

東 海 大 學

工業工程與經營資訊研究所

碩士論文

收益管理系統架構分析之研究—以航空產業為例



研 究 生：陳憲耀
指 導 教 授：張炳騰 教授
 王文清 教授

中 華 民 國 九 十 八 年 六 月

**Study of Structure Analysis of Yield Management System
— A Case Study of Airlines Industry.**

By
Xian Yao Chen

Advisor: Dr. Ping-Teng Chang
Dr. Wen-Ching Wang

A Thesis
Submitted to the Institute of Industrial Engineering and Enterprise
Information at Tunghai University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in
Industrial Engineering and Enterprise Information

June 2009
Taichung , Taiwan , Republic of China

收益管理系統架構分析之研究—以航空產業為例

學生：陳憲耀

指導教授：張炳騰 老師

王文清 老師

東海大學工業工程與經營資訊研究所

摘要

經過近 20 年的發展與改善，收益管理系統已成為許多航空公司的一項重要的輔助決策工具。本研究將收益管理（Yield Management）定義為「透過了解、預期與影響顧客行為，並在資源有限與不可儲存之特性下，以差別訂價規劃票價產品，經由產品需求預測、座位庫存管理、超額訂位控制等過程，處理旅客需求不確定性，使交通運輸單位座位資源之平均收益為最大。」。此定義說明了，交通運輸產業在追求收益最大化的目標時，需面對航空市場資源有限且不可儲存，與旅客需求不確定性因素，而需求與票價制定及艙位規劃三者之間更存在著複雜的交互關係。

為了有效率處理上述問題，本研究藉由統整過去航空收益管理問題的研究方法與成果，建構出整合型收益管理系統。結合需求預測、票價規劃、艙位規劃與超額訂位控制，依照需求市場因素的變化，系統化結合市場需求預測，提高預測的穩定性和準確性。將艙位資源作最有效率分配，提高獲利能力。本研究中各系統模組之訴求如下：1. 需求預測模組收集訂位數據，將旅客需求因素與航空公司供給因素納入模組中，透過需求預測模式制定出各艙等需求機率。2. 票價規劃模組進行產品區隔設計，依據顧客需求的多樣性及不同時刻顧客對於產品價值認同的差異，將票價產品設定最適價格。3. 艙位庫存管理模組分為艙位規劃與超額訂位控制兩大部分。艙位規劃依照班機容量進行最佳艙位配置，再依據超額訂位模組所決定出之超額比例，讓系統設定最佳訂位限額；當訂位期間旅客需求出現時，作為判斷是否接受訂位之依據。

本研究主要針對收益管理系統進行系統規劃與分析，以及各模組細部流程規劃，提供系統建立之基礎。希望藉由本研究所發展之各系統模組原型，可對往後深究各模組作為基礎或開發依據。實務上，藉由分析收益管理系統的建構，希望提供國內航空公司或資訊軟體公司，發展收益管理系統的指標性參考，以期在競爭激烈的航空市場中，維持競爭優勢並獲取長期利潤。在學術上透過文獻的完整整理與分析，希望提供未來對與收益管理領域有興趣的學者，一個整體性、架構性的參考，並提供未來可研究之方向。

關鍵字詞：收益管理、需求預測、差別訂價、艙位規劃、超額訂位

Study of Structure Analysis of Yield Management System— A Case Study of Airlines Industry.

Student: Xian Yao Chen

Advisor: Dr. Ping-Teng Chang
Dr. Wen-Ching Wang

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

After nearly 20 years of development and improvement of yield management system has become an important decision support tool in many airlines. In this study, the definition of yield (revenue) management for the "Through the understanding, anticipating and influencing consumer behavior, with fare price discrimination planning products, through product demand forecasting, seat inventory control, overbooking control processes to handle passenger demand uncertainty in order to maximize revenue or profits from a fixed, perishable resource". This definition shows that the transport industry in the pursuit of the goal of maximizing revenue, the need to face the aviation market with limited resources can not be stored with the passenger demand uncertain. Demand · fares and capacity control between the three there is a complex interactive relationship.

In order to efficiently deal with these issues, the study by integration over the past airline yield management research methods and results, to build an integrated yield management system. Combination of the demand forecasts, fares planning, capacity control and overbooking control, in accordance with changes in the demand for market factors, a systematic combination of market demand forecasts, improve the stability and accuracy of forecasts. The accommodation for the most efficient allocation of resources and improve profitability. In this study, the demand of each system module as follows: 1. Demand forecast booking module to collect data. The airline passenger demand factors and supply factors subsume into the module through the development of a demand forecasting model decision the demand probability of each class.2. Fare planning module design of the product segment, according to the diversity of customer needs and different customers for the product value at all times recognize the difference between products that will set the optimal price of the fare.3. Seat inventory control module is divided into seat inventory control and overbooking control. Seat inventory control for flight planning in accordance with the best class configuration, and modules based on overbooking ratio system settings the optimal booking limit.

This study is directed primarily to the yield management system and carries on systematic planning and analysis, and every mould group detail procedure plan, offer foundation that system set up. On the practice, by analyzing the building and constructing of yield management system, hope to offer the domestic airline or information software company, develop indicator for yield management system of reference. In the academic literature through the collation and analysis of complete, I hope to provide future revenue management and who is interested in the field of academics, a comprehensive framework of reference, and to provide direction for future research.

Keywords: Yield (Revenue) Management, Demand Forecasting, Price Discrimination, Seat Inventory Control, Overbooking.

誌謝

在東海的學生生涯即將結束了，回顧這六年的時光，雖然生活中起起伏伏、充滿歡笑與淚水，但對於東海的生活，一切回憶仍然令我不捨。

能完成這篇論文，首先當然要感謝我的指導教授張炳騰老師，謝謝老師您的諄諄教誨及照顧，這兩年接受老師的指導，我不只是學習到鑽研學問的精神、做研究嚴謹的態度，更是獲得許多寶貴的人生知識，真的非常感激老師。論文研究期間感謝王文清老師適時給予建議，使得想法與文字更趨嚴謹。以及謝謝口試委員白炳豐老師與時序時老師，對於論文給予寶貴的意見與指導，並撥冗參與口試過程，提供了許多指正與建議，讓本論文更臻完備。

另外，謝謝 IKS 研究室志昇、龍廷及舜麟學長們的鼎力協助與勉勵，更要感謝龍廷、舜麟及維揚學長，特別撥空協助我們準備論文口試，讓我們更有信心面對口試過程。感謝一起努力的夥伴們—彥霖、昱婷、惟丞及芝婷，一起切磋學業，並與我分享日常生活的大小事。謝謝研究室的學弟妹—政翰、俊穎、孟鋒、珮珊及淑怡，一年來為我們及研究室的幫助與付出。天下沒有不散的筵席，慶祝畢業的同時，也是到了要離開的時候，希望大家未來都能順順利利。

最後謝謝家人給我的關心與鼓勵，你們默默的支持是我完成論文的原動力。還要特別感謝佩芸，謝謝妳一直以來的陪伴，也謝謝妳對我的付出！

僅以此論文獻給所有曾經幫助過我的人，謝謝你們的支持。希望我的誌謝可以傳達我心中最真誠的心意給每個我想感謝的人！

陳憲耀 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊研究所

民國九十八年六月

目錄

摘要	ii
ABSTRACT	iii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	3
1.3 研究範圍與假設	4
1.4 研究流程與步驟	4
第二章 文獻探討	6
2.1 收益管理概論	6
2.1.1 收益管理定義	6
2.1.1 收益管理特性	7
2.2 航空收益管理	8
2.3 需求預測	9
2.3.1 小結	14
2.4 票價產品規劃	14
2.4.1 小結	16
2.5 艙位庫存管理	16
2.5.1 以航段為基礎之最適艙位配置	18
2.5.2 小結	25
2.5.3 以網路為基礎之最適艙位配置	26
2.5.4 小結	32
2.6 超額定位控制	33
2.6.1 靜態模式	34
2.6.2 動態模式	35

2.6.3 小結.....	36
第三章 收益管理系統.....	38
3.1 前言	38
3.2 收益管理系統發展簡介.....	39
3.3 收益管理系統概念與結構.....	40
3.4 收益管理系統與其他資訊系統之關連.....	45
第四章 收益管理系統模組建構.....	48
4.1 需求預測模組.....	49
4.1.1 旅客購票行為分析	49
4.1.2 需求預測的意義與重要性.....	50
4.1.3 需求預測模組建構	52
4.2 票價規劃模組.....	56
4.2.1 票價規劃的意義與重要性.....	56
4.2.2 票價規劃模組建構	58
4.3 艙位庫存管理模組.....	60
4.3.1 艙位規劃.....	60
4.3.2 超額訂位.....	62
4.3.3 小結.....	65
第五章 結論與未來研究方向.....	66
5.1 結論	66
5.2 建議.....	67
5.3 未來研究方向.....	69
參考文獻.....	71

表目錄

表 2.1 以模式特性分類需求預測方法	10
表 2.2 預測模式特性分類方法與優缺點	11
表 2.3 以航段(單一航段)為基礎之艙位庫存管理相關文獻.....	26
表 2.4 以網路為基礎之艙位庫存管理相關文獻.....	32
表 2.5 超額訂位相關文獻整理	36
表 3.1 收益管理系統模組功能列表	43
表 4.1 影響航空市場旅客需求因素	53
表 4.2 預測方法模式分類表	54
表 4.3 票價產品規劃之定價因素	59

圖目錄

圖 1.1 航線市場、旅客與航空公司之關係圖.....	2
圖 1.2 研究架構流程圖.....	5
圖 2.1 航空公司收益管理架構圖.....	9
圖 2.2 非巢式配置示意圖.....	17
圖 2.3 巢式配置示意圖.....	18
圖 2.4 收益管理之網路型態示意圖.....	27
圖 3.1 航空收益管理循環圖.....	40
圖 3.2 收益管理系統架構圖.....	41
圖 3.3 主從式架構下收益管理系統網路.....	45
圖 3.4 航空公司與最終消費者的關係.....	46
圖 4.1 航空公司收益管理系統示意圖.....	48
圖 4.2 旅客訂位過程圖.....	50
圖 4.3 需求預測模組示意圖.....	52
圖 4.4 票價規劃模組示意圖.....	58
圖 4.5 艙位庫存管理模組—艙位規劃示意圖.....	61
圖 4.6 艙位庫存管理模組—超額訂位示意圖.....	64

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

經過近 20 年的發展與改善，收益管理系統已成為許多航空公司一項重要的輔助決策工具。收益管理系統歷經數據管理、預警監控、自動決策管理等階段，已經從最初具備數據處理功能和預警功能，加入預測、超額訂位等數學模式之計算功能，提供數據分析與決策參考，進一步結合市場預測與航班座位管理，提升了決策時的準確性及效能。但總體而言，系統完整性及整合程度還需再強化。

航空公司透過收益管理 (Yield Management) 技巧，可提高航班承載率及獲利能力。美國航空 (American Airlines) 在 1989 年，因實行收益管理而增加了 4.5 億~5 億美元的淨收益；聯合航空 (United Airlines) 也在 1990 年，增加了 1~2 億美元的淨收益。本研究定義收益管理 (Yield Management) 是透過了解、預期與影響顧客行為，並在資源有限與不可儲存之特性下，以差別訂價規劃票價產品，經由產品需求預測、座位庫存管理、超額訂位控制等過程，處理旅客需求不確定性，使交通運輸單位座位資源之平均收益為最大。故收益管理的挑戰，在於如何將適當資源在適當時間，以最適當價格售予適當的顧客。交通運輸產業在追求收益最大化的目標時，必需面對以下四項問題：

1. 旅客需求不確定性—旅運需求為收益管理系統中，決定各項決策的重要依據。因此，如何透過既有歷史資料，分析了解旅客行為進行需求預測，進而影響旅客需求增加搭乘意願。
2. 資源有限且不可儲存—由於航空客機之艙位容量受限於既有空間，無法在短期內增加或減少；且運輸所產生之服務，若無法於供給產生時得到需求，而加以利用，則將會損失剩餘的價值，即資源有限且無法儲存。
3. 票價制定與艙位規劃之交互關係—為了吸引不同背景及需求偏好的旅客，常藉由差別訂價策略來提升旅運需求。因此，常將同一班次的艙位，依其服務等級與舒適程度，劃分成不同的層級 (頭等艙、商務艙、經濟艙)。而在同一等級座艙中佔用同級艙位的機票價格，亦會因票種、行程類別、有效期限等票價計算考量因素的不同而有所差異。一般而言，

限制越多的機票，其票價越便宜。故航空公司面對在同一等級座艙中，應如何以不同折扣與時間限制，吸引對票價與時間敏感程度具有差異性的旅客。

4. 載客率與獲利能力之差異—就載客率及獲利能力的觀點而言，載客率越高，表示越有較佳營收，但獲利能力未必是最佳。因為若承載旅客多為低費率旅客，高費率等級旅客不被接受，則會造成額外收益流失，即表示在同一班機中，付出成本不變，但收益並非最佳。這對航空公司的營運效率而言是一項損失。

航空旅運需求與航空公司制訂票價產品間之交互關係，如下圖 1.1 所示。由圖可知，航空公司於飛航路線市場中，票價的制定與票價產品的設計將影響航空旅客需求。旅客在進行訂位作業前，即透過本身對機票效期感受不便之成本價值、金錢與時間預算衡量，以選擇符合本身要求之票價產品，進而向航空公司訂位。對航空公司而言，即產生訂位需求資料。而航空公司在訂位控制方面，透過旅客訂位需求資料進行艙位配置，以使航班之艙位空間作最有效的管理。藉由決定是否接受或拒絕旅客之訂位要求，以求取最大的期望收益。

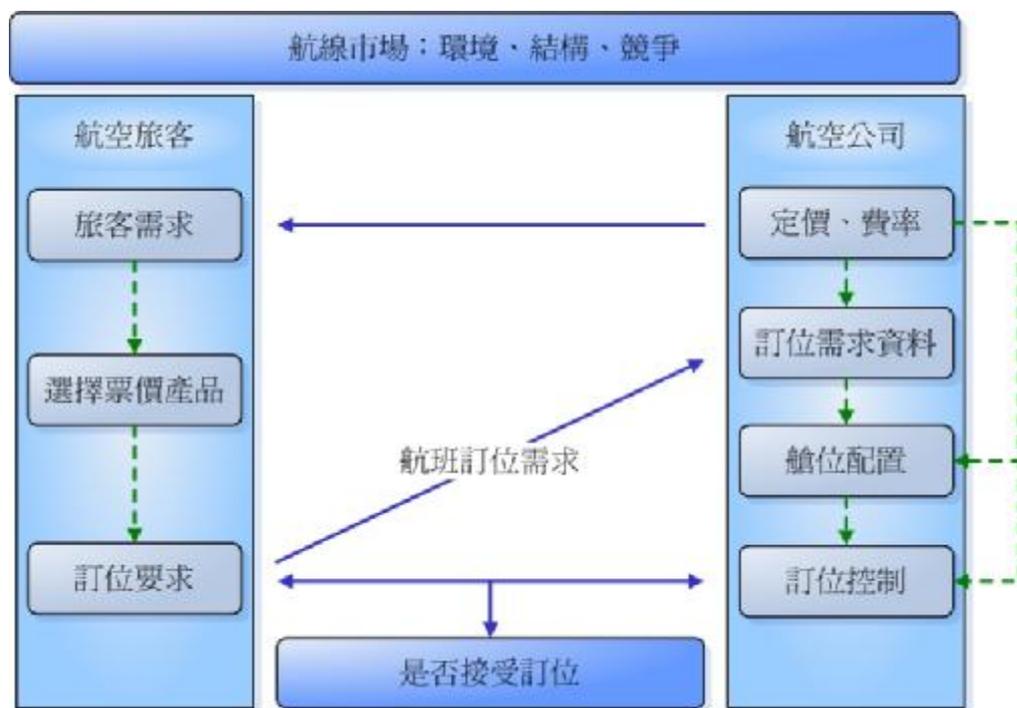


圖 1.1 航線市場、旅客與航空公司之關係圖

過去關於航空公司收益管理問題的研究，大都分別著墨於票價產品規劃 (Fare pricing)、需求預測 (Demand forecasting) 與艙位庫存控制 (Cabin inventory control)。極大多數學者將艙位庫存管理分為艙位規劃 (Seat allocation) 與超額訂位 (Overbooking) 兩部分進行研究探討。雖然大部分的文獻可分為這四大領域，但不表示這些領域是完全獨立的。事實上，旅客需求、定價、艙位配置與超額訂位都是息息相關，決定票價時，因須將旅客需求列入考慮，而決定飛機艙位如何適當分配的同時，也應考慮到票價的高低對不同旅客的影響。在實際解決特定問題時，必須將相互影響關係同時考慮，部分學者已經試圖解決相關問題，例如：Feng and Xiao (2006) 提出一個整合性模式結合訂價及庫存控制問題。即便如此，對於航空收益管理的整合性研究還是十分匱乏。

自從 80 年代以來，收益管理系統 (Yield Management System or Revenue Management System) 在西方各航空公司經營中，已經取得了巨大的成果。目前世界排名前列的航空公司都已使用收益管理系統。收益管理系統與其他相關資訊科技的應用，已經成為航空公司獲利的關鍵因素。並已擴大使用到不同產業，如：旅館、租車及其他產業。

1.2 研究目的

基於上述研究背景及動機，本研究將統整過去收益管理問題的研究方法與成果，建構出整合型收益管理系統，結合需求預測、票價規劃、艙位規劃與超額訂位控制，依照需求市場因素的變化，結合更趨近市場需求的資源分配策略和定價策略，並提高預測的穩定性和準確性，將艙位資源作最有效率的分配，以提高獲利能力。

本研究擬以旅客訂位需求與航空公司制定各類票價產品之時間限制、票價間之關係為基礎，建構出票價規劃模組。透過此模組，決定不同旅客在不同時間下之最佳票價結構。另從探討旅客進行訂票作業時的決策行為出發，結合需求特性如旅客目的、旅客時間價值等，及供給特性如票價、機票效期、票價產品限制，探討需求行為與供給特性之間的關係，分析旅客之票價產品選擇行為，藉此建構旅客需求預測模組，提升需求預測的穩定性及準確性。結合不同訂位艙等之各票價產品費率與對應之需求機率，進行艙位數量的最佳化配置，並透過超額訂位調整，建構出艙位庫存控制

模式，最佳的艙位配置數與訂位限額。

在學術上透過文獻的完整整理與分析，希望提供未來對與收益管理領域有興趣的學者，一個整體性、架構性的參考，並提供未來可研究的方向。實務上，藉由分析收益管理系統的建構，希望提供國內航空公司或資訊軟體公司，作為收益管理系統的指標性參考，以期在競爭激烈的航空市場中，維持競爭優勢並獲取長期利潤。

1.3 研究範圍與假設

本研究範圍與假設如下：

1. 本研究範圍只針對航空產業收益管理之應用，未涉及其它產業。
2. 本研究主要針對收益管理系統進行系統規劃與分析，以及各模組細部流程規劃，提供系統建立之基礎。
3. 藉由本研究所發展之各系統模組原型，可對往後深究各模組作為基礎或開發依據。
4. 礙於本研究所能蒐集的資源有限，無法立即將建構出的收益管理系統進行實證研究。

1.4 研究流程與步驟

本研究論文的內容共分五章：第一章說明本研究內容的背景、動機、目的、範圍、方法與步驟等相關內容；第二章是針對本研究所涉及之相關文獻加以探討，包括需求預測、票價規劃、艙位規劃與超額訂位，以及相關航空收益管理文獻的回顧；第三章是根據本論文之研究目的與文獻探討所得到的啟發，提出收益管理系統概念與系統結構分析，並詳細闡述系統內各項功能，以及收益管理系統與航空相關資訊系統間之關聯；第四章為系統模組之建構，詳細說明需求預測模組、票價規劃模組、艙位規劃模組，及各模組間之建構設計過程；第五章是根據本研究所得結果，說明研究結論及未來的發展方向。本論文的進行流程如圖 1.2 所示。

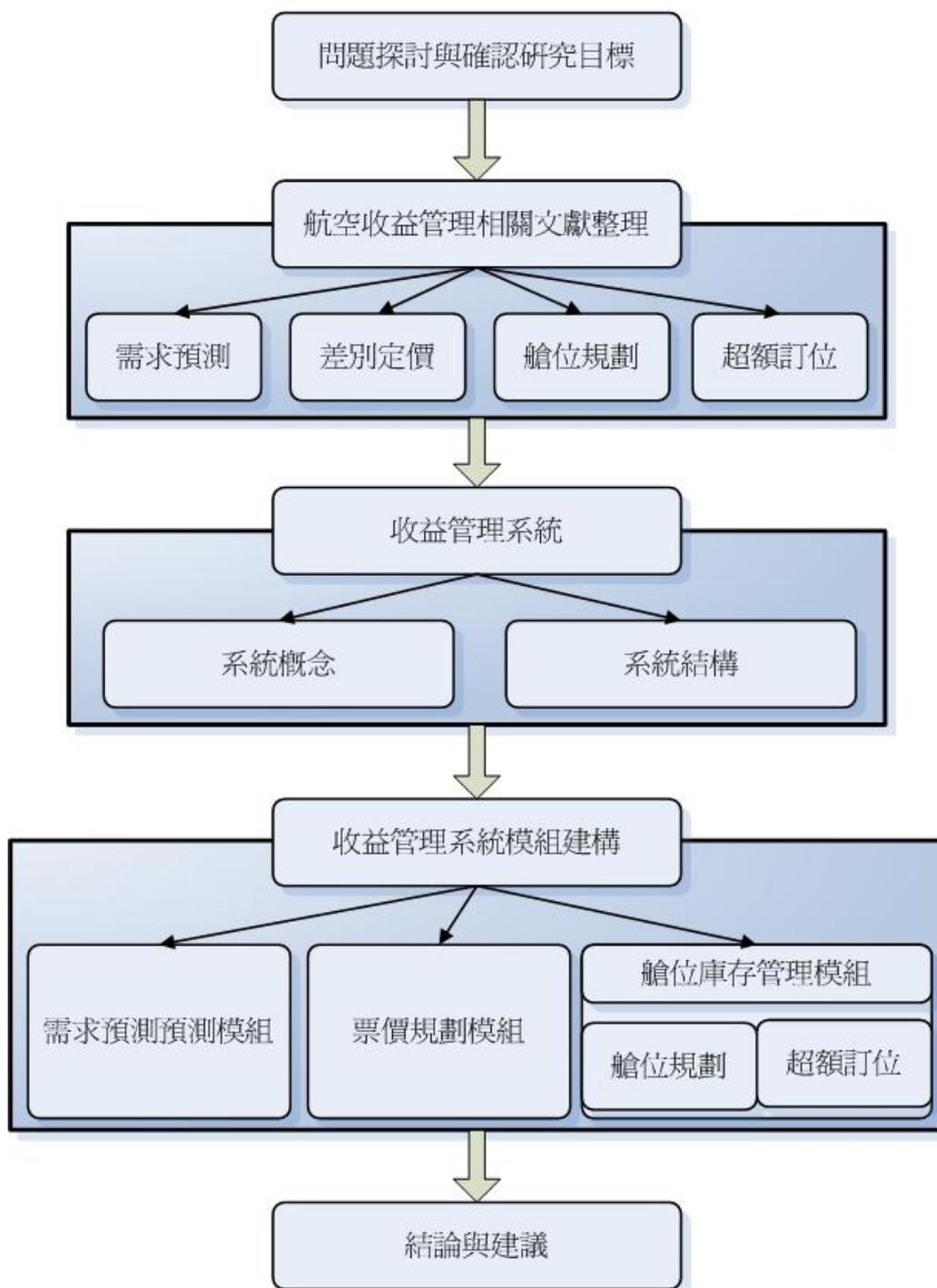


圖 1.2 研究架構流程圖

第二章 文獻探討

本研究主要探討航空公司的收益管理內涵，係在顧客所需要的時間，以顧客可接受價格提供所需要的服務，期能達到企業利潤最大化。主要包含旅客需求預測、票價產品規劃、艙位庫存管理及超額定位控制等過程。航空公司的收益管理係針對公司資源，依照市場特性與趨勢及競爭情況，結合經營與行銷策略，做最有效的調整，以達成公司整體收益最大化為目標。本研究將回顧收益管理相關課題的文獻，並對過去文獻中關於航空公司收益管理之研究方法，能有一完整的認識。

2.1 收益管理概論

收益管理 (Yield management) 或 (Revenue management) 的概念，從 1895 年美國解除航空管制後，由航空業開始蓬勃發展。目前應用於許多行業中，包括租車公司、醫院、旅館等，其對於時效性的運輸業與服務業的收益相當有幫助。Rannou and Melli (2003) 指出，航空公司採用收益管理之概念，平均可以提昇 3% ~ 7% 的利益。Belobaba (1997) 實證研究得到，收益管理系統對於整體市場收益成長相當有助益。如果市場內其中幾家公司使用收益管理系統，則整體市場利潤增加 3.4%；若全部航空公司都使用收益管理系統，則整體市場利潤增加 8.3%。由此可知收益管理系統，對提升總體利潤和個別利潤都有相當助益。

2.1.1 收益管理定義

所謂「收益管理」，在 Weatherford & Bodily (1992) 之文獻中指出，美國航空公司 (American Airline) 將收益管理之目的定義為：「在適當時間 (Right time)，以適當價格 (Right price)，將適當座位 (Right seat) 銷售給適當顧客 (Right customer)，使航空公司從旅客方面獲得的營收為最大」。此已說明航空公司擴大營收之意圖與座位資源將隨時間與顧客之不同而有不同價值的概念。Orkin (1989) 將收益管理定義為：「控制平均收益與承載率使收益最大」。Belobaba (1987) 定義收益管理為，單位哩程之旅客收益，其主要內容包括訂價及座位庫存控制。其中座位庫存控制，是指對於未來航班不同價格水準限制其可使用座位數之過程，透過庫存管理平衡售

予各票價水準之座位數，期使總旅客收益為最大。本研究將收益管理定義為：「透過了解、預期與影響顧客行為，並在資源有限與不可儲存之特性下，以差別訂價規劃票價產品，經由產品需求預測、座位庫存管理、超額訂位控制等過程，處理旅客需求不確定性，使交通運輸單位座位資源之平均收益為最大。」

2.1.1 收益管理特性

根據 Kimes (1989) 指出，應用收益管理的產業多具有下列特性，今說明如下：

1. 產品具有不可儲存性 (Perishable asset)：一般運輸或服務業所產生之服務，若無法於供給產生時得到需求，而加以利用，將會損失剩餘的價值，即產品無法儲存。
2. 固定容量限制 (Fixed capacity)：由於營運工具之容量受限於既有空間，如航空客機之艙位數、旅館之房間數、貨櫃海運之空間等，均無法在短期內增加或減少，以致於公司必須用一些策略或方法來提高收益，增加公司的營收。
3. 具有市場區隔能力 (Ability to segment market)：企業具有市場區隔能力，可將顧客需求分為許多類型，針對不同顧客之時間及價格敏感度，提供不同的費率與應用不同的策略。
4. 產品可透過訂位系統預先出售 (Product sold in advance)：透過訂位系統，使管理者能掌握供給與需求之變動狀況，以瞭解是否繼續開放低價位顧客訂位，抑或只提供高價位旅客之服務，期使利潤達到最大。
5. 需求波動較大 (Fluctuating demand)：大部分之服務業常有淡旺季之不確定需求，因此，如何在淡季時刺激需求以及在旺季時提高其收益，均需針對需求波動加以預測，以利決策。
6. 邊際銷售成本遠低於固定成本 (Low marginal selling cost and high marginal capacity change cost)：以航空業為例，高資本密集的產業通常需要投入很高的固定成本，邊際銷售成本往往較固定成本低許多。

Weatherford (1992) 則指出，一般收益管理所採用的目標式及限制式，

可依據公司特性及目標加以選擇。在目標式方面，計有下述七種：

1. 收益最大：指公司營收最大。
2. 容量使用最大：指營運工具與設施使用率最大。
3. 平均顧客收入最大：指每一位顧客所給付之平均價格最高。
4. 總收入最大：總收入指公司所得尚未扣除成本的總額。總收入最大意指公司所得總額最大。
5. 最小顧客不滿意度，及商譽損失最小：指顧客抱怨最低。
6. 淨現值最大：指公司資產減去負債後之剩餘價值最大。
7. 每位顧客所能容忍償付之最大價格：指顧客認為合理的價格範圍之最大值。

在限制式方面，包括可用容量限制、航班頻率、最低容忍之顧客服務水準、公司目標或競爭者行為等因素。在成本方面，包括每單位閒置成本、變動成本及超賣成本等。

2.2 航空收益管理

航空收益管理中的主要內涵，包括艙位庫存管理、產品需求預測、票價產品規劃、超額訂位控制。需求預測為航空收益管理的重要基礎，因為訂位控制策略需要先利用需求預測，來決定最理想的訂位策略。如果需求預測估計差，則它將導致錯誤的訂位策略。航線經常遇到旅客沒有出現、取消訂位或拒絕登機的情形，為了防止飛機空位起飛，航空公司傾向接受超額訂位，允許旅客數大於飛機容量的情形下，進行訂位，以降低可能之收益損失。然而，可能發生旅客報到數大於飛機容量，以致無法搭乘。因此，必須建立超額訂位的上限值，避免上述的情況發生。另外，產品區隔是收益管理概念的主要內容，艙位的價格關係到航空公司的收益，亦在航空收益管理中扮演著不可或缺的角色。

從定義來看，廣義定義收益管理內涵包括訂價（Pricing）、訂位控制（Reservation control）兩部分（Weatherford & Bodily, 1992）。其中訂價包括差別費率（Price discrimination）與需求預測（Demand forecasting）；訂位控制包括艙位配置（Seat allocation）與超額訂位（Overbooking）。整體關係

如下圖 2.1 所示。本研究將回顧有關航空公司收益管理之相關文獻，分成四部分加以說明：(一) 需求預測；(二) 票價產品規劃；(三) 艙位庫存管理；(四) 超額訂位控制。以下將對這些相關主題之文獻加以介紹。

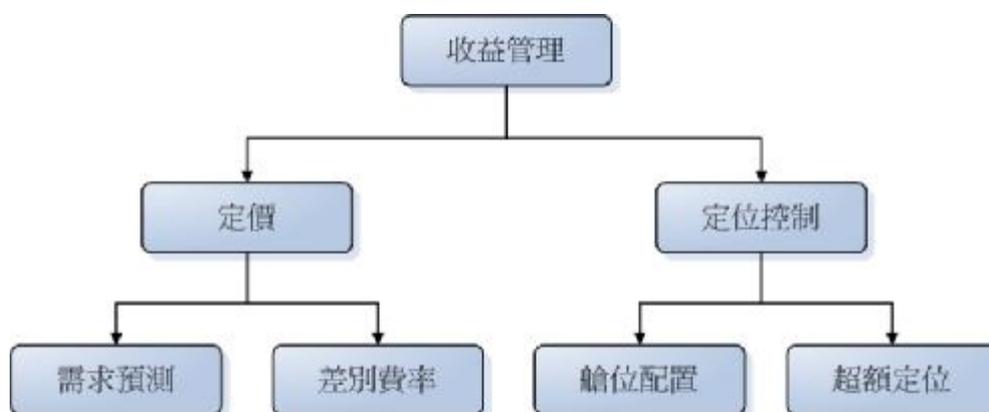


圖 2.1 航空公司收益管理架構圖

2.3 需求預測

需求預測是收益管理的基礎。準確的需求預測，才能夠擬定最佳的票價結構，決定各艙位之配置和超額訂位的層次。良好的需求預測，才能讓航空公司配合需求調整供給。航空產業為了避免將所有座位都賣給低票價的乘客，導致高價值顧客的流失，必須針對各艙等需求分別建立預測模式。根據預測出的各艙等需求，將座位保留給高價值的顧客。

Lee (1993) 研究顯示在高需求航班中，收益管理系統之需求預測能力增加 10%，將改善 0.5% 至 3.0% 之期望營收。因此旅客需求預測是收益管理成功關鍵之一。而 Talluri and Ryzin (2004) 也指出，需求預測的好壞會影響到收益管理系統的運作，減少 20% 預測誤差可增加 1% 的總收益。Pölit (2002) 認為，需求預測系統是收益管理的核心。他提出需求預測在收益管理系統是處於核心位置，需求預測的結果能夠作為費率結構最佳化與超額訂位決策的依據，是收益管理最重要的基礎。

在收益管理系統中，訂位需求預測有許多種，包括質 (Qualitative) 的預測與量 (Quantitative) 的預測。質的預測為專家意見與問卷測量；量的預測是以歷史資料作為預測依據。本研究專以量的預測作為文獻探討的對象。

Littlewood (1972) 曾以單一航班不同起飛時間之歷史資料，建立簡單

預測總訂位數之模式；Lee (1993) 運用隨機過程，建立訂位需求累計量與旅客出現訂位或取消訂位之關係式。並利用時間序列迴歸分析，預測任何時點的訂位需求。過程中除考慮訂位容量對需求之影響，並整合前期及歷史資料。

國內石豐宇及黃瑞財君之研究，引用非均值 Poisson 分佈，針對不同旅客到達率，以反映實際訂位需求動態變化的情形，設 $I_k(t)$ 為在時段 t 內，第 k 種票價等級之訂位到達率， D_t 為時段 t 之長度。則在時段 t 內，第 k 種票價等級共有 x_{kt} 個訂位需求之機率，依 Poisson 分佈其為：

$$P_k(t, x_{kt}) = \frac{[I_k(t) \times D_t]^{x_{kt}} \times e^{-I_k(t) \times D_t}}{x_{kt}!}$$

由上式顯示，Poisson 到達率依時段及票價等級而有不同，此情形較能描述票價產品差異，對旅客訂位行為所產生之影響。

Wickham (1995) 提出量的預測，以模式特性來看可以分為兩種：一為時間序列分析，強調只以歷史資料來做模式構建。包括了比例分析 (Ratio analysis)、趨勢預測 (Trend projection)、移動平均法 (Moving Averages)、光譜分析 (Spectral averages)、適應過濾分析 (Adaptive Filtering) 以及 Box-Jenkins 分析等。另一為因果分析，除了應用歷史資料來做模式構建外，更加入了其他和訂位資料相關的變數，包括迴歸分析 (Regression)、計量經濟分析 (Econometrics)、模擬分析 (Simulation)、Bayesian 分析以及 Spatial Equilibrium 分析方法等。如表 2.1 所示：

表 2.1 以模式特性分類需求預測方法

分類	主要方法
時間序列分析	比例分析(Ratio Analysis)
	趨勢預測(Trend Projection)
	移動平均法(Moving Averages)
	光譜分析(Spectral Averages)
	適應過濾分析(Adaptive Filtering)
	Box-Jenkins

分類	主要方法
因果分析	迴歸分析(Regression)
	計量經濟分析(Econometrics)
	模擬分析(Simulation)
	Bayesian
	Spatial Equilibrium

資料來源：(Wickham, 1995)

Talluri and Ryzin (2004) 指出需求預測模式有：特別的預測模式，包括水平、趨勢和季節性三種特性，其方法有 M 期移動平均法、指數平滑法；不動的時間序列模式；變動的時間序列模式；Bow-Jenkins 確認過程；Bayesian 預測模式；狀態空間模式與 Kalman 過濾；類神經方法；訂位收集模式 (Booking pickup model)。另外針對於未受限制以及資料有缺失的需求預測模式也有另外的預測方法。

Viswanathan (1999) 提出需求預測是航空運輸的基礎，及時且正確的資訊是必須的。好的需求預測由三方面來衡量：一、準確性 (Accuracy)，包括低的平均絕對誤差 (Mean Absolute Error, MAE)、低的平均平方誤差 (Mean Squared Error, MSE) 以及低的平均誤差 (Mean Error Bias)；二、簡單性 (Simplicity)：能夠簡單使用且易調整的方法；三、穩定性 (Robustness)，在不同的資料狀況中，都能有良好的預測表現。在其研究中，介紹了需求預測的各種模式，各模式內容與優缺點如表 2.2。我們可以從中發現，在不同的情況下適用不同的預測模式。

表 2.2 預測模式特性分類方法與優缺點

模式	內容	優缺點
時間數列模式 (Time Series Models)	加法(Additive time series) 乘法(Multiplicative time series) 自適應(Adaptive time series)	為傳統的預測模式，但對突發狀況無法快速應變。
迴歸模式 (Regression Models)	線性迴歸(Linear regression) 偏差調整技術(Bias adjustment technique)	需要時常重新驗證迴歸模式，且此迴歸模式只適用於驗證範圍中。
類神經網路	在一網路架構上結合時間數列	表現不佳，無法掌握到影響預

模式	內容	優缺點
(Neural Networks)	以及迴歸模式	測的因素。
旅客選擇模式 (Passenger Choice Model)	牽涉到的變數有市占率和公司規模以及競爭航程規劃和服務品質等等。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 對航線規劃具有敏感度。 2. 此種預測適用於巨觀定期航空利益預測模式。考量到競爭者的航線規劃。 3. 需要與容量規劃和收益管理應用結合在一起進行驗證，才能得到有用且詳細的預測結果。
多變量模式 (Multivariate Models)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主成分分析 (Principal component analysis) 2. 典型變量分析 (Canonical variate analysis) 	表現不佳，且兩者結合所組成之模式預測表現不穩定。
自適應模式 (Adaptive Models)	結合Kalman Filter 模式偏差調整技術(Bias adjustment technique)	可以有效改善預測準確性。

資料來源：(Viswanathan, 1999)

收益管理中，需求預測方法發展相當多。而目前收益管理訂票需求預測模式中，較為廣泛使用的模式多為簡單的模式應用，其整理如下：

Wickham (1995) 選擇了簡單時間序列 (Time series)、線性迴歸 (Linear regression) 和訂位收集 (Booking pickup model) 三種模式來預測短期航空訂位需求。簡單時間序列模式包括最終訂位簡單平均法 (Simple mean of final bookings) 與最終訂位簡單指數平滑法 (Simple exponential smoothing of final bookings)；訂位收集式需求包括典型收集式模式 (Classical pickup model) 與事先收集式模式 (Advanced pickup models)。其預測的訂票需求大部分在於出發最終之訂票預測。其發現訂位收集模式 (尤其是 Advanced booking pickup model) 比時間序列與線性迴歸表現更佳。其中發現所得出來的預測值比實際值小，這是值得探討的現象。

Weatherford (1998) 使用最常見的五種需求預測方法，來預測航空訂票需求。分析的資料是取飛機起飛前的 16 個資料蒐集點 (Data Collection Points, DCPs)，以實際兩年資料來比較此五種模式的預測正確性。其方法有時間序列模式，包括指數平滑法 (Exponential Smoothing) 與移動平均法

(Moving Average)；線性迴歸模式 (Linear Regression)；收集式模式，包括加法收集法 (Additive or Pickup) 及乘法 (Multiplicative)。並且考慮到資料有兩種：一是全部以已經出發的班次歷史資料來作模式建構，二是包含所有手上的資料，包括尚未出發的班次歷史資料。

結論是使用目前的資料加上歷史資料的表現，比單用歷史資料的表現較佳，大約增進 10% 的預測正確率。線性迴歸、加法、指數平滑法以及移動平均法的表現較乘法來的好。顯示出越簡單的模式效果越佳。

Kambou and Cramer (2003) 將訂票過程分為多個間隔，使得到達的需求分佈是呈現平穩狀態，故使用單一訂位點 (DCP) 間隔的方式來做預測。其結論發現，到達率的單位時間間隔若分的太小或是太大，都會使得預測能力降低，若能考量資料的特性配置不同的訂票點模式，則會有較佳預測結果。其研究提到可以針對結合時間序列與線性迴歸做結合以發展新模式。且針對簡單線性迴歸，可以找出其他解釋變數，並檢驗迴歸式中殘差自我相關檢定。

近年來，需求預測文獻中開始探討，有關訂票受限制需求的預測方法。訂票需求受限制是因為訂位上限的限制，而使顧客失去了訂票的機會。若是一味地預測已達訂位上限的需求，並非真正的需求。使得某些潛在需求被忽略了。故預測未受限制的需求，才能夠掌握真正的旅客需求。如果訂位人數到達了訂位上限時，就必須預測未受限制的需求。要進行未受限制的需求的第一步驟，是還原真正的需求。Weatherford and Pölt (2002) 提出還原需求的六種方法，包括 Naïve#1、Naïve#2、Naïve#3(即 Pickup)、booking profile(BP)、projection detruncation (PD) 以及 expectation maximization(EM)。其研究使用了三組模擬的資料，發現 EM 和 PD 的方法在受限制需求達到 60-80% 的模擬資料中，其需求增加的表現最為穩定。而 Naïve 方法在受限制需求達到 20-80% 的模擬資料中，則是有較低的偏誤以及預測準確率。最後使用了聯合航空公司的實際資料，發現如果可以正確預測出不受限制的需求，則可以增加營收 2-12%。因此預測訂票曲線，必須考慮到未受限制的資料，才能夠求出真正需求的預測。

收益管理中，預測旅客未到率 (No-show rate) 與等候行為是一大重要因素，Garrow and Koppelman(2004) 提到旅客訂位取消率與未到率之模式，是最常被使用來預測特定航空班次旅客登機預期人數。訂位取消率模式可

預測多少乘客告知航空公司將不會搭乘其班次；而未到率模式可估算其旅客未取消訂位但無法搭乘該班次之人數。Kalka and Weber (2000)、Pastor (2000) 首先利用旅客資料進行旅客未到率之預測。目前許多航空公司根據旅客報到或其機艙旅客未到率之歷史資料，進行時間序列模式來預測旅客未到率。

近來關於需求預測之研究，著重於預測準確性，Weatherford and Pölt (2002) 發展利用前瞻性方法預測航空產業定位需求，改善預測準確性；而 Neuling et al. (2004) 在研究中提出以旅客訂位資料 (Passenger Name Records, PNR) 做為數據基礎來改善預測準確性，並利用機器學習 (Machine Learning Algorithm) 做為預測模型，進行預訂但未出現的需求 (No-show) 預測。

2.3.1 小結

由以上收益管理需求預測之模式，得到以下結論：

1. 從收益管理的經驗可以得知，運用歷史資料與目前實際資料做預測，兩者之共同使用會有較佳的預測效果，此概念可加以參考。
2. 收益管理運用的需求預測方法並不複雜，越簡單的方法越有良好的預測效果。其採用之預測方式，大多為點對點預測，且多為預測最終搭乘人數。
3. 近年來，需求預測文獻中開始探討有關訂票受限制需求的預測方法，以及如何加強預測的準確性。

2.4 票價產品規劃

1970 年代早期，一些航空公司開始使用差別定價來界定商品市場。這項新方法使得航空公司關注到顧客的市場區隔以及機位的分配問題。Littlewood (1972) 並指出，折扣後的機票價格若超過未來全額票價收益的期望值時，則應該就折扣後的票價售出，而此論點也可視為收益管理理論的起源。

票價產品規劃即是用定價管理與產品區隔等策略，針對旅客所認定時間價值的不同與方便度的不同，以銷售不同費率等級之產品，來進行產品

區隔。在定價管理方面，考慮到競爭對手的策略、市場上的波動與季節性等經濟因素。根據過去研究調查指出 (Hamzaee and Vasigh, 1997)，若旅客對時間較敏感，則當航空公司能為旅客節省更多時間時，將會有更多旅客願以金錢換取時間的節省與彈性，相對地會增加航空公司之營收。

Weatherford (1992) 將具有固定單位數量、可對價格敏感旅客進行區隔、及逾使用期限將完全喪失價值等特性之產品稱為易毀壞資產，並提出易毀壞資產營收管理 (Perishable-Asset Revenue Management) 之名詞，定義其為「藉由差別訂價管理獲得易毀壞資產最佳營收」之過程，以擴大收益管理應用之行業與產品類別。而 Botimer (1999) 將降級成本整合入票價產品模式，並考量旅客轉移 (diversion) 與訂位限額之效應，提出一般化成本模式—聯合價格水準最佳化模式。

近年來，動態價格策略研究成為收益管理的一個分支，並獲得許多研究成果。Gallego and Ryzin (1994) 研究中，對產品定價問題提出了產品定價綜合模式，在模式中假設產品的需求是連續 Poisson 過程，並在需求函數為指數函數的條件下，得出動態價格的最佳解。對一般需求函數，他們證明了當產品的銷售時間足夠長或產品的剩餘存量足夠大時，單一價格體系是近似最優。

Feng and Gallego (1995) 對於需求函數是一般函數的情形，提出了兩票價等級結構的收益管理模式，並求得最佳定價策略。後來，他們對上述模型進行擴展，並允許需求與票價隨時間不斷變化 (Feng and Gallego (2000))。Feng 與 Xiao (2000) 在考慮風險因素及多種票價的基礎上，提出了更一般的兩票價等級結構的收益管理模型。Bitran and Monschei (1997) 考慮週期性價格檢查策略，該模型根據易逝性產品的特點，假定價格隨時間遞減，他們證明了，起始價格隨著底線價格的變動幅度而增加，期望收入隨著觀察時期的長短顯著變化。

在網路定價方面，Gallego and van Ryzin (1997) 年建立了網路定價的隨機模型，並用其相應的確定性模型的解構，求解網路定價問題的探索式方法，他們也討論了在超額定訂下的定價策略。Maglaras and Meissne (2006) 提出了一種運用兩層優化模型降低行動空間維度的網路定價方法。

在考慮到市場競爭策略中下，Curry (2001) 提出市場等級定價模式，來解決航空公司是否應該改變票價，以因應競爭者所提出的新票價費率。

Anjos et al. (2004) 的研究中提供在單程 (one-way) 旅客定價問題中，找出最佳票價結構之方法。其方法已應用在英國一家主要的航空公司。

2.4.1 小結

票價產品規劃必需瞭解不同旅客所願償付之價格水準，實施差別訂價以刺激旅客需求，並作產品區隔以防止高費率等級之旅客轉購買低費率之商品。其中包括了定價管理與產品區隔。以收益最大的觀點來說，艙位應優先分配給價值最高的旅客；旅客之價值為其所願償付之票價；來自於飛航服務對旅客產生的效用，包括了機票價格、使用期限及服務品質等因素。航空公司可運用產品區隔來進行市場區隔，所謂產品區隔是指依旅客特性，設計不同之費率產品，進行不同程度的差別訂價，以防止旅客發生垂直轉移之購票行為，用限制條件的方式附加於不同費率等級的產品中。

2.5 艙位庫存管理

在航空客運業被嚴格管制的年代，航空公司營運路線以單一起迄直飛航線為主，通常只有一種票價，因此，無需對旅客之訂位要求進行特別的控制，庫存座位管理是以協助航空公司處理旅客訂位業務為主。

由於個別旅客對航空公司之貢獻無任何差異，因此只要有剩餘座位容量，航空公司就可接受旅客訂位。其唯一顧慮是旅客可能因個人因素而取消訂位，或訂位後未實際報到登機，使得收益受到損失。因此，航空業者通常接受超過其容量之訂位需求，以減少起飛時可能之空位數，故最早發展之庫存座位管理方法與超額訂位有關。

當營運路網及票種逐漸複雜之後，航空公司開始思考，如何將共用座位容量正確分配至路網中不同路線上。因此逐漸發展出多種庫存機位管理方法。由於經營環境發展是由單一票種、單一起迄之簡單型式開始逐漸複雜化，最終發展至多重票種、多重起迄之最佳座位配置問題，而且相同的問題可能有不同之控制方法。因此，以下將就發展演進之過程，分成單一航段與整體路網等部分加以說明。

過去關於航空公司艙位規劃與艙位庫存管理之文獻相當豐富。由於各個研究常因不同的考慮而有不同的假設，其中有些是通用且常見的，故首

先介紹艙位規劃模式中常見的基本配置方式。艙位規劃模式常依不同費率等級間之艙位配置方式來分類，依國內石豐宇、張維杰君(1999)之研究整理其主要配置方式可分為非巢式及巢式兩種：

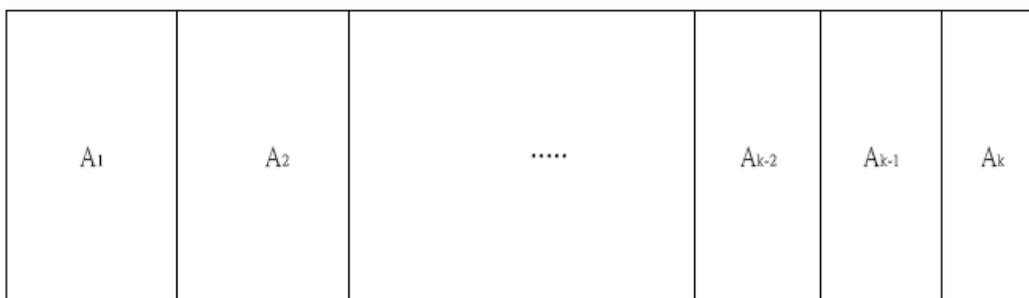
1. 非巢式

係依費率層級將艙位分別劃分其預留艙位數，而各費率層級艙位預留數的總和即為飛機的最大載客數。其缺點在於：如高費率層級之預留艙位已滿，而剩餘的空位已劃為其他較低費率層級的保留艙位時，則新的高費率層級的訂位要求，即有可能被拒絕。

2. 巢式

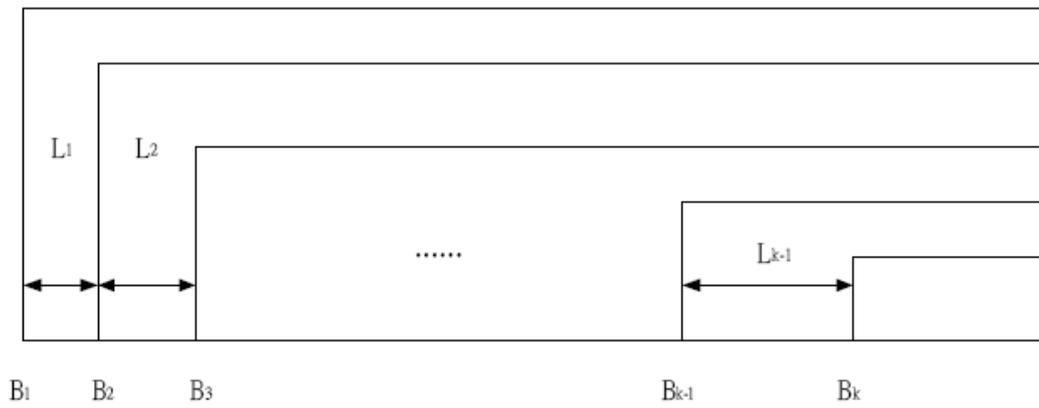
此一方式是在於改進非巢式方法的缺點。其方法是按照各費率層級的收益，來設定各費率層級的「最少」保留位數。首先，最高費率層級的保留位數永遠等於全部的剩餘空位數，其次設定次高費率層級的最小保留位數，依序類推至最低費率層級。此時的艙位規劃問題，則在於設定不同費率層級間的最小保留位數，而各費率層級之最小保留位數的總和，則等於飛機的最大載客數。

非巢式及巢式的配置法及其差異如圖 2.2 與圖 2.3 所示。其中 A_i 表費率等級 i 艙位配置數量， L_i 表示費率等級 i 的最小保留位數， B_i 則表示費率等級 i 的訂位數量上限。



$$\text{訂位容量} = A_1 + A_2 + \mathbf{L} + A_{k-1} + A_k$$

圖 2.2 非巢式配置示意圖



$$B_1 = L_1 + B_2$$

$$B_2 = L_2 + B_3$$

訂位容量 = L

$$B_{k-1} = L_{k-1} + B_k$$

$$B_k = L_k$$

圖 2.3 巢式配置示意圖

2.5.1 以航段為基礎之最適艙位配置

早期航空公司營收管理有關機位的配置與控管，一般係針對單一航段（Single-leg）問題以靜態（Static）的方式處理，其主要有六個重要的基本假設（McGill, 1999）：

1. 循序的訂位艙等（Sequential booking classes），也就是一個時期只會有一種艙等的訂位需求出現。
2. 上述循序的各艙等訂位中，低費率的艙等需求出現一定早於高費率。
3. 艙等間彼此的需求是獨立的。
4. 不考慮取消（Cancellation）與未出現（No-shows）。
5. 對象為單一航段中的航班，不考慮網路影響。
6. 不考慮多席訂位，一次只能處理一個座位的訂位。

上述假設的確反映了部分航空訂位需求的特性。例如對於休閒旅次而言，其需求確實會比商務旅次較早確定，因此低費率的艙等需求出現一般會早於高費率；但由現在繁複的票價與購票規則來看，可瞭解各種旅次的特性卻也並非如上述第一、二、三個假設般單純。而且就第四個假設而言，早期數學模式剛發展時，只能處理比較簡單的問題，因此無法考慮取消與

未出現的問題；但在現實生活中，訂位取消與未出現其實與航空營收管理間有密切關係存在，是一項非常重要的變數。由此可知，上述六大基本假設是為了簡化航空市場內複雜的買賣關係與顧客行為，方便營收管理的模式求解，而制定出來的假設與限制。但這些假設卻也使得模式無法真實反映部分實際的狀況。

Pak 與 Piersma (2002) 依決策方式，將艙位規劃模式分靜態與動態問題兩種。以下將針對靜態模式與動態模式分別進行探討：

靜態機位管理

自 1972 年 Littlewood 以期望邊際報酬觀念，用各航段艙位潛在銷售機率與其費率之乘積，決定接受或拒絕航段訂位要求以來，後續相關研究均以潛在銷售艙位之期望報酬處理需求不確定性問題。假設某分級 i 將售出 S_i 個艙位，因此潛在銷售 S_i 位之機率應大於或等於要求 S_i 個訂位之機率

$$P_i[r_i \geq S_i] = \int_{S_i}^{\infty} P_i(r_i) dr_i = 1 - F_i(S_i)$$

其中， $F_i(S_i)$ 是等於或小於 S_i 訂位要求之累積密度函數，而艙位之期望邊際報酬則為：

$$EMSR(S_i) = f_i \times P_i[r_i \geq S_i]$$

Bhatia and Parekh (1973) 將總期望收益函數描述成座位配置之連續機率函數，微分後獲得低價座位之最佳配置 s_2 ：

$$r_2/r_1 = \int_{C-s_2}^{\infty} p_1(d_1) d_1$$

其中 C 為班機之容量， $p_1(d_1)$ 為高票價旅客需求之機率密度函數。

Richer (1982) 則考量增加低價旅客配置座位數對航段總期望收益之變化，將潛在銷售低價座位之機率 $\bar{P}_2(s_2)$ 與保留該座位轉售給高價乘客之機

率 $\bar{P}_1(C - s_2 + 1)$ ，分別乘以高低票價後之差值定義為「差別收益」DR，當分配給高低座位之差別收益為零時，即可決定低價票最佳之座位配置。

$$DR = r_2 \cdot \bar{P}_2(s_2) - r_1 \cdot \bar{P}_2(s_2) \cdot \bar{P}_1(C - s_2 + 1)$$

這些研究顯示，利用各航段潛在銷售機率與票價之乘積，可決定接受或拒絕在航段控制環境下之訂位要求。

Belobaba (1987) 將 Littlewood (1972) 所提兩費率等級下之最佳化決策條件拓展到多重費率的情況，稱之為「期望邊際艙位收益」(Expected Marginal Sea Revenue, EMSR) 模式，並廣為後續研究所採用。

其定義票種 i 第 s_i 個座位之 $EMSR_i(s_i)$ 值為增售 s_i 個以上座位之機率與票價之乘積 $EMSR_i(s_i) = r_i \cdot \bar{P}_i(s_i)$ ，通常對應所指派座位數具有遞減特性。因此可有各類票價之相對票價比值，決定相對於低價票種 j 應保留給高價票種 i 使用之座位數 s_j^i ，其準則如下： $EMSR_i(s_j^i) = r_i \cdot \bar{P}_i(s_j^i) = r_j$ 。

故第二級票價應該保留給第一級票價旅客需求專用之座位數 PL_1 ，即為 s_2^1 ，使得 $EMSR(s_2^1) = r_1 \cdot \bar{P}_1(s_2^1) = r_2$ ，同時對於保留給第二級票以上票種共用之座位數 PL_2 ，則以第三級票價水準分別保留給所有較高票價需求之座位數 s_3^1 及 s_3^2 來決定，其關係式如下：

$$\begin{aligned} EMSR(s_3^1) &= r_1 \cdot \bar{P}_1(s_3^1) = r_3 \\ EMSR(s_3^2) &= r_2 \cdot \bar{P}_2(s_3^2) = r_3 \\ PL_2 &= s_3^1 + s_3^2 \end{aligned}$$

所以對於 $n-1$ 票價之總保留座位數，為第 n 票種之票價個別對於所有較高票種保留座位數之和： $PL_{n-1} = \sum_{i=1}^{n-1} s_n^i$ ，至於各票種所能使用之訂位限額， BL_i ，則為總容量 C 減去該票價保留給其他較高票價票種之總座位數： $BL_i = C - PL_{i-1}$ 。

其方法則是以比較某一費率與其他較高費率等級之「保護水準」(Protected level，即艙位保留數)，並以全部可供訂位容量減去該費率相對於

其他較高費率之保留艙位數總和而得該費率等級之訂位上限。但由於在求取 EMSR 過程中，Belobaba 對於機率值的描述不盡正確，使得其 EMSR 模式所得之單一航班總期望收益並非最大，而僅是近似最佳化的結果。由於該起發是解法使用與計算上均相當簡單，因此實務上為眾多航空公司所選用。

Belobaba 所提出的機位控管是以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)。

Curry (1988) 經由總收益分析得到多重費率巢式座位配置之最佳化條件為 $EMSR_n(s_n) = r_{n+1}$ ，式中：

$$EMSR_n(s_n) = \bar{P}_n(s_n)r_n + \int_0^{s_n} p_n \cdot EMSR_{n-1}(s_{n-1} + s_n - d_n) dd_n$$

得到巢式多重費率結構在最佳狀下之期望邊際座位收益，等於銷售配置給特定等級費率座位之期望收益，加上若座位未售給該票種 n ，卻售給其他更高價票種之期望收益。

Wollmer (1992) 則對離散旅客需求，以遞迴加總方式求得多重票價訂位限額之最佳解，其令 $ER_m(n)$ 為有 n 個空位，可能接受 $1, \dots, m$ 種票種時，最佳控制策略所得之總期望收益，且對於 $n \geq 1$ ， $\Delta ER_m(n) = ER_m(n) - ER_m(n-1)$ ，對於所有票種 m 而言，隨空位 n 而遞減。因此對應各票種存在一限制使用之座位額度 k_m ，其定義如下：

$$k_1 = 0$$

$$k_m = \left\{ \max n \mid r_m < \Delta ER_{m-1}(n) \text{ for } m > 1 \right\}$$

使得當 $n \geq k_m + 1$ 時， $r_m > \Delta ER_{m-1}(n)$ ，而且 $n \geq k_m$ 時， $r_m < \Delta ER_{m-1}(n)$ ，故接受各票種訂位要求之最佳控制策略為：當 $n \geq k_m$ 時，拒絕第 m 種票價之

旅客訂位，反之，當 $n \geq k_m + 1$ 時則接受第 m 種票價之旅客需求。在此控制規則如下：

$$ER_1(n) = r_1 \cdot \left\{ nP[D_1 \geq n] + \sum_{j=0}^{n-1} jP[D_1 = j] \right\}$$

$$\Delta ER_1(n) = r_1 \cdot P[D_j \geq n]$$

$$\text{而 } ER_m(k_m + 1) = ER_m(k_m) + \sum_{i=0}^{j-1} \left\{ \Delta ER_{m-1}(k_m + j - 1)P[D_m \leq i] + r_m P[D_m \geq i + 1] \right\}。$$

因此計算 $ER_m(n)$ 時，由第一級票價開始，計算 $\Delta ER_1(n)$ ，並設定 $m = 2$ 起，找 $k_m \mathbf{K}$ 。Wollmer 所提出的方法除了可以得到單一航段低票價旅客先出現情形下之最佳保留額度之外，並且同時得到各座位之邊際期望收益值，可以擴展應用到網路艙位庫存管理問題。

Brumelle and McGill (1993) 則利用隨機型動態規劃架構下之次微分最佳化方法 (Subdifferential optimization within stochastic dynamic programming framework) 提出同時能解釋連續型與離散型函數需求機率模式，發展出比 EMSRa 更近似最佳訂購限制且更好用的方法稱之為 EMSRb。

Robinson (1995) 以訂位限額及已經接受之訂位數來定義期望收益函數，當已接受座位數小於票種之訂位限額時，若其需求低於訂位限額，則其期望收益為可能收益加上後續票種利用剩餘座位之總期望收益與對應機率之積分，再加上超出訂位限額供後續票種使用座位所產生之總期望收益。

Li and Oum (1998) 提出在單一途程問題中，分析同一途程、不同飛機的艙位分配，利用遊戲理論的方式證明在某些假設不同的情形下，存在一艙位分配平衡的問題。Ladany and Bedi (1977) 與 Hersh and Ladany (1978) 將單飛航班改成兩站停靠 (two-leg)，然而在研究模型中，其假設在中間停靠站時艙位並無實際的增減，所以我們還是將它視為單飛航班的例子。

Van Ryzin and McGill (2000) 介紹一個簡單的調適方法，可以找到多重巢式費率等級的保護水準而不需要任何的需求預測，使用歷史觀測值來調整保護水準。證明了在合理的條件下，此演算法可以找出最佳巢式的保護水準，其優點為不需要任何的需求預測，然而更新此計劃需要充分大的

航班序列來找出好的保護水準。

然而，上述皆屬於靜態的機位控管模式，沒有深入探討旅次需求之產生與時間的關係。對於需求隨時間所產生的變化，若能將需求產生的到達過程 (Arrival process) 以動態的方式模擬，則較為理想。雖然實務應用上，可隨時間依當時狀況更新參數重新執行靜態之控管分析，也非真正屬於動態的模式。

另外，有關靜態之機位控管決策之研究，有多位學者延續前述模式，鬆弛部分基本假設，像是加上考慮網路架構或包含取消訂位機率等特性。其中包括：陳昭宏與張有恆 (1999) 改善 Belobaba 的 EMSR 模式，提出班機起飛前高低費率互相競爭與超賣的成本函數。其避免以往動態巢式與超額之整合訂位策略模式中，僅考慮補滿訂位未報到人數，而未納入超賣成本考慮之缺點，因而使得超額訂位可以因應各費率艙等及訂位需求產生配置的變動，並合理地反應航空公司在超賣情形下，會由高費率等級依序優先登機之實務措施。

顏上堯與陳茂南 (2000) 即對多重票種與多重起迄點問題，探討在低票價率可較高票價旅客先出現要求訂位，但仍有出現部分需求重疊的情況。其方法運用邊際機位收益法及數學規劃方法求解，發展一多票種間巢式共用策略，並將部份低期望價值之機位提供各起迄行程彈性使用。

動態機位管理

Gerchak et al. (1985) 最早將這類型的問題(靜態巢式)轉變成動態形式，他們將未賣完的旅票作最佳折扣。有關前述靜態的機位控管的六個假設，固然簡化了營收管理的複雜度，但畢竟與真實的需求型態有明顯的差距。因此，Robinson(1995)鬆弛了第二個假設，「低費率需求訂位會先於高費率需求」之限制，考量各艙等之需求雖然仍以循序為主，排除費率依序升高的限制。

Lee and Hersh (1993) 有鑑於過去研究將訂位過程視為單一時段，而忽略不同費率等級間，潛藏著訂位需求抵達模式之不確定性。因此把訂位期間切割成符合旅客抵達過程為 Poisson Process 之假設之多個決策時段，要求訂位率及需求強度隨時間而變化。

在描述最大期望收益函數時，將巢化方式處理之可供訂位容量納入遞

迴方程式，此模式之優點為考慮了訂位過程之動態特性，允許各費率間在動態過程中相互競爭，改善靜態巢式之缺失，不只可得到單席訂位不同決策時期可接受之數量，且可擴展至多席訂位情形。

拒絕或接受旅客訂位決策是根據需求到達之時間點、該時間點之座位容量，以及要求未知數量而定，令 T^n 為決策期間 $\{1,2,\dots,3\}$ 。在容量 C 時間點 t 之總期望收益為 ER_c^t ，若票種 i 訂位要求被接受，則總期望收益變為 $r_i + ER_{c-1}^{t-1}$ ，如果拒絕訂位則總期望收益為 ER_c^{t-1} ，因此接受訂位與否之決策為： $r_i + ER_{c-1}^{t-1} \geq ER_c^{t-1}$ ，整個訂位期間 T^t 之總期望收益為下列之遞迴式：

$$ER_c^t = \begin{cases} P_0^t ER_c^{t-1} + P_1^t (r_1 + ER_{c-1}^{t-1}) + \sum_{i=2}^k P_i^t \max(r_i + ER_{c-1}^{t-1}, ER_c^{t-1}) & \forall C > 0, t > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中 $P_0^t = 1 - \sum_{i=1}^k P_i^t$ ，為時間點 t 沒有旅客出要要求訂位之機率，當 $t=1$ 時， $r_i + ER_{c-1}^0 \geq ER_c^0, i=2,3,\dots,k$ ，因此在訂位結束前若仍然有空位則可接受任何票價之旅客。

若以 $EMSR(t,C) = ER_c^t - ER_{c-1}^t$ 作為容量 C 時間點之期望邊際收益，則在給定 t 時期隨 C 遞減，且在給定 C 時期隨 t 遞增。使用動態機位庫存管理時再不同決策期間及座位容量下，原本已停止接受訂位之票價產品，有可能於訂位後期又重新開放訂位。

Liang (1999) 將 Lee and Hersh 的模型以公式表述至連續型並解之。Subramanian et al. (1999) 延伸 Lee and Hersh 的模型，並且考慮取消 (Cancellation)、訂位未到 (No-show) 與超額訂位 (Overbooking) 等因素。他們透過增加決策時段，將 Lee and Hersh 所提之的離散時間模型逼至極限，成為一連續到達時間之模型。

動態機位控管方面有多篇論文應用 Lee and Hersh (1993) 的模式，如：石豐宇與黃瑞財 (1996) 建立動態多席訂位需求預測模式，引用非均質卜瓦松分佈，針對不同艙位等級之訂位需求，在不同時段給予不同抵達率。模式推估顯示當訂位需求為時間之多項式時，概似函數經證明為一凹型函

數。另外，石豐宇與郭維杰（1999）以 Lee and Hersh（1993）之直飛航班動態多席訂位模式為根據，探討單一航班多地停靠與多重航班同時考慮下之艙位規劃模式構建；亦提出數項求解方法之選擇策略，以改善實際應用上之求解效率。

Kleywegt and Papastavrou（1998）證明艙位問題可視為一動態隨機的背包問題（Dynamic and Stochastic Knapsack Problem，DSKP），僅僅針對單一航班之座位管理問題，包括了在飛機起飛前，停止訂購所剩餘的容量價值、沒有利用的飛機容量的等待成本與拒絕一訂購需求所需付出之處罰成本，其為一個連續時間模型，然而在此模型中僅考慮到同質性的訂購要求的到達。Van Slyke and Young（2000）也獲得連續型之 Lee and Hersh 模型的結果，他們簡化了 DSKP 模型的問題，並延伸至非同質性到達過程，同時也考慮到多席訂位。

Lautenbacher and Stidham（1999）探討在 Markov 決策過程之下航空公司單一航段收益管理問題，討論內容分成動態與靜態兩類，動態考量旅客整個到達過程，靜態則假設各票種需求順序到達。You（2001）處理單一航段多重費率等級之艙位升級（Upgrade）問題，利用離散時間動態規劃模型發展最佳訂購策略，可以降低期望邊際價值，增加航空公司之收益。

2.5.2 小結

靜態巢式策略模式考慮各費率等級間艙位競爭之特性，改善非巢式策略模式之缺點，具有求解容易，耗費較少人力與物力之優點，但未考慮訂位過程之動態特性為其缺點，當實際訂位情況與所採用的假設差異甚大時，若沒有進行修正，則會遇到研究結果與實際情況不符之情形。

而動態巢式策略模式主要係改進靜態巢式策略模式未考慮訂位過程之動態特性，仍保留靜態巢式策略模式中考慮各費率等級間艙位競爭之特性。更進一步的在訂購過程中，有訂購需求到達時，考慮目前訂購的情況。在靜態模式中，期望邊際艙位收益模式需要估計各費率等級的期望總訂位需求量。而在動態模式中，需要估計起飛前各個階段的未來訂位需求，來計算尚未被訂位而仍然可以接受訂位的剩餘艙位容量的最佳保護水準。有關以航段為基礎之艙位庫存管理相關文獻，彙整如下表 2.3。

表 2.3 以航段(單一航段)為基礎之艙位庫存管理相關文獻

模式類別	作者/年代	研究範圍	說明
靜態	Littlewood (1972)	兩種票價	非巢式配置
	Bhatia and Parekh (1973)	兩種票價	非巢式配置
	Richer(1982)	兩種票價	非巢式配置
	Belobaba (1987)	多重票價	巢式配置，EMSRa
	Curry(1988)	多重票價	巢式配置，連續型隨機需求
	Wollmer(1992)	多重票價	巢式配置
	Van Ryzin and McGill(2000)	多重票價	巢式配置
	Brumelle and McGill (1993)	多重票價	巢式配置
	Robinson(1995)	多重票價	巢式配置，需求不重疊
動態	Lee and Hersh (1993)	多重票價	動態巢式配置
	Lautenbacher and Stidham (1999)	多重票價	巢式配置
	Kleywegt and Papastavrou (1998)	多重票價	巢式配置 dynamic and stochastic knapsack problem， DSKP)
	Subramanian et al. (1999)	多重票價	巢式配置 考慮(cancellation)、(no-show) 與 (overbooking)
	Van Slyke and Young (2000)	多重票價	巢式配置 考慮多席訂位
	You(2001)	多重票價	巢式配置 考慮艙位升級(upgrade)

資料來源：本研究整理

2.5.3 以網路為基礎之最適艙位配置

隨著航空產業之蓬勃，現今航空公司紛紛發展輻軸（Hub-and-spoke）型態的網路航線。以圖 2.3 之航空網路為例，其中 MAD（馬德里）為中心轉運站的網路航線。當賣出由 MAD 前往 BCN（巴塞隆納）某特定行航班之機位時，將影響由 SVQ（塞維利亞）經至 MAD 轉機再前往 BCN 之機票。在這多種商品（Product）和多種資源（Resource）的營收管理問題中，每個商品及資源會互相受到影響；若是在某個時段賣出其中之商品，將可能導致下個時段無法賣出多項其他商品。這樣相互影響的情況，顯示出網路型態營收管理其控管的困難性。

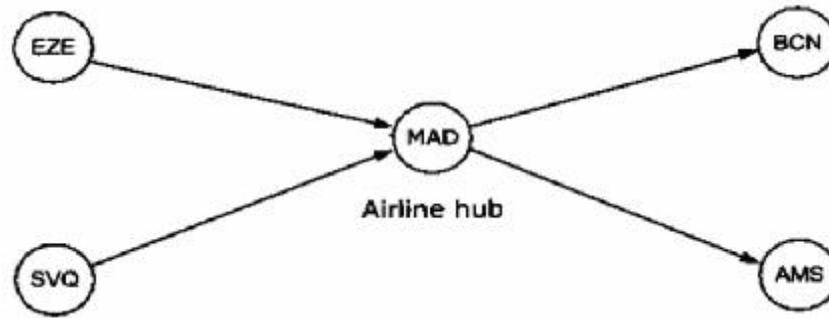


圖 2.4 收益管理之網路型態示意圖

資料來源：(Talluri and van Ryzin, 2004)

網路型態的收益管理相較於單一資源的問題複雜得多，必須考慮商品及資源間多重組合的特性。由於商品（航線）間資源（機位）共享，一商品之售出會影響多項需要相同資源的商品未來的銷售（通常商品種類遠大於資源種類），因此該如何控管有限資源、取捨多項商品的銷售，來極大化收益是一重要的管理議題，而航空網路之營收管理問題更是其中典型的範例。

在航空業中，網路型態之營收管理問題中，資源即是各航段之機位，而商品則是各旅次起迄點（Origin-Destination, OD）及各種費率之組合。顯然，一航段可被多個 OD 使用，且一 OD 也可能包含多項航段。以下以一 ODF（Origin-Destination and Fare class）代表商品之種類。航空網路營收管理中之機位控管可用數學規劃模式來處理，而其目標一般是最大化總期望收益。

Glover et al. (1982) 首度將包含起迄及票種分級之庫存控制問題定式為大型網路問題，以獲得航段中最佳之乘客組合，並利用正反向共兩組節線，分別代表路線排班中不同航段與不同旅客起迄票價旅程，構建最小成本／最大利潤網路流動模型。

Ladany and Bedi (1977) 與 Hersh and Ladany (1978) 考量單一票種中途單點停留路線之座位配置問題，發展整合時間分布及取消訂位之順序決策過程，然而他們所處理之問題，因各國雙邊航權規定之限制，於中途點不允許旅客登機，因此長程旅客與短程旅客組合間之取捨問題並不存在。

Buhr (1982) 探討單一費率情況下，中途停靠一站(A-B-C)之航班艙位

規劃問題，由於單一費率假設的緣故，此時的艙位規劃問題只在於求解不同 OD 間的艙位數量分配。Buhr (1982) 推導出在此情境下，不同 OD 間的最佳艙位數量分派應滿足：

$$E_{ac}(S_{ac}) = E_{ab}(S_{ab}) + E_{bc}(S_{bc})$$

其中， E_{ac} 代表增售一 AC 航段艙位的期望收益， S_{ab} 、 S_{bc} 、 S_{ac} 分別代表 AB、BC、AC 航段分配所得之艙位容量。

Wollmer (1985) 則將機率化之需求整合成多航段多票種之網路問題，使用期望邊際收益來評估座位之價值，並應用二項決策變數(binary decision variables) 來代表航段中不同票種起迄行程組合。以中途停靠一站之航班為例有三種可能起迄 (A-B、B-C、A-C)，如有三種票價則有 9 種可能之起迄票種組合，若定義 $A(1)$ 、 $A(2)$ 、 $A(2)$ 為三組對應 A-B、B-C、A-C 之各級票集合，而 C_1 及 C_2 分別為航段 1 及 2 之座位容量，則該線性定式為：

$$\begin{aligned} \text{MAX} \quad & ER(C_1, C_2) = \sum_{A(1)} \sum_{A(2)} \sum_{A(3)} m_j(s) \cdot x_{is} \\ \text{S.T} \quad & \sum_{A(1)} \sum_{A(3)} x_{is} \leq C_1 \\ & \sum_{A(2)} \sum_{A(3)} x_{is} \leq C_2 \\ & 0 \leq x_{is} \leq 1, \forall i, \forall s \end{aligned}$$

D'Sylva (1982) 使用片段線性近似法 (Piecewise linear approximation) 來估算各旅程之期望收益曲線，以減少問題之規模。Dror (1988) 等人提議利用網路流動問題來描述座位庫存管理問題，並整合在訂位期間旅客選擇替代航班之行為，使得各航班之旅客需求間具有關聯，由於具有多於限制式使網路解法複雜，若要應用於大型轉型中心之營運，求解上極為困難。

競標價格 (Bit price)

從點對點之單一起迄點擴展成多點網路系統時，許多文獻提出競價法 (Bit price) 是最常被使用在收益管理的網路問題中且也是最成功的方法。

競標價格是指網路中使用各航段座位配置之門檻值，接受旅客特定旅程（網路中之路徑）之先決條件，為其路徑所經航段之競標價格總和要小於該旅客之票價。

Gunther (1998) 認為近年來解決航空收益管理問題之最成功的方法為競價法，競價法針對每個航段指派一競價門檻值，以此門檻值來決定是否接受票價的訂位，高於門檻值則接受，低於門檻值則拒絕，而競價法最困難的部分則在於門檻值的決定，由於許多乘客都有搭乘多個航段的情形，因此多航段的網路問題較接近真實情況。

Williamson (1992) 提出競價法 (Bid Price Control, BPC)，將每個航段 i 設定其競標值 $m_i(t, x)$ ，若 ODF j 之費率 F_j 大於航段加總之競標價值，則予以賣出，如下：

$$F_j \geq \sum_{i \in S^j} m_i(t, x)$$

事實上，假設 $V_{t-1}(x)$ 之梯度 $\nabla V_{t-1}(x)$ 存在，競標法之數學意涵，可用 $V_{t-1}(x) - V_{t-1}(x - S^j) \approx \nabla V_{t-1}^T(x) S^j$ 來表示，而此時各航段競標值則表示如下：

$$m_i(t, x) = \frac{d}{dx_i} V_{t-1}(x)$$

至於競價值要如何設定，Williamson (1992) 首先建立一個定性數學規劃模式 (Deterministic Linear Program, DLP) 來估算。DLP 以最大收益為目標函數，決策變數為分配予各 ODF 之機位數。限制式其一為供給限制，各 ODF 所分配之機位必須比需求小。然而需求是一隨機分布，若以一個隨機變數 Y 來代表，在此 Williamson 以 Y 之平均值 $E[Y]$ 作為各 ODF 分配機位之上限。如下所示：

$$\begin{aligned} V_t^{DLP}(x) &= \max F^T y \\ s.t. \quad & Sy \leq x \\ & 0 \leq y \leq E[Y] \end{aligned}$$

符號說明：

y^i : 代表分配給予ODF j 之機位數。 y 則唯一向量，
表示分配給各ODF之機位數。

$V_t^{DLP}(x)$: DLP模式中，在 t 時段尚有 x 機位之期望值。

Y : 為一向量，表示 t 時段到起飛前，各ODF需求之隨機變數。

$E[Y]$: 為一向量，表示 Y 之平均值。

整個數學規劃之模式，重點不在於找出最佳解或目標值，而是針對供給限制式計算出各航段對應的對偶價格 (Dual price)，作為各航段的競標值 $V_t^{DLP}(x, E[Y])$ 。每個航段的對偶價格，意謂此航段多增加一個機位之容量所帶來的邊際效益，這個數值愈高，代表該航段對營收的貢獻度愈高，相對地也應賦予其一個較高的競標值。

然而 DLP 在需求限制式中，使用平均值，這代表了不管需求分佈為何，當平均值相同時，競標值就會相同；如此一來，便無法考量收益管理最重要的特性—需求的不確定性及其分布情形。為此 Talluri and van Ryzin (1999) 另提出一隨機數學規劃模式 (Randomized Linear Program, RLP)，其整合隨機資訊的概念於 DLP，以彌補 DLP 的缺點，突顯航空需求之隨機性。其模式大致與 DLP 相同，但需求限制式中，保留隨機變數的概念。相對地，在目標函數中，收益函數變為隨機變數。因此，對應的對偶價格不再是確定性之向量，而是一隨機向量：

$$\begin{aligned} H_t(x, Y) &= \max F^T y \\ \text{s.t. } & Sy \leq x \\ & 0 \leq y \leq Y \end{aligned}$$

符號說明：

$H_t(x, Y)$: 需求為隨機變數之情況下，在 t 時段尚有 x 機位之隨機收益

對於 $V_t(x)$ 之估計，在 RLP 之模式中，可用 $V_t^{RLP}(x) = E[H_t(x, Y)]$ 來近似，如此，假設能在滿足 Y 之分布的情況下，隨機產生 N 的需求值 $Y_n (n=1, \dots, N)$ ，則競標值可用以下公式來估計：

$$m_t^{RLP}(x, Y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_t^{DLP}(x, Y_i)$$

針對 DLP 的修正，RLP 有幾項優點：一是 RLP 模式僅需對 DLP 模式些微修改再反覆執行幾可，因此相當簡單；二是由於 RLP 在需求中加入機率分配的改念，因此模式可以很有彈性因不同分配性時而變化；三是 RLP 模式的品質及複雜度可由隨機樣本數大小 N 而訂。

後期，De Boer et al. (2002) 針對 DLP 提出質疑，認為 DLP 忽視費率艙等的巢式特性，因此在其研究模式中加入隨機性的觀念，並提出 Expected Marginal Revenue (EMR) 及 Stochastic Linear Programming (SLP) 此兩模式解法。在經過研究之數值模擬測試後，可分別瞭解 DLP、EMR 與 SLP 的績效差異結果。

另外，Bertsimas and Popescu (2003) 以近似動態規劃為基礎，發展出一套兼具理論性與計算性新的演算法。這篇研究首先提出競價法的兩個缺點：一針對其對偶價格，提出非唯一定義的想法，二認為競價法中對偶價格累加時，會產生批量效應，使計算產生誤差。因而提出 Certainty Equivalent Control (CEC) 方法，以求改進競價法的精確度，其演算法主要是利用放鬆線性規劃模式的特性，去近似其機會成本函數，意即在 DLP 模式中針對其目標函數求其機會成本，如下所示：

$$OC_t^{DLP}(x) = V_{t-1}^{DLP}(x) - V_{t-1}^{DLP}(x - S^j) \quad \text{for } ODF_j$$

符號說明：

$OC_t^{DLP}(x)$: 表示 DLP 模式中，在 t 時段尚有 x 機位時，賣出下個機位 (S^j) 之機會成本。

此研究之測試結果並證實 CEC 的確較競價法能得到較大的收益及績效，且其解法之也較具備健全性。在此篇研究之數值測試中，介紹了多個航段、不同網路及多種艙等下之數值測試範例，以提供各種航空網路問題的求解方法進行比較與探討。

近年來，Bertsimas and De Boer (2005) 提出一新的方法，以巢式訂位限制的方法，結合隨機梯度法與價值函數估計法，去近似動態規劃模式以

改善初始的訂位限制。初步模擬測試結果更發現，此研究提出之方法能在實際狀況下獲得明顯提高的收益。

Wang and Wang (2007) 為動態網路營收管理，更進一步做探討研究。此研究假設訂位需求依據先前的出發時間服從獨立不同質的普瓦松過程，營收管理之決策在動態狀態下決定接受或拒絕此訂位需求，以求最大期望總收益。研究不但提出一單一航段案例作為普遍網路問題之特別案例，並經由案例使最佳解獲得許多觀念理解之延伸。

2.5.4 小結

競標價格控制在開放訂位過程中，需要不斷進行最佳化運算，更新競標價格，因此若短期間出現大量需求，則競標價格可能會超賣許多低價位，因而影響實際收益。網路問題除相當複雜外，不同旅程需求之相對變化，亦會影響座位期望價值，並逐漸擴散，同時考慮旅客隨機需求與網路間各旅程需求相互影響特性，問題規模將大幅增加，因此對於訂位期間網路中各旅程座位如何共用，目前少有文獻探討。有關以航段為基礎之艙位庫存管理相關文獻，彙整如下表 2.4。

表 2.4 以網路為基礎之艙位庫存管理相關文獻

模式類別	作者/年代	研究範圍	說明
靜態網路	Ladany and Bedi (1977)	單一票價	
	Hersh and Ladany(1978)	單一票價	
	Buhr (1982)	單一票價	中途停靠一站(A-B-C)
	Wong (1993)	單一票價	彈性配置
	Glover et al. (1982)	多重票價	確定性需求
	D'Sylva(1982)	多重票價	Piecewise Linear Approximation
	Wollmer(1985)	多重票價	應用 Binary Decision Variables
	Buhr (1982)	多重票價	
	Dror (1988)	多重票價	隨機需求
動態網路 (競標價格)	Williamson (1992)	多重票價	Deterministic Linear Program (DLP)
	Gunther(1998)	多重票價	競價門檻值
	Talluri and van Ryzin (1999)	多重票價	Randomized Linear Program

模式類別	作者/年代	研究範圍	說明
			(RLP)
	De Boer et al.(2002)	多重票價	Expected Marginal Revenue (EMR) Stochastic Linear Programming (SLP)
	Bertsimas and Popescu (2003)	多重票價	Certainty Equivalent Control (CEC)
	Bertsimas and De Boer (2005)	多重票價	
	Wang and Wang(2007)	多重票價	

資料來源：本研究整理

2.6 超額訂位控制

超額訂位是指在某班次之機位需求超過機位容量時，為了避免因為已訂位旅客之取消訂位或起飛時未報到，而造成空位起飛的損失所採取的措施（陳昭宏、張有恆）。亦即是採取接受比座位容量更多的訂位要求，以期與取消訂位或起飛時未報到的旅客數目相抵，使運具在出發後達到滿載，而能提高營收與利潤，這就是航空公司採用超額訂位的原因。

Smith et al. (1992) 指出，若航空公司沒有開放超額訂位，在航空班次機位全數售出的情況下，通常在實際飛行中仍然有大約 15% 的機位屬於空位。因此使用超額訂位販賣超過實際機位容量的機票，能夠減少實際飛行時的空機位數量，並能替航空公司提升收益。同時 Alstrup et al. (1989) 指出，對於一間大型且具有代表性的航空公司而言，乘客預約訂票卻未到現場劃位可能導致年損失五千萬元，而開放超額訂位大致上就可降低此類損失。另外，Curry (1990) 指出超額訂位能額外產生約 3 ~ 10% 的航班乘客收益。Davis (1994) 指出類似超額訂位的收益管理方法，替美國航空公司 (American Airlines) 在 1988 年至 1990 年這三年中節省了估計至少 14 億元，並且預期航空公司使用超額訂位收益模式，將會在未來產生每年至少五億元的額外收益。

由上述可知，超額訂位對航空公司的獲利能力有很大的影響，國外的航空公司及學者，也早對此一問題進行研究，以往有關超額訂位問題的研究，學者使用的研究方法可分為靜態及動態兩種模式，以下將分別進行探討。

2.6.1 靜態模式

Beckmann (1958) 是最早提出超額訂位問題最佳化模式的學者，該模式是一個較為簡單的靜態模式。在其所建立的模式中，將飛機起飛前的訂位過程僅是為一段時間，且僅限於求解一個固定的訂位數之限額，而且接受旅客的訂位要求以不超過此一限額為原則。

Thompson (1961) 以 Beckmann (1958) 的模式為基礎，發展一個類似的模式，並做實證研究。其模式與 Beckmann (1958) 的模式最大的不同是，在該模式中並不包含旅客訂位需求的機率分配函數，且忽略未來可能發生的訂位要求，並根據現有訂位數，計算發生機位超賣的機率值。若發生超賣的機率及其超賣成本的期望值太高，則不再接受旅客訂位。此模式的優點是較為單純，而缺點則為發生超賣的機率與收益之間的影響難以衡量。

Rothstein and Stone (1967) 所發展的模式結合了上述的幾個模式。首先由管理決策者訂出對於超賣旅客數期望值的限制水準，在此水準的限制下，求出使該班機的收益期望值為最大的超額訂位數，並以美國航空進行實證研究分析。在 Smith et al. (1992) 以美國航空作為研究對象的報告中指出，美國航空曾在 1976 年應用 Rothstein and Stone (1967) 的模式，保留對於超賣旅客數期望值的限制式，並且更為精確的計算實施超額訂位所帶來的收入和成本函數，以提高模式精確性。

Bodily and Pfeifer (1992) 所發展的模式中，針對旅客取消訂位的機率固定、取消訂位的機率與訂位時間有關等情況，分別提出其超額訂位問題的決策規則。在此模式中假設每位旅客超賣成本都是一樣的，與實際上的情況並不相同。因為實際上發生超賣時，航空公司通常都是出價補償徵求自願放棄座位者。因此發生超賣的個數越多，為每一超賣座位所付出的代價越大，並且此研究中並未考慮因超賣而造成的商譽損失。

Suzuki (2002) 根據美國國內航空使用之最適超額訂位率之實證分析

指出，過往之相關超額訂位的文獻，一直忽略旅客發生座位衝突時的反面影響，而其實證分析之結果發現其反面影響非常顯著。Suzuki (2006) 探討航空超額訂位之淨效益一文中，指出航空業者在航班座位預售時，使用超額訂位模式，不應只考量該使用超額訂位之班次，而需將乘客在該班次發生座位衝突而需轉乘下班班次所產生之賠償成本納入模式中。

2.6.2 動態模式

由於超額訂位問題的決策本身，是隨著時間及情況不同而有所改變，也就是說，超額訂位控制問題具有動態的特性。因此便有其他學者發展出動態的模式，用以求解超額訂位問題。

Rothstein (1971) 是最先將超額訂位問題建構為動態規劃模式的學者，在此一模式中，將起飛時間分割成一連串的單為時間（通常為一天），並且提出假設為訂位與取消訂位的機率和定位時間是相關的。接著利用動態規劃模式，求得最大期望利潤；或由決策者訂位發生機位超賣的期望值限制，在此限制式下，求出可獲得最大期望收益的超額訂位決策。Hersh and Ladnay (1978) 針對有中途停靠的航線建構出動態規劃的模式。在 Chatwin (1993) 的研究中，針對航空公司超額訂位問題，進行研究與整理。該研究主要針對單一航段 (Single leg) 的航線，對於不同類型的超額訂位問題，分別進行討論，同時分別針對票價固定與不固定的情況，建構了類似的模式。且在其研究中證明最佳的訂位策略是，在每一個階段 (Stage) 中計算出一個可使預期收益利潤最大的訂位數限額。

由於動態規劃的求解十分困難，在 Alstrup (1989) 的研究中，盡量將各的狀態合併，降低問題的規模，用以求解有二種費率等級的超額訂位問題。在此研究中發現，若以一天作為一個階段，則模式的運算過程會超過 100 個小時，而若要將運算時間減少至一分鐘內，則對於旅客訂位及取消定位要求的過程中，只能分為五個階段。但若將問題簡化至此一程度，又會影響模式的準確性，這是動態規劃模式所共同面臨的困難。

Chatwin (1998) 針對單一航段單一服務艙等提出兩種模式方法，固定票價模式 (Stationary-fares model) 與非固定票價模式 (Nonstationary-fares model) 解決多期 (Multi-period) 航空超額訂位問題，並利用此模式計算出最佳訂位限額。Coughlan (1999) 在多重票價等級、單一服務艙等之下，

提出航空收益最佳之超額訂位模式，由票價等級需求決定每一艙等訂位數。在實證研究中証實，此模式精確性得到顯著的改善。Ringbom and Shy (2002) 的研究中，基於艙位可調整策略 (Adjustable-curtain' strategy) 下，決定商務艙與經濟艙之最佳定位限額。艙位可調整策略是指航空公司在旅客登機前可調整商務艙艙位數，因此可容納商務旅客超額訂位數量。

Feng and Xiao (2006) 分析連續時間 (Continuous-time) 與單一航段班機 (Single-leg flight) 之最佳超額訂位比例研究中，提出經由分析總合超額訂位比例上限可衍生最佳訂位策略。藉由給予總合超額訂位比例上限，最佳訂位限制會被動態之最低接受票價影響。

2.6.3 小結

綜觀以往有關超額訂位問題的研究，學者使用的方法可分為靜態與動態兩種模式，其中靜態模式的優點是計算過程較為簡單，可以較有效率的求解；而其缺點則是較無彈性，僅訂立一個超額訂位限額，並沒有根據訂位過程中的訂位情形而修正，故可能會有較大的誤差。而動態規劃其較能表達超額訂位問題的動態特性，但是動態規劃求解過程較為複雜，故以動態規劃來求解大規模的問題時，求解時間過長，故實務上的應用性較低。以下將超額訂位相關文獻整理如表 2.5 所式。

表 2.5 超額訂位相關文獻整理

模式類別	作者/年代	研究範圍	說明
靜態模式	Beckmann (1958)	單一艙等 單席訂位	最早提出超額訂位最佳化模式
	Thompson (1961)	單一艙等 單席訂位	類似Beckmann的模式
	Rothstein and Stone (1967)	單一艙等 單席訂位	
	Bodily and Pfeifer (1992)	單一艙等 單席訂位	
	Suzuki(2002)	單一艙等 單席訂位	探討旅客發生座位衝突時的反面影響
動態模式	Rothstein (1971)	單一艙等 單席訂位	最先將超額訂位問題建構為動態規劃模式

模式類別	作者/年代	研究範圍	說明
	Hersh and Ladnay (1978)	單一艙等 單席訂位	考慮中途停靠的問題
	Chatwin (1993)	單席訂位	考慮單一航段(single leg)的航線
	Alstrup (1989)		
	Chatwin (1998)	單一艙等 單一航段	固定票價模式(stationary-fares model)與非固定票價模式(nonstationary-fares model)
	Coughlan (1999)	單一艙等 多重票價	
	Ringbom and Shy (2002)		考慮艙位可調整策略(Adjustable-curtain' strategy)
	Feng and Xiao (2006)	單一航段	

資料來源：本研究整理

第三章 收益管理系統

3.1 前言

收益管理系統 (Yield management system, YMS) 是以歷史航班訂位數據為基礎，將艙位分級 (Classes)，進行旅客需求預測，再依照每天的定位狀況，決定何時分配多少機位某一等級及其價格，以使每一航班的營收達到最大，進一步達到最大化飛航網路營收的目標。

收益管理系統的興起是在 20 世紀 80 年代的美國。1978 年 10 月美國國會通過《民航業解除管制法案》(Airline Deregulation Act) 後，對航線、航班和價格的控管被逐步解除，這使得收益管理變得更加複雜。它主要帶來了兩個變化，首先，折扣票的種類和數量都有所增加，這增加了收益管理的工作量；其次，航空公司航線結構由過去直飛服務逐步發展成為軸輻式 (Hub-and-spoke) 航線結構，這使航空公司的資源得到進一步有效利用，但卻也增加票價結構的複雜性。當競爭激烈，尤其在供過於求時，航空公司視供需狀況，每天可能必須更動票價數十次，甚至數千次，以便在航班起飛前銷售完機位。

正因如此，1978 年的管制解除，導致了航空公司之間的價格大戰。1992 年，參戰的航空公司共賣了 4 億 7 千萬張折扣票，共損失 20 多億美元。航空公司在連年虧損的情況下，不斷努力尋找解決方案。美國航空公司 (American Airline) 於 1985 年開發使用了第一個收益管理系統 DINAMO (Dynamic Inventory and Maintenance Optimizer)。透過使用該系統，美國航空公司能夠對當時紊亂的航空客運市場，有了較清晰的認識，並能制訂出合理的應對策略。不僅快速贏回了其原有的市場佔有率，而且還轉虧為盈。美國大陸航空公司 (Continental Airlines) 在這場血戰當中不僅全身而退，而且還從中獲取相當的利潤。這在一定程度上是仰賴一套客運收益優化系統 (Passenger Revenue Optimization System)。這套軟體系統是根據數學模型、古典微觀經濟學概念、統計理論以及運籌原理研發而成。它將預測、優化和資料庫管理有效地融為一體，並配有決策輔助中心。這場票價價格戰使得許多航空公司體認到，不依靠先進的電腦軟體統合進行收益管理，就無法在競爭激烈的世界中生存。

3.2 收益管理系統發展簡介

收益管理是對歷史數據分析和預測，利用各種數學模型計算出有限資源的最佳配置以達成收益最大化。收益管理中需要大量的數據收集、儲存和分析處理，存在著大量複雜的決策優化、資源配置等數學模型的運算。

數據管理系統是第一代收益管理系統。它主要針對航空公司航班訂位歷史資料進行收集、儲存和整理。這些數據包含航班的各艙位訂位數量、訂位限額、客艙座位數、超額訂位限額等。班機起飛後，還必須收集實際登機旅客人數和名單，以確定未報到（No-show）與未訂登機（Go-show）的旅客數，以報表或圖表的形式提供給管理人員。管理人員再依據經驗對這些數據進行主觀分析和判斷，並對未來市場需求進行主觀預測和對航班的訂位限額進行人工調整。這種預測的準確性，很大程度受到管理人員的經驗和水準的限制。

在第一代收益管理系統的基礎上，增加航班監控功能構成第二代收益管理系統，稱為訂位監控系統。該系統能夠自動將實際訂位情況與該航班訂位歷史資料進行比較。發現兩者不相符，則自動向相關人員發出預警信號，提醒管理人員進行應對調整。當實際訂位情況超出極值範圍，系統自動將訂位情況提交給管理人員進行分析和處理，同時提出一些解決方案供管理人員在決策時參考。由於該系統的極值範圍是完全根據歷史數據設定，對於未來市場的發展變化情況的相關因素並未考慮，導致航空公司將喪失許多潛在收益。

人工智慧技術的發展，在前兩代收益管理系統的基礎上融入人工智慧技術，形成第三代收益管理系統，稱為訂位限額自動決策系統。該系統除了具備數據處理功能與預警功能外，又增加了預測、最佳化及超額訂位等數學模型之計算功能。雖然已將市場預測與航班座位管理結合，但整體而言，系統完整性及整合程度還需強化。

收益管理系統發展至此，管理策略還不夠科學與精確，缺乏整體系統化考量，故本研究欲建構出整合型收益管理系統，結合需求預測、票價規劃、艙位規劃與超額訂位控制，依照需求市場因素的變化，制定出更趨近市場需求的資源分配策略和定價策略。

3.3 收益管理系統概念與結構

本研究提出的收益管理系統，除了包括需求預測、票價規劃、超額訂位控制與機位庫存管理等重要項目之外，收益管理應為一循環過程如圖 3.1。航空公司經由外在航線市場趨勢評估與內在歷史資料之統計分析，並對旅客行為進行研究，考慮旅客水平移轉(Recapture)與垂直升等(Buy up)等現象，透過需求預測來準確估計航空網路各起迄之航班，在各開放訂位時段之特定票價旅客需求數量及可能之變動。

當航空公司決定其飛航路線之後，利用這些市場分析調查資料，進行機隊排程、飛航班表規劃與票價規劃，瞭解不同旅客對相同資源所願償付之價格水準，實施差別定價(Differential pricing)以刺激航空旅客需求，透過定價管理掌握多重票價產品與票價結構。為了善用各航班中飛機艙位資源，分配及控制開放訂位期間各起迄不同票價產品間之銷售數，需進行艙位規劃並透過超額訂位控制過程，降低旅客訂位後可能無法登機之不確定性對航空公司所帶來的損失。

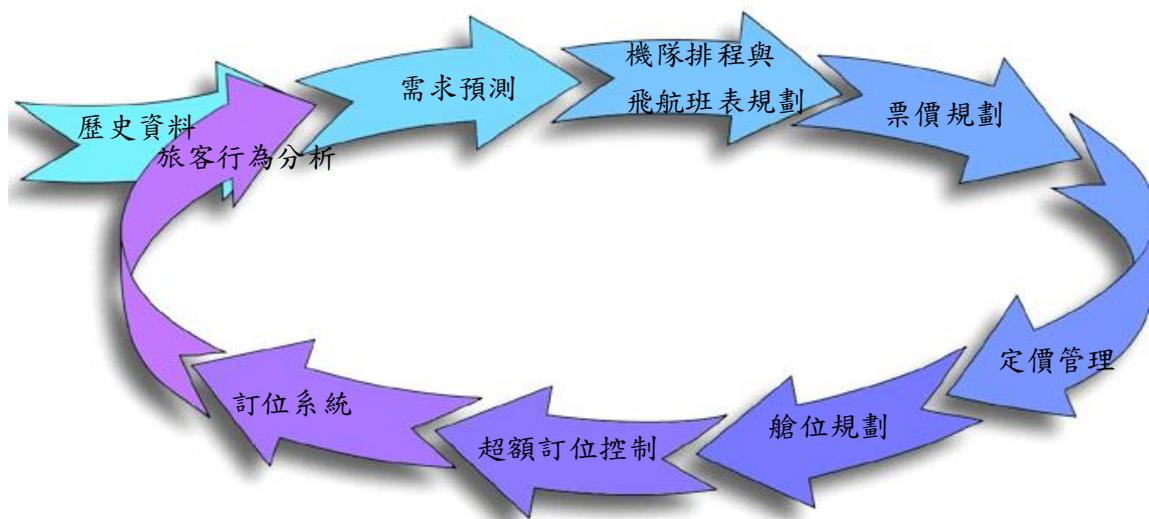


圖 3.1 航空收益管理循環圖

訂位系統利用最佳艙位配置與訂位限額，透過艙位規劃決定座位容量之供給，以及判斷是否接受旅客訂位。最後收集旅客訂位過程所產生如購票移轉、取消訂位、超額訂位等現象，分析旅客需求之不確定性以及對收益管理系統所產生之影響。

本節所探討的航空公司收益管理系統架構圖，如圖 3.2 所示，說明如下：

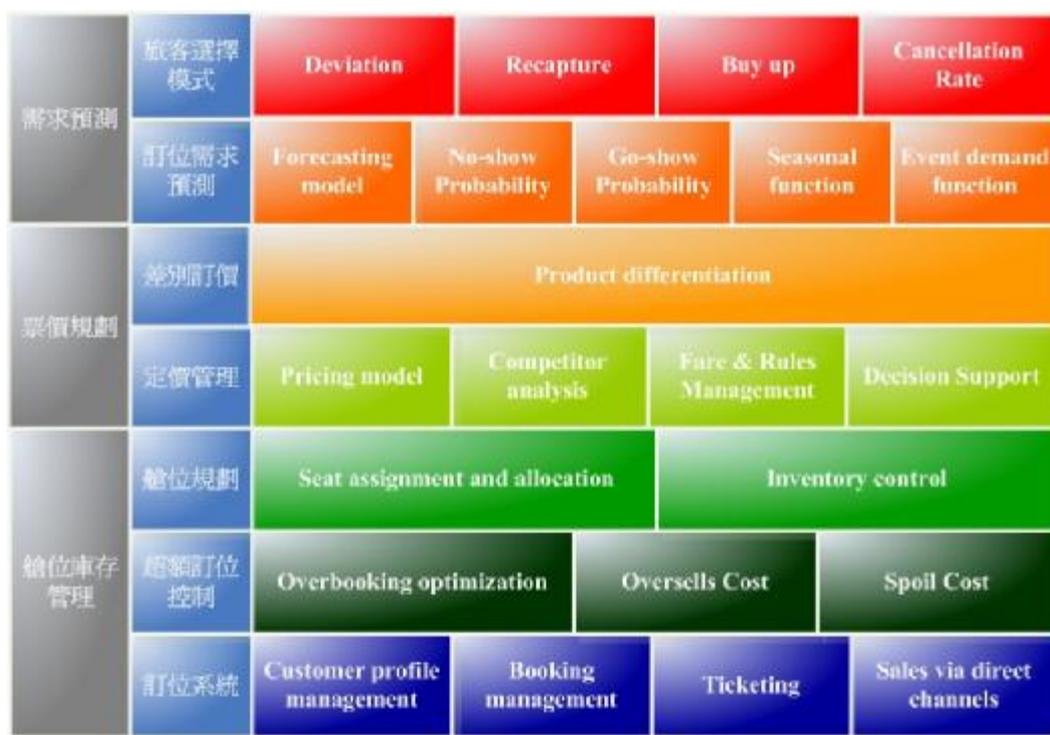


圖 3.2 收益管理系統架構圖

1. 需求預測

根據 Lee (1993) 之研究顯示，在高需求航班中，收益管理系統之需求預測能力增加 10%，將改善 3% 至 5% 之期望營收。因此旅客需求預測功能亦是收益管理系統成功的關鍵之一。需求預測功能主要分成：

(1) 旅客選擇模式

根據社經因素及相關旅行替代方案之特性，研究個別旅客選擇行為，主要是分析航空業者間之市場佔有率及旅客需求在各起迄市場間之轉移，其影響因素包括：航空公司可靠性、安全性、機上服務品質及內容、對常飛旅客 (Frequent-flier) 之優惠、特殊行銷活動等；系統收集旅客進行購票選擇時，出現之不同選擇行為，包含：旅客水平移轉 (Recapture)、垂直升等 (Buy up)、流失旅客 (Deviation) 與取消率 (Cancellation rate) 等，必個別預測其發生機率。

(2) 訂位需求預測

訂位需求預測功能，包含了需求預測模型，以及處理季節性及特殊事件造成之需求變動。預測模型除了預測各航班各票價費率之旅客訂位需求外，還需對起飛時未報到（No-show）及現場購票（Go-show）等發生機率進行預測。

2. 票價規劃

在票價規劃方面，若某航線處於獨佔市場狀況下，當然票價越高，總收益就越大。然而在競爭市場情況下，航空公司票價政策受限於競爭對手營運策略的互動關係，實際上能自由調整的情形，短期內並不容易。而航空公司為了吸引不同背景及偏好的旅客，乃藉由差別訂價的策略，以提高航班乘載率及獲利能力。因此航空公司常將同一班機的艙位，依所提供服務等級與舒適程度劃分為頭等艙（First class）、商務艙（Business class）、經濟艙（Economic class）等不同的等級。另在同一艙等中，會因機票種類、行程類別與有效期限等不同限制因素，而有票價上的差異。

(1) 差別定價

收益管理的差別定價（Differential pricing）是即根據消費者需求的多樣性，以及不同時刻消費者對於產品價值認同的差異，將產品或服務設定在不同價格水準上，而價格不同並非反映成本差異。收益管理系統提供差別訂價功能，以滿足不同特性旅客的需求，同時可提高航班的乘載率。

(2) 訂價管理

航空公司採用差別訂價後，接著必須決定票價結構及價格水準。在制定不同折扣優惠時，必須防止高收益旅客(通常是對價格較不敏感的商務旅客)乘機利用，造成整體營收遭稀釋。為避免此種現象產生，航空公司會設定某些規定或限制，建立使用上的圍籬（Fences），防止高收益旅客流向折扣票。定價管理功能包含了定價模式、票價及限制條件管理，並加入競爭者分析與決策支援功能。

3. 艙位庫存管理

艙位庫存管理乃是指對艙位做最有效的運用。對航空公司而言，完

全可以掌控的部份，大致可分為艙位規劃與超額訂位控制。茲說明如下：

(1) 艙位規劃

所謂艙位規劃是指當旅客對某航班之機位需求超過機位容量時，將某航班之艙位空間做最有效的管理。藉由決定接受或拒絕進入訂位系統，來求取該航班的最大期望效益。艙位規劃主要功能是为不同等級艙位，規劃最佳的艙位配置數，並進行艙位庫存管理。

(2) 超額訂位控制

所謂超額訂位控制，乃是指某班次機位需求超過機位容量 (Booking capacity) 時，為了避免已訂位旅客取消訂位 (Cancellation) 或起飛時未報到 (No-show)，而造成空位起飛的損失所採取的措施。超額訂位控制必須估計空位損失成本 (Spoil Cost) 和發生超賣時的成本函數，並做超額訂位最佳化。

表 3.1 收益管理系統模組功能列表

系統模組	系統功能	描述
需求預測模組		
旅客選擇模式	Deviation	轉移市場上其他競爭者之航空公司或取消行程。
	Recapture	訂購同公司其他航班
	Buy up	垂直升等
	Cancellation	取消訂位
訂位需求預測	Forecasting model	
	No-show Probability	Passenger with an active reservation will not show up on the departure day
	Recapture Probability	Passenger who is turned away will choose another flight
	Seasonal function	seasonal demand fluctuations
	Event demand function	特殊事件
票價規劃模組		
定價管理	forecasting model	seasonal patterns

系統模組	系統功能	描述
		competitive fare positions
		user-defined events
		Fare Analysis
	Competitor analysis	
	Fare & Rules Management	Fare Management
		Deal Management
		Rule Management
		Business Rule Configuration
	Decision Support	Market Analysis
差別訂價	Product differentiation	
艙位庫存管理模組		
艙位規劃	seat assignment and allocation	
	Inventory control	
超額訂位控制	Overbooking optimization	Risk targets
	Spoil costs	
	Oversale cost	
訂位系統	Customer profile management	
	Booking management	
	Ticketing	
	Sales via direct channels	
最佳化模組		
Optimization (最佳化)	艙位規劃最佳化	
	定價最佳化	
	超額訂位最佳化	

資料來源：本研究歸納

3.4 收益管理系統與其他資訊系統之關連

航空公司為了提高對旅客服務水準及增加公司的收益，投資建置許多的營運資訊系統，包含電腦訂位系統（Computerized Reservation System，CRS）、全球配銷系統（Global Distribution System，GDS）、離場管制系統（Departure Control System）、航空會計系統（Airline Accounting System）、旅客酬賓系統（Frequent Flyer System）、航空貨運系統（Air Cargo System）等諸多系統。這些資訊系統與收益管理系統有著密不可分的關係；這些系統是否能提供正確無誤的數據，是收益管理系統能否正常運作的關鍵。

收益管理系統是建立在主從式（Client / Server）架構下的應用，用戶端只需具備瀏覽器，所有應用業務邏輯交由後台應用伺服器執行，Web 伺服器負責頁面的生成，實際應用中 Web 伺服器和應用邏輯伺服器通常聚集在一起作為中間層；系統處理的數據隨著售票業務的全球化，需要更可靠的資料庫與資料處理系統。圖 3.3 說明了在主從式架構下，收益管理系統與其他系統間的關連性。

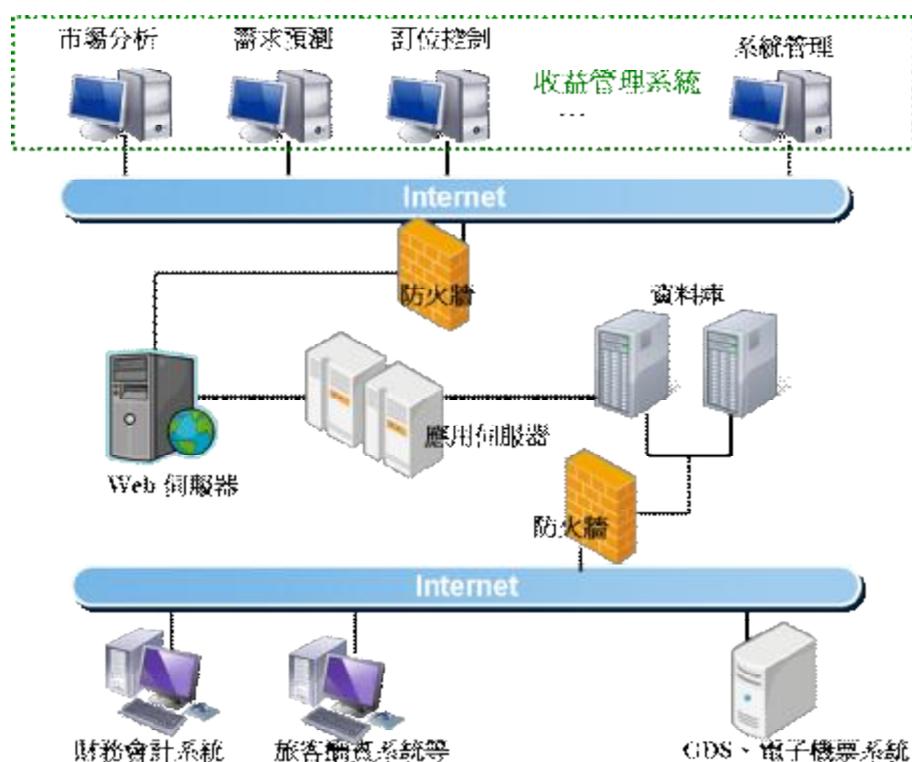


圖 3.3 主從式架構下收益管理系統網路

航空客運業的一個重要特徵，就是產品不可儲存性，銷售必需在飛機起飛前完成。否則，飛機一旦起飛，機艙空著的座位就成為航空公司無可挽回的損失。航空公司為了在飛機起飛前能及時把座位出售完畢，一般都同旅行社、機票代理商合作，並給他們一定的佣金。也就是說，航空公司並不是直接向最終客戶銷售機票，而是透過各種銷售管道。傳統的銷售管道有航空公司直接銷售與透過旅行社業者間接銷售兩種型態，如航空公司的網站、旅行社、專門代理等，將機票銷售給最終顧客，如圖 3.4 所示。

由於網際網路 (Internet) 與旅遊電子商務的發展，電子機票 (Electronic Ticket) 的實施，旅遊業的航空電腦訂位系統為因應全球系統規模通路的模式與效能整合，而發展成全球旅遊產品通路的全球配銷系統 (Global Distribution System, GDS)，更進一步強化實體旅遊銷售與虛擬銷售的行銷通路。加上資訊科技應用在觀光產業與日俱增，GDS 即成為旅遊業多元化又高效率的行銷技術工具，提供即時服務旅客 (B2C) 最佳訂位機制，將以往只有旅行社能操作的訂位系統，下放到一般消費者手中。

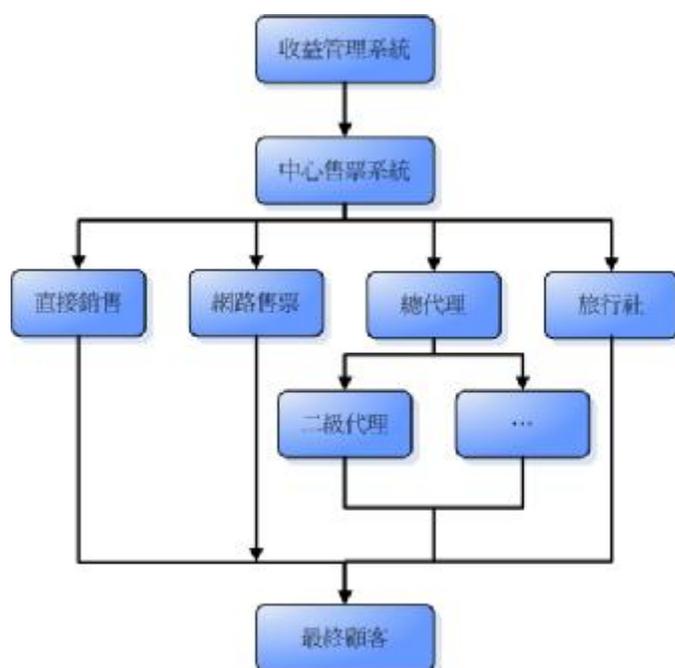


圖 3.4 航空公司與最終消費者的關係

電腦訂位系統提供有關班機時刻表、票價、可售剩餘座位等航空運輸服務資訊，提供顧客符合其需求之所有班次時刻、票價與可售剩餘座位之訊息，而能迅速從所得資訊中決定最契合其旅遊需求之訂位選擇。訂位系

統包含許多資料庫，透過電腦終端機與用戶相連接，提供其價格資訊、班機時刻、可利用之日期資料、訂位日期資料庫及報價系統等，並收集旅客訂位記錄（Passenger Name Record, PNR）等相關資料，但電腦訂位系統只能提供航班銷售的近期數據，不能提供歷史數據，因此透過資料庫的建立，來解決歷史數據的存儲問題。

離場管制系統（Departure Control System, DCS）主要提供辦理登機、航班控制和配載平衡三大功能。其中包括機場旅客報到（Check-in）、登機管制（Boarding control）及載重平衡（Weight and balance）等功能。離場管制系統是機場和旅客直接接觸最主要的系統之一，牽涉到旅客辦理登機手續、行李托運等各個環節。離場資料是航空公司效益分析和結算的主要資訊來源。

航空會計系統（Airline Accounting System）包括客運營收、航線營收，聯運營收、分帳等會計功能。旅客酬賓系統（Frequent Flyer System）是針對常飛旅客的酬賓計劃，當旅客累積一定飛行哩程後，得享受座艙升等或免費機票等之回饋。系統功能包括個人與公司會員管理，哩程登錄、累計，酬賓證發放、管理，以及酬賓獎項換獎、哩程自動扣除等等功能。航空貨運系統（Air Cargo System）功能，包括貨運班機時刻、可售艙位查詢，貨運訂位服務等功能。

收益管理系統與這些資訊系統密切互動，仰賴它們所提供的數據，透過收集數據來進行統計分析和預測市場需求，並用所得的需求分佈作為制定艙位庫存控制策略或實施超額控制的基礎。

第四章 收益管理系統模組建構

本章節所探討的航空公司收益管理系統示意流程，如圖 4.1 所示。針對航空公司藉由航線市場分析，了解產業結構與競爭環境，以歷史資料的收集與統計分析為基礎，了解旅客行為模式，進一步影響旅客購票選擇；以需求預測為出發點，分析旅客需求，並進行市場區隔（Market segmentation），實施差別定價（Differential pricing）來規劃票價產品；藉由不同費率之艙位數量間之配置，與超額訂位之調整，收集電腦訂位系統之訂位需求資料，與艙位庫存管理模組之資訊，決定訂位控制之決策數值，作為判斷是否接受進入訂位系統之定要要求，來求取最大之期望收益。

以下會針對收益管理系統中的需求預測、票價規劃以及艙位庫存管理模組中的艙位規劃與超額訂位等四大部份，分別進行研究探討。

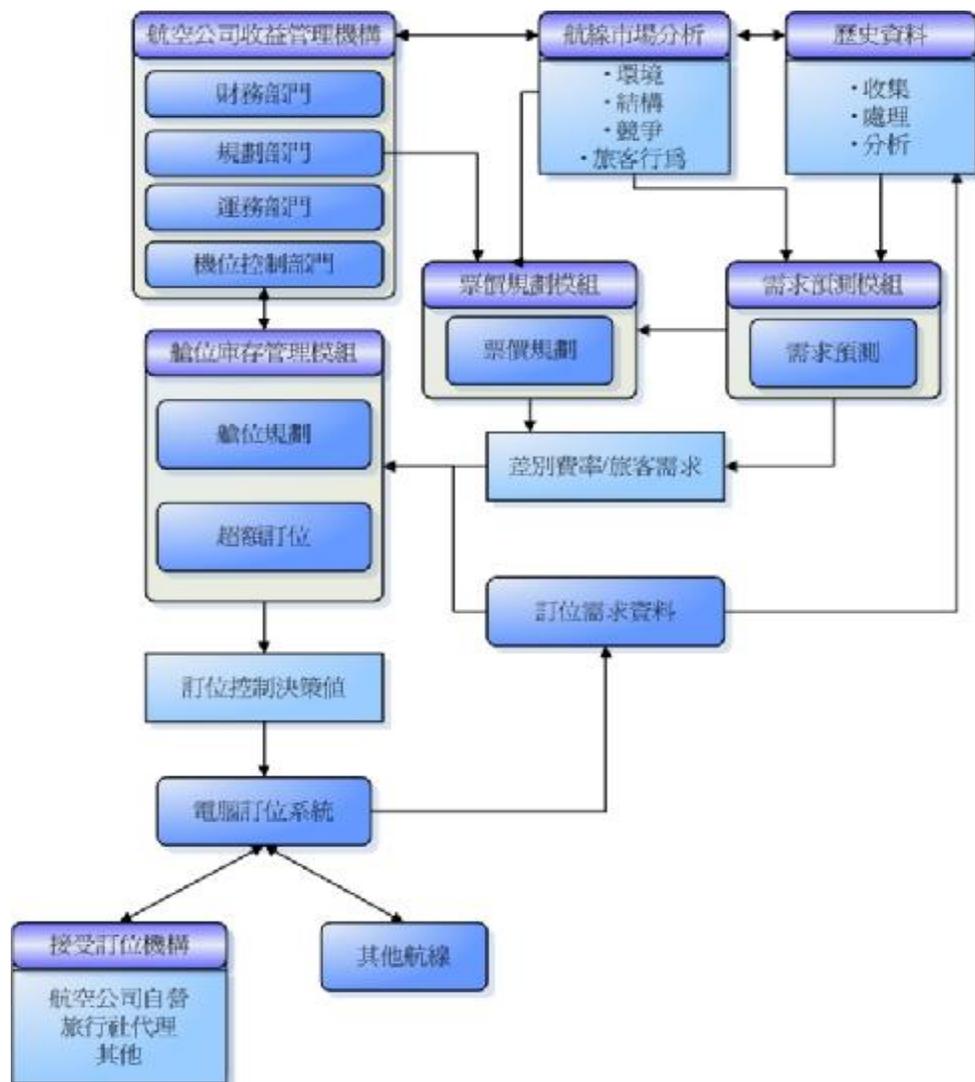


圖 4.1 航空公司收益管理系統示意圖

4.1 需求預測模組

由於收益管理系統的基礎為需求預測，主要透過了解與預期顧客行為，進而影響旅客購票決策。故本節將從旅客購票行為分析開始，說明需求預測重要性，並進行需求預測模組建構。

4.1.1 旅客購票行為分析

當旅客要求服務之訊息進入電腦訂位系統，航空公司得到旅客需求之資訊後，旅客訂位過程即展開如圖 3.1，其中依旅客選擇路徑之不同，過程中可能出現訂位、取消訂位與登機三階段。訂位要求是指旅客向航空公司預訂特定時間、起迄之旅運服務。這些訂位要求通常在班機起飛前數天、數週或數月前開始由旅客陸續提出，但是也有部分旅客可能在班機起飛日，直接到機場購票登機。

如果旅客所希望之航班及票價尚有空位，訂位即可被接受並經正常程序處理完成。因此，訂位可明確界定為接受特定日期，航班票種之空間要求。因為航空公司通常會售出較機位數更多的空間，以因應旅客於班機起飛前未出現或臨時取消訂位。因此，當總訂位數超過班機之座位數時，則稱為超額訂位（Overbooking）。換言之，如果無法取得特定航班之空間，則訂位要求就被拒絕。

當特定票價之空間滿額，往後之訂位要求將被拒絕。在此情形下，訂位代理機構通常會嘗試以其他票種或其他航班來容納此訂位要求。如果旅客接受該相同航班之不同票種，則其進行了一次訂位要求之垂直移轉。這種旅客因訂不到座位轉而購買更高票價票種之情形，稱之為垂直升等（Buy up）。如果旅客改換其他日期，其他航班，則對航空公司而言，其是進行水平移轉（Recapture）；當旅客選擇不搭機旅行，或改換其他航空公司時，則此潛在旅客就將流失（deviation），而不會為航空公司帶來任何收益。

在完成訂位後離起飛前數日或數週內，訂位有可能取消。其中旅客方面可能是因為其改變了旅行的計畫如旅行目的或行程等，在航空公司方面則是因旅客沒有遵照程序完成開票、付費或確認等動作。因此，航空公司班機起飛前一定時間內會進行訂位清倉，以提供座位給其他有需要之旅客。每家航空公司均規定旅客必須在登機前一定時間內報到辦理手續，否

則就不保證一定會預留座位。因此旅客訂位也有可能在登機前之最後幾分鐘為航空公司所取消。

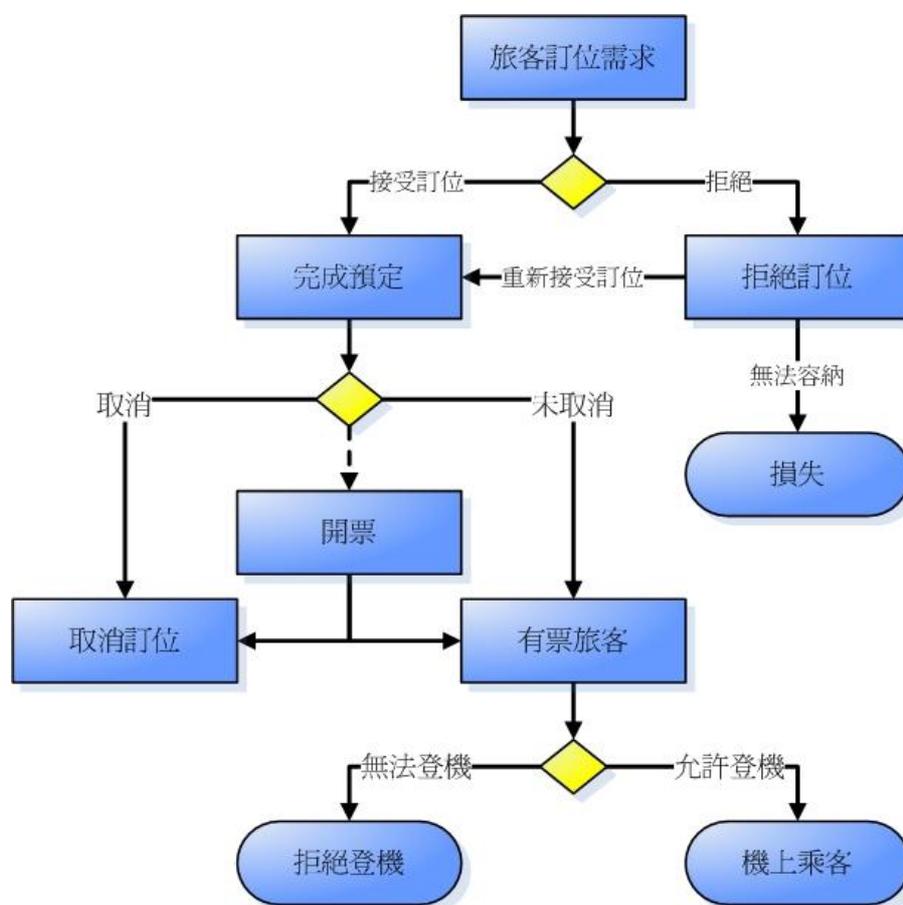


圖 4.2 旅客訂位過程圖

如果座位容量足夠，到達機場報到並持有訂位之旅客將被允許登機；已登機之旅客自然可在其所希望之特定日期、航班的班機上，獲得機位搭機離開。但航空公司亦可能超額售出座位，因此出現要求登機之旅客，可能超過實際座位數，在此情況下，某些旅客將被拒絕登機，對於被排除旅客，航空公司通常有一套補償作法，來彌補旅客損失及所造成的不便。

4.1.2 需求預測的意義與重要性

需求預測 (Demand forecasting) 是收益管理的基礎。由於採用航空機位產品時效性強，因此應盡可能的將機位在該班機起飛前銷售出去。但如果無法掌握需求狀況，在需求較高的情況下，將機位以低價售出將導致收益水平下降；在需求較低的情況下，在高價格上保留大量的機位將造成空

位起飛。準確的需求預測才能夠擬定最佳的票價結構，決定各艙位之配置和超額訂位的層次。而且良好的需求預測，才能讓航空公司配合需求調整供給。航空業為了避免將所有座位都賣給低票價乘客，導致高價值顧客流失，必須針對各艙等的需求分別建立預測模式。根據預測出來的各艙等需求，將座位保留給高價值的顧客。

旅客需求預測資料來源是經由歷史資料與電腦訂位系統所得之顧客預約資料來做處理。需求預測的結果，能作為費率結構最佳化與超額訂位的決策，是收益管理系統最重要的基礎。收益管理系統預測的項目，大約可分為以下幾種項目：

1. 不受限制的需求 (Unconstrained demand)：顧客因為訂位上限而失去了訂票的機會，故預測未受限制的需求能夠掌握真正的旅客需求。如果訂位人數到達訂位上限的時候，就必須預測未受限制的需求。
2. 實際訂位需求 (Booking)：必須能預測每一個階段的訂票人數。如果訂位人數沒有超過訂位上限，則預測實際需求即可。
3. 起飛時未報到 (No-show)：航空公司對預約旅客，在起飛之前尚未出現之旅客座位，通常都無法售出。所以必須針對此種情形做超額訂位的策略，以避免空位起飛的情形。
4. 取消率 (Cancellation rate)：顧客預訂座位而取消的機率，座位可再售出。
5. 現場購票人數 (Go-show or walk-up)：未預約訂票，但當天現場購買的旅客，通常會收取全額費用，其效益最大，所以要適度保留座位給這些當天買票的旅客。
6. 垂直升等或水平轉移旅客 (Buy up and recapture)：旅客被拒絕訂票，而購買更高票價票種之情形，稱為垂直升等 (Buy up)；如果旅客改換其他日期，其他航班，則對航空公司而言，則是進行水平移轉 (Recapture)；當旅客選擇不搭機，或改換其他航空公司時，則此潛在旅客就將流失 (Deviation)。上述各種情況必須各別預測其機率。
7. 需求分佈模式與旅客到達模式：研究旅客的需求與到達模式會符合哪種機率分配及到達隨機模式。
8. 另外預測的有季節性與星期特性需求、特殊事件需求、價格敏感需求波

動、不同訂位艙等之間彼此的需求相依性、路線往返需求、訂票多張需求、班次誤點旅客不搭乘之機率、團體需求等等。

Pölt (2002) 認為需求預測系統是收益管理的核心。他提出需求預測在收益管理系統是處於核心位置，需求預測的結果能夠作為費率結構最佳化與超額訂位的決策，是收益管理最重要的基礎。Talluri and Ryzin (2004) 也指出需求預測的好壞會影響到收益管理系統的運作，減少 20% 的預測誤差可以增加 1% 的總收益。

4.1.3 需求預測模組建構

收益管理預測大致要經過以下階段：收集歷史定位數據，解除數據限制 (Unconstrained data)，分析數據間之統計關係，建立預測方程式，解除航班數據限制，代入根據歷史數據得出的預測方程式中，求出預測結果並進行調整，如圖 4.2 所示，並對模組內的功能步驟，做進一步說明。

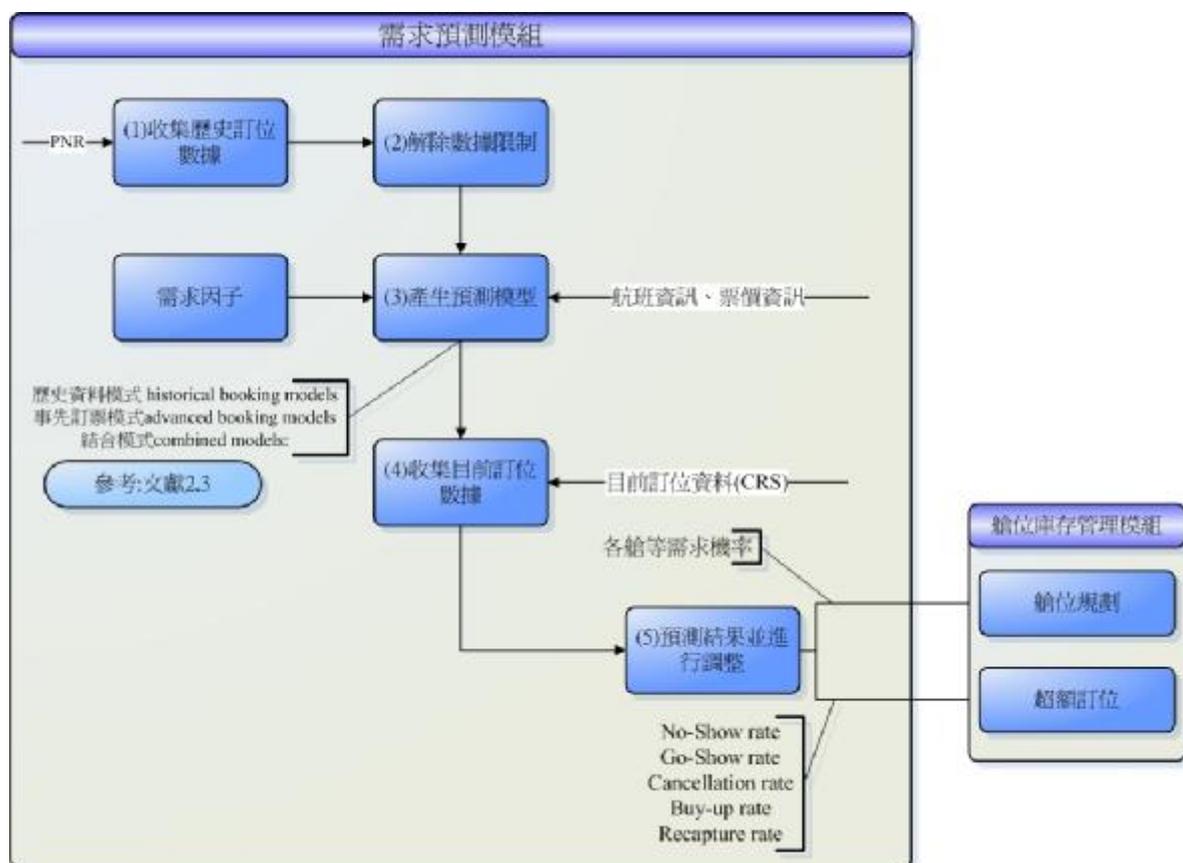


圖 4.3 需求預測模組示意圖

- (1) **收集歷史訂位數據**：訂位數據是收益管理決策所需要的主要數據。它遍及一個航班的整個訂位過程。訂位數據的收集通常開始於航班訂位之日，數據收集執行的時間被稱為數據收集點 DCP（Data Collecting Point），一般以距離航班起飛的天數來計算。
- (2) **解除數據限制（Unconstrained data）**：每架飛機都有容量限制，各個艙位等級的座位數也是固定的。當旅客人數大於所能提供的座位數時，則訂位系統關閉，一部分的旅客就會買不到票。訂位系統對這一部份“溢出”（Spill）的旅客沒有紀錄，因而無法完全真實反應旅客需求。只有當旅客人數小於所能提供的座位數時，訂位數據反應的才是真正的旅客需求。因此，預測部門進行需求預測時，必須經收集的歷史數據進行處理。
- (3) **分析數據產生預測模型**：一般而言，在同一季節的相同時段裡，每個等級的訂位人數呈一定的規律性、週期性與趨勢性。除非市場出現變化或有意外的情況發生，例如去年淡季的某個星期五和今年淡季的同一個星期五的旅客需求，應該有一定的對應性。收益管理的預測，即是透過電腦系統，把航班所有相關的資料收集起來，進行統計分析，計算出未來某一航班某一等級的旅客需求。

航空客運市場的旅客需求，受到許多複雜因素的影響，而且這些因素亦存在著交互影響的效果。此外，各因素對於不同市場的影響程度，亦常因各市場所具有的特性，而產生不同的效果。因此，在產生預測模型時，也必需考慮影響需求的因素。表 4.1 說明了各因素，對於航空市場需求的影響，分別說明如下：

表 4.1 影響航空市場旅客需求因素

因素分類	主要因子
旅客因素	個人可支配所得
	旅客目的
	旅客起訖
	旅程長短
	旅客時間價值
供給因素	票價費率
	班次數

	飛行時間
	搭乘方便性、準點性

資料來源：本研究整理

影響航空旅客需求的兩大主要因素，主要為票價費率及個人可支配所得。許多航空運輸成長快速的地區，主要是受到個人可支配所得大幅提升，使休閒旅遊支出增加的影響；旅客搭乘目的與時間價值，也是影響需求的因素。而航空運輸費率的降低，使得使用航空運輸的成本，相較於其他運具並不會明顯高出太多，相對低增加了航空運具的競爭能力，也使得航空運輸的需求量大幅增加。供給因素除了費率以外，其他如班次數、飛行時間，搭乘的方便性、準點性等，也都會影響需求。

除了上述旅客與供給因素外，經貿活動與社會環境因素也是影響需求的原因。航空需求常會受到景氣循環、經濟成長率及國際貿易活動等因素的影響，而國際貿易活動影響最明顯的就是商務旅次的增加。社會環境因素也是一個重要因素，因為它決定了休假天數及人民對於休閒旅行活動的態度。由以上的說明可以了解，影響航空旅客需求的因素極為廣泛。若再考慮期間因素的交互作用影響，則將增加問題的複雜度。

目前收益管理預測方法有很多，如指數平滑法、移動平均法、線性規劃等，也有部分學者引用類神經網路，貝式網路等。預測方法不同，但預測的過程大致相同，以下將預測方法分為三種模式，如表 4.2 所示：

表 4.2 預測方法模式分類表

模式分類	主要方法
歷史資料模式 (historical booking models) 利用歷史資料進行歷史的資料來 做模式構建。	指數平滑法(Exponential smoothing methods)
	移動平均法(moving average methods)
	線性迴歸模式(linear regression)
	時間序列模式(ARIMA time series methods)
	比例分析(Ratio Analysis)

	趨勢預測(Trend Projection)
事先訂票模式 advanced booking models 利用目前航班訂位資料進行模式 構建。	典型收集式模式(classical pickup)
	事先收集式模式(advanced pickup)
	事先收集式時間序列模式(time series of advanced booking models)
結合模式 combined models: 結合以上兩種模式	綜合歷史資料模式與事先預約模式之權重平均 (weighted average of historical and advanced booking forecasts)
	迴歸模式(regression methods)
	完全資訊結合模式(full information model)
	計量經濟分析(Econometrics)
	模擬分析 Simulation

資料來源：本研究整理

- (4) **收集目前訂位數據**：直接利用歷史數據中最終訂位數據，直接進行平均來預測是不正確的，因為忽略了航班起飛之前的收集點。因此，在預測過程中，必須考慮歷史定位數據和目前航班(非起飛航班)整個訂位過程中獲得的訂位。
- (5) **求出預測結果並進行調整**：透過以上步驟，求得航班各艙等的需求機率分配，以及基於旅客選擇行為下的需求資訊，提供艙位庫存管理模組使用。

一般而言，使用航班所有有用數據比只使用歷史數據預測效果好。當只知收集點的訂位數據預測最終訂位，過程操作簡單，優勢在於可利用目前航班最近的數據，在預測結果中反應最新訂位需求。這種預測方法在有大量的歷史數據時，應用的效果好；在擁有較少歷史數據時，也可以時間預測效果，並且每獲取一個有效的數據，都有利於增加預測的穩定性和準確性。

4.2 票價規劃模組

4.2.1 票價規劃的意義與重要性

票價規劃包括訂價管理 (Price management) 與產品區隔 (Product differentiation) 兩大部分。航空公司在了解市場環境，依據所選定的區隔變數區隔市場，並選定目標顧客後，接著必須提供適當的產品。定價與公司的產品規劃息息相關。一項產品的價格會影響消費者對產品屬性的感受，例如航空公司頭等、商務及經濟艙的旅客所享用的設施、餐飲及服務等截然不同，旅客的知覺價值 (Perceived value) 也是不同，這些產品的規劃也造成單位成本不同，而訂定不同的票價。票價的訂定除了反應公司的成本，也需顧慮消費者的反應。漲價幅度過大，可能迫使消費者轉而使用其他運具，發生旅客流失 (Deviation)；票價折扣過大，則會使原有高收益的旅客利用折扣票，造成營收稀釋 (Revenue dilution) 的現象。因此了解目標顧客的價格彈性，對於定價將有莫大助益。再者，定價必須考慮競爭者的反應，進行競爭者分析。當降低價格時，是否會引起競爭者也跟進，而釀成價格戰，破壞市場的票價結構，需要事前審慎評估。

對於相同航班上的座位，航空公司根據提前訂票天數，目的停留天數等限制條件，可以劃分成多個不同等級的座位，對於每個等級的座位定以不同的價格。定價的主要三個關鍵問題：一、是如何確定各種限制條件或其組合程度，使達到將總需求劃分成相互獨立的子需求？二、是如何根據旅客對各種限制條件的敏感程度確定價格？三、如何隨著時間改變價格，使達到收益或利潤最大化？

航空公司應用差別訂價 (Price discrimination) 的原則決定票價。差別訂價是以相同資源在邊際成本之上，對不同旅客收取不同的票價，以吸取消費者剩餘。在經濟學研究中，差別訂價共分有三種型態，其中第一程度之差別訂價，是假設航空公司能完全分辨並區隔每一位潛在旅客，迫使其對產品付出其願意付出的最大金額。因此，航空公司可獲得最大利潤並且無任何消費者剩餘存在。因需對不同旅客收取不同票價，故在過去實務作業上並不可行，其分析僅能代表航空公司所能獲得利潤的上限。惟未來電子商務發展成熟之後，透過網際網路之競標與雙向議價，第一類之差別定價極有可能實施，且在市場行銷中佔有相當程度的比例。

第二級差別訂價又稱自我選擇 (Self-selecting)，是經由旅客自發性之

購票行為，來分辨其願意付出的金額。例如商務旅客通常願意償付較高金額來選擇限制較少的產品，以滿足其希望保有旅行彈性之偏好。此類差別訂價為目前航空業界最主要的產品規劃方法，其實施成效則視航空公司是否有能力掌握客群間相對敏感度，設計出不同產品結構，強迫旅客按其願付之金額自行區隔而定。

第三級差別訂價又稱指標分類 (Index sorting)，是以外在特性來分辨旅客償付意願，並據以進行事前之區隔。例如學生與老年人通常被分類為屬低票價且具有旅行彈性之族群。此外，銷售點、來回票、親子同行、特定年齡限制等之控制亦屬此類。由於這些分類多屬於概略性、原則性之事先分類，在應用上過於粗略，且未考量旅行者目的及所得水準等特性，因此若規劃不當常會造成收益減少。由於第二、三程度差別定價間，彼此並不衝突，在產品規劃上常合併使用。

良好之差別訂價，必需與旅客行為表現相關、易於觀察及量測、能以行銷方案實施等為要件。航空公司若能以價格敏感性、偏好結構等旅客行為差異為基礎，建立旅客自我選擇分類模型，藉以界定區隔對象及標準，並將旅客認知之效用差異轉換為價格區別，則經由飛航服務對旅客所產生之效用分析，可定義營運上可運用之產品區別方式，並規劃出多重票價之產品結構。

所謂的產品區隔 (Product differentiation)，是指將限制條件附加在不同票價產品結構中，協助進行第二、三級之差別訂價，並防止旅客發生垂直移轉之購票行為。產品區隔常使用之限制條件種類包括：

1. 地區限制：國別、銷售點。
2. 旅客特性限制：年齡、職業、隸屬團體等。
3. 時間限制：使用期限、限制離峰時間、提前購票限制等。
4. 旅程限制：來回票、限制必要轉接、最短停留時間等。
5. 服務限制：取消訂位或改變行程罰金、優先劃位、客艙服務等。
6. 容量限制：各票價分級之訂位限額。
7. 包裹購買限制：套裝行程、團體訂票
8. 常客業務：老顧客回饋、累積積點優惠。
9. 銷售管道：航空公司、旅行社、網路。

價格是所有影響航空需求中，最複雜、瞬變的因素，且受競爭的影響。基本上它是一個「旅客旅程價值」的量化項目。收益管理的差別定價策略，是基於市場區隔的存在，即根據消費者需求的多樣性，以及不同時刻消費者對產品價值認同的差異，將產品或服務設定在不同價格水準上。若以商務旅客為主的航班，旅客對時間、服務較價格更為敏感；旅遊旺季上，對價格比較敏感是休閒旅客佔多數。透過差別定價，可滿足不同價格彈性之消費者對產品的需求，使收益達到最大化。

4.2.2 票價規劃模組建構

收益管理之票價產品規劃，大致要經過以下階段：利用航線市場分析所得之定價因子，進行產品基本價格設計，再利用不同的限制條件將產品區隔，依不同的產品屬性進行差別定價，最後考慮競爭者反應管理定價過程，制定出最適票價費率。如圖 4.2 所示，並對模組內的功能步驟，做進一步說明。

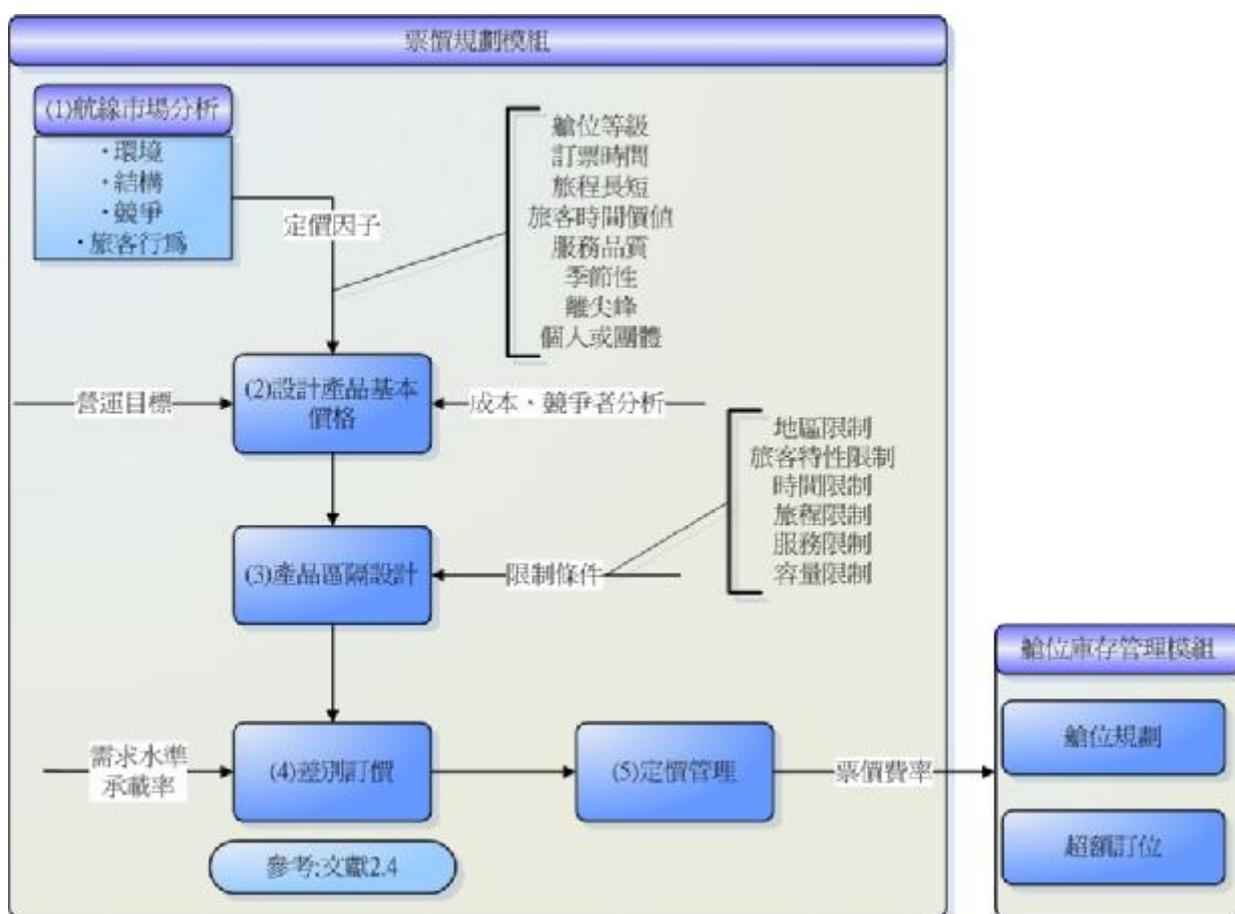


圖 4.4 票價規劃模組示意圖

- (1) **市場分析調查**：票價產品規劃須先進行市場調查分析，瞭解不同旅客對相同資源所願償付之價格水準。票價產品規劃的定價因子，如表 4.3 所示：

表 4.3 票價產品規劃之定價因素

因素分類	主要因子
旅客因素	旅程長短
	旅客時間價值
	個人或團體
	訂票時間
供給因素	艙位等級
	離尖峰
	服務品質
	季節性

資料來源：本研究整理

- (2) **設計產品基本價格**：設計產品基本價格需考量營運目標、價格與銷售量關係與成本等三項因素，並考慮產業競爭者分析。
- (3) **產品區隔設計**：所謂產品區隔 (product differentiation) 是指依旅客特性及選擇行為，規劃設計不同之票價產品，以進行第二、三程度之差別訂價並防止旅客發生垂直移轉之購票行為，因此其必須要將能自動區分旅客特性之機制，以限制條件方式附加於不同之票價產品結構中。
- (4) **差別訂價**：差別訂價是以旅客身分以及時間為分類的基礎，針對不同顧客群體提供特惠票價 (Preferential fares)；按照搭機時間不同，訂定不同票價，稱為彈性票價 (Flexible pricing)。乘載率與需求水準需要精確估計，其與價格的關係是進行差別定價策略中重要的決策基礎。
- (5) **定價管理**：針對票價銷售的直接通路 (Direct channels) 與間接通路 (Indirect channels) 進行票價控管。

票價規劃模組最重要的功能，是決定不同旅客在不同時間下之最佳票價結構。航空定價是動態的過程，必須考慮許多內在因素，同時，也受到許多外在因素的影響，必須依據顧客需求的多樣性及不同時刻顧客對於產品價值認同的差異，將產品設定為不同價格。

4.3 艙位庫存管理模組

在艙位庫存管理上，是將艙位做最有效的運用。對航空公司而言，這是可以完全掌握的。本研究將艙位庫存管理分為艙位規劃與超額訂位兩大部分，本節將針對其對收益管理的意義與重要性做進一步分析，並針對這兩大部分進行模組之建構。

4.3.1 艙位規劃

1. 艙位規劃的意義與重要性

艙位規劃是指旅客對某班次之機位需求超過班機容量時，將某一航班之艙位空間做最有效的管理。藉由決定接受或拒絕進入訂位系統之訂位要求，來取得最大的期望收益。基本上，艙位規劃問題的產生，係由於在同一個機位，可以有不同費率等級的訂位。因此，如何分配一班機上不同費率等級的訂位人數，成為艙位規劃的主要問題。

當旅客對於某航線班的需求量大於該班機的機位容量時，適當的艙位規劃可以有效的提升航線的效益。但如果因配置的數量不當，再加上控制策略適應需求變化之能力有限，則航空公司仍然會造成航線收益不符成本，甚至有空位起飛的情形發生。根據 Smith et al. (1992) 的估計，美國航空 (American Airlines) 在 1989 年對於艙位規劃的有效控制，帶來的收益高達 4.5~5 億美元；而聯合航空 (United Airlines) 所帶來的淨收益也高達 1~2 億美元。由此可見，適當的艙位規劃對效益的重要性。

2. 艙位規劃模組建構

艙位規劃大致要經過以下階段：首先，依據歷史數據分析需求種類與重疊情形，進行初始艙位配置；再依照不同艙位控制方式，進行最佳化座位配置與訂位限額設定；當接受到訂位需求後，由不同控制機制判斷是否接受訂位。如圖 4.3 所示，以下對模組內的功能步驟，做進一步說明：

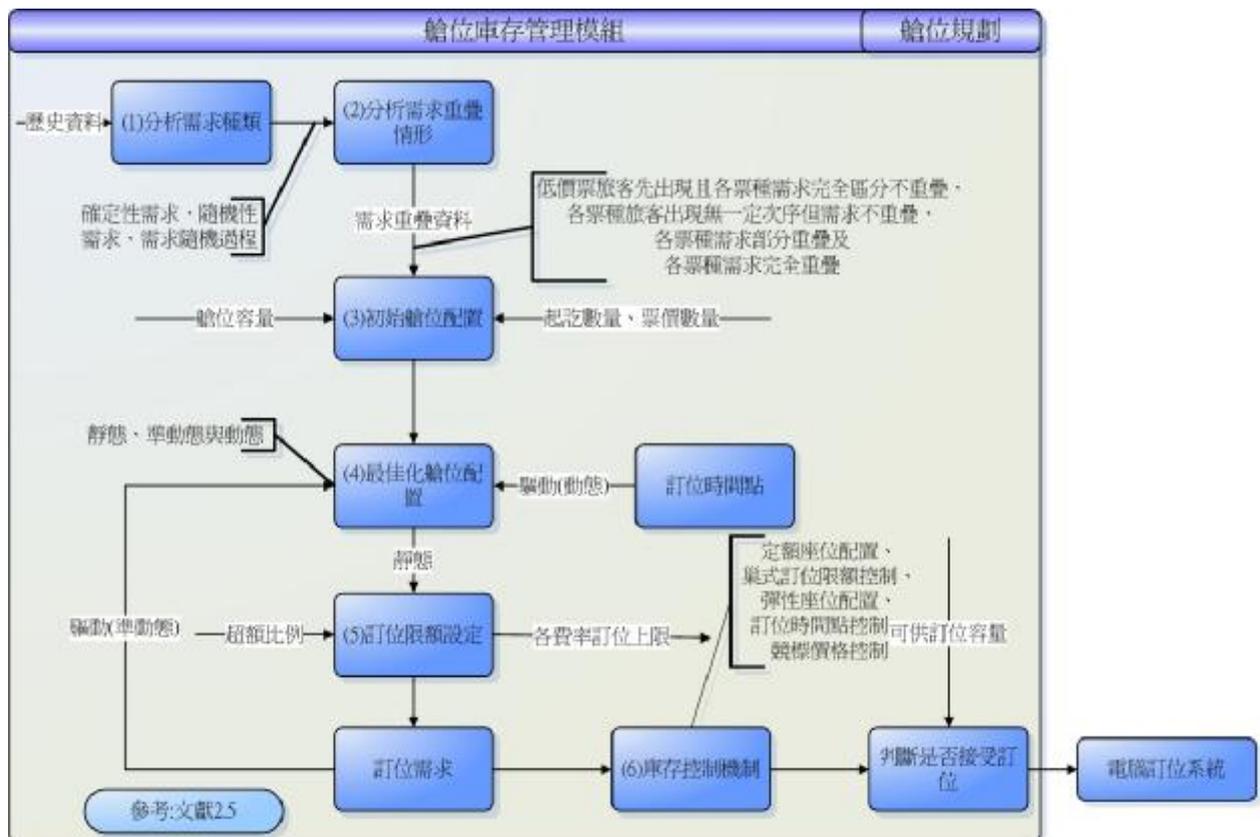


圖 4.5 艙位庫存管理模組—艙位規劃示意圖

- (1) **分析需求種類**：旅客需求可分成確定性需求、隨機性需求與需求隨機過程等三類。確定性需求不必考慮需求變異，因此直接引用歷史資料之平均數。隨機需求則需要知道需求的機率分佈，所以又分成連續型之需求機率分佈與離散型之需求機率分佈。訂位需求預測中所使用的需求分配，必須配合系統之需要與假設。
- (2) **需求重疊情形**：各票種旅客出現先後次序，會影響座位資源之期望收益。當使用隨機性需求時，由於缺乏旅客出現次序之資訊，因此分別產生低價票旅客先出現，且各票種需求完全區分不重疊、各票種旅客出現無一定次序但需求不重疊、各票種需求部分重疊及各票種需求完全重疊等四種假設情形。
- (3) **初始艙位配置**：將票價規劃模組所產出之票種數量，以及航線中的起迄數量列入考慮，依照機位容量分配不同票價等級之座位數。
- (4) **最佳化艙位配置**：艙位管理問題有靜態、動態與準動態之分，其癥結在於是在需求發生前進行最佳化或是俟需求出現後再進行最佳化運算。以下將分別進行說明：

- a. 靜態：靜態之事前最佳化，依需求歷史資料推算最佳座位分配與設定訂位限額。
- b. 動態：則是將訂位期間劃分成許多時點，航空公司依實際訂位情形於部分時點分別進行最佳化訂位限額之推定，稱之為動態控制。
- c. 準動態：一開始利用過去資料設定限額，隨後在訂位過程中俟需求出現後，再重新進行最佳化座位配置與訂位限額設定。

- (5) **訂位限額設定**：透過以上三種不同的模式，並考慮超額訂位模組所決定出之超額比例，制定出各票價費率的訂位上限。
- (6) **庫存控制機制**：因應需求之不確定性，訂位控制機制的約略分成：定額座位配置、巢式訂位限額控制、彈性座位配置、訂位時間點控制以及競標價格控制。各種控制方法均是以歷史訂位資料作為參考基準，事先並計算各種控制參數值，供訂位期間旅客需求出現時，進行是否接受訂位決策之用。(可參考文獻 2.5)

艙位規劃模組最重要的功能為，當訂位期間旅客需求出現時，判斷是否接受訂位之決策。透過超額訂位模組所決定出之超額比例，將取消訂位與未報到等情況納入考慮，避免各費率之期望收益被高估，而造成艙位配置上的偏誤。此模組提供最佳的艙位配置數與訂位限額，幫助機位控制員避免以經驗法則造成之錯誤決策。

4.3.2 超額訂位

1. 超額訂位的意義與重要性

超額訂位是指在某班次之機位需求超過機位容量時，為了避免因為已訂位旅客之取消訂位或起飛時未報到，而造成空位起飛的損失所採取的措施。亦即採取接受比座位容量更多的訂位要求，以期與取消訂位或起飛時未報到的旅客數目相抵，使運具在出發後達到滿載，而能提高營收與利潤。這就是航空公司採用超額訂位的原因。

當旅客對於某航線班次的需求量大於該班機的機位容量時，採用超額訂位的措施，必然可以減少該班次空位起飛的機率。但是，如果所接受的

訂位數太高，超過旅客取消及起飛未報到的旅客數目，則雖然可以避免空位起飛的情況，但航空公司卻必須付出超賣成本。所以如何透過對超額訂位數的良好控制，使航空公司既能避免空位起飛，又不需因超賣而付出額外的成本，以獲取最大利潤，是收益管理系統非常重要的功能。

根據 Smith et al. (1992) 以美國航空 (American Airlines) 為研究對象的報告指出，航空公司若不實行超額訂位，則在訂位需求超過機位容量的班機中，估計每班機會有 15% 的座位成為空位起飛。而若透過對超額訂位的良好控制，則平均可以將空位起飛的比率降至 3%，同時可以帶來高達 2.5 億美元的收益，在扣除因機位超賣所造成的成本後，淨收益也高達 2.25 億美元。超額訂位的重要性不言可喻。

影響航班超額因素

- (1) 基本因素：機位容量、No-show 比例及訂位取消比例等。飛機的容量是影響機票預期銷售量的最直接因素。超額訂位是為了避免空位起飛。訂位取消比例和 No-show 比例也是影響超額數量的重要因素。常用的方法是統計以往類似航班的這兩種比例，來推算超額數量的期望值。目前的訂位狀況也常在超額數量預測模型中出現，其方法是對以往銷售情況進行相關分析，依據目前訂位情況判斷可能的市場情況。
- (2) 旅客因素：旅客目的、個別旅客或團體、旅客對於超額的態度等。旅客目的大致可分為商務旅次與休閒旅客，一般來說商務旅次居多時，No-show 率較低，且商務旅次時間價值高，一旦出現拒絕登機 (Denied Boarding)，支付的賠償金額不見得能解決問題。如果團體旅客居多，超額比例可適當降低。不同群體的旅客對與超售的認可度不同。
- (3) 成本因素：超賣成本 (Over-sale cost)、空位損失成本 (Spoil Cost) 及商譽成本。如何在發生機位超賣時的成本與空位起飛損失的機會成本間取捨，以及決策者對於商譽成本的重視程度，都是影響超額比例的因素。
- (4) 其他因素：季節性因素、航線因素等。銷售淡季、冷門航線航班等可以相對提高超額比例。

2. 超額訂位模組建構

超額訂位模組主要功能是決定出最佳超額比例。所謂超額比例，是將

一個班次開始接受訂位的時間分割為數個階段，每個階段的時間並不相同，而是隨著起飛時間縮短。每一段期間對應一個超額訂位比例值，越接近起飛時間，超額訂位比例值越低。

超額比率訂定首先，將班機實際座位數加上訂位取消數即為艙位虛擬運量，再把空位成本 (Spoil cost) 和超賣成本 (Oversale cost) 予以定量化。然後根據需求和無法登機等的機率分布，分別計算這兩種損失在不同超額比例下的變化情況。當這兩種損失達到平衡時，得到的超額量就是一個最佳值。如圖 4.2 所示，並對模組內的功能步驟，做進一步說明。

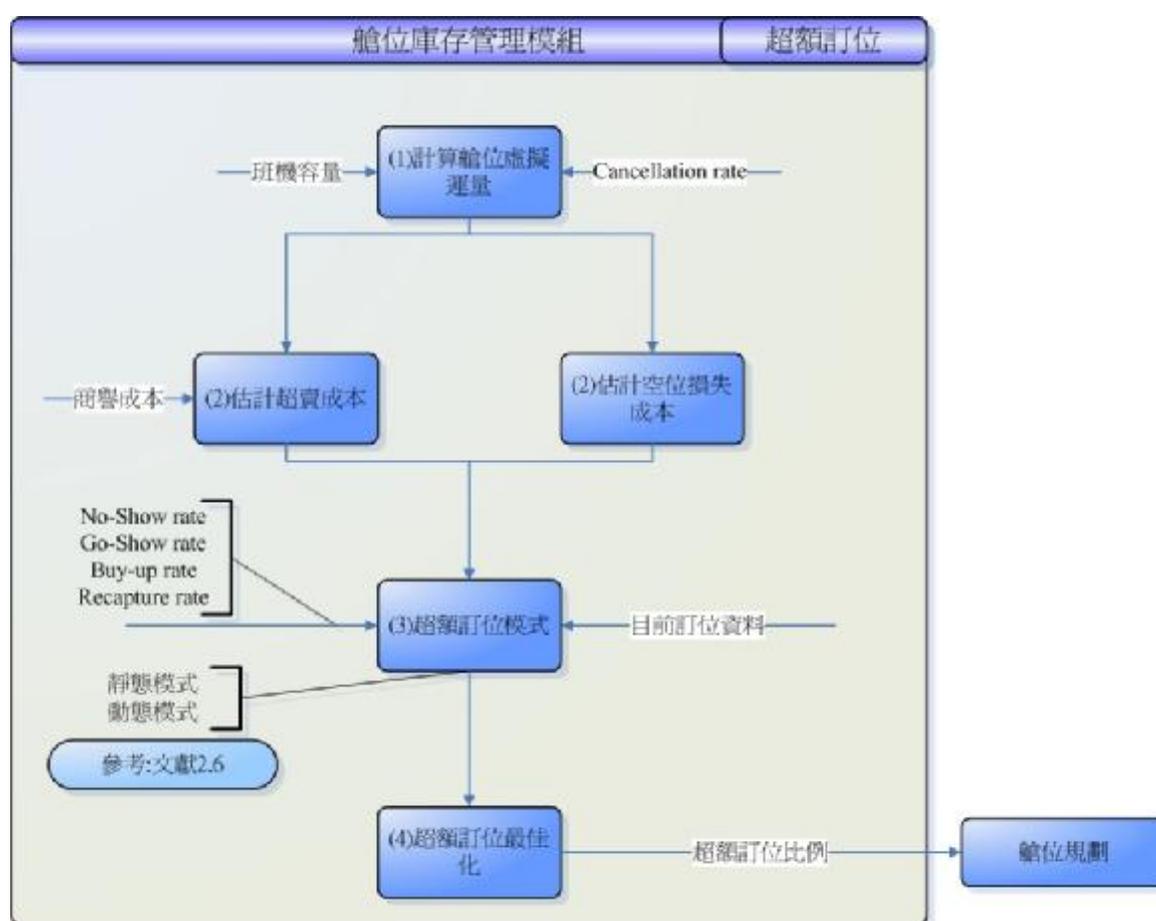


圖 4.6 艙位庫存管理模組—超額訂位示意圖

- (1) **計算艙位虛擬運量**：為了避免空位起飛的情況，需設定超過機位容量之虛擬運量。基本上將班機實際座位容量數加上訂位取消數即為艙位虛擬運量。
- (2) **估計超賣成本與空位損失成本**：當航空公司所接受的訂位數超過虛擬運

量時，亦即已訂位旅客到機場報到的數目，超過班機的座位數，便發生機位超賣（Oversells）情形。需要估計空位損失成本(Spoil Cost)和發生超賣時的成本函數予以定量化。超賣成本可分為有形成本及無形的商譽成本，有形成本例如安排旅客搭乘最近的班機前往目的地，並給予搭機折扣補償。

- (3) **超額訂位模式**：可分為靜態模式和動態模式兩種，靜態模式不考慮取消率和新訂位需求隨時間的動態變化。動態模式考慮顧客到達、取消與庫存控制決策隨時間變化的情形(可參考文獻 2.6)。
- (4) **超額訂位最佳化**：系統決定出超額比例除了提供輔助及參考，另外可以由機位控制員依據過去經驗來對超額比例進行微調，決定出最佳超額比例。最後所決定出之最佳超額比例，將提供艙位規劃設定訂位限額時的參考依據。

4.3.3 小結

艙位庫存管理主要功能是依照班機容量進行最佳艙位配置，再由超額訂位模組所決定出之超額比例，讓系統設定最佳訂位限額。當訂位期間旅客需求出現時，作為判斷是否接受訂位之依據。此模組可以幫助機位控制員避免以經驗法則造成之錯誤決策，也能由機位控制員依據過去經驗來進行微調。

第五章 結論與未來研究方向

5.1 結論

經過近 20 年的發展與改善，收益管理已成為世界上許多航空公司一項重要的決策輔助工具。收益管理的運用，不僅使航空公司收益獲得成長並給傳統的營銷方式帶來良性衝擊，進而提高航空公司的經營管理水準。

本研究最主要的目的是藉統合過去對收益管理問題的研究方法與成果，建構出整合型收益管理系統。其中結合需求預測、票價規劃、艙位規劃與超額訂位控制，依照需求市場因素的變化，系統化制定出更趨近市場需求的定價方式，提高預測的穩定性和準確性，將艙位資源作最有效率分配，提高獲利能力。以下將說明本研究中各系統模組之結論：

1. 需求預測模組

需求預測模組是收益管理系統的核心。系統收集訂位數據，將旅客需求因素與航空公司供給因素納入模組中，透過需求預測模式制定出各艙等需求機率分配、取消率（Cancellation Rate）與起飛未報到機率（No-show Probability）等，輸出給艙位庫存管理模組使用。

2. 票價規劃模組

票價規劃最重要的功能，是提供差別定價，決定不同旅客在不同時間下之最佳票價結構，滿足不同特性旅客的需求，同時提高航班乘載率；長期而言，對旅客與航空公司都是有利的。票價訂定是動態的過程，必須考慮許多內在因素如營運目標、成本等，同時也受到許多外在因素如競爭者的影響，透過票價規劃模組進行產品區格設計，依據顧客需求的多樣性及不同時刻顧客對於產品價值認同的差異，將票價產品設定最適價格。

3. 艙位庫存管理模組

艙位庫存管理模組分為艙位規劃與超額訂位控制兩大部分，艙位規劃主要功能是依照班機容量進行最佳艙位配置，再由超額訂位模組所決定出之超額比例，讓系統設定最佳訂位限額；當訂位期間旅客需求出現時，作為判斷是否接受訂位之依據。此模組可以幫助機位控制員避免以經驗法則造成之錯誤決策，也能由機位控制員依據過去經驗來進行微調。

5.2 建議

藉由本研究所發展之各系統模組原型，可對往後深究各模組作為基礎或開發依據。以下針對往後系統深入研究開發，提出幾點建議：

1. 網路模型

網路模型包括網路存量控制和網路動態定價模型，網路機位庫存管理雖然在理論上建立了比較合理的隨機動態規劃（Stochastic Dynamic Programming）模型，但其求解難度大，求解速度也達不到應用上的要求。近來許多學者分別提出了各種近似模型或演算法，但都還不夠完善，並且很少考慮到超額訂位、乘客選擇行為和團體訂位情況等（De Boer et al. (2002)、Feng and Xiao (2001)、Talluri (2001)）。網路動態定價問題，以及動態定價和存量控制的聯合網路模型的研究較少。現有的網路模型主要是針對可替代產品，對於組合產品的網路收益管理有實用價值的研究成果還非常少。網路收益管理在理論和算法研究方面都還有待深入探討。這主要還有賴於最佳化理論的新發展。

2. 競爭模型

傳統的收益管理不考慮同業競爭問題。一般是把航空公司看作是壟斷經營者，在所用的拍賣機制下也只是公司跟顧客之間的賽局，並沒有考慮到各公司之間的競爭。然而，將競爭因素導入收益管理的研究中，是必然的發展趨勢。考慮競爭因素主要是運用賽局理論的相關知識。在收益管理中引入競爭因素，是更複雜也更有實際意義的研究問題。有如將一個公司垂直航班的可替代性和不同公司之間平行航班的競爭性相結合，分析公司的最佳收益管理均衡策略。

3. 動態拍賣

在收益管理中運用了拍賣（Auction）理論，提供了另一種方法，動態地調整價格。Eso and Watson (2001)提出循環的秘密競標（Sealed-bid）拍賣模式，來處理航空產業過剩的機位資源。近年來，隨著網際網路的發展，線上拍賣機制成為銷售易逝性產品庫存過剩的主要銷售管道。學者開始將拍賣理論應用到不同產業的收益管理中。但這方面的研究還處於起步階段，收益管理中的拍賣與一般拍賣的不同之處，在於它要求根據存量和需求狀況設計動態的多期拍賣機制。現有拍

賣機制中少有考慮群體預訂的情況，也無考慮顧客在可替代產品之間的選擇行為。拍賣方和競標方都是風險中性的，風險規避下的拍賣機制有待研究。

4. 策略聯盟

策略聯盟(Strategic alliances)是國外航空業中出現的新產物。航空公司藉由聯盟擴展彼此的航線網路，不需要巨額投資就能提供附加航線增加收益。其中班號共用(Code-sharing)為成長最快的聯盟方式。所謂「班號共用」是指航空公司將其班次掛在另一個航空公司飛航的航段上，如此，航空公司即可推銷此一航段，就如同由自己實際飛航般。最近策略聯盟逐漸受到學術理論界的重視。策略聯盟在理論上需要做研究的是，如何在聯盟內成員間建立資源共享機制，以及如何分配班號共用航班的收益問題。Vinod (2005) 針對班號共用問題提出較具系統化的理論分析。策略聯盟下的收益管理問題比一個公司內部網絡產品的收益管理更加複雜。在聯盟中既要防止同謀，又要考慮競爭因素，如何建立聯盟內部的最佳協調機制是有待解決的問題。

5. 風險管理

現今的收益管理模型都以追求產品期望收入最大化為目標。這使不確定性情況下的收入與確定性情況下的收入沒有區別。但由於資訊的不完全，不可避免的預測誤差以及市場投機行為存在等原因，使得實際收益必然與理論的期望結果有一定差距。另外，傳統的收益管理模型均假設所有的個體具有相同風險偏好，即為風險中性。事實上，收入管理中廣泛使用的基於需求數量的價格折扣政策，恰與風險中性模型的若干基本結論相悖。因此，不考慮風險因素的收益管理研究在理論和實踐上都存在缺陷。Feng and Xiao (1999) 提出，透過在目標函數中引入風險因子來考慮風險偏好的定價模型，並指出了最佳定價策略與顧客風險厭惡程度的關係。

在執行收益管理系統的過程中，各種風險因素會阻礙系統執行成效，因此評估風險是一個重要任務。在收益管理中，市場需求風險是最普遍和最常見的風險。它來自於航空運輸市場上航空公司和旅客雙方供需不平衡引起的波動。這種波動使得航空公司在航班起飛時得不到收益管理決策所預期的收益。除了市場需求風險外收益管理中還存在的風險

有輸入數據質量差、需求預測精度低於預期、運算時間過長等等。因此，收益管理的風險分析不管是在理論上或實際系統建構上，都是一個值得研究的方向。

6. 消費者選擇模式研究

消費者行為充滿不確定性，需要有系統地了解、解釋及預測消費者的行文。傳統收益管理是假設顧客對某種等級產品的需求，完全獨立於航空公司的銷售策略。這與現實不符合，假設航空公司賣一張高價票的可能性，相依於在同一時刻是否有一張折扣票會賣出去，並且，顧客買的可能性相依於是否有最低票價等級。顯然，消費者行為對航空公司的決策有著很重要的影響，應該在建立模型時將旅客選擇行為考慮進去。如何應用這類選擇模式更好地解決收益管理問題，是收益管理今後研究的趨勢之一。

7. 強化旅客溝通

電子商務創造航空公司與旅客間之互動，未來透過網路協商或競價之銷售方式，使航空公司可進行第一程度之差別定價，擷取所有的消費者剩餘，相對的，旅客亦可用標價或集體議價之方式壓低票價，所以交易時會產生議價成本；若航空公司反應過慢，不但會喪失許多商機，且會影響公司聲譽。

8. 收益管理系統與其他資訊系統間之整合

收益管理系統和航空公司其它關鍵領域有著緊密的依賴關係，如訂位系統、離場管制系統、財務會計系統、機隊規劃與航線排班等。因此，多系統的整合成了發展收益管理的基礎建設。特別是隨著全球訂位系統和電子商務系統的建設，系統整合已成了企業極待解決的難題，是航空公司的目標，也是資訊公司的挑戰。

5.3 未來研究方向

根據本研究成果歸納出幾項值得探討的未來研究方向，分述如下：

1. 可將本研究成果之整合型收益管理系統擴展應用到其他服務產業，如租車、飯店業等。
2. 本研究侷於人力與時間之限制，未能對收益管理系統進行系統設計，並

驗證系統績效。未來收益管理系統設計與系統績效驗證，相當值得進一步研究。

3. 以本研究進行之收益管理系統建構分析為基礎，依照每個模組之原型，進行系統設計開發，發展出收益管理系統實體雛型。
4. 針對需求預測問題、超額訂位控制與網路機位庫存管理問題進行深入探討，以期發展出更具實用性之新方法。
5. 將上述幾點建議納入收益管理問題中，將收益管理理論與方法進一步擴展。

參考文獻

- [1] 石豐宇、郭維杰，「多席訂位與多重行程之動態艙位規劃分析」，運輸計劃季刊，卷28，565-592頁，民國八十八年。
- [2] 石豐宇、黃瑞財，「以非均質卜桑過程建構多席航空訂位需求預測」，運輸計畫季刊，卷28，665-680頁，民國八十五年。
- [3] 陳昭宏、張有恆，「航空公司動態營收管理策略模式之研究」，運輸計劃季刊，卷28，593-608頁，民國八十八年。
- [4] 顏上堯、陳茂南，「航空公司網路機位庫存管理－混合共用容量控制策略」，運輸計劃季刊，卷29，53-78頁，民國八十九年。
- [5] Anjos, M.F., Cheng, R.C.H. and Currie, C.S.M., “Maximizing Revenue in The Airline Industry Under One-way Pricing”, *Journal of the Operational Research Society*, Vol.55, 535–541, 2004.
- [6] Alstrup, J., Andersson, S. E., Boas, S., Madse, O. B., and Vidal, R. V., “Booking Control Increases Profit at Scandinavian Airlines”, *Interfaces*, Vol.19, no.4, 10–19, 1989.
- [7] Beckmenn, M. J., “Decision and Team Problem in Airline Reservatons,” *Econometrica*, Vol. 26, 134–145, 1958.
- [8] Belababa, P. P. “Airline Yield Management: An Overview of Seat Inventory Control”, *Transportation Science*, Vol. 21, no. 2, 63–73, 1987.
- [9] Bertsimas, D. and De Boer, S., “Simulation-Based Booking Limits for Airline Revenue Management”, *Operations Research* 53, no.1, 90–106, 2005.
- [10] Bertsimas, D. and Popescu, I., “Revenue Management in a Dynamic Network Environment”, *Transportation Science* 37, no.3, 257–277, 2003.
- [11] Bhatia, A.V. and Parekh, S.C., “Optimal Allocation of Seat by Fare”, AGIFORS Reservations and Yield Management Study Group, 1973.
- [12] Bitran G. and Monschein S., “Periodic Pricing of Seasonal Product in Retailing”, *Management Science*, Vol.43, 427–443, 1997.
- [13] Bodily, S. E., and Pfeifer P. E., “Overbooking Decision Rules,” *Omega*, Vol.20, 129–133, 1992.
- [14] Bodily, S. and Weatherford, L., “Perishable Asset Revenue Management: Generic and Multiple-Price Yield Management with Diversion”, *Omega*, Vol.23, 173–185, 1995.
- [15] Boyd, E.A., “Airline Alliance Revenue Management”, *OR/MS Today*, Vol.25, 28–31, 1998
- [16] Brumelle S. and McGill J., “Airline Seat Allocation with Multiple Nested Fare Classes,” *Operations Research*, Vol.41, 127–137, 1993.
- [17] Buhr, J., “Optimal Sales Limit for 2-sector Flights,” AGIFORS Symp., Proc. 22, 291–303, 1982.

- [18] Chatwin, R.E., “Multiperiod Airline Overbooking with A Single Fare Class”, *Operations Research*, Vol.46, 805–819, 1998.
- [19] Coughlan, J., “Airline Overbooking in The Multi-class Case”, *Journal of the Operational Research Society*, Vol.50, 1098–1103, 1999.
- [20] Curry, B. E., “Optimal Airline Seat Allocation with Fare Classes Nested by Origins and Destinations”, *Transportation Science*, Vol.24, no. 3, 193–204, 1990.
- [21] Curry, R.E., “A Market-level Pricing Model for Airlines,” *International Journal of Services Technology and Management*, Vol.2, 173–185, 2001.
- [22] Davis, P., “Airline Ties Profitability Yield to Management”, *SIAM News*, Vol.27, no.5, 1994.
- [23] De Boer, S. V., Freling, R. and Piersma, N., “Mathematical Programming for Network Revenue Management Revisited”, *European Journal of Operational Research*, Vol.137, 72–92, 2002.
- [24] Dror, M., Trudeau, P. and Ladany, S.P., “Network Models for Seat Allocation on Flights”, *Transportation Research*, Vol.22B, 1988.
- [25] D’sylva, E., “O and D Seat Assignment to Maximize Expected Revenue”, Unpublished Internal Report, Boeing Commercial Aircraft Company, Seattle, WA, 1982.
- [26] Eso, M. and Watson, T.J., “An iterative online auction for airline seats”, *Technical Report*, IBM T. J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY, 2001.
- [27] Feng Y. and Gallego G., “Optimal Stopping Times for End of Season Sales and Optimal Stopping Times for Promotional Fares”, *Management Science*, Vol.41, 1371–1391, 1995.
- [28] Feng Y. and Gallego G., “Perishable Asset Revenue Management with Markovian Time Dependent Demand Intensities”, *Management Science*, Vol.46, 941–956, 2000.
- [29] Feng Y. and Xiao B.C., “Optimal Policies of Yield Management with Multiple Predetermined prices”, *Operations Research*, Vol.48, 332–343, 2000.
- [30] Feng, Y. and Xiao, B.C., “A Dynamic Airline Seat Inventory Control Model and Its Optimal Policy”, *Operations Research*, Vol.49, 938–949, 2001.
- [31] Feng, Y. and Xiao, B.C., “Integration of Pricing and Capacity Allocation for Perishable Products”, *European Journal of Operational Research*, Vol.168, 17–34, 2006.
- [32] Gallego, G. and van Ryzin G., “Optimal Dynamic Pricing of Inventories with Stochastic Demand Over Finite Horizons”, *Management Science*, Vol.40, 999–1020, 1994.
- [33] Gallego G. and van Ryzin G., “A Multiproduct Dynamic Pricing Problem and Its Applications to Network Yield Management”, *Operations Research*, Vol.45, no.1, 24–41 1997.
- [34] Garrow, L. A. and Koppelman, F. S., “Predictin Air Travelers’ No-show and Standby Behavior Using Passenger and Directional Itinerary Information”, *Journal of Air Transport Management*, Vol.10, no.6, 401–411, 2004.
- [35] Gunther, D., Airline Yield Management, Optimal Bid Price, Markov Decision Process

- and Routing Consideration, Ph.D. thesis, Georgia Institute of Technology , GA, 1998.
- [36] Gerchak, Y., Parlar, M. and YEE, T., “Optimal Rationing Policies and Production Quantities for Products with Several Demand Classes”, *Canadian Journal Administration Science*, Vol. 2, 161–176, 1985.
- [37] Glover, F., Glover, R., Lorenzo, J., and McMillan C., “The Passenger Mix Problem in the Scheduled Airlines”, *Interfaces*, Vol.12, 1982.
- [38] Hamzaee, R. G. and Vasigh, B. “An Applied Model of Airline Revenue Management” *Journal of Travel Research*.35, 64–68, 1997.
- [39] Hersh, M. and Ladany, S., “Optimal Seat Allocation for Flights With Intermediate Stops”, *Computer Operations Research*, Vol.5, 31–37, 1978.
- [40] Kanafani, A., *Transportation Demand Analysis*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1983.
- [41] Kalka, K. and Weber, K., “PNR-Based No-Show Forecast”, Presented at the AGIFORS Reservation and Yield Management Study Group, New York, 2000.
- [42] Kambour, E. and Cramer, R., “DCPs in forecasting”, AGIFORS Yield Management Study Group, 2003.
- [43] Kimes S., “Yield Management: A Tool for Capacity Constrained Service Firms,” *Journal Operations Management*, Vol.8, 348–363, 1989.
- [44] Klrtwegt, J. and Papastavrou, J., “The Dynamic and Stochastic Knapsack Problem,” *Operations Research*, Vol.46, 17–35, 1998.
- [45] Ladany, S. and Bedi, D., “Dynamic Rules for Flights With Anintermediate Stop,” *Omega*, Vol.5, 721–730, 1977.
- [46] Littlewood, K., “Forecasting and Control of Passenger Bookings,” AGIFORS Symp., Proc. 12, 95–117, 1972.
- [47] Liang, Y., “Solution to The Continuous Time Dynamic Yield Management Model”, *Transportation Science*, Vol.33, 117–123, 1999.
- [48] Lautenbacher, C. J. and Stidham, S. J. “The Underlying Markov Decision Process in the Single-Leg Airline Yield Management Problem,” *Transportation Science*, Vol.33, 136–146, 1999.
- [49] Lee, T. C., and Hersh, M., “A Model for Dynamic Airline Seat Inventory Control With Multiple Seat Bookings,” *Transportation Science*, Vol.27, No.3, 252–265, 1993.
- [50] Li, M. and Oum, T., “Seat Allocation Game on Flights With Two Fares”, Working Paper, Division of Applied Economics, Nanyang Business School, Nanyang Technological University, Singapore, 1998.
- [51] Maglaras C. and Meisner J., “Dynamic Pricing Strategies for Multi-product Revenue Management Problems”, *Manufacturing and Service Operations Management*, Vol.8, 136–148, 2006.
- [52] McGill, Jeffrey I. and Garrett J. Van Ryzin, “Revenue Management: Research Overview and Prospects”, *Transportation Science* 33, no.2, 233–256, 1999.

- [53] Morrison, S. A. and Winston, C., *The Evolution of Airline Industry*, The Brookings Institution, Washington D.C., 1995.
- [54] Neuling, R., Riedel, S. and Kalka, K-U., “New Approaches to Origin and Destination and No-show Forecasting: Excavating The Passenger Name Records Treasure”, *Journal of Revenue & Pricing Management*, Vol.3, 62–72, 2004.
- [55] Pastor, J., “What Exactly Is Data Mining”, Presented at the AGIFORS Reservation and Yield Management Study Group, New York, 2000.
- [56] Pak K. and Piersma N., “Airline Revenue Management: An Overview of OR techniques 1982–2001”, <http://www.irim.eur.nl>, January, 2002.
- [57] Pölt, S., “Revenue Management Tutorial” AGIFORS Yield Management Study Group, 2002.
- [58] Rannou, B. and Melli, D. “Measuring The Impact of Revenue Management”, *Journal of Revenue & Pricing Management*, Vol.2, 261–270, 2003.
- [59] Richter, H., “The Differential Revenue Method to Determine Optimal Seat Allotments by Fare Type”, AGIFORS Symposium Proceedings, Vol.22, 1982.
- [60] Richter, H. and Lufthansa, “The Differential Revenue Method to Determine Optimal Seat Allotment by Fare Type” Presented at AGIFORS 22rd Symposium Proceeding, 339-362, 1982.
- [61] Ringbom, S. and Shy, O., “The ‘Adjustable-urtrain’ Strategy: Overbooking of Multiclass Service”, *Journal of Economics*, Vol.77, 73–90, 2002.
- [62] Rothstein, M., and Stone, A. W., *Passenger Booking Levels*. In Proceedings 7th AGIFORS symposium, 392–435, 1967.
- [63] Robinson L.W., “Optimal and Approximate Control Policies for Airline Booking with Sequential Nonmonotonic Fare Classes”, *Operations Research*, Vol.45, no.2, 1995.
- [64] Smith, B. C., Leimkuhler, J. F., and Darrow, R. M., “Yield management at American Airlines”, *Interfaces*, Vol. 22, no. 1, 8–31, 1992.
- [65] Subramanian, J., Lautenbacher, C. and Stidham, S., “Yield Management With Overbooking Vancellations and No-shows”, *Transportation Science*, Vol.33, 147–167, 1999.
- [66] Suzuki, Yoshinori, “An Empirical Analysis of the Optimal Overbooking Policies for US Major Airlines”, *Transportation Research Part E*, Vol.38, no.2, 138–149, 2002.
- [67] Suzuki, Yoshinori, “The Net Benefit of Airline Overbooking”, *Transportation Research Part E*, Vol.42, no.1, 1–19, 2006.
- [68] Talluri, K.T. and Van Ryzin, G.J., “A Randomized Linear Programming Method for Computing Network Bid Prices”, *Transportation Science*, Vol.33, 1999a.
- [69] Talluri, K.T. and Van Ryzin, G.J., “An Analysis of Bid-Price Controls for Network Revenue Management”, *Management Science*. Vol.44, 1999b.
- [70] Talluri, K.T., “Airline Revenue Management with Passenger Routing Control: A New Model with Solution Approaches”, *International Journal of Services Technology and*

Management, Vol. 2, 102–115, 2001

- [71] Talluri, K.T. and Ryzin, G. V., *The Theory and Practice of Revenue Management*, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [72] Thompson, H. R., and Bodily, S. E., “Statistical Problems in Airline Reservation Control”, *Operations Research*, Vol.12, 167–185, 1961.
- [73] VAN Ryzin, G. J. and McGill, J. I., “Revenue Management Without Forecasting or Optimization: An Adaptive Algorithm for Determining Airline Seat Protection Levels” *Management Science*, Vol.6, no. 6, 760–775, June 2000.
- [74] Van Slyke, R. and Young, Y., “Finite Horizon Stochastic Knapsacks with Applications to Yield Management”, *Operations Research*, Vol.48, 155–172, 2000.
- [75] Vinod, B., “Alliance Revenue Management”, *Journal of Revenue and Pricing Management*, Vol.4 (1), 66–82, 2005.
- [76] Viswanathan, V. A. “Demand forecasting” AGIFORS Yield Management Study Group, 1999.
- [77] Wang, X. and Wang, F., “Dynamic Network Yield Management”, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol.41, 410–425, 2007.
- [78] Weatherford, L. R. “Forecasting Issues in Revenue Management, Part II”, AGIFORS Yield Management Study Group, 1998.
- [79] Weatherford, L.R. and Bodily, S.E., “A Taxonomy and Research Overview of Perishable-Asset Revenue Management: Yield Management, Overbooking, and Pricing”, *Operations Research* 40, No.5, 831–844, 1992.
- [80] Weatherford, L.R. and Pölt, S., “Better Unconstraining of Airline Demand Data in Revenue Management Systems for Improved Forecast Accuracy and Greater Revenues”, *Journal of Revenue & Pricing Management*, Vol.1, 234–254, 2002.
- [81] Williamson, E.L., “Airline Network Seat Inventory Control: Methodologies and Revenue Impacts”, Ph.D. thesis, Flight Transportation Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1992.
- [82] Wickham, R. R. *Evaluation of Forecasting Techniques for Short-term Demand of Air Transportation*. Master of Science, Massachusetts institute of technology, 1995.
- [83] Wollmer, R.D., “An Airline Seat Management Model for a Single Leg Route When Lower Fare Classes Book First”, *Operations Research*, Vol.40, no.1, 1992.
- [84] Wollmer, R.D., “An Airline Reservation Model for Opening and Closing Fare Classes”, Unpublished Internal Report McDonnell Douglas Corporation, Long Beach, CA, 1985.
- [85] Wong, J.T., Koppelman, F.S. and Daskin, M.S., “Flexible Assignment Approach to Itinerary Seat Allocation”, *Transportation. Research*, Vol.27B, no.1, 1993.
- [86] You, P. S., “A Dynamic Model For A Two-cabin Yield Management with Free Upgrading Decision”, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.44, no.4, 2001.
- [87] Revenue Management Systems, Inc. <http://www.revenuemanagement.com/products.html>

- [88] Amadeus IT Group SA. http://www.amadeus.com/airlineIT/solutions/sol_1altea.html
- [89] IntelliSys Aviation Systems. <http://www.intelisis.aero/content/amelia/rm.asp>
- [90] PROS (Pricing and Revenue Optimization Science and Software)
<http://www.prospricing.com/industry-expertise/airline/passenger.html>
- [91] JDA Software Group, Inc. <http://www.jda.com/solutions/airline-revenue.html>
- [92] Unisys Corporation. <http://www.unisys.com/transportation/solutions/index.htm>