

國立交通大學  
運輸科技與管理學系

碩士論文

考量存貨控管模式與消費者選擇行為  
的機位定價決策



The Pricing Decision considering  
the Airline Seat Inventory Control and  
the Consumer Choice Behavior

研究生：梁郁英

指導教授：黃寬丞 博士

中華民國九十九年二月

考量存貨控管模式與消費者選擇行為  
的機位定價決策

The Pricing Decision considering the Airline Seat Inventory Control  
and the Consumer Choice Behavior

研究生：梁郁英

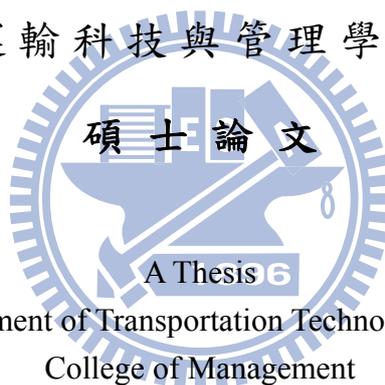
Student: Yu-Ying Liang

指導教授：黃寬丞

Advisor: Dr. Kuan-Cheng Huang

國立交通大學

運輸科技與管理學系



Submitted to Department of Transportation Technology and Management  
College of Management  
National Chiao Tung University  
in partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master  
in  
Transportation Technology and Management

February 2010  
HsinChu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年二月

# 考量存貨控管模式與消費者選擇行為 的機位定價決策

學生：梁郁英

指導教授：黃寬丞 博士

國立交通大學

運輸科技與管理學系 碩士班

## 摘要

美國航空公司(American Airlines)在解除管制之後，根據市場區隔與差別定價的觀念，透過費率艙等的機制與機位存貨的控管，成功地擊敗低價競爭的新進航空公司。從此，營收管理(Revenue Management, RM)在航空運輸業逐漸成為一項廣泛運用的技術。航空業的營收管理模式一般可區分為「定量」與「定價」兩大類。其中屬於定量的機位控管模式，大多假設各個費率艙等的需求獨立，少有研究考量消費者的選擇行為及需求的相關性，更未將定價視為決策的一部份。反之，在定價的模式中，固然有針對低價航空公司就單一艙等進行動態定價的研究，但並未有定價研究針對多艙等的問題，將動態的艙位控管決策所衍生的效應納入考量。因此，本研究依據考量消費者選擇行為的機位控管模式，視各艙等的定價為決策變數，建立一個以動態規劃(Dynamic Programming, DP)為基礎的模式，藉以產生適當的艙等定價與機位控管決策，以期進一步提升航空公司的營收。本研究並設計一系列的測試問題來確認模式的可用性，數值測試的結果顯示，定價決策與機位控管對於航空公司之期望營收都有關鍵性的影響，兩者應依一併考量。然而研究的結果也發現，若為省卻機位控管所衍生的複雜度與成本，航空公司可以透過各個艙等價格的重新訂定，在先到先服務(First Come First Served, FCFS)的架構下，將營收的減少降低在一定的幅度之內。

關鍵字：營收管理、定價決策、機位存貨控管、消費者選擇行為、動態規劃

# The Pricing Decision considering the Airline Seat Inventory Control and the Consumer Choice Behavior

Student: Yu-Ying Liang

Advisor: Dr. Kuan-Cheng Huang

Department of Transportation Technology and Management  
National Chiao Tung University

## Abstract

In the post-deregulation era, American Airlines implemented the fare class mechanism and the seat inventory control based on the concepts of market segmentation and price discrimination and eventually defeated the new airlines with low-price strategies. Since then, revenue management (RM) has become a common technique in the airline industry. In general, RM models for airlines could be classified as two categories: quantity-based RM and price-based RM. In the seat inventory control problem, one quantity-based RM model, it is usually assumed that the demands for the various fare classes are independent and do not consider the consumer choice behavior as well as the associated demand inter-dependency. In addition, the prices of the fare classes are pre-determined and not dealt with as decision variables. On the other hand, for price-based RM, some studies have considered the dynamic pricing problem for one single-product (such as those for the low cost carriers). However, under the multiple-product context, few have take into account the dynamic effect of the seat inventory control when making the pricing decision. Therefore, based on the seat inventory control model considering the consumer choice behavior, this study deals with prices as decision variables and uses a dynamic programming model to make the pricing decision and the seat control decision for further raising the revenue of airlines. A series of test problems are designed to verify the applicability of the model. The results of the numerical experiments show that both the pricing decision and the seat control decision are critical to the revenue of airlines and should be considered simultaneously. However, for the sake of saving the cost and complexity for seat inventory control, airlines can keep the revenue reduction under a first-come-first-served basis by re-optimize the pricing decision.

**Keywords:** Revenue Management, Pricing Decision, Seat Inventory Control,  
Consumer Choice Behavior, Dynamic Programming

## 誌謝

我從來就沒想過有寫誌謝的一天，但這一天確實到了

這篇論文得以完成，首先要感謝我的指導教授黃寬丞老師，在我迷惘時指點我方向；在我沮喪時給我鼓勵；不厭其煩的教導我、與我討論，才有此論文的誕生。此外，也要感謝負責口試的許巧鶯老師與姚銘忠老師，提出了許多的想法與意見，豐富了整篇論文的內容。

而撰寫論文的過程中，感謝實驗室已畢業的學長兆哲、景堯、智翔，同學丞博，以及學妹筱薇、婉葶、家誼，有了你們，讓我實驗室的生活充滿了歡樂。另外，亦要感謝小惠、佳儒，陪我做許許多多事。遇到困難，有你們在；陷入低潮，有你們陪伴；因為有你們，我從來就不孤單。

同時我也要感謝在台中支持我的家人們—爸爸、媽媽、哥哥、姊姊，感謝你們精神上的支持，對我始終寬容、疼愛，給我充裕的時間做自己想做的事，讓我專心地做研究。

在新竹的日子，從大學到研究所雖然不到五年，卻是改變我最多的時期。在這裡，我看到了不一樣的天空，看到了不一樣的人們，原來，我們都是這麼的不同與特別。感謝在新竹對我微笑的每一個人，感謝在新竹和我說過話的每一個人，感謝在新竹和我相遇的每一個人，我會想念新竹！

梁郁英 謹誌於

交通大學運輸科技與管理學系 KC-LAB

2010年2月2日

# 目 錄

摘要 .....	i
Abstract .....	ii
誌 謝 .....	iii
目 錄 .....	I
表目錄 .....	III
圖目錄 .....	IV
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究背景與動機 .....	1
1.2 研究範圍與目的 .....	3
第二章 背景與文獻回顧 .....	5
2.1 航空營收管理問題 .....	5
2.2 消費者選擇行為 .....	9
2.2.1 典型選擇理論 .....	9
2.2.2 消費者選擇行為在航空的應用 .....	10
2.3 結合消費者選擇行為之機位存貨控管模式 .....	11
第三章 問題定義與求解 .....	16
3.1 研究問題之分析與數學模式 .....	16
3.2 消費者選擇行為與艙等售出機率 .....	18
3.2.1 多項羅吉特模式 .....	18
3.2.2 多變量常態分配應用 .....	20
3.2.3 數值範例之營收計算 .....	24
3.3 解題方法 .....	26
第四章 數值測試 .....	29
4.1 最佳定價之基本特性 .....	29
4.2 參數之特性 .....	30
4.2.1 到達率之測試 .....	30
4.2.2 標準差之測試 .....	32
4.2.3 相關係數之測試 .....	33
4.3 機位存貨控管效果之測試 .....	34
4.3.1 營收差異 .....	34

4.3.2 參數影響程度 .....	36
4.3.3 控管效果之模擬 .....	37
第五章 結論與建議 .....	39
5.1 結論 .....	39
5.2 建議 .....	40
參考文獻 .....	41
簡 歷 .....	44



## 表目錄

表 1-1	航空公司產品種類服務內容與票價摘要	2
表 2-1	數值範例之艙等票價與限制	11
表 2-2	數值範例之顧客區隔與購買特性	12
表 2-3	數值範例之費率艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係	13
表 3-1	定價問題之數值範例及其艙等規劃	19
表 3-2	價格組合 I 艙等艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係	19
表 3-3	價格組合 II 艙等艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係	19
表 3-4	價格組合 III 艙等艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係	19
表 3-5	基本數值範例(base case)之參數值	22
表 3-6	價格組合 I 費率艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係	22
表 3-7	價格組合 II 費率艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係	23
表 3-8	價格組合 III 費率艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係	23
表 3-9	考量消費者選擇行為之期望收益	24
表 3-10	各搜尋法之艙等價格與最大營收	28
表 3-11	各搜尋法之搜尋時間與次數	28
表 4-1	相同票價總合之測試	29
表 4-2	價格組合之營收差異	30
表 4-3	不同到達率之最佳定價與營收	31
表 4-4	不同到達率之基本範例解與最佳定價的營收差異	31
表 4-5	不同標準差之最佳定價與營收	32
表 4-6	不同標準差之基本範例解與最佳定價的營收差異	32
表 4-7	不同相關係數之最佳定價與營收	33
表 4-8	不同相關係數之基本範例解與最佳定價的營收差異	33
表 4-9	不同情境之營收差異	34
表 4-10	到達率下情境 I 與情境 III 之營收差異	36
表 4-11	到達率=0.9 之需求機率	37
表 4-12	標準差下情境 I 與情境 III 之營收差異	37
表 4-13	機位存貨控管座位數之模擬	38

## 圖目錄

圖 3-1	考量消費者選擇行為時決定營收之流程示意圖 .....	17
圖 3-2	Y 艙等價格為 700 之收益圖 .....	25
圖 3-3	Y 艙等價格為 600 之收益圖 .....	25
圖 3-4	區域搜尋法之流程圖 .....	27
圖 4-1	情境 I 定價變動對營收之影響 .....	35
圖 4-2	情境 III 定價變動對營收之影響 .....	35
圖 4-3	售出時間與平均售出座位數 .....	38



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

美國於 1979 年解除航空管制，自此航空公司便可自由進出市場並彈性訂定機票票價，因應產業環境的變革，美國航空公司(American Airlines)首先透過市場區隔(market segmentation)與差別定價(price discrimination)等觀念的實踐，以及有效的機位控管(seat inventory control)，來提高收益及對抗低價航空公司的競爭。這些增加獲利的管理技術一般通稱為營收管理(Revenue Management, RM 或者 Yield Management, YM)，而美國航空的成功經驗也被視為施行營收管理技術的最佳典範。據估計美國航空公司在 1988 到 1990 年間，因為實施營收管理而導致淨收益增加至約 14 億美元，平均每年有 5 億美元的收入(Smith et al., 1992)。

基本上，航空市場航班機位的控管與販售，屬於一種廣義性的時效性資產營收管理(Perishable Asset Revenue Management, PARM)。根據 Weatherford and Bodily (1992)，其具有以下三種特性：

- (一) 商品的不可儲存性：時效性資產其具有一生命週期，在期限過後，商品將不再具有價值或損失大部分的價值。其中最具代表性的商品即是農產品等，而航班機位、旅館房間也屬於此商品的種類之一。尤其，這些商品的需求通常具有不確定性，因此在供給量方面將需要極小心的評估，來平衡庫存不足(under-stocking)與庫存過剩(overstocking)之成本。
- (二) 供給的固定性：對於時效性商品的數量限制，有時來自於所提供服務之容量限制，短時間內供給量為固定，例如航班機位或旅館房間；有時則是由於商品銷售期間相對較短，無法在銷售期間增加補貨來增加供給。在供給量固定的限制下，若售價過低又未加以控管，短期內銷售一空，將喪失賣給之後以高價售出的機會；但售價過高，則滯銷的庫存將陷入過期的困境。
- (三) 具有區隔市場的可能性：消費者基於本身的偏好與經濟能力，對於同一項商品的願付價格(willingness to pay)，亦稱為保留價(reservation price)可能有極大的差異，供給者透過「身分」、「銷售管道」、「供給時間」、「採購數量」、「便利性」等機制，常可以成功地將市場進行區隔，透過差別的訂價獲取更大的利潤。

有關航空公司市場區隔之層面與執行方式，其一是將班機的機位，依其服務等級與舒適程度劃分不同的艙等，每種艙等提供之機內服務有明顯不同，例如多數航空公司均劃分頭等艙、商務艙及經濟艙等不同之層級。頭等艙一般位於班機前方，提供較佳之服務，其座位較寬敞、飲食也較多樣化；而商務艙位於頭等艙

與經濟艙之間，其服務水準也介於此兩者間；至於經濟艙則分布在機艙中其他位置，具有基本的服務水準，此為客艙艙等(cabin class)之區隔。乘客會依個人旅運需求及願付價格，購買某一艙等，然而，飛機中之各艙等配置為飛機興建完成即固定，就決策而言其供給量短期間無法改變。

其二是就同一客艙艙等中的機票，航空公司所訂定的價格，亦會因購票日期、有效期限、行程類別等旅客需求因素不同而有所差異，這些因條件不同而區分的票種，一般稱為費率艙等(fare class)。例如，習慣上以 Y 代表經濟艙全票價，而如 M、K、Q 等代號，則代表不同程度的折扣票，但都伴隨相當的條件與限制；各有不確定性的需求。

綜合來說，有關各個客艙艙等與費率艙等的市場區隔，航空公司考量不同背景及偏好的乘客，通常藉由調整折扣的程度、與購票與行程限制的多寡來達成，如表 1-1 為陳茂南(民 88)在博士論文中摘錄 Belobaba (1987)之航空公司產品種類服務內容與票價。而本研究以探討費率艙等的市場區隔為主，即航空公司在某一個客艙艙等內，由於購票上之限制而提供不同的票價，如經濟艙全票價、經濟艙折扣票、折扣優待票等中間之差異性。

表 1-1 航空公司產品種類服務內容與票價摘要

產品種類	購票或使用上之限制	服務內容	與經濟艙票價比值
頭等艙	無	專屬客艙、寬體座位、豪華餐點、優先劃位	150%
商務艙	無	專屬客艙、較寬座椅、免費飲料	110%
經濟艙全票價	無	一般客艙服務、優先選擇座位	100%
經濟艙折扣票	3 天前購票、中途停站或轉機、座位數量受限	一般客艙服務	70~85%
折扣優待票	7~14 天前購票、須停留過週末夜、必須為來回票	一般客艙服務	50~70%
折扣優待票	21~30 天前購票、須停留過週末夜、有取消或更改行程之罰款	一般客艙服務	30~50%
最低價票	2 天前購票、須停留過週末夜、不可退票	一般客艙服務	20~30%

資料來源：Belobaba (1987)

一般而言，航空公司係根據乘客不同的需求偏好特性，就不同乘客所重視的服務層面，來操作費率艙等的機制。越貴的票價在購買與使用上越沒有限制，而價格越便宜的機票，則在購買與使用上多處受限，例如：全額票價在使用上無任何限制，折扣優待票的限制會搭配需「提前購買」(advance purchase)、「週末停留」(Saturday stay)或「異動收費」(change penalty)等限制。若將旅客簡單地區分為商務旅客與休閒旅客，前者因其行程可能有較高的不確定性，並不容易符合購買折扣優待票的限制；且其本身之時間價值高，旅行支出又係由公司、機構支付，會因而重視購票時的可獲性與票種購買與使用上的彈性，故傾向於購買全額票價。反之，休閒旅客行程較有彈性，且可能在幾週前就已確定時程，更因為自費購票，就可能會購買限制較多但價格較便宜的折扣優待票。

航空公司對於同一航班的各個費率艙等，如何適當考量消費者的需求與訂位行為，且有效率地分配與控管機位存貨，以完成機位的銷售，達到期望營收極大化，即為所謂的機位存貨控管問題(seat inventory control problem)。基本上，在機位數固定下，機位的控管必須非常謹慎，如果保留太多高價的機位，可能在班機起飛前仍無法售完，而浪費了這些機位，造成損壞損失(spoilage loss)；但如果規劃太多機位給低價的旅客，則會讓原先計畫購買高價機位的旅客，後來因機位早已售完而無法購票，或者移轉到低價位機票上，使得航空公司喪失這些潛在的收益，造成收益損失(yield loss)。

機位存貨控管的執行基本原理和「價格」與「機位存貨數量」有關。若飛機在起飛前，機位存貨過多時，航空公司可配合降價來吸引需求；若飛機尚未起飛前，機位存貨了了無幾，航空公司則可將機位保留給願意出高價的消費者。因此，航空公司要如何設計各個費率艙等的限制及訂定其票價，並在機位存貨控管的過程中決定提供哪些艙等供消費者選擇，以達成收益極大化即是本研究主要的研究課題。

## 1.2 研究範圍與目的

目前已有相當多的機位存貨控管文獻，但考慮消費者選擇行為模式的相關營收管理研究不多，結合艙等定價與機位存貨控管的研究則更為少見。本研究之研究對象初步將以下列幾點為考量：

- 1、以單一航段問題(single-leg problem)為主。未來可再朝考慮消費者選擇行為的網路營收管理問題發展。
- 2、不考慮有關超額訂位(overbooking)之議題。因為將其納入之後，可能將造成消費者選擇行為模式中需要校估的參數過多，反而不利於釐清「消費者選擇行為」與「艙等定價、機位存貨控管」間之關係。未來在實際運用本研究之成果時，則可挑選適當的超額訂位模式以決定超

額訂位的數量，再將此放大後的數量做為模式的容量即可。

- 3、就多個費率艙等，加入消費者選擇行為，延伸 Talluri and van Ryzin (2004b)所做之研究，將定價決策加入到航空公司的機位存貨控管中，以瞭解消費者選擇行為與航空營收間的關係。

過去營收管理問題主要從定量和定價兩個角度出發，造成目前營收管理技術的盲點，也代表或許透過營收管理技術的改進，還有提高航空公司收益的空間。因此，本研究之目的有二：

- 1、就管理層面，冀望可以結合定量和定價的角度，建立一動態定價模式來控管機位，藉以產生適當的航空定價與機位存貨控管決策。若本研究發展的方法有效可行，不但能提供更適合的票價與機位存貨控管決策方法，同時也可為營收管理問題帶來新的模式與求解概念。
- 2、就應用層面，在考慮消費者選擇行為下，發展出一套簡單並適合今日航空實務作業上之定價與機位存貨控管方法，將營收管理的效益做進一步的發揮。此外，考量消費者選擇行為的營收管理模式，不單單只應用在航空業上，更可擴大應用到其他交易行為上。



## 第二章 背景與文獻回顧

本章節介紹有關營收管理相關基礎概念研究文獻，將以航空營收管理問題為出發點，再進一步導入消費者選擇行為與營收管理間之關係，同時介紹主要參考文獻所用於機位控管模式的數學模式，以利後續納入定價決策模式的建立。

### 2.1 航空營收管理問題

Talluri and van Ryzin (2004a)兩位學者將營收管理問題區分為兩大類：一是以數量為決策之營收管理(quantity-based RM)，二是以價格為決策之營收管理(price-based RM)。數量決策之營收管理，一般指的是在有限的容量下(例如航班的座位數)，針對預先規劃好的費率艙等，參考預估的消費者需求，將容量做有效的分配或進行數量上之控管，例如：超額訂位、機位配置等問題。其中最典型的決策為機位存貨控管，例如：當消費者提出一訂位需求時，航空公司必須考量現有機位的情況，以及未來可能發生的需求，來決定接受訂位以售出機位，或者將機位保留給未來的潛在顧客，以收取較高的收益。一般而言，此類研究多是假設各個艙等的價格已知，而純粹就機位存貨做數量上的控管，其控管方式可分為靜態與動態兩種。

靜態機位控管問題為旅次需求之產生與時間沒有關係。相關研究有 Belobaba (1989)提出了一個數學規劃的模型，並發展一啟發式解法稱為 EMSR(Expected Marginal Seat Revenue)，是營收管理研究中早期非常重要的文獻。Belobaba 針對多重費率的單一航班，假設艙等間彼此的需求是獨立的且一個時期只會有一種艙等的訂位需求出現，而低費率的艙等需求出現一定早於高費率，利用 EMSR 以機位之邊際收益期望值，作為評估是否該接受訂位的基準，並藉以在巢式(nested)機位規劃中，決定各艙等的最低預留位(Protection)。Belobaba 所提出的機位控管是期望營收最大化為目標，但僅為一啟發式解法(heuristics)只能找出區域最佳解(local optimal)。之後 Curry (1990)，Wollmer (1992)及 Brumelle & McGill (1993)，改善 Belobaba 的模式，利用動態規劃(Dynamic Programming，DP)找出全域最佳解(global optimal)。

動態控管問題為旅次需求之產生與時間有相關。主要相關文獻為 Lee & Hersh (1993)認為各艙等之需求不應是循序發生的，從時間軸的角度來考量，各艙等需求的發生應該有所重疊。因此，不應使用隨機分配的機率分配來描述各個艙等的訂位需求，而是將整個對於機位的需求視為隨機序程(random process)，將各艙等的需求強度轉換成一需求機率，而此機率將隨時間而有所改變。在考慮時間與各艙等的機位需求之間的關係下，建立以下的動態規劃的數學模式。

若將機位分為  $k$  個艙等，以  $l$  為最高費率艙等， $k$  為最低費率艙等， $f_j$  代表艙等  $j$  的費率。並從開始接受訂位到班機起飛的這段時間分為  $T$  個決策時段， $t=0$  代表起飛， $t=T$  開始接受訂位。有關決策時段數目  $T$  的選擇，應該大到讓每個決策時段細分出的時間小到接近只能有一個以下的訂位需求進入，並以  $P_t^j$  代表在決策時段  $t$  時艙等  $j$  的訂位機率。另將目前剩餘的機位數  $x$  設為動態規劃的狀態變數(state variable)，以  $V_t(x)$  代表決策時段  $t$  剩餘  $x$  個機位時的期望總收益，式 (1) 即為在動態規劃模式中計算期望總收益的 Bellman Equation，其中邊界條件是  $V_0(x) = 0$ ，即起飛後任何座位均不能產生收益。

$$V_t(x) = \begin{cases} P_t^0 V_{t-1}(x) + \sum_{j=1}^k P_t^j \max(f_j + V_{t-1}(x-1), V_{t-1}(x)), & \text{for } t > 0, x > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

where  $P_t^0 = 1 - \sum_{j=1}^k P_t^j$  (代表沒有訂位需求的機率)

符號說明：

$t$  : 目前時段。

$x$  : 目前剩餘機位數。

$P_t^j$  : 決策時段  $t$  中，對艙等  $j$  的訂位機率。

$i$  : 顯示艙等別  $i = 1, \dots, l$

$f_i$  : 艙等  $i$  費率。

$V_t(x)$  : 在時段  $t$  時剩餘  $x$  個機位的最佳總收益期望值。

計算期望總收益  $V_t(x)$ ，可分為兩種情況—有需求進入或沒有需求進入。如果在決策時段  $t$  無需求進入時，此時的期望收益則為前一個時段的期望總收益  $V_{t-1}(x)$  乘以無需求進入的機率  $P_t^0$ 。在有需求進入時，主要是比較此機位在此時售出或保留到下一決策時段，何者對於期望總收益的幫助較大。如果此時售出機位所獲得之期望總收益較大，也就是  $f_j + V_{t-1}(x-1)$  大於  $V_{t-1}(x)$  時，則在此時應該接受艙等  $j$  的訂位；反之，則應該將此機位保留到下一決策時段，以獲得更高之期望總收益。

而所謂價格決策之營收管理，則是透過價格的設定來影響整個銷售收益。一般而言，指艙等或服務的銷售價格，會隨著艙等種類的不同、銷售時間與管道的不同，而給予不同的定價策略。根據 Pigou (1920)，在傳統經濟學中，可將差別定價分三類(p. 349-359, Talluri and van Ryzin, 2004a)。

第一類為「第一級差別定價」(First-Degree Price Discrimination)，又稱完全差別定價。生產者可完全洞悉消費者偏好，因此能夠將價格制定的標準，隨著各個消費者願意且能夠付出的最高價格而改變，達到完全剝奪消費者剩餘，使得廠商的利潤最大化。然而，事實上生產者是無法一一得知每個消費者的偏好，所以第一級是差別定價基本上是不可能實現的。

第二類為「第二級差別定價」(Second-Degree Price Discrimination)，生產者提供不同的價格與條件，例如：數量折扣(quantity discounts)、捆綁式定價(bundle pricing)等，讓消費者根據自己的偏好選擇不同價格的產品。而在航空業中，透過提前購買或星期六停留等限制的實施來提供不同價格的票種亦屬於第二級差別定價。

第三類為「第三級差別定價」(Third-Degree Price Discrimination)，生產者依照消費者不同的特性將顧客分群，再分別對不同的消費族群收取不同的價格。相較於第一級差別定價，第三級差別定價或許較為可行，但是此種作法牽涉到是否能有效區隔市場的問題。Cross (1998)提到市場區隔的界定通常與人口統計資料(年齡、性別等)及心理特性(態度、生活方式等)有關，瞭解這些觀念，有助開發產品和鎖定行銷對象，但是通常並不足以當作市場價格的基準。

有關差別定價的最佳化問題，其最基本的數學模式可參考 Talluri and van Ryzin (2004a)和 Phillips (2005)。其中，有關第三級差別定價假設生產者可以將消費者分為  $n$  個市場，且存在一固定邊際成本( $v$ )。當生產者針對不同之市場實施不同之定價( $p_i$ )，需求函數可寫成  $d_i(p_i)$ ，則生產者之最佳定價為極大化式(2)，限制式為需求量須小於或等於總體市場的容量( $C$ )限制，如式(3)所示。

$$\sum_{i=1}^n \max_{p_i} (p_i - v) d_i(p_i) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n d_i(p_i) \leq C \quad (3)$$

雖然差別定價可以增加營收，但實際實施上卻仍有一些限制：(一)無法完全區隔。依上述例子可藉由學生證來區隔一般民眾與學生，但在民主國家中，檢驗身分將會引起人民之不滿與反彈，且其正當與合法性仍有待商榷。(二)套利行為(arbitrage)。符合資格或條件購買低價的顧客，很有可能在購買低價後，轉賣給只能購買高價之顧客，在買低賣高間，藉以賺取價差來獲利。另一種套利行為指的是符合或有意願購買高價之民眾，可能會想辦法或鑽漏洞以符合購買低價之條件，例如：借用證明文件等。因此，在實施差別定價時，需妥善考慮其限制條件與使用方式。

尤其，消費者的行為是非常難以預料的，驅使消費者購買的因素以及消費者能夠接受的價格，與人口統計資料及心理特性不一定有必然的關係。同一類的人，譬如職業婦女、主管階級、年齡 25~49 歲之間，在購買同一個商品時，可能會表現出好幾種不同的行為，也因此很難將某一個人劃分到某一個消費族群當中。因此，Tirole (1988)認為在資訊不完整的情況之下，生產者反而能夠藉由自我選擇來擷取部份消費者剩餘，也就是所謂的「第二級差別定價」。

Phlips (1983)提到所謂的「自我選擇機制」(self-selection devices)，是藉由提供不同限制條件和對應價格的組合，來區別相同產品的不同價值，讓消費者根據

偏好來做選擇；如此一來，生產者便可以就消費者的購買情況間接得知他們的偏好。就實際應用而言，例如航空公司會提供不同費率艙等，供顧客決定對自身最合適的選擇。實務上，即是在試圖利用消費者對價格的敏感度和對商品的偏好度，來區隔消費者族群，讓消費者自行選擇喜好，達到第二級差別定價的目的。

第二級差別定價之假設生產者無法觀察出消費者間的特性，只能從消費者實際的選擇行為來區隔消費者，於是，生產者如何設計產品的選擇機制供消費者選擇即是研究的重點。假設將消費者分為大小為  $N_i$  的  $n$  個市場， $i=1, \dots, n$ ，相同市場中的消費者對產品( $i$ )具有相同的保留價( $w_i$ )，則消費者購買產品  $i$  的效用為  $w_i - p_i$ ，然而消費者只會選擇正效用之產品，即  $w_i - p_i \geq 0$ 。若有多個產品皆為正效用，消費者將選擇最高效用者，若為  $i$ ，即符合式(4)。而生產者之最佳營收為極大化式(5)。限制式為需求量須小於或等於總體市場之供給容量( $C$ )限制，如式(6)所示。

$$w_i - p_i \geq w_j - p_j \text{ for all } j \quad (4)$$

$$\max_{\{p_1, \dots, p_n\}} (p_i - v) N_i \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n N_i \leq C \quad (6)$$

在航空或旅館業中，市場區隔之最佳定價研究有 Ladany and Arbel (1991)以遊輪為研究標的，假設總體(aggregate)需求為線性，並考慮進行市場區隔時，每個市場所牽涉的固定成本，以微積分的基本關係找出市場區隔數目的最佳解。接著，Ladany (1996)以旅館為研究標的，在非線性的總體需求線下，發展一狀態變數為單一維度的動態規劃模式，來求出最佳的市場區隔數目及所對應需求與價格。之後，Ladany (2001)同樣以旅館為研究標的，針對各個潛在市場已知的非線性需求曲線，利用一動態規劃模式來找出最佳的市場組合(market mix)以及所對的需求與價格。

從上述之文獻中，我們可以發現大部分定量的營收管理模式均假設各個費率艙等的價格與條件已知，僅針對機位存貨上做數量上的控管；而在定價的營收管理模式中，只單純地研究最佳市場區隔數與最佳之定價，且並不考量消費者選擇行為及動態執行機位控管決策所產生的影響。Bitran and Caldentey (2003)在回顧營收管理之定價模式時，也提及同時考量需求不確定與多艙等之研究，大多將此問題的定價假設為靜態已知，單純研究消費者隨機到達的訂位需求是否接受。

除了上述之差別定價方法外，其定價方式還有動態定價(dynamic pricing)，主要以所謂的低價航空公司(Low Cost Carrier, LCC)為研究對象，隨時間動態調整價格來極大化營收。近年來，隨著如西南航空(Southwest Airlines)等低價航空公司的興起，航空業進入另一種競爭的環境。低價航空公司在成本結構、經營樣態、

以至營收管理模式，均與傳統航空公司有相當的差異，其通常捨棄複雜的費率艙等機制，以單程機票、單一票種進行銷售，但透過動態定價之策略，來達到營收極大化之目的。

綜合來說，機票的定價與機位的管理是影響航空公司營收與獲利最直接的一個環節；然而，先前的營收管理研究大都將數量決策和定價決策分開討論。因此，本研究主要的研究目的即在結合此兩類營收管理研究的特色，將多艙等營收管理問題的定價決策納入考量，以期進一步提升航空公司的營收。尤其，定價決策必定與消費者的選擇行為有密切的關係，然而過去的營收管理模式，少有研究考量消費者的選擇行為及衍生的需求相關性。所以，本研究也將探討消費者選擇行為與營收管理模式之關係，以便將定價決策適當地與機位控管機制相結合，發展兼具求解品質與運算效率的演算法。此外，並將透過具有實際應用意涵的數值測試，來驗證所發展求解方法的可靠性。

## 2.2 消費者選擇行為

### 2.2.1 典型選擇理論

在實施營收管理技術的過程中，消費者選擇行為是很重要的一環。而選擇行為可視為一系列決策的結果，它包含了以下之步驟：(1)選擇問題的定義(2)選擇方案的產生(3)方案屬性的評估(4)選擇(5)執行。於是，依選擇程序步驟可勾勒出選擇理論的四大要素：(1)決策者(2)方案(3)方案屬性(4)決策法則。

而典型的個體偏好數學理論為消費者理論，描述消費者在特定環境下所表現出的行為，Muth (1966)提出消費者所購買之貨品及服務是家庭生產過程的輸入品，而家庭生產過程的輸出品是一群非市場產品，效用函數則由最後產品反應。Lancaster (1996)提出效用應由貨品的屬性決定。Becker (1965)提出將時間限制條件加入傳統的消費者理論中，將效用以人類之活動來定義。

傳統之連續性的選擇集合使問題在求解過程中得到極大的方便性，事實上，許多選擇集合都是離散的。舉例來說：假設一個選擇問題具有下列之效用函數： $U=U(q_1, q_2, q_3)$ 其中  $q_1=q_2=q_3$  皆為二元變數，1 表示方案被選擇，0 表示方案不被選擇，如果三個方案中，只能選擇一個方案，則  $q_1q_2=q_2q_3=q_3q_1=0$ ，因此，用傳統微積分方法來求得最速解的作法已不可行，於是產生了效用函數來替代消費者行為。

Luce and Suppes (1965)提出了兩種機率性之效用選擇行為架構：(1)固定效用(constant utility)(2)隨機效用(random utility)。固定效用之方案效用為一定值，決策者選擇某方案的機率由一機率數決定，該機率函數係以方案之效用為參數，其數學模式為  $P(i|C_n)=U_{in}/\sum U_{jn}$ ，表示決策者  $n$  選擇方案  $i$  的機率。隨機效用假設每

一個人均選擇最高效用之方案，而決策者選擇行為的不一致來自於觀察之不足，研究者對方案的效用並非確定的，而是將效用視為隨機變數，其數學模式為  $P(i|C_n)=P(U_{in} \geq U_{jn}, \text{ for all } j \in C_n)$ ，表示選擇方案  $i$  的機率等於方案  $i$  之效用大於或等於選擇集中所有其他方案之效用的機率。

綜合上述所敘，消費者行為來自於對自己效用最大之選擇，於是經營者可透過消費者選擇行為來增加旅運需求，以航空公司為例，業者可以提供多項艙等供消費者選擇，而消費者則可根據自我意願，選擇購買較低廉、限制較多的機票，或是選擇購買高價、限制較少的機票，使得自我的效用最大。

### 2.2.2 消費者選擇行為在航空的應用

當航空公司提供多種的費率艙等供消費者選擇時，消費者的選擇行為會讓各艙等的需求產生相關性。例如，當航空公司只提供少數高票價的艙等時，對於價格較敏感的休閒旅客則有可能選擇不購買，則航空公司即失去了該等顧客群，但是部份休閒旅客事實上是具有能力和意願支付較高的票價，則可能會轉而選擇購買高票價的艙等，此種消費者行為一般稱為向上買(buy-up)。反之，當航空公司提供多個低票價的艙等供消費者購買時，則有可能造成原本願意購買高價艙等的商務旅客，因為符合某些低價艙等的限制條件，反而轉買低艙等機票，此種行為稱為向下買(buy-down)，也因而會造成航空公司營收減少。因此，航空公司決定提供什麼種類的艙等組合供消費者選擇，對航空公司的營收是有極大影響的。

於是，許多研究者試著將消費者向上買與向下買的行為，加入至傳統的營收管理模式中。Belobaba (1987)提出一個修正的 EMSR 啟發式解法，引進當航空公司不提供低票價艙等時，消費者願意購買高價艙等的機率，而該機率取決於其他適用之高票價艙等的票價與限制。然而，實際上哪些顧客有向上買的行為是無法直接觀察到的，很難去分辨原始的購買行為和向上買的購買行為。此外，票價改變或艙等開放情形改變時，消費者的調整行為也很難用數學方法來表示。儘管如此，許多航空公司仍嘗試將消費者選擇行為納入營收管理模式中，其中最著名的研究為 Andersson (1998)和 Alger and Beser (2001)藉由發展的 SAS (Scandinavian Airline Systems)系統資料，應用羅吉特選擇模式(Logit Model)來估計消費者向上買的行為。

另一個考量消費者選擇行為的研究為 Belobaba and Hopperstad (1999)所提出的 PODS (passenger origin and destination simulator)。該系統模擬消費者的購買行為，其考慮的因素包含：消費者對航空公司的偏好、時間的偏好、路徑的偏好和對價格的敏感度。雖然此研究使用了非常詳細的模擬模式，但並沒有提出一個最佳化的數學方法。

此外，呂錦隆(民 87)實地蒐集旅客之顯示偏好數據與敘述偏好數據，在競

爭環境下做航空旅客之選擇行為觀察，其實證結果發現，影響航空客運旅客選擇決策之重要變數有航空公司之票價、可能延誤時間、機上餐飲服務等。陳雅妮(民 90)以個別旅客的客位需求、個別旅客對機票效期所感受之不便成本價值，與航空公司所制定各類票價產品之時間限制、票價間之關係為基礎，構建一訂位艙等控管之解析性模式。研究中並探討影響供需兩面互動之重要因素，以分析航班客位需求並進行訂位艙等控管，與制定最適售票時間。黃千展(民 92)藉由各票價產品所能吸引之旅運需求量及其對應的機率，以決定各決策時段、各費率等級之預留機位數，以及航空公司預留各費率等級之機位數限制，與已訂位旅客未出現開票之影響下，以決定航空公司之可供候補容量，與制定最適之開票日期。目的為分析航班客位需求並進行訂位艙等規劃，與制定最適開票時間。

### 2.3 結合消費者選擇行為之機位存貨控管模式

綜合來說，雖然許多研究試著瞭解消費者選擇行為在營收管理上的影響，但一直沒有一個直接且明確的數學模式來描述此類機位控管問題。直到 Talluri and van Ryzin (2004b)延用 Lee and Hersh (1993)的單一航段營收管理模式，發展一動態規劃模式，在多重費率艙等的架構下，但此費率艙等之定價為已知，將消費者選擇行為納入考量，同時也提出一個有效率求解方法，讓航空公司決定在哪個時間應該提供哪幾種費率艙等給消費者，以極大化其收益。

一般而言，航空公司在設計各個費率艙等時，最主要的原則在利用票種限制來進行市場區隔，通常高價的艙等相對地彈性就很大，而折扣很高的艙等，就會伴隨著相當的購票或使用上的限制。以 Talluri and van Ryzin (2004b)的範例來說，假設有一航空公司就某一航段共有三種費率艙等，代號分別為 Y、M、K，其票價和條件如表 2-1 所示。Y 艙等為最高票價但沒有任何使用上的限制，M 艙等為第二高票價但必須在起飛前 21 天購買，K 艙等為最低票價，不但要在起飛前 21 天購買，還要星期六停留在目的地。

表 2-1 數值範例之艙等票價與限制

Fare product (class)	SA stay	21-day adv.	Revenue (\$)
Y	No	No	800
M	No	Yes	500
K	Yes	Yes	450

表 2-1 數值範例之艙等票價與限制

資料來源：Talluri and van Ryzin (2004b)

就航空公司而言，決策問題即在於決定各個時段各個艙等的開放情形，以供消費者選擇，然而在 Lee & Hersh (1993)研究結果中顯示，艙等開放情形會呈現巢狀(nested)，例如：只開放 Y 艙、開放 YM 艙、或開放 YMK 艙等，但加入消

費者選擇行為後，艙等開放情形不一定會呈現巢狀。若航空公司共有  $n$  個費率艙等，並以  $S$  代表某個提供給消費者選擇的艙等組合，則  $S$  就有  $2^n-1$  種的艙等開放組合，以本範例而言即為  $2^3-1=7$  種，包含只開放 Y 艙、只開放 M 艙、只開放 K 艙、開放 YM 艙、開放 YK 艙、開放 MK 艙、開放 YMK 艙。

因為考慮消費者的選擇行為，需求的種類不能再以艙等來區分。同樣參考 Talluri and van Ryzin (2004b) 的範例，就有五種類型的顧客，分別取名為商務旅客兩種(Bus.1 和 Bus.2)和休閒旅客(Leis.1、Leis.2 和 Leis.3)三種，而每一類顧客會有不同的需求出現機率，而其購買機票的條件與願意支付的票價也不同，如表 2-2 所示。兩類商務旅客，都有能力購買最高票價的機票，但是其消費行為卻會受到購票限制和艙等開放情形的影響。例如：商務旅客 1 類不適用有限制的兩種折扣機票，只能購買最貴的 Y 艙等票價，而商務旅客 2 類雖然有能力也願意購買 Y 艙的機票，但卻適用包含星期六停留限制的折扣機票 M 艙。因此，當航空公司僅開放 Y 艙，商務旅客 2 類會予以購買，但是若航空公司因考量休閒旅客的爭取而同時開放 M 艙，其將選擇 M 艙。同樣地，休閒旅客依據其適用折扣票之條件與否，以及願意支付的票價，也可區分為三類如表 2-2 所示，其中休閒旅客 2 類會在 MK 兩種艙等間做選擇。

表 2-2 數值範例之顧客區隔與購買特性

Segment	Prob.	Qualifies for restrictions?		Willing to buy?	
		SA stay	21-day adv.	Y class	M class
Bus. 1	0.1	No	No	Yes	Yes
Bus. 2	0.2	No	Yes	Yes	Yes
Leis. 1	0.2	No	Yes	No	Yes
Leis. 2	0.2	Yes	Yes	No	Yes
Leis. 3	0.3	Yes	Yes	No	No

資料來源：Talluri and van Ryzin (2004b)

根據上述的艙等費率規劃與顧客類型區隔，Talluri and van Ryzin (2004b) 定義了當艙等組合為  $S$  時，機位售出的機率  $Q(S)$  與平均的售價  $R(S)$  如式(7)及式(8)，其中  $f_j$  為艙等  $j$  的票價，而  $P_j(S)$  則為在艙等開放情形為  $S$  的情況下，售出艙等  $j$  的機率。舉例來說，若  $S=\{Y,M,K\}$  時， $P_Y(S)$  則為在航空公司同時開放 Y、M、K 三種費率艙等的情況下，消費者購買 Y 艙的機率。將艙等組合  $S$  下的每個艙等機率加總，即可得到航空公司提供艙等組合  $S$  下，機位的售出機率  $Q(S)$ ，而  $P_0(S)$  則用以代表機位無法售出的機率。而將各艙等消費者購買機率乘上對應艙等的票價，即可得到提供艙等組合  $S$  的售益  $R(S)$ 。若延續前述的數值範例，參考表 2-2 之五種艙等需求機率及購買特性，可以得知所有七種可能的艙等開放組合，以及所對應的機位售出的機率  $Q(S)$  與平均的售價  $R(S)$  如表 2-3 所示。

$$Q(S) = \sum_{j \in S} P_j(S) = 1 - P_0(S) \quad (7)$$

$$R(S) = \sum_{j \in S} P_j(S) f_j \quad (8)$$

符號說明：

$f_j$  : 艙等  $j$  的票價。

$S$  : 開放艙等所形成的集合，可代表艙等的開放情形。

$P_j(S)$  : 在艙等開放情形為  $S$  的情況下，售出艙等  $j$  的機率。

$Q(S)$  : 在艙等開放情形為  $S$  的情況下，售出機位的機率。

$R(S)$  : 在艙等開放情形為  $S$  的情況下，機位的平均的售價。

表 2-3 數值範例之費率艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係

$S$	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
$\{\emptyset\}$	0	0	0	1	0	0
$\{Y\}$	0.3	0	0	0.7	0.3	240
$\{M\}$	0	0.4	0	0.6	0.4	200
$\{K\}$	0	0	0.5	0.5	0.5	225
$\{Y, M\}$	0.1	0.6	0	0.3	0.7	380
$\{Y, K\}$	0.3	0	0.5	0.2	0.8	465
$\{M, K\}$	0	0.4	0.5	0.1	0.9	425
$\{Y, M, K\}$	0.1	0.4	0.5	0	1	505

資料來源：Talluri and van Ryzin (2004b)

根據上述分析，Talluri and van Ryzin (2004b)建立了以下考慮消費者選擇行為的動態規劃數學式，其最佳的期望收益為式(9)所示，可分為二部分說明---有需求進入或沒有需求進入。如果在決策時間  $t$  有需求進入，賣出一個座位的期望收益為顧客需求到達率( $\lambda$ )乘上在艙等開放情形為  $S$  的情況下，售出艙等  $j$  的機率  $P_j(S)$ ，表示機位售出之總機率，再乘上賣出該座位之售價( $f_j$ )加上前一時期座位賣出一個之期望收益  $V_{t-1}(x-1)$ ；第二部分為沒有需求進入，即沒有顧客到達之機率  $(1-\lambda)$ 和在艙等開放情形為  $S$  的情況下，艙等售不出之機率  $P_0(S)$ ，兩者相加乘上前一時期前座位數沒賣出去之收益  $V_{t-1}(x)$ 。將兩部分加總，即表示在時間  $t$  剩餘  $x$  座位的最佳總收益期望值  $V_t(x)$ ，邊界條件包含當飛機起飛後，其座位之價值為 0 如式(10)所示；當座位數為 0 時，則無法再售出座位，其座位之價值為 0 如式(11)所示。將其整理化簡後，根據機位邊際價值的定義，亦可以改寫成式(12)，或者依據  $Q(S)$  和  $R(S)$  的定義，而改寫成式(13)，表示成不同定義但皆為最佳的期望收益式子。

$$V_t(x) = \max_S \left\{ \sum_{j \in S} \lambda P_j(S) \cdot (f_j + V_{t-1}(x-1)) + (\lambda P_0(S) + 1 - \lambda) V_{t-1}(x) \right\} \quad (9)$$

$$V_0(x) = 0 \quad \forall x \quad (10)$$

$$V_t(0) = 0 \quad \forall t \quad (11)$$

$$V_t(x) = \max_S \left\{ \sum_{j \in S} \lambda P_j(S) \cdot (f_j - \Delta V_{t-1}(x)) \right\} + V_{t-1}(x) \quad (12)$$

$$V_t(x) = \max_S \left\{ \lambda (R(S) - Q(S) \Delta V_{t-1}(x)) \right\} + V_{t-1}(x) \quad (13)$$

符號說明：

$\lambda$ ：顧客需求總到達率。

$t$ ：代表訂位時段， $t=N$ 為訂位開始， $t=0$ 為起飛。

$x$ ：代表剩餘機位數，並以  $C$  代表航班的容量，也就是訂位開始的機位數。

$V_t(x)$ ：在時間  $t$  時剩餘  $x$  個座位的最佳總收益期望值。

$\Delta V_t(x)$ ：在時間  $t$  時剩餘  $x$  個座位的機位邊際價值，定義為  $V_t(x) - V_t(x-1)$ 。

此外，在 Talluri and van Ryzin (2004b) 求解考量消費者選擇行為的單一航段營收管理問題時，提出了有效集合 (efficient sets) 的概念，就動態規劃式 (13) 的期望營收極大化運算，其實不需針對所有可能的艙等集合來進行。利用類似效率前緣 (efficient frontier) 的概念，可以根據機位售出的機率  $Q(S)$  與平均的售價  $R(S)$ ，預先推導出那些集合  $S$  可能可以極大化式 (13)，而那些是一定不可能。在此範例中，就僅有  $S=\{Y\}$ 、 $\{Y,K\}$ 、 $\{Y,M,K\}$  為效率集合。

根據上述文獻回顧，Talluri and van Ryzin (2004b) 所建立的動態規劃數學模式已經可以將消費者選擇行為適當地納入機位控管當中。然而其最大的限制，如過去許多機位控管模式，在於將各艙等的票價視為已知。因此，本研究主要將票價視為變動，找尋機位存貨控管下之最佳定價決策。

近年來，越來越多學者意識到現今營收管理的研究，欲更加貼近現實世界的情況，一定要將消費者選擇行為納入網路營收管理模式中，也因而有一系列相關演算法在多個重要期刊發表。例如 Zhang and Cooper (2005) 發展數學模式處理在相同的起迄點下，消費者對平行航班之間的選擇；而 van Ryzin and Vulcano (2004) 則以模擬為基礎開始處理消費者選擇行為的網路營收管理問題。另外，Jiang and Miglionico (2006) 考慮消費者往上買行為的網路營收問題，並發展數個解答方法；而 Kunnumkal and Topaloglu (2008) 則利用拉式鬆弛法 (Lagrangian Relaxation) 的方法去逼近動態規劃的函數。最後，Zhang and Adelman (2009) 則證明出採用馬可夫決策過程解出的下限值將比起以線性模式為基礎的方法更好，並以多項羅吉特選擇模式搭配變數產生法 (column generation) 來進行求解。

綜合來說，考量消費者行為之營收管理為目前營收問題中的主要趨勢，而增加營收之方式有數量控管與價格控管兩種，但結合艙等定價與機位控管的研究極為少見，應用到網路營收管理模式中將更為複雜。因此，本研究先以單一航段為研究對象，在考量消費者行為下，進行機位存貨控管定價決策，在極大化營收目標下，希冀能瞭解控管與定價對營收之關係，使得航空公司獲得更大之利潤。



### 第三章 問題定義與求解

本研究延伸 Talluri and van Ryzin (2004b)，將該等票價視為決策的一部份，以此定義一個考量消費者選擇行為的營收管理模式，第一階段為艙等的定價問題，第二階段則為機位存貨的控管。然而，固然觀念上、或者求解演算法的設計上，可以區分為二，但是事實上兩個階段互為影響，要設計兼顧求解品質和運算效率的求解演算法，必須一併考量。以下第一小節先就問題的分析做一摘述，同時以數學模式來定義問題。第二小節則說明消費者選擇行為與艙等售出機率，並計算例題之營收。之後，第三小節說明解題方法。

#### 3.1 研究問題之分析與數學模式

機票的定價及其機位存貨控管是最直接影響航空公司營收與獲利的一環，然而過去的營收管理研究卻將其分為定量和定價等兩類問題分開來討論。固然，量價關係、以至市場區隔和差別訂價，在古典的經濟學理論已經有廣泛的討論，但是就航空市場的營收管理問題而言，價格的改變如何對營收產生影響，卻還沒有太多研究文獻。首先，必須先釐清艙等價格、條件和消費者選擇行為間之關係，同時必須了解在機位存貨控管的機制下，期望營收如何變化。Talluri and van Ryzin (2004b)提供了一個理想的機位控管模式，將消費者選擇行為適當地納入考量，本研究於是計畫延伸其模式，將原本已知的艙等價格參數，改成決策變數，考慮動態定價下，建立以下的數學模式，來定義此以定價為核心的營收管理模式，相關的符號說明與數學式如下：

$$\text{Maximize } V_N(C) \quad (14)$$

$$V_t(x) = \max_{A_S^F} \left\{ \lambda (R(A_S^F) - Q(A_S^F) \Delta V_{t-1}(x)) \right\} + V_{t-1}(x) \quad \forall t = 1 \cdots N, x = 1 \cdots C \quad (15)$$

$$V_0(x) = 0 \quad \forall x \quad (16)$$

$$Q(A_S^F) = \sum_{j \in A_S^F} P_j(A_S^F) \quad (17)$$

$$R(A_S^F) = \sum_{j \in A_S^F} P_j(A_S^F) f_j \quad (18)$$

符號說明：

$f_j$ ：決策變數，代表艙等  $j$  的價格。

$\mathbf{F}$ ：為一向量，代表所有艙等票價  $f_j$  的集合。

$A_S^F$ ：為一向量，代表所有艙等開放  $S$  與所有票價  $\mathbf{F}$  的集合。

上述數學規劃模型中，有關機位售出的機率  $Q(S)$  與平均的售價  $R(S)$  的定義，如式(17)及式(18)，事實上是很類似如式(7)及式(8)，只是價格如今已經是決策變數，而需求機率須考慮不同價格與不同艙等開放情形。此外，有關機位存貨控管的動態規劃模式，則是延續 Talluri and van Ryzin (2004b)的模式如式(15)及式(16)所示。而整個定價問題的目標式是以式(14)來表示，其考量動態定價決策，以極大化機位控管後的期望營收為目標。

動態定價原則上可以增加航空公司之營收，但由於結合艙等開放情形( $S$ )與定價( $F$ )之決策集合數目太多，即使可以窮舉，將造成運算負荷過大；亦或可能集合解過多，而無法窮舉。此外，動態定價一般為低價航空在單一艙等時，隨時間調價來極大化營收；在傳統航空公司中極少動態調價，而是採用機位存貨控管方式間接調控價格，因此一開始之定價則顯得相當重要。於是，本研究主要以傳統航空公司艙等控管之定價為主，於售票前進行定價，定價後即不再更動價格，以機位存貨控管之策略來增加營收，也就是單一定價多艙等控管之架構，其模式可改寫為式(19)到式(23)，如示意圖 3-1。

$$\text{Maximize}_F V_N(C) \tag{19}$$

$$V_t(x) = \max_S \{ \lambda(R(S, F) - Q(S, F) \Delta V_{t-1}(x)) \} + V_{t-1}(x) \quad \forall t = 1 \dots N, x = 1 \dots C \tag{20}$$

$$V_0(x) = 0 \quad \forall x \tag{21}$$

$$Q(S, F) = \sum_{j \in S} P_j(S, F) \tag{22}$$

$$R(S, F) = \sum_{j \in S} P_j(S, F) f_j \tag{23}$$

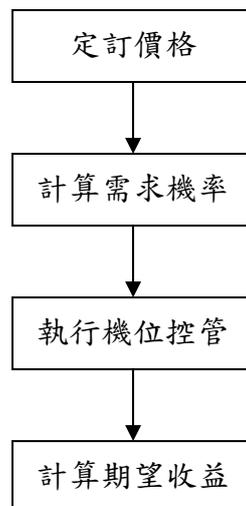
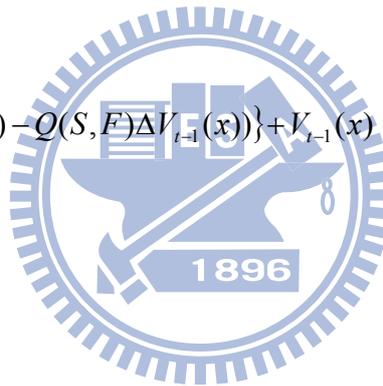


圖 3-1 考量消費者選擇行為時決定營收之流程示意圖

## 3.2 消費者選擇行為與艙等售出機率

為說明前一小節定義的問題，以下就兩種方法來描述消費者選擇行為與艙等售出機率。其中，3.2.1 節就消費者選擇行為部分，先採用較為廣泛使用的多項羅吉特(Multinomial Logit Choice Model, MNL)選擇模式；3.2.2 節就多變量常態分配模式(Multivariate Normal Distribution)來描述消費者願付價格的分佈。

### 3.2.1 多項羅吉特模式

多項羅吉特模式已常被用來做運輸需求預測(Ben-Akiva and Lerman, 1985)。在應用到該模式預測消費者費率艙等的選擇時，其選擇機率可用式(24)來表示，其中  $u_j$  表示艙等  $j$  帶給消費者的效用，其受到不同的屬性所影響，如：價格、購票限制等，以符號  $z$  來表示；而各個影響消費者效用的屬性比重也不同，則以符號  $\beta$  來表示。尤其，若延續前述 Talluri and van Ryzin (2004b) 三個艙等的範例，並假設效用函數為線性，則各個艙等的效用可用式(25)來表示。其中， $z_1$  代表的是票價，而  $z_2$  則為 0-1 的數值表示是否有提前購買限制，而  $z_3$  則為 0-1 的數值表示是否有星期六停留限制。

$$P_j(S) = \frac{e^{u_j}}{\sum_{i \in S} e^{u_i} + e^{u_0}}, \quad j \in S \text{ or } j = 0 \quad (24)$$

$$u_j = \beta_1 z_1(j) + \beta_2 z_2(j) + \beta_3 z_3(j) \quad (25)$$

而有關的係數  $\beta_i$  ( $i = 1$  to  $3$ ) 可以透過問卷搜集資料以參數校估的方式來得到，我們在此合理假設參數值分別為 -0.007、-0.1、-0.1，另外  $e^{u_0}$  為 0.01，以 Talluri and van Ryzin (2004b) 三個艙等範例之價格與售出機率之關係，在相同的價格下 (Y 艙等價格為 800、M 艙等價格為 500、K 艙等價格為 450)，以最小誤差平方和模擬出與表 2-3 類似的售出機率。

此外，假設三個不同艙等的購票限制，及所訂定的價格，如表 3-1 所示。所有參數代入至式(24)後，即可得知消費者對於航空公司提供之艙等組合的售出機率及每個艙等組合的收益，如表 3-2 為價格組合 I、表 3-3 為價格組合 II、表 3-4 為價格組合 III 艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係。

表 3-1 定價問題之數值範例及其艙等規劃

艙等	Y 艙等	M 艙等	K 艙等
價格組合 I	700	600	500
價格組合 II	700	650	450
價格組合 III	700	550	550
提前購買限制	0	0	1
週末停留限制	0	1	1

表 3-2 價格組合 I 艙等艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係

$S$	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_k(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
{Y}	0.43			0.57	0.43	299
{M}		0.58		0.42	0.58	345
{K}			0.71	0.29	0.71	356
{Y, M}	0.24	0.44		0.32	0.68	431
{Y, K}	0.18		0.59	0.24	0.76	417
{M, K}		0.28	0.51	0.21	0.79	425
{Y, M, K}	0.13	0.24	0.44	0.18	0.82	461

資料來源：本研究整理

表 3-3 價格組合 II 費率艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係

$S$	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_k(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
{Y}	0.43			0.57	0.43	299
{M}		0.49		0.51	0.49	318
{K}			0.78	0.22	0.78	350
{Y, M}	0.28	0.35		0.37	0.63	423
{Y, K}	0.14		0.67	0.19	0.81	400
{M, K}		0.17	0.64	0.18	0.82	403
{Y, M, K}	0.12	0.15	0.57	0.16	0.84	438

資料來源：本研究整理

表 3-4 價格 III 費率艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係

$S$	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_k(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
{Y}	0.43			0.57	0.43	299
{M}		0.66		0.34	0.66	362
{K}			0.64	0.36	0.64	349
{Y, M}	0.20	0.52		0.27	0.73	431
{Y, K}	0.21		0.50	0.29	0.71	424
{M, K}		0.41	0.37	0.21	0.79	432
{Y, M, K}	0.14	0.36	0.32	0.18	0.82	469

資料來源：本研究整理

比較表 3-2 和表 3-3 之消費者選擇行為後，可以得知當航空公司提供的票價有所改變時，消費者選擇艙等的機率也會有所改變。舉開放 YMK 艙等為例，當 M 艙等的票價從 600 漲到 650 時，其航空公司機位售出機率從 0.24 降到 0.15；而當 K 艙等的票價從 500 降到 450 時，其航空公司機位售出機率從 0.44 升至 0.57。可見當票價降低時，機位售出機率會上升；票價上升時，機位售出機率會下降。

透過羅吉特選擇模式，我們可以得知各費率艙等的售出機率，但在此卻也發生了一個有趣的問題，從表 3-4 可以發現，對於同時開放 YMK 艙，在 M 艙等與 K 艙等相同售價下，表 3-1 中得知 K 艙等比 M 艙等多了提前購買限制，卻仍有多達 32% 的消費者願意購買 K 艙等，原因為在羅吉特選擇理論中，選擇艙等  $j$  之效用為固定的。因此，顯示此消費者選擇機率應用在機位售出機率上可能有不適當之處。為了改善此不適當之處，在 3.2.2 節我們採用多變量常態分配來表示消費者願付價格的分佈。

### 3.2.2 多變量常態分配應用

消費者願付價格假設每一個潛在顧客心目中皆有一個願意支付該項產品或服務的最大定價。顧客只會購買當產品的價格低於心目中的最大願意支付價格。因此，在消費者選擇行為之基礎下，透過消費者願付價格之價格函數，即可知道當艙等降價時，會增加多少潛在的顧客；當艙等漲價時，會流失多少原來的顧客，

就消費者選擇行為部分，假設已知消費者願付價格的分佈呈多變量常態分配，因為在中央極限定理下，消費者對於價格的敏感度會呈現常態分配。在應用到該模式預測航空公司費率艙等的售出機率時，可參考 Hogg and Craig (1986) 提出之多變量常態機率分配函數，以式(26)來表示。其中  $U$  表示各艙等消費者願付的平均價格，包含  $u_1, u_2, \dots, u_n$ ， $W$  為價格變數，表示消費者願付各艙等之票價，包含  $w_1, w_2, \dots, w_n$ ， $V$  為隨機變數  $w_j$  與  $w_i$  的協方差，如式(27)所示，透過對式(26)積分，我們即可得知消費者對於航空公司提供之艙等組合的需求機率。

$$f(W) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} \sqrt{|V|}} \exp\left[-\frac{(W-U)'V^{-1}(W-U)}{2}\right] \quad (26)$$

$$V = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{1n} & \sigma_{2n} & \cdots & \sigma_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{其中, } \sigma_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j \quad (27)$$

當消費者願付之價格比售價高時，即有消費者剩餘(consumer surplus)，若消費者一次有多種選擇時，消費者不會選擇最便宜，也不會選擇最喜愛，而是選擇購買消費者剩餘最大者，如式(28)所示。

$$w_i - p_i > w_j - p_j \quad \forall j \quad (28)$$

以艙等開放為 YMK 為例，來說明多變量常態分配應用到預測航空公司費率艙等的售出機率，其中，就航空公司售出艙等 Y 的機率可分成四種情況：

- (1)  $w_Y > P_Y$ 、 $w_M < P_M$ 、 $w_K < P_K$
- (2)  $w_Y > P_Y$ 、 $w_M > P_M$ 、 $w_K < P_K$
- (3)  $w_Y > P_Y$ 、 $w_M < P_M$ 、 $w_K > P_K$
- (4)  $w_Y > P_Y$ 、 $w_M > P_M$ 、 $w_K > P_K$

符號說明：

$P_Y$ ：航空公司 Y 艙等訂定之票價

$P_M$ ：航空公司 M 艙等訂定之票價

$P_K$ ：航空公司 K 艙等訂定之票價

$w_Y$ ：消費者願意支付 Y 艙等之票價

$w_M$ ：消費者願意支付 M 艙等之票價

$w_K$ ：消費者願意支付 K 艙等之票價

在情況(1)中，只有艙等 Y 之票價是消費者願付且大於航空公司訂定之票價，因此，消費者只會選擇購買 Y 艙等，此時的售出機率即為對 Y 艙等之各點機率做累加動作，計算其累積機率，積分從 Y 艙等售價( $P_Y$ )到無窮大，表示當消費者只有願付之 Y 艙等票價大於航空公司所訂定之票價時，消費者購買 Y 艙等的機率，即為航空公司售出 Y 艙等的機率。

在情況(2)中，消費者願意購買的艙等可分為二種，一種為 Y 艙等，一種為 M 艙等，根據式(28)，消費者會選擇消費者剩餘最大的艙等，假設為 Y 艙等，此時的 Y 艙等售出機率為對 Y 艙等之各點機率做累加動作，計算其累積機率，積分從 Y 艙等售價( $P_Y$ )到無窮大，對 M 艙等之各點機率做累加動作，計算其累積機率，積分從 M 艙等售價( $P_M$ )到  $x_Y - P_Y - P_M$ 。

而情況(3)和情況(2)是相同的，消費者願意購買的艙等分為 Y 艙等與 K 艙等，消費者依據消費者剩餘會選擇購買 Y 艙等，此時 Y 艙等售出機率為對 Y 艙等之各點機率做累加動作，計算其累積機率，積分從 Y 艙等售價( $P_Y$ )到無窮大，對 K 艙等之各點機率做累加動作，計算其累積機率，積分從 K 艙等售價( $P_K$ )到  $x_Y - P_Y - P_K$ 。

最後在情況(4)中，消費者願意購買的艙等為 Y 艙等 M 艙等 K 艙等三種，同樣以消費者剩餘來判斷消費者會購買何種艙等，此時 Y 艙等售出機率為對 Y 艙

等之各點機率做累加動作，計算其累積機率，積分從 Y 艙等售價( $P_Y$ )到無窮大，對 M 艙等之各點機率做累加動作，計算其累積機率，積分從 M 艙等售價( $P_M$ )到  $x_Y - P_Y - P_M$ ，對 K 艙等之各點機率做累加動作，計算其累積機率，積分從 K 艙等售價( $P_K$ )到  $x_Y - P_Y - P_K$ 。

考量上述之情況(1)(2)(3)(4)後，我們可以整理出航空公司開放艙等 YMK 時，Y 艙等之售出機率以式(29)來表示，而 M 艙等售出機率與 K 艙等售出機率之推導方式與 Y 艙等相同，其售出機率分別可以寫成式(30)與(31)。

$$P_Y(S) = \int_{P_Y}^{\infty} \int_0^{x_Y - P_Y + P_M} \int_0^{x_Y - P_Y + P_K} f(X) dx_K dx_M dx_Y \quad (29)$$

$$P_M(S) = \int_{P_M}^{\infty} \int_0^{x_M - P_M + P_Y} \int_0^{x_M - P_M + P_K} f(X) dx_K dx_Y dx_M \quad (30)$$

$$P_K(S) = \int_{P_K}^{\infty} \int_0^{x_K - P_K + P_M} \int_0^{x_K - P_K + P_Y} f(X) dx_Y dx_M dx_K \quad (31)$$

若延續前述三個艙等的範例，已知消費者願付價格的分佈會呈多變量常態分配，所需之參數可以透過航空公司之問卷調查方式得到，而我們合理的假設所需之參數值如表 3-5 所示，各艙等之平均數為 600、550、500，其標準差為各艙等平均數的 0.4、0.2、0.1 倍，另設 Y 艙等與 M 艙等間之相關係數( $\rho$ )為 0.3；Y 艙等與 K 艙等間之相關係數為 0.3；M 艙等與 K 艙等間之相關係數為 0.7，延用表 3-1 的定價問題之數值範例及其艙等規劃，將價格組合 I、II、III，帶入式(26)進行積分後，我們即可得知航空公司提供之艙等組合的售出機率及每個艙等組合的收益，如表 3-6、表 3-7、表 3-8 所示。

表 3-5 基本數值範例(base case)之參數值

	Y 艙等	M 艙等	K 艙等
平均數(U)	600	550	500
標準數( $\sigma$ )	240	110	50

表 3-6 價格組合 I 費率艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係

S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
{Y}	0.34			0.66	0.34	238
{M}		0.32		0.68	0.32	192
{K}			0.50	0.50	0.50	250
{Y, M}	0.30	0.22		0.45	0.55	342
{Y, K}	0.30		0.32	0.38	0.62	370
{M, K}		0.22	0.33	0.45	0.55	297
{Y, M, K}	0.28	0.16	0.22	0.34	0.66	402

資料來源：本研究整理

表 3-7 價格組合 II 費率艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係

$S$	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_k(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
{Y}	0.34			0.66	0.34	238
{M}		0.18		0.82	0.18	117
{K}			0.84	0.16	0.84	378
{Y, M}	0.32	0.11		0.57	0.43	296
{Y, K}	0.25		0.61	0.14	0.86	449
{M, K}		0.03	0.81	0.16	0.84	384
{Y, M, K}	0.24	0.02	0.60	0.14	0.86	451

資料來源：本研究整理

表 3-8 價格組合 III 費率艙等開放情形與機位售出機率及平均費率之關係

$S$	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_k(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
{Y}	0.34			0.66	0.34	238
{M}		0.50		0.50	0.50	275
{K}			0.16	0.84	0.16	88
{Y, M}	0.26	0.36		0.38	0.62	380
{Y, K}	0.33		0.09	0.58	0.42	281
{M, K}		0.49	0.02	0.49	0.51	281
{Y, M, K}	0.26	0.35	0.01	0.38	0.62	380

資料來源：本研究整理

比較表 3-6 和表 3-7 之消費者選擇行為後，再以航空公司決定開 YMK 艙等為例，M 艙等的票價從 600 漲到 650 時，機位售出機率從 0.16 降到 0.02；而當 K 艙等的票價從 500 降到 450 時，機位售出機率從 0.22 升至 0.60，其價格與售出機率的關係與羅吉特模式相符。由此可以呈現航空公司之定價策略將與消費者選擇購買何種艙等的相關性。

從表 3-8 中可以觀察發現，對於同時開放 YMK 艙等，在 M 艙等與 K 艙等相同售價下，K 艙等比 M 艙等多了提前購買限制，售出 K 艙等的機率已從表 3-4 的 32% 降至表 3-8 的 1%，改善先前用羅吉特模式來描述艙等售出機率之不適當之處，而這 1% 可能是由消費者的資訊不完全或 K 艙等的限制不影響消費者購買艙等等因素所產生。

綜合以上結果，我們可以得知，採用多變量常態分配來表示消費者願付價格的分佈所得到的費率艙等售出機率與多項羅吉特模式所得到之費率艙等售出機率會產生相同效果，即價格上升艙等售出機率會下降；價格下降艙等售出機率會上升。還可以改善羅吉特模式在艙等售出機率表 3-4 中不適當之現象。因此，本研究將以多變量模式所產生之艙等售出機率做為消費者選擇之依據。

### 3.2.3 數值範例之營收計算

若假設班機容量( $C$ )為 100，訂位期間( $N$ )共有 300 個時段，而顧客需求到達率( $\lambda$ )假設為每個時段 0.5，各個費率艙等機位售出機率如表 3-6、3-7、3-8 所示，最後依據式(20)可以求得在考量消費者選擇行為下，航空公司之期望收益，如表 3-9 所示。

表 3-9 考量消費者選擇行為之期望收益

艙等	期望收益
價格組合 I (Y 艙等 700、M 艙等 600、K 艙等 500)	58,744
價格組合 II (Y 艙等 700、M 艙等 650、K 艙等 450)	57,022
價格組合 III (Y 艙等 700、M 艙等 550、K 艙等 550)	57,327

其中有趣的現象是，價格組合 I、價格組合 II、價格組合 III 三種艙等的票價加總是相同的，皆為 1,800，但從表 3-9 中，可以觀察出不同的價格組合對於航空公司整體的期望收益卻是不同的，可見在考量消費者選擇行為、機位控管的機制後，定價確實對期望收益有相當的影響性。

接下來，以繪圖的方式來觀察航空公司的期望收益。圖 3-2 為 Y 艙等價格為 700，M 艙等價格從 0 到 1,000(Y 軸)，K 艙等價格從 0 到 700(X 軸)所繪製出來之期望收益 3D 圖，可觀察出營收呈現單峰狀態，且當 M 艙等或 K 艙等定價太低或過高時，都會導致營收不佳，其最佳之營收價格分別都落在平均數附近(M 艙等為 550、K 艙等為 500)。而圖 3-3 為 Y 艙等價格為 600，M 艙等價格從 0 到 1,000(Y 軸)，K 艙等價格從 0 到 700(X 軸)所繪製出來之期望收益 3D 圖。從這兩個圖中可發現，當 Y 艙等價格不同時，所產生的營收並不同，因此，考量消費者選擇行為後之機位存貨控管定價決策，確定會影響航空公司之期望收益。

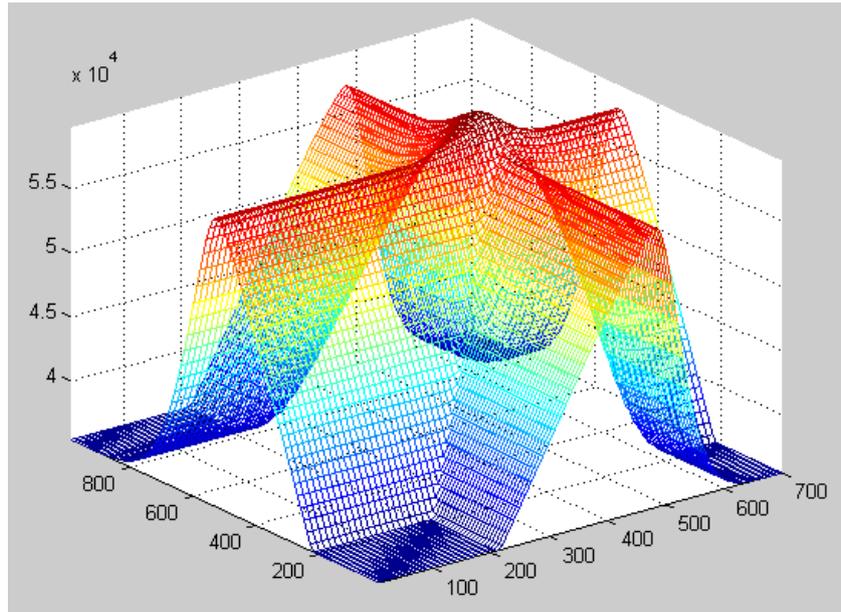


圖 3-2 Y 艙等價格為 700 之收益圖

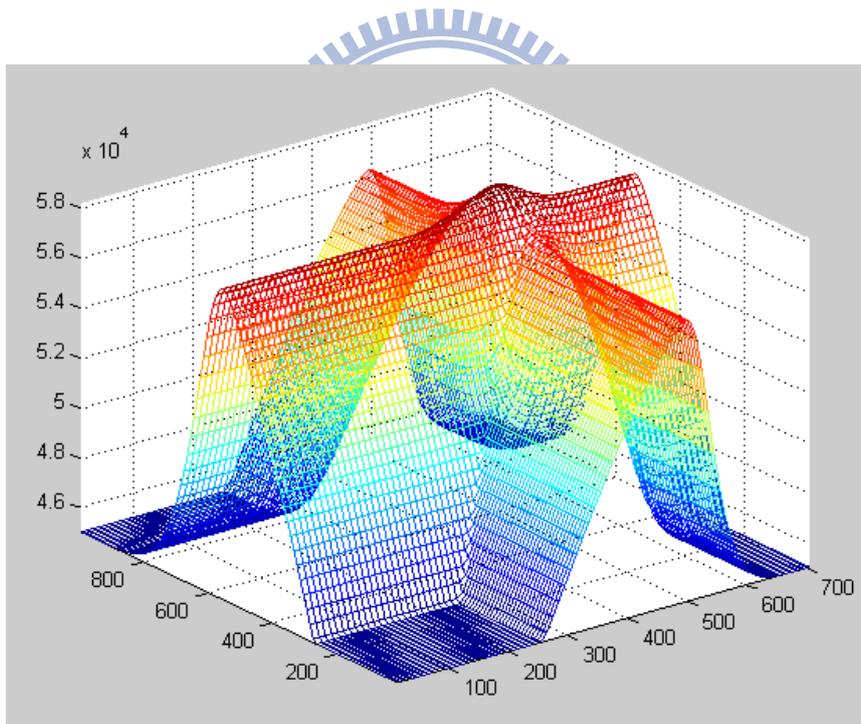


圖 3-3 Y 艙等價格為 600 之收益圖

然而，事實上可能的定價組合數相當多，這個問題在艙等數目增加後會更為嚴重，窮取(enumeration)所有定價組合所牽涉的運算會遠超過現今電腦的負荷，也因此發展適當的近似方法，應是求解此定價問題的合理途徑。

### 3.3 解題方法

基於 3.1 節的研究問題之分析與定義，透過式(19)至式(23)定義本研究定價核心模式，以及 3.2 節中簡單的數值範例測試，可以觀察出考量消費者選擇行為並進行艙等控管之航空營收會呈現單峰之現象，因此，本研究根據 Michiels and Wil (2007)提到傳統的區域搜尋法(Local Search)來求解。區域搜尋法由啟發式解法所建構之初始解為開始，接著搜尋鄰近解，其中，搜尋鄰近解的方法很多，最為大家所知為「改善法」(improvement algorithm)亦稱為爬山法(hill climbing algorithm)，在每次搜尋中，在鄰近區域中找尋成本較好者，如果找到即進行交換，否則停止搜尋並傳回目前答案。在執行區域搜尋改善時，接受策略(acceptance strategy)一般分為兩種：(1)優先接受策略(first improvement)，在所有鄰近區域搜尋範圍之內，只要有鄰近解優於目前解，即進行交換，其中，鄰近區域可以隨機產生或依特定順序產生。(2)最佳接受策略(best improvement)，從所有鄰近搜尋範圍之內，選擇一個改善最多的鄰近解進行交換，其流程圖如圖 3-4 所示，演算法步驟如下：

- 
- Step 0：產生一個起始解( $Z^0$ )，並設為目前解( $Z$ )。
  - Step 1：產生鄰近可行解( $Z'$ )。
  - Step 2：如果可行解之函數值大於目前解之函數值( $f(Z') > f(Z)$ )，則將可行解設為目前解( $Z=Z'$ )。
  - Step 3：若沒有任何可行解之函數值大於目前解之函數值，則停止搜尋；否則回到 Step 1。

符號說明：

- $Z^0$ ：起始解，由三個價格組合之向量。
- $Z$ ：目前解，即目前可使營收最大之三個價格組合之向量。
- $Z'$ ：鄰近可行解，表示搜尋的範圍。在單位步幅法中，鄰近可行解表示目前解向能使營收最大的方向移動一步。
- $f(Z)$ ：目前解之期望收益。將目前解代入至式(20)，可得到目前解最佳的期望收益。
- $f(Z')$ ：可行解之期望收益。將可行解代入至式(20)，可得到可行解最佳的期望收益。

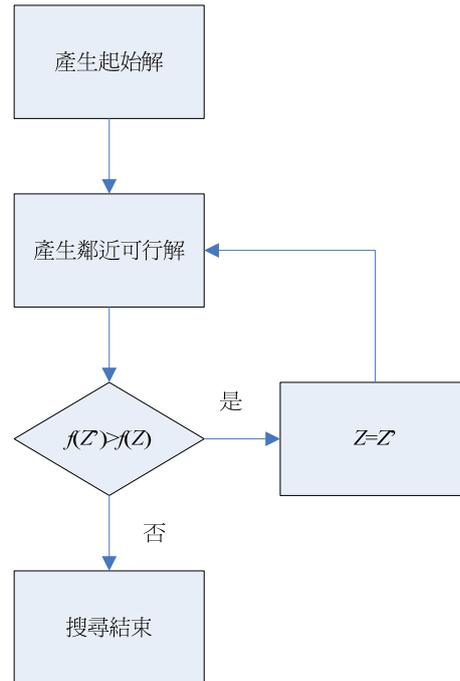


圖3-4 區域搜尋法之流程圖

在爬山法中，其搜尋之方向與步幅可自由設定，本研究在搜尋方向中採用「最佳接受策略」，搜尋之步幅分為兩種，一為單位步幅法，二為線性搜尋法(Line Search)，其方法介紹如下：

#### 1、單位步幅法

單位步幅法為爬山法的其中一種，演算法和爬山法類似，其鄰近可行解表示目前解向能使營收最大的方向移動一步。作法如下，產生一個初始解，並設為目前解，在鄰近解中找一個營收最高者做為搜尋之方向，往該方向移動一步並進行解的交換，重覆搜尋的動作，直到找到最佳解或沒有任一可行解之函數值大於當前解之函數值，停止搜尋。

#### 2、線性搜尋法

線性搜尋法為爬山法的其中一種，演算法和爬山法類似，其鄰近可行解表示目前解向能使營收最大的方向做整個方向的線性搜尋，直到該方向之邊際營收呈遞減則結束該方向之搜尋，以該點做為新的搜尋點。作法如下，產生一個初始解，並設為目前解，在鄰近解中找一個營收最高者做為搜尋之方向，往該方向搜尋可使營收最大者之可行解，將可行解設為目前解，重覆搜尋的動作，直到找到最佳解或沒有任一可行解之函數值大於當前解之函數值，停止搜尋。

為了瞭解區域搜尋法所找到之答案與花費之時間，我們以窮舉法來做為比較，其作法為隨機產生一個初始解，並設為目前解，再將每個可行解之函數值一一與當前解之函數值做比較，若可行解之函數值大於當前解之函數值，則將可行解設為當前解，重覆搜尋的動作，直到找到最佳解或沒有任一可行解之函數值大於當前解之函數值，停止搜尋。

接著，延續 3.2 節之消費者選擇行為與艙等售出機率，我們將 Y 艙等價格設定為 0 到 1,600 之間，M 艙等價格設定為 0 到 1200 之間，K 艙等價格設定為 0 到 1,000 之間，價格間距為 20，依據式(26)，進行不同價格之航空公司提供之艙等組合的售出機率，再依據式(20)得到每個艙等組合的收益，最後以不同之三種搜尋法來求解最佳化問題，結果如表 3-10 所示。

表 3-10 各搜尋法之艙等價格與最大營收

演算法	單位步幅法	線性搜尋法	窮舉法
Y 等艙	680	680	680
M 等艙	580	580	580
K 等艙	480	480	480
營收	59,485	59,485	59,485

從表 3-10 我們可以觀察發現，三種搜尋方法找到之最佳解相同，顯示此問題之解為單峰，而雖然三種不同的搜尋方法最後都找到相同的最佳解，但在搜尋解的過程中，所花的時間與次數卻大不相同，如表 3-11 所示。

表 3-11 各搜尋法之搜尋時間與次數

演算法	單位步幅法	線性搜尋法	窮舉法
時間(秒)	3.94	3.27	21554.95
遞迴次數	8	5	117876

在表 3-11 我們可以觀察發現，窮舉法的搜尋時間約為 6 個小時，遠大於線性搜尋法的搜尋時間 3.27 秒，而單位步幅法與線性搜尋法之搜尋方向相同，唯搜尋之可行解範圍不同，搜尋時間也較相近。因此，發展一有效的區域搜尋法確實能有效地減短搜尋時間來得到相同或相近的結果。

## 第四章 數值測試

為驗證本研究所提出之考量消費者選擇行為的營收管理模式，在此章中介紹經過價格調整後和相關參數之改變，對航空公司整體營收的改變，所有參數將沿用第三章之數據做為本研究之基本數值範例(base case)，以利之後數值測試的比較，參數設定與表 3-5 相同，平均數 Y 艙等為\$600、M 艙等為\$550、K 艙等\$500；標準差為各艙等平均價格之 0.4、0.2、0.1 倍；相關係數 Y 艙等與 M 艙等為 0.3、Y 艙等與 K 艙等為 0.3、M 艙等與 K 艙等 0.7；到達率為 0.5，此時之最佳定價 Y 艙等為\$680、M 艙等為\$580、K 艙等\$480。在 4.1 節中，先進行數值範例之最佳解特性分析，在 4.2 節中，介紹相關參數如何影響最佳解之改變，4.3 節中比較進行機位存貨控管與不進行機位存貨控管之差異。

### 4.1 最佳定價之基本特性

為了探討基本範例解對價格的敏感性，我們先進行價格總合對航空公司整體營收的影響，分別就各艙等的鄰域價格調升與調降\$20 或\$40 做排列組合，進行在票價總和相同下，不同艙等之定價造成營收不同的變化，如表 4-1 所示。

表 4-1 相同票價總合之測試

Y 艙等	M 艙等	K 艙等	營收	營收差異
640	580	520	58,360	-1.93%
640	600	500	58,931	-0.94%
640	620	480	58,678	-1.38%
660	560	520	58,804	-1.16%
660	580	500	59,351	-0.22%
660	600	480	59,216	-0.45%
660	620	460	58,336	-1.97%
680	540	520	58,777	-1.20%
680	560	500	59,423	-0.10%
680	580	480	59,485	0.00%
680	600	460	58,748	-1.25%
680	620	440	57,472	-3.50%
700	540	500	59,013	-0.80%
700	560	480	59,392	-0.16%
700	580	460	58,954	-0.90%
700	600	440	57,792	-2.93%
720	540	480	58,828	-1.12%
720	560	460	58,864	-1.05%
720	580	440	57,988	-2.58%

由表 4-1 中我們可以得知，在相同票價總和下，不同艙等之定價將會影響航空公司之營收，而其中最大的營收差異為 Y 艙等定價不變，M 艙等價格為 \$620，K 艙等價格為 \$440 下，百分比為 3.50%，可見即使在相同票價總和下，不同等艙之定價將影響整體營收。因此，定價是相當重要的，航空公司可藉由定價來使得已做好艙等控管之營收更為增加。

接著，就基本範例解之附近定價正負 \$20 和正負 \$40 計算營收，探討鄰域解與基本範例解之差異。在定價正負 \$20 下，有  $3*3*3=27$  種價格組合，在定價正負 \$40 下，有  $5*5*5=125$  種價格組合，然後找出其中營收最大與最小者和兩者的差異，如表 4-2 所示。

表 4-2 價格組合之營收差異

價格組合	鄰域解 (正負 20)	鄰域解 (正負 40)
最大值	59,485	59,485
最小值	58,580	53,061
營收差異	1.52%	10.80%

在表 4-2 中，我們可以觀察出當定價離最佳價格只有 \$20 時，最佳營收與最低營收差距有 1.52%，而當定價離最佳價格有 \$40 時，最佳營收與最低營收差距增加至 10.80%，顯示當價格變動時，會影響航空公司之期望收益，而當定價離最佳價格越遠時，期望收益的差異也會越大，顯示此定價模式確實會影響機位存貨控管之營收。

## 4.2 參數之特性

本節將介紹參數對定價與營收之影響，藉以探討參數之特性。在 4.2.1 節中參數之改變為到達率；4.2.2 節中參數之改變為標準差；4.2.3 節中參數之改變為相關係數。

### 4.2.1 到達率之測試

我們將探討到達率對價格決策與其營收之影響。分為兩部分研究，第一部分為測試在不同到達率下，最佳定價與營收的變化情形，結果如表 4-3 所示，其中，營收差異為最佳定價之營收與基本範例解之營收差，而 0.5 為基本範例之到達率。第二部分為將基本範例之最佳定價(Y 艙等為 \$680、M 艙等為 \$580、K 艙

等\$480)套到不同之到達率中，計算在基本範例解的定價下，不同到達率的營收，並與原本最佳定價之營收做比較，如表 4-4 所示，以探討定價模式對於到達率改變之敏感程度。

表 4-3 不同到達率之最佳定價與營收

到達率	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Y 艙等	620	660	680	700	720	720	740
M 艙等	520	540	580	600	620	640	660
K 艙等	440	460	480	500	500	500	500
營收	43,177	54,099	59,485	63,260	66,194	68,556	70,575
營收差異	-27.42%	-9.05%	0.00%	6.35%	11.28%	15.25%	18.64%

表 4-4 不同到達率之基本範例解與最佳定價的營收差異

到達率	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
最佳定價之營收	43,177	54,099	59,485	63,260	66,194	68,556	70,575
基本範例解之營收	39,501	52,378	59,485	63,039	64,819	66,258	67,445
營收差異	-8.51%	-3.18%	0.00%	-0.35%	-2.08%	-3.35%	-4.43%

從表 4-3 中，在顧客到達率不同下，各艙等之定價明顯地不同，其營收也大不同。當到達率越大，表示對機位需求的顧客越多，在機位數量有限下，航空公司能夠將價格調高來極大化營收；而到達率越低，表示對機位需求的顧客越少，為了吸引顧客搭乘，航空公司則是降價來維持收益。若由比例的角度來看，不管到達率為上升或下降，其到達率改變的程度皆比營收改變的程度來得大。可見到達率之不同雖然會影響最佳定價與所對應之營收，但影響程度相對於到達率之改變來得小。

從表 4-4 中，我們可以觀察出不同的到達率，營收差異也不同，且越接近基本範例之到達率，營收差異會較小；與基本範例之到達率差異越大時，整體之營收差異也越大，在於其最佳定價與基本範例解較相近。而當到達率越小時，營收差異越大，表示其定價之效果較到達率高時來得明顯。當到達率為 0.3，最佳定價與基本範例解之營收差異有 8.51%，顯示顧客到達率之差異確實會影響定價決策及所對應之營收。

## 4.2.2 標準差之測試

我們將探討標準差對價格決策與其營收之影響。分為兩部分研究，第一部分為測試在不同標準差下，最佳定價與營收的變化情形。以基本範例之標準差為基準，分別調升或調降標準差 20%與 40%，最佳定價與營收如表 4-5 所示。其中，其中，營收差異為最佳定價之營收與基本範例解之營收差，1 為基本範例之標準差。第二部分為將基本範例之最佳定價(Y 艙等為\$680、M 艙等為\$580、K 艙等\$480)套到不同之標準差中，計算在基本範例解的定價下，不同標準差的營收，並與原本最佳定價之營收做比較，如表 4-6 所示，以探討定價模式對於標準差改變之敏感程度。

表 4-5 不同標準差之最佳定價與營收

標準差比例	0.6	0.8	1	1.2	1.4
Y 艙等	620	660	680	720	740
M 艙等	560	560	580	580	600
K 艙等	480	480	480	480	480
營收	58,091	58,718	59,485	60,311	61,090
營收差異	-2.34%	-1.29%	0.00%	1.39%	2.70%

表 4-6 不同標準差之基本範例解與最佳定價的營收差異

標準差比例	0.6	0.8	1	1.2	1.4
最佳定價之營收	58,091	58,718	59,485	60,311	61,090
基本範例解之營收	56,559	58,370	59,485	60,176	60,588
營收差異	-2.71%	-0.59%	0.00%	-0.22%	-0.83%

從表 4-5 中，我們可以觀察出當標準差的比例越大時，Y 艙等、M 艙等的最佳定價都會上升，顯示當每個顧客願付的價格差距很大時，航空公司很難去抓住每一個顧客的喜好，在考慮營收極大下，傾向將定價提高，以留住願意付高價的顧客，而不願降低票價以吸引更多的顧客。而在標準差的比例越小時，此時的最佳定價策略趨近於願付價格之平均數，顯示航空公司傾向抓住大多數之顧客，以量制價，來極大化營收。

從表 4-6 中，我們可以觀察出當標準差離基本範例之標準差越近時，其營收差異也越小，大約在 1%內。然而，當標準差為基本範例標準差的 0.6 倍時，最佳定價與基本範例解之營收差異為 2.71%，顯示雖然標準差之差異會影響定價決策及所對應之營收，但其影響力不太大。

### 4.2.3 相關係數之測試

我們將探討相關係數對價格決策與其營收之影響。分為兩部分研究，第一部分為測試在不同相關係數下，最佳定價與營收的變化情形。將基本範例之相關係數分別調降與調升去探討相關係數對定價決策的影響，如表 4-7 所示。(3,3,7)為基本範例之相關係數設定，表示 Y 艙等的相關係數為 0.3、M 艙等的相關係數為 0.3、K 艙等的相關係數為 0.7。第二部分為將基本範例之最佳定價(Y 艙等為\$680、M 艙等為\$580、K 艙等\$480)套到不同之相關係數中，計算在基本範例解的定價下，不同相關係數的營收，並與原本最佳定價之營收做比較，如表 4-8 所示，以探討定價模式對於相關係數改變之敏感程度。

表 4-7 相關係數不同之最佳定價與營收

相關係數	(2,2,6)	(2,2,7)	(2,2,8)	(3,3,6)	(3,3,7)	(3,3,8)	(4,4,6)	(4,4,7)	(4,4,8)
Y 艙等	680	680	680	680	680	680	680	680	680
M 艙等	580	580	580	580	580	580	560	580	560
K 艙等	500	500	480	500	480	480	480	480	480
營收	60,103	59,894	59,778	59,611	59,485	59,362	59,187	59,072	58,949
營收差異	1.04%	0.69%	0.49%	0.21%	0.00%	-0.21%	-0.50%	-0.69%	-0.90%

表 4-8 不同相關係數之基本範例解與最佳定價的營收差異

相關係數	(2,2,6)	(2,2,7)	(2,2,8)	(3,3,6)	(3,3,7)	(3,3,8)	(4,4,6)	(4,4,7)	(4,4,8)
最佳定價之營收	60,103	59,894	59,778	59,611	59,485	59,362	59,187	59,072	58,949
基本範例解之營收	59,978	59,887	59,778	59,586	59,485	59,362	59,187	59,072	58,930
營收差異	-0.21%	-0.01%	0.00%	-0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.03%

從表 4-7 中，我們可以發現即使相關係數改變了，Y 艙等之定價仍維持不變，而 MK 艙等之定價則略略有少許之變更。在定價改變不大下，營收之差異性也不大，大約都在 1% 附近，可見，相關係數的不同對定價之影響不大。

從表 4-8 中可發現，在不同的相關係數下，基本範例解與最佳定價之營收差距皆在 0.5% 內，顯示相關係數對基本範例解的營收影響不大。即使改變相關係數，仍可就本研究之基本範例解來定價，獲得大部分之營收。

### 4.3 機位存貨控管效果之測試

本節中，將探討航空公司進行機位存貨有控管與無控管對於營收之影響。在一般研究機位控管之文獻中，無機位控管之定義為先到先服務(first come first service, FCFS)，而相同之概念套用至本研究即為艙等開放情形永遠為 Y 艙等、M 艙等、K 艙等，即  $S=\{Y,M,K\}$ 。

#### 4.3.1 營收差異

為了瞭解機位存貨控管與定價對於營收之影響，我們分成三種情境來探討，分別為情境 I、情境 II 和情境 III，其差異性如下所述：

情境 I：為本研究之基本範例。艙等開放情形有七種，目標為極大化式(19)，得到之最佳定價即為基本範例解，再將此定價帶入式(20)，可計算期望收益值。

情境 II：艙等開放情形固定為  $S=\{Y,M,K\}$ ，將情境 I 的定價帶入式(20)，計算期望收益值。

情境 III：艙等開放情形固定為  $S=\{Y,M,K\}$ ，目標為極大化式(19)，得到無機位存貨控管之最佳定價，再將此定價帶入式(20)，可計算期望收益值。

接著，我們分別計算各情境之營收，如表 4-9 所示。營收差異為情境 II 與情境 III 相對於情境 I 之營收差。

表 4-9 不同情境之營收差異

情境類別	情境 I	情境 II	情境 III
Y 艙等	680	680	680
M 艙等	580	580	580
K 艙等	480	480	500
營收	59,485	57,556	58,908
營收差異	0.00%	-3.35%	-0.98%

比較情境 I 與情境 II，我們可以得知在相同定價下，進行機位存貨控管與不進行機位存貨控管之營收差距有 3.35%，也代表在實際操作機位存貨控管之差異。顯示在已知的定價下，透過機位存貨控管策略，確實會增加營收。

接著比較情境 I 與情境 III，可以知道定價與進行或不進行機位存貨控管之關係。在進行機位存貨控管下之最佳定價營收為 \$59,485；不進行機位存貨控管下之最佳定價營收為 \$58,908，略為下降 0.98%，顯示航空公司若為了簡化作業，只選擇定價策略而不進行控管，雖然營收會下降，但仍可得到大部分的收益。而此時 YM 艙等之定價維持不變，K 艙等調升了，表示航空公司透過了定價，來達到近似於機位存貨控管之效果。

知道機位存貨控管策略會影響營收後，我們分別進行情境 I 與情境 III 下的 Y 艙等、M 艙等、K 艙等之價格探討。針對單一艙等之鄰近售價進行調整，可以得知各艙等價格變動對營收之影響，如圖 4-1 為情境 I 定價變動對營收之影響；圖 4-2 為情境 III 定價變動對營收之影響。

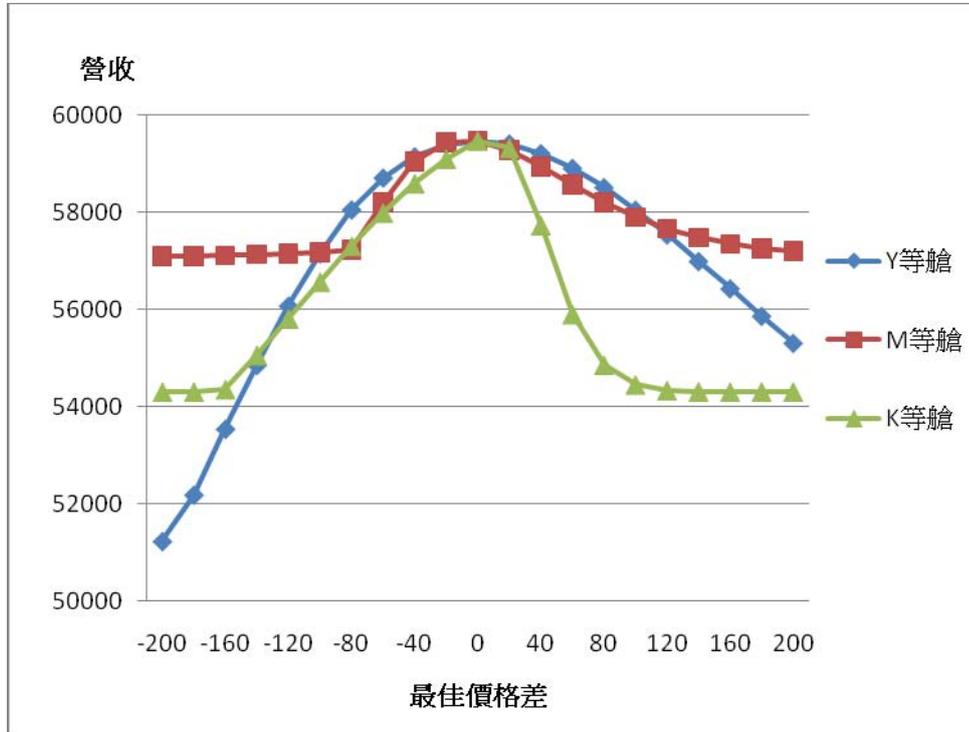


圖 4-1 情境 I 定價變動對營收之影響

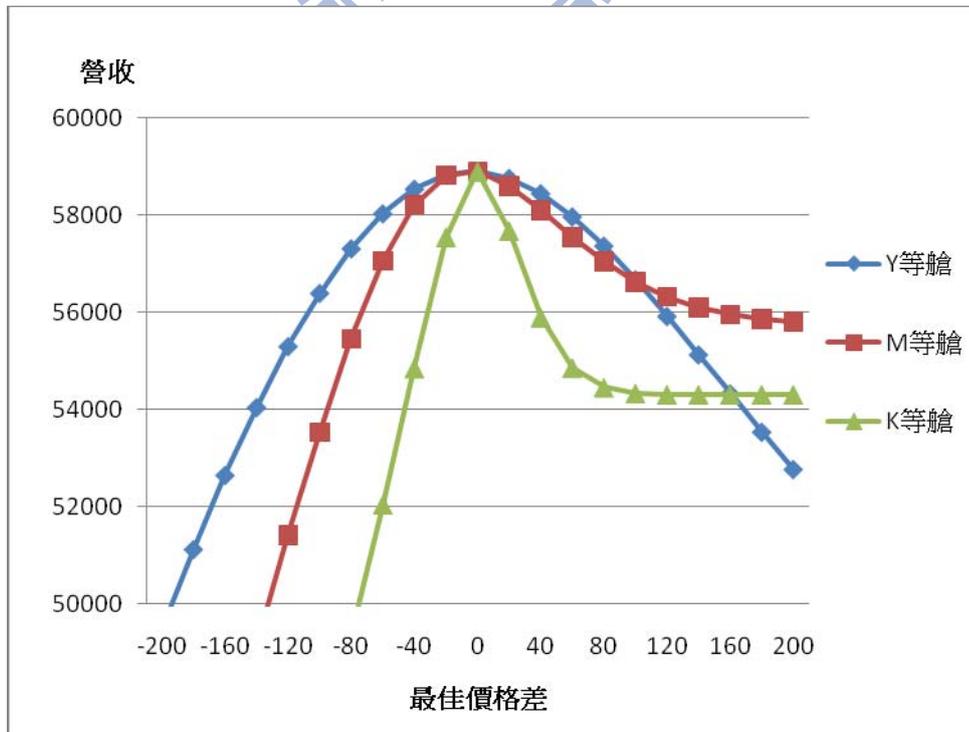


圖 4-2 情境 III 定價變動對營收之影響

比較圖 4-1 和圖 4-2，我們可以發現不論是 Y 艙等、M 艙等、K 艙等，不同的售價分別會帶給航空公司不同的營收。且當票價下降時，情境 I 的 Y 艙等定價影響營收較大，情境 III 的三種艙等定價皆會影響營收，其中，又以 K 艙等之定價影響營收最大；在票價上升時，情境 I 和情境 III 之定價具有影響營收之類似效果。由此可得知，當航空公司不進行機位存貨控管時，其定價相對於有進行機位控管來得重要。

### 4.3.2 參數影響程度

在 4.2 節中，我們探討參數對基本範例特性之影響，只有到達率與標準差之改變對於基本範例之營收影響較大，相關係數的改變對基本範例之營收影響極小，因此在此節探討機位存貨控管時，我們只比較有差異的到達率與標準差，在控管中扮演之角色。在到達率部分，探討情境 I 與情境 III 之不同到達率對營收之影響，如表 4-10 所示。而營收差異為在相同到達率下，情境 I 與情境 III 之營收比較。

表 4-10 到達率下情境 I 與情境 III 之營收差異

到達率		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
情境 I	Y 艙等	620	660	680	700	720	720	740
	M 艙等	520	540	580	600	620	640	660
	K 艙等	440	460	480	500	500	500	500
	營收	43,177	54,099	59,485	63,260	66,194	68,556	70,575
情境 III	Y 艙等	620	660	680	700	720	740	720
	M 艙等	520	540	580	600	620	620	660
	K 艙等	440	460	500	520	540	580	600
	營收	43,75	53,587	58,908	62,471	65,329	67,772	69,588
營收差異		-0.01%	-0.95%	-0.97%	-1.25%	-1.31%	-1.14%	-1.40%

從表 4-10 中，可觀察出在到達率不同下，情境 I 與情境 III 的營收差異不大，原因在於航空公司可藉由定價來達到控管的效果。當到達率 0.3 時，由於座位數 100 大於顧客需求 90，因此，情境 I 和情境 III 之差異趨近於 0。而當到達率為 0.4 時，情境 I 和情境 III 的定價相同，卻有不同的營收，顯示航空公司實施控管可額外多獲利 0.95%。當到達率為 0.9 時，情境 I 與情境 III 之 K 艙等定價明顯不同，從表 4-11 可看出顧客購買各艙等之需求，在此定價下，沒有人會願意購買 K 艙等，顯示航空公司藉由定價來達成控管之效果。將 K 艙等定價調高，使得 K 艙等無人購買，等於只有開放 Y 艙等和 M 艙等。

表 4-11 到達率=0.9 之需求機率

$S$	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$
{Y, M, K}	0.29	0.10	0.00	0.61	0.39

在標準差部分，我們同樣探討情境 I 與情境 III 之不同標準差對營收之影響，如表 4-12 所示。而營收差異為在相同標準差下，情境 I 與情境 III 之營收比較。

表 4-12 標準差下情境 I 與情境 III 之營收差異

標準差		0.6	0.8	1	1.2	1.4
情境 I	Y 艙等	620	660	680	720	740
	M 艙等	560	560	580	580	600
	K 艙等	480	480	480	480	480
	營收	58,091	58,718	59,485	60,311	61,090
情境 III	Y 艙等	620	660	680	700	740
	M 艙等	540	560	580	580	580
	K 艙等	520	500	500	500	500
	營收	57,261	58,086	58,908	59,744	604,89
營收差異		-1.43%	-1.08%	-0.97%	-0.94%	-0.98%

從表 4-12 中，可觀察出在標準差不同下，情境 I 與情境 III 最佳定價下之營收不同，雖然營收有所不同，但其營收差異並不大。從各艙等之最佳定價來看，情境 I 與情境 III 之定價卻有明顯地差異，顯示航空公司是藉由定價來達到控管之效果。

### 4.3.3 控管效果之模擬

在此節中，我們進行機位存貨控管之模擬。首先，隨機產生 300 筆需求機率，判斷該需求機率屬於售出 Y 艙等、M 艙等或 K 艙等，並且依據控管策略來辨別需求屬於何種開放情形，我們即可以得知在哪個時間售出哪個艙等，最後，我們將模擬次數設為 20 次，以時間當作基準，計算每個時間平均售出之座位數，繪出圖 4-3 售出時間與平均售出座位數，並計算每次模擬售出之艙等機位數，如表 4-13 所示。

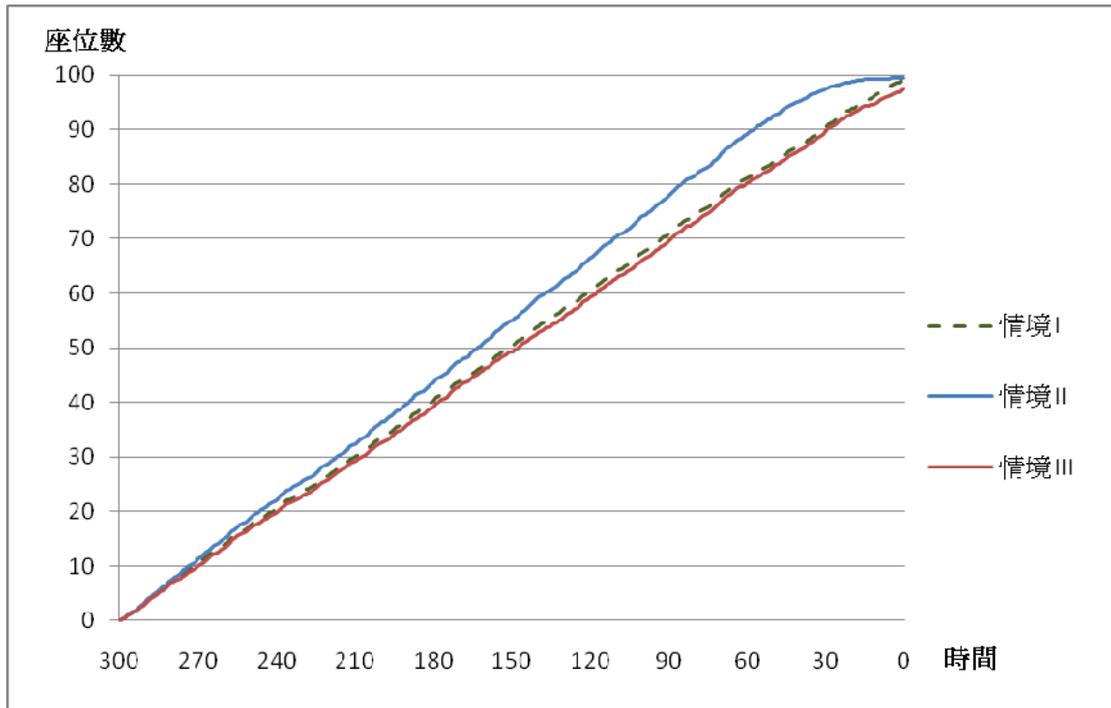


圖 4-3 售出時間與平均售出座位數

表 4-13 機位存貨控管座位數之模擬

情境類別	艙等開放情形	Y 艙等	M 艙等	K 艙等	承載率
情境 I	{Y}	1.50			99.15%
	{Y, M}	18.80	13.40		
	{Y, M, K}	25.65	13.25	26.55	
情境 II	{Y, M, K}	39.35	19.75	40.45	99.55%
情境 III	{Y, M, K}	45.00	27.90	24.55	97.45%

在 4-3 的圖中，我們可以發現，情境 II 為 FCFS，因此座位數在較早的時間即售出；而情境 III 由於 K 艙等之定價較高，導致售出機位的時間較晚；情境 I 為有進行機位存貨控管與最佳定價，因此平均在飛機起飛前售出全部機位。

而在表 4-13 中可以看出各情境類別售出之座位數情形。在情境 II 中，售出最多座位的為 K 艙等，其次為 Y 艙等，最後為 M 艙等，承載率為 99.55%。在情境 III 中，與情境 II 艙等開放情形相同，但 K 艙等定價較高，導致售出 K 艙等的機位數大幅減少了，而售出 Y 艙等與 M 艙等的機位數增加了，也導致總售出機位較少，承載率較低。在情境 I 中，由於進行機位存貨控管，因此艙等開放情形會隨著時間與剩餘機位數之不同而有所不同，其開放情形有 {Y} {Y, M} {Y, M, K} 三種，承載率為 99.15%。

## 第五章 結論與建議

### 5.1 結論

目前航空營收研究以定量和定價為主，但過去研究多將兩者分開討論，在定量中不考慮票價對消費者的影響；在定價中不考慮機位控管的問題，但實際上，量與價都是影響航空公司營收的重要因素。

本研究在探討後發現，對於航空營收，飛機票價會影響消費者購買行為，亦會影響航空公司機位控管之問題。因此本研究以在單一航段問題中，消費者選擇行為為基礎，建立一定價的動態模式來控管機位，藉以產生適當的航空定價與機位控管決策。

在基本範例解之特性分析中可發現，不同的定價的確會影響航空公司整體收益。在相同的價格組合下，實施定價可以比不實施定價營收多 3.50%；而在基本範例解正負\$40 下做價格組合，其最佳定價與鄰域解之定價差距有 10.80%，顯示定價配合機位存貨控管確實可以增加航空公司之營收。

而本研究之參數設定雖然並沒有實際的參數來佐證，但在參數對基本範例解特性之研究中發現，除了到達率會明顯影響基本範例解之定價外，在標準差和相關係數不同時，其基本範例解之定價仍可獲得大多數之營收，顯示其參數之不同對於本研究之定價策略影響並不大，仍可採用本研究之定價方法來極大化營收。

而在機位存貨控管效果之測試中，我們可以得知在基本範例之定價下，若航空公司進行機位存貨控管與不進行機位存貨控管之營收差異有 3.35%，顯示機位存貨控管可以增加航空公司之營收，但若航空公司不進行機位存貨控管，單單只採用最佳定價時，即使營收會下降，但仍可獲得大多數之營收，其原因在於航空公司已藉由定價來達到與機位存貨有控管類似之效果。

## 5.2 建議

為使本研究提出之考量存貨控管模式與消費者選擇行為的機位定價決策更加成熟，針對未來研究發展部分，可分為下列幾項：

### 1、將消費者需求隨時間變動而不同

本研究之消費者需求是隨著定價的不同而改變，而忽略了時間性，之後可將因時間不同而有不同需求機率出現的情況納入考量，以更符合現實情形。

### 2、消費者選擇行為模式

本研究之消費者選擇行為模式採用消費者願付價格的分佈，並假設此分佈呈多變量常態分配，但是否有更簡單或容易的方法來描述艙等開放的消費者選擇行為，可做為另一個研究之方向。

### 3、定價模式驗證

本研究之定價模式參數是經由相關文獻及航空實際操作經驗合理推測，但更精確的參數可透過問卷調查或訪談消費者所得到，因此未來可實際調查符合特定航空公司之參數，再藉由本研究之定價模式來求得最佳定價及控管策略。

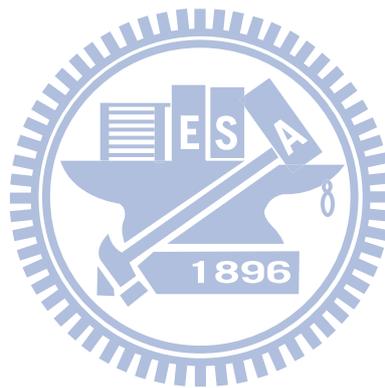


## 參考文獻

- 呂錦隆(民 87),「國內航空客運旅客選擇決策之實證研究」,國立成功大學交通管理學系博士論文。
- 陳雅妮(民 90),「航空公司航班客位需求與訂位艙等控管」,國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- 陳茂南(民 88),「航空公司網路機位庫存管理」,國立中央大學土木工程學系博士論文。
- 黃千展(民 92),「航空公司收益管理之需求模式及艙位規劃模式研究」,東海大學工業工程與經營資訊學系碩士論文。
- Alger, S. and Beser, M. (2001), "Modeling choice of flight and booking class - A study using stated preference and revealed preference data," *Journal of Organizational Change Management* 2, pp. 28-45.
- Andersson, S.E. (1998), "Passenger choice analysis for seat capacity control: A pilot project in Scandinavian airlines," *International Transportation in Operational Research* 5, pp. 471-486.
- Becker, G. (1965), "A theory of the allocation of time," *The Economic Journal* 75, pp. 493-517.
- Belobaba, P.P. (1987), "Air travel demand and airline seat inventory management," Ph.D. thesis, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Belobaba, P.P. (1989), "Application of a probabilistic decision model to airline seat inventory control," *Operations Research* 37, No. 2, pp. 183-197.
- Belobaba, P.P. and Hopperstad, C. (1999), "Boeing/MIT simulation study: PODS results update," *AGIFORS Reservations and Yield Management Study Group Symposium*.
- Ben-Akiva, M. and Lerman, S.R. (1985), *Discrete Choice Analysis*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Bitran, G. and Caldentey, R. (2003), "An overview of pricing models for Revenue Management," *Manufacturing and Service Operations Management*, pp.203-229
- Brumelle, S.L. and McGill, J.I. (1993), "Airline seat allocation with multiple nested fare classes," *Operations Research* 41, pp. 127-137.
- Cross, R. G. (1998), *Revenue Management - Hard-core Tactics for Market Domination*, New York: Broadway Books.
- Curry, R.E. (1990), "Optimal airline seat allocation with fare classes nested by origins and destinations," *Transportation Science* 24, No. 3, pp. 193-204.
- Hogg, R.V. and Craig, A.T. (1986), *Introduction to Mathematical Statistics*, Prentice Hall, pp. 405-409.
- Jiang, H. and Miglionico, G. (2006), "Airline network revenue management with

- buy-up,” Working Papers, Judge Business School, University of Cambridge, Cambridge, UK.
- Kunnumkal, S. and Topaloglu, H. (2008), “A refined deterministic linear program for the network revenue management problem with customer choice behavior,” *Naval Research Logistics* 55, pp. 563–580.
- Ladany, S. P. (1996), “Optimal market segmentation of hotel rooms - The non-linear case,” *Omega*, pp. 29-36.
- Ladany, S. P. (2001), “Optimal hotel segmentation mix strategy,” *International Journal of Services Technology and Management*, pp. 18-27.
- Ladany, S. P. and Arbel, A. (1991), “Optimal cruise-linear passenger cabin pricing policy,” *European Journal of Operational Research*, pp. 136-147.
- Lancaster, K. (1966), “A new approach to consumer theory,” *The Journal of Political Economy* 74, pp.132-157.
- Lee, T. C. and Hersh, M. (1993), “A model for dynamic airline seat inventory control with multiple seat bookings,” *Transportation Science* 27, No. 3, pp. 252-265.
- Luce, R. and Suppes, P. (1965), “Preference, Utility and Subjective Probability,” *handbook of Mathematical Psychology*, Wiley, New York.
- Michiels, W., Aarts, E. and Korst, J. (2007), *Theoretical Aspects of Local Search*, Springer, New York.
- Muth, R. (1966), “Household production and consumer demand functions,” *Econometrica* 34, pp. 699-708.
- Phlips, L. (1983), *The Economics of Price Discrimination*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Phillips, R.L. (2005), *Pricing and Revenue Optimization*, Stanford University Press. pp.104-105.
- Pigou, A. C. (1920), *The Economics of Welfare*, London: Macmillan.
- Smith, B.C., Leimkuhler, J.F. and Darrow, R.M. (1992), “Yield management at American Airlines,” *Interfaces* 22, No. 1, pp. 8-31.
- Talluri, K.T. and van Ryzin, G.J. (2004a), *The Theory and Practice of Revenue Management*, Kluwer, Dordrecht.
- Talluri, K.T. and van Ryzin, G.J. (2004b), “Revenue management under a general discrete choice model of consumer behavior,” *Management Science* 50, pp. 15-33.
- Tirole, J. (1988), *The Theory of Industrial Organization*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- van Ryzin, G.J. and Vulcano, G. (2004), “Simulation-based optimization of virtual nesting controls under consumer choice behavior,” Working Paper, Columbia Graduate School of Business, New York.

- 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, No. 5, pp. 831-844.
- Wollmer, R.D. (1992), "An airline seat management model for a single leg route when lower fare classes book first," *Operation Research* 40, No. 1, pp. 26-37.
- Zhang, D. and Adelman, D. (2009), "An approximate dynamic programming approach to network revenue management with customer choice," *Transportation Science* 43, pp. 381-394.
- Zhang, D. and Cooper, W.L. (2005), "Revenue management for parallel flights with customer-choice behavior," *Operations Research* 53, pp. 415-431.



## 簡 歷



姓名：梁郁英

生日：74年02月26日

聯絡地址：台中市西屯區西安街275之3號

連絡電話：0933-406229

E-mail：[haky.tem96g@nctu.edu.tw](mailto:haky.tem96g@nctu.edu.tw)

簡歷：

民國99年1月 國立交通大學 運輸科技與管理學系 碩士班 畢業

民國97年1月 國立交通大學 運輸科技與管理學系 畢業