

應用灰色關聯分析於貨櫃航運業營運與財務績效
代表性指標之擷取

**Applying Grey Relation Analysis to the Selection of
Representative Operational and Financial
Performance Indicators for Container Shipping
Industry**

王榮祖 Rong-Tsu Wang¹
林文恭 Wen-Kung Lin²
朱銀鈴 Ying-Ling Chu³

摘要

台灣屬海島型經濟，貨物的進出仰賴海運甚深。過去文獻對於航運業之績效評估多半以個案方式進行生產力衡量，至於財務面的探討則著墨不多。鑒於航運業本質上具有勞力密集與資本密集的特性，本文同時考量營運與財務層面共同建立貨櫃航運業的績效評估指標架構，前者係以企業營運流程中之三種效率做為初選指標之基礎；後者則以財務報表分析中常用之比率作為指標選擇基礎；其次，在指標的擷取上，本文應用灰色關聯分析法將高關聯度的指標劃為一群，並從中擷取具代表性指標。結果顯示，本文從 74 個初選評估指標中擷取 36 個代表性指標共同建構貨櫃航運業之績效評估指標架構，其中 20 個屬於營運面績效指標，16 個屬於財務面績效指標。

關鍵字：貨櫃航運業、營運績效、財務績效、灰色關聯分析

ABSTRACT

Taiwan is belonged to the economic type of Sea Island, goods turnover rely on shipping transportation. In past studies, the performance evaluation of shipping industry most focus on the measurement of productivity by case study, respecting financial aspects is usually ignored. Based on the two characteristics of shipping industry: capital-intensive and labor-intensive, this paper maintains the operational aspects commonly employed in previous documents and adds in financial aspects to build a performance evaluation indicators framework for the Container shipping industry, to treat as manager to deal with performance evaluation reference resources. Operational aspects is divided into three efficiency levels to form an initial ratio set, and the financial statement analysis including short-term liquidation, safety of financial structure, profitability, return of investment, and turnover is used to form the initial indicator set for financial aspects. Moreover, to overcome the problems of small sample size and

1 萬能科技大學 經營管理研究所暨國際貿易系 助理教授

2 萬能科技大學 國際貿易系 專任講師

3 萬能科技大學 經營管理研究所 研究生

unknown distribution of samples, the grey relation analysis is used to the selection of representative indicators. The result shows that out of 74 initial evaluation indicators, 36 representative indicators were selected. Of those, 20 is belonged to the operational aspect, and 16 is belonged to the financial aspect.

Keywords : Container Shipping Industry, Operational Performance, Financial Performance, Grey Relation Analysis

壹、緒論

台灣為一海島型國家，大宗貨物的進出，大多依賴海運運送。由 2003 年「交通統計月報」知，我國國際航線貨物運輸量為 2 億 931 萬公噸，其中海運部份就占了 2 億 798 萬公噸，比重高達 95.46%，足見海運業在台灣貨物運輸上的重要性。依貨物裝載型態可將海運業區分為散裝航運和貨櫃航運二大類，本文以貨櫃航運為研究對象，擷取其營運與財務績效代表性指標。再者，影響貨櫃航運業績良窳的因素眾多，包括不可控制的外在環境因素，與內部的經營管理因素，由於外部環境難以預測，故本文以內部經營管理因素為探討範圍。本文旨在兼顧營運與財務層面，擷取一套完整的績效評估指標，用以衡量貨櫃航運業之績效表現，協助管理者發現經營上的問題，進而做為改善之參據。

過去關於航運業績評估的相關文獻，大多採用多元財務比率指標，如：Seok-Min Lim(1996)^[1]、Evangalista and Morvillo (1998)^[2]、楊厚華(1992)^[3]、林惠茹(1992)^[4]、周聰佑(1995)^[5]、王榮祖與馮正民(2000)^[6]。容易取得為此類型指標的優點，但往往因此種方法僅考慮單一方面的指標，容易忽略其它重要的評估項目可能使得評估結果較為狹隘。本文同時考慮營運與財務二個層面，分別以企業營運流程中之三種效率(生產、行銷、執行)及財務報表分析中常用之短期償債能力、財務結構健全性、獲利能力、投資報酬率與週轉率，共同構建出貨櫃航運業績評估指標架構。其次，就績效評估之方法論而言，依問題性質的不同，可概略分為三種方法：資料包絡分析、模糊理論分析與灰色關聯分析。資料包絡分析可避免因素量化與主觀給予權重的問題^[7,8,9]；模糊理論可避免傳統二值邏輯對模糊詞語在處理上之缺失^[10,11,12]；灰色關聯分析為避免指標重複性太高，導致評估時可能會有偏重某一方之嫌疑^[13,14,15]。

本文以陽明與長榮二家貨櫃航運公司為例進行營運與財務績效評估指標擷取之研究。問題本身具有三個特性：1.營運與財務資料皆為量化型態，不需進行指標之明確化；2.研究對象較少(二家)；3.資料期間較短。針對問題本身少量數據與量化資料的特性，本文擬以灰色關聯分析法配合指標選取原則，將眾多初選

評估指標予以分群，並從中擷取代表性指標，藉以防止績效評估結果偏重一方，且可因指標簡化而省略估計過程中無謂的重複作業所造成的資源浪費。

績效評估指標架構的建立分為營運與財務二個層面。營運層面之初選指標係依 Feng and Wang^[15]對營運績效的分解方式，按生產效率、行銷效率與執行效率分別產生初選指標集合；財務層面初選指標之產生係以財務報表分析中常用之短期償債能力、財務結構健全性、獲利能力、投資報酬率與週轉率，做為初選指標集合的基礎。其次，利用灰色關聯分析法進行代表性指標之擷取。包括前言，本文共分成六個部分。第二個部分為文獻回顧，第三個部分為初選績效評估指標集合，第四個部分為灰色關聯分析法之介紹，第五個部分為實例應用，最後為本文之結論與後續研究。

貳、文獻回顧

2.1 航運業績評估

過去航運業績評估之相關研究，根據其所使用的方法大致可歸為二大類：一為使用財務比率分析法；另一為使用資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)。茲分述如下。

在財務比率分析法的文獻方面：Seok-Min Lim(1996)^[1]分析兩大航運公司(美國海運與長榮海運)的興衰，該研究評比了兩家公司的財務績效，如營運成本、營運收入、總資產、長期負債、保留盈餘、銷售報酬、股東權益報酬、資產報酬等；Evangelista and Morvillo (1998)^[2]的研究中，以獲利能力評量 50 家義大利航運公司的績效；楊厚華(1992)^[3]以國內兩大貨櫃輪公司－陽明海運與長榮海運為例，採用比較研究法從個案公司的財務報表中，選取適當財務比率評估其連續七年的經營績效，在盈餘面的指標有毛利率、營業純益率、稅前純益率與稅後純益率，而衡量資產運用效率方面，則有總資產報酬率、股東權益報酬率、每股稅後盈餘三項指標；林惠茹(1992)^[4]以 11 家航運公司為研究對象，運用因子分析及群落分析，將 34 個財務比率縮減為 6 個，建立台灣地區海運業之最適財務比率組合；周聰佑(1995)^[5]利用相關分析從 26 個財務比率中選取 21 個做為海運公司經營績效評估模式；王榮祖與馮正民(2000)^[6]以 8 家上市海運公司民國 87 年的財務報表為研究範圍，依比率間灰色關聯度的大小從 27 個初選財務比率中擷取 15 個代表性財務比率進行績效評估；林文晟(2002)^[16]分析 14 家航運類股票上市公司經營績效，運用因素分析法將二十項財務比率縮減為五大構面，分別為財務結

構力、收益力、安定力、短期償債能力及資產週轉力，以評估其經營效率；林光、李選士與王昱傑(2003)^[17]以財務比率評估海運業財務營運績效，將財務比率分成四大層面，分別為償債能力、獲利能力、投資報酬率及資產與負債週轉率，並利用該篇文章所提出之關係函數，對同一層面的財務比率進行分群，再以 TOPSIS 法進行營運績效評估。

在資料包絡分析法(DEA)的相關文獻：FArsund(1992)^[18]以提供交通運輸服務的渡輪業為例，採用 DEA 評估其生產效率，探討生產效率的投入需求，在不區分航線長短、渡輪大小、航行頻率的前提下，選擇總艙位航程為產出項目，而投入項目共有六項，分別是有關船舶大小的艙位容量，與船舶資本相關的市場價值、保險費，及總員工薪資、燃油、維修費；陳澄隆(2000)^[19]運用資料包絡分析法評估國內定期航運公司營運績效，以岸勤人員、船艙容量、貨櫃數目、裝卸費用為投入項，而定期航運收入與載運量為產出項，結合財務與非財務資料，來分析國內四大定期航運公司的營運績效；黃承傳與鍾政棋(2004)^[20]應用資料包絡分析法於散裝航運公司營運績效之評估，其投入項與產出項之選取主要根據生產函數概念，以 ROC 船載重噸與 FOC 船載重噸為投入項，以 ROC 船收入與 FOC 船收入為產出項作為評估基準；朱明輝(2003)^[21]運用資料包絡分析法評估陽明海運技術效率與生產力，以營業收入及承載貨櫃數，作為評估個案公司產出變數，以船舶數目、總載重噸數、員工人數等三項，作為衡量個案公司生產投入的變數；游智超(2003)^[22]將其經營績效分成財務效率與船舶營運作業效率，並運用資料包絡分析法評估整體營運效率，在財務構面上以總資產、營業成本、租船數為投入項目，而產出項目包含營業收入及稅前淨利，在船舶營運作業效率上其投入項包含員工人數、船舶艘數與船舶艙位容量等三項目，產出項目為總航次數與載運量，以探求國籍航商的效率變化。

2.2 灰色關聯分析法(Grey Relation Analysis, GRA)之應用

灰色關聯分析乃由鄧聚龍教授於 1988 年提出^[23]，透過參數間關聯性的比較，瞭解參數與實際理想變數間的關聯性。由部分已知不明確的條件中，找出所需要的訊息，進而明瞭參數間之互動關係。

灰色關聯分析法在交通運輸領域之應用相當廣泛。曾國雄、胡宜珍(1996)^[14]以 GRA 法進行公車系統營運與服務績效評估指標之擷取，該研究擷取出 7 項代表性營運績效指標及 8 項代表性服務績效指標；張有恆、陳俊魁(1997)^[24]以 GRA 法從 18 個鐵路立體化評估準則中擷取 9 個代表性評估準則；周文生、曾群明(2000)^[13]利用 GRA 法從 23 項影響計程車服務品質的評鑑指標中擷取 13 個代表性評鑑

指標；王榮祖(2000)^[25]以國內 5 家航空公司及 4 家公路客運業者為例，以 GRA 法分別擷取航空運輸及客運運輸營運及財務績效代表性指標，並結合 TOPSIS 法進行各家公司之績效排序。

此外，灰色關聯分析法在其他領域之應用亦十分常見，如：銀行業(陳啓斌等^[26]；林永吉^[27]；陳錦芬^[28]；陳訓燦^[29]；唐漢洋^[30])、保險業(吳怡嬋^[31])、生物科技業(莊豐光^[32])、教育(李易叡^[33]；高子婷^[34]；陳健彬^[35])、食品工業(洪維宗^[36])、機械產業(張士行^[37]；何明雄^[38]；胡源泉^[39]；黃臣鴻^[40])、高科技產業(張翊丹^[41]，蘇德利^[42])、軟體產業(熊傳明^[43])、營建業(王國璋^[44])、觀光業(邱超群^[45])、公營機構(張家瑞^[46]；廖金環^[47]；張瑞玲^[48])等。

使用灰色關聯分析法在進行績效評估，主要有下列五點特色：(1)所建立之模型乃屬非函數型之序列模型；(2) 計算方便易行；(3)對樣本數量多寡沒有過分要求；(4)不要求序列數據必須符合常態分配；(5)不會產生與定性分析相逕庭之矛盾分析。(曾國雄、胡宜珍^[14])

2.3 績效評估之概念架構

Fielding[49] (1985)將運輸業的營運活動分解成服務投入(service inputs)、服務產出(service outputs)與服務消費(service consumption)三個過程，任兩個過程間的關係構成三種衡量運輸產業營運績效的指標類型。如圖 1 所示，服務投入與服務產出間的「成本效率(cost efficiency)」係衡量產生運輸服務的資源利用程度；服務產出與服務消費間的「服務效果(service effectiveness)」係衡量消費者對運輸服務的使用程度；服務消費與服務投入間的「成本效果(cost effectiveness)」係衡量運輸服務消費量與資源投入量之間的關係。

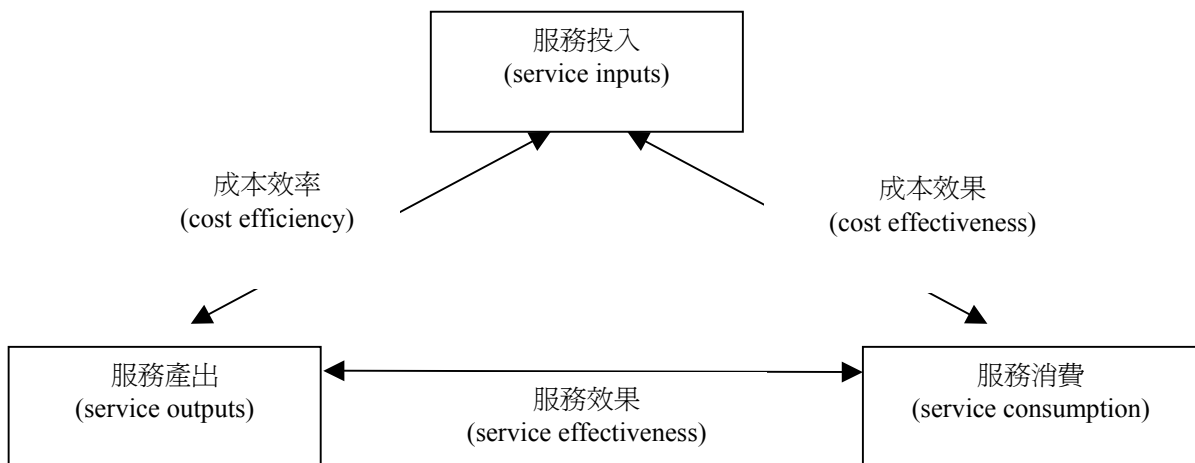


圖1 Fielding 之績效評估架構圖

在財務面績效評估概念架構上，王榮祖與馮正民(2000)^[6]以主要財務報表(資產負債表、損益表、現金流量表)之用途及報表間的關聯性，將海運業財務績效分為短期償債能力、財務結構健全性、獲利能力、投資報酬率與週轉率，共五大類財務比率。「短期償債能力」為流動資產與流動負債間的比值：係衡量企業履行其短期義務的程度；「財務結構健全性」為資產、負債與股東權益彼此間的比值：係衡量企業對於生產、營業等活動所需的資產，其投入的資金是否適當；「獲利能力」為損益表中營業收入與其他項目之比值：係衡量企業在某一期間內的獲利狀況；「投資報酬率」：對投資人而言，所關心投下的資本(資金)所能獲得利潤的大小，以不同形式的投入(資產或資本)所能產生的利益(本期淨利)；「週轉率」：對經營者而言，所關心的是企業運用資產或舉債所產生的營收水準，所代表的是企業對資產或舉債的運用效率。

參、初選績效評估指標集合

營運績效之初選評估指標集合，乃觀察企業營運活動過程所形成的概念架構而產生。而初選財務績效評估指標集合則依財務報表分析中常用之短期償債能力、財務結構健全性、獲利能力、投資報酬率與週轉率為選擇基礎。以下就初選指標集合之產生過程予以說明如下。

3.1 評估項目之選取

企業營業活動的過程可分解為投入(input)－產出(output)－消費(consumption)三個階段，兩兩之間的關係即構成營運績效的整體表現。如圖 2 所示，投入與產

出間之比值係用以衡量組織之生產效率，產出與消費間之比值係用以衡量組織之行銷效率，消費與投入間之比值係用以衡量組織之執行效率。

本文在營運績效之評估項目上，係依據 Fielding 之績效評估架構，選擇貨櫃航運業之「員工數」、「營運船舶數」、「營運船舶平均艙位容量」與「貨櫃數」為投入項；以「航線數」與「裝卸費用」為產出項；以「載運量」、「定期收入」與「營業損益」為消費項。對貨櫃航運公司而言，投入項之員工數包括「岸勤人員」與「海勤人員」；產出項之航線數包括「營運航線數」、「聯營航線數」與「總航線數」。在財務績效之評估項目上，本文係依據王榮祖與馮正民(2000)^[6]所提出之五大類財務比率：短期償債能力、財務結構健全性、獲利能力、投資報酬率與週轉率，作為財務績效之評估項目。

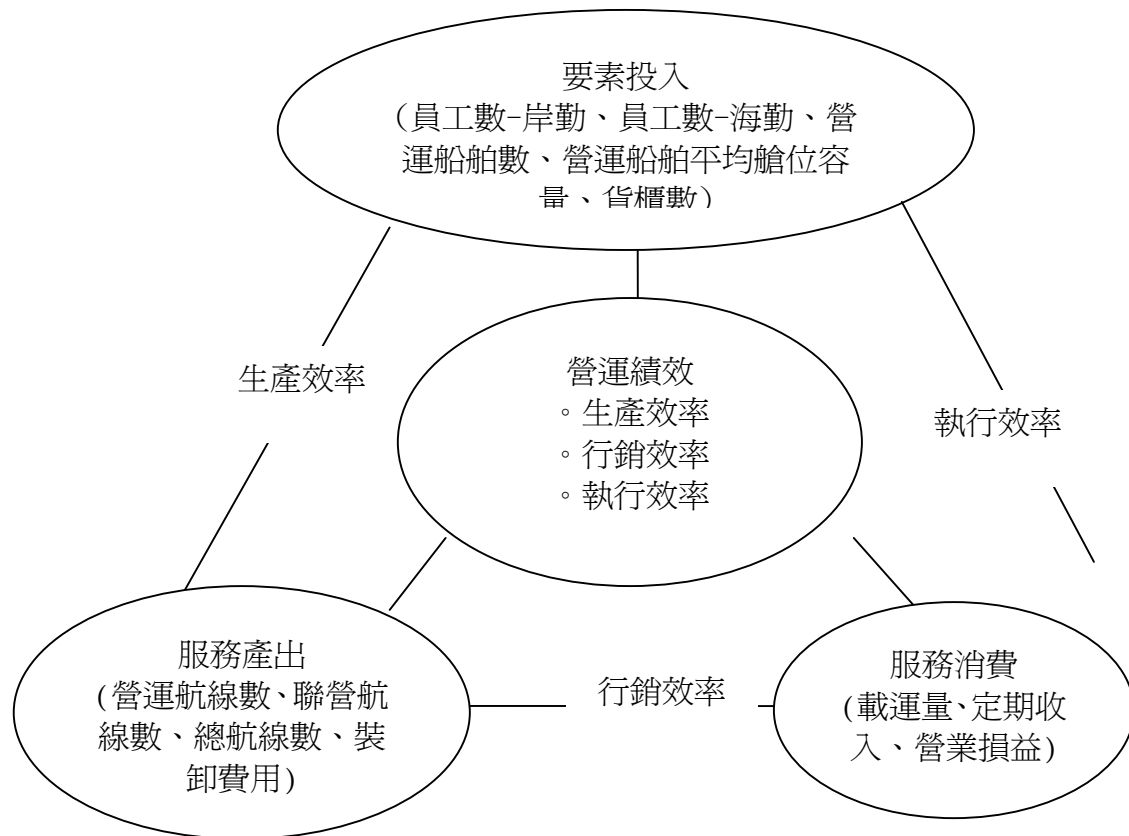


圖 2 貨櫃航運業初選營運績效評估指標集合之概念架構

3.2 初選營運績效評估指標集合

依圖 2 的概念架構，營運績效的初選指標集合由要素投入、服務產出與服務消費兩兩之間任取一項相除所得之比值所構成的。經刪除與營運績效無直接關係者、指標間差異不大、不易衡量或收集不易之指標後，再加入兩個指標選取原則進行指標的初步篩選：(1)指標之組成須具有初步的解釋意含，(2)指標之組成資料須可取得。依上述二項原則，本文之初選營運績效評估指標共 47 個，依生產、行銷與執行效率三類各選取 20、12 與 15 個，有關初選指標項目及指標定義分別說明如表 1、表 2、表 3 所示。

表1 貨櫃航運業初選營運績效評估指標集合－生產效率

代號	指標名稱	評估公式
BF ₁	營運航線數對員工人數-岸勤比率	營運航線數/員工人數-岸勤
BF ₂	聯營航線數對員工人數-岸勤比率	聯營航線數/員工人數-岸勤
BF ₃	總航線數對員工人數-岸勤比率	總航線數/員工人數-岸勤
BF ₄	裝卸費用對員工人數-岸勤比率	裝卸費用/員工人數-岸勤
BF ₅	營運航線數對員工人數-海勤比率	營運航線數/員工人數-海勤
BF ₆	聯營航線數對員工人數-海勤比率	聯營航線數/員工人數-海勤
BF ₇	總航線數對員工人數-海勤比率	總航線數/員工人數-海勤
BF ₈	裝卸費用對員工人數-海勤比率	裝卸費用/員工人數-海勤
BF ₉	營運航線數對營運船舶數比率	營運航線數/營運船舶數
BF ₁₀	聯營航線數對營運船舶數比率	聯營航線數/營運船舶數
BF ₁₁	總航線數對營運船舶數比率	總航線數/營運船舶數
BF ₁₂	裝卸費用對營運船舶數比率	裝卸費用/營運船舶數
BF ₁₃	營運航線數對貨櫃數比率	營運航線數/貨櫃數
BF ₁₄	聯營航線數對貨櫃數比率	聯營航線數/貨櫃數
BF ₁₅	總航線數對貨櫃數比率	總航線數/貨櫃數
BF ₁₆	裝卸費用對貨櫃數比率	裝卸費用/貨櫃數
BF ₁₇	營運航線數對營運船舶平均艙位容量比率	營運航線數/營運船舶平均艙位容量
BF ₁₈	聯營航線數對營運船舶平均艙位容量比率	聯營航線數/營運船舶平均艙位容量
BF ₁₉	總航線數對營運船舶平均艙位容量比率	總航線數/營運船舶平均艙位容量
BF ₂₀	裝卸費用對營運船舶平均艙位容量比率	裝卸費用/營運船舶平均艙位容量

表2 貨櫃航運業初選營運績效評估指標集合－行銷效率

代號	指標名稱	評估公式
BM ₁	載運量對營運航線數比率	載運量/營運航線數
BM ₂	定期航運收入對營運航線數比率	定期航運收入/營運航線數
BM ₃	營業損益對營運航線數比率	營業損益/營運航線數
BM ₄	載運量對聯營航線數比率	載運量/聯營航線數
BM ₅	定期航運收入對聯營航線數比率	定期航運收入/聯營航線數
BM ₆	營業損益對聯營航線數比率	營業損益/聯營航線數
BM ₇	載運量對總航線數比率	載運量/總航線數
BM ₈	定期航運收入對總航線數比率	定期航運收入/總航線數
BM ₉	營業損益對總航線數比率	營業損益/總航線數
BM ₁₀	載運量對裝卸費用比率	載運量/裝卸費用
BM ₁₁	定期航運收入對裝卸費用比率	定期航運收入/裝卸費用
BM ₁₂	營業損益對裝卸費用比率	營業損益/裝卸費用

表3 貨櫃航運業初選營運績效評估指標集合－執行效率

代號	指標名稱	評估公式
BC ₁	載運量對員工人數-岸勤比率	載運量/員工人數-岸勤
BC ₂	定期航運收入對員工人數-岸勤比率	定期航運收入/員工人數-岸勤
BC ₃	營業損益對員工人數-岸勤比率	營業損益/員工人數-岸勤
BC ₄	載運量對員工人數-海勤比率	載運量/員工人數-海勤
BC ₅	定期航運收入對員工人數-海勤比率	定期航運收入/員工人數-海勤
BC ₆	營業損益對員工人數-海勤比率	營業損益/員工人數-海勤
BC ₇	載運量對營運船舶數比率	載運量/營運船舶數
BC ₈	定期航運收入對營運船舶數比率	定期航運收入/營運船舶數
BC ₉	營業損益對營運船舶數比率	營業損益/營運船舶數
BC ₁₀	載運量對貨櫃數目比率	載運量/貨櫃數
BC ₁₁	定期航運收入對貨櫃數目比率	定期航運收入/貨櫃數
BC ₁₂	營業損益對貨櫃數目比率	營業損益/貨櫃數
BC ₁₃	載運量對營運船舶平均艙位容量比率	載運量/營運船舶平均艙位容量
BC ₁₄	定期航運收入對營運船舶平均艙位容量比率	定期航運收入/營運船舶平均艙位容量
BC ₁₅	營業損益對營運船舶平均艙位容量	營業損益/營運船舶平均艙位容量

3.3 初選財務績效評估指標集合

初選財務比率集合在過去文獻中多半以文獻回顧法。然而，不同的文獻因研究目的與研究對象的不同，所選取的財務比率亦有所差異。本文以財務報表分析中常用之短期償債能力、財務結構健全性、獲利能力、投資報酬率與週轉率做為初選財務比率的基礎。如表 4 所示，初選財務績效評估指標分為五大類，共 27 個。其中屬「短期償債能力」有 5 個，屬「財務結構健全性」有 6 個，屬「獲利能力」有 5 個，屬「投資報酬率」有 4 個，屬「週轉率」有 7 個。

肆、指標擷取方法—灰色關聯分析

初選績效評估指標集合中，指標的數目仍過多（營運績效評估指標有 47 個，財務績效評估指標有 27 個），且各指標間的關係不明確，若能將評估指標予以分群，使群間的相關性低，而群內的相關性高。並從各群中選擇具代表該群特性的指標，有助釐清各指標間的關係，更易於評估結果的解釋。當樣本資料量夠大，且資料符合常態分配時，大多數研究者利用數理統計方法處理變數與變數之間的關係。然而，在面臨資料期間不長與分布型態未知時，此類方法即不適用。基於此，本文針對少量數據與不確定數據的分配型態，以灰色系統理論中之灰色關聯分析進行代表性指標的擷取。

表4 貨櫃航運業初選財務績效評估指標集合

類別	代號	比率名稱	比率內容	
			分子	分母
短期償債能力	FS ₁	流動比率	流動資產	流動負債
	FS ₂	速動比率	速動資產	流動負債
	FS ₃	現金再投資比率	營業活動之現金流量 －現金股利	固定資產毛額＋長期投資 ＋其他資產＋營運資金
	FS ₄	現金流量比率	營業活動之現金流量	流動負債
	FS ₅	營收現金流量比率	營業活動之現金流量	營業收入
財務結構健全性	FF ₁	固定比率	股東權益	固定資產
	FF ₂	自有資本比率	股東權益	總資產
	FF ₃	債權比率*	股東權益	總負債
	FF ₄	負債比率*	總資產	總負債
	FF ₅	固定占長期比率	固定資產	長期負債
	FF ₆	長期固定比率	股東權益＋長期負債	固定資產

表 4 貨櫃航運業初選財務績效評估指標集合 (續)

獲利能力	FP ₁	經營比率*	營業收入	營業成本
	FP ₂	毛利率	營業毛利	營業收入
	FP ₃	營業利益率	營業利益	營業收入
	FP ₄	稅前淨利率	稅前淨利	營業收入
	FP ₅	淨利率	本期淨利	營業收入
投資報酬率	FR ₁	流動資產報酬率	本期淨利	流動資產
	FR ₂	固定資產報酬率	本期淨利	固定資產
	FR ₃	總資產報酬率	本期淨利	總資產
	FR ₄	股東權益報酬率	本期淨利	股東權益
週轉率	FT ₁	流動資本週轉率	營業收入	流動資產
	FT ₂	固定資產週轉率	營業收入	固定資產
	FT ₃	總資產週轉率	營業收入	總資產
	FT ₄	流動負債週轉率	營業收入	流動負債
	FT ₅	長期負債週轉率	營業收入	長期負債
	FT ₆	總負債週轉率	營業收入	總負債
	FT ₇	股東權益週轉率	營業收入	股東權益

*：為了使各指標之變動方向一致，該比率以倒數方式計算

灰色系統理論係鄧聚龍教授於 1982 年提出。所謂「灰色」是指吾人對於某系統的了解介於完全清楚(白色)與完全不知道(黑色)之間。根據因素之間發展趨勢的相似或相異程度來衡量因素間的關聯性，稱為「灰色關聯分析」。若兩個因素間變化的趨勢具有一致性，則表示二者關聯度較高，反之，則較低。以下針對灰關聯四公理、灰關聯之必要條件與灰關聯度的量化模型做一說明。

4.1 灰關聯四項公理

灰色關聯度須滿足灰關聯四公理—規範性、偶對對稱性、整體性與接近性。若在測度空間上可以找到一個函數 $r(x_i, x_j)$ 滿足四項公理，則此空間可稱為灰關聯空間。而 $r(x_i, x_j)$ 則稱作灰關聯度(grey relational grade)，為在灰關聯空間中的測度。其四項公理條件茲說明如下。

1. 規範性(Norm Interval)：說明系統中任何兩列訊息是互相關聯的，不是彼此獨立無關的。

$$0 < r(x_i, x_j) \leq 1, \text{ for all } i, j \quad (1)$$

若 $r(x_i, x_j) = 1$ 時，稱為完全相關。 (2)

若 $r(x_i, x_j) = 0$ 時，稱為完全不相關。 (3)

2. 偶對對稱性(Duality Symmetric)：說明若系統中只有兩列訊息時， $r(x_i, x_j)$ 是兩兩比較，而兩兩比較是對稱的，這是比較的具體化。當只有兩組序列時，

$$r(x_i, x_j) = r(x_j, x_i) \circ \quad (4)$$

3. 整體性(Wholeness)：說明灰關聯度的計算除了兩個因素間的關聯性外，亦考慮系統中其他因素的相對關係。若序列大於三組(包含三組)時，比較結果則不一定符合對稱性。

$$r(x_i, x_j) \stackrel{\text{often}}{\neq} r(x_j, x_i) \quad (5)$$

4. 接近性(Approachability)：對灰色訊息關係的數量化約束，以 $\|x_i(k) - x_j(k)\|$ 為灰關聯係數的主控項。

$\|x_i(k) - x_j(k)\|$ 愈小，則 $r(x_i(k), x_j(k))$ 愈大。

4.2 灰關聯之必要條件

當 $r(x_i, x_j)$ 滿足下列條件時，則稱其為 x_i 與 x_j 在區間之灰關聯度。

1. $r(x_i, x_j) \in \mathbb{R}$ ，且 $r(x_i, x_j) \in (0, 1]$ ， $i, j = 1, 2, \dots, n$
2. x_i 與 x_j 繪於二維平面圖之折線幾何形狀愈接近，則 $r(x_i, x_j)$ 愈大。
3. $r(x_i, x_j)$ 僅和 x_i 與 x_j 繪於二維平面圖之折線幾何形狀有關，而與其空中相對位置無關。
4. 唯有當繪於圖上 x_i 與 x_j 之折線幾何形狀完全吻合， $r(x_i, x_j)$ 才會等於 1。

4.3 灰關聯度之量化模型

灰關聯度為在灰關聯空間中滿足灰關聯測度四項公理之一量化測度函數。考慮在灰關聯空間中之因子集 $P(X)$ 裡的序列 $x_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)) \in X$ ，其中 $i = 0, 1, 2, \dots, m$ ， $N = \{1, 2, \dots, n\}$ ， $k \in \mathbb{N}$ ， $x_i(k)$ 為序列中的任一元素，依鄧聚龍教授之定義，子序列(比較序列) x_j 之於母序列(參考序列) x_i 在第 k 點的灰關聯係數為：

$$\gamma(x_i(k), x_j(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{ij}(k) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (6)$$

其中， $j = 1, 2, \dots, m$ ， $k = 1, 2, \dots, n$ ， $\zeta \in [0, 1]$ 為辨識係數。

$\Delta_{ij}(k) = \|x_i(k) - x_j(k)\|$ 為 $x_i(k)$ 與 $x_j(k)$ 之間差的絕對值。

$$\Delta_{\min} = \min_{\forall j, i} \min_{\forall k} \Delta_{ij}(k) = \min_{\forall j, i} \min_{\forall k} \|x_i(k) - x_j(k)\| \quad (7)$$

$$\Delta_{\max} = \max_{\forall j, i} \max_{\forall k} \Delta_{ij}(k) = \max_{\forall j, i} \max_{\forall k} \|x_i(k) - x_j(k)\| \quad (8)$$

辨識係數(ζ)為介於 0~1 之間的實數，其主要功能是在調整背景值 Δ_{\max} 與待測值 Δ_{ij} 的對比關係，數值的大小可以根據實際的需要作適當之調整，一般而言，辨識係數的選擇值為 0.5。但是為了加大結果的差異性，辨識係數可以依實際的需要作適度的調整，它只會改變相對數值的大小，並不會影響到灰關聯度的排序。

當灰關聯係數產生之後，根據傳統方式取灰關聯係數的平均值為灰關聯度，其界定門檻值通常取灰關聯係數值為 0.75，其數學式如下：

$$\gamma(x_i, x_j) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_i(k), x_j(k)) \quad (9)$$

然而在傳統上，各因子對系統的重要程度並不盡相同，可視各因子對實際系統的重要程度給予不同的權重值，因此可將上式中的灰關聯度的定義延伸如下：

$$\gamma(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^n \beta_k \gamma(x_i(k), x_j(k)) \quad (10)$$

其中， β_k 為因子 k 的常態化權重值，且 $\sum_{k=1}^n \beta_k = 1$ 。

伍、實例應用－以陽明海運與長榮海運為例

本文以陽明海運與長榮海運為研究對象，進行營運與財務代表性指標之擷取。營運資料來源為國際貨櫃運輸雜誌年鑑，財務資料為各海運公司之財務年度

報表及股東會年報。

5.1 個案公司介紹

陽明海運和長榮海運以跨洲的遠洋運輸為主。陽明海運原為交通部所屬之國營事業，於 1996 年 2 月 15 日完成民營化，目前擁有 58 艘營運船舶，承運能量高達 302 萬載重噸，船隊包括貨櫃船、散裝船、巨型油輪、礦砂船等，平均船齡為全球最年輕的公司之一。

長榮海運是一民營型態之股票上市公司，目前共經營約 120 艘全貨櫃輪，1984 年長榮海運開闢環球東西雙向全貨櫃定期航線，連結亞、歐、美三大洲之運送服務網絡。2002 年則以二條鐘擺航線取代了經營十八年的環球東西雙向航線。

根據國際貨櫃運輸雜誌年鑑在 2003 年所發表的統計資料顯示，我國籍的長榮海運與陽明海運，在全球前 20 名貨櫃航商之船舶艘數與載運量方面，分別位居第 4 名與第 18 名，足以證實我國貨櫃航運業在亞太地區的競爭實力。由於個案公司經營航線相近，資本規模亦相當，同樣以經營遠洋貨櫃運輸為主要業務範圍，本文以此兩家公司做為代表性指標擷取之對象。

5.2 研究期間

本文之研究期間為民國 83-87 年。因民國 85 年為陽明海運民營化之上市年度，故該年度不列入評估考量。

5.3 指標擷取步驟

以生產效率為例說明代表性指標之擷取。

步驟 1 評估指標值正規化：依據初選評估指標計算評估指標值，並將其值予以正規化轉換，以求取各指標間單位的一致性與可比較性。結果如表 5 所示。若 x_{ij} 為業者 i 在指標 j 之績效值，則其正規後之值 r_{ij} 為：

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i x_{ij}^2}} \quad (10)$$

步驟 2 指標分群：本文初選營運績效指標共 47 個，屬生產效率的指標有 20 個，屬行銷效率的指標有 12 個，屬執行效率的指標有 15 個；在初選財務績效指標方面，則分為 5 個短期償債能力比率、6 個財務健全性比率、5 個獲利能力比率、4 個投資報酬率、7 個週轉率五類。茲以執行效率群 IV (BC-IV) 為例，若分別 BC_2 、 BC_3 、 BC_7 、 BC_8 、 BC_9 、 BC_{13} 為參考指標，其比較序列之排序如表 6 所示。由表 6 知， BC_2 、 BC_3 、 BC_7 、 BC_8 、 BC_9 之比較序列指標之排序相近，且灰色關聯係數高於門檻值(0.75)，將此 5

個指標歸為同一群。BC₁₃與這 5 個指標有所差異並未包含在 BC- IV 群中。依各指標間之灰色關聯係數大小將指標分群，結果如表 7、表 8 所示。

表5 初選評估指標正規化值

指標代號	陽明 83	陽明 84	陽明 86	陽明 87	長榮 83	長榮 84	長榮 86	長榮 87
BF ₁	0.292658	0.267573	0.626659	0.548199	0.106961	0.178847	0.207192	0.251349
BF ₂	0.085046	0.116635	0.758775	0.597397	0.025902	0.070872	0.120419	0.162315
BF ₃	0.211089	0.209078	0.69055	0.576632	0.075006	0.136817	0.17435	0.218223
BF ₄	0.366387	0.352119	0.449843	0.450337	0.346542	0.345137	0.228757	0.212296
BF ₅	0.164208	0.164208	0.384625	0.394585	0.183913	0.337951	0.475072	0.518372
BF ₆	0.06073	0.091095	0.592702	0.547244	0.056681	0.170436	0.351398	0.426028
BF ₇	0.130143	0.140988	0.465721	0.456063	0.141711	0.284076	0.439272	0.494525
BF ₈	0.166884	0.175422	0.224136	0.263138	0.483708	0.529428	0.425798	0.355426
BF ₉	0.356508	0.316896	0.554996	0.58671	0.114082	0.177581	0.191556	0.19745
BF ₁₀	0.107745	0.143659	0.698883	0.664938	0.028732	0.073185	0.115785	0.132609
BF ₁₁	0.262096	0.252388	0.623363	0.62903	0.081541	0.138466	0.164299	0.17473
BF ₁₂	0.427355	0.399304	0.381471	0.461492	0.353907	0.328132	0.202507	0.159685
BF ₁₃	0.309675	0.302742	0.657851	0.479616	0.109642	0.282432	0.164463	0.175532
BF ₁₄	0.091448	0.134102	0.809442	0.531122	0.026981	0.113732	0.097133	0.11519
BF ₁₅	0.225533	0.238857	0.731966	0.509393	0.077633	0.218158	0.139739	0.153879
BF ₁₆	0.359116	0.369037	0.437429	0.364958	0.329045	0.504864	0.168197	0.137332
BF ₁₇	0.245206	0.228892	0.560318	0.549341	0.116911	0.219994	0.301389	0.344745
BF ₁₈	0.074195	0.103889	0.706432	0.623333	0.02948	0.090773	0.182392	0.23181
BF ₁₉	0.179822	0.181846	0.627779	0.587503	0.083356	0.171111	0.257861	0.304319
BF ₂₀	0.29682	0.291247	0.388911	0.436341	0.366244	0.410494	0.321747	0.281545

表6 貨櫃航運業績評估指標分群釋例－BC- IV群序表

參考指標序列	比較序列指標之排序			
	排序 1	排序 2	排序 3	排序 4
BC ₂	BC ₇ (0.909)	BC ₈ (0.825)	BC ₃ (0.759)	BC ₉ (0.750)
BC ₃	BC ₈ (0.802)	BC ₉ (0.781)	BC ₂ (0.769)	BC ₇ (0.765)
BC ₇	BC ₂ (0.895)	BC ₈ (0.782)	BC ₃ (0.753)	BC ₉ (0.751)
BC ₈	BC ₇ (0.826)	BC ₃ (0.794)	BC ₂ (0.791)	BC ₉ (0.768)
BC ₉	BC ₈ (0.856)	BC ₃ (0.783)	BC ₂ (0.774)	BC ₇ (0.769)
BC ₁₃	BC ₁₄ (0.794)	BC ₆ (0.747)	BC ₁ (0.737)	BC ₁₅ (0.724)

表7貨櫃航運業之營運績效指標分群

類別	群序	群內指標	代表性指標
生產效率	BF-I	BF ₁ 、BF ₃ 、BF ₁₁ 、BF ₁₅ 、BF ₁₇ 、BF ₁₉	BF ₃
	BF-II	BF ₂ 、BF ₁₀ 、BF ₁₄ 、BF ₁₈	BF ₂
	BF-III	BF ₄ 、BF ₈ 、BF ₁₂ 、BF ₁₆	BF ₄
	BF-IV	BF ₅ 、BF ₇	BF ₅
	BF-V	BF ₆	BF ₆
	BF-VI	BF ₉	BF ₉
	BF-VII	BF ₁₃	BF ₁₃
	BF-VIII	BF ₂₀	BF ₂₀
行銷效率	BM-I	BM ₁ 、BM ₂ 、BM ₇	BM ₂
	BM-II	BM ₃ 、BM ₉	BM ₃
	BM-III	BM ₄ 、BM ₅ 、BM ₆	BM ₄
	BM-IV	BM ₈	BM ₈
	BM-V	BM ₁₀ 、BM ₁₁	BM ₁₀
	BM-VI	BM ₁₂	BM ₁₂
執行效率	BC-I	BC ₁ 、BC ₁₄	BC ₁
	BC-II	BC ₄ 、BC ₅	BC ₄
	BC-III	BC ₆	BC ₆
	BC-IV	BC ₂ 、BC ₃ 、BC ₇ 、BC ₈ 、BC ₉	BC ₈
	BC-V	BC ₁₀ 、BC ₁₁ 、BC ₁₂ 、BC ₁₅	BC ₁₀
	BC-VI	BC ₁₃	BC ₁₃

步驟 3 代表性指標之擷取：各分群代表性指標擷取方式，依據王榮祖^[25] (2000) 提出之相對總得點法，按同群中各指標間的灰關聯排序關係計算各指標之得點，以得點最高並通過門檻值(0.75)者為代表性指標。茲以執行效率群 IV (BC- IV)為例，說明如下。指標間排序關係如表 9 所示，排序第一者得 4 分、排序第二者得 3 分、排序第三者得 2 分、排序第四者得 1 分。以各指標排序出現位置計算各指標的相對總得點。BC₈ 在排序位置上：在排序 1 出現 2 次，在排序 2 出現 2 次，其相對總得點為 4(分)×2(次)+3(分)×2(次)=14。其相對總得點高於其他指標，故選擇 BC₈ 為 BC- IV 群之代表性指標。若得點相同時，則依其排序第一的次數多寡決定；若排序第一的次數亦同，則以排序第二的次數決定，依此類推之。總得點意指代表性指標與群內其他指標的相對分數，為避免代表性指標是「劣中擇優」的結果，加入門檻值概念判斷代表性指標是否適當。本文以 0.75 為門檻值，擷取出的代表性指標共 36 個，如表 7、表 8 所示。

表8 貨櫃航運業之財務績效指標分群

類別	群序	群內指標	代表性指標
短期償債能力	FS-I	FS ₁ 、FS ₃	FS ₃
	FS-II	FS ₂	FS ₂
	FS-III	FS ₄	FS ₄
	FS-IV	FS ₅	FS ₅
財務健全性	FF-I	FF ₁ 、FF ₂ 、FF ₃ 、FF ₆	FF ₃
	FF-II	FF ₄	FF ₄
	FF-III	FF ₅	FF ₅
獲利能力	FP-I	FP ₁ 、FP ₂	FP ₁
	FP-II	FP ₃ 、FP ₄ 、FP ₅	FP ₅
投資報酬率	FR-I	FR ₁	FR ₁
	FR-II	FR ₂ 、FR ₄	FR ₂
	FR-III	FR ₃	FR ₃
週轉率	FT-I	FT ₂ 、FT ₆	FT ₂
	FT-II	FT ₄	FT ₄
	FT-III	FT ₅	FT ₅
	FT-IV	FT ₁ 、FT ₃ 、FT ₇	FT ₇

表9 BC- IV群之代表性指標擷取

參考指標 序列	比較序列指標之排序				相對總得 點
	排序 1	排序 2	排序 3	排序 4	
BC ₂	BC ₇	BC ₈	BC ₃	BC ₉	4×1+2×3=10
BC ₃	BC ₈	BC ₉	BC ₂	BC ₇	3×2+2×2=10
BC ₇	BC ₂	BC ₈	BC ₃	BC ₉	4×2+1×2=10
BC ₈	BC ₇	BC ₃	BC ₂	BC ₉	4×2+3×2=14
BC ₉	BC ₈	BC ₃	BC ₂	BC ₇	3×1+1×3=6
得點	4	3	2	1	

步驟 4 建立營運與財務績效評估架構：貨櫃航運業績評估架構如圖 3 所示。營運績效的指標分為三個部分，「生產效率」由 8 個代表性評估指標組成，分為岸勤員工生產力(聯營航線數對員工人數-岸勤比率、總航線數對員工人數-岸勤比率、裝卸費用對員工人數-岸勤比率)、海勤員工生產力(營運航線數對員工人數-海勤比率、聯營航線數對員工人數-海勤比率)、船舶生產力(營運航線數對營運船舶數比率、裝卸費用對營運船舶平均艙位容量比率)以及貨櫃生產力(營運航線數對貨櫃數比率)四大類；「行銷效率」由 6 個代表性評估指標組成，分為航線行銷力(定期航運收入對營運航線數比率、營業損益對營運航線數比率、載運量對聯營航線數比率、定期航運收入對總航線數比率)及裝卸費用行銷力(載運量對裝卸費用比率、營業損益對裝卸費用比率)二大類；「執行效率」由 6 個代表性評估指標組成，分為岸勤人員執行力(載運量對員工人數-岸勤比率)、海勤人員執行力(載運量對員工人數-海勤比率、營業損益對員工人數-海勤比率)、船舶執行力(定期航運收入對營運船舶數比率、載運量對營運船舶平均艙位容量比率、)及貨櫃執行力(載運量對貨櫃數目比率)四大類。

財務績效的指標分為五個部分。「短期償債能力」由 4 個代表性評估指標組成，包括速動比率、現金再投資比率、現金流量比率及營收現金流量比率；「財務結構健全性」由 3 個代表性評估指標組成，包括債權比率、負債比率及固定占長期比率；「獲利能力」由 2 個代表性評估指標組成，包括經營比率及淨利率；「投資報酬率」由 3 個代表性評估指標組成，包括流動資產報酬率、固定資產報酬率及總資產報酬率；「週轉率」由 4 個代表性評估指標組成，包括固定資產週轉率、流動負債週轉率、長期負債週轉率及股東權益週轉率。

應用灰色關聯分析於貨櫃航運業營運與財務績效代表性指標之擷取

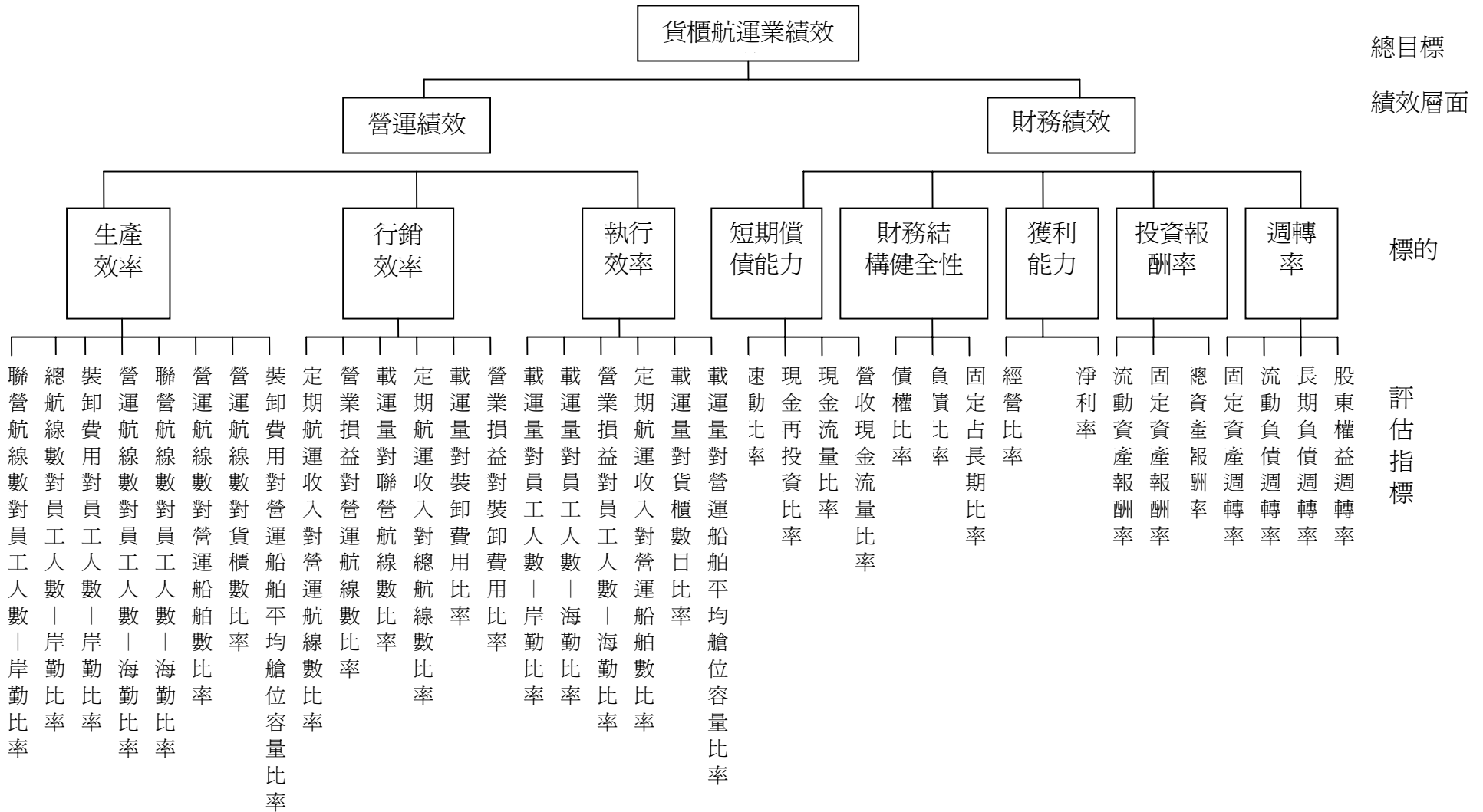


圖 3 貨櫃航運業營運與財務績效代表性評估指標架構圖

陸、結論與後續研究

本文之目的主要在建立貨櫃航運業之代表性績效評估指標架構，綜合研究過程歸納出以下幾點結論。

6.1 結論

1. 本文分別從營運與財務兩個層面擷取適合貨櫃航運業之代表性績效評估指標，並建立其績效評估指標架構。除了衡量貨櫃航運業之生產力良窳外，亦可同時檢視其財務狀況，較過去文獻僅考量單一層面之績效評估更為周延與完備。
2. 由於貨櫃航運業資料蒐集不易，再加上指標間關係不明確，故本文應用灰色關聯分析法，將高關聯度的指標劃為一群，除了精簡指標外，更可克服樣本數太少與資料分配型態未知的限制。在代表性指標擷取上，採用總得點計算方法與門檻值的概念，可降低指標擷取時的主觀程度，使結果更符合客觀性及公平性。
3. 本文提出之代表性績效評估指標架構含蓋營運與財務績效二大層面。營運績效由生產、行銷與執行三大效率所組成，包含岸勤員工生產力、海勤員工生產力、船舶生產力、貨櫃生產力、航線行銷力、裝卸費用行銷力、岸勤人員執行力、海勤人員執行力、船舶執行力及貨櫃執行力10個評估項目，從中擷取20個代表性指標；財務績效由財務報表分析中常用之比率所組成，包含短期償債能力、財務結構健全性、獲利能力、投資報酬率與週轉率5個評估項目，從中擷取16個代表性指標。
4. 績效評估的過程中，若因指標投入過多可能導致資源浪費或評估結果有所偏頗。本文以83-87年度(不含85年度)資料區間為例，在營運績效方面：由47個初選指標中，擷取20個代表性指標，指標數目縮減率為57.45%；在財務績效方面：由27個初選指標中，擷取16個代表性指標，指標數目縮減率為40.74%。
5. 由代表性評估指標的擷取結果知，岸勤員工人數、海勤員工人數、營運船舶數、營運船舶平均艙位數與貨櫃數，係進行貨櫃航運業績評估時的五個最重要的投入項目。相較於過去以DEA法進行貨櫃航運業績評估的相關文獻，本文經由灰色關聯分析法之應用發現，海勤員工人數與營運船舶數係過去研究中忽略的兩個評估項目。
6. 過去以DEA法進行貨櫃航運業績評估的相關研究受限於投入與產出項目不宜過多的限制，可能造成某些重要的評估項目被忽略，使得評估結果不易完整顯現業者的績效良窳。貨櫃航運業績評估的產出項目應同時考量七個最重要的評估項目，分別是：營運航線數、聯營航線數、總航線數、裝卸費用、載運量、定期收入與營業損益。

6.2 後續研究

本文將營運與財務績效分開考量，可能引起不同類型指標間相互影響的問題產生，後續研究可嘗試將兩種類型的績效指標合併考量，進一步探討營運與財務績效指標間的關係，以求更精簡的代表性績效評估指標。此外，本文目前僅以83-87年之資料擷取出的評估指標做為初步架構，後續研究可另以88-92年度之資料擷取代表性評估指標，再與本文提出之指標架構進行驗證與比較，使貨櫃航運業績效

評估指標架構之建立更具一般性。

參考文獻

1. Seok-Min Lim, "Round-the-world Service : The Rise of Evergreen and the Fall of U.S. Lines", *Maritime Policy and Management*, Vol.23, No.2, pp. 119-144, 1996.
2. Pietro Evangelista, and Alfonso Morvillo, "The Role of Training in Developing Entrepreneurship : The Case of Shipping in Italy," *Maritime Policy and Management*, Vol. 25, No. 1, pp. 81-96, 1998.
3. 楊厚華, "公民營貨櫃輪運輸業資本結構與經營績效之分析:長榮與陽明海運個案比較", 交通大學管理科學研究所碩士論文, 民國八十一年。
4. 林惠茹, "以財務比率分析財務特性之研究:台灣地區航運業為例", 交通大學管理科學研究所碩士論文, 民國八十一年。
5. 周聰佑, "航運公司經營績效多準則評估模式之研究", 海洋大學航運管理學系碩士論文, 民國八十四年。
6. 王榮祖、馮正民, "國內上市海運公司財務績效評估之研究", *交通運輸*, 第十九期, 頁 1-13, 民國八十九年。
7. 陳敦基、蕭智文, "公路客運業整體經營績效 DEA 評估模式建立之研究", *運輸計劃季刊*, 第二十三卷, 第一期, 頁 11-39, 民國八十三年。
8. Chang, K.P. and P.H. Kao, "The Relative Efficiency of Public Versus Private Municipal Bus Firm: An Application of Data Envelopment Analysis," *The Journal of Productivity Analysis*, Vol.3, pp. 67-84, 1992.
9. Chu, X. and G.J. Fielding, "Measuring Transit Performance Using Data Envelopment Analysis," *Transportation Research-A*, Vol.26A, No.3, pp. 223-230, 1992.
10. 張有恆、蔡欽同, "模糊理論應用於公車系統營運服務績效評估之研究", *運輸計劃季刊*, 第二十二卷, 第一期, 頁 79-104, 民國八十二年。
11. 游明敏、張學孔, "國內民航客運業服務水準之評估研究", *民航季刊*, 第一卷, 第三期, 頁 303-329, 民國八十八年。
12. 曾國雄、王榮祖, "公車系統績效評估之研究-AHP 法與 FMADM 之應用", *中山管理評論*, 第二卷, 第二期, 頁 1-17, 民國八十三年。
13. 周文生、曾群明, "品牌計程車服務品質評鑑指標擷取之研究", *運輸計劃季刊*, 第二十九卷, 第一期, 頁 33-52, 民國八十九年。
14. 曾國雄、胡宜珍, "公車系統營運與服務績效指標擷取之研究:灰色關聯分析之應用", *模糊系統學刊*, 第二卷, 第二期, 頁 73-82, 民國八十五年。
15. Feng, C. M. and Wang, R.T., "Performance Evaluation for Airlines Including the Consideration of Financial Ratios," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 6, pp.133-142, 2000.
16. 林文晟, "我國航運類上市公司經營績效評估模式建立之研究", 海洋大學航運管理所碩士論文, 民國九十一年。
17. 林光、李選士、王昱傑, "以財務比率評估海運業財務營運績效之研究", *航運季刊*, 第十二卷, 第一期, 頁43-59, 民國九十二年。
18. FARSund, Finn R., "A Comparison of Parametric and Non-Parametric Efficiency Measures: The Case of Norwegian Ferries," *The Journal of Productivity Analysis*, Vol. 3, pp. 25-43, 1992.
19. 陳澄隆, "國內定期航運公司營運績效之研究-應用資料包絡分析法", 交

- 通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十九年。
20. 黃承傳、鍾政棋，“資料包絡分析法應用於散裝航運公司營運績效之評估”，**運輸學刊**，第十六卷，第二期，頁 145-182，民國九十三年。
 21. 朱明輝，“陽明海運技術效率與生產力之評估”，**台灣經濟論衡**，第一卷，第六期，頁1-25，民國九十二年。
 22. 游智超，“應用資料包絡分析法評估國籍貨櫃航商整體營運效率之研究”，高雄第一科技大學運輸倉儲營運所，碩士論文，民國九十二年。
 23. 鄧聚龍，“灰色控制系統”，華中理工大學出版社，民國七十七年。
 24. 張有恆、陳俊魁，“鐵路立體化評估準則與方案選擇之研究－灰色關聯分析法之應用”，**運輸計劃季刊**，第二十六卷，第二期，頁 353-378，民國八十六年。
 25. 王榮祖，“運輸產業營運績效評估架構之建立及其應用之研究-以公路客運業與國內線航空運輸業為例”，交通運輸研究所博士論文，民國八十九年。
 26. 陳啓斌，“簡易銀行授信避險決策分析”，**管理與系統**，第六卷，第二期，頁 241-254，民國八十八年。
 27. 林永吉，“金融控股公司經營績效關聯因素之研究－以灰關聯分析應用”，朝陽科技大學企業管理系碩士論文，民國九十一年。
 28. 陳錦芬，“台灣地區銀行業經營績效評估-熵權重方法與灰色關聯度分析法之應用”，銘傳大學財務金融學系碩士論文，民國九十一年。
 29. 陳訓燦，“應用灰色關聯分析探討影響銀行顧客滿意度因素之研究－以中國國際商業銀行高雄地區分行為例”，高雄第一科技大學財務管理所碩士論文，民國九十一年。
 30. 唐漢洋，“資料包絡分析法與灰關聯分析之比較－以台灣地區銀行為例”，南台科技大學企業管理系碩士論文，民國九十一年。
 31. 吳怡嬋，“國內產險公司經營績效評估模式之建立-灰關聯分析法之應用”，朝陽科技大學保險金融管理系碩士論文，民國九十一年。
 32. 莊豐光，“台灣生物科技類型公司績效指標擷取與排名預測之研究－灰色系統理論之應用”，國防管理學院國防財務資源研究所碩士論文，民國九十一年。
 33. 李易叡，“灰色系統演算法－視窗教材研究”，彰化師範大學商業教育學系碩士論文，民國九十一年。
 34. 高子婷，“運用灰色關聯分析建構之個人化課程網頁瀏覽”，台灣科技大學電子工程系碩士論文，民國九十一年。
 35. 陳健彬，“國民小學各學科評量與多元能力的灰關聯分析及數學學業的預測”，台北師範學院數理教育研究所碩士論文，民國九十一年。
 36. 洪維宗，“灰色關聯分析於整合田口方法多重品質特性最佳化－在食品工業製程實證”，東海大學食品科學系碩士論文，民國九十一年。
 37. 張士行，“田口實驗設計與灰色關聯分析法應用於製程最佳化設計之研究”，中央大學機械工程研究所博士論文，民國八十七年。
 38. 何明雄，“PC/ABS 合膠材料機械性質之研究”，中央大學機械工程研究所博士論文，民國八十八年。
 39. 胡源泉，“灰關聯分析與灰預測理論應用在鉛酸電池快速充電系統之研究”，彰化師範大學工業教育學系碩士論文，民國八十九年。
 40. 黃臣鴻，“PC/ABS 合膠機械性質之射出成型條件最佳化”，國立中央大學機

械工程研究所博士論文，民國九十一年。

41. 張翊丹，“半導體產業選擇通路商之研究—灰層級分析法之應用”，大葉大學工業關係研究所碩士論文，民國九十年。
42. 蘇德利，“應用灰色關聯度於線上動態胚布瑕疵檢測系統之研製”，台灣科技大學纖維及高分子工程系碩士論文，民國九十年。
43. 熊傳明，“軟體產業程序績效評估模式之研究”，台北科技大學商業自動化與管理研究所碩士論文，民國九十一年。
44. 王國璋，“建築房地產景氣趨勢預測模式建立之研究”，台灣科技大學營建工程系碩士論文，民國八十八年。
45. 邱超群，“台北市國際觀光旅館餐飲業從業人員服務品質之研究”，台北科技大學生產系統工程與管理研究所碩士論文，民國八十八年。
46. 張家瑞，“建立台灣地區瀝青路面網級養護管理系統—以公路局中壢工務段為例”，中央大學土木工程研究所博士論文，民國八十九年。
47. 廖金環，“結合灰色關聯與資料包絡法分析台灣各縣市資源回收績效之研究”，國防管理學院後勤管理研究所碩士論文，民國九十一年。
48. 張瑞玲，“應用灰關聯分析於稅捐稽徵機關績效評估之研究”，高雄第一科技大學財務管理所碩士論文，民國九十一年。
49. Fielding, G.J. and M.E. Brenner and K. Faust, “Typology for Bus Transit,” *Transportation Research-A*, Vol.19A, No. 3, pp. 269-278, 1985.