

航空站生產技術變遷偏向之研究 —以中正航空站為例

A STUDY ON MEASURING BIASES IN TECHNOLOGICAL CHANGE OF AN AIRPORT: A CASE OF THE C. K. S. AIRPORT

游明敏 Ming-Miin Yu¹

曹壽民 Shou-Min Tsao²

(89年3月16日收稿, 89年6月18日第一次修改, 89年7月14日
第二次修改, 89年11月3日定稿)

摘要

本研究主要之目的在探討航空站生產技術變遷偏向, 分析之方法分成兩個階段, 第一階段藉由構建包含三種投入、三種產出之 Tornqvist 投入及產出物量指數進行生產力變動之討論, 並進而構建 Tornqvist 總要素生產力指數; 第二階段則利用對偶函數法探討技術變動對投入與產出是否具中立性, 本研究採用 Generalized MacFadden 利潤函數, 以探討任兩兩投入之間或兩兩產出之間因技術變遷所產生之偏向。在中正航空站的例子當中, 技術變遷所導致之投入產出偏向, 在投入使用程度方面, 中間投入量相對於勞力與維修量有較大的使用, 此一結果異於由 Tornqvist 總要素生產力指數估計之結果; 在產出偏向方面, 飛機起降架

-
1. 台大土木工程研究所博士班研究生 (聯絡地址為 105 台北市敦化北路 240 號 2 樓交通部高速鐵路工程局)。
 2. 台大土木工程學系及研究所教授。

次相對於旅客人次與租賃量有較大的成長。總括而言，本文經由非參數之指數法及參數之對偶函數法，對中正航空站進行生產力衡量及技術變遷之偏向的實證分析，所獲得之結果極具意義，可提供航空站營運政策之研擬或航空站監督管理之參考。

關鍵詞：航空站；技術變遷偏向；總要素生產力；希克斯—技術中立

ABSTRACT

The purpose of this paper is to attempt to measure biases in the technological change of an airport over a period of time. This study is divided into two stages. The first stage involves the construction of Tornqvist indices. Indices for three output groups and three input groups are constructed and discussed. Index of total factor productivity is also constructed. In the second stage, we adopt a dual approach to production function to investigate possible biases in the rate of technological change between inputs and outputs. The Generalized McFadden profit functional form is used. In the case of C. K. S. Airport, the measures of biases in technological change suggested that materials and services were Hicks-using relative to the other input groups. It is different from the results of Tornqvist TFP. The measures of biases for the outputs indicate that movements had experienced faster technological growth than passengers and non-aeronautical revenue. In conclusion, we use a non-parametric index number approach to illustrate how such a global measure can be used to investigate airport productivity, and a parametric duality function method to measure biases in the technological change that often are very useful to airport managers and to those monitoring airport operations.

Key Words: *Airport; Biases in technological change; Total factor productivity; Hicks-neutrality of technology change*

一、前言

航空站民營化自英國在1980年代開始，其成功的將航空站民營化受到美國的重視。美國國會因而在1996年通過的聯邦航空授權法案之149條中規定，成立了一個航空站民營化的示範計畫，以方便航空站民營化之執行。在1990年代航空站公司化或民營化的趨勢更形明顯^[1,2]，但由於航空站具有明顯的獨占特性^[3,4]，且具有超額利潤^[5]，民營化的過程並不順利。雖然如此，但由於受到民航空運業者的自由競爭以及軸輻網路(hub and spoke network)的興起，航空公司為提升其競爭力，會選擇費率較低、服務品質較佳之航空站作為其接受服務的航空站，如飛機的維修^[6]。因此，具有空運中心

性質之航空站為能夠爭取對航空公司、航空旅客的服務將會感受到逐漸增加的競爭壓力，而提升其生產力就成為當前重要之課題。在面對自由化競爭及國際化衝擊下，為增加中正航空站經營自主性，以提高與鄰國各主要機場之競爭力，政府民航主管機關莫不積極尋求中正航空站營運組織調整之方法。但是進行組織結構調整前必須對既有組織結構下經營型態的生產力及要素使用與產出情形有充分之了解，以診斷相關因素對其生產力之影響。

過去國內運輸產業生產力之研究，不論是偏要素生產力PFP (partial factor productivity)或總要素生產力TFP (total factor productivity)皆可謂相當豐富，但對於航空站生產力及技術變遷對投入、產出影響之分析則仍不多見，大多只針對航空站設施服務績效之評估，而未從計量經濟之角度進行相關之生產力變動及技術變動所造成的影響。本文主要之目的在於藉由中正航空站之作業收支資料，衡量其生產技術變遷對投入、產出影響，提供民航相關單位對中正航空站生產力及其變遷之了解。分析之方法分成兩個階段，第一階段藉由構建包含三種投入、三種產出之Tornqvist 投入及產出物量指數進行生產力變動之討論，並進而構建 Tornqvist 總要素生產力指數^[7]；第二階段則利用對偶函數方法探討投入與產出是否為希克斯-技術中立(Hicks-neutrality of technical change)，本文採用Generalized MacFadden (GM) 利潤函數以探討任兩兩投入之間或兩兩產出之間因技術變遷所產生之技術變遷偏向(biases in technical change)。為配合本文之主旨，本研究將於第二節進行相關文獻之回顧；第三節從理論上探討總要素生產力之意義與其衡量及技術變遷對投入、產出偏向之影響；第四節進行資料處理說明與實證模型建立，以推估中正航空站的GM利潤函數，並分析總要素生產力變動及技術變遷偏向；最後一節為結論。本文實證研究獲得之結論，對日後中正航空站營運政策之檢討與修正以及航空站之發展政策均有所助益。

二、航空站生產技術變遷偏向衡量方法之回顧

國內目前針對航空站生產力之研究，主要有游明敏^[7]以Tornqvist總要素生產力衡量中正航空站生產力之變化，至於生產技術變遷偏向之分析，目前則尚未有相關之研究，而國外亦僅有航空站生產效率相關之研究，然對於技術變遷所導致產出及投入使用之偏向則不多見。因此，首先就航空站生產力之衡量進行回顧。Doganis and Graham^[8]經由對歐洲地區的研究發現，有關航空站績效之衡量大都以財務指標為衡量之方法，

尤其是以勞動生產力或資本生產力等偏生產力指標做為衡量方法，其將部分生產力之高低視為績效之好壞。然而，財務指標所能提供的資訊卻無法涵蓋航空站在社會、經濟方面所產生之績效。另外亦有部分研究採用個別處理績效(performance of individual process)的方法，特別是著眼於對旅客大廳之旅客、行李及貨物與飛機的服務，此一方法之績效衡量指標通常以比率(ratios)或份額(shares)表示，如以旅客之步行距離長短衡量旅客便利程度以做為航空站之績效之指標。Hooper and Hensher^[9] 則歸納對歐洲24個航空站生產效率分析的有關文獻，將目前使用於航空站績效之衡量方法整理為航空站整體績效(global performance of airport)、偏生產力、航空站處理績效(performance of particular processes)及顧客服務績效(customer-service measures)等四大類。Doganis and Graham^[8] 基於分析歐洲24個航空站的生產力，建議航空站績效的評估可採用多面向(multi-faceted)方法，例如可以每工作負荷單位(workload unit) 之總成本、每工作負荷單位之資本成本或勞動成本衡量航空站之成本績效。世界銀行(World Bank) 則以航空站之服務品質、安全、可及性、財務能力及環境品質等方面來衡量航空站之績效^[10]。澳洲工業經濟局(Bureau of Industrial Economics)對航空站績效之衡量則專注於航空站對飛機及旅客之處理能力，如空中流量管制之能力、出境櫃檯服務之旅客數。Seveniratne and Martel^[11]及Lemer^[12]則以航空站使用者的觀點評估顧客滿意程度以衡量航空站之績效。以上這些指標主要在反映航空站是否能適時(timeliness)可靠地(reliability)提供使用者便利舒適的服務。雖然以上所採用之航空站績效衡量指標，可提供對航空站績效之比較與了解，但由於該類指標皆屬於部分衡量法(partial measure)，無法綜觀航空站之績效之全貌。因此，有部分學者採用總要素生產力指數進行分析以衡量航空站之生產力，如Hooper and Hensher^[9]採用Tornqvist指數進行多航空站生產效率的比較研究，國內游明敏^[7]則以中正航空站為例，構建三種投入與三種產出之Tornqvist生產力指數，並進而探討影響生產力變動的因素，至於技術變遷所導致產出及投入使用之偏向，由於尚無在航空站之相關研究，因此，本文將以游明敏^[7]之研究為基礎進行中正航空站生產技術變遷偏向之衡量。

本文將於下一節進行生產技術變遷偏向理論之說明，並於第四節將其應用於中正航空站，以衡量投入項間與產出項間是否存有顯著的因技術變遷所產生之偏向。

三、總要素生產力與技術變遷偏向之衡量

3.1 總要素生產力之意義與衡量

要構建包含所有投入要素及產出之生產力指數，必須將所有投入要素與產出分別整合為單一之投入指標及產出指標，Tornqvist 總要素生產力指數即是一種常被用來作為整合的方法，這類方法就稱為測定生產力變化的「生產力指數方法」(production index approach)，這個研究方法具有不須直接推定生產函數之優點，在計算生產力變化上是一個簡單的方法。然事實上，在 Tornqvist 總要素生產力指數背後已假設了具體之生產函數。其所對應的即是一次齊次超越對數生產函數(homogeneous translog production function)^[13]，Diewert^[14]稱之為一次齊次超越對數生產函數的正合指數(exact index)，而此指數滿足指數的遞移測驗，並能高度保持各期的經濟特徵，故適於縱斷面資料之比較，亦頗適合縱斷面與橫斷面整合資料比較^[15]。由於一次齊次超越對數生產函數具有對任意生產函數二階逼近(second-order approximation)性質^[16]，因而增加了應用時的彈性，漸漸成為學者對生產行為進行實證探討時的主要選擇。

總要素生產力係以總產出與總投入之比值衡量，故首先介紹 Tornqvist 之投入物量指數如下^[7]：

$$Q_{ist}^T = \prod_{j=1}^K \left[\frac{x_{jt}}{x_{js}} \right]^{\frac{\omega_{js} + \omega_{jt}}{2}} \quad (1)$$

若取其對數形式，則為

$$\ln Q_{ist}^T = \sum_{j=1}^K \left(\frac{\omega_{js} + \omega_{jt}}{2} \right) (\ln x_{jt} - \ln x_{js}) \quad (2)$$

同理，Tornqvist 之產出物量指數如下：

$$Q_{ost}^T = \prod_{i=1}^N \left[\frac{y_{it}}{y_{is}} \right]^{\frac{v_{is} + v_{it}}{2}} \quad (3)$$

若取其對數形式，則為

$$\ln Q_{ost}^T = \sum_{i=1}^N \left(\frac{v_{is} + v_{it}}{2} \right) (\ln y_{it} - \ln y_{is}) \quad (4)$$

由於(2)、(4)並不符合指數之遞移性質，Caves, Christensen 及 Diewert^[15] 將其轉換為(5)、(6)之型態以符合指數之遞移性：

$$\begin{aligned} \ln Q_{ist}^{CCD} &= \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M [\ln Q_{isr}^T + \ln Q_{irt}^T] \\ &= \frac{1}{2} \sum_{j=1}^K (\omega_{jt} + \bar{\omega}_j) (\ln x_{jt} - \ln \bar{x}_j) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^K (\omega_{js} + \bar{\omega}_j) (\ln x_{js} - \ln \bar{x}_j) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{其中 } \bar{\omega}_j = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M \omega_{jr}, \quad \ln \bar{x}_j = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M \ln x_{jr}$$

$$\begin{aligned} \ln Q_{ost}^{CCD} &= \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M [\ln Q_{osr}^T + \ln Q_{ort}^T] \\ &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (v_{it} + \bar{v}_i) (\ln y_{it} - \ln \bar{y}_i) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (v_{is} + \bar{v}_i) (\ln y_{is} - \ln \bar{y}_i) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{其中 } \bar{v}_i = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M v_{ir}, \quad \ln \bar{y}_i = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M \ln y_{ir}$$

Tornqvist 總要素生產力指數則為 Tornqvist 產出及投入物量指數之比值，其數學式如下：

$$\begin{aligned} \ln TFP_{st} &= \ln \frac{Q_{ost}^{CCD}}{Q_{ist}^{CCD}} = \ln Q_{ost}^{CCD} - \ln Q_{ist}^{CCD} \\ &= \left[\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (v_{is} + \bar{v}_i) (\ln y_{it} - \ln \bar{y}_i) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (v_{is} + \bar{v}_i) (\ln y_{is} - \ln \bar{y}_i) \right] \\ &\quad - \left[\frac{1}{2} \sum_{j=1}^K (\omega_{jt} + \bar{\omega}_j) (\ln x_{jt} - \ln \bar{x}_j) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^K (\omega_{js} + \bar{\omega}_j) (\ln x_{js} - \ln \bar{x}_j) \right] \end{aligned} \quad (7)$$

其中 y 's 與 x 's 分別為產出及投入要素量， v 's 與 ω 's 則分別為個別產出及投入要素占總產出及總投入價值之份額

$$v_{is} = \frac{p_{is} y_{is}}{\sum_{i=1}^N p_{is} y_{is}}, \quad v_{it} = \frac{p_{it} y_{it}}{\sum_{i=1}^N p_{it} y_{it}}$$

$$\omega_{js} = \frac{w_{js} x_{js}}{\sum_{j=1}^K w_{js} x_{js}}, \quad \omega_{jt} = \frac{w_{jt} x_{jt}}{\sum_{j=1}^K w_{jt} x_{jt}}$$

s, t : 時間點，共有 M 期；

p_{is}, p_{it} : s 期及 t 期產出 i 之價格；

y_{is}, y_{it} : s 期及 t 期產出 i 之數量 ($i = 1, 2, \dots, N$)；

w_{js}, w_{jt} : s 期及 t 期投入 j 之價格；

x_{js}, x_{jt} : s 期及 t 期投入 j 之數量 ($j = 1, 2, \dots, K$)；

$$\ln \bar{y}_i = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M \ln y_{ir}, \quad \ln \bar{x}_j = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M \ln x_{jr}。$$

3.2 技術變遷偏向之衡量

為估計生產單位之投入、產出項因技術變遷所產生之偏向，可以計量經濟法加以分析，而一般在進行生產函數校估時有直接 (direct) 與間接 (indirect) 函數法，如估計 Cobb-Douglas 生產函數及超越對數生產函數即屬直接函數法。另外，不直接估計其生產函數，而根據對偶 (dual) 理論以設定間接成本函數或利潤函數形式加以校估而推導相關之經濟分析指標即屬間接函數法。一般在進行多元產出生產效率之研究不採用直接函數法，主要係因為以間接函數法可分析多元產出之生產系統。另外，若採用直接估計生產函數時，由於生產函數導出之投入、產出方程式 (netput supply equations) 其外生的投入、產出價格項在等號右側，且生產函數等號右側為內生之投入要素，在估計系統聯立方程式時可能會有計量上同時性 (simultaneity) 的問題產生。故本研究將採用間接函數法進行技術變遷對投入與產出之影響，而間接函數法中尤以超越對數成本函數 (translog cost function) 最被廣為採用，究其原因主要是它具有彈性、易於推估、計算及解釋等之優點。目前應用於運輸產業生產力分析之計量經濟模式大多採用超越對數成本函數^[17,18,19,20]，然而以參數性方法衡量生產力的變動率時，很重要的一環乃在於函數型態的選擇，由於間接函數法中之 GM 利潤函數相對於超越對數成本函數具有 (1) GM 利潤函數處理曲線之必要條件 (necessary curvature conditions) 的能力較好，(2) GM 利潤函數並不因引入曲線之必要條件而犧牲其二階逼近之彈性二項優點^[21]。因此，本研究將採取 GM 利潤函數作為推估中正航空站生產力變動之計量經濟模式。以下就利潤函數與生產函數之對偶關係進行說明並提出 GM 利潤函數以估計技術變遷之偏向。

1. 利潤函數與生產函數之對偶關係

假設廠商之生產結構為新古典生產函數

$$V = F(X_1, X_2, \dots, X_m; Z_1, Z_2, \dots, Z_n) \quad (8)$$

其中 V 為產出， X_i 為變動投入， Z_j 為固定投入，定義利潤函數為收入減去變動總成本。因此，利潤式可如下表示：

$$P' = pF(X_1, X_2, \dots, X_m; Z_1, Z_2, \dots, Z_n) - \sum_{i=1}^m c_i' X_i \quad (9)$$

其中 P' 為利潤， p 為產出的單位價格， c_i' 為第 i 項變動投入之單位價格，則根據利潤極大化的一階條件，可得廠商利潤極大化之邊際生產力條件如下：

$$p \frac{\partial F(X; Z)}{\partial X_i} = c_i', \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

定義 $c_i \equiv c_i' / p$ 為第 i 項投入之標準化價格 (normalizing price)，則上式可改寫為

$$\frac{\partial F}{\partial X_i} = c_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

對(9)以價格 p 平減可得(12)，其中 P 可定義為單位產出價格 (unit-output-price; UOP)。

$$P = \frac{P'}{p} = F(X_1, X_2, \dots, X_m; Z_1, Z_2, \dots, Z_n) - \sum_{i=1}^m c_i X_i \quad (12)$$

經由(11)可得變動投入的最佳數量，記為 X_i^* ，其為要素需求函數，是變動投入標準價格及固定投入數量的函數如下

$$X_i^* = f_i(c, Z), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

其中 c, Z 為向量的表示。

將(13)代入(9)可得利潤函數如下

$$\Pi' = p \left[F(X_1^*, X_2^*, \dots, X_m^*; Z_1, Z_2, \dots, Z_n) - \sum_{i=1}^m c_i' X_i \right] \quad (14)$$

可將(14)改寫

$$\Pi' = p G^*(c_1, c_2, \dots, c_m; Z_1, Z_2, \dots, Z_n) \quad (15)$$

則 UOP 利潤函數可如下表示

$$\Pi^* = \frac{\Pi^*}{p} = G^*(c_1, c_2, \dots, c_m; Z_1, Z_2, \dots, Z_n) \quad (16)$$

根據 Hotelling's Lemma 得

$$X_i^* = -\frac{\partial \Pi^*(c, Z)}{\partial c_i}, \quad i=1, 2, \dots, m \quad (17)$$

$$V^* = \Pi^*(c, Z) - \sum_{i=1}^m \frac{\partial \Pi^*(c, Z)}{\partial c_i} c_i \quad (18)$$

其中 V^* 產出之供給函數。

以對偶理論的觀點來看，採 UOP 利潤函數較直接採生產函數有利，主要原因有三，第一，經由 (17)、(18) 可獲得供給方程式及需求方程式，而 UOP 利潤函數對標準化價格具凸性 (convex)，而不需直接去估計 (11)，此一方式可彈性處理許多實證的分析工作；第二，經由對偶理論，可由利潤函數導出廠商之供給方程式及需求方程式，並且確保所對應之生產函數在固定投入不變下對變動投入具有凹性 (concave)；第三，利潤函數與供給方程式及需求方程式之解釋變數均為外生決定，以計量觀點而言，於進行估計時可避免計量上同時性的問題產生。

2. GM 利潤函數

根據 Diewert, Wales^[22]與 Lawrence, Zietsch^[23]之推導及上述之對偶理論法，可據以定義 GM 利潤函數， t 期 L 項投入及產出項 (netput) 之 GM 利潤函數的數學式說明如下：

$$\Pi_t = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{L-1} \left[\frac{\sum_{j=1}^{L-1} \beta_{ij} p_{it} p_{jt}}{p_{Lt}} \right] + \sum_{i=1}^L \beta_i p_{it} + \sum_{i=1}^L \beta_{ic} p_{it} + \beta_{cc} \left[\sum_{i=1}^L y^2 p_{it} \right] t^2 \quad t=1, \dots, T \quad (19)$$

其中， $\beta_j = \beta_j \quad \forall i, j=1, \dots, L-1$

γ_i = 第 i 項投入或產出之樣本平均數；

p_{it} = 第 t 期生產單位第 i 項投入產出之價格；

t = 技術變遷之時間趨勢；

β ：需要進行校估的未知參數。

在這 L 種投入、產出項中，可任意選擇一項的價格作為標準化價格 (normalizing price)，在以上的 GM 利潤函數中，若選擇生產單位之第 L 項投入產出價格作為標準化價格，根據 Hotelling's Lemma，可由 (19) 之利潤函數中導出產出供給方程式 (output supply equations) 與投入需求方程式 (input demand equations) 的數學關係式如下：

$$\begin{aligned} q_{it} &= \beta_i + \sum_{j=1}^L \beta_{ij} p_{jt} / p_{Lt} + \beta_{ict} + \beta_{cc\gamma} i t^2 + e_{it} \quad i=1, \dots, L-1, t=1, \dots, T \\ q_{Lt} &= \beta_L - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{L-1} \sum_{i=1}^{L-1} \beta_{ij} p_{it} p_{jt} / p_{Lt}^2 + \beta_{Lct} + \beta_{cc\gamma} L t^2 + e_{Lt} \quad t=1, \dots, T \end{aligned} \quad (20)$$

其中 q_{it} 表示第 t 期之投入或產出量， e_{it} 表示其他影響產出之干擾因素，其服從平均值為 0 及變異共變異矩陣 Φ 之常態分配，其中

$$\Phi = E(ee') = \begin{bmatrix} \sigma_{11}I & \sigma_{12}I & \cdots & \sigma_{1L}I \\ \sigma_{21}I & \sigma_{22}I & \cdots & \sigma_{2L}I \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{L1}I & \sigma_{L2}I & \cdots & \sigma_{LL}I \end{bmatrix} = \Sigma \otimes I$$

I 為 $T \times T$ 之單位矩陣， $e = (e_1, e_2, \dots, e_L)'$ 、 $e_i = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{iT})'$ 。

由於 GM 利潤函數並不需假設投入與產出項要具備希克斯-技術中立。因此，本研究可藉由 GM 利潤函數的此一特性，探討投入與產出項技術變遷的偏向。若技術改變導致等產量曲線在 (q_i, q_j) 的空間中為中性 (homothetic) 的平移，則技術改變對任一 (q_i, q_j) 屬希克斯-技術中立^[13]。因此，當 $B_{ij} = \partial (q_i, q_j) / \partial t = 0$ ，則技術改變對 (q_i, q_j) 為希克斯-技術中立，亦即

$$B_{ij} = (\partial q_i / \partial t) / q_i - (\partial q_j / \partial t) / q_j = 0 \quad (21)$$

若 B_{ij} 為正，則技術改變會使 q_i 相對於 q_j 具有希克斯-多用 (Hicks-using)，對 GM 利潤函數偏微分，可得

$$\partial q_i / \partial t = \beta_{ic} + 2\beta_{cc\gamma} i t \quad i=1, \dots, L \quad (22)$$

則技術變遷的偏向可以下式衡量

$$B_{ij} = \frac{q_i}{q_j} \left[\frac{(\beta_{ic} + 2\beta_{cc}\gamma_{it})}{q_i} - \frac{(\beta_{jc} + 2\beta_{cc}\gamma_{jt})}{q_j} \right] \quad (23)$$

故經由對 B_{ij} 之估計可知技術變遷對任兩兩投入項或產出項之偏向方向。

四、實證研究

4.1 資料來源

本研究的主要目的是探討中正航空站生產力之變化，即總產出、總投入及總要素生產力之成長與變遷，及技術變遷對投入、產出之影響，由於分析總要素生產力前需先了解中正航空站之投入與產出項，為能適切定義投入與產出，先就航空站之業務概況進行概要之說明，以便所採用之資料能與實際業務之執行相契合，以正確的反映出生產力。中正航空站之業務大致可分為飛航業務、航站業務、工程服務及機場行政。飛航業務主要係提供飛航情報服務，係為使各航空飛行員及其航空公司簽派員能夠及早了解，將飛航地區內各種影響航行操作的危害情形，預先防範於未然，而達到飛航安全之目的，因之航空站設有飛航諮詢台、氣象諮詢台及飛航情報中心，督導協調執行飛航服務任務；航站業務主要包括停車場、總機及播音室、櫃檯、行李處理及登機門服務；工程服務，包括對道面工程、機電工程、園藝工程等設備之維修；機場行政則包括人事管理、財產管理、出納簿記、營收統計、文書處理、安全查核及公共關係等業務，而中正航空站之年度決算書內容即可反映其所執行之業務，因此本研究即是採用中正航空站決算書中之作業收支資料來進行分析，根據中正航空站決算書之內容可將產出分為「與飛航相關之收入」（aeronautical）及「非飛航相關之收入」（non-aeronautical）兩大類，投入則包括人事費、業務費、維護費、旅運費、材料費及折舊攤銷費等。由於航空站之收入主要來自於航空公司、旅客及其他接受航空站服務之使用者，而收入之多寡與需求面有極大的關係。根據 Fielding^[24]將績效區分為效率及效果兩種觀點，及再細分為成本效率（cost-efficiency）、服務效果（service-effectiveness）及成本效果（cost-effectiveness）三大層面之定義，本研究之總要素生產力指標可視為航空站成本效果面的衡量。

由於本研究係基於游明敏^[7]對中正航空站生產力之衡量，進一步分析其技術變遷之偏向。因此，本研究引用該研究所構建之三種產出、三種投入的 Tornqvist 指數，並以 GM 利潤函數模型進行中正航空站技術變遷偏向之衡量。以下便分別就 Tornqvist

指數模型所需之投入、產出項及其價格作進一步之說明。

4.2 投入、產出項及其價格之決定

1. 產出項之設定

一般航空站之產出可分成「與飛航相關之收入」及「非飛航相關之收入」兩大類，根據中正航空站決算書內容，作業收支分為作業收入及作業支出，其中作業收入包括勞務收入、租金收入及其他收入，將其解構，可將場站降落相關收入、機場服務費收入歸類為「與飛航相關之收入」；特許營業費、輸油設備使用費、停車費、租金收入與其他收入歸類為「非與飛航相關之收入」，與飛航相關收入之產出項有飛機起降架次與旅客人次，由於非與飛航相關之收入大都與房屋設備之租賃有關，故可將產出項定義為租賃量。

2. 產出價格

飛機每起降一次需收取的費用包括場站降落費、場站停留費、候機室設備及服務費、地勤場地與設備使用費、空橋使用費、安全使用費及機場服務費等場站降落相關費用，因此每次飛機起降的平均價格可定義為場站降落相關收入除以飛機起降架次的二分之一；而每位出境旅客需收取機場服務費，由於每年出、入境旅客大致相等，因此每位旅客之價格可定義為機場服務費收入除以出入境旅客人次的二分之一；而非飛航相關收入包括特許營業費、輸油設備使用費、停車費、廣告使用費、土地使用費、房屋使用費、無線電裝備使用費、飛航班機顯示器租金、飛航班機到離時刻資料接用費、子母鐘系統廣告費及飛機修護棚廠使用費等，其中特許營業費、土地使用費及房屋使用費占非飛航相關收入之大部分。因此，本研究以台灣省房屋租金價格指數之省轄市類的營業用房租物價指數視為租賃物之價格，故租賃量可定義為非與飛航相關之收入除以營業用房租物價指數。

3. 投入項之設定

一般生產單位之投入要素包括設備、人力、維護與能源等四項，中正航空站決算書作業支出包括人事費、業務費、維護費、旅運費、材料費及折舊攤銷費，而航空站有其生產之特殊性，航空站之設備包括航路助航、導航設備、飛航安全作業系統及場站相關設施，均屬長期固定設備，每年之變動若以折舊費用衡量無法明確說明其對產出之貢獻，但因設備經年使用必有損耗，必須支付維護費用維修機具設備及設施，故本研究以中正航空站作業支出之維護費衡量中正航空站之設施及設備維護之

投入；以人事費作為勞力之投入；業務費做為中間投入。

4. 投入價格

由於設施及設備之維護主要為航空站內之建築物與相關機械、電子設備，而建築工程物價指數之調查範圍與設施及設備之維護內容較為相近。因此，各設施及設備之維護投入價格可視為建築工程物價，本研究採台灣省營造工程物價指數之建築工程類指數作為設施及設備之維護價格，故設施及設備之維護量可定義為維護費除以建築工程物價指數；中正航空站之員工數包括編制內人員與臨時人員，故每單位勞力成本可定義為員工薪資除以編制內及臨時人員之人數；另外，業務費為執行中正航空站之機場行政相關業務支出，其業務執行所需耗材價格一般可以國民生產毛額(GDP)之平減指數表示，故每單位中間投入量可定義為業務費除以國民生產毛額之平減指數。

茲將中正航空站投入、產出項之物量與價格整理如表 1。

4.3 中正航空站總要素生產力分析

表 2 中列出中正航空站民國 75 年至 88 年各投入、產出量，總產出及總投入數量指數與總要素生產力指數，其中總要素生產力指數為總產出數量指數與總投入數量指數之比值，根據表 2 所示，中正航空站之總要素生產力每年有穩定之成長，其年平均成長率約為 5.4%。另外，在產出之成長率方面，飛機起降架次之年成長率為 8.7%、旅客人次為 10.0%、租賃量為 2.7%；在投入要素使用之成長率方面，勞力使用之年成長率為 0.7%、維修量之投入為 0.5%、中間投入量為 7.5%^[7]，顯示經由 Tornqvist 總要素生產力指數的計算，旅客人次之成長率大於飛機起降架次與租賃量之成長，而投入面之維修量之使用成長率最低，是否是因航空站技術之進步而使旅客人次相對其他產出有較大的成長，而在投入面上維修量之使用較為節省，此一結果是否正確？仍應進一步探討。因此，本研究將經由 GM 利潤函數分析，探討是否技術進步對產出面旅客人次之成長貢獻程度大於對飛機起降架次及租賃量之成長，與技術進步對投入面維修量之使用較勞力使用及中間投入量為節省。

表 1 中正航空站投入、產出項之物量與價格表

項目別		物 量	價格指數
產 出 項 目	飛 航 相 關 收 入		
	場站降落費	起降架次	場站相關收入／起降架次
	場站停留費		
	候機室設備及服務費		
	地勤場地與設備使用費		
	空橋使用費		
	安全使用費		
	機場服務費	旅客人次	機場服務費／旅客人次
	非飛航相關收入		
	特許營業費	租賃量	營業用房租物價指數
	輸油設備使用費		
	停車費		
	廣告使用費		
	土地使用費		
	房屋使用費		
	無線電裝備使用費		
	飛航班機顯示器租金		
	飛航班機到離時刻資料接用費		
	子母鐘系統廣告費		
	飛機修護棚廠使用費		
投 入 項 目	員工薪資		
	設備維護	設備維修量	建築工程物價指數
	修繕		
	設備養護		
	業務費	中間投入量	GDP 之平減指數
	文具紙張		
	郵電		
	印刷		
	消耗		
	稅捐		
	油脂		
	保險費		
	業務推廣費		
業務外包費			
訓練費			

資料來源：[7]。

表 2 歷年中正航空站投入產出量及其總指數與 Tornqvist 總要素生產力指數

年	產 出				投 入				總要素
	起降架次 (架次)	旅客人次 (人次)	租賃量 (元)	總產出 指 數	勞力 (人)	維修量 (元)	中間投入量 (元)	總投入 指 數	TFP 指數
75	18,719	2,273,009	640,014,394	1.0130	294	3,634,620	909,255	0.9871	1.0262
76	19,915	2,670,784	652,596,929	1.0718	296	3,574,889	1,031,693	1.0153	1.0556
77	21,666	3,292,697	653,982,456	1.2501	294	2,939,424	1,122,945	0.9254	1.3509
78	24,182	3,865,638	685,671,400	1.3744	295	2,965,871	1,051,763	0.9235	1.4882
79	28,268	4,464,609	660,587,887	1.4133	293	3,124,775	1,217,868	0.9529	1.4831
80	31,040	4,678,418	664,426,975	1.4740	293	3,148,237	1,189,098	1.0043	1.4677
81	34,491	5,413,939	665,252,799	1.6423	307	2,822,587	1,687,596	0.9707	1.6918
82	37,225	5,576,806	780,367,446	1.7230	305	2,591,218	1,889,635	0.9860	1.7476
83	41,704	5,809,287	754,890,000	1.8681	296	2,988,597	1,965,676	1.0123	1.8454
84	46,097	6,292,899	688,309,000	2.0005	310	2,791,751	1,940,048	0.9747	2.0524
85	50,685	6,792,925	690,876,000	2.1370	315	2,787,640	2,002,443	0.9698	2.2035
86	54,459	7,092,427	721,761,000	2.2474	324	3,165,492	1,908,568	1.0210	2.2009
87	54,888	6,912,800	854,806,000	2.2409	323	3,261,768	2,030,047	1.1301	1.9830
88	54,846	7,651,628	874,029,000	2.2703	322	3,643,636	2,158,072	1.1675	1.9446
平均 年成 長率	0.0871	0.1001	0.0268	0.0649	0.0072	0.0046	0.0748	0.0141	0.0542

資料來源：[7]。

4.4 技術變遷產生偏向之測定

航空站經營過程中有部分投入要素存在資產僵固性的現象，所以投入要素中應包括有變動投入與準固定投入兩類。一般而言，勞力和中間投入是屬於可迅速調整之變動投入因素；而房屋、土地和資本是屬於短期不變長期可變之準固定投入因素。因此，基於計量推估上的限制及配合前述之總要素生產力指數投入、產出項之設定，亦將中正航空站之投入因素簡單歸納為勞力、維修與中間投入等三項，產出則分為飛機起降架次、旅客人次及租賃量。根據前述對 GM 利潤函數的定義，配合本研究中之三項投入項及三項產出項可將中正航空站之 GM 數利潤函數的數學式說明如下：

$$\Pi_t = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^5 \left(\sum_{j=1}^5 \beta_{ij} p_{it} p_{jt} / p_{6t} \right) + \sum_{i=1}^6 \beta_i p_{it} + \sum_{i=1}^6 \beta_{ic} p_{it} + \beta_{cc} \left(\sum_{i=1}^6 \gamma_i^2 p_{it} \right) t^2 \quad t=1, \dots, T \quad (24)$$

其中， $\beta_{ij} = \beta_{ji} \quad \forall i, j = 1, \dots, 5$

γ_i = 第 i 項投入或產出之樣本平均數；

p_{1t} = 第 t 年之飛機起降價格指數；

p_{2t} = 第 t 年之旅客服務價格指數；

p_{3t} = 第 t 年之租賃價格指數；

p_{4t} = 第 t 年之勞力投入價格指數；

p_{5t} = 第 t 年之維修價格指數；

p_{6t} = 第 t 年之中間投入價格指數；

t = 技術變遷之時間趨勢；

β ：需要進行校估的未知參數。

在這六種投入、產出項中，可任意選擇一項的價格作為標準化價格，在以上的 GM 利潤函數中，本研究選擇航空站中間投入價格指數作為標準化價格，根據 Hotelling's Lemma，可由(24)之利潤函數中導出產出供給函數與投入需求函數的數學關係式如下：

$$q_{it} = \beta_i + \sum_{j=1}^5 \beta_{ij} p_{jt} / p_{6t} + \beta_{ict} + \beta_{cc} \gamma_i t^2 + e_{it} \quad i=1, \dots, 5, \quad t=1, \dots, T$$

$$q_{6t} = \beta_6 - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^5 \beta_{ij} p_{it} p_{jt} / p_{6t}^2 + \beta_{6ct} + \beta_{cc} \gamma_6 t^2 + e_{6t} \quad t=1, \dots, T \quad (25)$$

其中 q_{it} 表示第 t 期之投入或產出量， e_{it} 表示其他影響產出之干擾因素，結合母函數式 (24) 和子函數式 (25) 構成本研究之計量經濟實證模型。為估計以上之聯立方程式，本研究採用 Zellner 的類似無相關推估法 (seemingly unrelated regressions (SUR)) 進行系統參數校估，經由反覆之 SUR 估計所得之參數為最大概似估計子 (maximum likelihood estimator)。

由於利用反覆之 SUR 進行聯立方程式 (24) (25) 校估所得參數之最大概似估計值，其二階係數之特徵值 (eigenvalues) 為負，顯示以此估計方法所得結果無法符合對價格應具凸性 (convex in price) 之性質。亦即參數項所構成之矩陣 $B = [\beta_{ij}]$ 不為正半定 (positive semi-definite)，無法確保 GM 利潤函數對於價格項具有凸性。因

此，本研究採用 Wiley et al. [25] 的方法，將矩陣 $B = [\beta_{ij}]$ 轉換為 $B = AA'$ ，其中 $A = [\alpha_{ij}]$ ， A 矩陣中的對角線其右上方之元素皆為 0，經由此一轉換將可確保 GM 利潤函數對於價格項具有凸性 [23]，但經由此一轉換後，GM 利潤函數所要估計的參數將會變成非線性的。因此，本研究採用非線性最小平方法加以估計，此一轉換的簡單說明如下：

以一簡單的 3×3 (即 4 項投入、產出項) 之參數矩陣為例，其中 $B = AA'$ 變成

$$\begin{aligned}
 B &= \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & 0 & 0 \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & 0 \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{21} & \alpha_{31} \\ 0 & \alpha_{22} & \alpha_{32} \\ 0 & 0 & \alpha_{33} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \alpha_{11}^2 & \alpha_{11}\alpha_{21} & \alpha_{11}\alpha_{31} \\ \alpha_{21}\alpha_{11} & \alpha_{21}^2 + \alpha_{22}^2 & \alpha_{21}\alpha_{31} + \alpha_{22}\alpha_{32} \\ \alpha_{31}\alpha_{11} & \alpha_{31}\alpha_{21} + \alpha_{32}\alpha_{22} & \alpha_{31}^2 + \alpha_{32}^2 + \alpha_{33}^2 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \quad (26)$$

由上式可知，GM 利潤函數及根據 Hotelling's Lemma，由利潤函數中導出產出供給方程式與投入需求方程式中之 β_{ij} 均為非線性之參數。因此，本研究將聯立方程式 (24) (25) 加上 (26) 進行非線性聯立方程式之校估，所得之結果如表 3，所估計之參數值大部分在 5% 顯著水準具顯著性。

另外，藉由產出供給與投入需求方程式 (25) 中可導出投入及產出項之價格彈性如下：

$$\varepsilon_{ij} = \left(\frac{\partial q_i}{\partial p_j} \right) \left(\frac{p_j}{q_i} \right) \quad i, j = 1, \dots, 6 \quad (27)$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial q_i}{\partial p_j} &= \beta_{ij} / p_6 \quad i, j = 1, \dots, 5 \\
 \frac{\partial q_i}{\partial p_6} &= \frac{\partial q_6}{\partial p_i} = - \sum_{j=1}^5 \beta_{ij} p_j / p_6^2 \quad i = 1, \dots, 5 \\
 \frac{\partial q_6}{\partial p_6} &= \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \beta_{ij} p_i p_j / p_6^3
 \end{aligned} \quad (28)$$

由於以所估計之 α_{ij} 不易解釋。因此，利用 (26) 將 α_{ij} 轉換為 β_{ij} ，並以 (27) 計算投入與產出項之價格彈性如表 4，投入、產出之自我價格彈性符號均符合先驗知識，飛機起降架次與旅客人次具有接近之自我價格彈性，分別為 0.073 與 0.079，顯示中正航空站對飛機起降之機場使用費及出境旅客之機場服務費的定價對飛機起降架次與出境旅客人次有相同的影響，而租賃量自我價格彈性為 0.00035，相對於飛機起降

架次與出境旅客人次之自我價格彈性較小，可能是因受限於中正航空站屬公務體制，有關特許事業及房屋、土地使用等無法有效運用，導致其價格較不具彈性。而投入面之中間投入量的價格彈性最大，為-1.936，顯示航空站在推行業務其所使用之中間投入受價格之影響極大，另勞力與維修量之價格彈性相對較小，分別為-0.152 及-0.036。

表 3 非線性最小平方法估計結果

參 數	估計值	標準差	t-值
β_1 (飛機起降價格指數)	43.325	0.999	43.347
α_{11}	1.959	0.050	39.052
α_{21}	471.820	1.061	444.600
α_{31}	-89.037	0.941	-94.622
α_{41}	0.003	0.009	0.288
α_{51}	-53.025	1.284	-41.288
β_{1c} (飛機起降價格指數×時間)	360.320	1.415	254.680
β_{cc} (時間×時間)	0.009	0.015	0.589
β_2 (旅客服務價格指數)	1.528	1.000	1.528
α_{22}	-91.206	1.047	-87.149
α_{32}	-5.181	1.031	-5.025
α_{42}	0.051	0.054	0.957
α_{52}	279.840	1.546	180.980
β_{2c} (旅客服務價格指數×時間)	7.318	1.001	7.308
β_3 (租賃價格指數)	0.919	1.000	0.919
α_{33}	-12.674	1.007	-12.590
α_{43}	0.069	0.074	0.925
α_{53}	135.180	3.306	40.888
β_{3c} (租賃價格指數×時間)	0.025	1.001	0.0247
β_4 (勞力投入價格指數)	-246.070	2.822	87.197
α_{44}	-0.506	0.090	-0.624
α_{54}	21.822	2.189	9.967
β_{4c} (勞力投入價格指數×時間)	17.592	1.481	11.881
β_5 (維修價格指數)	0.876	1.000	0.876
α_{55}	1.149	1.001	1.149
β_{5c} (維修價格指數×時間)	3.888	1.071	3.631
β_6 (中間投入價格指數)	1.261	1.001	1.261
β_{6c} (中間投入價格指數×時間)	3.062	1.042	2.940

概似函數對數值=-1001.235。

表 4 中正航空站投入、產出之價格彈性

價格彈性	起降架次	旅客人次	租賃量	勞力	維修量	中間投入
起降架次	0.07371	0.04495	-0.00458	0.00058	-0.00275	-0.11191
旅客人次	0.12623	0.07985	-0.00776	-0.00298	-0.00951	-0.18583
租賃量	-0.00550	-0.00332	0.00035	-0.00027	0.00007	0.00867
勞力	-0.01143	0.02073	0.00433	-0.15254	-0.07162	0.21053
維修量	0.02758	0.03398	-0.00057	-0.03676	-0.03653	0.01230
中間投入	1.18527	0.70082	-0.07647	0.11405	0.01298	-1.93665

由 (23) 所定義之技術變遷所產生之偏誤的衡量結果如表 5、6 所示，其中表 5 為投入項因技術變遷所產生之偏誤的衡量，偏向之估計值在 5% 顯著水準下除中間投入與維修量間之偏向值不顯著外，其餘之 t 值檢定結果均棄卻虛無假設投入項間之技術偏向為 0，其結果顯示，因技術進步使中間投入量之投入較勞力多使用，而維修量又較勞力多使用，但中間投入與維修量之使用則無差異，為更進一步檢定其是否有差異，本研究採用 χ^2 檢定進行聯合檢定 (joint test)，重新檢定投入項間是否存有顯著之偏向，結果顯示在虛無假設為希克斯-技術中立下， χ^2 值為 141.28，大於自由度為 2 之 χ^2 之臨界值 5.99，拒絕虛無假設，亦即可接受技術進步使中間投入之使用較維修量多使用。而由 Tornqvist 總要素生產力指數估計之結果，中間投入量使用之成長率最大約為 7.5%、勞力使用之年成長率為 0.7%、維修量之投入為 0.5%，在勞力使用及維修量之投入上，技術變遷之偏向顯示與 Tornqvist 總要素生產力指數估計之結果相異，其間之差異可能反應出中正航空站為交通部民航局下之一國有國營單位，其一切預算、人事任用及行政程序皆由民航局掌控。因此，員工人數具有僵固性，無法有效調整，只能就有限預算中對業務費及維修費作有效運用。故以技術進步所導致之投入使用程度，中間投入量相對於設備維修量有較大的使用，而設備維修量相對於勞力有較大的使用。而從技術變遷所產生投入偏向之結果，亦可能是勞力及設備維修量在技術進步的過程中相對較節省，可能因技術進步可使勞動生產力較為提升，設備維護工作較為減少，而為適應技術進步則代表中間投入量之業務費則相對較為增加。以上均值得民航主管單位之參考。

表 6 為產出項因技術變遷所產生之偏向的衡量，其中以對飛機起降架次的影響最大，其次為旅客人次，而對租賃量的影響最小，而由 Tornqvist 總要素生產力指數

估計之結果以旅客人次之成長最快，其間之差異可能因為航空公司因航空站飛航管制技術之進步，可增加班次之起降，但影響旅客人次對中正航空站之需求非僅航空站之技術進步，尚有許多外在因素，如經濟成長、國民所得增加等因素，雖然整體之成長率以旅客人次之成長較大，但歸因於航空站技術進步因素對旅客人次的影響則較對飛機起降架次為小。

經由以上之討論，很明顯的中正航空站之投入項間與產出項間存有顯著的因技術變遷所產生之偏向。因此，投入項與產出項希克斯-技術中立之假設便無法成立，由Tonqvist指數所得之生產力指數可能無法適切表達中正航空站之生產力變化。因應技術變遷對投入產出之使用或節省，民航主管機關宜適時調整航空站經營之方向，以節省投入成本，增加產出，以獲致較高的經營效率。

表 5 投入項間技術變遷所產生偏向之估計值

i \ j	勞 力	維修量	中間投入量
勞 力	—	-5.77E-02 (4.86E-03)	-5.77E-02 (4.86E-03)
維修量	5.77E-02 (4.86E-03)	—	-2.20E-07 (6.03E-07)
中間投入量	5.77E-02 (4.86E-03)	2.20E-07 (6.03E-07)	—

*括弧內為標準差。

表 6 產出項間技術變遷所產生偏向之估計值

i \ j	起降架次	旅客人次	租賃量
起降架次	—	9.73E-03 (3.82E-05)	9.73E-03 (3.82E-05)
旅客人次	-9.73E-03 (3.82E-05)	—	1.40E-06 (1.97E-07)
租賃量	-9.73E-03 (3.82E-05)	-1.40E-06 (1.97E-07)	—

*括弧內為標準差。

五、結論與建議

航空站的公司化或民營化可使航空站經營管理更具商業競爭力以提高其績效，然而其績效之評估不能單純以財務指標予以衡量，而需以總體績效的方法加以評估，本研究以總要素生產力代表其總體績效之衡量，雖然衡量總要素生產力已應用於運輸部門之相關領域，但實際應用於航空站生產力評估仍不多見^[26]，根據游明敏^[7]所進行中正航空站生產力之衡量，其結果顯示，總產出具有6.5%的年成長率、其中以旅客人次之成長率最大；總投入具有1.4%的年成長率，其中以中間投入使用之成長率最大；整體而言，總要素生產力約有5.4%的年成長率。然而是否技術進步對中正航空站之投入、產出的影響具一致性，亦即技術中立。為探討此一問題，本研究以GM利潤函數檢驗其技術變遷的偏向。結果顯示，以GM利潤函數可得知航空站因技術進步各投入或產出間相對成長與節省之關係，以技術進步所導致之投入使用成長程度而言，中間投入量相對於勞力與維修量有較大的使用，而維修量相對於勞力有較大的使用；以技術進步所導致之產出成長程度而言，以對飛機起降架次的影響最大，其次為旅客人次，而對租賃量的影響最小。顯示技術進步不論對於投入項或產出項均不具中立性。

除此之外，本研究亦進行投入、產出之價格彈性分析，研究結果顯示，投入、產出之自我價格彈性符號均符合先驗知識，飛機起降架次與旅客人次具有接近之自我價格彈性，顯示中正航空站對飛機起降之機場使用費及出境旅客之機場服務費的定價對飛機起降架次與出境旅客人次有相同的影響，而租賃量自我價格彈性相對於飛機起降架次與出境旅客人次之自我價格彈性較小，可能是因受限於中正航空站屬公務體制，有關特許事業及房屋、土地使用等無法有效運用，導致其價格較不具彈性。而投入面之中間投入量的價格彈性最大，顯示航空站在推行業務其所使用之中間投入受價格之影響極大，另勞力與維修量之價格彈性則相對較小。

參考文獻

1. Ashford, N. "Airport Management in a Changing Economic Climate", *Transportation Planning and Technology*, 18, 1994, pp. 57-63.
2. Haririan, M. and Vasigh, B., "Airport Privatization: Procedures and Methods", *Transportation Quarterly*, Vol. 48, No. 4, 1994, pp. 393-402.
3. Forsyth, P., "Airlines and Airports: Privatization", *Competition and Regulation*.

Fiscal Studies, Vol. 14, No. 3, 1984, pp. 61-74.

4. Hazel, R., *Airport Economics*. In *Handbook of Airline Economics*, eds D. Jenkins and C. P. Ray, Aviation Week Group, a Division of the McGraw-Hill Companies, 1995.
5. 交通部運輸研究所，世界主要機場工程規劃設計與未來發展之研究，民國八十七年七月。
6. Gollin, A., "Airport Reform: Eight Years Down the Runway", Paper Presented at the 20th Australasian Transport Research Forum, 28-29 August, Auckland, 1996.
7. 游明敏，「中正航空站總要素生產力之變化分析」，*民航季刊*，第二卷第一期，民國八十九年三月，頁 97-123。
8. Dorganis, R. and Graham, A., "Airport Management: The Role of Performance Indicators", Transport Studies Group, Polytechnic of Central London, London, 1987.
9. Hooper, P. G. and Hensher, D. A., "Measuring Total Factor Productivity of Airports – An Index Number Approach", *Transportation Research-E*, Vol. 33E, No. 4, 1997, pp. 249-259.
10. Gannon, C. and Shalizi, Z., "The Use of Sectoral and Project Performance Indicators in Bank-financed Transport Operations", Discussion Paper, The World Bank, Environmental Sustainable Development, Report TWU 21, Washington, DC, 1995.
11. Seneviratne, P. N. and Martel, N., "Criteria for Evaluating Quality of Service in Air Terminals", *Transportation Research Record*, 1461, Transportation Research Board, Washington, DC, 1994, pp. 24-30.
12. Lemer, A. C., "Measuring Performance of Airport Passenger Terminals", *Transportation Research-A*, Vol. 26, No. 1, 1992, pp. 73-74.
13. Tornqvist, L., "The Bank of Finland's Consumption Price Index", Bank of Finland Monthly Bulletin, Vol. 10, 1936, pp. 1-8.
14. Diewert, W. E., "Exact and Superlative Index Numbers", *Journal of Economics*, Vol. 4, 1976, pp. 115-145.
15. Caves, D. W., Christensen, L. R., and Diewert, W. E., "Multilateral Comparisons of Output, and Productivity Using Superlative Index Numbers", *Economic Journal*, Vol. 92, 1982a, pp. 73-86.

16. Christensen, L. R., Jorgenson, D., and Lau L., "Transcendental Logarithmic Production Frontiers", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 55, No. 1, 1973, pp. 28-45.
17. 王小娥、鐘佩真, 「台鐵生產力及總要素生產力變化之研究」, *運輸計劃季刊*, 二十三卷二期, 民國八十三年, 頁 125-154。
18. 張淑娟、王小娥、張有恆, 「台灣地區國內航空業成本結構之研究」, *運輸計劃季刊*, 二十一卷三期, 民國八十一年, 頁 335-366。
19. Caves, D. W., Christensen, L. R., and Swanson, J. A., "Productivity in U.S. Railroads, 1951-1974", *Bell Journal of Economics*, Vol. 11, No. 1, 1980, pp. 166-181.
20. De Borger, B., "Hedonic versus Homogeneous Output Specifications of Railroad 1950-1986", *Transportation Research A*, Vol. 25A, No. 4, 1991, pp. 227-238.
21. Coelli, T. J., "Measurement of Total Factor Productivity Growth and Biases in Technological Change in Western Australian Agriculture", *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 11, 1996, pp. 77-91.
22. Diewert, W. E. and Wales, T. J., "Flexible Functional Forms and Global Curvature Conditions", *Econometrica*, 55, 1987, pp. 43-68.
23. Lawrence, D. and Zietsch, J., "A Disaggregated Model of Agricultural Production Response", Invited Paper Presented to the 34th Annual Conference of the Australian Agricultural Economics Society, Brisbane, 12-15 February 1990.
24. Fielding, G. J., Brenner, M. E., and Faust, K., "Typology for Bus Transit", *Transportation Research-A*, Vol. 19A, No. 3, 1985, pp. 269-278.
25. Wiley, D. E., Schmidt, W. H., and Bramble, W. J., "Studies of a Class of Covariance Structure Models", *Journal of the American Statistical Association*, 68, 1973, pp. 317-323.
26. Tretheway, M., "Book Review (The Economic Performance of European Airports, R. S. Doganis, A. Graham and A. Lobbenberg)", *Journal of Air Transport Management*, 2(3/4), 1995, p. 207.