

逢甲大學  
交通工程與管理學系碩士在職專班  
碩士論文

應用資料包絡分析法

評估鐵路運輸業之營運績效

Application of the Data Envelopment Analysis  
to Evaluate the Operation Performances of  
the Railway Transportation Industries

指導教授：葉名山

研究生：劉國樑

中華民國九十五年七月

## 誌謝

本論文得以完成，首先要感謝恩師葉名山博士的諄諄教誨與耐心指導，讓我在離開學校二十餘年後還能跟上進度；更感謝其時常對我工作上的關懷與討論，使我學識與經驗具有成長。也感謝邱裕鈞教授與楊宗璟教授對本論文的共同指導。

論文審查與口試期間，承蒙交通大學交通運輸研究所藍武王教授與運輸科技與管理學系張新立教授百忙中撥冗細審，悉心指正，使余之論文更臻完備。

授課期間感謝系上溫傑華主任、李克聰教授、徐耀賜教授、林大傑教授與劉需教授於交通專業領域之授業與解惑，艾嘉銘老師在我遇到瓶頸時適時提供資料與建議；尤其感謝周綺芬助教學務上的協助。同門師兄弟火庸、時中、政家、品翰、銘亮、欣憲、鵬升與雅琚，感謝你們陪我一起努力，分享學習生活的經驗。

踏入鐵路運輸領域倏忽已逾二十三載，承蒙台鐵局張顯漳段長、蔣東安段長與朱來順段長鼓勵，得以重拾書本一窺交通專業之堂奧，也感彰化車班賴昌正主任及人事室卓秀郡主任給予工作上的照顧，以及追分站全體同仁堅守崗位得使行車平安，讓我無後顧之憂全心攻讀學位。

最後感謝吾妻素惠與女兒仟妤無怨無悔的犧牲與支持，更感謝生我育我的父母，體諒我研究期間減少回鄉探望的頻率，有你們的栽培與勉勵，讓我更有突破困境與完成碩士學位的毅力。

末了僅將本論文獻給為鐵路運輸奮鬥努力的伙伴、為鐵路改革的研究者，以及愛我與我所愛的朋友。

劉國樑謹誌

2006/07/31 於追分

## 摘要

世界各國的鐵路事業在法令持續解除下，面臨了其他運具前所未有的嚴峻競爭，加上政府為照顧弱勢團體或保障某些無利潤路線或車站的運輸服務，所以票價無法調整與降低成本，使得鐵路事業的經營大多處於虧損狀況。在此歷史債務壓力所產生的惡性循環下，造成全球各鐵路事業對其財務改善及經營改革積極尋找出路。從世界各國的車路分離及民營化政策，不難發現鐵路之負債對國家財政造成的負擔而使各國執政者對鐵路之經營極思變革。我國之台鐵面臨多元運具的競爭亦是負債累累，為了解其與世界各鐵路事業相對營運績效，本研究嘗試以 Fielding 績效評估架構，分別從生產效率、生產效果與服務效果等構面探討鐵路事業的生產力及其行銷績效評估。本研究自國際鐵路聯盟(UIC)會員國中挑選符合本研究評比變數資料完整的鐵路事業，再依台灣鐵路網密度、國土面積與人口密度等因素，從中挑選共得 21 家傳統鐵路事業作為研究對象，以 2000 至 2003 年之統計年報資料作為研究觀察樣本。

本研究採用資料包絡分析法 (data envelopment analysis, DEA) 進行績效評估，應用此方法建構各決策單位(DMU)在生產效率、生產效果與服務效果層面的評估模式，以各鐵路事業從 2000 年到 2003 年之投入、產出資料進行評估分析。研究中分別運用 CCR 與 BCC 模式求得每一構面各鐵路事業相對效率。

本研究結果顯示，在生產效率構面，達相對有效率的鐵路事業有奧地利、丹麥、法國、葡萄牙、西班牙、瑞士、日本與台灣；在生產效果構面，達相對有效率的鐵路事業有奧地利、以色列、日本與南韓；在服務效果構面，達相對有效率的鐵路事業有摩爾多瓦、日本與南韓。台鐵在此三構面的績效為生產效率達相對效率；生產效果效率值為 0.73138，排名第 14 位；服務效果效率值為 0.49757，排名第 11 位；顯示台鐵在資源利用與商旅行銷應積極努力。此外，利用規模報酬分析、差額變數分析與敏感度分析，探討相對效率低的原因及改善策略；並以 Malmquist 指數分析法分析各 DMU 在不同年度的效率值及各 DMU 各年度的績效變化，不僅觀察各鐵路事業與其他受評 DMU 橫斷面的相對效率，亦觀察各 DMU 縱斷面的績效。在環境影響因素分析，分別以鐵路事業是否雙軌化對生產效率的影響、平均國民所得對生產效果的影響、汽車持有率對服務效果的影響等進行研究，本研究結果顯示果為僅汽車持有率對服務效果具有影響。

關鍵詞：鐵路事業、績效評估、資料包絡分析法

## Abstract

The railway industries are now suffering a critic situation. In addition, due to the government's policies which cannot adjust the ticket fares and operate the inefficient routes and stations, the railway industries are facing the huge deficits. Meanwhile, the Taiwan Railway Administration (TRA) is also facing the same situation. In order to compare the operation efficiency and effectiveness relative to the railway industries of other nations, this study uses the evaluation framework of Fielding to assess the productivity and marketing performances of TRA. This study considers the railway density, areas, and population density, and selects 21 railway industries from member countries of International Union of Railways (UIC). Then this study uses the statistics yearbooks from year 2000 to year 2003 as observation data.

The methodology of this study uses Data Envelopment Analysis (DEA) to evaluate the operation performances of the railway industries. We use DEA to construct evaluation model which includes the product-efficiency, the product-effectiveness, and the service-effectiveness three aspects. Then we will use input/output data of every railway industries from year 2000 to year 2003 to evaluate and analysis of DMU. Also we will use the CCR and BCC models to evaluate the relative efficiency of these three aspects. The results show that in the aspect of the product-efficiency, such as Austria, Demark, France, Portugal, Spain, Switzerland and Taiwan have excellent performances. In the aspect of product-effectiveness, such as Austria, Israel, Japan and South Korea have excellent performances. In the aspect of service-effectiveness, Moldova, Japan, and South Korea have excellent performances. The performance of TRA in three aspects, such as in the aspect of the product-efficiency has excellent performances, However in the aspect of product-effectiveness, the score is 0.73138, is ranking 14 out of 21 DMUs. In the aspect of service-effectiveness, the score is 0.49757, is ranking 11 out of 21 DMUs. From the results show that TRA need to improve its resource utilities and marketing. Furthermore, the study also performs scale analysis, slack analysis and sensitivity analysis the relative efficiency and improving strategies. Moreover, this study will use the Malmquist index analysis to analyze the intertemporal efficiency score and performance transformation all of DMUs. This study not only observes one of the

railway industry with other DMU's relative efficiency, but also compare the efficiency of all of DMUs from year 2000 to year 2003. Besides, this study will use the factor analysis of environmental influence to explore the relationship between double tracks and the product-efficiency, and the relationship between the Average gross national income per capita (GNI) and the product-effectiveness, and the relationship between the ownership rate of cars and the service-effectiveness. The results show that only the ownership rate of cars has significant influence on the service-effectiveness aspect.

**Keywords:** Railway Industry, Performance Evaluation, Data Envelopment Analysis



## 目錄

誌謝 .....	i
中文摘要 .....	ii
英文摘要 .....	iii
目錄 .....	v
圖目錄 .....	vii
表目錄 .....	viii
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究背景與動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究範圍 .....	4
1.4 研究流程 .....	6
第二章 文獻回顧 .....	7
2.1 績效之概念 .....	7
2.2 運輸業績評估之文獻回顧 .....	10
2.2.1 指數法 .....	11
2.2.2 最小平方法 .....	11
2.2.3 隨機前緣分析法 .....	12
2.3 DEA 之相關文獻 .....	14
2.4 DEA 在運輸領域的應用 .....	15
2.5 DEA 應用於鐵路事業 .....	19
第三章 研究方法 .....	20
3.1 資料包絡分析法之基本概念 .....	20
3.2 DEA 基本模式 .....	25
3.2.1 CCR 模式 .....	25
3.2.2 BCC 模式 .....	28
3.2.3 A&P 模式 .....	32
3.2.4 交叉模式 .....	33
3.2.5 Malmquist 指數 .....	35
3.3 DEA 模式解釋 .....	38
3.3.1 效率分析 .....	38
3.3.2 效率參考集合 .....	39
3.3.3 差額變數分析 .....	40

3.3.4 敏感度分析	40
3.3.5 規模報酬分析	41
3.4 DEA 模式假設前提與應用限制	42
3.5 DEA 使用程序	46
3.6 DEA 模式發展	49
第四章 資料分析與選取	54
4.1 DMU(決策單位)挑選	54
4.2 投入與產出項目初選	60
4.3 變數挑選	68
4.4 選擇投入導向或產出導向	70
4.5 DEA 評估模式之選取	70
第五章 實證評估分析	73
5.1 整體效率、純粹技術效率與規模效率分析	73
5.2 效率參考組合	78
5.3 規模報酬分析	81
5.4 差額變數分析	85
5.5 敏感度分析	91
5.6 Malmquist 指數分析	95
5.7 效率排序與影響鐵路事業效率之假設檢定	101
5.7.1 效率排序	101
5.7.2 影響鐵路事業效率之假設檢定	102
5.8 對台鐵的啟示	105
第六章 結論與建議	112
6.1 結論	112
6.2 建議	114
參考文獻	
一、中文部份	116
二、英文部份	118
附錄一、2000 年各 DMU 投入、產出與消費資料表	
附錄二、2001 年各 DMU 投入、產出與消費資料表	
附錄三、2002 年各 DMU 投入、產出與消費資料表	
附錄四、2003 年各 DMU 投入、產出與消費資料表	

## 圖目錄

圖 1.1 研究流程圖 .....	6
圖 2.1 Fielding 之績效概念架構 .....	9
圖 3.1 技術效率與價格效率圖 .....	21
圖 3.2 DEA 與迴歸分析比較圖 .....	23
圖 3.3 DEA 之基本概念圖示 .....	24
圖 3.4 純技術效率與規模效率 .....	29
圖 3.5 純粹技術效率與規模效率圖 .....	31
圖 3.6 A&P 模式示意圖 .....	33
圖 3.7 跨時期效率前緣之移動 .....	35
圖 3.8 受評單位之效率分類 .....	39
圖 3.9 規模報酬 .....	42
圖 3.10 DEA 之使用程序圖 .....	47
圖 3.11 依規模報酬與導向區分之 DEA 模式圖 .....	50
圖 4.1 變數項目挑選後之 Fielding 績效架構圖 .....	67
圖 4.2 研究分析架構圖 .....	72



## 表目錄

表 2.1 DEA 在運輸領域的應用.....	18
表 3.1 交叉效率距陣表.....	34
表 3.2 DEA 模式資料.....	48
表 3.3 DEA 理論之重要文獻表.....	50
表 4.1 各鐵路事業運環境資料表.....	57
表 4.2 變數項目選取分析表.....	65
表 4.3 投入、產出與服務變數之統計分析.....	68
表 4.4 投入、產出與服務項目之相關係數.....	69
表 5.1 鐵路事業生產效率 2000~2003 年各項平均效率值.....	74
表 5.2 鐵路事業生產效果 2000~2003 年各項平均效率值.....	75
表 5.3 鐵路事業服務效果 2000~2003 年各項平均效率值.....	77
表 5.4 鐵路事業生產效率參考組合.....	78
表 5.5 鐵路事業生產效果參考組合.....	79
表 5.6 鐵路事業服務效果參考組合.....	80
表 5.7 鐵路事業生產效率規模報酬表.....	82
表 5.8 鐵路事業生產效果規模報酬表.....	83
表 5.9 鐵路事業服務效果規模報酬表.....	84
表 5.10 鐵路事業 2003 年生產效率之差額變數表(短期改善).....	86
表 5.11 鐵路事業 2003 年生產效率之差額變數表(長期改善).....	87
表 5.12 鐵路事業 2003 年生產效果之差額變數表(短期改善).....	88
表 5.13 鐵路事業 2003 年生產效果之差額變數表(長期改善).....	89
表 5.14 鐵路事業 2003 年服務效果之差額變數表(短期改善).....	90
表 5.15 鐵路事業 2003 年服務效果之差額變數表(長期改善).....	91
表 5.16 生產效率構面敏感度分析表(CCR).....	92
表 5.17 生產效果構面敏感度分析表(CCR).....	93
表 5.18 服務效果構面敏感度分析表(CCR).....	94
表 5.19 各鐵路事業年生產效率 Malmquist 生產力指數分析.....	97
表 5.20 各鐵路事業年生產效果 Malmquist 生產力指數分析.....	98
表 5.21 各鐵路事業年服務效率 Malmquist 生產力指數分析.....	99

表 5.22 鐵路事業效率評估文獻比較表 .....	101
表 5.23 鐵路事業效率比較表 .....	102
表 5.24 無母數統計分析－雙(多)軌化與單軌鐵路事業 .....	103
表 5.25 無母數統計分析－平均國民所得較高與較低鐵路事業 .....	104
表 5.26 無母數統計分析－汽車持有率較高與較低鐵路事業 .....	104
表 5.27 台鐵歷年運輸效率 .....	106
表 5.28 台鐵績效評比生產效率構面資料表 .....	107
表 5.29 台鐵績效評比生產效果構面資料表 .....	108
表 5.30 台鐵歷年車種別客座利用率 .....	108
表 5.31 台鐵績效評比服務效果構面資料表 .....	109
表 5.32 台鐵歷年客運概況 .....	109
表 5.33 台鐵歷年列車準點率 .....	110



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

世界鐵路事業的發展歷經萌芽期（約1825年至1900年）、蓬勃期（約1900年至1945年）、衰退期（約1946年至1964年）再到復興期（1964年以後），鐵路運輸的發展使得人類可以開發更多的資源，再利用此資源豐富人類的的生活，使科學技術更加提昇；也由於科技的發展改良了鐵路運輸的技術層次。隨著世界經濟的高度成長，民眾的互動頻率日漸增加，城際運輸需求快速增加，更由於各國政府對運輸法令的持續解除，導致私人運具快速成長，航空運輸產業蓬勃發展，使得鐵路事業面臨前所未有的嚴峻競爭。

近年來，由於航空與公路運輸的高度發展，對地球與人類居住環境造成極大的污染與破壞，更由於環保意識的高漲以及油價持續飆漲，使許多國家的運輸政策回歸到耗費能源較少以及低污染的鐵路運輸。鐵路運輸事業本質上具有公共服務的特性，由於其投資龐大且具有沈沒成本的特性，對各國財政造成極大負擔。因此其績效表現的良窳向來是政府部門及鐵路公司所重視的課題之一。尤其從西元1970年代，英國率先推動公營事業民營化後，交通運輸領域在解除管制及民營化風潮帶動下，不論是在航空、公路、海運或鐵路等運輸產業中，關於績效評估課題的研究漸形重要，相關的文獻亦十分豐富。不過，在鐵路運輸事業績效評估的研究中，大部分仍著重於鐵路事業的財務績效評估及路線（或車站）經濟效益評估兩方面，鐵路事業的投入與產出等績效評估的研究近幾年才逐漸受到重視。因此，為進一步瞭解世界各國鐵路事業的生產力及台鐵的競爭力，以及促使台鐵之營運管理更為健全，在即將面臨高鐵通車的競爭時，確有必要針對現階段台鐵的營運績效進行評估與檢視，以提昇台鐵未來的優勢與競爭力，因而使本人擬以資料包絡分析法（DEA）研究各國鐵路事業投入與產出之間的績效評比。

從歷史的發展軌跡中，可以發現鐵路運輸事業的發展向來與各國商

業繁榮及社會演變有密切的關聯性，原因是鐵路事業的主要任務為運送旅客及大批物資，而人潮與物資是造成一個地區繁榮的主要因素；但是當其他內陸運輸工具逐漸發達以後，鐵路所扮演的角色也就不再那麼重要，因此鐵路運輸事業收入開始銳減，導致嚴重的虧損，世界各國之鐵路公司紛紛宣佈倒閉，在此歷史債務壓力所產生的惡性循環下，造成全球各鐵路事業對其財務改善及經營改革積極尋找出路。從英國、德國、法國、瑞典以及日本的車路分離及民營化政策，可以發現鐵路之負債對國家財政造成的負擔而使各國執政者對鐵路之經營極思變革。我國之台鐵面臨多元運具的競爭亦是負債累累；惟相關文獻曾論及台鐵若排除員工退撫金的負擔，其營運應是有獲利盈餘，因此個人萌生從投入、產出與消費的比較分析來探討台鐵的生產力、競爭力與銷售力，藉此研究分析來探討為何某些國家在經營鐵路時，一樣面對多種運具選擇競爭壓力的環境，卻依然能績效卓著屹立不搖，對原有資源投入的再利用，進而提高員工生產力，增加營收，提出對台鐵改革的建言。

本研究從國際鐵路聯盟(International Union of Railways, UIC)、日本財團法人運輸政策研究機構的統計資料與台鐵統計年報的統計資料中，選取具完整資料的世界鐵路事業，並篩選與台灣在地理與運輸環境(如國土面積、鐵路網密度與人口密度)較為接近的 21 個鐵路事業，以 2000 年至 2003 年共四年間之投入、產出與消費資料，作為研究對象，比較其相對績效以作為台鐵營運策略之參考。

## 1.2 研究目的

一般民眾均認為日本的鐵路事業改革非常成功，也認為民營化是唯一可以改善公營事業虧損累累的不二法門；殊不知日本的鐵路事業除了本州島的東日本、東海、西日本三家公司的新幹線部份有盈餘外，其他島嶼或傳統鐵路的經營仍是未見起色。另外英國鐵路事業民營化後層出不窮的鐵路事故，也再度提醒我們鐵路事業在追求利潤之餘更應該注重安全的維護；所謂“他山之石可以攻錯”，藉由與績效良好的鐵路事業的比較，讓我們去發現自己的缺點，更可發現其他績效良好的鐵路事業的優點所在，而值得我們去學習的地方。再觀察國內的國營事業中也不

乏表現優異的公司，例如：中鋼公司、台鹽公司……等等；所以改善負債累累的台鐵，除了民營化之外應該還有很多方法，更何況台鐵除了營利之外也擔負著公共服務的任務。

大眾運輸系統不僅是民眾的交通工具，更是民眾生活的一部份，為了照顧弱勢族群以及服務無利潤的路線及車站，台鐵仍繼續依政府政策一票價不准調整，以及經營不符合經濟效益的支線鐵路與車站，也因此不能概括的以盈虧論其成敗。鐵路運輸對於國家之經濟發展與人民行的便利扮演極重要的角色，以台灣地區而言，台灣鐵路創建已有百餘年歷史，目前係扮演台灣本島陸路運輸大動脈的角色，不僅肩負長程運輸重任，同時也兼具都會區運輸系統、城際客運系統及貨物運輸等功能，對國家社會經濟的發展及國防均有重大貢獻。但台鐵自民國六十七年高速公路全線通車以來，台鐵即面臨來自公路運輸極大的競爭壓力，再加上民國七十六年開放天空後，國內航空業者挾其時間上的優勢與票價折扣促銷，更造成台鐵長途旅客客源流失而產生虧損，六十七年度首見虧損 2.5 億元至八十八年度擴增為 87 億元，按企業虧損在某種程度上來說即為無效率，故有必要對台鐵的生產效率加以探討，以期找出問題所在，再針對問題尋求改善。台鐵在進行一連串的營運及財務改善策略，可惜均未見成效，主要是台鐵並未有迫切的危機感及資源分散使用，以致未能收具體改革之效。鑑於往昔的研究報告，雖對台鐵組織、營運及財務等方面都提出許多改善策略，卻未能對策略實施的優先順序有客觀的評估分析，以致台鐵未能將投入之資源集中於須優先實施的重點項目，而今台鐵即將面對台灣高鐵的強烈競爭，對台鐵而言無非是一個存亡的關鍵，非得轉型再生不可。是故從其與其他國家鐵路事業的投入、產出與消費評比分析，檢討其過去不當的經營策略與浮濫的資源投入，來修正關鍵的經營策略，以收具體改革之效，更從台灣高鐵的投資計劃中，不難瞭解除了鐵路運輸之外，站場的開發與經營才是企業家們所期盼投資的部份，也因此讓我們瞭解對座落於各大城市精華區的台鐵車站的開發計劃，實是台鐵刻不容緩的課題。

台鐵在台灣高鐵通車營運後將降低其在台灣西部走廊長程運輸的重要角色，而在北宜高速公路通車營運後亦將大量流失宜蘭線的客源，

對其財務而言無疑雪上加霜更加惡化，將來恐造成政府財政上的沉重包袱，如何在有限資源下，修正調整台鐵的投入、產出項目與行銷策略，以收轉虧為盈之效，使台鐵能夠永續經營，實是一項重要的課題。因此本研究希望能達成以下的目的：

- 一、由國內外鐵路事業的營運績效趨勢，分析國內外鐵路事業在面對外部環境強大競爭壓力的改革之道，探討台鐵目前經營策略的得失。
- 二、以 DEA（資料包絡分法）評比分析各國鐵路在生產效率、生產效果及服務效果層面的評估模式，瞭解台鐵在投入、產出項目及消費服務型態與其他國家鐵路績效的差異。
- 三、藉由 Fielding 的運輸績效評估架構，以生產效率、生產效果與服務效果三構面的效率值，來探討台鐵在此三構面的表現，找出台鐵績效不好的原因及改善之道。

### 1.3 研究範圍

在挑選受評單位之個數時，一般而言受評單位之個數愈多愈好，因為受評單位越多，由高效率受評單位形成效率前緣機會較大，同時投入產出間之關係較易確認。依經驗法則(rule of thumb)，受評單位之個數至少應為投入項個數與產出項個數和之二倍。然而受評估單位之個數愈多，受評估單位之相似性愈降低，從而增加外生因素(exogenous factor)干擾評估結果的機會。本研究係以國際鐵路聯盟(International Union of Railways, UIC)會員國之鐵路事業營運績效為探討對象，以其資源投入、運輸產出與消費服務為研究範圍。在挑選過程中因時間涵蓋四年，若有資料不完整者均予剔除，挑選原則為該鐵路事業均從事客貨運服務，並考量人口密度為高人口密度區(每平方公里超過 100 人)及鐵路網密度高於台灣者，且其 2000 年至 2003 年之資料(包括投入、產出與服務等評估項目)均需完整。主要研究內容為：

- 一、蒐集國際鐵路聯盟(International Union of Railways, UIC)、日本財團法人運輸政策研究機構的統計資料與台鐵統計年報的統計資料之資源投入、運輸產出與消費服務資料，作為投入、產出與消費變項。

本研究擬將各鐵路事業自 2000 年至 2003 年四年內之營運投入、運輸產出與消費服務資料，對其所營運之鐵路事業於生產效率、生產效果及服務效果等層面之績效評估進行分析，以了解各事業之經營績效差異。

- 二、以鐵路事業客貨運輸營運為研究範圍，未涉及鐵路事業之附業經營、財務管理與會計系統層面。
- 三、以 Fielding 提出之績效評估三構面來進行評估營運效率，針對文獻中過去評估之投入、產出與消費變數重新挑選分配，以了解各變數項目間相關性，及對經營績效之影響程度，期能正確挑選變數項目，以進行各事業之績效評估。以 Malmquist 指數分析法分析各 DMU 在不同年度的跨時期效率，因此本研究不僅觀察各 DMU 橫斷面效率比較，亦觀察各 DMU 之縱斷面效率變化。
- 四、由挑選投入、產出與消費相關變數結果，擬研究之投入項目有營業里程、客車數、貨車數與員工人數；產出項目為旅客列車公里和貨物列車公里；消費項目為延人公里與延噸公里。
- 五、對各鐵路事業生產效率、生產效果與服務效果之整體技術效率值以無母數統計之曼-惠特尼-U-檢定(Mann-Whitney-U-test)，以檢定兩群體的分配是否相同，藉此觀察鐵路事業特性對於效率的影響程度。

## 1.4 研究流程

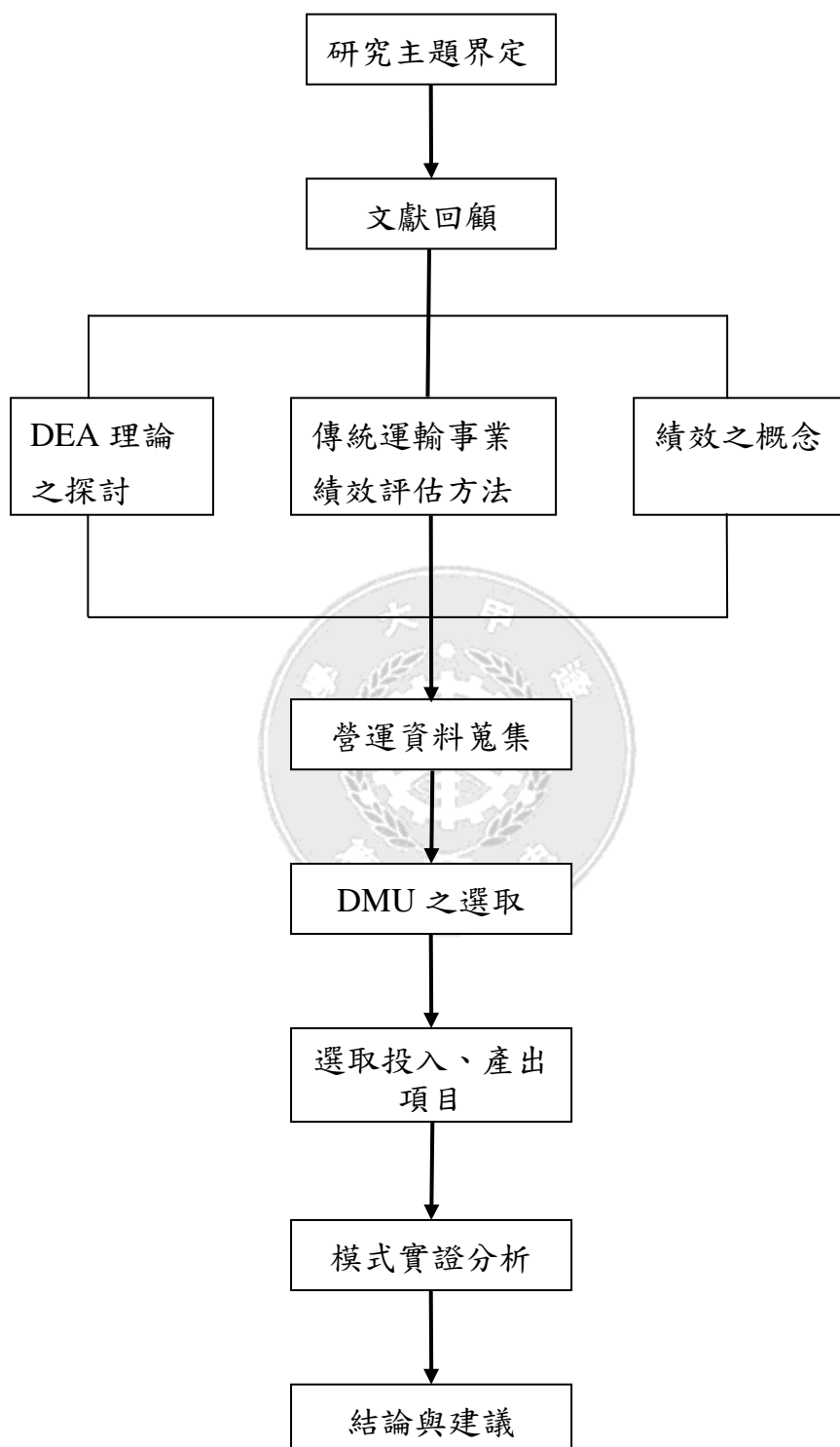


圖 1.1 研究流程圖



## 第二章 文獻回顧

本章首先釐清「績效」與「績效評估」之概念，以及其在運輸領域之應用，並瞭解各運輸領域作績效評估的目的，以進一步探討績效評估運用在運輸業的研究文獻及評估方式，作為後續鐵路事業績效評估之基礎。

### 2.1 績效之概念

績效 (Performance) 的定義至今仍無一致的說法，在管理學中通常將「績效」定義為包含效率 (efficiency) 及效能 (effectiveness) 兩種觀念，其中，效率為達成目標之資源使用程度，亦即一方面探討產出的數量，一方面也探討投入的比率，通常被視為與生產力同義；而效能 (又稱效果) 則是衡量目標的達成程度，通常是產出與服務量愈大，其表現愈理想，並不在乎必須投入多少人力、財力與物力。績效的研究從 1960 年代至今都不斷的被學術與實務界所討論，但是至今仍無一套標準可以依循，各專家學者對績效的認知也有不同差異存在；Robbins(1990) 綜合許多研究，認為績效是組織目標達成程度的一種衡量，較有一致性的共識。具體而言，績效對企業組織有兩個重要的意義：

- 一、績效是對組織資源運用能力之效能與效率的考核，在內部控制方面，績效衡量具有審計、查核等回饋性功能。
- 二、績效具有前瞻性的影響力，可更正過去的錯誤行動，並可指引組織未來的資源分配方向。

任何一個組織，無論是營利性或是非營利性，其經營基本理念均希望以較少投入獲得較大產出，或提供較多之服務，衡量此投入與產出間相對表現之過程統稱為“績效評估 (Performance Evaluation)”。

Drucker 繼「目標管理」之後，提出「績效評估」的概念，強調個人目標與組織目標必須結合，且須重視與評核組織對目標達成的程度。此一概念對營利組織而言，自是十分重要，因為績效不佳，則無法創造更多利潤，因而可能在市場中遭到淘汰。相對於營利組織，非營利組

組織則不以營利為目的，因此若不重視績效管理，極有可能形成資源浪費而無法達成組織目標。因此，組織績效評估即成為任何組織管理所需面臨的重要課題。績效評估的應用很廣，從企業內部人力資源管理的員工工作績效，至企業生產銷售活動的營運績效，到涵蓋人力資源配置與產銷活動之組織績效。各類型績效的探討對象及衡量方式都不盡相同。工作績效著重員工心理層面的探討，營運績效則著重生產、銷售之財務層面的探討，組織績效除探討前兩者外，更著重於組織學習創新層面的發展。績效評估的目的，乃希望藉由一套合理的程序，瞭解評估對象或評估事項的優劣，作為後續改善策略擬定的依據。一般而言，績效評估可以提供許多對營運組織有用的資訊，譬如：投入資源是否有效利用，規模是否適當，技術使用是否有效率，是否有標竿學習的對象等。就業者(operator)觀點，其僅對自身系統之績效感興趣，且資源之消耗(resource consumption)常被視為績效良好與否之重要考慮因素。亦即偏重以效率觀點分析績效；另就使用者(user)觀點，Menheim(1979)認為整個旅次之服務水準係為乘客所最重視。若以使用者觀點來分析運輸績效，則以服務水準之構成要素來探討。此外有些學者又考慮到地區因素之影響效果，但 Talley(1988)則認為地區之影響效果，如淨社會利益之改變、所得分配、雇用機會之改變等，係非業者所能控制，不應列入評估業者績效之範圍；再者，亦有學者將財務因素納入考量。整體而言，將績效分為效率及效果之看法係為一般學者所接受，如 Dajani (1978)、OECD (1980)、Giuliano(1981)、Zerrillo(1981)、Fielding(1985)及 Chu(1992)等學者。而其中以 Fielding(1985)之定義最為完整與周延，其認為效率是資源運用的程度，效果是服務的旅客人數與地區對該服務之需求程度；並提出一個兼顧生產效率(productive efficiency)、服務效能(service effectiveness)及生產效能(productive effectiveness)之績效架構，如圖 2-1。

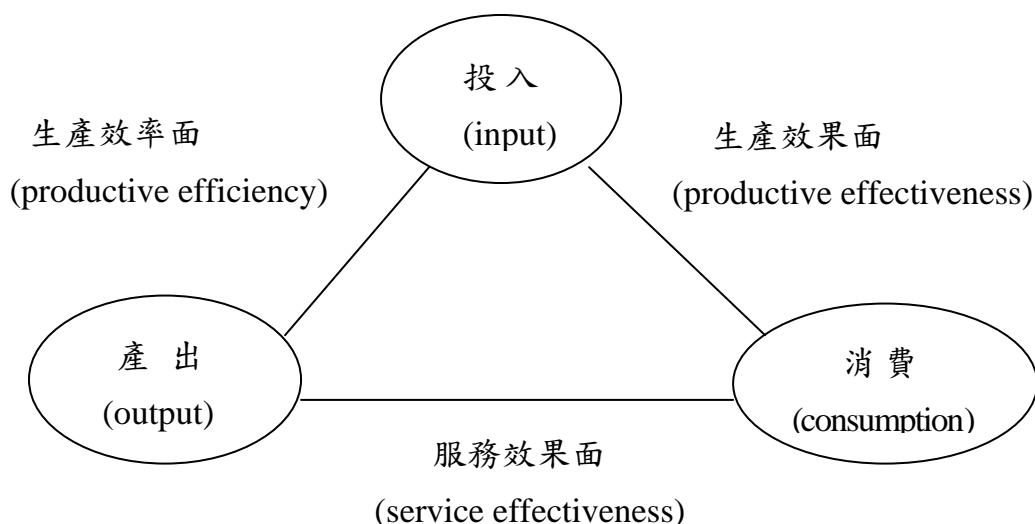


圖 2-1 Fielding 之績效概念架構【資料來源:Fielding(1985)】

此三項績效層面本研究依鐵路事業系統相關特性進一步闡述如下：

1. 「生產效率」面：係指投入要素(如員工、資本、能源)被轉為運輸產出(如座位公里、延車公里等)之有效程度，即在探討投入與產出間之關係，以反應業者經濟效率、技術效率及內部管理效率；績效評估重點著重在業者之營運面效率。
2. 「生產效果」面：本層面主要在分析投入資源被消費者有效利用之程度，不涉及營運面之生產效率，而逕就投入與消費間之關係進行探討。可由生產效率面指標與服務效果面指標相乘而得，即為生產效率與服務效果之綜合衡量；因此績效評估重點乃在業者所投入運輸資源(或成本)被旅客利用之效果。
3. 「服務效果」面：主要在探討運輸產出被旅客有效利用(通常可由旅客人數、延人公里、營運收入等得知)之程度，並考慮服務水準因素，亦即在分析產出與消費間之關係，係衡量業者提供服務之利用情形，故績效評估著重於業者所提供運輸服務被旅客利用效果。

高強等人(民 92)指出，經由績效評估建立有效的回饋系統，可達成良性的管理循環，進而改善資源之使用效率，提高組織績效，如何正確而合理地評估組織績效，實為管理上極其重要之課題。

## 2.2 運輸業績效評估之文獻回顧

一般企業之基本要求，在於一切作業均能順利推行，然而實際上，各項作業均能順利推行者，可能性並不大，故需加以「控制」。「控制」為管理功能之一，為了確定各項工作均遵照計畫方案，按照預定進度與標準進行，管理人必須隨時監督評核實際績效，並與標準做一比較，若有偏差則需採取必要之矯正措施，據以做為及時改正之參考，故績效負有目標實現與否之重要意義。

運輸業係屬公共服務業，因而也是受到政府管制的行業，在政策上常被要求與公眾利益相結合，因此，其績效評估不像一般企業，僅以財務指標做為判定營運績效良窳與否之依據，更應考慮其對資源投入效率及產出利用率之情形。因為不但資源投入應有效率，更應在配合消費者需求之前提下，投入適量資源，以防資源之誤用或產出之浪費，如此始為評估運輸業績效之適當方式。

文獻上對於衡量企業體或決策單位(Decision Making Unit, DMU)之效率(Efficiency)及生產力(Productivity)，根據文獻(例如 Coelli *et al.*, 1998 及 Oum *et al.*, 1999)大致可歸納為四種分析方法，其一為指數法(Index Number, IN)又可分為偏要素生產力(Partial Factor Productivity, PFP)和總要素生產力(Total Factor Productivity, TFP)，其二為最小平方法(Least Squares, LS)，其三為資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)，其四為隨機前緣分析法(Stochastic Frontier Analysis, SFA)，該四種分析方法中，指數法與最小平方法屬於非前緣法(non-frontier method)，DEA 與 SFA 為前緣法(frontier method)；如依有無參數則可分為參數法(parametric method)及無參數法(non-parametric method)，LS 與 SFA 屬於參數法，而 IN 與 DEA 則屬於無參數法[Coelli *et al.*, 1998；Oum *et al.*, 1999]。

### 2.2.1 指數法

指數法的基本想法是將產出量(或指數或成長率)除以投入量(或指數成長率)，對於多產出及多投入 DMU 的衡量，通常須以權重加總後的產出指數除以投入指數，如拉氏指數(Laspeyres Index)及裴氏指數(Paasche Index)，但因其不具有遞移性(transitivity)，故難以應用到多邊(multilateral)的比較。自 Caves *et al.*[1982] 提出具有遞移性的多邊 Tornqvist 指數後，即被廣泛地應用於生產力的評估上，例如 Windle 及 Dresner[1992]應用 Tornqvist 多邊指數於 34 家航空公司 1970 至 1983 年生產力的衡量；Freeman *et al.*[1985] 引用多邊 Tornqvist TFP 指數於加拿大兩家鐵路公司(CP and CN)1956 至 1981 之生產力評估，發現兩家公司在此期間生產力均有顯著成長；Tretheway *et al.*[1997]延伸 Freeman *et al.*[1985]的研究至 1991 年的資料，發現公營的 CN 生產力雖低於民營的 CP，但過去十年 CN 的 TFP 亦有顯著的成長。

鄭雪萍(民國 91 年)【11】分別以指數法及成本函數法分析台鐵近年之生產力變化，首先以指數法衡量偏要素生產力及總要素生產力，偏要素生產力之衡量結果顯示正向成長以勞動生產力為最，負成長則以維修生產力為最，而總要素生產力顯示以 87、88 年為正向成長，其餘則為負成長。成本函數法則將生產力成長率之分析分解為技術變動效果、投入要素效果、產出效果與營運特性效果等予以分析；而總要素生產力之成長率則分解為規模經濟、技術進步、網路及幹線容量使用率等效果予以分析。

### 2.2.2 最小平方法

最小平方法係事先設定一生產函數(或成本函數)，再根據資料校估函數的參數，以找出產出與投入(或成本)的函數關係，由校估而得的函數中分析成本結構並衡量技術進步，並可分析規模報酬及投入要素間的替代彈性等生產經濟特性。應用 LS 法之文獻不少，例如 Friedlaender *et al.*[1993] 建立 Translog 成本函數衡量美國 27 家一級鐵路(Class I)貨運公司 1974 至 1986 年之成本結構及經濟特性，發現實施 Staggers 法案後，已解除若干管制使得 Class I 鐵路較法案實施前更有效率，但就

資本調整的靈活度而言，公司之組織架構仍為主要之障礙；

McGeehan[1993]建立 Translog 成本函數衡量愛爾蘭鐵路 1973 至 1983 年之成本結構，發現 Cobb-Douglas 函數型態並不適宜描述鐵路之生產結構。王小娥與吳雅音[民 82]，建立二次彈性多元產出成本函數分析台鐵短期之成本結構，發現單一替代彈性的 Cobb-Douglas 函數型態未能充分反映其經濟特性；王小娥與鍾佩真[民 83]建立 Translog 函數分析台鐵的成本結構並衡量技術進步，結果顯示台鐵之生產力於該研究期間呈正成長。

許凱翔(民國 89 年)【6】針對汽車貨物運輸業成本結構進行分析，以 Translog 成本函數型態建立汽車貨運業與汽車路線貨運業之成本函數進行實證分析，假設生產者在既定生產技術下，對於任一產出水準，必定會在市場要素價格下，決定一最佳投入要素組合，使總成本最小。因汽車貨物運輸業未具大量沉沒成本，對固定要素調整較易，因此對汽車貨物運輸業成本探討採用長期成本函數，而研究中亦試圖考慮建立汽車貨物運輸業與汽車路線貨運業整體之成本函數

### 2.2.3 隨機前緣分析法

隨機前緣分析法(Stochastic Frontier Analysis, SFA)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。現介紹隨機前緣分析法的基本概念與過去學者做過的實證研究於下：

隨機前緣分析法是由確定性前緣分析法演進而來，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前緣為基準。然而由於廠商在實際的生產過程中面對許多不確定性，例如罷工、天候、運氣等，Aigne *et al*, Meeusen 與 den Broeck[1977]分別提出隨機性前緣生產函數如下：

$$y_i = f(\chi_i; \beta) \exp(v_i - u_i)$$

其中  $y_i$  為  $i$  廠商的投入要素及其他解釋變數。

$\beta$  為待校估參數。

$v_i$  包括生產上的衡量誤差、氣候、工廠突發狀況，均為人為無法控制的。

假設其為期望值 0 變異數  $\sigma_v^2$  之獨立且相同的常態分配。

$u_i$  為  $i$  廠商的生產技術無效率，唯一非負之不可觀察的隨機變數，代表廠商之生產無法達到效率前緣的部分，一般稱為技術無效率效果 (technical inefficiency effects)。

吳忠岳(民國 92 年)【18】分別以資料包分析法(DEA)與隨機前緣分析法(SFA)衡量台鐵各車站之效率。於SFA分析在投入產出變數方面，以運輸收入為產出，以用人費用、中間投入、車站土地產權面積、月台數以及售票窗口數為投入。而在技術無效率項之變數則以售票自動化比例，主管平均年資、列車停靠、車站運輸收入來源、所屬運務段以及車站等級為技術無效率效果項。函數型態為Cobb-Douglas。該研究將隨機前緣分析樣本分為西部幹線與東部幹線兩群，並以最大概似法求解。結果在技術無效率效果方面，顯示在影響車站效率因素方面，是車站營運環境變數最顯著，而人力素質以及車站電腦化與自動化變數較不顯著。

林村基(民國 92 年)【13】該研究應用資料包絡分析法(DEA)及隨機前緣分析法(SFA)，衡量 1999 年世界上 74 家鐵路公司之生產技術效率。為與國外相關研究結果作比較，在資料的選取係以各鐵路公司之營運路線長度、車輛數、員工數為投入要素，以列車公里為產出，並採二階段作法先求算各鐵路公司之技術效率，再探討影響效率值之外在環境因素。採SFA法時則分別嘗試HN模式(假設衡量廠商生產技術無效率之隨機變數為半常態分配)與TN模式(假設衡量廠商生產技術無效率之隨機變數為截斷常態分配)。實證結果各受評比鐵路公司之效率排名隨分析方法或模式不同略有差異，整體而言，歐、美地區之鐵路生產效率值普遍高於亞、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。各模式之平均效率值言，SFATN>SFAHN>DEABCC>DEACCR。該研究亦發現，鐵路產業以Translog函數較能描述其生產行為，且不符合固定規模報酬之假設。就路線規模而言，以 2,000 至 3,000 公里之平均規模效率值較高。

## 2.3 DEA 之相關文獻

目前 DEA 應用之相關文獻已經相當廣泛，例如公民營事業經營績效之比較、機場效率的評比、銀行經營的績效評估等，簡述如下：

Fare 等學者應用 DEA 來評估美國 123 個私營電廠與 23 個公營電廠之效率[Fare, *et al.*,1985]。Grosskop & Valdmants 則是應用 DEA 評估美國 California 22 個公立醫院及非營利私立醫院之經營效率[Grosskop & Valdmant,1987]。Smith & Mayston 則是應用 DEA 評估 20 個英國教育單位之行政效率[Smith & Mayston, 1987]。Register 應用 DEA 評估美國郵政服務 1956 年至 1984 年之行政效率[Register, 1988]。Berg 等學者應用 DEA 評估挪威 107 家銀行之效率[Berg, *et al.*, 1991]。Cook, Johnston & Mccutcheon 利用 DEA 評估 31 個公司機器人的執行效率[Cook, Johnston & Mccutcheon, 1992]。Boaz, Yaakov & David 應用 DEA 評估以色列的電廠[Boaz, Yaakov & David,1994]。

至於國內學者方面，張東生與莊雅莉以 DEA 對台灣地區公共安全品質進行衡量，並比較 1994 至 1995 年與 1993 至 1994 年各縣市公共安全之品質(張東生與莊雅莉，1996)。陳慧滢則用 DEA 針對積體電路、電腦及週邊、通訊、光電、精密機械及生物科技等六大產業衡量其相對效率、規模效率及技術效率，並探討其產業結構及其成本效益分析(陳慧滢，1999)。江勁毅及曾國雄更以模糊多目標規劃建立之效率達成度來發展新的 DEA 效率衡量方式(江勁毅及曾國雄，2000)。黃崇興及黃蘭貴利用 DEA 效率對同一企業組織內分立性、自主性不強的同質產品線或事業單位加以評估(黃崇興及黃蘭貴，2000)。羅振華及黎漢林應用企業的財務報表資料，並透過 DEA 來衡量台灣地區 IC 產業經營績效的相對效率(羅振華及黎漢林，2001)。蕭志同等使用 DEA 針對工研院來建立非營利研發機構之專利績效評估模式(蕭志同等，2001)。劉春初應用 DEA 權重設限模型評估組織之相對效率(劉春初，2001)。方國定、胡琇娟利用 DEA 之評估模式探討資訊科技應用對銀行經營績效之影響(方國定、胡琇娟，2002)。



## 2.4 DEA 在運輸領域的應用

DEA 早期用於評估非營利事業機構、專案計劃或政策的績效，由於其操作簡單，且不須事先設定權重，即可提供同業間相對效率之比較，近來也已廣泛應用於各種領域的績效評估課題上，如運輸、林務，醫療、金融、軍事等層面均有不少的實證，以下僅就運輸領域回顧其文獻：

市區公車：顧志遠、張國平（1990）以從業員工、耗用油料數、材料費用、資本費用做為資源投入的要素，以延車公里與載客人數為服務產出的項目，再利用DEA的方法進行1979至1985年的台北市公車處相對效率之評估，亦即市營公車的營運績效變化情形。該研究顯示出台北市公車處在每年每季的效率變化，並提出改善效率的建議。

公路客運：陳敦基、蕭智文【2】將傳統投入與產出間之「一階段績效」觀念延伸為結合效率(efficiency)及效能(effectiveness)之「二階段績效」評估概念，並應用「資料包絡分法」(DEA)之修正模式CCR分別構建「投入與產出」間之相對效率評估模式，以及「產出與消費」間之相對效能評估模式。在實證方面，以國內三十二家公路汽車客運業者，在1987至1991年之營運資料為例，進行橫斷面與縱斷面之相對績效評估。在相對效率模式中以員工數、車輛數、耗油量為資源投入的要素，以延車公里、班次數做為服務產出的要素，在相對效能模式中以車公里數及班次數為投入，以延人公里、乘客數做為服務消費者的要素，再利用DEA的方法評估公路客運業總體績效。

大眾運輸業：Chu and Fielding(1992)以年車輛營業費用、年維修費用、年管銷費用、年其他費用做為資源投入要素，以年延車小時收入做為服務產出的要素，以乘客旅次數做為服務消費的要素，再利用DEA評估公路客運業之營運績效。

港埠：蔡文化以DEA評估台灣地區五個國際港埠的裝卸與倉儲作業效率，取縱斷面三年的資料，分成十五個DMU，投入項目有裝卸設備數、淀泊船舶數、延日總容量、延人工時，產出則有裝卸量、延日存倉量，並將相對效率評估結果與比率分析法做比較，得出DEA適用於港埠效率評估的結論。

港埠（貨櫃堆棧場）：藍武王、李怡容、高傳凱【3】以基隆港貨櫃基地之營運作為研究對象，比較基隆港三大貨櫃場之相對生產效率的變動情形，以找出不具效率之DMU，此外還採用差額分析及敏感度分析。研究結果顯示基隆港乃以第三貨櫃場平均生產效率最高，第一貨櫃場次之，而第二貨櫃場因後線生產量較少其效率最低，又能源、橋式機、後線機具等資源不能充分利用，為造成各貨櫃場生產無效率的主要原因。

航運公司：陳澄隆【5】應用資料包絡分析DEA法構建國內四大定期航運公司在成本效能(cost effectiveness)層面的評估模式，以各公司從1994到1998年之投入產出資料進行分析。研究中分別求解CCR效率、A&P效率、交叉效率，及多目標效率，此外，亦將CCR效率進一步區分為純粹技術效率(BCC效率)與規模效率，除了效率值比較和衍生的相關討論外，還進行規模報酬分析、虛擬乘數分析、差額變數分析，與敏感度分析，最後則是獲利能力與經營效率之比較。研究結果顯示，效率排名以萬海航運最佳，其次為陽明海運、長榮海運、立榮海運；對陽明海運而言，民營化後(1997、1998)之平均效率，比民營化前(1994、1995)高；效率值檢定結果顯示，遠洋、近洋公司的各種效率皆無顯著差異，可推論公司規模大小與市場經營範圍等因素對效率值並無明顯影響；整體來看，投入項目需縮減幅度最大者為岸勤人員，各航運公司可藉由組織扁平化、作業自動化來達成精簡人力的目標；從獲利能力與效率的比較，發現若想用效率值解釋航運公司獲利能力，必需選擇能直接表達成本與收益的投入產出項目。

機場：林立千、陳怡君【23】應用DEA中的五種模式(CCR、BCC、簡單交叉效率、整合交叉效率、A&P模式)評估亞洲地區十座國際機場（包含台灣中正、東京成田、大阪關西、香港赤臘角、泰國曼谷、新加坡樟宜、菲律賓馬尼拉、上海浦東與北京首都機場）之營運效率藉由DEA效率值建立機場營運效率評估指標。同時根據不同的效率值，將十座機場進行分群，使機場使用者能對機場所提供的服務進行比較衡量，並評估相對無效率機場之資源使用狀態，再探討影響機場效率之因素（如：民營化機場、軸心機場、經濟成長率）與機場營運效率之關係，進一步掌握亞洲地區國際機場的發展契機與競爭優勢。

航空公司：邱裕鈞、陳彥蘅【20】該研究以資料包絡分析法(DEA)評估國內航線於成本效率、成本效果與服務效果三構面之經營績效，以作為各航線規劃方向與管理方式之參考。研究對象為國內某一航空公司所經營的 15 條航線，透過相關與迴歸分析，挑選 3 項投入變數、2 項產出變數與 2 項服務變數作為評估基礎。分析航空公司各航線年度經營效率，並對無效率航線提出改善幅度與方向之具體建議。

國際快遞業：鄭永祥、陳意瑜、許鴻輝【30】該研究為有效了解各種不同國際快遞業者在台灣市場之經營績效，運用資料包絡分析法(DEA)分析全球三大國際快遞業者(DHL、UPS、FedEx)，衡量其投入與產出項目之績效評估。並依據投入與產出項目做DEA模式的選取(BCC模式)進行實證分析；從各個DMU之相對經營效率分析國際快遞業者的經營績效，以找出何者經營績效較佳、何者另有成長之空間以及各效率值。該研究以現有資料為基準，其運作指標項目為包括：投入面為員工總數、營運機隊、總運件車隊；產出面為：在台包裹市場佔有率、在台文件市場佔有率，藉這些指標項目去分析執行DEAP所得到的結果。

在運輸領域的應用研究，本研究僅簡單各列舉一篇文獻，並列明其投入與產出項目的設定，以供參考。包括：市區公車（顧志袁與張國平，1990）、公路客運（陳敦基與蕭智文，1984）、大眾運輸業（Chu and Fielding, 1992）、港埠（蔡文化，1994）、港埠貨櫃堆棧場（李怡容，1995）、航運公司（陳澄隆，2000）、機場（Sarkis, 2000）、航空公司（邱裕鈞、陳彥蘅，2003）等，各研究者對投入與產出項目的設定如表 2.1 所示。由表 2.1 得知，無論是海陸空等運輸領域均可應用 DEA 進行研究，而投入項目大多與員工數及載具有關，產出項目則與載客（貨）數與延人（噸）公里居多。而有關鐵路事業之文獻回顧則另述於下一節。

表 2.1 DEA 在運輸領域的應用

應用領域	研究者	投入與產出項目設定	
		投 入	產 出
市區公車	顧志遠與張國平 (1990)	勞工人數 耗用油料數 車輛數	載客人數 延車公里
公路客運	陳敦基與蕭智文 (1984)	員工人數 耗用油料數 車輛數	載客人數 延車公里 班次數
大眾運輸業	Chu and Fielding (1992)	營運費用 維修費用 一般行政費用 其他費用	載客人數 延車公里 班次數
鐵路事業	Adolphson et al. (1989)	人工小時 營運費用	投資報酬率 延噸里營收 總延噸哩數
港埠	蔡文化 (1994)	裝卸設備數 碇泊船舶數 延日總容量 延人工時	裝卸量 延日存倉量
港埠(貨櫃堆棧場)	李怡容 (1995)	橋式起重機 輪式機 維護費 能源 員工數	橋式起重機裝卸量 輪式機裝卸量
航運公司	陳澄隆 (2000)	岸勤人員 艙位容量 貨櫃數目 裝卸費用	定期航運容量 載運量
機場	林立千、陳怡君 (2004)	員工人數 停機位數 登記櫃台數 跑道數 總停車位數 行李提領區數 航站面積	旅客人數 貨物噸數 起降架次
航空公司	邱裕鈞、陳彥蘅 (2003)	燃油費 運務空勤組員 費用 飛機維修折舊 利息費用	飛行架次 延座公里

由於 DEA 所需輸入的資料較不涉及公司的營業機密，取得較不困

難，而且也不需要專家的主觀評判，就應用層面而言可說是具有相當彈性，值得在運輸領域的應用上加以廣泛地推廣運用。

## 2.5 DEA 應用於鐵路事業

鐵路事業：Adolphson et al.(1989) 以DEA方法衡量美國鐵路公司每年因經濟情況改變或設計限制帶來的資產價值減少，並與傳統的威斯康辛法(Wisconsin method)作比較，發現後者會系統性地過度估計(overestimate)，所以衡量價值時DEA是較好的方法，可令人對相對績效有更多的瞭解。

吳忠岳【18】分別以資料包分析法(DEA)與隨機前緣分析法(SFA)衡量台鐵各車站之效率。之後建構Tobit迴歸模式探討影響效率差異之因素，並引入品質變數的概念，考量人力素質、車站自動化設備以及車站營運環境對效率改變的影響。DEA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。不同車種之停靠率對於車站具有不同影響，自強號及莒光號列車之停靠率對車站收入有顯著影響，復興號及電聯車之停靠率則對旅客數有顯著影響。該研究整體來說DEA與SFA法的衡量結果頗為接近。

林村基【13】應用資料包絡分析法(DEA)及隨機前緣分析法(SFA)，衡量 1999 年世界上 74 家鐵路公司之生產技術效率。採DEA法時分別嘗試CCR模式(假設固定規模報酬)與BCC模式(假設變動規模報酬)。差異分析結果顯示，技術無效率廠商主要源自過多車輛及人員之投入。Tobit迴歸發現，電氣化比例、路網密度、民營化係影響鐵路生產效率之正向顯著因素，而人口密度對效率之影響則不顯著。台鐵之效率值(DEAVRS)像以第一名之NS為標竿，排名 19，其單位產出之路線長度為NS之 1.26 倍，但單位產出之車輛及人員使用量卻分別為NS之 2.98 與 2.2 倍，顯示以目前台鐵之路線規模及產出量而言，其車輛及人員之投入均過多，有大幅精簡之空間(相較於荷蘭鐵路)。為提升生產效率，台鐵宜在維持產出不變情況下縮減車輛及人員之投入要素量，或不增投入要素情況下擴增其產出，或兼採減少投入要素及增加產出方式；引用更先進之生產與管理方式，當然亦是提升生產效率之作法。

## 第三章 研究方法

### 3.1 資料包絡分析法之基本概念

如何衡量及評估一個組織的經營績效，一直為組織管理的重要課題。但長久以來對於無法貨幣化的投入與產出項目缺乏一個客觀的評估準則，造成評估不易與失當。尤其當評估過程涉及多項投入與產出時，因為各項投入與產出項目之權重均須先予以主觀訂定，方能綜合成一績效值，使得績效評估的程序更形困難。此外，如果擬透過成本函數或生產函數的建構，以了解組織的經濟特性與效率，亦需要龐大的成本、產出及收益資料，方可完成，但這些資料往往受限於各公司的保密政策，取得上頗有困難。資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)是一種衡量同質營運單位(homogeneous operating units)相對效率(comparative efficiency)的方法，在評估時僅需確定投入及產出項目，不必事先設定其相互權重，也不須龐大的樣本資料，在應用上頗具彈性。許多 DEA 的研究，甚至只需蒐集公務統計報告上所刊登的資訊，即可進行績效評估。相對於多準則評估(如層級分析法, Analysis Hierarchy Process, AHP 方法)及成本函數模式(如 Translog 成本函數)等方法，DEA 顯然在所需資料的蒐集上較具優勢。所謂「同質營運單位」可以是政府單位也可以是民間的業者，譬如機場、學校、航空公司、公路客運公司等。重要的是這些營運單位在比較時，宜為提供類似（同質）的服務，譬如國內航空公司不宜與國際航空公司比較，市區客運公司不宜與城際客運公司比較。

傳統之績效研究大部份採多元績效衡量，建立各種要素投入與產出的比值指標藉此瞭解資源運用有無效率，然而就特定 DMU 而言，只有在每個指標的比率都優於其它 DMU 時才能確定比較優秀，但更可能的情況是該 DMU 同時具有比較好和比較差的指標，若想瞭解綜合績效，則需事先給予各項指標不同權重，而此舉易受個人主觀意見所左右。

傳統新古典廠商理論，對配置效率(Allocative Efficiency，又稱價格效率)之討論已作詳細的說明，但對技術效率(Technical Efficiency)則

僅是假設廠商均具完全技術效率，至於廠商為何可達到完全技術效率，或有哪些因素會影響技術效率之達成，則並未探討。在完全技術效率假設下，分配效率可透過價格機能來達成，此概念 Farrell(1957) 曾利用圖 3.1 加以說明。

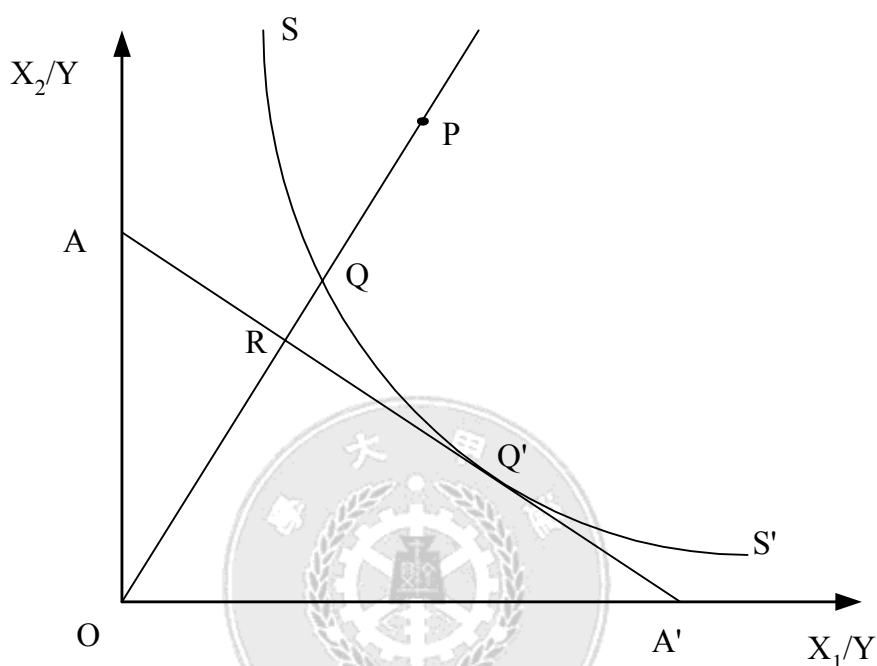


圖 3.1 技術效率與價格效率圖

Farrell 將生產效率(Productive Efficiency，又可稱為總效率 Overall Efficiency 或成本效率)定義為技術效率(Technical Efficiency)及價格效率(Price Efficiency)的乘積。其中，技術效率指在現有技術下，有效運用生產要素求得最大產出，在給定要素投入量，可得所有廠商不同數量之產出，以產出愈多者愈具有效率，因此透過要素投入量之變動，可定義出一組具有最大技術效率廠商的不同單位投入之包絡等產量曲線；而價格效率為在既有技術及價格下，藉由生產要素的適當分配求得最低投入成本，所以又稱配置效率。

若以兩種投入要素、單一產出的生產為例，在圖 3.1 中，SS'為等產量曲線(isoquant curve)，表示生產一單位Y所需之 $X_1$ 及 $X_2$ 的最小可能組合，實際生產組合必在其右上方，因為線上每一點都具有完全技術

效率，如Q點和Q'點的技術效率值都為1，所以SS'亦為生產前緣線。就P點而言，Q點稱為P點的投射(projection)，由於相同產出下的Q點投入量僅為P點的OQ/OP，故可用OQ/OP衡量P點的技術效率，可看出其衡量方式為原點與生產前緣的距離除以原點與受評估DMU的距離。

又AA'為等成本線，兩個投入要素 $X_1$ 、 $X_2$ 的相對價格比就是其斜率，生產時AA'與SS'的相切點Q'可達最小成本，即雖然Q點和Q'點均達完全技術效率，但Q'點的生產成本僅為Q點的OR/OQ，也就是其價格效率，由於當DMU使用的投入要素比例相等時，會有一樣的價格效率，所以P點的價格效率亦為OR/OQ。因為生產效率為技術效率及價格效率的乘積，故P點的生產效率為OR/OP，表示若在技術和價格上都達完全效率，其投入成本只需目前的OR/OP倍。

由於假設廠商在生產上已達完全技術效率，因此，在一定產量下，其要素投入量將落在SS'上，而目前要素價格在AA'斜率水準，故廠商為使總成本最小，將會選擇在Q'點投入最適要素數量，因而達到分配效率。然而，廠商若因其他因素而未能到完全技術效率，則在一定產量下，其要素投入量將落在SS'線之右上方，如P點，表示在相同的產量水準下，其要素投入量均較SS'線上之Q點為多，因此P點的技術效率(TE)為OQ/OP；又根據前述Q'點為要素價格在AA'線斜率水準下之配置效率點，故Q點之配置效率(AE)只發揮OR/OQ；因此P點的總效率(Overall Efficiency，又稱成本效率)=TE\*AE=(OQ/OP)\*(OR/OQ)=OR/OP。然而，造成廠商在生產上不具完全技術效率之因素，其實是普遍存在的，例如：技術落後、要素投入無效率等。

Farrell 提出確定性無參數前緣(deterministic non-parametric frontier)的觀念，「確定性」是指所有DMU之技術水準相同，面對共同的生產前緣，「無參數前緣」指未預設生產函數的型態，此一多項投入下的效率衡量，奠定了DEA理論之基礎，其模式有如下基本假設：

- 1、生產前緣是由最有效率的DMU所組成，較無效率的DMU皆位於此前緣之下方；
- 2、固定規模報酬；
- 3、生產前緣凸向原點，因此每點斜率皆小於或等於零。

因為此法不預設函數型態，因此毋須使用母數估計方法，主要是



採用線性規劃法以計算個別廠商之相對效率指數，因而會有無法作統計檢定、易受極端值或遺漏樣本值之影響。

由前所述可知 DEA 為一種射線效率衡量(radial efficiency measure)的方式，其值必小於或等於 1，若被判定為無效率，表示其它 DMU 必定可利用較該 DMU 少的投入而獲取相同之產出，或利用相同之投入，卻獲取更多之產出。

若以 DEA 與參數方法(parametric approaches)做比較，可發現參數方法的目標是最佳化一條穿越所有 DMU 的迴歸線，以特定的函數型式把自變數與依變數聯結起來，其函數型式多以統計學中的最小平方法估計，而且也要事先對誤差項的分配做特定的假設(如獨立且相同的常態分配)。然而，DEA 則求出由具柏拉圖效率(Pareto-efficient)的 DMU 組成之線段前緣，不需要先對函數型式做假設，藉由最佳化每一個 DMU 的的績效衡量，可了解個別 DMU，並且透過與有效率 DMU 的比較，可提供如何改善績效的洞察力(insight)，而不像統計迴歸只是描述一個虛擬的「平均」DMU。

以單一投入產出的生產行為為例，如圖 3.2 所示，X 表投入，Y 代表產出，連接最外圍 DMU 即成包絡線，凡落在生產前緣形成之包絡線上者，為相對有效率的 DMU，反之，落在包絡線以內者，即為相對無效率，所謂的「相對」效率，係指 DMU 的組成分子一旦改變，效率值也會跟著變化。

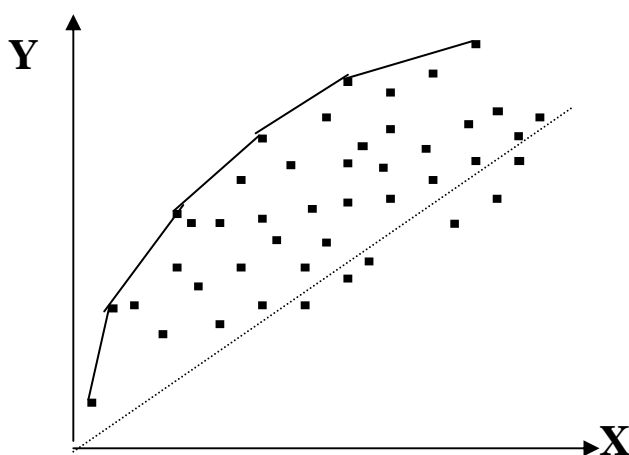


圖 3.2 DEA 與迴歸分析比較圖

DEA 既然是衡量同質營運單位的相對效率，故一定有多個營運單位(units)，假如我們把這些拿來比較的營運單位之投入(input)與產出(output)分別劃在投入產出圖上，則可形成所謂的生產可能集合(production possibility set)。如圖 3.3 中，A、B、C、D、E、F、G 分別為七個營運單位單一投入與產出之組合。線段組成之 ABCD 是生產可能集合之包絡界線或前緣(boundary 或 frontier)，此界線右邊的空間集合亦屬於可行之生產可能集合，如 E、F、G 點皆為可能的生產組合。

由圖 3.3 可知，B 點（或 B 公司）及 E 點（或 E 公司）有相同之產出 OH，但 E 點卻比 B 點要用更多的投入。同理，C 點與 E 點用相同的投入 OI，但 C 點卻比 E 點有更多的產出。同理，曲線 ABCD 上之各點皆比其他生產可能集合內之各點（如 E、F、G 點）皆有效率，換言之，線段組成之 ABCD 即是效率的前緣（各線段組成之包絡曲線），上面各點（各公司）即是可以學習的對象(benchmark)，E 點則具有無效率性，它的效率水準可用距離的比率表示  $HB/HE$ ，HB 為有效率公司 B 的投入量，HE 為無效率公司 E 之投入量。換言之，DEA 假設沒有效率的生產是可能的。

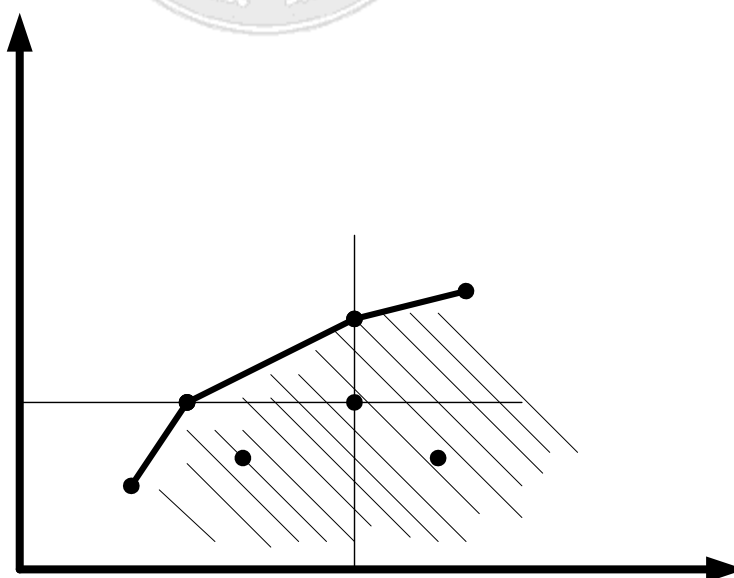


圖 3.3 DEA 之基本概念圖示

DEA 的好處是不須用參數校估法去以先驗的知識來校估投入產出函數，而是以實際的資料去比較各營運單位之效率。其可找出有效率的學習對象（如圖 3.3 之 A、B、C、D），亦可分解效率為不同的組成成分，譬如探討其是否有規模經濟或不經濟，是否有技術效率等。

## 3.2 DEA 基本模式

以圖解方法雖可立即判斷各 DMU 之相對效率狀況，並計算效率值，但當投入及產出項目合計超過三個時，受空間表達之限制勢無法再以此方法進行分析。因此，乃須藉由數學規劃 (mathematical programming) 模式進行各 DMU 之相對效率計算。

### 3.2.1. CCR 模式

針對 Farrell 模式未能處理多元產出生產行為的問題，Charnes, Cooper & Rhodes [1978] 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 (以三位作者姓名第一個字母組合命名)。以投入導向為例，假設有  $n$  個決策單位 (DMU)，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  $DMU_k$  的效率評估模式如下：

$$\text{Max} \quad h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad (1)$$

$$\text{st:} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, K, n$$

$$u_r \geq \varepsilon > 0, \quad r=1, K, s$$

$$v_i \geq \varepsilon > 0, \quad i=1, K, m$$

式中，

$h_k$ ：第  $k$  個 DMU 的相對效率值；

$y_{rk}$ ：第  $k$  個 DMU 的第  $r$  種產出；

$x_{ik}$ ：第  $k$  個 DMU 的第  $i$  種投入；

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

$x_{ij}$ ：第  $j$  個 DMU ( $j \neq k$ ) 之第  $i$  個產出項；

$u_r$ ：第  $r$  種產出的虛擬乘數 (Virtual Multiplier)；

$v_i$ ：第  $i$  種投入的虛擬乘數 (Virtual Multiplier)

$\varepsilon$ ：非阿基米德數 (non-Archimedean quantity)，一般設為  $10^{-6}$

由(1)式可知，CCR模式是以DMU的各項產出、投入之虛擬乘數為變數，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，當此一比值為1時，稱為相對於其他DMU有效率，小於1則稱相對無效率。故虛擬乘數便是為使某個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，具有如加權的意義，加權值越大，其貢獻越大，因此加權值不得為負。又由於每個DMU都有其目標式(共需建立  $n$  個目標式)，這些目標式所對應之限制條件都相同，因此所得到的效率值是建立於相同的比較基礎，顯示由DEA方法求出的效率值是公平的，也是相對的。

由於模式(1)為分數規劃的形式不易求解，且如果 $(u^*, v^*)$ 為最佳解，則對任意 $\alpha > 0$ ， $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ 亦為最佳解，可能會有無限多組解的情形。因此，Charnes, Cooper & Rhodes乃將之轉換成線性規劃(linear programming, LP)的問題。設 $u_r = tU_r$ ， $v_i = tV_i$ ， $t^{-1} = \sum_i V_i x_{ik}$ ，將(1)式分子分母同時乘以 $t$ ，再加入 $t \sum_i V_i x_{ik} = 1$ 之一致性條件(consistency condition)，則(1)式可轉換成如(2)式之線性模式：

$$\text{Max} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (2)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j=1, K, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$$

$$u_r \geq \varepsilon > 0, \quad r = 1, K, s$$

$$v_i \geq \varepsilon > 0, \quad i = 1, K, m$$

上式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。由於目標式中的限制式數目(n+m+s)比變數個數(m+s)還多，為了求解的效率及方便，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  $\theta_k$ 、 $\lambda_j$ 、 $S_r^+$ 、 $S_i^-$ ，可得如下式之對偶形式：

$$\text{Min } \theta_k - \varepsilon \left( \sum_{r=1}^s S_r^+ + \sum_{i=1}^m S_i^- \right) \quad (3)$$

$$\text{st. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- \leq \theta_k x_{ik}, \quad i = 1, K, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = y_{rk}, \quad r = 1, K, s$$

$$\lambda_j, S_r^+, S_i^- \geq 0, \quad j = 1, K, n$$

$S_r^+$ ：第r種產出變數之差額變數

$S_i^-$ ：第i種投入變數之差額變數

上式之 $S_r^+$ 與 $S_i^-$ 為產出 $y$ 與投入 $x$ 之差額變數(slack variables)，可衡量純粹技術無效率，而得知改善的方向及大小。此時目標函數是在尋找「強度」因素(intensity factor)的極小值 $\theta_k$ ， $\theta_k$ 表示 $DMU_k$ 所有投入量可等比例縮減的潛在程度，而且模式(2)與模式(3)目標函數之最適解會相等，不論解任何一個問題都可獲得相同的資訊。偶題(3)中 $S_r^+$ 、 $S_i^-$ 分別為原題(2)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。 $\lambda$ 為差額變數之對偶價格， $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2 \cdots \lambda_n)$ ，表示一個連結所有資料成多面體之向量， $\lambda_j \neq 0$ 所對應之所有 $DMU_j$ 則為受評估單位 $DMU_k$ 之參考

集合(reference set)亦即 $DMU_k$ 的效率係以集合中 $DMU_j$ 的為參考基準。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：

$$\begin{aligned} x_{ik}^* &= \theta_k^* x_{ik} - S_i^{-*} & i = 1, K, m \\ y_{rk}^* &= y_{rk} + S_r^{+*} & r = 1, K, s \end{aligned} \quad (4)$$

式中，

$S_i^{-*}$ ：第  $k$  個 DMU 的第  $i$  種投入之差額變數

$S_r^{+*}$ ：第  $k$  個 DMU 的第  $r$  種產出之差額變數

上標\*表示最佳值

由(4)式所求得 $DMU_k$ 之效率目標，可做為管理之目標，並可得知理想投入產出與實際投入產出之差為：

$$\begin{aligned} \Delta x_{ik} &= x_{ik} - x_{ik}^* \\ \Delta y_{rk} &= y_{rk}^* - y_{rk} \end{aligned} \quad (5)$$

由(5)式可知， $DMU_k$ 應減少 $\Delta x_{ik}$ 之投入，並增加 $\Delta y_{rk}$ 之產出，以改善其相對效率。

模式應用時，除了以實際投入產出量和上式「最佳」投入產出量的差距作為改善效率的依據外，還要同時考慮外部需求，因為當模式選擇的產出項目要經行銷手段，才會成為最終消費時，在需求不足情況下單方面增加產出將造成資源浪費。

### 3.2.2 BCC 模式

CCR 模式乃是假設受評估決策單位處於固定規模報酬之下，但當規模報酬為可變動時，技術無效率則可能有部份來自於運作規模的不當，為了研究技術無效率形成的原因，Banker, Charnes&Cooper 將無效率的原因分成技術的無效率或營運規模不當，他們以生產可能集合  $T =$

$\{(X,Y) \mid Y \text{ 為能被 } X \text{ 所生產之產出}, X>0, Y>0\}$ ，定義生產要素集合  $L(Y) = \{X \mid (X,Y) \in T\}$ ，並引用 Shephard 的距離函數觀念，在包絡要求上另加一個限制條件：DMU 在生產函數上的參考點必須是有效率 DMU 的凸性組合(convex combination)。因此而導出可衡量各評估單位的純粹技術效率(pure technical efficiency, PTE)及規模效率(scale efficiency)，亦即把 CCR 模式的技術效率細分為純粹技術效率和規模效率，且 CCR 模式之效率值恰為純技術效率與規模效率之相乘積，又 BCC 模式同時也放寬了 CCR 模式固定規模報酬的前提假設，即各 DMU 的規模報酬可能為遞增、遞減或固定。

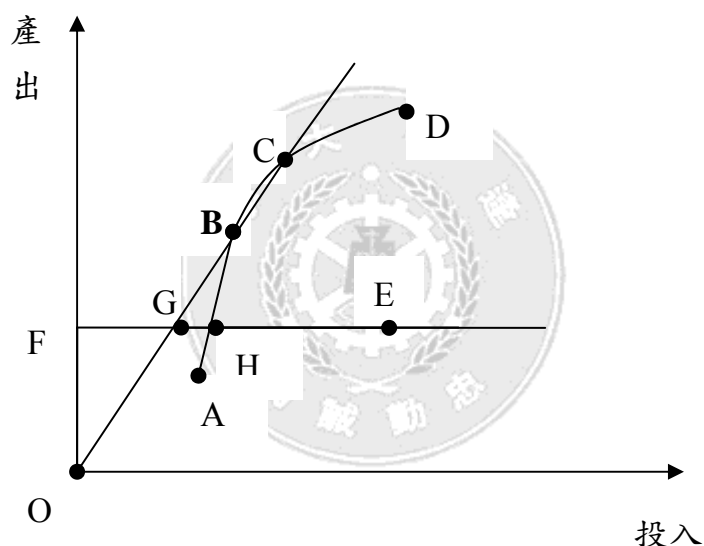


圖 3.4 純技術效率與規模效率

### 1.純技術效率及規模效率

規模效率係衡量 DMU 規模的大小對 DMU 生產力(productivity) 大小的影響。在 VRS 下，規模是否會影響生產力？為了回答此一問題，故有規模效率產生。

規模投入效率(scale input efficiency, SIE)可定義為：

$$SIE = \frac{\text{技術投入效率}(TIE)}{\text{純技術投入效率}(PTIE)}$$

規模投入效率主要是用以衡量一個 DMU 在 CRS 與 VRS 之效率差值，如圖 3.4 所示，有 A、B、C、D 及 E 共五個 DMU，B 及 C 在 CRS 的直線 OBC 上，A 及 D 在低於 CRS 直線的 VRS 的效率前緣上。以 E 而言，其技術投入效率  $TIE = FG/FE$ ，而其純技術投入效率  $PTIE = FH/FE$ ，故其規模投入效率  $SIE = (FG/FE) \div (FH/FE) = FG/FH$ ，即 SIE 是衡量 G 點及 H 點之距離比率。由於技術投入效率不會大於純技術投入效率，故  $SIE \leq 1$ 。

由圖 3.4 所示，若 VRS 愈偏離 CRS，則規模效率值將愈小。換言之，規模對生產力的負面影響將愈大。就決策單元 DMUB 及 DMUC 而言，因其位於 CRS 直線上，故其  $TIE = PTIE$ ，即  $SIE = 1$ 。由另一個角度而言， $TIE = SIE \times PTIE$ ，故技術投入效率可以分解為純技術投入效率與規模投入效率兩部份。換言之，規模變動也可改變生產力。

由以上可知，CCR 模式所衡量到的整體技術效率值會小於或等於 BCC 模式所衡量到的純技術效率值。而 CCR 模式之整體技術效率值恰巧為純技術效率(BCC 模式)與規模效率之相乘積。只有在  $\sum \lambda_j = 1$  (固定規模報酬)的情況下，規模效率值才會等於 1，CCR 模式與 BCC 模式的效率值才會相等。整理如下：

整體技術效率 = CCR 模式

純粹技術效率 = BCC 模式

規模效率 = 整體技術效率 / 純粹技術效率：CCR/BCC

若將 BCC 模式以數學模式表達，則其模式如下所示：

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + u_k \quad (6) \\
 & \text{st.} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_k \leq 0 \quad , j = 1, K, n \\
 & \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \\
 & \quad u_r \geq \varepsilon > 0, \quad r = 1, K, s \\
 & \quad v_i \geq \varepsilon > 0, \quad i = 1, K, m \\
 & \quad u_k \quad \text{無限制}
 \end{aligned}$$



在BCC的線性規劃模式中，引入新的限制式對應變數 $u_k$ 。為了計算方便，同樣將(6)式對偶化，得(7)式：

$$Min \quad \theta_{k-} \varepsilon \left( \sum_{r=1}^s S_{rk}^{+} + \sum_{i=1}^m S_{ik}^{-} \right) \quad (7)$$

$$st. \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_{ik}^- = \theta_k x_{ik} \quad , \quad i=1, K, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_{rk}^+ = y_{rk} \quad , \quad r=1, K, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad , \quad j = 1, K, n$$

$$\lambda_i, S_{rk}^+, S_{ik}^- \geq 0$$

由上式可看出，BCC 模式比 CCR 模式多了一個限制式  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ ，可確保生產前緣凸向原點(convexity)，形成如圖 3.5 的曲線 ECB，故可衡量純粹技術效率。

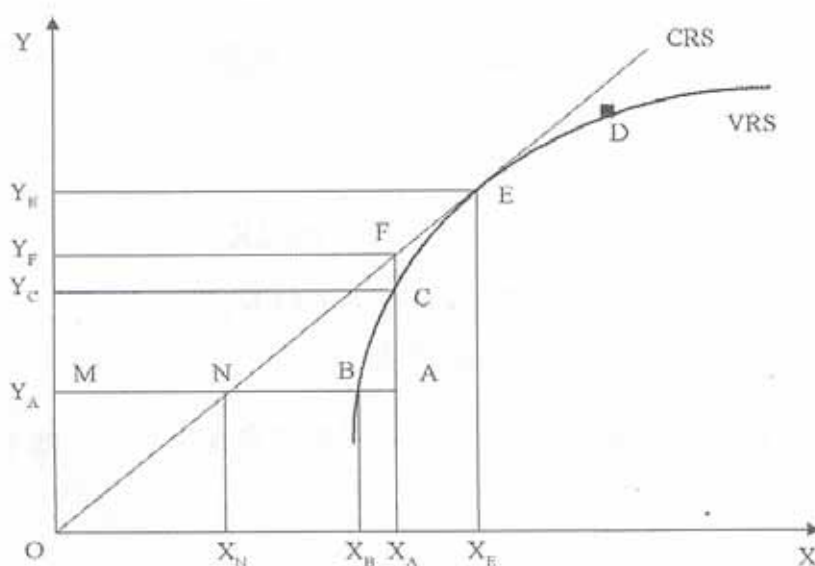


圖 3.5 純粹技術效率與規模效率圖

在圖 3.5 中，以單一投入產出為例，在生產可能集合的全部投入

產出組合裡，E點為同時達到純粹技術效率與規模效率者，因為其位於生產前緣之上，又具有最大的平均生產力 $Y_E / X_E$ 。若考慮A點的投入面，發現A點與B點的產出水準相同，但B點的投入量小於A點，故以B點為參考點時A點的純粹技術效率為 $X_B / X_A$ ，這同時也暗示了在現有規模下達成 $Y_A$ 的產量，至少需要 $X_B$ 的投入，又N點雖然不在生產可能集合中，但其平均生產力與E點相同，因此以N點為參考點時，可得到A點的規模效率 $X_N / X_B$ ，及代表CCR模式效率的整體技術效率 $X_N / X_A$ 。

若觀察三種效率彼此的關係，可發現BCC模式求出來的純粹技術效率( $X_B / X_A$ )大於或等於(CCR)模式求得的整體技術效率( $X_N / X_A$ )，而將整體技術效率除以純粹技術效率，則能得到規模效率( $X_N / X_B$ )，若規模效率小於1，則需判斷處於規模報酬遞減或遞增，透過個別DMU所處之規模報酬狀態，可提供管理者更多改善效率的資訊，作為調整規模時之參考。BCC模式利用引入的新變數 $u_k$ 作為判斷規模報酬的指標，原則如下所示：

$u_k > 1$  為規模報酬遞減，表示該DMU在大於最適規模狀態下生產，如圖 3.5 的D 點，其產出增加率小於投入增加率。

$u_k = 1$  為規模報酬固定，表示該DMU在最適規模狀態下生產，此時BCC模式與CCR模式兩者的效率值相同。

$u_k < 1$  為規模報酬遞增，表示該DMU在小於最適規模狀態下生產，如圖 3.5 的C 點，其產出增加率大於投入增加率。

### 3.2.3 A&P 模式

從事效率分析時，因為CCR模式的計算結果可能發生某DMU效率值為1，卻是孤芳自賞的離群單位(outlier)，有判別力(discriminating power)不足的情形，針對同是有效率的DMU，Anderson & Petersen提出進一步判別的方法，此法對無效率的DMU不會產生影響，但有效率的DMU之效率值在重新求算後會大於1，如此將可對有效率的

DMU 再加以排名，其求算方法為把受評估的有效率 DMU 自 CCR 模式的參考集合中排除，如圖 3.6 的 B 點原位於前線上，用 A&P 模式計算效率時將其移除，生產前緣變成線段 AB'C，因此 B 點的效率將大於 1。模式如(8)式：

$$\text{Min } \theta_k - \varepsilon \left( \sum_{r=1}^s S_{rk}^+ + \sum_{i=1}^m S_{ik}^- \right) \quad (8)$$

$$\text{st. } \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \lambda_j x_{ij} + S_{ik}^- = \theta_k x_{ik} \quad , \quad i=1, K, m$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \lambda_j y_{rj} - S_{rk}^+ = y_{rk} \quad , \quad r=1, K, s$$

$$\lambda_j, S_{rk}^+, S_{ik}^- \geq 0 \quad , \quad j=1, K, n$$

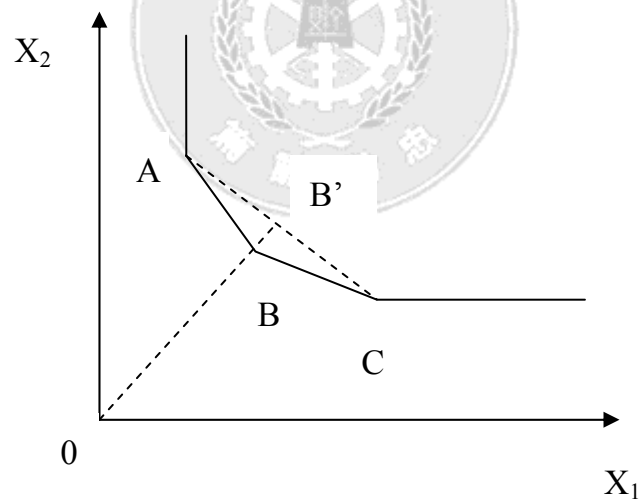


圖 3.6 A&P 模式示意圖

### 3.2.4 交叉模式

Doyle & Green曾共同發表交叉效率的概念，相對於傳統的自我評估(self-appraisal)，其為一種同儕評估(peer-appraisal)的方式，CCR模式裡自我評估有效率的DMU，若有較少的被參考次數，表示離群程度較

高，其在同儕評估之下三交叉效率值將有較大的降幅。在交叉效率距陣表裡，第 $k$ 個DMU的交叉效率值( $e_k$ )，為使用其他DMU的虛擬乘數組合計算DMU $_k$ 的效率值後取平均值，此法的計算公式如模式(9)。

表 3.1 交叉效率距陣表

受同儕評估的 DMU	1	2	...	N
1	$E_{11}$	$E_{12}$		$E_{1n}$
2	$E_{21}$	$E_{22}$		$E_{2n}$
...				
n	$E_{n1}$	$E_{n2}$		$E_{nn}$
受同儕評估的交叉效率值	$e_1$	$e_2$	...	$e_n$

$$e_k = \frac{\sum_{j=1, j \neq k}^n E_{jk}}{n-1}, \quad j=1, K, n \quad (9)$$

從同儕評估到自我評估的效率值增加最大之DMU，可視為離群者(mavericks)，在交叉模式中可建立一個判斷離群程度的指標，其值愈高表示該DMU愈可能是個離群者，此一離群指標(mavericks index)可應用於所有的DMU，而不單只是用來評估在CCR模式有效率者，第 $k$ 個DMU的離群指標( $M_k$ )如下所示：

$$M_k = \frac{(E_{kk} - e_k)}{e_k} \quad (10)$$

交叉效率除了可補充CCR效率的分析外，還可據此對DMU進行分群，在計算表3.1中任兩欄的相關係數後，可知道這兩個DMU被同儕的評比有多相似，很顯然這個相關係數是由評比分數的高低排序決定，與評比分數的絕對值無關，依此求得一個 $n \times n$ 的相關係數矩陣後，以Doy提出的MCC(Multiple correlation clustering)演算法作分群的工作，Everitt認為階層式集群方法可分凝聚式(agglomerative)和分裂式(divisive)兩種，而MCC正屬於後者，其以原始相關係數矩陣為基礎，重複求解皮爾森(Pearson)相關矩陣，亦即以原始矩陣求解第二次

(second-order)的相關矩陣，同理以第二次相關陣求解更高次(higher-order)的相關係數矩陣，最後，矩陣中的元素將不是+1，就是-1，可將  $n$  個 DMU 二分(dichotomized)成兩個子群體，上述之演算過程可再次用於個別子群體的進一步分類。

### 3.2.5 Malmquist 指數分析

前面的分析，乃是採靜態的角度，亦即各受評單位均以同一時期之資料相互比較。為瞭解不同時期各受評單位之相對效率，以判斷各受評單位效率之穩定性與各受評單位效率值之變動趨勢，文獻上有所謂效率前緣移動的概念，DEA 探討效率前緣移動概念的文獻可分為兩類，一類為視窗分析，另一類是 Malmquist 指數。

視窗分析之主要目的在解決受評單位數不足之問題，跨期效率之比較僅為附帶功能，真正適合比較不同時期效率值且具效果者乃 Malmquist 生產力指數。Färe 等人(1992)以 Cave 等人(1982a,1982b)提出之 Malmquist 生產力指數概念，建立衡量跨時期之 DEA 模式，後續又有不少有關 Malmquist 指數之擴充與應用之研究(Sueyoshi 與 Aoki, 2001, Sueyoshi 與 Goto, 2001)。

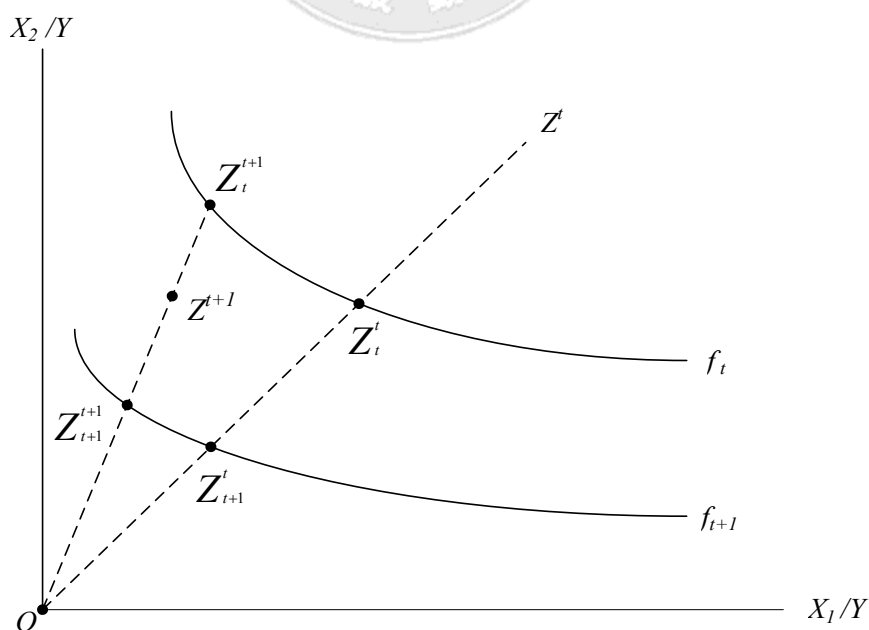


圖 3.7 跨時期效率前緣之移動

圖 3.7 為等量曲線，表示生產一單位產出  $Y$ ，兩項投入因素  $(X_1, X_2)$  之組合。其中以  $Z^t$  與  $Z^{t+1}$  分別表示第  $t$  期與第  $t+1$  期受評單位之觀測值， $f_t$  與  $f_{t+1}$  分別代表第  $t$  期與第  $t+1$  期在固定規模報酬下之生產效率前緣。

另外， $Z_t^t$  表示  $t$  期之受評單位  $Z^t$  以  $f_t$  為效率前緣之投影， $Z_t^{t+1}$  表示  $t+1$

期之受評單位  $Z^{t+1}$  以  $f_t$  為效率前緣之投影， $Z_{t+1}^t$  表示  $t$  期之受評單位  $Z^t$  以  $f_{t+1}$

為效率前緣之投影， $Z_{t+1}^{t+1}$  表示  $t+1$  期之受評單位

$Z^{t+1}$  以  $f_{t+1}$  為效率前緣之投影。

Färe 等人(1992)定義 Malmquist 指數( $MI$ )如下：

$$MI_t^{t+1} = \left[ \frac{OZ_t^t}{OZ_{t+1}^t} \times \frac{OZ_t^{t+1}}{OZ_{t+1}^{t+1}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

3.2.2 曾經定義在固定規模報酬下，以CCR模式求得之技術與規模效率TSE(technical and scale efficiency)，在變動規模報酬下以BCC模式求得之技術效率TE(technical efficiency)，而規模效率SE(scale efficiency)，可由  $SE = TSE/TE$  計算而得。此處定義跨期效率指數IEI(intertemporal efficiency index)，以  $IEI^{t \rightarrow t+1}$  表示  $t$  期受評單位對應  $t+1$  期之效率前緣  $f_{t+1}$  之效率，同理以  $IEI^{t+1 \rightarrow t}$  表示  $t+1$  期受評單位  $Z^{t+1}$  對應  $t$  期之效率前緣  $f_t$  之效率，對照圖 3.7 各衡量值之幾何意義如下：

$$TSE^t = \frac{OZ_t^t}{OZ_t^t}, \quad TSE^{t+1} = \frac{OZ_{t+1}^{t+1}}{OZ_{t+1}^{t+1}}$$

$$IEI^{t \rightarrow t+1} = \frac{OZ_{t+1}^t}{OZ_t^t}, \quad IEI^{t+1 \rightarrow t} = \frac{OZ_t^{t+1}}{OZ_{t+1}^{t+1}}$$

因此(11)式可改寫為：

$$MI_t^{t+1} = \left[ \frac{TSE^t \times IEI^{t+1 \rightarrow t}}{IEI^{t \rightarrow t+1} \times TSE^{t+1}} \right]^{1/2} \quad (12)$$

將  $TSE^t = SE^t \times TE^t$ ， $TSE^{t+1} = SE^{t+1} \times TE^{t+1}$  代入上式，則

$$\begin{aligned} MI_t^{t+1} &= \left[ \frac{SE^t \times TE^t \times IEI^{t+1 \rightarrow t}}{IEI^{t \rightarrow t+1} \times SE^{t+1} \times TE^{t+1}} \right]^{1/2} \\ &= \left[ \frac{IEI^{t+1 \rightarrow t}}{IEI^{t \rightarrow t+1}} \right]^{1/2} \left[ \frac{SE^t \times TE^t}{SE^{t+1} \times TE^{t+1}} \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (13)$$

另外定義  $CIE^{t \rightarrow t+1}$  為 t 期至 t+1 期之追趕效率 (catching-up in efficiency, CIE)：

$$CIE^{t \rightarrow t+1} = \frac{TSE^{t+1}}{TSE^t} = \frac{OZ_{t+1}^{t+1} / OZ_{t+1}^{T+1}}{OZ_t^t / OZ_t^T} \quad (14)$$

定義  $MPI_t^{t+1}$  為 t 期至 t+1 期以投入為導向之 Malquist 生產力指數 (Malmquist productivity index, MPI)，其公式如下：

$$\begin{aligned} MPI_t^{t+1} &= CIE^{t \rightarrow t+1} \times MI_t^{t+1} \\ &= \frac{TSE^{t+1}}{TSE^t} \left[ \frac{TSE^t}{TSE^{t+1}} \right]^{1/2} \left[ \frac{IEI^{t+1 \rightarrow t}}{IEI^{t \rightarrow t+1}} \right]^{1/2} \\ &= \left[ \frac{TSE^{t+1}}{TSE^t} \right]^{1/2} \left[ \frac{IEI^{t+1 \rightarrow t}}{IEI^{t \rightarrow t+1}} \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (15)$$

### 3.3 DEA 模式解釋

本節說明資料包絡分析法之效率分析、差額分析、敏感度分析、規模報酬分析等等，以瞭解如何使用這些方法來解釋 DEA 之評估結果。

#### 3.3.1 效率分析

由 DEA 模式之執行結果可得到各受評單位之相對效率值，*Charnes et al* 以  $J$  為代表所有 DMU 的集合，並將其分為四類集合，即  $J = E' \cup E \cup F \cup N$

- (1)  $E$ ：有效率的受評單位組成之集合，其所含每一受評單位  $k$  滿足  $\theta_k^* = 1$ ； $\lambda_k^* = 1$ ， $\lambda_j^* = 0 (j = 1, \dots, n, j \neq k)$ ；又對偶模式中差額變數均為 0。 $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$  表示一個連結所有受評單位資料之多面體的向量， $\lambda_j^* \neq 0$  所對應之所有  $j$  則為第  $k$  個受評單位之參考集合。當一受評單位出現在其他受評單位之參考集合中之次數愈多，隱含此受評單位相對有效率之穩健度 (robustness) 愈強。
- (2)  $E'$ ：有效率的受評單位組成之集合，其所含每一受評單位  $k$  滿足  $\theta_k^* = 1$ ； $\lambda_k^* \leq 1$ ，且存在  $j \in E$  使得  $\lambda_j^* > 0$ 。但  $j \neq k$ ；又差額變數均為 0。
- (3)  $F$ ：此集合所含每一受評單位  $k$  滿足  $\theta_k^* = 1$ ，但至少有一差額變數大於 0。 $F$  中受評單位之效率值雖為 1，但不曾出現在其他受評單位之參考集合中，隱含此單位存在若干與眾不同之特性。
- (4)  $N$ ：無效率的受評單位組成之集合，所含每一受評單位  $k$  滿足  $\theta_k^* < 1$ 。所有受評單位必屬此四類之一，圖 3.8 為此集合與等產量線之相對位置。

由圖 3.8 知，以 CCR 投入模式可求得有效率之 DMU 集合，如圖中各  $E$  點，其中  $h_k = 1$  或  $\theta_k = 1$  且差額變數均為 0，此外， $E$  集合為其他無效率集合之參考集合； $E'$  為有效率 DMU 所組成集合， $\lambda_j^* < 1$ ，差額變數均為 0； $F$  為有效率集合，但至少有一差額變數大於 0，由於  $F$  屬在其他 DMU 參考集合外，故為受評估 DMU 之離群單位 (outlier)；而  $N$  為無效率之 DMU 所形成之集合，且至少有一差額變數大於 0。

運用 CCR 模式可得整體技術效率值，BCC 模式則可得到純粹技術



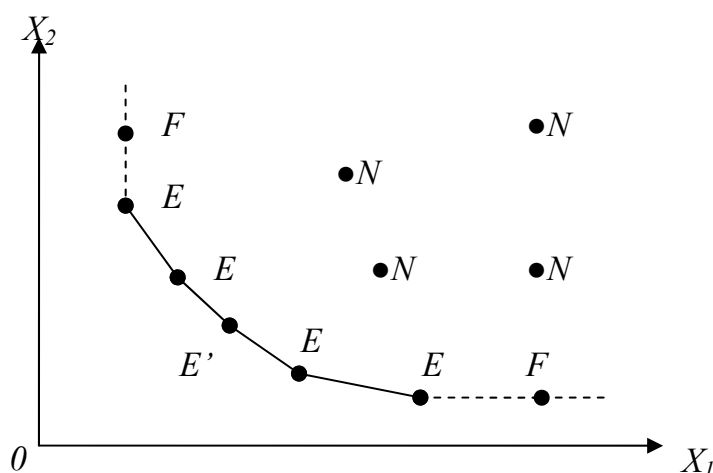


圖 3.8 受評單位之效率分類

效率值，若將整體技術效率值除以純粹技術效率值，可得規模效率；而在衡量整體技術效率時，受評估單位須在

(1)  $h_k=1$  或  $\theta_k=1$  時

(2) 全部差額變數  $S_i^-$  與  $S_r^+$  均為 0 時

兩條件同時成立，才可稱為相對有效率；若DMU有效率則 $h_k=1$  或  $\theta_k=1$ ，但DMU之整體技術效率值不等於 1 時，可由純粹技術效率與規模效率值來判斷分析無效率之因素，或是由純粹技術造成之無效率，亦或許是規模無效率的原因造成，甚至是兩項因素皆造成整體無效率的原因；故在發生無效率之原因後，即可以差額分析來進行效率改善之分析；此外若純粹技術效率值愈高，代表投入要素之使用愈有效率；規模效率值愈高，代表產出與投入之比例比例愈適當，生產力愈大；整體技術效率值愈高，表示生產者之生產效率愈高。

### 3.3.2 效率參考集合

由DEA模式推導可知效率評估之軸心在建立效率參考組合，而效率參考集合是指經由對偶化模式執行結果中  $\lambda_j \neq 0$  所對應  $DMU_j$  組成之集合。在所有受評估單位之生產規模與經營方式皆相似的情況下，某

一DMU出現在其他DMU之參考集合次數愈多，表示此DMU之強度愈強，此外，由效率參考組合也可看出哪些受評估單位之生產型態與何者較為接近。

### 3.3.3 差額變數分析

差額變數分析可就資源使用狀況提供資訊，不但可做為目標設定之基準，亦可瞭解受評單位尚有多少改善空間。由DEA模式中之 $\theta_k$ 表示所有投入變數成等比例縮減，使能達到有效率之生產前緣， $S_r^+ > 0$ 表示可以在不改變 $\lambda_j^*$ 的情況下，將產出項 $r$ 增加 $S_r^+$ 的量；同樣地， $S_i^- > 0$ 表示可在不改變 $\lambda_j^*$ 的情況下，將投入項 $i$ 減少 $S_i^-$ 。在 $S_r^+ > 0$ 與 $S_i^- > 0$ 的任何一種情況下，即使 $\theta_k = 1$ ，該受評估單位仍為無效率。無效率DMU可將其每項投入皆縮減 $(1 - \theta_k^*)$ 倍，即成為 $\theta_k^* x_{ik}$ ，仍有相同的產出，此時若還有投入項差額變數 $S_i^-$ 存在，表示可再減少 $S_i^-$ 而不影響產出。即在所有的投入都已縮減至極限，產出項乃可再增加 $S_r^+$ 的量，唯有在投入與產出方面都進行過調整後，該無效率受評單位才有可能移至生產前緣，成為有效率之DMU。

投入與產出之理想其最適解為 $X_{ik}^*$ 與 $Y_{rk}^*$

$$\begin{aligned} X_{ik}^* &= \theta^* X_{ik} - S_i^{-*}, \quad i=1, \dots, m \\ Y_{rk}^* &= Y_{rk} + S_r^{+*}, \quad r=1, \dots, s \end{aligned}$$

由上式所求得受評單位 $k$ 之評比對象，可做為管理控制之目標，應做的調整為投入減少 $\Delta X_{ik}$ ，產出增加 $\Delta Y_{rk}$ ：

$$\begin{aligned} \Delta X_{ik} &= X_{ik} - X_{ik}^*, \quad i=1, \dots, m \\ \Delta Y_{rk} &= Y_{rk}^* - Y_{rk}, \quad r=1, \dots, s \end{aligned}$$

### 3.3.4 敏感度分析

Charnes的研究團隊曾探討有效率之受評單位，其投入產出項數值變動而依然保持為有效率之充分條件。譬如Charnes等人(1985)曾指出，一有效率之受評單位其一產出項數值變動時對該受評單位效率值之影響，在CCR模式中 $u_r$ 與 $v_i$ 分別為產出與投入的虛擬乘數，係由線性規劃產生，無人為主觀成分在內，因而能滿足立足點公平之原則，在設定的評估模式下，任何一個受評估單位皆無法依主觀判斷找到另一組權

重，而使其效率大於以DEA模式評估之結果。虛擬乘數愈大，則該變數對於生產效率之貢獻愈大，亦即 $u_r$ 代表每增加一單位產出對相對效率值的貢獻； $v_i$ 代表每減少一單位投入對相對效率值的貢獻。虛擬乘數愈大，表示對效率值的提昇效果愈好。

此外，DEA的效率前緣是由衡量對象中最有效率的組織所組成，因此衡量對象的變動、投入產出項的選擇、以及項目數的變動或誤差，都有可能影響效率前緣的形狀或位置，而DEA的敏感度分析可從橫向與縱向來探討；橫向改變方面係分析增加或減少投入、產出項的影響，縱向改變則分析加入或減少DMU的影響。

### 3.3.5 規模報酬分析

規模報酬即每單位投入之平均產量( $Y/X$ )，而最適規模為「在生產效率前緣上之每單位投入最大平均產量為最大的生產規模」；圖 3.9 中 ABC 曲線為生產前緣，A、B 與 C 點為生產單位，其中 B 點為每生產單位中平均產量( $Y/X$ )最大，為固定規模報酬(Constant return to scale, CRS)階段；當投入量小於  $XB$  時，投入量愈多則每單位投入之平均產量( $Y/X$ )愈大  $\overline{Y_A Y_B}$ ，故其生產規模處於規模報酬遞增階段(圖中之 AB 弧線)；當投入量大於  $XB$  時，投入量愈多則每單位投入之平均產量( $Y/X$ )愈少  $\overline{Y_B Y_C}$ ，故其生產規模處於規模報酬遞減階段(圖中之 BC 弧線)；模式中，我們可求算每一受評估單位之  $\sum \lambda$  值以代表每一受評估單位規模報酬指標。

1. 下圖中 A 點，表若  $\sum \lambda < 1$ ，表示該受評估單位處於規模報酬遞增階段。
2. 下圖中 B 點，表若  $\sum \lambda = 1$ ，表示該受評估單位處於最適生產規模階段。
3. 下圖中 C 點，表若  $\sum \lambda > 1$ ，表示該受評估單位處於規模報酬遞減階段。

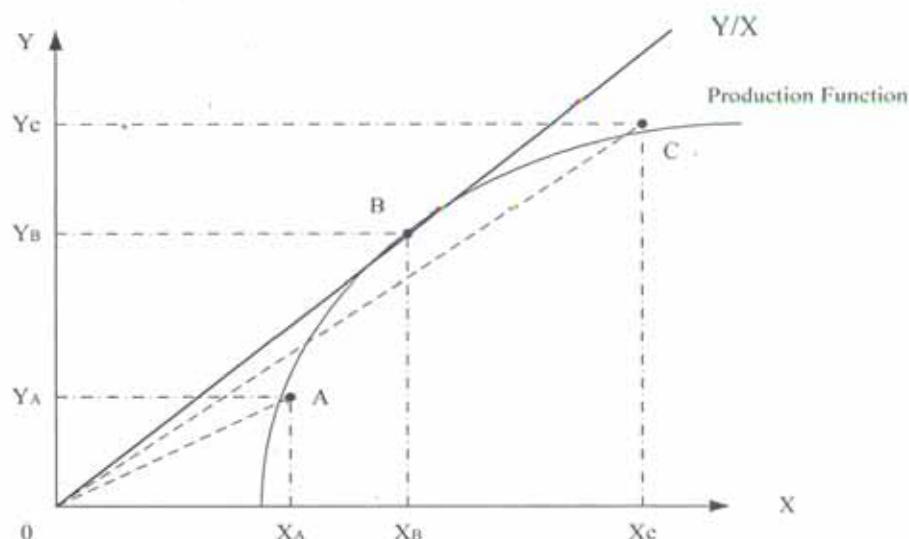


圖 3.9 規模報酬

如果  $\sum \lambda = 1$ ，則該生產單位的規模效率值必等於 1；如果  $\sum \lambda \neq 1$ ，則生產單位之規模效率值將小於 1；如果  $\sum \lambda$  與 1 的差距愈大，則表示規模報酬遞增或遞減的情況愈顯著，若為規模報酬，則較大廠商較具生產優勢，而在固定規模廠商下，一個規模效率遞增的廠商可藉由合併或整合增加其效率。

### 3.4 DEA 模式假設前提與應用限制

DEA 模式之假設前提與應用限制如下：

1. DEA 是一種相對而非絕對之比較，當 DMU 判定為有效率時，未必真正具有生產效率。而且當 DMU 數量增加或減少，亦有可能改變原 DMU 之效率值。
2. DEA 之投入與產出項目資料只要採用相同計量單位，原則上可不需作處理。因為所求得之虛擬乘數(或稱為權重)，即具備資料標準化之功能。例如，某一投入項目為營運成本，以千元為單位，求得對應乘數為 0.8；若單位改以元為單位時，則同一乘數將成為 0.0008，不會影響其效率之評估結果。惟為避免小數位數進整誤差，一般在執行 DEA 模式前，會先將原始資料作一單位調整，以避免出現大數(如

1,000)，而造成進整誤差。

- 3.資料包絡分析法係比較各受評單位之相對效率，因而比較上要有意義，DEA必須符合同質性(Homogenous)假設，受評單位要有相同目標，執行相似工作，投入產出項目相同。下列三項為可能違反之狀況與其解決方式。

(1)DMU違反同質性(Homogenous)假設，例如將航空公司與市區公車同時列為DMU，進行DEA分析。解決方式：尋找其他同質之DMU、將DMU予以分群或採用分層DEA模式(Tiered DEA,Barr et al.[1994])。

(2)環境違反同質性假設，例如市區公車之績效受其旅客需求影響甚大，因此不宜將台北市市區聯營公車與馬公市市區公車併同比較。解決方式：加入環境變數，例如人口數。

(3)具有規模經濟或規模不經濟特性。因DEA隱涵有固定規模報酬假設，故可考慮用Banker et al.[1984]之變動規模報酬模式，Banker[1996]更進一步提出規模經濟之檢定方式。

- 4.由於DEA模式是一種非隨機線性規劃模式，其所求解之效率前緣為一種確定性(deterministic)結果，極易受離群單位(outliers)干擾，進而影響效率估計值。其解決方式可參考Wilson(1995)之建議，在進行實證分析時，利用摺刀抽樣方法(jackknife sampling)，計算每次少一個DMU對其他DMU評估效率值之影響。其影響數目愈多、程度愈大則愈有可能是界外值，而必須加以剔除。

- 5.DEA之投入與產出項目之選擇必須符合下列假設：包含所有使用資源、包括所有活動水準與績效衡量、所有DMU之投入與產出項目均相同、納入環境差異因素。下列三項為可能違反之狀況與其解決方式。

(1)投入與產出項目數過多，將影響鑑別結果。根據一般經驗法則，

DMU的個數大於投入項目(m)與產出項目(s)相乘的兩倍，即 $2m \times s$ 。解決方式：投入項目間可利用單價與數量予以加權合併，產出部分則可刪除與組織目標無關之項目。

(2)項目間具有相關性，亦將影響鑑別結果。解決方式：剔除相關性甚高之項目。

(3)指標(indices)項目(例如投資報酬率、負債比、員工生產力)與數量(volume)項目(例如營運收入、員工人數、延人公里)混合者，易造成誤判。解決方式：將指標除以投入項目(單一投入項目時)或另以相同涵意的數量資料取代之。

6.產出與投入間應符合同向性(isotonicity)假設，亦即投入增加產出不得減少。下列四項為可能違反之狀況與其解決方式。

(1)投入或產出為比值或標準化資料時，應注意避免與數量資料混用。解決方式：將指標除以投入項目、另以相同涵意的數值資料取代或將比值之分子列為投入項目、分母列為產出項目。

(2)投入或產出為質化資料(例如顧客滿意度)，除應避免與數值資料混用外，亦應避免資料之取得基礎不同，例如各DMU之資料來自不同受訪者，或受訪者對各DMU之期望水準不同，而影響填答結果。解決方式：詳細規劃問卷調查之過程，避免資料取得之基礎誤差。

(3)非期望的投入與產出項目，致違反同向性假設。例如，污染排放物(產出項目)或競爭者數量(投入項目)。解決方式：以該值之倒數表之、以一大數減去該值表之，或將原產出項目改為投入項目，反之亦然。

(4)部分投入或產出項目像外生因素，DMU無法控制。解決方式：將此類因素均列為投入項目，而以產出面之DEA模式解釋結果；或均列為產出項目，以投入面DEA模式解釋結果。

7.由模式中求得權重係DEA之特性，但下列四項為可能違反之狀況與其解決方式。

(1)DEA模式隱含有投入或產出項目間具有線性關係之假設。當某些產出因其他額外產出而有遞減現象時，則違反此一假設。惟由於非線性關係甚難確定並據以評估，所以一般應用上仍採用線性關係。

(2)權重值為零之問題。DEA為避免求解所得某些權重為零，致原無效率之DMU而成為有效率，故加上 $\mu \geq \varepsilon$ 與 $\nu \geq \varepsilon$ 之限制條件。惟無論權重等於零或 $\varepsilon$ 均表示該項目在評估中係被省略的，將無法確保所有項目均會納入評估分析。解決方式:納入絕對權重限制(Dyson & Thanassoulis[1988])或相對權重限制(即 Assurance region,Thompson et al.[1986])。

(3)部分項目之權重具有相對性，若任由模式求解，結果可能違反事實。例如 “非常滿意”的乘客數之權重應較“滿意”的乘客數之權重來得大，但模式求解結果可能相反。解決方式：納入相對權重限制。

(4)投入與產出項目間之權重具有關聯性，而求解結果無法確保此一關聯之存在。解決方式:使用權重關聯限制(Thanassoulis et al [1995])。

8.加入權重限制亦可能衍生許多問題。例如，權重限制難以解釋、權重限制不具移轉性、評估結果難以解釋。

9.DEA模式為確定性方法，不像計量經濟方法能容許誤差存在，因此每一生產要素及產出數量必須儘量避免測量誤差(Measurement error)。

10.資料包絡分析法是從效率觀點進行分析，然而在實際比較各方案優劣時，效率僅是方案選擇重要的依據之一，應將其他因素，如未來潛力、市場競爭力、節稅等總體考量。

- 11.傳統資料包絡分析法僅適用於標準資料，也就是大於零的明確資料，對於負面因子，如環境污染，其量越大表示績效越差，如何將此類資料作一轉換以適用於一般資料包絡分析法為一待解決問題。
- 12.DEA無法適當的處理產出項為負的狀況。
- 13.DEA在實際應用時，其投入產出因素的選用與衡量，對於效率的正確與否有絕對的影響。因若投入產出因素的選用與衡量有所不當，其所評估結果亦失其正確性。
- 14.當DEA模式中包含了大量變數，其區別DMU的能力便會降低。由於DEA賦予各DMU選擇權數的彈性，如一個DMU在某個投入與產出上表現優異，可將全部的權數分配其上成為有效率的單位，因此可能會失去區別的意義與價值。
- 15.一般而言，使用DEA來評估效率，效率分數為 1 的DMU通常不只一個，而選擇權數的自由，可導致一個DMU忽視某些組織的重要功能，而將較大的權重置於次要的投入或產出變數上。

### 3.5 DEA使用程序

資料包絡分法最大功能在於能實際評估一群決策單位之經營績效，特別是相對效率，因此本節將討論 DEA 之使用程序。DEA 之使用涉及決策單位的界定、投入產出項之選擇、資料之蒐集與整理、評估模式之選擇、模式之執行、結果之呈現與解釋等等，Golany 與 Roll(1989)歸納以 DEA 評估一群組織之績效，其主要程序如圖 3.10 所示。



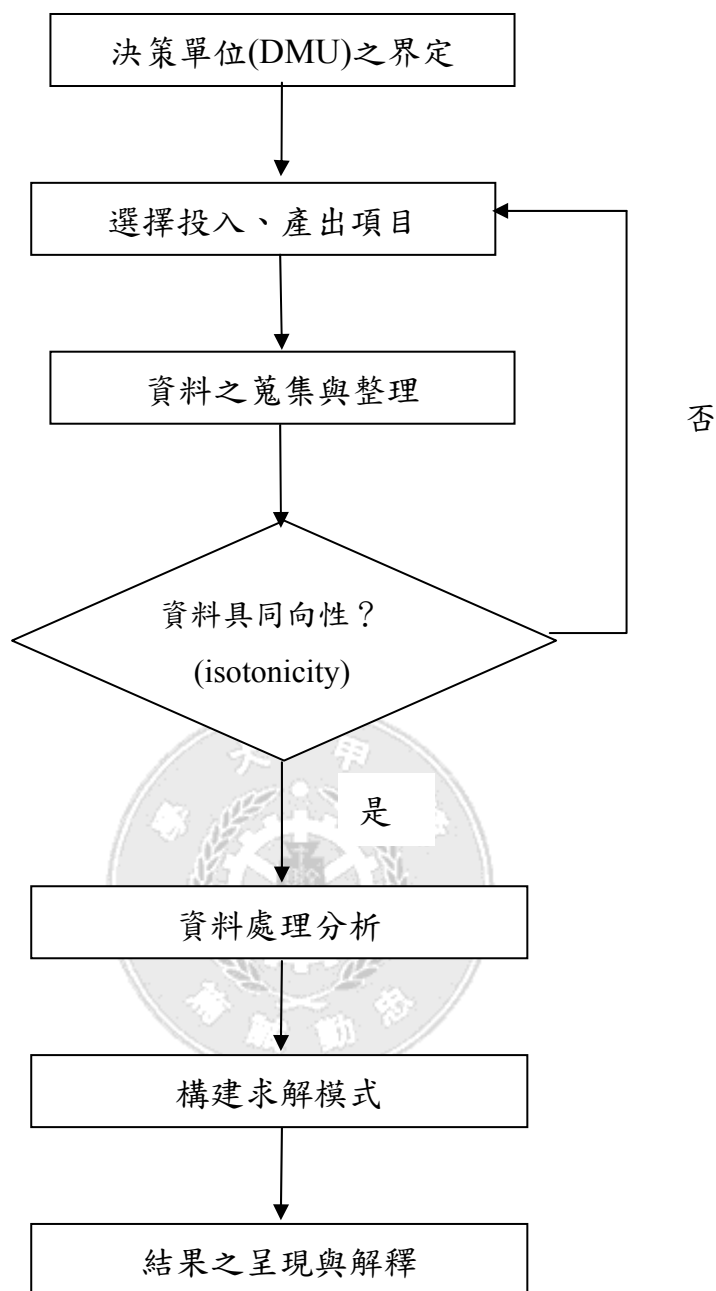


圖 3.10 DEA 之使用程序圖

#### 步驟一：決策單位之界定

資料包絡分析法係比較各單位之相對效率，因而受評單位必須有比較上的意義，各受評單位需具以下特性：

- 1、受評估單位有相同的目標，執行相似的工作。
- 2、受評估單位在相同的市場條件下運作。

### 3、影響受評估單位績效之投入產出項目相同。

其次考量受評單位之個數，一般而言受評單位之個數愈多愈好，因為受評單位越多，由高效率受評單位形成效率前緣之機會較大，同時投入產出間之關係較易確認。

#### 步驟二：投入產出項之選擇

以 DEA 方法評估效率係建立在各單位之投入與產出資料上，投入與產出項之選擇，至少需考慮組織目標、資料之性質、投入因子與產出項目之關係、以及投入與產出項目之個數等等。進行各 DMU 之生產效率評估時，應先確定評估者所關心的產出為何？是單一產出或多元產出？再依據各該項產出相關之必要投入，確定投入項目。一般而言，在確定投入項目時，可參考相關文獻之研究結果或先以迴歸分析確認其間關聯性之高低。

#### 步驟三：資料之蒐集與整理

確認 DMU 及其投入/產出項目後，即可進行資料蒐集。由於 DEA 為確定性模式，不容許測量誤差，故資料之正確性與精確度十分重要。資料格式如下：

表 3.2 DEA 模式資料

受評單位	投入項目				產出項目			
	$X_1$	$X_2$	...	$X_m$	$Y_1$	$Y_2$	...	$Y_s$
DMU <sub>1</sub>	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1m}$	$y_{11}$	$y_{12}$	...	$y_{1s}$
DMU <sub>2</sub>	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2m}$	$y_{21}$	$y_{22}$	...	$y_{2s}$
...								
DMU <sub>n</sub>	$x_{n1}$	$x_{n2}$	...	$x_{nm}$	$y_{n1}$	$y_{n2}$	...	$y_{ns}$

#### 步驟四：資料處理分析

各 DMU 之投入/產出資料均蒐集以後，除須檢測其正確性外，尚須注意資料內是否有大數(如 1,000)存在，此類大數將導致虛擬乘數之進整誤差(round-off error)宜先加以平準化。

### 步驟五：構建求解模式

若投入與產出項目合計少於 3 個時，可利用圖解法進行效率評估與分析。但若超過 3 個時，則需要以數學規劃模式加以求解。若有  $n$  個 DMU，則必須構建  $n$  個數學規劃模式，分別求解各 DMU 之效率值。

### 步驟六：結果之呈現與解釋

上述  $n$  個數學規劃模式之求解結果，可得知各 DMU 之效率值、改善幅度及參考單位，提供評估者研提改善建議之參考。

## 3.6 DEA 模式發展

如圖3.11所示，DEA的模式可依「規模報酬(return to scale)」與「導向 (oriented)」區分為六種，規模報酬係指投入要素與產出量同時增加(減少)的倍數是否相當，若兩者的倍數相當表示為固定規模報酬，其意義為已處在最適規模狀態下生產，而產出的增加倍數大於投入要素時稱為遞增規模報酬，反之稱為遞減規模報酬，遞增與遞減的情況都屬於變動規模報酬。至於第二種區分標準的涵義如下，投入導向指將投入做一定比例的縮減以使無效率的DMU往前緣線移動，相反地，產出導向是以透過產出比例增加的方法達到相同的目標。由於對公司的管理階層而言，減少投入的策略在職權範圍內，比追求銷售量的增加更易實行，因此本研究將採用投入導向的CCR與BCC模式。

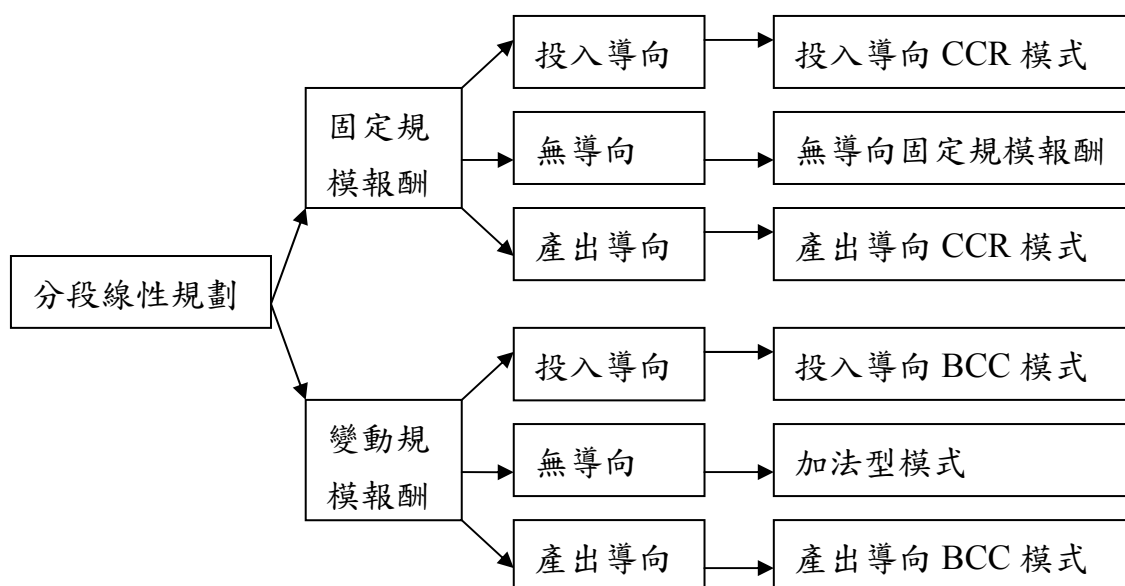


圖 3.11 依規模報酬與導向區分之 DEA 模式圖

DEA理論的最基本概念就是以產出除以投入求效率值，然而在實際應用上這是不夠的，至目前為止已有眾多學者發表了模式的相關修正與延伸應用，表3.3簡述了DEA理論的主要發展：

表3.3 DEA理論之重要文獻表

研究者	年代	貢獻
Farrell	1957	首先提出以生產邊界衡量技術效率及價格效率，並建立數學規劃模式予以計算
Charnes, Cooper and Rhodes(CCR)	1978	將Farrell之觀念予以推廣，衡量在固定規模報酬下多項投入、多項產出時之生產函數
Charnes, Cooper, Seiford and Stutz(CCSS)	1983	推廣CCR(1978)之模式，提出一數學規劃模式以評

		估Cobb-Douglas生產函數之效率
Charnes and Cooper	1984	對CCR模式中虛擬乘數提出非阿基米得數(non-Archimedean)加以補充
Banker,Charnes and Cooper	1984	以生產可能集合的四個公理和Shephard 距離函數導出衡量純粹技術效率及規模效率之模式
Charnes,Clark,Cooper and Golany	1985	首先提出DEA之視窗分析(window analysis)
Charnes,Cooper,Lewin,Morey and Rousseau	1985	首先對DEA之敏感度提出分析
Banker,Conrad and Strauss	1986	首先對DEA模式與Translog成本函數加以比較
Banker and morey	1986	首先提出DEA模式在處理種類變數(categorical variables)上之改良方法
Dyson and Thanassoulis	1988	修正DEA模式以處理當虛擬乘數受限制時之效率評估問題
Thompson,Langemeier,Lee and Thrall	1990	討論DEA模式中，乘數(multiplier)的範圍在效率分析之角色
Boussofiane,Dyson and Thanassoulis	1991	對DEA之理論提出綜合性的討論
Chang and Guh	1991	對DEA之理論是否無須預設函數型式、是否可估計規模報酬提出討論

Ali, Cook and Seiford	1991	探討DEA模式中之乘數間有次序關係時模式之修正
Banker and Thrall	1992	探討以DEA估計規模報酬
Førsund	1992	比較參數與非參數的效率評估法
黃旭南	1993	提出跨期變動分析模型，衡量生產邊界隨時間演進下的效率變動
Andersen and Petersen	1993	針對同是有效率的DMU提出進一步判別的方法
Doyle and Green	1994	發表交叉效率的概念，相對於傳統的自我評估（self-appraisal），其為一種同儕評估（peer-appraisal）的方式
長野史裕、山口俊和、福川忠昭	1995	產出值使用模糊數，提出允許產出不為明確值的模糊DEA模式
Sueyoshi	1997	在同時考量生產活動（production activity）與成本績效（cost performance）下，衡量規模報酬及規模經濟
Cooper, Park and Yu	1999	發展AR-IDEA，可同時處理精確資料、區間資料，及次序資料，且包含領域保證（assurance region）的概念
Li and Reeves	1999	提出多準則（multiple criteria）DEA模式，此改良模式可使判力提高，且投

		入產出乘數分佈得更平均
Lovell and Pastor	1999	提出沒有投入（或產出）的射線DEA模式
Sueyoshi	1999	DEA判別分析，提出結合判別分析的新模式
尹禮分、中山弘隆、 谷野哲三	1999	提出一般化的DEA模式，具有與CCR模式、BCC模式、FDH(free disposable hull)模式相同的衡量結果
乾口雅弘、谷野哲三	1999	將DEA模式推廣到模糊投入產出資料的情況
江勁毅、曾國雄	2000	提出同時求解各DMU目標值之多目標規劃方法(multiple objective programming)於DEA模式，可求解一組共同的虛擬乘數，以克服DMU個數不足所導致之弱判別力問題。

## 第四章 資料分析與選取

依據 3.3 節有關 DEA 的使用程序，其模式應用的第一步就是設定研究分析目標，台鐵在面對福爾摩莎高速公路的全線通車與高鐵即將於 95 年年底通車的競爭壓力下，有必要藉由與世界各國鐵路事業做績效評比來瞭解台鐵之生產力、資源利用及行銷等情形。因此本研究將分析目標設定為鐵路運輸營運績效評比，希望藉由模式分析，在兼顧產出被顧客消費利用之前提下，提供台鐵相關改善策略。

交通為一切建設之母，因此一個國家的經濟繁榮與否與其交通設是否發達與完善息息相關。鐵路的發展不外是為了載運旅客與貨物，也因此一個國家的鐵路建設計畫或業務營運盛衰與其人口聚集或資源豐富與否密不可分。各國鐵路事業發展或多或少與其疆域版圖與地理環境有關，例如美國、俄羅斯、加拿大等幅員遼闊的國家，由於航空事業的發達，鐵路在其國家運輸領域發展的結果往往貨物運輸重於旅客運輸。台灣為一多山、多丘陵之海島，平原面積狹小，因而使得台灣地狹人稠，其人口密度高居世界第二位(2003 年 627.8 人/平方公里)，僅次於孟加拉(2003 年 954.5 人/平方公里)。雖然在早期台灣鐵路的某些支線是為了林業或煤礦業而興建，而今因時代變遷此一功能已不復存在，早期鐵路貨物興盛的景況亦因公路網的發達而漸趨式微，也因此台鐵在台灣本島所擔任之運輸功能為旅客運輸重於貨物運輸。

本章首先篩選作為研究的 DMU，繼而參考相關文獻及考量鐵路運輸特性，列出投入、產出與消費項目，針對模式的投入、產出與消費數值深入探討，提出分析結果。

### 4.1 DMU(決策單位)挑選

在使用 DEA 方法進行相對效率評估時，首先要確定的是受評估的對象，也就是 DMU 之選取，選取 DMU 時必須考慮下列條件：

#### 1. 同質性(homogeneity)

Golany and Roll 認為 DMU 必須具有同質性(homogeneous)，即



評比的對象需有相似的生產性質，例如在一樣的市場條件下執行相同工作，但又須有相當的差異。本研究從國際鐵路聯盟(International Union of Railways, UIC)及日本財團法人運輸政策研究機構2002年的統計資料中，選取21個國家共21家鐵路事業，涵蓋2000年至2003年共84個觀察樣本，符合上述基本條件的理由如下：

(1)內在本質相同

各國之鐵路事業皆為城際間的大眾運輸，所以於營運上遭遇的問題相同，其企業宗旨都是提供便利的服務，將旅客或貨物安全準時送達，各鐵路事業運輸績效的投入產出項目大致相同。

(2)外在環境相異

每個國家大眾運輸系統建設均有不同，由於各國國民所得高低不同，所以民眾對大眾運輸的消費習慣亦各有所異，另外每個國家的鐵路路線所經的城鄉差距也不同。

2.DMU的數量

本研究以國際鐵路聯盟(International Union of Railways, UIC)及日本財團法人運輸政策研究機構2002年的統計資料及台鐵統計年報中，經由受評單位群中離群單位(outlier)的處理；如某些國家的鐵路在UIC的統計資料中僅有客運(貨運)資料而無貨運(客運)資料、客運與貨運由不同鐵路事業經營或是車路分離的國家，為避免一受評單位某項投入或產出出現為 0 的情形(該單位可能成為離群單位)，容易導致評估結果的扭曲。以2000至2003年之投入、產出資料，在篩選時須注意彼此之間的同質性，本研究考量鐵路運輸須與其他交通運具競爭，並參考林村基之研究認為鐵路網密度係影響鐵路生產效率之正向顯著因素，在挑選時衡酌各國鐵路網密度，即各國平均每平方公里區域內之鐵路營業里程。另一挑選原則為人口密度，由於台灣為地狹人稠之高人口密度區，而旅客與貨物為鐵路運輸之主要客體，亦為鐵路消費服務之主要來源，所以本研究考量台灣國土面積、人口密度與鐵路網密度等地理環境與人文發展，選取與台灣較為接近且具競爭力的21個鐵路事業，作為本研究探討營運績效評比之DMU，藉此觀察台鐵與其

他鐵路事業的相對效率值。鐵路事業進行效率評估時，DMU數量愈多，允許放入的投入項與產出項的項目也會隨之增加。一般採用的經驗法則為：DMU的數目至少應為投入要素與產出要素個數總和之兩倍(Golany & Roll, 1989)。簡單地說，若所評估的DMU數目過少將不適用於DEA評估方法。

欲評估鐵路事業的營運績效，當先瞭解各國之運輸環境，有關本研究受評 DMU 之位置、人口密度、鐵路密度、公路密度……等資料，整理如表 4.1。

受評比的 21 家鐵路事業所屬的國家中，國際鐵路聯盟(UIC)的資料中比利時、捷克、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞、摩爾多瓦、以色列、日本、南韓與台灣等 11 個國家為單一鐵路事業，其中日本雖分為 6 家客運鐵路公司與一家貨運鐵路公司，惟於國際鐵路聯盟(UIC)的資料卻是單一的 JR 鐵路事業。其他國家的鐵路事業不只一家，僅簡介如下：

奧地利(Austria)：全國共有 6123 公里 (3523 公里已電氣化)，標準軌有 5639 公里(3429 公里已電氣化)，窄軌有 484 公里。分別有 ÖBB、GKE 與 SLB 三家鐵路事業，由於 GKE 之營運里程僅 97 公里，SLB 之營運里程僅 35 公里，故挑選 ÖBB 為受評 DMU。

比利時(Belgium)：全國鐵路共有 5009 公里 (2446 公里已電氣化；2563 公里已雙軌化)全部為標準軌，由NMBS/SNCB比利時國家鐵路公司經營，可連結荷蘭、德國、盧森堡、法國。

丹麥(Denmark)：全國鐵路共有 2859 公里，其中 508 公里為民有民營，全為標準軌(600 公里已電氣化，760 公里已雙軌化)，鐵路可連結鄰近的瑞典、德國，分別有 DSB、Railion DK 與 BDK 三家鐵路事業，因無 Railion DK 與 BDK 兩家鐵路事業之客貨車輛數資料，故挑選 DSB 為受評 DMU。

法國(France)：共有 31939 公里，31840 公里為標準軌，可連接鄰近的比利時、德國、義大利、盧森堡、摩納哥、西班牙、瑞士與英國等國家之鐵路，另有 99 公里為 1000 公厘軌距的窄軌，分別有 SNCF 與 RFF 兩家鐵路事業，因無 RFF 客貨車輛資料，故挑選 SNCF 為受評 DMU。

表 4.1 各鐵路事業運輸環境資料表

DMU	地理位置	政治制度	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	鐵路密度 (km/km <sup>2</sup> )	電氣化 (%)	雙軌化 (%)	公路密度 (km/km <sup>2</sup> )	高速鐵路 長度(km)	汽車持有率 (輛/千人)	GNI(US\$ /每人)
奧地利(ÖBB)	中歐	聯邦共和國	97.6	0.0730	58.80	32.56	2.3838	-	545	26920
比利時(SNCB)	西歐中部	聯邦內閣制	335.5	0.1642	83.13	76.82	4.8858	71	527	25870
丹麥(DSB)	北歐	君主內閣制	125.6	0.0665	27.45	41.22	1.6613	-	424	33620
法國(SNCF)	西歐	民主共和	108.3	0.0579	49.56	55.12	1.6183	1541	596	25220
德國(DB AG)	歐洲中部	聯邦內閣制	231.4	0.1128	55.01	49.82	1.8379	908	578	25700
義大利(FS SpA)	義大利半島	內閣制	189.4	0.0642	68.69	39.45	2.1678	246	606	21630
荷蘭(NS N.V.)	歐洲西北	君主立憲	395.1	0.0686	73.40	67.11	3.0628	-	428	26650
葡萄牙(CP)	伊比利半島	共和國	113.0	0.0310	38.18	18.70	0.7471	-	463	11870
西班牙(RENFE)	伊比利半島	君主立憲	81.5	0.0315	58.54	30.31	0.6841	-	558	17450
瑞士(SBB)	中歐	民主立憲	178.0	0.1235	100.00	54.35	1.7331	-	553	41900
捷克(CD)	中歐	民主共和	129.1	0.1203	30.98	19.42	1.6164	-	391	7160
匈牙利(MÁV Rt.)	中歐	內閣制	108.6	0.0831	34.00	16.71	2.0268	-	313	6410
波蘭(PKP)	歐洲中部	民主共和	119.1	0.0729	60.48	43.79	1.1761	-	354	5270
羅馬尼亞(CFR)	東南歐	民主共和	90.4	0.0476	34.57	23.82	0.6417	-	168	2260
斯洛伐克 (ZSSK)	中歐偏東	民主共和	110.2	0.0747	42.55	27.86	0.3614	-	286	4970
斯洛文尼亞(SZ)	東南歐	議會民主制	100.0	0.0615	41.01	26.93	1.0078	-	490	11870
摩爾多瓦(CFM)	前蘇聯西南隅	共和國	126.5	0.0391	-	11.07	0.3618	-	78	570
以色列(IsR)	阿拉伯半島	議會民主制	319.0	0.0342	-	27.32	0.8208	-	284	16330
日本(JR)	東北亞	君主立憲	337.3	0.0489	52.69	45.85	3.0482	2050	581	33860
南韓(KNR)	東北亞	立憲共和	483.8	0.0317	21.62	32.23	0.8787	-	304	12060
台灣(TRA)	東亞	五權分立	627.8	0.0305	62.44	53.69	1.0373	-	271	11710

註：1、本資料為 2003 年資料。

2、資料來源：中華民國外交部、UIC、The World Bank 與 International Road Federation(IRF)等網站，本研究整理。

3、摩爾多瓦為蘇聯解體後之新國家，北、東、南三面臨烏克蘭、西邊則以普魯特(Prut)河與羅馬尼亞為界。

4、電氣化與雙(多)軌化為受評 DMU 之比例，不包括該國其他鐵路。

德國(Germany)：全國鐵路共有 40826 公里，包括 14253 公里已電氣化和 14768 公里已雙軌或多軌化，Deutsche Bahn (DB)是德國主要的鐵路公司，雖然其為私人公司，政府仍握有大部份的股份，故Deutsche Bahn仍為國有公司。德國的鐵路自 1994 年開始民營化，DB不再使用其自己的營業里程，另外DB AG系列有大約 280 家私有或地方的鐵路公司，為數有約接近 3000 至 4000 公里的鐵路供其經營使用。在長程與短程(或地方)列車的財政有重大的不同，任何鐵路公司均可經營長程列車，公司也無接受政府的補助金，因此，長程列車須自給自足；地方營列車無論如何均可接受德國官方(Länder) 的補助。此情形使得許多私營公司比官方的DB更願提供地方列車的經營服務。長程列車主要由DB經營且無政府補助金，可連接丹麥、波蘭、捷克、奧地利、瑞士、法國、盧森堡、荷蘭、比利時等鄰近國家。經營上分別有DB AG、AAE與GVG三家鐵路事業，因AAE僅有貨運資料，GVG僅有客運資料，故挑選DB AG為受評DMU。

義大利(Italy)：全國鐵路共有 19394 公里，其中 18071 公里為標準軌，Italian Railways (FS)公司經營 16014 公里(11322 公里已電氣化)，窄軌有 1323 公里(265 公里已電氣化)。FS SpA 是義大利最主要的客貨運運輸公司，鐵路可連結法瑞奧斯洛文尼亞、突尼西亞。經營上分別有 FS SpA、FNME/FNC 與 Railtrraction 三家鐵路事業，FNME/FNC 於 2002 年之營運里程僅 322 公里，貨車僅 20 輛；而 Railtrraction 自 2002 年始有營運資料，故挑選 FS SpA 為受評 DMU。

荷蘭(Netherlands)：荷蘭有廣大的鐵路網連結主要的都會和城市，列車非常頻密，在鄉村大部份路線每小時有兩班列車以上，在大都會間則有 8 至 10 班列車，為與德國、比利時銜接於 1864 年全部改為標準軌。共有 2809 公里，2061 公里已電氣化，單線 931 公里。ProRail負責國家鐵路網(不包括大眾捷運的地鐵和電車)基礎設備的維修、路線容量分配與運輸控制。路線由ProRail提供給NS N.V.、Railion NL與ProRail三家鐵路事業經營，因Railion NL無客車車輛數資料，ProRail無客貨車車輛數資料，故挑選NS N.V.為受評DMU。

葡萄牙(Portugal)：全國鐵路共有 2850 公里，寬軌 2576 公里(623 公里已電氣化 426 公里已雙軌化)，窄軌有 178 公里。鐵路可連結西班牙。

經營上有 CP 與 REFER 兩家鐵路事業，因無 REFER 之客貨車車輛資料，故挑選 CP 為受評 DMU。

西班牙(Spain)：全國鐵路共有 15463 公里(大部份由 RENFE 經營，窄軌路線由 FEVE 和其他業者經營。寬軌有 12781 公里(6358 公里已電氣化，2295 公里已雙軌化)，窄軌有 1250 公里(438 公里已電氣化)。計劃興建更多標準軌路線，尤其是連接鄰近國家的路線，其鐵路可通往法國、葡萄牙。營運上有 RENFE、Euskotren、FEVE 與 FGC 四家鐵路事業，因 Euskotren 之營運里程僅 180 公里，貨車僅 14 輛；FEVE 雖有 1194 公里的營運里程，惟僅有 236 輛客車及 88 輛電車組，FGC 之營運里程僅 184 公里，故挑選 RENFE 為受評 DMU。

瑞士(Switzerland)：全國鐵路共有 5063 公里，標準軌有 3652 公里(3641 公里已電氣化)，窄軌有 1383 公里 (1353 公里已電氣化)。營運上有 BLS、SBB 與 CISALPINO 三家鐵路事業，因 BLS 之營運里程僅 241 公里，CISALPINO 僅 90 輛客車且無貨車資料，故挑選 SBB 為受評 DMU。

捷克(Czech Republic)：全國鐵路共有 9435 公里，標準軌 9341 公里(2946 公里已電氣化，1868 公里雙軌化)，窄軌有 94 公里。Czech Railways 是捷克的主要鐵路公司。

匈牙利(Hungary)：全國鐵路共有 7606 公里，寬軌有 36 公里，標準軌 7394 公里(2270 公里已電氣化，1236 公里已雙軌化)，窄軌有 176 公里。在布達佩斯有三條路線在此地交會，分別為 Eastern、Western 與 Southern，以 Southern 線最現代化，但 Eastern 和 Western 較具藝術與建築特色。營運上有 GYSEV/RÖEE 與 MÁV Rt.兩家鐵路事業，因 GYSEV/RÖEE 之營運里程僅有 220 公里，57 輛客車，故挑選 MÁV Rt. 為受評 DMU。

波蘭(Poland)：波蘭有廣大的鐵路網路，大多數都會區主要的鐵路車站均位於市中心，並有完好的連結運輸系統，基礎設施由 PKP PLK 經營，PKP 是國營集團的一部，鐵路共有 23420 公里，標準軌 21639 公里(11626 公里已電氣化，8978 公里已雙軌化)，寬軌有 646 公里，窄軌有 1135 公里，於 2002 年 12 月窄軌不再由 PKP 擁有或經營，經營權交由地方政府。

羅馬尼亞(Romania)：國家鐵路經營者是 Căile Ferate Române，全國鐵路共有 11385 公里(3888 公里已電氣化)，標準軌有 10898 公里，窄軌有 487 公里，鐵路可連結烏克蘭、摩爾多瓦、匈牙利、塞爾維亞、保加利亞等鄰近國家。

斯洛伐克(Slovakia)：共有 3660 公里，寬軌 102 公里，標準軌 3507 公里(1505 公里已電氣化，1011 公里已雙軌化)，窄軌 51 公里。

斯洛文尼亞(Slovenian)：全國鐵路共有 1229 公里，標準軌 1229 公里(503.5 公里已電氣化)，由 Slovenian Railways 經營，鐵路可連結義大利、克羅埃西亞、匈牙利、奧地利等鄰近國家。

摩爾多瓦(Moldova)：全國鐵路共有 1328 公里，為 1520m 的寬軌，可連接俄羅斯、羅馬尼亞與烏克蘭。

以色列(Israel)：全國鐵路共有 719 公里(132 公里雙軌化)，都是標準軌惟該國鐵路並無電氣化。

日本(Japan)：鐵路是日本最主要的城際運輸工具，尤其是主要大都會區間的大眾與高速運輸，也是民眾定期往來都會區的主要交通運具。國營鐵路至 1987 年始分為七家公司，日本的列車準點率聞名遐邇。全國鐵路有 23670.7 公里，由於日本是島國所以並無連結其他國家的路線，但有計劃經由海底隧道連接俄羅斯的庫頁島。

南韓(South Korea)：鐵路是南韓最主要的城際長程旅遊運具，全國共有鐵路 3140 公里(679 公里已電氣化，1012 公里已雙軌化)，KNR 是該國鐵路客運經營的獨占者，韓國高速鐵路採取法國 TGV 技術系統，自 2004 年四月開始營運。最高時速為每小時 300 公里。

#### 4.2 投入與產出項目初選

在確認DMU後，第二步即為要素(factor)之選擇。初步選擇投入與產出、投入與消費及產出與消費要素時，考慮的範圍愈廣愈好。惟運用DEA實際評估衡量時，不能考慮太多投入、產出及消費項目，否則基於伯瑞圖最適(Pareto optimality)準則的觀念，各DMU之效率值將均為1，而背離衡量效率的本意，所以一般認為需將類似項目予以合併或採因子分析處理。至於確切的項目數量限制，則需考慮到DEA的幾何維數為DMU的投入項數與產出項數之和，當投入項與產

出項增多時，DMU的個數亦須相對增加，方能應用包絡線原理尋找最有效率的DMU。有關鐵路事業績效評估之文獻，在投入方面，Coelli et al.[1999]在評估歐洲17家鐵路公司時，採用營運路線長度(length of lines)、車輛數(number of locomotives and cars)、員工人數(number of employees)等資料為投入，相關文獻亦有採用其他投入(如燃油消耗量)者，亦有認為可採機車數者，惟近年發展柴聯車、電聯車和推拉式電車組後，在資源投入時某些動力車不僅擔任牽引的功能且兼具載運旅客之功能，所以在評比時殊難劃分為機車或客車車廂而不予採用。在產出方面，過去與運輸業相關之研究，有採用延人公里、延噸公里者，本研究認為延人公里及延噸公里皆為消費者對鐵路產出(座位或貨車)的使用，而非鐵路事業業者本身的產出，且該項資料易受鐵路事業營運範圍內的人口密度、國民所得、大眾運輸網絡、小汽車持有率等因素影響。林村基(2003)認為欲分析鐵路運輸生產力效率，按受評比DMU樣本中各鐵路公司之消費性資料難免存有若干差異，在進行DEA分析時，如採用延人公里為產出，難免有資料的同質性(homogeneity)問題，採用生產面的列車公里(Train-km)，較能避免資料的非同質性。Klein[1953]，Gathon與Pestieau[1995]之研究亦是採用列車公里為產出。

績效評估(performance evaluation)之主要目的為積極診斷經營之績效，以提供管理者有效資訊，協助其進行決策；管理學中績效的定義分為效果(effectiveness)與效率(efficiency)，效果在衡量目標的達成情形，通常是產出與服務量愈大，其表現愈理想，並不在乎必須投入多少人力、財力與物力。相對於效果，效率則一方面探討產出的數量，一方面也衡量投入的使用量，希望以最少的投入獲得等量的產出，或以等量的投入獲得最大量的產出。在交通運輸範疇中Fielding於1978年提出一個兼顧生產效率(Productive Efficiency)、服務效果(Service Effectiveness)及生產效果(Productive Effectiveness)之績效評估架構，獲得學者們普遍採用與認同。依據Fielding的績效評估觀念，營運績效包含營運業者的生產效率，亦涵蓋了業者與消費者之間的服務效果與生產效果，因此對於運輸產業之績效評估，需針對此三方面加以衡量，才能完整的呈現出整體實際績效。以下將就生產效率、生產效果及服

務效果三種評估方式簡單說明：

### 1.生產效率

生產效率係探討產生運輸服務的資源利用程度，以評估業者經濟效率、技術效率及內部管理效率。生產效率之指標，為服務產出數量與服務投入數量之比率，其大多為營運者所能控制之因素。

### 2.生產效果

生產效果則是分析運輸服務消費量與資源投入量之間的關係，為服務消費數量與服務投入數量之比率，而其亦可由生產效率性指標與服務效果性指標相乘而得。

### 3.服務效果

服務效果是探究消費者對運輸服務產出的使用程度，係衡量業者提供服務之利用情形。衡量指標是服務消費資料與服務產出資料之比率，為經營決策者所不能控制之因素。

由以DEA評估鐵路運輸營運績效之相關研究中，得知在各文獻中均以不同投入、產出或消費項目衡量鐵路運輸之產出及利用效率，因投入、產出與消費變數的不同將產生不同之結果，所以在投入、產出與消費變數的篩選應非常謹慎，若挑選的變數與鐵路運輸營運差異過大，將使評估結果可信度降低，對於建議之改善方案也將遭受質疑；以下針對過去相關研究之投入、產出與消費要素分別定義如下：

投入項目部份：

- 1.營業里程(Operating Kilometers)：在某一特定時間及區間，經登記核准之營業計費路線長度，以公里為單位。
- 2.列車次數(Number of Trains Operated)：鐵路運輸在某一特定期間及區間內，所有行駛列車班次之總和，其中列車種類包括旅客列車、貨物列車、混合列車等。
- 3.客車車輛數(Number of Passenger Cars)：客車車廂為承載旅客的載體，旅客必須藉著車廂才能由甲地旅行至乙地。
- 4.貨車車輛數(Number of Freight Cars)：貨車車輛為承載貨物的載體，



貨物須裝載於貨車才能由甲地輸送至乙地，也才能發生經濟效益。

5.員工人數(Number of Employees)：鐵路運輸業全體之員工數。

6.油電費(Oil & Power Cost)：為鐵路機車執勤時所消耗之油電費用。

7.固定資產(Fixed Assets)：為鐵路運輸業固定擁有之資產。

產出項目部份：

1.旅客列車公里(Passenger Train Kilometers)：鐵路運輸在某一特定期間及區間內，所有旅客列車行駛里程之總和，以公里為單位。旅客列車公里係指各次旅客列車自始發站至終點站間行駛里程之總和。

2.貨物列車公里(Freight Train Kilometers)：鐵路運輸在某一特定期間及區間內，所有貨物列車行駛里程之總和，以公里為單位。貨物列車公里係指各次貨物列車自始發站至終點站間行駛里程之總和。

3.列車公里(Train Kilometers)：鐵路運輸在某一特定期間及區間內，所有班次列車行駛里程之總和，以公里為單位。

4.車輛公里(Car Kilometers)：鐵路列車連掛客車或貨車等車輛數與其行駛公里之乘積。

5.列車準點率(Train Punctuality)：列車到達終點站延誤 5 分鐘以內者，謂之列車準點，各級列車準點列車次數占該級列車總列車次數之百分比，謂之列車準點率。

6.延日車數(Day-cars)：係指統計期間內可供使用車輛數乘該期間內各車輛使用日數之積。

7.客座公里(Seat Kilometers)：鐵路旅客列車連掛之客車車輛數乘其客車座位數乘行駛里程之積。

8.車輛使用效率(Used Utility of Car)：指統計期間內車輛使用輛數占運用輛數之百分比。

9.車輛噸公里(Car Ton-Kilometers)：係指機車及車輛換算噸數乘實際運轉行駛里程所得之積。

消費服務項目部份：

1.客運人數(Passengers Carried)：在某一特定期間及區間內，鐵路實際運送旅客總人數。

- 2.客運收入(Passenger Revenues)：在某一特定期間及區間內，鐵路旅客列車運送旅客、行李、包裹及其他雜項所得之進款總和。
- 3.客票收入(Ticket Revenues)：在某一特定期間及區間內，鐵路旅客列車運送旅客所得進款之總和。
- 4.延人公里(Passenger-Kilometers)：在某一特定期間內，鐵路旅客列車運送旅客之運程總和。即旅客人數與其運程乘積之和。
- 5.客座利用率 Percentage of Seat Utilization 鐵路客運運輸在某一特定期間及區間內，延人公里占客座公里之百分比。
- 6.貨運量(Freight Traffic Volume)：在某一特定期間及區間內，鐵路貨運列車運送貨物之數量，通常以噸數或延噸公里表示之。
- 7.貨運噸數(Freight Tonnage)：在某一特定期間及區間內，鐵路貨運列車實際運送貨物之總重量，以公噸為單位。
- 8.延噸公里(Ton-Kilometers)：在某一特定期間內，鐵路貨運列車所運送貨物之重量與其運程乘積之和。
- 9.貨運收入(Freight Revenues)：在某一特定期間及區間內，鐵路貨運列車運送貨物所得及雜項收入之進款總和。
- 10.每公噸貨物平均運程(Average Kms. Per Ton)：係指鐵路運輸於某一特定期間內，其所運送之貨物平均每公噸之運送距離，以公里為單位。
- 11.每貨運列車公里平均收入(Average Revenue Per Freight Train-Km.)：係指鐵路貨運運輸於某一特定期間內，平均每貨運列車行駛一公里所獲得之貨運收入，此可間接瞭解鐵路貨運營運之成本與收益狀況。
- 12.每貨運列車平均載貨噸數(Average Tonnage Per Freight Train)：係指鐵路貨運路線於某一特定期間內，平均每列貨車之載貨噸數，可用以瞭解此貨運路線之列車承載情形。

由文獻回顧得知，先前研究多只針對投入與產出要素進行績效評估，而忽略 Fielding 提出運輸業績評估較為特殊的「服務」構面，亦即僅評估生產效率而未評估生產效果與服務效果；因此，本研究希望以 Fielding 提出的績效評估三構面來進行衡量，首先針對過去文獻用來評估之投入與產出重新挑選要素，並與鐵路運輸之專家學者進行深入

訪談，以確切了解各要素之間的相關性，及各要素對營運績效之影響，期能正確挑選投入、產出與服務之變數，以進行鐵路營運之績效評估。茲將過去對鐵路營運績效研究之變數項目，詳列如表 4-1，並分為投入、產出與服務變數及說明是否挑選為本研究之變數。

表 4.2 變數項目選取分析表

變數項目	挑入			不挑入	說 明
	投入	產出	服務		
營業里程	✓				各鐵路運輸業之主要用以營運之路線里程。
列車次數				✓	城鄉差距不一，故列車次數不等。
客車車輛數	✓				為鐵路運輸載運旅客之主要運具。
貨車車輛數	✓				為鐵路運輸載運貨物之主要運具。
員工人數	✓				為各鐵路運輸業之重要投入。
油電費				✓	有些國家為石油生產國，不用電力，難以評估。
固定資產				✓	資產因有折舊攤之因素故不適合作為評估項目。
旅客列車公里		✓			為各業者提供旅客實際運輸里程數，表鐵路運輸之產出，故挑選為產出變數。
貨物列車公里		✓			為各業者提供貨物實際運輸里程數，表鐵路運輸之產出，故挑選為產出變數。
列車公里				✓	與旅客列車公里及貨物列車公里重複，故不再選入。
車輛公里				✓	範圍包括投入與產出，故

					無法作為評估項目。
列車準點率				✓	本研究不評估準點率績效
客座公里				✓	UIC 無此項統計。
車輛使用效率				✓	本研究不評估車輛使用效率之績效。
車輛噸公里				✓	表示包含空車及重車，無法做為評估項目。
客運人數				✓	無法確實表示旅客利用鐵路之情形。
客運收入				✓	因客運收入除包含各種客運之收入，亦包含旅客違約之罰款，故不挑選之。
客票收入				✓	各國票價費率結構不一，無法做為評估項目。
延人公里			✓		載客人數乘以實際運輸里程數，表鐵路業者實際提供旅客之運輸里程，故挑選為服務項目。
客座利用率				✓	本研究不研究客座利用率之績效。
每貨運列車公里平均收入				✓	本研究不研究每貨運列車公里平均收入之績效。
貨運量				✓	未能充分表示貨物運輸之績效
貨運噸數				✓	同上。
延噸公里			✓		載運噸數乘以實際運輸里程數，表鐵路業者實際提供貨物之運輸里程，故挑選為服務項目。
貨運收入				✓	貨運收入除運輸收入，尚包含滯留費及囤存費等。

本研究以 Fielding 績效為分析架構，並分析示意圖 4.1 如下：

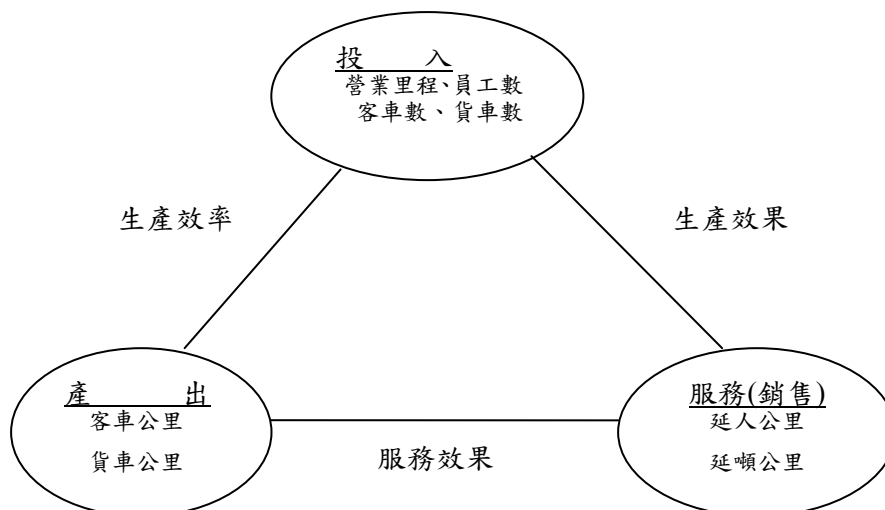


圖 4.1 變數項目挑選後之 Fielding 績效架構圖

在應用 DEA 進行效率衡量時，必須注意資料的同質性問題已如前述，此一限制甚為嚴格，事實上在現實環境中我們實在很難找到經營環境完全一致的 DMU 來做績效評估，尤其在評估國際性的特定事業績效，其各國之經營環境原本就有其差異性。以火車站為例，不同的火車站因其有不同的地理區位，導致區位差者載客(貨)量少，尚難歸咎於經營無效率。欲克服經營環境一致性的問題，可在分析時加入環境變數，其處理方式，有採一階段直接將環境納入分析模式者，認為環境變數會影響生產技術；也有採二階段分析者，先評估 DMU 之效率，再找出影響效率之環境變數[Coelli *et al.*,1998.,1999]。

本研究採樣範圍樣本間不但存在地區性的差異，且各事業間亦大不相同，以營運路線為例，有長達三萬六千多公里者，亦有短於五百公里者。為進一步探討影響技術效率之環境變數，除各鐵路事業之投入、產出與消費基本資料外，本研究亦蒐集各鐵路事業營運路線雙軌化之比例、各事業所屬國家之平均國民所得、經濟成長率與汽車持有率等經營環境變數。根據先驗知識與相關文獻(Gathon & Pereman,

1992., Oum & Yu, 1994)，這些環境變數均可能對技術效率有不同程度大小的影響，對於環境變數之影響，本研究採二階段之方式處理，先評估DMU之效率，再找出影響效率之環境變數。

### 4.3 變數挑選

由於DEA資料包絡分析法是透過實際的資料進行效率分析，因此對於全部的投入、產出與服務項目資料的關係，必須符合同向關係。簡單地說投入與產出項目間的生產效率關係、產出與服務項目間的服務效果關係及投入與服務項目間的生產效果關係必須要有正相關，如果有負相關存在，則必須剔除該項目，透過這樣的篩選，才可進一步套用DEA模式分析。本研究將投入、產出與服務以統計套裝軟體SPSS10.0進行統計分析與相關分析，探討各變數間之相關性，同時對評估之DMU總數作確認；雖然資料包絡分析法無須預設生產函數之型態，但其所挑選之投入、產出與服務項目須能說明各項因子對於績效之影響及相關性。

表4.3 投入、產出與服務變數之統計分析

變 數	最大值	最小值	平均值	標準差
營業里程(公里)	36588	483	9262.88	9876.76
客車車輛數(輛)	30265	193	6864.01	7539.00
貨車車輛數(輛)	131377	640	27922.45	33370.78
員工數(人)	249300	1200	63150	61520
旅客列車公里(百萬公里)	739800	2592	155661.43	199436.84
貨物列車公里(百萬公里)	225500	1095	41012.73	49584.18
延人公里(百萬公里)	241160	315	27965.98	52110.00
延噸公里(百萬公里)	76815	790	16275.08	18873.64

由表4-4的相關係數分析中，可看出投入、產出與服務的相關係數值，投入項：營業里程、客車數、貨車數、員工數與產出項：客車公里的相關係數分別為0.851，0.969，0.494，0.810，而與另一產出項：貨車公里的相關係數分別為0.958，0.858，0.746，0.877，投入項：營業里程、客車數、貨車數、員工數與服務項：延人公里的相關係數分

表4.4 投入、產出與服務項目之相關係數

	營業里程	客車數	貨車數	員工數	客車公里	貨車公里	延人公里	延噸公里	
營業里程	Person相關	1.000	.907	.777	.944	.851	.958	.572	.944
	顯著性(雙尾)	-	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	個數	21	21	21	21	21	21	21	21
客車數	Person相關	.907	1.000	.588	.912	.969	.858	.838	.802
	顯著性(雙尾)	.000	-	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	個數	21	21	21	21	21	21	21	21
貨車數	Person相關	.777	.588	1.000	.775	.494	.746	.133	.843
	顯著性(雙尾)	.000	.000	-	.000	.000	.000	.566	.000
	個數	21	21	21	21	21	21	21	21
員工數	Person相關	.944	.912	.775	1.000	.810	.877	.623	.898
	顯著性(雙尾)	.000	.000	.000	-	.000	.000	.000	.000
	個數	21	21	21	21	21	21	21	21
客車公里	Person相關	.851	.969	.494	.810	1.000	.837	.860	.749
	顯著性(雙尾)	.000	.000	.023	.000	-	.000	.000	.000
	個數	21	21	21	21	21	21	21	21
貨車公里	Person相關	.958	.858	.746	.877	.837	1.000	.501	.971
	顯著性(雙尾)	.000	.000	.000	.000	.000	-	.000	.000
	個數	21	21	21	21	21	21	21	21
延人公里	Person相關	.572	.838	.133	.623	.860	.501	1.000	.396
	顯著性(雙尾)	.007	.000	.566	.000	.000	.000	-	.000
	個數	21	21	21	21	21	21	21	21
延噸公里	Person相關	.944	.802	.843	.898	.749	.971	.396	1.000
	顯著性(雙尾)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	-
	個數	21	21	21	21	21	21	21	21

附註：在顯著水準為0.01時(雙尾)，相關顯著。

別為0.572，0.838，0.133，0.623，而與另一服務項：延噸公里的相關係數分別為0.944，0.802，0.843，0.898，產出項：客車公里、貨車公里與服務項：延人公里的相關係數分別為0.860，0.501，而與另一服務項：延噸公里的相關係數分別為0.497，0.971，符合了DEA方法的使用規定。

#### 4.4 選擇投入導向或產出導向

在多數情況下，當投入項為DMU所能控制時，則選擇使用投入導向(input-oriented)模式，也就是將產出固定，而去求算無效率的DMU在投入項可以減少的程度；然而，產出項若是DMU能控制時，則可選用產出導向(output-oriented)模式，即將投入值固定，而求算產出可以增加的程度。本研究所選用的三個績效評估構面；生產效率與生產效果構面之投入及服務效果構面之提供運輸產出為DMU所能控制，故採用投入導向(input-oriented)模式進行分析。

#### 4.5 DEA評估模式之選取

資料包絡分析法之效率衡量是針對相對效率，而不是絕對效率，故本研究將以二種時間組合來評估各鐵路事業之營運績效，分別為：

1. 本研先對2000年至2003年之資料做各年度之平均整體效率分析、純粹技術效率與規模效率分析。假設投入為 $X$ ，產出為 $Y$ ，則純粹技術效率為各鐵路事業每年度之各項投入與產出要素是否達最大貢獻之產出極大化( $Max Y$ )或是投入極小化( $Min X$ )，其值越高表示該鐵路事業各投入項目與產出項目間越具效率。規模效率則表示各鐵路事業於每年度之投入產出比例( $Y/X$ )是否適當，亦為是否已達最大生產力的程度，以其值越高表示其規模大小越合適，而越接近最適規模，其生產力也就越大。整體效率為技術效率與規模效率之乘積，表示各年度之整體營運績效，其值越大表示該鐵路事業於各年度之經營越有效率。
2. 運用Malmquist指數的概念，評估2000年~2003年間各鐵路事業效率前緣的跨期移動，透過Malmquist生產力指數分析觀察各鐵路事業的



在不同時間的效率值變化。

本研究主要採用資料包絡分析法中的CCR模式與BCC模式作為效率評估的主要分析方式，探討各國鐵路事業營運績效，並使用DEA-Solver軟體進行相關效率值分析。由於在CCR模式的假定下，其整體效率不佳時，原因可能不止只有技術無效率所影響，有時也會因為規模經濟的無效率所造成，因此輔以BCC模式來探究其規模不經濟的原因，探求其規模效率。

DEA的基本模型可分為兩種，一為CCR模式，其假設為固定規模報酬下，所求出的效率前緣，而BCC模式則是假定生產技術滿足凸性的可變動規模報酬，因此兩者所計算出的效率值不同，其代表意涵亦不同。由於整體技術效率值為純粹技術效率值與規模效率值之乘積，CCR模式所求出的效率值為整體技術效率值，而BCC模式所求的為純粹技術效率值，將兩效率值相除，即得規模效率值，也就是說整體效率值(CCR效率值)可細分為純技術效率(BCC效率值)與規模效率(CCR效率值/BCC效率值)。本研究的分析過程以圖4.2敘述如下：

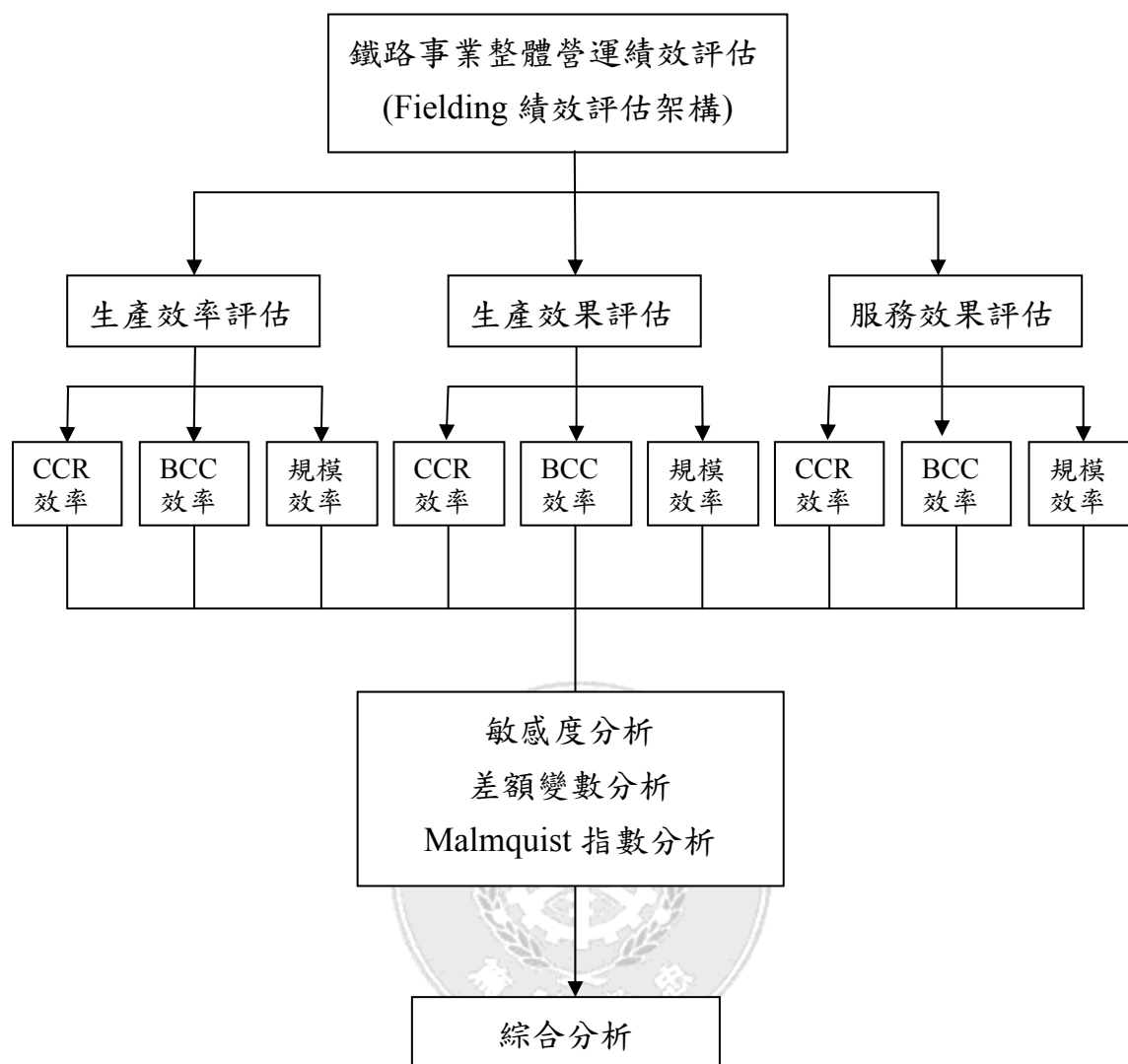


圖4.2研究分析架構圖

## 第五章 實證評估分析

以往運輸研究多以地區性做為評比對象，例如亞太地區、某國之運輸事業或某家公司，但因受限於資料蒐集與鐵路評比要素分析之困難，鮮少針對世界鐵路事業進行營運績效評估；是以本研究期以各國鐵路為單元進行評估，以實際了解世界各國鐵路在生產效率、生產效果與服務效果的經營是否具有效率，本研究從UIC的會員國中蒐集2000年至2003年的營運資料，再從與台灣環境(考慮鐵路密度與人口密度)較為接近的鐵路事業中挑得21家鐵路事業，運用資料包絡分析法進行分析。

本章將針對21家鐵路事業2000年至2003年進行四個年度的平均經營績效評估，並以Fielding之績效評估架構為基礎，分為生產效率、生產效果與服務效果三構面，同時對此三構面的整體技術效率、純粹技術效率與規模效率等三種效率分別加以評估。

### 5.1 整體效率、純粹技術效率與規模效率分析

資料包絡分析法之效率衡量是針對相對效率，而不是絕對效率，故本研究之DMU其效率程度會隨著時間而變動。本研究首先對各鐵路事業每年之整體技術效率(整體效率)、純粹技術效率(技術效率)與規模效率進行分析。假設投入為 $X$ ，產出為 $Y$ ，則純粹技術效率為各鐵路事業每年之各項投入與產出要素是否達最大貢獻之產出極大化( $Max Y$ )或是投入極小化( $Min X$ )。其值越高表示各鐵路事業之投入項目與產出間越具效率；規模效率表示各鐵路事業每年之投入產出比例( $Y/X$ )是否適當，亦為是否達最大生產力的程度，以其值越高表示規模大小越合適，而越接近最適規模，生產力也就越大；整體效率為技術效率與規模效率之乘積，表每年之整體營運績效，其值越大表示該鐵路之經營越有效率。

#### 1. 生產效率

由表5.1得知在生產效率構面，2000年至2003年均達整體技術效率者( $CCR=1$ )有奧地利、丹麥、法國、葡萄牙、西班牙、瑞士、日本與台

灣等8個鐵路事業，其餘為相對無效率；分析無效率之原因，德國、斯洛文尼亞與以色列為規模無效率所造成，比利時、義大利、荷蘭、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克、摩爾多瓦與南韓等鐵路事業整體無效率之因素為純粹技術無效率與規模無效率共同造成，亦即上述鐵路事業之營業里程、客車數、貨車數與員工數等投入要素使用並無效率，致使其客車公里與貨車公里皆未達該投入要素組合之最大產量。台鐵在2000年至2003年整體技術效率(CCR)與純粹技術效率(BCC)皆為1，表示台鐵在生產效率架構沒有因為技術因素或規模因素導致無效率的評估，其規模效率恰為最適生產規模；其他整體技術效率(CCR)與純粹技術效率(BCC)皆為1之鐵路事業亦然。鐵路運輸，以客車運輸者稱為客運，以貨車運輸者稱為貨運，大致而言，鐵路之客、貨車公里為提供客商需求，經營者多能掌握而對投入做較有效率的產出效率。

表5.1鐵路事業生產效率2000~2003年各項平均效率值

序號	鐵路事業	整體效率	技術效率	規模效率
1	奧地利(ÖBB)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
2	比利時(SNCB)	0.64525	0.64926	0.99389
3	丹麥(DSB)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
4	法國(SNCF)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
5	德國(DB AG)	0.99898	1.00000	0.99898
6	義大利(FS SpA)	0.67695	0.69906	0.96477
7	荷蘭(NS N.V.)	0.99475	0.99514	0.99961
8	葡萄牙(CP)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
9	西班牙(RENFE)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
10	瑞士(SBB)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
11	捷克(CD)	0.58495	0.58924	0.99266
12	匈牙利(MÁV Rt.)	0.69819	0.70639	0.98702
13	波蘭(PKP)	0.60789	0.71460	0.86204
14	羅馬尼亞(CFR)	0.38799	0.39132	0.99141
15	斯洛伐克 (ZSSK)	0.60970	0.64758	0.94011
16	斯洛文尼亞(SZ)	0.97554	1.00000	0.97554
17	摩爾多瓦(CFM)	0.21211	0.65225	0.34099
18	以色列(IsR)	0.99022	1.00000	0.99022
19	日本(JR)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
20	南韓(KNR)	0.96202	0.96400	0.99769
21	台灣(TRA)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000

註：「\*」表示相對效率為「1」。

## 2. 生產效果

表5.2顯示奧地利、以色列、日本與南韓等鐵路事業達整體技術效率，其他鐵路事業為相對無效率，探究無效率之因素，除法國、德國與波蘭係由規模無效率所造成，其他鐵路事業為技術無效率與規模無效率共同造成。在生產效果評估以營業里程、客車數、貨車數與員工數為投入項目，產出項目有延人公里與延噸公里；規模無效率之鐵路事業，可能是規模過大或過小所產生，形成規模過大投入浪費或規模過小產出不足的情況。鐵路運輸在鐵路經營為提供客商便捷的班次選擇，鐵路事業莫不以提供最多客貨列車班次來服務客商，而旅客列車之載客明顯具尖離峰之差異，故鐵路事業若於離峰時段提供過多旅客列車，對於鐵路事業並無實質助益。鐵路事業可於離峰時段以較少車廂編組列車，於尖峰時段以加掛車廂方式編組之。

表5.2 鐵路事業生產效果2000~2003年各項平均效率值

序號	鐵路事業	整體效率	技術效率	規模效率
1	奧地利(ÖBB)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
2	比利時(SNCB)	0.66528	0.69018	0.96334
3	丹麥(DSB)	0.59495	0.62190	0.95644
4	法國(SNCF)	0.87754	1.00000	0.87754
5	德國(DB AG)	0.87873	1.00000	0.87873
6	義大利(FS SpA)	0.61228	0.67554	0.90067
7	荷蘭(NS N.V.)	0.88738	0.89947	0.98484
8	葡萄牙(CP)	0.64972	0.77921	0.83901
9	西班牙(RENFE)	0.75419	0.95905	0.78358
10	瑞士(SBB)	0.98291	0.98753	0.99520
11	捷克(CD)	0.59142	0.59803	0.98913
12	匈牙利(MÁV Rt.)	0.47060	0.50078	0.93797
13	波蘭(PKP)	0.93259	1.00000	0.93260
14	羅馬尼亞(CFR)	0.52546	0.54061	0.97301
15	斯洛伐克 (ZSSK)	0.94462	0.95587	0.98773
16	斯洛文尼亞(SZ)	0.93726	0.97094	0.96535
17	摩爾多瓦(CFM)	0.75782	0.92119	0.81740
18	以色列(IsR)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
19	日本(JR)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
20	南韓(KNR)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
21	台灣(TRA)	0.73138	0.98749	0.73941
平均		0.79972	0.86132	0.92962

註：「\*」表示相對效率為「1」。

生產效果無效率原因為技術無效率的鐵路事業有14個，此表示在經營上並無有效使用投入要素，致使延人公里與延噸公里皆未達投入要素之最大產量。如何使投入成本降低，提高承載率與承載距離，皆是鐵路事業要努力的方向；鐵路運輸原則上為去回運送，旅客之行動範圍，均以自己生活根據地，即居住地為中心乃一般常態，故離開居住地從事旅行之旅客，大多數仍須返回原住地，故旅客運送形態原則上為去回運送，上下行列車運輸人數大致相同。惟貨物運送，多由生產地運至消費地，或由生產地運至加工地之單程運輸，其輸送形態與客運完全不同。因此如何對客貨列車做最有效的排點以符合客商需求，並符合鐵路經營者的車廂運用，便成為鐵路事業的最難。

### 3.服務效果

服務效果分析以客車公里與貨車公里為投入項目，產出項目為延人公里與延噸公里；由表5.3可知，摩爾多瓦、日本與南韓於2000年至2003年皆達整體效率。其餘鐵路事業則為相對無效率，無效率的因素除德國與波蘭純為規模無效率外，純粹技術無效率與規模無效率都是造成其他鐵路無效率的因素，以純粹技術無效率的影響程度較技術無效率為大。在規模無效率的鐵路事業(德國、波蘭)，須評估調整所提供的客貨列車班次，以符合客商的需求，若是一味增加班次，只為提供即時性與方便性的服務，而忽略市場實際需求，將形成市場供給過多而導致供需失衡，不但造成鐵路經營者在運輸市場中削價競爭的弱勢，亦使鐵路事業投入成本浪費與降低營收。各國鐵路皆有旅遊旺季與淡季的情形，每日開行的列車中亦有尖峰與離峰時段，鐵路業者大都會在旅遊旺季或每日的尖峰時段，增加班次或加掛車廂提供更多座位數以提供服務，若無考量旅客所增加的數量，以致載客率只是微幅增加，這將造成鐵路事業投入規模過大，但產出並無增加的情況。在列車的調度上，往往有為配合節日或例假所造成的波動性，例如台鐵在連續假日前或每週五午後即形成北部旅客南下返鄉或度假的人潮，到了收假日或週日午後則又形成南部旅客返回北部的人潮；在上班時段為鄉村往都市匯集，下班時段則又形成都市往近郊的波動性。另外在貨運方面，因為貨物屬於單向運輸，比較容易造成回程空車迴送的現象，例如台鐵的煤炭運輸，皆是由

龍井運往林口或深澳電廠，返程均為空車迴送，在服務效果的評估上較易形成延人公里或延噸公里遠落後於客貨列車公里的現象，如何在波動性適當的調度，以及在營運上如何有效利用回程運輸，皆是鐵路經營者極需克服的問題。

表5.3 鐵路事業服務效果2000~2003年各項平均效率值

序號	鐵路事業	整體效率	技術效率	規模效率
1	奧地利(ÖBB)	0.40175	0.66635	0.60675
2	比利時(SNCB)	0.42171	0.67137	0.62696
3	丹麥(DSB)	0.50255	0.56026	0.90019
4	法國(SNCF)	0.57532	0.98032	0.58735
5	德國(DB AG)	0.37232	1.00000	0.37232
6	義大利(FS SpA)	0.55293	0.70469	0.78663
7	荷蘭(NS N.V.)	0.79496	0.84658	0.94039
8	葡萄牙(CP)	0.38413	0.40106	0.95884
9	西班牙(RENFE)	0.44475	0.56031	0.79498
10	瑞士(SBB)	0.42824	0.55661	0.76829
11	捷克(CD)	0.36739	0.68244	0.53856
12	匈牙利(MÁV Rt.)	0.41239	0.64558	0.63946
13	波蘭(PKP)	0.55874	1.00000	0.55874
14	羅馬尼亞(CFR)	0.57262	0.86190	0.66136
15	斯洛伐克 (ZSSK)	0.49153	0.90085	0.54558
16	斯洛文尼亞(SZ)	0.36424	0.41373	0.89393
17	摩爾多瓦(CFM)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
18	以色列(IsR)	0.71507	0.99271	0.72122
19	日本(JR)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
20	南韓(KNR)	* 1.00000	* 1.00000	* 1.00000
21	台灣(TRA)	0.49757	0.68811	0.72460
平均		0.56468	0.76823	0.74410

註：「\*」表示相對效率為「1」。

技術無效率的鐵路事業有奧地利等16個鐵路事業，亦即這些鐵路事業客車公里與貨車公里等投入要素之使用並無效率，致使其延人公里與延噸公里都未達該投入要素組合之最大產量；表示這些鐵路所提供之客車與貨車並未有效運用，致使其未達整體效率，故技術無效率的鐵路事業皆應繼續加強投入要素使用效率，努力行銷以吸引更多客商來利用鐵路運輸。

## 5.2 效率參考組合

### 1. 生產效率

表5.4為鐵路事業各年度生產效率參考組合，比利時大致以丹麥、德國、瑞士與台灣為效率參考組合。德國僅2001年未達相對效率，該年則以丹麥、葡萄牙、西班牙、瑞士為效率參考組合。義大利以丹麥、瑞士、德國為效率主要參考組合。荷蘭僅2001年未達相對效率，該年以丹麥、日本、台灣為效率參考組合。捷克以奧地利、瑞士、德國為效率主要參考組合。匈牙利2000年以丹麥、德國，2001年以瑞士，2002年以德國，2003年以荷蘭、西班牙為效率主要參考組合。波蘭以奧地利、德國與瑞士為主要效率參考組合。羅馬尼亞以奧地利、德國與瑞士為主要效率參考組合。斯洛伐克以奧地利、德國與瑞士為主要效率參考組合。斯洛文尼亞僅2003年達相對效率，其他三年以奧地利與德國為效率參考組合。摩爾多瓦以奧地利為主要效率參考組合。以色列在2002年與2003年未達相對效率，以西班牙、日本與南韓為效率參考組合。南韓2001

表5.4 鐵路事業生產效率參考組合

序號	鐵路事業	2000	2001	2002	2003
1	奧地利(ÖBB)				
2	比利時(SNCB)	丹、德、瑞、台	丹、瑞、台	德、瑞、台	奧、德、台
3	丹麥(DSB)				
4	法國(SNCF)				
5	德國(DB AG)		丹、葡、西、瑞		
6	義大利(FS SpA)	丹、葡、瑞	丹、瑞	德、台	德、荷、西
7	荷蘭(NS N.V.)		丹、日、台		
8	葡萄牙(CP)				
9	西班牙(RENFE)				
10	瑞士(SBB)				
11	捷克(CD)	奧、德、瑞	奧、瑞	奧、德	奧、德、西
12	匈牙利(MÁV Rt.)	丹、德	瑞	德	荷、西
13	波蘭(PKP)	奧、德	奧、瑞	奧、德	奧、西
14	羅馬尼亞(CFR)	奧、德	奧、瑞	奧、德	奧、德、西
15	斯洛伐克(ZSSK)	奧、瑞	奧	奧、德、瑞	奧、瑞
16	斯洛文尼亞(SZ)	奧、德	奧	奧	
17	摩爾多瓦(CFM)	奧、德	奧、瑞	奧	奧、斯
18	以色列(IsR)			西、日、韓	葡、西、日、韓
19	日本(JR)				
20	南韓(KNR)		瑞、日		
21	台灣(TRA)				



年未達相對效率，以瑞士與日本為效率參考組合。在生產效率分佈，四年中以奧地利出現24次最多，其次為德國18次居次。

## 2. 生產效果

由表5.5可知各鐵路事業2000年生產效果之效率參考組合，以韓國為主要效率參考組合，次數高達9次；以色列亦被其他鐵路作為參考對象達8次居次，而其他被參考之組合如瑞士、日本、奧地利、德國、波蘭與斯洛伐克等鐵路事業，亦分佈於各鐵路參考組合中。

表5.5 鐵路事業生產效果參考組合

序號	鐵路事業	2000	2001	2002	2003
1	奧地利(ÖBB)				
2	比利時(SNCB)	瑞、韓	奧、瑞、韓	奧、韓	奧、韓
3	丹麥(DSB)	以、日、韓	奧、以、日	以、日、韓	以、日
4	法國(SNCF)	奧、以、韓	奧、以、日	奧、以、日、韓	奧、以、日
5	德國(DB AG)		瑞、以	奧、以、韓	奧、以、日
6	義大利(FS SpA)	德、瑞、以、韓	奧、斯、以、韓	奧、以、日、韓	尼、日
7	荷蘭(NS N.V.)	以、日、韓	奧、以、日	以、日	
8	葡萄牙(CP)	以、日、韓	以、日	以、日	以、日
9	西班牙(RENFE)	以、韓	以、日	以、日	奧、以、日
10	瑞士(SBB)			奧、韓	奧、韓
11	捷克(CD)	奧、波、斯	奧、瑞、斯	奧、韓	奧、韓
12	匈牙利(MÁV Rt.)	奧、德、以、韓	斯、以、韓	奧、以、日	尼、日
13	波蘭(PKP)		奧、斯、以	奧	奧、尼、日
14	羅馬尼亞(CFR)	奧、德、波	斯、以、韓	奧、以、日	奧、以、日
15	斯洛伐克 (ZSSK)			奧、韓	奧、韓
16	斯洛文尼亞(SZ)	奧、波、以	奧、斯、以	奧	
17	摩爾多瓦(CFM)	波、斯	斯、以	奧	奧、尼
18	以色列(IsR)				
19	日本(JR)				
20	南韓(KNR)				
21	台灣(TRA)	日、韓	日、韓	日	日

(註：1.「斯」表斯洛伐克 2.「尼」表斯洛文尼亞)

2001年生產效果之效率參考組合，以以色列為主要效率參考組合，次數高達12次；日本、斯洛伐克亦被其他鐵路作為參考對象達6次居次，而其他被參考之組合奧地利、瑞士與韓國等鐵路事業，分佈於各鐵路參考組合中。

2002年生產效果之效率參考組合，以奧地利為主要效率參考組合，次數高達12次；以色列與日本被其他鐵路作為參考對象達9次居次，而其他被參考之組合韓國鐵路事業，分佈於各鐵路參考組合中。

2003年生產效果之效率參考組合，以奧地利與日本為主要效率參考組合，次數均高達10次；以色列被其他鐵路作為參考對象達6次居次，而其他被參考之組合斯洛文尼亞與南韓鐵路事業，分佈於各鐵路參考組合中。

### 3.服務效果

由表5.6可知各鐵路事業2000年至2003年服務效果之效率參考組合，2000年與2001年以摩爾多瓦為主要之效率參考組合，均高達18次，日本於2000年與2001年被其他鐵路作為參考對象分別達11次、12次居次，而南韓鐵路事業，亦分佈於各鐵路參考組合中。2002年服務效果之效率參考組合以摩爾多瓦與日本為主要效率參考組合，均高達17

表5.6 鐵路事業服務效果參考組合

序號	鐵路事業	2000	2001	2002	2003
1	奧地利(ÖBB)	摩、韓	摩、韓	摩、日、韓	摩、日、韓
2	比利時(SNCB)	摩、日、韓	摩、日	摩、日	摩、日
3	丹麥(DSB)	摩、日	摩、日	摩、日	摩、日
4	法國(SNCF)	摩、韓	摩、韓	摩、日、韓	摩、日、韓
5	德國(DB AG)	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日
6	義大利(FS SpA)	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓
7	荷蘭(NS N.V.)	摩、日	摩、日	摩、日	摩、日
8	葡萄牙(CP)	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓
9	西班牙(RENFE)	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓
10	瑞士(SBB)	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓
11	捷克(CD)	摩、韓	摩、日、韓	摩、日	摩、日
12	匈牙利(MÁV Rt.)	摩、日	摩、日	摩、日	摩、日
13	波蘭(PKP)	摩、韓	摩、韓	摩、日	摩、日、韓
14	羅馬尼亞(CFR)	摩、韓	摩、韓	摩、日、韓	摩、日、韓
15	斯洛伐克(ZSSK)	摩、韓	摩、韓	摩、日	摩、日
16	斯洛文尼亞(SZ)	摩、韓	摩、韓	摩、韓	摩、日、韓
17	摩爾多瓦(CFM)				
18	以色列(IsR)	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓	摩、日、韓
19	日本(JR)				
20	南韓(KNR)				
21	台灣(TRA)	摩、日	摩、日	日	日

次，南韓亦分佈於各鐵路參考組合中。2003年服務效果之效率參考組合以日本為主要效率參考組合，次數高達18次，摩爾多瓦被其他鐵路事業作為參考對象達17次居次，南韓亦分佈於各鐵路參考組合中。

### 5.3 規模報酬分析

在DEA模式下，假設固定規模報酬下求算各DMU之相對效率值，以CCR模式求解所得之 $\sum \lambda$ 值可作為鐵路事業年度規模指標，因而得知各DMU無效率之營運是來自於不同規模報酬的營運；若 $\sum \lambda = 1$ ，則該鐵路事業處於最適生產(固定)規模報酬階段，亦表示該鐵路事業之規模效率值為1；若 $\sum \lambda \neq 1$ ，則該鐵路事業規模效率值必小於1，且其值與1之差距愈大，顯示規模報酬遞增或遞減的情形愈明顯；若 $\sum \lambda > 1$ ，則該鐵路事業處於規模報酬遞減階段，表示該鐵路事業投入量愈多，則每單位投入之平均產量將愈少；若 $\sum \lambda < 1$ ，則該鐵路事業處於規模報酬遞增階段，表示投入愈多得到之每單位平均產量亦愈多。

#### 1. 生產效率

由表5.7得知2000年各鐵路事業達固定規模報酬的鐵路有奧地利、丹麥、法國、德國、荷蘭、葡萄牙、西班牙、瑞士、以色列、日本、南韓與台灣等12個鐵路事業。2001年各鐵路事業達固定規模報酬的鐵路有奧地利、丹麥、法國、葡萄牙、西班牙、瑞士、以色列、日本與台灣等9個鐵路事業。2002年各鐵路事業達固定規模報酬的鐵路有奧地利、丹麥、法國、德國、荷蘭、葡萄牙、西班牙、瑞士、日本、南韓與台灣等11個鐵路事業。2003年各鐵路事業達固定規模報酬的鐵路有奧地利、丹麥、法國、德國、荷蘭、葡萄牙、西班牙、瑞士、斯洛文尼亞、日本、南韓與台灣等12個鐵路事業。

2000年至2003年鐵路事業處於遞減階段的情形，2000年有義大利，2001年有德國、義大利、荷蘭、捷克、波蘭等5個鐵路事業，2002年有義大利與波蘭，2003年有比利時與波蘭，上述鐵路事業在各該年度應減少投入數量以達最適規模，此顯示該鐵路正處於規模報酬遞減的階段，說明該鐵路的客車公里與貨車公里產出，較其他達最適規模鐵路之

整體效率為差。

2000年至2003年鐵路事業處於遞增階段的情形，2000年有比利時、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞與摩爾多瓦等8個鐵路事業。2001年有比利時、匈牙利、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞、摩爾多瓦與南韓等7個鐵路事業。2002年有比利時、捷克、匈牙利、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞、摩爾多瓦與以色列等8個鐵路事業。2003年有義大利、捷克、匈牙利、羅馬尼亞、斯洛伐克、摩爾多瓦與以色列等7個鐵路事業。上述鐵路事業在各該年度應增加投入數量以達最適規模，此顯示該鐵路正處於規模報酬遞增的階段，亦說明該鐵路的營業里程、客車數、貨車數與員工數等投入，較其他達最適規模鐵路事業有不足之處。

表5.7 鐵路事業生產效率規模報酬表

年度 鐵路事業	2000		2001		2002		2003	
	$\Sigma \lambda$	RTS	$\Sigma \lambda$	RTS	$\Sigma \lambda$	RTS	$\Sigma \lambda$	RTS
奧地利(ÖBB)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
比利時(SNCB)	0.884	遞增	0.840	遞增	0.672	遞增	1.043	遞減
丹麥(DSB)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
法國(SNCF)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
德國(DB AG)	1.000	固定	7.303	遞減	1.000	固定	1.000	固定
義大利(FS SpA)	3.725	遞減	2.869	遞減	1.083	遞減	0.799	遞增
荷蘭(NS N.V.)	1.000	固定	1.016	遞減	1.000	固定	1.000	固定
葡萄牙(CP)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
西班牙(RENFE)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
瑞士(SBB)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
捷克(CD)	0.754	遞增	1.064	遞減	0.421	遞增	0.521	遞增
匈牙利(MÁV Rt.)	0.473	遞增	0.800	遞增	0.111	遞增	0.580	遞增
波蘭(PKP)	0.599	遞增	1.829	遞減	1.351	遞減	1.668	遞減
羅馬尼亞(CFR)	0.396	遞增	0.735	遞增	0.549	遞增	0.562	遞增
斯洛伐克(ZSSK)	0.448	遞增	0.422	遞增	0.405	遞增	0.361	遞增
斯洛文尼亞(SZ)	0.043	遞增	0.153	遞增	0.162	遞增	1.000	固定
摩爾多瓦(CFM)	0.012	遞增	0.031	遞增	0.044	遞增	0.116	遞增
以色列(IsR)	1.000	固定	1.000	固定	0.043	遞增	0.070	遞增
日本(JR)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
南韓(KNR)	1.000	固定	0.856	遞增	1.000	固定	1.000	固定
台灣(TRA)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定

## 2. 生產效果

由表5.8得知2000年各鐵路事業達固定規模報酬的鐵路有奧地利、德國、瑞士、波蘭、斯洛伐克、以色列、日本與南韓等8個鐵路事業。2001年各鐵路事業達固定規模報酬的鐵路有奧地利、瑞士、斯洛伐克、以色列、日本與南韓等6個鐵路事業。2002年各鐵路事業達固定規模報酬的鐵路有奧地利、以色列、日本與南韓等4個鐵路事業。2003年各鐵路事業達固定規模報酬的鐵路有奧地利、荷蘭、斯洛文尼亞、以色列、日本與南韓等6個鐵路事業。

表5.8 鐵路事業生產效果規模報酬表

年度 鐵路事業	2000		2001		2002		2003	
	$\Sigma \lambda$	RTS	$\Sigma \lambda$	RTS	$\Sigma \lambda$	RTS	$\Sigma \lambda$	RTS
奧地利(ÖBB)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
比利時(SNCB)	0.711	遞增	0.626	遞增	0.605	遞增	0.577	遞增
丹麥(DSB)	0.964	遞增	1.314	遞減	1.266	遞減	1.408	遞減
法國(SNCF)	24.633	遞減	26.718	遞減	29.405	遞減	26.460	遞減
德國(DB AG)	1.000	固定	30.543	遞減	33.242	遞減	15.250	遞減
義大利(FS SpA)	4.124	遞減	6.276	遞減	5.481	遞減	5.188	遞減
荷蘭(NS N.V.)	0.280	遞增	1.529	遞減	2.138	遞減	1.000	固定
葡萄牙(CP)	1.597	遞減	1.796	遞減	2.258	遞減	1.755	遞減
西班牙(RENFE)	6.359	遞減	9.881	遞減	11.526	遞減	7.512	遞減
瑞士(SBB)	1.000	固定	1.000	固定	0.758	遞增	0.691	遞增
捷克(CD)	1.073	遞減	1.135	遞減	0.971	遞增	0.970	遞增
匈牙利(MÁV Rt.)	1.370	遞減	3.660	遞減	3.974	遞減	2.174	遞減
波蘭(PKP)	1.000	固定	10.479	遞減	2.642	遞減	6.199	遞減
羅馬尼亞(CFR)	0.653	遞增	4.327	遞減	2.788	遞減	1.203	遞減
斯洛伐克(ZSSK)	1.000	固定	1.000	固定	0.609	遞增	0.574	遞增
斯洛文尼亞(SZ)	0.183	遞增	0.828	遞增	0.161	遞增	1.000	固定
摩爾多瓦(CFM)	0.056	遞增	0.464	遞增	0.154	遞增	0.395	遞增
以色列(IsR)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
日本(JR)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
南韓(KNR)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
台灣(TRA)	0.056	遞增	0.043	遞增	0.040	遞增	0.036	遞增

2000年至2003年鐵路事業處於遞減階段的情形，2000年有法國、義大利、葡萄牙、西班牙、捷克、匈牙利等6個鐵路事業，2001年有丹麥、法國、德國、義大利、荷蘭、葡萄牙、西班牙、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞等11個鐵路事業，2002年有丹麥、法國、德國、義大利、荷蘭、葡萄牙、西班牙、匈牙利、波蘭與羅馬尼亞等10個鐵路事業，2003年有丹麥、法國、德國、義大利、葡萄牙、西班牙、匈牙利、波蘭與羅馬尼亞等9個鐵路事業，上述鐵路事業在各該年度應減少投入數量以達

最適規模，此顯示該鐵路正處於規模報酬遞減的階段，亦說明該鐵路的延人公里與延噸公里產出，較其他達最適規模鐵路之整體效率為差。

2000年至2003年鐵路事業處於遞增階段的情形，2000年有比利時、丹麥、荷蘭、羅馬尼亞、斯洛文尼亞、摩爾多瓦與台灣等7個鐵路事業。2001年有比利時、斯洛文尼亞、摩爾多瓦與台灣等4個鐵路事業。2002年有比利時、瑞士、捷克、斯洛伐克、斯洛文尼亞、摩爾多瓦與台灣等7個鐵路事業。2003年有比利時、瑞士、捷克、斯洛伐克、摩爾多瓦與台灣等6個鐵路事業。上述鐵路事業在各該年度應增加投入數量以達最適規模，此顯示該鐵路正處於規模報酬遞增的階段，亦說明該鐵路的營業里程、客車數、貨車數與員工數等投入，較其他達最適規模鐵路事業有不足之處。

### 3.服務效果

表5.9 鐵路事業服務效果規模報酬表

年度 鐵路事業	2000		2001		2002		2003	
	$\Sigma \lambda$	RTS	$\Sigma \lambda$	RTS	$\Sigma \lambda$	RTS	$\Sigma \lambda$	RTS
奧地利(ÖBB)	9.465	遞減	7.242	遞減	5.899	遞減	5.482	遞減
比利時(SNCB)	4.566	遞減	3.174	遞減	2.867	遞減	2.569	遞減
丹麥(DSB)	1.074	遞減	0.797	遞增	0.532	遞增	0.488	遞增
法國(SNCF)	22.504	遞減	15.166	遞減	12.956	遞減	11.024	遞減
德國(DB AG)	40.939	遞減	31.921	遞減	24.791	遞減	22.983	遞減
義大利(FS SpA)	10.192	遞減	7.291	遞減	6.652	遞減	4.923	遞減
荷蘭(NS N.V.)	1.684	遞減	1.311	遞減	0.947	遞增	0.976	遞增
葡萄牙(CP)	1.002	遞減	0.771	遞增	0.829	遞增	0.548	遞增
西班牙(RENFE)	4.958	遞減	3.880	遞減	3.910	遞減	3.677	遞減
瑞士(SBB)	4.816	遞減	3.948	遞減	2.860	遞減	2.722	遞減
捷克(CD)	10.326	遞減	7.770	遞減	6.148	遞減	5.567	遞減
匈牙利(MÁV Rt.)	4.202	遞減	2.992	遞減	2.230	遞減	2.347	遞減
波蘭(PKP)	33.109	遞減	21.670	遞減	16.815	遞減	15.255	遞減
羅馬尼亞(CFR)	8.739	遞減	6.500	遞減	5.004	遞減	4.471	遞減
斯洛伐克(ZSSK)	7.172	遞減	5.174	遞減	3.785	遞減	3.341	遞減
斯洛文尼亞(SZ)	1.648	遞減	1.224	遞減	1.003	遞減	1.063	遞減
摩爾多瓦(CFM)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
以色列(IsR)	0.644	遞增	0.468	遞增	0.376	遞增	0.337	遞增
日本(JR)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
南韓(KNR)	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定	1.000	固定
台灣(TRA)	0.115	遞增	0.049	遞增	0.040	遞增	0.036	遞增

由表5.9可知2000至2003年各鐵路事業達固定規模報酬的鐵路僅有

摩爾多瓦、日本、南韓等3個鐵路事業。

2000年未達整體效率的鐵路事業除以色列與台灣處於遞增階段的情形，其他均處於規模報酬遞減階段；2001年未達整體效率的鐵路事業除丹麥、葡萄牙、以色列與台灣處於遞增階段的情形，其他均處於規模報酬遞減階段；2002年未達整體效率的鐵路事業除丹麥、荷蘭、葡萄牙、以色列與台灣處於遞增階段的情形，其他均處於規模報酬遞減階段；2003年未達整體效率的鐵路事業除丹麥、荷蘭、葡萄牙、以色列與台灣處於遞增階段的情形，其他均處於規模報酬遞減階段。台鐵從2000年至2003年均呈現規模報酬遞增現象，且 $\Sigma \lambda$ 值與1間之差距甚大，顯示台鐵應增加投入以獲取更大的產出數量，更積極去經營，以獲取最大之收益。

#### 5.4 差額變數分析

Bowlin(1985)指出對個別受評估決策單位來說，能對其無效率之來源與其應改善幅度提出建議，較能界定其是否具有效率更形重要，而差額變數分析就是能針對資源使用狀況以了解受評單位之投入項、產出項尚有多少改善空間，可作為管理控制目標，以進行設施數量的調整與利用率的改善；也就是說差額變數分析能提供DMU應減少投入的數量或增加產出的數量，期使無效率之DMU達到有效率；而DEA模式之差額變數分析所提供資源運用所需之調整幅度，更可作為經營管理者在提昇營運效率之參考，其他績效評估方法則無法提供相關訊息。

由於BCC模式是在既定規模下評估效率，產生之差額變數乃屬技術層面上可達成的目標，因此可視為短期改善目標，其數據可協助了解在提昇效率的前提下，需要減少多少投入資源或增加多少產出效能，才能達到效率提昇的目標。由於CCR模式為整體效率評估，包含規模效率與純粹技術效率，因此其所產生之差額變數可作為鐵路事業長期改善策略的參考。

本研究以2003年鐵路事業效率值為例說明各鐵路事業短期與長期之改善目標，2003年各構面之差額變數如表5.10至5.15所示，在相對無

效率鐵路之整體技術效率值可解釋為該鐵路該年度若處於有效率經營狀況時，在維持同樣的產出水準下，所需之投入要素使用量與現行實際營運投入量之比率。

### 1.生產效率

如表5.10所示，短期改善目標在投入項部分，有效率的鐵路事業(如奧地利、丹麥、德國、荷蘭、葡萄牙、西班牙、瑞士、斯洛文尼亞、以色列、日本、南韓與台灣)已位於效率前緣上，所以投入項之差額變數皆為 0。至於無效率鐵路事業，在營業里程方面未充分發揮經濟效益者有匈牙利、波蘭與摩爾多瓦；在客車數各鐵路事業並無投入過多的現象；在貨車數投入過多的有比利時、義大利、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克與摩爾多瓦，顯示有貨車閒置的可能；在員工數有比利時、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克與摩爾多瓦等鐵路事

表5.10鐵路事業2003年生產效率之差額變數表(短期改善)

鐵路事業	技術效率	投入				產出	
		營業里程	客車數	貨車數	員工數(千人)	客車公里(百萬公里)	貨車公里(百萬公里)
奧地利(ÖBB)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
比利時(SNCB)	0.697	0.00	0	8467	13	37230.23	2078.90
丹麥(DSB)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
法國(SNCF)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
德國(DB AG)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
義大利(FS SpA)	0.868	0.00	0	8564	0	34838.22	18452.96
荷蘭(NS N.V.)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
葡萄牙(CP)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
西班牙(RENFE)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
瑞士(SBB)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
捷克(CD)	0.673	0.00	0	8925	8	51025.75	24413.14
匈牙利(MÁV Rt.)	0.811	2235.17	0	2674	4	3723.40	29232.86
波蘭(PKP)	0.831	947.19	0	40242	48	133252.86	0.00
羅馬尼亞(CFR)	0.398	0.00	0	33912	11	109298.79	31531.63
斯洛伐克(ZSSK)	0.591	0.00	0	7332	13	26742.82	12638.48
斯洛文尼亞(SZ)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
摩爾多瓦(CFM)	0.555	139.16	0	6622	9	11091.08	3628.11
以色列(IsR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
日本(JR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
南韓(KNR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
台灣(TRA)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00



業尚需縮減員工數，尤以波蘭四萬八千人數量最鉅。另外在產出項部分，比利時、義大利、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克與摩爾多瓦等鐵路事業需要增加「客車公里」的產出，以增加其營運效率。比利時、義大利、捷克、匈牙利、羅馬尼亞、斯洛伐克與摩爾多瓦則需加強「貨車公里」的產出水準，方能提昇效率狀態。

長期改善目標，在投入面(表5.11)，奧地利、丹麥、法國、德國、荷蘭、葡萄牙、西班牙、瑞士、斯洛文尼亞、日本、南韓與台灣等12個鐵路事業，整體效率值皆為1，故投入項目和產出項目均無差額變數值存在，表這些鐵路事業投入與產出要素組合已達最適狀態。在營業里程方面，匈牙利、波蘭與摩爾多瓦並不具經濟效益；在客車數方面並無設施閒置的現象；比利時、義大利、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克與摩爾多瓦等鐵路在貨車數使用尚有縮減的空間；在員工數則有比利時、捷克、匈牙利、波蘭、斯洛伐克與摩爾多瓦等鐵路應再縮減。

表5.11鐵路事業2003年生產效率之差額變數表(長期改善)

鐵路事業	整體效率	投入				產出	
		營業里程	客車數	貨車數	員工數(千人)	客車公里(百萬公里)	貨車公里(百萬公里)
奧地利(ÖBB)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
比利時(SNCB)	0.696	0.00	0	8732	13	37445.09	1619.34
丹麥(DSB)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
法國(SNCF)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
德國(DB AG)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
義大利(FS SpA)	0.868	0.00	0	15690	0	22342.40	36004.38
荷蘭(NS N.V.)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
葡萄牙(CP)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
西班牙(RENFE)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
瑞士(SBB)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
捷克(CD)	0.670	0.00	0	9223	2	42069.17	38881.25
匈牙利(MÁV Rt.)	0.807	2233.83	0	2647	4	3772.50	29314.52
波蘭(PKP)	0.600	3330.42	0	32522	4	94609.71	60009.28
羅馬尼亞(CFR)	0.394	0.00	0	32593	0	97600.11	51099.37
斯洛伐克(ZSSK)	0.542	0.00	0	7267	12	27484.34	13080.13
斯洛文尼亞(SZ)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
摩爾多瓦(CFM)	0.266	100.11	0	5846	7	12526.96	6015.85
以色列(IsR)	0.969	0.00	0	0	0	619.09	0.00
日本(JR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
南韓(KNR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
台灣(TRA)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00

在產出面長期而言，在客車公里方面比利時、義大利、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克、摩爾多瓦與以色列等鐵路需要增加「客車公里」的產出，以增加其營運效率；而比利時、義大利、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克與摩爾多瓦則需加強「貨車公里」的產出水準，才能提昇營運效率。

## 2.生產效果

在生產效果面如表5.12，短期改善目標在投入項部分，有效率的鐵路事業(如奧地利、法國、德國、荷蘭、西班牙、波蘭、斯洛文尼亞、以色列、日本與南韓)等鐵路事業，已位於效率前緣上，所以投入項之差額變數皆為 0。至於無效率鐵路事業，在營業里程方面未充分發揮經濟效益者有丹麥、義大利、葡萄牙、捷克、匈牙利、羅馬尼亞、斯洛伐克與摩爾多瓦等鐵路事業；而丹麥、葡萄牙與台鐵在客車數的運用，相較於有效率的鐵路事業，則有投入過多的情形，其中又以台鐵最為嚴重。比利時、丹麥、義大利、葡萄牙、瑞士、捷克、匈牙利、羅馬尼亞、

表5.12鐵路事業2003年生產效果之差額變數表(短期改善)

鐵路事業	技術效率	投入				產出	
		營業里程	客車數	貨車數	員工數(千人)	延人公里(百萬公里)	延噸公里(百萬公里)
奧地利(ÖBB)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
比利時(SNCB)	0.733	0.00	0	8259	15	16167.01	0.00
丹麥(DSB)	0.546	920.15	186	3352	0	7468.10	261.94
法國(SNCF)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
德國(DB AG)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
義大利(FS SpA)	0.755	6133.20	0	33803	26	22531.58	0.00
荷蘭(NS N.V.)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
葡萄牙(CP)	0.797	1940.63	407	2150	0	2360.45	0.00
西班牙(RENFE)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
瑞士(SBB)	0.950	0.00	0	4307	2	4943.07	0.00
捷克(CD)	0.568	2852.61	0	21476	26	26451.52	0.00
匈牙利(MÁV Rt.)	0.564	4449.05	0	12490	23	12954.32	0.00
波蘭(PKP)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
羅馬尼亞(CFR)	0.487	5118.54	0	49170	29	29669.44	0.00
斯洛伐克(ZSSK)	0.891	248.15	0	8660	15	5578.29	0.00
斯洛文尼亞(SZ)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
摩爾多瓦(CFM)	0.986	19.05	0	5788	8	1244.87	0.00
以色列(IsR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
日本(JR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
南韓(KNR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
台灣(TRA)	0.950	0.00	1077	1825	7	731.01	1054.65

斯洛伐克、摩爾多瓦與台灣在貨車的使用尚有縮減的空間。在員工數方面，比利時、義大利、瑞士、捷克、匈牙利、羅馬尼亞、斯洛伐克、摩爾多瓦與台灣則尚有裁減員額的空間。另外在產出項部分，比利時、丹麥、義大利、葡萄牙、瑞士、捷克、匈牙利、羅馬尼亞、斯洛伐克、摩爾多瓦與台灣需要增加「延人公里」的承載，才能提高營運效率；丹麥與台灣則需加強「延噸公里」的產出水準，始能提昇效率。由以上評估，台鐵近年來的客運量雖有搭乘人數的增加，而平均搭乘里程卻滑落，貨運方面也呈逐年下降的趨勢，與此成本效果的效率值是相符的。因此，台鐵在既有設備若無法縮減，則應努力增加延人公里或延噸公里的提昇。反之，若無法提昇消費使用，則應縮減內部設備與人員的投入。

表5.13鐵路事業2003年生產效果之差額變數表(長期改善)

鐵路事業	整體效率	投入				產出	
		營業里程	客車數	貨車數	員工數(千人)	延人公里(百萬公里)	延噸公里(百萬公里)
奧地利(ÖBB)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
比利時(SNCB)	0.717	0.00	0	8112	14	16610.83	0.00
丹麥(DSB)	0.512	1005.83	186	3516	0	7864.00	0.00
法國(SNCF)	0.839	7236.44	0	11320	87	23803.79	0.00
德國(DB AG)	0.737	2534.70	0	61313	128	49898.97	0.00
義大利(FS SpA)	0.748	5405.20	0	38251	51	21362.09	0.00
荷蘭(NS N.V.)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
葡萄牙(CP)	0.685	1745.02	461	2394	0	3087.82	0.00
西班牙(RENFE)	0.918	6642.59	0	8291	9	2592.95	0.00
瑞士(SBB)	0.936	0.00	0	4214	2	5220.93	0.00
捷克(CD)	0.568	1652.82	0	25985	49	23905.37	0.00
匈牙利(MÁV Rt.)	0.563	4014.15	0	14124	32	12031.40	0.00
波蘭(PKP)	0.883	3716.46	0	40197	29	8889.94	0.00
羅馬尼亞(CFR)	0.486	4189.57	0	52661	47	27697.99	0.00
斯洛伐克(ZSSK)	0.875	0.00	0	9593	20	5051.67	0.00
斯洛文尼亞(SZ)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
摩爾多瓦(CFM)	0.903	115.14	0	6145	8	1285.95	0.00
以色列(IsR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
日本(JR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
南韓(KNR)	1.000	0.00	0	0	0	0.00	0.00
台灣(TRA)	0.610	0.00	630	2213	5	5581.10	550.77

長期改善目標，奧地利、荷蘭、斯洛文尼亞、以色列、日本與南韓等鐵路事業之整體效率皆為1，已位效率前緣上，所以投入項與產出項差額變數皆為0。至於無效率鐵路事業在投入項部分，比利時、法國、德國、義大利、葡萄牙、西班牙、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞與摩爾多瓦等鐵路事業在營業里程有設施使用率不佳的問題。在客車數

方面，除丹麥、葡萄牙與台灣外，其他的鐵路事業的差額變數皆為0，表示在長期營運方面，普遍較無資源過剩的情況。而「貨車數」有普遍使用率不良的情況。在員工數方面，無效率鐵路事業除丹麥、葡萄牙外，在長期營運上皆應再裁減員額，尤以德國應裁減之員額12萬8千人最多。在產出項部分，無效率鐵路事業應加強「延人公里」的承載水準，以提升營運效率；「延噸公里」方面除台灣外，其他鐵路事業尚差強人意。

### 3.服務效果

表5.14鐵路事業2003年服務效果之差額變數表(短期改善)

鐵路事業	技術效率	投入		產出	
		客車公里 (百萬公里)	貨車公里 (百萬公里)	延人公里 (百萬公里)	延噸公里 (百萬公里)
奧地利(ÖBB)	0.660	28971.68	18668.20	0.00	0.00
比利時(SNCB)	0.707	48181.68	2326.37	0.00	0.00
丹麥(DSB)	0.584	39345.43	1510.03	0.00	1522.63
法國(SNCF)	0.921	30334.39	39834.46	0.00	0.00
德國(DB AG)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00
義大利(FS SpA)	0.624	112954.05	14310.21	0.00	0.00
荷蘭(NS N.V.)	0.821	96673.90	1300.01	0.00	72.48
葡萄牙(CP)	0.419	17120.15	4024.28	0.00	1191.14
西班牙(RENFE)	0.574	68381.41	10395.83	0.00	0.00
瑞士(SBB)	0.518	64270.55	8920.45	0.00	0.00
捷克(CD)	0.685	60137.66	11628.11	0.00	0.00
匈牙利(MÁV Rt.)	0.680	51240.49	2668.74	0.00	0.00
波蘭(PKP)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00
羅馬尼亞(CFR)	0.791	16416.32	4496.81	0.00	0.00
斯洛伐克(ZSSK)	0.881	3670.57	2317.18	1128.63	0.00
斯洛文尼亞(SZ)	0.367	7389.75	4908.75	0.00	0.00
摩爾多瓦(CFM)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00
以色列(IsR)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00
日本(JR)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00
南韓(KNR)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00
台灣(TRA)	0.692	43024.50	897.38	0.00	2891.58

在服務效果面如表5.14，短期改善目標在投入項部分，有效率的鐵路事業(如德國、波蘭、摩爾多瓦、以色列、日本與南韓)等鐵路事業，已位於效率前緣上，所以投入項之差額變數皆為0。至於無效率鐵路事業，在投入項部分應縮減「客車公里」與「貨車公里」的投入，避免資源浪費。在產出項部分，「延人公里」的行銷除斯洛伐克外普遍情形

良好。丹麥、荷蘭、葡萄牙與台灣則需加強「延噸公里」的產出水準，以提升其營運效率。

長期改善目標如表5.15，整體效率僅摩爾多瓦、日本與南韓位於效率前緣，在投入項部分，若無法增加產出的利用，無效率鐵路事業皆應管控「客車公里」與「貨車公里」的投入。在產出項部分，「延人公里」普遍行銷情形尚稱良好，較無效率迫切壓力。在「延噸公里」方面，台鐵則應加強其利用率，以避免影響營運績效。

表5.15鐵路事業2003年服務效果之差額變數表(長期改善)

鐵路事業	整體效率	投入		產出	
		客車公里 (百萬公里)	貨車公里 (百萬公里)	延人公里 (百萬公里)	延噸公里 (百萬公里)
奧地利(ÖBB)	0.373	51850.49	31450.45	0.00	0.00
比利時(SNCB)	0.469	51498.00	8897.41	0.00	0.00
丹麥(DSB)	0.501	40213.18	2596.69	0.00	0.00
法國(SNCF)	0.563	153598.59	80255.88	0.00	0.00
德國(DB AG)	0.399	469456.42	103871.27	0.00	0.00
義大利(FS SpA)	0.521	122229.17	33788.18	0.00	0.00
荷蘭(NS N.V.)	0.819	96715.20	1351.73	0.00	0.00
葡萄牙(CP)	0.381	17798.99	4874.37	0.00	0.00
西班牙(RENFE)	0.450	72161.94	24798.69	0.00	0.00
瑞士(SBB)	0.376	65882.87	17743.39	0.00	0.00
捷克(CD)	0.371	83000.10	23245.48	0.00	0.00
匈牙利(MÁV Rt.)	0.459	53967.09	8378.84	0.00	0.00
波蘭(PKP)	0.529	72193.40	36636.51	0.00	0.00
羅馬尼亞(CFR)	0.507	31683.73	15624.29	0.00	0.00
斯洛伐克 (ZSSK)	0.479	18461.09	8453.39	0.00	0.00
斯洛文尼亞(SZ)	0.343	7545.49	5254.48	0.00	0.00
摩爾多瓦(CFM)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00
以色列(IsR)	0.672	2069.64	559.76	0.00	0.00
日本(JR)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00
南韓(KNR)	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00
台灣(TRA)	0.471	44656.61	2941.23	0.00	27.75

## 5.5 敏感度分析

敏感度分析係利用逐一減少投入項或產出項的方式來檢視該鐵路事業的效率來源，即刪除該變數項之效率值相對於原始效率值差距愈大者貢獻愈大。本研究以2003年之鐵路事業為例，探討敏感度分析如下：

## 1. 生產效率

以台鐵為例，分別刪除「營業里程」與「客車公里」進行效率運算時，效率值由原始的 1 明顯降低為 0.985 與 0.578，顯示「營業里程」與「客車公里」對於台鐵的營運效率具有正面的影響力，亦為營運優勢的所在。同樣地，「客車數」與「貨車公里」則為對奧地利鐵路營運效率有利的兩項效率來源。「客車數」與「客車公里」為比利時之營運效率所在。「員工數」與「客車公里」為丹麥營運效率核心。「客車數」與「貨車數」是法國提升營運效率的經營重點。「客車數」與「客車公里」為德國之營運效率所在。「客車數」與「客車公里」為義大利營運效率之重要來源。荷蘭的「客車公里」產出結果則對該鐵路事業的效率狀態具有影響。「員工數」與「貨車公里」對葡萄牙營運效率具正面的影響。西班牙營運效率則受「貨車公里」之產出結果影響。「營業里程」與「貨車公里」為瑞士的營運效率來源。「客車數」與「客車公里」為

表 5.16 生產效率構面敏感度分析表(CCR)

鐵路事業	原始 CCR 值	刪除該投入項之效率值				刪除該投入項之效率值	
		營業里程	客車數	貨車數	員工數	客車公里	貨車公里
奧地利(ÖBB)	1.000	1.000	0.939	1.000	1.000	1.000	0.843
比利時(SNCB)	0.696	0.657	0.563	0.696	0.696	0.536	0.655
丹麥(DSB)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.992	0.522	1.000
法國(SNCF)	1.000	1.000	0.896	0.788	1.000	1.000	0.725
德國(DB AG)	1.000	0.967	0.704	1.000	1.000	0.670	0.963
義大利(FS SpA)	0.868	0.847	0.589	0.868	0.868	0.551	0.844
荷蘭(NS N.V.)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.621	1.000
葡萄牙(CP)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.694	1.000	0.847
西班牙(RENFE)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.995
瑞士(SBB)	1.000	0.894	1.000	1.000	1.000	1.000	0.880
捷克(CD)	0.670	0.643	0.446	0.670	0.670	0.475	0.621
匈牙利(MÁV Rt.)	0.807	0.807	0.362	0.807	0.807	0.341	0.805
波蘭(PKP)	0.600	0.600	0.498	0.600	0.600	0.549	0.524
羅馬尼亞(CFR)	0.394	0.388	0.333	0.394	0.394	0.353	0.352
斯洛伐克(ZSSK)	0.542	0.530	0.451	0.542	0.542	0.542	0.451
斯洛文尼亞(SZ)	1.000	1.000	0.840	1.000	1.000	1.000	0.720
摩爾多瓦(CFM)	0.266	0.256	0.204	0.266	0.266	0.266	0.150
以色列(IsR)	0.969	0.967	0.969	0.897	0.795	0.921	0.675
日本(JR)	1.000	1.000	1.000	0.901	1.000	1.000	1.000
南韓(KNR)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.467
台灣(TRA)	1.000	0.985	1.000	1.000	1.000	0.578	1.000

捷克與匈牙利營運效率之主要來源。「客車數」、「客車公里」與「貨車公里」為波蘭與羅馬尼亞之營運效率所在。「客車數」與「貨車公里」為斯洛伐克、斯洛文尼亞與摩爾多瓦提升營運效率的經營重點。「貨車數」、「員工數」與「貨車公里」為以色列的營運效率來源。「貨車數」對日本營運效率具正面影響力。「貨車公里」對南韓之營運效率會造成影響。

## 2. 生產效果

在生產效果面，在投入項部分，刪除「營業里程」以進行效率運算時，效率值明顯降低者有比利時、荷蘭、瑞士、捷克、斯洛伐克、摩爾多瓦、南韓與台灣等鐵路事業，顯示「營業里程」對其營運效率具正面影響力。刪除「客車數」以進行效率運算時，效率值明顯降低者有奧地利、比利時、法國、德國、義大利、西班牙、瑞士、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞與摩爾多瓦等鐵路事業，顯示「客車數」為該等鐵路事業的營運效率來源。同樣地，「貨車數」為對法國與荷蘭

表 5.17 生產效果構面敏感度分析表(CCR)

鐵路事業	原始 CCR 值	刪除該投入項之效率值				刪除該投入項之效率值	
		營業里程	客車數	貨車數	員工數	延人公里	延噸公里
奧地利(ÖBB)	1.000	1.000	0.961	1.000	1.000	1.000	0.296
比利時(SNCB)	0.717	0.511	0.670	0.717	0.717	0.717	0.249
丹麥(DSB)	0.512	0.512	0.512	0.512	0.447	0.345	0.382
法國(SNCF)	0.839	0.839	0.715	0.811	0.839	0.735	0.497
德國(DB AG)	0.737	0.737	0.673	0.737	0.728	0.693	0.346
義大利(FS SpA)	0.748	0.748	0.448	0.748	0.748	0.444	0.533
荷蘭(NS N.V.)	1.000	0.972	1.000	0.547	1.000	1.000	0.378
葡萄牙(CP)	0.685	0.685	0.685	0.685	0.458	0.562	0.417
西班牙(RENFE)	0.918	0.918	0.676	0.918	0.886	0.757	0.522
瑞士(SBB)	0.936	0.682	0.896	0.936	0.936	0.936	0.374
捷克(CD)	0.568	0.530	0.540	0.568	0.568	0.568	0.133
匈牙利(MÁV Rt.)	0.563	0.563	0.337	0.563	0.563	0.421	0.272
波蘭(PKP)	0.883	0.883	0.779	0.883	0.882	0.860	0.243
羅馬尼亞(CFR)	0.486	0.486	0.425	0.486	0.484	0.453	0.180
斯洛伐克(ZSSK)	0.875	0.741	0.786	0.875	0.875	0.875	0.124
斯洛文尼亞(SZ)	1.000	1.000	0.874	1.000	1.000	1.000	0.176
摩爾多瓦(CFM)	0.903	0.819	0.767	0.903	0.903	0.903	0.071
以色列(IsR)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.498
日本(JR)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
南韓(KNR)	1.000	0.818	1.000	1.000	1.000	1.000	0.697
台灣(TRA)	0.610	0.450	0.610	0.610	0.610	0.226	0.610

鐵路營運效率有利的效率來源。而「員工數」對丹麥、德國、葡萄牙、西班牙、波蘭與羅馬尼亞等鐵路事業之營運效率具正面的影響力。在產出項部分，刪除「延人公里」以進行效率運算時，效率值明顯降低者有丹麥、法國、德國、義大利、葡萄牙、西班牙、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞與台灣等鐵路事業，顯示「延人公里」對其具正面影響力，亦為營運優勢的所在。而「延噸公里」除對日本與台灣不具影響力外，對其他鐵路事業均深具顯響力。

### 3.服務效果

在服務效果面，在投入項部分，當刪除「客車公里」以進行效率運算時，效率值明顯降低者有奧地利、法國、義大利、葡萄牙、西班牙、瑞士、波蘭、羅馬尼亞、斯洛文尼亞、以色列與南韓等。同樣，「貨車公里」除對摩爾多瓦與日本之服務投入較無影響力外，對各鐵路均深具正面意義。在產出項部分，當刪除「延人公里」以進行效率運算時，除

表 5.18 服務效果構面敏感度分析表(CCR)

鐵路事業	原始 CCR 值	刪除該投入項之效率值		刪除該產出項之效率值	
		客車公里	貨車公里	延人公里	延噸公里
奧地利(ÖBB)	0.373	0.318	0.365	0.287	0.259
比利時(SNCB)	0.469	0.469	0.320	0.367	0.293
丹麥(DSB)	0.501	0.501	0.258	0.269	0.311
法國(SNCF)	0.563	0.385	0.536	0.266	0.513
德國(DB AG)	0.399	0.399	0.306	0.317	0.275
義大利(FS SpA)	0.521	0.425	0.473	0.256	0.486
荷蘭(NS N.V.)	0.819	0.819	0.271	0.400	0.557
葡萄牙(CP)	0.381	0.322	0.347	0.214	0.345
西班牙(RENFE)	0.450	0.365	0.416	0.259	0.397
瑞士(SBB)	0.376	0.349	0.340	0.254	0.324
捷克(CD)	0.371	0.371	0.238	0.342	0.160
匈牙利(MÁV Rt.)	0.459	0.459	0.287	0.362	0.262
波蘭(PKP)	0.529	0.512	0.501	0.468	0.343
羅馬尼亞(CFR)	0.507	0.447	0.481	0.384	0.379
斯洛伐克 (ZSSK)	0.479	0.479	0.387	0.462	0.204
斯洛文尼亞(SZ)	0.343	0.324	0.338	0.312	0.181
摩爾多瓦(CFM)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.352
以色列(IsR)	0.672	0.661	0.606	0.499	0.563
日本(JR)	1.000	1.000	0.933	0.232	1.000
南韓(KNR)	1.000	0.471	1.000	0.266	1.000
台灣(TRA)	0.471	0.471	0.338	0.105	0.471



摩爾多瓦外，各鐵路事業之效率值均明顯下降，可見「延人公里」為各鐵路事業服務營運效率重點所在。而「延噸公里」除東亞的日本、南韓與台灣外，對各鐵路事業之營運效率均深具貢獻。

## 5.6 Malmquist指數分析

比較不同時期效率值較具效果者為Malmquist生產力指數分析，本研究運用DEA Excel Solver軟體進行Malmquist指數運算，Malmquist生產力指數小於1，表示生產力有進步；反之，若Malmquist生產力指數大於1，表示生產力衰退，等於1則為生產力持平。Malmquist生產力指數為追趕效率值與Malmquist指數值的乘積，當追趕效率值小於1，表示整體效率值提昇；反之，追趕效率值大於1，則表示整體效率值下降；同理，Malmquist指數小於1，表示技術進步，Malmquist指數大於1，表示技術退步。

### 1. 生產效率

表5.19為2000年至2003年各鐵路事業生產效率構面Malmquist生產力指數分析結果。就追趕效率而言，2000年至2003年的整體追趕效率平均值為0.975，各年的追趕效率平均值呈現每年均有進步，惟力道則有逐漸減弱的情形。各鐵路事業追趕效率時間走勢，可分為五類型：(1)比利時、德國、義大利、荷蘭、捷克、摩爾多瓦與南韓等鐵路事業呈逐年進步型態；(2)奧地利、丹麥、法國、葡萄牙、西班牙、瑞士、日本與台灣呈持平型態；(3)羅馬尼亞、斯洛伐克、以色列呈逐年衰退型態；(4)波蘭呈已進步又衰退的Λ型；(5)匈牙利、斯洛文尼亞呈已衰退又進步的V型。

由表5.19可知，2000年至2003年各鐵路事業整體Malmquist指數平均值為1.015，各年的Malmquist指數平均值呈現2000~2001衰退，而後則逐年進步。各鐵路事業Malmquist指數可分為六類型：(1)西班牙與以色列呈每年皆有改善型態；(2)奧地利、荷蘭、葡萄牙、波蘭、羅馬尼亞、斯洛文尼亞、摩爾多瓦等鐵路事業呈先衰退後再進步的情形；(3)比利時、瑞士與台灣呈現先進步卻又衰退的型態；(4)法國、德國、斯

洛伐克與南韓呈衰退、進步又衰退的 $\Lambda$ 型態；(5)日本則呈進步、衰退又進步的情形(6)丹麥、義大利、捷克、匈牙利呈每年均衰退的情形。

由表5.19得知，2000年至2003年各鐵路事業的整體Malmquist生產力指數平均值為0.988，各年的Malmquist生產力指數平均值呈現2000~2001衰退，而後則逐年進步。各鐵路事業Malmquist生產力指數可分為六類型：(1)義大利、西班牙、摩爾多瓦與以色列等鐵路事業呈每年皆有進步型態；(2)奧地利、比利時、荷蘭、葡萄牙、捷克與斯洛文尼亞等鐵路事業呈衰退再進步型態；(3)瑞士、斯洛伐克與台灣等鐵路事業呈先進步再衰退的情形；(4)法國、德國、波蘭與南韓等鐵路事業呈衰退、進步又衰退的 $\Lambda$ 型態；(5)匈牙利與日本鐵路呈進步、衰退又進步的V型態；(6)羅馬尼亞呈每年均無進步的情形。

## 2. 生產效果

表5.20為2000年至2003年各鐵路事業生產效果構面Malmquist生產力指數分析結果。就追趕效率而言，2000年至2003年的整體追趕效率平均值為0.995，各年的追趕效率平均值呈現先衰退、進步後又衰退的 $\Lambda$ 型態。各鐵路事業追趕效率時間走勢，可分為七類型：(1)荷蘭、摩爾多瓦呈逐年進步的情況。(2)奧地利、以色列、日本與南韓等鐵路呈每年持平的情形；(3)比利時、德國、葡萄牙、波蘭等鐵路呈衰退、進步又衰退的 $\Lambda$ 型態；(4)丹麥與法國鐵路呈進步後又衰退的情況；(5)義大利、西班牙、匈牙利、羅馬尼亞與斯洛文尼亞等鐵路呈衰退後又進步的搖形；(6)瑞士與斯洛伐克兩鐵路為持平後又滑落的型態；(7)捷克、與台灣則呈每年均無進步的情況。

由表5.20可得知，2000年至2003年各鐵路事業整體Malmquist指數平均值為0.996，各年的Malmquist指數平均值呈現進步、衰退而後又進步的V型態。各鐵路事業Malmquist指數可分為六類型：(1)奧地利、捷克、波蘭、羅馬尼亞與斯洛伐克等鐵路呈每年均有進步的型態；(2)比利時、丹麥、法國、荷蘭、瑞士、南韓與台灣等鐵路呈衰退後又進步的

表 5.19 各鐵路事業生產效率 Malmquist 生產力指數分析

鐵路事業	追 趕 效 率				Malmquist 指數				Malmquist 生產力指數分析			
	00~01	01~02	02~03	平均值	00~01	01~02	02~03	平均值	00~01	01~02	02~20	平均值
奧地利(ÖBB)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.014	0.992	0.976	0.994	1.014	0.992	0.976	0.994
比利時(SNCB)	1.038	0.889	0.963	0.964	0.978	1.115	1.009	1.034	1.015	0.991	0.972	0.993
丹麥(DSB)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.052	1.071	1.030	1.051	1.052	1.071	1.030	1.051
法國(SNCF)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.049	0.953	1.023	1.009	1.049	0.953	1.023	1.009
德國(DB AG)	1.004	0.996	1.000	1.000	1.167	0.922	1.123	1.071	1.171	0.919	1.123	1.071
義大利(FS SpA)	0.912	0.919	0.768	0.867	1.038	1.016	1.067	1.040	0.947	0.934	0.820	0.900
荷蘭(NS N.V.)	1.021	0.979	1.000	1.000	1.059	0.965	0.796	0.940	1.082	0.945	0.796	0.941
葡萄牙(CP)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.007	0.952	0.968	0.976	1.007	0.952	0.968	0.976
西班牙(RENFE)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.973	0.978	0.979	0.977	0.973	0.978	0.979	0.977
瑞士(SBB)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.997	1.073	1.056	1.042	0.997	1.073	1.056	1.042
捷克(CD)	0.999	0.899	0.891	0.930	1.086	1.029	1.062	1.059	1.085	0.925	0.946	0.985
匈牙利(MÁV Rt.)	0.696	1.008	0.908	0.871	1.362	1.010	1.039	1.137	0.948	1.018	0.944	0.970
波蘭(PKP)	0.995	0.980	1.034	1.003	1.065	0.988	0.979	1.011	1.060	0.968	1.013	1.014
羅馬尼亞(CFR)	0.880	1.010	1.014	0.968	1.144	0.995	0.999	1.046	1.007	1.004	1.013	1.008
斯洛伐克 (ZSSK)	0.902	1.185	1.076	1.055	1.018	0.999	1.004	1.007	0.918	1.184	1.081	1.061
斯洛文尼亞(SZ)	1.033	1.015	0.947	0.999	1.019	0.984	0.935	0.979	1.053	1.000	0.885	0.979
摩爾多瓦(CFM)	0.707	0.758	0.956	0.807	1.097	0.981	0.960	1.013	0.776	0.744	0.918	0.812
以色列(IsR)	1.000	1.008	1.023	1.011	0.979	0.972	0.959	0.970	0.979	0.980	0.982	0.980
日本(JR)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.924	1.070	0.963	0.985	0.924	1.070	0.963	0.985
南韓(KNR)	1.179	0.848	1.000	1.009	1.096	0.901	1.003	1.000	1.293	0.765	1.003	1.020
台灣(TRA)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.975	0.935	1.012	0.974	0.975	0.935	1.012	0.974
平均值	0.970	0.976	0.980	0.975	1.052	0.995	0.997	1.015	1.015	0.971	0.976	0.988

表 5.20 各鐵路事業生產效果 Malmquist 生產力指數分析

鐵路事業	追 趕 效 率				Malmquist 指數				Malmquist 生產力指數分析			
	00~01	01~02	02~03	平均值	00~01	01~02	02~03	平均值	00~01	01~02	02~20	平均值
奧地利(ÖBB)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.973	0.922	0.955	0.950	0.973	0.922	0.955	0.950
比利時(SNCB)	1.009	0.827	1.019	0.952	1.100	1.056	0.988	1.048	1.110	0.873	1.006	0.997
丹麥(DSB)	0.991	1.112	1.135	1.079	1.017	0.969	0.939	0.975	1.008	1.077	1.066	1.050
法國(SNCF)	0.967	1.066	1.028	1.020	1.082	0.909	0.999	0.997	1.047	0.969	1.027	1.014
德國(DB AG)	1.166	0.933	1.248	1.115	0.981	1.039	0.915	0.978	1.144	0.969	1.141	1.085
義大利(FS SpA)	1.015	0.774	0.889	0.893	0.952	1.203	1.021	1.059	0.966	0.931	0.908	0.935
荷蘭(NS N.V.)	0.858	0.893	0.959	0.903	1.163	0.919	0.879	0.987	0.998	0.820	0.843	0.887
葡萄牙(CP)	1.024	0.781	1.083	0.962	0.944	1.078	0.970	0.997	0.966	0.842	1.050	0.953
西班牙(RENFE)	1.006	0.840	0.852	0.899	0.894	1.147	1.172	1.071	0.899	0.963	0.998	0.953
瑞士(SBB)	1.000	1.005	1.063	1.023	1.038	1.050	0.988	1.026	1.038	1.055	1.050	1.048
捷克(CD)	1.103	1.013	1.012	1.043	0.975	0.941	0.985	0.967	1.076	0.953	0.997	1.009
匈牙利(MÁV Rt.)	1.070	0.938	0.796	0.935	0.954	1.081	1.090	1.042	1.021	1.014	0.867	0.967
波蘭(PKP)	1.087	0.992	1.050	1.043	0.973	0.976	0.911	0.953	1.057	0.969	0.956	0.994
羅馬尼亞(CFR)	1.061	1.150	0.987	1.066	0.972	0.969	0.994	0.978	1.031	1.114	0.981	1.042
斯洛伐克 (ZSSK)	1.000	1.106	1.034	1.047	0.958	0.979	0.987	0.974	0.958	1.083	1.020	1.020
斯洛文尼亞(SZ)	1.050	0.943	0.937	0.977	0.971	1.000	0.847	0.939	1.020	0.943	0.794	0.919
摩爾多瓦(CFM)	0.762	0.780	0.992	0.845	0.957	1.000	0.908	0.955	0.729	0.780	0.901	0.803
以色列(IsR)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.987	1.060	1.005	1.017	0.987	1.060	1.005	1.017
日本(JR)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.926	1.070	0.950	0.982	0.926	1.070	0.950	0.982
南韓(KNR)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.124	0.999	0.994	1.039	1.124	0.999	0.994	1.039
台灣(TRA)	1.057	1.042	1.208	1.102	1.002	0.998	0.917	0.972	1.059	1.040	1.108	1.069
平均值	1.011	0.962	1.014	0.995	0.997	1.017	0.972	0.996	1.007	0.974	0.982	0.987

表 5.21 各鐵路事業服務效果 Malmquist 生產力指數分析

鐵路事業	追 趕 效 率				Malmquist 指數				Malmquist 生產力指數分析			
	00~01	01~02	02~03	平均值	00~01	01~02	02~03	平均值	00~01	01~02	02~20	平均值
奧地利(ÖBB)	1.090	1.078	1.017	1.062	0.870	0.897	0.989	0.919	0.948	0.967	1.006	0.974
比利時(SNCB)	1.028	0.844	0.958	0.943	0.973	1.047	0.982	1.001	1.000	0.884	0.940	0.941
丹麥(DSB)	0.877	1.031	1.027	0.978	1.022	1.015	0.976	1.004	0.897	1.046	1.003	0.982
法國(SNCF)	1.130	1.007	0.982	1.039	0.908	1.005	1.003	0.972	1.026	1.011	0.985	1.007
德國(DB AG)	1.004	1.146	0.829	0.993	0.939	0.962	0.987	0.963	0.943	1.103	0.818	0.954
義大利(FS SpA)	0.997	1.021	1.067	1.028	0.961	0.988	1.000	0.983	0.957	1.009	1.067	1.011
荷蘭(NS N.V.)	0.866	1.035	0.984	0.962	1.026	1.004	0.975	1.002	0.889	1.039	0.959	0.962
葡萄牙(CP)	0.999	0.967	1.034	1.000	0.954	0.980	0.997	0.977	0.953	0.947	1.031	0.977
西班牙(RENFE)	0.974	0.976	1.010	0.986	0.941	0.990	0.999	0.977	0.917	0.966	1.008	0.964
瑞士(SBB)	1.109	1.002	1.143	1.085	0.934	0.985	0.997	0.972	1.036	0.987	1.140	1.055
捷克(CD)	1.147	0.901	1.010	1.019	0.904	1.048	0.985	0.979	1.037	0.944	0.995	0.992
匈牙利(MÁV Rt.)	0.991	0.936	0.907	0.944	1.015	1.046	0.981	1.014	1.005	0.979	0.890	0.958
波蘭(PKP)	1.247	1.070	0.946	1.088	0.858	0.943	0.984	0.928	1.070	1.009	0.931	1.003
羅馬尼亞(CFR)	1.194	1.223	0.954	1.124	0.884	0.956	0.990	0.943	1.056	1.169	0.945	1.057
斯洛伐克 (ZSSK)	1.207	1.039	0.943	1.063	0.843	0.956	0.986	0.928	1.018	0.994	0.930	0.981
斯洛文尼亞(SZ)	1.239	1.099	0.939	1.092	0.846	0.849	0.979	0.891	1.047	0.933	0.919	0.967
摩爾多瓦(CFM)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.881	0.902	0.954	0.912	0.881	0.902	0.954	0.912
以色列(IsR)	1.136	1.114	0.964	1.071	0.925	0.962	0.992	0.960	1.051	1.072	0.956	1.026
日本(JR)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.017	0.985	0.987	0.996	1.017	0.985	0.987	0.996
南韓(KNR)	1.000	1.000	1.000	1.000	0.926	1.015	1.015	0.985	0.926	1.015	1.015	0.985
台灣(TRA)	0.952	1.055	1.055	1.021	1.032	0.975	0.976	0.994	0.983	1.028	1.030	1.014
平均值	1.056	1.026	0.989	1.024	0.936	0.977	0.987	0.967	0.984	1.000	0.977	0.987

情形；(3)德國、葡萄牙、斯洛文尼亞、摩爾多瓦與日本等鐵路呈進步、衰退又進步的V型態；(4)義大利、西班牙、匈牙利與以色列等鐵路呈進步後又衰退的情形。

由表5.20得知，2000年至2003年各鐵路事業的整體Malmquist生產力指數平均值為0.987，各年的Malmquist生產力指數平均值呈現2000~2001衰退，而後則逐年進步。各鐵路事業Malmquist生產力指數可分為六類型：(1)奧地利、義大利、荷蘭、西班牙與摩爾多瓦等鐵路呈每年進步的型態；(2)比利時、法國與德國等鐵路事業呈衰退、進步又衰退的Λ型態；(3)葡萄牙、斯洛伐克與以色列等鐵路為進步後又衰退的情形；(4)捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛文尼亞與南韓等鐵路為滑落後又進步的情形；(5)日本為進步、衰退又進步的V型態情形；(6)丹麥、瑞士、與台灣呈每年均滑落的型態。

### 3.服務效果

表5.21為2000年至2003年各鐵路事業成本效果構面Malmquist生產力指數分析結果。就追趕效率而言，2000年至2003年的整體追趕效率平均值為1.024，各年追趕效率平均值呈現先衰退、又衰退再進步的型態。各鐵路事業追趕效率時間走勢，可分為七類型：(1)摩爾多瓦、日本與南韓等鐵路呈持平狀態；(2)比利時、法國、德國、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞與以色列呈先衰退再進步的型態；(3)丹麥、義大利、葡萄牙、西班牙與台灣呈先進步後衰退的情形；(4)匈牙利為每年均有進步的情形；(5)荷蘭呈進步、衰退再進步的V型態；(6)捷克呈衰退、進步又衰退的Λ型態；(7)奧地利與瑞士呈每年均為滑落的情形。

由表5.21知，2000年至2003年各鐵路事業整體Malmquist指數平均值為0.967，各年的Malmquist指數平均值呈每年均有進步的型態。各鐵路事業Malmquist指數可分為四類型：(1)奧地利、德國、義大利、葡萄牙、西班牙、瑞士、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞、摩爾多瓦與以色列呈每年皆有進步的型態；(2)比利時與捷克為進步、衰退又進步的V型態；(3)法國與南韓為進步後又滑落的情形；(4)丹麥、荷蘭、匈牙利、日本與台灣呈衰退後再進步的型態。

由表5.21知，2000年至2003年各鐵路事業的整體Malmquist生產力指數平均值為0.987，各年的Malmquist生產力指數平均值呈現逐年進步的型態。各鐵路事業Malmquist生產力指數可分為六類型：(1)奧地利、丹麥、義大利、葡萄牙、西班牙、南韓與台灣等鐵路呈進步再衰退的型態；(2)德國與荷蘭鐵路為進步、衰退又進步的V型態；(3)瑞士為衰退、進步又衰退的Λ型態；(4)比利時、法國、捷克、匈牙利、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞、以色列與日本為衰退再進步的情形。(5)摩爾多瓦為每年均有進步的型態。

## 5.7效率排序與影響鐵路事業效率之假設檢定

### 5.7.1效率排序

在效率排序方面，本研究採Andersen與Petersen二位學者的資料剔除法，並以Excel Solver軟體計算求解排序；其要旨乃將有效率之受評單位分別從資料集合中剔除，以其餘之受評單位為基礎，來計算剔除單位之效率。本研究與國內近期有關鐵路事業效率評估文獻之比較可整理如表5.22及表5.23，兩種不同研究的鐵路效率評估排名各異，也顯示出不同評量角度或時間與評估方法對於效率衡量會有不同詮釋。

表5.22鐵路事業效率評估文獻比較表

	本研究		林村基(民92)
研究方法	DEA		DEA與SFA
DMU	21家		74家
資料時間	2000年~2003年		1999年
效率分析	Fielding 績效架構	生產效率 生產效果 服務效果	生產效率分析 (單一構面)
投入產出 要素	生產效率	投入：營業里程、客車數、 貨車數、員工數。 產出：客車公里、貨車公里。	投入：營業里程、車輛數、 員工數。 產出：列車公里。
	生產效果	投入：營業里程、客車數、 貨車數、員工數。 產出：延人公里、延噸公里	
	服務效果	投入：客車公里、貨車公里。 產出：延人公里、延噸公里。	
迴歸方法	Mann-Whitney-U-test		Tobit
效率前緣移動 之衡量	Malmquist指數分析		無

表5.23鐵路事業效率比較表

DMU	本研究(21個DMU)			林村基(民92) 74個DMU
	生產效率	生產效果	服務效果	
奧地利(ÖBB)	4	4	17	18
比利時(SNCB)	16	15	15	17
丹麥(DSB)	3	18	10	5
法國(SNCF)	11	11	6	21
德國(DB AG)	7	9	19	9
義大利(FS SpA)	15	17	9	22
荷蘭(NS N.V.)	9	10	4	1
葡萄牙(CP)	6	16	18	23
西班牙(RENFE)	10	13	13	10
瑞士(SBB)	5	5	14	6
捷克(CD)	19	19	20	N
匈牙利(MÁV Rt.)	14	21	16	30
波蘭(PKP)	18	8	8	N
羅馬尼亞(CFR)	20	20	7	43
斯洛伐克(ZSSK)	17	7	12	29
斯洛文尼亞(SZ)	13	6	21	28
摩爾多瓦(CFM)	21	12	1	64
以色列(IsR)	12	2	5	16
日本(JR)	1	1	2	8
南韓(KNR)	8	3	3	14
台灣(TRA)	2	14	11	12

註：林村基未將捷克(CD)及波蘭(PKP)納入評比

### 5.7.2 影響鐵路事業效率之假設檢定

在第二章文獻回顧中敘述生產效率面係指投入要素被轉為運輸產出之有效程度；生產效果面主要在分析投入資源被商旅利用之程度；服務效果主要在探討運輸產出被商旅利用之程度，由於鐵路事業的發展歷經萌芽期、蓬勃期、衰退期再到復甦期，可見不同的時空環境對鐵路有不同的影響程度，因此環境設備的不同是否會影響鐵路事業的營運績效？在生產效率面影響投入要素被轉為運輸產出績效的因素為何？在生產效果面各鐵路事業投入資源是否因其所在地區不同的消費能力而有不同的利用程度？在運輸產出利用方面，是否受其他運具持有率的不同而有不同的服務績效。本研究以此三構面依據鐵路營運特性(如雙軌化對於生產效率構面、平均國民所得對生產效果構面與汽車持有率對服務效果構面)，將受評鐵路事業分為兩群體，並針對CCR與BCC等模式之效率值，分別以SPSS10.0統計軟體進行無母數統計之曼-惠特尼-U檢定



(Mann-Whitney-U-test)，以檢定兩群體的分配是否相同，藉此觀察鐵路事業特性對於效率的相關程度。

### 1. 生產效率

在成本構面，為了解鐵路雙(多)軌化與單軌鐵路兩個群體之平均效率值是否存在顯著的差異，因此提出假設一：

$H_0^1$ ：雙(多)軌化與非雙(多)軌化鐵路之營運效率沒有顯著差異。

表 5.24 無母數統計分析－雙(多)軌化與單軌

Model	Mann-Whitney-U 檢定	Z 檢定	p-value
CCR 效率值	30	-1.754	0.079
BCC 效率值	37	-1.305	0.192

本研究對雙軌化程度不及營業里程30%歸類為非雙軌化鐵路，依據國際鐵路聯盟(UIC)資料顯示，本研究中屬於雙軌化的鐵路有奧地利、比利時、丹麥、法國、德國、義大利、荷蘭、瑞士、波蘭、日本、南韓與台灣，非雙軌化鐵路有葡萄牙、西班牙、捷克、匈牙利、羅馬尼亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞、摩爾多瓦與以色列，由表5.24可知，以不同模式的效率值進行M-W-U檢定，結果均大於0.05的顯著水準，表示無法拒絕假設一，即兩群體並無顯著的相關性，故可知本研究所探討的鐵路事業在雙軌化與非軌化鐵路並沒有明顯的效率差異。

### 2. 生產效果

在生產效果面，為了解平均國民所得較高與平均國民所得較低相互間的平均效率值是否存在顯著的差異，因此提出假設一：

$H_0^1$ ：平均國民所得較高與平均國民所得較低之鐵路營運效率沒有顯著差異。

表 5.25 無母數統計分析－平均國民所得較高與平均國民所得較低

Model	Mann-Whitney-U 檢定	Z 檢定	p-value
CCR 效率值	32	-0.180	0.857
BCC 效率值	20	-1.277	0.201

依據IMF(國際貨幣基金)所調查2000~2003之平均國民所得資料，各年均具有高所得與低所得之界定標準，2000年為5220美元，2001年為5180美元，2002年為5140美元，2003年為5520美元，四年平均界定標準為5265美元，高於5265美元的國家所屬之鐵路事業為平均所得較高之鐵路，低於5265美元美元的國家所屬之鐵路事業為平均所得較低之鐵路。由表5.25可知，以不同模式的效率值進行M-W-U檢定，平均國民所得之無母數統計分析漸進顯著性大於0.05，表示無法拒絕假設一，意即該群體並無顯著的相關性。推估其原因，平均國民所得雖為一個國家國民消費能力之指標，惟平均國民所得高的國家，雖然其經貿與旅遊較為頻繁，相對地其經濟成長幅度已達一定水準，且其交通運具較多樣化，鐵路運輸須與航空、公路競爭，而平均國民所得較低的國家，常可見擁擠現象，惟其座位供給量亦與已開發國家尚有差距，且經貿與旅遊活動不若已開發國家頻繁，是以鐵路營運效率與平均國民所得無明顯相關性。

### 3.服務效果

在服務效果面，為了解汽車持有率較高與汽車持有率較低相互間的平均效率值是否存在顯著的差異，因此提出假設一：

$H_0^1$ ：汽車持有率較高與汽車持有率較低之鐵路營運效率沒有顯著差異。

表 5.26 無母數統計分析－汽車持有率較高與汽車持有率較低鐵路事業

Model	Mann-Whitney-U 檢定	Z 檢定	p-value
CCR 效率值	20	-1.949	0.051
BCC 效率值	19.5	-2.008	0.045

根據國際公路聯盟(International Road Federation, IRF)2003年的統

計，汽車持有率係指每千人擁有的車輛數，該車輛包括小汽車、巴士與貨車，但不包含兩輪車輛。該年本研究受評單位除摩爾多瓦屬於低汽車持有率(78輛/千人)，羅馬尼亞(168輛/千人)、台灣(271輛/千人)、以色列(284輛/千人)、斯洛伐克(286輛/千人)、南韓(302輛/千人)等屬於中汽車持有率；其他各DMU均為高汽車持有率。由表5.26可知，以不同模式的效率值進行M-W-U檢定，除BCC效率值之p-value外，CCR模式仍大於0.05的顯著水準，顯示BCC效率檢定結果拒絕假設一，意即兩群體有顯著的差異。

檢定結果顯示，BCC模式下的效率值拒絕假設，觀察汽車持有率較高國家之鐵路事業，國民利用鐵路的機率相對會隨之減少，故建議汽車持有率逐漸增加的國家鐵路事業，除了本業之繼續經營外，需努力利用原有之硬體設備從事附業經營，以填補消費服務產出之不足。

## 5.8 對台鐵的啟示

由前述之績效評比分析得知2000年至2003年間台鐵在Fielding三構面中僅生產效率構面達相對效率，生產效果構面之平均效率值為0.73138，排名第14位，服務效果構面之平均效率值僅0.49757，排名第11位，與相對效率值皆相距甚遠，顯示仍有很大的改善空間。因2003年台灣深受SARS疫情的影響，本研究再增加2004年台鐵資料，以台鐵2000年至2004年之統計資料來探討各構面效率值對台鐵的啟示。

### 1. 生產效率

生產效率係指投入要素(營業里程、客車數、貨車數與員工數)被轉為運輸產出(客車公里、貨車公里)的有效程度，其目的在探討投入與產出間的關係，以反應業者經濟效率、技術效率及內部管理效率，評估重點為業者之營運面效率。

由表5.27可知台鐵的客貨車運用效率均逐年提高，而客車平均載運人數卻逐年降低(2003年受SARS影響)，貨車週轉日數逐年減少。由表5.28可知台鐵為因應全面週休之旅次需求及推出觀光列車，在客車數量

表5.27台鐵歷年運輸效率

年別	客 車 運 用 效 率		貨 車 運 用 效 率		
	平均每客車每日行駛公里(公里)	平均每客車每日載運人數(人)	平均每貨車每日行駛公里(公里)	平均每重車每日載運噸數(噸)	平均每貨車週轉日數(日)
2000年	491	37	82	26.8	2.53
2001年	496	35	78	27.4	2.74
2002年	511	33	99	27.2	2.25
2003年	525	29	92	28.8	2.20
2004年	539	31	98	27.7	2.01

註：資料來源：台鐵企業內網站會計處統計資料。

每客(貨)車平均每日行駛公里=客(貨)車公里/客(貨)車使用延日車數。

每客(重)車公里平均載運人(噸)數=延人(噸)公里/客(重)車公里。

每貨車平均週轉天數=運用車(不含搶修車及守車)/貨車使用車。

並無增加惟增加列車次數使得客車公里隨之增加。而貨物列車方面，2001年因辦理鐵路地下化，致貨源流失至鉅，列車公里亦隨之重挫，2002年因業務萎縮，2003年貨車陸續淘汰，運能降低，貨車公里持續下降。依據台鐵企業內網站會計處之統計資料，至2004年底台鐵客車共計2116輛，平均車齡19.2年，其中自強號及通勤電車全部未超過最低使用年限，而逾齡車582輛(占總輛數27.5%)中以普通車312輛最多(於民國95年3月15日停駛)，其次莒光號239輛，占莒光號總數50.6%；復興號31輛，占復興號總數16.6%；貨車共計2724輛，平均車齡31.5年，且各車種平均車齡皆已超過最低使用年限，顯示老舊情況嚴重，為確保行車安全，逾齡車輛極需汰換。另外，近幾年台鐵動力車可用率均維持在85%左右，惟依據台鐵企業內網站資料，就2000年至2004年行車事故類別觀察，電力機車故障件數除2000、2001年僅次於電車故障件數外，均高居第一，主要是因電力機車平均車齡為24.2年，已超過最低使用年限20年，而20年至未滿30年的機車已逾九成五，使得部分老舊機車之性能鈍化，致故障件數偏高，值得相關單位重視，並應探究原因以謀求改善。台鐵在動力車、客車及貨車均呈現老化的情形下仍能達相對效率，誠屬難能可貴，惟機車與客貨車廂設備在過度飽合的使用情況下卻隱藏著某些風險，如行車安全、機車途中拋錨、客貨車設備故障、救援調度捉襟見肘等不利於服務商旅的負面形象，即在台鐵的營運上屢見不鮮，因此機車與客貨車廂的汰舊換新乃當務之急，另外，加強員工專業知識及技能，提昇車輛調度效率、維修品質

及緊急狀況處理之技術亦刻不容緩，以提供客商最佳的旅運服務運輸工具。

表5.28 台鐵績效評比生產效率構面資料表

年別	投 入 項				產 出 項	
	營業里程 (公里)	客車數 (輛)	貨車數 (輛)	員工數 (人)	客車公里 (百萬公里)	貨車公里 (百萬公里)
2000	1104	2359	3098	16000	64983	6637
2001	1097	2327	2865	15280	66471	6054
2002	1097	2405	3386	14403	69007	5979
2003	1097	2403	2755	13602	69994	5557

資料來源：UIC；本研究整理。

## 2.生產效果

生產效果主要在分析投入資源被客商有效利用的程度，不涉及營運面生產效率，績效重點為業者投入資源(或成本)被客商利用的效果。

在生產效果面，台鐵與其他鐵路事業評比的四年平均效率值為0.73138，排名第十四位，屬於中下的績效。由2003年差額分析表台鐵短期改善目標若無法增加消費服務產出的情況下，則需減少投入數量分別為客車數1077輛、貨車數1825輛與員工數7000人；反之，則應增加消費服務產出延人公里731.01百萬公里、延噸公里1054.65百萬公里，才能達到相對效率。長期改善目標為若無法增加消費服務產出的情況下，則需減少投入數量分別客車數630輛、貨車數2213輛與員工數5000人；反之，則應增加消費服務產出延人公里5581.10百萬公里、延噸公里550.77百萬公里。由表5.29，我們可發現台鐵自2000年至2003年在營運投入方面除員工數逐年減少外變動極小，但被客商利用的情形卻每下愈況。推估其原因，在營運里程的利用方面，由於台鐵為一環島狀的線型鐵路，因人口分佈的不平均，造成區段的使用情形甚為懸殊，如東西幹線的差異，又如三條支線、花東線、南迴線及屏東線的低使用率，皆是影響成本效果效率值的因素；其改善之道，在兼顧環保與發展大眾運輸的方向上，建議政府能考量發展網狀鐵路運輸系統，以減少汽車的使用；台鐵在這些路線則應積極發展觀光以提高使用率。在員工數方面，

表5.29台鐵績效評比生產效果構面資料表

年別	投入項				產出項	
	營業里程 (公里)	客車數 (輛)	貨車數 (輛)	員工數 (人)	延人公里 (百萬公里)	延噸公里 (百萬公里)
2000	1104	2359	3098	16000	10577	1088
2001	1097	2327	2865	15280	10037	923
2002	1097	2405	3386	14403	9666	869
2003	1097	2403	2755	13602	8726	790

資料來源：UIC；本研究整理

台鐵之營運項目中許多客商服務仍以傳統的人工為主，諸如售票、剪收票、旅客嚮導等工作，試問如果一位售票員一天平均待遇新台幣1500元，以目前台鐵售票員的日平均售票量大約為1200張，依此換算一張票就需要1.25元的售票成本，再加上剪收票及旅客嚮導的人事成本可想而知，更遑論其他行車運轉、工務、電務、行政……等其他用人成本，

表5.30台鐵歷年車種別客座利用率

單位：%

年別	總平均 利用率	自強號	莒光號	復興號 (含電車)	普通車
2000年	71.08	93.95	72.14	66.59	24.37
2001年	68.45	84.32	72.19	65.45	25.78
2002年	63.69	79.95	65.85	60.57	21.29
2003年	56.99	72.92	56.66	53.15	18.24

資料來源：台鐵企業內網站

因此台鐵在員工數的使用上應注意其改善，儘量以電腦化來代替人工。人員的使用則要精簡，即人要精，事要簡，才能提高人事效率。客貨車的使用是否在尖離峰的班次尚需調整？或是在編組的運用上尖峰時間過度擁擠離峰時間列車過多？由表5.30可知台鐵客車各車種利用率甚為懸殊，因此建議台鐵應簡化車種，高速列車可改變排班方式(如跳蛙式排班方式)以減少停靠站，尖峰時段或例假日除加開班次外，應加掛編組以增加旅客使用率。貨車的使用由於台北都會區鐵路地下化的影響，使得原本許多管制性運輸的貨物因而流失；又台鐵貨運業務因貨車老舊，且貨車購置計畫奉行政院核定暫緩辦理，運能呈現嚴重不足；貨

運列車行駛時間帶受限，難以配合貨主產銷需求，亦使貨源逐步流失。在改善方法上，由於台灣近幾年公路網的相繼完成，使得公路貨運及門運輸甚為便利與競爭，因而台鐵的貨運開源方向恐較難於短期間有所成效，因此於節流部份，則建議台鐵儘量採集掛方式運輸，減少機動車單機或編組輛數太少的貨物列車車次的行駛，才能節省編組調車、駕駛與維修的人力成本、機動車與貨車車廂的使用耗損，並減少列車之交會與避讓，以提高其他列車之準點率。

### 3.服務效果

台鐵與其他鐵路事業評比的四年平均效率值為0.49757，排名第十一位，屬於中等績效。由2003年差額分析表台鐵短期改善目標在無法增加消費服務產出的情況下，則需減少投入要素數量分別為客車公里43024.50百萬公里、貨車公里為897.38百萬公里；反之，則應增加消費服務延噸公里2891.58百萬公里。長期改善目標為若無法增加消費服務產出，則需減少投入要素數量客車公里44656.61百萬公里、貨車公里2941.23百萬公里；反之，則應增加消費服務27.75百萬公里。

表5.31 台鐵績效評比服務效果構面資料表

年別	投 入 項		產 出 項	
	客車公里 (百萬公里)	貨車公里 (百萬公里)	延人公里 (百萬公里)	延噸公里 (百萬公里)
2000	64983	6637	10577	1088
2001	66471	6054	10037	923
2002	69007	5979	9666	869
2003	69994	5557	8726	790

資料來源：UIC；本研究整理

表5.32 台鐵歷年客運概況

年度	每日平均客 運收入(元)	每日平均 客運人數	每旅客平均 運程(公里)	客座利用率	每日平均客 運列車次數
2000	47,177,705	523,164	55.24	71.08	1,083
2001	44,751,388	509,804	53.94	68.45	1,056
2002	43,038,188	480,386	55.12	63.69	1,083
2003	38,993,247	442,263	54.06	56.99	1,108
2004	41,953,762	460,309	55.55	61.24	1,105

資料來源：台鐵企業網站會計處統計資料，本研究整理

由表5.32觀察，近五年來台鐵客運收入、客運人數及客座利用率均逐年下滑，2001年因多起風災影響，收入出現負成長；2002年雖於北迴線全線電氣化後增開多趟列車，惟因景氣持續低迷、其他交通工具競爭等不利因素影響，營運持續負成長；2003年因配合台灣高鐵南港專案施工被迫停用1個隧道及2條股線、停駛及截短行駛計36列次，以及4~6月份受SARS疫情影響，致運量跌至谷底；2004年運量復止跌回升。近五年平均年減率為3.2%。推估其原因，目前台鐵都會通勤區間客運列車短程票價相較於其他大眾運輸工具(如公車、大眾捷運系統)有偏低之現象，尤以松山—板橋間單一區段票價18元，更是削價營運，導致台鐵此區間之營收依據其統計每年約短少443萬元，又如與運輸型態相類似的捷運比較，從松山到板橋全部里程為14.2公里，捷運票價為35元，而台鐵為18元；台中至彰化全程17.6公里，以捷運費率計算為45元，彰化客運也是45元，而台鐵卻僅27元，對台鐵營收及成本造成極大影響。在長途旅客運輸其票價相較於高速公路的客運公司，則有偏高現象；使得利用的客商無法增加，加上台鐵的車輛又老舊，為維持車輛可用率而無法裁減人員，因而造成惡性循環拖跨台鐵財務；是以，台鐵亟需調整票價(如調整起碼票價，長途客運票價採遞遠遞減制)，才能增加營收與旅客利用率，以因應未來更強大的高鐵運輸競爭。

表5.33台鐵歷年列車準點率

單位：%

年別	客 運 列 車					貨運列車
	總平均	自強號	莒光號	復興號 (含電車)	普通車	
2000	92.90	74.72	71.47	97.74	99.48	99.87
2001	92.41	66.54	73.92	98.36	99.78	99.96
2002	93.28	71.61	77.34	98.29	99.51	99.94
2003	94.24	77.26	79.08	98.60	97.92	99.95
2004	94.92	79.49	82.14	98.79	98.23	99.89

資料來源：台鐵企業網站會計處統計資料，本研究整理

列車準點與否為有效改善服務品質重要指標，就台鐵各車種別準點情形觀察，近五年來，除2001年因受多起颱風侵襲影響，路基受損，導致向來以高速行駛的自強號常於部分路段被迫減速慢行，準點率僅66.5%外，其他各車種平均準點率尚能維持在九成以上，惟由表5.33觀



察，越高級的列車準點率越低，探討其原因，客運列車準點情形常受部分車型車門過小，耽誤旅客上下車、列車的行駛時間及距離長短、列車交會或避讓、號誌故障、列車本身故障以及路線上的妨礙或事故等因素影響，因此，台鐵為樹立良好新形象，應儘速汰換機動車及舊式車廂、早日完成計軸器閉塞裝置以輔助自動閉塞式之臨時故障，停駛夜間列車增加路線及電車線之保養維護，繼續加強宣導民眾搭乘及行經平交道之守法觀念，以提高列車準點及安全，讓民眾恢復對台鐵的信心，才能提昇客商對台鐵的使用率。



## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

本研究以資料包絡分析法(DEA)評估世界鐵路事業於生產效率、生產效果及服務效果三構面的營運績效，以作為鐵路事業規劃營運方向與管理方式之參考。研究對象是由國際鐵路聯盟(International Union of Railways,UIC)會員國中蒐集資料，並由資料齊全的會員國中挑選與台灣交通環境較為接近的國家，共得21個國家的鐵路事業，透過相關與迴歸分析，共挑選出4項投入變數、2項產出變數與2項服務變數以作為評估基礎。

本研究主要研究結論如下：

- 1、在生產效率構面，經評估達相對有效率的鐵路事業有奧地利、丹麥、法國、葡萄牙、西班牙、瑞士、日本與台灣，而德國、斯洛文尼亞與以色列為規模無效率，其中德國為規模報酬遞減應減少投入，斯洛文尼亞與以色列為規模報酬遞增應增加投入；其餘10個無效率鐵路事業為技術無效率與規模無效率所共同造成，應注意營業里程、客車數、貨車數與員工數的成本控制。效率參考組合以奧地利鐵路事業出現最為多次。
- 2、在生產效果構面，經評估達相對有效率的鐵路事業有奧地利、以色列、日本與南韓，而法國、德國、波蘭為規模無效率造成(規模報酬遞減)，應減少投入。比利時等14個鐵路事業因技術無效率與規模無效率共同造成整體無效率，應調整投入要素的成本控制或對原有投入資源的調整營運與再利用以提高效率值。效率參考組合以奧地利鐵路事業出現最為多次。
- 3、在服務效果構面，經評估達相對有效率的鐵路事業僅摩爾多瓦、日本與南韓，無效率的原因由規模無效率造成的有德國與波蘭，其他16個無效率鐵路事業則因技術無效率與規模無效率所共同造成；應注意客貨列車的編組排點與行銷管理。效率參考組合以摩

爾多瓦鐵路事業出現最為多次。

- 4、整體而言，世界各國鐵路事業在生產效率構面的投入與產出較能掌握，因此其效率較佳，而在生產效果構面與服務效果構面則受客商多元運具選擇之影響，各鐵路事業績效有待努力，尤其在服務效果構面績效更有待改善，努力的方向應朝減少客車公里與貨車公里之投入或是增加延人公里及延噸公里之產出。
- 5、Malmquist指數分析，在生產效率構面，各鐵路事業於2000~2003年間Malmquist指數分別為：2000~2001年效率值為1.015呈現衰退，2001~2002年效率值為0.971呈現進步，2002~2003年效率值為0.976呈現進步；生產效果構面，各鐵路事業於2000~2003年間Malmquist指數分別為：2000~2001年效率值為1.007呈現衰退，2001~2002年效率值為0.974呈現進步，2002~2003年效率值為0.982呈現進步；服務效果構面，各鐵路事業於2000~2003年間Malmquist指數分別為：2000~2001年效率值為0.984呈現進步，2001~2002年效率值為1.000持平，2002~2003年效率值為0.977呈現進步。
- 6、亞洲地區的日本，在三個構面均達相對有效率，尤其在效率排序，生產效率與生產效果構面均名列前茅，服務效果構面亦僅次於摩爾多瓦排名第二，雖然其國內高速鐵路之發展堪稱世界之首，惟傳統鐵路營運仍具績效皆是學習標竿。南韓在生產效果面與服務效果面均達相對效率，南韓在近幾年全球性經濟不景氣中逆向成長，運輸市場需求急起直追，間接使鐵路事業營運效率增加。日本在生產效果面與服務效果面之參考集合皆是台灣學習標竿，日本的鐵路發展史亦曾虧損累累，何以其營運效率在各國面臨經濟不景氣即隨之傾倒的情形下仍能屹立不搖？尤其該國傳統鐵路在高速鐵路蓬勃發展的壓力下仍有卓越績效誠屬難能可貴。台灣高鐵即將於今(2006)年10月通車營運，對台鐵之衝擊不言可喻，台鐵應以日本鐵路事業為借鏡，學習如何在驚滔駭浪中屹立不搖，如何找到自己的生存之道。
- 7、本研究探討評比期間之2003年，台灣受SARS疫情影響，國內客運市場於該年四至六月客運人數明顯衰退；SARS疫情對台鐵各車種

之影響尤以自強號最顯著，其次為莒光號，再其次為復興號，台鐵之營運效率亦因而大幅度下滑。在本研究的生產效率構面中可發現台鐵的生產效率是有效的，其團隊已使其投入作最有效的產出，效率排序為第2名，誠屬不易，惟應注意其隱藏的危機，車輛過度飽和的使用而衍生出的問題，所以應加速車輛的汰舊換新。另外，在生產效果構面，台鐵四年平均效率值為0.73138，排名第十四位，屬於中下的績效；在營業里程的利用，對利用率不高的路線應積極發展觀光，客車方面應減化車種，貨車的使用應朝節流方向努力；員工數的改善力求精簡，並朝科技化以提高人事效率。在服務效果構面，台鐵與其他鐵路事業評比的四年平均效率值為0.49757，排名第十一位，屬於中等績效。改善之道，建議台鐵調整票價結構，並積極做好營運設備保養維修，以提昇列車準點率，挽回台鐵的形象，提高客商對台鐵的利用以改善營運績效。

## 6.2 建議

DEA可以作為評估整體效率的有效研究方法，如果能蒐集完整資料，應可對鐵路事業作更廣泛的績效評估，從而發現更多的鐵路問題與改善方向。由於鐵路運輸績效評比項目繁多，本研究限於時間與篇幅未能一一著墨，僅提出建議如下：

- 1、本文研究方法採用DEA評估各鐵路事業之相對效率而非絕對效率，其結果會受所選擇之DMU影響，如果再加入其他或更改受評鐵路事業可能會產生不同結果，所加入的鐵路事業表現越好，各鐵路事業的相對效率值可能會再降低；反之，所加入的鐵路事業表現越差，各鐵路事業的相對效率值可能會再提高，因此在解釋評估結果時應注意此一評比特性。
- 2、差額變數分析之短期與長期改善方向及數值應與其他模式配合應用—本研究僅就模式所得結果進行差額變數分析，以找出各構面之投入指標差額數值，提供短期與長期的改善方向。因為DEA模式中差額分析係以投入為導向，依據投入較小化，產出較大化為原則，所以得到的差額數值以減少投入為目標，在實務上不一定適

當，例如營業里程、客車數與貨車數皆屬沈沒成本，此投入資源往往無法在短時間內減少，因此需以另一種思考方向探討其他投入項目應如何調整，例如人員的再訓練以增加第二專長，然後再精簡人力以減少支出，以配合差額數值的問題。

3、建立鐵路事業相關的資料收集系統—影響鐵路事業營運績效的因素相當繁複，本研究僅就鐵路事業設備投入與產出利用作績效評比，研究過程中發現國外鐵路的相關資料很難取得，例如在UIC的網站只有各鐵路之列車公里並無詳分客車公里、貨車公里，因此必須向UIC購買2000年至2003年客車公里與貨車公里的資料，甚至某些國家某些年度的資料付之闕如，由於資料不完整只好將若干國家鐵路事業刪除，因此也建議政府主管機關或學術單位能建立一套資料收集系統，定期對各國鐵路事業之相關資料，作完整的蒐集與分析，以利了解國外鐵路事業之發展動態，俾利國內鐵路事業參考，並可做為類似鐵路研究的資料。

4、台鐵內部組織績效研究—鐵路事業為一分工極其詳細的運輸事業，台鐵內部營運四大主要部門為運、工、機、電，表面上營運是由運務處主司其職，惟營運設備多由機務處採購，亦因此在車廂的設備上有某些不符客商服務需求，又如事故預防與搶救皆是台鐵內部橫向運作極待探討改善的問題。在縱斷面上台鐵是否有層級過多而導致績效不彰而需加以組織調整再造的問題？凡此種種，皆值後續研究繼續加以探討。

5、繼續鐵路事業績效之研究—本研究以Fielding績效架構研究鐵路事業之營運績效，係就設備投入與產出利用等資料進行評比，採用DEA方法予以評估，可得知各DMU相對績效及其可能改善的空間，惟缺少投入項與產出項之量化關係，若資料能採經濟成本或會計成本，應更能比較出各鐵路事業的財務狀況及其盈虧，建議後續研究可設法探討。

## 參考文獻

### 一、中文部份

- 1.張有恒、丁國樑、王小娥、何志宏、黃國平、凌瑞賢、陳春益、盧海峰、蔡東峻合著，「運輸學」，華泰書局出版，民國82年11月。
- 2.陳敦基、蕭智文，「公路客運總體績效DEA評估模式建立之研究」，運輸計劃季刊，第二十三卷第一期，民國83年3月。
- 3.李怡容、高傳凱、藍武王，「貨櫃基地生產效率之評估：資料包絡分析法」，中華民國運輸學會第十一屆論文研討會，民國85年12月。
- 4.陳俊男，「國籍航空公司營運績效之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國88年6月。
- 5.陳澄隆，「國內定期航運公司營運績效之研究－應用資料包絡分析法(DEA)」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國89年6月。
- 6.許凱翔，「汽車貨物運輸業成本函數之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國89年6月。
- 7.陳永志，「使用資料包絡分析法評估我國資訊服務業之經營效率」，國立交通大學科技管理研究所碩士論文，民國89年10月。
- 8.林煥堂，「台鐵關鍵經營改善策略之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國90年7月。
- 9.童宗傑，「台灣地區新銀行經營績效比較分析：資料包絡分析法之應用」，國立中山大學經濟學研究所碩士論文，民國90年7月。
- 10.林炳文，「臺灣地區商業銀行合併效率性之分析：資料包絡分析法的應用」，臺灣管理學刊，第一卷第二期，民國91年2月。
- 11.鄭雪萍，「台鐵成本結構及生產力變化之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國91年6月。
- 12.黃芸珊，「使用資料包絡分析法探討臺灣地區加油站之經營效率」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國91年6月。
- 13.林村基、藍武王，「鐵路運輸之生產力效率分析：DEA與SFA方法之比較」，運輸學刊，第十五卷第一期，民國92年3月。
- 14.陳彥蘅「國內空運航線別之經營績效評估－資料包絡分析法」，逢甲大學

- 交通工程與管理學系碩士班碩士論文，民國92年6月。
- 15.高強、黃旭南、末吉俊幸，「管理績效評估—資料包絡分析法(Management Performance Evaluation—Data Envelopment Analysis)」華泰文化事業公司，民國92年7月。
  - 16.游智超，「應用資料包絡分析法評估國籍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研究所碩士論文，民國92年7月。
  - 17.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」，逢甲學報，民國92年。
  - 18.吳忠岳，「台鐵車站生產效率分析」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國92年7月。
  - 19.「台鐵兼具都會區捷運功能暨增設通勤車站評估規劃(定案報告)」，財團法人中華顧問工程司，民國92年11月。
  - 20.邱裕鈞、陳彥蘅，「應用資料包絡分析法評估國內空運航線別經營績效」，中華民國運輸學會第18屆論文研討會，民國92年12月。
  - 21.鄭永祥，「鐵路組織變革模式之分析—以日、德、法、英為例」，中華民國運輸學會第十八屆論文研討會，民國92年12月。
  - 22.馮正民、邱裕鈞，「研究分析方法」建都文化事業股份有限公司，民國93年6月。
  - 23.林立千、陳怡君，「亞洲地區國際機場之營運效率評估資料包絡分析法之應用」，運輸學刊第十六卷第二期，民國93年6月。
  - 24.黃承傳、鍾政棋，「資料包絡分析法應用於散裝航運公司營運績效之評估」，運輸學刊第十六卷第二期，民國93年6月。
  - 25.林玉珊，「運輸倉儲業經營績效之評估」，國立高雄第一科技大學運輸與倉儲營運系碩士論文，民國93年6月。
  - 26.張晃銘，「臺灣區自來事業績效評估—資料包絡分析法的應用」，真理大學管理科學研究所在職碩士專班碩士論文，民國93年6月。
  - 27.民國93年「台鐵旅客意向調查報告」，交通部台灣鐵路管理局會計處。
  - 28.黃承傳、郭建男，「亞太地區主要貨櫃港埠營運績效之評估」，中華民國運輸學會第十九屆論文研討會，民國93年11月。
  - 29.王榮祖、盧芸聖、陳雲萍，「國內線航空公司營運績效評估之研究-灰色關聯分析與資料包絡分析法之應用」，中華民國運輸學會第十九屆 論

文研討會，民國93年11月。

- 30.鄭永祥、陳意瑜、許鴻輝，「DEA方法應用於國際快遞業者績效評估之研究-以DHL,FedEx,UPS為例」，中華民國運輸學會第十九屆論文研討會，民國93年11月。
- 31.周明道、李選士，「應用DEA\TOPSIS評估亞太地區國際港口效率」，中華民國運輸學會第十九屆論文研討會，民國93年11月。
- 32.陳冠羽，「高鐵興建通車後，台鐵在整體運輸的角色與功能」，台鐵通訊，民國94年7月。
- 33.李選士、朱經武、劉芸利，「以資料包絡分析法評估亞洲地區國際貨櫃港經營績效之研究」，中華民國運輸學會第二十屆論文研討會，民國94年11月。

## 二、英文部份

- 1.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, No. 9.
- 2.Bowlin, W.F., Charnes, A. and Cooper, W. W. and Sherman, H.D.(1985), “Data Envelopment Analysis and Regression Approaches to Efficiency Estimation and Evaluation,” *Annals of Operational Research*, Vol.2, pp.113-138
- 3.Cantos, P. and Maudos, J.(2001), “Regulation and Efficiency: the Case of European Railways,” *Transportation Research A.*, Vol.35, pp459-472.
- 4.Charnes, A.and Cooper, W. and Rhodes, E.(1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Unit,” *European Journal of Operational Research*, Vol.2, No.6, pp.429-444.
- 5.Coelli, T.J.(1995), “Recent Development in Frontier Modelling and Efficiency Measurement.” *Australian Journal of Agricultural Economics*. Vol.39, No3.pp219-245.
- 6.Coelli, T.J(1996a), “A Guide to Deap Version 2.1: A Data Envelopment Analysis(Computer)Program”,CEP A Working Paper No. 8/96, Department of Econometrics, University of New England.
- 7.Coelli, T.J. & Satbir Singh, Euan Fleming(2000),“Efficiency and Productivity



- Analysis of Cooperative Dairy Plants in Haryana and Punjab States of India” Graduate School of Agricultural and Resource Economics, University of New England.
8. Cooper, W. W., Park, K. S. and Yu, G (1999) , “IDEA and AR-IDEA: Models for Dealing with Imprecise Data in DEA,” *Management Science*, Vol.45, No. 4.
  9. Farrell, M.J.(1957), “The Measurement of Productive Efficiency,” *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, Vol.120, No.2, pp.255-270.
  10. Fielding, G. J.(1987), *Managing Public Transit Strategically*, Jossey-Bass, Inc., San Francisco.
  11. Jones Ian(2000), “Development in Transport Policy The Evolution of Policy Towards On-Rail Competition in Great Britain”, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol.34, pp371~384.
  12. Kazushige Terada (2001), “Railway in Japan—Public & Private Sector”, *Japan Railway & Transport Review*, Vol 27, pp48-55.
  13. Lan, L.W. and E.T. Lin (2005), “Measuring railway performance with adjustment of environmental effects, data noise and slacks,” *Transportmetrica*, Vol. 1, No. 2, pp.161-189.
  14. Lan, L.W. and E.T. Lin(2006), “Performance Measurement for Railway Transport: Stochastic Distance Functions with Inefficiency and Ineffectiveness Effects,” *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 40, No. 3.
  15. Leong, W.H. and Brian Dollery(2002), “The Productive Efficiency of Singapore Banks: An Application and Extension of The Barr Et Al (1999) Approach” School of Economics, University of New England.
  16. Lin, T.J.(2004) “Productive Efficiency, Service Effectiveness, Productivity and Sales Force Measurements for Rail Transport Industry” Ph. Dissertation National Chiao Tung University.
  17. Loizides J. and Tsionas, E.G.(2002), “Productivity Growth in European Railways : A New Approach,” *Transportation Research, Part A* 36, pp.633-644.

- 18.Oum,T.H., W.G.Waters II and Yu, C.(1999), “A Survey of Productivity and Efficiency Measurement in Rail Transport,” *Journal of Transport Economics and Policy*, 33, Patr 1, pp.9-42.
- 19.UIC,(2000-2003),International Railway Statistics, Paris.
- 20.Joe Zhu(2002), “Quantitative Models For Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver” Worcester Polytechnic Institute, U.S.A.



附錄一、2000 年各 DMU 投入、產出與消費資料表

DMU	投入項目				產出項目		消費項目	
	營業里程 (公里)	客車數 (輛)	貨車數 (輛)	員工數 (千人)	客車公里 (百萬公里)	貨車公里 (百萬公里)	延人公里 (百萬公里)	延噸公里 (百萬公里)
奧地利(ÖBB)	5683	3789	18415	50.7	88130	49470	8206	16,299
比利時(SNCB)	3471	4202	13385	41.4	77120	18434	7755	7,674
丹麥(DSB)	2047	1384	2236	9.7	54971	5805	5381	2,087
法國(SNCF)	32515	17869	46359	175.2	373413	154744	69571	55,448
德國(DB AG)	36588	17066	131178	222.2	739800	225500	74387	76,815
義大利(FS SpA)	16178	14359	74795	109.5	251831	58193	43752	22,815
荷蘭(NS N.V.)	2802	4587	3331	24.7	120836	8505	14760	3,819
葡萄牙(CP)	2814	1732	3931	6.3	31775	7969	3632	2,183
西班牙(RENFE)	12310	4495	18563	33.7	128477	39009	16547	11,542
瑞士(SBB)	2902	3215	13021	28.3	93300	31400	12835	10,786
捷克(CD)	9365	6218	47768	86.1	98422	40918	7266	17,220
匈牙利(MÁV Rt.)	7784	3528	20604	55.1	76671	16312	6915	6,946
波蘭(PKP)	22560	11027	94355	182.8	167581	87917	19706	54,015
羅馬尼亞(CFR)	11364	6385	106093	104.8	67500	29752	11632	16,401
斯洛伐克 (ZSSK)	3662	2634	22175	46.7	35853	20449	2870	11,234
斯洛文尼亞(SZ)	1202	575	5952	9.0	10943	7541	705	2,596
摩爾多瓦(CFM)	1139	612	10577	12.3	2592	1095	315	1,538
以色列(IsR)	925	196	814	1.2	4034	1498	781	1,173
日本(JR)	20165	30265	9860	172.2	697484	73740	240793	22,313
南韓(KNR)	3123	4258	8388	29.4	81044	27504	28097	10,803
台灣(TRA)	1104	2359	3098	16.0	64983	6637	10577	1,088

附錄二、2001 年各 DMU 投入、產出與消費資料表

DMU	投入項目				產出項目		消費項目	
	營業里程 (公里)	客車數 (輛)	貨車數 (輛)	員工數 (千人)	客車公里 (百萬公里)	貨車公里 (百萬公里)	延人公里 (百萬公里)	延噸公里 (百萬公里)
奧地利(ÖBB)	5,683	3701	18,430	48.5	84378	47926	8,240	16,555
比利時(SNCB)	3,454	4203	14,309	41.8	76224	17817	8,038	7,080
丹麥(DSB)	2,047	2008	2,236	8.4	58148	5261	5,548	2,068
法國(SNCF)	29,445	17887	45,512	177.4	380571	144303	71,209	50,396
德國(DB AG)	35,986	23460	131,377	181.3	694555	200970	73,924	74,450
義大利(FS SpA)	16,035	13433	59,216	104.0	251553	57899	46,675	21,763
荷蘭(NS N.V.)	2,809	4587	3,331	24.7	111800	7458	14,392	3,834
葡萄牙(CP)	2,814	1627	3,948	6.1	30465	7687	3,692	2,138
西班牙(RENFE)	12,310	4460	17,941	32.9	132905	38913	19,190	11,667
瑞士(SBB)	2,986	3252	13,121	28.3	100700	31100	13,365	10,534
捷克(CD)	9,444	6776	39,699	84.1	100870	39613	7,262	16,557
匈牙利(MÁV Rt.)	7,729	3522	19,600	54.3	80555	16104	7,261	6,647
波蘭(PKP)	20,134	10818	96,758	158.8	161529	80235	18,208	47,656
羅馬尼亞(CFR)	11,364	6348	91,858	101.4	67911	29210	10,965	15,899
斯洛伐克 (ZSSK)	3,662	2259	19,537	44.5	35557	20209	2,805	10,929
斯洛文尼亞(SZ)	1,229	590	5,655	9.1	11533	7347	715	2,600
摩爾多瓦(CFM)	1,121	591	11,099	12.7	2664	1445	325	2,049
以色列(IsR)	684	193	747	1.2	4829	1550	961	1,096
日本(JR)	20,160	25440	9,761	157.1	697781	75839	240,658	21,800
南韓(KNR)	3,125	3974	13,224	29.6	77560	26871	29,288	10,492
台灣(TRA)	1,097	2327	2,865	15.3	66471	6054	10,037	923

附錄三、2002 年各 DMU 投入、產出與消費資料表

DMU	投入項目				產出項目		消費項目	
	營業里程 (公里)	客車數 (輛)	貨車數 (輛)	員工數 (千人)	客車公里 (百萬公里)	貨車公里 (百萬公里)	延人公里 (百萬公里)	延噸公里 (百萬公里)
奧地利(ÖBB)	5,647	3,567	17,736	46.9	84,518	46,922	8,300	17,626
比利時(SNCB)	3,518	4,177	15,186	42.5	76,850	17,901	8,260	8,363
丹麥(DSB)	2,047	2,155	4,403	8.0	59,140	5,201	5,490	1,867
法國(SNCF)	29,352	18,038	41,602	177.5	396,840	143,910	73,227	50,036
德國(DB AG)	35,804	23,656	107,783	162.5	725,483	211,231	69,296	72,423
義大利(FS SpA)	15,985	12,602	49,661	102.6	253,940	57,388	45,956	23,060
荷蘭(NS N.V.)	2,806	4,715	2,099	23.0	107,400	7,591	14,288	3,685
葡萄牙(CP)	2,881	1,541	3,857	5.5	30,159	7,435	3,683	2,585
西班牙(RENFE)	12,298	4,546	16,799	31.9	134,086	38,630	19,480	13,253
瑞士(SBB)	2,959	4,131	12,034	27.8	103,600	30,200	14,248	9,732
捷克(CD)	9,499	6,074	36,389	81.8	103,347	37,135	6,562	17,042
匈牙利(MÁV Rt.)	7,728	3,587	18,653	53.1	80,625	15,727	7,387	6,581
波蘭(PKP)	20,223	10,162	95,379	143.3	161,452	75,512	17,310	46,560
羅馬尼亞(CFR)	11,364	6,397	88,843	87.8	65,448	30,655	8,502	14,867
斯洛伐克 (ZSSK)	3,662	2,549	18,604	43.6	35,590	18,053	2,682	10,383
斯洛文尼亞(SZ)	1,229	612	5,367	8.9	11,465	7,624	749	2,834
摩爾多瓦(CFM)	1,120	613	9,303	13.3	2,661	2,048	355	2,715
以色列(IsR)	676	237	677	1.5	5,911	1,652	1,116	1,100
日本(JR)	20,158	30,091	9,523	154.9	696,487	74,098	241,133	21,950
南韓(KNR)	3,129	6,222	8,882	30.3	76,652	30,640	28,787	10,784
台灣(TRA)	1,097	2,405	2,386	14.4	69,007	5,979	9,666	869

附錄四、2003 年各 DMU 投入、產出與消費資料表

DMU	投入項目				產出項目		消費項目	
	營業里程 (公里)	客車數 (輛)	貨車數 (輛)	員工數 (千人)	客車公里 (百萬公里)	貨車公里 (百萬公里)	延人公里 (百萬公里)	延噸公里 (百萬公里)
奧地利(ÖBB)	5,655	3418	16,094	45.7	85,254	46,089	8,150	17,852
比利時(SNCB)	3,521	4118	14,616	41.9	79,789	16,750	8,265	8,306
丹麥(DSB)	2,273	1933	4,403	8.5	56,672	5,201	5,397	1,888
法國(SNCF)	29,269	17957	37,522	174.8	385,329	130,434	71,937	46,835
德國(DB AG)	36,044	24898	103,256	249.3	709,794	172,842	69,535	73,951
義大利(FS SpA)	15,965	10514	49,155	101.9	262,688	58,805	45,221	20,297
荷蘭(NS N.V.)	2,812	4680	1,807	23.2	138,480	7,450	13,848	4,026
葡萄牙(CP)	2,818	1521	3,509	5.1	29,198	7,188	3,585	2,072
西班牙(RENFE)	12,829	4583	16,046	31.0	134,987	39,050	19,309	13,668
瑞士(SBB)	2,990	4078	12,171	27.1	106,236	27,272	12,290	9,341
捷克(CD)	9,501	6054	35,615	78.6	111,206	36,937	6,483	17,069
匈牙利(MÁV Rt.)	7,730	3322	18,289	48.0	79,087	15,480	7,300	7,568
波蘭(PKP)	19,900	10015	79,679	138.2	155,191	75,035	19,643	47,394
羅馬尼亞(CFR)	11,364	6383	60,729	77.8	66,510	28,241	9,290	14,647
斯洛伐克 (ZSSK)	3,657	2309	17,470	41.6	30,828	16,213	2,316	10,117
斯洛文尼亞(SZ)	1,229	546	4,315	8.5	11,626	7,772	777	3,274
摩爾多瓦(CFM)	1,111	611	8,723	14.8	2,713	2,223	352	3,000
以色列(IsR)	483	318	640	1.6	6,346	1,651	1,278	1,112
日本(JR)	18,491	29892	9,139	144.4	700,248	72,292	241,160	22,600
南韓(KNR)	3,140	6736	9,265	29.0	77,404	30,852	28,562	11,057
台灣(TRA)	1,097	2403	2,755	13.6	69,994	5,557	8,726	790