

高雄港轉口貨櫃量之運量預測

A Study on the Forecast of the Transshipment Quantity at Kaohsiung Port

蔡惠喻

國立高雄應用科技大學 企業管理研究系碩士生

hytsai@motcmpb.gov.tw

余銘忠

國立高雄應用科技大學 企業管理系

yminchun@cc.kuas.edu.tw

摘要

經濟全球化發展趨勢下，國與國經貿間存在著相互依賴性，也帶動全球化海運市場蓬勃發展，航商為追求規模經濟最大營利的考量下，紛紛投入建造大型船舶，航線佈局普遍採取軸輻網路(Hub-and-Spoke Network)，選擇最有利的軸心港(Hub Port)，做為轉口貨櫃之基地。

高雄港在2011年港口管理體制重大變革，與台灣其他3大國際商港基隆、台中、花蓮等港合併，成立臺灣港務股份有限公司，而高雄港積極發展全方位加值物流和貨櫃轉運港為目標，成為亞太地區主要海運中心。本研究主要目的為建立與比較高雄港暨其起運港來源國轉口貨櫃量預測之研究，運用2種複迴歸及倒傳遞神經網路預測方法，並決定何者可提供最高之精確度。

本研究的對象為高雄港暨其起運港來源國轉口貨櫃量之預測，所蒐集資料範圍取自2001年1月至2010年12月。回顧歷年港埠運量預測相關文獻，由文獻中比較各預測模型及其適用性。本研究透過複迴歸及倒傳遞神經網路預測方法間的比較及分析，探討何種模式較適合高雄港暨其起運港來源國之轉口貨櫃量的預測。研究結果顯示，以倒傳遞神經網路預測預測結果，可提供港口決策者做為「審時度勢」、「因勢利導」，找出最佳策略之參考。

關鍵詞： 軸輻網路、軸心港

Hub-and-Spoke Network、Hub Port

1.緒論

1.1 研究背景

經濟全球化發展趨勢下，國與國經貿間存在著相互依賴性，也帶動全球化海運市場蓬勃發展，航商為追求規模經濟最大營利的考量下，紛紛投入建造大型船舶，航線佈局普遍採取軸輻網路(Hub-and-Spoke Network)，選擇最有利的軸心港(Hub Port；亦稱樞紐港)，做為轉口貨櫃之基地。

港口為爭取軸心港，因應貨櫃船舶大型化，碼頭興建須朝向深水化或改善現有碼頭基礎設施，達到貨櫃海運市場需求，如此才能提升港口之競爭力，高雄港亦不例外。高雄港自2000年完成第五貨櫃中心之8座深水碼頭後，未再投入興建深水碼頭，加上近年來台灣產業轉型(出口貨品價值高、體積小，部分貨品為縮短運輸時效採空運)，造成進出口貨櫃量減少，加上兩岸政治緊張及東亞新興港口崛起等等因素影響，雖然自1995年起行政院經建會極力推動發展高雄港成為「亞太海運中心」及「海運轉運中心」，因「兩岸未能直航」及港口「碼頭深水化不足」等因素，顯然錯失良機。

高雄港在亞洲鄰近港口激烈競合下，整體貨櫃量的成長，僅微幅上升7%。根據國際貨櫃化雜誌(Containerisation International)刊載，2010年全球排名前20大貨櫃港(如表1-1)，貨櫃裝卸量總計約2億5,436萬TEU，中國大陸港口就占8席(不含香港)，就亞太地區轉運樞紐港，自北起韓國釜山港、中國大陸上海港、高雄港、中國大陸深圳港、香港，南至新加坡港已形成一條港口轉運鏈，轉運鏈上軸心港口貨櫃裝卸量都增加200萬TEU以上，僅高雄港增加59.99萬TEU，與各樞紐港相比差距頗大。

表 1-1 2010 年世界前二十大貨櫃港排名與貨櫃裝卸量

名次 (2009年)	港口	國家	2010年(萬 TEU)	2009年 (萬TEU)	增減 貨櫃量	增減 比例(%)
1(2)	上海Shanghai	China	2,906.90	2,500.20	406.70	16.3
2(1)	新加坡Singapore	Singapore	2,843.07	2,586.64	256.43	9.9
3(3)	香港Hong Kong	China	2,353.20	2,098.30	254.90	12.1
4(4)	深圳Shenzhen	China	2,250.97	1,825.01	425.96	23.3
5(5)	釜山Busan	South Korea	1,415.73	1,195.49	220.24	18.4
6(8)	寧波Ningbo	China	1,314.40	1,050.28	264.12	25.1
7(6)	廣州Guangzhou	China	1,255.00	1,119.00	136.00	12.2
8(9)	青島Qingdao	China	1,201.20	1,026.00	175.20	17.1
9(7)	杜拜Dubai	UAE	1,160.00	1,112.40	47.59	4.3
10(10)	鹿特丹Rotterdam	Netherlands	1,114.58	974.39	140.25	14.4
11(11)	天津Tianjin	China	1,008.00	870.00	138.00	15.9
12(12)	高雄Kaohsiung	Taiwan	918.12	858.13	59.99	7.0
13(13)	巴生港Kelang	Malaysia	890.00	730.97	159.01	21.8
14(14)	安特衛普Antwerp	Belgium	846.85	730.96	115.88	15.9
15(15)	漢堡Hamburg	Germany	790.00	701.000	89.00	12.7
16(16)	洛杉磯Los Angeles	US	783.19	674.89	108.29	16.0
17(17)	丹戎帕拉帕斯Tanjung Pelepas	Malaysia	653.00	601.64	51.35	8.5
18(18)	長堤Long Beach	US	626.34	506.75	119.58	23.6
19(19)	廈門Xiamen	China	582.00	468.03	113.97	24.4
20(21)	大連Dalian	China	524.20	457.65	66.55	14.5

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

高雄港為發展亞太地區轉運樞紐港，於 2011 年起訂定港埠費率優惠措施，鼓勵航商開闢二線港口業務(如泉州、漳州、溫州等大陸 12 個二線港口)直航航線，爭取中轉櫃來港轉運，並積極推動自由貿易港區以發展「物流型轉運」之櫃量，逐步邁向整合性的國際物流港口發展，港口由傳統的單一起目的港和轉口港的服務功能，轉變為提供包括運輸、物流、配送及加工等多功能之物流轉運港，以爭取及提升轉運櫃源。

1.2 研究動機

1.2.1 高雄港為發展亞太地區轉運樞紐港

高雄港為發展亞太地區轉運樞紐港，轉口貨櫃量平均占總貨櫃量之 50%以上，每年櫃量平均達 400 多萬以上，對其發展亞太地區轉運樞紐港之成敗，是一大關鍵因素。但自 2007 年總貨櫃量 1,026 萬 TEU (歷來最高貨櫃量)，轉口貨櫃量卻下跌 512 萬 TEU，且逐年下滑現象(如圖 1-2)，此乃本研究探討高雄港轉口貨櫃量運量之發展預測動機。

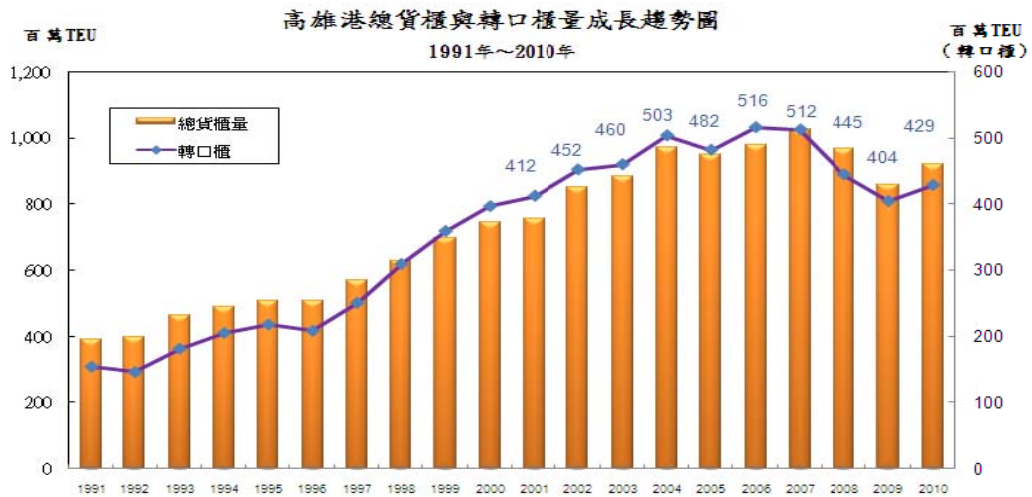


圖 1-2 高雄港總貨櫃量與轉口櫃量成長趨勢圖

資料來源 高雄港務局

1.2.2 轉口貨櫃來源港口國對高雄港影響

一港口起運港轉口貨櫃量之消長，關係轉口貨櫃量整個櫃源分佈情形，轉口貨櫃來源港口國關係整體轉口貨櫃量重要因素之一，故要推估轉口貨櫃量多寡，應再推估起運港轉口貨櫃量分析，始對整個高雄港轉口貨櫃量發展預測較為精準，茲就高雄港起目的港轉口貨櫃量占有率說明如下。

(1)起運港(起運港)轉口貨櫃量發展現

從近5年起運港到高雄港轉口貨櫃量(如圖1-3)，就整體表現來看中國大陸近5年都呈現穩定成長，每年都有2位數成長，以2009年成長18.93%最高，其次是日本每年逐步穩定成長，2009年增加14.14%，印度這5年亦呈現每年微幅成長，以2009年增加1.81%成長率。另從美國起運港雖占高雄港整體轉口貨櫃量比重最多，但自2007年後已呈現逐年下滑、其餘各起運港也呈負成長趨勢。(見表3)

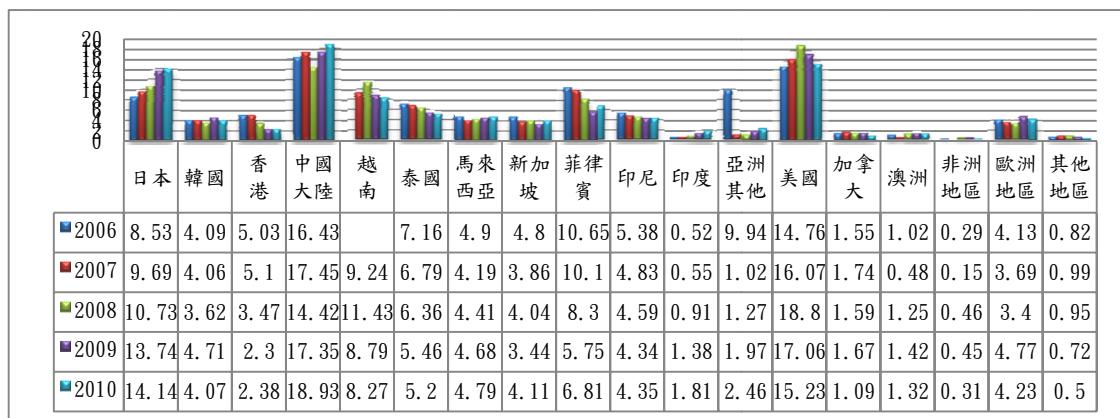


圖 1-3 2006-2010 高雄港起運港(起運港)轉口貨櫃量占有率

資料來源 高雄港務局

(2)目的港(目的港)轉口貨櫃量發展現況

由高雄港2006至2010年轉口到各地區之貨櫃(如圖1-4)，2010年以美國占有率20.50%居首；第二為菲律賓占有率15.42%；第三為日本占有率8.65%；第四為越南占有率7.93%；第五為中國大陸占有率7.10%；第六為歐洲地區占有率5.23%；其餘地區占有率均未達5%。

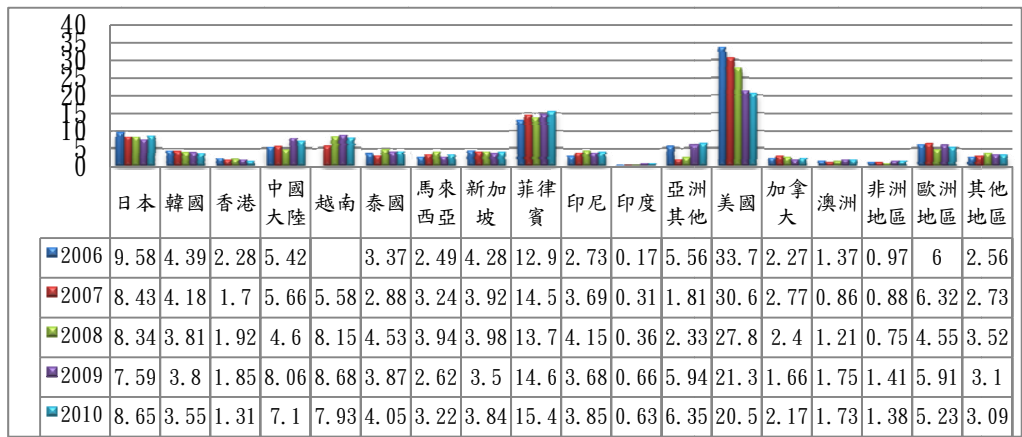


圖 1-4 2006-2010 年高雄港目的港(目的港)轉口貨櫃量占有率
資料來源 高雄港務局

1.3 研究目的

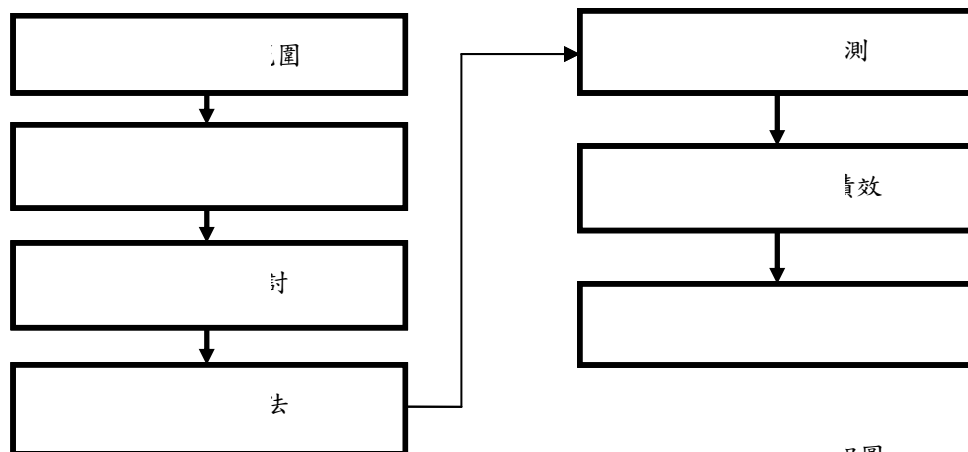
過去文獻對轉口貨櫃量研究不多，更鮮少研究起運港來源國轉口貨櫃量，但轉口貨櫃來源港口國之貨櫃量消長，會對軸心港貨源有很大影響，港埠經營業者要開發貨源，對航商航線布局及起運港貨源動態，應詳加了解後，掌握市場脈動，因此預測轉口貨櫃量是一個值得進一步探討的問題。

故本研究目的歸納如下：

- 一、確認轉口貨櫃量預測變數。
- 二、建立轉口貨櫃量適合預測模型。
- 三、比較各模型中，預測轉口貨櫃量，何者具有預測精準度。
- 四、提供港口決策者做為「審時度勢」找出最佳策略之參考。
- 五、提供高雄港作為港埠設施的營運規劃、碼頭建設及資源配置及港埠行銷及物流人才培訓之參考。
- 六、亞洲各國起運港轉口貨櫃量之預測分析，可提供做為高雄港對各起運港進行差異化港埠行銷決策時之參考。

1.4 研究流程

本研究以高雄港轉口貨櫃(含起運港)之運量預測為主要研究範圍，蒐集2001至2010年高雄港轉口貨櫃量(含起運港)資料，參考過去貨櫃量及轉口貨櫃量預測運量相關文獻之模型建構，選擇適合研究方法及確認合宜變數後，找出最佳的預測模型，做為評估預測模式判定基準；確認預測模式之精準度，期能了解高雄港未來轉口貨櫃(含起運港)發展趨勢。圖1.5為本研究流程圖。



呈圖

2.文獻探討

過去文獻大部分研究在探討港埠進口、出口、轉口貨櫃量來進行運量預測方面，僅有少數研究轉口櫃貨櫃運量預測問題，所使用方法包括迴歸、計量經濟、航線分析、時間序列、比例係數及類神經網路等預測方法。

2.1 貨櫃運量預測相關文獻探討

蘇崇光(1994)蒐集1980年至1992年海峽兩岸貨櫃量，利用雙對數曲線迴歸方法，自變數為兩岸未來外貿總額及兩岸經由香港轉口未來貿易額，保守預測1995年至2000年海峽兩岸直航貨櫃運量，結果顯示運量分別是28萬和42萬TEU。兩岸直航後由於運輸成本下降，時間縮短，會帶來收益上升。此外大陸經由香港或日本轉運到世界各地的貨櫃，亦可能改由台灣港埠轉運，預期貨櫃量亦會有顯著的成長。

魏健宏、楊雨青(1999)蒐集1973至1996年的資料以高雄港轉口貨櫃運量預測為例，透過網路建構與計算，以及網路參數設定的不同，找出最佳的結果。以類神經網路選擇的起始輸入變數國內生產毛額、經濟成長率、工業生產指數、平均國民所得、躉售物價指數、平均國民生產毛額、工業生產毛額、自我相關項。發現使用類神經網路所預測出的轉口貨櫃量預測值較低，與實際值比較仍屬合理。

黃宏斌(2001)蒐集1973年至1999年高雄港轉口貨櫃年資料，運用倒傳遞類神經網路與傳統迴歸二種預測模式，並比較結果。研究轉口貨櫃運量，透過網路的構建與計算，以及網路參數設定的不同，找出最佳的結果。在無時間序列特性下輸入變數以國民生產毛額(GDP)、經濟成長率、工業生產指數、平均國民所得、躉售物價指數、平均國民生產毛額、工業生產毛額；而在有時間序列特性下除上述輸入變數外再增加一項自我相關項—前一期轉口貨櫃量變數，顯示加入前一期轉口貨櫃變數後，對於類神經網路的計算有顯著的貢獻，並以類神經倒傳遞網路比較傳統迴歸之預測量結果發現前者解釋能力較佳，誤差較小，其預測能力也較佳。

石珉宇(2002)蒐集財政部關稅局1989年1月至2001年3月，以平均貨櫃運量多寡篩選出適合海洋貨櫃運輸的商品章別，採用二位碼共97個商品章別之進口及出口月資料，建立預測海洋貨櫃商品運量之模式，根據篩選結果，把各商品章別之進口及出口價值，用線性迴歸、指數模式及42種時間數列方法，轉換進口及出口運量預測並比較其優劣，找出最佳配適度之預測模式。結果顯示，進口、出口之價值與運量存在著高度正相關，可互為替代變數，同時按各商品章別與貨櫃運量預測，結果顯示大部分的商品章別經轉換的運量，優於不經轉換之預測。

呂志哲(2004)，蒐集1990至2002年亞洲26個港埠年貨櫃量及中國大陸總體經濟指標(貿易金額、國內生產毛額、外國直接投資金額、工業生產總值、經濟成長率)，並加入各國的國際生產毛額和經濟成長率等資料，使用迴歸分析、灰預測法的GM(1,1)模式及灰色馬可夫修正模式。以這三種建立預測模式，結果發現在解釋能力以大陸的經濟指標所建立預測模式最適，其中以貿易金額被選中最多；在準確性方面：灰色馬可夫修正模式應用在港埠貨櫃量預測凝合度最佳，適合預測中、短期，不適合做長期預測。

馬豐源(2005)，蒐集1994年至2003年之經濟成長率、各航業公司貨運量、船舶進出艘次、貨櫃裝卸量及貨物吞吐量等年資料，利用灰色系統預測經濟成長率與各航業公司貨運量等變數，彼此的關聯性與關聯性程度。結果顯示，經濟成長率與高雄港貨櫃裝卸量有顯著關聯性，其次是基隆港的貨物裝卸量，台中港貨櫃裝卸量的關聯性最小。在船舶進出港艘次及貨物吞吐量，以基隆港具有顯著關聯性，高雄港次之。在高雄港貨櫃裝卸量以高雄港關聯性最大，其次為基隆港，而台中港無論就船舶進出艘次、貨櫃裝卸量與貨物吞吐量等關聯性都最小。

葉中仁(2005)，蒐集1998年1月至2000年12月轉口櫃月資料，透過古典分解法、三角函數迴歸、季節性虛擬變數迴歸及灰預測四種方法之間的分析及比較，找出最適模式轉口櫃運量預測。結果顯示，經由比較各項評估指標之預測精確度，無論運用何種指標，古典分解方法所提供的預測能力最佳，其次依序為灰預測、三角函數迴歸、季節性虛擬變數迴歸。

戴輝煌(2006)利用二岸三地四大貨櫃軸心港1994年至2005年之年貨櫃量資料，以灰色理論GM(1,1)方法，對四大樞紐港進行三種情境預測，預測結果顯示：未來五年內之貨櫃量成長以上海港最高，鹽田港將會超越香港，而高雄港之貨櫃量將會達到1千萬TEU以上。比較各大港口之樂觀與保守之間的可預測幅度顯示：上海與鹽田港的未來貨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。

郭英峰及陳邦誠(2007)，蒐集1986年1月至2001年7月高雄港貨櫃量資料，以單變量ARIMA模式、類神經網路及灰色GM(1,1)模型三種預測模型應用於高雄港貨櫃吞吐量之預測，並透過MAPE、RMSPE與THEIL三種評鑑指標加以評估其效

能。結果顯示三種預測模型對貨櫃吞吐量之誤差水準均在高度精準度範圍內，經比較結果後以灰色GM (1,1) 模型有最佳的適配能力，其次為單變量ARIMA 模式，最後為類神經網路。

陳俊男(2008)以1974年至2007年基隆、台中、高雄港三大國際港貨櫃裝卸量、貨物裝卸量、進出口貨物量、貨物吞吐量、散裝大宗貨物量和進出港船舶等月資料，以四種常見使用之單一變數預測方法，有自我迴歸移動平均整合模式(ARIMA)、指數平滑法、X-11分解法與倒傳遞神經網路等分別構建預測模式後，將實證結果分析比較，找出最佳的結果。研究結果顯示，經過均方誤差(MSE)、平均絕對誤差(MAE)、平均誤差百分比(MPE)及平均絕對誤差百分比(MAPE)等評估指標比較後，以SARIMA方法建模是貨櫃裝卸量、貨物裝卸量、散裝大宗貨物量之營運量為佳模式。另貨物吞吐量、進出港船舶艘次以X-11分解法的預測能力最佳，而進出口貨物量是以倒傳遞神經網路預測能力為最佳。

朱經武、彭文怡(2007)，利用 2002年1月至2006年12月之基隆港、台中港與高雄港貨櫃月資料，利用古典分解法、三角函數迴歸、季節性虛擬變數、灰預測、混合型灰預測及SARIMA等六種單一變數模式預測方法來預測台灣三大港之貨櫃量，結果發現，不論採用何種指標，三大港預測準確度以SARIMA預測誤差為最小，其次基隆及高雄以季節性虛擬變數預測準確度次佳，而台中港則是灰預測次佳。

丁士展、呂亦宸(2010)蒐集1996年至2008年台灣國際商港貨物吞吐總量與國民生產毛額、躉售物價指數、國內生產毛額、台灣經濟成長率、國民所得(百萬元)、平均每人國民生產毛額(元)、平均每人國內生產毛額P(元)、平均每人所得(元)、進口貿易總值(百萬元)、出口貿易總值(百萬元)、進口物價指數、出口物價指數等十二個經濟指標為預測變數，利用迴歸分析，結果顯示貨物吞吐量與經濟變數間存在高度的相關性，其中以國內生產毛額單一變數對於國際港口貨物吞吐量最具解釋力。

倪安順、吳雨菁(2010)蒐集兩岸各主要港口2001年至2007年之貨櫃裝卸量，預測2008年至2012年貨櫃量的變化，透過灰色理論構建三種檢驗方式，後驗差比C、誤差機率P 與平均絕對誤差百分比MAPE。結果顯示MAPE評定為優，精度評定為Qualified 以上，再利用重力模式求得未來兩岸直航運量分配之狀況，結果顯示兩岸直航後，短期兩岸貨櫃運量改變不大，但廈門港及福州港的地理位置將不再那麼重要，臺灣地區與廈門港及福州港貨櫃量將會呈現緩慢成長。

2.2 綜上文獻探討結果如下：

2.2.1在研究方法上，運用迴歸預測法分析的過去文獻數量非常多，此方法需蒐集較多的資料，對長期預測較精準。近幾年有很多文獻以灰預測法來預測港口貨櫃量預測，鄧聚龍(2000)的灰色理論分析是針對系統內不確定性、資訊不完整下，此方法在資料蒐集不易或有限情形下，可進行預測，對短期預測效果較佳。吳柏林(1995)時間序列法是將歷史資料，轉化時間數列資料趨勢圖，並判定它們的特徵，以數理方法模式化後再做量的預測，在短期預測上精準度較佳。而類神經網路法分析，在過去文獻很少人使用，有研究貨櫃量及轉口貨櫃量，其方法最常使用是倒傳遞神經網路，此方法蒐集資料愈多，所預測結果會愈精準，使其誤差最小，準確度較佳。

2.2.2在研究變數以研究總貨櫃量最多，轉口貨櫃量次之；

在變數上，以總貨櫃量、轉口貨櫃、國內生產毛額最多，其次依序為工業生產總指數、平均每人每小時淨貨櫃裝卸效率、經濟成長率、地區總人口數、對外貿易等等。

3. 研究方法

3.1 研究架構

本研究應用迴歸模型及倒傳遞類神經網路進行高雄港轉口櫃暨其亞洲各國起運港之運量預測。

3.2 資料蒐集

本研究樣本資料為關稅總局高雄港從2001年1月至2010年12月之轉口貨櫃量(含亞洲各國起運港)資料。

3.3 研究變數

(1)反應變數：本研究之反應變數採取轉口貨櫃量暨其亞洲各國起運港。

(2)解釋變數：

張徐錫(2007)綜合歸納出航商選擇港口時之重要六項因素有「港埠腹地及貨源、碼頭的軟硬體設施、裝卸作業效率、經營管理方式及費率、整體發展計畫與開發方式、政治及經濟安定性」等。

戴輝煌(2006)貨櫃航商選擇樞紐之港口因素有「外部環境」、「營運策略」、「內部條件」。而航商選擇樞紐港營運誘因，在擴大貨源及節省成本上。

本研究依據上述文獻貨櫃航商選擇樞紐之港口因素為變數非常多，選擇適合變數實屬不易，如將總體經濟指標變數或內部效率指標變數全部選取，有時容易造成預測偏差或產生共線性等問題，無法建構最適預測模式，不如選擇簡單或相關小樣本變數，採取小樣本預測模型建構，一樣可以達到最佳預測精準度，不僅可以節省蒐集資料時間，也可快速藉由簡單少數幾個變數，立即分析出預測結果，迅速提供予決策者作為參考依據，故本研究採取少數幾個與轉口貨櫃量相關變數為解釋變數，首先選取內部條件的「港口裝卸作業效率」為技術指標。以2001年1月至2010年12月高雄港港埠作業效率表中「平均每船每小時淨貨櫃裝卸效率」、「貨櫃碼頭實際作業時間」等2變數之技術指標，做為解釋變數，其餘變數因資料蒐集不易且無量化數據，故無法列入解釋變數。

魏健宏、楊雨青(1999)、黃宏斌(2001)、呂志哲(2004)、馬豐源(2005) 丁士展、呂亦宸(2010)以「總體經濟指標」項目內之國民生產毛額(GNP)、躉售物價指數、國內生產毛額(GDP)、台灣經濟成長率、國民所得(百萬元)、平均每人GNP(元)、平均每人GDP(元)、平均每人所得(元)、進口貿易總值(百萬元)、出口貿易總值(百萬元)、進口物價指數、出口物價指數，接著選取與轉口貨櫃量適合總經濟指標為解釋變數。本研究參考這些文獻選擇2001年至2010年選取台灣經濟成長率、名目國內生產毛額(GDP)、名目國民生產毛額(GNP)之季資料做為解釋變數，

最後，轉口貨櫃量與世界經濟脈動息息相關，故納入以往文獻未出現變數「世界經濟指標」之經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development, 簡稱OECD)會員國整體經濟成長率(簡稱OECD經濟成長率)為解釋變數之一。

綜上因素，選擇下列內部環境解釋變數項目有「效率指標」之技術指標，外部環境解釋變數項目有「總體經濟指標」及「世界經濟指標」之經濟指標，因轉口貨櫃量與內部本身作業績效及外部總體經濟環境有連帶相關性，故選擇下列作為本研究變數(如表3-1)所示：

表3-1 解釋變數

項目	變數名稱
效率指標	平均每船每小時淨貨櫃裝卸效率
	貨櫃碼頭實際作業時間
總體經濟指標	台灣經濟成長率
	名目國內生產毛額(GDP)
	名目國民生產毛額(GNP)
世界經濟指標	OECD經濟成長率

資料來源：本研究整理

3.4 研究分析方法

3.4.1 迴歸分析

迴歸分析的種類有好幾種，簡單線性迴歸(Simple linear regression)、多元迴歸分析(Multiple regression)或稱複迴歸、羅吉斯迴歸(Logistic regression)、非線性迴歸(Nonlinear regression)等。迴歸之目的在於找出一條最能夠代表所有觀測資料的函數，同時它也指出我們所感興趣的變項以及其它一個或多個變項之間的關係。

(1) 複迴歸分析

複迴歸分析係多個自變項與一應變項之關係(自然在三個變項之迴歸分析時，迴歸方程式不是一條線，而是一個迴歸面了)。三個變項間最小平方之複迴歸的方程式即為

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \text{ ----- (1)}$$

其中 b_1 是 X_1 與 Y 之直線性關係的淨斜率(the partial slope, 也稱做是未標準化的迴歸係數)

b_2 為 X_2 與 Y 之淨斜率，而 b_1 及 b_2 之計算法為：

$$b_1 = \left(\frac{S_y}{S_1} \right) \left(\frac{r_{y1} - r_{y2}r_{12}}{1 - r_{12}^2} \right) \text{----- (2)}$$

$$b_2 = \left(\frac{S_y}{S_2} \right) \left(\frac{r_{y2} - r_{y1}r_{12}}{1 - r_{12}^2} \right) \text{----- (3)}$$

而 $a = Y - b_1 X_1 - b_2 X_2$

其中 S_y 是 Y 之標準差

S_1 是 X_1 之標準差

S_2 是 X_2 之標準差

r_{y1} 是 Y 與 X_1 之簡單相關

r_{y2} 是 Y 與 X_2 之簡單相關

r_{12} 是 X_1 與 X_2 之簡單相關

透過 b_1 及 b_2 ，我們可以「預測」 X_1 及 X_2 分別對 Y 之分數的影響為何。

(2) 比較複迴歸中各個自變項之影響力

從公式1所得之各個自變項的影響力常常是無法互相比較，因為 X_1 及 X_2 之測量的單位，可能是不同的，不容易得知 X_1 與 X_2 相較下何者對 Y 之影響力大。

要想比較各自變項對 Y 之相對影響力，我們可將所有的變項標準化，亦即將各變項依其各自之標準差及平均數變成 Z scores。這樣標準化之結果是不論 X_i 或 Y 都有同樣之標準單位，每一變項之 X 也成為0， S 為1。各變項標準化後做迴歸分析所得之各斜率即為標準化淨斜率(standardized partial slopes)亦稱之為beta-weights(即標準化的迴歸係數)，可以 b^* 來代表，而每一 b^* 即為在控制其它變項之情況下，某一自變項變動一個標準單位(即標準差時)，會對 Y 之標準化後之分數有何增減(換言之，會影響增減幾個 Y 的標準差)。事實上，在三個變項迴歸分析之情況下，

$$b_1^* = b_1 \left(\frac{S_1}{S_y} \right) \quad b_2^* = b_2 \left(\frac{S_2}{S_y} \right)$$

在各變項標準化後，原迴歸方程式可寫成

$$Z_y = a_Z + b_1^* Z_1 + b_2^* Z_2 \quad \text{而在此 } a_Z = 0 \text{ 故上式即為}$$

$$Z_y = b_1^* Z_1 + b_2^* Z_2 \text{----- (4)}$$

公式1及公式4在實質解釋上各有其功能，透過公式1我們可以分別解釋各個自變項之原來的測量單位變化時(如受教育之年數)對 Y (如元)之影響。而公式4則在了解自變項之間對 Y 之相對影響力或相對重要性。

3.4.2 類神經網路

類神經網路(Artificial Neural Network, ANN)是模仿生物神經組織的資訊處理系統，由眾多的神經細胞彼此間串聯組成，功能相同或相關的神經元，會彼此間串連而形成網路，每個神經元都有輸出或輸入訊號與其他神經元結，彼此間連結相互為傳遞或交換資訊。

以人類而言，神經系統可分為中樞神經系和末梢神經系，神經組織的最小單位是神經元(Neuron)，同時以支撐神經元的神經膠細胞為主體，人體的神經器官是由百億個神經元所組成，而神經元又由神經核(soma)、樹狀突(dendrites)及軸突(axon)所構成(如圖3.1所示)。神經細胞的軸突與樹狀突則構成一個單位，軸突的尖端是神經的末端，神經末端與其它神經細胞、樹狀突神經細胞之接觸部位，會放出微量的刺激，傳遞物質到達下一個單位的表面，以使該部位興奮，同時傳達刺激。

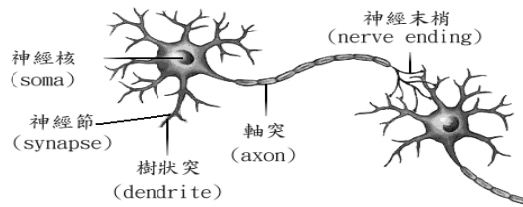


圖3.1 生物神經元模型

(1)類神經網路架構

類神經網路是由許多的人工神經細胞(artificial neuron)所組成，人工神經細胞又稱神經元或處理單元(processing element) 每一個處理單元以扇形狀送出成為其它許多處理單元的輸入，處理單元其輸出值與輸入值的關係式，一般可用輸入值的加權乘積和之函數來表示(葉怡成，1995)，

如式(5)所示：

$$Y_j = f\left(\sum_i W_{ij} X_i - \theta_j\right) \quad \text{----- (5)}$$

Y_j ：模仿生物神經元的模型的輸出訊號。

f ：模仿生物神經元的模型的轉換函數(transfer function)，是一個用以將從其它處理單元輸入的輸入值之加權乘積和，轉換成處理單元輸出值的數學公式。

W_{ij} ：模仿生物神經元的模型的神經節強度，又稱連結加權值。

X_{ij} ：模仿生物神經元的模型的輸入訊號。

θ_j ：模仿生物神經元的模型的閾值。

(2)倒傳遞類神經網路介紹

倒傳遞類神經網路 (Back Propagation Network, BPN)是目前最廣泛之類神經網路中最最普遍應用的模式，屬於監督式學習網路，因為它提出了改善原本類神經創始模式:感知機(Perceptron)缺乏隱藏層所以無法表現輸入單元間的交互影響與其學習模式的缺點，它的基本原理是以最陡坡降法(Gradient steepest descent method)的觀念網路權重值沿著性能函數的負梯度方向移動，不斷更新權重值與偏權值，使性能函數達到最小化。

● 倒傳遞網路架構

本研究是採用監督式知識發掘中的倒傳遞類神經網路(Back-propagation Neural Network, BNN)，作為主要的研究方法。BPN在學習的方法上係屬於監督式學習法；而在架構上是多層前饋式架構。本章主要概述BPN類神經網路架構、運算過程及使用BNN網路時需注意的事項。

自感知機(Perceptron)由F.Rosenblatt在1957年提出後，由於缺乏隱藏層的學習演算法，導致學習能力大受限制。1969年Minsky更提出感知機無法解決互斥或(exclusive OR, XOR)問題。1974年Werbos在其博士論文中首次提出利用隱藏層提高類神經網路的學習能力。1985年，Parker與Rumelhart，Hinton及William再次提出倒傳遞類神經網路的論文。從此，BPN模式成為應用最廣泛、使用頻率最高的方法。倒傳遞類神經網路為一多層前饋式結構的神經網路，網路架構如圖3.1所示，包含輸入層、輸出層及隱藏層。描述如下：

輸入層：呈現類神經網路的輸入變數，視問題決定處理單元的數目。資料在輸入之前，必須先經過整理成有用的資訊後，才可成為輸入變數。使用線性轉換函數，即 $f(x)=x$ 。

隱藏層：呈現各處理單元間交互影響的狀況。其處理單元數目與層數，並無固定的模式，需以試驗的方式來決定最佳的數目與層數。使用非線性轉換函數。

輸出層：表現網路的輸出變數，其處理單元的數目亦視問題而決定。也是使用非線性轉換函數。

一個倒傳遞網路包含許多層，每一層包含若干個處理單元。輸入層(Input layer)：表現網路的輸入變數，其處理單元個數依需要而定。使用線性轉換函數，即 $f(x)=x$ 。

倒傳遞神經網路，是透過一次又一次不斷反覆地以訓練範例學習，直至達到收斂如圖3-2所示，即可判斷所求之值是否接近預期的目標。為了檢驗學習的成果，在收集範例訓練資料時，必須先將資料分成兩個部分。一是正常的訓練用的資料，

另一是測試使用的資料。並藉由以下兩種判斷基準，以檢測網路是否會達到收斂。

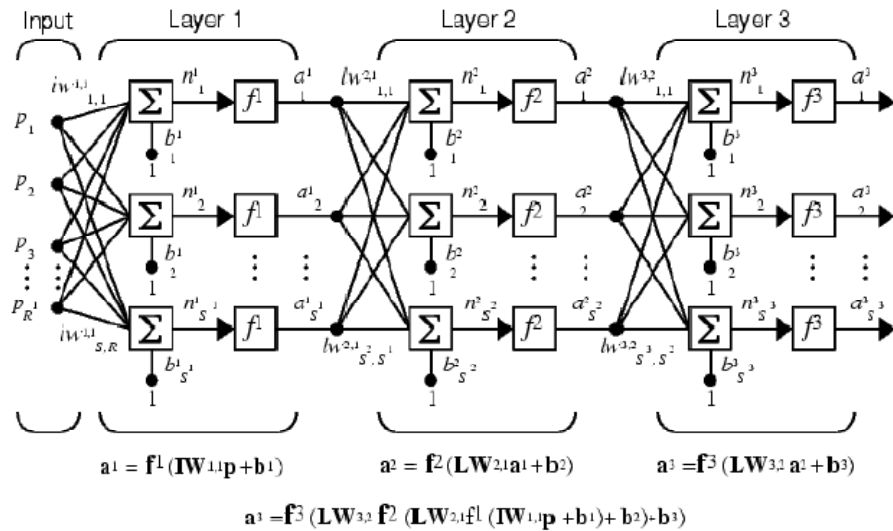


圖3-2 倒傳遞神經網路架構圖

3.5 預測評估指標

為衡量預測模型的精準度，也就是模型估計出的預測值與實際值之間的預測誤差大小，採用一般評定模型預測誤差的方法—平均絕對離差(Mean Absolute Error, MAE)、平均平方誤差(Mean Squared Error, MSE)、平均絕對誤差百分比(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)，以這三個評估準則做為衡量港埠預測模型所得預測值之可信度，以判斷何種模型之預測精準度較佳。其公式分別如下所示：

預測誤差 (Forecast Error)是用來衡量預測準確性的有效工具，預測誤差可正可負。若其 >0 ，表示預測低估；反之，則表示預測高估，其計算如下：預測誤差 = 實際值-預測值----- (6)

平均絕對誤差(MAE)：將各期預測誤差的絕對值予以加總後再計算其平均值，其計算如下：

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |\text{實際值}_t - \text{預測值}_t|}{n} \quad \text{----- (7)}$$

平均平方離差(MSE)：將各期預測誤差的平方予以加總後再計算其平均值，其計算如下：

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{實際值}_t - \text{預測值}_t)^2}{n} \quad \text{----- (8)}$$

平均絕對誤差百分比 (MAPE)：先計算各期預測誤差的絕對百分比後再加總並計算其平均值，其計算如下：

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|\text{實際值}_t - \text{預測值}_t|}{\text{實際值}_t} \times 100}{n} \quad \text{----- (9)}$$

MAPE主要在衡量模式中未被解釋部份之百分比。MAPE之值愈小，表示模型正確預測能力愈強，預測模式估計結果與歷史資料吻合精確度愈大。Lewis (1982) 依據MAPE值之大小，將模式預測能力分為四種等級，如表所示，當MAPE小於10%時，表示模型之預測能力優良。

表3-2 MAPE預測能力之等級

MAPE值	預測能力
<10%	高精確度
10%~20%	良好
20%~50%	合理
>50%	不正確

資料來源：Lewis(1982)

MSE係將預測誤差予以平方該值通常會比MAE的偏差來得大；另外，因為MAPE是以百分比的相對衡量方式，故MAPE可以避免MAE與MSE可能將誤差數值放大之情形，是以MSE、MAE、MAPE為衡量精準度時。故 y_t 為第t期實際值， \hat{y}_t 為第t期預測值，其值越小，預測誤差越小，表示模型預測能力越佳。

4. 結果與分析

本章利用2001年1月至2011年12月等44筆，以高雄港轉口貨櫃量及亞洲各國起運港轉口貨櫃量、碼頭實際作業時間、台灣經濟成長率及OECD經濟成長率等季資料，以倒傳遞類神經網路與迴歸等分析方法，分別構建預測之模式，並進行實證結果分析與比較，進而驗證出預測轉口貨櫃運量最適精確度。

4.1 預測變數選取

本研究是以預測高雄港暨其亞洲各國起運港之轉口貨櫃量為研究對象，首先影響高雄港轉口貨櫃量有內部環境因素之一，航商對於港埠之選擇，裝卸作業效率這項指標，而裝卸效率指標有在港時間、橋式貨櫃裝卸量、船稍等待停靠碼頭時間、貨櫃碼頭實際作業時間等等項目非常多，但能代表裝卸作業效率之基本指標是港口處理貨櫃在碼頭實際時間長短，時間對航運是非常重要的，如船身滯港時間過久，是會影響到航商選擇港埠之一大因素。故本研究選取貨櫃碼頭實際作業時間為解釋變數。

其次影響轉口貨櫃量也有外部環境因素，轉口之櫃源、受到台灣經濟因素影響外，亦會受到世界經濟景氣循環等因素影響，而經濟成長率是觀察經濟景氣變化的重要指標之一，為一國國民所得的最基本指標，要得知一個國家或一個地區的經濟實力，可從經濟成長率上揚或下滑表現，而海運市場受到經濟景氣榮枯影響最為密切，故本研本研究為了解高雄港轉口貨櫃量與經濟合作暨發展組織（Organization for Economic Cooperation and Development，簡稱OECD）會員國整體經濟成長率（簡稱OECD經濟成長率）、台灣經濟成長率（Economic Growth Rate）、名目國內生產毛額（GDP）及名目國民生產毛額（GNP）、平均每船每小時淨貨櫃裝卸效率、貨櫃碼頭實際作業時間彼此間是否具有關聯性，採用Pearson 相關係數，驗證其相關性，若有負相關存在時，表示不具關聯性，則剔除該變數。經由SPSS 統計軟體計算出表4-1相關係數，選取高雄港轉口貨櫃量具相關且顯著之變數，發現有OECD經濟成長率、台灣經濟成長率、貨櫃碼頭實際作業時間均呈正值，約有0.438~0.737間的中高度相關且為顯著，顯示彼此間具有關聯性，可作為預測模型構建之基礎，茲將其結果整理如表4-1。

表 4-1 轉口貨櫃量相關係數分析

	轉口貨櫃量	OECD 經濟成長率	台灣經濟成長率	名目國內生產毛額 (GDP)	名目國民生產毛額 (GNP)	平均每船每小時淨貨櫃裝卸效率	貨櫃碼頭實際作業時間
轉口貨櫃量	1	0.452**	0.438**	0.247	0.236	-0.216	0.737**
OECD 經濟成長率	0.452**	1	0.674**	0.007	0.010	-0.390**	0.467**
台灣經濟成長率	0.438**	0.674**	1	0.314*	0.327*	-0.378*	0.452**
名目國內生產毛額(GDP)	0.247	0.007	0.314*	1	0.997**	0.305*	0.008
名目國民生產毛額(GNP)	0.236	0.010	0.327*	0.997**	1	0.313*	-0.015
平均每船每小時淨貨櫃裝卸效率	-0.216	-0.390**	-0.378*	0.305*	0.313*	1	-0.657**
貨櫃碼頭實際作業時間	0.737**	0.467**	0.452**	0.008	-0.015	-0.657**	1

**在顯著水準為0.01時（雙尾），相關顯著。

*在顯著水準為0.05時（雙尾），相關顯著。（資料來源：本研究整理）

4.2 預測模型

4.2.1 預測模型構建

(1) 4-fold 次交叉驗證(4-fold Cross Validation)

本研究以高雄港暨東亞各國起港之轉口貨櫃量為反應變數，解釋變數為貨櫃碼頭實際作業時間、台灣經濟成長率及 OECD 經濟成長率，為達其信賴及精確度，在有限資料下，使用 K 次交叉驗證(又稱為循環估計)。將數據樣本隨機分為 K 組，每組資料都不重覆，保留其中 1 組作為驗證或測試功能，其餘做為訓練組，每次測試組在不同情況下，重複 K 次的訓練與測試，最後平均 K 次結果，始得到預測值。本研究採用此法將資料分成 4 等分，以 4 摺交叉驗證(4-fold Cross Validation)，取其中三等分資料進行訓練，其餘 1 等分進行驗證或測試，分別建構 4 種資料組合之預測模型。

(2) 複迴歸預測模型建構

本研究使用統計套裝軟體 SPSS 17.0 版進行分析。求出迴歸模式之所有參數估計值，建構出 4.1 式配適模式如下：

$$Y_{TEU,t} = \beta_0 + \beta_1 r_{CT,t-1} + \beta_2 r_{TWECH,t-1} + \beta_3 r_{GECH,t-1} + \varepsilon_t$$

$Y_{TEU,t}$ 表高雄港轉口貨櫃量及東亞各國起運到高雄港之轉口貨櫃量

$r_{CT,t-1}$ 表貨櫃碼頭實際作業時間

$r_{TWECH,t-1}$ 表台灣經濟成長率

$r_{GECH,t-1}$ 表 OECD 經濟成長率

(3) 類神經網路預測模型建構

本研究利用 MATLAB 軟體之工具箱建立類神經網路，使用前饋式倒傳遞網路(Feedforward Backpropagation Network)，建構出 2 層倒傳遞網路模型，層 1 為輸入層至隱藏層有 10 個神經元以 TANSIG 的正切雙彎曲轉移函數，層 2 為隱藏層為輸出層以 PURELIN 的線性轉移函數，採用函數中較快且收斂效果良好的 LM 演算法 (TRAINLM) 訓練函數，具適應性學習函數動量之梯度下降法 (LEARNGDM)，選取性能函數之均方誤差(MSE)及訓練參數等用來訓練出最佳網路預測值。

4.3 高雄港轉口貨櫃量預測

4.3.1 複迴歸實證結果

本研究建構出一個迴歸分析模式，由基本資料所衍生計算求得的，以高雄港之轉口貨櫃量建構之模式，能符合港埠市場的發展現況，篩選出 3 個較重要的變數做為技術指標，2 個經濟指標及 1 個內部效率指標當作預測變數推導出迴歸式，為避免預測變數間有高度相關，產生多重共線性(Multi-collinearity)，對於共線性的檢驗，使用變異膨脹因素(Variance Inflation Factor, VIF)來評估，由變數 VIF < 10 為 1.256 至 2.593 間，表示每組變數不存在共線性問題。本研究求出迴歸模式的所有參數估計值，取得 4 組資料之配適模式如下：

(1) 組合 1 資料 Adj-R2 判定係數為 0.37 且為顯著，顯示組合 1 模式有 37% 解釋能力，F 值等於 7.27，P 值為 0.001 小於顯著水準 0.05 落入拒絕域，故拒絕虛無假設，表示拒絕依變數與自變數無迴歸關係存在之虛無假設，本組合資

料共線性的檢驗變數為 1.395、1.964、1.698，VIF 值均小於 10，表示變數不存在共線性問題，其公式如下：

(2)組合 2 資料 Adj-R2 判定係數為 0.535 且為顯著，顯示組合 2，可解釋依變數之程度為 53.5%，F 值等於 13.28，P 值為 0.000 小於顯著水準 0.05，故拒絕虛無假設，表示拒絕依變數與自變數無迴歸關係存在之虛無假設，本組合資料共線性的檢驗變數為 1.325、2.331、2.593，VIF 值均小於 10，表示變數不存在共線性問題，其公式如下：

$$Y_{TEU,t} = 109719.186 + 17.17 \gamma_{CT,t-1} + 256.041 \gamma_{TWECH,t-1} + 5284.097 \gamma_{GECH,t-1}$$

(3)組合 3 資料 Adj-R2 判定係數為 0.558 且為顯著，顯示組合 1 模式有 55.8%解釋能力，F 值等於 14.52，P 值為 0.000 小於顯著水準 0.05 落入拒絕域，故拒絕虛無假設，表示拒絕依變數與自變數無迴歸關係存在之虛無假設，本組合資料共線性的檢驗變數為 1.515、2.038、2.286，VIF 值均小於 10，表示變數不存在共線性問題，其公式如下：

$$Y_{TEU,t} = 93939.003 + 17.619 \gamma_{CT,t-1} + 265.899 \gamma_{TWECH,t-1} + 13355.114 \gamma_{GECH,t-1}$$

(4)組合 4 資料 Adj-R2 判定係數為 0.585 且為顯著，顯示組合 1 模式有 58.5%解釋能力，F 值等於 16.07，P 值為 0.000 小於顯著水準 0.05 落入拒絕域，故拒絕虛無假設，表示拒絕依變數與自變數無迴歸關係存在之虛無假設，本組合資料共線性的檢驗變數為 1.256、1.696、1.621，VIF 值均小於 10，表示變數不存在共線性問題，其公式如下：

$$Y_{TEU,t} = 86913.359 + 18.164 \gamma_{CT,t-1} + 621.745 \gamma_{TWECH,t-1} + 3171.094 \gamma_{GECH,t-1}$$

4.3.2 複迴歸分析產生預測值之結果：

本研究將資料分成 4 等分，以 4 摺交叉驗證 (4-fold Cross Validation)，取其中三等分資料進行訓練，其餘 1 等分進行驗證或測試，分別建構 4 種資料組合之預測模型，由表 4-2 發現 4 種組合 44 個預測值，小於平均誤差百分比 5%以下，組合 1 有 6 個，組合 2 有 7 個，組合 3 有 8 個，組合 4 有 5 個，共有 26 個，正確率達 59.09%。

表 4-2 高雄港轉口貨櫃量分析之實際值與預測值比較表

組合 1			組合 2			組合 3			組合 4		
實際值	預測值	MAPE (%)	實際值	預測值	MAPE (%)	實際值	預測值	MAPE (%)	實際值	預測值	MAPE (%)
412166	477107	15.76	445380	501621	12.63	441322	485685	10.05	461290	470619	2.02
435332	473512	8.77	508123	513260	1.01	520033	527229	1.38	531573	508834	4.28
498920	501763	0.57	500677	509619	1.79	503310	514718	2.27	503875	518846	2.97
536036	516420	3.66	579506	561051	3.18	596726	567105	4.96	564831	544635	3.58
538905	513275	4.76	570565	537284	5.83	539823	558404	3.44	489806	518983	5.96
522296	517189	0.98	529437	530883	0.27	536603	543957	1.37	517214	532865	3.03
518911	511916	1.35	502545	523037	4.08	487661	543104	11.37	480491	521604	8.56
442409	508405	14.92	492885	529410	7.41	528400	527904	0.09	453279	400735	11.59
407427	441813	8.44	472355	451538	4.41	506266	472126	6.74	523396	480705	8.16
453812	502045	10.63	527478	516156	2.15	505327	502057	0.65	536040	497723	7.15
493356	501228	1.60	545806	501225	8.17	541201	488387	9.76	538782	506573	5.98

(資料來源:本研究整理)

表 4-3 高雄港轉口貨櫃量複迴歸預測模式評估比較表

模式	MAPE	MSE	MAE
組合 1	6.49%	1,338,727,573.19	29,072.63
組合 2	4.63%	820,252,566.89	23,385.45
組合 3	4.74%	951,491,207.03	24,062.33
組合 4	5.75%	1,010,148,684.09	28,994.31

(資料來源:本研究整理)

4.3.3 類神經模型產生預測值之結果：

表4-4可發現，高雄港轉口貨櫃量在類神經模型下，以4種不同情況下，反覆訓練與測試結果，由表4-4發現4種組合44個預測值，小於平均誤差百分比5%以下，組合1有8個，組合2有8個，組合3有9個，組合4有7個，共有32個，正確率達72.72%。

表 4-4 高雄港轉口貨櫃量類神經分析之實際值與預測值比較表

組合 1			組合 2			組合 3			組合 4		
實際值	預測值	MAPE (%)	實際值	預測值	MAPE (%)	實際值	預測值	MAPE (%)	實際值	預測值	MAPE (%)
412166	446929	8.43	445380	473579	6.33	441322	459029	4.01	461290	485746	5.30
435332	412453	5.26	508123	512468	0.86	520033	508697	2.18	531573	494723	6.93
498920	491712	1.44	500677	484588	3.21	503310	511366	1.6	503875	519387	3.08
536036	523672	2.31	579506	547244	5.57	596726	574919	3.65	564831	565484	0.12
538905	514598	4.51	570565	545697	4.36	539823	574001	6.33	489806	502506	2.59
522296	521365	0.18	529437	523635	1.10	536603	537542	0.17	517214	521664	0.86
518911	521603	0.52	502545	514319	2.34	487661	534306	9.57	480491	507821	5.69
442409	456597	3.21	492885	508219	3.11	528400	510972	3.3	453279	428115	5.55
407427	439605	7.90	472355	470526	0.39	506266	495058	2.21	523396	530501	1.36
453812	498654	9.88	527478	514565	2.45	505327	488530	3.32	536040	521452	2.72
493356	475278	3.66	545806	508387	6.86	541201	529604	2.14	538782	522362	3.05

(資料來源:本研究整理)

表 4- 5 高雄港轉口貨櫃量類神經預測模式評估比較表

模式	MAPE	MSE	MAE
組合 1	4.69%	605,949,328.10	21,265.82
組合 2	3.63%	467,091,929.83	18,925.61
組合 3	3.82%	513,048,987.97	19,606.35
組合 4	3.69%	425,572,879.44	18,369.60

(資料來源:本研究整理)

4.3.4 複迴歸與類神經預測模型比較：

研究結果顯示轉口貨櫃量對於類神經網路較複迴歸之預測，結果發現前者解釋能力較佳，誤差較小，其預測能力也較佳。

表 4-6 高雄港轉口貨櫃量之複迴歸與類神經預測模型評估比較

模式	MAPE	MSE	MAE
複迴歸	5.40%	1,030,155,008.00	26,378.68
類神經	3.96	502,915,781.33	19,541.84

(資料來源:本研究整理)

4.4 亞洲各國起運港→高雄港轉口貨櫃量預測模型之比較：

亞洲近年來引領全球經濟成長，區域內貿易量增長快速、經貿往來交流頻繁，平均經濟成長率高達8.2%。亞洲地區到高雄港進行轉口。前九大為中國大陸、日本、越南、菲律賓、泰國、印尼、馬來西亞、韓國、新加坡。本研究以亞洲各國起運港經由複迴歸分析及類神經網路預測模型結果，並利用平均絕對誤差百分比、平均平方離差、平均絕對離差三種方法求得結果，比較亞洲各國起運港預測模型精準度，其結果如下：

4.4.1 中國大陸→高雄港轉口貨櫃量，

2010年中國大陸占高雄港轉運貨櫃量18.93%，為高雄港最大轉運國，其櫃源經由高雄港轉運到東南亞地區最多、美洲地區次之、歐洲。

高雄港這幾年轉口貨櫃量成長有趨緩的態勢下，但2008年兩岸直航後，中國大陸對轉運貨櫃量增量不少，也帶動兩岸貿易成長，但其轉運量，仍未達境外轉運之最高櫃量，值得注意的是，中國大陸近年來貨櫃碼頭是以倍數成長，全國已快突破3百個專用貨櫃碼頭，未來對其碼頭空轉量過高的情形下，為提升及維持國際樞紐港重要地位，會由其進口、出口貨櫃量，轉而提升轉運貨櫃量之策略，這會連帶影響到高雄港與對岸間港口競合。

在中國大陸方面如表4-7，運用複迴歸分析及類神經網路預測模型結果。根據 Lewis (1982) 的說法，以 MAPE 衡量預測誤差，中國大陸表現，以類神經網路預測模型之平均絕對誤差百分比9.39%，小於10% 為高度準確的預測，複迴歸分析預測模型之平均絕對誤差百分比12.27%，在10%至20% 是好的預測，實證結果以類神經網路預測模型所求得預測誤差最小也最為準確度也較優。

表 4-7 中國大陸之複迴歸與類神經預測模型評估比較：

起運港國別	模式	MAPE	MSE	MAE
中國大陸	複迴歸	12.27%	129,120,644.00	9,703.75
	類神經	9.39%	84,268,926.26	7,265.19

(資料來源:本研究整理)

4.4.2 日本→高雄港轉口貨櫃量

2010年日本→高雄港轉運貨櫃量，占高雄港全部轉運量14.4%，日本在高雄港轉運量逐年上升，是高雄港亞洲第二大轉運量，雖然2011年日本在311大地震經濟受創，雖影響到對台灣機械設備及原物料進口之供應，但卻不影響對高雄港轉運量成長，日本主要是經由高雄港轉運到東南亞、澳洲及歐洲等地區。

在日本方面如表4-8，運用複迴歸分析及類神經網路預測模型結果。日本表現，以類神經網路預測模型之平均絕對誤差百分比9.49%，小於10% 為高度準確的預測，複迴歸分析預測模型之平均絕對誤差百分比17.24%，在10%至20% 是好的預測，實證結果以類神經網路預測模型所求得預測誤差最小也最為準確度也較優。

表 4- 8 日本之複迴歸與類神經預測模型評估比較：

起運港國別	模式	MAPE	MSE	MAE
日本	複迴歸	17.24%	122,101,495.00	9,626.09
	類神經	9.49%	44,691,668.00	5,210.62

4.4.3 越南→高雄港轉口貨櫃量

2010年越南→高雄港轉運貨櫃量，占高雄港全部轉運量8.27%，越南主要經由高雄港轉運到日本、中國大陸、菲律賓、美國及加拿大等地區，越南近年來全力發展經濟，平均增長率高達7.4%，世界上排在第二位，僅次於中國。為吸引外資企業投資設廠，訂定很多項優惠政策，越南港口具有優越的地理位置，位於中南半島東部的國際交通線上重要據點之一，面向太平洋與印度洋擁有3,260公里長之海岸線，位於東北亞、美洲、澳洲之樞紐位置，雖有110個港口，但大型深水港口很少，致影響其貨櫃量發展，越南也正積極拓建深水港，相信東南亞未來貨櫃排名仍會產生變化，本研究認為高雄港要拓展東南亞轉運櫃源，應先由越南起運港運量變化加以關注，越南是近年來台商轉投資重點國家，預測越南轉運貨櫃量發展趨勢，對未來高雄港轉運競合策略上會有所助益。

由表4-9，運用複迴歸分析及類神經網路預測模型結果發現。複迴歸分析預測模型之平均絕對誤差百分比20.05%，在20%至50% 是合理的預測。以類神經網路預測模型之平均絕對誤差百分比16.49%在20%至50% 是好的預測。實證結果以類神經網路預測模型所求得預測誤差最小也最為準確度也較優。

表 4- 9 越南之複迴歸與類神經預測模型評估比較：

起運港國別	模式	MAPE	MSE	MAE
越南	複迴歸	20.05%	192,227,256.81	9,026.88
	類神經	16.49%	186,154,903.00	6,844.84

(資料來源:本研究整理)

4.4.4 菲律賓→高雄港轉口貨櫃量

2010年菲律賓→高雄港轉運貨櫃量，占6.81%，其亞洲起運港來源國排名第四，菲律賓起運港經由高雄港轉運到美國櫃量最多，其次是東南亞國家。顯示菲律賓以高雄港轉運到美國貨櫃量之遠洋航線較多，高雄港近年來轉運航線有趨向「近洋化」趨勢，本研究認為台灣是菲律賓的第六大貿易夥伴，高雄港應與政府共同研擬開拓菲律賓遠洋航線轉運量策略，以吸引轉運櫃量。

在菲律賓方面如表4-10，運用複迴歸分析及類神經網路預測模型結果。菲律賓表現，以類神經網路預測模型之平均絕對誤差百分比6.91%，小於10% 為高度準確的預測，複迴歸分析預測模型之平均絕對誤差百分比13.32%，在10%至20% 是好的預測，實證結果以類神經網路預測模型所求得預測誤差最小也最為準確度也較優。

表 4- 10 菲律賓之複迴歸與類神經預測模型評估比較：

起運港國別	模式	MAPE	MSE	MAE
菲律賓	複迴歸	13.32%	43,293,051.60	5,428.90
	類神經	6.91%	17,103,657.00	3,026.18

(資料來源:本研究整理)

4.4.5 泰國→高雄港轉口貨櫃量

2010年泰國→高雄港轉運貨櫃量占5.2%，泰國經由高雄港轉運主要是美國最多，東南亞國家轉口貨櫃量次之。泰國在2010年洪災造成經濟巨大損失，泰國政府為提振經濟，以出口為導向，擴大內需消費及發展基礎設施建設，泰國亦是擁有低廉勞動成本國家，藉此吸引不少外資到泰投資，而其國家經由高雄港轉運櫃源以遠洋航線美國最多，本研究發現泰國對高雄港轉運有逐年下滑跡象，研究顯示泰國是高雄港遠洋航線美國轉口貨櫃量重要國家之一，為挽救下滑轉運量情形，高雄港應針對泰國轉運量進行分析並檢討後，擬訂客製化行銷策略。

在泰國方面如表4-11，運用複迴歸分析及類神經網路預測模型結果。泰國表現，以類神經網路預測模型之平均絕對誤差百分比14.46%，複迴歸分析預測模型之平均絕對誤差百分比19.81%，均在10%至20% 是好的預測，實證結果以類神經網路預測模型所求得預測誤差最小也最為準確度也較優。

表 4-11 泰國之複迴歸與類神經預測模型評估比較：

起運港國別	模式	MAPE	MSE	MAE
泰國	複迴歸	19.81%	76,852,080.38	6,734.53
	類神經	14.46%	35,182,803.62	4,852.25

(資料來源:本研究整理)

4.4.6 印尼→高雄港轉口貨櫃量

2010年印尼→高雄港轉運貨櫃量占4.35%，印尼轉運經由高雄港日本、中國大陸、越南、菲律賓、美國等國家有轉口貨櫃量較多，本研究發現印尼轉運量主要是近洋航線較多，遠洋航線到美國轉運櫃量亦不少。2010年起印尼擺脫全球經濟危機，擁有豐富的天然資源，低廉的勞動力優勢，在區域競爭下勞動成本漸漸升高，許多台商及外資遷廠到此投資，使得印尼經濟逐漸成長，故高雄港要擴展遠洋航線轉口貨櫃量，也要將印尼列為爭取對象。

在印尼方面如表4-12，運用複迴歸分析及類神經網路預測模型結果。印尼表現，以類神經網路預測模型之平均絕對誤差百分比9.69%，小於10% 為高度準確的預測，複迴歸分析預測模型之平均絕對誤差百分比17.42%，在10%至20% 是好的預測，實證結果以類神經網路預測模型所求得預測誤差最小也最為準確度也較優。

表 4-12 印尼之複迴歸與類神經預測模型評估比較：

起運港國別	模式	MAPE	MSE	MAE
印尼	複迴歸	17.42%	15,430,060.90	3,473.64
	類神經	9.69%	7,370,639.00	2,076.93

(資料來源:本研究整理)

4.4.7 馬來西亞→高雄港轉口貨櫃量

2010年馬來西亞→高雄港轉運貨櫃量占4.79%，經由高雄港轉運到東南亞及美洲、美國等國家有轉口貨櫃量最多，馬來西亞近年來啟動「經濟轉型計畫」，成功吸引外資來馬國投資。在積極投入海運市場，興建深水碼頭，使得進、出、轉貨櫃量增加，該國第一大港巴生港預計未來數年內，躋進全球10大貨櫃港，年年增長貨櫃量已逼近或甚至超越高雄港，高雄港應儘速研究與馬來西亞競合策略，提出吸引該國轉口貨櫃量到高雄港轉運行銷策略。

在馬來西亞方面如表4-13，運用複迴歸分析及類神經網路預測模型結果。馬來西亞表現，以類神經網路預測模型之平均絕對誤差百分比9.78%，小於10% 為高度準確的預測，複迴歸分析預測模型之平均絕對誤差百分比12.31%，在10%至20%

是好的預測，實證結果以類神經網路預測模型所求得預測誤差最小也最為準確度也較優。

表 4- 13 馬來西亞之複迴歸與類神經預測模型評估比較：

起運港國別	模式	MAPE	MSE	MAE
馬來西亞	複迴歸	12.31%	11,405,745.40	2,694.61
	類神經	9.78%	7,897,482.00	2,175.38

(資料來源:本研究整理)

4.4.8 韓國→高雄港轉口貨櫃量

2010年韓國→高雄港轉運貨櫃量占4.07%，轉運櫃量以亞洲國家最多，歐洲次之。韓國是亞洲重要樞紐基地之一，主要承運大陸東北貨物運輸，2011年韓國為擴展軸心港的地位，與中國大陸青島、日照、煙台及威海等四港，簽署「中韓4+1港口戰略運行章程」，兩國相互合作，互許船舶優先進出，提供便捷及近高效率物流服務。韓國為吸引國際中轉貨櫃發展，對全球船公司展開BPA計畫行銷策略，以創新彈性行銷策略吸引船公司到釜山港轉運提高不少櫃量，但韓國航線缺點，想要吸引東南亞轉運櫃源不易，故其貨櫃會藉由高雄港轉運如韓國起運港→高雄港→中國大陸、越南、泰國、馬來西亞、菲律賓等目的港，但未來韓國與中國大陸為吸引櫃源，兩國合作將會更加密切，亦會影響到高雄港轉運貨櫃量，這點是值得高雄港所關注的。

在韓國方面如表4-14，運用複迴歸分析及類神經網路預測模型結果。韓國表現，以類複迴歸分析預測模型之平均絕對誤差百分比17.37%，神經網路預測模型之平均絕對誤差百分比12.19%，均在10%至20% 是好的預測，實證結果以類神經網路預測模型所求得預測誤差最小也最為準確度也較優。

表 4- 14 韓國之複迴歸與類神經預測模型評估比較：

起運港國別	模式	MAPE	MSE	MAE
韓國	複迴歸	17.37%	17,743,014.80	3,542.51
	類神經	12.19%	9,942,944.00	2,627.53

(資料來源:本研究整理)

綜上研究實證結果，可以發現亞洲各國起運港之轉口貨櫃量對於類神經網路較複迴歸之預測，前者解釋能力較佳，誤差較小，其預測能力也較佳與高雄港轉口貨櫃量研究結果相同。

平均絕對誤差百分比小於10%起運港來源國，是利用倒傳遞神經網路預測分析有中國大陸9.39%、日本9.49%、馬來西亞9.78%，具有高度準確的預測，另以越南複迴歸分析平均絕對誤差百分比20.05%，準確度最差，但仍有達到合理準確性。

5. 結論

2011年3月台灣四大國際港因「政企分離」，改制為臺灣港務股份有限公司，面對港口經營內、外部環境詭譎多變，期望「四港合併、政企分離」，整合成台灣貨櫃港群，但面對中國大陸龐大港群壓力，台灣港口經營者，應審時度勢，發揮企業化經營，與對岸良性競爭合作，吸收中國二線港口轉運貨櫃量同時，亦應積極努力拓展亞洲新興國家轉運貨櫃量，才能引領台灣轉口貨櫃量風華再現。

2008「兩岸直航」後，臺灣與大陸港口間經貿往來頻繁，也影響航商對亞洲航線佈署，本研究為了解高雄港暨其亞洲各國起運港貨櫃量變動對高雄港未來轉運影響，透過內部技術效率指標、世界及台灣經濟指標建構出轉口貨櫃量預測模型。

模型建構方式，採複迴歸分析以及類神經網路模型對轉口貨櫃量變數進行來檢驗模型的預測效果。歸納實證結果，複迴歸分析及類神經網路模型之預測能力方面，發現研究結果以類神經網路預測模型在整體模型較具解釋能力較佳，誤差較小，其預測能力也較佳之研究結論相符。

高雄港雖然後線腹地不大，短期內無法達成「為亞太全方位物流樞紐港」目標，但研究結果發現高雄港碼頭裝卸效率是影響轉口貨櫃量重要因素之一，另台灣及世界經濟成長亦影響海運市場成長之因素，世界經濟景氣榮枯會牽動著海運起落，本研究認為高雄港應注意中國大陸港群策略，避免對岸碼頭裕餘能量，運用低成本策略，吸取高雄港轉運櫃量達到創量實績。本研究發現高雄港，要減緩中國大陸港群壓力，應採企業化經營，對不同起運港採取差異化訂價行銷策略，對不同航商業者採取客製化服務策略，再者研究運量預測是一港口必備工具，運量分析不只在基礎設施規劃興建，港口業者應投入優秀資訊人才，運用高科技人工智慧及資料採礦技術，針對世界航商航線佈署及航運成本做及時分析，可適時提供航商轉運到高雄港決策之參考。本研究之具體貢獻敘述如下：

預測高雄港暨其起運港來源國轉口貨櫃量之研究，乃是提供予決策者做為「審時度勢」、「因勢利導」，找出最佳策略之參考，高雄港在2011年港口管理體制重大變革，與台灣其他3大國際商港基隆、台中、花蓮港等港合併，成立臺灣港務股份有限公司，未來公司如何發揮「對內協調分工，對外統合競爭」之綜效，奠定臺灣港口在亞太地區營運競爭力。

高雄港要成為亞太地區主要海運中心，首先必須積極發展貨櫃轉運港，為因應全球港口經營模式快速創新變革，期望藉由組織創新變革第一步，引領台灣港埠走向企業化經營，但全球港埠經營環境詭譎多變，臨近亞洲新興港口陸續加入，要能提升其港口競爭力，唯有掌控好變動方向才有機會勝出，而預測是決策者洞察先機工具之一。

故研究高雄港暨其起運港來源國轉口貨櫃量預測之研究，對不同起運港來源國轉口貨櫃量之情勢的發展變化，除可提供其找出最適決策，做為在港埠基礎設施改善上之參考、在營運上，更可針對不同起運港，推出具有競爭力之差異化或客製化行銷策略之參考。

- (1)在研究方法上：本研究運用複迴歸分析及類神經網路之預測模型，建議未來可運用時間序列分析或灰預測或其他最新的理論及方法，以建構出更具精準度之預測模型。
- (2)在變數選取上：轉運量取決航商航線規劃，如能蒐集到世界各大航商影響轉口貨櫃量資料，列為合適之解釋變數，將可提供更為詳盡的探討。
- (3)在研究對象上：所建構高雄港及起運港來源國轉口貨櫃量預測模型，雖然可運用於高雄港轉口貨櫃量上，但如能再蒐集到高雄港來源國不同港埠進行分析，對建構之模型精準度更佳。建議後續可依不同港口轉口貨櫃量，提供決策者更詳細的參考。

6.參考文獻

1. 蘇崇光(1994)，兩岸直航貨運量與港埠設施研析，第二屆海峽兩岸海上航運學術研討會
2. 吳柏林(1995)，時間數列分析導論，華泰書局
3. 葉怡成(1997)，應用類神經網路，儒林圖書公司
4. 謝邦昌、邱志洲(2000)，類神經網路分析(Neural Network Analysis)，曉園出版社
5. 魏健宏、楊雨青(1999)，高雄港轉口貨櫃運量預測-以類神經網路評選輸入變數，運輸學刊，第11卷，第3期，頁1-20。
6. 鄧聚龍(2000)，灰色系統理論與應用，高立圖書公司。
7. 黃宏斌(2001)，高雄港轉口貨櫃運量預測之研究」，海洋大學航運管理學系碩士論文
8. 石珉宇(2002)，台灣地區海洋貨櫃運輸商品運量預測方法之研究，國立交通大學運輸科技與管理學系研究所碩士論文。
9. 呂志哲(2004)，中國大陸經濟發展對亞洲主要港埠貨櫃量影響之分析與預測，國立交通大學運輸科技與管理學系
10. 葉立婷(2004)，高雄港進、出、轉口貨櫃量與港埠作業效率間動態影響關係之研究，高雄第一應用科技大學運輸與倉儲營運學系碩士論文
11. 馬豐源、王偉輝(2005)，以灰色系統論探討兩岸三地海運成長率預測及其關聯性，2004兩岸三地航運與物流研討會

12. 馬豐源(2005)。以灰色系統論探討海運成長率預測與經濟成長率關聯性，石油季刊 41 卷 4 期
13. 葉中仁(2005)。季節性預測模式比較—以高雄港轉口貨櫃預測為例，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文。
14. 羅華強，(2005)，類神經網路-MATLAB 的應用，高立圖書有限公司，
15. 戴輝煌(2006)。越洋航商在兩岸三地擇港因素與港口競爭力之評估，國立交通大學交通運輸研究所博士論文
16. 郭英峰及陳邦誠(2007)。以單變量 ARIMA 模式、類神經網路、灰色 GM(1, 1)模型預測高雄港貨櫃吞吐量，台大管理論叢，第十七卷第二期，頁 107-132。
17. 張徐錫(2007)。埠轉口貨櫃量競爭模式之研究—以海峽兩岸三地國際商港為例，國立臺灣海洋大學河海工程學系博士論文
18. 朱經武、彭文怡(2007)。「貨櫃吞吐量預測模式之比較研究」，航運季刊，16(4): 頁 81-102。
19. 陳俊男(2008)。臺灣地區國際商港營運量預測模式之探討，逢甲大學交通工程與管理研究所碩士論文。
20. 林萍珍(2008)。投資分析 -含 Matlab 應用、遺傳演算法與類神經網路模型，新陸書局股份有限公司
21. 丁士展、呂亦宸(2010)。台灣國際商港貨物吞吐總量預測模式之研究，2010 長榮大學海空運論文研討會。
22. 倪安順、吳雨菁(2010)。兩岸直航港埠貨櫃量預測與分配之研究，海運學報，19 卷 1 期，頁 69-90。
23. 曾志煌、陳一昌、林美霞、徐順憲、陳素惠、蕭清木、鄭國璘、鄭樂堯、蔡瑞鉉、沈世婷、王世俠、張淑滿(2011)。臺灣地區商港整體發展規劃(101~105 年)，交通部運輸研究所
24. 黃國英、謝中龍(2011)。沿海貿易權對兩岸直航轉口貨櫃與國際中轉模式之影響與基本看法。海峽兩岸海運直航兩周年論壇。81-96。
25. 陳春益、楊清喬、朱金元(2011)。兩岸直航我國貨櫃港面臨之課題與因應對策。2011 年臺灣港口面對兩岸直航之機會與挑戰研討會。
26. 張瓊文(2011)以階層式估算方法建構 ERP 開發時數之預測模型-以 D 公司為例，國立中央大學資訊管理研究所碩士論文
27. 中華人民共和國交通運輸部綜合規劃司統計資訊
<http://202.96.42.69:82/gate/big5/10.1.1.81/zizhan/siju/guihuasi/tongjixinxi>
28. 香港港口發展局網站 <http://www.pdc.gov.hk/>
29. PSA Corporation Ltd. 網站 <http://www.internationalpsa.com>
30. 上海市港口管理局網站 <http://www.shanghai.gov.cn/>
31. Busan Port Authority 網站 <https://www.busanpa.com/>
32. 深圳港信息網站 <http://www.sztlb.gov.cn/>
33. OECD 經合組織統計網 <http://stats.oecd.org/>
34. Containerisation International Yearbook, 2006-2011 Minsky, M. and Papert S. (1969), Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry, MIT Press Cambridge, Mass.
35. Werbos, P. J. (1974), Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences, Doctoral Dissertation, Appl. Math., Harvard University.
36. Verhoeven, P. (2009), A Review of Port Authority Functions: Towards A Renaissance?, IAME - FINAL, pp. 2-34.
37. Parker, D. B. (1985), Learning-logic, Technical Report TR-47, Center for Computational Res. in Economics and Management Sci., MIT.
38. Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. and Williams, R. J. (1988), Learning Internal Representations by Error Propagation, Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition, Vol. 1, pp. 318-362
39. Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. and Williams, R. J. (1986) Learning Representations by Back-propagating Errors, Nature 323, pp. 533-536,
40. Rosenblatt, F. (1961), Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms, Spartan:

Washington, D. C.