

中華與長榮航空公司經營大陸航線機隊配置之研究

A Study on Fleet Allocation of China Airlines and EVA Air for Cross-strait Air Routes

李穗玲(Sui-Ling Li)*

摘要

有鑑於大陸航線競爭激烈，油費高漲與全球碳補償課徵等議題的浮現，航空公司為圖生存，實需重視機隊經營成本與管理策略。本研究乃建立最小化成本 / 最大化利潤模式，探討兩家航空公司該如何配置適當的航線機隊，以達到降低成本及提高獲利，除了衡量每一航線不同機型的油耗成本、機組人員成本、溢位成本、碳排放費、降落費，航線旅客數量及票價之外，也考慮經營航線利潤限制與機型座位數限制等因素，用以建構數學模式與進行迴歸分析，藉由收集 2012 年兩岸航線常使用九種機型之資料以進行實證分析。研究結果顯示每一航線最適機型之獲利 / 成本比皆較兩家航空公司目前任一條航線機型之獲利 / 成本比高，而且兩家國籍大型航空公司目前之大陸航線經營規模以配置 A330-300 機型之獲利 / 成本比較具優勢，其次為 B737-800 機型；同時，航線獲利 / 成本比迴歸式顯示隨著航線飛行時間與油耗量增加至少會折損獲利 / 成本比一倍以上，建議目前兩家航空公司於桃園 - 浦東航線宜配置較省油之 A330-300 機型，不宜配置 B747-400 機型。

關鍵字：機隊、兩岸航線、溢位成本、碳排放

Abstract

The issues of fierce competition of cross-strait routes, and high fuel price and

* 國立澎湖科技大學航運管理系副教授；聯絡地址：880 澎湖縣馬公市六合路 300 號，國立澎湖科技大學航運管理系；E-mail: suiling@npu.edu.tw。

global carbon taxation make the airlines pay close attention to operating costs and managerial strategies of their fleet. By proposing the minimum cost/maximum profit model, this paper analyzes the correct allocations of the optimal types of aircrafts on various cross-strait aviation routes for China Airlines and EVA Air in order to achieve higher profit/cost ratios. The factors considered in the model include fuel cost, crew cost, overbooking cost, carbon cost, landing fees, passenger volume and airfares of each aircraft-route. In particular, the constraints of route profit and aircraft seat capacity are also considered. The optimal fleet model of mathematical programming and regression analysis are constructed and applied to the nine aircraft-type data for 35 cross-strait flight routes in 2012. For the above-mentioned two airlines, the results indicate the optimal profit/ cost ratios of the proposed aircrafts-routes are all increased if the suggested aircrafts are correctly allocated to the right cross-strait routes. The optimal aircraft to generate maximum profit/cost ratio is A330-300, and followed by B737-800. The regression results reveal that the increase of fly time and aircraft fuel consumption will largely decrease profit/cost ratio for these two airlines accordingly. Finally, the fuel gulping aircraft B747-400 should be replaced with the fuel-efficient A330-300 on the TPE-PVG route.

Keywords: Fleet, Cross-strait routes, Overbooking cost, Carbon emission

壹、前言

中國大陸開放改革後，吸引臺商到中國大陸設廠投資，臺商只能經由香港、澳門或第三地轉機才能至中國大陸。2003 年開放春節包機，臺商及其家屬往返兩岸三地，終於 2008 年起兩岸開放直航，一般民眾也可以搭機往返兩岸三地。直航後航空公司不但增加客運經營市場，更可節省燃料費用與飛行時間，兩岸民眾往返更為

便捷。據民航局統計資料顯示 2012 年兩岸航線的總飛行班次量有 58,513 班次、載客人數有 8,943,281 人次，平均年承載率達 75%。2012 年兩岸空運市場占有率已達臺灣空運客運市場 20% 以上，相較臺灣國際線與國內線空運市場成長率高，幾乎是每兩個國際班次就接著有一班是飛往中國大陸的。兩岸運量在此榮景下，臺灣國籍航空公司無不積極投入中國大陸的空運市場以獲利，呈現大陸航線載客量之攀升與成長，可預見未來勢必更為競爭激烈。

同時全球暖化日益嚴重，能源危機層出不窮，全球空運業正面臨油費高漲趨勢，碳補償之課徵又隨環保聲潮勢在必行，航空公司必須於現有航線經營上節省成本與降低環境成本間權衡與取捨，是目前及未來航空公司必須面對與處理的熱門課題。因此，國籍航空公司除了確保飛航安全外，如何配置適當之機隊以降低兩岸經營航網擴大之成本壓力，似乎是目前航空公司節撙成本中較有管理效益的途徑，如航空公司機隊配置不當，採用的機型太小除可能會造成旅客溢位成本的產生，機型太大亦可能造成空位的浪費成本。因此，本研究乃探討航空公司使用那些機隊較符合經濟效益。本文擬藉由航機成本最小化 / 利潤最大化模式規劃航線配置以降低航線直接油耗成本與減少座位數不足的溢位成本或剩餘空位的浪費成本產生之目的外，亦應草擬因應綠色運輸之重視節能省碳與減碳措施，諸如航線之更換機隊機型或機身減重等節油措施，以降低航線二氧化碳排放量。本研究主要是兩岸經營航點數較多之中華航空、長榮航空兩國籍航空公司進行個案分析。由於航空公司航機編制規劃為一中、長程規劃，本文並不涉及航空公司的航機的採購與財務議題，僅從目前大陸航線市場所反映的航線承載率及常用機型進行評估，希望能協助國籍航空公司於經營兩岸航線時，能同時考量現有的機隊之油耗成本與航線承載率水準等營運指標之變動，而針對特定航線提出因

應之機型規劃策略。

本研究內容主要有七部分，第一部分為前言，第二部分為文獻回顧，將回顧航網機型配置所考量的直接飛行成本如油耗、機組人員、機場降落費、地面服務費用、航班架次、維修費用、市場需求承載率等因素與規劃模式。第三部分為數學模式建構，考量航空公司經營航線的承載率、油耗及碳排放成本機組人員成本、溢位成本及機場降落費等因素規劃目標式及限制式，第四部分為國籍航空公司於兩岸市場之營運現況，包括經營家數、航線承載率、航線使用機型、航線機型油耗量及碳排放量分析。本研究的中華航空與長榮航空經營的航線是經由臺灣松山、桃園及高雄機場等三個航點出發至大陸有大連、青島、哈爾濱、北京、西安、鄭州、天津、濟南、成都、南昌、上海浦東、上海虹橋、重慶、杭州、黃山、武漢、寧波、廣州、深圳、桂林、三亞和海口等 22 個直航點，共 35 條航線。第五部分為引用臺灣民航局統計資料及大陸統計資料等客運與油耗參數，應用作業研究 LINDO 軟體求解，就其最佳化的結果檢討與分析，同時，討論旅客增減 20% 時兩家航空公司航線獲利 / 成本比之改變與航機配置機型的變動。為利航空公司汰換機型參考，也討論各航線汰換機型之成本效益分析，以提出機隊配置策略與汰換建議。第六部分應用迴歸分析推估航線最佳獲利 / 成本比之競爭力，將兩家航空公司共 35 條航

一般航線發展型態涉及策略性與戰術性 (Bazargan, 2004; Sherali, 2006)，對於短期每週每日排程 Bélanger et al., 2006a, 2006b) 與班次的調度與刪減、人員排班 (Papadakos, 2009) 及維修排班課題 (El Moudani and Mora-Camino, 2000) 涉及大規模演算尺度 (Ozdemir et al., 2012) 與解法問題較屬於戰術性階段航空例行性作業的指派 (Ambrosino et al., 2009; Haouari et al., 2009; Pilla et al., 2012; Salazar-González, 2013)。採用的數學模式大都以建構 0-1 整數規劃模式進行機型指派問題，這些涉及大規模解法的班次、人員及維修作業指派問題經常是分段討論或是整合方式求解。若問題求解規模太大，則常以啟發式求解或用 CPLEX 求解。

斌等人, 2005; 朱星輝等人, 2007, 孫宏等人, 2010) 不外油耗最少、降落費、地面服務費、維修費最少及收入或利潤最大等多目標規劃問題。在成本最小化的目標則考量機型於航線直接營運成本包括持有航機的成本、航路費、維修費、降落費、地面服務費及燃油費 (IATA)。一般限制式除滿足航線載客需求 (如每條航線總旅客數不得超過該航線預計之旅客數) 或航班架次需求外, 同時亦會考量飛行人員與空服人員執勤時間限制 (如每種機型的航線飛行時間不得超過該機型飛行機組人員的飛行時間), 各機場空域容量與跑道容量等機場條件等限制因素、每個航班指派一種機型限制、每種機型座位容量的限制、航機流量守恆、機隊規模限制 (諸如航機可用性限制、航機利用率限制及長、中、短程機型替代限制、及航機停航的限制、計畫週期內 (月) 每條航線總航班架次不得超過該航線所能安排的最多航班架次), 以建構整數規劃模型。

88

航線的利用率及其最低機隊數量以確定每種機型的飛機數量。此文應用 LINGO 求解中國大陸某一航空公司 60 條航線五種機型配置。結果發現當航線客運量預測於 80% ~ 140% 範圍內波動時，最佳化機隊配置方案是適合航線客運需求量的波動。晚近環境管理議題日愈高漲，也有研究針對不同機型之碳排放成本進行研究 (Tsai et al., 2012)，依據歐盟碳排放交易計畫的限制，提出以混合活動成本導向決策模型規劃航空公司機隊，除了衡量航機之直接營運作業成本外，亦衡量碳成本與延噸公里收益，以建構最大利潤目標式，以香港 - 巴黎航線驗證 B747-400 與 A380 機型的成本效益，結果顯示 B747-400 與 A380 機型於航線延噸公里收益的改變，對碳排放的成本和利潤的變化是相似的。指出了排放成本對航空公司延噸公里收益沒有顯著的效果。同時，發現延噸公里收益愈高，選擇廣體客機其利潤愈高。

然本文探討的是航空公司經營大陸航線該如何因應營運環境的改變與同時關注旅客成本之收益管理，而不是例行性的機隊指派工作。晚近以旅客為導向之班表與機隊指派整合之航空公司規劃的研究 (Cadarsó and Marín, 2013)，其目標式除了將收益扣除營運成本外，亦將旅客轉機之連接時間成本、旅客未連接到航班成本、旅客再次搭乘成本等有關旅客成本的考量，將航機於航段間接續旅客收益損失加入航機指派成本 (Dumas et al., 2009) 或

是 Cadarsó and Marín (2011) 於整合航空公司班表發展研究，除了考量營運成本外亦加上旅客溢位成本、缺乏執行轉運成本、旅客班機連接不滿意成本等四項。有關航機旅客溢位成本分析早在 2000 年已有研究 (Li and Oum, 2000; Swan, 2002; Bazagan, 2004)，亦會根據過往不同航線之旅客需求量與需求量變化量，以推估不同機型座位數，因容量不足所產生的溢位數，納入派遣航機可能產生的溢位成本的評估。如 Bazagan (2004) 於航機指派不同機型，則以溢位成本衡量不同機型的懲罰成本，依每種機型旅客溢位數乘以每一種機型每一座位哩程收益 (單位收益) 再乘以航線飛行距離，以估算每一種機型期待的溢位成本。由於考量航空公司班次的多寡、優惠哩程及班機共號等措施可降低旅客流失率，若航空公司的航班次數多則旅客再回率就很高，若航空公司的航班次數少，再回率就很低。因此，也考量了旅客再回率的多寡對溢位成本節省的比率。Li and Oum (2000) 研究座位較小的機型 (低於 150 個座位)，發現其溢位數及承載率若採用常態分配分析，常有高估承載率的問題產生。由於過往觀測的常態分配之承載率平均數與其標準差之比例過大時，可能會造成溢位數高估的狀況，所以該兩位學者提出的改善溢位比率分佈的修正，建立按觀測的常態分配承載率之平均數與其標準差之比例值，可對照理論的常態分配、觀察的常態分配、羅吉斯分配、對數常態分

配及伽瑪分配的數據。該二位學者的研究發現，有助於以實務應用分配模式推估航線旅客需求量分佈。

綜合前述研究文獻，本研究除了考量航機飛航之營運成本外，航空公司因應重視節能省碳與減碳措施之綠色運輸及經營市場需求，除注重航機之營運成本結構中比例最重的油耗成本，因應環保之碳排放成本的重視，及因機型耗油選擇連帶產生不同機型之溢位成本、人員成本、降落費的增減的討論。特別是航線飛航營運成本間各類成本並非是同質性，為利於航空公司各項成本的控制，本研究擬藉此研究分析每一航線每一種機型每一班次使用不同機型時之營運成本分攤效果，由於本研究兩家航空公司所經營之大陸航線航班乃採直飛方式並無轉運，且一天大多以來回各一班，故無需將航段接續成本 (Dumas et al., 2009) 納入本研究考量，僅需單獨考量各航線承載率的變化，以推估各航線配置不同機型可能產生的溢位數。由於研究簡化為每一航線每一班次使用不同機型之營運成本，目標式除可以最小化方式列出，由於旅客量為已知，亦可求算最大利潤，亦可評估航線機型配置型態改變的最大獲利 / 成本比績效，期望經由航線航機配置獲利 / 成本比迴歸模式，分析成本與利潤因果關係，並建立可控制的航線機型更換之成本效益的衡量方式，使本模式更具實務使用價值。其次，成本最小化與利潤最大化本模式亦可隨航線旅客量的變動，討

論有那些機型較具市場需求使用效率與變動性，以提供航空公司規劃航線機隊之參考。

參、模式建構

3.1 模式之基本構想與假設

由於油耗成本項目之成本比例相對其他成本項目為高，大致上最小化模式配置機型會優先考量，又碳排放成本、機組人員成本與機場降落費項目與油耗成本項目屬於同質性的變數，為節省油耗成本，模式勢必選擇機型每小時油耗噸數較小者，然機型噸位數與機型座位數也是高度相關。因此，機型每小時油耗噸數會決定碳排放成本及機場降落費的多寡，而機型座位數亦會影響機組人員的數量，所以最小化成本模式中油耗成本的高低會影響機型配置，至於本研究所引入溢位成本與油耗成本非屬同質性的變數，亦即當降低油耗成本時，會選擇較節省油耗的機型，若此機型座位數較少，則可能導致溢位成本的提高，此時模式就會衡量那一種機型之總成本最低，若此機型座位數較多，則將不會導致溢位成本的提高，此時模式只要衡量最節省油耗的機型即可達到那一種機型之總成本最低。這也是本研究目標式的貢獻之處，讓最小化成本模式中可以反映預期市場之需求量，重視已訂位的旅客，因

航空公司臨時調度困難，更改較小機型，讓旅客不夠坐所產生的溢位成本的重視，或是僅有較大的機型的航空公司，雖無溢位成本產生，但由於耗油成本過大也將不符公司營運目標成本最小的原則。若該航線承載率低，也則將導致利潤為負的狀況，因此，航空公司在經營市場時不可不重視機型的溢位成本。

通常機型座位數多其耗油量也相對較高，且其機組人員成本也較多，此兩項成本為航班主要營運成本。本研究亦針對航線營運所產生與環境管理成本有關之航線成本(包括油耗成本)也納入考量，至於溢位成本之使用係考量使用座位較少的機型，會不會造成該航線旅客量使用不足的狀況，或因承載率低的航線，機型採用較多座位數，會不會造成航空公司成本的浪費。因此，本研究將航線機型當成控制變數。航線溢位數之推估，則依據航空公司之航線承載率來推估。本研究模型建構乃考量航機油耗成本、航機碳排放成本、機組人員成本、旅客溢位成本及降落費，以推估及討論任一航線因為配置機型不同而產生之營運成本與此五類成本之比例關係。目前兩岸航線航班大多一天來回各一班次居多，為利分析一航線每班次使用不同機型之營運成本分攤效果，且本研究較偏於機隊佈局之規劃策略的研究，而不是注重解決每日排班指派航機之管理。另兩岸機型維修成本也是需配合該公司經營的所有航線及機型服務年齡考量，恐問題過

於複雜且非本研究之目的。因此，本研究並未將機型維修排程納入分析。

3.2 變數與參數說明

X_{ij} ：為航空公司 i 航線是否有配置 j 種機型，有則 $X_{ij} = 1$ ，否則 $X_{ij} = 0$ 。

FC_{ij} ：為航空公司 i 航線每 j 種機型之油耗成本為 i 航線 j 種機型每飛行小時乘每小時飛行時間油耗量(噸)再乘以每噸油價格(每公升油價為 0.867 美元)乘以美元匯率(28.980 臺幣)乘以 1,000 (1 噸等於 1,000 公升)，其中每公升油價係參考中油航空燃油歷史價格，美元匯率為臺灣銀行匯率。

CC_{ij} ：航空公司 i 航線 j 種機型之總碳排放成本為 i 航線 j 種機型每小時飛行時間乘以每小時飛行時間油耗量(噸)乘以二氧化碳排放係數(2.198)乘以每噸碳價格(6 歐元)乘以歐元匯率(1 歐元等於 36.960 臺幣)，其中二氧化碳排放係數之排放係數 2.198，係參考我國常用排放係數中之移動源 CO_2 排放係數，每噸碳價格 6 歐元，係引用經濟部能源局能源產業溫室氣體減量資訊網(2012)，歐元匯率為臺灣銀行匯率。

PC_{ij} ：為航空公司 i 航線每 j 種機型之機組人員成本，各機型之機組人員

配置多寡係引用航空器飛航作業管理規則第 188 條規定。

SC_{ij} ：航空公司 i 航線 j 種機型之溢位成本，為 k 航空公司 i 航線之 j 種機型之溢位數量乘以該航空公司 i 航線之票價，該航空公司航線 j 種機型之溢位數量，則將該航線之承載率、使用機型座位數，轉換為座位平均數及標準差，應用 EXCEL 常態分配函數模擬，模擬 i 航線 j 種機型一萬次之隨機值並求其平均之溢位數。

LC_{ij} ：航空公司 i 航線 j 種機型於起降機場降落費之平均值。

P_i ：航空公司 i 航線之來回經濟艙票價，係參考易飛網三個月之票價資訊。

L_i ：航空公司 i 航線之承載率，係參考民航局網站之統計數據。

S_{ij} ：航空公司 i 航線 j 種機型之座位數。

PAX_k ：航空公司 i 航線一班次平均旅客數，係參考民航局網站之統計數據。

3.3 模式之建構

本研究數學模式之建構，是以中華與長榮航空公司總航線配置每一種機型成本最小化為目標，即將該航空公司所有經

營航線之總油耗成本、碳排放成本、機組人員成本、溢位成本及降落費成本等五項成本最小化（本研究目標成本函數未將金額較小的航機於停機坪的停機成本、登機空橋使用費用及飛航管制引導費用納入考量），如式 (1) 所示。限制式 (2) 則考量航空公司各航線經營利潤不可為負值之基本經營要求。限制式 (3) 則考量航空公司於航線分派各種機型最多只能選一種機型，限制式 (4) 則為任一機型載客數的限制，不可超過其座位數的限制，以避免有溢位旅客的狀況，也讓模式在選擇機型時，還要考量機型座位數的限制。限制式 (5) 則為決策變數為 0-1 整數變數。

$$\begin{aligned} MIN \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m FC_{ij} X_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m CC_{ij} X_{ij} + \\ & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m PC_{ij} X_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m SC_{ij} X_{ij} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \\ & + LC_{ij} X_{ij} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} S.T. \quad & 0.5 \sum_{j=1}^m P_i \cdot L_i \cdot S_{ij} \cdot X_{ij} - \sum_{j=1}^m FC_{ij} X_{ij} - \\ & \sum_{j=1}^m CC_{ij} X_{ij} - \sum_{j=1}^m PC_{ij} X_{ij} - \sum_{j=1}^m SC_{ij} X_{ij} \\ & - \sum_{j=1}^m LC_{ij} X_{ij} \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \leq 1 \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m S_{ij} \cdot X_{ij} - \sum_{j=1}^m PAX_i \cdot X_{ij} \geq 0 \quad (4)$$

$$X_{ij} \in 0-1 \text{ integer} \quad (5)$$

本研究也可將已知航線旅客承載率、票價與機型座位數推算各航線收益，加總各航線收益再扣除總航線使用機型之總飛航營運成本，得總航線使用機型之總飛航營運利潤以建構利潤最大化模式，將目標式改為如式 (6)，由於決策變數為涉及不同航線不同機型是否要配置之 0-1 整數規劃問題，若航線多且機型多，將影響決策變數過多可能造成求解上的困難，也需考量適用的求解的方法。限制式同上式 (2) 至式 (5)。

$$\begin{aligned} \text{MAX } & 0.5 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_i \cdot PAX_i \cdot X_{ij} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m FC_{ij} X_{ij} - \\ & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m CC_{ij} X_{ij} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m PC_{ij} X_{ij} - \\ & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m SC_{ij} X_{ij} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m LC_{ij} X_{ij} \end{aligned} \quad (6)$$

肆、大陸航線市場分析

4.1 現況機型配置與承載率分析

依據目前臺灣六家國籍航空公司網站資料，中華、華信、長榮、立榮、復興、遠東航空所使用之機型（僅限飛中國大陸航線）如表 1 所示，其中以華航與長榮之機隊型態比較多樣化與航機座位數多。

國籍航空於大陸航線平均月承載率達 80% 以上之航線分佈如表 2 所示，中華航空經營 17 條約有 21.05% 的航線承載率達 80% 以上，立榮航空經營 21 條約有 9.52% 的航線承載率達 80% 以上，長榮航空經營 18 條約有 42.11% 的航線承載率達 80% 以上，復興航空經營 22 條（含包機）約有 36.36% 的航線承載率達 80% 以上，

表 1 臺灣國籍航空之機型與座位數

航空公司	機型	座位數	航空公司	機型	座位數
中華航空	A330-300	311	長榮航空	A330-200	252
	A320	158		A330-300	311
	B747-400	386		B747-400	386
	B737-800	160		B747-400 Combi	327
	E-190	104		MD90	155
華信航空	A330-300	311	立榮航空	A330-200	252
	B747-400	386		B747-400 Combi	327
	B737-800	160		MD90	155
	E-190	104			
復興航空	A320	158	遠東航空	MD82	165
	A321	182			
	B737-800	160			

表 2 101 年國籍航空大陸航線平均旅客月承載率達 80% 以上之航線分佈 (單位：%)

中華	長榮	復興航空	立榮	華信
松山 - 虹橋 (91.93)	松山 - 虹橋 (87.43)	松山 - 虹橋 (89.44)	松山 - 溫州 (80.60)	臺中 - 深圳 (90.31)
桃園 - 廣州 (80.65)	桃園 - 廣州 (83.17)	臺中 - 浦東 (86.59)		臺中 - 南京 (80.53)
桃園 - 成都 (81.33)	桃園 - 成都 (81.98)	松山 - 浦東 (83.39)		
高雄 - 浦東 (81.02)	桃園 - 北京 (83.33)	松山 - 天津 (83.08)		
	桃園 - 浦東 (82.87)	松山 - 武漢 (82.68)		
	桃園 - 天津 (82.72)	松山 - 福州 (81.97)		
	高雄 - 天津 (80.13)	松山 - 杭州 (81.96)		
	高雄 - 廣州 (80.79)			

華信航空經營 16 條約有 12.50% 的航線承載率達 80% 以上，遠東航空九條約有 11.11% 的航線承載率達 80% 以上，以復興航空承載率較佳，航線中又以松山虹橋航線為承載率最高的航線。

4.2 航線機型之油耗分析

依據大陸民航局機型油耗統計資料，將兩岸大陸航線旅客承載率 80% 以上之飛行時間、航線機型油耗與排碳量如表 3 所示。顯示臺灣國籍航空公司經營大陸航線配置機型，似乎是隨航線旅客的多寡配置該公司有的機型，而不是考量航線飛行的油耗量、航線飛行時間的多寡，同樣的航點卻有不同的機型營運，不但機型座位數差異大，連油耗量也差異大，如桃園 - 浦東航線有 B747-400、A321 機型營運，高雄 - 浦東航線有 A330-300、B747-400 機型營運，松山 - 虹橋航線有 A330-300、A321 機型營運，桃園 - 成都航線有 A330-300、A330-200 機型營運及桃園 - 廣州航線有 B747-400、A330-200 機型營運，雖然

同航線承載率差異不到 4%，但支付的油耗成本就差異很大，航空公司若能選擇適當的機型以降低成本，才能獲利愈大。因此本研究之不同航線配置機型的獲利 / 成本比，就可建議航空公司除了因應旅客量的多寡，規劃適當機型節省成本，加開班次或降低班次，減少空位。

4.3 航線航機之碳排放量

基本上各航線碳費之多寡是與其耗油量一致的，因此可由表 3 看到同樣航線因不同機型營運的差異，不僅產生耗油成本差異很大，也影響碳排放量的差異，諸如前述所提及的桃園 - 浦東、高雄 - 浦東、松山 - 虹橋、桃園 - 成都及桃園 - 廣州航線都有碳排放量的差異大的現象，其中又以桃園 - 浦東航線的機型 B747-400 與 A321 機型碳排放量差異高達三倍。前述所列皆是承載率高於 80% 的航線，至於承載率未達 80% 的航線，用耗油的機型不僅不節能，也造成碳排放量的增加、不環保、浪費資源的問題。

表 3 旅客承載率 80% 以上航線機型油耗與排碳量

航線	機型	飛行時間時 (上 / 下限)	油耗 (公升) (上 / 下限)	碳排放量 (噸) (上 / 下限)
桃園 - 北京	B747-400	3.17	30,225.95	66.44
松山 - 天津	A321	3.00	8,178.00	17.98
桃園 - 天津	B747-400C	3.08	30,374.96	66.76
高雄 - 天津	MD90	3.58	10,256.70	22.54
桃園 - 浦東	B747-400,A321	2.17/1.75	18,307.2/5,915.42	40.24/13
高雄 - 浦東	A330-300,B747-400	2.17	20,690.95/10,832.64	45.48/23.81
松山 - 浦東	A321	1.67	4,552.42	10.01
臺中 - 浦東	A321	1.58	4,307.08	9.47
松山 - 虹橋	A330-300,A321	1.75/1.42	8,736/4,552.42	19.2/10.01
桃園 - 成都	A330-300,A330-200	3.58/3.50	18,116/17,871.36	39.82/39.28
臺中 - 南京	MD90	2.17	6,217.05	13.67
松山 - 溫州	B737-800	1.33	3,231.90	7.10
松山 - 杭州	A321	1.17	3,189.42	7.01
松山 - 武漢	A321	2.58	7,033.08	15.46
桃園 - 廣州	B747-400,A330-200	1.92	18,307.2/9,937.92	40.24/21.84
高雄 - 廣州	MD90	1.67	4,784.55	10.52
臺中 - 深圳	MD90	1.67	4,784.55	10.52
松山 - 福州	A321	2.25	6,133.50	13.48

伍、模式之應用分析

5.1 資料挑選與引用

5.1.1 油耗與碳排放成本

由於中華航空公司與長榮航空公司於大陸航線市場之市場占有率最高，機型也較其他國籍航空多樣化，更值得討論航線布局最佳化的問題，本研究主要衡量不同航線之油耗費用、碳排放成本及溢位成本等。其中，各機型之油耗成本之資料由於臺灣民航局並無公佈無此資料，乃收集大陸民航局公佈的每種機型每飛行小時油耗

數據，各航線飛行小時乃收集航空公司之班表計算得知，至於各機型之碳排放成本相關數據，其中每噸油耗價格則以中油航空燃油歷史價格、碳排放成本則引用我國常用排放係數中之移動源 CO₂ 排放係數 2.198，亦引用經濟部能源局能源產業溫室氣體減量資訊網所公告的每噸碳價格 6 歐元。由於油耗成本與碳排放成本是同質性成本，亦即油耗成本愈大，碳排放成本也就愈大的關係。

5.1.2 溢位成本之推估

由於中華航空與長榮航空於大陸航線一週班次的分佈僅桃園 - 浦東、松山 - 虹

橋、桃園 - 廣州經貿往來密切的城市才天天有班次，其他航線大都一週的班次三、四班比較多，因此，旅客再回率可能不高，由於市場競爭激烈可能搭其他家航空公司。至於溢位成本之推估，必須先分析各航線各機型之旅客溢位數，因此，本文乃收集民航局網站統計資料有關此兩家航空公司 101 年經營大陸航線之每月承載率、班次數及座位數，以計算每一航空公司各航線之平均載客量及標準差如表 4 所示。

兩家航空公司 35 條航線其月平均載客量及標準差的比值大都在 0.2 以下，應

用常態分配模擬較不會有高估溢位數的狀況 (Li and Oum, 2000)，僅航線高雄 - 重慶、桃園 - 南昌、高雄 - 北京及桃園 - 大連月平均載客量及標準差的比值在 0.2 以上，但在 0.4 以下，可能比較會產生高估的狀況，因其承載率低且標準差比較不穩定，獲利狀況也不佳，比較大的機型載客量比較穩定，故本研究並未再修正。本研究乃根據表 4，每個航線每種機型的平均值與標準差應用 EXCEL 之常態分配函數，模擬每種機型之溢位數 10,000 次，以求出每個航線每種機型平均溢位數，如圖 1 與 2 顯示兩家航空公司其經營航線配置

表 4 101 年中華與長榮航空公司各航線月平均載客量變化

中華航空					長榮航空				
航線	機型	載客量平均數 (標準差)	旅客平均數 / 標準差	承載率	航線	機型	載客量平均數 (標準差)	旅客平均數 / 標準差	承載率
桃園 - 成都	A330-300	256(32)	0.13	82.32%	松山 - 虹橋	A330-300	255(39)	0.15	81.99%
桃園 - 大連	A330-300	199(44)	0.22	63.99%	桃園 - 成都	A330-200	207(31)	0.15	82.14%
桃園 - 南昌	A330-300	194(67)	0.35	62.38%	桃園 - 廣州	A330-200	224(20)	0.09	88.89%
桃園 - 青島	A330-300	234(37)	0.16	75.24%	桃園 - 杭州	A330-200	232(36)	0.16	92.06%
桃園 - 武漢	A330-300	241(38)	0.16	77.49%	桃園 - 鄭州	A330-200	187(30)	0.16	74.21%
桃園 - 西安	A330-300	213(31)	0.15	68.49%	桃園 - 北京	B747-400	278(14)	0.05	72.02%
松山 - 虹橋	A330-300	288(19)	0.07	92.60%	桃園 - 浦東	B747-400	306(22)	0.07	79.27%
高雄 - 北京	A330-300	138(40)	0.29	44.37%	高雄 - 浦東	B747-400	309(43)	0.14	80.05%
高雄 - 浦東	A330-300	252(26)	0.10	81.03%	桃園 - 天津	B747-400C	231(24)	0.10	70.64%
高雄 - 深圳	A330-300	242(26)	0.11	77.81%	桃園 - 海口	MD90	102(16)	0.16	65.81%
桃園 - 海口	B737-800	115(12)	0.10	71.88%	桃園 - 哈爾濱	MD90	142(30)	0.20	91.61%
桃園 - 三亞	B737-800	101(16)	0.16	63.13%	桃園 - 濟南	MD90	137(17)	0.12	88.39%
高雄 - 重慶	B737-800	112(42)	0.38	70.00%	桃園 - 黃山	MD90	101(10)	0.10	65.16%
桃園 - 廣州	B747-400	318(19)	0.06	82.38%	高雄 - 廣州	MD90	127(11)	0.09	81.94%
桃園 - 北京	B747-400	301(20)	0.07	77.98%	高雄 - 桂林	MD90	110(13)	0.12	70.97%
桃園 - 浦東	B747-400	296(28)	0.09	76.68%	高雄 - 寧波	MD90	113(13)	0.12	72.90%
桃園 - 深圳	B747-400	315(20)	0.06	81.61%	高雄 - 天津	MD90	126(16)	0.13	81.29%
					高雄 - 鄭州	MD90	113(18)	0.16	72.90%

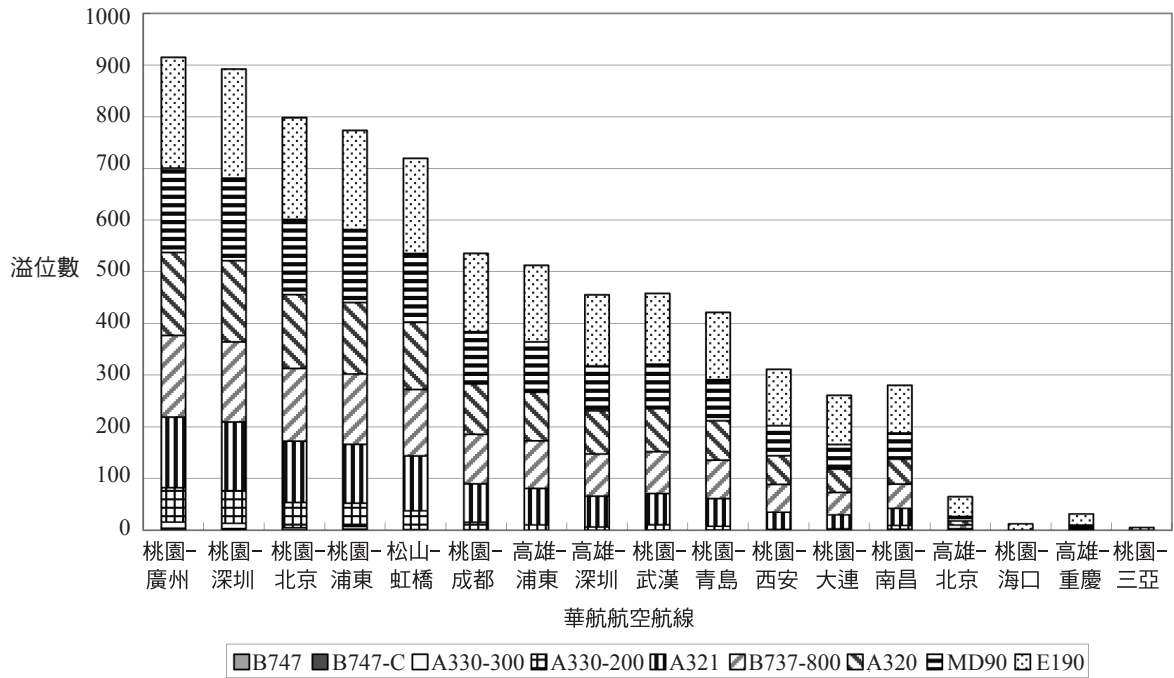


圖 1 各種機型於中華航空經營航線之溢位數推估

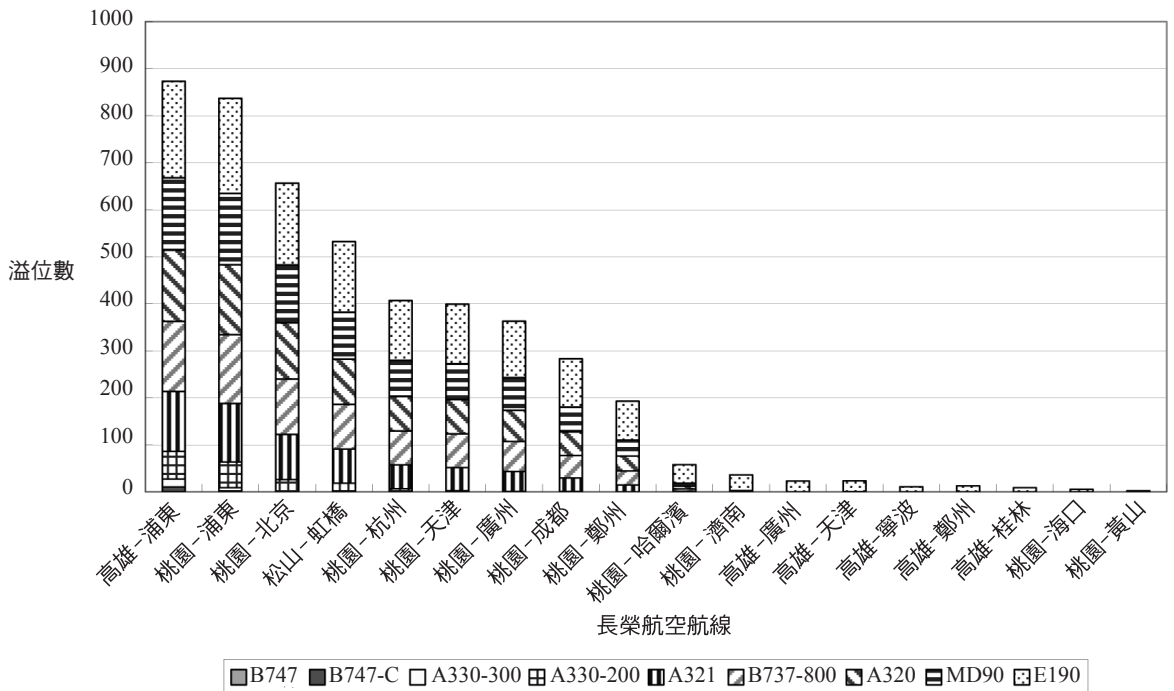


圖 2 各種機型於長榮航空經營航線之溢位數推估

不同機型之溢位狀況，皆顯示航線隨著旅客數的多寡，大機型座位數多較不易產生溢位，小機型座位少較易產生溢位。

5.1.3 機組人員成本

兩家航空公司於實務經營，往往比航空器飛航作業管理規則第 188 條規定，大型機型往往因商務艙及頭等艙之服務需求，派任更多的空服人員服務。由於兩家航空公司並不全都使用九種機型，同樣機型兩家航空公司空服人員配置也有多寡之差異在，但航線營運仍需降低空服人員成本支出，以滿足最低成本營運為目標。因此，本研究乃依據航空器飛航作業管理規則第 188 條規定，載客座位數為五十一座至一百座時，應派遣二名以上之客艙組員，每增加五十座載客座位數時，增派一名以上之客艙組員為原則，依其航線機型之座位數多寡計算其最少需要空服人員。由於航空公司網站並未列有機師人數，本

研究乃參考維基百科，將此九種機型依座位數配置人員如表 5 所示，由於兩岸航線係屬 1 ~ 3 小時短程飛行，通常機師飛行年資較淺，因此機師月本薪乃以副駕駛月本薪計，為臺幣 200,000 元，一個月休假六天，工作 24 天，一天八小時，合計 192 小時，折算每小時本薪為 1,042 元，又飛行加給每小時為 800 元（未計誤餐費及差旅費），每次飛行執勤前均需提前與空服員舉行例行性行前會議及等候執勤時間 10 分鐘至三小時都有。本研究以一小時本薪計，因此，每一機師人員執行一航線班次一次工作薪資為 1,042 元加 1,842 元乘以航線飛行小時。空服人員也是以年資較淺即服勤，每月本薪為 30,000 元，折算每小時薪資為 156 元，又飛行加給每小時為 250 元（未計誤餐費及差旅費），一空服員執行一航線班次一次工作薪資為 156 元加 406 元乘以飛行小時。

表 5 各機型之機組人員

機型	B747-400, B747-400C	A330-300	A330-200	A321, B737-800, A320, MD90	E190
機師人員數量	3	2	2	2	2
空服人員數量	8	7	6	4	3

5.1.4 航線機場降落費

各航線之降落費乃以兩端機場之降落費的平均值計，臺灣與大陸國際機場降落費之計算皆以航機的最大起飛重量計，但分的級距不同，計算的方式大陸採累進

費率，臺灣採固定費率。依據臺灣使用國營航空站助航設備及相關設施收費標準第十五條附表修正規定，臺灣分四個級距 50 公噸以下，每一公噸以 164 元計算，50 ~ 150 公噸，降落費按航機最大起飛重

量每一公噸收 205 元計算，150 ~ 250 公噸，降落費按航機最大起飛重量每一公噸收 229 元計算，250 公噸以上，降落費按航機最大起飛重量每一公噸收 248 元計算。大陸國際機場降落費係依航機最大起飛重量以五個重量級距計算：航機最大起飛重量若在 25 公噸以下則收 2,000 人民幣，航機最大起飛重量若在 26 ~ 50 噸則收 2,200 人民幣，航機最大起飛重量若在 51 ~ 100 噸則收 2,200 人民幣加上 40 人民幣乘以 (航機最大起飛重量 - 50)，航機最大起飛重量若在 101 ~ 200 噸則收 4,200 加上 44 人民幣乘以 (航機最大起飛重

量 - 1,000)，航機最大起飛重量若在 201 噸以上則收 3,600 加上 56 人民幣乘以 (航機最大起飛重量 - 200)。本研究乃上網下載大陸民航局計算方式，並以 1 人民幣等於 4.85 臺幣計算，各機型之降落費如表 6 所示。同樣是 B747-400、A330-300 機型，大陸的降落費較臺灣便宜，B747-400 少收 27,494，A330-300 機型少收 27,062 元，A321 少收 59 元，大陸 MD90 機型降落費較臺灣高昂 191 元，大陸 E190 機型降落費較臺灣高昂的 416 元，其他機型降落費差距則在 100 元上下，足見大陸國際機場比較優惠大機型起降。

表 6 兩岸不同機型之降落費

(單位：元)

機型	B747-400	A330-300	A321	737-800	A320	MD90	E190
大陸降落費	70,935	25,608	19,109	16,298	16,102	14,697	10,728
臺灣降落費	98,429	52,670	19,168	16,216	15,990	14,506	10,312
平均值	84,682	39,139	19,138	16,257	16,046	14,602	10,520

5.2 結果分析

5.2.1 航線最佳化模式採用機型溢位成本之敏感度分析

本研究依據最小化與最大化模式分別將中華航空與長榮航空公司所有經營航線之總油耗成本、碳排放成本、機組人員成本、溢位成本及降落費成本等五項成本、各航線承載率、各航線來回票價及機型座位數應用 LINDO 求解，本節先決定溢位成本係以來回票價五折或是來回票價全額後，再進行後續中華航空與長榮航空航線最佳機型配置的結果分析與討論。

一般航空公司對於溢位的旅客，通常會讓其改搭其他班次或給予累積優惠哩程，所謂的溢位數即是旅客流失的座位數。本研究溢位成本乃採旅客流失一位的單程票價，由於網路訂票資料大都是來回票價的記錄，本研究乃採全額來回票價打五折，即是溢位數乘以航線來回票價五折計。因此，本研究擬藉溢位成本係數的變動，討論機型如何權衡油耗成本與溢位成本，本研究乃進行溢位成本係數的調整，同時也為證明本研究最佳解較穩定，乃將溢位成本全額折價為九折、八折、七折、

六折及五折數種狀況，並比較溢位成本折價數種狀況模式之最佳解的改變與最小成本及最大獲利等敏感度分析，如表 7 及表 8 所示，發現不同溢位成本折價對兩家航空公司航線總成本、獲利之影響將是正面的意義，亦即溢位成本的折價愈大，兩家航空公司的成本將愈節省，獲利愈高。當溢位成本採用來回票價的五折計算，其最小化模式與最大化模式之最佳解皆無變動，除顯示此時最佳解最為穩定，同時，也意味著航空公司實施改搭其他班次或以

優惠哩程折扣以解決溢位數大致損失一張單程票價。因此，後續本研究討論的溢位成本皆是以五折計算。表 8 與圖 3 兩家航空公司不同溢位成本折價相對全額溢位成本之變動幅度也顯示溢位成本折扣愈多，相對航線最佳化機型的變動也愈多，趨向油耗成本較少的機型以降低航線飛航營運總成本，相對的獲利力也提高。兩家航空公司不同溢位成本折價相對全額溢位成本之變動幅度以長榮的相對變動幅度較大，獲利 / 成本比也較高。

表 7 溢位成本折價之最佳解改變狀況

溢位成本折數	中華航空	長榮航空
溢位成本九折	高雄 - 北京 (A321 改 B737)	與溢位成本全額最佳解一致無變動
溢位成本八折	與溢位成本九折最佳解一致	桃園 - 黃山 (B737-800 改 E190)
溢位成本七折	桃園 - 三亞 (B737-800 改 E190)	桃園 - 海口 (B737-800 改 E190)
溢位成本六折	與溢位成本七折最佳解一致	桃園 - 哈爾濱 (A321 改 B737-800)
溢位成本五折至一折	與溢位成本六折最佳解一致	與溢位成本六折最佳解一致

表 8 不同溢位成本折價對兩家航空公司航線最佳解之總成本、總利潤之影響 (單位：元)

指標	中華航空最佳解					長榮航空最佳解				
	華航總航線成本	華航總航線獲利	平均航線成本	平均航線獲利	獲利 / 成本比	總航線成本	總航線獲利	平均航線成本	平均航線獲利	獲利 / 成本比
全額	6,449,606	10,645,310	379,389	626,195	1.65	5,323,241	9,761,093	295,736	542,283	1.83
九折	6,433,440	10,661,470	378,438	627,145	1.66	5,302,662	9,781,672	294,592	543,426	1.84
八折	6,413,816	10,681,100	377,283	628,300	1.67	5,280,708	9,803,626	293,373	544,646	1.86
七折	6,393,863	10,701,050	376,110	629,474	1.67	5,254,686	9,829,648	291,927	546,092	1.87
六折	6,370,454	10,724,460	374,733	630,851	1.68	5,225,455	9,858,879	290,303	547,716	1.89
五折	6,347,045	10,747,870	373,356	632,228	1.69	5,194,481	9,889,853	288,582	549,436	1.90
四折	6,323,636	10,771,280	371,979	633,605	1.70	5,163,507	9,920,827	286,862	551,157	1.92
三折	6,300,227	10,794,680	370,602	634,981	1.71	5,132,533	9,951,801	285,141	552,878	1.94
二折	6,276,819	10,818,090	369,225	636,358	1.72	5,101,559	9,982,775	283,420	554,599	1.96
一折	6,253,410	10,841,500	367,848	637,735	1.73	5,070,585	10,013,750	281,699	556,319	1.97
無	6,230,001	10,864,910	366,471	639,112	1.74	5,039,611	10,044,720	279,978	558,040	1.99

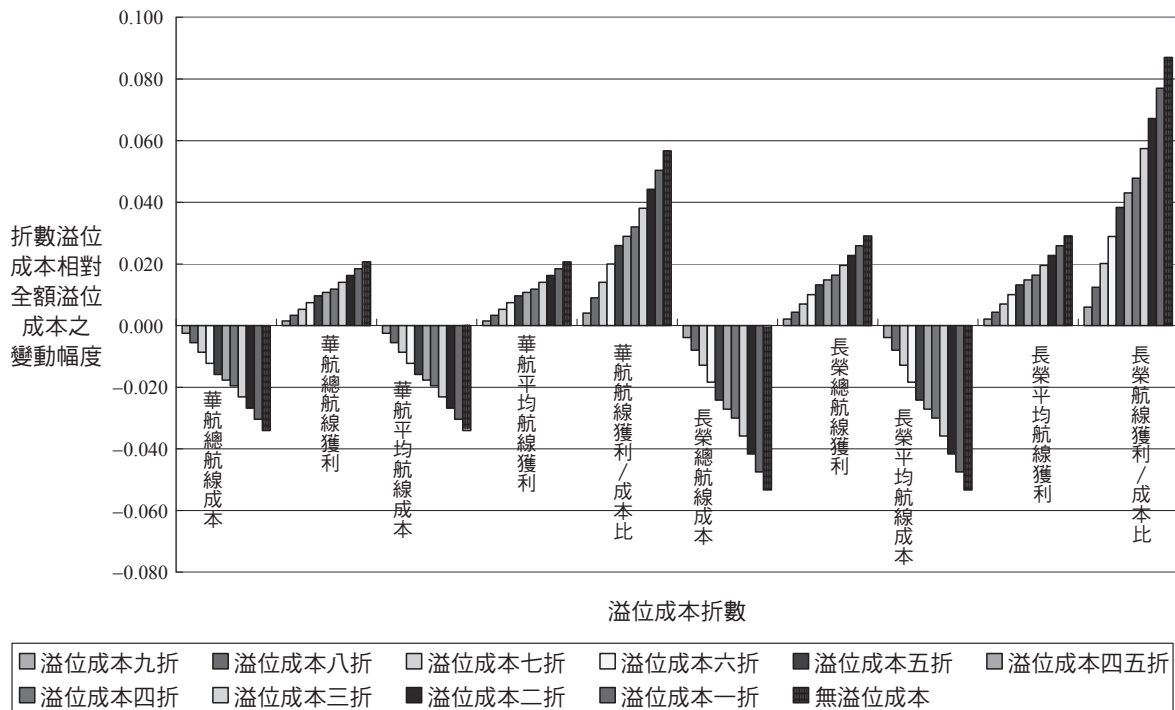


圖 3 兩家航空公司不同溢位成本折價相對全額溢位成本之變動幅度

5.2.2 航線營運之現況與最佳解機型配置差異

由於旅客數為常數，因此本研究模式之最小化成本與最大化利潤的最佳解一致，經由前述溢位數損失一律採單程票價估算，本研究乃就此一最小化成本與最大利潤之結果整理如表 9 及表 10 為目前兩家航空公司各航線最佳配置的機型，表 9 顯示在四種不同成本折價比率情境下，中華航空現況航線配置機型與本研究模式所配置之結果僅四條航線配置機型不同，其他航線皆相同。桃園 - 北京、桃園 - 浦東航線現況配置 B747-400 機型，最佳解配置 A330-300 機型；高雄 - 北京航線現況配置 A330-300 機型，溢位成本折價為

零（全額）時之最佳配置機型為 A321，溢位成本折數九折及以下時，最佳解配置 B737-800 機型；桃園 - 三亞航線現況配置 B737-800 機型，溢位成本折價數為七折及以下時，最佳解配置為 E190 機型。其他航線最佳解配置 A330-300 機型共有松山 - 虹橋、桃園 - 成都、高雄 - 浦東、高雄 - 深圳、桃園 - 武漢、桃園 - 青島、桃園 - 西安、桃園 - 大連、桃園 - 南昌等九條航線。桃園 - 海口、高雄 - 重慶等兩條航線皆使用 B737-800 營運。

表 10 顯示長榮航空經營現況僅有松山 - 虹橋航線配置 A330-300 機型與最佳解一致，長榮航空其他航線現況與最佳解並不相同。桃園 - 北京、桃園 - 浦東、

表 9 中華航空公司現況與最小化（最大化）之最佳解機型

華航航線	現況配置	全額	九折	八折	七折	六折	五折	四折	三折	二折	一折	無
桃園 - 廣州	B747-400											
桃園 - 深圳												
桃園 - 北京	B747-400	A330-300										
桃園 - 浦東												
松山 - 虹橋	A330-300											
桃園 - 成都												
高雄 - 浦東												
高雄 - 深圳												
桃園 - 武漢												
桃園 - 青島												
桃園 - 西安												
桃園 - 大連												
桃園 - 南昌												
高雄 - 北京	A330-300	A321	B737-800									
桃園 - 海口	B737-800											
高雄 - 重慶												
桃園 - 三亞	B737-800				E190							

表 10 長榮航空現況與最小化（最大化）之最佳解機型

長榮航線	現況配置	全額	九折	八折	七折	六折	五折	四折	三折	二折	一折	無
高雄 - 浦東	B747-400	A330-300										
桃園 - 浦東												
桃園 - 北京												
松山 - 虹橋	A330-300											
桃園 - 杭州	A330-200											
桃園 - 天津	B747-400C											
桃園 - 廣州	A330-200											
桃園 - 成都												
桃園 - 鄭州												
桃園 - 哈爾濱	MD90	A321				B737-800						
桃園 - 濟南		B737-800										
高雄 - 廣州												
高雄 - 天津												
高雄 - 寧波												
高雄 - 鄭州												
高雄 - 桂林												
桃園 - 海口		B737-800				E190						
桃園 - 黃山		B737-800			E190							

高雄 - 浦東、桃園 - 天津等四條航線現況皆使用 B747-400 (-400F) 營運，桃園 - 成都、桃園 - 廣州、桃園 - 杭州、桃園 - 鄭州等 4 條航線皆使用 A330-200 營運。桃園 - 海口、桃園 - 哈爾濱、桃園 - 濟南、桃園 - 黃山、高雄 - 廣州、高雄 - 桂林、高雄 - 寧波、高雄 - 天津、高雄 - 鄭州等九條航線皆使用 MD90 營運。至於長榮航空最佳解配置機型 A330-300 於松山 - 虹橋、桃園 - 成都、桃園 - 廣州、桃園 - 杭州、桃園 - 北京、桃園 - 浦東、高雄 - 浦東、桃園 - 天津及桃園 - 鄭州等九條航線。最佳解機型 B737-800 配置於桃園 - 哈爾濱、桃園 - 濟南、高雄 - 廣州、高雄 - 天津、高雄 - 寧波、高雄 - 鄭州、高雄 - 桂林等七條航線。最佳解配置機型 E190 於航線桃園 - 海口(溢位成本六折及以下時)、桃園 - 黃山(溢位成本八折及以下時)。

5.2.3 航線最小化模式之績效分析

茲就最佳化對於兩家航空公司整體航線經營績效、整體航線成本結構變動調整、航線機型配置最佳化獲利與成本比較、航線空位數之改善，說明如下：

1. 航線經營績效

從表 11-12 兩家航空之現況與最佳化之獲利 / 成本比值，可發現兩家航空公司各航線機型最佳化的成本皆較現況航線機型成本低，並且各航線機型最佳化的獲利皆較現況獲利高，因此，各航線皆呈現

最佳化獲利 / 成本比值高於現況獲利 / 成本比值，其中中華航空於桃園 - 浦東、桃園 - 北京、桃園 - 深圳及桃園 - 廣州四航線航機若由 B747-400 機型改為 A330-300 機型，除桃園 - 廣州四航線其獲利 / 成本比值較現況獲利 / 成本比值增加 0.98 倍外，其他三航線獲利 / 成本比值較現況獲利 / 成本比值增加超過一倍以上，其中桃園 - 浦東航線獲利 / 成本比值較現況獲利 / 成本比值增加達 1.48 倍。高雄 - 北京線航機若由 A330-300 機型改為 A321 機型，則其獲利 / 成本比值較現況獲利 / 成本比值增加 0.72 倍。長榮航空經營桃園 - 浦東線航機若由 B747-400 機型改為 A330-300 機型，其航線獲利 / 成本比值較現況獲利 / 成本比值增加近 1.47 倍。至於桃園 - 天津、桃園 - 北京及高雄 - 浦東三航線，可將 B747-400 機型改為 A330-300 機型可獲利 / 成本比值超過一倍以上，至於桃園 - 杭州航線現況獲利 / 成本比已表現達 2.3 倍，若由機型 A330-200 改為 A330-300 不但可降低旅客溢位成本與油耗成本及碳排放成本且最佳化獲利 / 成本比將為 3.12 倍(見表 15)，加上杭州航線近年承載率亦達 80% 以上，是值得更換服務機型為 A330-300。至於由 MD90 改為 B737-800 的航線有桃園 - 濟南、高雄 - 寧波、高雄 - 廣州及高雄 - 桂林四航線，其現況獲利 / 成本比已表現達 1.5 倍至 1.98 倍，最佳化獲利 / 成本比此四航線皆上升達 2.04 倍至 2.38 倍。

表 11 兩家航空公司之總航線飛航一次之總飛航營運成本與獲利比較 (單位：元)

航空公司	現況 / 最佳化	油耗成本	碳排放成本	溢位成本	機組人員成本	降落費	總航線成本	總航線獲利	獲利 / 成本
中華 (17 條航線)	現況	5,954,116	115,480	30,842	348,671	778,889	7,227,998	9,866,914	1.37
	最佳化	5,141,696	99,722	117,044	329,399	659,184	6,347,045	10,747,867	1.69
長榮 (18 條航線)	現況	5,703,188	110,613	91,084	339,431	665,841	6,910,157	8,174,176	1.18
	最佳化	4,156,253	80,609	154,871	315,659	487,090	5,194,482	9,889,853	1.90

表 12 兩家航空公司之平均航線飛航一次之飛航營運成本與獲利比較 (單位：元)

航空公司	現況 / 最佳化	平均油耗成本	平均碳排放成本	平均溢位成本	平均機組人員成本	降落費	平均一條航線成本	平均一條航線獲利	獲利 / 成本
中華 (17 條航線)	現況	350,242	6,793	1,814	20,510	45,817	425,176	580,407	1.37
	最佳化	302,453	5,866	6,885	19,376	38,776	373,356	632,227	1.69
長榮 (18 條航線)	現況	316,844	6,145	5,060	18,857	36,991	383,898	454,121	1.18
	最佳化	230,903	4,478	8,604	17,537	27,061	288,582	549,436	1.90

再者，兩家航空公司各種航線班次飛航營運成本 / 獲利比較與平均航線一班次飛航營運成本 / 獲利比較如表 7、表 8 所示，就營運現況而言中華航空兩岸現有的 17 條航線服務中，使用 B747-400 (與 747-400F) 機型服務的航線有四條，使用 A330-300 服務的航線有 10 條，使用 B737-800 服務的航線有三條；長榮航空現有的 18 條兩岸航線，使用 B747-400 機型服務的航線有四條，使用 A330-200 服務的航線有四條，使用 A330-300 服務的航線有一條，及使用 MD90 服務的航線有九條。由於中華航空使用之機型較耗油的比例高，故相對燃油成本較長榮航空高。同時，本研究之最佳化模式的每一航線機型之平均成本皆較目前兩家航空公司之每一航線機型平均成本低。同時，不管於經營現況或最小化成本，長榮航空公司於大陸

航線經營 18 條航線之總成本與每一航線機型平均成本皆較中華航空公司於大陸航線經營 17 條航線之總成本與每一航線機型平均成本低。長榮航空公司於大陸航線經營 18 條航線之總獲利與每一航線機型平均獲利皆較中華航空公司於大陸航線經營 17 條航線之總獲利與每一航線機型平均獲利低，但兩家之獲利 / 成本比，長榮航空略高些。

2. 最佳化模式航線成本結構的變動

由前述表 12 可進一步比較現況與最小化模式五項成本占總成本的比例的差異，如表 13 顯示油耗成本比例所占比例最高，次為降落費，其後依序為機組人員成本、碳排放成本及溢位成本，由於油耗成本的比例最高。於模式機位數量的限制下，兩家航空油耗成本與降落費成本及碳排放成本占總成本的比例下降，惟僅溢位

表 13 中華航空與長榮航空各航線之平均單次飛航營運成本結構

成本項目	平均油耗成本	平均碳排放成本	平均溢位成本	平均機組人員成本	平均降落費成本
華航現況	82.38%	1.60%	0.43%	4.82%	10.78%
華航最小化模式	81.01%	1.57%	1.84%	5.19%	10.39%
長榮現況	82.53%	1.60%	1.32%	4.91%	9.64%
長榮最小化模式	80.01%	1.55%	2.98%	6.08%	9.38%

成本與機組人員成本占總成本比例上升。長榮航空油耗成本占總成本比例降低值比中華航空為多，長榮航空溢位成本及機組人員占總成本比例提高值較中華航空多，長榮航空於降落費占總成本比例提高值較中華航空少，因此，現況獲利不變的狀況下，當然長榮航空整體獲利 / 成本比會比中華航空多。

本研究最小成本模式可協助兩家航空

公司最小化模式對現況總航線各項成本支出之改善量的分析，如圖 4 顯示當所有航線之總溢位成本增加，總油耗成本、總降落費成本、總碳排放成本與總機組人員成本下降。圖 5 亦顯示本研究成本最小化模式現況平均航線各項成本之改善量，當航線之溢位成本增加，航線油耗成本、航線降落費皆降低，且航線碳排放成本與航線機組人員成本亦呈下降。顯示長榮航空公

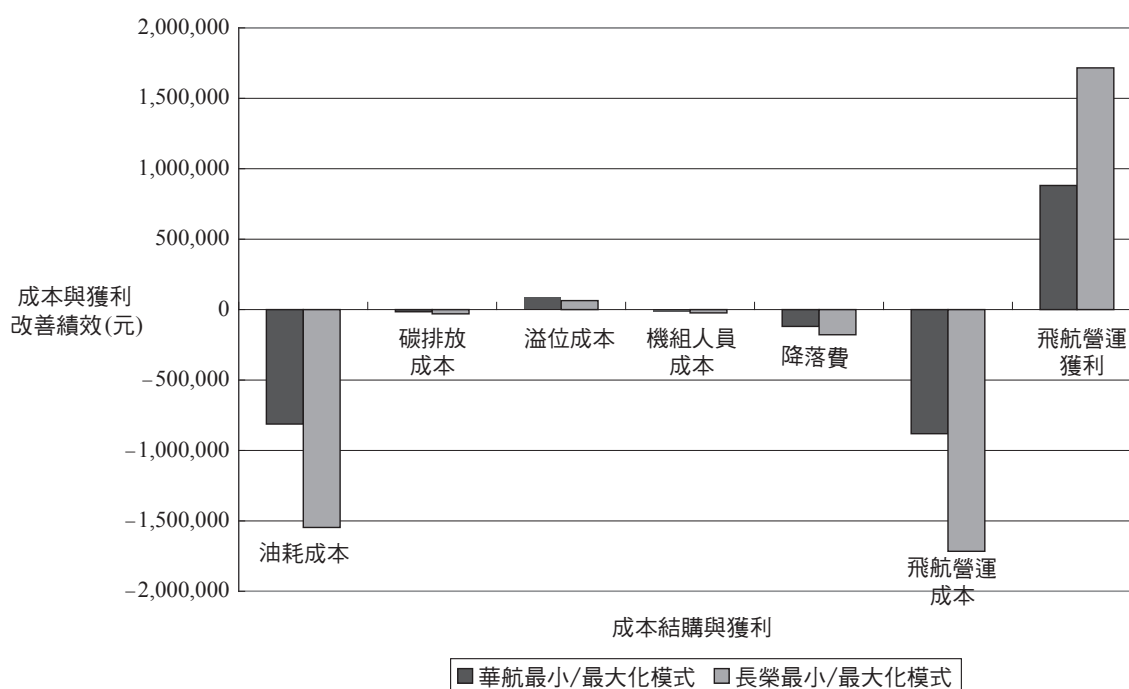


圖 4 兩家航空公司最小化模式對現況整體航線各項總成本支出改善績效

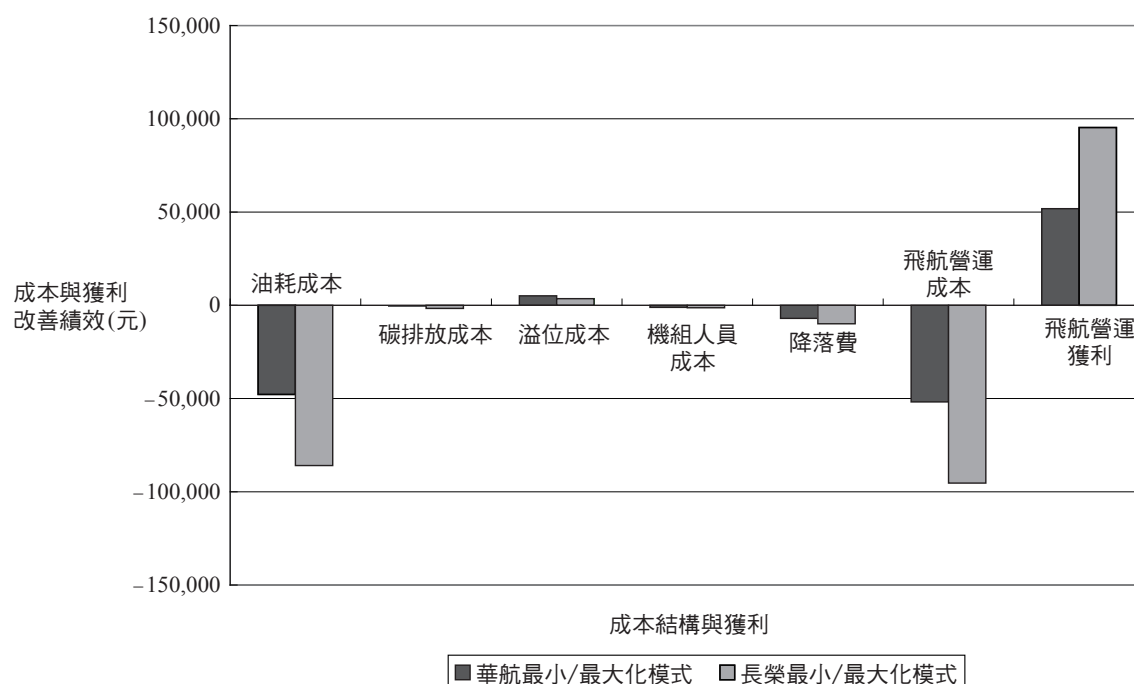


圖 5 兩家航空公司最小化模式對目前各航線平均各項成本支出之改善績效

司於平均航線飛航一次之總飛航營運成本與平均航線飛航一次之飛航營運成本皆比華航省更多。說明本研究最小化模式皆可達到改善目前兩家航空公司飛航營運各項成本績效。

3. 航線營運之現況與最佳解機型配置之獲利與成本比較

整體而言，每一條航線皆有獲利，最小化 / 最大化模式皆有改善現況獲利，如表 14 至表 16 所示；中華航空獲利 / 成本比較高的航線有松山 - 虹橋 (2.99)、桃園 - 浦東 (2.88)、高雄 - 深圳 (2.60)、桃園 - 青島 (2.43)、桃園 - 武漢 (2.24)、高雄 - 浦東 (1.92) 皆配置 A330-300，長榮航空獲利 / 成本比較高的航線則有松山 - 虹

橋 (3.19)、桃園 - 浦東 (3.10)、桃園 - 杭州 (3.12)、高雄 - 浦東 (2.02)、桃園 - 天津 (1.76)、桃園 - 廣州 (1.84)，前述航線皆配置 A330-300 機型，同時也較現況該航線所配置之機型獲利。也有配置 B737-800 獲利 / 成本比不錯的航線，諸如長榮航空之桃園 - 濟南 (2.47)、高雄 - 寧波 (2.32)、高雄 - 廣州 (2.26)、高雄 - 桂林 (2.04)。配置 A321 機型獲利 / 成本比不錯的航線如長榮航空之桃園 - 哈爾濱 (1.80)，還有配置 E190 機型獲利 / 成本比不錯的航線如長榮航空桃園 - 黃山 (2.03)。至於獲利 / 成本比較差的航線有中華航空配置 B737-800 於高雄 - 北京 (0.98) 航線與配置 E190 於桃園 - 三亞 (1.06)。長榮航空則是配置

表 14 中華航空最佳化模式各航線單一班次飛航營運成本與獲利 (單位：元)

航線	機型	油耗成本	碳排放成本	溢位成本	機組人員成本	降落費	飛航營運成本	飛航營運獲利	獲利成本比
桃園 - 成都	A330-300	449,133	8,711	5,390	26,246	39,139	528,619	851,221	1.61
桃園 - 大連	A330-300	386,405	7,494	0	23,015	39,139	456,053	616,557	1.35
桃園 - 南昌	A330-300	323,677	6,278	5,390	19,784	39,139	394,268	651,392	1.65
桃園 - 青島	A330-300	303,604	5,888	0	18,750	39,139	367,381	893,879	2.43
桃園 - 武漢	A330-300	334,968	6,497	0	20,365	39,139	400,969	898,021	2.24
桃園 - 西安	A330-300	470,461	9,125	0	27,344	39,139	546,069	602,001	1.10
松山 - 虹橋	A330-300	219,548	4,258	3,892	14,420	39,139	281,257	839,639	2.99
高雄 - 北京	B737-800	229,010	4,442	30,429	22,351	16,257	302,489	297,397	0.98
高雄 - 浦東	A330-300	272,240	5,280	0	17,134	39,139	333,793	640,313	1.92
高雄 - 深圳	A330-300	198,221	3,845	0	13,322	39,139	254,527	661,443	2.60
桃園 - 海口	B737-800	147,788	2,866	0	15,364	16,257	182,275	253,000	1.39
桃園 - 三亞	E190	138,043	2,677	18,925	15,012	10,520	185,177	197,108	1.06
高雄 - 重慶	B737-800	183,208	3,553	16,170	18,411	16,257	237,599	366,081	1.54
桃園 - 廣州	B747-400	460,087	8,923	0	20,961	84,682	574,653	628,977	1.09
桃園 - 北京	A330-300	386,405	7,494	17,388	23,015	39,139	473,441	835,006	1.76
桃園 - 浦東	A330-300	219,548	4,258	19,460	14,420	39,139	296,825	855,207	2.88
桃園 - 深圳	B747-400	419,350	8,133	0	19,485	84,682	531,650	660,625	1.24

表 15 長榮航空最佳化模式各航線單一班次飛航營運成本與獲利 (單位：元)

航線	機型	油耗成本	碳排放成本	溢位成本	機組人員成本	降落費	飛航營運成本	飛航營運獲利	獲利成本比
松山 - 虹橋	A330-300	178,148	3,455	3,892	12,287	39,139	236,921	755,539	3.19
桃園 - 成都	A330-300	439,097	8,516	0	25,729	39,139	512,481	547,877	1.07
桃園 - 廣州	A330-300	240,876	4,672	0	15,519	39,139	300,206	553,682	1.84
桃園 - 杭州	A330-300	229,585	4,453	0	14,937	39,139	288,114	900,306	3.12
桃園 - 鄭州	A330-300	355,041	6,886	0	21,399	39,139	422,465	585,465	1.39
桃園 - 北京	A330-300	397,696	7,713	0	23,596	39,139	468,144	747,689	1.60
桃園 - 浦東	A330-300	240,876	4,672	26,241	15,519	39,139	326,447	1,011,844	3.10
高雄 - 浦東	A330-300	272,240	5,280	61,848	17,134	39,139	395,641	798,799	2.02
桃園 - 天津	A330-300	386,405	7,494	0	23,015	39,139	456,053	804,514	1.76
桃園 - 海口	E190	142,858	2,771	17,588	15,448	10,520	189,185	169,601	0.90
桃園 - 哈爾濱	B737-800	208,857	4,051	27,285	20,618	16,257	277,068	497,826	1.80
桃園 - 濟南	B737-800	172,827	3,352	5,457	17,518	16,257	215,411	532,198	2.47
桃園 - 黃山	E190	102,729	1,992	12,560	11,811	10,520	139,612	283,226	2.03
高雄 - 廣州	B737-800	101,986	1,978	0	11,424	16,257	131,645	298,123	2.26
高雄 - 桂林	B737-800	137,406	2,665	0	14,471	16,257	170,799	348,566	2.04
高雄 - 寧波	B737-800	132,521	2,570	0	14,051	16,257	165,399	383,216	2.32
高雄 - 天津	B737-800	218,629	4,240	0	21,458	16,257	260,584	300,620	1.15
高雄 - 鄭州	B737-800	198,476	3,849	0	19,725	16,257	238,307	370,763	1.56

A330-300 於桃園 - 成都 (1.07)、配置 B737-800 於高雄 - 鄭州 (1.56)、高雄 - 天津 (1.15)，配置 E190 於桃園 - 海口 (0.90)。

表 16 顯示最佳化模式改善兩家航空公司的獲利 / 成本比值的程度，改善效益現況 B747-400 機型效益最大的為配置 A330-300 機型，諸如中華航空經營的桃園 - 浦東航線獲利 / 成本比提高 1.71、桃園 - 北京航線提高 1.26；長榮航空部分，則是桃園 - 天津航線提高 1.35、高雄 - 浦東航線提高 1.16、桃園 - 浦東航線提高 1.77 及桃園 - 北京航線提高 1.23。A330-300 更換 A330-200 現況桃園 - 杭州的獲利 / 成本比效益亦提高 0.49，至於桃園 - 廣州航線則提高 0.11，長榮航空桃園 - 成都航線的獲利 / 成本比效益則提高 0.08 及長榮航空桃園 - 鄭州的獲利 / 成本比效益則提高 0.07 皆效益不大。

配置 B737-800 機型改善現況 A330-300 機型的獲利 / 成本比，如中華航空經營的高雄 - 北京航線獲利 / 成本比提高 0.88，效益尚好。至於 B737-800 機型改善 MD90 機型之獲利 / 成本比，以提高航線獲利 / 成本比皆低於 0.43，諸如長榮航空桃園 - 濟南航線獲利 / 成本比提高 0.42、長榮航空桃園 - 哈爾濱航線獲利 / 成本比提高 0.41、長榮航空高雄 - 寧波航線獲利 / 成本比提高 0.40、長榮航空高雄 - 廣州航線獲利 / 成本比提高 0.37、長榮航空高雄 - 鄭州航線獲利 / 成本比提高 0.32、長

榮航空高雄 - 桂林航線獲利 / 成本比提高 0.37、長榮航空高雄 - 天津航線獲利 / 成本比提高 0.28。如果長榮航空使用 E190 機型取代 MD90 來經營其桃園 - 黃山航線，則其獲利 / 成本比僅能提高 0.52。同樣的，若以 E190 機型取代 MD90 機型來經營桃園 - 海口航線，則僅能提高獲利 / 成本比效益 0.32，效益也不大。

4. 最佳化模式各航線之改善績效

雖由前述兩家航空公司營運之總航線總成本與平均成本都顯示以最佳化模式來規劃機型，對兩家航空公司都可節省總成本支出。因此，本研究乃將最佳化模式對兩家航空公司於各航線營運成本之改善績效如圖 6 說明之。

圖 6 顯示模式改善中華航空現況航線飛航營運成本之四條航線，其中航線桃園 - 北京、桃園 - 浦東原為 B747-400 營運，基於機型 B747-400 比 A330-300 耗油成本、碳排放成本、機組人員成本及機場降落費高，改派機型 A330-300 僅需增加支付溢位成本，但仍可節省總成本支出。航線高雄 - 北京航線的機型 A330-300 比機型 B737-800 耗油成本、碳排放成本、機組人員成本及機場降落費高，因此，最佳化模式改派機型 B737-800 僅需支付額外溢位成本，但仍可節省總成本支出。至於華航三亞航線，最佳化模式改派機型 E190，僅需支付溢位成本仍可節省總成本支出。

表 16 兩家航空公司航線現況配置機型非使用最佳解機型 (單位：元)

航線	現況機型	油耗成本	碳排放成本	溢位成本	機組人員成本	降落費	飛航營運成本	飛航營運獲利	獲利 / 成本比	最佳解提高比
高雄 - 北京 *	A330-300	470,461	9,125	0	27,344	39,139	546,069	53,817	0.10	0.88
桃園 - 三亞 *	B737-800	157,559	3,056	0	16,205	16,257	193,077	189,208	0.98	0.08
桃園 - 北京 *	B747-400	738,056	14,315	0	31,036	84,682	868,089	440,358	0.51	1.26
桃園 - 浦東 *	B747-400	419,350	8,133	0	19,485	84,682	531,650	620,382	1.17	1.71
桃園 - 成都	A330-200	455,281	8,830	5,123	24,165	39,139	532,538	527,820	0.99	0.08
桃園 - 廣州	A330-200	249,754	4,844	3,812	14,592	39,139	312,141	541,747	1.74	0.11
桃園 - 杭州	A330-200	238,047	4,617	30,735	14,046	39,139	326,584	861,836	2.64	0.49
桃園 - 鄭州	A330-200	368,128	7,140	0	20,106	39,139	434,513	573,417	1.32	0.07
桃園 - 北京	B747-400	759,622	14,733	0	31,819	84,682	890,856	324,977	0.36	1.23
桃園 - 浦東	B747-400	460,087	8,923	0	20,961	84,682	574,653	763,638	1.33	1.77
高雄 - 浦東	B747-400	519,994	10,085	3,866	23,133	84,682	641,760	552,680	0.86	1.16
桃園 - 天津	B747-400	763,367	14,806	0	29,642	84,682	892,497	368,070	0.41	1.35
桃園 - 海口	MD90	192,244	3,729	0	16,677	14,602	227,252	131,533	0.58	0.32
桃園 - 哈爾濱	MD90	246,246	4,776	38,199	20,618	14,602	324,441	450,453	1.39	0.41
桃園 - 濟南	MD90	203,765	3,952	5,457	17,518	14,602	245,294	502,315	2.05	0.42
桃園 - 黃山	MD90	138,243	2,681	0	12,738	14,602	168,264	254,573	1.51	0.52
高雄 - 廣州	MD90	120,243	2,332	0	11,424	14,602	148,601	281,167	1.89	0.37
高雄 - 桂林	MD90	162,004	3,142	0	14,471	14,602	194,219	325,146	1.67	0.37
高雄 - 寧波	MD90	156,244	3,030	0	14,051	14,602	187,927	360,688	1.92	0.40
高雄 - 天津	MD90	257,766	4,999	0	21,458	14,602	298,825	262,379	0.88	0.28
高雄 - 鄭州	MD90	234,005	4,539	0	19,725	14,602	272,871	336,199	1.23	0.32

註：* 表中華航空公司航線，未有 * 為長榮航空公司航線

圖 6 顯示模式改善長榮航空現況航線飛行營運成本之多寡依序為桃園 - 天津、桃園 - 北京、桃園 - 浦東、高雄 - 浦東、桃園 - 哈爾濱、桃園 - 杭州、桃園 - 鄭州、高雄 - 天津、高雄 - 鄭州、桃園 - 濟南、桃園 - 海口、桃園 - 成都、高雄 - 桂林、高雄 - 寧波、桃園 - 黃山、高雄 - 廣州、桃園 - 廣州，其中航線桃園 - 天津、桃園 - 北京、桃園 - 浦東、高雄 - 浦東原為 B747-400 營運，最小化模式基於機

型 B747-400 比 A330-300 的耗油成本及降落費皆較高，若改派 A330-300 機型取代 B747-400，則可以節省總成本支出，或許會增加桃園 - 浦東、高雄 - 浦東的溢位成本的小許負擔，但總成本仍會大幅度的降低。為減少桃園 - 杭州航線耗油成本與減少溢位成本負擔，建議該航線應改派機型 A330-300 取代目前的 A330-200 機型，以降低總成本負擔。桃園 - 鄭州航線應由 A321 機型取代 A330-200 機型，此改變僅

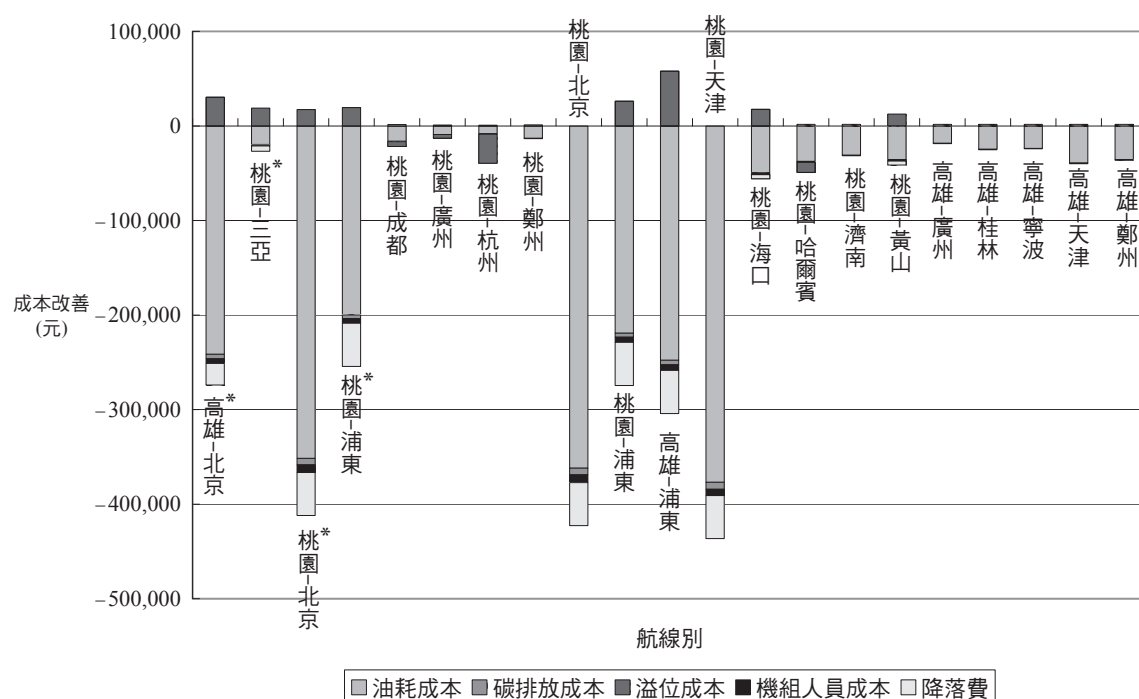


圖 6 最佳化模式於兩家航線各類成本之改善績效

略微增加溢位成本負擔，卻可大幅降低其他項目的成本負擔，最後整體總成本負擔將降低。至於高雄 - 天津、高雄 - 鄭州、桃園 - 濟南、桃園 - 海口、高雄 - 桂林、高雄 - 寧波、桃園 - 黃山、高雄 - 廣州八條航線其機型皆由 MD-90 改派機型 B737-800 僅增加降落費負擔，降低油耗成本與碳排放成本，機組人員成本與溢位成本並不會增加，所以可達到節省總成本負擔之目的。航線桃園 - 成都、桃園 - 廣州也是與前述桃園 - 杭州狀況類似，為降低油耗成本、溢位成本、碳排放成本，僅增加機組人員成本，也是由 A330-200 改派機型 A330-300 以節省總成本負擔。

5. 最佳化模式改善航空公司航線機型空位數績效

由於成本最小化與利潤最大化模式有機型承載座位數的限制，不管成本最小化或利潤最大化模式，其配置之機型一樣且機型的空位數也一樣，由於中華航空航線最佳解的機型座位數僅桃園 - 廣州、桃園 - 深圳、高雄 - 北京及桃園 - 三亞等四條航線改變，並比現況機型降低座位數，因此，最小化或最大化之最佳化模式改善了華航現況機型空位數的數量，如表 17。

長榮航線僅松山 - 虹橋航線與現況機型一樣，其他航線除降低成本外，選擇較不耗油的機型，以降低機型空位數，

表 17 最佳解減少空位數量

華航航線	一班次 旅客量	現況機型 空位	最佳機型 空位	減少 空位數	長榮航線	一班次 旅客量	現況機型 空位	最佳機型 空位	減少 空位數
桃園 - 廣州	318	68	68	0	高雄 - 浦東	309	77	2	75
桃園 - 深圳	315	71	71	0	桃園 - 浦東	306	80	5	75
桃園 - 北京	301	85	10	75	桃園 - 北京	278	108	33	75
桃園 - 浦東	296	90	15	75	松山 - 虹橋	255	56	56	0
松山 - 虹橋	288	23	23	0	桃園 - 杭州	232	20	79	-59
桃園 - 成都	256	55	55	0	桃園 - 天津	231	96	80	16
高雄 - 浦東	252	59	59	0	桃園 - 廣州	224	28	87	-59
高雄 - 深圳	242	69	69	0	桃園 - 成都	207	45	104	-59
桃園 - 武漢	241	70	70	0	桃園 - 鄭州	187	65	124	-59
桃園 - 青島	234	77	77	0	桃園 - 哈爾濱	142	13	18	-5
桃園 - 西安	213	98	98	0	桃園 - 濟南	137	18	23	-5
桃園 - 大連	199	112	112	0	高雄 - 廣州	127	28	33	-5
桃園 - 南昌	194	117	117	0	高雄 - 天津	126	29	34	-5
高雄 - 北京	138	173	22	151	高雄 - 寧波	113	42	47	-5
桃園 - 海口	115	45	45	0	高雄 - 鄭州	113	42	47	-5
高雄 - 重慶	112	48	48	0	高雄 - 桂林	110	45	50	-5
桃園 - 三亞	101	59	3	56	桃園 - 海口	102	53	2	51
					桃園 - 黃山	101	54	3	51

諸如高雄 - 浦東、桃園 - 浦東、桃園 - 北京及桃園 - 天津航線由 B747-400 改為 A330-300，桃園 - 海口、桃園 - 黃山航線由 MD90 改為 E190。由於 MD90 機型座位數比 B737-800 少，MD90 機型每小時耗油數比 B737-800 多，同樣地 A330-200 機型座位數比 A330-300 少，A330-200 機型每小時耗油數比 A330-300 多。因此，長榮部分航線除降低成本外，同時增加旅客座位數且改善油耗成本，例如桃園 - 杭州、桃園 - 廣州、桃園 - 成都、桃園 - 鄭州航線，將機型由 A330-200 改為 A330-300；及桃園 - 哈爾濱、桃園 - 濟南、高

雄 - 廣州、高雄 - 天津、高雄 - 寧波、高雄 - 鄭州、高雄 - 桂林航線，將機型由 MD90 改為 B737-800。

5.3 結果檢討與分析

5.3.1 航線旅客數量變動之最佳機型配置的改變

旅客成長或減少也會影響航空公司獲利 / 成本比的變動，因此，航空公司在航線配置機型時，不得不考慮航空公司之市場獲利 / 成本比值數據的改變，來考量是否需淘汰原先配置的機型。因此，本文乃模擬兩家航空公司所有經營的航線旅客量

增減幅度達 20%，對航空公司獲利 / 成本比的影響。如表 18 顯示當旅客數量增加 10%，中華航空獲利 / 成本比會由 1.69 上升 1.71；當旅客增加量 20% 時，獲利 / 成本比會由 1.69 上升 1.94，意味著華航有待增加客源，提高承載率。長榮航空當旅客維持目前的數量獲利成本比可達到 1.90，但隨著旅客量以 10% 幅度增加，由於成本增加但獲利減少，因此，呈現獲利 / 成

本比由 1.90 下滑至 1.60。同樣的，隨著旅客量以 10% 幅度下降，雖然成本相對減少，但獲利也隨著減少，因此，獲利 / 成本比也會呈現下滑的趨勢。然整體而言，旅客量減少 10% 的獲利 / 成本比會較旅客量增加 10% 的獲利 / 成本比來的高些，意味著目前航線旅客數已達最佳化機型的配置，一旦所有航線旅客數的變動將導致獲利 / 成本比的下降。

表 18 旅客數量變動幅度對航空公司獲利 / 成本比的影響

項目		旅客減少 20%	旅客減少 10%	旅客 100%	旅客增加 10%	旅客增加 20%
華航	經營航線總成本 (1)	5,789,211	5,848,642	6,347,045	7,234,811	7,248,741
	經營航線總獲利 (2)	7,850,452	9,413,494	10,747,870	12,337,429	14,036,423
	獲利 / 成本比 (2)/(1)	1.36	1.62	1.69	1.71	1.94
長榮	經營航線總成本 (1)	5,007,838	5,087,159	5,194,481	5,707,682	6,156,266
	經營航線總獲利 (2)	7,017,400	8,446,780	9,889,853	9,141,414	10,051,386
	獲利 / 成本比 (2)/(1)	1.40	1.66	1.90	1.60	1.63

表 19 顯示當旅客數量增減 20% 幅度的變動中，中華航空各航線最佳化機型改變狀況，有八條航線其機型皆無變動，顯示此八條航線的機型配置是適當的，例如桃園 - 成都、高雄 - 浦東、高雄 - 深圳、桃園 - 武漢等五條航線所配置 A330-300 仍可維持同樣機型的成本以降低服務成本，另外如高雄 - 北京、高雄 - 重慶、桃園 - 海口等三條航線所配置 B737-800 仍可維持同樣機型的成本以降低服務成本。其他航線機型則在旅客下降率達 10% 或 20% 時，桃園 - 西安、桃園 - 大連、桃園 - 南昌等三航線，如將機型由 A330-300 改為為較少座位數的 A321 機型，以降低

服務成本。另外當旅客增加率達 10% 或 20% 時候，則部分航線無法維持採用較少座位數的機型，而必須提高機型座位數，諸如松山 - 虹橋航線會由 A330-300 改為 B747-400，高雄 - 北京航線由 B737-800 改為 A321，桃園 - 三亞航線由 E190 改為 B737-800。

表 20 顯示當旅客數量增減 20% 幅度的變動中，長榮航空各航線最佳化機型改變狀況，有九條航線其機型皆無變動，如松山 - 虹橋、桃園 - 杭州、桃園 - 天津、桃園 - 廣四條航線所配置 A330-300 仍可維持同樣機型的成本以降低服務成本，另高雄 - 北京、高雄 - 重慶、桃園 - 海口五

表 19 中華航空各航線旅客量增加或減少對最佳機型配置的改變

華航航線	旅客量	機位空位數				最佳機型					
		旅客減少 20%	旅客減少 10%	旅客 100%	旅客成長 10%	旅客成長 20%	旅客減少 20%	旅客減少 10%	旅客 100%	旅客成長 10%	旅客成長 20%
桃園 - 廣州	318	57	25	68	37	5	A330-300	A330-300	B747-400	B747-400	B747-400
桃園 - 深圳	315	59	28	71	40	8	A330-300	A330-300	B747-400	B747-400	B747-400
桃園 - 北京	301	71	41	10	55	25	A330-300	A330-300	A330-300	B747-400	B747-400
桃園 - 浦東	296	75	45	15	61	31	A330-300	A330-300	A330-300	B747-400	B747-400
松山 - 虹橋	288	81	52	23	70	41	A330-300	A330-300	A330-300	B747-400	B747-400
桃園 - 成都	256	107	81	55	30	4	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300
高雄 - 浦東	252	110	85	59	34	9	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300
高雄 - 深圳	242	118	94	69	45	21	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 武漢	241	119	95	70	46	22	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 青島	234	124	101	77	54	31	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 西安	213	12	120	98	77	56	A321	A330-300	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 大連	199	23	3	112	93	73	A321	A321	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 南昌	194	27	8	117	98	79	A321	A321	A330-300	A330-300	A330-300
高雄 - 北京	138	50	36	22	9	17	B737-800	B737-800	B737-800	B737-800	A321
桃園 - 海口	115	68	57	45	34	22	B737-800	B737-800	B737-800	B737-800	B737-800
高雄 - 重慶	112	71	60	48	37	26	B737-800	B737-800	B737-800	B737-800	B737-800
桃園 - 三亞	101	24	14	3	49	39	E190	E190	E190	B737-800	B737-800

表 20 長榮航空各航線旅客量成長或減少最佳機型配置的改變

長榮航線	旅客量	機位空位數				最佳機型			
		旅客減少 20%	旅客減少 10%	旅客 100%	旅客成長 10%	旅客成長 20%	旅客減少 20%	旅客減少 10%	旅客 100%
高雄 - 浦東	309	64	33	2	47	16	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 浦東	306	67	36	5	50	19	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 北京	278	89	61	33	6	53	A330-300	A330-300	A330-300
松山 - 虹橋	255	107	82	56	31	5	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 杭州	232	126	103	79	56	33	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 天津	231	127	104	80	57	34	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 廣州	224	132	110	87	65	43	A330-300	A330-300	A330-300
桃園 - 成都	207	17	125	104	84	63	A321	A330-300	A330-300
桃園 - 鄭州	187	33	14	124	106	87	A321	A330-300	A330-300
桃園 - 哈爾濱	142	47	33	18	4	12	B737-800	B737-800	B737-800
桃園 - 濟南	137	51	37	23	10	18	B737-800	B737-800	B737-800
高雄 - 廣州	127	59	46	33	21	8	B737-800	B737-800	B737-800
高雄 - 天津	126	60	47	34	22	9	B737-800	B737-800	B737-800
高雄 - 寧波	113	70	59	47	36	25	B737-800	B737-800	B737-800
高雄 - 鄭州	113	70	59	47	36	25	B737-800	B737-800	B737-800
高雄 - 桂林	110	72	61	50	39	28	B737-800	B737-800	B737-800
桃園 - 海口	102	23	13	2	48	38	E190	E190	B737-800
桃園 - 黃山	101	24	14	3	49	39	E190	E190	B737-800

條航線所配置 B737-800 仍可維持同樣機型的成本以降低服務成本。其他航線機型則在旅客下降率達 10% 或 20% 時，則桃園 - 鄭州、桃園 - 成都航線會由 A330-300 降為較少座位 A321 機型。當旅客增加率達 10% 或 20% 則部分航線無法維持較少座位的機型則會提高機型座位數諸如高雄 - 浦東、桃園 - 浦東、桃園 - 北京航線會由 A330-300 改為 B747-400，桃園 - 哈爾濱、桃園 - 濟南航線由 B737-800 改為 A321，桃園 - 海口、桃園 - 黃山航線由 E190 改為 B737-800。

5.3.2 航線機型汰換之成本效益分析

由於航線機型汰換涉及航空公司購機計畫、航網佈局、財務管理及航機之服役年限等因素的考量，雖然本研究提出兩家航空公司該如何配置機型以達較現況經營成本低獲利高的優勢，但在實務上該如何汰換機型還是要有上述因素的考量，因此，本研究僅對前述最佳化模式於各航線的成本與獲利績效值，進一步說明該如何評估該航線機型汰換的成本效益。

由於本研究最佳解的機型已是該航線最具最小成本最大獲利的機型，是有汰換的優勢，擬就任一航線最佳化的獲利 / 成本比及改善現況獲利 / 成本比增加值兩個績效指標來衡量，藉此兩個績效指標的大小來決定該航線機型是否要汰換。由於機型不一且航線營運規模不同，此兩指標可減少如何計算航空公司獲利值多少才算合

理的問題，也可清楚分析航線獲利 / 成本比的倍數關係與增減比較標準化，本研究乃以該航線最佳獲利 / 成本比與其改善現況獲利 / 成本比的增加值兩指標進行航線汰換機型之成本效益的衡量。再者，獲利 / 成本比與改善現況獲利 / 成本增加值如何界定，要多大才算是航空公司覺得具有投資報酬率，當然獲利 / 成本比也可以本研究最佳化模式所算出之中華航空平均航線的獲利 / 成本比 1.69，長榮航空平均航線的獲利 / 成本比 1.90 為依據標準（見表 12），只要超過此門檻值就是相對比較有優勢，低於此門檻值就是相對沒優勢。由於是獲利 / 成本比，航空公司可依其可接受的最佳獲利成本倍數門檻值（初估為獲利 2 至 3 倍）為縱座標，因此，本文乃以最佳獲利 / 成本比值 2 為橫座標中間值，改善現況獲利 / 成本比的增加值 1 為門檻值，可區分四大部分如圖 7 所示：

茲說明此四區規劃理由：

1. 優先機型汰換區：此區為航線最佳獲利 / 成本比值超過 2 且航線現況獲利 / 成本比增加值超過 1，如中華航空桃園 - 浦東航線、長榮航空桃園 - 浦東與長榮航空高雄 - 浦東航線更換 B747-400 為 A330-300 機型。
2. 次佳汰換機型區：此區為航線最佳獲利 / 成本比值不及 2 且航線現況獲利 / 成本比增加值超過 1，如中華航空桃園 - 北京航線、長榮航空桃園 - 天津、桃園 -

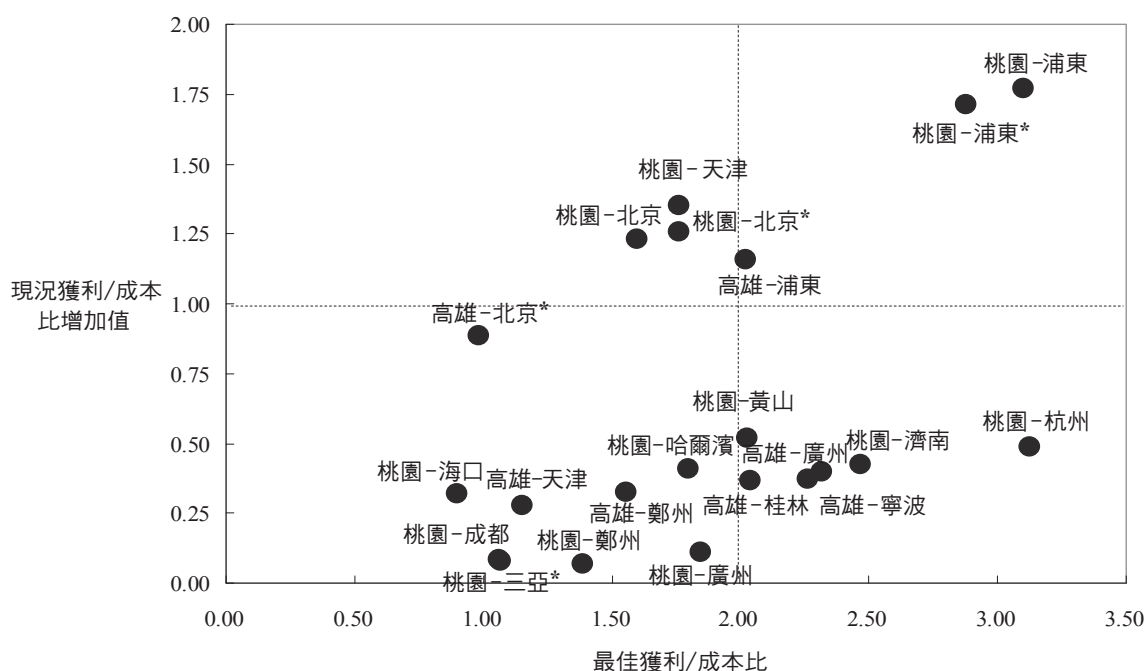


圖 7 航線機型汰換評估得點

北京航線更換 B747-400 為 A330-300 機型。

3. 暫緩汰換機型區：此區為航線最佳獲利 / 成本比值超過 2 且航線現況獲利 / 成本比增加值小於 1，長榮航空桃園 - 杭州航線暫緩更換 A330-200 為 A330-300 機型，長榮航空桃園 - 濟南、高雄 - 寧波、高雄 - 廣州、高雄 - 桂林航線暫緩更換 MD90 為 B737-800，長榮航空桃園 - 黃山航線暫緩更換 MD90 為 E190。
4. 不汰換機型區：此區為航線最佳獲利 / 成本比值不及 2 且航線現況獲利 / 成本比增加值不及 1，長榮航空桃園 - 廣州、桃園 - 鄭州、桃園 - 成都航線的 A330-200 不換為 A330-300，中華航空

高雄 - 北京航線的 A330-300 不換為 B737-800，長榮航空桃園 - 哈爾濱 (1.80, 0.41) 不換 MD90 為 A321，長榮航空高雄 - 鄭州、高雄 - 天津航線的 MD90 不換為 B737-800，中華航空桃園 - 三亞航線的 B737-800 也不換為 E190，長榮航空桃園 - 海口航線的 MD90 不換為 E190。

航機汰換除用上述獲利 / 成本比及改善現況獲利 / 成本比增加值兩項評估得點分析外，用標竿航線評比法其結果也是相近，僅多列桃園 - 杭州航線的汰換，如兩家航空皆有之標竿航線松山 - 虹橋，該航線不但配置機型成本較低亦是較符合市場旅客需求量，也可用以評估任一航線是否

需更動目前機型改配置 A330-300 機型以降低營運成本及獲利。例如中華航空的桃園 - 浦東航線獲利金額皆大於松山 - 虹橋航線；長榮航空經營的桃園 - 杭州、桃園 - 浦東、高雄 - 浦東及桃園 - 天津四航線之航線獲利金額皆大於其經營的松山 - 虹橋航線，上述四航線未來可考量更改採用 A330-300 機型。

由於長榮航空航線最佳化的 B737-800 機型之獲利性雖仍未較 A330-300 高，獲利未達松山 - 虹橋的水準，獲利也未達長榮航空之平均航線獲利，但較 MD90 節省燃油成本，例如長榮航空經營之桃園 - 濟南、高雄 - 廣州、高雄 - 桂林、高雄 - 寧波航線，此五航線的獲利 / 成本比值皆在 2 以上，桃園 - 濟南航線每航次獲利值高達 532,198 元，高雄 - 廣州、高雄 - 桂林、高雄 - 寧波等三航線建議改配置 B737-800 機型。

5.3.3 航線機型配置策略

本研究建議中華航空與長榮航空可依本研究前述成本最小化模式 / 利潤最大化模式所產生的每航線的營運成本與獲利、旅客增減變動 20% 仍可維持同樣成本變動的航線最佳化機型及航線航機更動成本效益評估表、最佳化預期航機承載率或標竿航線的成本與獲利值再進行篩選，以確保航空公司營運成本最小化，亦可達到利潤最大化，並降低風險的目標。部分航線需變動的機型，除經前述航線航機更動成

本效益評估外，亦可依預期航線機型承載率與溢位數的多寡來取捨是否要重新配置該種機型，若預期承載率已達 80% 至 100% 的航線，則可配置該種機型，預期承載率未達 80%，則將有浪費成本風險，不宜使用。如中華航空之桃園 - 北京、桃園 - 浦東航線及長榮航空之桃園 - 浦東與高雄 - 浦東航線之配置機型除符合預期承載率已達 80% 至 100% 的航線且其現況承載率之變動幅度在 0 ~ 20% 可將 B747-400 更改為 A330。至於長榮航空則建議對目前航線較耗油之 A330-200 與 MD90 機型，逐年改換較不耗油的機型，換較為省油之 A330-300 或 B737-800 機型。如桃園 - 杭州航線獲利 / 成本比高達 3.19，因應日益增加的旅客量，可考慮更換省油的 A330-300 成本及更多的座位數。由於高雄 - 廣州、高雄 - 桂林、高雄 - 寧波航線配置 B737-800 機型頗適合因應旅客增減幅度，深具營運效率，也可考慮逐年改換較不耗油的 B737-800 機型。目前航線機型配置不需變動的機型主要有 A330-300 與 B737-800 兩種機型，其中 A330-300 機型適合配置的航線有中華航空之桃園 - 成都、桃園 - 南昌、桃園 - 青島、桃園 - 武漢、松山 - 虹橋、高雄 - 浦東、高雄 - 深圳航線及長榮航空之松山 - 虹橋。B737-800 機型最適配置的航線有中華航空桃園 - 海口、高雄 - 重慶航線。因此，本研究規劃航機配置方式如表 21，茲就變更機型配置部分說明如下：

表 21 航線機型配置方式

方式	潛力航線	焦點航線
變更機型	次佳汰換機型 桃園 - 北京 *(1.76,1.26)、桃園 - 天津 (1.76,1.35)、桃園 - 北京 (1.60,1.23) 更換 B747-400 為 A330	優先汰換機型 桃園 - 浦東 *(2.88,1.77)、桃園 - 浦東 (3.10,1.71)、高雄 - 浦東 (2.02,1.16) 更換 747-400 為 A330
機型不汰換	不汰換機型 桃園 - 廣州 (1.84,0.11)、桃園 - 鄭州 (1.39,0.07)、桃園 - 成都 (1.07,0.08) 不換 A330-200 為 A330-300 高雄 - 北京 *(0.98,0.88) 不換 A330-300 為 B737-800 桃園 - 哈爾濱 (1.80,0.41) 不換 MD90 為 A321 高雄 - 鄭州 (1.56,0.32)、高雄 - 天津 (1.15,0.28) 不換 MD90 為 B737-800 桃園 - 三亞 *(1.06,0.08) 不換 B737-800 為 E190 桃園 - 海口 (0.90,0.32) 不換 MD90 為 E190	暫緩汰換機型 桃園 - 杭州 (3.12,0.49) 暫緩更換 A330-200 為 A330-300 桃園 - 濟南 (2.47,0.42)、高雄 - 寧波 (2.32,0.4)、高雄 - 廣州 (2.26,0.37)、高雄 - 桂林 (2.04,0.37) 暫緩更換 MD90 為 B737-800 桃園 - 黃山 (2.03,0.52) 暫緩更換 MD90 為 E190
維持機型	仍使用原機型宜加強收益 桃園 - 深圳 *(1.24,0)、桃園 - 廣州 *(1.09,0) 配置 F747-400 桃園 - 南昌 *(1.65,0)、桃園 - 成都 *(1.61,0)、桃園 - 大連 *(1.35,0)、桃園 - 西安 *(1.10,0) 配置 A330-300 桃園 - 海口 *(1.39,0)、高雄 - 重慶 *(1.54,0) 配置 B737-800	仍使用原機型 松山 - 虹橋 (3.19,0)、桃園 - 青島 *(2.43,0)、桃園 - 武漢 *(2.24,0)、松山 - 虹橋 *(2.99,0)、高雄 - 深圳 *(2.60,0)、高雄 - 浦東 *(1.92,0) 配置 A330-300

註：(A,B) A 表最佳化獲利 / 成本比值，B 表現況獲利 / 成本比的增加值。

* 表中華航空航線，其餘為長榮航空航線。

1. 多爭取班次時間帶、增加班次、重視旅客量與溢位成本的控制的航線

中華航空經營的桃園 - 浦東航線與長榮航空經營的桃園 - 浦東、桃園 - 杭州、高雄 - 浦東、桃園 - 天津、桃園 - 廣州五航線宜儘早汰換為 A330-300 機型，由於這些航線若配置 A330-300 機型其獲利 / 成本比、獲利值皆具競爭性。

2. 獲利 / 成本比水準不夠，可視公司之獲利水準再更換

中華航空經營之桃園 - 北京航線與長榮航空經營桃園 - 北京、桃園 - 鄭州航線

由於獲利 / 成本比值不夠大，航空公司可依其公司航線獲利水準，再決定是否要汰換機型。

3. 成本最低、獲利低，但可考量市場未來潛力的航線

長榮航空經營之航線除桃園 - 杭州獲利高，其他桃園 - 濟南、高雄 - 寧波、高雄 - 廣州、高雄 - 桂林、桃園 - 黃山航線成本低為其競爭優勢，旅客少但旅客變動大是這些航線特性，未來若能穩定客源，再行汰換機型。至於長榮桃園 - 杭州航線獲利 / 成本比高達 3.19，因應日益增加的

旅客量，可考慮更換省油的 A330-300 成本及更多的座位數。

4. 飛行時間長、獲利成本比低度成長的航線可放棄更換機型

中華航空經營之高雄 - 北京、桃園 - 三亞航線與長榮航空經營的航線桃園 - 廣州、桃園 - 成都、桃園 - 鄭州、高雄 - 鄭州、高雄 - 天津、桃園 - 哈爾濱、桃園 - 海口，獲利 / 成本比低的航線並不具競爭力，雖更改機型較少可省降落費，但旅客量少、飛行時間長、獲利低的航線可放棄更換機型。

至於最佳化模式解一致的航線機型也建議航空公司雖不建議汰換機型，但仍要努力取得市場優勢，茲建議此兩類型航線，可改進之處：

1. 多爭取班次時間帶、增加班次的航線

長榮航空經營的松山 - 虹橋與華航經營的桃園 - 青島、桃園 - 武漢、松山 - 虹橋、高雄 - 深圳、高雄 - 浦東航線由於這些航線目前係配置 A330-300 型其獲利 / 成本比、獲利值皆具競爭性，大多飛行時間較短，經貿往來多，宜多爭取班次時間帶增加班次。

2. 旅客變動大、競爭優勢弱的航線

中華航空經營之桃園 - 廣州、桃園 - 南昌、桃園 - 成都、桃園 - 大連、桃園 - 西安、桃園 - 海口、高雄 - 重慶這些航線之配置機型雖與最佳解一致，但其獲利不高、獲利成本比不高、旅客變動大、除桃

園 - 海口、高雄 - 重慶外，營運成本較無法下降、預期承載率也不高，實有必要再強化其競爭優勢。至於桃園 - 深圳航線雖獲利超過平均航線獲利，但其獲利成本比仍嫌偏低 (1.24)。

陸、航線機型配置獲利成本比之迴歸模式分析

6.1 航線最小化機型之成本節省之關鍵因素分析

6.1.1 影響航線營運成本之相關因素

前述結果已顯示最小化模式不僅於航線營運總成本比現況航線營運總成本低，平均航線營運成本亦比現況的平均航線營運成本低。其中油耗成本占總飛行營運成本的比率最大高達 80% ~ 82%，且成本最小化模式顯示油耗成本控制為可改善總成本現況最有效之方式。如表 22 所示油耗成本、碳排放成本與總成本的相關係數最高，且每小時飛行油耗量 (公噸 / 小時) 與每公里油耗量 (公斤 / 小時) 與總成本相關係數也顯著相關。

6.1.2 機型溢位成本與機型空位之關係

油耗成本與溢位成本不是同質性變數，亦即當耗油成本愈小，溢位成本可能並不愈小或愈大的關係。因此，本研究為討論此兩種成本該如何競合取捨，雖表 22

表 22 最小化航線總成本與八項成本相關變數之相關係數

變數	最小化總成本
每小時飛行油耗量 (公噸 / 小時)	0.781**
每公里油耗量 (公斤 / 公里)	0.624**
航線飛行時間	0.340*
航線油耗成本	0.992**
航線碳排放成本	0.992**
航線溢位成本	-0.091
航線機組人員成本	0.802**
航線降落費	0.776**

註：** 表顯著水準 $\alpha = 0.01$ (兩尾)

* 表顯著水準 $\alpha = 0.05$ (兩尾) 皮爾森相關係數是可接受的

顯示現況、最小化模式溢位成本與總成本相關係數不顯著。由於本研究之最小化成本模式，目的在節省空餘座位數，盡量使用油耗低的機型，如表 23 顯示機型座位數與旅客數的多寡與油耗量、航機最大起飛重量及航線降落費呈高度相關。

對目前航線承載率低之機型座位數降低，以降低閒置空位，提升該航線承載率。對目前航線較耗油之機型，改換較省油之機型，增加或降低座位數，並以能節省該航線最多總成本為目標，機型 B737-800 及 E190 兩者較機型 MD90 省油，因此，對於長榮航空配置 MD90 機型 (155 個座位數) 的航線，建議因應承載率低之

航線，應更換座位數較少僅有 104 個座位數且省油之機型 E190，以降低閒置空位及提升該航線承載率。至於承載率較高的航線，為了節省油耗成本，可以更換座位較多且省油之 B747-800 機型 (160 個座位數)。

6.1.3 航線飛行時間與成本項目的關係

由於航線飛行時間對航線總成本變數之相關係數皆呈顯著，本研究乃進一步將航線飛行時間對航線之各項成本變數之相關係數如表 24 所示，顯示最小化模式油耗成本不但較現況高以外，亦隨飛行時間的增加，航線油耗成本亦隨著增加的趨勢。同時，由於碳排放成本係依據油耗成本計算求得，故兩者之相關係數為 1。因此，最小化模式碳排放成本不但較現況高以外，亦隨飛行時間的增加，航線油耗成本亦隨著增加的趨勢。隨著航班飛行時間的增加，現況、最小化模式之機組人員的成本皆隨之增加的趨勢，且最小化模式之機組人員成本變數與航線飛行時間的相關係數皆較現況為高度相關。亦即機組人員成本比較多的航線，大多是航程比較遠的

表 23 影響最小化機型座位數相關變數之相關係數

變數	航線班次飛行時間	最小化機型空位數	最小化航線最大起飛重量	最小化航線每公里耗油公斤數	最小化每一航線機型每小時之油耗量	最小化航線降落費	每一航線班次承載旅客數	每一航線班次承載旅客標準差
機型座位數	-0.209	0.527**	0.972**	0.851*	0.911**	0.901**	0.915**	0.391*

註：** 表顯著水準 $\alpha = 0.01$ (兩尾) 及 * 表顯著水準 $\alpha = 0.05$ (兩尾) 皮爾森相關係數是可接受的

表 24 航線飛行時間對航線五項成本變數之相關係數

變數	現況	最小化模式
油耗成本	0.384*	0.391**
碳排放成本	0.384*	0.391**
溢位成本	0.093	0.046
機組人員成本	0.718**	0.830**
降落費	-0.161	-0.279

註：**表顯著水準 $\alpha = 0.01$ (兩尾) 及 * 表顯著水準 $\alpha = 0.05$ (兩尾) 皮爾森相關係數是可接受的

航線。溢位成本及降落費與航線飛行時間的相關係數不顯著。

6.2 航線最佳化機型之座位數推估

經由前述最小化航線座位數之相關影響變數分析，挑選航線每種機型最大起飛重量、每種機型每小時之油耗量、每種機型每公里油耗量、航線旅客數、與每航次旅客數標準差及航線飛行時間，應用 SPSS 軟體進行迴歸分析，經由逐步迴歸顯示最小化模式最佳座位數如迴歸式 (7) 與 (8)，係數皆通過 t 檢定。航空公司可就該航線欲配置機型最大起飛重量、該航線的旅客數及旅客的標準差，帶入式 (7)，以預測未來航空公司任一航線機位數配置之參考。每增加 10 位旅客，該航線機型座位則提高三個位子，航線旅客數的變動量每增加 10 位旅客的變動量就會影響近 8 個座位的差距，且隨著航線機型之最大起飛重量，每增加 10 公噸，座位數就需提高七個位子。至於大陸航線機型座位數配

置差異如式 (8) 指出大陸航線機型座位數平均座位至少必須提供 92 個機位數，且隨著該航線機型之最大起飛重量，每增加 10 公噸，座位數就需提高七個位子。採用 A330-300 機型，較之其他航線機型座位數平均座位至少必須提供 138 個機位數，且隨著該航線機型之最大起飛重量，每增加 10 公噸，座位數就需提高七個位子。

$$\begin{aligned} \hat{S}eat_i = & 56.422 + 0.677MTOW_i + \\ & (t = 5.220) \quad (8.956) \\ & 0.797PAXSTD_i + 0.268PAX_i \quad (7) \\ & (3.156) \quad (2.894) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.964 \quad F = 274.206 \quad N = 35$$

$$\begin{aligned} \hat{S}eat_i = & 92.341 + 0.749MTOW_i + 46.441A330_i \\ & (t = 26.570) \quad (34.519) \quad (11.511) \\ & R^2 = 0.989 \quad F = 1457.154 \quad N = 35 \quad (8) \end{aligned}$$

$\hat{S}eat_i$ 表 i 航線成本最小化模式之最佳營運機型座位數

$MTOW_i$ 表 i 航線最小化模式之最佳營運機型最大起飛重量

PAX_i 表 i 航線一班次平均旅客數

$PAXSTD_i$ 表 i 航線一班次旅客數的變動水準 (標準差)

$A330_i$ 表 i 航線有無配置 A330-300 機型

6.3 航線最佳化機型之獲利成本比推估

若將航線之票價乘以該航線預搭乘的旅客數減去該航線之最小化成本，即可求得最小化模式與最大化模式航線獲利，

本研究乃將前述最大化模式與最小化模式結果所產生之航線獲利成本比為應變數，以航線票價、航線飛行時間、航線最大化之航線機型獲利及最小化航線機型之每小時耗油噸數為解釋變數，應用 SPSS 軟體進行迴歸模式推估，經由逐步迴歸顯示式 (9) 通過檢定，結果顯示各自變數之 t 值與各變數與獲利 / 成本比其正負號無改變，故無共線性之問題，應用本研究所建立航線票價的高低、航線機型獲利之多寡、航線每小時的耗油高低及航線飛行時間長短皆可有效的推測航線獲利成本比。

由式 (9) 中常數項可看出兩家航空公司於大陸航線最佳機型配置之平均航線獲利 / 成本比可高達 2.837，但隨每小時飛行時間與每小時耗油噸數會降低獲利成本比值，雖然航線單程票價每提高一千元，就可增加航線獲利 / 成本的比值會上升 1.444 倍，惟航線高票價不易，又航空公司每獲利一萬元對獲利 / 成本比值的貢獻僅達 0.023，所以要提高航線獲利 / 成本比還不如多節省成本較具有競爭優勢。此模式傳遞著飛行時間每增加一小時，該航線獲利 / 成本比就會降低 0.743，而隨著每小時的耗油量的增加將降低該航線獲利 / 成本比 0.257。因此，經營大陸航線，兩家航空公司宜選擇短程的航線及採用耗油低的機型配置較具優勢。於航線的選擇亦可運用票價對航線獲利 / 成本比的貢獻度，

經營票價比較高的航線以取得市場的優勢。

$$\frac{\text{Profit}_i}{\text{Cost}_i} = 2.837 - 0.743\text{Flytime}_i + 0.023\text{Profit}_i - 0.257\text{Fuelhour}_i + 0.144\text{Ticketprice}_i \quad (9)$$

(11.618) (-10.854) (10.776) (-9.905) (2.134)

$$R^2 = 0.921 \quad F = 87.666 \quad N = 35$$

$\frac{\text{Profit}_i}{\text{Cost}_i}$ 表 i 航線於最大化模式及最小化模式產生的最佳機型，其一班次的獲利除以該班次成本，可代表一航線之競爭力

Flytime_i 表 i 航線飛行時間 (小時)

Profit_i 表 i 航線於最大化模式最佳機型一班次獲利 (萬元)

Cost_i 表 i 航線於最小化模式最佳機型一班次成本 (萬元)

Fuelhour_i 表 i 航線於最小化模式最佳機型每小時油耗噸數

Ticketprice_i 表 i 航線單程票價 (千元)

柒、結論與建議

航空公司如何於現有航線經營上節省成本與降低環境成本的權衡與取捨，是目前及未來航空公司必須面對與處理的熱門課題，經由前述最佳化分析與迴歸分析，

茲將本研究之重要結論歸納如下：

7.1 結論

1. 本研究最小化成本與最大化利潤模式結果指出兩家航空公司於大陸航線之經營規模以配置 A330-300 機型之獲利 / 成本比較具優勢，次為 B737-800 機型。其次，本研究最小化成本與最大化利潤模式所得出之結果不但比目前兩家航空公司之經營總成本低及總利潤大。同時，本研究之成本最小化模式的每一航線機型之平均成本皆較目前兩家航空公司之每一航線機型平均成本低。本研究發現不管於經營現況或最小化成本，長榮航空公司於大陸航線經營 18 條航線之總成本與每一航線機型平均成本皆較中華航空公司於大陸航線經營 17 條航線之總成本與每一航線機型平均成本低。同時，最大化利潤模式顯示中華航空公司獲利優於長榮航空，由於長榮航空最小化航線機型配置具有低成本規模與優勢，因此，長榮航空平均航線獲利 / 成本比 1.90 比華航平均航線獲利 / 成本比 1.69 表現具優勢。
2. 本研究所建立的模式不但可分析目前各航線最適的機型配置，亦可隨航線旅客數量的變動，討論那些機型較能因應市場變動彈性，本文將各航線旅客量調整增減 20% 的分析，發現長榮航空目前航線旅客數已達最佳化機型的配置，一旦有任何長榮航空兩岸航線旅客數量產生變動，將導致該公司獲利 / 成本比的下降。當旅客量增加 20% 時，中華航空獲利 / 成本比為 1.94，較目前最佳獲利 / 成本比 1.69 提高，因此，中華航空有待增加航線客源市場。其次，較能因應市場旅客量變動服務的機型，仍以優先改配置 A330-300 機型於多數兩岸的航線較可應付未來可能發生的旅客數量增減，其次選擇為更改配置 B737-800 的機型於兩岸航線上。
3. 本研究所建立之大陸航線獲利 / 成本比迴歸式，提供經營大陸航線飛行時間每增加一小時，該航線獲利 / 成本比就會降低 0.743，隨著每小時的耗油量的增加也將降低該航線獲利 / 成本比 0.257 的數據關係。因此，大陸航線經營航空公司若要具有競爭優勢，宜選擇短程的航線及採用耗油低的機型配置。於航線的選擇亦可運用票價對航線獲利 / 成本比的貢獻度，經營票價比較高的航線以取得市場的優勢。
4. 本研究亦建立最佳化機型座位數迴歸式，除規劃不同航線旅客需求於不同營運水準可參考使用的機型。同時，此迴歸式亦可供航空公司依其航線欲配置機型之預期承載率、班次承載人數的變動率（即載客標準差）及該機型最大起飛重量，配置未來該航線機型所需旅客座位數之參考。

5. 本研究應用成本最小化與利潤最大化模式結果，可依每一條航線之最小化總成本與最大化利潤進行獲利 / 成本比效益分析，當航線最大利潤 / 最小成本比數值大時也較目前航線獲利 / 成本比成長倍數高時，建議臺灣兩大國籍航空公司汰換目前部分航線機型。
6. 對於中華與長榮航空於航線機型配置成本績效表現分析後，得知大部分航線最佳的可用服務機型為 A330-300。建議中華航空於桃園 - 青島、桃園 - 武漢、松山 - 虹橋、高雄 - 深圳、高雄 - 浦東等五航線及長榮航空之松山 - 虹橋航線宜繼續採用 A330-300 機型，這些航線獲利 / 成本比、獲利值皆具競爭性，大多飛行時間較短，經貿往來多，未來宜多爭取班次時間帶增加班次。建議中華航空經營的桃園 - 浦東航線與長榮航空經營的桃園 - 浦東、高雄 - 浦東兩航線宜儘早汰換目前使用機型，並改換使用 A330-300 機型以取得獲利競爭優勢。

7.2 建議

1. 本研究透過最小化模式，分析不同航線配置機型時如何增加溢位成本與機組人員的成本結構比例，降低油耗成本、碳排放與降落費成本比例，以降低總成本的支出，後續研究可進一步分析溢位成本與空位成本對航空公司所造成獲利的折損效果。

2. 由於臺灣機型營運油耗資料取得困難，本研究所採用的機型飛行小時油耗係數係採大陸民航局統計資料，期待臺灣民航單位也能公佈航空公司不同航線營運機型的油耗係數，不但有利於學術研究成果助益實務應用，更有利於政策制定依據與發展。

參考文獻

中國民航局，2010，從統計看民航 2010，中國民航出版社，大陸北京。

中華民國民航局，2012，民航統計資料，<http://www.caa.gov.tw>，2012 年 12 月。

朱星輝、朱金福、巩在武，2007，我國航空公司機型指派模型及算法研究，工業技術經濟，第 26 卷，第 4 期，75-77。

易飛網網站，2012，<http://intl.ezfly.com/default.aspx>，2012 年 12 月。

閻克斌、孫宏、史虹聖，2005 飛機選型問題數學模型的建立，飛行力學，第 23 卷，第 4 期，82-85。

孫宏、張培文、汪瑜，2010，基於航線網路運力優化分配的機隊規劃方法，西南交通大學學報，第 45 卷，第 1 期，111-115。

經濟部能源局能源產業溫室氣體減量資訊網，2012，<http://verity.erl.itri.org.tw/EIGIC/index.aspx>，2012 年 12 月。

- Ambrosino, D., Sciomachen, A. and Scutellà, M.G., 2009. A heuristic based on multi-exchange techniques for a regional fleet assignment location-routing problem. *Computers & Operations Research*, 36(2), 442-460.
- Bazargan, M., 2004. *Airline Operation and Scheduling*, Second Edition, Ashgate: Surrey, U.K.
- Bélanger, N., Desaulniers, G., Soumis, F., Desrosiers, J. and Lavigne, J., 2006a. Weekly airline fleet assignment with homogeneity. *Transportation Research Part B*, 40(4), 306-318.
- Bélanger, N., Desaulniers, G., Soumis, F. and Desrosiers, J., 2006b. Periodic airline fleet assignment with time windows, spacing constraints, and time dependent revenues. *European Journal of Operational Research*, 175(3), 1754-1766.
- Cadarso, L. and Marín, Á., 2011. Integrated robust airline schedule development. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 20, 1041-1050.
- Cadarso, L. and Marín, Á., 2013. Robust passenger oriented timetable and fleet assignment integration in airline planning. *Journal of Air Transport Management*, 26, 44-49.
- Dumas, J., Aithnard, F. and Soumis, F., 2009. Improving the objective function of the fleet assignment problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 43(4), 466-475.
- El Moudani, W. and Mora-Camino, F., 2000. A dynamic approach for aircraft assignment and maintenance scheduling by airlines. *Journal of Air Transport Management*, 6(4), 233-237.
- Haouari, M., Aissaoui, N. and Mansour, F.Z., 2009. Network flow-based approaches for integrated aircraft fleet and routing. *European Journal of Operational Research*, 193(2), 591-599.
- Li, M.Z.F. and Oum, T.H., 2000. Airline spill analysis-beyond the normal demand. *European Journal of Operational Research*, 125(1), 205-215.
- Ozdemir, Y., Basligil, H. and Sarsenov, B., 2012. A large scale integer linear programming to the daily fleet assignment problem: a case study in Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 62, 849-853.
- Papadakos, N., 2009. Integrated airline scheduling. *Computers & Operations Research*, 36(1), 176-195.
- Pilla, V.L., Rosenberger, J.M., Chen, V., Engsuwan, N. and Siddappa, S., 2012. A multivariate adaptive regression splines cutting plane approach for solving a two-stage stochastic programming fleet assignment model. *European Journal of Operational Research*, 216(1), 162-171.

Salazar-González, J.J., 2013. Approaches to solve the fleet-assignment, aircraft-routing, crew-pairing and crew-rostering problems of a regional carrier. *Omega*, in pressing.

Sherali, H.D., Bish E.K. and Zhu, X., 2006. Airline fleet assignment concepts, models, and algorithms. *European Journal of Operational Research*, 172(1), 1-30.

Swan, W.M., 2002. Airline demand distributions: passenger revenue management and spill. *Transportation Research Part E*, 38(3/4), 253-263.

Tsai, W.H., Lee, K.C., Liu, J.Y., Lin, H.L., Chou, Y.W. and Lin, S.J., 2012. A mixed activity-based costing decision model for green airline fleet planning under the constraints of the European Union Emissions Trading Scheme. *Energy*, 39(1), 218-226.