

第六章 貨源因素對樞紐港口競爭力的影響分析

本文第四章研究結果，已經檢定出樞紐港口的外部環境，與航商之營運策略間，確實具有顯著相關性存在，但是，卻無法充份證明港口內部條件與此二者存在相關性，亦無法驗證出內部條件對於越洋貨櫃航商之增加營收、節省成本等誘因有直接的關係。實際上，透過質化問卷方式進行社會科學的研究，極有助於驗證研究課題的延展性與多樣性，但易受填答者對營運環境之即時性的影響，以及問卷回收份數與有效性的限制，某些重要現象，不見得可以得到充分的驗證。

此外，在第五章內，各項影響因素經由問卷評量結果，利用 GRA 配合辨識係數(ζ)模糊化與權重因子(β_k)熵值化方式，已得出各港之不同競爭優勢。以表 5-5 內第 6 項為例，對於影響各港口之外部環境競爭優勢中， β_k 權重指標值(0.2528, 0.2486, 0.2494, 0.2492)，即代表 B1~B4 (貨源因素、聯外系統、通關便利、地理區位)四項外部環境條件的重要程度，其中以貨源因素相對於其他三者，影響力較佳(25.28%)。惟其係由問卷資料計算得出，航商在主觀上的平均評量值經由熵值化後，所產生的權重甚為接近。但是，若再藉由表 5-7 之 ANOVA 檢定結果，可發現貨櫃航商在各港間對於每個變因的評量結果，確實存在顯著的差異。貨源因素是否對於航商的擇港行為影響性最大，仍需進一步分析之。

近年來在港口競爭與選擇研究課題的探討上，以問卷型態對貨櫃航商進行重要因素調查的分析文獻甚多。但是，由於問卷調查與分析方法，航商容易因為短期間內某些經營局勢及營運環境改變，會有不同的評量結果產生。因此，本章主要的目的，係與前二章相互呼應，仍以貨櫃航商為立場，利用可具體量化的各種營運指標，做為探討影響貨櫃航商選擇樞紐港口的重要因素，以分析比較哪些因素，對港埠的整體競爭力，最具影響性。

但是，諸多影響因素如：貨源因素、服務品質、政治因素、地理區位等，若改以量化分析方式，在實際上會具有衡量的困難度，因之，本章將以篩選過且來自於貨櫃航商之實際營運數據值，代表重要的競爭因素。此外，在貨源因素部分，本文發現：越洋貨櫃航商會考量樞紐港內的進口、出口與轉運等各種櫃源，並將之視為貨源因素，因此，港口總櫃量的增長，會增加樞紐港口被選擇泊靠的機會，繼而使得港口的航線匯集增加更多，港口競爭力提升後，再次使該港之總櫃量持續增加。此現象即產生「貨源因素」與港口競爭力之間；究係「因或果」的先後問題，亟需急待釐清。

貨源的多寡與其未來的增長趨勢，的確會影響航商的擇港行為與港口的競爭力。本文參考 Chang(2000)闡釋以 1998 年重建完成後之神戶港，仍無法回復到 1995 年大地震前之原有榮景為例，發現該港之進、出口櫃量的增長，深受到腹地區域經濟之影響以及鄰近港口的競爭，轉運櫃源則深受貨櫃航商的港口策略區位與航線網配置的影響，而被其他鄰近國家或地區的樞紐港口所掠奪(Capture)。近年來神戶港面臨中國大陸、韓國及日本等其他樞紐港口的快速掘起，即可說明：樞紐港口基礎設施的大幅強化，並無法直接吸引航商進行航線配置，重新獲得競爭優勢的速度亦甚為緩慢，因為，貨源才是航商的主要考量因素。

此外，Hayuth & Fleming (1994)與 Robinson(1998)亦曾經以北美 Seattle 港等及東南亞如新加坡港等樞紐港口為例子，闡述航商藉由複合運送行為與轉運櫃等中介性貨源(Intermediacy)的增加，可以強化港口被選擇的機會，並間接提升樞紐港口在鄰近區域內的競爭力。因之，港口轉運貨源可以被航商間接地創造出來，並吸引更多航商選擇泊靠與配置航線。所以，貨源因素係為樞紐港口提升競爭力與創造整體競爭優勢的重要關鍵之一。

本章即利用四大港口之過去與未來可預測的總櫃量增長率的平均值，來代表貨源因素，並配合蒐集諸多可實際量化的指標，以檢測影響競爭力的重要因素。

以下 6.1 節將針對研究方法進行說明，6.2 節將藉各類方法以預測四大樞紐港口之總櫃量，6.3 節將利用灰關聯分析進行影響變因的排序，最後 6.4 節則為本章的研究結果與討論。

6.1 灰色預測模型與灰關聯生成

本章研究方法，將以灰色理論之預測模型與第五章灰色關聯分析為應用架構。預測模型是以 GM(1,1)為基本模式，其原理為找出既有存在的數列中，各個元素間的未來動態狀況，主要優點為所需數據不用太多。此外，若原始資料內的數據，因單位不同或數據形態差異太大，無法滿足數據間的可比性時，則應先將數據進行處理，此即灰關聯生成。上述二種應用方法，依序說明如下。

一、GM(1,1)模型

令數列： $X^{(0)} = \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)\} \Rightarrow X^{(0)}(k), \exists k = 1, \dots, n$ (6-1)
為第 1 期迄第 n 期之數據資料，由數據之累加生成(AGO, Accumulated Generating Operation)運算所得數列 $X^{(1)}(k)$ 為：

$$X^{(1)}(k) = X^{(0)}(1) + X^{(0)}(2) + \dots + X^{(0)}(k) = \sum_{t=1}^k X^{(0)}(t), \exists k = 2, 3, \dots, n \quad (6-2)$$

其中 $X^{(1)}(1) = X^{(0)}(1)$ ，所生成的數列為：

$$X^{(1)} = \{X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)\} \quad (6-3)$$

若對式(6-3)構建 GM(1,1)之一階一變數的微分方程式：

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = u \quad (6-4)$$

其中：t 為序列變數、a 為發展係數、u 為控制變數，a 與 u 均為所要校估的參數。而式(6-4)亦可稱為白化方程式，白化即代表、借用、對應之意。若由導數定義：

$$\frac{dX^{(1)}(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{X^{(1)}(t + \Delta t) - X^{(1)}(t)}{\Delta t} \quad (6-5)$$

式(6-5)為一般的連續動態系統，可藉線性微分方程敘述之，而離散的動態則用差分方式描述之。由於灰色模式在計算上要求間隔期數為等距($\Delta t = 1$)，因之，可將式(6-4)「視為」近似的離散序列之差分方程式：

$$\frac{dX^{(1)}(t)}{dt} \approx \frac{\Delta X^{(1)}(t)}{\Delta t} = X^{(1)}(k+1) - X^{(1)}(k) \quad (6-6)$$

灰色理論所定義的數列 $X^{(1)}$ 與其變化率 $\frac{dX^{(1)}(t)}{dt}$ 間所有關係的值，係取決於 $X^{(0)}(t+\Delta t)$ 與 $X^{(0)}(t-\Delta t)$ 之間，一般以中心點表示之，則灰微分方程即可借用式(6-4)白化方程式；而有以下之關係：

$$\frac{dX^{(1)}(t)}{dt} \approx X^{(0)}(t) = X^{(1)}(t) - X^{(1)}(t-1) \quad (6-7)$$

$$X^{(1)}(t) \approx Z^{(1)}(t) = 0.5(X^{(1)}(t-1) + X^{(1)}(t)) \quad (6-8)$$

若將式(6-7)與式(6-8)代入式(6-4)；即可得出 GM(1,1)的初始模型：

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = u \Rightarrow X^{(0)}(t) + aZ^{(1)}(t) = u \quad (6-9)$$

若欲建立 GM(1,1)模型，首需求得 a 及 u，可藉由化成矩陣模式以最小平方解之，即式(6-9)需滿足 $X^{(0)}$ 及 $X^{(1)}$ ：

$$X^{(0)} = \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)\}, X^{(1)} = \{X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)\}$$

$$X^{(1)}(k) = \sum_{t=1}^k X^{(0)}(t) ; \text{由式(6-9)可得:}$$

$$X^{(0)}(2) + aZ^{(1)}(2) = u$$

$$X^{(0)}(3) + aZ^{(1)}(3) = u$$

.....

$$X^{(0)}(n) + aZ^{(1)}(n) = u ; \text{轉化成矩陣型式:}$$

$$\begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \dots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.5 * [(X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2))] & 1 \\ -0.5 * [(X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3))] & 1 \\ \dots & \dots \\ -0.5 * [(X^{(1)}(n-1) + X^{(1)}(n))] & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} ;$$

$$\Rightarrow X_N = B_{[(n-1)*2]} \hat{a}_{[2*1]} \quad (6-10)$$

即 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T X_N$ ，其中： $\hat{a} = \hat{a}_{[2*1]}$ ； $B = B_{[(n-1)*2]}$ ，解出式(6-10)後所得出之 a

與 u，逕代入式(6-4)，即可求得近似之灰色累加生成(AGO) $\hat{X}^{(1)}(k+1)$ 預測模式：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = \left[X^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-ak} + \frac{u}{a} \quad (6-11)$$

再以逆累加生成(IAGO, Inverse AGO)還原 $\hat{X}^{(0)}(k)$ 預測式：

$$\hat{X}^{(0)}(k) = \left[X^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] (1 - e^a) e^{-a(k-1)} ; k=2,3,\dots,n \quad (6-12)$$

$$\text{或 } \hat{X}^{(0)}(k+1) = \hat{X}^{(1)}(k+1) - \hat{X}^{(1)}(k) ; k=1,2,\dots,n \quad (6-13)$$

關於 GM 預測模式的精度檢驗，可採後驗差檢驗方法(Posterior Test)，即利用實際數列與模式預測數列間的殘差值，進行統計檢定。以下為例，首先定義殘差數列 $q^{(0)}(k)$ 及其平均數 \bar{q} 為：

$$q^{(0)}(k) = X^{(0)}(k) - \hat{X}^{(0)}(k); k=1,2,\dots,n \quad (6-14)$$

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q^{(0)}(k); k=1,2,\dots,n \quad (6-15)$$

並設若 S_1 及 S_2 各別代表實際數列 $X^{(0)}(k)$ 與殘差數列 $q^{(0)}(k)$ 之標準差，則「後驗差比值 C」以及「小誤差頻率比值 P」可定義為：

$$C = \frac{S_2}{S_1} \quad (6-16)$$

$$P = p\left\{ \left| q^{(0)}(k) - \bar{q} \right| \leq 0.6745 * S_1 \right\} \quad (6-17)$$

式(6-17)表示殘差數列內個別值與其平均值之差小於(0.6745*S₁)之個別機率值，表 6-1 之對照表可評定 GM(1,1)模式對該項實際數列預測結果的精度等級，其平均殘差值為 $\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |q^{(0)}(k)|$ ； $k=1,2,\dots,n$ ，與式(6-15)不同。

表 6-1 GM 預測模式之精度對照與準則表

模式預測之精度	C 值	P 值	平均殘差值
第一級 (極佳)	$C < 0.35$	$P > 0.95$	當 C 與 P 值相近時，平均殘差值愈小愈好，代表預測模式的擬合度愈高。
第二級 (合格)	$0.35 \leq C < 0.50$	$0.95 \geq P > 0.80$	
第三級 (勉強)	$0.50 \leq C < 0.65$	$0.80 \geq P > 0.70$	
第四級(不合格)	$C \geq 0.65$	$P \leq 0.70$	

資料來源：鄧聚龍等(民 88)。

1. 灰色馬可夫殘差修正模式

由式(6-12)可發現灰色預測模式之擬合函數，為一平滑指數曲線，對於隨機性較大的數據擬合較差，預測精確度亦可能受影響。本文參考溫裕弘(民 86)為提高 GM 模式之預測精確度，可以藉由式(6-14)殘差數列建立 GM 預測模式，並據以修正式(6-12)，此即所謂「GM 殘差模式」。

然而，在構建殘差模式時，因受正負號之影響，使建構模式之殘差數列具相同符號之殘差數據並不一定超過 4 筆，可能違背 GM 模式之構建條件，因而 GM 殘差模式有時會面臨無法構建之困難。溫裕弘(民 86)針對此缺點以馬可夫鏈預測模式來捕捉殘差符號上的動態隨機變化。為預測殘差符號未來的發展變化，本文應用 2 階馬可夫鏈，由正、負號 2 個狀態集合及一組轉移機率矩陣 R，以預測未來之殘差符號。亦即實際數列值與預測值之間消長過程，會隨各種隨機因素的影響而有偏差或擺動，故可以先藉由式(6-12)求得實際數列的變化趨勢，再以馬可夫殘差修正之。溫裕弘(民 86)及呂志哲(93)等均証實此二方法之結合，可提高灰色數列預測模式之精確度。

首先，定義殘差絕對值數列為：

$$\varepsilon^{(0)} = [\varepsilon^{(0)}(2), \varepsilon^{(0)}(3), \dots, \varepsilon^{(0)}(n)] \quad (6-18)$$

其中， $\varepsilon^{(0)}(k) = |q^{(0)}(k)|$ $k=2,3,\dots,n$ ，再對殘差絕對值數列如式(6-12)方式以建立 GM(1,1) 模式：

$$\hat{\varepsilon}^{(0)}(k) = \left(\varepsilon^{(0)}(1) - \frac{u_\varepsilon}{a_\varepsilon} \right) (1 - e^{a_\varepsilon}) e^{-a_\varepsilon(k-1)} \quad k=2,3,\dots \quad (6-19)$$

其中， $a_\varepsilon, u_\varepsilon$ 為參數值，式(6-19)可預測未來殘差值： $\hat{\varepsilon}^{(0)}(k)$, $k=n+1, n+2, \dots$ 。

續之，本文對殘差符號進行定義之。其可劃分為兩個狀態：若第 k 年之殘差 $q^{(0)}(k)$ 為正號，則為狀態 1，反之負號則為狀態 2，依此可劃分殘差數列 1 至 n 年各年殘差所處之狀態。假設狀態 i 轉移至狀態 j 之機率為：

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i} \quad i=1,2 \quad \text{and} \quad j=1,2 \quad (6-20)$$

其中， M_{ij} 為第 1~ n 年各年殘差符號(+、-)由狀態 i 轉移至狀態 j 之次數， M_i 為狀態 i 出現之次數， P_{ij} 為由狀態 i 轉移至狀態 j 之機率，則可建構狀態轉移機率矩陣 R 以求算未來年殘差符號處於不同狀態的機率：

$$R = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix} \quad (6-21)$$

惟若 R 無法形成正規馬可夫轉移矩陣，則會有無法產生灰色馬可夫殘差修正值的現象。

假設起始狀態機率向量為 $\pi^{(0)} = [\pi_1^{(0)}, \pi_2^{(0)}]$ ，其中 π_1 與 π_2 為狀態 1(符號為+)與狀態 2(-)之機率，令第 n 年為起始狀態，其狀態機率向量 $\pi^{(0)}$ ，則可利用狀態轉移機率矩陣 R 計算起始狀態經第 h 次轉移後之狀態機率向量為：

$$\pi^{(h)} = \pi^{(0)} R^h, \quad h=1,2,\dots \quad (6-22)$$

其中， $\pi^{(h)} = [\pi_1^{(h)}, \pi_2^{(h)}]$ ，即第 $n+h$ 年起，殘差符號狀態機率可依式(6-22)預測之，若未來某年狀態向量計算得出 $\pi_1^{(h)} > \pi_2^{(h)}$ ，則可以預測該年殘差為+號，否則即為-號：

$$\delta(k) = +1 \quad \text{or} \quad -1, \quad k=n+h \quad (6-23)$$

經由結合式(6-12)、式(6-19)與式(6-23)，即可得到灰色馬可夫殘差修正模式：

$$\hat{X}^{*(0)}(k) = \left(X^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right) (1 - e^{-a}) e^{-a(k-1)} + \delta(k) \left(\varepsilon^{(0)}(1) - \frac{u_\varepsilon}{a_\varepsilon} \right) (1 - e^{a_\varepsilon}) e^{-a_\varepsilon(k-1)}, \quad k=2,\dots, n, n+1,\dots, n+h,\dots \quad (6-24)$$

其中， $\hat{X}^{*(0)}(1) = \hat{X}^{(0)}(1) = X^{(0)}(1)$ 。

2. 包絡灰區間

除了精確的櫃量數據外，估計未來櫃量發展的變化亦是重要課題，溫裕弘(民 86)藉由「包絡灰區間」方式，建立所謂未來運量預測帶，以估計未來運量發展的可能範圍。其方法為按原始數據曲線的上、下緣點視做灰數，以建立預測數列。這些灰數有些是原始數據的峰點，有些是依原始數據上、下緣按大致形狀自由描繪出之曲線上的點，再由這些數列依式(6-12)構建構建 GM(1,1)模式，所得之預測值即為上、下兩線並構成一個包絡灰區間。

本文發現：無論原始數據之形式為何，以上述方法確實可以描繪出包絡灰區間，但是此區間之產生，卻無法避免過於人為修飾的缺點。因之，本文另行定義這些灰數，即把原始數據與其殘差值之間擺盪的上、下峰點，所形成的二個數列做為投入值，再依式(6-12)構建二條預測線之包絡灰區間。此方式的優點，可自然與真實地呈現預測數值可能的展延區間。缺點則為：若原始數據在近期內增減幅度過大(例如鹽田港與上海港之 2000 年以前之總櫃量)，則可能會產生預測值與實際值之間的殘差值太大，導致後續進行上、下包絡線之預測時，呈現二線交差之不合理現象。若有此現象產生，則可考慮放棄包絡灰區間之預測。

3. 滾動分析

馮正民、邱裕鈞(民 93)曾述明：由於灰預測模型之計算十分簡便快速，且所需資料甚少，因此有許多研究提出所謂的「滾動(Rolling)灰預測模型」。滾動代表灰預測模型的參數，是每一期數(至少 4 個數據)校估一次，而校估所用的資料是最近的幾期，此方式將可使得灰預測模型能夠掌握最新的序列趨勢。

舉例而言，假設原始資料所形成的序列僅 n 項($k=1,2,\dots,n$)，則可藉式(6-12)預測第 $n+1$ 項之值，再繼之以 n 項($k=2,\dots,n+1$)預測第 $n+2$ 項之值，以此類推，但每次預測之 n 值需 ≥ 4 以上。本文在研究過程發現：當數據在近期內呈現劇烈變幅時，以 4 個數據滾動預測得出的值，會較之以 5 個或以上的模式精度為佳。

二、灰色關聯之生成模型

傳統之灰關聯分析(GRA)，主要是利用離散序列間相關程度，來展現不同序列的關聯度，為一種定性的分析方式，其特性為可以利用各序列之灰關聯度進行排序。然而，為了使原始資料之序列數據，可以達成灰關聯分析的目的，有時必須進行數據正規化(Normalization)的處理，使之具有可比性，此方法稱為灰關聯生成(Grey generating)。以下綜合江金山等(民 87)、溫坤禮等(民 91)文獻，說明如下：

以 $y = (y(1), y(2), \dots, y(k)), k = 1, \dots, n$. 數列為例，生成方式可分為三類：

- a. 若 y 表利潤、效益等數列，則可藉望大(Larger-the better)方式產生新數據：

$$y^*(k) = \frac{y(k)}{\max_{\forall k} y(k)} \quad (6-25)$$

- b. 若 y 表成本、時間等數列，則可藉望小(Smaller-the better)方式產生新數據：

$$y^*(k) = \frac{\min_{\forall k} y(k)}{y(k)} \quad (6-26)$$

- c. 若 y 表宜藉適當值呈現的數列，可藉望目(Norninal-the better)產生新數據：

$$y^*(k) = \frac{\min\{y(k), \alpha_y\}}{\max\{y(k), \alpha_y\}}, \quad \alpha_y \text{ 為 } y \text{ 數列中選定之值} \quad (6-27)$$

將原始數據依其特性，以上述方式轉化成為具有可比性的序列後，即可進行如式(5-1)迄(5-8)之灰關聯分析過程。

6.2 四大樞紐港口總櫃量之預測

表 6-2 為 1994~2005 年台灣海峽間，兩岸三地四大貨櫃樞紐港口的總櫃量吞吐變化與全球排名。其中，高雄港自 1980 年代即為全球知名的貨櫃樞紐港口，目前有許多貨櫃航商在高雄港擁有貨櫃專賃碼頭之長期租約，或以之為母港以行轉運櫃源及空櫃調度，因此越洋航商在整體航線網的配置上，往往會將之列為必選的樞紐港口。上海港則為全球貨櫃吞吐量成長最快的港口，2005 年全球貨櫃港口排名已升至第 3 名，未來新的洋山港區若全部完工營運，其船席數目等諸多內部條件，將可大幅超越其他三大港口。此外，該港在貨源因素、複合運輸之可及性與聯結性、地理區位等港口外部環境上，具有甚佳的競爭優勢與條件。位於華南地區的香港，則為全世界最繁忙的國際貨櫃港，其東面之鹽田港則屬於深圳港群，目前許多越洋航商在該港配置主航線，主要原因係為了擴大中國大陸華南地區之市場範圍，此為其最主要的競爭利基。許多航商會先經香港裝、卸轉運貨源後再往鹽田港裝載出口貨櫃(反向亦同)，再直航美西。因此，鹽田港的主要貨源以出口貨為主，香港則以轉運貨源為主。

表 6-2 兩岸三地四大貨櫃樞紐港口總櫃量變化 單位：千 TEUs

港口 年度	上海港		高雄港		深圳(鹽田港)		香港	
	全球排名	總櫃量	全球排名	總櫃量	全球排名	總櫃量	全球排名	總櫃量
1994	25	1,130	3	4,900	*	NA	1	11,050
1995	19	1,527	3	5,032	*	NA	1	12,550
1996	18	1,930	3	5,063	*	NA	1	13,460
1997	11	2,520	3	5,693	*	853	1	14,567
1998	10	3,066	3	6,271	*	1,950	2	14,582
1999	7	4,216	3	6,985	*	2,980	1	16,211
2000	6	5,613	4	7,426	9	6,142	1	18,100
2001	5	6,334	3	7,816	8	7,776	1	17,900
2002	4	8,610	5	8,493	6	9,143	1	19,144
2003	3	11,280	6	8,840	4	10,610	1	20,449
2004	3	14,551	6	9,710	4	13,650	1	22,021
2005	3	18,084	NA	9,468	NA	15,680	1	22,430

資料來源：Containerization International Yearbook, 1996~2006;及各港口之網站資料。

Hayuth & Fleming(1994)認為港口總櫃量，主要區分為以進、出口為主之集中性貨源，以及以轉運櫃為主之中介性貨源。實際上，以出口為導向的中國大陸，各港口對於空櫃之需求日益增加，但是，除了高雄港之外，香港、鹽田與上海的總櫃量中，空櫃比例數值的蒐集甚為困難。但由航商之營運實務得知：貨櫃航商會儘量避免將空櫃進行不必要的裝卸或轉運行為，因為不論空、重櫃，均需要耗費裝卸成本，因此目前越洋航商的最新趨勢為：將大型母船(6,000TEUs 以上)同時兼做轉運與空櫃儲存的功能。所以航商在樞紐港口所卸下的大量空櫃，實際上也隱喻著未來航次會有更多的重櫃裝卸量。因此，在各港總櫃量中所含的空櫃比例，並不影響其所代表之貨源因素的內涵意義。

本節首先以高雄港歷年之總櫃量(X；千 TEU)為實證資料，並藉 MATLAB 軟體與溫坤禮等(民 95)所開發之灰色工具箱進行數值求算。並利用各種 GM(1,1) 模式配合不同的基準年度，進行各港口的櫃量預測，主要理由係為了瞭解不同的基準年度下，預測結果是否會產生顯著的差異性。另外，為避免模式過於複雜，在此先假設四大港口間的櫃量成長趨勢是相互獨立的，此外，由於 1997 以前，鹽田港之櫃量並無可靠的統計數據可查，上海港則在 1994 年以前之整體櫃量，升幅過大，上述情況在數值分析上，易對後續的預測結果產生劇烈的影響。本文考量上海與鹽田近 5 年(2000~2005)的整體櫃量增長幅度較為穩定，故特別將此期數做為投入變數之基準年度。

1. 以 12 年櫃量為基準之 GM(1,1) 模式

表 6-3 係以高雄港之 12 年總櫃量為基準年之投入，進行傳統 GM(1,1)之預測值(1)、灰包絡區之預測值(2)、及藉灰色馬可夫殘差修正模式得出之預測值(3)。整體計算過程分述如下：

首先以表 6-3 之高雄港 12 年總櫃量資料為基準，藉由式(6-12)進行傳統之 GM(1,1)計算，可得： $[a, u]^T = [-0.0676, 4622.877]$ ，續之，建構預測模式：

$$\hat{X}^{(0)}(k) = \left(4900 - \frac{4622.877}{-0.0676} \right) (1 - e^{-0.0676}) e^{0.0676(k-1)}, k=2,3,\dots,12,\dots,17$$

其中 $\hat{X}^{(0)}(1) = X^{(0)}(1)$ ，整體預測結果列於表 6-3 第(1)項「模式輸出值」。

續之，以 12 筆資料與其預測值，共同建構預測區間之輸入值，以 1995 年(k=2)為例：(5125.71, 5032)即該項的上、下包絡線之原始值 (k=2~12 依此類推)，再將上、下線原始值以式(6-12)運算之以構成包絡灰區間，即可建立櫃量預測帶，可估計未來發展的可能範圍，其結果示之於表 6-3 內第(2)「預測區間」。

表 6-3 高雄港總櫃量預測結果(以 12 年櫃量資料為基準) 單位：千 TEUs

年度	貨櫃 吞吐量	GM(1,1)模式					
		(1)模式輸出值		(2)預測區間		(3)灰色馬可夫殘差修正模式	
		預測值	e%	上包絡線	下包絡線	預測值	e%
1994	4900	4900.00	0.00	4900.00	4900.00	4900.00	0.00
1995	5032	5125.71	-1.86	5188.68	5060.30	5123.84	-1.83
1996	5063	5484.40	-8.32	5554.49	5411.63	5480.20	-8.24
1997	5693	5868.20	-3.08	5946.08	5787.35	5864.23	-3.01
1998	6271	6278.85	-0.13	6365.28	6189.15	6275.11	-0.07
1999	6985	6718.24	3.82	6814.03	6618.85	6721.78	3.77
2000	7426	7188.38	3.20	7294.42	7078.38	7191.72	3.15
2001	7816	7691.42	1.59	7808.67	7569.82	7694.57	1.55
2002	8493	8229.66	3.10	8359.19	8095.37	8232.64	3.07
2003	8840	8805.57	0.39	8948.51	8657.42	8808.38	0.36
2004	9716	9421.78	3.03	9579.38	9258.48	9424.43	3.00
2005	9468	10081.11	-6.48	10254.73	9901.28	10078.61	-6.45
2006		10786.58		10977.68	10588.71	10784.22	
2007		11541.42		11751.61	11323.86	11539.20	
2008		12349.09		12580.10	12110.05	12346.98	
2009		13213.27		13467.00	12950.82	13215.26	
2010		14137.93		14416.42	13849.97	14139.80	
C 值		0.00243				0.00247	
P 值		1.00				1.00	
平均殘差值		3.1813				3.1354	

表 6-4 高雄港之殘差符號預測表

預測年度(k 值)	式(6-22)之 π_1 與 π_2		式(6-23)之殘差符號 $\delta(k)$
2005 (k=12)	0.000	1.000	—
2006 (k=13)	0.250	0.750	—
2007 (k=14)	0.396	0.604	—
2008 (k=15)	0.481	0.519	—
2009 (k=16)	0.531	0.469	+
2010 (k=17)	0.559	0.441	+

此外，由 1995~2005 共 11 年之原始資料與預測值之間的殘差絕對值(1994 年無殘差值)，可構成如式(6-18)之殘差絕對值數列，藉式(6-19)重行建立如下列之 GM(1,1)模式以得出 $[a_\varepsilon, u_\varepsilon]^T = [0.057994, 4.43186]$ ，並可預測未來殘差值：

$$\hat{\varepsilon}^{(0)}(k) = \left(1.8622 - \frac{4.431861}{0.057994}\right) \left(1 - e^{-0.057664}\right) e^{-0.057664(k-1)}, k=2,3,\dots,11,\dots,17$$

再則，利用表 6-3 內第(1)項「模式輸出值」的殘差值(e%) +、- 號，以式(6-20) 構建 1995~2005 年殘差狀態轉移機率矩陣為 $R = \begin{bmatrix} 0.833 & 0.167 \\ 0.250 & 0.750 \end{bmatrix}$ ，以 R 求算未來年之殘差符號處於各狀態的機率。在此，須令 2005 年為起始狀態(e%為負，故 $\pi_1^{(0)} \leq \pi_2^{(0)}$)，由於該年之殘差符號為 -，故設起始的狀態機率向量 $\pi^{(0)} = [\pi_1^{(0)}, \pi_2^{(0)}] = [0, 1]$ 。續之，即可依式(6-22)計算各年度之殘差符號。表 6-4 為計算所得之 2006 年($h=1$ ；即 $k=13$)及以後之狀態機率向量，以判定未來年的殘差符號。

最後，將式(6-12)、式(6-19)、與表 6-4 內式(6-23)各年殘差符號相結合，即可得出式(6-24)之灰色馬可夫殘差修正模式：

$$\hat{X}^{*(0)}(k) = \left(4900 - \frac{4622.877}{-0.0676}\right) \left(1 - e^{-0.0676}\right) e^{0.0676(k-1)} + \delta(k) \left(1.8622 - \frac{4.431861}{0.057994}\right) \left(1 - e^{-0.057994}\right) e^{-0.057994(k-1)}$$

其中 $k=2,\dots,17$ ， $\hat{X}^{*(0)}(1) = \hat{X}^{(0)}(1) = X^{(0)}(1)$ 。整體結果示之於表 6-3 內第(3)項。

2. 以 5 年櫃量為基準之 GM(1,1) 模式

表 6-5 為以高雄港 5 年櫃量做為投入基準，其中第 2 部分係利用 GM(1,1)滾動計算方式，以 2001~2005 年之實際總櫃量，依序進行 4 年滾動一次，例如：2006 年預測櫃量可由 2002~2005 年推測而得、2007 年預測櫃量則由以 2003~2006 年推測而得、以此類推，以迄 2010 年預測值得出為止。惟本文發現：以滾動方式，上下灰包絡線常常在預測值之後期，會產生交叉現象而無法得出可應用的灰包絡區間，所以表內關於 GM(1,1)滾動部分，並無預測區間產生。綜論之，表 6-5 第 1 項 GM(1,1) 模式係採與表 6-3 相同的計算過程，只是基準年資料輸入不同。第 2 項 GM(1,1) 滾動模式則是以 5 年資料重複以每 4 年計算一次之滾動方式，再經由上述灰色馬可夫殘差修正過程所得到的預測值。經彙整表 6-3 與表 6-5 之預測結果發現：

表 6-5 高雄港總櫃量預測結果(以 5 年櫃量資料為基準) 單位：千 TEUs

年度	貨櫃 吞吐量	1.GM(1,1)模式						2.GM(1,1)滾動模式			
		(1)模式輸出值		(2)預測區間		(3)灰色馬可夫殘差修正模式		(1)模式輸出值		(2)灰色馬可夫殘差修正模式	
		預測值	e%	上包絡線	下包絡線	預測值	e%	預測值	e%	預測值	e%
2001	7816	7816.00	0.00	7816.00	7816.00	7816.00	0.00	7816.00	0.00	7816.00	0.00
2002	8493	8573.65	-0.95	8620.36	8526.03	8572.70	-0.94	8402.67	1.06	8403.73	1.05
2003	8840	8933.16	-1.05	9013.85	8851.09	8931.07	-1.03	9034.59	-2.20	9031.80	-2.17
2004	9716	9307.75	4.20	9425.31	9188.55	9310.30	4.18	9337.21	3.90	9339.88	3.87
2005	9468	9698.04	-2.43	9855.55	9538.86	9694.93	-2.40	9649.97	-1.92	9647.41	-1.89
2006		10104.70		10305.43	9902.54	10100.90		9973.20		9970.74	
2007		10528.41		10775.85	10280.08	10533.03		9982.37		9984.73	
2008		10969.88		11267.74	10672.01	10964.24		10328.50		10326.24	
2009		11429.87		11782.08	11078.89	11422.99		10456.98		10459.14	
2010		11909.15		12319.91	11501.27	11900.75		10737.55		10735.48	
C 值		0.00519				0.00598		0.00511		0.00535	
P 值		1.00				1.00		1.00		1.00	
平均殘差值		2.1587				2.1353		2.2713		2.2467	

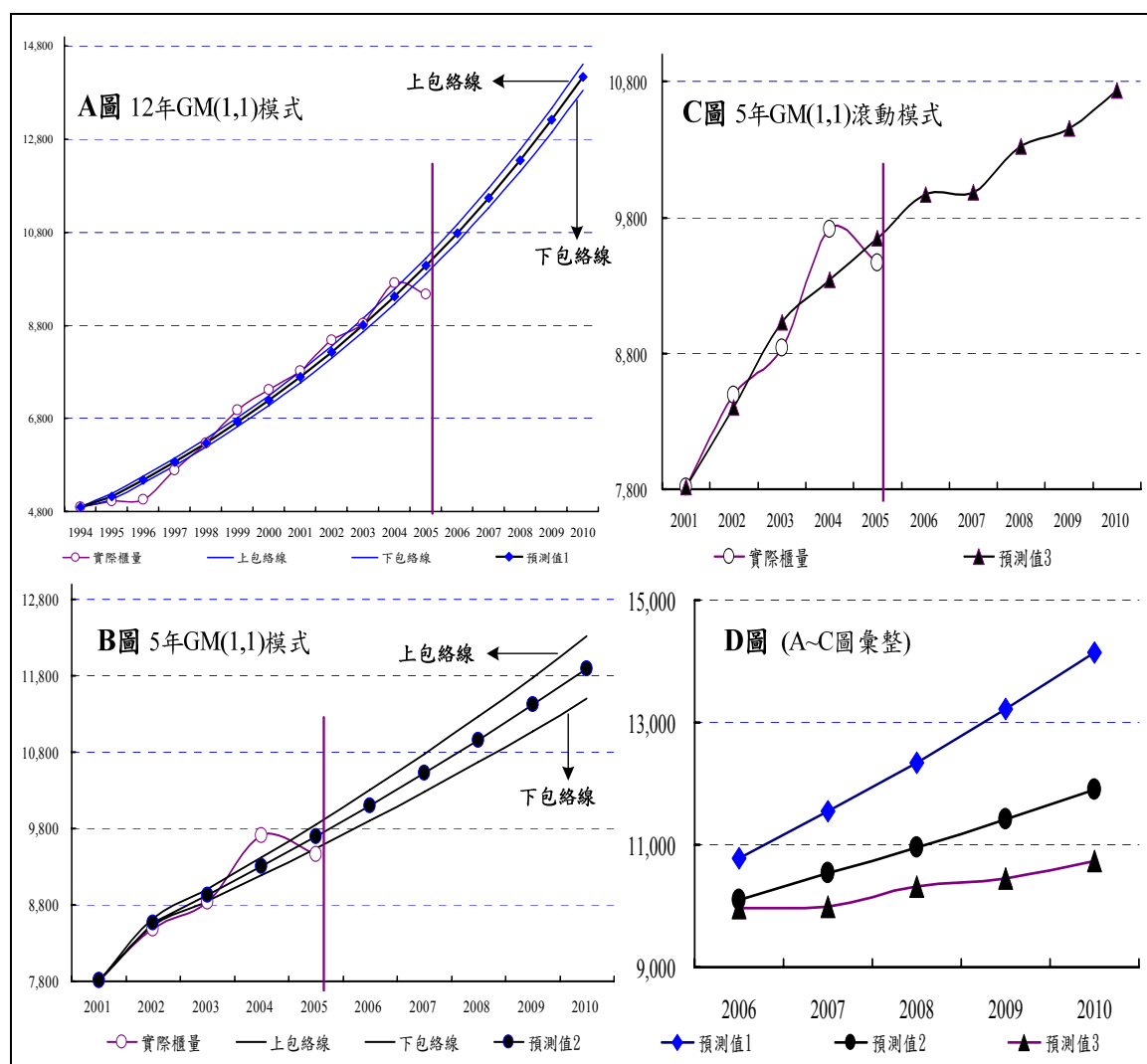


圖 6-1 2006~2010 年高雄港總櫃量之預測 (千 TEUs; 以上均為灰色馬可夫殘差修正模式之值)

- (1) 以相同的基準年為例：不論以傳統與滾動模式相互比較；或各別之 GM(1,1) 模式與其灰色馬可夫殘差修正模式相比較，在後驗差檢驗之 C 值、P 值與平均殘差等數值上，預測之精度均極佳，模式之準確度與擬合度(Fit)亦同樣精確，差異性不大。表 6-5 顯示：以高雄港為例之滾動模式較之傳統模式，預測值則會較趨於保守，若再以滾動模式配合灰色馬可夫殘差修正模式所得出的結果，預測值最保守(10735.48 千 TEU)。
- (2) 以不同的基準年為例：將表 6-3 與表 6-5 內的灰色馬可夫殘差修正模式值示之如圖 6-1(A~C 圖)並彙整成 D 圖後發現：以 5 年資料為基準之滾動模式，得出的預測值 3 最保守(最低)，以 12 年資料為基準之預測值 1 最為樂觀(最高)，但灰包絡區較 5 年之模式狹窄，由高雄港之應用實例顯示：投入基準年愈大，可預測範圍會較收斂，但預測值會較樂觀。

3. 小結

表 6-6 為四大樞紐港口的櫃量預測彙總表，本文將不同的預測值 1~3(高、中、低)分別以「樂觀、持平、保守」代表三種預測情境，示之如圖 6-2 之各港總櫃量成長趨勢。除上海港之預測值 2 之外，在此省略了單純以 GM(1,1)及灰包絡區域之預測值部分，僅列出灰色馬可夫殘差修正模式值。整體而言，本文內四大樞紐港口所投入之基準年期數愈少，則所獲得之預測櫃量亦愈趨於保守。此外，迄 2010 年為止，上海港總櫃量之保守預測值可達 5,290 萬 TEU 左右，鹽田港未來則可超越香港，達至 3,715 萬 TEU，此結果可與 Wang & Slack(2000)與 Zeng & Yang(2002)曾經述明的情況相互呼應：中國大陸近年以來，對於上海、深圳港群與其他各港的大力投資，及推動港口營運體制改革的發展策略，相對地，香港自始至終即未曾列在中國大陸的港埠發展策略規劃中，因此，產生此一預測趨勢，由現實之營運條件觀之，並不意外。

此外，表內所顯示之高雄港 2010 年樂觀預測值僅達 1,413 萬 TEU 左右，對於保守預測櫃量亦僅達 1,073 萬 TEU，此保守數值與交通部(民 91，民 94)之預測結果(1,076 萬 TEU)，極為接近。若以四大港口之樂觀與保守預測值之差異，進行比較顯示：上海與鹽田的未來櫃量可能成長空間變化幅度較大，而香港櫃量可能成長之變化幅度最小。

由表 6-6 之數據亦發現：鹽田港預測值 3 的 C 值與平均誤差值，較之預測值 2 為高。而高雄港預測值 3 之平均誤差值亦較預測值 2 為高。顯見本文在應用灰色馬可夫殘差修正模式下，利用滾動模式較之傳統的單純 GM 模式，預測值會較低，但並未顯示會更精確。另外，在本例中以傳統 GM 模式的投入基準年較大(預測值 1)、較小(預測值 2)、以及利用滾動模式(預測值 3)等；3 種預測結果剛好呈現「樂觀、持平、保守」三種預測情境，並不代表在其他港口進行預測時，滾動模式會較傳統 GM 方式，有更低的預測值產生。

本節預測各大港口總櫃量的目的，並非以求得完美的數值為最終結果。因為未來預測值的準確性僅係機率上的可能性展現，過去數據才是曾經發生過的事實，若再耗費大量資源以建立更複雜的模式，不如以求取「可容忍之預測範圍」，做為未來進行決策應用的依據，才具有實用性。因此，本文將應用過去櫃量成長趨勢加上三種未來預測情境，做為貨源因素的代表性指標，以分析貨櫃航商選擇樞紐港口所考量的各種因素中，貨源因素相對於其他因素之重要性。

表 6-6 兩岸三地四大樞紐港口總櫃量預測結果

單位：千 TEUs

港口 年度	上海港			高雄港			鹽田港			香港港		
	預測值 1	預測值 2*	預測值 3	預測值 1	預測值 2	預測值 3	預測值 1	預測值 2	預測值 3	預測值 1	預測值 2	預測值 3
2006	23,103.11	23,025.14	22,735.53	10,784.22	10,100.90	9,970.74	21,363.03	18,998.74	19,081.88	24,302.48	23,990.53	23,667.66
2007	29,576.30	29,319.71	28,196.84	11,539.20	10,533.03	9,984.73	26,678.47	22,859.22	22,394.27	25,770.91	25,325.04	24,411.38
2008	37,863.43	37,335.07	34,972.67	12,346.98	10,964.24	10,326.24	33,316.31	27,499.54	26,708.45	27,321.19	26,728.71	25,543.32
2009	48,472.77	47,541.67	43,082.55	13,211.28	11,422.99	10,459.14	41,605.61	33,085.14	31,446.59	28,971.45	28,210.55	26,478.61
2010	62,055.08	60,538.52	52,924.84	14,139.80	11,900.75	10,735.48	51,957.32	39,802.87	37,153.67	30,714.81	29,775.06	27,608.93
C 值	6.38E-04	4.27E-04	2.32E-04	2.47E-03	5.98E-03	5.35E-03	6.87E-03	9.60E-04	1.02E-03	7.54E-04	1.09E-03	5.98E-04
P 值	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
平均誤差	2.463	1.319	0.690	3.135	2.135	2.247	20.603	2.031	2.523	1.822	1.180	0.971

1. 預測值 1 表上海、高雄、香港以 12 年；鹽田以 7 年之櫃量為計算基準下產生的預測值。預測值 2 表四港以 5 年為基準所產生之預測值。預測值 3 表示四港以 5 年為基準之滾動模型產生之預測值。
2. 上海港(預測值 2*)因狀態轉移機率矩陣 R 不為正規，故無法產生灰色馬可夫殘差修正值，故以 5 年傳統 GM(1,1)預測值代表之。其他各港之各項預測值，均為灰色馬可夫殘差修正模式所產生。

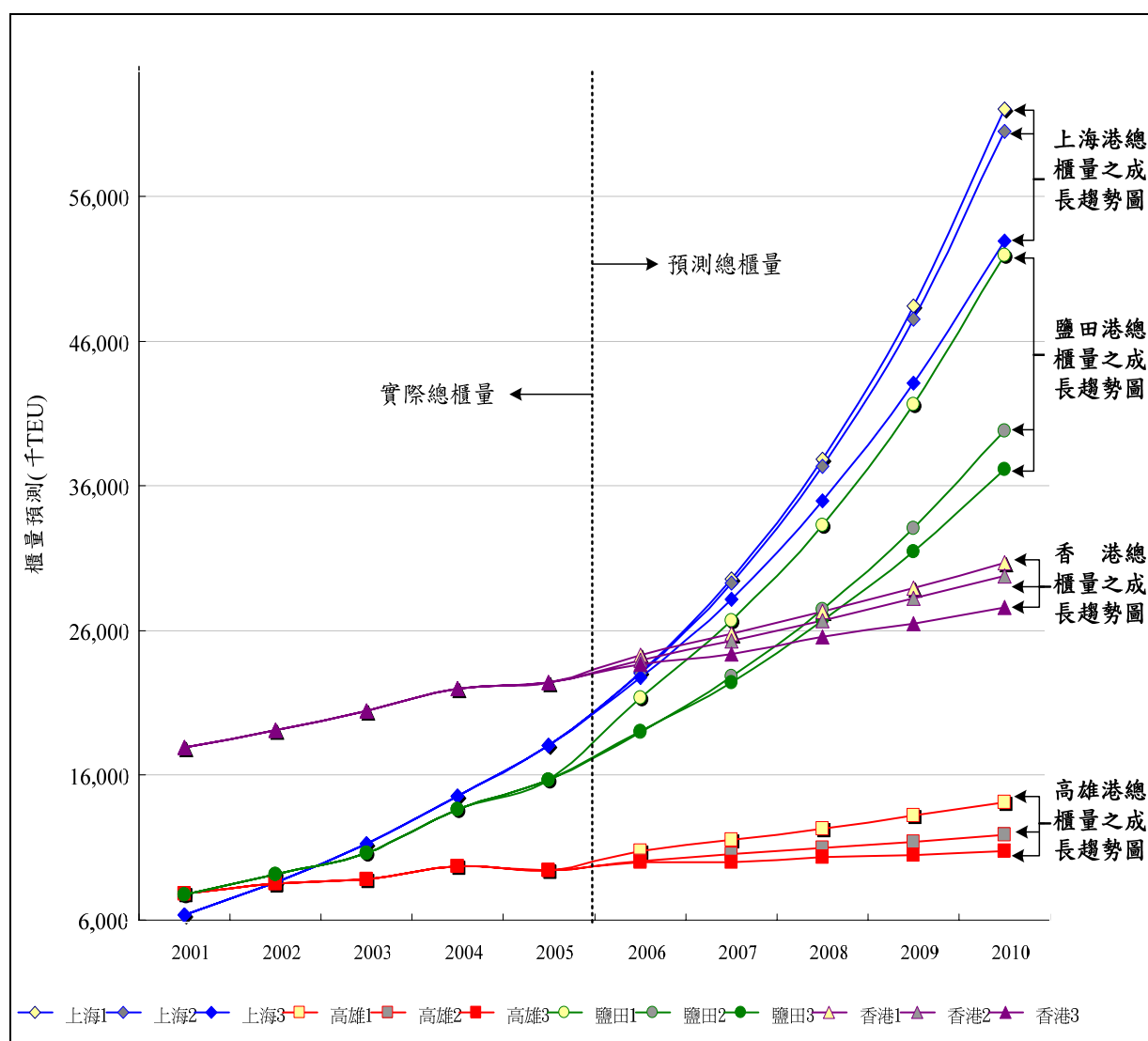


圖 6-2 四大樞紐港口總櫃量成長趨勢

6.3 影響港口競爭力的重要因素

本節旨在探討樞紐港口吸引貨櫃航商選擇泊靠之因素，即影響港口競爭力之重要性因素的分析。所考量之投入因素的來源，除了 6-2 節所預測出的四大港口總櫃量成長趨勢之外，並另行參考文國內、外相關統計之數據，加上由貨櫃航商在四大港口之實際營運資料，即可彙整成諸多數據，且均與航商之營運實務密切相關。

本文第五章已應用 GRA 分析模式，將貨櫃航商在四大港口對於影響航商擇港因素的問卷評量結果，做為投入值，進行各港的競爭優勢分析。本章亦將利用此一方法，並以包括三大類因素的實際營運指標做為投入值，所得出的灰關聯度值亦可視為港口競爭力。惟本章並非探討港口競爭力之排序問題，而係就分析競爭力的過程中，藉由各因素之權重值的求算，以探討哪些因素最具重要性。

一、重要的因素指標值

貨櫃航商會考慮港口未來的櫃源成長趨勢，以做為航線配置與船舶泊靠的重要考量。另外，貨櫃樞紐港口的總吞吐櫃量，係為港口「貨源因素」所呈現的現象，一般均包含集中性與中介性二種櫃源。前者為港口腹地所衍生的進出口貨櫃，後者則為航商轉運行為所產生的轉運櫃；以及由港區各類複合運送行為所衍生之鄰近區域進出櫃量。表 6-7 為表 6-2 結合表 6-6 所得之 2001~2010 年每年櫃量成長率平均值，將列為影響樞紐港口競爭力的重要貨源因素。

影響樞紐港口競爭力之考量因素甚多，前述第四章之部分因素僅可藉由問卷方式進行評量之，例如政治因素、母港因素、通關便捷等項目。或者，雖有實際量化數據，卻因數據太相近或難以統整後以相同的水平進行評估，例如港口水深、費率水準、船席設施等。但是，某些因素確實可藉實際數據之蒐集加以運用，例如碼頭能量、裝卸效率等。以表 6-8 為例，本章對於港口外部環境內的貨源因素，可藉由表 6-7 之 10 年平均增長率(共有 3 種，在此 A 先以樂觀情況(a)代表之)代表之，不但直接反應了航商對於貨源考量之重要性，亦能實際地表現出航商對於港口區位、腹地及鄰近區域經濟發展現象之綜合性環境考量。

在航商營運策略方面，本文蒐集各類國內、外統計資料所示之各港遠洋貨櫃航商直靠家數、所有泊靠航線總數目(B、C)做為代表因素，其可直接或間接地反應出貨櫃航商對於各港的航線策略與選擇偏好等現象。在港口內部條件方面，則以各港所具有的貨櫃碼頭之總面積(F)代表基礎設施指標。此外，並另行蒐集數百份某策略聯盟集團航商在四大港口的動態績效報告表，內含 159 條各類貨櫃船型，對各船的進出港與在港作業動態，經分析彙整成船舶在各港的平均等候時間與船席生產力等(D、E)港灣與作業效率指標。表 6-8 內各港的三類因素，皆為經過篩選且為航商所關切之實際營運資料，並在營運實務上已考量各因素間的相關性問題，以避免因素指標間有重複計算(Double counting)的情況產生。

表 6-7 四大樞紐港口整體總櫃量之成長率平均值與預測值

成長率 港口	2001~2005 年實際櫃量 成長率平均值	2006~2010 年預測櫃量成長率平均值		
		樂觀情況	持平情況	保守情況
上海港	30.055%	27.967%	27.335%	23.962%
高雄港	5.026%	8.386%	4.685%	2.560%
鹽田港	19.287%	27.153%	20.480%	18.842%
香港	5.828%	6.493%	5.830%	4.246%
2001~2010 年櫃量成長率平均值		樂觀情況(a)	持平情況(b)	保守情況(c)
上海港		29.011%	28.695%	27.009%
高雄港		6.706%	4.855%	3.793%
鹽田港		23.220%	19.884%	19.064%
香港		6.160%	5.829%	5.037%

表 6-8 影響樞紐港口競爭力之重要因素指標值

影響因素 港口名稱	港口外部環境 之貨源因素	貨櫃航商之航 線營運策略		港口內部條件		
				港灣指標	作業效率指標	基礎設施指標
	A	B	C	D	E	F
上海港	29.011%	18	38	13.23	70.17	1,057,000
高雄港	6.706%	17	38	4.35	77.7	1,988,000
鹽田港	23.220%	16	77	1.57	97.37	1,180,000
香港	6.160%	20	70	1.73	86.18	2,503,100

註：A、2001~2010 年櫃量成長率平均值(樂觀情況(a)) B、2004 年遠洋貨櫃航商泊靠家數、C、2004 年所有泊靠航線總數目、D、平均船舶在港等候時間(Hours；The Average Time of Arrival to Pilot on, and to Berth)、E、船席生產力：每小時每船席之裝卸櫃量(TEU；Berth Productivity; Total Moves/Berth/Hr) F、貨櫃碼頭面積(平方公尺)
資料來源：1. D、E：統計自 2004.11.迄 2005.3.間，某策略聯盟航商共 159 艘貨櫃船在四大樞紐港口之每航次績效報告(Performance Report)內；相關數據平均值。 2. B、C、F：統計自 Containerization International Yearbook, 2006; UNCTAD, Review of Maritime Transportation, 2005; ISL, SSMR, No.6, No.10~No.12, 2005.

二、影響競爭力之因素評估

為了解各項因素對於港口競爭力的影響性，本段參考 5.2 節之灰關聯分析方法，以四大港口(上海、高雄、鹽田、香港)為評項，並依表 6-8 之各項重要因素指標為投入值，進行各因素權重值的評估。

表 6-9 第 A 項指標係以表 6-7 內之樂觀情況(a)代表之。分析過程說明如下：

1. 各港口所具有的競爭因素：此為表 6-8 所示之原始資料序列數據，在此代表影響港口競爭力的重要因素指標。
2. 灰關聯生成：上述指標若欲形成如式(5-1)之 $x_i(k)$ 內容 (i =四個港口; k =A~F) 以供分析，則需藉由式(6-26)將 D 項以望小方式；並以式(6-25) 將其他各項以望大方式，進行數值的正規化。由於本文採局部性灰關聯度分析，故擇各個指標的最大值 1 做為參考序列(r)。
3. 求算差序列：參考序列(r)即為式(5-2)之 $x_0(k)$ ，利用式(5-4)計算 $x_0(k)$ 與 $x_i(k)$ 指標值之差的絕對值，可得出各個評項之「差序列」。例如：高雄港之差序列為(0.769, 0.150, …0.206)，其中 $0.769 = |1 - 0.231|$ 。

表 6-9 各類重要因素之權重值評估表 (A 表樂觀情況(a)之權量成長率平均值)

1.各港口之重要因素指標值							
評項	A	B	C	D	E	F	
上	29.011%	18	38	13.23	70.17	1,057,000	
高	6.706%	17	38	4.35	77.7	1,988,000	
鹽	23.220%	16	77	1.57	97.37	1,180,000	
香	6.160%	20	70	1.73	86.18	2,503,100	
2.將指標值予以正規化(望大或望小化)							
評項	A	B	C	D	E	F	
r	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
上	1.000	0.900	0.494	0.119	0.721	0.422	
高	0.231	0.850	0.494	0.361	0.798	0.794	
鹽	0.800	0.800	1.000	1.000	1.000	0.471	
香	0.212	1.000	0.909	0.908	0.885	1.000	
3. 以參考序列(r)求算差序列							
評項	A	B	C	D	E	F	
上	0.000	0.100	0.506	0.881	0.279	0.578	
高	0.769	0.150	0.506	0.639	0.202	0.206	
鹽	0.200	0.200	0.000	0.000	0.000	0.529	
香	0.788	0.000	0.091	0.092	0.115	0.000	
4. 求算差序列之 Max/Min，隸屬度與辨識係數							
評項	最大值	最小值	平均值	模糊數	隸屬度(max/min)		ζ
上	0.881	0.000	0.261	0.296	0.818	0.182	0.818
高	0.769	0.150	0.275	0.312	0.753	0.247	0.532
鹽	0.529	0.000	0.103	0.117	0.532	0.468	0.468
香	0.788	0.000	0.121	0.137	0.548	0.452	0.182
5. 計算灰關聯係數							
評項	A	B	C	D	E	F	
上	1.000	0.878	0.587	0.450	0.721	0.555	
高	0.484	0.828	0.587	0.530	0.781	0.778	
鹽	0.783	0.783	1.000	1.000	1.000	0.577	
香	0.478	1.000	0.888	0.886	0.862	1.000	
6. 藉 2.之值計算 D_k ，並採熵法計算 $x_i(k)/D_k$ 值							
評項	A	B	C	D	E	F	
D_k	2.244	3.550	2.896	2.387	3.404	2.688	
上	0.446	0.254	0.170	0.050	0.212	0.157	
高	0.103	0.239	0.170	0.151	0.234	0.295	
鹽	0.357	0.225	0.345	0.419	0.294	0.175	
香	0.095	0.282	0.314	0.380	0.260	0.372	
7. 計算 $f(x_i(k)/D_k)$ 函數值：正規化係數=0.2569、E=2.8620						8. 評估結果	
評項	A	B	C	D	E	F	β_k 值的排序： 最大為 A 最小為 F
上	0.641	0.497	0.374	0.127	0.440	0.641	
高	0.247	0.479	0.374	0.341	0.472	0.247	
鹽	0.598	0.459	0.589	0.632	0.543	0.598	
香	0.229	0.530	0.562	0.613	0.505	0.229	
e_k	0.441	0.505	0.488	0.440	0.503	0.441	
λ_k	0.491	0.425	0.420	0.482	0.436	0.413	
β_k	0.1842	0.1594	0.1573	0.1806	0.1636	0.1548	

註：A~F 之涵義同表 6-8。

4. 利用式(5-5)，由各差序列 $(\Delta_{oi}(k))$ 內最小值間找出最小者，如四港之各個差序列之最小值為(0, 0.15, 0, 0)；其中之最小為 0。再利用式(5-6)，藉由各差序列內最大值中找出最大者，如四港之各個差序列之最大值為(0.881, 0.769, 0.529, 0.788)；其中之最大為 0.881，再求算各差序列之平均值。以高雄港為例，利用平均值為模糊隸屬函數之輸入值，將 $\{0, 0.881\}$ 轉為圖 6-3 之 $\{0, 1\}$ 橫軸，其在 A~F 之差序列平均值 0.275，所對應得出之隸屬度組合為(0.753, 0.247)。在求得四港之全部隸屬度組合後，對各組合以「大中取大」方式可得出辨識係數值為 0.818。

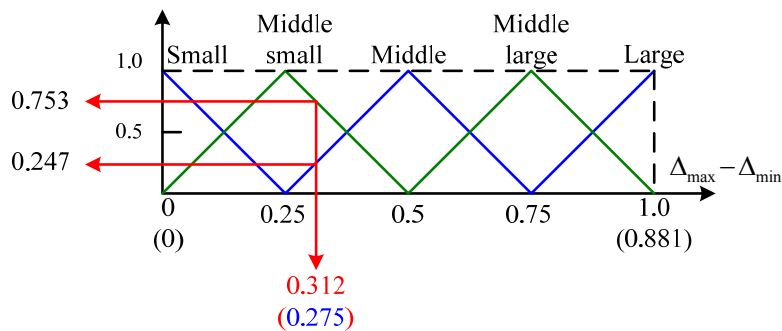


圖 6-3 模糊隸屬函數計算範例

5. 得出辨識係數值後，以式(5-3)進行灰關聯係數之計算。
6. 由於各個指標值(A~F)對系統內各評項之重要性不相同，因此採用式(5-8)之熵值法(Entropy) 求出 β_k 權重因子。首先由第 2 項正規化後之指標值 $(x_i(k))$ ，計算不同港口各因素屬性(k)之總和 D_k ，再分別計算 $(x_i(k)/D_k)$ 值。例如 A 在高雄港之 $(x_i(k)/D_k)$ 值為 $0.231/2.244 = 0.103$ 。

7. 為求出 $e_k \equiv \frac{1}{0.6487 * n} \sum_{i=1}^m f(x_i(k)/D_k)$ ，需先利用式 (5-8) 計算 $f(y) \equiv (ye^{(1-y)} + (1-y)e^y - 1)$ 。例如 A 在高雄港之 $(x_i(k)/D_k)$ 值為 0.103，則 $f(0.103)$ 值即為 0.247。再計算正規係數 $(1/(0.6487*6))=0.2569$ ，即可求算出各行(k=A~F)之 e_k 值。續求總熵值 $E = \sum e_k = 2.8620$ ，以及各因子之相對權重值 $\lambda_k = \frac{1}{4 - E}(1 - e_k)$ 後，再求各因子權重值 $\beta_k = \lambda_k / (\sum_{i=A}^F \lambda_i) = 0.1842$ 。

8. 以 A~F 各項重要因素評估四大樞紐港口競爭力時，各因素之權重值 β_k 為：

$$\beta_k (k=A \sim F) = [18.42\%, 15.94\%, 15.73\%, 18.06\%, 16.36\%, 15.48\%]$$

以上序列表示各項因素影響港口競爭力的權重值中，以第 A 項貨源因素相對於其他因素而言，最為重要，而第 F 項基礎設施指標的影響力相對較弱。

表 6-10 為表 6-7 內(a)~(c)三種情況，個別代入表 6-9 第 A 項後((b)與(c)另見附件三)，所得出之各項因素影響各港競爭力的 β_k 權重值與排序結果。顯示：貨源因素(A)相對於其他指標，對於樞紐港口競爭力的影響性排序最高，其次為港灣指標(船舶在港之平均等候時間 D)。排序最後的三項因素(B,C,F)，其權重值極為接近，其中，基礎設施指標(貨櫃碼頭面積 F)在以樂觀或持平方式預測未來貨源的情況下，其權重值排序均為最後。

表 6-10 影響樞紐港口競爭力之重要因素權重值排序

因素指標類別 權重值與排序	港口外部環境 之貨源因素 A	貨櫃航商之 營運策略		港口內部條件		
		B	C	港灣指標 D	作業效率指標 E	基礎設施指標 F
樂觀預測下各因素 β_i (權重值)與排序	18.42%	15.94%	15.73%	18.06%	16.36%	15.48%
	1	4	5	2	3	6
持平預測下各因素 β_i (權重值)與排序	18.68%	15.82%	15.61%	18.30%	16.24%	15.35%
	1	4	5	2	3	6
保守預測下各因素 β_i (權重值)與排序	18.70%	15.60%	15.76%	18.05%	16.02%	15.87%
	1	6	5	2	3	4

註：A 以表 6-7 內(a)~(c)三種情況代表之，B-F 之涵義同表 6-8。

6.4 本章結語

本章在進行四大貨櫃樞紐港口之櫃量預測後，以過去迄未來之 10 年貨櫃增長率平均值代表航商貨源因素指標值，後續並探討影響樞紐港口競爭力之重要因素指標。研究結果發現：

1. 灰色預測模式在相同的基準年資料投入下，以各種 GM(1,1)模式預測結果相互比較，本文發現：各模式間的精度檢驗與擬合力的差異性不大。
2. 本章以四大港口之櫃量預測為例，利用 GM(1,1)滾動模式配合灰色馬可夫殘差修正模式得出的預測結果，最為保守，而原始資料投入之基準年愈大，可預測範圍會較為趨於收斂，但預測值會較樂觀。
3. 以保守預測值為例，2010 年高雄港總櫃量預測可達 1,073 萬 TEU，此櫃量與交通部之預測結果，極為接近。上海港總櫃量預測值可達至 5,290 萬 TEU，鹽田港則可超越香港之 2,760 萬 TEU，達到 3,700 萬 TEU 左右。整體而言，比較各大港口之樂觀與保守間的可預測幅度顯示：上海與鹽田港的未來總櫃量可能成長的空間變化甚大，而香港之可能成長幅度為最小。
4. 經由三種因素指標序列所評估得出的結果顯示：貨源因素相對於其他指標，對於樞紐港口競爭力的影響性(權重值)排序最高。其次為港灣指標之船舶在港之平均等候時間，此與 Tongzon(1995)等之研究結論類似，即船舶平均在港等候時間，對於影響港口競爭與績效的評估上，係為一項重要關鍵因素。
5. 相對於其他重要因素，港口內部條件之基礎設施指標，影響樞紐港口競爭力的排序較弱。此研究結果可以闡釋第四章結論內之有待解釋的現象：藉由問卷分析的方式，卻無法證明港口內部條件對於外部環境與航商營運策略間，具有相關性存在，亦無法驗證內部條件對於越洋貨櫃航商之增加營收、節省成本等誘因有直接的關係。由本研究結果可知：此乃因為航商選擇樞紐港口，最重要的考量應為貨源因素，而樞紐港口原本就需擁有設施完善的內部基礎設施條件，才能符合航商之最基本需求。