

考慮永續性之汽車貨櫃運輸供應商評選及 託運任務分配

SUPPLIER SELECTION AND CONSIGNMENT ALLOCATION FOR CONTAINER DRAYAGE WITH CONSIDERATION OF SUSTAINABILITY

陳穆臻 Mu-Chen Chen¹

呂佳築 Chia-Chu Lu²

彭聖翔 Shin-Siong Pang³

(111 年 10 月 19 日收件，112 年 1 月 30 日第一次修正，112 年 2 月 13 日接受)

摘 要

貨櫃拖車在貨櫃航運中扮演著重要的角色，並為貨櫃複合式運輸中不可缺少之服務。隨著貨櫃運輸需求成長，為了維持競爭力，貨櫃航商必須滿足日益增加之貨櫃內陸託運需求。同時，面對日益提高的永續意識壓力，貨櫃航商除了有效降低營運成本外，亦必須思考善盡企業社會責任。對於貨櫃航商而言，如何挑選適合的汽車貨櫃運輸供應商(於本研究即為貨櫃拖車公司)，並且如何進行供應商之貨櫃內陸運輸託運任務分配，已成為貨櫃航商的重要管理活動。故本研究第一階段探討汽車貨櫃運輸供應商之評選準則重要性權重，並且據此評選供應商。本研究第一階段應用層級分析法(analytic hierarchy process, AHP)建構汽車貨櫃運輸供應商之評選層級架構。本研究第二階段建立合適本研究之成本效益分析(cost-benefit analysis, CBA)模型，以針對遴選出之供應商評估其內陸貨櫃託運任務分配之方案。

-
1. 國立陽明交通大學運輸與物流管理學系教授(聯絡地址:100003 臺北市忠孝西路1段118號4樓，電話：02-23494967，E-mail：ittchen@nycu.edu.tw)。
 2. 國立陽明交通大學管理學院運輸物流學程碩士。
 3. 國立中山大學企業管理學系助理教授。

考慮可能發生的成本與可產生的效益，針對託運任務分配進行經濟、環境與社會層面的評估，以增加個案公司競爭優勢。透過案例分析，本研究分析結果顯示：(1) 有關汽車貨櫃運輸供應商評選，排序最高的準則為「服務表現」，「供應能力」次之，「永續管理」排序第三；(2) 排序最高的次準則為「互惠調度能力」；(3) 層級分析法能夠有效的評選汽車貨櫃運輸供應商，並且成本效益分析模式能夠有效的評估託運任務分配方案。

關鍵詞： 貨櫃拖車、供應商評選、託運任務分配、永續性、層級分析法、成本效益分析

ABSTRACT

Container drayage plays an important role in container shipping, and it functions as an indispensable service for intermodal transportation with containers. With the growth of container transportation, for maintaining competitiveness, container carriers need to meet the increasing demand of inland container transportation. Meanwhile, in the face of the rising pressure of sustainability awareness, in addition to effectively reducing operating costs, container carriers also need to take corporate social responsibility into consideration. For container carriers, how to effectively select suitable suppliers of container drayage (container trailer companies herein) and allocate the consignments to suppliers have become essential management activities. Therefore, in this paper, the first stage is to investigate the importance weights of selection criteria, and selects container drayage service suppliers accordingly. By using the analytic hierarchy process (AHP) in the first stage, this paper constructs a hierarchy for selecting container drayage service suppliers. Next, the second stage builds a cost-benefit analysis (CBA) model suitable for this study to investigate the alternatives of consignment allocation for selected suppliers. Taking the possible costs and benefits into consideration, the consignment allocation alternatives are evaluated with the economic, environmental and social perspectives for enhancing the case company's competitive advantage. Through the analysis of a case, the results of this study indicate that: (1) for the selection of container drayage service suppliers, the highest ranking criterion is "service performance", and the criterion of "sustainability management" ranked third; (2) the highest ranking subcriterion is "reciprocal dispatching ability"; (3) AHP can effectively select container drayage service suppliers, and CBA can effectively evaluate consignment allocation alternatives.

Key Words : *Container Drayage; Supplier Selection; Consignment Allocation; Sustainability; Analytic Hierarchy Process; Cost-Benefit Analysis*

一、緒論

自 1950 年代以來，海洋貨櫃運輸在全球貿易中一直發揮著重要作用 (Xue 等人^[1])。海洋運輸為全球貿易之衍生需求，當全球經濟成長加速，帶來的貿易需求帶動海運運輸需求 (交通部運輸研究所^[2])。依據聯合國貿易及發展委員會 (UNCTAD) 統計，自 1990 年以來，貨櫃貨載重量成長達 7.8 倍，海洋運輸持續蓬勃發展 (交通部運輸研究所^[3])。整合多種運輸方式的貨櫃複合式運輸 (container intermodal transportation) 的出現提供更便宜、更快捷、更安全的全球貨物運輸。憑藉這些優點，貨櫃複合式運輸在過去幾十年中經歷了急劇增長，預計這一趨勢將持續下去。

有關貨櫃複合運輸過程包括三個主要部分：從發貨人到碼頭的前端運輸 (pre-haulage)、碼頭到碼頭之間的主要運輸 (main-haulage) 和從碼頭到收貨人的末端運輸 (end-haulage)。貨櫃內陸運輸是指貨櫃在客戶所在地、貨櫃碼頭和貨櫃堆場之間的移動情況，其通常涉及兩種主要的運輸方式：拖車和火車 (Song 等人^[4])。而拖車運輸 (trailer transportation; container drayage) 是不可缺少的方式，因其他運輸方式皆無法提供戶到戶服務 (Wong 等人^[5])。貨櫃拖車服務作為貨櫃複合式運輸戶到戶 (door-to-door) 第一/最後一哩路問題的有效解決方案，貨櫃拖車服務透過卡車和拖車在托運人/客戶所在地和港口碼頭之間運輸貨櫃。更具體而言，帶有拖車的卡車將入境貨櫃從港口碼頭運送到貨櫃客戶的所在地，和/或從客戶提取出境貨櫃並將其發送到港口碼頭 (Chen 等人^[6])。貨櫃拖車服務在全球貨物運輸供應鏈中佔有不可或缺的重要角色。

海運市場競爭結構持續調整與變化，造成每航次裝卸船貨櫃量大增。對於航商而言，若配合之貨櫃拖車車隊無法負荷作業需求，可能造成裝運延誤和碼頭壅塞，從而導致整體生產力低下 (Song 等人^[4])。Song 等人^[4]亦提及貨櫃拖車主要行駛在城市之間，大量重型貨櫃車穿越市區會干擾正常通勤交通，造成交通壅塞及環境污染，例如，二氧化碳 (CO₂)、氮氧化物 (nitrogen oxides, NO_x) 和空氣中懸浮顆粒 (particulate matter, PM) 排放是不可忽視的問題。為了達到聯合國減少碳排的全球永續目標，社會、產業和政府關注運輸領域，永續貨物運輸的解決方案為其關鍵的發展 (Melander 與 Lind^[7])。物流活動具有多項正向的社會經濟影響，然而對於自然環境與社會也可能有多項負面的影響，應該最小化物流活動之負面的影響 (Abbasi 與 Nilsson^[8])。Elkington^[9]提出三重底線 (triple bottom line, TBL) 的架構以衡量永續性，其包含經濟、環境與社會三個面向 (Slaper 與 Hall^[10])。Mohammed 等人^[11]指出供應商評估準則已經從傳統的準則發展為永續準則，然而少有供應商評選的研究考慮經濟、環境與社會層面。如果供應商有一定的產能或其他的限制條件，供應商評選問題包含決定最佳的供應商與供應商的訂單分配 (Demirtas 與 Üstün^[12])。Gören^[13]亦指出經濟、環境與社會三類的準則可以做為永續供應商評選及訂單分配問題 (sustainable supplier selection and order allocation problem) 的評估準則。Clintworth 等人^[14]在船舶採購投資評估程序同時考慮財務及非財務準則，並且發展整合成本效益分析 (cost-benefit analysis, CBA) 與模糊層級分析法 (fuzzy analytic hierarchy process, fuzzy

AHP) 進行決策分析。基於上述，考慮永續因素以評選汽車貨櫃運輸供應商，以及進一步探討供應商之託運任務分配為重要的研究議題。

儘管與海洋運輸相比，內陸運輸距離較短，但據研究顯示，內陸託運業務占貨櫃每 TEU (20 呎當衡量單位) 的運輸成本約 25%-40% (Song 等人^[4]；Macharis 與 Bontekoning^[15]；Notteboom 與 Rodrigue^[16])。現今的貨櫃航運產業已從過去單純運送貨物的衍生性需求，發展結合成多樣性服務的整合性需求。不同運輸方式的組合可以實現成本和時間的最佳平衡，從而增加供應鏈的運輸彈性 (Giusti 等人^[17])。面對日益提高的永續意識壓力，貨櫃航商除了有效降低營運成本外，亦必須思考善盡企業社會責任。貨櫃拖車作為貨櫃複合式運輸中不可缺少之服務，為了維持競爭力，配合日益增加之貨櫃內陸託運需求，應從配合之貨櫃拖車供應商進行控管。對於貨櫃航商而言，挑選出合適且配合度高的供應商是一大課題。故本研究第一階段應用層級分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 建構汽車貨櫃運輸供應商之評選層級架構及探討汽車貨櫃運輸供應商之評選準則重要性，並且據此評選最佳供應商。在進行供應商評選之後，本研究第二階段應用成本效益分析 (CBA) 評估各供應商之託運任務分配，以期望維持貨櫃航商的競爭優勢，提高其獲利效益。永續發展的方法於產品供應鏈非常普遍，於運輸供應鏈卻有限 (Forslund 等人^[18])。本研究探討貨櫃航商之汽車貨櫃運輸供應商評選與託運任務分配，供應商評選亦將環境永續性相關的評選準則與次準則納入考量，於託運任務分配時，不僅考量成本因素，並且將環境效益與社會效益納入考量。並且，本研究以某貨櫃航運公司為個案，探討其汽車貨櫃運輸供應商之評選與託運任務分配。

二、文獻回顧

2.1 貨櫃運輸

貨櫃運輸之服務品質和成本效益提高促進了貨物流動，使得全球商品貿易進一步增長 (Yeo^[19])。貨櫃航運業第二次根本性變革時期，以超大型貨櫃船的興起、兼併收購、航運戰略聯盟的建立，以及日益明確的航運聯盟為特徵 (Ng^[20])。各航商面對競爭激烈的定期航運市場，紛紛籌組航運聯盟或採用協議合作之營運方式，目的除了增加作業據點、擴大貨源、增加調派船舶航班之靈活度外，更希望能增加設備利用率、周轉率，以降低成本、提昇服務品質與強化競爭力(蔡蕙安等人^[21])。

Lam^[22] 將海運供應鏈 (maritime supply chain) 定義為：「與航運服務相關的一系列活動，涉及從起點到終點的貨櫃貨物規劃、協調和控制」。Song^[23] 指出貨櫃航運供應鏈由幾個利益相關者組成，例如，託運人、貨運代理、航運公司、港口及碼頭運營商、內陸承運人、複合式碼頭及堆場營運商。根據貨櫃航運供應鏈之利益相關者的主要業務，貨櫃航運供應鏈可分為五個環節：裝運安排、貨櫃管理、海洋運輸、港口和碼頭管理及內陸運輸和倉庫管理 (MergeGlobal^[24]；Lee 與 Song^[25])。貨櫃物流專注於對貨櫃船隊的規劃和控

制，以滿足客戶要求，並且更好地利用貨櫃船隊。內陸運輸物流側重於規劃和控制內陸車隊（主要是拖車和火車）和設施（倉庫[depot]、鐵路[rail head]和複合式碼頭[intermodal terminal]），以便在內陸地區運輸、儲存和維護貨櫃（Song^[23]）。

貨櫃運輸在全球物流中占有重要地位，尤其在複合貨運物流中。其涉及兩個主要過程：跨洲段的班輪貨櫃運輸及使用鐵路或貨櫃拖車的內陸貨櫃運輸（Wong 等人^[5]）。在所有運輸方式中，拖車運輸是不可少的方式，因其他運輸方式無法提供戶到戶（door-to-door）服務。在碼頭和託運人/收貨人之間透過拖車進行的短程貨櫃運輸通常稱為貨櫃託運作業（container drayage）（Macharis 與 Bontekoning^[15]；Xue 等人^[26]）。

汽車貨櫃貨運業定義為：「在核定區域內，以聯結車運送貨櫃貨物為營業者」（交通部運輸研究所^[27]）。根據 Escudero-Santana 等人^[28]的研究顯示，貨櫃拖車作業僅占總運輸距離的 5%到 10%，但其所產生的費用總合將占到總成本的 30%。因此，提高港口和客戶所在地之間的貨櫃運輸效率非常重要，評選適合的汽車貨櫃貨運業供應商影響貨櫃航運公司的經濟效益深遠。綜觀有關汽車貨櫃運輸業之相關文獻，大多數相關研究集中在貨櫃拖車的路徑最佳化及車輛調度上，目前並無關於汽車貨櫃貨運業供應商評選之文獻，故本研究認為該供應商之評選及託運任務分配的研究對航商而言有其必要性，並且本研究以探討南北貨櫃託運作業為主。

2.2 供應商評選

企業將企業流程委外（outsourcing）之目的為尋求降低成本、獲取供應商資源或專注於推動公司的核心業務（Lacity 等人^[29]；Lacity 等人^[30]）。委外中關鍵策略決策為選擇適合的供應商，以提供並滿足組織需求（Erber 與 Sayed-Ahmed^[31]）。而供應商評選已被確定為多準則決策問題（Lin 等人^[32]）。良好結構的供應鏈網路對於企業的成功至關重要，選擇適合且可靠的供應商成為大多數企業成功的許多必要因素之一（Modibbo 等人^[33]）。由此可見供應商評選對於企業績效的重要性，其為企業採購管理的重要一環。供應商評選是一個多準則決策（multi-criteria decision making）問題，其包括對定性和定量準則的評估，為了讓公司選擇最好的供應商，必須在這些準則之間做出折衷（Lopatin 等人^[34]）。

嚴謹評選的供應商可以對公司持續提高客戶滿意度的能力產生策略影響，因此有必要尋找新的且更好的方法以評估和選擇供應商（Taherdoost 與 Brard^[35]）。Taherdoost 與 Brard^[35]亦指出由於組織需求的多樣化，使用多個供應商提供更大的靈活性，並且能夠促進替代供應商之間的競爭。供應商遴選問題基本上分為兩種類型：單一供應來源（single sourcing）與多供應來源（multiple sourcing）。單一供應來源為一個供應商可以滿足買方所有的需求，其決策為選擇一個最佳的供應商；多供應來源為沒有供應商可以滿足買方所有的需求，因此需要將訂單分配予供應商（Demirtas 與 Üstün^[12]）。供應商評選與訂單分配在供應鏈管理中為重要的管理活動，供應鏈永續性更加受到重視亦使得供應商評選與訂單分配的決策成為供應鏈管理的主要挑戰（Mohammed 等人^[11]）。

早期主要使用定量準則評選供應商，但在 1990 年代之後，定性準則也開始受到重視。隨著採購流程的發展和全球採購的興起，「文化」、「溝通障礙」、「關係」、「地理位置」、「外匯匯率」、「關稅」、「貿易限制」、「品質管理體系」及「環境因素」等評估準則在文獻中被高度引用 (Cusumano 與 Takeishi^[36] ; Min^[37] ; Choi 與 Hartley^[38] ; Smith^[39] ; Braglia 與 Petroni^[40] ; Narasimhan 等人^[41] ; Zsidisin 與 Siferd^[42])。此外，隨著資訊科技在採購中的應用，致使「電子交易能力」、「品質管理系統」及「電子資料交換能力」等供應商評估準則亦越來越重要 (Bottani 與 Rizzi^[43] ; Talluri 與 Narasimhan^[44] ; Chen 與 Huang^[45])。Ho 等人^[46] 的文獻回顧指出最常被使用的供應商評選準則為品質，其次為配送、價格/成本、製造能力、服務、管理、科技、研發、財務、彈性、聲譽、關係、風險及安全與環境。Taherdoost 與 Brard^[35] 統計自 2013 年後，約有 26 個通用準則在不同產業的採購環境中被使用，其如表 1 所示，這些評估準則已根據案例特定要求，在不同研究中被選擇用以評估供應商。

表 1 自 2013 年後常用之供應商評選準則

準則	準則	準則	準則
品質	成本	維修服務	服務
交期	信任義務	服務態度	流程改善能力
歷史績效	交流溝通	風險控管	產品發展能力
保證及索賠政策	資料系統	商業計畫	企業社會責任
生產能力	供應商聲譽	勞資關係	專業度
價格	供應商地位	地理位置	
技術能力	組織管理	可靠性	

資料來源：Taherdoost 與 Brard^[35]

因為環境因素正在迅速成為企業和管理階層需要考慮的重要課題，良好環境實踐的法規和來自公眾的壓力越來越大，而這些壓力中有許多是針對通常被認為是主要污染源的企業 (Humphreys 等人^[47])。Humphreys 等人^[47] 亦指出透過緊密的將企業的環境政策連結至採購活動為管理企業之環境政策的有效方法，因此認為環境永續因素也應該納入供應商評選的準則。Lieb 與 Lieb^[48] 於 2008 與 2009 針對 40 家大型第三方物流 (3PL) 公司調查其永續目標的實踐。Lieb 與 Lieb^[48] 的調查結果顯示大部份參與調查的 3PL 皆承諾改善環境永續性，同時發啟廣泛的相關計畫，而這些計畫在許多情況下顯著的減少公司的成本。Igarashi 等人^[49] 指出綠色 (green) 概念為永續性的一部分，因為永續性包含經濟、環境與社會準則，然而綠色僅包含環境準則，同時，Igarashi 等人^[49] 回顧綠色供應商評選的文獻，以及提出一個綠色供應商評選的概念模式。Govindan 等人^[50] 以經濟、環境與社會面向的

準則評選供應商，其應用模糊數決定準則的權重，以及應用模糊理想解相似度順序偏好法 (fuzzy technique for order preference by similarity to ideal solution, fuzzy TOPSIS) 將供應商排序。Awasthi 等人^[51] 應用整合的模糊 AHP-VIKOR 方法評選永續全球供應商，其探討多層 (multi-tier) 供應鏈架構，將更下游供應商的永續風險納入考慮。Awasthi 等人^[51] 考慮五項永續準則：經濟、品質、環境、社會與全球風險，其研究結果顯示全球風險在供應商評選時未被重視，因為此準則的重要性最低，而經濟準則的重要性最高。Cui 等人^[52] 指出買方的第一級供應商及其他層級的供應商皆會影響買方的永續績效，因此發展一個混和的模式以分析多層供應鏈之永續供應商評選的重要準則，其模式整合模糊集合理論、逐步權重評估比率分析 (stepwise weight assessment ratio analysis) 與貝氏網路 (Bayesian network) 所考慮的準則包含經濟、環境與社會面向。

在供應商評選與訂單分配問題的相關研究，Aissaoui 等人^[53] 回顧供應商評選與訂單批量建模的文獻，聚焦在決定最佳的供應商組合與訂單分配，以及聚焦在研究方法應用作業研究與計算模式的文獻。Acar Alagoz 等人^[54] 應用整合 SWOT、AHP 與宏大策略矩陣 (grand strategy matrix) 的數量化 SWOT 評選潛在的供應商，以及應用多目標整數線性規劃分配訂單予潛在與既有的供應商。並且，Acar Alagoz 等人^[54] 應用指數加權移動平均 (exponentially weighted moving average, EWMA) 為基礎的方法評估與監控供應商的績效。Ahmad 等人^[55] 探討兩層接單式供應鏈 (two-echelon make-to-order supply chain) 的供應商評選與訂單分配問題，其建立混合整數非線性規劃模式以求解，並且整合田口公差設計 (Taguchi Method of Tolerance Design) 方法至模式。近年來，機器學習 (machine learning) 方法於許多領域被廣泛的應用，其亦被應用於供應商評選與訂單分配問題。Islam 等人^[56] 發展一個兩階段方法分析供應商評選與訂單分配問題，第一階段應用關聯迴歸鏈 (Relational Regressor Chain) 方法預測需求；第二階段建構多目標規劃模式選擇適合的供應商及分配訂單。再者，Islam 等人^[57] 發展一個三階段架構以分析供應商評選與訂單分配問題，第一階段應用深度學習 (deep learning) 方法以預測產品需求；第二階段發展一個以 SWOT 為基礎的模糊供應商評估模式，以此模式評估供應商；第三階段應用多目標規劃選擇最佳的供應商與分配訂單。

在綠色供應商評選與訂單分配問題的相關研究，Kannan 等人^[58] 指出組織的環境績效受其供應商的環境績效影響，並且選擇綠色供應商為在全球市場更具競爭力的策略決策，Kannan 等人^[58] 應用模糊 AHP 與模糊 TOPSIS 以經濟與環境準則 (成本、品質、配送、科技能力與環境能力) 評估與選擇最佳綠色供應商，以及應用多目標規劃分配供應商的最佳訂單數量。Govindan 與 Sivakumar^[59] 發展一個模式以評選最佳的綠色供應商 (green supplier) 及分配訂單，所發展的模式包含一個兩階段混和方法。此方法的第一個階段應用模糊 TOPSIS 以評選供應商，其考慮經濟 (成本)、作業因素 (品質與配送) 及環境準則 (回收能力與溫室氣體 [GHG] 排放)；第二個階段應用多目標線性規劃分配訂單予供應商。Hamdan 與 Cheaitou^[60] 應用模糊 TOPSIS、AHP、多期雙目標整數規劃與多期多目標整數規劃探討多期綠色供應商評選與訂單分配問題。

在永續供應商評選與訂單分配問題的相關研究，Gören^[13] 針對永續供應商評選及訂單分配問題提出一個決策架構，其包含三個階段，第一個階段應用模糊決策實驗室分析法 (fuzzy decision making trial and evaluation laboratory, fuzzy DEMATEL) 計算永續準則的權重，其準則包含經濟、環境與社會三個面向；第二個階段以田口損失函數 (Taguchi loss function) 評估及排序供應商；第三個階段建構雙目標數學模式以決定每一個供應商的最佳訂單數量。Mohammed 等人^[11] 應用一個針對肉類供應鏈之整合的永續兩階段供應商評選與訂單分配方法，此整合方法考慮經濟 (傳統)、環境 (綠色) 與社會準則。Mohammed 等人^[11] 所應用的整合方法於第一個階段以模糊 AHP 決定永續準則的相對權重，以及應用模糊 TOPSIS 依據供應商的永續績效評比供應商；第二個階段建構模糊多目標規劃模式以決定最佳的訂單數量分配，以及應用 TOPSIS 決定 Pareto 解集合之最終的解。Mohammed 等人^[61] 亦探討永續供應商評選與訂單分配問題，其考慮經濟 (傳統)、環境 (綠色) 與社會準則，第一個階段應用整合模糊 AHP-模糊 TOPSIS 評估與排序供應商；第二個階段應用模糊多目標最佳化選擇供應商與分配訂單予供應商，以及應用 TOPSIS 以決定最終的 Pareto 解。Hosseini 等人^[62] 應用一個混和的最佳最差方法-證據推論 (best worst method-evidential reasoning, BWME-ER) 方法於第一階段以評估與排序供應商，而在第二階段應用雙目標混合整數線性規劃選擇供應商及分配訂單予供應商，其權衡永續性與經濟成本。Hosseini 等人^[62] 探討在不確定性情況下的供應商評選與訂單分配問題，其針對多產品與多期的情況，並且每一個供應商有其定價政策。

2.3 層級分析法

在決策過程的眾多方法中，層級分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 是最常用且已知效果最好 (Ho 與 Ma^[63] ; Saaty^[64])。AHP 是一種應用於多準則決策 (multi-criteria decision-making, MCDM) 技術，其為利用數字尺度 (numerical scale)，以系統化及結構化決策過程進行成對比較的技術 (Saaty^[65])。AHP 是一種決策方法，應用於必須考慮多個準則時對備選方案進行優先級排序，並允許決策者以階層結構或一組整合級別的形式建構複雜問題 (Saaty^{[66][67]})。AHP 方法為複雜問題提供有效決策的架構，有助於簡化和加速決策的過程 (Hruška 等人^[68])。AHP 自發展以來，被廣泛應用於社會、經濟、管理科學等相關領域，許多研究還將 AHP 與其他方法相互結合，為企業評選合格的供應商 (Chai 等人^[69])。Chai 等人^[69] 回顧 2008 年至 2012 年間所發表的 123 篇探討供應商評選之期刊文章，發現 AHP 為最常被使用的決策方法。

由於永續發展議題越來越受到關注，AHP 已被廣泛用於相關研究，例如，再生能源 (Ahmad 與 Tahar^[70])、能源供應和電廠評估 (Chatzimouratidis 與 Pilavachi^[71] ; Ren 與 Dong^[72])、環境影響評估 (Ramanathan^[73])、區域及森林規劃 (Ananda 與 Herath^[74])、永續製造業 (Gupta 等人^[75] ; Kolotzek 等人^[76])、供應鏈企業績效 (Mathivathanan 等人^[77])、廢物和水回收 (Piadeh 等人^[78])、永續生產和消費 (Mangla 等人^[79]) 等領域。

2.4 成本效益分析

成本效益分析 (Cost-Benefit Analysis, CBA) 之基本定義為 (江瑞祥^[80])：「以社會觀點，透過經濟分析方法，預估計畫之經濟成本與效益，以確定計畫妥適性及提高公部門資源使用效率，並使有限資源達到最適配置。」，CBA 的優點為提供的結果與市場機制兼容，使決策者更容易理解 (Gils 等人^[81]；Mishan 與 Quah^[82])。de Rus 等人^[83] 定義 CBA 為：「以貨幣形式量化因為導入一個計畫相對於沒有導入該計畫所導致的福利增量變化，最終目的為評估社會是否因為此干預而變得更好。」

成本效益分析涉及與計畫或政策相關的總成本和效益的比較，即反映在市場價格中的成本和效益 (私人成本或效益) 與不直接影響市場機制 (外部成本或效益) 情況下之外部經濟和自然環境的成本和效益 (Diakoulaki 與 Karangelis^[84])。CBA 為運輸計畫評估中應用最廣泛的方法 (Koopmans 與 Mouter^[85])。CBA 方法包含三個階段：(1) 定義成本、效益之項目及內容，推估其發生的數量 (稱量化分析)；(2) 依據各成本、效益項目之經濟市場價格，予以貨幣化 (稱貨幣化分析)；(3) 依據各項目所立基之假設及推估之參數，進行初步成本、效益之截至目標年的各未來年預測，經過折現後，以適切的評估準則評估計畫可行性，或是在各可行方案間評比，以做為政策審議關鍵變數之掌握及計畫推動之控管 (江瑞祥^[80])。

CBA 亦被應用於運輸領域，例如，Lavee 與 Parsha^[86] 應用成本效益分析以決定促進以色列的插電式電動車 (Plug-in Vehicles, PEVs) 市場之最有效的政策工具。運輸計畫的經濟評估一般考慮時間節省、作業成本降低、事故避免、品質改善與計畫成本 (de Rus 等人^[83])，de Rus 等人^[83] 應用 CBA 評估運輸計畫。Guerrieri^[87] 應用 CBA 驗證運輸計畫公共投資的融資，其考慮 30 年的計畫期間，Guerrieri^[87] 應用 CBA 比較創新的運輸系統。Jayasena 等人^[88] 考慮永續性於 CBA，但是，Jayasena 等人^[88] 稱其為社會成本效益分析 (social cost-benefit analysis, SCBA)，其以社會、環境與經濟層面分析計畫或產品，SCBA 分析每一個層面的正面與負面影響，並且量化這些影響的貨幣價值。Jayasena 等人^[88] 應用 SCBA 分析被動式節能屋 (passive house)，其考慮貨幣的時間價值以評估淨值、成本效益比例與內部報酬率。

三、研究方法

本研究的第一階段探討貨櫃航運業者評選適合的汽車貨櫃運輸供應商夥伴，此決策問題因考量因素複雜，涉及層面廣泛，決策者需要考量多個評估準則。本研究採用 Saaty 所發展的 AHP (Saaty^[66]) 進行汽車貨櫃運輸供應商評選，並且本研究所使用的 AHP 方法基本上依據 Secundo 等人^[89] 及 Darko 等人^[90] 所整理的步驟進行。依據相關文獻及專家的意見，歸納出適切本研究的準則(criterion)及次準則(subcriterion)，並進一步建立層級分析的架構。本研究在遴選出適合之供應商後，第二階段利用 CBA 方法，對遴選出之供應商

進行託運任務分配方案的分析。針對目標，提出若干實現該目標的方案，可以用於不同方案的決策，在成效分析中應用於評估投入到產出的效率，進而選擇出最佳之決策方案(黃勢璋^[91])。以維持原方案作為方案比較基礎，探討在依據各汽車貨櫃運輸供應商之地緣關係及託運強項進行託運任務分配的替選方案是否符合效益，以增加個案公司的競爭優勢。

3.1 第一階段：層級分析

3.1.1 層級架構

本研究依據供應商評選相關文獻之回顧，以及結合實務界專家的意見歸納出適合貨櫃航運業者在評選汽車貨櫃運輸供應商之層級架構，第一層目標為：評選汽車貨櫃運輸供應商，第二層為準則，依據 Taherdoost 與 Brard^[35] 及 Ho 等人^[46] 透過文獻回顧所統整出的供應商評選常被使用之準則，並且因應產業別的特性有所不同，同時參考 Lopatin 等人^[34] 與 Hsu 等人^[92] 有關海事產業供應商之評選文獻，以及參考 Aguezzoul^[93] 對於物流業供應商之評選文獻，將「報價條件」、「供應能力」、「服務表現」與「形象聲譽」納入評選準則。Ho 等人^[46] 整理之最常被使用的供應商評選準則包含的環境準則及 Taherdoost 與 Brard^[35] 整理之供應商評選通用準則包含的企業社會責任，其皆與永續性相關。Lieb 與 Lieb^[48] 認為長期而言，3PL 在管理上更加關注永續議題。貨櫃內陸運輸為透過公路運送，而公路貨物運輸文獻日益重視環境面向以減少物流的碳排(Meyer^[94])。同時由於個案公司相當注重企業永續發展及對社會有所貢獻之能力，故將「永續管理」加入層級架構作為準則之一。本研究中供應商評選的「永續管理」準則為考慮環境永續性。第三層為次準則，其依據第二層之準則而細分出達成上層準則之評估指標。依據文獻彙整及蒐集個案公司業界經歷達 15 年以上，其業務與「具備汽車貨櫃運輸供應商管理經驗」，及「汽車貨櫃運輸供應商託運分配經驗」相關之貨櫃航運業專家的意見，本研究匯整出 5 項準則及 17 項次準則。第四層為方案層，亦即候選的汽車貨櫃運輸供應商。本研究之汽車貨櫃運輸供應商評選的層級架構如圖 1 所示。

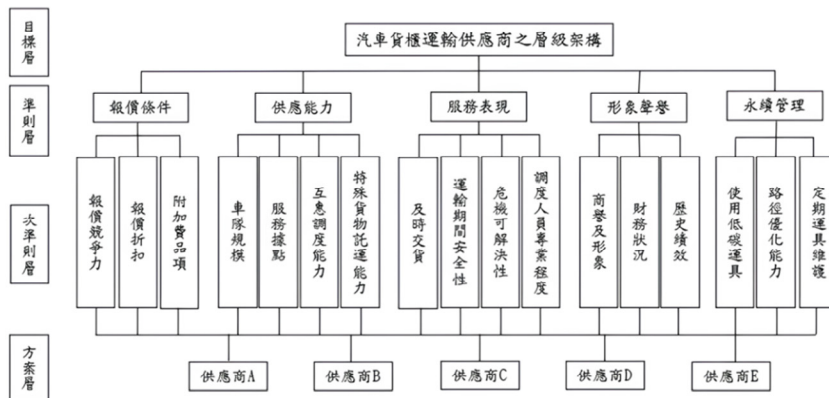


圖 1 汽車貨櫃運輸供應商評選之層級架構

3.1.2 評估準則及定義

本研究採用的汽車貨櫃運輸供應商評選準則及其定義如表 2 所示。

表 2 汽車貨櫃運輸供應商評選準則及其定義

準則	定義	文獻
A.報價條件	供應商提供予航商之貨櫃單趟託運價格、託運總價、託運折扣、託運總折扣或額外附加費用。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92]
B. 供應能力	供應商之車隊規模、服務據點、與其他同業之互惠調度能力及對於特殊貨物(如:超規貨、冷凍/冷藏櫃)之託運能力。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92] 、Aguezzoul ^[93]
C. 服務表現	供應商是否滿足指定交貨計劃、其交貨之準確性，及運輸途中危機之可解決性，在危急情況下供應商所屬調度人員的專業性。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92] 、Aguezzoul ^[93] 、陳國明 ^[95] 、蘇筱婷 ^[96]
D. 形象聲譽	供應商的聲譽、形象、財務情況及過去供應績效。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92]
E. 永續管理	供應商是否使用低碳運具、其路徑規劃能力及是否有運具定期維護計畫。	Lieb 與 Lieb ^[48] 、張純菁 ^[97]

各準則的衡量指標 (亦即次準則) 及其定義分別如表 3、表 4、表 5、表 6 與表 7 所示。

表 3 「報價條件」之次準則及定義

次準則	定義	文獻
(A1) 報價競爭力	依據不同地區之託運服務，單一旅次貨櫃託運價格及定價條款。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92]
(A2) 報價折扣	因託運趟數增加而有不同之折扣，或為付款的時間點、付款的比例及付款的方式等，而有不同之折扣。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92]
(A3) 附加費品項	對於油價上漲時，燃油附加費之計算及夜間服務加成；特殊貨物如危險品、冷凍櫃、超規櫃託運之附加費計算，戶對戶運送時需加收之附加費等計費之方式。	本研究發展

表 4 「供應能力」之次準則及定義

次準則	定義	文獻
(B1) 車隊規模	供應商使用現有車隊量可服務的運能及可提供服務的多樣性。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92] 、Aguezzoul ^[93]
(B2) 服務據點	指供應商其服務廣度，在全臺各地主要協助運送貨櫃至指定地點之服務辦公室或場地數。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92] 、Aguezzoul ^[93]
(B3) 互惠調度能力	指供應商在緊急情況下如運力匱乏、發生特殊事故時，與其他汽車貨櫃運輸之相互支援能力。	Hsu 等人 ^[92]
(B4) 特殊貨物託運能力	供應商於託運特殊貨物時，其專業託運器具如：超規貨超低板架、冷凍冷藏櫃發電機之可提供性，以及是否具合格之危險品運送證書，且其危險品運送證書之等級。	本研究發展

表 5 「服務表現」之次準則及定義

次準則	定義	文獻
(C1) 及時交貨	供應商滿足指定交貨計劃的能力，包括交貨時間、準時績效、交貨速度、中轉/交貨時間之準確性。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92] 、Aguezzoul ^[93]
(C2) 運輸期間安全性	供應商是否加強駕駛員加強勞工教育訓練，避免駕駛員長時間工作並於車上加裝駕駛輔助系統。	Hsu 等人 ^[92]
(C3) 危機可解決性	供應商是否於車上裝設行車紀錄器、執行車況檢查及擬定運送突發狀況應變計畫。	Hsu 等人 ^[92]
(C4) 調度人員專業程度	供應商之負責拖車調度人員之專業知識，是否與其他供應商配合得當，及其分配任務、配合調度能力。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92] 、蘇筱婷 ^[96]

表 6 「形象聲譽」之次準則及定義

次準則	定義	文獻
(D1) 商譽及形象	供應商的 brand 價值、良好的客戶關係、良好的員工關係、專業託運技術。	Hsu 等人 ^[92]
(D2) 財務狀況	供應商現在財務上的資金籌集與資金運用狀況。	Hsu 等人 ^[92]
(D3) 歷史績效	供應商於之前交貨計劃的能力，及有無發生肇事率、肇事率之比例。	Taherdoost 與 Brard ^[35] 、Hsu 等人 ^[92]

表 7 「永續管理」之次準則及定義

次準則	定義	文獻
(E1) 低碳運具使用	供應商車隊是否採用節能技術，如加速汰換舊車，改用新型環保標準車輛、購置新車時選擇適合的廠牌或車種，及對各種節能設備投資決策如：怠速熄火系統、液壓混合動力系統、節能輪胎等。	Lieb 與 Lieb ^[48] 、張純菁 ^[97]
(E2) 路徑優化能力	供應商是否選擇合適的運送路線，有無使用適當車型行駛託運路線。	張純菁 ^[97]
(E3) 定期運具維護	供應商有無定期維護運具，確保車輛的妥善率、堪用率及能源轉換效益。	蘇筱婷 ^[96]

3.1.3 供應商評選方案設計

本研究第一階段探討貨櫃航商對於汽車貨櫃貨運業供應商之評選標準及選擇，貨櫃託運作業範圍主要包含基隆、臺北、桃園、新竹、臺中、高雄等區間之貨櫃託運作業，以及往來四大國際商港（基隆港、臺北港、臺中港與高雄港）貨櫃集散站之貨櫃託運作業的轉運運輸服務。個案公司將貨櫃託運指派依距離劃分為：長途託運、中長途託運及短途託運，其區域範圍說明如表 8 所示。

為提高服務滿意度及考慮風險分散，個案公司擬增加合作之汽車貨櫃運輸供應商，故本研究將探討在保留原有之汽車貨櫃運輸汽車貨櫃運輸供應商之下，在候選之供應商中，

選擇符合個案公司需求之供應商。候選之汽車貨櫃運輸供應商共計五間，分別為供應商 A、供應商 B、供應商 C、供應商 D 及供應商 E，經與個案公司決策者討論，以及考量目前供應商託運計畫配置，本研究應用 AHP 方法遴選出排序前兩名之供應商做為欲增加的供應商。

表 8 託運分類與區域範圍

分類	區域範圍
長途託運	基隆/臺北/桃園/新竹-高雄
中長途託運	臺中-高雄、基隆/臺北/桃園/新竹-臺中、基隆/臺北/桃園-新竹、基隆/臺北-桃園、基隆-臺北
短途託運	單一縣市為範圍之託運作業

資料來源：參考個案公司資料及本研究整理。

3.1.4 問卷設計及發放對象

本研究以某貨櫃航運公司為研究個案，為了使得問卷收集的資料達適切性及正確性，以「具備汽車貨櫃運輸供應商管理經驗」及「汽車貨櫃運輸供應商託運分配經驗」之業務負責人作為問卷發放對象，其包含個案公司之業務單位、客服單位及運務單位的業務負責人。

為使問卷填答人員方便接受問卷調查，本研究參考 AHP 的成對比較衡量尺度 (Saaty^[66]) 將本研究所建構的準則及次準則轉換為成對比較問卷，此問卷的成對尺度值包含：1、3、5、7、9 衡量值，其分別表示「同等重要」、「稍重要」、「頗重要」、「極重要」、「絕對重要」，然而本研究的問卷未使用相鄰兩個衡量尺度的中間值 (2、4、6、8)。問卷依序將五項準則及 17 項次準則 (如圖 2 所示) 依層級逐一成對比較，並請專家依偏好程度勾選填答。

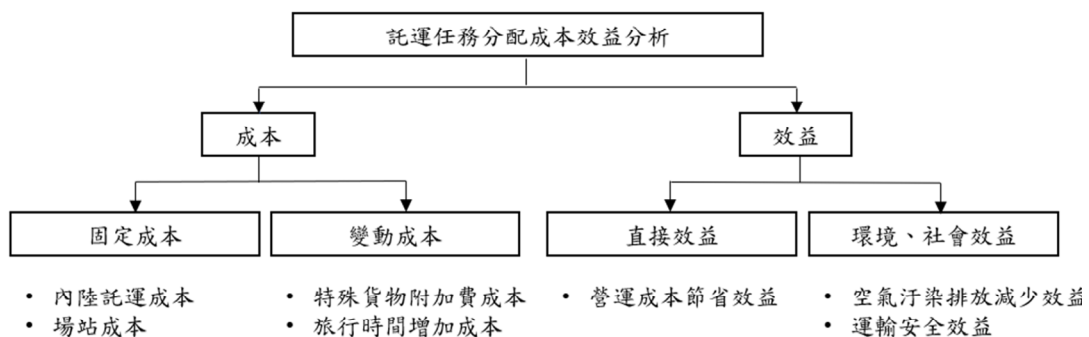


圖 2 託運任務分配成本效益分析架構

本次問卷專家遴選原則為在個案公司「具備汽車貨櫃運輸供應商管理經驗」，及「汽車貨櫃運輸供應商託運分配經驗」之業務負責人，且其於業界相關經歷達 15 年以上，共發出 16 份問卷，採匿名方式回收問卷，且回收 16 份問卷。本研究採用套裝軟體 Super Decisions (www.superdecisions.com/) 進行有效問卷篩選，依據軟體 Super Decisions 的建議 (Creative Decisions Foundation^[98])，以 Inconsistency 指標判斷個別受測者問卷之一致性，其建議 Inconsistency 小於 0.1，則符合一致性。經檢測結果，有 5 份問卷未符合一致性，而視為無效問卷，所以有效問卷份數為 11 份，有效問卷率為 68.75%。

AHP 方法為彙整專家意見以獲得方案評選的結果，而汽車貨櫃運輸供應商評選除了貨運營收考量外，也需要考量企業的整體發展。為避免結果偏頗於部分部門之需求，本研究依部門性質將受訪者分為三類，有效問卷之 11 位專家的背景資料如表 9 所示。

表 9 問卷調查專家背景資料

受訪者	服務單位	職稱	資歷	學歷
1	運務單位	高階主管	16 年	大學
2	運務單位	中階主管	25 年	大學
3	運務單位	中階主管	18 年	大學
4	客服單位	初階主管	25 年	大學
5	客服單位	中階主管	17 年	大學
6	客服單位	高階主管	28 年	大學
7	營業單位	高階主管	28 年	大學
8	客服單位	高階主管	28 年	大學
9	運務單位	高階主管	20 年	大學
10	客服單位	中階主管	28 年	大學
11	營業單位	中階主管	26 年	大學

3.2 第二階段：成本效益分析

3.2.1 成本效益分析架構

Lai 等人^[99]提及綠色航運實務為航運業在運送時所做的環境管理實務，其主要目的在減少貨物運送及貨物裝卸時的能源浪費。並且實施綠色航運不但可以增加公司的競爭力，更可以保護環境達到永續發展。因此航運業陸續出現許多綠色與永續發展的議題 (丁吉峯、程慶偉^[100])。

本研究不僅考量成本 (經濟) 因素，並且將環境效益與社會效益納入考量，依據 Bowersox 與 Closs^[101]、Fawcett 與 Cooper^[102]及 Frazelle^[103]所提出對於傳統運輸的衡量

指標，與行政院經濟建設委員會^[104]所提出的「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊（97年版）」之評估列表；為了因應產業別特性不同，同時參考胡義竑^[105]及賴于芳^[106]有關貨櫃內陸運輸之營運策略分析等相關文獻，並且整合個案公司決策者的意見，提出適合本研究之貨櫃內陸運輸模式之成本效益分析架構，其如圖2所示。利用各項可能發生的成本與可產生的經濟效益，進行經濟、環境與社會層面的評估，提高個案公司獲利效益，並且善盡企業社會責任。本研究在CBA中，於環境層面考慮空氣汙染排放減少效益，於社會層面考慮運輸安全效益。

3.2.2 成本項目說明

成本效益分析的成本項目可分為「固定成本」及「變動成本」。貨櫃內陸運輸相關的費用，其支付對象以汽車貨櫃運輸公司及貨櫃堆場營運商為主，固定成本概分為內陸託運成本及場站成本，其中場站成本包含：拖車提領貨櫃出站（簡稱領櫃）吊櫃費、拖車交付貨櫃進站（簡稱交櫃）吊櫃費；變動成本則包含如冷凍櫃、危險品櫃等特殊貨物，於貨櫃堆場所產生之額外附加費用，以及因託運路線改變，所產生之旅行時間增加成本。上述費用依據臺灣港務股份有限公司貨櫃集散站公開費率表及貨櫃拖車供應商報價進行計費，計費方式如表10所示。

表 10 成本模式之計費方式

成本項目			20 呎貨櫃	40 呎貨櫃
計費方式				
固定成本	內陸託運成本		依各供應商報價	
	場站成本	領櫃吊櫃費	498 元/次	498 元/次
		交櫃吊櫃費	498 元/次	498 元/次
變動成本	特殊貨物附加費	冷凍貨櫃插拔電費	500 元/次	500 元/次
		冷凍貨櫃供電費	1,021 元/天	1,294 元/天
		危險品貨櫃託運附加費	1,050 元/次	1,050 元/次
	旅行時間增加成本		850 元/天	850 元/天

3.2.3 效益項目說明

成本效益分析的效益項目指的是因方案的產出及使用對整體社會所產生的效益，其包含「直接效益」與「社會效益」（行政院經濟建設委員會^[104]）。直接效益指的是在投入直接成本之後，產出直接財務與勞務之價值，對投資使用者直接產生影響之經濟效益，例如，營運成本節省。社會效益指的是因該措施使得全社會經濟及個體福利產生有利之影響，包

括肇事的減少、空氣污染的減少等。本研究將社會效益調整為環境效益 (空氣汙染排放減少) 與社會效益 (運輸安全)。

1. 營運成本節省效益：

運用供應商同業間相互配合，因各供應商擅長之配送路線特性不同，能夠提高車輛運用效能，可利用最少運能達到最高之運輸量，進而提升作業效率。對於貨櫃航商而言，若可在總託運趟數的減少下達到相同的運輸目的，相對的可以有效節省營運成本。參考胡義竑^[105]之成本的計算方式，本研究之營運成本節省效益 (operational cost reducing benefit, OCRB) 的計算方式為：

$$OCRB^{c_k} = \sum \sum (SN_{ij}^{c_1} \times P_{ij}^{c_1}) - \sum \sum (SN_{ij}^{c_k} \times P_{ij}^{c_k}) \quad (1)$$

其中：

i 為託運路徑別；

j 為供應商別；

P_{ij} 為供應商 j 對託運路徑 i 的託運運費；

SN_{ij} 為供應商 j 對託運路徑 i 提供的託運趟數；

c_k 為託運任務分配方案別， c_1 為目前的託運任務分配方式， c_2 為託運任務分配方案二， c_3 為託運任務分配方案三。

2. 空氣汙染排放減少效益：

陸路運輸業溫室氣體排放主要包括能源使用與冷媒逸散排放，其中以能源使用為主(交通部運輸研究所^[107])。各運具排放之氣體造成的空氣汙染主要包含一氧化碳 (CO)、氮氧化物 (NO_x)、揮發性有機化合物、懸浮粒子及硫氧化物 (SO_x) 等。考量上述各空氣汙染項目之占比及國內當前空污費徵收對象，以 CO₂、NO_x 以及 SO_x 作為環境效益之主要評估成分。參考交通部運輸研究所^[107]，本研究之空氣汙染排放減少效益 (air pollution reduction benefit, APRB) 計算方式為：

$$APRB^{c_k} = [(TSN^{c_1} \times TSD^{c_1}) - (TSN^{c_k} \times TSD^{c_k})] \times EF_j \times LF_j \quad (2)$$

其中：

j 為汙染別，包括 CO₂、NO_x、SO_x；

TSD 為總託運距離；

EF_j 為汙染別 j 的排放係數 (emission factor)；

LF_j 為汙染別 j 的損害成本參數 (lost factor)。

本研究以營業柴油大貨車行駛公里數基礎，並且根據空氣汙染防制法第 36 條規定，

2020 年後所有柴油汽車與機車皆須符合四期環保法規標準，故排放係數參考值以四期柴油車為主。NO_x 及 SO_x 損害成本排放係數為參考環境部^[108]之四期營業柴油大貨車之數據，而 CO₂ 之損害成本及排放係數為參考交通部運輸研究所^[107]之數據。各空氣污染排放係數及損害成本參數值如表 11 所示。

表 11 營業柴油大貨車排放係數及損害成本參數

	CO ₂	NO _x	SO _x
排放係數(克/公里)	2.6700	8.8067	0.0029
損害成本參數(新台幣/克)	0.01689	0.143804	0.359032

資料來源：本研究整理自交通部運輸研究所^[107]及環境部^[108]。

3. 運輸安全效益：

設計託運任務分配方案所考慮的效益項目之一為提高交通安全，意謂減少肇事意外次數(肇事率)或降低肇事成本。運輸安全效益(transportation safety benefit; TSB)以肇事成本節省效益進行評估，參考交通部運輸研究所^[107]之計算方式，本研究之運輸安全效益計算方式為：

$$TSB^{ck} = \sum (TAN_i^{c_1} \times TACE_i^{c_1}) - \sum (TAN_i^{c_k} \times TACE_i^{c_k}) \quad (3)$$

其中：

i 為肇事類別，其為 A1、A2 與 A3；

TAN_i 為肇事類別 i 的件數；

$TACE_i$ 為肇事類別 i 的成本參數。

肇事成本計算方式引用 2021 年「交通建設計畫經濟效益評估手冊」^[107]之計算方式，其建議值僅用於交通建設計畫經濟效益評估之肇事成本節省效益貨幣化參數；財損的部分僅考量包含車輛毀損成本，其如表 12 所示。

表 12 肇事成本參數建議值

成本項目	建議值
死亡事故 (A1)	1109 (萬/人)
受傷事故 (A2)	83 (萬/人)
財損事故 (A3)	19 (萬/件)

資料來源：交通部運輸研究所^[107]。

四、供應商評選之結果與分析

4.1 準則與次準則之權重

本研究是以海運業中貨櫃航商的立場與角度，評選汽車貨櫃運輸業供應商，探討的範圍以個案公司所合作之北中南共六個地區常用貨櫃場至基隆港、臺北港、臺中港與高雄港間之託運任務分配為主。本研究於篩選出有效問卷後，接著使用 Excel 2019 進行一致性檢定及計算供應商評選之準則與次準則的權重，五項評估準則的一致性比率 (Consistency Ratio, CR) 為 0.00261，小於 0.1，因此符合一致性。供應商評選之準則與次準則的權重如表 13 所示。本研究各準則的次準則數量未一致，但是由於各次準則的數值合計為 1，因此不同數量的次準則將會有高估或低估重要性的情況。

表 13 汽車貨櫃運輸供應商評選準則及次準則之權重

準則	整體權重	次準則	局部權重	整體權重	排名
報價條件	0.137	報價競爭力	0.543	0.074	6
		報價折扣	0.235	0.032	16
		附加費品項	0.222	0.031	17
供應能力	0.255	車隊規模	0.248	0.063	7
		服務據點	0.194	0.049	11
		互惠調度能力	0.385	0.098	1
		特殊貨物託運能力	0.173	0.044	12
服務表現	0.307	及時交貨	0.260	0.080	5
		運輸期間安全性	0.309	0.095	2
		危機可解決性	0.260	0.080	4
		調度人員專業程度	0.170	0.052	10
形象聲譽	0.130	商譽及形象	0.289	0.037	13
		財務狀況	0.457	0.059	8
		歷史績效	0.254	0.033	15
永續管理	0.172	低碳運具使用	0.201	0.035	14
		路徑優化能力	0.321	0.055	9
		定期運具維護	0.478	0.082	3

4.2 供應商評選結果

依據個案公司之供應商評選準則、次準則與計算所得的權重值設計供應商評分系統，評分標準為與決策者商討後之決議結果。接著對汽車貨櫃運輸供應商 A、B、C、D 與 E 進行評分，評分小組由營業部、客服部及運務部之高階主管組成，共計三人，將分數由大至小排序，決策出符合個案公司需求之汽車貨櫃運輸供應商。評分結果得知各供應商的總評選分數分別為：供應商 B (22.534) > 供應商 E (22.181) > 供應商 C (19.549) > 供應商 D (18.704) > 供應商 A (17.936)，其如表 14 所示。供應商 B 與供應商 E 為經過 AHP 方法所遴選的兩個供應商，其加入既有的供應商甲-己六個供應商，以提供貨櫃託運服務予個案公司。

4.3 供應商評選結果分析

汽車貨櫃運輸供應商評選準則之權重排序如表 13 所示，五項準則中以「服務表現」準則之權重為 0.307，其排序第一，「服務表現」與「供應能力」準則的權重合計占整體比例百分之五十以上。貨櫃航運為海運服務業之一環，個案公司為了與客戶建立長遠互惠關係，並且提升個案公司的競爭力，其必須以客戶為導向，瞭解客戶的業務需要。此外，個案公司必須提供專業的服務流程，以達到人員安全與貨物安全。若在運輸過程中發生任何意外，損及貨品的完整性與時效性，對於託運前所做的大部份服務、花費的人力及物力將造成損失，並且需要花費額外的成本彌補，有時也很難恢復到原先客戶的滿意度。及時準確地提供服務給客戶為企業之間除了價格以外的重要競爭力因素。此分析結果充分顯示個案公司對於汽車貨櫃運輸供應商服務績效之重視程度。

而權重占比居次的「供應能力」準則，其權重為 0.255。個案公司之客戶遍佈全臺灣，雖然託運區域範圍以個案公司所合作之北中南共六個常用貨櫃場至基隆港、臺北港、臺中港與高雄港間之貨櫃託運任務分配為主，為了負荷大量裝卸貨櫃託運需求，並且能夠及時因應客戶的需求，個案公司也相當重視供應商之供應能力。

現今環境、社會及企業治理在企業的優先級不斷提高。企業致力提倡永續供應鏈，以及實施永續採購策略，涵蓋業務每一層面及供應鏈中每一環節。「永續管理」準則的權重排序第三，足見永續供應鏈管理與永續採購策略之趨勢的影響。個案公司關注運輸過程對環境影響之管理，除了關注因燃油產生之排放以外，亦關注降低運輸過程中其他可能對環境之衝擊。由此可見，本研究的評選結果與個案公司的理念不謀而合。Govindan 與 Sivakumar^[59] 探討綠色供應商評選及分配訂單，其考慮經濟、作業因素及環境面向的準則，模糊 TOPSIS 分析結果顯示五項準則的重要性依序為品質、GHG 排放、配送、成本與回收能力。Gören^[13] 探討永續供應商評選及訂單分配問題，其考慮包含經濟、社會與環境三個面向，其研究結果中排序前兩名的準則為經濟面向的準則，環境面向的三個準則在 13 個準則中分別排序第三名、第七名及第八名。Awasthi 等人^[51] 考慮五項永續準則：經濟、

表 14 汽車貨櫃運輸供應商之評分結果

供應商績效及評選 評選準則因子及權重值			供應商 A		供應商 B		供應商 C		供應商 D		供應商 E	
			評分	分數	評分	分數	評分	分數	評分	分數	評分	分數
汽車貨櫃運輸供應商評選	0.074	報價競爭力	24	1.776	18	1.332	18	1.332	24	1.776	18	1.332
	0.032	報價折扣	6	0.192	12	0.384	6	0.192	12	0.384	6	0.192
	0.031	附加費品項	12	0.372	18	0.558	12	0.372	18	0.558	12	0.372
	0.063	車隊規模	6	0.378	30	1.890	30	1.890	6	0.378	30	1.890
	0.049	服務據點	6	0.294	30	1.470	24	1.176	6	0.294	24	1.176
	0.098	互惠調度能力	17	1.666	24	2.352	20	1.960	13	1.274	21	2.058
	0.044	特殊貨物託運能力	18	0.792	18	0.792	18	0.792	30	1.320	30	1.320
	0.080	及時交貨	24	1.920	24	1.920	18	1.440	24	1.920	24	1.920
	0.095	運輸期間安全性	24	2.280	24	2.280	24	2.280	18	1.710	24	2.280
	0.080	危機可解決性	17	1.360	24	1.920	17	1.360	22	1.760	26	2.080
	0.052	調度人員專業程度	16	0.832	24	1.248	19	0.988	16	0.832	23	1.196
	0.037	商譽及形象	18	0.666	18	0.666	12	0.444	18	0.666	24	0.888
	0.059	財務狀況	15	0.885	25	1.475	14	0.826	16	0.944	24	1.416
	0.033	歷史績效	30	0.990	18	0.594	24	0.792	30	0.990	6	0.198
	0.035	低碳運具使用	18	0.630	12	0.420	12	0.420	30	1.050	18	0.630
	0.055	路徑優化能力	17	0.935	23	1.265	15	0.825	16	0.880	23	1.265
	0.082	定期運具維護	24	1.968	24	1.968	30	2.460	24	1.968	24	1.968
總評選分數			17.936		22.534		19.549		18.704		22.181	

品質、環境、社會與全球風險，其研究結果顯示經濟準則在永續全球供應商評選的重要性最高，環境準則排序第三。Mohammed 等人^[61]及 Hosseini 等人^[62]皆考慮經濟、環境與社會準則探討永續供應商評選與訂單分配問題，此二研究的分析結果皆為準則的重要性依序為經濟、環境與社會準則。上述五個文獻的應用案例為線上零售公司 (Gören^[13]) 與製造業 (Govindan 與 Sivakumar^[59]； Mohammed 等人^[61]； Hosseini 等人^[62])，其並非貨物運輸或物流業，但是其研究結果仍然可以參考。本研究所考慮的「永續管理」準則在五項準則中排序第三，其與上述五個文獻的結果類似，亦即環境相關準則雖然不是最重要，但是仍然受到貨櫃航商的重視。同時，Lieb 與 Lieb^[48]認為長期而言，3PL 在管理上更加關注永續議題，Meyer^[94]亦指出公路貨物運輸文獻日益重視環境面向。

五、託運任務分配之結果與討論

5.1 託運任務分配方案

本節主要針對個案公司之不同託運任務分配方案進行成本效益評估，分別計算其託運所需之成本與可產生之經濟、社會與環境效益，其比較基礎係以不同方案之情況下進行比較，以可量化(貨幣化)之效益與成本項目進行分析，評估不同託運任務分配方案之各項成本與效益的差異。目前個案公司之內陸運輸分配是以航線作為汽車貨櫃運輸供應商所提供之託運服務進行區分。經由訪談個案公司原合作之貨櫃運輸供應商甲至供應商已共 6 位調度中心人員，以提供託運任務分配的參考建議。因汽車貨櫃運輸供應商對於託運服務模式之承攬量、車隊規模及服務據點不同，供應商各有自己專業且擅長的運送領域，若可依據各供應商之地緣關係及託運強項進行任務分配，不僅可以提升車輛周轉效率及降低營運成本外，也可以善盡企業社會責任，故提出託運任務分配方案設計概要如表 15 所示。

為比較各託運任務分配方案之運輸成本，本研究以託運貨櫃數做為單位基準，每一只貨櫃計算為一次託運趟數，依資料擬定個案公司年度託運平均值為 120,000 只貨櫃，並且設定貨櫃皆於進櫃場後一日內拖離。

本研究以個案公司目前使用的託運任務分配方式(方案一)作為成本效益分析中的比較基準，藉以衡量替選託運任務分配方案(方案二、方案三)之增額成本與增額效益。並參考陳筱薇^[109]利用增額益本比(incremental cost benefit ratio, ICBR)藉以判斷替選方案之可行性，若增額益本比大於 1，則選擇替選方案，反之則選擇方案一。其 ICBR 計算方式如下列所示(陳筱薇^[109])：

$$ICBR = \frac{B_i - B_1}{C_i - C_1} \quad (4)$$

其中：

B_1 為託運任務分配方案一之總效益的現值；

B_i 為替選託運任務分配方案之總效益的現值；

C_1 為託運任務分配方案一之總成本的現值；

C_i 為替選託運任務分配方案之總成本的現值。

表 15 託運任務分配方案設計概要

方 案	方 案 設 計
一	貨櫃內陸運輸計畫依據彎靠航線進行分配，為目前個案公司使用的方案。
二	貨櫃內陸運輸計畫依據各供應商之地緣關係及託運強項進行任務分配。
三	託運任務分配方式與方案二類似，其差別在於部分櫃數 (5412 只貨櫃) 以臺中為中繼站進行兩供應商間之聯合運輸模式。

託運任務分配方案一：

託運任務分配方案一為目前個案公司使用的方式，貨櫃內陸運輸計畫依據彎靠航線進行分配。經統計後發現，除了供應商-戊專職運送高雄-臺中區段貨櫃內陸運輸外，其餘供應商之託運服務範圍遍布全臺。於實際作業上，貨櫃拖車司機執行任務時，為完成每一趟託運後，再進行下一個任務，若依照航線分配託運作業，可能造成司機南北奔波，產生耗力費時的情況。

託運任務分配方案二：

汽車貨櫃運輸供應商對於託運任務模式的承攬量、服務據點及車隊規模不同，各供應商有自己專業之運送領域，計畫依據各供應商之地緣關係及託運強項進行任務分配，整理各供應商年度託運量及其服務據點位置分布如表 16 所示。供應商甲-己為既有的六個供應商，供應商 B 與供應商 E 為經過 AHP 方法所遴選出新加入的兩個供應商。

由表 16 可觀察出，供應商甲、供應商乙與供應商丙，服務範圍涵蓋全臺，並於四大國際港口（基隆港、臺北港、臺中港及高雄港）皆有據點，並且其車隊規模較大及調度能力較高，因此具有較佳之供給彈性。供應商戊的服務據點位於高雄及臺中，適合提供高雄-臺中區間，中長途託運服務。供應商丁及供應商己的服務據點位於臺中及基隆，適合提供臺中以北之中長途託運服務。新加入之供應商 B 及供應商 E，於基隆、臺北、桃園、臺中及高雄皆設有服務據點，並且車隊規模均超過 100 輛曳引車，各地配有專業車輛調度專員，故可將其分配於協助高雄-基隆區間長途託運。

託運任務分配方案二的設計考量供應商之服務據點及報價條件，中長途託運部分：由基隆出發至桃園、新竹、臺中區間之託運安排分配給供應商丁及供應商己；供應商戊負責

臺中-高雄之總託運量 50%，供應商 B 及供應商 E 各負責剩餘的 25%；供應商乙及供應商丙負責臺北、桃園出發至新竹、臺中的託運任務。長途託運部分則由具有較佳供給彈性之供應商甲、供應商乙、供應商丙、供應商 B 及供應商 E 負責。

表 16 供應商之服務據點位置分布

供應商	服務據點
甲	基隆、臺北、臺中及高雄
乙	基隆、臺北、桃園、臺中及高雄
丙	基隆、臺北、臺中及高雄
丁	臺中、基隆
戊	臺中、高雄
己	臺中、基隆
B	基隆、臺北、臺中、桃園、高雄
E	臺北、桃園、新竹、臺中、臺南、高雄

託運任務分配方案三：

託運任務分配方案三所設計之託運任務分配方式與方案二類似，差別在於部分櫃數以臺中為中繼站進行兩供應商間之聯合運輸模式，即若有一只貨櫃須從高雄託運至基隆，安排先由供應商甲、供應商乙或供應商丙將該櫃從高雄託運至臺中，交付進儲後，再由供應商 B 或供應商 E 從臺中將其託運至基隆。規劃託運櫃量為使用供應商甲、供應商乙及供應商丙，此三間供應商之「基隆-高雄」區間各設定託運總量的 5%以臺中為中繼站進行託運，其合計為 15%，共計 5,412 只貨櫃。故表示託運任務分配方案三之總託運數量，相較於託運任務分配方案一及託運任務分配方案二將會增加 5,412 次之託運趟數。使用此方法之構想乃為了降低疲勞駕駛產生，進而增進運送安全，加上可利用區段間報價差異，達到節省運輸成本之目的。

5.2 託運任務分配方案評估

本研究之託運任務分配方案評估為估算個案公司實施替選託運任務分配方案二或託運任務分配方案三，其成本效益與採用原方案（託運任務分配方案一）之間的差異。本節依據 3.2 節對各項成本及效益的計算方式評估各託運任務分配方案，以進行成本效益分析。本研究以託運貨櫃數做為單位基準，每一只貨櫃計為一次託運趟數，總託運櫃數為 120,000 只貨櫃，並且設定貨櫃皆於進櫃場後一日內拖離，故特殊貨物相關的附加費皆以一日計算。

各託運任務分配方案之成本效益分析的成本項目計算如表 17 所示，而其成本增減之比較如表 18 所示。

表 17 各託運任務分配方案之成本分析

		方案一	方案二	方案三
固定成本 (臺幣)	內陸託運成本	\$915,182,405	\$910,369,545	\$912,682,825
	領櫃吊櫃費	\$59,760,000	\$59,760,000	\$65,150,352
	交櫃吊櫃費	\$59,760,000	\$59,760,000	\$65,150,352
變動成本 (臺幣)	冷凍貨櫃插電費	\$3,781,000	\$3,781,000	\$4,076,000
	冷凍貨櫃拔電費	\$3,781,000	\$3,781,000	\$4,076,000
	冷凍貨櫃供電費	\$9,376,203	\$9,376,203	\$10,097,075
	危險品貨櫃託運附加費	\$533,400	\$533,400	\$557,550
	旅行時間增加成本	\$0	\$0	\$2,300,100
總 計		\$1,052,174,008	\$1,047,361,148	\$1,064,090,254

表 18 各託運任務分配方案之成本比較

		方案一	方案二	方案三
固定成本 (臺幣)	內陸託運成本	—	(\$4,812,860)	(\$2,499,580)
	領櫃吊櫃費	—	\$0	\$5,390,352
	交櫃吊櫃費	—	\$0	\$5,390,352
變動成本 (臺幣)	冷凍貨櫃插電費	—	\$0	\$295,000
	冷凍貨櫃拔電費	—	\$0	\$295,000
	冷凍貨櫃供電費	—	\$0	\$720,872
	危險品貨櫃託運 附加費	—	\$0	\$24,150
	旅行時間增加 成本	—	\$0	\$2,300,100
差異總計		—	(\$4,812,860)	\$11,916,246

各託運任務分配方案總行駛公里數及空氣汙染排放之計算結果整理如表 19 所示。本研究之疲勞駕駛的定義為採用《道路交通安全法實施條例》第六十二條規定，指駕駛員每天駕車超過 8 小時、連續駕駛機動車超過 4 小時未休息或停車休息少於 20 分鐘，故運輸安全效益計算標準以基隆-高雄區間託運總趟數為主，各方案各類事故發生件數依據 3.2 小節所述貨櫃聯結車肇事事事件評估方法進行計算，其結果整理如表 20 所示。

表 19 各託運任務分配方案營運公里數及空氣汙染排放

	方案一	方案二	方案三
總行駛公里數	42,577,752	35,612,533	35,086,925
CO ₂ 排放量 (克/公里)	113,682,597.8	95,085,463.1	93,682,089.8
NOX 排放量 (克/公里)	374,969,488.5	313,628,894.4	309,000,022.4
SOX 排放量 (克/公里)	123,475.5	103,276.4	101,752.1

表 20 各託運任務分配方案各類事故發生件數

	方案一	方案二	方案三
高雄-基隆區間總託運趟數	75,595	75,595	70,183
A1 事故發生事件 (件/年)	5.382	5.382	4.997
A2 事故發生事件 (件/年)	3.024	3.024	2.807
A3 事故發生事件 (件/年)	0.605	0.605	0.561

託運任務分配方案之效益項目比較以方案一為基準進行差異比較，其依據表 17、表 18、表 19 及表 20 進行差異計算，其結果整理如表 21 所示。託運任務分配方案相對於基準方案（方案一）之增額益本比計算如表 22 所示。依據表 22 可見，託運任務分配方案二及方案三之增額益本比皆大於 1，方案二為成本效益最佳的託運分配模式，其增額益本比為 2.90。

表 21 託運任務分配方案之效益比較

		方案一	方案二	方案三
直接效益 (臺幣)	營運成本節省效益	—	\$4,812,860	\$2,499,580
環境與社會效 益(臺幣)	減少環境汙染效益	—	\$9,142,381	\$9,832,281
	運輸安全效益	—	\$0	\$4,388,050
總計		—	\$13,955,241	\$16,719,911

表 22 託運任務分配方案之增額益本比

計算項目(臺幣)	成本差額	效益差額	增額益本比
方案二	\$4,812,860	\$13,955,241	2.90
方案三	\$11,916,246	\$16,719,911	1.40

5.3 託運任務分配方案結果討論

託運任務分配方案二是以各供應商之託運強項及地緣關係進行託運任務安排，進而降低拖車南北奔波的情況產生，與方案一之差別為各供應商於區域內陸託運比例。故除內陸託運成本外，其餘成本項目金額皆相同。依據表 21 可知，於內陸託運成本方面，方案二較方案一平均每趟託運成本節省 40.1071667 元，占每區域每趟託運運費之 0.42% - 1.68%，一年可節省 4,812,860 元（每趟託運可節省 40.1071667 元×總託運趟數 120000）。由表 15 顯示，利用供應商託運強項及地緣關係亦能夠有效減少行駛公里數。方案二較方案一減少行駛 6,965,219 公里，進而減少年排放汙染廢氣 CO₂：18597134.73 克、NO_x：61340594.17 克及 SO_x：20199.14 克，平均每趟託運減少 CO₂：154.98 克、NO_x：511.17 克及 SO_x：0.17 克，改善各汙染廢氣排放量約 16.36%。相對降低平均每趟託運 76.1865083 元之社會成本，一年可降低環境成本 9,142,381 元（每趟託運節省 76.1865083 元×總託運趟數 120000）。

託運任務分配方案三除了依據各供應商之託運強項及地緣關係進行託運任務安排之外，另外將基隆-高雄區間貨櫃總託運量之 15%，共計 5,412 只貨櫃使用二供應商合作聯運方式，除了降低拖車南北奔波的情況產生之外，亦可降低交通事故發生率。然而因為部分貨櫃實施二供應商聯運方式，造成除了內陸託運成本節省之外，其餘成本項目皆較其他兩方案高，其主要原因為貨櫃進出櫃場數增加，故與櫃場相關之費用相對較高，並且因進出櫃場數增加，導致旅行時間增加而產生成本增加。方案三內陸託運成本平均每趟託運節省 20.8298333 元，占每區域每趟託運運費之 0.22% - 0.87%，一年共可節省 2,499,580 元（每趟託運可節省 20.8298333 元×總託運趟數 120000），但是與櫃場相關之費用則增加 12,115,726 元，平均每趟託運增加 96.61 元，占特殊貨物櫃場相關之費用的 0.02% - 8.63%。

方案三之總行駛公里數亦有效下降，與方案一相比減少行駛 9,832,281 公里，減少年排放汙染廢氣 CO₂：20000508.09 克、NO_x：65969466.14 克及 SO_x：21723.40 克，平均每趟託運降低 CO₂：159.48 克、NO_x：526.02 克及 SO_x：0.17 克，改善各氣體排放量約 17.59%。相對降低平均每趟託運 81.935675 元之社會成本，一年可降低環境成本 9,832,281 元（每趟託運節省 81.935675 元×總託運趟數 120000）。

相較而言，雖然方案三之益本比為 1.40，其亦為可執行方案，但是其增額益本比低於方案二。分析上述兩方案，主要目的為利用供應商之託運強項及地緣關係進行託運任務安排，經由成本效益分析得知，託運任務分配方案二及方案三除了可以提升供應商之服務水準及有效降低營運成本外，亦可以善盡企業社會責任。

六、結論

貨櫃拖車在貨櫃航運中扮演著重要的角色，隨著貨櫃運輸需求成長及永續意識日益受到重視，如何考慮永續性於評選適合的供應商及分配託運任務為貨櫃航商關注的管理重點。本研究藉由回顧國內外相關文獻與參考專家意見，選定五項準則與 17 項次準則以建構汽車貨櫃運輸供應商評選架構，瞭解貨櫃航商在評選汽車貨櫃運輸供應商時所注重之評選指標，並且可以利用本研究所設計之供應商評選表，協助個案公司評選適合的供應商，除了實現風險分配外亦可提升服務品質。本研究亦應用成本效益分析，建構適合本研究之託運任務分配方案的評估架構，以分析本研究中所提出之託運任務分配方案的成本與效益差異，所提出之兩個方案的增額益本比皆大於 1，亦即本研究所提出之託運任務分配方案皆為可行。以上結果可以做為個案公司評選供應商的參考，以及進行貨櫃內陸運輸託運任務分配時的參考。主要結果闡述如下：

1. 關於汽車貨櫃運輸之相關文獻甚少考慮永續性於探討汽車貨櫃運輸供應商評選與託運任務分配問題。本研究透過文獻回顧及專家訪談，建立個案公司之供應商評選模式，利用層級分析法計算各準則之相對權重，遂決定出最佳的供應商。本研究的結果顯示貨櫃航商對於汽車貨櫃運輸商之主要考量因素，第一層準則以「服務表現」最為重要，其次為「供應能力」。第二層次準則之重要性則以「互惠調度能力」最為重要，其次為「運輸期間安全性」，接著依序為「定期運具維護」及「危機可解決性」。
2. 於本研究所建立之準則及次準則，針對個案公司擴增合作之汽車貨櫃運輸供應商 A、B、C、D 與 E 之層級分析結果顯示，其評分依序為：供應商 B (22.534) > 供應商 E (22.181) > 供應商 C (19.549) > 供應商 D (18.704) > 供應商 A (17.936)，其中供應商 B 雖非提供最低報價之供應商，但是由於其車隊規模龐大，並且於各服務據點皆配有專業調度專員，亦提供較為完善運送突發狀況緊急應變計畫、公開每個月財務報表等，乃為其較其他供應商脫穎而出之原因。供應商 E 之評選條件與供應商 B 相近，其差別在於供應商 E 之報價折扣、互惠調度能力及調度人員之專業性稍低，使得其總得分略低於供應商 B。
3. 目前各國於評估運輸計畫方案時，較廣泛使用之分析方法為成本效益分析，因此本研究亦以成本效益分析方法進行託運任務分配方案之評估。本研究的成本效益分析架構，以個案公司目前正在使用之方案（方案一）作為基礎方案以進行比較。考量的成本與效益項目包括內陸託運成本、領櫃吊櫃費、交櫃吊櫃費、特殊貨物附加費、貨物旅行時間增加成本、營運成本節省效益、環境汙染減少效益及運輸安全效益。替選的託運任務分配方案則為利用各供應商之託運強項及地緣關係進行託運任務安排。評估指標採用增額益本比，方案二及方案三之額益本比皆大於 1。亦即本研究所提出之替選方案皆為可行。

本研究主要以汽車貨櫃運輸供應商作為探討對象，應用層級分析法建構供應商評選架構，並以成本效益分析進行供應商之託運任務分配。有關本研究的研究成果仍存在可繼續深入探討的議題，提供後續研究方向以做為參考：

1. 本文問卷樣本數雖屬可接受程度，但研究結果僅限個案公司內部，未能包含國內外貨櫃航商之意見，建議後續研究可擴大訪問對象，例如，規模相當之國內、外貨櫃航商，以及相關學者專家，可使研究結果更具一般化。
2. 本研究僅考量以個案公司所合作之北中南共六個地區常用貨櫃場至基隆港、臺北港、臺中港、高雄港間之重櫃整櫃託運任務分配成本，建議後續研究可以擴大探討不同託運櫃型及託運類別，例如，納入空櫃、整併櫃及超規櫃等特殊櫃型加以評估。此外，不同規模的企業，其營運與商業邏輯有所不同，建議後續研究可以探討不同規模之貨櫃航商的供應商評選及託運任務分配問題。
3. 成本效益分析方面，運輸安全效益在本研究中僅將國道路段之貨櫃聯結車肇事比例納入分析，建議後續研究可再加入貨櫃聯結車於市區路線的肇事率以進行分析，使結果更加完善。
4. 本研究各準則的次準則數量未一致，但是由於各次準則的數值合計為 1，因此不同數量的次準則將會有高估或低估重要性的問題，此為本研究的限制，因此建議後續研究可以將準則數量設定為一致。
5. 準則與次準則之操作型定義於後續研究可以加以改善，以及依據不同領域的供應商評選加以適當的調整。

參考文獻

1. Xue, Z., Lin, H. and You, J., “Local Container Drayage Problem with Truck Platooning Mode”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 147, 102211, 2021.
2. 交通部運輸研究所，2018 年海運重要議題，民國 108 年。
3. 交通部運輸研究所，運輸政策白皮書-海運，民國 109 年。
4. Song, Y., Zhang, J., Liang, Z. and Ye, C., “An Exact Algorithm for the Container Drayage Problem under A Separation Mode”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 106, 2017, pp. 231-254.
5. Wong, E. Y. C., Tai, A. H. and So, S., “Container Drayage Modelling with Graph Theory-based Road Connectivity Assessment for Sustainable Freight Transportation in New Development Area”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 149, 106810, 2020.
6. Chen, R., Chen, S., Cui, H. and Meng, Q., “The Container Drayage Problem for Heterogeneous Trucks with Multiple Loads: A Revisit”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 147, 102241, 2021.
7. Melander, L. and Lind, F., “A Start-up’s Collaboration in Networks for Sustainable Freight Transport: A Micro-meso-macro Approach to Innovation”, *Supply Chain Management*, Vol. 27, No. 7, 2022, pp. 211-222.
8. Abbasi, M. and Nilsson, F., “Developing Environmentally Sustainable Logistics: Exploring

- Themes and Challenges from a Logistics Service Providers' Perspective", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 46, 2016, pp. 273-283.
9. Elkington, J., "Towards the Sustainable Corporation: Win-win-win Business Strategies for Sustainable Development", *California Management Review*, Vol. 36, No. 2, 1994, pp. 90-100.
 10. Slaper, T. F. and Hall, T. J., "The Triple Bottom Line: What Is It and How Does It Work?", *Indiana Business Review*, Vol. 86, No. 1, 2011, pp. 4-8.
 11. Mohammed, A., Setchi, R., Filip, M., Harris, I. and Li, X., "An Integrated Methodology for a Sustainable Two-stage Supplier Selection and Order Allocation Problem", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 192, No.10, 2018, pp. 99-114.
 12. Demirtas, E. A. and Üstün, Ö., "An Integrated Multiobjective Decision Making Process for Supplier Selection and Order Allocation", *Omega*, Vol. 36, No. 1, 2008, pp. 76-90.
 13. Gören, H. G., "A Decision Framework for Sustainable Supplier Selection and Order Allocation with Lost Sales", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 183, 2018, pp. 1156-1169.
 14. Clintworth, M., Boulougouris, E. and Lee, B. S., "Combining Multicriteria Decision Analysis and Cost-benefit Analysis in the Assessment of Maritime Projects Financed by the European Investment Bank", *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 20, No. 1, 2018, pp. 29-47.
 15. Macharis, C. and Bontekoning, Y. M., "Opportunities for OR in Intermodal Freight Transport Research: A Review", *European Journal of Operational Research*, Vol. 153, No. 2, 2004, pp. 400-416.
 16. Notteboom, T. E. and Rodrigue, J. P., "Port Regionalization: Towards a New Phase in Port Development", *Maritime Policy & Management*, Vol. 32, No. 3, 2005, pp. 297-313.
 17. Giusti, R., Manerba, D., Bruno, G. and Tadei, R., "Synchronodal Logistics: An Overview of Critical Success Factors, Enabling Technologies, and Open Research Issues", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 129, 2019, pp. 92-110.
 18. Forslund, H., Björklund, M. and Svensson Ülgen, V., "Challenges in Extending Sustainability Across a Transport Supply Chain", *Supply Chain Management*, Vol. 27, No. 7, 2022, pp. 1-16.
 19. Yeo, H. J., "Geography of Mergers and Acquisitions in the Container Shipping Industry", *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Vol. 29, No. 3, 2013, pp. 291-314.
 20. Ng, A. S. F., "Container Flows and Empty Container Repositioning", In: Song, D.-W. and Panayides, P. M. (Ed.), *Maritime Logistics*, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, 2012, pp. 29-48.
 21. 蔡蕙安、陳榮傳、姚銘忠，「國際定期海運市場及競爭規範研究」，*公平交易季刊*，第26卷，第4期，民國107年，頁1-56。
 22. Lam, J. S. L., "Patterns of Maritime Supply Chains: Slot Capacity Analysis", *Journal of Transport Geography*, Vol. 19, No. 2, 2011, pp. 366-374.
 23. Song, D. P., *Container Logistics and Maritime Transport*, 1st Ed., Routledge, London, 2021.

24. MergeGlobal, “Insomnia: Why Challenges Facing the World Container Industry Make for More Nightmares than They Should”, *American Shipper*, July, 2008, pp. 68-85.
25. Lee, C. Y. and Song, D. P., “Ocean Container Transport in Global Supply Chains: Overview and Research Opportunities”, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 95, 2017, pp. 442-474.
26. Xue, Z., Zhang, C., Lin, W. H., Miao, L. and Yang, P., “A Tabu Search Heuristic for the Local Container Drayage Problem under a New Operation Mode”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 62, 2014, pp. 136-150.
27. 交通部運輸研究所，**國家貨運發展政策白皮書**，民國 93 年。
28. Escudero-Santana, A., Muñuzuri, J., Cortés, P. and Onieva, L., “The One Container Drayage Problem with Soft Time Windows”, *Research in Transportation Economics*, Vol. 90, 100884, 2021.
29. Lacity, M. C., Solomon, S., Yan, A. and Willcocks, L. P., “Business Process Outsourcing Studies: A Critical Review and Research Directions”, *Journal of Information Technology*, Vol. 26, No. 4, 2011, pp. 221-258.
30. Lacity, M. C., Khan, S. A. and Yan, A., “Review of the Empirical Business Services Sourcing Literature: An Update and Future Directions”, *Journal of Information Technology*, Vol. 31, No. 3, 2016, pp. 269-328.
31. Erber, G. and Sayed-Ahmed, A., “Offshore Outsourcing-A Global Shift in the Present IT Industry”, *Intereconomics*, Vol. 40, No. 2, 2005, pp. 100-112.
32. Lin, Y. T., Lin, C. L., Yu, H. C. and Tzeng, G. H., “A Novel Hybrid MCDM Approach for Outsourcing Vendor Selection: A Case Study for a Semiconductor Company in Taiwan”, *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No. 7, 2010, pp. 4796-4804.
33. Modibbo, U. M., Hassan, M., Ahmed, A. and Ali, I., “Multi-criteria Decision Analysis for Pharmaceutical Supplier Selection Problem Using Fuzzy TOPSIS”, *Management Decision*, Vol. 60, No. 3, 2022, pp. 806-836.
34. Lopatin, A., Ishchenko, N., Filimonova, O. and Rudenko, N., “Criteria for Evaluating and Selecting Suppliers for Maritime Enterprises”, *MATEC Web of Conferences*, Vol. 339, 01009, 2021.
35. Taherdoost, H. and Brard, A., “Analyzing the Process of Supplier Selection Criteria and Methods”, *Procedia Manufacturing*, Vol. 32, 2019, pp. 1024-1034.
36. Cusumano, M. A. and Takeishi, A., “Supplier Relations and Management: A Survey of Japanese, Japanese-Transplant, and US Auto Plants”, *Strategic Management Journal*, Vol. 12, No. 8, 1991, pp. 563-588.
37. Min, H., “International Supplier Selection: A Multi-Attribute Utility Approach”, *International Journal Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 24, No. 5, 1994, pp. 24-33.
38. Choi, T. Y. and Hartley, J. L., “An Exploration of Supplier Selection Practices Across the Supply Chain”, *Journal of Operations Management*, Vol. 14, No. 4, 1996, pp. 333-343.

39. Smith, J. M., "Item Selection for Global Purchasing", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 5, No. 3-4, 1999, pp. 117-127.
40. Braglia, M. and Petroni, A., "A Quality-Assurance Oriented Methodology for Handling Trade-offs in Supplier Selection", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 30, No. 2, 2000, pp. 96-111.
41. Narasimhan, R., Talluri, S. and Mendez, D., "Supplier Evaluation and Rationalization Via Data Envelopment Analysis: An Empirical Examination", *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 37, No. 2, 2001, pp. 28-37.
42. Zsidisin, G. A. and Siferd, S. P., "Environmental Purchasing: A Framework for Theory Development", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 7, No. 1, 2001, pp. 61-73.
43. Bottani, E. and Rizzi, A., "A Fuzzy Multi-Attribute Framework for Supplier Selection in an E-procurement Environment", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 8, No. 3, 2005, pp. 249-266.
44. Talluri, S. and Narasimhan, R., "A Note on "A Methodology for Supply Base Optimization", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 52, No. 1, 2005, pp. 130-139.
45. Chen, Y. M. and Huang, P. N., "Bi-negotiation Integrated AHP in Suppliers Selection", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 27, No. 11, 2007, pp. 1254-1274.
46. Ho, W., Xu, X. and Dey, P. K., "Multi-Criteria Decision Making Approaches for Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review", *European Journal of Operational Research*, Vol. 202, No. 1, 2010, pp. 16-24.
47. Humphreys, P. K., Wong, Y. K. and Chan, F. T. S., "Integrating Environmental Criteria into the Supplier Selection Process", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 138, No. 1-3, 2003, pp. 349-356.
48. Lieb, K. J. and Lieb, R. C., "Environmental Sustainability in the Third-party Logistics (3PL) Industry", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 40, No. 7, 2010, pp. 524-533.
49. Igarashi, M., de Boer, L. and Fet, A. M., "What Is Required for Greener Supplier Selection? A Literature Review and Conceptual Model Development", *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol. 19, No. 4, 2013, pp. 247-263.
50. Govindan, K., Khodaverdi, R. and Jafarian, A., "A Fuzzy Multi Criteria Approach for Measuring Sustainability Performance of a Supplier Based on Triple Bottom Line Approach", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 47, 2013, pp. 345-354.
51. Awasthi, A., Govindan, K. and Gold, S., "Multi-tier Sustainable Global Supplier Selection Using a Fuzzy AHP-VIKOR Based Approach", *International Journal of Production Economics*, Vol. 195, No.4, 2018, pp. 106-117.
52. Cui, L., Wu, H. and Dai, J., "Modelling Flexible Decisions about Sustainable Supplier Selection in Multitier Sustainable Supply Chain Management", *International Journal of Production Research*, Vol. 61, Iss. 14, 2023, pp. 4603-4624, DOI: 10.1080/00207543.

2021.1924412.

53. Aissaoui, N., Haouari, M. and Hassini, E., “Supplier Selection and Order Lot Sizing Modeling: A review”, *Computers & Operations Research*, Vol. 34, No. 12, 2007, pp. 3516-3540.
54. Acar Alagoz, B., Testik, M. C. and Dinler, D., “Supplier Management by Distributing Orders among New and Existing Suppliers: The Methodology and Its Application to a Fast Fashion Company”, *Journal of Fashion Marketing and Management*, Vol. 26, No. 5, 2022, pp. 813-831.
55. Ahmad, M. T., Firouz, M. and Mondal, S., “Robust Supplier-selection and Order-Allocation in Two-echelon Supply Networks: A Parametric Tolerance Design Approach”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 171, 2022, 108394.
56. Islam, S., Amin, S. H. and Wardley, L. J., “Machine Learning and Optimization Models for Supplier Selection and Order Allocation Planning”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 242, 2021, 108315.
57. Islam, S., Amin, S. H. and Wardley, L. J., “Supplier Selection and Order Allocation Planning Using Predictive Analytics and Multi-objective Programming”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 174, 2022, 108825.
58. Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A. and Diabat, A., “Integrated Fuzzy Multi Criteria Decision Making Method and Multi-objective Programming Approach for Supplier Selection and Order Allocation in a Green Supply Chain”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 47, 2013, pp. 355-367.
59. Govindan, K. and Sivakumar, R., “Green Supplier Selection and Order Allocation in a Low-carbon Paper Industry: Integrated Multi-criteria Heterogeneous Decision-making and Multi-objective Linear Programming Approaches”, *Annals of Operations Research*, Vol. 238, 2016, pp. 243-276.
60. Hamdan, S. and Cheaitou, A., “Supplier Selection and Order Allocation with Green Criteria: An MCDM and Multi-objective Optimization Approach”, *Computers & Operations Research*, Vol. 81, 2017, pp. 282-304.
61. Mohammed, A., Harris, I. and Govindan, K., “A Hybrid MCDM-FMOO Approach for Sustainable Supplier Selection and Order Allocation”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 217, 2019, pp. 171-184.
62. Hosseini, Z. S., Flapper, S. D. and Pirayesh, M., “Sustainable Supplier Selection and Order Allocation under Demand, Supplier Availability and Supplier Grading Uncertainties”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 165, 2022, 107811.
63. Ho, W. and Ma, X., “The State-of-the-art Integrations and Applications of the Analytic Hierarchy Process”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 267, No. 2, 2018, pp. 399-414.
64. Saaty, T. L., “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, No. 1, 1990, pp. 9-26.
65. Saaty, T. L., “Decision Making with the Analytic Hierarchy Process”, *International Journal*

- of Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, 2008, pp. 83-98.
66. Saaty, T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
67. Saaty, T. L., "Homogeneity and Clustering in AHP Ensures the Validity of the Scale", *European Journal of Operational Research*, Vol. 72, No. 3, 1994, pp. 598-601.
68. Hruška, R., Průša, P. and Babić, D., "The Use of AHP Method for Selection of Supplier", *Transport*, Vol. 29, No. 2, 2014, pp. 195-203.
69. Chai, J., Liu, J. N. and Ngai, E. W., "Application of Decision-making Techniques in Supplier Selection: A Systematic Review of Literature", *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, No. 10, 2013, pp. 3872-3885.
70. Ahmad, S. and Tahar, R. M., "Selection of Renewable Energy Sources for Sustainable Development of Electricity Generation System Using Analytic Hierarchy Process: A Case of Malaysia", *Renewable Energy*, Vol. 63, 2014, pp. 458-466.
71. Chatzimouratidis, A. I. and Pilavachi, P. A., "Technological, Economic and Sustainability Evaluation of Power Plants Using the Analytic Hierarchy Process", *Energy Policy*, Vol. 37, No. 3, 2009, pp. 778-787.
72. Ren, J. and Dong, L., "Evaluation of Electricity Supply Sustainability and Security: Multi-criteria Decision Analysis Approach", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 172, 2018, pp. 438-453.
73. Ramanathan, R., "A Note on the Use of the Analytic Hierarchy Process for Environmental Impact Assessment", *Journal of Environmental Management*, Vol. 63, No. 1, 2001, pp. 27-35.
74. Ananda, J. and Herath, G., "The Use of Analytic Hierarchy Process to Incorporate Stakeholder Preferences into Regional Forest Planning", *Forest Policy and Economics*, Vol. 5, No. 1, 2003, pp. 13-26.
75. Gupta, S., Dangayach, G. S., Singh, A. K. and Rao, P. N., "Analytic Hierarchy Process (AHP) Model for Evaluating Sustainable Manufacturing Practices in Indian Electrical Panel Industries", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 189, 2015, pp. 208-216.
76. Kolotzek, C., Helbig, C., Thorenz, A., Reller, A. and Tuma, A. "A Company-oriented Model for the Assessment of Raw Material Supply Risks, Environmental Impact and Social Implications", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 176, 2018, pp. 566-580.
77. Mathivathanan, D., Govindan, K. and Haq, A. N., "Exploring the Impact of Dynamic Capabilities on Sustainable Supply Chain Firm's Performance Using Grey-analytical Hierarchy Process", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 147, 2017, pp. 637-653.
78. Piadeh, F., Alavi-Moghaddam, M. R. and Mardan, S., "Assessment of Sustainability of a Hybrid of Advanced Treatment Technologies for Recycling Industrial Wastewater in Developing Countries: Case Study of Iranian Industrial Parks", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 170, 2018, pp. 1136-1150.
79. Mangla, S. K., Govindan, K. and Luthra, S., "Prioritizing the Barriers to Achieve Sustainable Consumption and Production Trends in Supply Chains Using Fuzzy Analytical Hierarchy

- Process”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 151, 2017, pp. 509-525.
80. 江瑞祥，「公共建設計畫成本效益評估方法」，*國土及公共治理季刊*，第 6 卷，第 3 期，民國 107 年，頁 26-39。
81. Gils, J. A., Piersma, T., Dekinga, A. and Dietz, M. W., “Cost-benefit Analysis of Mollusc-eating in a Shorebird II. Optimizing Gizzard Size in the Face of Seasonal Demands”, *Journal of Experimental Biology*, Vol. 206, No. 19, 2003, pp. 3369-3380.
82. Mishan, E. J. and Quah, E., *Cost-Benefit Analysis*, 5th Edition, London, Routledge, 2007.
83. de Rus, G., Socorro, M. P., Valido, J. and Campos, J., “Cost-benefit Analysis of Transport Projects: Theoretical Framework and Practical Rules”, *Transport Policy*, Vol. 123, 2022, pp. 25-39.
84. Diakoulaki, D. and Karangelis, F., “Multi-criteria Decision Analysis and Cost-benefit Analysis of Alternative Scenarios for the Power Generation Sector in Greece”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 11, No. 4, 2007, pp. 716-727.
85. Koopmans, C. and Mouter, N., “Cost-benefit analysis”, In: Mouter, E. (Ed.), *Standard Transport Appraisal Methods, Advances in Transport Policy and Planning*, Vol. 6, Elsevier Inc., Cambridge, 2020, pp. 1-42.
86. Lavee, D. and Parsha, A., “Cost-benefit Analyses of Policy Tools to Encourage the Use of Plug-in Electric Vehicles”, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 11, 2021, 100404.
87. Guerrieri, M., “Hyperloop, HeliRail, Transrapid and High-speed Rail Systems. Technical Characteristics and Cost-benefit Analyses”, *Research in Transportation Business & Management*, Vol. 43, 2022, 100824.
88. Jayasena, A., Hewage, K., Siddiqui, O. and Sadiq, R., “Socio-economic and Environmental Cost-benefit Analysis of Passive Houses: A Life Cycle Perspective”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 373, 2022, 133718.
89. Secundo, G., Magarielli, D., Esposito, E. and Passiante, G., “Supporting Decision-making in Service Supplier Selection Using a Hybrid Fuzzy Extended AHP Approach: A Case Study”, *Business Process Management Journal*, Vol. 23 No. 1, 2017, pp. 196-222.
90. Darko, A., Chan, A. P. C., Ameyaw, E. E., Owusu, E. K., Pärn, E. and Edwards, D. J., “Review of Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in Construction”, *International Journal of Construction Management*, Vol. 19, No. 5, 2019, pp. 436-452.
91. 黃勢璋，*成效評估與經費規劃(上)*，中華經濟研究院，臺北市，民國 105 年。
92. Hsu, Y. C., Lu, H. A. and Chu, C. W., “Evaluating and Selecting Maritime Suppliers”, *Maritime Policy & Management*, Vol. 43, No. 1, 2016, pp. 39-58.
93. Aguezoul, A., “Third-party Logistics Selection Problem: A Literature Review on Criteria and Methods”, *Omega*, Vol. 49, 2014, pp. 69-78.
94. Meyer, T., “Decarbonizing Road Freight Transportation – A Bibliometric and Network Analysis”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 89, 2020, 102619.

95. 陳國明，「以層級分析法建構供應商評選模式-以新竹網通公司為例」，國立交通大學管理學院工業工程與管理學程碩士論文，民國 101 年。
96. 蘇筱婷，「散裝航運公司後勤補給關鍵影響因素之分析」，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，民國 107 年。
97. 張純菁，「第三方物流廠商實施綠色物流指標評選之研究」，國立中山大學公共事務管理學系碩士論文，民國 104 年。
98. Creative Decisions Foundation, "Tutorial on Hierarchical Decision Models (AHP)", https://www.superdecisions.com/sd_resources/v28_man03.pdf, 2022, Accessed on May 16, 2022.
99. Lai, K. H., Lun, V. Y., Wong, C. W. and Cheng, T. C. E., "Green Shipping Practices in the Shipping Industry: Conceptualization, Adoption, and Implications", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 55, No. 6, 2011, pp. 631-638.
100. 丁吉峯、程慶偉，「從貨櫃航商之觀點評估綠色航運績效指標」，*航運季刊*，第 21 卷，第 3 期，民國 101 年，頁 25-43。
101. Bowersox, D. J. and Closs, D. J., *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*, McGraw-Hill, 1996.
102. Fawcett, S. E. and Cooper, M. B., "Logistics Performance Measurement and Customer Success", *Industrial Marketing Management*, Vol. 27, No. 4, 1998, pp. 341-357.
103. Frazelle, E., *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*, McGraw-Hill, New York, 2002.
104. 行政院經濟建設委員會，*公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊* (97 年版)，民國 97 年。
105. 胡義竑，「貨櫃內陸運輸營運模式之策略分析」，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，民國 105 年。
106. 賴于芳，「臺灣海上走廊與內陸運輸的營運費之比較」，國立臺灣海洋大學商船學系碩士論文，民國 107 年。
107. 交通部運輸研究所，*108 年交通建設計畫經濟效益評估手冊(更新版)*，民國 110 年。
108. 行政院環境保護署，*臺灣空氣污染排放量[TEDS11]線源—排放量推估手冊*，民國 111 年。
109. 陳筱薇，「福岡機場國際航班轉移至北九州機場之成本效益分析」，國立交通大學運輸與物流管理學系碩士論文，民國 101 年。