

世界各主要國家高速鐵路公司 營運績效評估之研究

PERFORMANCE EVALUATION OF HIGH-SPEED RAILWAY COMPANIES IN MAJOR COUNTRIES WORLDWIDE

黃俊穎

健行科技大學企業管理系助理教授

吳泰熙*

國立臺北大學企業管理系教授

簡呈企

台灣本田股份有限公司客戶服務處專員

Chun-Ying Huang

*Assistant Professor, Department of Business Administration,
Chien Hsin University of Science and Technology*

Tai-Hsi Wu

*Professor, Department of Business Administration,
National Taipei University*

Chen-Chi Chien

*Specialist, Customer Service Division,
Honda Taiwan Company Limited*

摘要

高速鐵路因為具有安全、快速且大量運輸旅客之特性，串起了城市與城市間更為緊密的溝通，目前已經成為各國政府在規劃其運輸網路的重要選項。由於興建高速鐵路的成本較一般鐵路高出許多，如何有效率地透過營運後的績效表現來盡速回收其在

*通訊作者，地址：新北市三峽區大學路 151 號，電話：(02)8674-1111 轉 66574
Email：taiwu@mail.ntpu.edu.tw

興建時期的投資成本，考驗著各國高速鐵路公司的營運管理能力。本文首先以國際鐵路聯盟（UIC）所公布之高速鐵路會員國進行資料蒐集，並參考相關文獻找出投入項變數、產出項變數、及環境變數以做為評估基礎。除了使用傳統資料包絡分析法來對世界各國高速鐵路公司之營運績效進行評比外，亦使用了三階段資料包絡分析法來排除環境因素對於受評單位可能帶來的干擾，以求算出更為公允之技術效率值。由分析結果來看，台灣高速鐵路公司三年平均之技術效率與純技術效率值雖然皆位於荷蘭與日本之後，但仍處於領先族群，優於南韓、德國、及法國等國。此外，我們比較排除環境因素前後之差異後發現，效率值確實有顯著之差異，例如排除環境變數導致之影響後，台灣高速鐵路公司三年之效率值皆為 100%，顯示本文所選取之環境變數對於高速鐵路公司之營運效率有重大之影響，此項結果可做為其他即將投入高速鐵路產業之國家作為整體環境評估的參考。

關鍵字：高速鐵路、績效評估、資料包絡分析法、環境變數

ABSTRACT

Due to the characteristics of safety, high speed and capability of transporting high volume of passengers, high-speed railway has shortened the length of physical geography and played as a role of connectors between cities. It now has become the preference of governments around the world to design its transportation network. However, the cost of constructing a high-speed railway is very expensive, how to turn into a benchmarking company is a very critical issue for every manager of high-speed-rail companies. This paper first applies the traditional data envelopment analysis (DEA) model, then employs the three-stage DEA models to assess the performance of major high-speed-rail companies in the world. The effects of environmental factors to the performance of high-speed-rail companies are examined as well. Results from empirical analyses show that even the three-year average technical efficiency and pure technical efficiency of the Taiwan High Speed Rail Corporation (THSR) fall behind Netherlands and Japan, it is still better than South Korea, Germany, France and other countries. In addition, it is discovered that when environmental factors are excluded from the DEA model, the resulting performance scores are significantly better than the situation when they are included in the model. This indicates the environment variables we suggest in this paper have a significant impact on the operating efficiency of a high-speed-rail company.

Keywords: High-Speed Railways, Performance Evaluation, DEA, Environment Variable

壹、緒論

隨著世界經濟的高度成長，民眾的互相往來日趨頻繁，城際運輸需求也快速增加，方便又快速的高速鐵路成為各國政府下一個建設目標。根據國際鐵路聯盟（International Union of Railways, UIC）的定義，高速鐵路指的是透過改造原有線路使其設計速度達到 200 公里 / 小時，或新建線路的設計速度達到 250 公里 / 小時以上的鐵路。近年來，世界各國爭相投入高速鐵路（high-speed railway, HSR）之建設，而台灣也在 2007 年 1 月成為高速鐵路的成員之一。根據國際鐵路聯盟（UIC）於 2013 年所公布之資料顯示，包含最早營運的日本（1964）在內，現今全世界共有 14 個國家擁有高速鐵路（表 1），而同時亦有 8 個國家計劃或是正在興建其高速鐵路。

高速鐵路利用快速且具有大量運輸旅客之特性，串起了城市與城市間更為緊密的溝通，然興建高速鐵路的成本亦較一般鐵路高出許多。舉例來說，由法國國鐵所公布的年報得知法國第一條高速鐵路（TGV）由巴黎到里昂的 Sud-Est 線，每公里的建造成本高達 4 百萬美元；而台灣高速鐵路公司所公布的（THSR）每公里興建成本亦高達新台幣 13 億元。由此可知興建高速鐵路的鉅額成本往往成為許多國家遲遲未加入之因素，因此如何有效率地透過營運後的績效表現來盡速回收其在興建時期的投資成本，亦考驗著各高速鐵路公司的營運管理能力。

資料包絡分析法（data envelopment analysis, DEA）是由 Charnes, Cooper, and Rhoades（1978）所提出一種用於評估生產效率的分析方法。其以柏瑞圖最適觀念（Pareto optimality）為依據，透過資料包絡之觀念並且利用線性規劃模式（linear programming, LP）自動求算出各受評單位（decision making unit, DMU）最適之權重分數，客觀地結合多投入項（input）與多產出項（output），轉換成一綜合性的相對效率值，用以衡量受評單位資源使用績效之優劣。資料包絡分析法依規模報酬固定與否，可分成固定規模報酬的 CCR 模式與變動規模報酬的 BCC 模式兩種。其中，固定規模報酬係指投入量以等比例增加時，產出量亦以等比例增加，而變動規模報酬則否；此外，依決策單位（DMU）對於投入項控制能力的強弱，任一 DEA 模式在進行評估時，可進一步細分為投入導向與產出導向兩種類型。一般而言，營利組織因對人員、預算...等投入資源具有較高的彈性，故較適用投入導向模型，而非營利組織則較適用產出導向模型（Lovell, 1993）。

表1 擁有高速鐵路相關之國家一覽表

營運中		規劃興建中	
土耳其	南韓*	巴西	摩洛哥
中國	美國*	印度	俄羅斯
日本*	英國*	沙烏地阿拉伯	瑞典*
比利時*	荷蘭*	波蘭	葡萄牙*
台灣*	瑞士*		
西班牙*	義大利*		
法國*	德國*		

註：*代表已開發國家（世界銀行）。

資料來源：International Union of Railways（2013）。

資料包絡分析法發展初期主要應用於非營利機構或政府部門間之營運績效衡量（Carrington, Puthuchery, Rose, & Yaisawarng, 1997），爾後被廣泛地應用在其他事業領域上，諸如：應用於公部門方面，法院間的績效表現（王國樑、張美玲、陳麗雪，2009）、學校間的評比（Lovell, Walters, & Wood, 1994）或是警政機關之績效表現（Wu, Chen, & Yeh, 2010）等。另外，應用於私部門方面，諸如：銀行分行間之績效表現（Pastor, 2002）、壽險公司經營效率之研究（傅珮珮，2010）或是美國職棒球隊間之經營績效表現（劉興華，2010）等。亦見於跨國間的比較，例如歐洲各國鐵道公司之營運績效（Yu & Lin, 2008）、亞太地區貨櫃港埠之績效表現（曾文君，2007），或是亞太地區機場之營運效率（王東琪，1999）等。吳濟華、何柏正（2008）認為資料包絡分析法由於具有下列特性，故成為近年來最受歡迎與廣泛運用的績效評估方法：

1. 可處理多項投入、多項產出之評估問題、且無須預設生產函數之型式，亦無需估計函數之參數。
2. 以單一數值表示被評估之投入、產出項間的關係，且此數值顯示的是與其他 DMU 之相對效率，而非絕對效率，因此符合客觀性。
3. DEA 能處理各種不同計量單位的投入與產出要素，且無須預先賦予加權值。此點為與傳統效率評估法最大之差異。
4. DEA 模式中的權重係由數學規劃模式求算而得，不包含人為主觀的成分在內，因而能滿足立足點的公平原則。
5. DEA 可同時處理定量資料與定性資料，故在資料處理上較具彈性。
6. DEA 對於組織外的環境變數亦可加以處理，因此 DEA 方法可同時評估不同環境下受評單位之效率。

7. DEA 模式能夠提供組織相關的改善資訊，即模式評估結果能告知無效率的單元應減少多少投入或是增加多少產出，才能由原先無效率的狀況達到最有效之情形，故可提供管理者擬定改善方案時的決策參考。

國內外已經有許多學者將 DEA 運用於不同運輸領域，例如：航空運輸（Merkert & Hensher, 2011）、鐵道運輸（Merkert, Smith, & Nash, 2010）、公路運輸（Nolan, Ritchie, & Rowcroft, 2002）等。至於在高速鐵路運輸方面，因相關產業發展較晚以及興建時的巨額成本使得投入國家數量較少之因素，並未有太多學者在此部分加以著墨。此外，由於傳統 DEA 模式中僅利用投入項以及產出項之選定來計算其效率值，所求之效率值包含了許多環境變數（environmental effects）所導致的干擾在內，效率值偏低之受評單位可能受到環境因素的影響，而非單純乃由管理無效率所致，因此許多學者紛紛提出多階段 DEA 來修正環境因素干擾之缺點。一般而言，多階段 DEA 模式可分為(a)二階段 DEA 模式、(b)三階段 DEA 模式，二者之主要差異在於：對於具有超優環境指數之 DMU，三階段 DEA 模式將會予以剔除，並不會效率納入參考集合，而二階段 DEA 模式則否。在此情況下，吾人實難以客觀分析一具有高效率之 DMU，究竟為管理階層之經營能力所致、抑或是超優環境指數所造成，因此，本文希望藉由三階段 DEA 模式，利用各國高速鐵路公司所公開的客觀數據來檢視其營運績效，以瞭解各主要高速鐵路國家之營運效率，除可提供各高速鐵路公司一個綜合客觀之績效評估結果，亦期望能提供各高速鐵路公司未來營運策略之改善方向，有效提升其競爭力。本文後續安排如下：第二節針對國內外利用資料包絡分析法研究鐵道運輸之相關文獻，進行蒐集整理，以作為選定相關投入變數、產出變數與環境變數之依據；第三節針對本文所採用的 DEA 模式進行介紹與說明；第四節則進行實證分析及結果討論；最後提出本文之研究結論以及供後續研究之建議。

貳、文獻探討

鐵道運輸產業早在 1825 年就已經如火如荼地展開，高速鐵路運輸則於 1964 年才開始加入營運，直到 1990 年代才開始於全世界興盛，為高速鐵路發展之高峰期。因為其發展時間較鐵道運輸落後許多，加上興建高速鐵路所需的巨額成本，使得投入高速鐵路產業的國家數量不如鐵道運輸，因此亦較少學者著墨於此領域之研究，故本文之投入變數、產出變數以及環境變數皆以同為軌道運輸之鐵道運輸部分加以調整，以適用於高速鐵路運輸。

一、傳統 DEA 模式之文獻

近年來，隨著路網逐漸成形以及經濟快速發展，國營鐵路公司規模有愈趨擴大跡象。然而，規模愈大的公司卻不盡然擁有較高的經營效率，於是 Merkert et al. (2010) 在變動規模報酬之前提下，利用 DEA 評估法分析 2006~2007 年英國、德國以及瑞士 3 個國家的鐵路公司。研究結果發現德國國家鐵路 (German DB) 是在規模報酬遞減 (decreasing returns to scale, DRS) 的狀態下進行營運。換言之，德國國鐵並沒有因為其為市場上規模最大的公司而得利；相反地，專注於經營阿爾卑斯山特定市場的鐵路公司反而擁有較高的效率。此外，「國家鐵路」因其由國家主導經營，為服務偏遠地區的居民，必須不斷擴大其路網，即使虧損的路線還是必須行駛，故多利用公共補貼 (public subsidy) 方式。但 Oum and Yu (1994) 的研究成果認為國營鐵路公司，如果長期依賴政府所提供的補貼金額來營運，和相對依賴政府補貼程度較低的鐵路公司而言，長期依賴政府補貼的鐵路公司之營運效率值有相當程度的顯著低於依賴程度較低的鐵路公司。

Growitsch and Wetzel (2009) 探討鐵路範疇經濟 (economies of scope) 的影響，以 2000~2004 年歐洲 27 個國家作為研究對象，其研究成果發現綜合性的鐵路公司，例如：法國 SNCF、德國 DB，較其他單一鐵路公司擁有較高的效率值，而且約有 70% 的鐵路公司具有範疇經濟，顯示出鐵路公司朝向多元化發展將有助於整體營運效率的提升。

Yu and Lin (2008) 評估 20 間鐵路公司在 2000 年之橫斷面資料。鑒於過去文獻都僅針對技術效率 (TE) 進行研究，忽略在消費端任何可能產生不具效率之活動，因此他們提出一個「多元活動網路 DEA 模型 (multi-activity network DEA, MNDEA)」，用以將效率分成旅客技術效率 (PTE)、貨運技術效率 (FTE)、服務效果 (SV) 以及技術效率 (TV) 四個部分。其研究結果顯示，此模型的結果能夠更準確地將技術效率做細部劃分，以供不同管理單位作為參考。

Movahedi, Saati, and Vahidi (2007) 對於伊朗本土國家鐵路於 1971~2004 年的跨期間資料進行研究，發現 1971~1995 年間因為有伊斯蘭革命 (Islamic revolution) 的影響，沒有一年達到相對有效率之水準。之後從 1995~2004 年間，除 2000 年未達效率水準 100% 之外，其餘皆達到相對有效率之水準。作者認為會有如此大幅度之進步，主因為這些國家對於過境貨物採高額課價與管理方式的提升等方式有關，故一個國家的整體穩定程度與經濟發展會影響鐵路的運作效率，可作為環境因素選取之參考。

George and Rangaraj (2008) 對印度本土鐵路區域的運作效率進行研究，將印度本土分成 16 個區域，以 1998 年、1999 年、2004 年以及 2005 年四個年度資料作為評

估依據。其結果顯示印度東南區域的營運效率最高，最適合當作其他區域運作的參考指標。

上述文獻之研究方法、投入項與產出項之選擇，整理如表 2 所示。

二、多階段 DEA 模式之文獻

傳統 DEA 模式中僅利用投入項以及產出項之選定來計算其效率值，所求之效率值可能包含了許多環境變數所導致的干擾在內，因此效率值偏低之受評單位可能受到環境因素的影響，而非單純乃由管理無效率所致，故考量環境因素干擾之多階段 DEA 乃孕育而生。

Lan and Lin (2003) 利用多階段 DEA 評估法來評估世界各國之 76 家鐵路公司旅客及貨運兩方面的效率值，其發現鐵道路網的長度不盡然與其效率值呈現正相關，亦即，路網長度並非愈長愈好，平均長度介於 2000 公里到 3000 公里的長度最能達到規模經濟。此外，作者亦發現外部因素對於鐵路公司營運效率值有著重大的影響，這些因素包含鐵路電氣化的程度、人口密度以及國內生產毛額 (GDP)，排除這些因素後的效率值，才能真正反映出這家鐵路公司的管理效率。

吳忠岳 (2003) 以 2001 年全台各地 214 個車站作為研究對象，分別利用 DEA 與隨機前緣分析法 (SFA) 衡量台灣各地車站之效率值。該研究將隨機前緣分析樣本分為西部幹線以及東部幹線兩群，並以最大概似估計法求解。結果顯示在影響車站效率因素方面，以車站營運環境變數最為顯著，而人力素質及車站電腦化與自動化變數則較為不顯著。

林村基、藍武王 (2003) 對於全世界 44 間鐵路公司 1995~2001 年間跨期連續資料進行營運績效評估，利用傳統 DEA 評估法及 SFA 三階段評估法用以去除環境因素對效率值的干擾，以達純管理效率值。研究結果顯示，世界主要鐵路公司因為公路以及機場的普及，使得整體營運績效普遍下滑。

Hilmola (2007) 探討 1980~2003 年世界各國鐵道貨運運輸之營運效率，以世界銀行 (World Bank, WB) 所收集資料為主，並以世界前 90 大鐵路公司作為研究對象。其研究結果顯示，研究期間各國間整體鐵道貨運運輸呈現出極大之差距而且效率值普遍呈現偏低之狀況。因此，在效率值偏低之國家必須透過國家力量重整其路網以及開發新的運作模式，例如鬆綁管制以及將其國有鐵路私有化增加其營運彈性。最後作者提到不論在民營或是國營，管理階層皆必須注意持續不斷的投入，以滿足貨運運輸基本之需求，但在投入的同時，也必須同時衡量成本效益之分析。

上述文獻之研究方法、投入 / 產出項與環境變數之選擇，整理如表 3 所示。

表 2 鐵道運輸績效評估之文獻

作者	研究主題與期間	投入項	產出項	評估模式
Merkert et al. (2010)	43 家鐵路營運公司績效評估	營運成本 員工數	車輛里程 客座里程 載貨里程	兩階段 DEA
Coelli & Perelman (2000)	17 家鐵路營運公司績效評估 1979~1983 年跨期間連續資料	員工數 能源消耗量 營運長度	客座里程 貨運里程	CCR 模式、 BCC 模式
George & Rangaraj (2008)	印度國內 16 個地區鐵路營運績效 評估 1998、1999、2004 與 2005 年跨期 間資料	營運成本 列車馬力 火車頭數目 員工數	旅客人次 客座里程 貨運里程	CCR 模式
Growitsch & Wetzel (2009)	54 間歐洲鐵路公司營運績效評估 2000~2004 年跨期間連續資料	員工數 列車數 營運成本 營運長度	列車里程 客座里程 貨運里程	CCR 模式
Yu & Lin (2008)	20 間鐵路公司營運績效評估 2000 年單期橫斷資料	員工數 營運長度 貨運重量	列車里程 客座里程 貨運里程	MNDEA 模式
Movahedi et al. (2007)	伊朗鐵路營運績效評估 1971~2004 年跨期間連續資料	貨車數 客車數 營運長度 員工數 營運支出	客座里程 貨運里程 營運收入	CCR 模式

表 3 多階段鐵道運輸績效評估之文獻

作者	研究主題與期間	投入產出項	環境變數	評估模式
Lan and Lin (2003)	76 家鐵路營運公司 績效評估 1999~2001 年跨期 間連續資料	投入：列車數、員工數 產出：車輛里程、營運長度	GNP 人口密度	CCR 模式、 BCC 模式、 三階段 DEA
吳忠岳 (2003)	評估全台 214 個車 站之營運效率 以 2001 年資料為主	投入：人事成本、車站土地 權面積、月台數、售 票窗數 產出：運輸收入	人口密度 車站電腦化情形 車站人力素質	CCR 模式、 BCC 模式、 SFA 模式、 Tobit 迴歸
林村基、 藍武王 (2003)	44 間鐵路公司營運 績效評估 1995~2001 年間跨 期間連續資料	投入：客車數、貨車數、員 工數 產出：旅客人次、旅客列車 公里、貨物列車公里	GDP 人口密度 人口數	CCR 模式、 BCC 模式、 四階段 DEA

續下表

續表 3

Hilmola (2007)	90 個鐵路公司營運 績效評估 1980~2003 年跨期間 連續資料	投入：貨運量、營運長度、 火車頭數目、員工數 產出：貨運里程	經濟成長率 GDP	CCR 模式、 BCC 模式、 兩階段 DEA 模式
-------------------	--	--------------------------------------	--------------	-------------------------------------

參、研究方法

傳統上，資料包絡分析法依規模報酬固定與否，可分為固定規模報酬的 CCR 模式與變動規模報酬的 BCC 模兩種，其中，固定規模報酬係指投入量以等比例增加時，產出量亦以等比例增加，而變動規模報酬則否；此外，依決策單位（DMU）對於投入項控制能力的強弱，任一 DEA 模式在進行評估時，可進一步細分為投入導向與產出導向兩種類型，一般而言，營利組織因對人員、預算...等投入資源具有較高的彈性，較適用投入導向模型，而非營利組織則較適用產出導向模型（Lovell, 1993）。由於本文所研究對象係屬於營利性組織，且本研究之產出項之不可控制性明顯高於投入項，是故本研究採用投入導向之 DEA 模型。

由於傳統 DEA 模式所求得出之技術效率值（technical efficiency, TE）、純技術效率值（pure technical efficiency, PTE）以及規模效率值（scale efficiency, SE）皆包含環境因素的影響在內，並非單純反映出管理階層之管理效率，因此本文利用三階段 DEA 模式求算出一排除環境因素干擾之技術效率值。

以下將分別對傳統 DEA 模式、三階段 DEA 模式進行介紹。

一、傳統 DEA 模式

(一)CCR 模式

CCR 模式係由 Charnes et al. (1978) 所提出，其主要係對具有多投入項與多產出項因素的組織環境進行評估。CCR 模式是在規模報酬固定（constant returns scale, CRS）的假設下，進行技術效率之計算。以投入導向為例，假設共有 n 個決策單位，使用 m 項投入（資源）、 s 項產出（結果），則第 j 個決策單位之效率評估模式為：

$$\text{Max } E_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \quad (1)$$

Subject to

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \leq 1, \quad j=1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad r=1, 2, \dots, s, \quad i=1, 2, \dots, m$$

其中，

E_j ：為第 j 個 DMU 之相對效率值

u_r ：為第 r 項產出之權重值

v_i ：為第 i 項投入之權重值

Y_{rj} ：為第 j 個 DMU 第 r 項之產出值

X_{ij} ：為第 j 個 DMU 第 i 項之投入值

ε ：為一極小正值，稱為非阿基米德數（non-Archimedean number），在實際應用上 ε 常設為 10^{-4} 或 10^{-6}

由於式（1）目標式的分數形式在實際求解時，會產生無窮解之情形，亦即，若 (u^*, v^*) 為最佳解，將任意一大於 0 之 α 值帶入，則 $(\alpha u, \alpha v)$ 亦為最佳解，故 Charnes et al. (1978) 將分母部分設限為 1，並將之以限制式形式加入原模式。之後，為便於演算求解，並獲得更多資訊，Charnes et al. (1978) 將原問題轉換成下列對偶問題（dual problem），其中， θ_j 代表決策單位 j 的縮減因素（contraction factor）， s_r^+ 為第 r 種產出變數之差額變數， s_i^- 為第 i 種投入變數之差額變數， λ_j 為差額變數之對偶價格。

$$\text{Min } E_j = \theta_j - \varepsilon (\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^-)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ik} + s_i^- = \theta_o X_{ij}, \quad i=1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rk} - s_r^+ = Y_{rj}, \quad r=1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0, \quad r=1, 2, \dots, s, \quad i=1, 2, \dots, m$$

(二)BCC 模式

CCR 模式係在規模報酬固定的假設下進行，然實務中並非所有 DMU 皆在規模報酬固定的情形下運作，規模報酬亦可能出現遞增或遞減之情形。此現象說明了相對無效率之情況，亦有可能來自於不恰當之營運規模造成，而非本身生產技術不佳所致。Banker, Charnes, and Cooper (1984) 將 CCR 模式修正如下：

$$\text{Max } E_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}}$$

(3)

Subject to

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

同樣地，為便於演算求解，並獲得更多資訊演算，Banker et al. (1984) 將式 (3) 轉換成下列對偶模式：

$$\text{Min } E_j = \theta_j - \varepsilon (\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{r=1}^s s_r^-)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ik} + s_i^- = \theta_j X_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

(4)

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rk} - s_r^+ = Y_{rj}, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

比較 (1) 與 (3)，二者之差別在於 u_0 項，當 u_0 大於 0 時，代表 DMU 處於規模報酬遞減 (decreasing returns to scale, DRS)；當 u_0 小於 0 時，代表 DMU 處於規模報酬遞增 (increasing returns to scale, IRS)；當 u_0 等於 0 時，代表處於規模報酬固定。此外，CCR 模式係衡量技術效率 (TE)，而 BCC 模式則是衡量純技術效率 (PTE)，兩者之差異即可視為規模效率 (SE)，亦即， $TE = PTE \times SE$ 。

二、三階段 DEA 模式

本文採用 Gorman and Ruggiero (2008) 所提出進一步延伸 DEA 模式之分析方法，其運算過程可分為三個階段：第一階段進行傳統 DEA 效率評估模式之求解；第二階段主要為迴歸分析，以第一階段所求得之效率值做為被解釋變數、環境變數為解釋變數，進行環境變數之估計；第三階段則是以第二階段所得到的環境變數指標設為一標準值，再加入傳統 DEA 模式做為限制式，最後所求得之效率值即為排除環境變數影響後之效率值。

Gorman and Ruggiero (2008) 利用上述所介紹之三階段評估法來分析美國 151 間警察局的運作效率，文中並針對在第二階段採用最小平方法 (ordinary least squares, OLS) 或 Tobit 法進行估計環境變數之差異進行比較，結果發現在迴歸分析中，不論

使用 OLS 或 Tobit 皆可，二者之間並沒有顯著差異。Hoff (2007) 認為採用 OLS 迴歸已足夠，不需使用 Tobit 迴歸；McDonald (2009) 則認為 Tobit 迴歸不適合運用在此，OLS 較能提供一致性的估計，這點與 Banker and Natarajan (2008) 所提出的結論相同。綜合上述，本文對於第二階段之迴歸分析將採用 OLS 迴歸分析法進行。各階段之內容詳述如下：

第一階段：初始效率值之運算

此一階段係分別採用 CCR 模式與 BCC 模式來計算各 DMU 之效率值，然此效率值可能受到環境變數、隨機干擾 (statistical noise) 以及管理效率 (managerial effect) 等之影響，造成效率值有所偏頗。

第二階段：環境變數之迴歸分析

此一階段係以迴歸分析為主，將第一階段所求得之效率值視為被解釋變數或依變數，而將環境變數視為解釋變數或自變數，其迴歸模式為：

$$FS_j = \alpha + \sum_{n=1}^R \beta^n Z_{nj} + \varepsilon_j \quad (5)$$

在式 (5) 中， FS_j 為第一階段計算出第 j 個受評單位之效率值， Z_{nj} 為第 j 個受評單位的第 n 項環境變數， β^n 為第 n 項環境變數對應係數之估計值。此處係假設 $\sum \beta^n Z_{nj}$ 為環境指數 Z_j^* 之估計式，亦即， $Z_j^* = \sum \hat{\beta} Z_{nj}$ 。當 Z_j^* 之值愈大，意味該 DMU 所處經營環境較具有優勢；反之，當 Z_j^* 愈小時，意味該 DMU 所處經營環境較不具有優勢。

第三階段：調整後效率值之運算

此一階段係將第二階段所求得之環境指數設為一標準值，將其作為一限制式，如 (6) 所示，加入原傳統 DEA 模式進行演算，當某一受評單位 k 的環境指數 (Z_k^*) 優於該受評單位 j ，則不將其納入效率參考集合。換句話說，將環境指數過高的受評單位予以刪除，再重新進行 DEA 模式之運算。

$$\begin{aligned} \lambda_k &\geq 0, \quad \forall k = 1, \dots, n \\ \lambda_k &= 0, \quad \text{if } Z_k^* > Z_j^*, \quad \forall k = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (6)$$

肆、實證分析

一、受評單位之選取

本文所選取之高速鐵路國家係從國際鐵路聯盟（UIC）所公布的 14 個高速鐵路國家中進行篩選。根據 UIC 資料顯示，現今主要高速鐵路國家以日本新幹線、法國 TGV 以及德國 ICE 三大系統為主，其餘 11 個國家之高速鐵路系統皆由此三大高速鐵路輸出國所提供。UIC 僅公布此 14 個國家 2009 年單一年度資料，其餘年度歷史資料，因非會員身分無法取得。因此本文所選取之研究對象並非所有高速鐵路會員國，僅選取其獨立年報披露公司營運資料之公司，這些國家分別為三大高速鐵路輸出國（日、法、德）、南韓、土耳其、台灣以及與台灣條件相似的荷蘭，共計 7 個國家。由表 1 可知，除土耳其外，其餘 6 個國家皆為已開發國家，考量到已開發國家的整體經濟環境較開發中國家為佳，為使績效評估分析能在一同質性與合理性之條件下進行，故本文後續分析時，將土耳其排除在外，針對同屬已開發國家的高速鐵路公司進行分析。本文所選取的資料期間為 2009 年到 2011 年 3 個年度之資料，與 6 個高速鐵路公司共計 18 筆 DMU 進行效率分析。相關資料來自國際鐵路聯盟與各高速鐵路公司所公布之年度報表。茲將各高速鐵路公司概况與營運數據整理如表 4、表 5 與表 6 所示。

二、變數之選取與說明

因本文係利用三階段 DEA 評估法檢視環境變數對效率值之影響，DEA 之投入、產出變數，及環境變數之選取說明如下：

(一)投入與產出變數

由於高速鐵路之產業發展較為近期以及興建時的巨額成本等因素，使得投入高速鐵路興建之國家數量較少，導致並未有太多學者在此部分加以著墨，故無法透過參考同樣領域之文獻來選擇適用於高速鐵路績效評估之投入項與產出項，本文因此參考同為軌道運輸之鐵路（railway）以及捷運（MRT）之相關文獻。

在投入項方面，過去相關文獻皆以貨車數目（Hilmola, 2007）、旅客車廂數（George & Rangaraj, 2008；Yu & Lin, 2008）、火車頭數目（George & Rangaraj, 2008）、員工數（Merkert et al., 2010；Coelli & Perelman, 2000）、鐵路長度（Hilmola, 2007；Novaes, 2001；Yu & Lin, 2008）、及營運支出（Movahedi et al., 2007）為主（詳見表 2 與表 3）。但考量高速鐵路營運通常僅負責旅客運輸而沒有貨車廂之設計，且多數受評國家之高速鐵路營運公司之員工，皆與其國家鐵路員工重疊（台灣除外）。又因本文無法得到

表 4 各國高速鐵路公司概況一覽表

國家	所屬公司	通車日期	營運類型	車站數
日本	日本鐵路 (JR)	1964.10.1	民營	83
台灣	台灣高速鐵路公司 (THSR)	2007.1.5	民營	8
南韓	韓國鐵道公社 (KORAIL)	2004.4.1	民營	19
德國	德國國家鐵路 (DB)	1991.6.2	國營	24
荷蘭	荷蘭鐵路 (NS)	2007	國營	3
法國	法國國家鐵路 (SNCF)	1981.12.27	國營	34

資料來源：本研究整理。

表 5 2009~2011 年各國高鐵公司車廂數、營運長度、營運成本統計表

國家	年度	總車廂數 (節)	營運長度 (公里)	營運成本 (美金)
日本	2009	3,502	2,539	18,231,569,975
	2010	3,502	2,539	18,246,012,931
	2011	3,587	2,664	18,389,438,115
台灣	2009	446	125	559,867,319
	2010	540	125	589,902,183
	2011	540	125	630,893,999
南韓	2009	899	149	1,094,566,849
	2010	1,085	195	1,194,475,619
	2011	1,085	195	1,241,080,618
德國	2009	2,300	1,103	3,824,005,707
	2010	2,183	1,103	4,475,136,380
	2011	2,349	1,103	4,290,797,970
荷蘭	2009	223	209	217,950,061
	2010	223	209	215,740,000
	2011	223	209	215,765,933
法國	2009	4,405	1,739	8,353,727,132
	2010	4,503	1,739	8,968,609,294
	2011	4,610	1,739	8,698,128,069

資料來源：本研究整理。

表 6 2009~2011 年各國高鐵公司客座里程、旅客人次、營運收入統計表

國家	年度	客座里程 (千公里)	旅客人次 (千人次)	營運收入 (美金)
日本	2009	76,097,518	290,695	22,122,388,916
	2010	81,954,233	313,946	24,149,449,132
	2011	82,826,206	315,846	24,303,360,000
台灣	2009	14,825,971	32,519	786,752,888
	2010	15,300,846	37,138	932,806,683
	2011	15,786,196	41,858	1,104,365,233
南韓	2009	9,937,105	37,673	925,131,339
	2010	10,950,979	41,578	1,035,622,367
	2011	11,591,531	42,524	1,046,667,284
德國	2009	22,571,992	74,144	4,954,064,303
	2010	23,500,792	78,463	4,835,966,661
	2011	24,844,950	81,572	4,953,699,616
荷蘭	2009	16,320,605	10,812	165,001,317
	2010	16,364,643	11,144	200,294,865
	2011	16,479,642	12,442	202,503,244
法國	2009	51,900,262	114,693	10,007,828,899
	2010	52,234,550	122,745	9,793,352,722
	2011	53,215,395	133,815	10,098,890,102

資料來源：本研究整理。

單純高速鐵路員工數之準確資料，故將員工數、貨車數目與火車頭數目等三項投入項目予以排除不計，最終選定總車廂數 (trainset)、營運長度 (length)、及營運成本為本文之投入項指標，如表 7 所示。

在產出項方面，過去相關文獻主要以旅客人次 (林村基、藍武王，2003；George & Rangaraj, 2008；Novas, 2001)、客座里程 (George & Rangaraj, 2008；Movahedi et al., 2007；Yu & Lin, 2008)、貨運里程 (Growitsch & Wetzel, 2009)、及營運收入 (Movahedi et al., 2007) 為主 (詳見表 2 與表 3)，但考量高速鐵路之營運模式不含貨運，故將貨運里程予以刪除，最終選定旅客人次 (passengers)、客座里程 (passengers-kilometer)、及營運收入為本文之產出項指標，如表 7 所示。

表 8 為所有 DMU 投入項與產出項之敘述性統計。在投入項方面，總車廂數 (x_1) 的標準差為 1630 節、營運長度 (x_2) 的標準差為 951 公里以及營運成本 (x_3) 的標準差為 66 億美金；在產出項方面，客座里程 (y_1) 的標準差為 259 億公里、旅客人次 (y_2) 的標準差為 1 億人次與營運收入 (y_3) 的標準差為 84 億美金。由於各投入項與產出項的標準差相差過大，顯示出各高速鐵路國家的營運差異情形相差甚遠。

表 7 投入項與產出項變數之定義

變數	單位	說明
投入項		
總車廂數 (x_1)	節	採編組數目，而非實際運行數目。
營運長度 (x_2)	公里	實際營運之長度
營運成本 (x_3)	美金	損益表中的營運成本部分
產出項		
客座里程 (y_1)	千公里	列車班次數 × 列車座位數 × 行駛里程數
旅客人次 (y_2)	千人次	實際搭乘高速鐵路之人次
營運收入 (y_3)	美金	損益表中的營運收入部分

表 8 受評單位之敘述性統計

變數	平均數	標準差	最小值	最大值
投入項				
總車廂數 (x_1)	2,011	1,630	223	4,610
營運長度 (x_2)	989	951	125	2,664
營運成本 (x_3)	5,524,314,897	6,590,803,406	215,740,000	18,389,438,115
產出項				
客座里程 (y_1)	33,150,190	25,874,812	9,937,105	82,826,206
旅客人次 (y_2)	99,645	102,348	10,812	315,846
營運收入 (y_3)	6,756,563,643	8,464,083,190	165,001,317	24,303,360,000

(二) Pearson 相關分析

由於 DEA 模式中必須先確定投入項與產出項之間的相關性，檢定投入產出項之間是否具有正相關，故本文利用 Pearson 相關分析對各 DMU 之投入與產出項進行檢定，其相關係數越高者，代表相關程度越大。由表 9 可知，各受評單位之投入項與產出項皆呈現正相關，表示當投入項增加時，產出項亦隨之增加，符合 DEA 評估法之同向性要求。

(三) 環境變數

根據 Fried, Schmidt, and Yaisawarng (1999) 的定義，所謂的經營環境是指分析期間內，受評單位所無法控制或改變之因素。由於過去並未有文獻針對影響高速鐵路之環境因素進行探討，因此本研究對於環境變數的選取係參考鐵道運輸相關文獻，並考量資料取得之限制而決定，最後選定之環境變數說明如下。

表 9 投入項與產出項之 Pearson 相關係數

	總車廂數	營運長度	營運成本	客座里程	旅客人次	營運收入
總車廂數	1.0000	0.8900**	0.7901**	0.8213**	0.7196**	0.7572**
營運長度		1.0000	0.9702**	0.9691**	0.9364**	0.9588**
營運成本			1.0000	0.9826**	0.9900**	0.9970**
客座里程				1.0000	0.9591**	0.9793**
旅客人次					1.0000	0.9953**
營運收入						1.0000

註：**表示 $p < 0.01$ 情形下，達顯著水準。

1. 區域人口密度

從文獻中可發現多名學者 (Lan & Lin, 2003; 吳忠岳, 2003; 林村基、藍武王, 2003) 所提出之環境變數皆包含人口密度之因素，其原因在於人口密度越高越有可能利用大眾運輸進行移動之選擇。考量到鐵路所涵蓋的範圍幾近整個國土面積，但高速鐵路主要係以城市與城市間 (點到點) 進行營運，如果利用全國人口密度來衡量將有失準確性，因此本文之人口密度方面採取行駛城市之區域人口密度進行。

2. 國內生產毛額

高速鐵路之旅費相較鐵路而言高出許多，若一國之 GDP 不夠撐起高速鐵路之營運，變可能產生運量不足之問題，故本文將 GDP 納入為一環境變數。但由於並非所有城市皆有對其城市居民的生產總額統計，因此本研究在 GDP 數值僅能採用各國國內生產總額加以計算。

3. 區域人口數

在人口總數部分，係採取與人口密度相同的區域人口數加以計算，主要原因在於偏僻地區之居民城市搭乘高速鐵路的意願遠比城市居民來得低，若將這些居民都算進環境干擾因子的話將會產生一定的誤差，故在人口數方面，採用區域人口數作為計算單位。

上述有關環境變數之相關數值，整理如表 10 所示。

三、第一階段 DEA 效率分析

本節開始針對演算結果進行分析及說明。本文利用 Saitech (2003) 所開發之 DEA Solver 3.0 作為運算工具，得出第一階段之效率值，如表 11 所示。其中，技術效率值為 100% 者，意味該 DMU 已達效率生產；未達 100% 者為相對無效率，且數值愈小者，效率愈差。

表 10 2009~2011 年各國之環境變數之相關數值一覽表

國家	年度	全國人口密度 (人/公里)	區域人口密度 (人/公里)	國內生產總額 (百萬美金)	國內平均 生產毛額(美金)	全國 人口數	區域 人口數
日本	2009		2,098.80	4,902,684	38,391	127,704,000	1,767,628
	2010	336.83	2,105.01	5,084,972	39,864	127,558,000	1,784,782
	2011		2,113.22	5,097,407	40,001	127,432,000	1,778,374
台灣	2009		2,148.37	329,572	14,255	23,119,772	2,194,737
	2010	641.81	2,143.48	381,503	16,471	23,162,123	2,167,917
	2011		2,149.81	436,409	18,821	23,187,321	2,184,930
南韓	2009		3,793.11	839,667	17,225	48,747,000	1,450,291
	2010	480.23	3,830.89	1,001,938	20,500	48,875,000	1,463,252
	2011		3,879.92	1,047,470	21,400	48,947,200	1,481,023
德國	2009		2,054.30	3,298,600	40,275	81,902,300	670,032
	2010	231.23	2,091.47	3,280,500	40,152	81,702,300	690,270
	2011		2,129.34	3,284,641	40,321	81,462,300	708,934
荷蘭	2009		4,199.61	793,430	47,998	16,530,400	787,544
	2010	456.41	4,245.92	779,357	46,915	16,612,200	795,193
	2011		4,251.41	794,546	47,601	16,691,800	802,391
法國	2009		3,054.69	2,624,500	40,663	64,542,700	340,407
	2010	111.23	2,994.21	2,560,000	39,460	64,876,600	335,367
	2011		3,041.45	2,682,559	41,281	64,982,900	337,812

註：全國人口密度、區域人口密度、國內生總額、國內平均生毛額係由世界銀行所公佈資料而來，其中，全國人口密度資料為 2010 年；全國人口數、區域人口數係由各國人口統計局所公佈資料而來。

(一)技術效率

由表 11 可知，透過依據 CCR 模式所計算出之技術效率其值範圍由 45.15%到 100%，效率值為 100%的受評單位計有：2010 年的日本及 2011 年的荷蘭，而其餘受評單位皆為相對無效率之受評單位。各國三年之平均技術效率為：日本（96.51%）、台灣（80.78%）、南韓（46.34%）、德國（59.45%）、荷蘭（99.34%）、法國（62.57%），其中可以看出日本及荷蘭等二個國家的整體技術效率皆超過 90%，表示其具有相對較高之技術效率。

(二)純技術效率

由表 11 可知，透過 BCC 模式所計算出之純技術效率，其範圍為 54.87%~100%。其中，純技術效率為 100%的受評單位有：2010 年的日本、及荷蘭、2011 年的日本、台灣、及荷蘭，其餘皆為相對無效率之受評單位。各國三年之平均純技術效率值為日本（97.40%）、台灣（90.68%）、南韓（56.50%）、德國（60.00%）、荷蘭（99.90%）、法國（83.47%），其中，以日本、台灣、及荷蘭等三個國家純技術效率高於 90%最佳。

表 11 各受評單位第一階段 DEA 效率分析表

年度	國家	技術效率	純技術效率	規模效率	規模報酬
2009	日本	0.9191	0.9219	0.9970	DRS
	台灣	0.7340	0.8337	0.8804	DRS
	南韓	0.4819	0.5818	0.8282	DRS
	德國	0.6166	0.6184	0.9972	DRS
	荷蘭	0.9872	0.9970	0.9903	IRS
	法國	0.6436	0.8426	0.7638	CRS
	平均值	0.7304	0.7992	0.9095	
2010	日本	1.0000	1.0000	1.0000	CRS
	台灣	0.7856	0.8866	0.8861	DRS
	南韓	0.4515	0.5487	0.8228	DRS
	德國	0.5769	0.5835	0.9886	DRS
	荷蘭	0.9930	1.0000	0.9930	IRS
	法國	0.6053	0.8169	0.7409	CRS
	平均值	0.7354	0.8060	0.9052	
2011	日本	0.9762	1.0000	0.9762	DRS
	台灣	0.9038	1.0000	0.9038	DRS
	南韓	0.4568	0.5644	0.8094	DRS
	德國	0.5900	0.5981	0.9866	DRS
	荷蘭	1.0000	1.0000	1.0000	CRS
	法國	0.6284	0.8447	0.7439	CRS
	平均值	0.7592	0.8345	0.9033	
總體平均值		0.7417	0.8132	0.9060	

值得注意的是，法國的平均純技術效率也高達 83.47%，顯示這些國家具有較高之純技術效率。

(三)規模效率

由表 11 可知，規模效率之範圍為 74.09%~100%，其中，規模效率為 100%的受評單位有：2010 年的日本、2011 年的荷蘭，意味此二個受評單位有效率的使用投入要素，且投入與產出要素比例適當，因而達到最適生產規模，而其餘的受評單位則代表相對無規模效率。各國三年之平均規模效率為日本（99.11%）、台灣（89.01%）、南韓（82.01%）、德國（99.08%）、荷蘭（99.44%）、法國（74.95%），由此可知，除法國外，其餘國家之平均規模效率都在 80%以上，意味著法國需要在投入要素與產出要素間之比例做適當的修正，找出最適之營運規模。

表 11 僅為第一階段效率分析之結果，其中的效率值隱含了環境因素的影響在內，某些國家的效率值處於較低狀態，是否因為其所處的環境較其他國家為差而導致效率值較低，並非管理單位本身無效率所致，此部分若可透過三階段 DEA 模式將其環境因素予以排除，將能更清楚地瞭解排除環境因素干擾後之管理階層的經營效率值。

四、第三階段 DEA 效率分析

本節透過對環境變數的迴歸分析來求得一環境指數，接著再以此環境指數作為一限制式，併入原始 DEA 模式中，所求出之效率值即為排除環境因素較佳之受評單位的效率值。

第一階段：此一階段之結果參見表 11。

第二階段：本階段將環境變數設定為解釋變數，被解釋變數設為第一階段所求得之技術效率值，利用迴歸分析算出各 DMU 之環境指數。各國各年度之環境變數及環境指數數值如表 12 所示。可以看出環境指數值較佳之國家在第一階段的技術效率值亦出現較高之情形，例如日本、台灣以及荷蘭。

第三階段：將第二階段所求得之環境指數納入原 DEA 模式中重新運算，亦即將環境指數分數高於本身之受評單位予以排除，演算結果如表 13 所示。

由表 11 與表 13 可知，在第一階段的平均技術效率值為 74.17%，將環境因素排除後之平均技術效率值則提升至 99.01%，並且有高達 11 個受評單位之技術效率值為 100%。值得注意的是，原先技術效率值偏低的南韓、德國、及法國，皆在排除環境因素的干擾後，呈現顯著提升，皆有超過 50% 的成長幅度，表示這些國家原先的效率值受到環境因素相當嚴重的干擾，造成低估的情形發生。

其次，若以國家為單位來檢視 2009~2011 年間各高速鐵路國家兩階段之技術效率、純技術效率以及規模效率分數。由表 14 可知，經過環境指數的調整後，所有國家之技術效率分數皆呈現上升趨勢，顯示出所有國家或多或少皆受到環境因素之干擾而影響其技術效率的表現。其中，以南韓的成長幅度（111.06%）最大，其次為德國（64.97%）以及法國（58.47%），顯示這三個國家的技術效率值受到環境因素的影響最為嚴重；在純技術效率方面，除荷蘭維持不變外，其餘國家的純技術效率分數皆呈現上升之趨勢，其中，以南韓（68.59%）以及德國（61.14%）的變動最為劇烈，顯示這些國家的純技術效率值受到環境因素的影響相當嚴重。

表 12 環境變數一覽表

年度	國家	區域人口密度	國內生產毛額	區域人口數	環境指數	排名
2009	日本	2,098.80	38,391	1,767,628	1.727	3
	台灣	2,148.37	14,255	2,194,737	1.389	9
	南韓	3,793.11	17,225	1,450,291	1.258	15
	德國	2,054.30	40,275	670,032	1.302	14
	荷蘭	4,199.61	47,998	787,544	1.673	5
	法國	3,054.69	40,663	340,407	1.243	17
2010	日本	2,105.01	39,864	1,784,782	1.767	2
	台灣	2,143.48	16,471	2,167,917	1.425	8
	南韓	3,830.89	20,500	1,463,252	1.337	11
	德國	2,091.47	40,152	690,270	1.31	13
	荷蘭	4,245.92	46,915	795,193	1.656	6
	法國	2,994.21	39,460	335,367	1.211	18
2011	日本	2,113.22	40,001	1,778,374	1.767	1
	台灣	2,149.81	18,821	2,184,930	1.484	7
	南韓	3,879.92	21,400	1,481,023	1.368	10
	德國	2,129.34	40,321	708,934	1.324	12
	荷蘭	4,251.41	47,601	802,391	1.675	4
	法國	3,041.45	41,281	337,812	1.255	16

表 13 第一階段與第三階段各年度技術效率之比較

年度	國家	技術效率				變動百分比
		第一階段	排名	第三階段	排名	
2009	日本	0.9191	6	1.0000	1	8.80%
	台灣	0.7340	9	1.0000	1	36.24%
	南韓	0.4819	16	1.0000	1	107.51%
	德國	0.6166	12	1.0000	1	62.18%
	荷蘭	0.9872	4	0.9942	12	0.71%
	法國	0.6436	10	1.0000	1	55.38%
2010	日本	1.0000	1	1.0000	1	0.00%
	台灣	0.7856	8	1.0000	1	27.29%
	南韓	0.4515	18	0.9514	18	110.72%
	德國	0.5769	15	0.9605	17	66.49%
	荷蘭	0.9930	3	1.0000	1	0.70%
	法國	0.6053	13	0.9748	16	61.04%
2011	日本	0.9762	5	0.9762	15	0.00%
	台灣	0.9038	7	1.0000	1	10.64%
	南韓	0.5057	17	0.9827	13	115.13%
	德國	0.5900	14	0.9818	14	66.41%
	荷蘭	1.0000	1	1.0000	1	0.00%
	法國	0.6284	11	1.0000	1	59.13%
總平均值		0.7417		0.9901		

表 14 各國第一階段與第三階段之技術效率、純技術效率之比較

國家	技術效率			純技術效率		
	第一階段	第三階段	變動率	第一階段	第三階段	變動率
日本	0.9651	0.9921	2.80%	0.9740	1.0000	2.67%
台灣	0.8078	1.0000	23.80%	0.9068	1.0000	10.28%
南韓	0.4634	0.9780	111.06%	0.5650	0.9525	68.59%
德國	0.5945	0.9808	64.97%	0.6000	0.9668	61.14%
荷蘭	0.9934	0.9981	0.47%	0.9990	0.9990	0.00%
法國	0.6257	0.9916	58.47%	0.8347	0.9936	19.03%

五、國、民營高速鐵路效率分析

Oum and Yu (1994) 認為「公共補貼」對於鐵路運輸之營運績效具有重要影響，當缺少國家政策之公共補貼，運輸公司對於國家的倚賴程度降低，故其所受到行政體系的束縛亦隨之降低，此時，為因應各種經營環境之突發變化，公司管理階層可以更自由地、更彈性地調整整體運作模式，以提升公司之經營績效。為瞭解此一現象對於高速鐵路公司之經營效率是否亦有重大影響，吾人將研究對象區分為：民營、國營，並將比較結果列示於表 15。由表 15 可知，民營高速鐵路公司與國營高速鐵路公司之第一階段平均排名分別為 3.67 名與 3.33 名、第三階段平均排名分別為 3.33 名與 3.67 名，以此觀之，民營高速鐵路公司之營運效率似乎較國營高速鐵路公司為佳，但若仔細觀察各國高路鐵路公司之排名，其差距顯然不大；在國營高速鐵路公司中，仍然有績效表現優異的荷蘭高速鐵路公司（NS），而在民營高速鐵路公司中，亦有績效表現不彰的南韓高速鐵路公司（KTX），故本文認為民營高速鐵路公司的營運自主性並不是影響高速鐵路公司營運效率的關鍵因素，而是管理階層對於公司整體營運模式所採取之策略與規劃，具有較大之影響。

六、改進量分析

至於各高速鐵路公司之改進量可由表 16 得知，原先技術效率值偏低之受評單位皆具有一定幅度的改善空間。逐項檢視可以看出，在總車廂數方面，減幅最大者為 2010 年、2011 年的韓國，減幅分別為 14.70%、13.50%，其餘國家的減幅則在 10% 以內；在營運長度方面，減幅最大者 2011 年的德國、2010 年的德國、2010 年的韓國，減幅分別為 12.90%、12.00%、11.40%，其餘國家的減幅則在 10% 以內；在營運支出方面，減幅最大者為 2010 年的韓國、2011 年的韓國、2010 年的德國、2010 年的法國、2011 年的德國，減幅分別為 19.10%、18.70%、18.30%、15.20%、13.00%，其餘國家的減幅則在 10% 以內。

表 15 民營與國營之比較

型態	國家	第一階段			第三階段		
		技術效率	排名	平均排名	技術效率	排名	平均排名
民營	日本	0.9651	2	3.67	0.9921	3	3.33
	台灣	0.8078	3		1.0000	1	
	南韓	0.4634	6		0.9780	6	
國營	德國	0.5945	5	3.33	0.9808	5	3.67
	荷蘭	0.9934	1		0.9981	2	
	法國	0.6257	4		0.9916	4	

表 16 第三階段各高速鐵路公司之改進量分析

年度	國家	總車廂數		營運長度		營運支出		總體改進幅度
		改進量	百分比	改進量	百分比	改進量	百分比	
2009	日本	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%
	台灣	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%
	南韓	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%
	德國	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%
	荷蘭	-16	7.20%	-10	8.10%	-703	3.20%	6.17%
	法國	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%
2010	日本	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%
	台灣	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%
	南韓	-163	14.70%	-47	11.40%	-22,813	19.10%	15.07%
	德國	-87	3.90%	-125	12.00%	-81,780	18.30%	11.40%
	荷蘭	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%
	法國	-290	6.30%	-116	6.10%	-136,098	15.20%	9.20%
2011	日本	-251	6.80%	-163	5.90%	-8,756	0.50%	4.40%
	台灣	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%
	南韓	-150	13.50%	-45	10.90%	-23,205	18.70%	14.37%
	德國	118	4.90%	161	12.90%	55,703	13.00%	10.27%
	荷蘭	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%
	法國	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0.00%

七、管理意涵

本文結果或可提供台灣高速鐵路公司作為政策檢討以及訂定長期策略目標之參考，茲就本研究獲致結果之管理意涵做以下說明：

(一)台灣高速鐵路公司三年平均之技術效率與純技術效率值皆位於荷蘭與日本之後，但仍處於領先族群，優於南韓、德國、及法國等國。

- (二)本文利用三階段 DEA 模式將環境因素的影響予以排除，並且比較排除前後之差異，發現與尚未排除之模式相比確實有顯著之影響，例如排除環境變數導致之影響後，台灣高速鐵路公司三年之效率值皆為 100%。這意味著本文所選取之環境變數確實會影響高速鐵路公司的營運效率，後續研究可持續納入分析。
- (三)荷蘭高速鐵路公司以及日本高速鐵路公司之整體營運狀況與排名皆較台灣高速鐵路公司優越。因此，台灣高速鐵路公司可以進一步深入瞭解這兩間高速鐵路公司各項營運措施之細則，以期許為世界高速鐵路公司之模範楷模。
- (四)台灣高速鐵路公司從通車開始經過一連串營運模式逐步調整，時至今日，台灣高速鐵路的穩定性與便利性已深植於旅客心中，顯示其營運模式朝向正確且穩定成長的方向前進。未來（2015 年）將陸續有 4 個新車站啟用，平均車站距離將由原先的 43.13 公里縮減至 28.75 公里，因此勢必會影響目前的營運模式。在此，本文認為可以參考車站數最密集（平均車站距離為 13.12 公里）的日本新幹線之營運模式作為學習參考之對象。

伍、結論與建議

由於興建高速鐵路的成本較一般鐵路高出許多，因此如何有效率地透過營運後的績效表現，快速回收其在興建時期的投資成本，考驗著各高速鐵路公司的營運管理能力。本文利用資料包絡分析法(DEA)評估世界各主要高速鐵路國家之營運績效表現，以作為各營運公司管理階層營運方向與管理方式之參考。在比較不同受評單位時，無可諱言的，某些單位之立足點先天就優於或劣於其他單位。若欲直接比較彼此間之效率，恐導致公平性之質疑。由於傳統 DEA 模式中僅利用投入項以及產出項之選定來計算受評單位之效率值，所求之效率值可能包含了許多因先天立足點不同所導致的干擾在內，因此效率值偏低之受評單位可能乃因受到環境因素的影響，而非單純由於管理無效率所致，故本文採用三階段 DEA 模式，希望能夠更客觀、更公平地評估各高速鐵路公司之相對效率，先去除來自於環境因素之干擾，將環境變數對於效率影響之部分去除，再計算各受評單位之相對效率值。一般而言，多階段 DEA 模式可分為(a)二階段 DEA 模式、(b)三階段 DEA 模式，二者之主要差異在於：對於具有超優環境指數之 DMU，三階段 DEA 模式將會予以剔除，並不會效率納入參考集合，而二階段 DEA 模式則否。在此情況下，吾人實難以客觀分析一具有高效率之 DMU，究竟為管理階層之經營能力所致、抑或是超優環境指數所造成。是故本研究採用三階段 DEA 模式。

本文對象是以國際鐵路聯盟（UIC）所公布之高速鐵路會員國進行資料蒐集，但受限於無法取得所有國家各年度之完整資料，故最後僅針對 6 個高速鐵路國家進行 2009 年到 2011 年之資料分析。

由傳統 DEA 模式（第一階段效率）評估結果可以發現：技術效率、純技術效率、及規模效率之平均分數分別為 74.17%、81.32%、90.60%。此外，於 18 個受評單位中，多數受評單位的規模效率值仍有相當之改善空間，表示影響技術無效率之主因中，規模無效率扮演一個很大的角色，亦即各高速鐵路公司在其營運作業之投入與產出要素比例不適當，造成未達最適生產規模。從第三階段 DEA 模式之分析結果來看，所有受評單位之技術效率皆有顯著之提升，顯示出所有國家或多或少皆受到環境因素之干擾而影響其效率表現；此外，本文似為第一篇探索影響高速鐵路經營效率之環境變數之研究，而且實證結果顯示本文所選取之環境變數對於高速鐵路公司營運效率有重大之影響，此項結果可做為其他即將投入高速鐵路產業之國家作為整體環境評估的參考。

在研究建議方面，本文利用三階段 DEA 模式進行世界各主要國家之高速鐵路營運效率分析，評估出之結果可供高速鐵路公司之管理階層做為參考。研究過程受限於部分限制，特提出建議如下：

一、更完整之受評單位資料蒐集

由 DEA 模式的介紹中我們可知，DEA 評估出來的結果為一相對之效率，而非絕對效率，若增加受評單位數目即會造成整體效率值之改變。本文僅針對 UIC 所公布的 14 個高速鐵路國家中的 6 個高速鐵路國家作為研究對象，主要原因在於 UIC 僅公布此 14 個國家 2009 年單一年度資料，其餘年度歷史資料因非會員身分無法取得，因此本文所選取之研究對象並非所有高速鐵路會員國，僅選取擁有其獨立年報披露公司營運資料之公司，尚有其餘 8 個國家之高速鐵路公司未納入評估之行列，因此本文所得之結果比較結果僅適用於此 6 個受評國家。未來若能完整取得所有國家之相關資料，評估結果將更為全面及完整。

二、研究方法之多元性

本研究結果顯示，環境變數的確會對受評單位之營運績效帶來負面之影響，本文僅選取多階段 DEA 方法中 Gorman and Ruggiero (2008) 所提出之三階段 DEA 模式以作為排除環境因素前後之比較。然文獻中亦有不少學者 (Fried et al., 1999) 提出其他多階段 DEA 模式進行環境因素之探討。因此，後續研究若能利用其他多階段 DEA 模式與尚未排除環境因素干擾之原模式做一綜合性比較，便能更明顯的看出環境因素對於各受評單位影響之程度為何，作為相關決策之參考。

參考文獻

一、中文部分

1. 王東琪 (1999), 航空站營運績效評估之研究－以亞太地區國際機場為例, 國立成功大學交通管理學系碩士論文。
2. 王國樑、張美玲、陳麗雪 (2009), 台灣地方法院管理效率之探討－三階段資料包絡分析法之應用, 管理學報, 26, 559-576。
3. 吳忠岳 (2003), 台鐵車站生產效率分析, 國立成功大學交通管理學系碩士論文。
4. 吳濟華、何柏正 (2008), 組織效率與生產力評估：資料包絡分析法, 前程文化。
5. 林村基、藍武王 (2003), 鐵路運輸之生產效率分析：DEA 與 SFA 方法之比較, 運輸學刊, 15, 49-78。
6. 傅珮珮 (2010), 台灣壽險公司經營效率之研究－資料包絡分析法之應用, 雲林科技大學財務金融系碩士論文。
7. 曾文君 (2007), 三階段資料包絡分析法應用於亞太地區貨櫃港埠績效評估之研究, 國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。
8. 劉興華 (2010), 美國職棒大聯盟經營績效評估－應用資料包絡分析法, 東吳大學企業管理學系碩士論文。

二、英文部分

1. Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30(9), 1078-1092.
2. Banker, R. D., & Natarajan, R. (2008). Evaluating contextual variables affecting productivity using data envelopment analysis. Operations Research, 56, 48-58.
3. Carrington, R., Puthuchery, N., Rose, D., & Yaisawarng, S. (1997). Performance measurement in government service provision: The case of police services in New South Wales. Journal of Production Analysis, 8(4), 415-430.

4. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhoades, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2(6), 429-444.
5. Coelli, T., & Perelman, S. (2000). Efficiency measurement, multiple-output technology and distance functions: With application to European railways. Applied Economics, 32, 1967-1976.
6. Fried, H. O., Schmidt, S., & Yaisawarng, S. (1999). Incorporating the operating environment into a nonparametric measure of technical efficiency. Journal of Productivity Analysis, 12(3), 249-267.
7. George, S. A., & Rangaraj, N. (2008). A performance benchmarking study of Indian railway zones. Benchmarking: An International Journal, 15(5), 299-617.
8. Gorman, M., & Ruggiero, J. (2008). Evaluating U.S. state police performance using data envelopment analysis. International Journal of Production Economics, 113, 1031-1037.
9. Growitsch, C., & Wetzel, H. (2009). Testing for economies of scope in European railways: An efficiency analysis. Journal of Transport Economics and Policy, 43(1), 1-24.
10. Hilmola, O. P. (2007). European railway freight transportation and adaptation to demand decline, efficiency and partial productivity analysis from period of 1980-2003. Benchmarking: An International Journal, 56(3), 206-255.
11. Hoff, A. (2007). Second stage DEA: Comparison of approaches for modelling the DEA score. European Journal of Operational Research, 181(1), 425-435.
12. International Union of Railways (2013). High Speed Lines in The World. Retrieved July 27, 2014, from <http://www.uic.org/spip.php?article573>.
13. Lan, L. W., & Lin, E. T. J. (2003). Technical efficiency and service effectiveness for the railway industry: DEA approaches. Journal of The East Asia Society for Transportation Studies, 5, 2932-2947.
14. Lovell, C. A. K. (1993). Production frontiers and productive efficiency. In Fried, H. O., Lovell, C. A. K., & Schmidt, S. S. (Eds.). The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications, 3-67. New York: Oxford University Press.

15. Lovell, K., Walters, L. C., & Wood, L. L. (1994). Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications in Stratified Models of Education Production Using Modified DEA and Regression Analysis. Boston, MA: Kluwer Academic.
16. McDonald, J. (2009). Using least squares and Tobit in second stage DEA efficiency analyses. European Journal of Operational Research, 197(2), 792-798.
17. Merkert, R., & Hensher, D. A. (2011). The impact of strategic management and fleet planning on airline efficiency: A random effects Tobit model based on DEA efficiency scores. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 45(7), 686-695.
18. Merkert, R., Smith, A. S. J., & Nash, C. A. (2010). Benchmarking of train operating firms: A transaction cost efficiency analysis. Transportation Planning and Technology, 33(1), 35-53.
19. Movahedi, M. M., Saati, S., & Vahidi, A. R. (2007). Iranian railway efficiency (1971-2004): An application of DEA. International Journal of Contemporary Mathematical Sciences, 2(32), 1269-1579.
20. Nolan, J. F., Ritchie, P. C., & Rowcroft, J. E. (2002). Identifying and measuring public policy goals: ISTEA and the US bus transit industry. Journal of Economic Behavior and Organization, 48(3), 291-304.
21. Novaes, A. G. N. (2001). Rapid efficiency analysis with the assurance-region DEA method. Pesquisa Operacional, 21(2), 179-197.
22. Oum, T. H., & Yu, C. (1994). Economic efficiency of railways and implications for public policy: A comparative study of the OECD countries railways. Journal of Transport Economics and Policy, 28(2), 121-138.
23. Pastor, J. T. (2002). Credit risk and efficiency in the European in the European banking system: A three-stage analysis. Applied Financial Economics, 12(12), 895-911.
24. Saitech, Inc. (2003). DEA-Solver: Professional Version 3.0. New Jersey.
25. Wu, T. H., Chen, M. S., & Yeh, J. Y. (2010). Measuring the performance of police forces in Taiwan using data envelopment analysis. Evaluation and Program Planning, 33(3), 246-254.

26. Yu, M. M., & Lin, E. T. J. (2008). Efficiency and effectiveness in railway performance using a multi- activity network DEA model. Omega, 36(6), 1005-1017.

102 年 09 月 12 日收稿

102 年 10 月 02 日初審

103 年 03 月 27 日複審

103 年 06 月 18 日接受

作者介紹

Author's Introduction

姓名 黃俊穎
Name Chun-Ying Huang
服務單位 健行科技大學企業管理系助理教授
Department Assistant Professor, Department of Business Administration, Chien Hsin University of Science and Technology
聯絡地址 桃園市中壢區健行路 229 號
Address No.229, Jianxing Rd., Zhongli Dist., Taoyuan City, Taiwan
E-mail cyhuang@uch.edu.tw
專長 作業管理，績效評估，組合最佳化
Specialty Operations Management, Performance Evaluation, Combinatorial Optimization

姓名 吳泰熙
Name Tai-Hsi Wu
服務單位 國立臺北大學企業管理系教授
Department Professor, Department of Business Administration, National Taipei University
聯絡地址 新北市三峽區大學路 151 號
Address No.151, University Rd., San Shia Dist., New Taipei City, Taiwan
E-mail taiwu@mail.ntpu.edu.tw
專長 作業管理，供應鏈管理，工業工程與管理，績效管理，決策分析
Specialty Operations Management, Supply Chain Management, Industrial Engineering and Management, Performance Management, Decision Analysis

姓名 簡呈企
Name Chen-Chi Chien
服務單位 台灣本田股份有限公司客戶服務處專員
Department Specialist, Customer Service Division, Honda Taiwan Company Limited
聯絡地址 台北市內湖區康寧路三段 20 號四樓
Address 4F, No.20, Sec.3, Kang Ning Rd., Neihu Dist., Taipei, Taiwan
E-mail ralf03214@hotmail.com
專長 數據分析
Specialty Data analyses