

淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文

指導教授：溫裕弘 博士

航空貨運之聯盟組合及營收分配分析：

模糊合作賽局之應用

**The Coalition and Revenue Sharing Analysis
of Air Cargo Airlines using the Fuzzy Cooperative Game**

研究生：徐煒翔

中華民國 107 年 6 月

謝誌

能從進度報告、所內外口試到最後的定稿，看似容易的過程確實是由無數晚的挑燈夜戰累積而成，即使幾度有放棄的念頭，萬幸自己還能咬緊牙關撐過這艱難的一段日子，現在終於可以畢業了，站在商管九樓望向淡水河口，有種如釋重負的感覺。

讀研究所這段期間，我發自內心地感謝那些陪伴我、幫助我的人。我最想感謝的人是我的指導老師溫裕弘博士，從題目的訂定、研究方法的確立及數學模式的建立，每個環節都是老師循循善誘、耐心引導，在我論文進度停滯不前時，更給我具體的意見及想法，我的論文進度才得以完成，我是無比的幸運能成為老師的學生。感謝在口試期間撥空擔任口試委員的蕭傑諭老師與湯慶輝老師，於百忙中撥冗細審學生論文，並提供寶貴的建議讓我論文撰寫中的盲點得以修改，使我論文內容更加完整。感謝系上的陳苑蕙老師、張勝雄老師、陶冶中老師、羅孝賢老師、范俊海老師、董啟崇老師、邱顯明老師、劉士仙老師、許超澤老師、鍾智林老師及許心萍老師在我求學期間傳遞課堂上的知識與撥空給予論文的建議與教導，也要感謝麗徽助教、陳哈助教、玉婷助教提供學校行政作業的資訊及系上日常代辦事務的提醒。

感謝以宸學姐、皓筑學姐在前頭為我開疆闢土，尤其是以宸學姐，從最早論文題目的建議到論文碰到瓶頸時，遠在國外出差的學姐還要回答我的問題，真的是有勞學姐了，皓筑學姐也分享了就業的意見，謝謝妳們的幫忙。感謝我的學弟傳育，雖然我們的題目不一樣，但每次跟老師討論完論文後，我們還會再相互討論，讓我們每一次都更加釐清論文碰到的問題，同為苗栗人更讓我們多了共同的話題，每次都互相鼓勵的一句話；一起畢業，一起就業，現在我們辦到了。感謝研究所的大家，不論是報告或是期中期末考，有各位的互相合作才能順利通過，

特別是翰哥、哲哥、安哥、于婷，常常有關於學校的事都要問你們。

感謝我的麻吉皓瑋、宏承、茂宇、阿陶、俊哥、阿凱、翰哥、友謙、奕瑋、烜哥、傑哥、啟鴻，雖然我也不知道這團是怎麼組起來的，但我堅信這團應該算運管 ALL STAR 陣容了，跟你們相處的日子算是荒唐年代的小小溫馨，我覺得我們很久沒見面了，都快忘了有誰還去查一下群組，現在真的是時候揪一波了。感謝我麻吉也是我高中室友的阿菘與阿菘現任室友啟中，啟中 coding 真的是帥到分手、強到沒朋友，當我程式有疑難雜症都很迅速地指點迷津，我何德何能可以認識你們啊！感謝我麻吉宴如，收到你的消息都是關於工作，幾次就職、離職再就職又離職後，妳終於找到理想的工作了，儘管如此，感謝妳的激勵，真的。感謝我麻吉博皓、凱聲、昇楷，你們堪稱我人生的典範，讀書、買物及玩樂跟定你們就對了，而高中大學研究所的淬煉後你們已經遠遠把我拋在身後，現在的我只能從遠方的角度看著你們的腳步，現在的我必須要急起直追、迎頭趕上你們。

最後，還要感謝我的家人，尤其是我爸媽，本應該把這大筆支出利用在享受生活，卻無怨無悔的轉帳到我的戶頭，供我學費與生活費，你們對於教育的重視及生活禮儀的要求，才能有今天的我，未來的日子要從全力倚父變成全力以赴了，就算未來的路多麼崎嶇不平、顛簸難行，我也會朝夢想前進。

徐煒翔 謹誌

2018 年 8 月 於淡水

論文名稱：航空貨運之聯盟組合及營收分配分析：模糊合作賽局之應用 頁數：77

校系(所)組別：淡江大學 運輸管理學系 運輸科學碩士班

畢業時間及提要別：106 學年度 第 2 學期 碩士學位論文提要

研究生：徐煒翔

指導教授：溫裕弘 博士

論文提要內容：

因應全球航空貨運的發展，航空公司間建立航空貨運聯盟成為重要策略之一。本研究探討航空貨運聯盟之聯盟組合與營收分配問題，考慮航空公司在貨運聯盟協商階段，對於貨運聯盟協定所衍生的營收預期效果、營收分攤均具有高度不確定性，而聯盟協定之營收分配結果又直接影響聯盟成員航空公司貨運航線容量分配與控制規劃，藉此進行航空貨運聯盟組合及營收分配之決策。本研究建立一航空貨運聯盟之營收分配模式，探討航空貨運在聯盟前後狀態下之營收變化，利用模糊合作賽局求解航空貨運聯盟內航空公司貨運之航線組合及營收分配，以作為航空公司貨運聯盟協商決策之基礎。

本研究以天合聯盟貨運內之航空公司為對象進行數值範例分析，在貨運聯盟營收分配結果顯示，整體聯盟最佳化下，貨運聯盟合作之經濟效益為正面的；然而，因為考慮到合作對象之組合時，勢必有航空公司未與其他聯盟成員因聯盟合作後，影響自身之營收，此外，航空公司所在的樞紐機場亦會影響與其他航空公司之合作。綜上，本研究提供在學術上做為航空貨運聯盟組合及營收分配之建模基礎，在實務上亦可提供協商階段之決策參考。

關鍵詞：航空貨運聯盟、模糊合作賽局、營收分配

表單編號：ATRX-Q03-001-FM030-03

* 依本校個人資料管理規範，本表單各項個人資料僅作為業務處理使用，並於保存期限屆滿後，逕行銷毀。

Title of Thesis:

Total pages:77

The Coalition and Revenue Sharing Analysis of Air Cargo Airlines using the Fuzzy Cooperative Game

Key word:

Airline Cargo Alliance, Fuzzy Cooperative Game, Revenue Sharing

Name of Institute: Department of Transportation Management

Institute of Transportation Science, Tamkang University

Graduate date: June, 2018

Degree conferred: Master

Name of student: Wei-Hsiang Hsu

Advisor: Yuh-Horng Wen, Ph.D

徐煒翔

溫裕弘 博士

Abstract:

Entering airline cargo alliance has become one of the major strategies for air cargo carriers in a competitive environment. This study discusses the airline cargo alliance decision-making problems and determines the coalition and revenue sharing under air cargo alliances. Members of the airline cargo alliance negotiate the terms of the agreements they will use to split the revenue of interline and codeshare routes. A fuzzy cooperative game is developed to model the output of the negotiation in which airlines decide the proration rules. This study uses a fuzzy cooperative game to assess the coalition of allied airline cargo members and routes, and the revenue sharing proration rate is determined. A numerical case study will demonstrate the synergy benefits of airline cargo alliances and the feasibility of applying the proposed models. The results of this study explore the effect of airline cargo alliances on revenue sharing and coalitions. In addition, it is envisaged that the results of this study may shed light on airline cargo alliance strategies.

According to “ TKU Personal Information Management Policy Declaration “ , the personal information collected on this form is limited to this application only. This form will be destroyed directly over the deadline of reservations.

表單編號：ATRX-Q03-001-FM031-02

目錄

第一章	緒論.....	1
1.1	研究背景與動機.....	1
1.2	研究目的.....	7
1.3	研究範圍.....	8
1.4	研究流程.....	9
第二章	文獻回顧.....	11
2.1	航空公司策略聯盟、貨運聯盟相關文獻.....	11
2.2	航空貨運營收管理相關文獻.....	14
2.3	模糊理論相關文獻.....	16
2.4	合作賽局相關文獻.....	19
2.5	小結.....	20
第三章	模式建構.....	21
3.1	基本假設與模式型式.....	21
3.2	夏普利值之求解.....	22
3.3	模糊合作賽局之航空貨運聯盟營收分配模式.....	25
3.4	模式求解步驟.....	29
第四章	數值範例.....	32
4.1	範例數值設定.....	32
4.2	模糊合作賽局之貨運聯盟組合.....	33

4.3 TPE-JFK 航線起迄對範例	35
4.4 TPE-CDG 航線起迄對範例	48
4.5 PVG-AMS 航線起迄對範例	59
第五章 結論與建議	67
5.1 結論	67
5.2 建議	69
參考文獻	71
中文部分	71
英文部分	73



表目錄

表 2.1 航空公司策略聯盟、貨運聯盟相關文獻相關文獻彙整表	13
表 2.2 航空公司貨運營收管理相關文獻彙整表	16
表 3.1 聯盟及對應報酬	23
表 3.2 邊際貢獻	24
表 4.1 TPE-JFK 航空公司航線組合	35
表 4.2 TPE-JFK 模糊營收區間值	38
表 4.3 TPE-JFK 整體貨運聯盟組合	41
表 4.4 TPE-JFK 不同信賴水平上夏普利值區間	43
表 4.5 TPE-JFK 聯盟前後營收變化	46
表 4.6 TPE-CDG 航空公司航線組合	48
表 4.7 TPE-CDG 模糊營收區間值	50
表 4.8 TPE-CDG 整體貨運聯盟組合	53
表 4.9 TPE-CDG 不同信賴水平上夏普利值區間	54
表 4.10 TPE-CDG 聯盟前後營收變化	58
表 4.11 PVG-AMS 航空公司航線組合	59
表 4.12 PVG-AMS 模糊營收區間值	60
表 4.13 PVG-AMS 整體貨運聯盟組合	61
表 4.14 PVG-AMS 不同信賴水平上夏普利值區間	62
表 4.15 PVG-AMS 聯盟前後營收變化	65

圖目錄

圖 1.1 Kasilingam 航空貨運營收管理模式.....	4
圖 1.2 研究流程圖	10
圖 2.1 三角形模糊數.....	17
圖 2.2 梯形模糊數	18
圖 2.3 鐘形模糊數	18
圖 2.4 不規則模糊數.....	18
圖 3.1 聯盟營收分配求解架構.....	31
圖 4.1 TPE-JFK 參賽者 1 夏普利值隸屬函數.....	44
圖 4.2 TPE-JFK 參賽者 2 夏普利值隸屬函數.....	44
圖 4.3 TPE-JFK 參賽者 3 夏普利值隸屬函數.....	45
圖 4.4 TPE-JFK 參賽者 4 夏普利值隸屬函數.....	45
圖 4.5 TPE-CDG 參賽者 1 夏普利值隸屬函數.....	55
圖 4.6 TPE-CDG 參賽者 2 夏普利值隸屬函數.....	55
圖 4.7 TPE-CDG 參賽者 3 夏普利值隸屬函數.....	56
圖 4.8 TPE-CDG 參賽者 4 夏普利值隸屬函數.....	56
圖 4.9 PVG-AMS 參賽者 1 夏普利值隸屬函數.....	63
圖 4.10 PVG-AMS 參賽者 3 夏普利值隸屬函數.....	63
圖 4.11 PVG-AMS 參賽者 4 夏普利值隸屬函數.....	64

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

全球化浪潮促使航空運輸產業蓬勃發展，航空公司為了提升市場的競爭籌碼，開始採取策略聯盟的方式鞏固自家的營運優勢。航空公司聯盟(Airline alliance)為兩家或兩家以上之航空公司簽署合作協議，以共享資源、整合資源等方式的合作關係增加營運範圍及降低營運成本，時至今日，全球性航空公司的策略聯盟已有星空聯盟(Star Alliance)、天合聯盟(SkyTeam)及寰宇一家(One World)。現階段，全球航空公司間的策略聯盟皆著重於客運之策略聯盟，貨運的策略聯盟相形之下較少討論，然而，航空貨運因應全球供應鏈與物流的發展，更顯得貨運聯盟的重要，許多航空公司開始重視航空貨運的發展，因而促使航空貨運聯盟的成立，目前全球航空貨運聯盟包括了：天合聯盟貨運(SkyTeam Cargo)、WOW 貨運聯盟(WOW Cargo Alliance)及 Lufthansa Cargo/ ANA Cargo 聯盟，除了天合聯盟貨運是唯一的全球航空貨運聯盟外，WOW 僅為新加坡航空貨運(Singapore Airlines Cargo)與北歐航空貨運集團(SAS Cargo Group)兩家航空公司聯盟，以及剛成立德國漢莎航空貨運與全日空貨運(Lufthansa Cargo/ANA Cargo)聯盟。相較於客運方面，星空聯盟、天合聯盟、寰宇一家分別有 28、20、15 家航空公司；貨運方面，天合聯盟貨運只有 12 家，顯然許多航空公司對於貨運聯盟策略略顯保守。探究其可能原因，航空貨運託運人/貨主(shippers)往往透過航空貨運承攬業(airfreight forwarders)進行貨物合併與航班選擇，因此，航空公司對於貨運聯盟於市場效益較不若客運聯盟來得明確。而航空公司貨運業務需面對貨運需求特性、貨運航線、運量季節性差異等因素影響，使得航空貨運業務在規劃之不確定性較高。

面對未來航空市場大者恆大的趨勢發展，航空公司加入貨運聯盟之議題將成

為重要的議題。

實務上，航空貨運聯盟方式包括聯運協定(special pro-rate agreement, SPA)、互換艙位(swap)、保留艙位(block space)、共用航班(code-sharing)及航機租賃(aircraft lease)，並有更深入的合資共營(joint venture)與股權合資(equity participation)；航空公司對於加入貨運聯盟後之策略(費率訂定及艙位分配)是否有助於提升公司業務發展、提高營收及增加經濟效益，即為複雜的決策問題。過去有關航空公司策略聯盟之文獻，較多以航空客運為研究對象，較少文獻針對航空貨運做研究；Mercator 航空顧問公司預測，到 2023 年全球長程航空運輸將會有 45%來自合資企業(Fernandes, 2015)，航空公司的夥伴關係將是營運成功與否的關鍵因素，而策略聯盟本身需要解決航空公司間營運的問題，另外，航空公司間也可在策略聯盟架構內尋找良好的合作夥伴，與聯盟成員共享資源，如：共用航空貨運站、共同地勤代理、聯合採購及行銷、採用聯盟貨運的共同產品線等，所有貨物統一存放在同一個倉庫，減少運送前往返於各貨運站的次數，加快轉運速度，也提升服務滿意度；集結各式機隊與全系列的集裝設備，使用相同的產品服務程序，藉此降低營運成本、提升航空公司自身的利潤及市場佔有率，提升利潤之方式為利用策略聯盟的共同營收管理(Smeritschnig, 2013)。且如何透過營收管理來正確地分配收入、利潤及資產共享亦為重要課題，因此，航空公司加入貨運聯盟之決策問題確實值得深入探討的。

在航空貨運營收管理方面，Kasilingam(1997)分析航空貨運營收管理模式如圖 1.1，其內容為藉由貨運預留艙位及容量預測來提供超額訂位之資源，並配合獲利評估及需求預測決定艙位的配置所建構出之貨運訂位系統，然而，貨運有酬載容量不確定、貨運空間使用限制、航線選擇多元及艙位分配不確定之特性，有效分配艙位便顯得格外重要，航空公司如何適當且有效率地分配不同售價與限制的艙位資源，即為艙位配置問題。如果保留過多的高價艙位或是未能裝滿可用容

量，可能造成班機起飛前無法把所有艙位裝滿，而浪費了資源；若規劃給低價的機位太多或航空貨物不論價格好壞，一有訂單就接受，也有可能喪失部分潛在可能的高價需求，造成收益損失；而航空貨運特性比客運更為複雜，航空公司貨運艙位不像客運座位是固定且已知，航空公司貨運營運規劃須面臨貨運需求服務特性及航線結構與客運的明顯差異、貨運量方向性不平衡、運量波動與季節性差異大，使得航空貨運艙位配置及需求不確定性比客運高，再加上雙邊航空協議管制體系下，航空公司貨運營運規劃亦往往受到客運航線策略或客運市場環境所影響，包括航線網路、航班、樞紐機場等 (Zhang and Zhang, 2002a, b)；而使得航空貨運營運規劃之複雜度與所面臨之不確定性較高。再者，航空貨運計費機制相當複雜，需同時考量託運貨物之重量及體積，且費率有顯著之數量折扣。綜上，航空貨運營收管理 (Air Cargo Revenue Management, CRM) 比客運收益管理 (Passenger Yield Management, PYM) 更為複雜，因此客運營收管理之模式無法直接套用於航空貨運營收管理模式中，對於航空貨運之聯盟組合及營收分配管理即值得深入探討。近年，開始有文獻探討航空公司聯盟之營收管理問題，如 Wright et al (2010), Wright (2011), Hu et al. (2013) 分析航空公司聯盟之客運營收分配及對應之航空公司客運收益管理問題。對應至航空貨運聯盟上，航空公司在貨運聯盟協商階段，航空公司對於貨運聯盟協定所衍生的營收預期效果、營收分攤均具有高度不確定性，包括聯盟帶來的成本經濟性與營收效益，均須透過聯盟協調分配來評估貨運聯盟之可行性(admissibility)；而聯盟協定之營收分配結果又直接影響聯盟成員航空公司貨運航線容量分配與控制規劃。

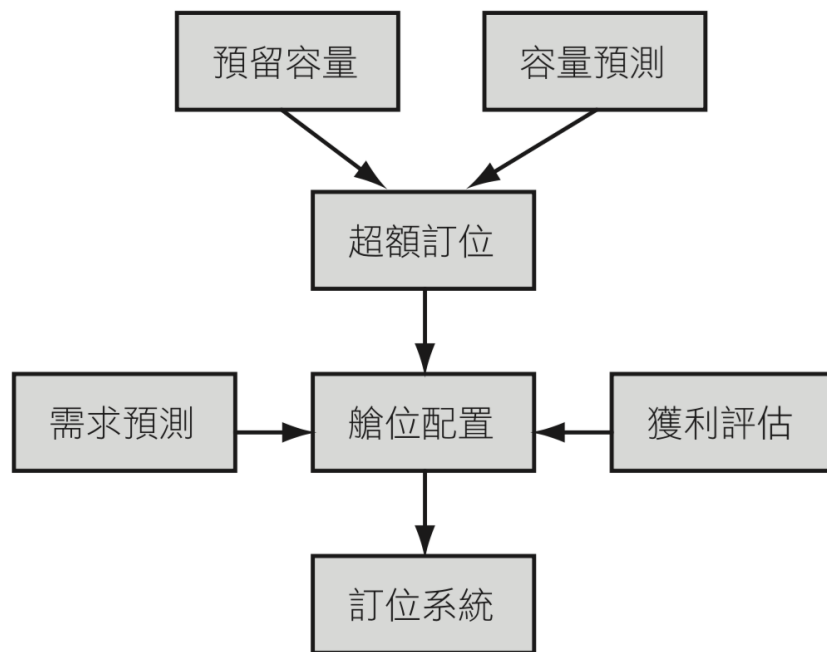


圖 1.1 Kasilingam 航空貨運營收管理模式

過去相關航空公司策略聯盟文獻，多以航空公司客運航線聯盟為研究對象，探討航空公司策略聯盟發展、聯盟類型、夥伴關係、經濟效益、成功要素、及對旅客選擇、與市場影響分析等 (Oum and Park, 1997; Rhoades and Lush, 1997; Li, 2000; Gudmundsson and Rhoades, 2001; Oum et al., 2001; Fan et al., 2001; Pels, 2001; Agusdinata and Klein, 2002; Morrish and Hamilton, 2002; Goh and Uncles, 2003; Weber and Sparks, 2004; Kleymann, 2005; Iatrou and Alamdari, 2005; Pitfield, 2007; Hsu and Shih, 2008; Goetz and Shapiro, 2012; Wu and Lee, 2014; Wang, 2014)。再者，只有少數文獻針對航空貨運聯盟進行探討，僅 Zhang et al. (2004, 2007) 系列研究以解析性模式探討航空貨運聯盟之經濟效益與影響，Yan and Chen (2008) 在已知貨運聯盟下進行貨運航線協調排班問題建立與求解，Smeritschnig (2013) 探討航空貨運聯盟對航空公司收益與市佔率之影響、分析貨運聯盟優缺點，Chao and Kao (2015) 以多準則決策分析選擇加入航空貨運聯盟。而近幾年，航空公司貨運

營收管理相關課題亦開始收到重視，如 Kasilingam (1996), Bilings et al. (2003), Slager and Kapteijns (2004), Amaruchkul et al. (2007), 與 Kasilingam (2011)，及晚近 Huang and Chang (2010), Huang and Lu (2015)。隨著航空客運聯盟之營收管理問題開始受研究重視，航空貨運聯盟之營收議題亦成為值得探討之研究課題。然而，目前尚無研究針對航空貨運聯盟協定之貨運聯盟組合及營收分配問題進行探究。鑒於航空貨運聯盟漸受到重視，探討航空貨運聯盟協定模式、建立貨運聯盟營收分配及因應航空貨運聯盟協定下之航空公司貨運聯盟組合，確具有研究空間且值得深入研究。

現有之航空公司在聯盟合作方式上多採雙邊聯盟，也就是只有兩家航空公司互簽合作條款，然而，目前的航空聯盟成員為數不少，只藉由兩航空公司間合作，未能讓其他航空聯盟內的航空公司參與，可能無法完全發揮加入聯盟的經濟效益，因此，考慮在同條航線上有其他航空聯盟成員的加入或許更能增加聯盟整體的利益。

天合聯盟內有 20 家航空公司，包含：俄羅斯航空、墨西哥國際航空、歐羅巴航空、法國航空、義大利航空、中華航空、中國東方航空、中國南方航空、捷克航空、美國達美航空、加魯達印尼航空、肯亞航空、荷蘭皇家航空、大韓航空、羅馬尼亞航空、越南國家航空、沙烏地阿拉伯航空、中東航空、阿根廷航空、廈門航空，其中有加入航空貨運聯盟的有 12 家航空公司，包含：俄羅斯航空、墨西哥航空、法國航空、義大利航空、中華航空、中國東方航空、中國南方航空、捷克航空、達美航空、荷蘭皇家航空、大韓航空、阿根廷航空，而有八家航空公司為天合聯盟成員卻非為天合聯盟貨運的成員，而其中廈門航空、沙烏地阿拉伯航空、越南國家航空、羅馬尼亞航空、肯亞航空等 5 家航空公司是擁有貨運機隊的，或許這些聯盟成員或許也有意願加入貨運聯盟。再者，即使天合聯盟貨運內有 12 家航空公司，在同一航線上，聯盟內仍有航空公司單獨營運此航線，而非

天合聯盟內航空公司彼此都有進行貨運聯盟。對於貨運聯盟內航空公司是否與其他貨運聯盟內航空公司進行合作？在貨運聯盟協商階段，如何評估聯盟營收分配？即為值得探討之課題。



圖 1.2 天合聯盟成員

本研究探討航空貨運聯盟之航空公司貨運聯盟組合與營收分配決策，將從聯盟整體觀點，評估航空公司貨運考慮加入航空貨運聯盟選擇哪條航線與哪些聯盟夥伴，進行共用班號(Code-sharing)及貨運營收分配(proration)分析，以作為航空公司貨運聯盟協商互動決策之基礎。

對應至航空貨運聯盟上，航空公司在貨運聯盟協商階段，航空公司對於貨運聯盟協定所衍生的營收預期效果、營收分攤均具有高度不確定性，包括聯盟帶來的成本經濟性與營收效益，均須透過聯盟協調分配來評估貨運聯盟之可行性；而聯盟協定之營收分配結果又直接影響聯盟成員航空公司貨運航線容量分配與控制規劃，因此，本研究將針對貨運聯盟合作前期之獲利評估加以探討。

對於航空貨運聯盟協定所衍生的營收預期效果尚不明確，以及考慮加入聯盟與營收分配之可能性，本研究應用模糊合作賽局理論 (fuzzy cooperative game)建

構航空貨運聯盟營收分配模式，以共用班號之聯盟模式建立連結航線，探討貨運聯盟內航空公司的營收分配，並以模糊合作賽局求解分析聯盟營收協調過程，並探討貨運聯盟下之航空公司營收變化。透過本研究模式之分析與範例求解，探討航空貨運聯盟之聯盟協定與營收分配決策，分析聯盟對貨運航線營收分配之影響，以期提供航空公司於策略面貨運聯盟協商決策以及營運面因應貨運聯盟之貨運營收分配之參考與決策支援基礎。

本研究將考量航空公司貨運間如何整合及可能採取之聯盟模式(平行式共用班號、互補式共用班號)；因此本研究將以聯盟組合最佳化營收為目標下，探討透過不同貨運聯盟組合進行之營收分配。本研究建立一航空貨運聯盟之營收分配模型，探討航空貨運在聯盟前後狀態下之營收變化，求解航空貨運聯盟內航空公司貨運之航線營收分配。

1.2 研究目的

隨著航空貨運聯盟及營收管理議題受到重視，不論學術研究或是實務規劃，航空貨運聯盟模式及貨運營收管理均為重要的研究議題。在整體貨運聯盟進行協商談判時，個別航空公司對於聯盟的夥伴及聯盟合作的方式可能沒有深入著墨，貨運營收變化之掌握也較不明確，因此，本研究主要目的是從有利於整體貨運聯盟組合之角度分析航空貨運聯盟之營收分配。本研究具體研究目的，可分為下列三點：

1. 探討航空貨運聯盟協定及營收分配方式：

本研究探討航空貨運航線聯盟協定，以相關文獻及實務資料，探討航空貨運聯盟協定所對應之營收分配方式、分配原則、聯盟協商決策，並探討航空貨運聯盟可能的營收效益，作為本研究建構模式之背景基礎。

2. 建立模糊合作賽局評估航空貨運聯盟營收分配決策：

考慮在航空公司貨運聯盟協商階段，對於航空貨運聯盟協定所衍生的營收預期效果尚不明確，及聯盟營收分配之可能性。本研究嘗試應用模糊合作賽局理論，進行共用班號之聯盟成員航空公司營收分配，透過模糊合作賽局之求解評估聯盟營收分配。

3. 在貨運聯盟協商階段提供聯盟方案決策給航空公司參考：

在貨運聯盟協商階段，本研究將提供考慮整體聯盟最佳之聯盟方案決策給航空公司參考，以利提升個別航空公司之營收及整體貨運聯盟發展。

1.3 研究範圍

航空公司貨運聯盟營收管理主要包含營收分配、預留艙位、容量預測、獲利評估、需求預測及艙位配置等。本研究著重於航空公司在貨運聯盟下的營收分配及獲利評估，探討航空公司間之貨運聯盟，並以共用班號之聯盟合作方式，進行航空貨運營收分配，發展一套在有限資源下能極大化聯盟整體貨運營收及聯盟組合最佳化航空公司營收分配之決策模式。本研究探討航空貨運聯盟之航空公司貨運聯盟組合與營收分配決策，將從聯盟整體觀點，評估航空公司貨運考慮加入航空貨運聯盟選擇哪條航線與哪些聯盟夥伴，進行共用班號及貨運營收分配分析，以聯盟組合最佳化營收為目標下，探討透過不同貨運聯盟組合進行之營收分配，本研究建立一航空貨運聯盟之營收分配模型，探討航空貨運在聯盟前後狀態下之營收變化，求解航空貨運聯盟內航空公司貨運之航線營收分配，發展一套在有限資源下能極大化聯盟整體貨運營收及聯盟組合最佳化航空公司營收分配之決策模式，以作為航空公司貨運聯盟協商互動決策之基礎。考慮在航空公司貨運聯盟協商階段，在預期進行航線聯盟後之營收有所增加之情境下，貨運聯盟內之成員對於進一步與其他聯盟內航空公司進行航線之聯盟已有初步共識，然對於之合作夥伴及欲合作之航線仍未有明確之結果，此外，在不考慮策略執行後航空公司與貨運聯盟成員合作後實際營運之航班變化、貨運量變化與貨運承攬業於攬貨供需

變化等因素而產生對於市場及決策不確定性，故本研究應用模糊合作賽局理論建構航空貨運聯盟營收分配模式，以共用班號之聯盟模式(平行式共用班號、互補式共用班號)建立連結航線，探討貨運聯盟內航空公司的營收分配，並針對貨運聯盟合作前期之獲利評估及航空貨運聯盟下之航空公司營收變化加以探討，透過本研究之分析聯盟對貨運航線營收分配之影響探討航空貨運聯盟之聯盟協定與營收分配決策，提供考慮整體聯盟最佳之聯盟方案決策給航空公司參考，以利提升個別航空公司之營收及整體貨運聯盟發展。

1. 於航空公司於聯盟協商階段，探討加入貨運聯盟後之獲利評估及營收分配策略。
2. 考慮之聯盟方式以非股權聯盟模式為主，並以最常見之共用班號方式，分為水平式及互補式共用班號。
3. 模式中主要決策函數包括貨運聯盟之個別航空公司營收分配函數及整體聯盟收益最大化之函數。

1.4 研究流程

本研究研究架構流程如圖 1.2 所示，本研究首先界定問題與定義，分析航空貨運聯盟與營收管理議題，針對航空貨運聯盟、營收管理、模糊合作賽局等面向進行文獻回顧，了解上述文獻現今所探討之議題，從文獻歸納出本研究之雛型與航空貨運聯盟營收管理之模糊合作賽局航空貨運聯盟營收分配模式，並加入本研究所探討議題之變數，建立本研究之航空貨運聯盟營收管理之函數，透過航空公司營運之資料進行數值範例分析，提出航空貨運聯盟營收管理之策略。

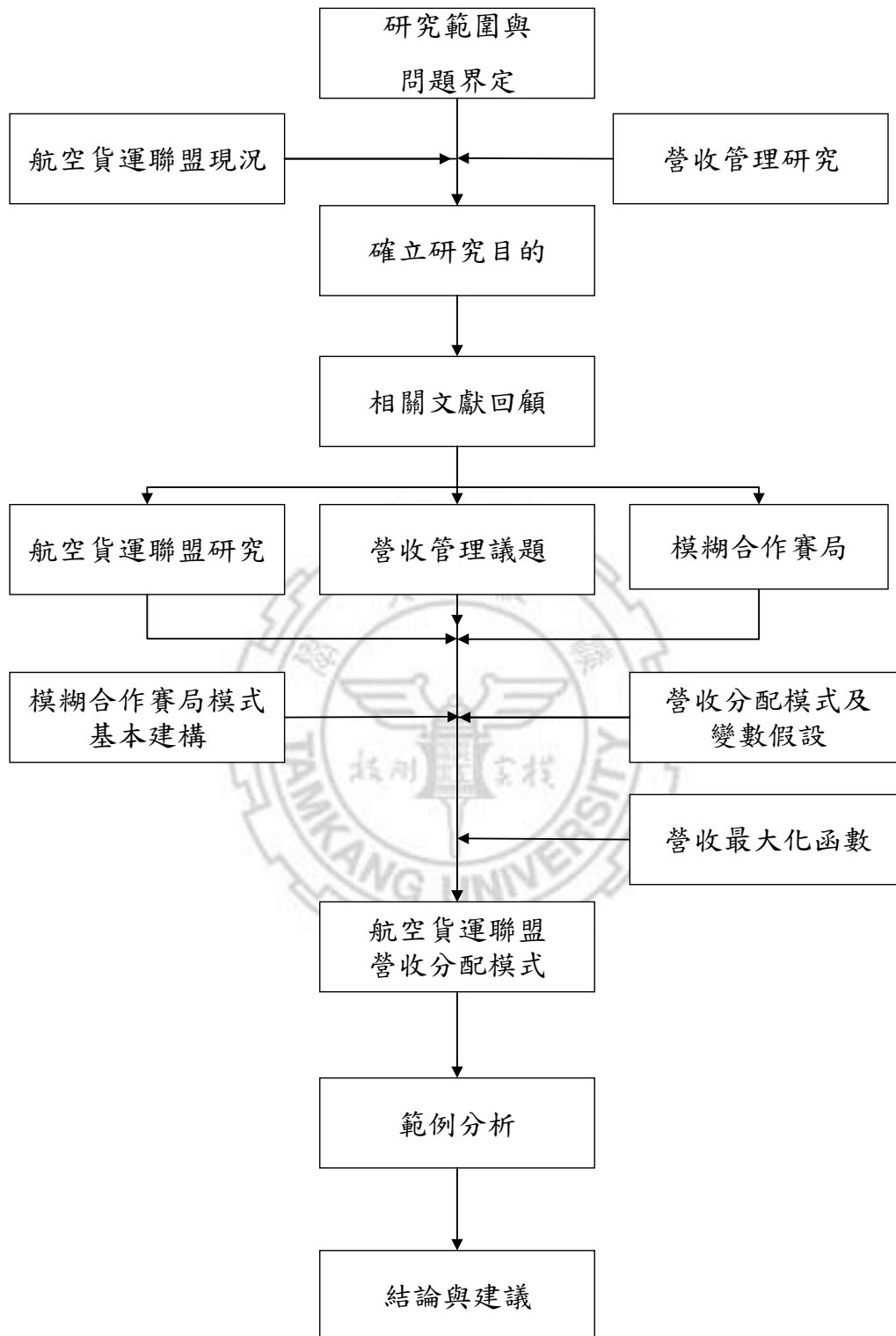


圖 1.3 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本研究回顧相關文獻並對於相關課題做深入了解。本研究文獻回顧主要分成三部分進行說明，第一部分回顧航空公司策略聯盟及貨運聯盟相關文獻，第二部分則回顧航空營收管理相關研究，第三部分回顧模糊合作賽局之文獻；作為本研究模式架構與建模、求解分析之參考。

2.1 航空公司策略聯盟、貨運聯盟相關文獻

國際航空公司策略聯盟依整合複雜度與資源共享程度可區分為三大類型，分別為：航線聯盟(route-by-route alliance)、商業聯盟(board commercial alliance)、股權投資聯盟(equity alliance)(Oum and Park, 1997)。其中航線聯盟為航空公司策略聯盟最基本方式，整合複雜度與共享程度較低，相對營運風險也較低，其方式有共用班號(code share)及機位保留(block space)。商業聯盟與股權投資聯盟則因涉及到內部營運需要進行更多協調與整合，複雜程度高，屬於策略型的合作。航空公司聯盟除了基本聯盟方式外，更加入共用常客酬賓計劃、共同行銷與銷售機位及聯合採購、維修及資訊系統等高層次的合作，如現在的三大航空聯盟星空聯盟、天合聯盟、寰宇一家。目前航空公司策略聯盟相關文獻大致可分為兩大類：聯盟類型發展與特徵及聯盟利益與影響。

Oum and Park (1997) 探討早期航空公司聯盟發展與政府政策間之關聯，Oum et al. (2001) 與 Pels (2001) 則探討航空公司聯盟之國際管制、解除管制與自由化議題。Fan et al. (2001) 針對全球航空策略聯盟發展分析航空公司合併與聯盟的可能性，可能形成聯盟之結構態樣、發展趨勢軌跡。

Iatrou and Alamdari (2005) 針對航空公司聯盟對航空公司營運之影響進行驗證性研究，研究發現各種聯盟模式對運量及航線類型(長短程、interhub、hub-nonhub、nonhub-nonhub 航線) 影響最為顯著，而航空公司認為聯盟亦對乘載率、

旅客量、成本、收益與費率等營運變數影響。

Yan and Chen (2008) 以多商品網路流通問題(multiple commodity network flow problem)為建模基礎，建立因應航空公司加入聯盟下之航空貨運航線協調排班模式(coordinated scheduling models)，排班模式整合航點機場選擇(airport selection)、機隊途程(fleet routing)與班表規劃，藉以求解在聯盟條件下調整貨運航班之滿意解。

Zhang et al. (2004) 建構寡占經濟解析性模式探討航空貨運聯盟對於航空客運競爭力之影響，在此模式中，航空公司與航空公司之間形成夥伴關係，同時提供各自的客運服務，並利用其原有的客機及航線，共同提供一個新的混合型貨運服務，目標為最大化聯盟航空公司利潤。在數值驗證分析中，透過模式探討兩家航空公司聯盟後對其產量、利潤、市場價格和社會總剩餘之影響，結果顯示，貨運聯盟可以增加航空公司合作夥伴的利益，同時降低其他競爭對手的利益。另外，增加貨運的輸出，將減少客運輸出的邊際成本，代表聯合營運客運及貨運在同一架飛機上，具有經濟性效果，而聯盟產生的效益不僅在貨運市場，同時也在客運市場，聯盟降低每一個非聯盟的航空公司利潤，同時增加與合作夥伴的共同利潤。

Zhang et al. (2007)亦透過經濟解析性模式，進一步考慮航空貨運市場中之複合運輸鏈(multimodal transport chain)競爭，探討密度經濟於複合運輸整合之效果，及貨運聯盟對產量、價格、利潤及社會福利之影響分析。研究結果顯示，透過承攬業-航空貨運聯盟之複合運輸整合改善，將會增加航空貨運聯盟之收益，而降低競爭的整合型業者營收，而航空貨運聯盟同時可提高消費者剩餘和總剩餘。綜上 Zhang et al.系列研究為運用解析性經濟模式進行分析，探討航空貨運聯盟之經濟效益然並未針對航空貨運聯盟決策與規劃問題加以深入討論。

van Vliet (2010) 透過文獻與個案分析，探討為何相對航空公司客運聯盟之

蓬勃發展貨運聯盟卻較稀少，分析航空公司貨運聯盟成因、成功因素與影響。

Çetiner & Kimms (2013)分析三種先前研究提出之營收分配機制，分別是以航段距離、票價與期望需求為分配原則，並發展出一套更公平地新的營收分配機制。此外，研究結果發現營收分配以航段票價為原則是最公平的分配機制，亦指出營收分配若以航段距離作為分配機制，則可能只在航班之票價與其航程成正比時，才能公平地分配收益。

Chao and Kao(2015)應用多準則決策分析方法探討航空公司選擇貨運聯盟入會與聯盟夥伴選擇決策，透過文獻回顧及專家訪談建立貨運聯盟選擇準則並利用模糊德爾菲法確認決策準則，模式以模糊層級分析法(Fuzzy AHP)進行選擇評估。研究結果顯示，航空公司認為聯盟夥伴選擇主要準則包括航線與班次增加、收益增加、承載率增加。

表 2.1 航空公司策略聯盟、貨運聯盟相關文獻相關文獻彙整表

航空公司策略聯盟、貨運聯盟相關文獻相關文獻	
出處	研究問題
Oum and Park (1997)	探討早期航空公司聯盟發展與政府政策間之關聯，針對全球航空策略聯盟發展分析航空公司合併與聯盟的可能性。
Iatrou and Alamdari (2005)	針對航空公司聯盟對航空公司營運之影響進行驗證性研究。
Zhang et al. (2004)	航空貨運聯盟對於航空客運競爭利之影響。
Zhang et al. (2007)	航空貨運市場中複合運輸鏈之競爭，包括兩運輸鏈與整合型業者間之競爭。
Yan and Chen (2008)	航空貨運航線協調排班模式建構、航線排班營運規劃。
Chao and Kao(2015)	航空公司選擇貨運聯盟入會與聯盟伙伴選擇之決策。

2.2 航空貨運營收管理相關文獻

Kasilingam(1997)針對航空貨運存貨方式、交易與訂位行為、及容量的不確定性，藉由機率理論探討最適當的超額訂位水準，以總收益最佳化模式建構航空貨運營收管理模式。

Belobaba(1997) 模擬兩家相似之航空公司於相同情境時，若只有一家航空公司實施收益管理措施，能提升 4.3%之利潤；當兩家航空公司皆實施收益管理，則整體市場能提高 8.3%之利潤，這皆利潤來自於晚訂位(Late Booking)與高費率(High Fare)之旅客，顯示收益管理有助於航空公司提高利潤。此外，研究亦模擬兩家相似之航空公司於不同情境下，雖然兩家公司皆因實施收益管理因而提高利潤，但擁有較多航班之航空公司，仍然具有較大之優勢。

許文秀(2004)比較航空客運營收管理與航空貨運營收管理的異同，以航空客運業機位存貨管理之動態數學規劃為基礎，探討貨運艙位在營收管理之核心存貨管理問題，並建構適當的航空貨運營收管理數學模型及航空貨運的艙位規劃政策。

張格禎(2007)透過營收管理應用於航空貨運的艙位規劃上，妥善分配航空貨運之艙位，以增加航空公司的期望總收益。應用隨機序程之動態數學規劃模式，建構一考慮貨物材積與重量隨機性之數學模式，並發展 Joint Approximate Heuristics(JAH)近似法來求解期望收益函數，此外，還利用模擬需求到達，進而應用多元線性迴歸，求出動態規劃模式(Dynamic Program)邊界條件之超賣賠償函數。結果顯示，材積容量為瓶頸限制，即材積較重量供給少時，應用 JAH 能克服費率函數計算上過於簡化的情形。

趙清成、李勝雄、蕭文斌(2011)探討不同貨型組合、艙位配置、差別費率及盤櫃最適裝載方式，以提升業者之營運績效及獲利能力。研究結果顯示，利用重貨與拋貨組合可增加航班計費重；令小貨之費率高於大貨，營收隨著班機承載之

小貨比率愈高而愈大；由班機可承載重量及最大艙位容量可計算貨物最適密度，當承載貨物之平均密度愈接近最適密度時，班機裝載效率愈大。

陳信元(2011)探討網路效應的多航段航空貨運之靜態數學營收管理模式，利用體積單位換算為重量單位(體積重)的方式，將貨物之重量(毛重)與材積(體積重)兩項維度同時考慮，發展靜態模式，反覆執行此模式可得出不同貨重比訂艙需求的最低運價，以提供精確數值為航空公司艙位控管人員決策時之參考依據，並有效的提升貨運營收。

高克定（2013）以華航加入天合聯盟貨運(SkyTeam Alliance Cargo)為例，以模糊德菲法挑選出航空公司加入航空貨運策略聯盟之關鍵因素，並透過階級程序分析法針對各構面及因素之重要性取出權重，研究發現「營業效益」之權重值遠高於其他構面，證明所有領域專家認同「營業效益」最為重要。

Huang and Lu(2015) 首次制訂多維動態規劃 (Dynamic Programming) 模型以描述需求不確定下艙位配置管理問題。為了克服計算困難，此研究開發兩套線性規劃 (Linear Programming) 模式，導入了動態調節因子，降低錯估艙位資源時的機會成本及靜態線性規劃模型的不準確問題，並進行數值實驗驗證開發之模型及演算法對實際問題的適用性，以作為更適合航空公司貨運營收管理之決策。

Florian Smeritschnig(2013)蒐集 1998 年到 2010 年間 WOW 聯盟及天合聯盟貨運之營運資料，分別比較兩聯盟內各家航空公司加入聯盟前後之貨運發展及經營概況，並從貨運營收噸公里及市占率探討對航空公司之影響，提出加入貨運聯盟之優劣，進而提出聯盟成功之關鍵因素。

表 2.2 航空公司貨運營收管理相關文獻彙整表

航空公司貨運營收管理相關文獻	
出處	研究問題
Kasilingam(1997)	以機率理論探討最適當的超額訂位水準，並建立總收益最佳化模式。
許文秀(2004)	以客運營收管理為基礎，建立貨運艙位最適化模型。
張格禎(2007)	應用隨機序程之動態數學規劃模式，建構一考慮貨物材積與重量隨機性之數學模式。
趙清成、李勝雄、蕭文斌(2011)	探討不同貨型組合、艙位配置、差別費率及盤櫃最適裝載方式，以提升業者之營運績效及獲利能力。
陳信元(2011)	考慮材積與體積因素發展一靜態模式，得出不同貨重比訂艙需求的最低運價。
高克定(2013)	以模糊德菲法挑選出航空公司加入航空貨運策略聯盟之關鍵因素，並透過階級程序分析法針對各構面及因素之重要性取出權重。
Huang and Lu (2015)	發展一線性規劃模式以降低錯估艙位資源時的機會成本及不準確問題，建構適合航空艙位管理之模式。
Florian Smeritschnig (2013)	蒐集航空貨運聯盟歷史資料，從貨運營收噸公里及市占率觀點分析聯盟發展成功之關鍵因素。

2.3 模糊理論相關文獻

模糊理論(Fuzzy Theory)由年美國加州柏克萊大學(Berkeley)的 Zadeh 教授於 1965 年在資訊與控制(Information and Control)學術期刊上所發表的論文-模糊集合(Fuzzy Sets)提出，為了處理現實環境中之不確定 (uncertainty) 與模糊性 (fuzziness) 資料，必須以模糊集理論的觀念來對應。其主要在探討模糊環境下之決策方法，以隸屬函數(membership function)的概念，表現出無法明確定義的模糊性概念，將實際情境中無法被明確定義或主觀認定的資訊，利用數學理論基礎

來探討。至今，模糊理論已被廣泛的應用在決策、預測、控制、分析等領域。模糊理論為是模糊集合、模糊關係、模糊邏輯、模糊控制、模糊量測等理論的泛稱。

傳統集合理論中，元素與集合之間的關係只有「屬於」和「不屬於」兩種情況。而模糊集合則是擴張傳統明確集合的概念，發展出一套較具有彈性的模式，以隸屬函數按照元素與集合的相似程度，給予其隸屬度(degree of membership)之值，而隸屬程度值必須介於 0 到 1 之間，亦即隸屬度函數 $\mu_s(\tilde{v}): \mathfrak{R} \rightarrow [0,1]$ 。

模糊數的種類包含：圖 2.1 三角形模糊數(Triangular Fuzzy Number)、圖 2.2 梯形模糊數(Trapezoidal Fuzzy Number)、圖 2.3 鐘形模糊數(Bell Shaped Fuzzy Number)、圖 2.4 不規則模糊數(Non-Symmetric Fuzzy Number)；因本研究針對假設已知之一增額營收進行模糊化可對應到三角模糊數之 b 點，且所產生之下限值及上限值符合三角模糊數的二個端點 a、c，故以三角模糊數作為本研究之模糊隸屬函數，此時隸屬函數如圖 2.1 所示：

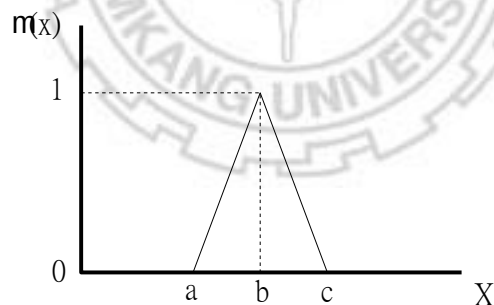


圖 2.1 三角形模糊數

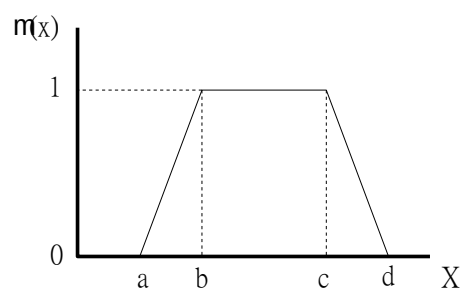


圖 2.2 梯形模糊數

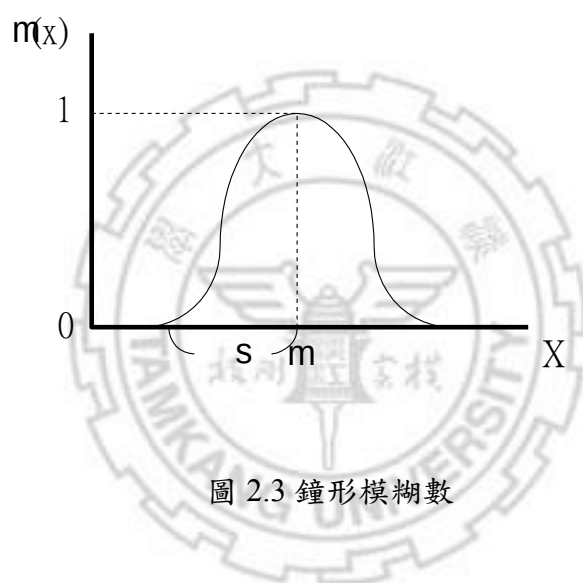


圖 2.3 鐘形模糊數

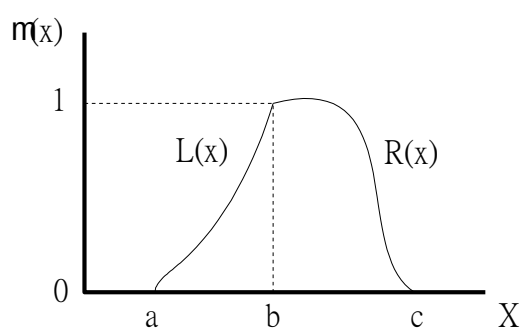


圖 2.4 不規則模糊數

林玲圓、梁金樹、劉金鳳(2005)提出在模糊環境下，考慮競爭對手提供的產量決策，決定每一航次或每段期間的最適產量，根據最適產量，航空公司可進一步作最適機位及最適航次規劃之決策。應用模糊集合理論建構雙占市場最適產量決策模式，並應用此模式於雙占航空客運市場。為了有效掌握決策變數的模糊性，亦提出以三角形模糊數做為模糊決策變數固定成本與單位變動成本的評估工具。

Chen(2007)針對企業在聯盟時，在模糊情況下進行收益分配決策之研究，透過模糊測度的 Choquet 積分建構聯盟合作賽局之報酬函數及夏普利值，對於賽局之參賽者合作後，求解夏普利值得到收益方案，並以該方法進行企業收益分配之實證分析。

2.4 合作賽局相關文獻

Hu et al. (2013)以兩階段賽局理論探討聯盟成員在奈許均衡情況下客運收益將如何分配。第一階段為航空公司間進行聯盟共用班號後，營收分配的固定比率可依照運量、里程、費率、營收等方式作為分配之依據，作為協商聯盟成員之營收分配比率，第二階段為分析在固定分配率下，個別航空公司如何使自身航線收益最大化。

石豐宇、陳明和、胡權峰(2003)藉由合作賽局探討海運航商在策略聯盟架構下的競合，在假設班次、航行時間與服務水準固定下，建立聯盟報酬函數分析不同情況下（艙位互租、共同派船且營收獨立、共同派船且營收共攤）海運航商的營收與市場佔有率變化。

陳以宸(2016)以模糊合作賽局探討一航空公司加入航空貨運聯盟之決策及聯盟航線網路規劃，並以模式求解出目標航空公司加入航空貨運聯盟後之航線班次、營收變化，結果顯示在最佳聯盟決策下，平行式共用班號有助於增加利潤、降低營運成本及提升市佔率，而互補式共用班號可增加航空貨運市場的營運範圍

並提升營收，另外，在決策不確定性高時，目標航空公司將以聯運協定的方式將貨運量外包給夥伴航空公司運送，而如此可能使自身的利潤減少，此研究亦有助於航空貨運聯盟在制定策略方面作為參考。

2.5 小結

回顧目前文獻中較多探討客運聯盟之研究，而其內容著重於聯盟之夥伴選擇與策略發展，對於航空公司貨運聯盟之研究仍屬少數，且多為單一航空公司之艙位營收議題，因應聯盟之決策分析，過去之研究多以合作賽局概念模式化策略聯盟之合作，並以此探討整體聯盟及個別航空公司之營收變化；對於進行聯盟後營收變化無法準確掌握，過去亦有研究為導入模糊理論之概念，以解決在聯盟決策時之不確定性。因此，本研究從聯盟整體觀點，評估航空公司貨運考慮加入航空貨運聯盟選擇哪條航線與哪些聯盟夥伴，進行共用班號及貨運營收分配分析，以聯盟組合最佳化營收為目標下，探討透過不同貨運聯盟組合進行之營收分配。

第三章 模式建構

本研究問題定義為聯盟協商階段，貨運聯盟內之航空公司預期與其他聯盟夥伴進行航線上之聯盟後營收有所增加情境下，對於夥伴及航線選擇之策略面問題。從聯盟的角度分析整個聯盟內航空公司該挑選哪條航線起迄對與其他航空公司進行聯盟，以達到聯盟組合之營收最佳化，因屬聯盟協商階段，對於實際策略執行後之貨運量及承攬業影響因素佔不納入評估。本研究假設於航線聯盟後之營收必然增加而滿足貨運聯盟後之超加性情境下，首先針對航空貨運聯盟中特定幾條航線，聯盟內航空公司將選定何種航線合作以組成最佳的貨運聯盟組合，並進一步探討加入貨運航線聯盟後，航空公司間彼此的利潤分配及比較聯盟合作後之營收變化，其中，本研究將結合模糊合作賽局，在決策上給予航空公司有容忍範圍，以避免決策過於武斷，並增加實務上之參考價值。

第一部分為建立模式基本假設，第二部分為模糊合作賽局之聯盟貨運營收分配模式，以建立合作賽局為基礎之數學規劃模式，第三部分求解聯盟營收分配，探討航空貨運聯盟營收分配管理問題。

3.1 基本假設與模式型式

本研究問題定義為航空公司聯盟成員內各航空公司貨運的聯盟合作方式，假設：

1. 研究對象為聯盟內之航空公司成員。
2. 以聯盟內貨運整體最大營收為營運目標。
3. 考慮之聯盟方式以航空公司之合作最常見之非股權聯盟模式：共用班號方式。

4. 航空公司與貨運聯盟對象夥伴航空公司之現況(聯盟前)營收已知。
5. 航空公司預期加入貨運聯盟組合後營收會增加，貨運聯盟合作需滿足超加性。

本研究透過聯盟營收分配進行獲利評估，求解在貨運聯盟下航空公司於不同航線之合作夥伴，並探討不同合作組合所對應之航線營收分配，依據求得之營收分配進行聯盟協商決策，了解航空貨運聯盟之營收分配策略對於市場的影響。本研究為航空貨運聯盟決策分析模式，應用模糊合作賽局理論建構航空貨運聯盟營收分配模式，求解評估航空貨運聯盟組合。

3.2 夏普利值之求解

考慮航空公司在貨運聯盟協商階段對於貨運聯盟協定所衍生的營收預期效果、聯盟營收分配之可能性尚不明確，因此，本研究擬基於模糊可移轉特徵函數之合作賽局(deterministic coalitions with fuzzy characteristic functions)型式之模糊合作賽局理論架構，用以模式化航空公司聯盟成員於聯盟協定中對於營收分配之協商過程。

典型合作賽局是以參賽者間所有可能結盟(coalitions)，分析每個結盟組成後可得到多少報酬(pay-offs)，透過求取夏普利值(Shapley)值，找出最佳的結盟及對應之報酬分配。而本研究以合作賽局之參賽者(player)設定，考慮聯盟內在既有航線上之營運者，將「航線上之航空公司」視為合作賽局之參賽者，聯盟組合則為一聯盟方案，每一組聯盟方案具特徵函數(characteristic functions)之報酬函數，其中，已知不可能形成組合的聯盟方案其特徵函數值設為 0，此外，每一航線之組合皆為一個賽局。

夏普利值為偏重功利之分配方式，致使合作團隊，由美國加州大學洛杉磯分校教授 Lloyd Shapley 提出，其對所有滿足超加性的合作賽局都可算出唯一解，

其公式為：

$$\varphi_i(v) = \sum_{\substack{K \subseteq N \\ i \in K}} \frac{(n-k)!(k-1)!}{n!} [v(K) - v(K - \{i\})] \quad (1)$$

i ：聯盟內之參賽者

n ：所有參賽者個數

k ：聯盟 K 中成員個數

$v(K)$ ：聯盟 K 中成員所創造出來的最大利益

$v(K - \{i\})$ ：聯盟 K 未包含參賽者 i 時所創造出來的最大利益

$\varphi_i(v)$ ：夏普利值，成員 i 在合作賽局中未能得到的期望報酬

假設四人賽局為例說明參賽者 2 之夏普利值，如表 3.1 所示：

表 3.1 聯盟及對應報酬

K	1	2	3	4	1,2	1,3	1,4	2,3	2,4	3,4	1,2,3	1,2,4	1,3,4	2,3,4	1,2,3,4
$v(K)$	2	6	12	9	10	18	12	20	18	23	28	22	30	32	62

此公式中 $v(K) - v(K - \{i\})$ 是參賽者 2 對 K 聯盟的邊際貢獻，前面的權數

$\varphi_i(v) = \sum_{\substack{K \subseteq N \\ i \in K}} \frac{(n-k)!(k-1)!}{n!} [v(K) - v(K - \{i\})]$ 則是由以下推理導出。

(1) 參賽者 2 可能參加聯盟的成員數目共有 $k = 1, \dots, n$ 種可能性，此賽局參賽者 2 可能參加一人、二人、三人、或是四人聯盟，也就是聯盟人數 k 共有 $n =$

4種可能。參賽者 2 參加每一種人數聯盟的可能性都相同，其機率各為 $\frac{1}{n}$ 。

(2)必須在剩下的 $(n-1)$ 人中選出 $(k-1)$ 人才能組成此聯盟，由組合公式可知 $(n-1)$ 人中選 $(k-1)$ 人共有 $C_{k-1}^{n-1} = \frac{(n-1)!}{(n-k)!(k-1)!}$ 種可能，故每一種組合被選到的機率是此公式的倒數，也就是 $\frac{(n-k)!(k-1)!}{(n-1)!}$ ， $0! = 1$ 。

上述(1)與(2)相乘得到 $\frac{1}{n} \frac{(n-k)!(k-1)!}{(n-1)!} = \frac{(n-k)!(k-1)!}{n!}$ ，這就是夏普利值定義式中邊際貢獻 $[v(K)-v(K-\{i\})]$ 前面乘上的權數，也就是人數為 k 的任一聯盟所佔的比重。

此賽局 $n=4$ ，故可算出一人聯盟的權數是 $\frac{(n-k)!(k-1)!}{n!} = \frac{3!0!}{4!} = \frac{1}{4}$ ，二人聯盟的權數是 $\frac{(n-k)!(k-1)!}{n!} = \frac{2!1!}{4!} = \frac{1}{12}$ ，三人聯盟的權數是 $\frac{(n-k)!(k-1)!}{n!} = \frac{1!2!}{4!} = \frac{1}{12}$ ，四人聯盟的權數 $\frac{(n-k)!(k-1)!}{n!} = \frac{0!3!}{4!} = \frac{1}{4}$ 。參賽者 2 在四人賽局共可參加 1 個一人聯盟($\frac{1}{4} \times 1$)，3 個二人聯盟($\frac{1}{12} \times 3$)，3 個三人聯盟($\frac{1}{12} \times 3$)，1 個四人聯盟($\frac{1}{4} \times 1$)，這些權數加總剛好等於 1。參賽者 2 在各聯盟的邊際貢獻如表 3.2 所示：

表 3.2 邊際貢獻

人數	權重	聯盟 K	$v(K)$	$K-\{i\}$	$v(K-\{i\})$	邊際貢獻
1	1/4	2	6	$\emptyset$	0	6
2	1/12	1,2	10	1	2	8

2	1/12	2,3	20	3	12	8
2	1/12	2,4	18	4	9	9
3	1/12	1,2,3	28	1,3	18	10
3	1/12	1,2,4	22	1,4	12	10
3	1/12	2,3,4	32	3,4	23	9
4	1/4	1,2,3,4	62	1,3,4	30	32

故算出參賽者 2 的夏普利值是 $= \frac{1}{4}(6 + 32) + \frac{1}{12}(8 + 8 + 9 + 10 + 10 + 9) = 14$ ，以此類推可算出其他參賽者之夏普利值。

3.3 模糊合作賽局之航空貨運聯盟營收分配模式

本研究假設整體航空聯盟為 N ，令 i 為一「聯盟內航空公司」之聯盟組合，即一參賽者，且共有 n 個可行聯盟決策單元(參賽者)。 N 表示所有聯盟成員航空公司 i 之集合，即參賽者 $i \in N$ ，且共有 n 個聯盟成員(參賽者)。

考慮聯盟內航空公司在不同航線間進行合作，視為一聯盟方案(coalition)，此航線上彼此合作的航空公司組成視為一個聯盟方案 K ， N 之任一子集合 $K \subset N$ 。令 $v(K)$ 為特徵報酬函數(characteristic function)，代表聯盟方案 K 在賽局中所獲得之獲利值。

航空公司預期於其他貨運聯盟成員進行航線聯盟後，對於營收變化是有所增加，而此情境滿足一加一大於二之超加性概念，藉此，估計合作聯盟後可能增額營收。而特徵函數具備超加性(superadditive)，即對於任何交集為空集合之聯盟方

案 K 與 L 滿足如：

$$v(K \cup L) \geq v(K) + v(L), \quad \forall K, L \subset N, K \cap L = \emptyset \quad (2)$$

且為可移轉效用(transferable utility, TU)合作賽局，代表如果兩個聯盟 K, L 合併，其總利潤必定大於各自聯盟的利潤。

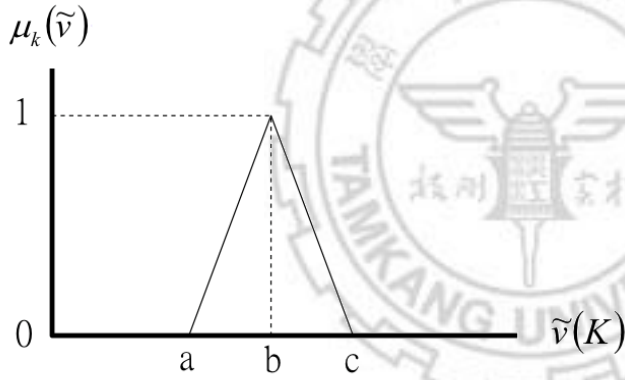
共用班號為兩家航空公司皆有航權時，一航空公司與其它航空公司聯合經營某一航段，但只標註一家航空公司名稱、班機號碼，分別有平行及互補兩種。平行共用班號為雙方營運同一航線，藉此提高雙方營運班次的頻率；互補共用班號為雙方提供本身所營運的航線，藉此增加營運的範圍。共用班號通常會搭配特別的拆帳協議、艙位互換、艙位購買、共享營收、共攤成本等方案達到合作的效果，此時，航空公司間共同營運特定航段可視為關係較緊密的合作聯盟，然而，航空公司彼此簽署共用班號時，其詳細合約內容不易取得，而依據 Hu(2013)的研究，航空公司聯盟後營收分配的比率可依照運量、里程、費率、營收等方式作為分配之依據，因此，本研究針對共用班號之拆帳協議簡化分析，假設當航空公司進行航線之貨運聯盟後，所產生增額之營收將依照營收比率分配給貨運聯盟成員，航空公司依照尚未進行聯盟前之貨運營收拆分營收，營收報酬函數 $v(K)$ 為：

$$v(K) = (1 + \gamma) \sum_{i \in N} \left(R_{p_{rs}^i} \right) \quad (3)$$

本研究假設 i 為一「聯盟內航空公司」，即一參賽者，且共有 n 個可行聯盟決策單元(參賽者)，整體航空聯盟為 N ，航線貨運營收增加比率定為 γ ， p^i 為航空公司 i 所經營之航線， $p^i \in p^N$ ，而 p_{rs}^i 為航空公司 i 之 r - s 航線起迄對，因應聯盟內航空公司 i 在起迄對 r - s 航線上之貨運營收作為依據，令其航線起迄對營收為 $R_{p_{rs}^i}$ 。

假設航空公司在特定航線於其他航空公司進行貨運聯盟後，因達到規模經濟及航線班次增加等因素，而提升航空公司所收取的貨運量總和，此聯盟狀況滿足合作賽局的超加性，達到聯盟後一加一大於二的效果，因此，本研究假設航線貨運營收增加比率定為 γ ，參考 Belobaba(1997)、張凌偉(2001)及陳以宸(2016)之研究，航空公司間簽訂貨運聯盟後之所增加的營收比率，大約可有 6%至 10%的增額利潤，考慮貨運聯盟前後之不確定性，本研究針對 γ 設為介於 0.05~0.15 模糊數。

因三角模糊數擁有運算簡單、容易瞭解等特性，故本研究之模糊隸屬函數以三角模糊數來計算之。三角模糊數由三個端點所組成，以 $\tilde{v}(K)=(a,b,c)$ 表示，而本研究假設 a 為聯盟後有 1.05 倍增額利潤之值， b 為聯盟後有 1.1 倍增額利潤之值， c 為聯盟後有 1.15 倍增額利潤之值，此時 A 的隸屬函數為下列：



$$\mu_k(\tilde{v}) = \begin{cases} 0, \tilde{v}(K) < a \\ \frac{\tilde{v}(K) - a}{b - a}, a \leq \tilde{v}(K) \leq b \\ \frac{c - \tilde{v}(K)}{c - b}, b \leq \tilde{v}(K) \leq c \\ 0, \tilde{v}(K) > c \end{cases} \quad (4)$$

進一步，考慮在聯盟決策階段， $v(K)$ 函數值並無法明確已知，僅能掌握增額利潤幅值範圍及其可能性。參考 Mares(2001)與 Mares and Vlach(2001)模糊合作賽局概念，將 $v(K)$ 函數值以模糊數來處理，令 $\tilde{v}(K)$ 為模糊特徵函數，其隸屬度函

數 $\mu_k(\tilde{v}): \mathfrak{R} \rightarrow [0,1]$ ，亦滿足模糊超加性(fuzzy superadditive)，如下

$$\tilde{v}(K \cup L) \succeq \tilde{v}(K) \oplus \tilde{v}(L), \forall K, L \subset N, K \cap L = \emptyset \quad (5)$$

其中， $\tilde{v}(K)$ $\tilde{v}(L)$ 分別為聯盟方案 K 與 L 之模糊特徵函數，為 K 與 L 聯集之模糊特徵函數，表模糊數加法。依據 Mares(1995)模糊合作賽局概念，定義夏普利值(Shapley value)如下：

$$\tilde{\varphi}_i(\tilde{v}) = \sum_{\substack{K \subset N \\ i \in K}}^{\oplus} \frac{(n-k)!(k-1)!}{n!} [\tilde{v}(K) - (\tilde{v}(K - \{i\}))] \quad (6)$$

其中， i 為聯盟內之參賽者， n 為聯盟成員集合 N 之所有參賽者個數； k 為聯盟方案 K 中成員的個數； $\frac{(n-k)!(k-1)!}{n!}$ 為聯盟方案 K 加入聯盟的機率， $\tilde{v}(K)$ 為聯盟方案 K 之模糊特徵函數值，代表聯盟方案 K 之成員所創造出來的最大報酬模糊函數值； $(-\tilde{v}(K - \{i\}))$ 則為聯盟方案 K 中扣除後剩餘成員所創造出來的最大報酬模糊函數值。

模糊合作賽局之求解，則以夏普利值法評估聯盟營收分配，以每一個參賽者邊際貢獻(marginal contributions)的期望值衡量聯盟方案之影響力， MC_i 為參賽者 i 之邊際貢獻，將所有聯盟方案求解模糊夏普利值。在模糊報酬函數設定上，預估聯盟後之期望獲利值作為聯盟成員協商依據，並應用 Matlab fuzzy logic toolbox 計算模糊報酬函數區間值。

$$MC_i = v(N) - v(N - \{i\}) \quad (7)$$

本研究設定 $\mu_k(\tilde{v})$ 是模糊數 $\tilde{v}(K)$ 的隸屬函數，對於任意的 $\alpha \in [0,1]$ ， $\tilde{v}(K)$ 的 α 集合(α -cut)為 $\tilde{v}_\alpha(K) = \{v \in R \mid \mu_k(\tilde{v}) \geq \alpha\}$ ， α 可視為信賴水平。由模糊函數的性質可知 $\tilde{v}(K)$ 的 α 集合可以用區間 $[v_\alpha^-(K), v_\alpha^+(K)]$ 來表示，則參賽者 i 模糊營收

區間以 $[v_{i,\alpha}^-(K), v_{i,\alpha}^+(K)]$ 表示，而模糊夏普利值應滿足

$$\tilde{\varphi}_{i,\alpha}^-(\tilde{v}_1 + \tilde{v}_2) = \tilde{\varphi}_{i,\alpha}^-(\tilde{v}_1) + \tilde{\varphi}_{i,\alpha}^-(\tilde{v}_2) \quad (8)$$

$$\tilde{\varphi}_{i,\alpha}^+(\tilde{v}_1 + \tilde{v}_2) = \tilde{\varphi}_{i,\alpha}^+(\tilde{v}_1) + \tilde{\varphi}_{i,\alpha}^+(\tilde{v}_2), \forall i \in N \quad (9)$$

式(8)、(9)表示當參賽者 i 同時進行兩項合作時，在信賴水平 α 上，每參賽者的分配是兩項合作分配之和，可以得到模糊夏普利值如下式表示

$$\tilde{\varphi}_{i,\alpha}^-(\tilde{v}) = \sum_{K \subset N} \frac{(n-k)!(k-1)}{n!} \times (\tilde{v}_\alpha^-(K) - \tilde{v}_\alpha^-(K - \{i\})) \quad (10)$$

$$\tilde{\varphi}_{i,\alpha}^+(\tilde{v}) = \sum_{K \subset N} \frac{(n-k)!(k-1)}{n!} \times (\tilde{v}_\alpha^+(K) - \tilde{v}_\alpha^+(K - \{i\})), \forall i \in N \quad (11)$$

本研究首先列出可能產生之合作方式視為一聯盟合作組合，建構各聯盟組合之報酬函數，並以聯盟前之各航空公司現況資料進行合作賽局之總報酬預估，推估賽局之報酬函數值，求解其夏普利值得出聯盟後增額利潤分配，從中找尋適合不同聯盟方式的營收分配，並分析聯盟組合及聯盟方式所帶來之收益分配。

3.4 模式求解步驟

本研究起始條件為各航空公司間之現況(組成新聯盟前)航線每週營收已知。應用 Matlab fuzzy logic toolbox 計算模糊報酬函數區間值，利用夏普利值估算合作聯盟後之營收分配結果，再代回航線利潤函數估算航線營收變化，並進行重新求解。即求解出因應此聯盟決策結果下的最適聯盟航線營收分配，並分析貨運聯盟後之聯盟組合及航線營收增幅變化。各步驟內容詳述如下：

步驟一：選定航線起迄對，利用各航空公司間之現況(組成新聯盟前)之已知數據，建立航空公司於一航線起迄對之營收 $R_{p_i}^{rs}$ 。

步驟二：建立以共用班號為基礎之貨運聯盟組合。探討不同航空公司之營收 R_{rsp}^i ，建立貨運聯盟組合，求取各個聯盟組合之超額營收 $v(K)$ 。

步驟三：將超額營收 $v(K)$ 模糊化，求取各聯盟組合之模糊營收區間 $[v_{i,\alpha}^-(K), v_{i,\alpha}^+(K)]$ 。

步驟四：探討不同 α 狀態下之聯盟組合及其模糊營收區間，並求取模糊夏普利值 $\tilde{\phi}_{i,\alpha}^-(\tilde{v})$ 探討營收分配差異，進而了解貨運聯盟組合及航空公司間航線起迄對之營收分配。



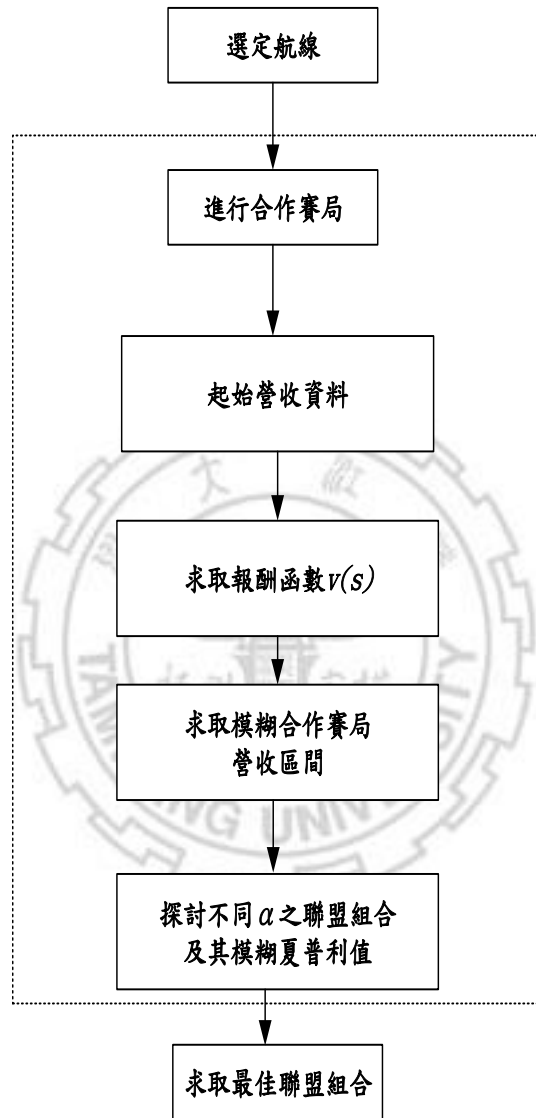


圖 3.1 聯盟營收分配求解架構

第四章 數值範例

本研究以一數值範例進行模式求解與分析，資料範圍為各航空公司於 2017 年 12 月，並探討其可行性。由於航空貨運聯盟實例資料無法取得，此外，航空公司間簽署共用班號時，其詳細合約內容不易取得，因此本研究從各航空公司貨運年報、營業財務資訊、Routes Online、CAPA (Centre for Aviation)及 Air Cargo World 等航空貨運相關網站等獲取資訊，並以部分現況總量數據及合理假設數值進行數值範例問題設定。

相關資料假設上，如起迄對市場總運量、國際貨運網路航段哩程距離、機隊資料、基本費率及其他相關資料，則依實際航空公司相關資料進行設定。然而，部分營運成本為航空公司之營運機密，故本研究航線營收數值則參考 CAPA 蒐集各航空公司於 2017 年 12 月之營收資料，Routes Online 估計各航空公司之航線範圍、航班資料及各航空公司年報，並估計貨運航線營收於各大洲之比例，藉此分析不同航線之貨運營收進行合理之估算與假設。

4.1 範例數值設定

本研究數值範例以部分現況數據及合理假設數值進行航空貨運聯盟組合及營收分配問題。數值範例所選定之航空公司以本國籍航空公司為首，考慮台灣身處於亞洲地區，因而挑選鄰近國家且較有現況已經進行合作之航空公司作為研究對象，合作航線之挑選參考目前天合貨運聯盟內航空公司既有經營之航線，選定三條較多聯盟成員經營之航線，並以亞洲為起點且有中轉點的長程航線作為選定之航線。

假設天合聯盟貨運內航空公司進行貨運，天合聯盟貨運成員包含：中華航空、大韓航空、中國南方航空、中國貨航空(中國東方航空)，航線起迄對包含：台灣桃園國際機場(TPE)至紐約約翰甘迺迪機場(JFK)、台灣桃園國際機場(TPE)至巴

黎戴高樂機場(CDG)、上海浦東機場(PVG)至荷蘭阿姆斯特丹機場(AMS)。賽局之參賽者包含：中華航空、大韓航空、中國南方航空、中國貨運航空，參賽者依序為 $N=\{1,2,3,4\}$ 。

表 4.1 航空公司航線組合

航空公司	參賽者(i)
中華航空	1
大韓航空	2
中國南方航空	3
中國貨運航空	4

4.2 模糊合作賽局之貨運聯盟組合

由於航空公司之實際營運資料無法取得，因此，本研究利用聯盟內各航空公司現有單週營收、單週班次進行估計設定報酬函數，各聯盟組合決策單元(視為合作賽局中之參賽者 i)，聯盟組合(coalition)列示如表 4.1 所示。報酬函數之設定依照本研究模式建構之報酬函數，本研究根據經由 Matlab 中 fuzzy logic tool 應用計算模糊報酬函數區間值，本研究在 $[0,1]$ 區間以 0.1 為單位，分別求取模糊程度為 0.9、0.8、0.7、0.6、0.5、0.4、0.3、0.2、0.1，並可得到模糊報酬函數的區間值，依循 Erick Gonz. lez(2011)對模糊協議於合作賽局之研究，本研究假設當 α 大於 0.7，表示信賴水平較高，認為此聯盟組合對於航空公司合作後之對象及增額營收精準掌握，聯盟明確性高，航空公司彼此結盟意願高；當 α 介於 0.3 到 0.7

間，認為可以掌握其營收區間，貨運聯盟內航空公司彼此有意願結盟，有利於航空公司彼此合作； α 小於 0.3 時，表示信賴水平較低，認為聯盟組合對於航空公司合作後之對象及增額營收不易掌握，聯盟明確性低，對於此航線進行結盟之決策較為保留。

本研究探討聯盟內航空公司之貨運航線營收，首先建立在航線起迄對上所有參賽者間可能進行結盟的聯盟組合，即為一組聯盟組合(coalition)，如表 4.1 所示；因應參賽者在單一航線起迄對上有不同聯盟模式（互補式共用班號或平行式共用班號），因此，在每一聯盟組合中，先求取每一個聯盟組合內參賽者最適當之聯盟模式作為該聯盟組合之營收，並探討不同聯盟組合之航線營收分配。

航空公司與航空公司之間的聯盟，背後的意涵即為航線上之聯盟，當其合作組合後，有可能為兩兩航空公司聯盟之大聯盟，亦或是三家航空公司聯盟與一家航空公司經營一條航線之大聯盟，不存在所有參賽者之聯盟組合為一聯盟組合的方案產生，因其航線聯盟組合可被拆分，例如： $\{1,2,3,4\}$ ，參賽者 $\{1,2,3,4\}$ 將不具有意義，因其航線之可以表示成 $\{1,2\}$ 、 $\{3,4\}$ 之聯盟組合，藉此選定每一聯盟組合中最佳之聯盟模式作為聯盟組合之營收。

實務上，探討聯盟之航線組合時會因不同航空公司之營運現況，而在航線起迄對之中轉點不同，產生不同的組合結果，例如：在 TPE-JFK 起迄對中，大韓航空只以首爾仁川機場最為中轉點，而同樣為 TPE-JFK 起迄對，南方航空只以廣州白雲機場作為中轉點，藉此，可以探討不同航線起迄對組合上之不同。

4.3 TPE-JFK 航線起迄對範例

表 4.1 TPE-JFK 航空公司航線組合

coaliton	起點	執飛航空公司	中轉點	執飛航空公司	迄點
{1}	TPE	1	x	1	JFK
{2}	TPE	2	ICN	2	JFK
{3}	TPE	3	CAN	3	JFK
{4}	X	X	X	X	X
{1,2}	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1	ICN	2	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	2	ICN	2	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1,2	ICN	2	JFK
{1,3}	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1	CAN	3	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	3	CAN	3	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1,3	CAN	3	JFK
{1,4}	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1	PVG	4	JFK
{2,3}	TPE	2	ICN	2	JFK
	TPE	3	CAN	3	JFK
{2,4}	X	X	X	X	X
{3,4}	TPE	3	PVG	4	JFK
	TPE	3	CAN	3	JFK
	TPE	3	PVG	4	JFK

表 4.1 TPE-JFK 航空公司航線組合(續)

{1,2,3}	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1	ICN	2	JFK
	TPE	1	CAN	3	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1	ICN	2	JFK
	TPE	3	CAN	3	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1	ICN	2	JFK
	TPE	3	CAN	3	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	2	ICN	2	JFK
	TPE	1	CAN	3	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	2	ICN	2	JFK
	TPE	3	CAN	3	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	2	ICN	2	JFK
	TPE	1,3	CAN	3	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1,2	ICN	2	JFK
	TPE	1	CAN	3	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1,2	ICN	2	JFK
	TPE	3	CAN	3	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1,2	ICN	2	JFK
	TPE	1,3	CAN	3	JFK

表 4.1 TPE-JFK 航空公司航線組合(續)

{1,2,4}	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1	ICN	2	JFK
	TPE	1	PVG	4	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	2	ICN	2	JFK
	TPE	1	PVG	4	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1,2	ICN	2	JFK
	TPE	1	PVG	4	JFK
{1,3,4}	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1	CAN	3	JFK
	TPE	1	PVG	4	JFK
	TPE	3	PVG	4	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	3	CAN	3	JFK
	TPE	3	PVG	4	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1,3	CAN	3	JFK
	TPE	3	PVG	4	JFK
	TPE	1	x	1	JFK
	TPE	1,3	CAN	3	JFK
	TPE	1,3	PVG	4	JFK
{2,3,4}	TPE	2	ICN	2	JFK
	TPE	3	CAN	3	JFK
	TPE	3	PVG	4	JFK

表 4.2 TPE-JFK 模糊營收區間值

Coalition	$\alpha=0.9$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.5$
{1}	76.86,77.64	76.48,78.02	76.09,78.41	75.7,78.8	75.32,79.19
{2}	91,91.92	90.55,92.37	90.09,92.83	89.63,93.29	89.18,93.75
{3}	48.79,49.28	48.54,49.52	48.3,49.77	48.05,50.01	47.81,50.26
{4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{1,2}	227.03,229.11	226,230.14	224.96,231.18	223.92,232.22	222.89,233.26
{1,3}	180.58,182.23	179.75,183.05	178.93,183.88	178.1,184.7	177.28,185.53
{1,4}	142.2,143.5	141.55,144.15	140.9,144.8	140.25,145.45	139.61,146.1
{2,3}	153.84,155.24	153.13,155.95	152.43,156.65	151.73,157.35	151.03,158.06
{2,4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{3,4}	95.85,96.73	95.42,97.16	94.98,97.6	94.54,98.04	94.11,98.48
{1,2,3}	323.03,325.98	321.55,327.45	320.08,328.93	318.6,330.4	317.13,331.88
{1,2,4}	284.64,287.24	283.34,288.54	282.04,289.84	280.74,291.14	279.44,292.44
{1,3,4}	265.03,267.45	263.82,268.66	262.61,269.87	261.4,271.08	260.19,272.29
{2,3,4}	196,197.79	195.1,198.68	194.21,199.58	193.31,200.47	192.42,201.37

表 4.2 TPE-JFK 模糊營收區間值(續)

Coalition	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0$
{1}	74.93,79.57	74.54,79.96	74.15,80.35	73.77,80.73	73.38,81.12
{2}	88.72,94.2	88.26,94.66	87.8,95.12	87.35,95.57	86.89,96.03
{3}	47.56,50.5	47.32,50.75	47.07,50.99	46.83,51.24	46.58,51.48
{4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{1,2}	221.85,234.29	220.81,235.33	219.77,236.37	218.74,237.4	217.7,238.44
{1,3}	176.45,186.35	175.63,187.18	174.8,188	173.98,188.83	173.15,189.65
{1,4}	138.96,146.74	138.31,147.39	137.66,148.04	137.01,148.69	136.36,149.34
{2,3}	150.32,158.76	149.62,159.46	148.92,160.16	148.21,160.87	147.51,161.57
{2,4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{3,4}	93.67,98.91	93.23,99.35	92.79,99.79	92.36,100.22	91.92,100.66
{1,2,3}	315.65,333.35	314.18,334.83	312.7,336.3	311.23,337.78	309.75,339.25
{1,2,4}	278.14,293.74	276.84,295.04	275.54,296.34	274.24,297.64	272.94,298.94
{1,3,4}	258.98,273.5	257.77,274.71	256.56,275.92	255.35,277.13	254.14,278.34
{2,3,4}	191.52,202.26	190.63,203.16	189.73,204.05	188.84,204.95	187.94,205.84

結果顯示於不同模糊營收區間下，選取結果不同，從表 4.3 得知， $\alpha=0.7$ 時，即信賴水平較高時，聯盟組合明確性高，航空公司對於挑選合作對象及增額營收較能精準掌握，對於結盟意願高，而在此最適之整體聯盟組合皆為 $\{2\} \& \{1,3,4\}$ 此組聯盟組合，表示貨運聯盟內航空公司對於此聯盟組合之模糊營收區間掌握度較高，有較高的意願組成聯盟組合；當 $\alpha=0.5$ 時，航空公司間認為可以適當掌握其聯盟營收區間，因此，貨運聯盟內航空公司彼此將有意願結盟，有利於航空公司彼此合作，而在此最適之整體聯盟組合亦是 $\{2\} \& \{1,3,4\}$ 此組聯盟組合，探討其航線起迄對之聯盟組合為大韓航空一組，中華航空、中國貨運航空、南方航空一組，大韓航空在 TPE-JFK 起迄對以韓國仁川機場為中轉點經營此航線，中華航空分別跟南方航空在 TPE-CAN 航段進行平行式共用班號，CAN-JFK 航段進行互補式共用班號，中華航空與中國貨運航空在 TPE-PVG 航段進行平行式共用班號，PVG-JFK 航段進行互補式共用班號。

α 小於 0.3 時，表示信賴水平較低，認為聯盟組合對於航空公司合作後之對象及增額營收不易掌握，聯盟明確性低，對於此航線進行結盟之決策較為保留，當 $\alpha=0.2$ 時， $\{2\} \& \{1,3,4\}$ 聯盟組合之模糊營收區間介於 344.36 至 371.04 萬美元間，而 $\{3\} \& \{1,2,4\}$ 聯盟組合之模糊營收區間介於 322.62 至 347.34 萬美元間，表示此兩組聯盟組合之模糊營收區間不易掌握，對於如何選擇最佳的合作夥伴之決策較不易選擇。

表 4.3 TPE-JFK 整體貨運聯盟組合

聯盟組合	$\alpha=0.9$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.5$
{1} & {2,3,4}	272.86,275.42	271.58,276.7	270.29,277.99	269.01,279.27	267.73,280.55
{2} & {1,3,4}	356.03,359.37	354.36,361.04	352.7,362.7	351.03,364.37	349.36,366.04
{3} & {1,2,4}	333.44,336.53	331.89,338.07	330.35,339.62	328.8,341.16	327.26,342.71
{4} & {1,2,3}	323.03,325.98	321.55,327.45	320.08,328.93	318.6,330.4	317.13,331.88
{1,2} & {3,4}	322.89,325.83	321.41,327.31	319.94,328.78	318.46,330.26	316.99,331.73
{1,3} & {2,4}	180.58,182.23	179.75,183.05	178.93,183.88	178.1,184.7	177.28,185.53
{1,4} & {2,3}	296.04,298.74	294.69,300.09	293.33,301.45	291.98,302.8	290.63,304.15
聯盟組合	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0$
{1} & {2,3,4}	266.45,281.83	265.17,283.11	263.88,284.4	262.6,285.68	261.32,286.96
{2} & {1,3,4}	347.69,367.71	346.02,369.38	344.36,371.04	342.69,372.71	341.02,374.38
{3} & {1,2,4}	325.71,344.25	324.17,345.8	322.62,347.34	321.08,348.89	319.53,350.43
{4} & {1,2,3}	315.65,333.35	314.18,334.83	312.7,336.3	311.23,337.78	309.75,339.25
{1,2} & {3,4}	315.52,333.2	314.04,334.68	312.57,336.15	311.09,337.63	309.62,339.1
{1,3} & {2,4}	176.45,186.35	175.63,187.18	174.8,188	173.98,188.83	173.15,189.65
{1,4} & {2,3}	289.28,305.5	287.93,306.85	286.57,308.21	285.22,309.56	283.87,310.91

比較各個聯盟組合之營收作為航線起迄對之貨運聯盟內最佳聯盟組合，並求取其聯盟組合之夏普利值，分配航空貨運聯盟組合營收。依據模糊隸屬函數之特性可以得到，在一個聯盟 K 中，對於任意給定之收益值 $v(K)^*$ ，有一隸屬度，即 α -cut 相對應值，依循 Chen(2006)之研究可得到，如果對任意的 $\alpha \in [0,1]$ ，都有 $\tilde{\varphi}_{\alpha}^{-}(\tilde{v}) \leq \tilde{\varphi}_{\alpha}^{+}(\tilde{v})$ ，則根據 Chen(2006)研究中建構之模糊夏普利值隸屬函數，可得到與 α^* 相對應的分配值 $\tilde{\varphi}_{\alpha^*}^{-}(\tilde{v})$ 和 $\tilde{\varphi}_{\alpha^*}^{+}(\tilde{v})$ ，並在 $\tilde{\varphi}_{\alpha^*}^{-}(\tilde{v})$ 和 $\tilde{\varphi}_{\alpha^*}^{+}(\tilde{v})$ 中選取與 $v(K)^*$ 同側(相對於模糊隸屬函數的核心，隸屬度不等於 1 的模糊變數於核心左側或右側)的數值為 φ_i^* 。

為了選擇最佳的合作賽局之決策，參賽者需要根據得到的模糊夏普利值隸屬函數進行決策，以聯盟組合 $\{1,2\}$ & $\{3,4\}$ 為例，若該聯盟希望決策具有較高的信賴水平，選取 $\alpha=0.8$ ，且保守估計聯盟營收以及自己的所得分配應該取 $\alpha=0.8$ 的下限，即為三角模糊數之左界 $\tilde{\varphi}_{\alpha}^{-}(\tilde{v})$ ，則 $\varphi_{0.8}^{-}(\tilde{v}) = \{1,2,3,4\}$ ，由此可得 $\varphi_{0.8}^{-}(\tilde{v}) = [128.85, 90.55, 90.4, 44.58]$ 。

經由 Matlab 計算可得，當 $\alpha=0.7$ 時，夏普利值分別為 $\varphi_{1,0.7}^{-}(\tilde{v})=128.26$ ， $\varphi_{2,0.7}^{-}(\tilde{v})=90.09$ ， $\varphi_{3,0.7}^{-}(\tilde{v})=89.98$ ， $\varphi_{4,0.7}^{-}(\tilde{v})=44.37$ ，TPE-JFK 航線起迄對之貨運聯盟總體營收為 352.62 萬美元，而各參賽者夏普利值為自身的所得分配。

表 4.4 TPE-JFK 不同信賴水平上夏普利值區間

player	$\alpha=0.9$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.5$
φ_1	129.44,130.62	128.85,131.21	128.26,131.8	127.67,132.4	127.08,132.99
φ_2	91,91.92	90.55,92.37	90.09,92.83	89.63,93.29	89.17,93.75
φ_3	90.81,91.64	90.4,92.06	89.98,92.47	89.57,92.89	89.16,93.3
φ_4	44.78,45.19	44.58,45.39	44.37,45.6	44.17,45.8	43.96,46.01
player	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0$
φ_1	126.48,133.58	125.89,134.17	125.3,134.76	124.71,135.35	124.12,135.94
φ_2	88.72,94.2	88.26,94.66	87.8,95.12	87.34,95.58	86.89,96.03
φ_3	88.74,93.72	88.33,94.13	87.91,94.55	87.5,94.96	87.08,95.38
φ_4	43.76,46.21	43.55,46.42	43.35,46.62	43.14,46.82	42.94,47.03

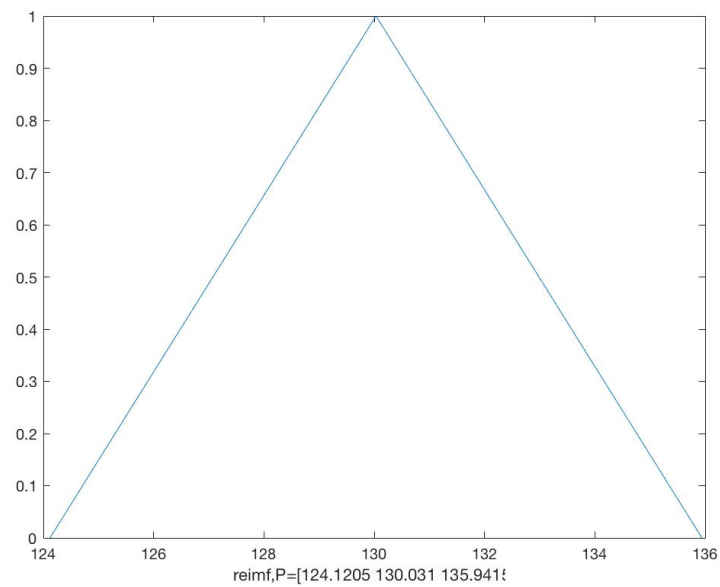


圖 4.1 TPE-JFK 參賽者 1 夏普利值隸屬函數

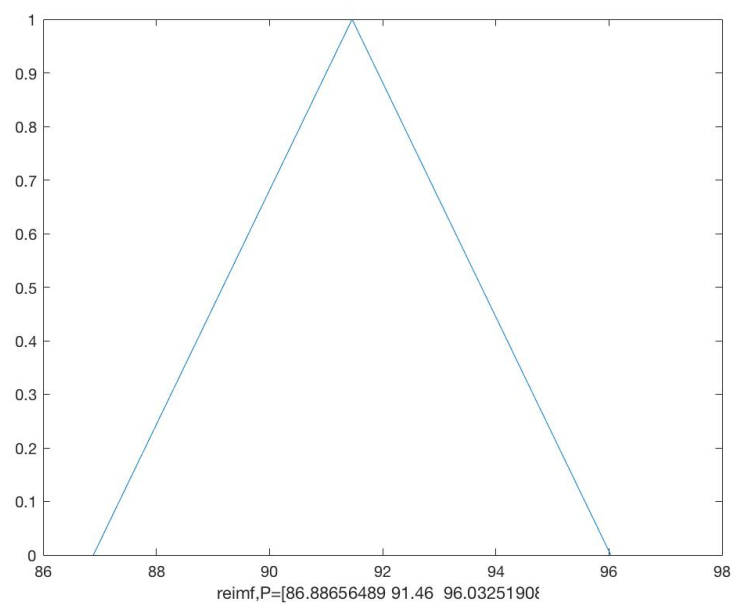


圖 4.2 TPE-JFK 參賽者 2 夏普利值隸屬函數

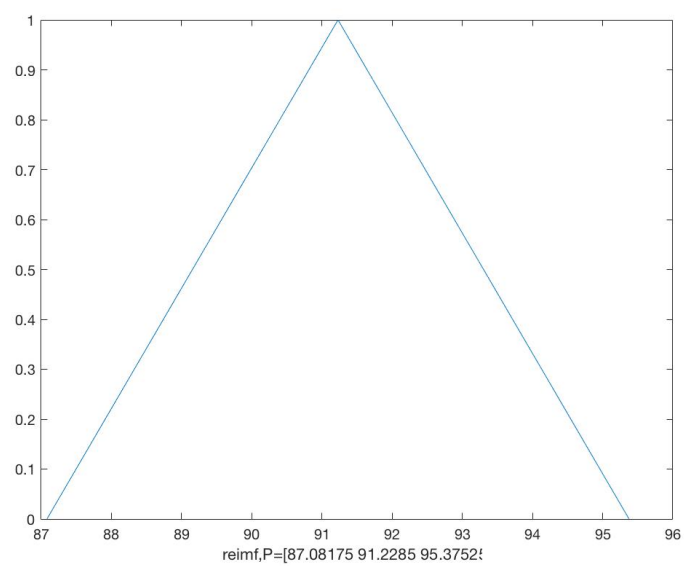


圖 4.3 TPE-JFK 參賽者 3 夏普利值隸屬函數

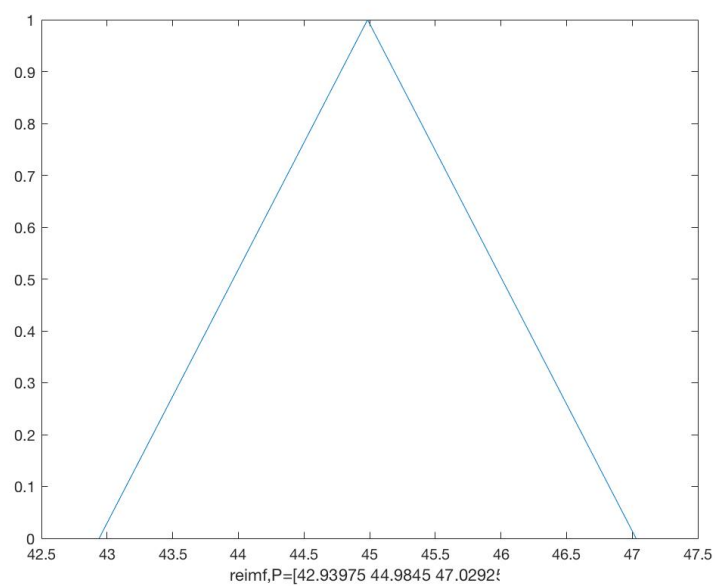


圖 4.4 TPE-JFK 參賽者 4 夏普利值隸屬函數

數值範例分析表 4.3 所示，航空公司間進行貨運聯盟後，所成立之聯盟組合為{2} & {1,3,4}此組聯盟組合，表中得知，參賽者 2，即大韓航空，因不與其他航空公司合作經營 TPE-JFK 航線起迄對，在此起迄對上以自身之樞紐機場-韓國仁川機場作為中轉點，從台灣桃園機場飛至紐約甘迺迪機場，在營收變化上微幅減少了 1.37 萬美元。

而參賽者 1、3、4 分別為中華航空、南方航空、中國貨運航空，在營收變化上皆有顯著提升，中華航空增加 12.38 萬美元，南方航空增加 16.43 萬美元，中國貨運航空增加 9.42 萬美元。其中，以南方航空及中國貨運航空兩家之增加幅度較多，分別為 22.34%及 26.95%。

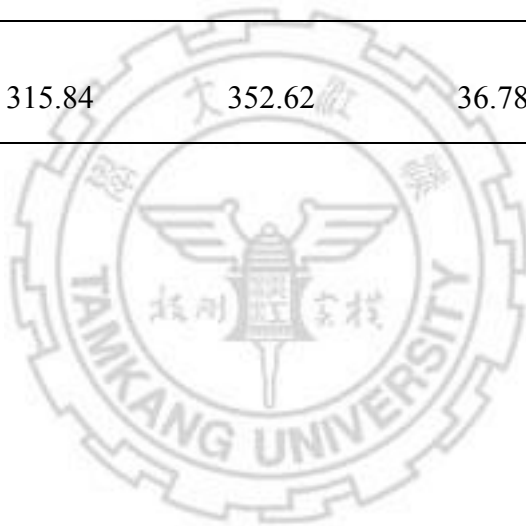
深入探討{1,3,4}之聯盟組合其聯盟模式，在 TPE-JFK 航線起迄對上，中華航空與南方航空以平行式共用班號之聯盟模式，由台灣桃園機場(TPE)至上海浦東機場(PVG)，兩家航空公司共同經營此航段，接續上述兩家航空公司再與中國貨運航空，進行互補式共用班號，由中國貨運航空執飛由上海浦東機場(PVG)至紐約甘迺迪機場(JFK)，此外，同一起迄對另有中華航空與南方航空以平行式共用班號之聯盟模式，由台灣桃園機場(TPE)至廣州白雲機場(CAN)共同經營此航段，中華航空與南方航空進行互補式共用班號，由南方航空執飛從上海浦東機場(PVG)至紐約甘迺迪機場(JFK)，形成三家航空公司彼此合作之聯盟。

藉由共用班號此合作方式及不同中轉點所建構之航線聯盟，增加航線上之攬貨能力、達到規模經濟，提升市場營運範圍，促使整體貨運聯盟之營收變化也增加了 36.78 萬美元，提升了 11.65%的整體營收。

表 4.5 TPE-JFK 聯盟前後營收變化

參賽者	聯盟前營收	聯盟後營收	增額營收	增額營收比率
1	115.88	128.26	12.38	10.68%
2	91.46	90.09	-1.37	-1.50%
3	73.55	89.98	16.43	22.34%
4	34.95	44.37	9.42	26.95%
總和	315.84	352.62	36.78	11.65%

單位：週/萬美元



4.4 TPE-CDG 航線起迄對範例

表 4.6 TPE-CDG 航空公司航線組合

coaliton	起點	執飛航空公司	中轉點	執飛航空公司	迄點
{1}	X	X	X	X	X
{2}	TPE	2	ICN	2	CDG
{3}	TPE	3	CAN	3	CDG
{4}	X	X	X	X	X
{1,2}	TPE	1	ICN	2	CDG
	TPE	1,2	ICN	2	CDG
{1,3}	TPE	1	CAN	3	CDG
	TPE	1,3	CAN	3	CDG
{1,4}	TPE	1	PVG	4	CDG
{2,3}	X	X	X	X	X
{2,4}	X	X	X	X	X
{3,4}	TPE	3	PVG	4	CDG
{1,2,3}	TPE	1	ICN	2	CDG
	TPE	1	CAN	3	CDG
	TPE	1	ICN	2	CDG
	TPE	1,3	CAN	3	CDG
	TPE	2	ICN	2	CDG
	TPE	1	CAN	3	CDG
	TPE	2	ICN	2	CDG
	TPE	1,3	CAN	3	CDG
	TPE	1,2	ICN	2	CDG
	TPE	1	CAN	3	CDG
	TPE	1,2	ICN	2	CDG
	TPE	1,3	CAN	3	CDG

表 4.6 TPE-CDG 航空公司航線組合(續)

{1,2,4}	TPE	1	ICN	2	CDG
	TPE	1	PVG	4	CDG
	TPE	1,2	ICN	2	CDG
	TPE	1	PVG	4	CDG
{1,3,4}	TPE	1	CAN	3	CDG
	TPE	1	PVG	4	CDG
	TPE	1	CAN	3	CDG
	TPE	3	PVG	4	CDG
	TPE	1	CAN	3	CDG
	TPE	1,3	PVG	4	CDG
	TPE	3	CAN	3	CDG
	TPE	1	PVG	4	CDG
	TPE	3	CAN	3	CDG
	TPE	1,3	PVG	4	CDG
	TPE	1,3	CAN	3	CDG
	TPE	1	PVG	4	CDG
	TPE	1,3	CAN	3	CDG
	TPE	3	PVG	4	CDG
	TPE	1,3	CAN	3	CDG
	TPE	1,3	PVG	4	CDG
{2,3,4}	X	X	X	X	X

表 4.7 TPE-CDG 模糊營收區間值

Coalition	$\alpha=0.9$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.5$
{1}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{2}	47.32,47.8	47.08,48.04	46.85,48.27	46.61,48.51	46.37,48.75
{3}	12.88,13.01	12.81,13.07	12.75,13.14	12.68,13.2	12.62,13.27
{4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{1,2}	65.61,66.21	65.31,66.51	65.01,66.81	64.71,67.11	64.41,67.41
{1,3}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{1,4}	27.71,27.97	27.59,28.09	27.46,28.22	27.34,28.34	27.21,28.47
{2,3}	19.04,19.22	18.96,19.3	18.87,19.39	18.78,19.48	18.7,19.57
{2,4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{3,4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{1,2,3}	93.32,94.18	92.9,94.6	92.47,95.03	92.05,95.45	91.62,95.88
{1,2,4}	84.66,85.44	84.28,85.82	83.89,86.21	83.51,86.59	83.12,86.98
{1,3,4}	53.84,54.34	53.6,54.58	53.35,54.83	53.11,55.07	52.86,55.32
{2,3,4}	78.85,79.57	78.49,79.93	78.13,80.29	77.77,80.65	77.41,81.01

表 4.7 TPE-CDG 模糊營收區間值(續)

Coalition	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0$
{1}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{2}	46.13,48.99	45.89,49.23	45.66,49.46	45.42,49.7	45.18,49.94
{3}	12.55,13.33	12.49,13.4	12.42,13.46	12.36,13.53	12.29,13.59
{4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{1,2}	64.11,67.71	63.81,68.01	63.51,68.31	63.21,68.61	62.91,68.91
{1,3}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{1,4}	27.08,28.6	26.96,28.72	26.83,28.85	26.71,28.97	26.58,29.1
{2,3}	18.61,19.65	18.52,19.74	18.43,19.83	18.35,19.91	18.26,20
{2,4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{3,4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
{1,2,3}	91.19,96.31	90.77,96.73	90.34,97.16	89.92,97.58	89.49,98.01
{1,2,4}	82.73,87.37	82.35,87.75	81.96,88.14	81.58,88.52	81.19,88.91
{1,3,4}	52.61,55.57	52.37,55.81	52.12,56.06	51.88,56.3	51.63,56.55
{2,3,4}	77.05,81.37	76.69,81.73	76.33,82.09	75.97,82.45	75.61,82.81

結果顯示於不同模糊營收區間下，選取結果不同，表 4.8 得知， $\alpha=0.7$ 時，即信賴水平較高時，聯盟組合明確性高，航空公司對於挑選合作對象及增額營收精準掌握，對於結盟意願高，而在此最適之整體聯盟組合皆為 $\{2\}$ & $\{1,3,4\}$ 此組聯盟組合，表示貨運聯盟內航空公司對於此聯盟組合之模糊營收區間掌握度較高，有較高的意願組成聯盟組合。

當 $\alpha=0.5$ 時， $\{2\}$ & $\{1,3,4\}$ 此組聯盟組合之模糊營收區間介於 99.24 至 104.07 萬美元間，而 $\{3\}$ & $\{1,2,4\}$ 聯盟組合之模糊營收區間介於 95.74 至 100.25 萬美元間，當 $\alpha=0.3$ 時， $\{2\}$ & $\{1,3,4\}$ 聯盟組合之模糊營收區間介於 98.27 至 105.03 萬美元間，而 $\{3\}$ & $\{1,2,4\}$ 聯盟組合之模糊營收區間介於 94.83 至 101.15 萬美元間，表示此兩組聯盟組合之模糊營收區間不易掌握，對於如何選擇最佳的合作夥伴之決策較不易選擇。



表 4.8 TPE-CDG 整體貨運聯盟組合

聯盟組合	$\alpha=0.9$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.5$
{1} & {2,3,4}	78.85,79.57	78.49,79.93	78.13,80.29	77.77,80.65	77.41,81.01
{2} & {1,3,4}	101.17,102.13	100.68,102.62	100.2,103.1	99.72,103.58	99.24,104.07
{3} & {1,2,4}	97.54,98.44	97.09,98.89	96.64,99.34	96.19,99.79	95.74,100.25
{4} & {1,2,3}	93.32,94.18	92.9,94.6	92.47,95.03	92.05,95.45	91.62,95.88
{1,2} & {3,4}	78.21,78.93	77.86,79.28	77.5,79.64	77.14,80	76.79,80.36
{1,3} & {2,4}	27.71,27.97	27.59,28.09	27.46,28.22	27.34,28.34	27.21,28.47
{1,4} & {2,3}	19.04,19.22	18.96,19.3	18.87,19.39	18.78,19.48	18.7,19.57
聯盟組合	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0$
{1} & {2,3,4}	77.05,81.37	76.69,81.73	76.33,82.09	75.97,82.45	75.61,82.81
{2} & {1,3,4}	98.75,104.55	98.27,105.03	97.79,105.51	97.3,106	96.82,106.48
{3} & {1,2,4}	95.28,100.7	94.83,101.15	94.38,101.6	93.93,102.05	93.48,102.5
{4} & {1,2,3}	91.19,96.31	90.77,96.73	90.34,97.16	89.92,97.58	89.49,98.01
{1,2} & {3,4}	76.43,80.71	76.07,81.07	75.71,81.43	75.36,81.78	75,82.14
{1,3} & {2,4}	27.08,28.6	26.96,28.72	26.83,28.85	26.71,28.97	26.58,29.1
{1,4} & {2,3}	18.61,19.65	18.52,19.74	18.43,19.83	18.35,19.91	18.26,20

經由 Matlab 計算可得，當 $\alpha=0.7$ 時，夏普利值分別為 $\varphi_{1,0.7}^-(\tilde{v})=19.03$ ， $\varphi_{2,0.7}^-(\tilde{v})=46.85$ ， $\varphi_{3,0.7}^-(\tilde{v})=22.21$ ， $\varphi_{4,0.7}^-(\tilde{v})=11.55$ ，貨運聯盟總體營收為 99.64 萬美元，而各參賽者夏普利值為自身的所得分配。

表 4.9 TPE-CDG 不同信賴水平上夏普利值區間

player	$\alpha=0.9$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.5$
φ_1	19.22,19.41	19.13,19.51	19.03,19.61	18.93,19.7	18.84,19.8
φ_2	47.32,47.8	47.08,48.03	46.85,48.27	46.61,48.51	46.37,48.75
φ_3	22.44,22.67	22.33,22.78	22.21,22.89	22.1,23	21.99,23.12
φ_4	11.67,11.79	11.61,11.85	11.55,11.9	11.49,11.96	11.44,12.02
player	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0$
φ_1	18.74,19.9	18.64,19.99	18.55,20.09	18.45,20.19	18.35,20.28
φ_2	46.13,48.99	45.89,49.22	45.66,49.46	45.42,49.7	45.18,49.94
φ_3	21.88,23.23	21.76,23.34	21.65,23.46	21.54,23.57	21.43,23.68
φ_4	11.38,12.08	11.32,12.14	11.26,12.2	11.2,12.26	11.14,12.31

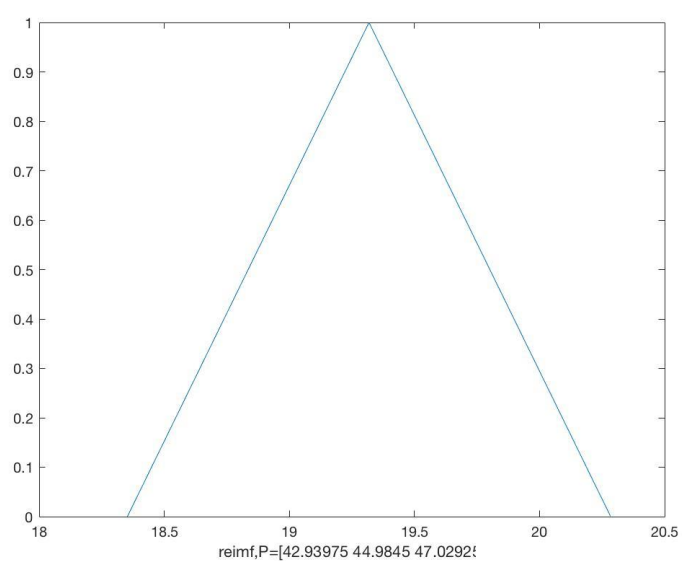


圖 4.5 TPE-CDG 參賽者 1 夏普利值隸屬函數

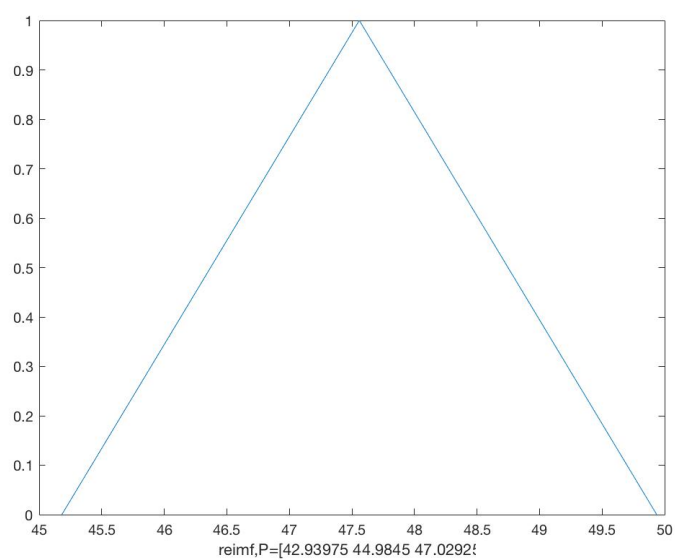


圖 4.6 TPE-CDG 參賽者 2 夏普利值隸屬函數

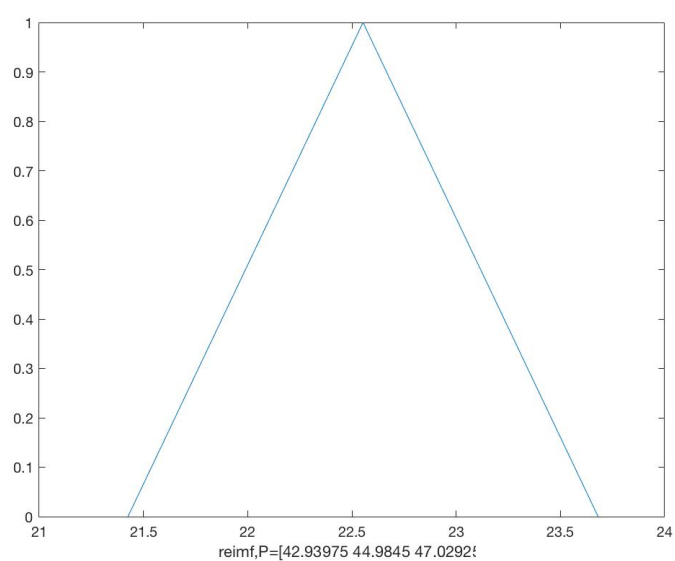


圖 4.7 TPE-CDG 參賽者 3 夏普利值隸屬函數

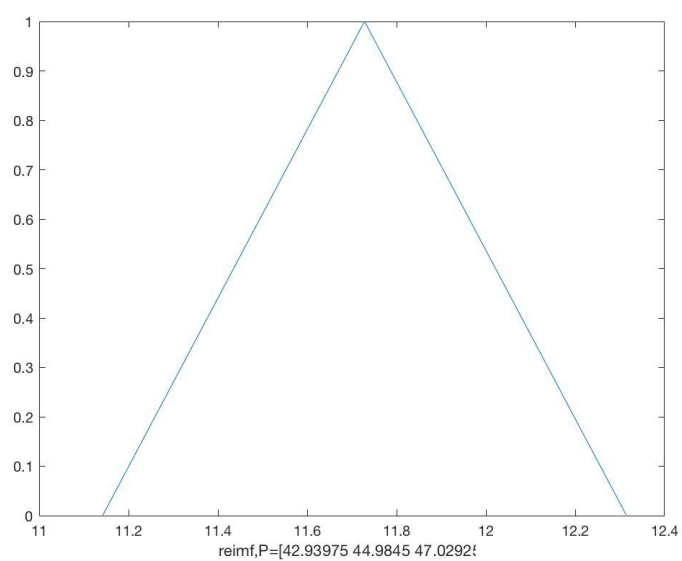


圖 4.8 TPE-CDG 參賽者 4 夏普利值隸屬函數

由表 4.8 所示，航空公司間進行貨運聯盟後，所成立之聯盟組合為{2} & {1,3,4}此組聯盟組合，表中得知，參賽者 2，即大韓航空，因不與其他航空公司合作經營 TPE-CDG 航線起迄對，在此起迄對上以自身之樞紐機場-韓國仁川機場作為中轉點，從台灣桃園機場飛至巴黎戴高樂機場，在營收變化上微幅減少了 1.9 萬美元。

而參賽者 1、3、4 分別為中華航空、南方航空、中國貨運航空，在營收變化上皆有顯著提升，中華航空增加 3.58 萬美元，南方航空增加 6.03 萬美元，中國貨運航空增加 1.48 萬美元。其中，以中華航空及南方航空及兩家之增加幅度較多，分別為 23.16%及 37.29%。

深入探討{1,3,4}之聯盟組合其聯盟模式，在 TPE-CDG 航線起迄對上，中華航空與南方航空以平行式共用班號之聯盟模式，由台灣桃園機場(TPE)至上海浦東機場(PVG)，兩家航空公司共同經營此航段，接續上述兩家航空公司再與中國貨運航空，進行互補式共用班號，由中國貨運航空執飛由上海浦東機場(PVG)至巴黎戴高樂機場(CDG)，此外，同一起迄對另有中華航空與南方航空以平行式共用班號之聯盟模式，由台灣桃園機場(TPE)至廣州白雲機場(CAN)共同經營此航段，中華航空與南方航空進行互補式共用班號，由南方航空執飛從廣州白雲機場(CAN)至巴黎戴高樂機場(CDG)，形成之合作之聯盟。此聯盟組合之營收增加，促使整體貨運聯盟之營收變化也增加了 9.19 萬美元，提升了 10.16%的整體營收。

表 4.10 TPE-CDG 聯盟前後營收變化

參賽者	聯盟前營收	聯盟後營收	增額營收	增額營收比率
1	15.45	19.03	3.58	23.16%
2	48.75	46.85	-1.90	-3.90%
3	16.18	22.21	6.03	37.29%
4	10.07	11.55	1.48	14.74%
總和	90.45	99.64	9.19	10.16%

單位：週/萬美元



4.5 PVG-AMS 航線起迄對範例

表 4.11 PVG-AMS 航空公司航線組合

coaliton	起點	執飛航空公司	中轉點	執飛航空公司	迄點
{1}	PVG	1	TPE	1	AMS
{3}	PVG	3	X	3	AMS
	PVG	3	CAN	3	AMS
{4}	PVG	4	X	4	AMS
{1,3}	PVG	1	TPE	1	AMS
	PVG	3	X	3	AMS
	PVG	3	CAN	3	AMS
	PVG	3	TPE	1	AMS
	PVG	3	X	3	AMS
	PVG	3	CAN	3	AMS
	PVG	1,3	TPE	1	AMS
	PVG	3	X	3	AMS
	PVG	3	CAN	3	AMS
	PVG	3	CAN	3	AMS
{1,4}	PVG	1	TPE	1	AMS
	PVG	4	X	4	AMS
	PVG	4	X	4	AMS
	PVG	4	BKK	1	AMS
	PVG	1	TPE	1	AMS
	PVG	4	BKK	1	AMS
	PVG	4	X	4	AMS
	PVG	1	TPE	1	AMS
	PVG	4	BKK	1	AMS
	PVG	4	BKK	1	AMS
{3,4}	PVG	3,4	X	3,4	AMS
	PVG	3,4	X	3,4	AMS
	PVG	3	CAN	3	AMS

表 4.12 PVG-AMS 模糊營收區間值

Coalition	$\alpha=0.9$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.5$
{1}	23.06,23.3	22.95,23.41	22.83,23.53	22.72,23.64	22.6,23.76
{3}	32.2,32.52	32.04,32.68	31.87,32.85	31.71,33.01	31.55,33.17
{4}	12.53,12.65	12.46,12.72	12.4,12.78	12.34,12.84	12.28,12.91
{1,3}	69.67,70.31	69.35,70.63	69.04,70.94	68.72,71.26	68.4,71.58
{1,4}	58.73,59.27	58.46,59.54	58.19,59.81	57.92,60.08	57.66,60.35
{3,4}	49.23,49.67	49,49.9	48.78,50.12	48.55,50.35	48.33,50.57
Coalition	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0$
{1}	22.48,23.88	22.37,23.99	22.25,24.11	22.14,24.22	22.02,24.34
{3}	31.39,33.33	31.23,33.49	31.06,33.66	30.9,33.82	30.74,33.98
{4}	12.21,12.97	12.15,13.03	12.09,13.09	12.02,13.16	11.96,13.22
{1,3}	68.08,71.9	67.76,72.22	67.45,72.53	67.13,72.85	66.81,73.17
{1,4}	57.39,60.61	57.12,60.88	56.85,61.15	56.58,61.42	56.31,61.69
{3,4}	48.11,50.79	47.88,51.02	47.66,51.24	47.43,51.47	47.21,51.69

結果顯示於不同模糊營收區間下，所選選之航線組合皆相同，從表 4.5 得知， $\alpha=0.7$ 、 $\alpha=0.5$ 、 $\alpha=0.3$ 時，最適之整體聯盟組合皆為 $\{3\}&\{1,4\}$ 此組聯盟組合，表示於 PVG-AMS 航線起迄對上，貨運聯盟內航空公司對於此聯盟組合之模糊營收區間掌握度較高，航空公司間認為此航線起迄對能較精準地掌握其聯盟營收區間，因此，貨運聯盟內航空公司彼此將有意願結盟，且對於合作對象極為明確。

探討其航線起迄對之聯盟組合為南方航空一組，中華航空、中國貨運航空一組，南方航空在 PVG-AMS 起迄對以直飛及廣州白雲機場為中轉點之航線經營，中華航空跟中國貨運航空在除了本身航線外，亦以曼谷蘇凡納布機場進行互補式共用班號，PVG-BKK 航段由中國貨運航空執飛，BKK-AMS 航段由中華航空執飛。

表 4.13 PVG-AMS 整體貨運聯盟組合

聯盟組合	$\alpha=0.9$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.5$
$\{1\}&\{3,4\}$	72.29,72.97	71.95,73.31	71.61,73.65	71.27,73.99	70.93,74.33
$\{3\}&\{1,4\}$	90.93,91.79	90.5,92.22	90.07,92.65	89.64,93.08	89.21,93.52
$\{4\}&\{1,3\}$	82.2,82.96	81.82,83.34	81.44,83.72	81.06,84.1	80.68,84.49
聯盟組合	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0$
$\{1\}&\{3,4\}$	70.59,74.67	70.25,75.01	69.91,75.35	69.57,75.69	69.23,76.03
$\{3\}&\{1,4\}$	88.77,93.95	88.34,94.38	87.91,94.81	87.48,95.24	87.05,95.67
$\{4\}&\{1,3\}$	80.29,84.87	79.91,85.25	79.53,85.63	79.15,86.01	78.77,86.39

經由 Matlab 計算可得，當 $\alpha=0.7$ 時，夏普利值分別為 $\varphi_{1,0.7}^-(\tilde{v})=34.3$ ， $\varphi_{3,0.7}^-(\tilde{v})=31.87$ ， $\varphi_{4,0.7}^-(\tilde{v})=23.87$ ，貨運聯盟總體營收為 90.04 萬美元，而各參賽者夏普利值為自身的所得分配。

表 4.14 PVG-AMS 不同信賴水平上夏普利值區間

player	$\alpha=0.9$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.5$
φ_1	34.65,35	34.48,35.17	34.3,35.35	34.13,35.52	33.95,35.7
φ_3	32.2,32.52	32.04,32.68	31.87,32.85	31.71,33.01	31.55,33.17
φ_4	24.11,24.36	23.99,24.48	23.87,24.6	23.75,24.72	23.63,24.84
player	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0$
φ_1	33.78,35.87	33.61,36.04	33.43,36.22	33.26,36.39	33.08,36.57
φ_3	31.39,33.33	31.23,33.49	31.07,33.65	30.9,33.82	30.74,33.98
φ_4	23.51,24.96	23.39,25.08	23.27,25.2	23.14,25.33	23.02,25.45

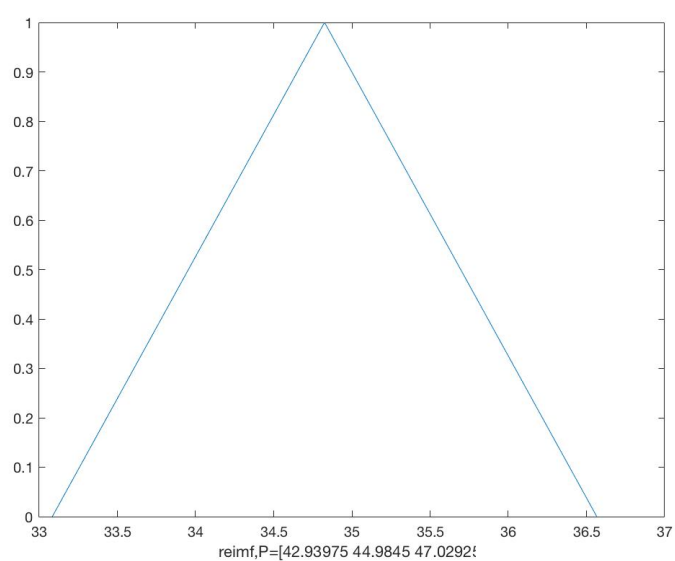


圖 4.9 PVG-AMS 參賽者 1 夏普利值隸屬函數

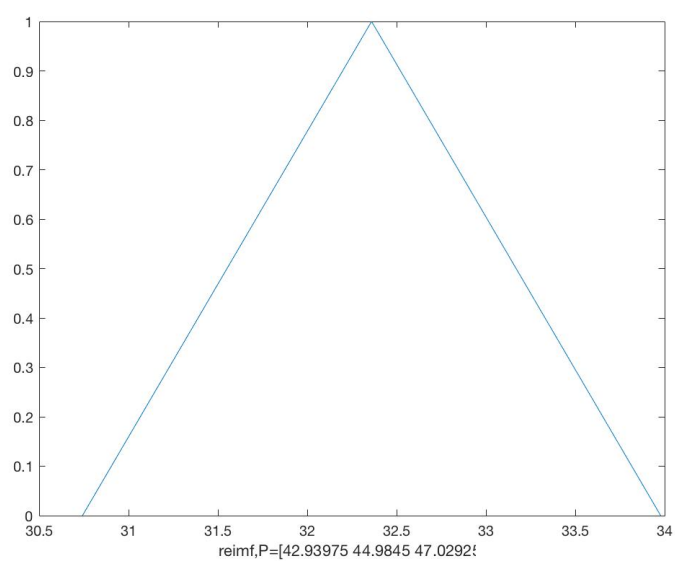


圖 4.10 PVG-AMS 參賽者 3 夏普利值隸屬函數

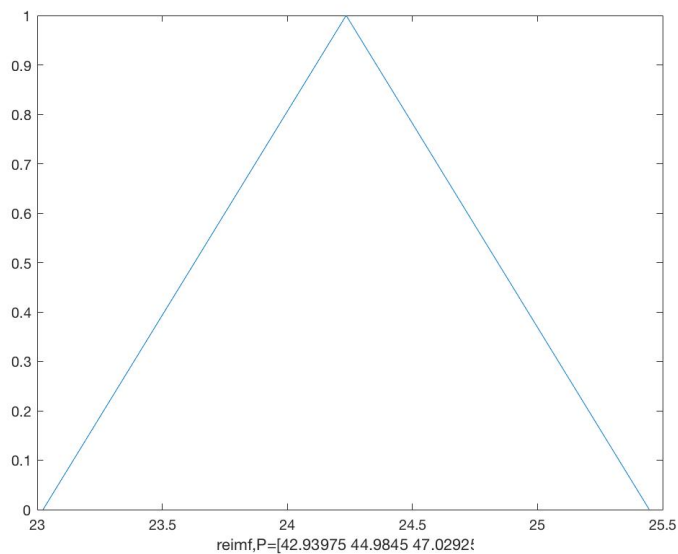


圖 4.11 PVG-AMS 參賽者 4 夏普利值隸屬函數

由表 4.13 所示，航空公司間進行貨運聯盟後，所成立之聯盟組合為 $\{3\}$ 及 $\{1,4\}$ 此組聯盟組合，表中得知，參賽者 3，即南方航空，因不與其他航空公司合作經營 PVG-AMS 航線起迄對，在此起迄對上以自身之樞紐機場-廣州白雲機場作為中轉點，從上海浦東機場(PVG)飛至荷蘭阿姆斯特丹機場(AMS)，在營收變化上微幅減少了 0.49 萬美元。

而參賽者 1、4 分別為中華航空、中國貨運航空，在營收變化上皆有顯著提升，中華航空增加 5.33 萬美元，中國貨運航空增加 9.84 萬美元。其中，中華航空及中國貨運航空兩家分別為 18.41%及 26.45%。

深入探討 $\{1,4\}$ 之聯盟組合其聯盟模式，在 PVG-AMS 航線起迄對上，中華航空以台灣桃園機場(TPE)為中轉點，從上海浦東機場(PVG)飛至荷蘭阿姆斯特丹機場(AMS)；中國貨運航空從上海浦東機場(PVG)直飛至荷蘭阿姆斯特丹機場(AMS)；另外，中華航空也與中國貨運航空進行互補式共用班號，由中國貨運航空飛由上海浦東機場(PVG)至曼谷蘇凡納布機場(BKK)，再由中華航空由曼谷蘇

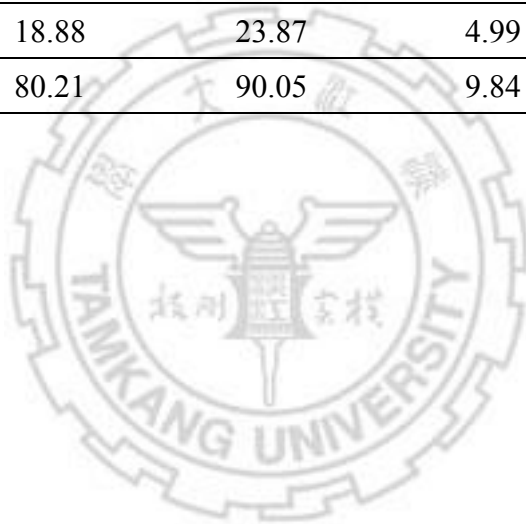
凡納布機場(BKK)飛至荷蘭阿姆斯特丹機場(AMS)，形成兩家航空公司相互合作之聯盟。

聯盟組合之營收增加，促使整體貨運聯盟之營收變化也增加了 9.84 萬美元，提升了 12.27%的整體營收。

表 4.15 PVG-AMS 聯盟前後營收變化

參賽者	聯盟前營收	聯盟後營收	增額營收	增額營收比率
1	28.97	34.30	5.33	18.41%
3	32.36	31.87	-0.49	-1.51%
4	18.88	23.87	4.99	26.45%
總和	80.21	90.05	9.84	12.27%

單位：週/萬美元



數值範例分析得知，當一貨運聯盟內航空公司在同一航線起迄對因未參與跟其他參賽者之合作經營時，會被瓜分了微幅的既有之營收。

而貨運聯盟內航空公司與其他合作對象進行貨運航線聯盟後，在營收變化上皆有顯著提升，雖然成長百分比稍多，但實際之增額營收於整體聯盟角度分析尚屬合理，對於整體聯盟之營收，各家航空公司加入此聯盟後經夏普利值計算，貨運聯盟內航空公司本身之營收變化有顯著提升。

航空公司間組成貨運聯盟時，能藉由平行式共用班號此合作方式增加此航線上之攬貨能力、達到規模經濟，互補式共用班號提升市場營運範圍，以不同中轉點所建構之航線聯盟，讓聯盟組合之營收增加，促使整體貨運聯盟之營收變化也增加，對於整體貨運聯盟之經濟效益為正面的，然而，考慮整體貨運聯盟之合作聯盟時，儘管合作聯盟後之整體貨運總營收增加，但因為考慮到合作對象之組合時，勢必有航空公司未與其他聯盟成員因聯盟合作後，影響自身之營收。

此外，從航空公司間合作的模式可發現航空公司所在的樞紐機場扮演重要的角色，當一航空公司以所屬之樞紐機場作為貨運中轉點欲以其他航空公司合作時，合作對象必須有相對應的貨運行線得以進行合作，因此，樞紐機場會影響合作對象之選擇，如：大韓航空的樞紐機場為仁川機場，欲與大韓航空合作需要同時擁有至仁川機場的貨運航線，才得以與大韓航空進行合作。

第五章 結論與建議

本研究探討航空公司進行貨運聯盟組合與營收分配等問題，以航線之貨運營收模式為基礎，建構航空貨運聯盟之營收分配模式。本研究提出一模糊合作賽局之聯盟決策模式，將貨運聯盟內之航空公司組合視為一聯盟組合，考慮到航空公司進行聯盟前之不確定性因素，本研究加入模糊隸屬函數概念以解決聯盟前之不確定性，以期模式結果能更符合航空貨運聯盟之聯盟目的，並提供聯盟內航空公司貨運在實務面之聯盟決策參考。

5.1 結論

本研究探討航空貨運聯盟之航空公司貨運聯盟組合與營收分配決策，在預期進行航線聯盟後之營收有所增加之情境下，貨運聯盟內之成員對於進一步與其他聯盟內航空公司進行航線之聯盟已有初步共識，然對於之合作夥伴及欲合作之航線仍未有明確之結果，對此進行貨運聯盟決策。考慮到航空公司進行聯盟前之不確定性因素，本研究提出一模糊合作賽局之聯盟決策模式，以模糊隸屬函數概念以解決聯盟前之不確定性，求解航空公司間透過與不同航空公司合作時之航空貨運聯盟組合，以期模式結果能更符合航空貨運聯盟之聯盟目的，以下針對本研究之研究內容與結論進行彙整。

1. 本研究航空公司貨運聯盟組合及營收分配確具研究價值：

過去有關航空公司策略聯盟之文獻，大多以航空客運為研究對象，較少文獻針對航空貨運做研究，且對於航空公司之間對於選擇夥伴最為合作聯盟之對象顯少著墨，而合作聯盟後之航空公司營收分配問題也影響了合作對象之選擇，過去文獻鮮少談及結合聯盟組合及營收分配問題，故此問題具其研究價值。

2. 本研究建構航空貨運聯盟組合之模糊合作賽局模式及求解：

本研究提出以模糊合作賽局為基礎之航空貨運聯盟組合營收分配模式，本研究以航空公司為參賽者，每一組聯盟組合具可移轉性特徵函數，並整合模糊特徵函數建構模式，透過模糊合作賽局之求解評估聯盟組合，決定聯盟合作夥伴及有利於整體貨運聯盟之營收分配。

3. 信賴水平越高，其聯盟組合對於合作有較高的共識：

即信賴水平較高時，聯盟組合明確性高，航空公司對於挑選合作對象及增額營收精準掌握，表示貨運聯盟內航空公司對於此聯盟組合之模糊營收區間掌握度較高，有較高的意願組成聯盟組合。

4. 本研究數值範例分析與討論航空公司於貨運聯盟組合後之影響：

藉由多方之合作，航空公司間不同聯盟模式搭配，平行式共用班號此合作方式達到市場規模經濟、互補式共用班號則使航空貨運增加市場營運範圍，有效增加整體航空貨運聯盟之營收。

5. 航空公司所在的樞紐機場影響與其他航空公司之合作

從航空公司間合作的模式，無論是水平式共用班號或是互補式共用班號，可發現航空公司所在的樞紐機場扮演重要的角色，當一航空公司以所屬之樞紐機場作為貨運中轉點欲以其他航空公司合作時，合作對象必須有相對應的貨運航線得以進行合作，航空公司亦可藉自身之樞紐機場為據點，制定與夥伴的合作策略，增加自身貨運航線服務範圍提升市場的競爭力。

6. 本研究貨運聯盟組合與營收分配模式提供航空公司於貨運聯盟時決策參考：

本研究建立之航空貨運聯盟營收分配模式、建構模糊合作賽局評估航空貨運聯盟方式及聯盟組合，以夏普利值分配求解，數值範例分析適當之貨運聯盟組合及其營收分配結果，提供航空公司聯盟策略作為參考。

5.2 建議

航空貨運聯盟議題逐漸受到重視，而目前學術上仍較少以航空公司貨運為研究對象進行貨運聯盟組合相關議題之研究，且航空公司間聯盟合作相關研究仍多以聯盟發展成功要素與市場影響為主，較少以航空貨運聯盟之策略規劃進行研究。

此外，現階段航空公司貨運文獻較少針對貨運聯盟營收分配角度進行貨運聯盟合作之研究議題進行討論。基此，本研究探討航空公司貨運聯盟組合與營收分配問題，利用模糊合作賽局於航空公司為參賽者之組合，進行貨運聯盟營收分配決策。在貨運聯盟下建立聯盟組合及營收分配模式，因此，本研究之貨運聯盟貨運聯盟組合及營收分配確具有研究重要性。研究中仍有諸多限制，本節歸納以下幾點建議，供後續研究參考：

1. 相較於客運聯盟已有星空聯盟（Star Alliance）、天合聯盟（SkyTeam）及寰宇一家（oneworld）三大聯盟，目前較具規模之貨運聯盟僅有天合聯盟貨運，現況上航空貨運聯盟仍屬少數，本研究僅以數值範例探討聯盟組合，待未來航空貨運聯盟發展成熟後，期後續研究能使貨運聯盟網路組合更加複雜並更具備實務應用價值。
2. 由於貨運聯盟內部之營運營收相關資料取得不易，故本研究對於詳細營運概況及營收資料僅能從航空公司年報及航空貨運相關網站所提供之粗略營運概況進行估計，並根據過去文獻提出之相關資料依照比例進行合理推算與假設。建議未來取得航空公司詳細內部實務資料後，以本研究所建構之聯盟組合營收分配模式為基礎，進行更貼近現況之決策分析。
3. 本研究考慮之聯盟方式僅以非股權聯盟方式之共用班號為主，並未深入探討聯運協定、保留艙位、航機租賃及合資共營等聯盟方式，未來研究可透過本

研究所建構之模式進行不同聯盟方式之研究，探討不同聯盟方式所呈現之結果，進而分析航空貨運聯盟之決策成果，提供給航空公司作為實務依據。

4. 本研究數值範例以天合聯盟貨運內之航空貨運公司間進行航空貨運聯盟組合分析，為簡化分析，本研究僅考慮貨運航線起迄對之營收，並無詳細考慮貨運單一航班之營收及淡、旺季之營收，後續研究可發展考慮不同時間之營收，進行更完整的聯盟營收分配。
5. 建議後續研究中可利用本研究所建立之航空貨運聯盟組合及營收分配模式，進而討論貨運供需互動之分析，考慮供給面之艙位分配議題，需求面之貨運承攬議題，深入探討倉位分配及貨運承攬對於營收分配之影響，增加模式之完整性。



參考文獻

中文部分

1. 許文秀(2004)，「考慮供給不確定性之航空貨運營收管理」，交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
2. 張格禎(2007)，「以近似法求解考慮材積與重量之航空貨運營收管理問題」，交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
3. 陳信元(2011)，「考量網路效應的航空貨運訂艙控管決策」，交通大學管理學院(運輸物流學程)碩士論文。
4. 趙清成、李勝雄、蕭文斌(2011)，「由實務面探討影響航空公司貨運營收之因素」，航運季刊，第二十卷第二期，頁 45-70。
5. 高克定(2013)，「航空公司加入航空貨運策略聯盟關鍵因素之探討 -以華航加入天合聯盟貨運為例」，國立高雄海洋科技大學航運管理研究所碩士論文。
6. 劉穎文(2014)，「考量環境限制下之物流路網設計問」，交通大學運輸與物流管理學系碩士論文。
7. 陳以宸(2016)，「航空公司貨運聯盟之航網規劃」，淡江大學運輸科學碩士班碩士論文。
8. 石豐宇、陳明和、胡權峰(2003)，「海運航商各種策略聯盟之評估-以合作賽局求解」，運輸計劃季刊，第三十二卷第三期，頁 391-422。
9. 朱瑞賢(2001)，「海運承攬業與航商議價策略之研究」，淡江大學運輸科學碩士班碩士論文。
10. 張凌偉(2001)，「賽局理論在航空公司共用班號效益評估之衡量」，淡江大學運輸科學碩士班碩士論文。

11. 林玲圓、梁金樹、劉金鳳(2005)，「應用模糊集合理論於雙占市場最適產量決策之研究－以航空客運市場為例」，中華管理學報，第六卷第二期，頁 15-30。
12. 中華航空營業及財務資訊(2018)，擷取日期：2018年5月15日，網站：
<https://www.china-airlines.com/tw/zh/>



英文部分

1. Agusdinata, B. and Klein, W. (2002), "The dynamics of airline alliances," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 8, pp. 201-211.
2. Amaruchkul, K., Cooper, W.L., Gupta, D. (2007), "Single-leg air cargo revenue management," *Transportation Science*, Vol.41, pp. 457-469.
3. Belobaba, P. P., and Wilson J. L. (1997), "Impacts of yield management in competitive airline markets," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 3, pp.3 – 9.
4. Bilings, J.S., Diener, A.G., Yuen, B.B. (2003), "Cargo revenue optimization," *Journal of Revenue and Pricing Management*, Vol. 2, pp. 69-79.
5. Çetiner, D., and Kimms, A. (2013), "Assessing fairness of selfish revenue sharing mechanisms for airline alliances," *Omega*, Vol.41, pp.641-652
6. Chao, C.C. and Kao, K.T. (2015), "Selection of strategic cargo alliance by airlines," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 43, pp. 29-36.
7. Chen, W. and Zhang, Q. (2007), Profit Allocation in Enterprise Coalition Based on Cooperative Games under Fuzzy Coalitions. *Transactions of Beijing Institute of Technology*, Vol. 8, pp.735-739.
8. Delta Air Lines operating profit up 17% in 4Q2017, Retrieved May 15, 2018, website: <https://centreforaviation.com>
9. Fan, T., Vigeant-Langlois, L., Geissler, C., Bosler, B., Wilmking, J. (2001), "Evolution of global airline strategic alliance and consolidation in the twenty-first century," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 7, pp.349-360.
10. Fernandes, S. (2015). Cargo Airline Alliances and Partnerships: Maximizing Value in a Challenging Landscape., from <https://www.mercator.com/blog/cargo-airline-alliances-and-partnerships-maximizing-value-in-a-challenging-landscape>.

11. Goh, K. and Uncles, M. (2003), "The benefits of airline global alliances: an empirical assessment of the perceptions of business travelers," *Transportation Research-part A*, Vol. 37, pp. 479-497.
12. Hu X., Caldentey R., Vulcano G.(2013), "Revenue Sharing in Airline Alliances." *MANAGEMENT SCIENCE*, Vol. 59, No. 5, pp. 1177–1195
13. Huang, K.C. and Chang, K.C., (2010), "An approximate algorithm for the two-dimensional air cargo revenue management problem," *Transportation Research-part E*, Vol. 46, pp. 570-580.
14. Huang, K.C, Lu, H., (2015). "A linear programming-based method for the network revenue management problem of air cargo." *Transportation Research Part C*, Vol. 59, pp. 248-259.
15. Iatrou, K. and Alamdari, F. (2005), "The empirical analysis of the impact of alliances on airline operations," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 11, pp.127-134.
16. Kasilingam, R.G. (1997). "Air cargo revenue management: Characteristics and complexities." *European Journal of Operational Research*, 96(1), pp. 36-44.
17. Kleymann, B. (2005), "The dynamics of multilateral allying: a process perspective on airline alliances," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 11, pp.135-147.
18. Korean Air reports net profit turnaround in 4Q and CY2017, Retrieved May 15, 2018, website: <https://centreforaviation.com>
19. Li, M.Z.F. (2000), "Distinct features of lasting and non-lasting airline alliances," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 6, pp.65-73.
20. Mares, M. (2001), "Fuzzy Cooperative Games: Co-operation with Vague Expectations," *Physica-Verlag, Heidelberg*, 2001.
21. Mares, M. and Vlach, M. (2001), "Linear coalition games and their fuzzy extensions," *International Journal of Uncertainty, Fuzziness Knowledge-Based*

Systems, Vol. 9, 341–354.

22. Morrish, S.C. and Hamilton, R.T. (2002), “Airline alliances—who benefits?” *Journal of Air Transport Management*, Vol. 8, pp.401-407.
23. Oum, T.H. and Park, J. (1997), “Airline alliances: current status, policy issues, and future directions,” *Journal of Air Transport Management*, Vol. 3(3), pp. 133-144.
24. Oum, T.H., Yu, C., Zhang, A. (2001), “Global airline alliances: international regulatory issues,” *Journal of Air Transport Management*, Vol. 7(1), pp. 57-62.
25. Pels, E. (2001), “A note on airline alliances,” *Journal of Air Transport Management*, Vol. 7, pp. 3-7.
26. Pitfield, D.E. (2007), “The impact of traffic, market shares and concentration of airline alliances on selected European-US routes,” *Journal of Air Transport Management*, Vol. 13, pp. 192-202.
27. Rhoades, D.L. and Lush, H. (1997), “A typology of strategic alliances in the airline industry: Propositions for stability and duration,” *Journal of Air Transport Management*, Vol. 3(3), pp. 109-114.
28. Slager, B. and Kapteijns, L. (2004), “Implementation of cargo revenue management at KLM,” *Journal of Revenue and Pricing Management*, Vol. 3, pp. 80-90.
29. Smeritschnig, F. (2013), “WOW and SkyTeam Cargo: An In-depth Analysis of Strategic Alliances for Air Cargo Carriers and the Impact on Cargo Airlines’ Operations and Success,” Anchor Publishing.
30. Smith, B.C., Leimkuhler, J.F. and Darrow, R.M.. (1992). “Yield management at American airlines,” *Interfaces*, 22(1), pp. 8-31.
31. Van Vliet, N.S.C. (2010), “A Study on the Impact of Air Cargo Alliances.” Master Thesis in Open University of the Netherlands, 2010.

32. Wang, S.W. (2014), "Do global airline alliances influence the passenger's purchase decision?" *Journal of Air Transport Management*, Vol. 37, pp. 53-59.
33. Weatherford, L.R. and Bodily, S.E. (1992). "A taxonomy and research overview of perishable-asset revenue management: Yield Management," *Overbooking, and Pricing. Operations Research*, 40(5), pp. 831-844.
34. Weber, K. and Sparks, B. (2004), "Consumer attributions and behavioral responses to service failures in strategic airline alliance settings," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 10, pp. 361-367.
35. Wen, Y.H. and Hsu, C.I. (2006), "Interactive multiobjective programming in airline network design for international airline code-share alliance," *European Journal of Operational Research*, Vol. 174, No. 1, pp. 404-426.
36. Yan, S. and Chen, C.H. (2008), "Optimal flight scheduling models for cargo airlines under alliances," *Journal of Scheduling*, Vol. 11, pp. 175-186.
37. Zadeh L.A.. (1965). "Fuzzy sets," *Information and Control* 8, pp. 338-353
38. Zhang, A. and ZTANGg, Y. (2002a), "A model of air cargo liberalization: passenger vs. all-cargo carriers," *Transportation Research Part E*, Vol. 38, pp. 175-191.
39. Zhang, A. and Zhang, Y. (2002b), "Issues on liberalization of air cargo services in international aviation," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 8, pp. 275-287.
40. Zhang, A., Hui, Y.V., Leung, L. (2004), "Air cargo alliances and competition in passenger markets," *Transportation Research Part E*, Vol. 40, No.1, pp. 83-100.
41. Zhang, A., Lang, C., Hui, Y.V., Leung, L. (2007), "Intermodal alliance and rivalry of transport chains: the air cargo market," *Transportation Research Part E*, Vol. 43, pp.234-246.
42. Zhang, A., Hui, Y.V., Leung, L. (2004). "Air Cargo Alliances and Competition in

Passenger Markets.” Transportation Research Part E, Vol. 40(1), pp. 83-100.

