坡)，5 個(釜山、青島、巴生港、丹絨柏樂巴斯、迦哇內盧)。
 6. 效率值介於 0.6-0.5 者：SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式中各有 3 個(釜山、廣州、廈門)，3 個(巴生港、丹絨柏樂巴斯、迦哇內盧)；DEA 之 CCR 模式及 BCC 模式中分別有 3 個(釜山、巴生港、迦哇內盧)，0 個。
 7. 效率值介於 0.5-0.4 者：SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式中各有 2 個(青島、丹絨柏樂巴斯)，3 個(釜山、東京、丹絨不祿)；DEA 之 CCR 模式及 BCC 模式中分別有 1 個(東京、)，2 個(東京、大連)。
 8. 效率值介於 0.4-0.3 者：SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式中各有 4 個(巴生港、丹絨不祿、大連、迦哇內盧)，1 個(大連)；DEA 之 CCR 模式及 BCC 模式中分別有 1 個(大連)，0 個。
 9. 效率值介於 0.3-0.2 者：SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式中各有 3 個(林查班、東京、可倫坡)，2 個(林查班、橫濱)；DEA 之 CCR 模式及 BCC 模式中分別有 1 個(橫濱)，2 個(林查班、橫濱)。
 10. 效率值介於 0.2-0.1 者：SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式中各有 1 個(橫濱)，0 個；DEA 之 CCR 模式及 BCC 模式中分別有 1 個(林查班)，0 個。
- 四個模式當中皆無效率值小於 0.1 者。

4.8 討論

在數據分析方面，針對我國高雄港進行分析，近年中國大陸擔任「世界工廠」

的磁吸效應，產生港埠貨櫃量大量進出中國，與台灣區位相同具有替代功能且可能相互競爭之中國港口之貨櫃量成長率都在 25% 以上，然而台灣地區近年來的經濟發展因產業結構改變，勞力密集產業大量外移，使得貨櫃進出口量成長趨緩，且在轉口櫃方面也因中國造成衝擊，造成排名年年下滑，但經由 DEA 與 SFA 四種模式所得出的效率值分別為 0.942、1、0.9、0.85，由值可知其相對為高效率的港口，表示高雄港並位因為貨櫃吞吐量成長趨緩、排名下滑，其貨櫃經營效率就低落，因此貨櫃吞吐量與效率之間不存在正向關係或高度相關，亦可由圖 4 得知。因此，港埠之發展不必要陷於追求營運量的排名迷思，應該努力爭取並維持主幹航線船舶來高雄港靠泊，未來追求的目標是質的提升而不是量的擴充，必須扮演貨物的物流港，提升轉運之附加價值而非只是貨物的轉運港。

其它呈面之探討，首先許多有關分析港埠效率的論文，大部分績效指標皆與碼頭之硬體建設有關(如碼頭船席、裝卸作業、貨物儲存)，因為該些指標是可經由港埠營運單位改變其管理策略(擴建硬體設施)進而提升效率較容易實行之指標，且這些資料較好收集，但是由表 4 可知歸納影響港埠競爭力因素可分為三大構面包括樞紐港之內部條件、外部環境與營運策略的配合因素等，每一個構面有其相關的影響績效指標，如以服務品質來說，可以發現其績效指標可以屬全球港口採行的作業準則，各港埠亦可決定不同的管理體制；要決定有關服務品質的各種指標執行不是容易的事情，因為涉及碼頭工人及人類的行為所致，無法一一量化；亦造成資料取得的不易。故本研究選用之效率指標僅考量港埠設施面因素，忽略了其它構面之指標可能的影響性。所以港埠績效指標是港埠營運重要的決策依據，要如何採行正確決策的詮釋與研究則可能會變成一種微妙的藝術，才能提供研究人員在研究與分析任何港埠經營效率時一個最有利的考量依據。

接著近年來在大陸經貿快速成長，大幅的擴充港埠設施，其港口不僅經營碼頭裝卸業務還整合與碼頭相關業務，有比較齊全的碼頭配套業務的綜合服務體系，形成一個服務效率更高、總費用更低廉的國際集裝箱港口，故相對降低以鄰近港埠作為轉口港的需求，進而致使其他附近港口間產生競爭效果，吸引了許多遠、近洋航線在這些港口進行轉運行為。然而，貨櫃吞吐量的來源主要包含進出口貨櫃、轉口櫃及藉由複合運送行為所延攬而得之鄰近區域的進出口櫃量三部分構成，故所產生的轉運貨櫃量或是藉由複合運送行為所延攬的進出櫃量，已經大

量的造成增長的效果，使得港口吞吐量中包含大量的轉運櫃量，造成大陸地區港埠的總貨櫃量急遽上升，其他地區之總櫃量的降低。故本研究主要設定為亞洲地區港口，因為大陸地區港埠的大量開發，使其相同或鄰近區域內各貨櫃港口之間總櫃量的增減情勢顯得明顯，所以將產出設定為貨櫃吞吐量，可能較易受到外在因素影響(經濟情勢、港埠發展)，將使得在效率分析中產生誤差與不適用的情形，未來研究或許可考量貨櫃所創造之價值來進行衡量。

4.9 小結

本章節中分別運用 DEA 分析法與 SFA 分析法兩種方法中各選出兩種模式，依照所選取的投入與產出項目資料，分析亞太地區二十大港埠的港口經營效率值與其競爭力。

從 DEA 分析法中採用 CCR 及 BCC 模式進行分析，分析 2006 年之總體效率排名可知，大陸地區的寧波、天津、廈門、上海、香港分別佔據了前五名的位置，顯示其在亞洲地區二十大港埠中較具有經營效率。接著，經由競爭力變動分析可瞭解各港埠在 2004~2006 年之間任兩年之競爭力變動趨勢，藉由數據結果觀看各港口的發展是否進步，在 2004-2005 年期間，前五名為廈門、寧波、天津、青島、大連；2005-2006 年期間，前五名為寧波、天津、青島、廈門、可倫坡。雖然由排名可得知生產力成長及衰退的排名每年都會有變化，難以維持不變，但其實相對較有競爭力的前幾名港口依舊不會改變，其中大陸地區之港口五座中佔有四座皆處於生產力成長的狀況。

針對 SFA 法中採用 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數兩種模式進行分析，因為受限於變數太多與資料數量太少的問題，造成模式評估之 t 值皆較低，故 SFA 模式效果較不佳。從 SFA 中可得兩模式效率最高的港口排名中前三名皆為相同的港埠分別為深圳、上海、香港。進一步將 DEA 與 SFA 模式間的效率值相比，可發現平均總體效率值為 BCC 模式最高，順序依序為 $TE_{BCC} (0.759) > TE_{CCR} (0.684) > TE_{TR} (0.650) > TE_{C-D} (0.542)$ ，故 DEA 模式下之效率值皆大於 SFA 模式下之效率值。依據 DEA 與 SFA 四種模式相對效率值之港埠進行排序，可以發現排名前三的港埠只有在 DEA 兩模式中兩兩相似，SFA 中兩模式兩兩相似，然而在倒

數三個排名的港埠中四個模式大致相似，故可知在相同的港埠資料下，使用不同的分析方法、模式下所得出的效率值排序有所差異。

運用Spearman等級相關係數(Spearman rank correlation coefficients)分析使用四種衡量模式中各效率排序間之相關性，可知SFATR與SFAC-D對相同受評估港埠之資料在2004-2006年間之總體效率排序較為一致，在DEACCR模式中與SFA兩模式之相關係數值皆高於0.8，顯示效率值排序與SFA兩模式較一致，僅DEA_{BCC}與三模式之相關係數相對較低，顯示排序間關係可能較不一致。加入2004-2006年平均貨櫃吞吐量排序與四模式比較，其不存在較明顯的趨勢關係，顯示受評單位之貨櫃量大其經營效率不代表就會高。



第五章 結論與建議

5.1 結論

由於中國大陸經濟成長，影響區域經濟的發展，最直接受到衝擊是亞太地區港埠的發展，各國際港埠皆積極改善軟硬體設施與港口條件，以提升自身的競爭力，故港埠競爭力評估變成為重要的工作，藉以了解並掌握競爭優勢與地位的變化。績效評估旨在衡量依個決策單位(DMU)之營運表現以及該單位可以改善營運之空間。此決策單位可能是一家私人營利廠商、一間公立非營利機構、或是一個國家。故港埠事業係屬於營利事業或非營利事業，說法很多，亦可以公營、公民營、民營等不同形式存在。SFA 分析以經濟計量方法估算投入與產出間之效率值，常應用於營利組織，而 DEA 為一種績效評估的方法，透過線性規劃來找出包住所有受評估單位的效率包絡線，可衡量多項投入與產出之相對效率值，常應用於非營利組織，根據港口的特性，本研究探討 SFA 與 DEA 法之適用性，以評估亞太地區二十大港埠之經營效率。影響港口生產力的因素有很許多，對貨櫃港口而言，本研究選用六項變數包括貨櫃船席、船席長度、貨櫃場堆積容量、貨櫃場面積、冷凍插座以及橋式起重機，但礙於 SFA 分析法中之投入變數太多，使得各項 t 值皆較不顯著，故最終選取可供貨櫃輪裝卸之橋式起重機具數、貨櫃場站土地面積大小、可供靠泊船席長度顯著影響因素，並加入近年來櫃數不斷提高的冷凍櫃之所需冷凍插座之四個變數當作投入變數；產出則以貨櫃吞吐量為主要變數，進行相對競爭力與相對競爭力變動分析。

經由各軟體之模式估計可知：

1. 在 DEA 分析法中，分析 2006 年之總體效率排名並且採用 CCR 及 BCC 模式，大陸地區的寧波、天津、廈門、上海、香港分別佔據了前五名的位置，顯示其在亞洲地區二十大港埠中較具有競爭力。接著，經由競爭力變動分析可瞭解各港埠任兩年之競爭力變動趨勢，在 2004-2005 年期間，前五名為廈門、寧波、天津、青島、大連；2005-2006 年期間，前五名為寧波、天津、青島、廈門、可倫坡。雖然由排名可得知生產力成長及衰退的排名每年都會有變化，難以維持不變，但其實相對

較有競爭力的前幾名港口依舊不會改變，其中大陸地區之港口五座中佔有四座皆處於生產力成長的狀況。

2.針對 SFA 法中採用 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數兩種模式進行分析，其中兩模式效率最高的港口排名中前三名皆為相同的港埠分別為深圳、上海、香港。

3.將 DEA 與 SFA 模式間的效率值相比，可發現平均總體效率值為 BCC 模式最高，順序依序為 $TE_{BCC} (0.759) > TE_{CCR} (0.684) > TE_{TR} (0.650) > TE_{C-D} (0.542)$ ，故 DEA 模式下之效率值皆大於 SFA 模式下之效率值。

4.依據 DEA 與 SFA 四種模式相對效率值進行排序，可以發現排名前三的港埠在 DEA 兩模式中兩兩相似，SFA 中兩模式兩兩相似，然而在倒數三個排名的港埠中四個模式大致相似。

5.運用 Spearman 等級相關係數(Spearman rank correlation coefficients)分析使用四種衡量模式中各效率排序間之相關性，可知 SFA_{TR} 與 SFA_{C-D} 對相同受評估港埠之資料在 2004-2006 年間之總體效率排序較為一致，在 DEA_{CCR} 模式中與 SFA 兩模式之相關係數值皆高於 0.8，顯示效率值排序與 SFA 兩模式較一致，僅 DEA_{BCC} 與三模式之相關係數相對較低，顯示排序間關係可能較不一致。加入 2004-2006 年平均貨櫃吞吐量排序與四模式比較，其不存在較明顯的趨勢關係，顯示受評單位之貨櫃吞吐量其經營效率不代表高。

5.2 建議

投入與產出項的選取對於模式評估的結果有很大的影響，本研究僅針對港口貨櫃設施面(碼頭或場棧之長度與面積等、各類裝卸機具之數量等)進行績效評比，研究過程中發現國外港埠的相關資料很難取得，且受限於資料不完整只好將若干投入產出項目變動或刪除，然而在 DEA 並沒有提供適合度檢測功能，無法判定所選變數是否合適，且在 SFA 檢定中，其變數的 t 值相對較低，故後續研究可先行對評估因素，進行校度與信度分析，選擇最相關且顯著性最大的項目，在進行競爭力評估。在產出面單獨選用貨櫃吞吐量，主要因為資料蒐集的不易；且大多數的文獻中大多使用吞吐量為產出變數，故本研究僅選用此項變數，但這並非為唯一的指標，建議後續研究可多加入多項產出變數，例如貨櫃船舶停靠量進行探討。

參考文獻

1. 翁興利，公共政策—知識應用與政策制定，商鼎文化出版社，1996。
2. 高強、黃旭男、Toshiyuki，管理績效評估資料包絡分析法，華泰文化事業股份有限公司，2003年。
3. 馮正民、邱裕鈞，研究分析方法，新竹：建都文化事業股份有限公司，2004年。
4. 林光、張志清，航業經營與管理，航貿文化事業有限公司，2004年。
5. 邱裕鈞、陳彥蘅，資料包絡分析法簡介及其在運輸領域的應用，現代交通，vol.32，p25~41，2003年。
6. 黃旭男，資料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，交通大學管理科學研究所博士論文，1993年。
7. 徐慧芬，以鑽石模式建立國際港埠競爭力評估準則之研究，國立交通大學運輸工程與管理系碩士論文，1998年。
8. 黃玉梅，台灣地區五大商港經濟效率比較之研究-隨機邊界成本函數之應用，國立海洋大學航運管理學系，2001年。
9. 張谷銘，台灣連續記帳毛豬農場生產力變動之研究—Malmquist指數法之應用，國立中興大學農業經濟研究所碩士論文，2001年。
10. 郭建男，應用資料包絡分析法評估亞太地區港埠貨櫃作業效率之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，2002年。
11. 鄭淑惠，港埠經營策略之探討—以新加坡港務集團為例，國立中山大學企業管理學系研究所碩士論文，2002年。
12. 吳忠岳，台鐵車站生產效率分析，國立成功大學交通管理研究所碩士論文，2003年。
13. 曾兆君，應用資料包絡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倉儲營運碩士論文，2003年。
14. 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，2007年。
15. 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與倉儲營運系碩士論文，2004年。
16. 蕭博仁，冷凍貨櫃運輸服務市場區隔之研究，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，2004年。
17. 藍武王、林村基，鐵路運輸之生產效率分析：DEA與SFA方法之比較，運輸學刊，第十五卷第一期，頁1~34，2003年。

18. 黃善界，資料包絡法評估亞太地區貨櫃港埠競爭力之研究，國立交通大學運輸科技與管理學碩士論文，2005 年。
19. 戴輝煌，越洋航商在兩岸三地擇港因素與港口競爭力之評估，國立交通大學交通運輸研究所博士論文，2006 年。
20. 林彬，游明敏，楊啟宏，應用 DEA/AR 模式評估港埠經營效率之研究－以基隆、台中及高雄三港為例，運輸計畫季刊，第 35 卷，第 4 期，頁 391-413，2006。
21. 黃炤智，應用資料包絡分析法評估高雄港營運效率，長榮大學航運管理研究所碩士論文，2007 年。
22. Aigner, D. J., Lovell, C. A. K. and Schmidt, P.(1977) Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, **Journal of Economics**, Vol. 6, pp.21-37.
23. ASIANLINK(KOREA)(2005).http://www.asianlink.co.kr/eng_info/index02-7.php
24. Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W.(1984) Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, **Management Science**, Vol. 30, pp. 1078-1092.
25. Battese, George. E. and Coelli, Tim J.(1988) Prediction of Firm-level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data, **Journal of Econometrics** 38, 387~399.
26. Caves, D., Christensen, L. and Diewert, W. E.(1982) The economic theory indexes and the measurement of input, output and productivity. **Econometrica**, 73-86.
27. Charnes, A., W. W. Cooper and Rhodes E.(1978) Short Communication: Measuring the Efficiency of Decision Making Units, **European Journal of Operational Research**, Vol. 3, pp.339.
28. Charnes, A., W. W. Cooper and Rhodes E.(1978) Measuring the Efficiency of Decision Making Units, **European Journal of Operational Research**, Vol. 2, pp.429-444.
29. Charnes, A., C. T. Clark, W. W. Cooper and B. Golany(1985) A Development Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the U.S. Air Force, **Annals of Operations Research**, vol.2, pp.95-112.
30. Coelli, T., Rao, D. S. P. and Battese, G. E.(1997) An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, **Kluwer Academic Publishers**, USA.
31. Containerisation International Yearbook, 2005-2007
32. Coto, P., Banos, J. and Rodriguez, A.(2000) Economic Efficiency in Spanish Ports: Some Empirical Evidence, **Maritime Policy and Management** 27(2), 169~174.
33. Cullinane, K. and Song, D. W. and Gray, R.(2002) A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia: Assessing the Influence of Administrative and Ownership Structures, **Transportation Research Part A** 36, 743~762.

34. Cullinane, K., Wang, T.F., Song, D.W., Ji, P.(2006) The technical efficiency of container ports: comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis, **Transportation Research Part A**, 40.
35. Dyson, R. G.; Allen, R.; Camanho, A. S.; Podinovski, V. V.; Sarrico, C. S. and Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**. **132**. 245-259.
36. Estache, Antonio, Gonzalez, Marianela and Trujillo, Lorudes(2002) Efficiency Gains from Port Reform and the Potential for Yardstick Competition: Lessons from Mexico, **World Development** **30(4)**, 545~560.
37. Farrell, M. J.(1957) The Measurement of Productive Efficiency, **Journal of the Royal Statistical Society, Series A**, Vol. 125,Part 2,pp.252-267.
38. Fare, R., S. Grsskopf, C.A.K. Lovell, and C. Pasurka (1989), Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs are Undesirable: A Nonparametric Approach, **Review of Economics and Statistics**, 71, 90-98.
39. Golany, B. and Y. Roll(1989),An Application Procedure for DEA , **OMEAG** , **Vol.17** , **No.3** , **237-250**.
40. Greene, W. H. (1993). The econometric approach to efficiency analysis. In:H.O. Fried, C.A.K. Lovell, & S.S. Schmidt (Eds.), The measurement of production efficiency techniques and applications. New York, **NY: Oxford University Press**.
41. Lovell, C. A. K. (1993). Production frontier and productive efficiency. In:H.O. Fried, C.A.K. Lovell, & S.S. Schmidt (Eds.), The measurement of production efficiency techniques and applications. New York, **NY: Oxford University Press**.
42. Liu, Zinan(1995) The Comparative Performance of Public and Private Enterprises: The Case of British Ports, **Journal of Transport Economics and Policy** **29(3)**,263~274.
43. Martinez, E., Diaz, R., Navarro, M. and Ravelo, T.(1999) A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities Using Data Envelopment Analysis, **International Journal of Transport Economics** **26(2)**,237~253.
44. Meeusen, W. and van den Broeck, J.(1977) Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error ,**International Economic Review** **18(2)**,P435~444.
45. Pels, Eric, Nijkamp, Peter and Rietveld, Piet(2003) Inefficiencies and Scale of European Airport Operations, **Transportation Research Part E** **39**,341~361.
46. Reinhard, Stijn, Lovell, C.A. Knox and Thijssen, Geert J.(2000) Environmental Efficiency with Multiple Environmentally Detrimental Variables, Estimated with SFA and DEA, **European Journal of Operational Research** **121**, 287~303.
47. Roll, Y. and Hayuth Y.(1993) Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis(DEA), **Maritime Policy and Management** **20(2)**,153~161
48. Stevenson, R.E. (1980). Likelihood Function for Generalized Stochastic Frontier Estimation. **Journal of Econometrics**, 13, pp. 57-66

49. Tongzon, J.(2001)Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis, **Transportation Research Part A**, Vol. 35, 2001, pp. 107-122.
50. Tongzon, J. and Wu, H. (2005)Port Privatization, Efficiency and Competitiveness: Some Empirical Evidence from Container Ports (Terminals), **Transportation Research, Part A**, Vol.39, pp. 405-424.



簡 歷



姓名：林伶潔

籍貫：桃園縣

出生日期：中華民國 73 年 7 月 25 日

電子郵件：a9632525.tem96g@g2.nctu.edu.tw

學歷：

中華民國 98 年 6 月 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班畢業

中華民國 96 年 6 月 國立高雄大學應用經濟系畢業

