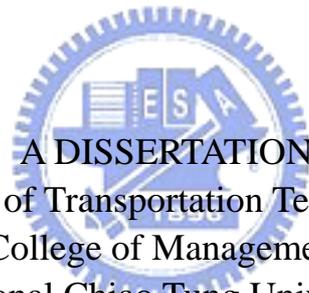


國際機場航站大廈空間分配及設施購置/汰換時程之研究
**The Study on Space Allocation and Facility Purchase/Replace
Schedule at International Passenger Terminals**

研 究 生：趙清成
指導教授：許巧鶯

Student: Ching-Cheng Chao
Advisor: Prof. Chaug-Ing Hsu

國立交通大學
運輸科技與管理學系
博士論文



A DISSERTATION
Submitted to Department of Transportation Technology and Management
College of Management
National Chiao Tung University
in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of

DOCTOR OF PHILOSOPHY

in
Transportation Technology and Management

June 2005
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十四 年 六 月

國際機場航站大廈空間分配及設施購置/汰換時程之研究

研究生：趙清成

指導教授：許巧鶯 教授

國立交通大學運輸科技與管理學系博士班

摘要

近來隨著國際機場逐漸朝向企業化經營並注重營運管理績效，如何增加收入並降低營運成本已成為機場管理重要課題。將航站大廈之空間作最有效分配，以增加機場商業活動收入；且配合機場旅客運量之變動，精確掌握各項設施最佳購置/汰換時程，除可降低營運成本提昇旅客服務品質外，並可避免因設備不足或故障而影響機場營運，此對航空轉運中心而言，將因市場競爭而顯得日益重要。然過去有關機場航站大廈空間配置之研究多偏重在公共設施空間方面，並以旅客流程和建築規劃為主要衡量因素，而未考量經濟因素及機場營運收入。

本研究在商業空間分配方法上，係綜合考量地租理論、機場整體經濟效益，分析不同商業空間之特許費收入、不同性質之旅客對各項商業活動需求量及旅客在航站大廈受時空限制下之可及性等因素，並建立商店之總營業額及特許費、旅客可從事消費活動之時間及人數等數學式；另在不同旅客服務水準下，以商店特許費收入最大為目標，構建各項商業空間分配之數學規劃模式。研究結果可規劃在不同運量下，每種商店之最適面積；為使機場特許費達到最大，公共設施應採用之服務等級隨運量成長逐漸降低。而商業活動空間與公共設施空間之最適比例隨服務等級下降而增加，此結果提供給慣於將商業活動與公共設施面積設為同一比例之機場設計者參考。

為掌握精確之設備購置/汰換時程，以確保機場正常運作並降低營運成本，本研究綜合考量設備總成本、機場飛航安全、服務品質及財政收支等目標，並應用動態規劃構建國際機場航站大廈出境多設施購置/汰換時程之決策模式。為反應各時程不同設備各項成本之變動，本研究依旅客量、設備可靠度及利用率，建立各設施之運轉、維護及延遲等成本函數。延遲成本分為班機延遲起飛賠償旅客之等候時間成本，還有補償旅客用餐及住宿與行程延誤等費用。最後，以中正國際機場出境設施為實例分析，研究結果顯示機械類設備之維護成本隨可靠度降低而遞增之速度大於電子類，而作業時間較長之設備其故障延遲成本隨可靠度降低而遞增之速度大於作業時間較短者。當旅客量等於設備處理量，則報到及證照查驗櫃檯最佳使用年限分別為九年及八年，應用本研究構建之模式可降低機場營運成本提昇設施管理績效。

關鍵字： 國際機場、旅客航站大廈、空間分配、設備汰換、動態規劃、服務水準、延遲成本

The Study on Space Allocation and Facility Purchase/Replace Schedule at International Passenger Terminals

Student: Ching-Cheng Chao

Advisor: Prof. Chang-Ing Hsu

Department of Transportation Technology and Management
National Chiao Tung University

Abstract

There is an increasing trend that international airports are operating in a competitive, market-driven environment and in self-financing manner. Therefore, how to effectively allocate airport terminal-building space to maximize the revenues from a host of commercial activities through concession lease has become an important issue.

This study explores the relationships among concession revenue, passenger service level and space allocation for public facilities and commercial activities at international airport passenger terminals. Terminal space allocation models are then constructed to allocate the optimal amount of space for a variety of stores at different locations and for public facilities. The results show that the optimal amount of floor space for different types of stores and public facilities changes under different passenger volumes and service levels. The required commercial space is not the same and its ratio to the space of public facilities is also different with respect to different public facility service levels. The ratio increases with the reduction of the service level of public facility, and this result provides as a new reference for airport designers who used to adopt the same ratio without further considering changes in the service level of public facility.

This study formulates a dynamic programming model to determine the optimal facility purchase and replacement scheduling by considering facility renewal costs, aviation safety, passenger service level, and airport finance. Then, this study constructs various cost functions on facility depreciation, operation, maintenance and delay for different facilities at different time stages according to passenger volume, reliability and utilization so as to reflect variation in those costs. The results show that maintenance cost for mechanical equipment increases in a higher rate than that for electronic equipments as equipment reliability decreases. And equipments of longer operating time also incur higher delay costs than those of shorter operating time as equipment reliability declines. The optimal service life of check-in and immigration counters are shown to be 9 and 8 year, respectively, for the same passenger flows. This study provides the airport authority with the optimal strategic decisions on the purchase and replacement of various facilities in terms of quantities and timing.

Key words: International Airport, Passenger Terminal, Space Allocation, Facility Replacement, Dynamic Programming, Level of Service, Delay Cost

誌謝

時光飛逝，回顧過去七年，感謝恩師許巧鶯教授一點一滴用心付出與協助，讓學生十九年來的美夢成真。就讀博士班最大收穫並非文憑，而是能夠終身學習恩師嚴謹的治學態度與研究精神，並結識許多志同道合且相互扶持的學長姐與學弟妹。

感謝論文口試委員台灣大學羅永光教授、成功大學張有恆教授、本校馮正民教授及汪進財教授，在百忙中撥冗並於口試期間詳盡審查，賜予諸多寶貴意見及殷切指正，使本論文更臻完善。進修期間承蒙張新立教授、韓復華教授、陳光華教授、李榮貴教授、任維廉副教授、吳水威副教授、吳宗修副教授、王晉元副教授、謝尚行副教授、高凱副教授、張隆憲副教授、黃寬丞助理教授、郭秀貴老師、李明山老師及林貴璽老師，於專業上的教導及論文研討時給予鼓勵，謹致上誠摯的感謝。

而立之年後能再進修，要特別感謝民航局長官王德和主任秘書及沈啟組長提攜與推薦。修課期間，承蒙中正國際航空站魏勝之主任、陳華樹組長、徐竹生組長及周觀海組長等長官的鼓勵，運欣、錦銘、昌樂、藝騰兄及所有同事在工作上的協助，在此特予誌謝。

要完成一篇 SSCI 期刊接受，具學術貢獻及應用價值的論文，歷經國內外學術研討會到國際期刊不斷審查與修改，感謝恩師悉心指導。記得每當面對研究瓶頸時，老師總是用親切的包容與體諒，讓學生從不同角度去探索與思考，即使最後還是回到研究之初所設定的核心價值，但老師還是耐心鼓勵並當作是研究過程的樂趣。回憶實驗室內大家一起分享各種酸、甜、苦、辣，一路走來已無法細數過去學長姐及學弟妹對我的幫助與照顧，特別是慧潔、剛伯、幼屏、佳紋、裕弘、淑嫻、惠如、憲宏、志青、美珠及敏玲……等。

感謝陪伴我一路走來最為辛苦的太太與其默默支持的家人。最後，再次謝謝恩師於學生進修期間，對家人、工作及生活上的關心與照顧，學生謹銘記在心而無從回報。

趙清成 謹誌

目錄

中文摘要.....	ii
英文摘要.....	錯誤! 尚未定義書籤。
誌謝.....	iv
目錄.....	v
表目錄.....	viii
圖目錄.....	x
圖目錄.....	x
符號說明.....	xi
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究內容.....	7
1.4 研究流程與架構.....	8
第二章 文獻回顧.....	13
2.1 機場營運相關研究.....	13
2.1.1 航站大廈空間分配及服務品質之文獻.....	13
2.1.2 機場營運收入及訂價相關文獻.....	18
2.1.3 運送遲到責任探討.....	19
2.2 設施購置/汰換相關研究.....	20

2.2.1 動態規劃文獻回顧.....	20
2.2.2 設施購置/汰換相關文獻	22
2.2.3 運量預測相關研究回顧.....	24
2.3 綜合評析.....	26
第三章 國際機場航站大廈作業現況	28
3.1 國際機場營運及旅客作業特性.....	28
3.2 航站大廈主要設施與作業流程.....	32
3.3 航站大廈空間需求特性.....	34
3.4 航站大廈空間分配對機場營收之影響與發展趨勢.....	38
第四章 航站大廈空間分配模式	41
4.1 公共設施空間分配方式.....	41
4.2 商業活動空間分配方式.....	46
4.3 航空公司空間分配方式.....	55
第五章 航站大廈設施購置/汰換時程決策模式	57
5.1 設備總成本之探討.....	60
5.1.1 設備折舊及運轉成本.....	60
5.1.2 設備維護成本.....	62
5.1.3 延遲成本.....	63
5.2 機場飛航安全、旅客服務品質及財政收支.....	67
5.3 設備購置/汰時程換動態規劃	68
5.3.1 旅客運量預測模式.....	69
5.3.2 配合運量預測之機率性動態規劃模式.....	71
5.3.3 設備購置/汰換時程之決策模式	74
第六章 以中正國際機場為實例分析	75
6.1 中正國際機場簡介.....	75
6.2 航站大廈商業活動空間分配結果.....	82

6.2.1 相關參變數與假設.....	82
6.2.2 結果分析.....	85
6.3.3 公共設施服務水準與商業活動特許費之敏感度分析.....	91
6.3 航站大廈設備購置/汰換最佳決策	92
6.3.1 相關參變數與假設.....	92
6.3.2 研究期程旅客運量預測.....	93
6.3.3 結果分析.....	96
第七章 結論與建議	107
7.1 結論.....	107
7.2 綜合建議.....	111
參考文獻	115
附錄一	119
附錄二	120
簡 歷	126



表目錄

表 1 中正國際機場營運收入分析表.....	2
表 2 中正國際機場民國九十年營運支出分析表.....	3
表 3 航站大廈公共服務設施品質文獻彙整.....	14
表 4 IATA 建議之航站大廈設施服務空間與時間標準.....	15
表 5 英國機場管理局建議之航站大廈設施服務空間與時間標準.....	16
表 6 歐洲各機場航站大廈設施服務空間標準.....	17
表 7 設備維護政策文獻彙整.....	23
表 8 航站大廈不同區域可從事商業活動之人員類別.....	29
表 9 國際機場航站大廈出境各流程設備故障影響之範圍及結果.....	33
表 10 航站大廈空間需求及可能座落區域.....	36
表 11 亞洲主要國際機場旅客服務設施比較表.....	40
表 12 IATA 空間服務水準定義.....	43
表 13 IATA 建議之各類設施面積需求.....	44
表 14 兩設施間必須、可以或不須相鄰之航站大廈佈置功能鄰近矩陣.....	45
表 15 各類旅客消費人數計算方式及消費區域.....	50
表 16 中正國際機場第一、二航廈設施現況.....	82
表 17 相關參變數資料.....	83
表 18 中正國際機場九十一年一月平均每日旅客量.....	85
表 19 第一航廈各區域各類商店之面積、位置及特許費收入.....	87
表 20 第二航廈各區域各類商店之面積、位置及特許費收入.....	88
表 21 最佳分配第一航廈各區域各類商店之面積、位置及特許費收入.....	89
表 22 最佳分配第二航廈各區域各類商店之面積、位置及特許費收入.....	90
表 23 運量達設計容量不同服務水準商店所需總面積及最大特許費.....	91
表 24 實例驗證基本資料.....	93
表 25 預測旅客運量狀態劃分及對應結果.....	94

表 26 中正國際機場出境旅客量轉移機率矩陣表.....95

表 27 各時程各狀態旅客運量預測中心值及可能落在各狀態之機率.....97

表 28 研究期程內各時程各類設備最佳決策方案及設備集合.....98

表 29 研究期程各時程在不同狀態產生之設備成本及總期望成本.....102



圖目錄

圖 1 研究流程圖.....	9
圖 2 論文研究架構.....	12
圖 3 國際機場旅客(行李)出境流程.....	30
圖 4 國際機場旅客(行李)入境流程.....	31
圖 5 國際機場出境作業使用設施.....	32
圖 6 傳統美國機場航站大廈之面積分配之比例.....	35
圖 7 航站大廈設施服務水準與特許費及營收之互動關係.....	39
圖 8 航站大廈空間分配研究架構圖.....	42
圖 9 商業活動空間分配研究架構圖.....	47
圖 10 第 m 班出境班機旅客從事商業活動之時間預算圖.....	52
圖 11 航站大廈設施購置/汰換時程研究架構圖.....	58
圖 12 航站大廈設施購置/汰換時程研究範圍.....	59
圖 13 設備購置/汰換決策示意圖.....	60
圖 14 以機率性動態規劃計算 f 類設備期望成本之示意圖.....	73
圖 15 中正國際機場配置圖.....	77
圖 16 中正國際機場第一航廈配置圖.....	79
圖 17 中正國際機場第二航廈配置圖.....	81
圖 18 在不同運量下公共設施採用各種服務等級所產生之商店特許費.....	92
圖 19 新舊設備在各使用年數總成本之比較.....	100
圖 20 研究期程各時程本研究最佳決策與現行狀況設備總期望成本之比較.....	101
圖 21 不同設備各項成本隨可靠度變動情形.....	103
圖 22 最佳使用年限隨時間價值變動情形.....	104
圖 23 不同報到櫃檯數量於各使用階段對各項成本之影響.....	106

符號說明

- $C_a^k(X_{ij}^k)$: 入境旅客在位置 X_{ij}^k 實際從事商業活動 k 之人數
 $C_{af}^k(X_{ij}^k)$: 接機旅客在位置 X_{ij}^k 實際從事商業活動 k 之人數
 $C_{df}^k(X_{ij}^k)$: 送機旅客在位置 X_{ij}^k 實際從事商業活動 k 之人數
 $C_w^k(X_{ij}^k)$: 機場員工在位置 X_{ij}^k 實際從事商業活動 k 之人數
 F_k : 機場對商店 k 徵收之特許費比例
 θ_i^m : 第 m 班出境班機第 i 個到達航站大廈旅客之時間預算
 θ_i^f : 第 f 班入境班機轉機旅客中第 i 個下機旅客之時間預算
 t_b^m : 第 m 班出境班機旅客登機時間
 t_{ai}^m : 第 m 班出境班機第 i 個旅客到達出境大廳時間
 t_{bi}^f : 第 f 班入境班機第 i 個轉機旅客登機時間
 t_θ^f : 第 f 班入境班機到達時間
 T_{lji}^m : 第 m 班出境班機第 i 旅客在位置 (l, j) 可從事商業活動之時間
 T_i^m : 第 m 班出境班機第 i 個旅客辦理各項手續所需時間
 T_i^f : 第 f 班入境班機第 i 個直接轉機旅客辦理各項手續所需時間
 D_{lj}^m : 第 m 班出境班機旅客到位置 (l, j) 額外步行距離
 D_i^m : 第 m 班出境班機第 i 個旅客未從事其他商業活動步行總距離
 D_{lj}^{kf} : 第 f 班入境班機轉機旅客從事商業活動 k 額外步行距離
 U : 旅客平均步行速率
 t_c : 旅客辦理報到含託運行李所需時間
 t_I : 旅客辦理證照查驗所需時間
 t_s : 旅客辦理安全檢查所需時間
 T_{k0} : 旅客從事商業活動 k 所需最短時間
 $F^m(\theta)$: 第 m 班出境班機旅客時間預算為 θ 時之累計機率函數
 Q_m : 第 m 班出境班機旅客數
 G_m^k : 第 m 班出境班機旅客中已從事其他 k 以外之商業活動，而剩餘時

間無法再從事 k 活動之旅客人數

- e_d^k : 出境旅客中會從事商業活動 k 所佔之比例
- $e_d^{k'}$: 出境旅客在從事商業活動 k 前已先從事商業活動 k' 之比例
- e_r^k : 轉機旅客中會從事商業活動 k 所佔之比例
- e_{df}^k : 送機旅客中實際從事商業活動 k 所佔之比例
- e_{af}^k : 接機旅客中實際從事商業活動 k 所佔之比例
- e_w^k : w^l 員工中實際從事商業活動 k 所佔之比例
- w^l : 區域 l 員工總人數
- TV : 航空公司租金收入及可為機場帶來之收益
- H_v : v 航空公司可分配之基本面積
- Y_v : v 航空公司經競價後可再租用面積
- P_v : v 航空公司經競價後全年單位面積租金
- G_v : v 航空公司預估全年營運之起降架次
- Q_v : v 航空公司預估全年營運之出境旅客人數
- LP : 出境每班次對機場產生之淨收益
- SP : 每位出境旅客對機場產生之淨收益
- γ : 維持航公司營運所需之固定面積需求
- \mathcal{E} : 航空公司之面積需求中隨營運班次變動每班次所需面積
- $F_{f,i,t}$: 第 i 年已使用 t 年之 f 類設備數量
- C_{fit}^s : 已使用 t 年之 f 類設備第 i 年之折舊成本
- Z_{fit} : 第 i 年已使用 t 年之 f 類設備最初設置成本
- X_t^{ge} : 年利率 g 預定使用年限為 e 年時第 t 年資產回收因子乘數
- C_{fit}^r : 已使用 t 年之 f 類設備於第 i 年進行汰換之損失成本
- A_{fit} : 已使用 t 年之 f 類設備於第 i 年之剩餘殘值
- C_{fit}^o : 已使用 t 年之 f 類設備第 i 年之運轉成本
- K_{fit} : 已使用 t 年之 f 類設備第 i 年之固定運轉成本

- α_{fit} : 已使用 t 年之 f 類設備第 i 年之單位變動成本
- N_i : 第 i 年之旅客量
- N_{fi} : 第 i 年 f 類設備年總處理量
- N_{fit} : 第 i 年 f 類設備已使用 t 年之 f 類設備年處理量
- N_i^* : 第 i 年每小時旅客量
- N_{fi}^* : 第 i 年 f 類設備每小時處理量
- N_{fit}^* : 第 i 年已使用 t 年之 f 類設備每小時處理量
- C_{fit}^m : 已使用 t 年之 f 類設備採最佳維護政策下第 i 年之維護成本
- β_f : f 類設備正常使用下單一設備第一年例行預防保養成本
- δ_f : f 類設備隨使用年齡增加所需增加之例行預防保養成本
- $R_{fit}(t)$: 使用 t 年之 f 類設備第 i 年可靠度
- r_f^{\min} : 與飛航安全有關之 f 類設備可允許之可靠度下限
- ϕ : f 類設備隨可靠度變動之故障修理成本
- D_{fit}^d : 已使用 t 年之 f 類旅客設備第 i 年因之延遲成本
- ρ_{fit} : 已使用 t 年之 f 類設備第 i 年處於故障狀態之時間比例
- W_{fit}^d : 第 i 年延遲起飛時間屬已使用 t 年之 f 類設備造成之延遲時間
- r_i^m : 第 i 年用餐時段旅客人數佔所有旅客量之比例
- r_i^n : 第 i 年深夜時段旅客人數佔所有旅客量之比例
- s^m : 用餐時段佔機場營運時間之比例
- s^n : 深夜時段佔機場營運時間之比例
- V : 賠償每位旅客每分鐘之等候時間成本
- V' : 賠償每位旅客用餐費用
- V'' : 賠償每位旅客住宿與行程延誤費用
- t' : 班機延遲起飛補償旅客等候時間成本與用餐費用時間門檻
- t'' : 班機延遲起飛補償旅客住宿與行程延誤損失之時間門檻
- t^w : 設備故障或處理量不足旅客等候辦手續之時間上限

- t^d : 設備故障或處理量不足班機延遲起飛之時間上限
- T_i^p : 第 i 年最後上機旅客之延誤時間
- T_i^b : 第 i 年最後裝機行李之延誤時間
- $P_{f^p i}$: 第 i 年 f 類設備旅客作業 (含步行) 平均時間
- $P_{f^b i}$: 第 i 年 f 類設備行李處理 (含運送) 平均時間
- t_0 : 最後一位旅客到達報到櫃檯時間距班機表訂起飛時間
- M_i : 第 i 年受限於財務限制可用於設備購置/汰換之最大金額



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

國際機場之興建成本十分龐大，基於提高設施使用率以降低營運成本之經濟效益考量，通常在規劃時會依其經濟發展和運量需求訂定興設計畫，再分階段按各目標年之設計容量(Capacity)逐年擴建。影響機場容量之主要設施有跑道、停機坪、航站大廈、飛機修護區和機場聯外交通等。在其主要設施中，航站大廈是旅客活動和商業行為主要場所，通常位於機場之中心位置，其空間分配較為複雜且悠關機場之營運收入及旅客服務品質。在各階段剛完成啟用之初，旅客運量可能未達設計容量，但到達目標年或因旅客快速成長後，旅客量可能會超過設計容量。

以中正國際機場為例，民國六十八年完成之第一航站大廈其設計容量為每年 800 萬人次，但到民國八十一年時旅客量成長至 1083 萬人次，因第二航站大廈之興建緩不濟急，故機場管理當局即著手進行第一航站大廈之擴建及空間改善，並藉由改變空間配置與旅客動線等措施，將容量提升至每年 1200 萬人次，但此舉也造成尖峰時段旅客擁擠現象。目前第二航站大廈已經完成，其設計容量為每年 1700 萬人次，但根據出入境旅客人數統計資料顯示，八十九年出入境旅客數為 1868 萬人次¹。這造成中正國際機場在第二航站大廈啟用後，旅客量（1868 萬人次/年）僅為設計容量（2900 萬人次/年）百分之六十四。如何在旅客量過與不及間分配航站大廈各項公共設施、航空服務及商業活動等之空間，使其能發揮最大功能並提高服務品質及營運收入，一直是每個機場經營者追求之目標，也是各大機場經常需面對之問題。

分析國際機場之營運收入，大致可分為降落費(Landing Fees)、特許費(Concessions)、租金(Rent)、機場服務費(Airport Service Charge)、設備與地勤場地費(Grand Service Fees)及其他(Others)等六種，其中特許費是機場經營商業活動之權利金，租金係空間出租之收入，二者會隨航站大廈商業及出租空間配置之多寡而變動。以中正國際機場為例，特許費及租金收入

¹資料取自九十四年五月中正國際機場網站：關於本站/運量統計。
(<http://www.cksairport.gov.tw//chinese/about/statistic.htm>)

約佔總收入 31%，如表 1 所示。其餘收入大多是受航機降落架次或出入境旅客人數而定。

表 1 中正國際機場營運收入分析表

單位：新台幣千萬元

年度	降落費	特許費	租金	機場服務費	設備使用費	其他	合計
88	329	144	75	90	155	27	820
89	345	184	106	100	161	36	932
90	364	180	118	99	177	36	974
91	379	198	118	102	175	41	1013
92	357	245	124	81	145	34	989
平均	355	190	108	94	163	35	945
百分比	38%	20%	11%	10%	17%	4%	100%

資料來源：中正國際航空站。

近年來，由於航空轉運中心(Hub)之成立及各鄰近機場間相互競爭，機場管理當局已逐漸朝向降低航空服務費用如降落費、設備及地勤場地費，並提高服務品質以為機場吸引更多航班和旅客量。各國際機場在商業服務方面之收入比例亦大幅提昇，如華盛頓特區機場管理局及新加坡樟宜機場之商業服務營收分別佔總營收 63 %及 52 %，商業活動收入對機場營運之影響日益重要，而中正國際機場 1998 年在其商業服務營收僅佔 30 %，此顯示國際機場之營收結構與其經營策略息息相關。故將航站大廈空間做最有效之分配，以增加商業活動特許費用收入，對機場整體營運管理而言，因市場競爭而顯得日益重要。

然而，過去有關機場航站大廈空間配置之研究多偏重在公共設施空間方面，且多以旅客流程和建築規劃為主要衡量因素，而未考量經濟因素及機場營運收入。鮮有探討航空公司及商業活動空間需求，或在既有航站大廈面積限制下，分析旅客量超過設計容量時各種空間取捨原則之研究。國際機場雖已逐漸朝向企業化經營並日益注重營運管理績效，然有關航站大廈出租及各類商店空間之配置，在實務運作尚無具有理論依據之分配模式之文獻可供參考。而各國際機場在商業服務方面之收入比例亦大幅提昇，許多機場甚至以商業特許費補貼航空作業支出，未來商業活動收入對機場營運之影響將日益重要。如何將航站大廈空間做最有效之分配，以增加機

場營運收入為本論文探討課題，俾提供機場管理者在規劃及營運時參考。

由於國際機場逐漸朝向企業化經營並注重營運管理績效，機場管理局除致力於增加收入外，如何降低營運成本亦為重要課題。綜觀機場營運成本大致可分為人事費、保安費(即證照查驗及安全檢查費)、委託服務費、設備折舊費、設備運轉維護費、噪音污染防治費及相關補助費。其中設備折舊及運轉操作維護費佔機場營運成本比例甚高，以中正國際機場為例，二者約佔營運總支出 38%，如表 2 所示。且設備處理能量攸關機場容量，能否維持穩定運轉將影響機場服務品質及飛航安全。因此，掌握精確之設備購置/汰換時程十分重要，若太早進行可能造成投資浪費；太晚則可能因設備容量不足而產生旅客擁擠或故障頻率增加，除降低服務品質及增加維修成本外，亦可能產生班機延遲起飛或影響飛航安全。

表 2 中正國際機場民國九十年營運支出分析表

單位:新台幣千萬元

項目	人事費	保安費	委外服務費	設備折舊費	設備維護費	補助及回饋金	合計
金額	33	130	54	114	54	49	434
百分比	8%	30%	13%	26%	12%	11%	100%

資料來源：中正國際航空站。

過去與機場建設相關之文獻主要著重在場址選擇、跑滑道容量及興建時程、機場主計劃訂定及各項設施規範之研究。而有關設備汰換之研究多以決策工廠生產設備之最佳汰換時程為研究主題，並以單一設備為主而未同時考慮多種設備之汰換情況，且主要著重於生產成本或產品不良率之分析，鮮少有機場多設備購置/汰換時程相關之研究。因此，在機場現行運作實務上，並無將動態時間延續觀念及時間遞迴之長期規劃需求充分表達之設備購置/汰換決策模式可供使用。隨著機場不同時程之旅客量、設備可靠度及利用率之變動，如何在兼顧機場飛航安全、維持旅客服務品質及機場財務健全之目標下，構建機場各類設備之最佳購置/汰換時程，將是降低機場營運成本重要之課題。

近年來，因消費者權益日受重視與保護，加上美國 911 事件後航空公司營運陷入困境，未來因機場設施故障或容量不足造成班機延誤之相關問

題與責任將被探討及追究，而如何購置/汰換航站大廈之設備，避免造成投資浪費或影響機場正常運作，勢必成為機場管理者日益重視之問題，惟過去有關此議題之研究並不多，故值得我們深入探討。

1.2 研究目的

從國際機場設計發展歷程顯示，早期著重於功能性需求，故以航站大廈硬體設施提供為主，較忽略旅客服務設施及商業活動之多樣化。現今，許多深具競爭力之機場則皆視旅客及航空公司為顧客，並以「顧客導向」為其經營方針與最高原則。故國際機場在有關旅客服務設施及航空公司營運空間甚至商業活動空間之配置上，若未能順應「顧客導向」之發展趨勢，未來將阻礙其與國際先進或鄰近機場之競爭力。

機場航站大廈是提供旅運者改變其搭乘運具及等候航機所需場所。在各種運具場站中，國際航空運輸場站需求最為複雜，其原因不僅由於飛機操作特性，更因為「國際旅行手續」複雜。其功能除具備售票、報到及登機外，尚包括海關、證照、安全等檢查及檢疫工作。為確保航空運輸安全，機場管理當局通常將航站大廈劃分為管制區與非管制區，前者限制已完成報到(Check-in)手續或已經證照檢查之旅客及相關工作人員始能進入；後者則是所有旅客及接送機親友均可自由進出。此外，為使機場出、入境旅客動線順暢，大型國際機場航站大廈多將出境及入境活動區域分開，以避免相互干擾。

出境旅客從到達機場至登機前，活動範圍通常在航站大廈內，期間必須辦理之手續包括報到(含行李託運)，證照查驗和安全檢查，其餘時間則可自由從事其他活動，並在班機起飛前到達候機室。部分機場或航空公司對航班開始和結束劃位時間均有所限制，例如班機起飛前二個小時或二個半小時才開始辦理劃位作業，而在班機起飛前三十或四十分鐘結束劃位。此造成提前到達之旅客其時間無法完整應用，需視等候報到前時間多寡，選擇從事可在該時間內完成之活動，如辦理保險、兌換外幣、用餐和購物等，而在僅規定結束劃位時間之機場，旅客到達航站大廈後之活動則無此限制。因此，出境旅客從事商業活動之時程可能在進入管制區（即辦理證照查驗）前，或在完成各項手續等候登機前。而入境旅在完成各項手續後即

可離開機場，除非等候聯外大眾運輸工具，否則較無時間限制，其對商業服務需求通常在非管制區之入境大廳。

綜上所述，國際機場航站大廈出、入境及管制與非管制區域之公共設施、航空公司及商業活動空間之分配十分複雜，不當之配置不僅影響機場運作及旅客服務品質，亦會降低機場營運收入。回顧過去，鮮有探討航空公司及商業活動空間需求或關於在既有航站大廈面積限制下，分析旅客量超過設計容量時各種空間取捨原則之研究。國際機場雖已逐漸朝向企業化經營並日益注重營運管理績效，然有關航站大廈出租空間之配置，在實務運作尚無具有理論依據之分配模式可供參考。

本研究在考量航廈各項設施服務品質及經濟效益下，以解析性規劃模式構建適用於國際機場航站大廈公共設施和各項商業空間之分配方法，期能提高機場服務品質與營運收入；探討各類空間取捨與機場營運收入之互動關係，並分析設施服務水準隨旅客量改變而變動對商店營收產生之影響。有關公共設施空間之分配，其大小係依機場尖峰時段各設施旅客設計處理量和所採用服務水準等級計算，而位置分配則依據國際航空運輸協會(IATA)所建議之兩設施間必須、可以或不需相鄰之航站大廈佈置功能鄰近矩陣，並以所有旅客總步行距離最短為原則佈置之。

本研究商業空間之分配，係綜合考量地租理論、機場整體經濟效益，分析不同商業空間之特許費收入、不同性質之旅客對各項商業活動需求量及旅客在航站大廈受時空限制下之可及性等因素，並構建在特定旅客服務水準下，以機場商店特許費總收入最大為分配原則之數學模式。最後以中正國際機場為例，探討第二航站大廈啟用後，在各種不同旅客量下，兩個航站大廈在管制區與非管制區、出境與入境等區域其公共設施及各項可出租商業空間之最佳分配方式。

在國際機場出境作業系統可分為旅客與行李兩部分，在各作業流程中，若設備發生故障或處理容量不足，輕者將造成部份旅客等候時間增加，嚴重者可能導致班機延遲起飛。但不同設備故障所影響之旅客人數及產生之延遲成本均不相同。例如當報到作業、證照查驗或安全檢查之設備發生故障，有時僅會造成旅客等候辦手續時間增加，並不影響班機正常起飛時間，但部分較晚抵達機場之旅客可能因等候辦手續時間增加，而無足夠時

間從事商業活動而導致機場特許費收入減少；若登機設備發生故障，因旅客於登機前已完成各項活動，故對旅客之活動影響不大，惟可能造成班機延遲起飛增加旅客等候之時間成本，而嚴重者可能延誤旅客後續行程。

有關行李處理設施方面，因行李在完成託運手續後，其處理作業即與旅客流程分開，故在輸送、分檢或裝機過程若發生設備故障而造成作業延誤，只要最後一件上機之行李能在班機起飛前完成，將不會對旅客產生任何影響。另外，當證照查驗、安全檢查或行李分檢之設備故障，因該設備為所有旅客共用，故可能影響該時段所有班機；但其他各班機單獨使用之設備，如登機空橋，除非故障時間過長導致延滯擴散，否則僅影響該班機旅客。因此，國際機場航站大廈出境各流程設備故障影響之範圍及產生之延遲成本並不相同，而需分別探討。

近來隨著科技與技術不斷創新，各項設備發展日新月異，如何配合機場旅客運量之變動並考量財政收支及整體營運，適時購置/汰換各項設施以降低營運成本，減少其對旅客服務品質及機場營運之影響，需仰賴精確之時程規劃。本研究在確保機場飛航安全、維持旅客服務品質及機場財務健全之目標下，以研究週期內所有設備之折舊、運轉、維護、延遲及汰換損失等總成本最小化，構建設備購置/汰換時程決策模式。為反應各時程不同設備各項成本之變動，本研究依各時程之旅客運量、設備可靠度及利用率，建立各設施之運轉、維護及延遲等成本函數，依各成本函數可精確分析各類設備每項成本隨使用年齡與旅客量改變之變動情形。有關各時程之旅客運量，本研究以灰色拓撲預測結合馬可夫鏈模式，預測旅客量之波動狀況及其配對發生機率，並應用機率性動態規劃數學模式求得各類設備整體最佳購置/汰換時程與數量，減少其對旅客服務品質及機場營運之影響。

綜上所述，本論文之具體研究目的可歸納如下：

1. 在考量航廈各項設施服務品質及經濟效益下，以解析性規劃模式建構適用於國際機場航站大廈公共設施和各項商業空間之分配方法，以提高機場服務品質與營運收入。
2. 綜合考量地租理論、機場整體經濟效益，分析不同商業空間之特許費收入、不同性質之旅客對各項商業活動需求量及旅客在航站大廈受時空限

制下之可及性等因素，構建在特定旅客服務水準下，以機場商店特許費總收入最大為分配原則之數學模式。

3. 為反應各時程不同設備各項成本之變動，本研究依各時程之旅客運量、設備可靠度及利用率，建立各設施之運轉、維護及延遲等成本函數，依各成本函數可精確分析各類設備每項成本隨使用年齡與旅客量改變之變動情形。
4. 在確保機場飛航安全、維持旅客服務品質及機場財務健全之目標下，以研究週期內所有設備之折舊、運轉、維護、延遲及汰換損失等總成本最小化，構建設備購置/汰換時程決策模式。
5. 最後以中正國際機場為例，應用本研究構建之航廈空間分配及設施購置/汰換時程模式，比較最佳結果與現況之差異，以供機場管理者參考。

1.3 研究內容

本節說明本論文後續章節之內容，完整論文共分七章，除第一章緒論外，其於各章節之內容簡述如下：

第二章：文獻回顧。本章回顧了航站大廈空間分配與服務品質、機場營運收入及定價、運送遲到責任、動態規劃、設施購置/汰換及運量預測等相關文獻，俾作為本研究參考。

第三章：機場航站大廈作業現況分析。為使本研究構建之模式能與實務運作相符，本章將深入分析國際機場營運現況與航站大廈作業特性，並從旅客、航空公司、作業單位及機場管理者等不同角度，探討重要決策變數間之關係，以作為模式構建基礎。

第四章：航站大廈空間分配模式。根據文獻回顧及本研究對航站大廈作業現況之分析，本章將進一步以解析性規劃方法構建國際機場航站大廈公共設施空間、商業活動空間及航空公司空間分配模式。

第五章：航站大廈設施購置/汰換時程決策模式。本章在確保機場飛航安全、維持旅客服務品質及機場財務健全之目標下，以研究週期內所有設備之折舊、運轉、維護、延遲及汰換損失等總成本最小化，

構建設備購置/汰換時程決策模式。

第六章：以中正國際機場為實例分析。本章以中正國際機場為例，除可驗證模式之可行性外，並能避免與實務運作產生落差。

第七章：結論與建議。本章首先依據研究結果提出研究結論；其次再提出相關討論與建議。

參考文獻與附錄。

1.4 研究流程與架構

本論文之研究流程如圖 1 所示，詳細步驟說明如下：

1. 確認研究問題與目的

深入探討機場營運所面臨之課題，分析並界定研究動機與目的，俾增加本研究之創新性及學術價值，以提供機場未來實務應用，並作為後續相關研究之參考。

2. 相關理論文獻回顧

為了解過去與本主題相關之研究結果，本研究回顧了航站大廈空間分配與服務品質、機場營運收入及定價、運送遲到責任、動態規劃、設施購置/汰換及運量預測等相關文獻，並引用部分結果作為本研究參考值。

3. 航站大廈作業特性分析

為使本研究構建之模式能與實務運作相符，本研究除回顧相關文獻外，並深入分析國際機場營運現況與航站大廈作業特性。進而從旅客、航空公司、作業單位及機場管理者之角度，分析探討各變數間之因果關係，以作為後續研究之基礎。

4. 推導空間分配收入與設備成本函數

本研究係以解析性規劃模式建構目標式及限制式，故需建立商店之特許費及總營業額、旅客可從事消費活動之時間及人數等之數學式；及依各時程之旅客運量、設備可靠度及利用率，建立各設施之運轉、維護及延遲

等成本函數。期能藉由航站大廈空間最佳分配以提高機場收入，並掌握精確之設施購置/汰換時程以降低機場營運成本。

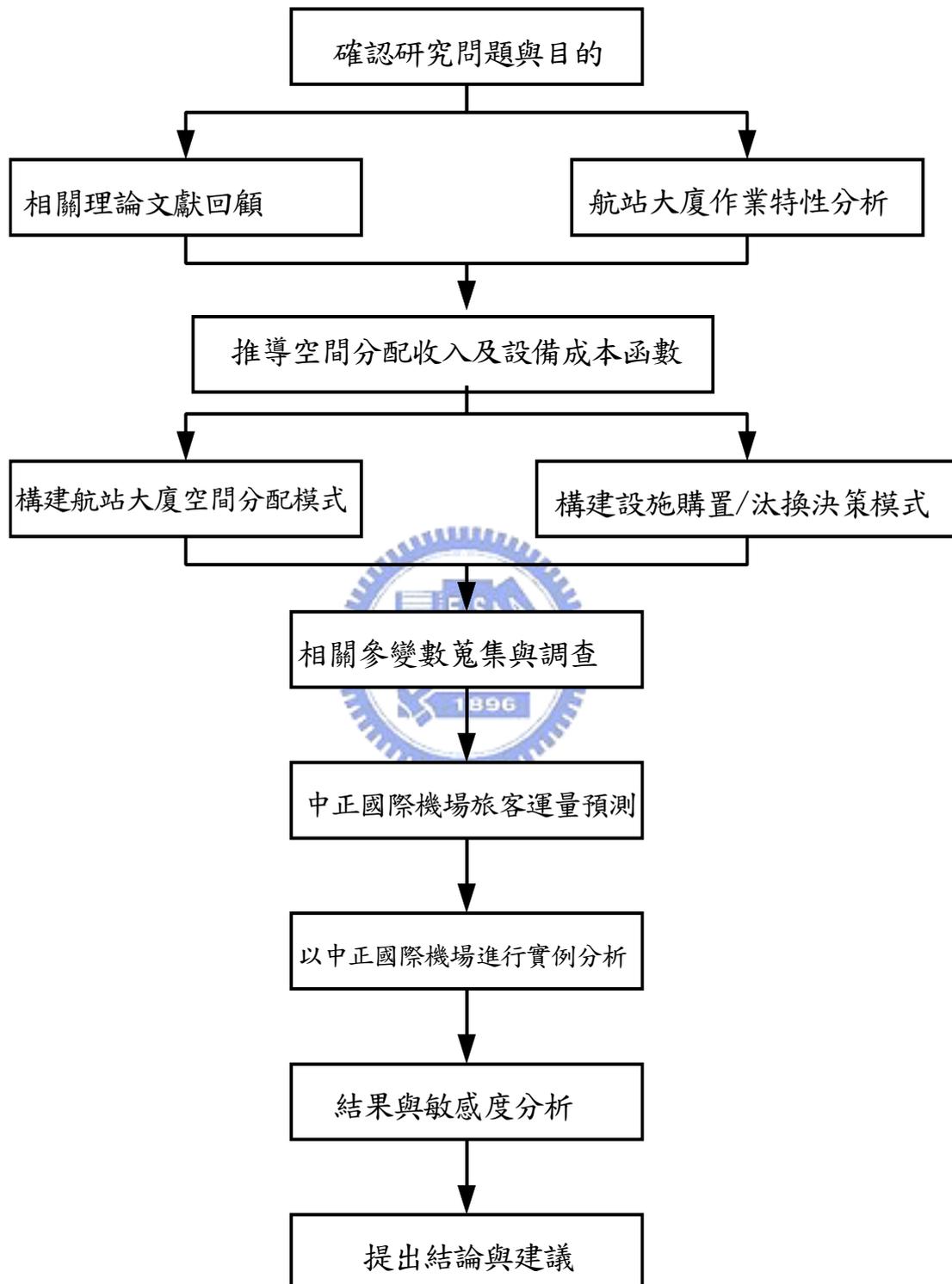


圖 1 研究流程圖

5. 構建航站大廈空間分配模式

本研究在商業空間分配方法上，係綜合考量地租理論、機場整體經濟效益，分析不同商業空間之特許費收入、不同性質之旅客對各項商業活動需求量、及旅客在航站大廈受時空限制下之可及性等因素，構建在特定旅客服務水準下，以商店特許費收入最大為目標式之各項商業空間分配之數學規劃模式。

6. 構建設施購置/汰換時程決策模式

本研究在確保機場飛航安全、維持旅客服務品質及機場財務健全之目標下，以研究週期內所有設備之折舊、運轉、維護、延遲及汰換損失等總成本最小化，構建設備購置/汰換時程決策模式。

7. 相關參變數蒐集與調查

本研究實例驗證所需參變數資料，主要蒐集自中正國際機場歷年運轉數據，部分係由現場旅客調查或訪談商店經營者所得。

8. 中正國際機場旅客運量預測

旅客運量為影響設備購置/汰換時程之重要變數，為能精確預測未來各時程之旅客需求量，本研究先以灰色拓樸預測求出旅客運量之變化趨勢，再結合馬可夫鏈模式預測旅客需求量之波動狀況及其配對發生機率。

9. 以中正國際機場進行實例分析

最後，本研究以中正國際機場為例，除可驗證模式之可行性外，並能比較本研究最佳結果與現況之差異。

10. 結果與敏感度分析

由本研究實例驗證結果可與現行運作模式相比較，以便了解應用本研究之模式是否優於現況。另相關變數之敏感度分析，可提供機場管理者未來參考。

在國際機場營運收入中，有關航機降落費、旅客機場服務費及航空公司使用機場設備費用，其定價方式主要受機場政策影響。而特許費是對在

機場經營商業活動之業者所收取之權利金，與商業活動設置數量有關；租金係機場將空間租給航空公司營運之房租收入，收入多寡受出租面積及出租價格影響，故商業特許費及租金兩項可藉由機場營運管理來增加收入。本論文將以最大化機場特許費及租金收入為目標，構建航站大廈公共設施、商業活動及航空公司空間之分配模式，並考量旅客對商業活動之基本需求、維持航空公司營運之空間需求、旅客可接受之服務水準及航站大廈各區域之面積限制等因素。

有關商業活動特許費大多以營業額之比例徵收，因旅客在機場之活動受登機時間限制，通常會利用辦完各項作業剩餘之時間從事商業活動。因此，設置較多之公共服務設施，可減少旅客辦理手續之等候時間，讓旅客有更多時間從事各項商業活動，可增加商店營業額，並增加機場特許費收入。然航站大廈面積有限，增加公共設施空間相對將減少商業活動設置之面積或數量，可能減少機場特許費收入。反之，若為增加機場商店特許費收入而設置太多商業空間，勢必會降低公共設施服務水準，並導致旅客辦手續等候時間增加，進而縮短旅客從事商業活動時間，可能因此減少商店營業額，並減少機場特許費收入。所以，公共設施空間之大小將直接影響旅客服務水準，並間接影響機場特許費收入，其與商業活動空間具有替代關係。由此顯示，航站大廈空間分配會改變設施服務水準並影響機場特許費及整體之營收。

在機場營運成本中，設備折舊及運轉維護費所佔比例甚高，各類設備能否穩定運轉攸關機場處理容量、旅客服務品質及飛航安全，向來為機場管理者關心之重要課題。因國際機場旅客運量受經濟景氣及各種因素影響而逐年變動，為能反應每個時程不同旅客量及設備故障率對各項成本產生之影響，本論文將應用機率性動態規劃數學模式，構建航站大廈設施購置/汰換時程及數量。在研究期程內，以最小化所有設備折舊、維護、運轉及延遲等總成本為目標式，並以確保機場飛航安全、維持旅客服務品質及機場財政收支均衡為限制條件，避免因降低成本而喪失與鄰近機場之競爭力。

綜合上述，本論文探討之主題包含航站大廈空間分配及設施購置/汰換時程決策兩部分，其架構如圖 2 所示。

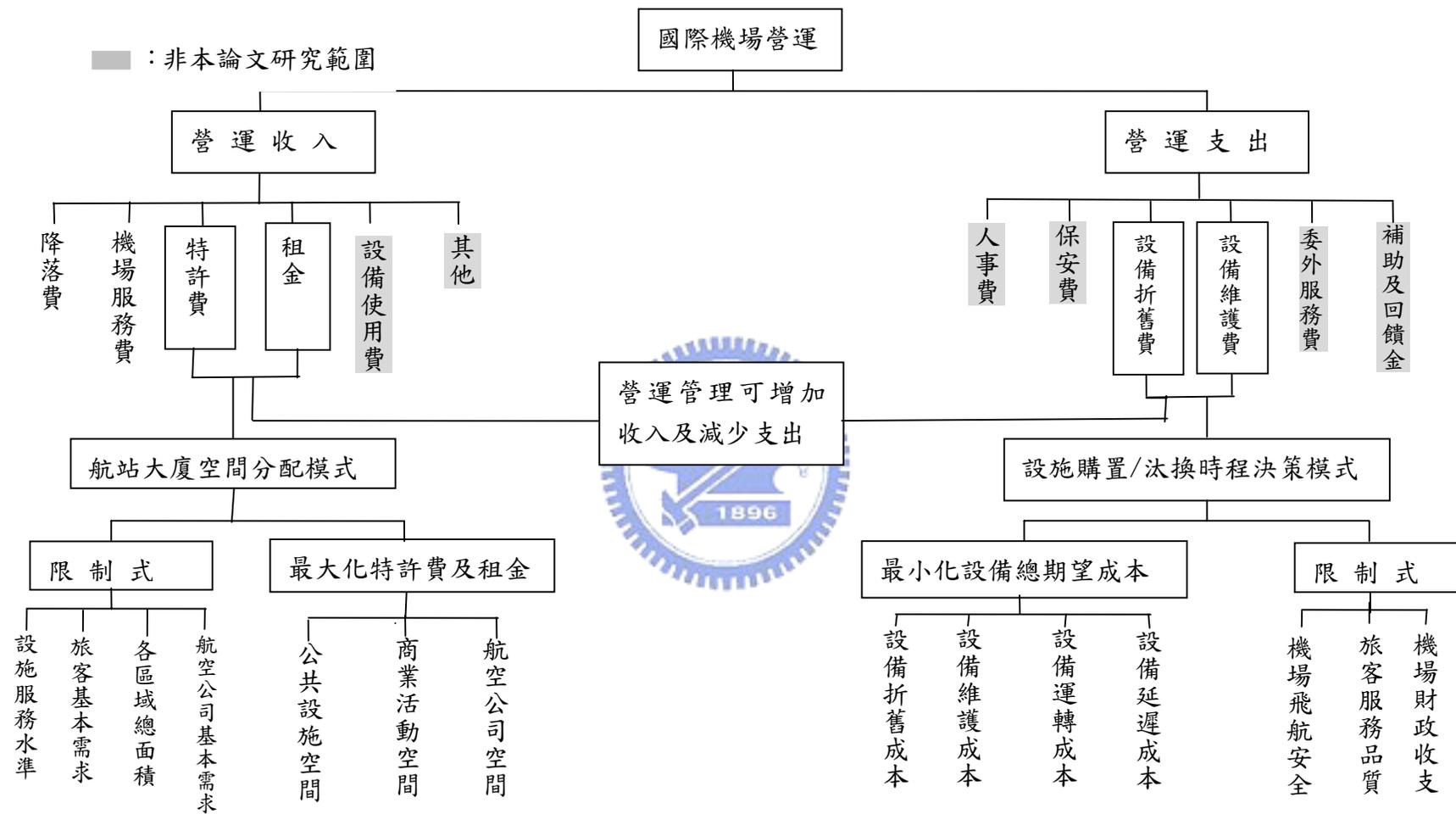


圖 2 論文研究架構

第二章 文獻回顧

為了解過去與本論文有關議題之研究，本章回顧了航站大廈空間分配與服務品質、機場營運收入及定價、運送遲到責任、動態規劃、設施購置/汰換及運量預測等相關文獻，俾作為本論文後續參考。

2.1 機場營運相關研究

本研究藉由航站大廈空間最佳分配以提高機場收入，並掌握精確之設施購置/汰換時程以降低機場營運成本。因此，本節將回顧過去有關航站空間分配、旅客服務品質、機場營運收入與訂價等相關文獻。

2.1.1 航站大廈空間分配及服務品質之文獻

過去有關機場航站大廈空間配置之研究多偏重在公共設施空間方面，且多以旅客流程和建築規劃為主要衡量因素，而未考量經濟因素及機場營運收入。在公共服務設施空間分配與服務水準評估之文獻中，大致可分為手冊法(Manual Approach)、等候理論法(Queuing Theory Approach)和使用者感受法(User Perception Approach)等三類，有關研究主題、方法及結果彙整如表 3。

手冊法最大優點為簡易，但其最主要缺點為設計容量之訂定與服務水準之評估多以機場管理者意見為主，忽略了旅客主觀的感受。Ashford[1]等人回顧了國際航空運輸協會(International Air Transport Association,IATA)、英國機場管理局(British Airports Authority)、歐洲各機場及加拿大運輸部門等對航廈設施服務水準之評估標準即採用手冊法，分別如表 4、表 5 及表 6 所示。此可做為本研究設定各項設施服務水準上、下限之參考。

等候理論法是以等候模式(Queuing Model)來評估機場各項服務設施之績效。Piper[2]用簡單數學模式計算報到櫃檯前旅客之等候長度(Queueing Length)，配合報到櫃檯數及旅客迴轉所需之空間，便可推算出報到大廳所需之面積。Mckelvey[3]將整個航站劃分為多個次系統所組成的大系統，並從等候理論觀點計算每項作業程序中旅客等候時間，接受服務時間與旅客

在兩個相接程序間之步行時間等各項數值，作為機場航站服務水準評估指標。

表 3 航站大廈公共服務設施品質文獻彙整

作者	研究主題	研究方法	研究結果
Ashford 等人 (1976)	Passenger Behavior and Design of Airport Terminal	手冊法	回顧了國際航空運輸協會、英國機場管理局、歐洲各機場及加拿大運輸部門等對航廈設施服務水準之評估標準。
Piper (1990)	Estimation the Passenger Flow in Departure Halls	等候理論法	用數學模式計算報到櫃檯前旅客之等候長度，配合報到櫃檯數及旅客迴轉所需之空間，推算報到大廳所需面積。
Mckelvey (1989)	A Review of Airport Terminal System Simulation Models	等候理論法	從等候理論觀點計算每項作業程序中旅客等候時間，接受服務時間與旅客在兩個相接程序間之步行時間等各項數值，作為機場航站服務水準評估指標。
顏進儒 (1995)	機場航站設施服務水準之研究	使用者感受法	以個體模式中之羅吉特模式，建立旅客對所接受各項服務主觀評價與客觀衡量轉換關係，再以調查所得資料校估模式，找出影響使用者評價之變數。
Seneviratne and Martel (1991)	Variables Influencing Performance of Air Terminal Buildings	使用者感受法	用面談調查法取得旅客對辦手續、等候和流通等三類航站出境設施服務水準之評估準則，以衡量航空站之績效。

資料來源：本研究歸納整理。

表 4 IATA 建議之航站大廈設施服務空間與時間標準

設施種類	空間標準	時間標準
出境大廳	無規定	無規定
行李過磅處	持行李旅客每人 0.8 平方公尺。未持行李之送行旅客每人 0.6 平方公尺。	95%旅客小於 3 分鐘，尖峰時間 80%旅客小於 5 分鐘。
出境證照查驗處	持隨身行李旅客每人 0.8 平方公尺，無持隨身行李旅客每人 0.6 平方公尺。	95%旅客小於 1 分鐘
安全檢查處	無規定	95%旅客小於 3 分鐘，嚴格安全檢查航線 80%旅客小於 8 分鐘。
出境旅客休息室	坐、站姿旅客每人 1.0 平方公尺，60%旅客需有座位。	-
登機休息室	持隨身行李之排隊旅客每人 0.8 平方公尺無持隨身行李之排隊旅客每人 0.6 平方公尺，未排隊旅客每人 1.0 平方公尺。	登機時排隊等候時間小於 5 分鐘。
入境檢疫處	每人 0.6 平方公尺。	95%本國旅客小於 3 分鐘，95%其他國家旅客小於 12 分鐘
行李提領處	國內航線及短途國際航線每人 0.8 平方公尺，長途國際航線每人 1.6 平方公尺。	自第一位旅客進入行李提領處開始，所有行李需在 25 分鐘內全部運至行李提領處供旅客提領，90%旅客等候時間小於 20 分鐘。
海關行李檢查處	受檢查旅客每人 2.0 平方公尺。	-
入境大廳	坐、站姿接機人員每人 1.0 平方公尺，長途航線旅客每人 1.6 平方公尺。	入境證照查驗處無規定。

資料來源：Ashford et al., [1]。

表 5 英國機場管理局建議之航站大廈設施服務空間與時間標準

設施種類	空間標準	時間標準
出境大廳	坐、站姿旅客每人 1.0 平方公尺，10%旅客需有座位。	無規定
行李過磅處	持隨身行李旅客每人 0.8 平方公尺，持託運行李旅客每人 0.6 平方公尺。	95%旅客小於 3 分鐘。
出境證照查驗處	持隨身行李旅客每人 0.8 平方公尺，無持隨身行李旅客每人 0.6 平方公尺。	95%旅客小於 3 分鐘。
安全檢查處	無持隨身行李旅客每人 0.6 平方公尺。	95%旅客小於 3 分鐘。
出境旅客休息室	坐、站姿旅客每人 1.0 平方公尺，60%旅客需有座位。	-
登機休息室	坐、站姿旅客每人 1.0 平方公尺，60%旅客需有座位。	無規定
入境檢疫處	每人 0.6 平方公尺。	95%UK/EEC 旅客小於 3 分鐘，95%其他國家旅客小於 12 分鐘。
行李提領處	國內航線每人 1.25 平方公尺，短途國際航線每人 2.0 平方公尺，長途國際航線每人 3.25 平方公尺。	自第一位旅客進入行李提領處開始，所有行李需在 25 分鐘內全部運至行李提領處供旅客提領。
海關行李檢查處	無規定	-
入境大廳	坐姿旅客每人 0.8 平方公尺，站姿旅客每人 1.0 平方公尺，20%旅客需有座位。	入境證照查驗處無規定。

資料來源：Ashford et al., [1]。

表 6 歐洲各機場航站大廈設施服務空間標準

設施種類	設施服務空間標準
出境大廳	坐姿旅客每人 1.0~1.5 平方公尺，站姿旅客每人 1.0 平方公尺，座位空間佔出境大廳 30%~50%的空間。
行李過磅處	報到櫃檯每個 30 平方公尺，且需有 10 公尺的等候長度。
出境證照查驗處	出境證照查驗處每個 20 平方公尺。
安全檢查處	無規定
出境旅客休息室	坐姿旅客每人 1.0~1.5 平方公尺，站姿旅客每人 1.0 平方公尺，座位空間設置須佔出境休息室之 40%~80%的空間，而轉機旅客量較高的航站大廈則應設置更高的面積比例。
登機休息室	坐姿旅客每人 1.0~1.5 平方公尺，站姿旅客每人 1.0 平方公尺，座位空間設置須佔登機休息室 20%空間。
入境檢疫處	無規定
行李提領處	行李提領設備長度： B747 型飛機需 60 公尺 A300 型飛機需 45 公尺 B727 型飛機需 30 公尺
海關行李檢查處	無規定
入境大廳	坐姿旅客每人 1.0~1.5 平方公尺，站姿旅客每人 1.0 平方公尺，座位空間設置須佔入境大廳 20%之空間。

資料來源：Ashford et al., [1]。

使用者感受法係假設旅客對各項作業程序可容許之等候時間完全取決於其主觀感受。顏進儒[4]以旅客之感受為主，並以個體模式中之羅吉特(Logit)模式，建立旅客對所接受各項服務主觀評價與客觀衡量轉換關係，再以調查所得資料校估模式，找出影響使用者評價之變數。Martel and Seneviratne [5]以航空站使用者的觀點評估顧客滿意程度，用面談調查法取得旅客對辦手續、等候和流通等三類航站出境設施服務水準之評估準則，以衡量航空站之績效。

綜上，有關旅客量超過設計容量時，在既有面積限制下，分析各種空間需求之取捨原則和探討航空公司及商業空間需求之研究則較少。另一方面，國際機場已逐漸朝向企業化經營，並日益注重營運管理績效，但航站大廈出租空間之配置，在實務運作上並無具有理論依據之分配模式可供參考。故本研究在考量航廈各項設施服務品質及經濟效益下，以解析性規劃模式建構一個適用於國機場航站大廈之旅客公共設施、航空公司和各項商業等空間之分配方法，以提高機場之服務品質與營運收入。

2.1.2 機場營運收入及訂價相關文獻

由於航空轉運中心(Hub)之成立及各鄰近機場間相互競爭，機場管理局已逐漸朝向降低航空服務費用並提高服務品質，期為機場吸引更多航機班次和旅客量。而各國際機場在商業服務方面之收入比例亦大幅提昇，如華盛頓特區機場管理局及新加坡樟宜機場之商業服務營收分別佔總營收 63 %及 52 %，商業活動收入對機場營運之影響日益重要，許多機場係以商業特許費補貼航空作業支出 (Pels, et al., [6])。以美國中大型機場為例，商業活動收入約佔機場總營收 75%至 80%，1990 年洛杉磯機場之總營收甚至超過 90%是來自商業活動收入 (Doganis, [7])。而中正國際機場在 1998 年其商業服務營收僅佔 30 % (鼎漢, [8])，此顯示國際機場之營收結構與其經營策略息息相關。故將航站大廈空間做最有效之分配，以增加商業活動特許費用收入，對機場整體營運管理而言，因市場競爭而顯得日益重要。

近年來，美國商務機場與在該機場營運之航空公司間的財務契約協定，已逐漸由採用與航空公司共同負擔相當財務風險之「殘差成本法」(Residual Cost Approach)，轉為採用由機場營運者自行負擔機場經營主要

財務風險，而航空公司僅支付機場設施使用費及租用費率之「補償報酬法」(Compensatory Approach) (Vasigh and Hamzaee,[9]);且機場多已朝向自給自足之經營模式，並追求商業活動服務之最大化利潤 (Zhang and Zhang, [10])。

Dorganis and Graham [11]經由對歐洲地區之研究發現，有關航空站績效之衡量大都以財務指標為衡量方法，尤其是以勞動生產力或資本生產力。Hensher and Hooper [12]歸納有關歐洲 24 個航空站生產效率分析之文獻，將目前使用於航空站績效衡量方法分類為航空站整體績效 (Global Performance of Airport)、生產力、航空站處理績效 (Performance of Particular Processes) 及顧客服務績效 (Customer-Service Measures) 等四大類。世界銀行 (World Bank) [13]在 1995 以航空站之服務品質、安全、可及性、財務能力及環境品質等方面來衡量航空站之績效。其他有關航空站績效衡量之文獻如 Gillen and Lall[14]、Mumayiz[15]及 Seneviratne and Martel [16]等。

有關機場營運方面之研究多偏重財務管理及使用機場最適定價等議題，如 Hamzaee and Vasigh, [17]; Doganis, [7]; Oum and Zhang, [18]等。但隨航空轉運中心(Hub)成立後各鄰近機場間之相互競爭，如何將航站大廈空間做最有效之分配及增加商業活動特許費用之收入，並提高服務品質為機場吸引更多航機班次和旅客量，對機場整體營運管理而言顯得日益重要。

2.1.3 運送遲到責任探討

有關交通運具運送遲到之損害賠償責任，在華沙公約第十九條規定運送人對於乘客、行李或貨物之運送遲到所造成損害應負賠償責任。當然，運送人也並非對所有遲到都應負責，例如 (1) 運送人已採取一切措施來避免 (華沙公約第二十條); (2) 由於旅客過失所引起 (華沙公約第二十一條); (3) 貨物固有瑕疵所引起 (海牙議定書)。因此，遲到原因除不可抗力外，運送人必需對遲到之損害負起責任，包括對受領人假期之損失及所造成之不便等，但損害求償規定仍依當地法律為之。我國在民法第六五四條中規定，旅客運送人對於旅客因運送所受之損害及運送所受之延遲應負責任；

另在民用航空法第九十一條第二項中規定，旅客因航空器運送人之運送遲到而致損害者，航空器運送人應負賠償之責。但航空器運送人能證明其遲到係因不可抗力之事由所致者，除另有交易習慣者外，以乘客因遲到而增加支出之必要費用為限。

依我國民用航空乘客與航空器運送人糾紛調處程序第三條規定，運送人確定航空器無法依表訂時間起程，使國內航線延遲十五分鐘以上、國際航線延遲三十分鐘以上者或變更航線、起降地點時，應即向乘客詳實說明原因及處理方式；而第四條規定，運送人因運送遲延或變更航線或起降地點，致影響旅客權益者，應視實際情況並斟酌旅客需要，適時免費提供下列服務：(一) 必要之資訊。(二) 必要之飲食或膳宿。(三) 必要之禦寒或醫藥急救之物品。(四) 必要之轉機或其他交通工具。

雖目前相關法令已規定運送人運送遲到之相關責任，但因航空運輸在營運上所面臨之不確定因素較其他運輸工具多，如天候、航管、機場設施、班機調度及班機機械維修等因素導致班機延誤，然前三者並非運送人造成，故要如台北捷運公司及台灣鐵路公司，訂定具體統一之賠償標準有實務上之困難。近年來，因消費者權益日受重視與保護，未來因機場設施故障或管理疏失造成之班機延誤可能將被重視及追究相關責任。故本研究將機場設備故障及設備處理量不足造成之延誤成本納入設施設置及汰換時程之決策模式中。

2.2 設施購置/汰換相關研究

為降低機場營運成本，本研究在確保機場飛航安全、維持旅客服務品質及機場財務健全之目標下，以研究週期內所有設備之折舊、運轉、維護、延遲及汰換損失等總成本最小化，構建設備購置/汰換時程決策模式。故本節將進一步回顧有關動態規劃、設施購置/汰換及運量預測方面之文獻。

2.2.1 動態規劃文獻回顧

本研究在建構動態規劃決策模式時，係引用作業研究中動態規劃 (Dynamic Programming) 數學觀念及模式構建技巧，以表達具有動態時間延續觀念及時間性遞迴之長期設施購置/汰換時程決策模式。有關設備汰換

時程之研究方法中，動態規劃數學模式觀念最先是由 Bellman [19] 在 1955 年提出，主要重點為在一定時間長度內找出最佳決策，其所做決策會因時間點不同而影響決策後之系統總成本，而動態規劃模式主要特點是能將決策成本隨時間變動之特性充分表達。動態規劃可分為確定性動態規劃問題 (Deterministic Dynamic Programming) 與機率性動態規劃問題 (Probabilistic Dynamic Programming)。在確定性動態規劃問題中，下一階段之狀態完全決定於目前階段之狀態與決策。而機率性動態規劃問題下個階段狀態卻不完全取決於現階段之狀態與決策，而是存在一組機率分配，依據這組機率分配決定下個階段最可能發生之狀態及其相對成本。Hartam [20] 以機率性動態規劃數學模式之觀念，將設備利用視為隨時間變動之變數，且將各種利用機率配合其相對成本，並同時考慮設備年資及累積使用情況為決策因子，決策出單一設備最佳汰換時程。

王秋棠 [21] 將模糊觀念導入汰換模式，運用模糊運算、模糊迴歸、模糊動態規劃發展模式，並提出汰換區間 (Replacement Interval)、模糊汰換年限及因應產業環境情境下之模糊汰換空間。模糊汰換年限，可使企業對設備重置財務預算提早規劃，模糊汰換空間則可讓企業依個別情境作不同汰換決策，而非一成不變之汰換方式。賴明材 [22] 以隨機過程方法，依系統性質或設備失效模式，構建單元件系統及多元件系統之各種置換模式，訂定適當置換策略。另譚紹榮 [23] 建構技術突破下機具重置模式，並假設技術突破呈某種機率分佈，構建其遞迴通式做為重置與否之判斷準則。王清祥 [24] 將資本設備性質分為效率固定型及效率遞減型兩類，在確定情況下，分別構建資產重置模型，以決定何時更換最為經濟。有關運輸設施汰換之研究，王大明 [25] 以排程為目標，考慮故障率、停機數量及成本等因素，探討橋式貨櫃起重機大維修及汰換最適排程，提昇基隆港作業服務品質。

綜上所述，有關動態規劃數學模式應用於設備汰換之研究，過去多屬工業工程領域中用以決策工廠生產設備之最佳汰換時程，且以單一設備為主而未同時考慮多種設備之汰換情況，並多著重於生產成本或產品不良率之分析。鮮少以運輸場站為主且同時考量設備汰換、維護保養、營運等成本與旅客處理容量及服務品質等因素。本研究將動態規劃數學模式應用於國際機場航站大廈出境多設施購置/汰換時程之決策模式，且同時考量設備

折舊、運轉、維護保養及旅客作業或班機起飛延遲等成本，並整體考量研究週期內各項設備之最佳購置/汰換時程與數量。

2.2.2 設施購置/汰換相關文獻

設備維護保養過去在工業工程及機械工程領域之研究已有許多。Kercecioğlu [26]將維護定義為：使無故障之單元維持在可靠且安全之運轉狀態，而故障單元則將其恢復至可靠且安全之正常運轉狀態。一般而言，設備維護可分為預防維護 (Preventive Maintenance) 及矯正維護 (Corrective Maintenance) 兩種類型。前者為視設備之運轉狀況，為使其保持在特定狀態而作有計劃之維護工作；後者為當設備某一零件或部分系統功能發生故障，為使設備復原至特定狀態所採取之行動。Pham and Wang [27]以維護程度將維護分為五種狀況，其包括完全維護 (Perfect Maintenance)、不完全維護 (Imperfect Maintenance)、最小修復 (Minimal Repair)、較糟維護 (Worse Maintenance) 及最糟維護 (Worst Maintenance) 等狀況。其中，完全維護為設備經維護後可變成全新狀態；最小修復乃當設備發生故障時將其排除，使設備之狀態回復至與故障前相同；而不完全維護則視設備實施維護後會使其狀態回復至較新狀態，其回復程度介於完全維護與最小修復之間。

有回顧過去有關設備維護方式可將其分成週期性與非週期性兩大類型，目前產業界多採用週期性維護，即將設備於固定週期進行維修保養。表 7 彙整過去有關維護政策之研究，其簡述如下：

1. 週期性維護

週期預防維護為在一固定間隔時間實施預防維護，若在維護間隔中發生故障，則進行維修 (Repair)。如 Canfield [28]、Park, et al. [29]、Chun [30] 及 Tsai, et al. [31] 等文獻。目前產業界多採用週期性維護，即將設備於固定週期進行維修保養。

2. 非週期性維護

有關非週期性維護可約略分為下列幾類：

(1) 故障極限政策 (Failure Limit Policy)

此策略為假設當設備可靠度或故障率到達一預定水準時則施行預防維護，如 Lie and Chun[32]及 Jayabalan and Chaudhuri[33]等。

表 7 設備維護政策文獻彙整

作者	維護方式	目標函數考慮之成本	最佳解求解法
Jayabalan and Chaudhuri [1992]	故障極限政策	預防維護成本及預防置換成本	分枝演算法
Wang and Pham [1996]	順序預防維護政策	維護成本（最小修復成本或不完全維護）及置換成本	微分求解
Dedopoulos and Smeers [1998]	順序預防維護政策	預防維護成本及最小修復成本	遞迴程序法
Chun [1992]	週期性維護	預防維護成本及最小修復成本	$\frac{TC(N+1)}{TC(N)} < 1$ ，則存在一最佳 N^* 值
Park, Jung and Yum [2000]	週期性維護	預防維護成本、最小修復成本及預防置換成本	差異法
Tsai, Wang and Teng [2001]	週期性維護	預防維護成本及預防置換成本	基因演算法

資料來源：本研究歸納整理。

(2) 順序預防維護政策 (Sequential PM Policy)

Nakagawa[34]發展順序預防維護政策，其令第 k 次之維護間隔時間為 X_k ，而 $X_{k-1} > X_k$ ，其中 $k=2, 3, 4, \dots$ ，亦及維護間隔時間會越來越短，其假設隨著設備使用時間越久，設備老化現象越嚴重，而需較高頻率之預防維護次數。如 Pham and Wang [35]及 Dedopoulos and Smeers[36]

等。

(3) 維修極限政策 (Repair Limit Policy)

維修極限政策可分為兩類，一類為當設備故障時若評估修理費用小於設定之上限，則進行修理，否則進行設備汰換；另一類為當設備故障時若可在設定時間內完成則修理，否則進行汰換。如 Yun and Bai [37] 及 Pham and Wang [35] 等。

回顧過去文獻 (MIL-STD-2173, [38] 及 Lam, [39])，一般維護作業可區分為保養、修理及更換三種，其中保養為改善系統操作條件，即消除系統在使用過程中環境惡化現象，如消除震動、過熱及零件運動時卡住等。修理主要針對系統在使用一段時間後累積損傷之恢復，即恢復可靠度已退化之零組件以降低其故障率。而更換係對故障無法修復組件或經數次維修已不具修理價值之組件的更新，由於此涉及較多之拆卸技術及維護成本，故通常針對系統內關鍵性組件或模組進行，以避免系統發生嚴重傷害。一般而言，具有老化特性之設備，其維護通常屬於不完全維護。Canfield [28] 研究指出，設備運轉會產生操作應力並使設備發生老化現象，而瞬間故障率會隨設備老化而增加。Chan and Shaw [40] 認為經過預防維護後，設備失效率會減少，所減少程度受設備年齡與預防維護次數所影響。Sherif and Smith [41] 曾整理最佳維護政策之各種求解方法，包括線性規劃、非線性規劃、動態規劃、Pontryagin 法之極大化原理、混合整數規劃法、決策理論、搜尋法、啟發式等八種。

綜觀上述文獻，其考慮之成本因素包含預防維護成本、預防置換成本、矯正成本以及最小修復成本等。其建構之維護成本模型多以維護間隔或維護次數作為決策變數，並以總維護成本最小化為目標函數而求得最佳維護政策。本研究將設備維護成本分類為例行預防保養成本及故障修理成本兩部分，前者與設備年齡及使用頻率有關，而後者則受設備故障頻率及故障嚴重性影響，通常為設備可靠度之函數。

2.2.3 運量預測相關研究回顧

過去航空運量預測相關研究很多，所應用之方法大多為多元線性迴歸

模式、時間數列模式等，如 Huth and Eriksen[42]、Horonjeff and Mckelvey[43] 及 Boeing Commercial Airplane Group[44]等。然而線性迴歸模式假設變數間獨立，且要求大樣本量、樣本具較好的分佈規律等條件。而時間數列模式假設歷史資料為穩定(Stationary)且模式殘差為高斯分佈(Gaussian Distribution)，利用隨機統計方法作為預測，亦須要求大量樣本且須具有典型統計分佈(Deng,[45])。

研究期程內各時程之旅客運量為影響設備購置/汰換時程之重要變數，Horonjeff and Mckelvey[43]回顧過去有關航空客運量預測之文獻，將其使用方法可歸納為四類，第一類為判斷預測法(Forecasting by Judgment)即利用專家判斷(Professional Judgment)，針對未來經濟發展趨勢做出判斷並且修正預測需求量。第二類為趨勢投影及推測法 (Trend Projection and Extrapolation)，應用線性推測、指數推測、Logistics 曲線推測及 Gompertz 曲線推測等推測型態，以統計方法分析旅客需求量之趨勢。第三類方法為市場分析法(Market Analysis Methods)，主要分析旅客社經特性對旅運需求量之影響，以市場佔有率模式預測區域性航空運量，或運用市場定義模式以旅客特性區分市場，藉此預測該市場之運量。最後一類方法為計量經濟法(Econometric Modeling Method)，此法在航空運量預測中最常被運用，計量經濟為運用多元迴歸分析法，配合過去旅客量資料，瞭解影響旅客需求量之因素彼此間關係，藉以預測未來需求量。

過去有關臺灣地區國際航空旅客需求預測之研究，交通部運輸研究所委託荷蘭機場顧問公司[46]以各國國內生產毛額、相對匯率及代表政經事件之虛擬變數，分別建立各國往來臺灣之旅客運量預測模式。許巧鶯、溫裕弘[47]將灰色理論應用於航空客運量預測，運用 GM(1, 1)時間數列預測模式及多變量 GM(1, N)系統預測模式，證實以灰色模式建構之國際航空客運量預測模式，確實比傳統使用迴歸分析模式與 ARIMA 模式較具解釋及預測能力。而田自力[48]以灰色拓樸預測結合馬可夫鏈預測模式對國民所得(GNP)做預測，結果顯示先以灰色預測模式對研究對象作預測，再以馬可夫鏈模式校正，將提高最後預測結果之準確度。Hsu and Wen[49]先以灰色預測模式求得航空客運量之變化趨勢，並結合馬爾可夫殘差修正模式，以提昇 GM(1, 1)時間數列預測模式之精確度。

灰色理論(Grey Theory)主要針對系統在不確定性及資訊不完整情況下，進行系統模式構建，以預測及決策探討並了解系統(鄧聚龍，[50])。灰色理論方法可歸納為灰色生成、灰色模式及灰色預測。灰色生成在灰色理論中被定義為補充訊息之數據處理，是以數找數及尋求數據規則方法。生成處理方法為累加生成(Accumulated Generating Operation, AGO)，還原方法為累減生成(IAGO)。另灰色模式乃利用灰色生成數據建立一組灰色差分方程與灰色擬微分方程之模式，一般可分為 GM(1, 1)及 GM(1, N)兩種。前者表示一階微分且單變數，可用於預測上；後者表示一階微分但為 N 個變數，可用於多維分析。而灰色預測係以 GM(1, 1)模式為基礎，對現有數據進行預測以求得一數列中各數據元素未來動向發展狀況。

綜上所述，由於影響國際機場旅客需求之外在因素複雜，且設備在各時程所採行之最佳購置/汰換決策受旅客量影響甚鉅，為能精確預測未來各時程之旅客需求量，本研究先以灰色拓樸預測求出旅客運量之變化趨勢，再結合馬可夫鏈模式預測旅客需求量之波動狀況及其配對發生機率。此外，為能充分表達動態時間延續觀念及時間遞迴之長期規劃需求，本研究採用機率性動態數學規劃模式構建機場多設備購置/汰換時程。

2.3 綜合評析

過去有關機場航站大廈空間配置之研究多偏重在公共設施空間方面，且多以旅客流程和建築規劃為主要衡量因素，而未考量經濟因素及機場營運收入。過去文獻建議之航站大廈設施服務空間與時間標準，可做為本研究設定各項設施服務水準上、下限之參考。然有關機場營運方面之研究多偏重在航空站績效衡量與生產力或機場財務管理及最適定價等議題。

近年來，各國際機場在商業服務方面之收入比例亦大幅提昇，許多機場係以商業特許費補貼航空作業支出，此顯示國際機場之營收結構與其經營策略息息相關。故將航站大廈空間做最有效之分配，以增加商業活動特許費用收入，對機場整體營運管理而言，因市場競爭而顯得日益重要。但過去在旅客量超過航站大廈設計容量時，分析各種空間需求之取捨原則和探討航空公司及商業空間需求之研究則較少，且有關航站大廈出租空間之配置在實務運作上並無具有理論依據之分配模式之文獻可供參考。

有關動態規劃數學模式應用於設備汰換之研究，過去多屬工業工程領域中用以決策工廠生產設備之最佳汰換時程，且以單一設備為主而未同時考慮多種設備之汰換情況，並多著重於成本或產品不良率之分析。鮮少以運輸場站為主且同時考量設備汰換、維護保養、營運等成本與旅客處理容量及服務品質等因素之文獻。

回顧過去有關設備維護方面之研究，其考慮之成本因素包含預防維護成本、預防置換成本、矯正成本以及最小修復成本等。其建構之維護成本模型多以維護間隔或維護次數作為決策變數，並以總維護成本最小化為目標函數而求得最佳維護政策。本研究將設備維護成本分類為例行預防保養成本及故障修理成本兩部分，前者與設備年齡及使用頻率有關，而後者則受設備故障頻率及故障嚴重性影響，通常為設備可靠度之函數。



第三章 國際機場航站大廈作業現況

為使本研究構建之模式能與實務運作相符，本章將深入分析國際機場營運現況與航站大廈作業特性，並從旅客、航空公司、作業單位及機場管理者等不同角度，探討重要決策變數間之關係，以作為模式構建基礎。

3.1 國際機場營運及旅客作業特性

國際機場之興建成本十分龐大，基於提高設施使用率以降低營運成本之經濟效益考量，通常在規劃時會依其經濟發展和運量需求訂定興建計劃，再分階段按各目標年之設計容量(Capacity)逐年擴建。而影響機場容量的主要設施有跑道、停機坪、航站大廈、飛機修護區和機場聯外交通等。在其主要設施中，航站大廈是旅客活動和商業行為主要場所，通常位於機場之中心位置，其空間分配較為複雜且悠關機場之營運收入及旅客服務品質。機場航站大廈是提供旅運者改變其搭乘運具(出境旅客：由陸運改變為空運；入境旅客：由空運改變為陸運)及等候所需之場所。在各種運具之場站中，國際航空運輸之場站需求最為複雜，其原因不僅是由於飛機的操作時性，更因為「國際旅行手續」之複雜。其功能除具備售票、報到及登機外，尚包括海關、證照、安全等檢查及檢疫工作。

為確保航空運輸之安全，機場管理當局通常將航站大廈劃分為管制區與非管制區，前者限制已完成報到(Check-in)手續或已經證照檢查之旅客及相關工作人員始能進入；後者則是所有旅客及接送機之親友均可自由進出活動。此外，為能使機場出、入境旅客之動線順暢，大型國際機場之航站大廈大多將出境及入境之活動區域分開，以避免相互干擾。因此在航站大廈從事商業消費活動人員可分為出境、入境、轉機、送機、接機等旅客及機場員工等六類，因其進出機場之目的及活動之區域不同，故可從事商業消費活動之區域如表 8 所示。

表 8 航站大廈不同區域可從事商業活動之人員類別

	非管制區	管制區
出境區域	出境旅客 送機旅客 機場員工	出境旅客 轉機旅客 機場員工
入境區域	入境旅客 接機旅客 機場員工	入境旅客 轉機旅客 (部份區域) 機場員工

資料來源：本研究歸納整理。

出境旅客從到達機場至登機前其可活動範圍通常在航站大廈內，其間必須辦理之手續包括報到(含行李託運)，證照查驗和安全檢查，其他時間則可自由從事其他活動，在班機起飛前到達候機室即可。部分機場或航空公司對航班開始和結束劃位時間均有所限制，例如班機起飛前二個小時或二個半小時才開始辦理劃位作業，而在班機起飛前三十或四十分鐘結束劃位。故提前抵達機場之旅客在等候劃位前可視其時間多寡先從事其他活動，如辦理保險、兌換外幣、用餐和購物等。但因劃位作業有起迄時間之限制，造成提前到達之旅客其時間無法完整應用。而僅對結束劃位時間有所規定之機場其旅客活動時間則無此限制。故出境旅客從事商業活動之時程可能在進入管制區（即辦理證照查驗）前，或在完成各項手續等候登機前。而入境旅客在完成各項手續後即可離開機場，除非等候聯外之大眾運輸工具，否則並無時間限制，其所需之服務需求通常在非管制區之入境迎客大廳。有關出、入境旅客作業流程分別如圖 3 及圖 4 所示。

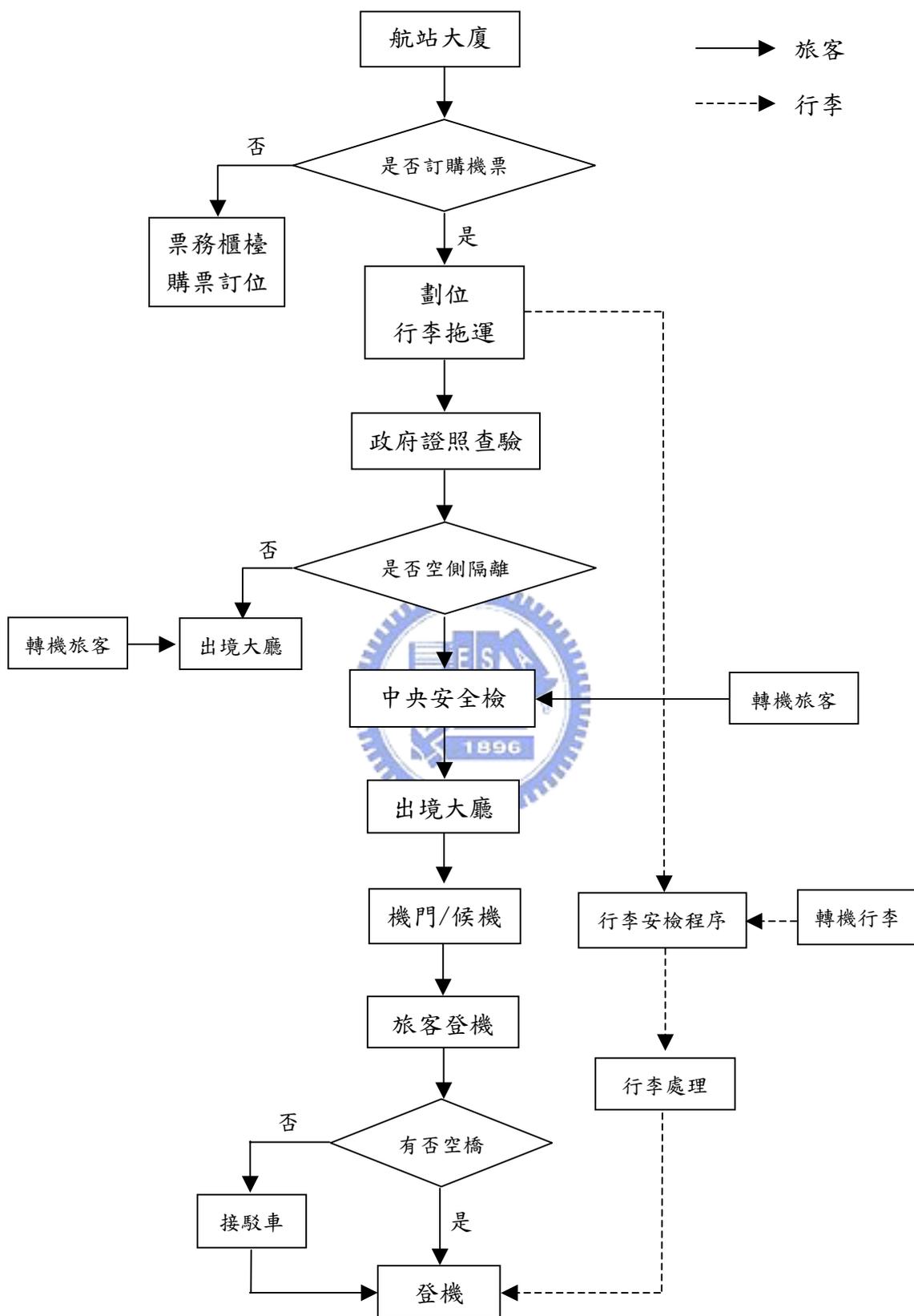


圖 3 國際機場旅客(行李)出境流程

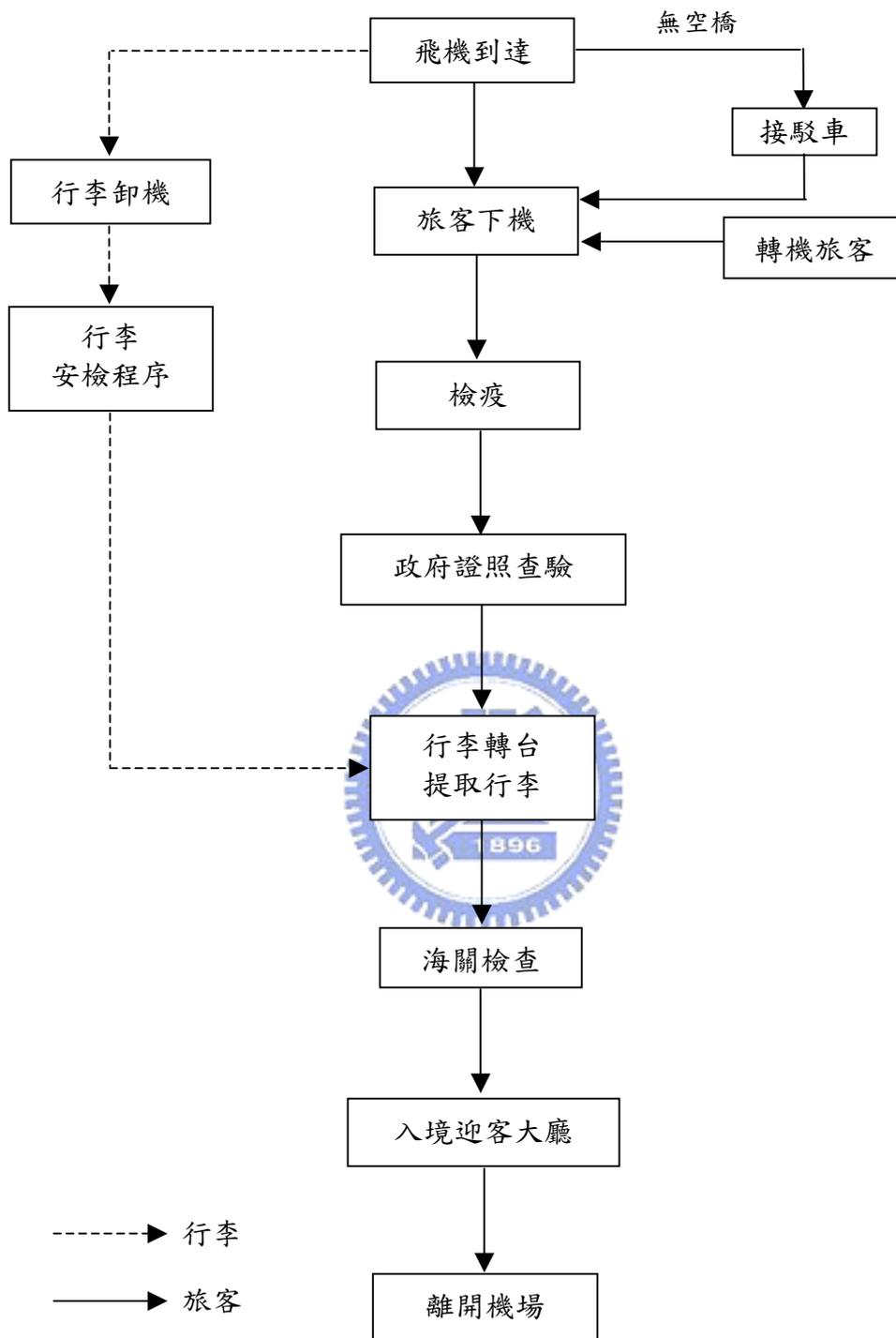


圖 4 國際機場旅客(行李)入境流程

3.2 航站大廈主要設施與作業流程

出境旅客在抵達航站大廈後，經由班機資訊顯示看板，可得知所搭乘班機之報到櫃檯及登機門。旅客完成報到及行李託運後，可繼續前往辦理證照查驗作業，或先行從事其他活動，如兌換外幣、辦理保險、用餐或購物等。通常進入證照查驗後即為管制區，由於國際保安之規定，旅客不得再到非管制區活動。部分機場在完成證照查驗後接連進行隨身行李安檢作業，但有些機場隨身行李之安檢設在登機門於旅客登機前檢查。此外，在證照查驗或安檢作業後，機場會設置免稅商店、書局、餐飲、商務中心等商業活動區，滿足旅客在候機時之需求。若將國際機場出境作業系統分為旅客與行李兩部分，其主要使用設施如圖 5 所示。

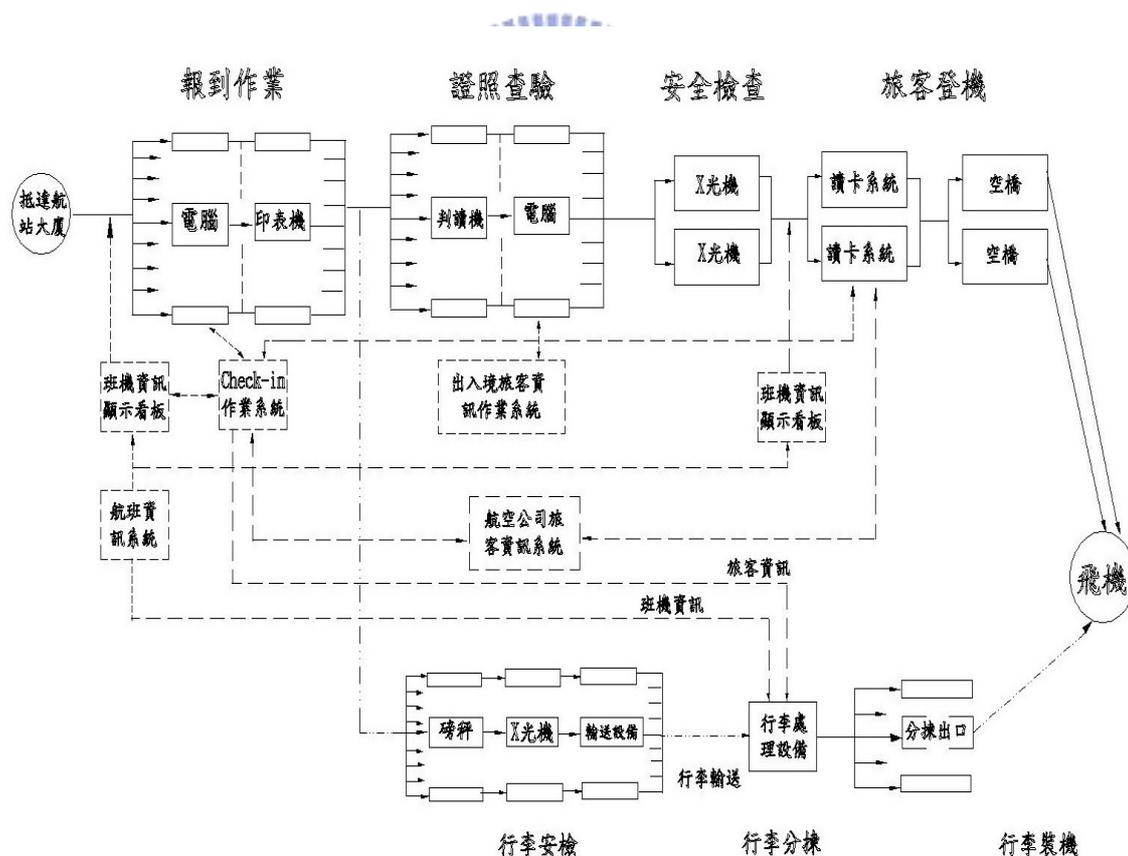


圖 5 國際機場出境作業使用設施

在各作業流程中，若設備發生故障或處理容量不足，輕者將造成部份旅客等候時間增加，嚴重者可能導致班機延遲起飛。但不同設備故障所影響之旅客人數及產生之延遲成本均不相同，故需分別探討。例如當報到作業、證照查驗或安全檢查之設備發生故障，有時僅會造成旅客等候辦手續時間增加，並不影響班機正常起飛時間，但部分較晚抵達機場之旅客可能因等候辦手續時間增加，而無足夠時間從事商業活動而導致機場特許費收入減少。若登機設備發生故障，因旅客於登機前已完成各項活動，故對旅客活動之影響不大，惟可能造成班機延遲起飛增加旅客等候之時間成本，而嚴重者可能延誤旅客後續行程。在行李處理設施方面，因行李在完成託運手續後，其處理作業即與旅客流程分開，故在輸送、分檢或裝機過程若發生設備故障而造成作業延誤，只要最後一件上機之行李能在班機起飛前完成，將不會對旅客產生任何影響。另外，當證照查驗、安全檢查或行李分檢之設備故障，因該設備為所有旅客共用，故可能影響該時段所有班機；但其他各班機單獨使用之設備，除非故障時間過長導致延滯擴散，否則僅影響該班機旅客。因此，國際機場航站大廈出境各流程設備故障影響之範圍及產生之延遲成本並不相同，分別如表 9 所示。

表 9 國際機場航站大廈出境各流程設備故障影響之範圍及結果

流程名稱	影響範圍	影響結果	說明
報到作業	單一班機	旅客等候甚至延遲起飛	1. 部分旅客可能因等候辦手續而無時間從事其他活動。 2. 若最後一位旅客登機時間超過表訂起飛時間，將造成班機延遲起飛。
證照查驗	所有班機	旅客等候甚至延遲起飛	
安全檢查	所有班機	旅客等候甚至延遲起飛	
旅客登機	單一班機	班機延遲起飛或無影響	若最後一件行李(一位旅客)裝(登)機時間超過表訂起飛時間，將造成班機延遲起飛，否則對旅客並無影響。
行李安檢	單一班機	班機延遲起飛或無影響	
行李分檢	所有班機	班機延遲起飛或無影響	
行李裝機	單一班機	班機延遲起飛或無影響	

資料來源：本研究歸納整理。

3.3 航站大廈空間需求特性

國際機場航站大廈空間之使用需求可簡單分為以下五類：

1. 公共設施空間：

包括旅客休息等候之空間如報到大廳、候機室等，另外還有旅客辦理各項手續所需之設施和排隊空間，如旅客報到、證照查驗、安全檢查等櫃台。

2. 航空公司所需空間：

包括航空公司為服務頭等艙旅客或會員而設置之貴賓室、旅客服務櫃台、工作人員辦公室等，其空間需求視航空公司是否以該機場為基地及其航機班次與載客量多寡而定。

3. 商業活動空間：

提供旅客停留於機場時必要之服務活動空間如餐飲、購物、休閒、通訊、金融、市區聯外客運及代送旅客行李等服務所需之空間。

4. 附屬設施空間：

包括各種設備之機房、管道間、樓(電)梯、洗手間等，該設施所需空間需依建築及消防等法令規定設置，故不在本研究範圍。

5. 公務辦公室空間：

此類空間包括在機場執行各項公務的單位，如航空站、海關、警察單位、入出境管理局、動植物檢疫局及觀光局等。因其所需之空間彈性很大，各機場可視其他類空間分配情形調整，故不在本研究範圍。

上述空間部份因服務對象或旅客需求時間不同，而座落在不同區域。例如免稅商店之商品僅出入境旅客可購買，故需設置於管制區；對旅行社、飯店服務之需求者通常為外國籍入境旅客，故其櫃檯應設置於入境區域；而航空公司的貴賓室一般設置於出境區域以服務出境旅客為主，因為入境旅客抵達機場在完成各項手續後即離開機場而無此需求。航站大廈各種空間之需求及可能座落區域如表 10 所示。另外 Stanton[51]研究指出傳統美國機場航站大廈其可租用面積為 55%，其中航空公司約佔 38%，而餐飲、商

店等約佔 17% ，如圖 6 所示。而隨著科技進步及資訊發達，未來航站大廈各類面積如何分配將是值得探討之課題。

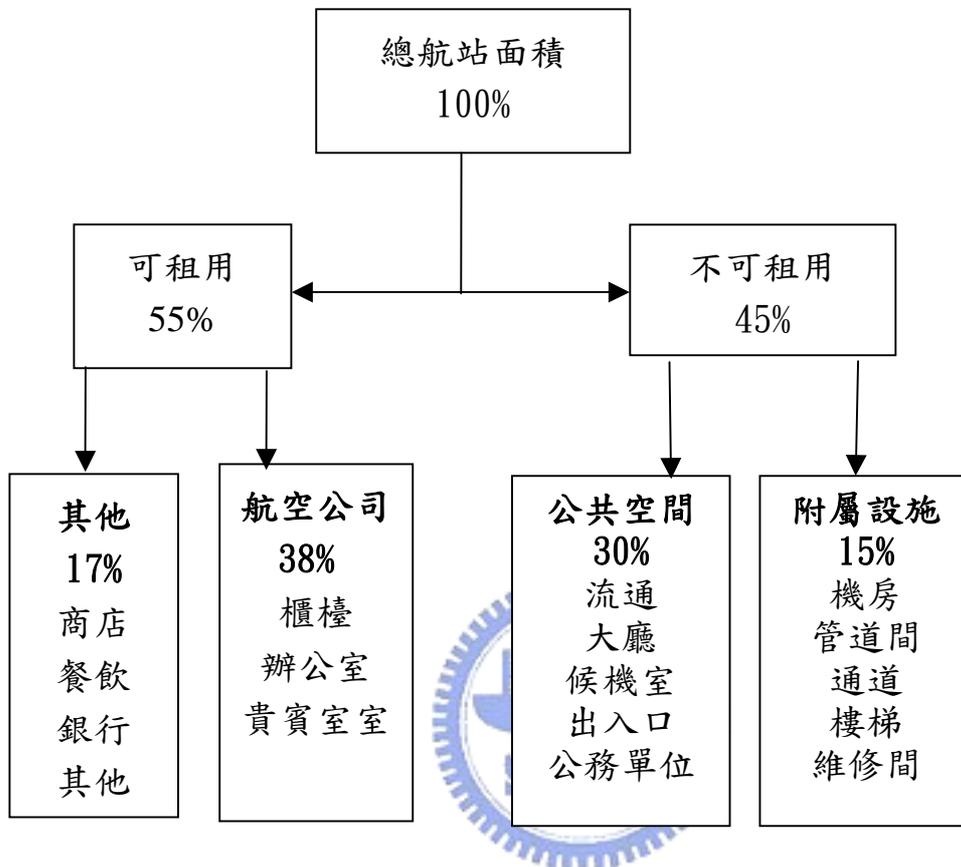


圖 6 傳統美國機場航站大廈之面積分配之比例

表 10 航站大廈空間需求及可能座落區域

一. 商業活動種類	出 境		入 境	
	非管制區	管制區	非管制區	管制區
1. 銀行櫃檯	V	V	V	V
2. 郵局	V		V	
3. 電信局	V		V	
4. 保險公司	V			
5. 一般商店	V	V	V	V
6. 免稅商店		V		V
7. 餐廳	V	V		
8. 書局	V			
9. 咖啡店	V	V	V	V
10. 客運公司			V	
11. 租賃車櫃檯			V	
12. 飯店櫃檯			V	
13. 旅行社櫃檯			V	
14. 藥局	V			
15. 花店	V			V
16. 鐘錶眼鏡行	V	V		
17. 理容院	V	V		
18. 商務中心	V	V		
19. 商務旅館		V		
20. 網路服務中心	V	V		
21. 行李運送服務			V	
二. 公共設施空間				
1. 報到櫃檯	V			
2. 行李過磅處	V			
3. 證照查驗	V			V
4. 候機休息區(含轉機)		V		
5. 安全檢查		V		
6. 行李提領處				V
7. 海關行李檢查檯				V

資料來源：本研究歸納整理。

表 10 航站大廈空間需求及可能座落區域(續)

二. 公共設施空間(續)	出 境		入 境	
	非管制區	管制區	非管制區	管制區
8. 迎客大廳			V	
9. 醫療中心	V			
10. 服務臺	V		V	
11. 育嬰室	V	V	V	V
12. 兒童遊樂室	V	V		
13. 祈禱室	V	V		
14. 吸煙室	V	V	V	V
三. 航空公司				
1. 貴賓室	V	V		
2. 辦公室	V	V	V	V
3. 櫃檯	V			
4. 休息室	V	V	V	V
四. 公務辦公室(非本研究範圍)				
1. 航空站	V	V	V	
2. 航警局	V	V	V	V
3. 海關	V			V
4. 入出境管理局	V			V
5. 動植物檢疫局	V			V
6. 外交部	V		V	
7. 國安局	V		V	
8. 調查局	V		V	
9. 觀光局			V	V
10. 新聞局	V		V	
五. 附屬設施(非本研究範圍)				
1. 洗手間	V	V	V	V
2. 管道間	V	V	V	V
3. 機房	V	V	V	V
4. 樓梯、電梯	V	V	V	V
5. 維修間等	V	V	V	V

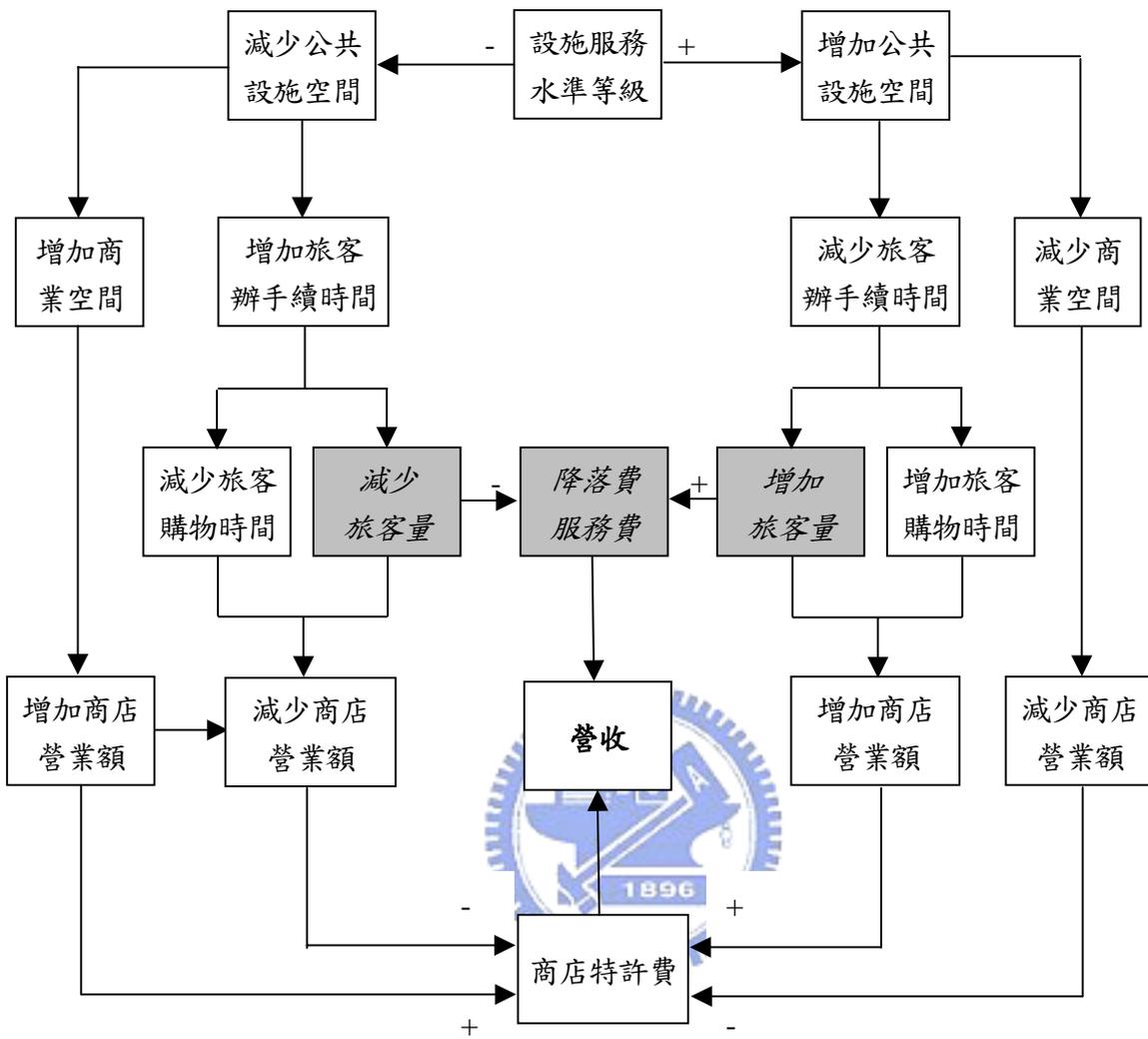
資料來源：本研究歸納整理。

3.4 航站大廈空間分配對機場營收之影響與發展趨勢

就一運量已達設計容量之機場而言，當提高設施服務水準，如增加報到、証照查驗或安檢等櫃檯數量可減少旅客辦理手續之等候時間，讓旅客有更多時間從事各項商業活動，可增加商店營業額，並增加機場商店特許費收入。然航站大廈面積有限，為提昇機場服務水準則必須增加公共設施空間，相對將減少商店設置之面積或數量，可能減少機場商店特許費收入。但若為增加機場商店特許費收入而設置太多商業空間，勢必會降低公共設施服務水準，並導致旅客辦手續等候時間增加，進而縮短旅客從事商業活動時間，可能因此減少商店營業額，並減少機場商店特許費收入。

此外，設施服務水準提高，長期而言會吸引更多轉機旅客選擇該機場，進而增加降落費及服務費等營運收入。反之，則會造成轉機旅客流失，降低機場營運收入，尤其是在相同地理位置且具轉運競爭之機場更加明顯，例如像亞洲之香港赤臘角、新加坡樟宜、日本成田及臺灣中正機場。綜合上述，公共設施空間之大小將直接影響旅客服務水準，並間接影響機場商店特許費收入，故其與商業活動空間除有替代關係外，對機場整體營收之影響亦有密切互動關係，如圖 7 所示。由此顯示，航站大廈空間分配會改變設施服務水準並影響機場商店特許費及整體之營收。

近年來由於航空轉運中心之成立及機場間相互競爭，許多先進國家均視機場經營為「服務業」，不僅提供航空運輸功能，更要滿足旅客多樣化之需求。根據資策會[52]收集日本成田機場、香港機場、新加坡機場及中正國際機場之資料顯示，國際機場旅客服務設施多達 33 項，其中以新加坡機場設置 30 項最為齊全，如表 11 所示。在機場啟用之初，若旅客運量未達設計容量，航站大廈尚未利用之空間，可先彈性用於展示藝術品或該國家（地區）文物及增加旅客服務設施，以提昇機場服務品質；亦可設置較大之商品廣告或展覽區、商務中心及可出租之辦公空間，以增加機場收入。當運量超過設計容量致航站大廈空間不足時，本研究所構建之模式可用以分配航空公司及商業活動空間，並兼顧旅客服務水準和機場租金及整體特許費收入最大之目標。



註：■ 表非本研究範圍。

圖 7 航站大廈設施服務水準與特許費及營收之互動關係

表 11 亞洲主要國際機場旅客服務設施比較表

項 目	成田	香港	新加坡	中正
1. 服務臺	V	V	V	V
2. 旅客查詢電腦	V	V	V	
3. 銀行	V	V	V	V
4. 匯兌	V	V	V	V
5. 郵局	V	V	V	V
6. 電信/電報	V	V	V	V
7. 保險	V	V	V	V
8. 行李儲存	V	V	V	V
9. 行李運送	V		V	V
10. 航空公司貴賓室	V	V	V	V
11. 共用貴賓室				V
12. 國賓室	V	V	V	V
13. 美髮沙龍(女)	V	V	V	V
14. 理髮廳(男)	V	V	V	V
15. 醫務中心	V	V	V	V
16. 育嬰室	V	V	V	V
17. 兒童遊樂室	V	V	V	V
18. 會議室	V	V	V	V
19. 商務中心(會議室/翻譯室)	V	V	V	V
20. 視聽室/娛樂中心/放映室	V		V	
21. 旅館(附近)	V	V	V	V
22. 短期休息室(day room)	V		V	V
23. 淋浴室/健身房/三溫暖	V		V	V
24. 游泳池/按摩浴			V	
25. 卡拉OK			V	
26. 網際網路服務中心			V	V
27. 空中花園			V	V
28. 庭園休息區				V
29. 藝廊/畫廊/展覽室				V
30. 吸煙室			V	V
31. 祈禱室			V	
32. 所在位置標示圖	V	V	V	
33. 商業區標示圖	V	V	V	
合 計	24	20	30	26

資料來源：交通部民用航空局中正國際航空站第二航廈接管營運規劃及訓練顧問案

第四章 航站大廈空間分配模式

根據文獻回顧及本研究對航站大廈作業現況之分析，本章將進一步以解析性規劃方法構建國際機場航站大廈公共設施空間、商業活動空間及航空公司空間分配模式。其中各項公共設施所需面積可由設施服務等級及尖峰時段設計處理量計算，其佈置原則參照國際航空運輸協會建議之設施必須或不須相鄰之佈置矩陣，並以所有旅客總步行距離最短為目標。因出境旅客在航站大廈之停留時間有限，故採不同設施服務等級除直接影響公共設施空間需求外，亦會藉由旅客作業時間影響可從事商業活動之旅客人數及商業空間需求。而公共設施及各商業活動設置位置將直接影響旅客步行時間，並間接影響旅客可從事消費時間，進而影響各商業活動消費人數及機場特許費收入。

機場公共設施採用之服務等級攸關旅客服務品質，長期而言會影響機場旅客需求量，尤其是轉運中心之機場。有關航空公司空間分配，本研究考量各航空公司運量多寡，先以固定單價提供各航空公司維持營運之基本面積，若航空公司有更大需求，則以其所願意承租價格及該公司對機場帶來之服務費及降落費等收益最大為原則，分配其他可出租給航空公司之空間。

綜上所述，本研究國際機場航站大廈空間分配在兼顧旅客服務水準下，以機場整體營收最大為目標，研究架構如圖 8 所示，以下各節將分別詳述各類空間之分配方法。

4.1 公共設施空間分配方式

過去探討機場航站大廈服務等級之文獻有許多，如 Mumayiz[15]、Martel and Seneviratne[53]、Mckelvey[54]及 FAA[55]等。其考量因素包括航廈擁擠程度、各類設施旅客等候時間及等候空間、旅客步行距離及旅客辦手續總時間等。有關國際機場航站大廈各項公共設施面積之分配，須考量進入航站大廈旅客數量、旅客特性、設施服務特性、班機延誤及服務水準標準之訂定等因素（洪偵嘉，[56]）。國際航空運輸協會(IATA)對各種空間服務水準，依服務水準、流動狀況、延滯及舒適度等項目，定義從 A、B……

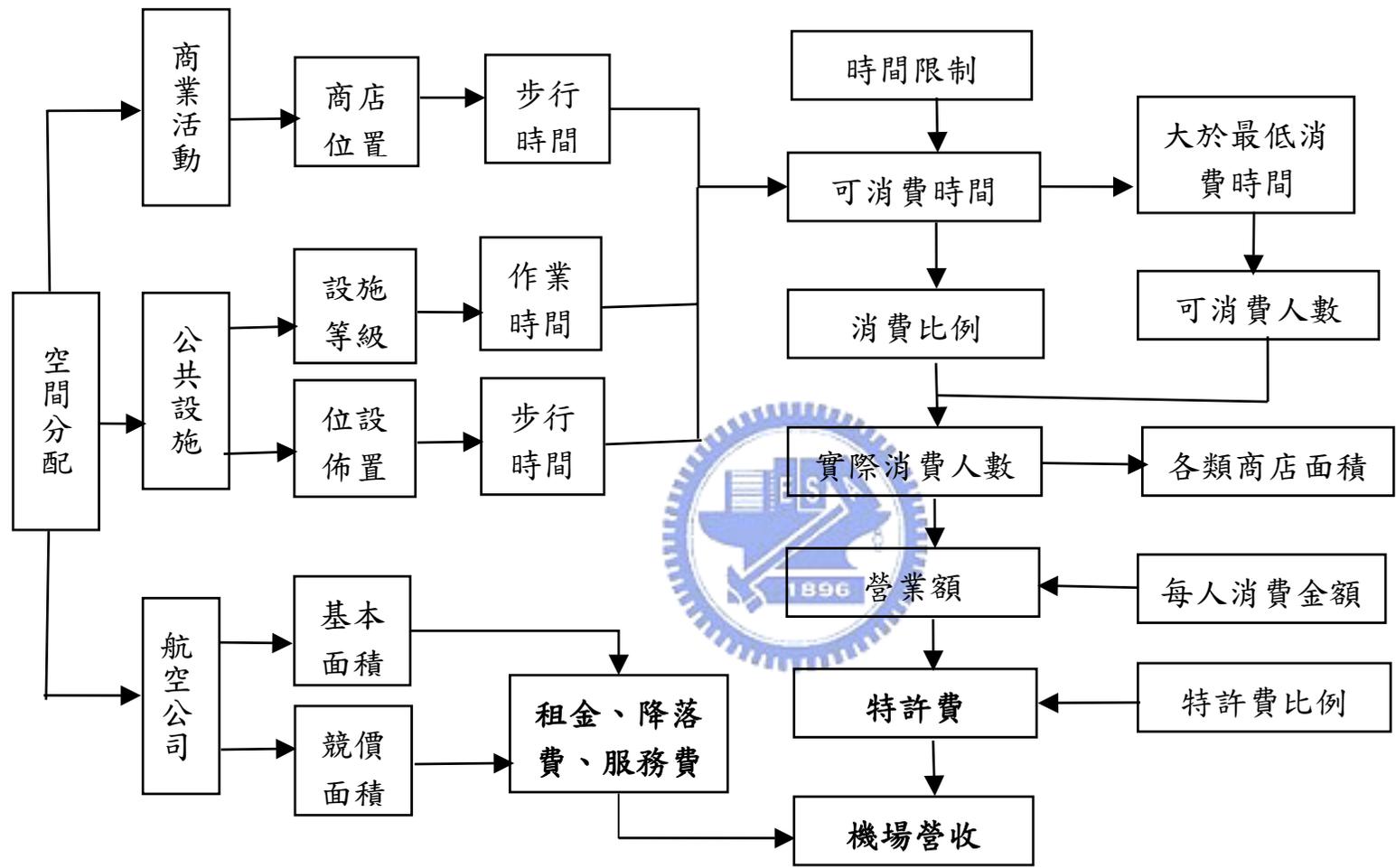


圖 8 航站大廈空間分配研究架構圖

至 F 等由高到低之七種等級，如表 12[57]。當服務水準等級採用 A 表示服務水準優、旅客流動狀況自由、無延滯且舒適度為優。若服務水準等級採用 C 表示服務水準可接受、旅客流動狀況穩定、延滯情形及舒適度均可接受。當服務水準等級降到 E 表示服務水準不足、旅客流動狀況不穩定、延滯情形已無法接受且舒適度不足。

表 12 IATA 空間服務水準定義

服務水準等級	服務水準	流動狀況	延滯	舒適度
A	優	自由	無	優
B	高	穩定	稀少	高
C	可	穩定	可接受	可
D	足夠	不穩定	可接受	足夠
E	不足	不穩定	無法接受	不足
F	無法接受	交叉流動	無法接受	無法接受

資料來源：IATA[57]。

各類設施採用各等級所需面積如表 13 所示，以報到櫃檯等候區為例，當服務水準等級採用 A 所需面積為每位流動旅客 1.8 平方公尺，而 C 等級則需 1.4 平方公尺，若採 E 等級則只要 1 平方公尺。因此，各項設施所需面積大小，可依各機場之特性，由其尖峰時段該設施旅客設計處理量和 IATA 所設定之面積需求分別求出。而位置分配可依據國際航空運輸協會[58]所建議之兩設施間必須、可以或不須相鄰之航站大廈佈置功能鄰近矩陣，如表 14 所示。並以出境旅客從進入航站大廈至登機門、入境旅客從下機至離開航站大廈及轉機旅客總步行距離最短為原則佈置之。若以 X_p^U 表示第 p 項公共設施在服務水準等級為 U 時之面積，則計算公式為：

$$X_p^U = N_p \cdot A_p^U \quad p=1, \dots, n; U=A, B, C, D, E, F \text{ 等服務等級} \quad (1)$$

其中， N_p 為尖峰時段第 P 項設施之旅客處理容量， A_p^U 為該設施採用服水準等級 U 時每位旅客之面積需求，而 U、P 及 n 分別代表公共設施服務等級、種類及類別量。

表 13 IATA 建議之各類設施面積需求

作業設施	A	B	C	D	E	F
旅客報到區	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	系統 停頓
旅客等候/流動區	2.7	2.3	1.9	1.5	1.0	
候機室/安檢證照查驗區	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	
行李提領區	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	

註：單位為平方公尺/每位流通旅客。

資料來源：IATA[57]。

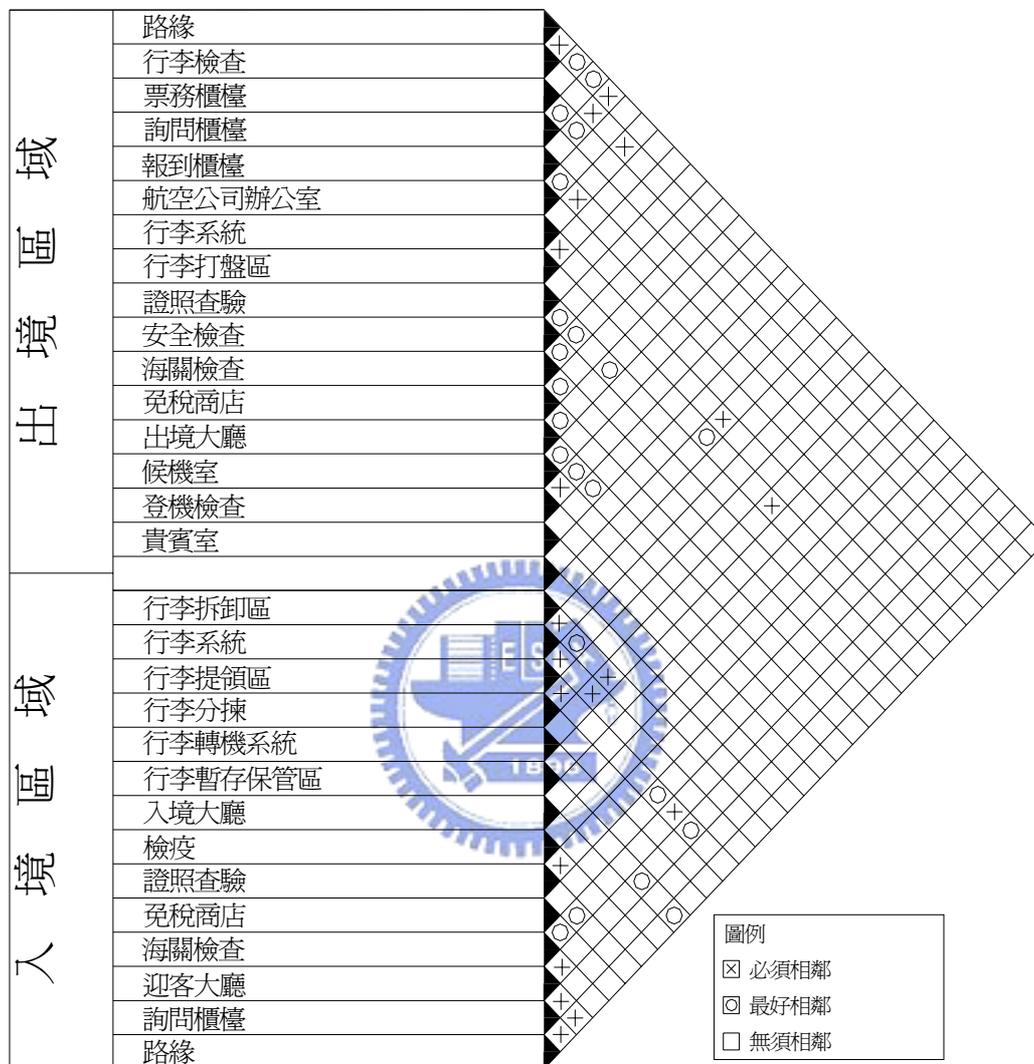
各項設施位置佈置以所有出、入境及轉機旅客總步行距離最短為原則，因使用不同運具到達機場之出境旅客，從出境大廳入口至報到櫃檯步行距離並不相同，而入境旅客出關後步行距離則視其離開機場搭乘之運具而定，故其在航廈步行距離與到離機場使用運具之停靠位置有關。本研究將旅客所使用運具分為公車、鐵路、自行開車（須停於停車場）、計程車或他人接送（可逕於航站大廈路緣上下車，步行距離較短）或專用巴士等類，以 t 表示，將各種旅客人數乘以每位旅客平均步行距離即為所有旅客總步行距離，若以 TD 表示，則所有旅客總步行距離最小之目標式為：

$$\text{Min } TD = \sum_{t=1}^o (D_t^m \cdot E_t^m \cdot N^m) + \sum_{t=1}^o (D_t^a \cdot E_t^a \cdot N^a) + [D^r \cdot E^r + D^r \cdot (1 - E^r)] \cdot N^r \quad (2)$$

s.t. 兩設施必須相鄰或不須相鄰之限制

其中 D_t^m 為第 t 類出境旅客未從事其他消費活動平均步行距離，包括從抵達機場下車處至報到櫃檯、出境證照查驗、安全檢查及登機門； D_t^a 表示第 t 類入境旅客未從事其他消費活動平均步行距離，包括從下機抵達之機門至入境證照查驗、行李提領處、海關檢查及離開機場使用運具之乘車處；而 D^r 及 D^r 分別表示直接轉機及非直接轉機旅客未從事其他消費活動平均步行距離，其差異為非直接轉機旅客需辦理下一行程之報到手續。 N^m 、 N^a 及 N^r 分別表出境、入境及轉機旅客總人數，而 E_t^m 、 E_t^a 分別表第 t 類出、入境旅客佔其個別總人數之比例， E_t^r 為直接轉機旅客佔總轉機旅客之比例， o 表旅客種類數。

表 14 兩設施間必須、可以或不須相鄰之航站大廈佈置功能鄰近矩陣



資料來源:IATA(1989)

4.2 商業活動空間分配方式

機場管理當局在分配航站大廈商業活動空間時，為能滿足旅客各種需求，多先以旅客為導向，設置符合國際機場服務功能之各種商店，提供其營運所需基本面積。因商業活動特許費為機場重要收入來源之一，在出入旅客眾多之大型機場，航站大廈應設置多少商業空間？如何配置？則需要仰賴精確規劃，方能為機場帶來最大之營運收入。目前機場對經營商店所收取之特許費，多以營業額之比例徵收，雖此一比例業者會反應於物價水準，而物價水準將會影響旅客消費行為，但在市場供給和旅客需求長期均衡下會產生一合理值。故只要估算各種商店營業額即可得知商店特許費金額，而商店營業額可由旅客量預估消費總人數乘以平均每人消費金額求得，各種商店所需之最大面積則依尖峰時段消費人數計算之。

由於出境與轉機旅客受登機時間限制，所以在機場活動時間預算可由旅客搭乘班機之登機時間及旅客到達航站大廈時間決定。因旅客到各類商店所需額外步行時間與其設置位置有關，旅客之時間預算扣除作業與步行時間後，即為可從事消費時間。經由旅客從事消費之順序及消費所需最短時間，可得知在不同位置之各類商店可從事消費人數，藉由可消費人數中實際從事消費之比例，加上入境、送機、接機旅客及機場員工之消費人數，可得知各類商店實際總消費人數，進而計算各種商店所需面積。本研究構建之商業活動空間分配模式架構如圖 9 所示，以下將進一步說明。

但航站大廈尚需設置維持機場運作之公共設施和提供航空公司作業所需空間，且考量其建造成本和機場營運維護費用，通常無法滿足各種商店所需最大面積，故各商店空間如何取捨實為重要課題。本研究以商店整體特許費收入最大為分配原則，令 $R_{ij}^k(X_{ij}^k)$ 為位置 X_{ij}^k 商店特許費，則商店整體特許費收入 TR 最大之目標式為：

$$\text{Max } TR = \sum_{k=1}^z \sum_{l=1}^h \sum_{j=1}^5 R_{lj}^k(X_{lj}^k) \quad (3)$$

$$\text{s.t. } \sum_{l=1}^h \sum_{j=1}^5 X_{lj}^k \geq S_k, k=1, \dots, z, \quad (4)$$

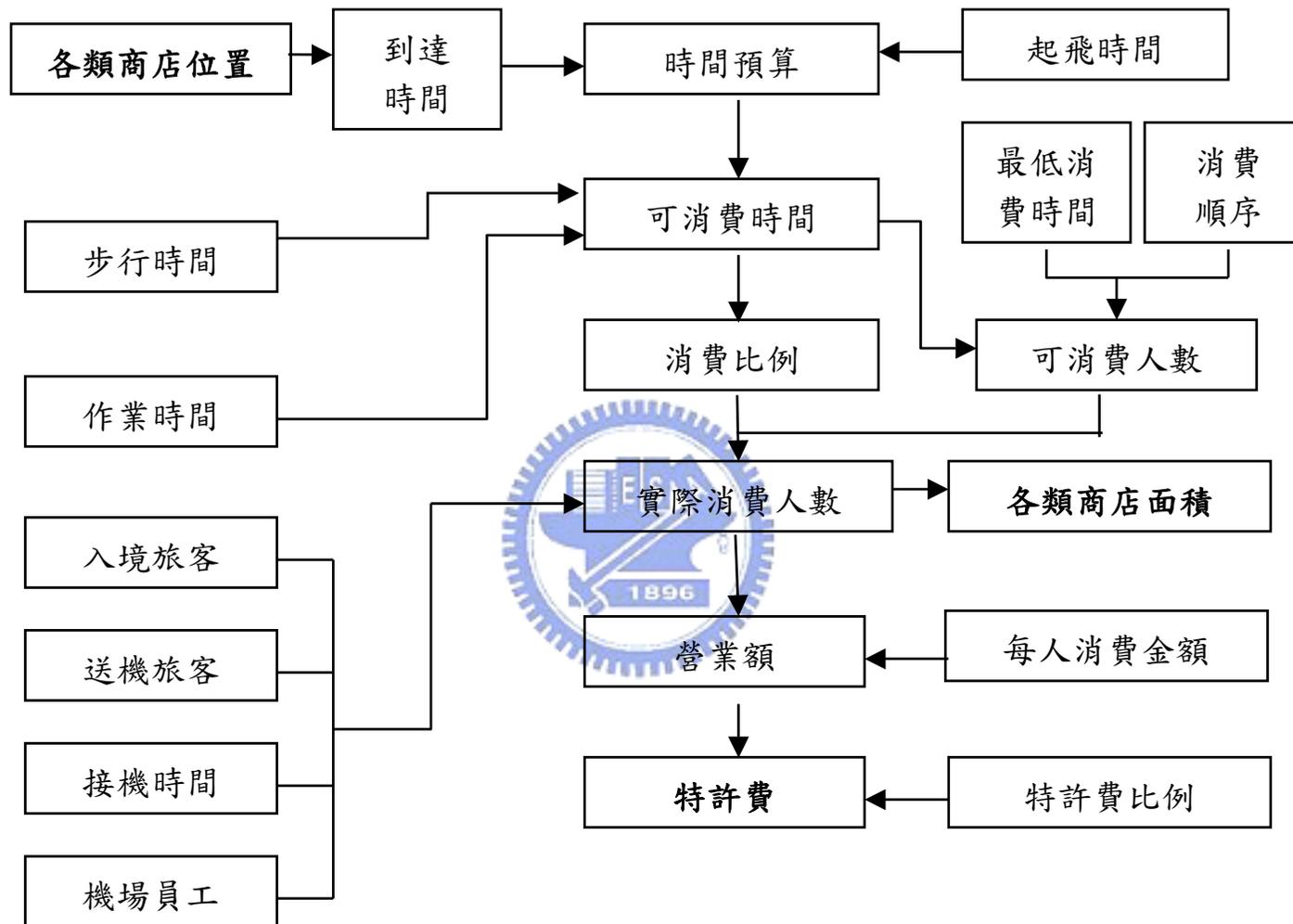


圖 9 商業活動空間分配研究架構圖

$$\sum_{k=1}^z \sum_{j=1}^5 X_{lj}^k \leq L^l, l=1, \dots, h, \quad (5)$$

其中， S_k 表商店 k 滿足旅客基本需求及維持營運之最小面積，其大小視商店性質而異，如餐廳須有廚房及用餐座位，而簡易販賣店僅需商品擺設架及收銀機。 L^l 表區域 l 之最大商業總面積，就既有航空大廈而言，為原規劃商店面積及其他可變更為商店之總面積，新設之航空大廈則依最大經濟效益設計。 l 表該位置所在區域，以區分不同航空大廈、出境或入境及管制區或非管制區， j 為在區域 l 之旅客中會經過該位置之比例。位置 (l, j) 旅客會經過之比例 j ，本研究以到達該位置之通道上旅客流量計算，即旅客從到達機場至離開機場之活動中，需經由該通道至各設施辦理作業之旅客數佔該區域總旅客量之比例。其代表該位置旅客之可及性，旅客經過比例愈高可及性愈大，為便於分析，我們將其大小簡化為五組，由小至大分別用 1 至 5 表示，其中 $j=1$ 代表該位置旅客經過比例小於 20%， $j=2$ 代表該位置旅客經過比例界於 20% 至 40% 之間，依此類推， $j=5$ 代表界於 80% 至 100% 之間。以中正國際機場第二航廈出境非管制區（三樓）為例，如圖 16(b) 所示，若 1 號至 8 號報到櫃檯處理之旅客量佔出境總旅客量之比例分別為 a 、 b ……及 h ，則 3 號到櫃檯前位置（如箭頭所指處）旅客經過之比例為 $a+b+c$ ，而海關服務台前之位置則為 $a+b+\dots+h=1$ 。 k 代表該位置設立之商店類別，而 h 及 Z 分別表區域及商店種類數。(4) 式表示每種商店至少需設置可滿足旅客基本需求之營運面積，(5) 式限制每個區域所設商店面積，不得大於該區域可用於設置商店總面積。

本研究最大化特許費總收入之計算式（即(3)式），因旅客在航空大廈之活動受時間預算限制，故各商店之消費總人數將隨商店位置不同而變動，藉由消費人數之改變可直接影響商店營業額（如(7)式），因商店特許費係以營業額之某一比例徵收（如(6)式），故特許費亦間接隨商店設置位置改變而增減。有關各類商店平均每位旅客之消費金額主要受商店屬性影響，雖有少數與展售商品種類多寡或以消費時間計價之商店，旅客消費金額可能隨商店面積大小或座落位置變動。但由於旅客出入機場主要目的是搭乘飛機或接送親友，商業活動為停留於機場時衍生之次要需求，且本研究已設定各類商店分配之面積應大於其營運所需基本面積（如(4)式）。經

調查過去資料顯示，各類商店平均每位旅客消費金額隨所在位置或面積大小變動之幅度並不大，且相較於消費總人數變動對商店營業額之影響程度甚小，故將各類商店平均每位旅客消費金額依旅客而變動忽略不計並不會改變模式分配結果。因此，本研究假設各類商店平均每位旅客消費金額為固定，不隨商店所在位置或面積變動，有關最大化特許費總收入之機制，係藉由不同位置各商店消費人數之變動，並透過商店營業額之改變進而影響特許費收入所達成。

而 $R_{ij}^k(X_{ij}^k)$ 計算方式為該位置總營業額 $TM_{ij}^k(X_{ij}^k)$ 乘以機場對商店 k 徵收之特許費比例 F_k ，即：

$$R_{ij}^k(X_{ij}^k) = TM_{ij}^k(X_{ij}^k) \cdot F_k \quad (6)$$

而位置 X_{ij}^k 總營業額為該位置總消費人數 $TC_{ij}^k(X_{ij}^k)$ 乘以商店 k 平均每人消費金額 AM_k ，即：

$$TM_{ij}^k(X_{ij}^k) = TC_{ij}^k(X_{ij}^k) \cdot AM_k(X_{ij}^k) \quad (7)$$

旅客在航站大廈平均消費金額多寡受該行業屬性、物價水準及商店規模影響，而物價水準則與機場收取特許費高低、商品供需狀況及業者經營績效有關。為滿足旅客停留於機場之活動需求，機場管理者於航站大廈提供餐飲、購物、休閒、通訊、金融、市區聯外客運及代送旅客行李等之服務。因旅客對各項活動需求量不同，而各類商店可獲得之利潤隨產品性質而異，利潤較高之商店願意競租之特許費比例 F_k （營業額之比例）將較利潤低之商店大，例如免稅商店因免繳貨物稅，故較一般商店或餐廳利潤高，相對需支付較高比例之特許費。因此，機場管理者對各類商店徵收之特許費比例並不相同。通常商店經營者會將此比例大小反應於物價水準，但各類商店其價格彈性不同，經由市場供給和旅客需求長期均衡下，各類商店將會產生一合理值，使旅客、商店經營者及機場管理者三方面均能接受。在未找到合理值前，機場當局會請有意願之經營者提出營運計劃書，其中載明成本分析、價格水準、預估營業額及願交給機場之特許費比例，再由專業人員評估後投票選出經營者。若商店是由機場管理者自行經營，此特許費比例可視為商店之淨獲利率（即利潤/營收）。

至於位置 (X_{ij}^k) 總消費人數之計算方式，本研究將國際機場航站大廈

消費者分為出境、轉機、入境、送機、接機旅客及機場員工等六類，其中出境及轉機旅客受登機時間限制，故以可及性觀念計算從事各種消費人數；入境旅客則以對該類商店有需求之旅客類別估算；送機及接機旅客消費人數則分別以出境及入境旅客比例及其對各類商店消費比例計算；機場員工則以各區域員工數及可能消費比例推算。且各類旅客所能消費區域並不相同，以出境旅客為例，其可消費區域為出境全區，而送機旅客僅能在出境非管制區從事消費活動。有關各類旅客消費人數計算方式及消費區域如表 15 所示，以下分別說明計算方式：

表 15 各類旅客消費人數計算方式及消費區域

旅客性質	消費人數計算方式	消費區域
出境旅客	時間限制可及性	出境全區
轉機旅客	時間限制可及性	出入境管制區
入境旅客	依各類旅客人數	入境全區
送機旅客	依出境旅客比例	出境非管制區
接機旅客	依入境旅客比例	入境非管制區
機場員工	各區域員工數	工作區域

資料來源：本研究歸納整理。

(一)出境旅客部份

本研究假設旅客在尋找報到櫃檯、證照查驗櫃檯、安全檢查檯、登機門及各種活動位置時有充分之引導指示，因此能選擇最短步行距離。而出境旅客通常會在班機起飛前二小時三十分至半小時間抵達機場，以便辦理各項手續，其抵達時間受旅客特性及其選擇之運具、出發點與機場之距離和機場聯外交通之便利性影響。但團體旅客除受上述因素影響外也和約定集合時間有關，且在取得登機證前行動受到牽制。旅客到達航站大廈後即開始進行各項活動，但可從事商業活動之多寡受該旅客之時間預算和各商店所在位置影響，故本研究將以旅客可及性(Accessibility)觀念，分析旅客在特定位置之可停留時間，並計算可停留時間大於從事某商業活動所需最短

時間之總人數，以其可能消費之比例推算出境旅客在該位置從事消費人數。

出境旅客之時間預算為其登機時間減到達航站大廈時間，即距班機起飛時間，若令 θ_i^m 為第 m 班出境班機第 i 個到達航站大廈旅客之時間預算，則 θ_i^m 為：

$$\theta_i^m = t_b^m - t_{ai}^m \quad (8)$$

其中， t_b^m 表第 m 班出境班機旅客登機時間， t_{ai}^m 表第 m 班出境班機第 i 個旅客到達出境大廳時間。第 m 班出境班機第 i 旅客位置 X_{ij}^k 可從事商業活動 k 之時間 T_{lji}^m ，為該旅客之時間預算 θ_i^m 減辦理各項手續所需時間 T_i^m （含等候與步行時間）和從事商業活動 k 額外步行時間 D_{ij}^m/U ，如下式：

$$T_{lji}^m = \theta_i^m - T_i^m - (D_{ij}^m/U) \quad (9)$$

其中， U 表旅客平均步行速率。因不同班機可能在不同報到櫃檯或登機門，故從事商業活動 k 所需額外步行距離並不相同。而 T_i^m 表示第 m 班出境班機第 i 個旅客辦理各項手續所需時間，其計算式為：

$$T_i^m = t_c + t_l + t_s + (D_i^m/U) \quad (10)$$

其中， t_c 、 t_l 及 t_s 分別表旅客辦理報到含託運行李、證照查驗及安全檢查所需時間， D_i^m 為第 m 班出境班機第 i 個旅客除辦手續外，未從事其他消費活動步行總距離。其中團體和一般旅客辦理劃位時間有所差異，因為團體旅客劃位及行李託運需等所有成員均完成，俟領隊發給登機證及護照後始可從事下一活動，故所需時間大於一般旅客。

綜合上述，第 m 班出境班機旅客在位置 X_{ij}^k 可從事商業活動 k 之條件為：旅客時間預算 θ_{ij}^{km} 大於辦理各項手續時間 T^m 、從事商業活動 k 所需額外步行時間 (D_k^m/V) 及從事商業活動 k 所需最短時間 T_{k0} 之和，即 $T_{lji}^m \geq T_{k0}$ ，如圖 8 陰影部分。若 $F^m(\theta)$ 代表第 m 班出境班機旅客時間預算為 θ 時之累計機率函數，則出境旅客在位置 X_{ij}^k 可從事商業活動 k 之總人數 $TP_d^k(X_{ij}^k)$ 可表示為：

$$TP_d^k(X_{ij}^k) = \sum_{m=1}^y \left(\int_{\theta_{ij}^{km}}^{\infty} F^m(\theta) d\theta \right) \cdot Q_m - G_m^k \quad (11)$$

其中， $\theta_{ij}^{km} = T_i^m + (D_{ij}^m/V) + T_{k0}$ ， Q_m 為第 m 班出境班機旅客數， y 表出境班機數，

$G_m^{k'}$ 為第 m 班出境班機旅客中，因已從事其他 k 以外之商業活動，而剩餘時間無法再從事 k 活動之旅客人數，如圖 10 斜線部分。當旅客從事某一商業活動，其時間預算將會減少，除非旅客有足夠時間，方可依序從事其所需之各項商業活動，否則必須有所取捨，取捨方式因旅客而異，但通常會以重要且必需者為優先，如兌換外幣及辦理保險等，而其他如餐飲或購物等則列為次要需求。故在計算可從事商業活動 k 之總人數時必須扣除因已從事其他商業活動 k' ，導致所剩時間預算無法再從事商業活動 k 之旅客 $G_m^{k'}$ ，即：

$$G_m^{k'} = \sum_{k'=1}^{z-1} \int_{\theta_{ij}^{km}}^{\theta_{ij}^{km} + T_k} F^m(\theta) d\theta \cdot Q_m \cdot e_d^k \quad (12)$$

其中， k' 表 k 以外之其他商業活動， T_k 表旅客從事商業活動 k 之時間（含步行時間）， e_d^k 表出境旅客在從事商業活動 k 前已先從事商業活動 k' 之比例。

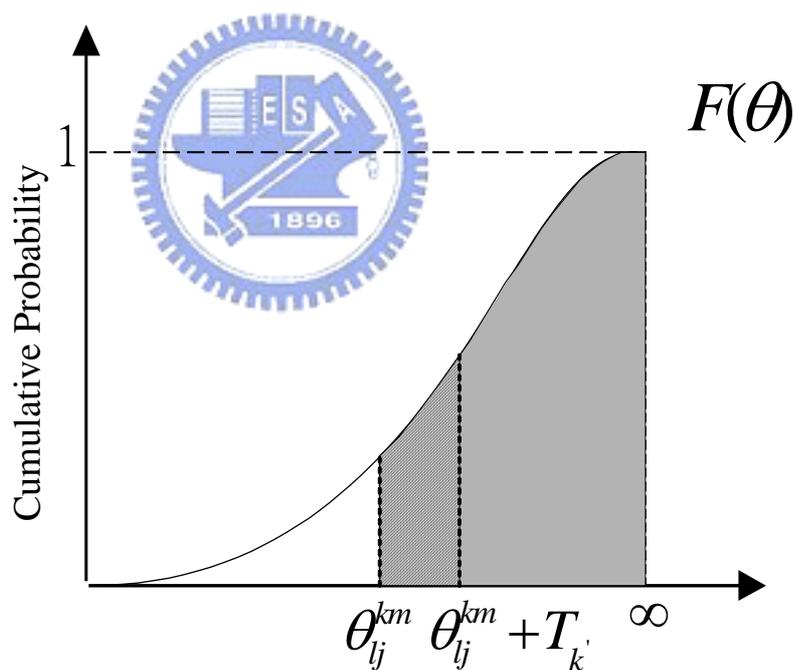


圖 10 第 m 班出境班機旅客從事商業活動之時間預算圖

因此，出境旅客在位置 (X_{ij}^k) 從事商業活動 k 之人數 $C_d^k(X_{ij}^k)$ ，可由停留時間大於從事該活動所需最短時間之總旅客數 $TP_d^k(X_{ij}^k)$ ，乘以該旅客中從事消費所佔之比例 e_d^k ，即：

$$C_d^k(X_{ij}^k) = TP_d^k(X_{ij}^k) \cdot e_d^k \quad (13)$$

在某些行業 e_d^k 為固定值，如銀行及保險公司等；但有些 e_d^k 值會隨時段而改變，如餐廳在用餐時間旅客消費比例遠大於一般時間；又如入境旅客對租賃車需求，在深夜無大眾運輸或班次少之時段，其比例較高；另有些 e_d^k 值會隨旅客所剩時間預算減少而遞減，如書局或咖啡店等。此外， e_d^k 值受商店屬性、經營規模與績效及物價水準等因素影響，本研究在實例分析時將以調查方式估計。

(二)轉機旅客部份

轉機旅客一般可分為兩類，一類為直接轉機，係指已有下一航程登機證而不須再辦理報到之旅客；另一類為非直接轉機旅客，須再辦理下一航程之劃位手續，其與直接轉機旅客主要差異在於多辦理下一航程之劃位時間及所需步行距離較長。在直接轉機旅客中，部分係搭乘原班機且未下機，因該類旅客不在機場活動，故對商店營收並不影響。而需轉搭另一班機或原班機轉機但有下機之旅客，可至轉機室（區）經安全檢查後至出境管制區從事各項活動。

轉機旅客之時間預算為該轉機班機登機時間，減原搭乘班機抵達時間，令 θ_i^f 為第 f 班入境班機，其轉機旅客中第 i 個下機旅客之時間預算，則 θ_i^f 可表示為：

$$\theta_i^f = t_{bi}^f - t_\theta^f \quad (14)$$

其中， t_{bi}^f 表第 f 班入境班機第 i 個轉機旅客登機時間， t_θ^f 表第 f 班入境班機到達時間。而第 f 班入境班機第 i 個轉機旅客可從事商業活動 k 之時間 T_i^{kf} ，為該旅客時間預算 θ_i^f 減辦理各項轉機手續所需時間 T_i^f （含等候與步行時間）和從事商業活動 k 額外步行時間 D_{ij}^{kf}/U ，即：

$$T_i^{kf} = \theta_i^f - T_i^f - (D_{ij}^{kf}/U) \quad (15)$$

其中， T_i^f 為第 f 班入境班機第 i 個直接轉機旅客辦理各項手續所需時間，包括該旅客下機、安全檢查和到上述位置之步行時間。因同一入境班機之轉機旅客，其可停留機場時間並不相同，需視下一行程班機起飛時間分別計算。若以 I_i^f 表示第 f 班入境班機第 i 個轉機旅客，在位置 X_{ij}^k 停留時間 T_i^{kf} 是否大於可從事消費活動 k 所需最短時間 T_{ko} ，則所有入境班機轉機旅客位置 X_{ij}^k 可從事商業活動 k 之總人數 $TP_r^k(X_{ij}^k)$ 可表示為：

$$TP_r^k(X_{ij}^k) = \sum_{f=1}^q \sum_{i=1}^u I_i^f, \quad I_i^f = \begin{cases} 1, & \text{if } T_i^{kf} \geq T_{k0} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (16)$$

其中 u 為第 f 班機轉機旅客人數， q 為入境班機數。

綜上，轉機旅客在位置 X_{ij}^k 從事商業活動 k 之人數 $C_r^k(X_{ij}^k)$ ，可由停留時間大於從事該活動所需最短時間之總轉機旅客數 $TP_r^k(X_{ij}^k)$ ，乘以該旅客中從事消費所佔之比例 e_r^k ，即：

$$C_r^k(X_{ij}^k) = TP_r^k(X_{ij}^k) \cdot e_r^k \quad (17)$$

(三)入境旅客、機場員工及接、送機旅客部份

因入境旅客、機場員工及接、送機旅客不受登機時間之束縛，故是否從事商業活動無時間預算之限制，其消費人數與該類旅客總人數有關。入境旅客對某項商業活動之需求，可直接以有該項特定需要之總旅客數乘消費比例計算。例如對飯店櫃檯服務有需求者通常為外籍旅客，故以外國籍旅客總人數乘以可能消費比例，即可估算對飯店櫃檯服務需求人數。若令 $C_a^k(X_{ij}^k)$ 為入境旅客在位置 X_{ij}^k 從事商業活動 k 之消費人數，則 $C_a^k(X_{ij}^k) = TP^a \cdot \omega_k \cdot e_a^k$ 。其中， TP^a 表入境總旅客人數， ω_k 表對活動 k 可能有需求之入境旅客佔入境總旅客人數之比例，而 e_a^k 為對活動 k 可能有需求之入境旅客中，實際消費所佔之比例。

本研究對接、送機旅客在航站大廈消費人數之計算，則以接機或送機總人數乘以其實際消費之比例求得，令其分別為 $C_{af}^k(X_{ij}^k)$ 、 $C_{df}^k(X_{ij}^k)$ ，則 $C_{af}^k(X_{ij}^k) = TP^a \cdot r^{af} \cdot e_{af}^k$ 而 $C_{df}^k(X_{ij}^k) = TP^d \cdot r^{df} \cdot e_{df}^k$ 。其中， TP^a 及 TP^d 分別表入境及出境總旅客數， r^{af} 及 r^{df} 分別為接機及送機旅客各佔入、出境總旅客數之比例， e_{af}^k 及 e_{df}^k 分別表接機及送機旅客中實際從事商業活動 k 所佔之比例。而機場員工在航站大廈消費人數之計算，係以該區域總員工數乘以其實際消費之比例，若令 $C_w^k(X_{ij}^k)$ 為機場員工在位置 X_{ij}^k 從事商業活動 k 之消費人數，則 $C_w^k(X_{ij}^k) = w^l \times e_w^k$ 。其中， w^l 表區域 l 員工總人數， e_w^k 表 w^l 員工中實際從事商業活動 k 所佔之比例。

由上述各類旅客在航站大廈消費人數之計算公式，可精確估計不同區域設置各式商店總消費人數，再由 (7) 式商店營業額及 (6) 式特許費計算公式可求得各商店特許費。各種商店所需最大面積則由尖峰時段消費人

數計算，其設置位置或空間不足時，則依（5）式之限制，以機場所有商店特許費總收入最大原則分配。

4.3 航空公司空間分配方式

傳統美國國際機場航空公司在航站大廈佔用面積約 38%，由於環保意識高漲，機場之用地取得日益困難，為減少噪音對機場附近居民的影響，甚至需填海造地，其土地取得成本高昂，故通常無法完全滿足航空公司之空間需求。本研究考量航空公司服務旅客作業之需要和機場營收最大等因素，先以一固定出租單價提供各航空公司維持營運所需之基本空間。航空公司若有更大需求且機場尚有剩餘空間，則採由各航空公司競價方式出租，並以願承租之租金及航空公司可為機場帶來之收益最大為分配原則。

航空公司維持營運所需之基本空間需求，包括旅客服務櫃檯、貴賓室、辦公室和員工休息室，其面積大小受其是否自辦地勤作業影響，因為一些不是以該機場為基地或班次較少之航空公司並未設專用貴賓室，甚至部份業務委託其他公司代辦，故面積需求較少。若令 v 航空公司可分配之基本面積為 H_v ，即：

$$H_v = (1 + \eta) \cdot \gamma + (1 + \psi) \cdot \varepsilon \cdot Q_v \quad (17)$$

其中， η 、 ψ 為是否自辦地勤業務之調整因子，若無自辦則設為 0。 γ 為維持航公司營運所需之固定面積需求，如辦公室及服務櫃檯； ε 為航空公司之面積需求中，隨營運班次變動每班次所需面積，如貴賓室及員工休息室，可由機場各階段可出租空間及航空公司業務需求訂定。

若令其他可出租空間之租金收入及航空公司可為機場帶來之收益為 TV ，則最大化 TV 之目標式為：

$$\text{Max } TV = \sum_{v=1}^q Y_v \cdot P_v + (G_v \cdot LP + Q_v \cdot SP) \quad (18)$$

$$\text{s.t. } \sum_{v=1}^q (H_v + Y_v) \leq LA \quad (19)$$

其中， Y_v 及 P_v 分別表第 v 航空公司經競價後可再租用面積及全年單位面積租金。 G_v 及 Q_v 分別為第 v 航空公司於機場租用 $(H_v + Y_v)$ 面積後，預估全年營運之起降架次及出境旅客人數； SP 為每位出境旅客對機場產生之淨收

益，如出境旅客繳交之機場服務費及旅客從事商業衍生之機場特許費收入，但需扣除由旅客產生之營運成本； LP 表航空公司出境每班次對機場產生之淨收益，如航空公司所繳之降落費及設備使用費，亦應扣除相關變動成本。 LA 表可出租給航空公司之最大總面積； v 及 q 分別為航空公司及其家數。(19) 式為各航空公司可分配之基本面積及競價後再出租面積，不得大於可出租給航空公司之最大總面積。



第五章 航站大廈設施購置/汰換時程決策模式

因設備故障率會隨設備使用年齡及使用情形變動，且設備故障對旅客作業影響程度與設備利用率有關，在機場啟用之初或設備剛購置時，當旅客運量未達設備最大處理容量前，若設備故障數量小於備用設備量時，該故障並不影響機場正常運作。但如在設備處理量不足時發生設備故障，則對旅客作業之影響將雪上加霜。為避免設備過早於堪用階段進行汰換或太早購置造成投資浪費，及太晚購置/汰換導致延遲成本增加，降低旅客服務品質甚而影響機場營運。

由於設備隨使用年齡增加其可靠度會降低，造成設備延遲及維護成本增加，但設備隨使用年齡增加其折舊成本將逐年減少。因機場旅客量會隨時間不斷變動，當旅客量增加，若未及時增購設備可能導致旅客等候時間及設備使用頻率增加，進而造成設備延遲及維護成本增加。反之，若旅客量減少則會降低旅客等候時間及設備使用頻率，進而減少設備延遲及維護成本。因此，本研究設施購置/汰換時程決策模式以設備使用年齡及旅客量為決策變數，以最小化研究時程所有設備之折舊、運轉、維護及延遲等總成本為目標。為確保機場飛航安全，與安全有關之設備其可靠度必須維持在特定水準以上，否則進行汰換；為維持機場應有之旅客服務品質，本研究將設備故障或處理量不足造成之旅客等候時間及班機延遲起飛時間，限制在旅客可接受之範圍。

近年來因消費者權益日受重視與保護，且在美國 911 恐怖攻擊事件後，航空公司營運陷入困境，機場設施故障或管理疏失造成之班機延誤已被重視及追究相關責任，故本研究將機場設備故障或處理量不足造成之延遲成本納入設備總成本中。另機場飛航安全及旅客服務品質攸關旅客對機場之需求，是機場管理者在追求降低成本時不可忽略之重要因素，故本研究是從機場整體觀點來探討。國際機場旅客運量受經濟景氣及各種因素影響而逐年變動，為能反應每個時程不同旅客量及設備故障率對各項成本產生之影響，本研究應用機率性動態規劃觀念構建數學模式，且整體考量以求得研究期程內各類設備每一時程之最佳決策方案及購置/汰換數量，有關設施購置/汰換時程之研究架構如圖 11 所示。

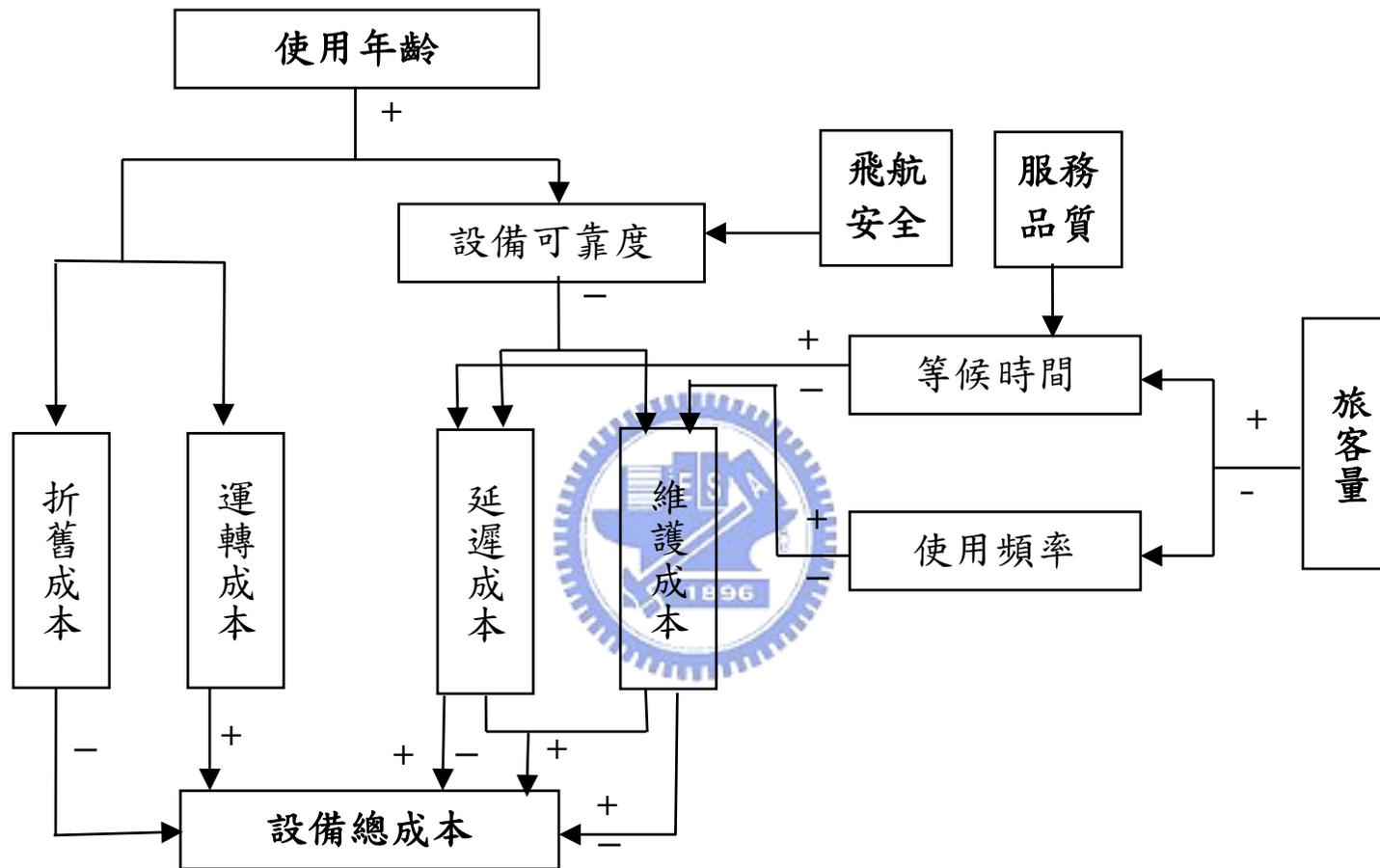


圖 11 航站大廈設施購置/汰換時程研究架構圖

造成班機延遲起飛之原因有許多，包括天候不佳、機械故障及地勤作業延誤等。其中地勤作業延誤可能是因設備故障或設備處理量不足所引起，其責任應歸屬於機場管理當局，故未適時購置/汰換設備可能造成設備容量不足或故障頻率增加而產生延遲成本。因此，本研究探討之設備以出境旅客作業及行李處理設施為主，如圖 12 所示。

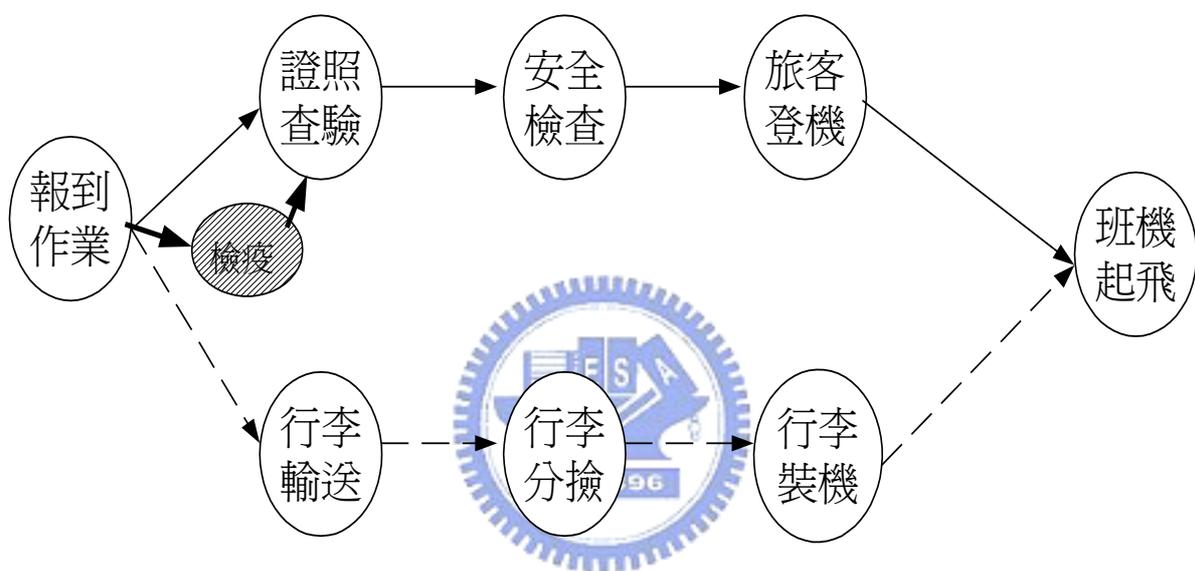


圖 12 航站大廈設施購置/汰換時程研究範圍

有關設備購置/汰換決策通常可分為維持不變、增購設備及汰換設備等三種，其表示方法如圖 13。其中 F 代表設備數量， f 代表設備種類， i 代表研究時程， t 代表設備已使用年數。所以， $F_{f,i,t}$ 代表在第 i 年已使用 t 年之 f 類設備有 F 個。若 $i+1$ 年的決策為維持不變，則使用年數增加 1 年，原第 i 年已使用 t 年之 f 類設備在 $i+1$ 年時，由 $F_{f,i,t}$ 變為 $F_{f,i+1,t+1}$ 。若 $i+1$ 年的決策為增購 E 個設備，除原有設備 $F_{f,i,t}$ 變為 $F_{f,i+1,t+1}$ 外，將會增加使用年數為 0 之設備 $E_{f,i+1,0}$ 。當 $i+1$ 年的決策為汰換設備，則原有使用 t 年之設備 $F_{f,i,t}$ 將變為使用年數為 0 之 $F_{f,i+1,0}$ 。

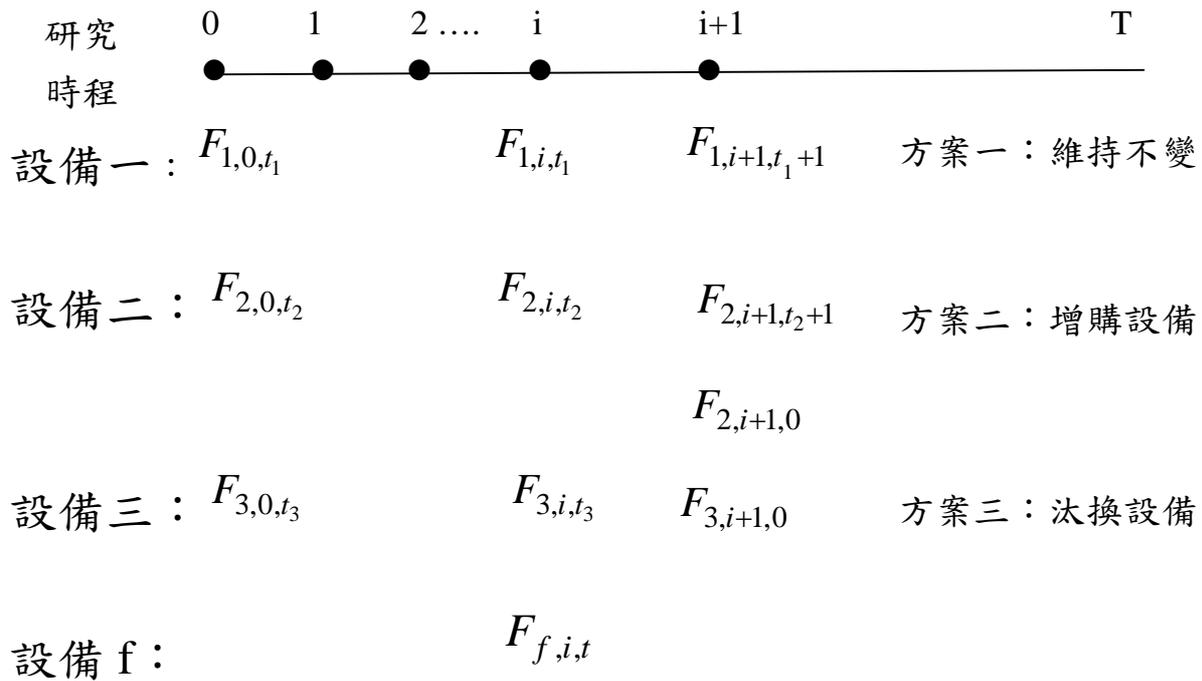


圖 13 設備購置/汰換決策示意圖



5.1 設備總成本之探討

在機場營運成本中與設備有關者為設備折舊、運轉、維護、延遲成本及設備汰換損失成本等。通常設備可靠度隨使用年齡增加而遞減，導致運轉、維護成本及故障衍生之延遲成本逐年提高，但設備折舊成本將隨使用年限增加而降低。若設備汰換後之殘值低於購置成本減已攤提之折舊，將會產生汰換損失。因此，本節將分析各項成本與設備使用年限及旅客量變動之關係並構建數學函數。

5.1.1 設備折舊及運轉成本

設備會隨時間老化且有使用年限，其價值通常隨使用時間增加而遞減，依成本分攤及會計帳務處理原則，在使用期間應逐年提列設備折舊成本。若以 C_{fit}^s 表示已使用 t 年之 f 類設備第 i 年之折舊成本，其計算式為：

$$C_{fit}^s = Z_{fit} X_t^{ge} \quad (20)$$

其中， Z_{fit} 為第 i 年已使用 t 年之 f 類設備最初設置成本， X_t^{ge} 代表年利率

為 g 且預定可使用年限為 e 年時，在考量設備達使用年限所剩之殘值後，第 t 年之資產回收因子乘數。

隨著技術創新與資訊科技快速發展，新型設備可能因高度自動化而大幅降低運轉成本或維護成本，致提前將未達預期使用年限或設置成本尚未全部攤提之舊設備汰換，此將會產生設備汰換之損失成本。但是否提前及應於何時汰換設備，則須比較新舊設備之折舊、運轉、維護、故障延遲成本及舊設備汰換損失等整體成本。若以 C_{fit}^r 表示已使用 t 年之 f 類設備於第 i 年進行汰換之損失成本，其計算式為：

$$C_{fit}^r = I_{fit} [Z_{fi} (1 - \sum_{t=1}^{ge} X_t^{ge}) - A_{fit}] \quad (21)$$

其中， I_{fit} 代表汰換因子為一二元變數，若已使用 t 年之 f 類設備於第 i 年進行汰換則為 1，否則為 0。 A_{fit} 表示已使用 t 年之 f 類設備於第 i 年之剩餘殘值。

設備運轉成本主要包括操作人力與運轉所需之能源及相關材料，其中操作人力與設備自動化程度有關，而設備運轉所需能源及相關材料將隨設備使用年齡而增加。隨著科技之進步及不斷研發結果，新型設備之運轉成本有日益降低之趨勢。本研究將設備運轉成本分為固定成本及受處理量影響之變動成本兩部分，若以 C_{fit}^o 表示已使用 t 年之 f 類設備第 i 年之運轉成本，其計算式為：

$$C_{fit}^o = K_{fit} + \alpha_{fit} N_i \frac{N_{fit}}{N_{fi}} \quad (22)$$

其中， K_{fit} 及 α_{fit} 分別為已使用 t 年之 f 類設備第 i 年之固定運轉成本及單位變動成本。例如，行李安全檢查之 X 光機在運轉時必需有一定之操作人員，此操作人力即為固定成本；但其主要耗材 X 光頭在使用一定次數後即需汰換，屬隨處理量變動之成本。而 N_i 、 N_{fi} 及 N_{fit} 分別為第 i 年之旅客量、 f 類設備年總處理量及已使用 t 年之 f 類設備年處理量。若各種不同使用年齡之設備其使用率相同，則已使 t 年之 f 類設備第 i 年旅客實際處理量為 $N_i \frac{N_{fit}}{N_{fi}}$ ，其中 $N_{fi} = \sum_t N_{fit}$ 。

5.1.2 設備維護成本

國際機場航站大廈之設備眾多，其故障原因一般可歸納為：人員疏失或不正常操作所產生，此乃人為因素，可藉由管理及加強人員教育訓練來避免；其次為系統設計或品質不良造成，經由技術面改善可使系統維持正常運轉；最後為設備使用產生老化所造成之故障，必須靠保養維修或更換方式來改善。回顧過去文獻，設備維護考慮之成本因素包含預防維護成本、預防置換成本、矯正成本以及最小修復成本等。其建構之維護成本模型多以維護間隔或維護次數作為決策變數，並以最小化總維護成本為目標函數求得最佳維護政策。本研究將設備維護成本分為例行預防保養成本及故障修理成本兩部分，前者與設備年齡及使用率有關，後者視故障頻率及故障損壞程度而定，通常為設備可靠度之函數。若以 C_{fit}^m 表示已使用 t 年之 f 類設備，採最佳維護政策下第 i 年之維護成本，其計算式為：

$$C_{fit}^m = [(\beta_f + \delta_f t) \frac{N_i}{N_{fi}} + (1 - R_{fit}(t)) \phi_f] F_{fit} \quad (23)$$

其中， β_f 為 f 類設備在正常使用頻率下，單一設備第一年所需例行預防保養成本，其大小與設備最初設置成本、設備屬性及其運轉環境有關。 δ_f 為每一 f 類設備隨使用年齡每增加一年所需增加之例行預防保養成本。若各種不同年齡之設備平均使用，則 f 類設備第 i 年之使用率為 $\frac{N_i}{N_{fi}}$ ，若 $\frac{N_i}{N_{fi}}$ 大於 1 表示已超負荷使用，而 ϕ 為每一 f 類設備隨可靠度變動之故障修理成本。因此， $[(\beta_f + \delta_f t) \frac{N_i}{N_{fi}}] F_{fit}$ 及 $[(1 - R_{fit}(t)) \phi_f] F_{fit}$ 分別代表例行預防保養成本及故障修理成本，而 F_{fit} 及 $R_{fit}(t)$ 分別為使用 t 年之 f 類設備第 i 年數量(規模)及可靠度。

有關設備可靠度受設備已使用年齡/正常可使用年限、操作維護保養狀態、氣候及是否經常超負荷使用等外在環境影響。因韋伯模式可將設備可靠度隨使用時間變動之特性充分表達，藉由該模式之形狀參數及尺度參數，可反應設備可靠度受內部結構及外在使用環境影響情形。因此，韋伯模式普遍受到各領域高度認同作為統計分析或描述可靠度及評估壽命，如在機械、化工、醫學及電子產業等。因機場航站大廈多屬機械或電子類設備，故本研究式(23)設備可靠度以韋伯模式表示(Dhillon[59]、Smith and Bain[60])，其數學式如下：

$$R(t) = \exp\{-[\ln(\lambda t + 1)]^{b+1}\}, \text{ for } b \geq 0, \lambda > 0, t \geq 0,$$

其中， b 為形狀參數，決定其機率密度函數之形狀。 λ 為尺度參數，與平均壽命有關。當 $b < 1$ 時，可靠度隨時間增加而增加；當 $b = 1$ 時，可靠度為一定值，不隨時間變化；當 $b > 1$ 時，可靠度隨時間增加而減少。

5.1.3 延遲成本

造成班機延遲起飛之原因有許多，包括天候不佳、機械故障及地勤作業延誤等。其中地勤作業延誤可能是因設備故障或設備處理量不足所引起，其責任應歸屬於機場管理當局，故未適時購置/汰換設備可能造成設備容量不足或故障頻率增加而產生延遲成本。但如果機場已提供足夠之設備處理容量，而因作業單位所派工作人員數量不足造成之延誤，其責任歸屬於作業單位。例如，旅客報到作業係由航空公司辦理，當機場已設置足夠之報到櫃檯，但航空公司因人力不足而產生之作業延誤並不包含在本研究之設備延遲成本。依我國民用航空乘客與航空器運送人糾紛調處辦法第三條規定，運送人確定航空器無法依表訂時間起程，使國內航線延遲十五分鐘以上、國際航線延遲三十分鐘以上者或變更航線、起降地點時，應即向乘客詳實說明原因及處理方式；而第四條規定，運送人因運送遲延或變更航線或起降地點，致影響旅客權益者，應視實際情況並斟酌旅客需要，適時免費提供下列服務：(1)必要之資訊。(2)必要之飲食或膳宿。(3)必要之禦寒或醫藥急救之物品。(4)必要之轉機或其他交通工具。綜上所述，本研究將延遲成本分為班機延遲起飛賠償旅客之等候時間成本，還有補償旅客用餐及住宿與行程延誤等費用。若以 D_{fit}^d 表示已使用 t 年之 f 類旅客設備設備第 i 年因之延遲成本，其計算式為：

$$D_{fit}^d = \begin{cases} 0 & \text{if } \max \{ T_i^p, T_i^b \} < t' \\ N_i \rho_{fit} (W_{fit}^d V + \sum_f \sum_t \frac{W_{fit}^d}{w_{fit}^d} r_i^m s^m V') & \text{if } t' \leq \max \{ T_i^p, T_i^b \} < t'' \\ N_i \rho_{fit} [(1 - r_i^n s^n) W_{fit}^d V + \sum_f \sum_t \frac{W_{fit}^d}{w_{fit}^d} (r_i^m s^m V' + r_i^n s^n V'')] & \text{if } t'' \leq \max \{ T_i^p, T_i^b \} \end{cases} \quad (24)$$

其中， ρ_{fit} 為已使用 t 年之 f 類設備第 i 年在營運時段處於故障狀態之時間比例，其計算式如式(27)。而 $N_i \rho_{fit}$ 表示已使用 t 年之 f 類設備第 i 年因故障或處理量不足，造成班機延誤之旅客總人數。 W_{fit}^d 為第 i 年班機延遲起

飛時間中，屬已使用 t 年之 f 類設備故障所造成之延遲時間。 r_i^m 及 r_i^n 分別為第 i 年用餐及深夜時段旅客人數佔所有旅客量之比例， s^m 及 s^n 分別為用餐及深夜時段佔機場營運時間之比例。 v 、 v' 及 v'' 分別為賠償每位旅客每分鐘之等候時間成本、用餐及住宿與行程延誤費用，而 t' 及 t'' 分別為因班機延遲起飛而需補償旅客等候時間成本與用餐費用及賠償旅客住宿與行程延誤損失之時間門檻。一般而言，在賠償旅客住宿與行程延誤費用中已包含旅客等候時間成本，當班機延遲時間超過 t'' 時，在計算賠償旅客等候時間成本之總人數時，應扣除需賠償旅客住宿與行程延誤費之人數，即 $N_i \rho_{fit} r_i^n s^n$ ，故賠償旅客等候時間成本之總人數可表示為 $N_i \rho_{fit} (1 - r_i^n s^n)$ 。

因班機需等所有旅客登機及所有行李裝載始可起飛，故班機延遲起飛時間取最後旅客登機及最後行李裝載中延遲較大者，即 $\max\{T_i^p, T_i^b\}$ 。其中， T_i^p 及 T_i^b 分別為最後上機旅客及最後裝機行李之延誤時間，計算式分別如下：

$$T_i^p = \sum_{f^p} P_{f^p i} + \sum_{f^p} W_{f^p i} - t_0 \quad (25a)$$

$$T_i^b = \sum_{f^b} P_{f^b i} + \sum_{f^b} W_{f^b i} - t_0 \quad (25b)$$

其中， $P_{f^p i}$ 及 $P_{f^b i}$ 分別為第 i 年 f 類設備旅客作業（含步行）及行李處理（含運送）平均時間，其大小與設備性能與自動化程度有關， t_0 為最後一位旅客到達報到櫃檯時間距班機表訂起飛時間。而 $w_{f^p i}$ 及 $w_{f^b i}$ 分別為 f 類旅客作業或行李處理設備第 i 年因該設備故障或處理量不足導致每位旅客平均增加之等候時間。

因尖離峰各時段旅客量不同，為能反應旅客實際等候時間，本研究在計算設備故障或處理量不足造成之旅客等候時間時，係採用小時旅客量。有關尖離峰各時段小時旅客量是由年旅客量推估，故本研究以灰色拓樸結合馬可夫鏈預測研究期程之年旅客量。有關已使用 t 年之 f 類設備第 i 年因該設備故障或處理量不足導致每位旅客平均增加之等候時間 w_{fit} 計算方式如下：

$$w_{fit} = \begin{cases} 0 & \text{if } N_i^* < (N_{fi}^* - \rho_{fit} N_{fit}^*) \\ \left(\frac{N_i^*}{N_{fi}^* - \rho_{fit} N_{fit}^*} - 1 \right) p_{fi} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (26)$$

$$\rho_{fit} = a_f [1 - R_{fit}(t)] \quad (27)$$

其中 N_i^* 、 N_{fi}^* 及 N_{fit}^* 分別為第 i 年每小時旅客量、 f 類設備每小時處理量及已使用 t 年之設備每小時處理量， ρ_{fit} 為已使用 t 年之 f 類設備第 i 年在營運時段處於故障狀態之時間比例。當 $N_i^* \leq (N_{fi}^* - \theta_{fit} N_{fit}^*)$ 表示在第 i 年時，已使用 t 年之 f 類設備故障並不會造成旅客等候，因 f 類設備扣除已使用 t 年故障部分之處理量 $\theta_{fit} N_{fit}^*$ 後，其每小時之處理量 $(N_{fi}^* - \theta_{fit} N_{fit}^*)$ 仍大於每小時旅客量，此表示備用設備之處理量足以替代故障設備，故不會造成旅客等候。若 $N_i^* > (N_{fi}^* - \theta_{fit} N_{fit}^*)$ 表示第 i 年每小時旅客量已超過 f 類設備每小時可處理量，

旅客平均等候時間可依等候理論公式由設備不足率 $(\frac{N_i^*}{N_{fi}^* - \theta_{fit} N_{fit}^*} - 1)$ 乘以作

業時間 P_{fi} 求得，即 $W_{fit} = (\frac{N_i^*}{N_{fi}^* - \theta_{fit} N_{fit}^*} - 1) P_{fi}$ 。為 a_f 為 f 類設備故障修復所需時

間佔運轉時間之比例，其大小主要與設備複雜度、精密度及零組件價格有關。通常複雜及精密度高之設備從尋找故障原因到零組件拆解、修理、校正、安裝及測試等所需時間均遠大於普通設備。當設備零組件價格便宜，若修理所需時間太長則直接以備品更換，但為降低存貨成本，價格高之零組件未必有備品，故設備故障修復時間相對較長。

由於航空公司在班機起飛與旅客結束報到之間均預留作業緩衝時間，故班機延遲起飛時間小於旅客辦手續或各項行李作業總等候時間，故第 i 年班機延遲起飛時間中，屬已使用 t 年之 f 類設備故障所造成之班機延遲時間 W_{fit}^d ，將依各類設備所造成旅客等候時間比例分攤，而不同使用年齡之設

備再依該設備故障所減少之旅客處理量比例計算。由於旅客作業及行李處理為兩獨立並聯之流程，故造成班機延遲起飛之責任全部歸屬於旅客作業及行李處理兩者延遲時間較大者，若以 $W_{f^{p}it}^d$ 及 $W_{f^{b}it}^d$ 分別表示第 i 年已使用 t 年之 f 類旅客作業及行李處理設備故障所造成之班機延遲時間，其計算式為：

$$W_{f^{p}it}^d = \begin{cases} 0 & \text{if } T_i^p < T_i^b \\ \frac{\rho_{f^{p}it} N_{f^{p}it}}{\sum_t \rho_{f^{p}it} N_{f^{p}it}} \frac{W_{f^{p}i}}{\sum_{f^p} W_{f^{p}i}} T_i^p & \text{if } T_i^p \geq T_i^b \end{cases} \quad (28a)$$

$$W_{f^{b}it}^d = \begin{cases} 0 & \text{if } T_i^b < T_i^p \\ \frac{\rho_{f^{b}it} N_{f^{b}it}}{\sum_t \rho_{f^{b}it} N_{f^{b}it}} \frac{W_{f^{b}i}}{\sum_{f^b} W_{f^{b}i}} T_i^b & \text{if } T_i^b \geq T_i^p \end{cases} \quad (28b)$$

其中， $\rho_{f^{p}it} N_{f^{p}it}$ 及 $\rho_{f^{b}it} N_{f^{b}it}$ 分別表示 f 類旅客作業或行李處理設備第 i 年因故障所減少之旅客處理量。由於班機延遲起飛之責任全部歸屬於旅客作業及行李處理兩者延遲時間較大者，若第 i 年旅客作業延遲時間 T_i^p 大於行李處理延遲時間 T_i^b ，則班機延遲時間為 T_i^p ，各類行李處理設備故障所造成之班機延遲時間為 0，而班機延遲起飛時間全部歸屬於旅客作業設備，有關各類旅客作業設備造成之班機延遲時間，可依旅客在該類設備等候之時間比例

$\frac{W_{f^{p}it}}{\sum_{f^p} W_{f^{p}it}}$ 分攤，不同使用年齡之旅客作業設備再依該設備故障所減少之旅客處理量比例 $\frac{\rho_{f^{p}it} N_{f^{p}it}}{\sum_{f^p} \rho_{f^{p}it} N_{f^{p}it}}$ 計算，如式(28a)。反之，若第 i 年旅客作業延遲時間 T_i^p 小

於行李處理延遲時間 T_i^b ，則班機延遲時間為 T_i^b ，各類旅客作業設備故障所造成之班機延遲時間為 0，而各類行李處理設備故障所造成之班機延遲時

間之計算方法如式(28b)。

5.2 機場飛航安全、旅客服務品質及財政收支

由於機場間相互競爭日益激烈，機場經營者除需降低營運成本外，確保旅客飛航安全更為重要。一個機場能否成為航空轉運中心(Hub)除需具備良好之地理位置，機場服務品質亦為重要因素。有鑑於機場已逐漸朝向財務自主之企業化經營，故本研究構建之設施購置/汰換時程決策模式，除最小化設備總成本外，尚需兼顧機場飛航安全、旅客服務品質及財政收支均衡等目標。

雖然精密之助導航設備及良好之跑滑道可提高飛機起降安全，而旅客行李安全檢查可預防旅客託運或攜帶危險物品。但隨著恐怖攻擊武器(含生化武器)發展日亦精密，機場各類安全檢查設備亦不斷創新以增加鑑別度。為確保機場飛航安全，與飛航安全有關之設備應維持在一定可靠度以上，當可靠度降至該水準時即進行汰換，如下式所示：

$$R_{f^*it} \geq r_{f^*}^{\min} \quad (29)$$

其中， R_{f^*it} 為已使用 t 年與飛航安全有關之 f^* 類設備第 i 年之可靠度， $r_{f^*}^{\min}$ 為與飛航安全有關之 f^* 類設備可允許之可靠度下限。藉由(29)式可確保與飛航安全有關之設備可靠度高於特定水準，否則就無條件進行汰換。

機場航站大廈設備若發生故障或處理量不足時將使旅客等候辦手續時間增加，因出境旅客受登機時間之限制，且登機前需完成報到作業(含行李託運)、證照查驗及安全檢查。因此，當上述設備故障或處理量不足時，可能導致部分較晚抵達機場之旅客，因等候辦手續而無剩餘時間可從事其他活動，且產生擔心無法準時登機之心理壓力，即使班機能準時起飛，但旅客從事其他活動之時間已相對減少，將使旅客對機場留下服務品質不佳之印象。為使旅客辦手續時間維持在一特定水準以上，以提昇機場之競爭力，本研究將設備故障或處理量不足衍生之旅客等候辦手續總時間，限制在一上限值以下，以確保旅客服務品質，如(30)式所示。當設備故障或處理量不足嚴重時可能導致班機延遲起飛，除增加旅客等候時間成本外，甚至造成轉機旅客無法銜接下一航程之班機，對航空運轉中心之機場而言，

若班機經常延遲起飛將降低航空公司班機及旅客選擇至該機場轉機之意願。因此，本研究將班機延遲起飛時間設定一上限值，以確保機場班機起飛之準點率，如(31)式所示：

$$\sum_{f^p} W_{f^p i} \leq t^w \quad (30)$$

$$\max\{T_i^p, T_i^b\} \leq t^d \quad (31)$$

其中， t^w 及 t^d 分別為因設備故障或處理量不足，旅客等候辦手續及班機延遲起飛之時間上限。因班機需等所有旅客完成登機及所有行李完成裝載始可起飛，故延遲起飛時間取旅客登機及行李裝載延遲時間較大者。

國際機場建造成本龐大，完工啟用後始有營運收入，隨著旅客量增加或使用達某一年限後需陸續辦理設備購置/汰換。藉由本研究構建之決策模式，可供機場管理者事先做好財政規劃，提撥部分營運收入作為每個時程設備購置/汰換所需經費。當機場之財務無法提供設備最佳購置/汰換時程所需資本支出時，本研究將限制與飛航安全無關之各項設備，於該時程購置/汰換總金額不得超過機場當年度可用之最大支出金額，但與飛航安全有關之設備則優先汰換且無此限制，在兼顧飛航安全並避免因財務危機而影響機場營運之前提下，重新規劃滿足機場財務狀況之最適設備購置/汰換時程，其限制式表示如下：

$$\sum_{f^{**}=1}^{k-k^*} Z_{f^{**}i0} \leq M_i - \sum_{f^*=1}^{k^*} Z_{f^*i0} \quad (32)$$

其中， Z_{fi0} 為第 i 年 f 類設備之新購成本， f^* 及 k^* 分別為與飛航安全有關之設備及種類數， f^{**} 為與飛航安全無關之設備， M_i 為第 i 年受限於機場財務狀況可用於設備購置/汰換之最大支出金額， $\sum_{f^*=1}^{k^*} Z_{f^*i0}$ 為第 i 年與飛航安全有關之設備總設置成本。

5.3 設備購置/汰時程換動態規劃

旅客運量為本研究設施購置/汰換時程重要決策變數，為能精確預測未來各時程之旅客需求量，本研究先以灰色拓樸預測求出旅客運量之變化趨勢，再結合馬可夫鏈模式預測旅客需求量之波動狀況及其配對發生機率。此外，為能充分表達動態時間延續觀念及時間遞迴之長期規劃需求，本研

究採用機率性動態數學規劃模式構建機場多設備購置/汰換時程規劃模式。因此，本節將介紹本研究所採用之旅客運量預測及設備購置/汰換時程動態規劃方法。

5.3.1 旅客運量預測模式

為能精確預測機場未來旅客運量，本研究先以灰色拓樸預測求出旅客需求量之變化趨勢，再結合馬可夫鏈轉移機率分析以提高灰色拓樸預測之精確度。灰色預測理論不直接對原始數列建構預測模式，而將原始數列以累加生成(Accumulated Generating Operation, AGO)運算構建模式，並將離散不規則之原始運量數據，經累加生成運算後產生之指數規律數據，建立微分方程並以最小平方法求解，再以累減生成(Inverse Accumulated Generating Operation, IAGO)方式還原，構建灰色GM(1,1)數列預測模式。其預測之操作過程如下(鄧聚龍，[61])：

1. 取得一二維平面上之數列 $X^{(0)}$ ，數列中每個X軸座標都有相對之Y軸座標值，在同一Y軸座標可能會對應到許多X軸座標值，以 k 表示同Y軸座標值所對應的X軸之順序編號，則 $x^{(0)}(k)$ 即為該Y軸所對應之X軸座標值。將所有對應到同一座標值之點集合 $[k, x^{(0)}(k)]$ 在平面上繪製成一曲線 $X^{(0)}$ 。

2. 在Y軸取數個固定參考值 ξ_i ， $i = 1, 2, \dots, m$ 。則數列 $X^{(0)}$ 中最大值為 $MaxX^{(0)}$ ，最小值為 $MinX^{(0)}$ ，則

$$MaxX^{(0)} = \underset{k}{Max}\{X^{(0)}(k)\} = \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)\}$$

$$MinX^{(0)} = \underset{k}{Min}\{X^{(0)}(k)\} = \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)\}$$

因此， $MinX^{(0)} \leq \xi_i \leq MaxX^{(0)}$ ， $\forall i \in (1, 2, \dots, m)$ ，表示所取得之固定參考值 ξ_i 必需介於數列 $X^{(0)}$ 之最大值及最小值間。

3. 找出對應每個固定參考值 ξ_i 之X軸座標，即 $\xi_i : \{X^{(0)}\} \rightarrow \{mt_i^{(0)}\}$ ，則 $mt_i^{(0)}(k)$ 為水平線 ξ_i 與曲線 $X^{(0)}$ 相切之第 k 個座標值，所有X軸即可形成一集合，如

$$P : \{(mt_i^{(0)}(k), \xi_i)\} \rightarrow \{mt_i^{(0)}(k)\}, k = 1, 2, \dots, n_i, \text{ 而 } mt_i^{(0)} = \{mt_i^{(0)}(1), mt_i^{(0)}(2), \dots, mt_i^{(0)}(n_i)\}。$$

4. 在每個固定參考值將對應到一組有 i 個X軸座標值之集合 $W_i^{(0)}$ ，配合

以上之座標集合可表示為 $mt_i^{(0)}(k) = W_i^{(0)}(k)$ ，而 $P(mt_i^{(0)}(k), \xi_i) = W_i^{(0)}(k)$ ，因此 $W_i^{(0)} = \{W_i^{(0)}(1), W_i^{(0)}(2), \dots, W_i^{(0)}(n_i)\}$ 。故 $W_i^{(0)}$ 表示一組 X 軸座標集合，該組 X 座標值所對應到 Y 軸的值為固定參考值 ξ_i 。

5. 對每組 X 軸座標集合 $W_i^{(0)}$ 進行累加生成 (AGO)，可得一新生成數列 $W_i^{(1)}$ ，記為 $AGO: W_i^{(0)} \rightarrow W_i^{(1)}$ 。再對每組新生成數列 $W_i^{(1)}$ 做 GM (1,1) 建模，即 $GM: W_i^{(1)} \rightarrow \hat{W}_i^{(1)}$ 。

6. 對生成建模所得之模式做累減生成 (IAGO) 得到預測模式，先前所取得的每個固定參考值都會有一個預測模式，運用累減生成所產生之預測模式，找出對應 Y 軸座標為固定參考值 ξ_i 時 X 軸預測座標值，這些 X 軸預測座標值會形成一個集合，可表示為 $\hat{W}_1^{(0)}(n_1+1), \hat{W}_2^{(0)}(n_2+1), \dots, \hat{W}_m^{(0)}(n_m+1)$ 。

7. 將所有對應 Y 軸固定參考值 ξ_i 之 X 軸預測座標值在二維空間中連結成一條曲線 $\hat{X}^{(0)}$ ，這條曲線即為拓撲預測曲線，可記為 $\hat{X}^{(0)} = \{\hat{W}_i^{(0)}(n_i+1), \xi_i, i=1, 2, \dots, m\}$ 。

馬可夫鏈預測對象為隨機變化之動態系統，其理論基礎為馬可夫過程。一個 n 階馬可夫鏈乃由 n 個狀態集合及一組轉移機率所決定，該過程在每一時刻只能處於一個狀態，而根據不同時刻各個狀態間之轉移機率可預測此系統未來之變化，即由過去不同時刻及狀態間之轉移機率，預測該系統未來時刻所處狀態及每個狀態可能發生機率。由於狀態間之轉移機率反應了各種隨機因素影響程度，故馬可夫鏈可處理數據隨機性之問題。有關本研究馬可夫鏈預測模型之操作步驟如下：

1. 狀態劃分

以灰色拓撲預測所建立之 $\hat{W}_i^{(0)}$ 模型在時刻 i 所預測之結果為中心點，並取 $\hat{W}_i^{(0)}$ 適當之百分比作為每個時刻各個狀態上下界，將灰色拓撲預測模型中每個時刻劃分成不同狀態。若將每個時刻各個相同狀態邊界連結起來，則可得出近似平行於灰色拓撲預測模式之函數曲線，而每兩條相鄰曲線間之區域構成了一個狀態區間，依此狀態區間判定每個時刻之灰色拓撲預測結果所處之狀態。

2. 建立狀態轉移機率矩陣

令狀態轉移機率 $p_{ab}^{(m)} = \frac{M_{ab}^{(m)}}{M_a}$ ，其中 $p_{ab}^{(m)}$ 表示由狀態 a 經 m 步轉移到狀態 b

之機率， $M_{ab}^{(m)}$ 為狀態 a 經 m 步轉移到狀態 b 之次數， M_a 則為狀態 a 出現之次

數，則狀態轉移機率矩陣可表示為：

$$R^{(m)} = \begin{bmatrix} p_{11}^{(m)}, p_{12}^{(m)}, \dots, p_{1k}^{(m)} \\ p_{21}^{(m)}, p_{22}^{(m)}, \dots, p_{2k}^{(m)} \\ \dots \\ p_{k1}^{(m)}, p_{k2}^{(m)}, \dots, p_{kk}^{(m)} \end{bmatrix}$$

3. 利用轉移機率矩陣製作預測表

選取離預測時刻最近之 r 個時刻，按照距離預測時刻由近到遠，定義對應之轉移步數為 $1, 2, \dots, r$ 。在各轉移步數所對應之矩陣中，取各起始狀態所對應之列向量，組成新轉移機率矩陣，對新轉移機率矩陣之行向量求總和，總和最大之行所對應狀態便是預測時刻之狀態。

4. 推算預測值

在第三個步驟決定了數列在未來時刻之轉移狀態後，就可確定該狀態區間之上界與下界，而最可能預測值即為該區間之中點，即該區間上界與下界之平均值。

本研究在實例分析時將應用灰色理論之拓撲預測，運用 GM(1, 1) 模式進行研究期程內各時程旅客量之預測，而兩相鄰時程間，預期旅客需求量之波動狀況配對發生之機率，將由灰色拓撲預測模式配合馬可夫鏈機率轉移模式求得。

5.3.2 配合運量預測之機率性動態規劃模式

本研究應用灰色理論之拓撲預測對機場未來旅客量進行預測，預測結果與實際旅客量可能出現三種波動情況，分別為往上波動、無波動及往下波動三種情形。令 w 為灰色拓撲預測之旅客量與實際旅客量波動情況，並以 $w=1, 2, 3$ 分別表示上述三種情況。當 $w=1$ 時表示高估了未來旅客量，此時未來旅客量為灰色拓撲預測值往下調整；當 $w=2$ 時表示準確預估了未來旅客

量，灰色拓撲預測值等於未來旅客量，故不會出現預期旅客量波動情形；當 $w=3$ 時表示低估了未來旅客量，故灰色拓撲預測所得之旅客量要往上調整才能反應未來旅客量。令兩相鄰時程預期旅客量之波動情況配對可能發生機率為 p_i^w ，此機率表示當前一時程 $i-1$ 所發生之預期旅客量波動情況 w 已確定是往下波動、無波動或往上波動其中的一種情形時，而本時程 i 預測旅客量之三種波動情況 $w=1,2,3$ 發生機率，該機率總和為0且會因為所處時程不同及預測旅客量波動情形不同而有所變化。

本研究各時程之設備集合為機場在該時程所擁有之設備，取決於上一時程原先所擁有之設備數量，加上一時程所做之決策，且將一個時程轉移到下一個時程之機率分配組合，定義為機場現有時程設備數量在下一時程為超過、滿足或低於預測需求量之機率。機場管理者在時程 i 依灰色拓撲預測之旅客量做設備購置/汰換決策後，於時程 $i+1$ 時因應實際所發生之不同景氣狀況與需求水準，機場所提供之設備容量與未來旅客需求量配合上，極可能對應發生上述三種不同情況。若以 C_i^w 表示這三種情況分別對應之成本，其中狀態一為預測旅客量波動情況為往下，即 $w=1$ ，因預測旅客量超出未來實際旅客量，表示機場依預期測客量所規劃之設備容量會大於未來旅客需求，此時所對應之預測旅客量波動情況機率為 p_i^1 ，除產生設備閒置外其對應成本 C_i^1 將造成設備維護及折舊成本增加。情況二為預測旅客量無波動之情況，即 $w=2$ ，表示預測旅客量與未來旅客量相符合，因此機場規劃之設備容量恰能配合未來旅客需求，此時所對應之預測旅客量波動情況機率為 p_i^2 ，其成本 C_i^2 為最適成本。情況三是預測旅客量往上波動之情況，即 $w=3$ ，將會出現預測旅客量小於未來旅客量，機場依其預測旅客量所規劃之設備容量將無法滿足未來旅客需求，此時所對應之預測旅客需求量波動情況機率為 p_i^3 ，除設備不足產生旅客擁擠外其對應成本 C_i^3 將造成延遲成本增加。

令 $C_{f_i}(S_{f_i}, d_{f_i}^w)$ 表示在時程 i 起始時， f 類設備集合為 S_{f_i} ，在該時程對應前一時程之預期旅客量波動情況為 w 時，選擇設備購置/汰換決策集合 $d_{f_i}^w$ 後，時程 i 結束時之期望成本。而 $C_{f_i}^*(S_{f_i})$ 則表示在時程 i ，對應前一時程之預期旅客量波動情況為 w 之設備購置/汰換決策集合 $d_{f_i}^w$ 下 $C_{f_i}(S_{f_i}, d_{f_i}^w)$ 之最小值。因此時程 i 之期望成本 $C_{f_i}(S_{f_i}, d_{f_i}^w)$ 與最小期望成本 $C_{f_i}^*(S_{f_i})$ 之關係可表示為：

$$C_{fi}^*(S_{fi}) = \min_{d_{fi}^w} C_{fi}(S_{fi}, d_{fi}^w) \quad (33)$$

本研究將設備購置/汰換決策集合分為維持不變、增購設備及汰換設備等三種，(33)式表示在每類設備購置/汰換決策集合 d_{fi}^w 下， $C_{fi}(S_{fi}, d_{fi}^w)$ 之最小值即為 $C_{fi}^*(S_{fi})$ 之值。而 $C_{fi}(S_{fi}, d_{fi}^w)$ 之值如下式所示：

$$C_{fi}(S_{fi}, d_{fi}^w) = \sum_{w=1}^3 p_{fi}^w [C_{fi}^w + C_{fi+1}^*(S_{fi+1})] \quad (34)$$

上式表示 $C_{fi}(S_{fi}, d_{fi}^w)$ 為在時程 i 時，當對應前一時程預期旅客需求量之波動情況 w 已確定是往上波動、無波動或往下波動時，這時程可能發生預期旅客需求量三種波動情況之機率為 p_{fi}^w 下， f 類設備所對應之期望成本 C_{fi}^w 。在時程 i 配合三種可能發生之預期旅客需求量波動情況機率 p_{fi}^w ，乘上每個預期旅客量之波動情況所對應之成本 C_{fi}^w 與下一個時程 $i+1$ 之最小期望成本 $C_{fi+1}^*(S_{fi+1})$ ，再將時程 i 中三種旅客需求可能波動狀況所對應之成本加總，即為在時程 i 之期望成本 $C_{fi}(S_{fi}, d_{fi}^w)$ ，如圖 14 所示。式(34)存有動態遞迴觀念，在每個時程 i 做出決策後，下一個時程 $i+1$ 可能發生預期旅客需求量之三種波動情況都會有其相對之狀況發生機率 p_{fi}^{w+1} 與成本 C_{fi}^{w+1} ，而此成本 C_{fi}^{w+1} 會受到時程 i 之決策集合 d_{fi}^w 所影響，如此兩個時程相互影響的關係就形成階段間之遞迴效應。

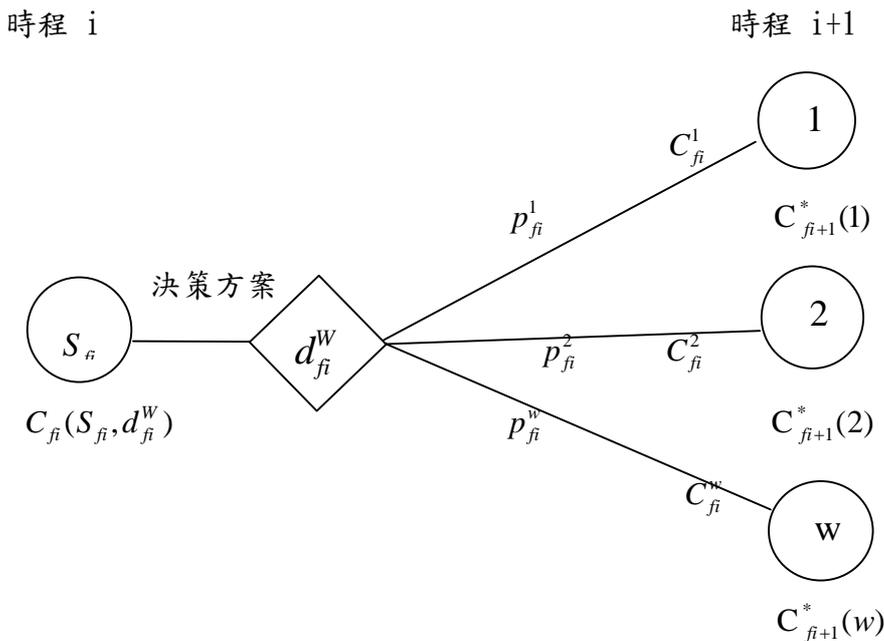


圖 14 以機率性動態規劃計算 f 類設備期望成本之示意圖

5.3.3 設備購置/汰換時程之決策模式

本研究綜合考量機場飛航安全、旅客服務品質及財政收支等因素，以研究期程內所有設備總期望成本最小化為目標，建構機場航站大廈出境主要設施購置/汰換時程之決策模式，其數學式之表示方法如下：

$$\begin{aligned} & \min \sum_{i=0}^T \sum_{f=1}^k \min_{d_{fi}^w} \{C_{fi}(S_{fi}, d_{fi}^w)\} \\ & = \min \sum_{i=0}^T \sum_{f=1}^k \min_{d_{fi}^w} \left\{ \sum_{w=1}^3 p_{fi}^w [C_{fi}^w + C_{fi+1}^*(S_{fi+1})] \right\} \end{aligned} \quad (35)$$

s.t.

$$S_{fi+1} = S_{fi} + d_{fi}^w, \quad i = 0, \dots, T; f = 1, \dots, k \quad (36)$$

$$C_{fi}^w = \sum_t C_{fit}^{ws} + C_{fit}^{wo} + C_{fit}^{wm} + C_{fit}^{wd} \quad (37)$$

$$R_{f^*ii} \geq r_{f^*}^{\min} \quad (38)$$

$$\sum_{f^p} w_{f^p i} \leq t^w \quad (39)$$

$$\max\{T_i^p, T_i^b\} \leq t^d \quad (40)$$



上述設備購置/汰換決策模式中，(35)式為最小化所有設備期望總成本之目標式，(38)式為將與飛航安全有關之設備在進行購置/汰換決策時，必須將可靠度維持在一特定水準以上，以確保機場飛航安全。(39)及(40)式將旅客辦手續之總等候時間及班機延誤起飛時間限制在旅客可接受範圍，以確保機場服務品質。

第六章 以中正國際機場為實例分析

6.1 中正國際機場簡介

中正國際機場位於桃園縣大園鄉（東經 121 度 13' 26" 北緯 25 度 4' 35" ），距台北市 40 公里，行車時間約 40 分鐘。土地總面積約 1,223 公頃，設有兩條跑道長度各為 3,660 及 3,350 公尺，寬均為 60 公尺，機場配置如圖 15。目前有兩座航站大廈，啟用時間分別為六十八年二月二十六日及八十九年七月二十九日。航廈內提供航空公司運務、旅客入出境作業、檢疫、海關作業以及設有銀行、保險、郵政、電信、購物餐飲、轉機旅館、商務中心、公共藝術展示、美容院、唱片行、祈禱室等服務設施，提供完善而快捷之服務。另有郵政、電信、中正航空科學館、海關行政大樓、航空警察局等行政勤務作業設施。有關兩個航廈主要出入境樓層配置如圖 16 及圖 17，其重要設施如表 16 所示。在該機場營運之航空公司有 36 家，2002 年進出旅客量為 19,228,411 人次，在國際機場協會（ACI）成員排名全球第 45 名；貨運進出量為 1,380,748 公噸，在全球第 14 名[62]。

近年來亞太地區空運市場成長快速，成為全球航空客貨運市場重心，隨著香港新國際機場、韓國仁川國際機場及上海浦東國際機場陸續啟用，已使亞太地區機場競爭更趨激烈。中正國機機場為提昇經營績效及國際競爭力，將充分利用機場用地及促進鄰近地區發展，以配合長期之航空客貨運成長需求，並重新修訂完成中正國際機場主計畫，在未來發展過程中分為短期、中期及長期三階段積極規劃增建場站設施，各期之發展計畫如下²：

一. 短期發展計畫：

1. 擴建航空儲油設施。
2. 增建機場場面偵測雷達、終端雷達及氣象台。
3. 擴建第一航空貨運倉儲區。
4. 興建航空貨運園區。

² 資料取自九十四年五月中正國際機場網站：關於本站/機場簡介/願景。
(http://www.cksairport.gov.tw/chinese/about/index_about.htm)

二. 中期發展計畫：

1. 南跑道由第一類提升為第二類跑道改善工程。
2. 興建第三航廈區。
3. 興建台北到中正國際機場捷運系統。
4. 興建航空城客運園區。

三. 長期發展計畫：

1. 擴充機場用地。
2. 興建第三跑道。
3. 興建第四航廈。
4. 興建新貨運站區。

為因應國際挑戰，中正國際機場將以「立足台灣、胸懷亞洲、放眼全球」的眼光自許，以確保飛航安全，達到安全零事故的目標。並提供便捷之民航服務，以提昇旅客服務滿意度，使中正國際機場發展成為一個結合商業服務、休閒機能及航空科技產業之亞太空運中心。

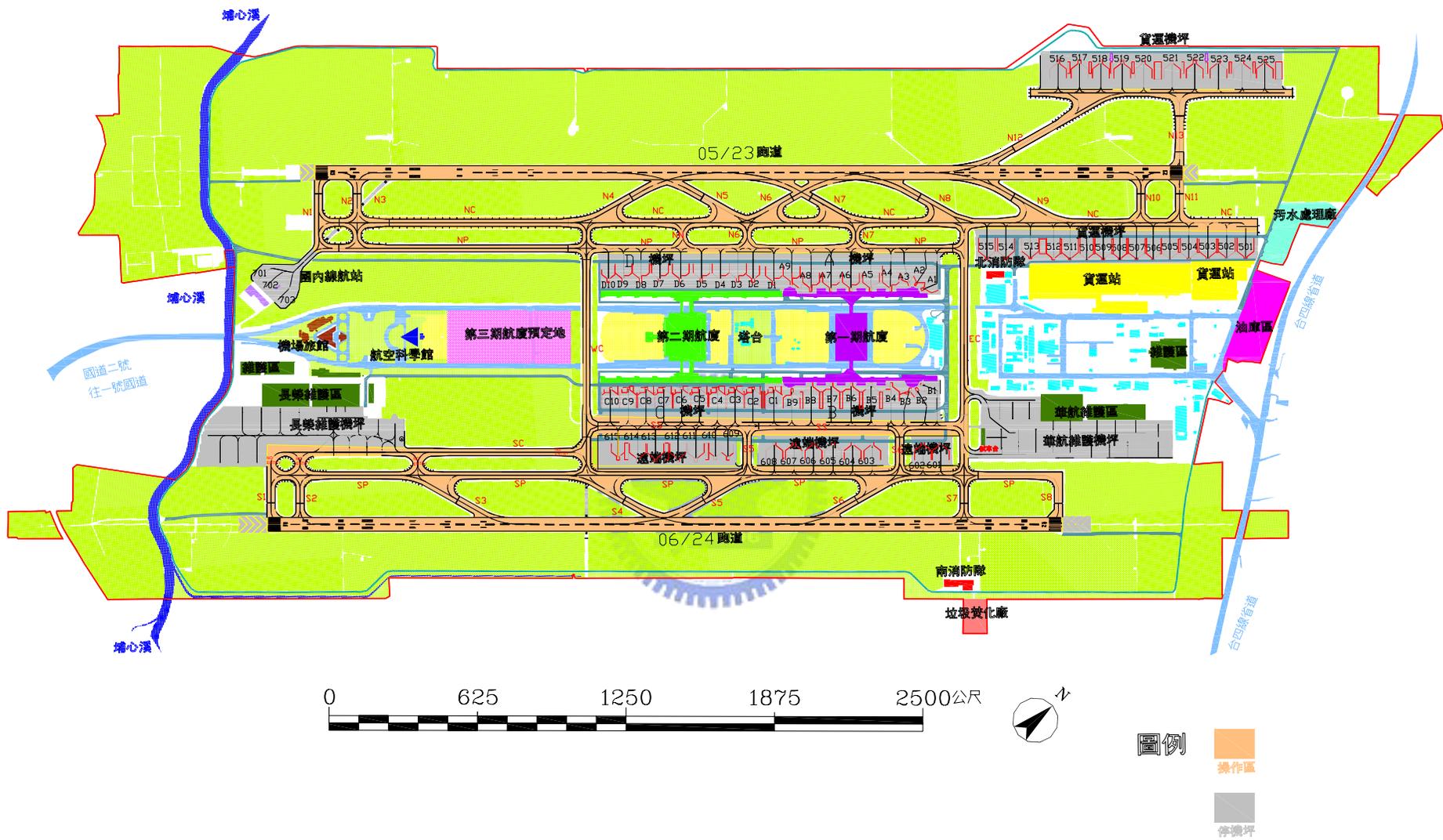
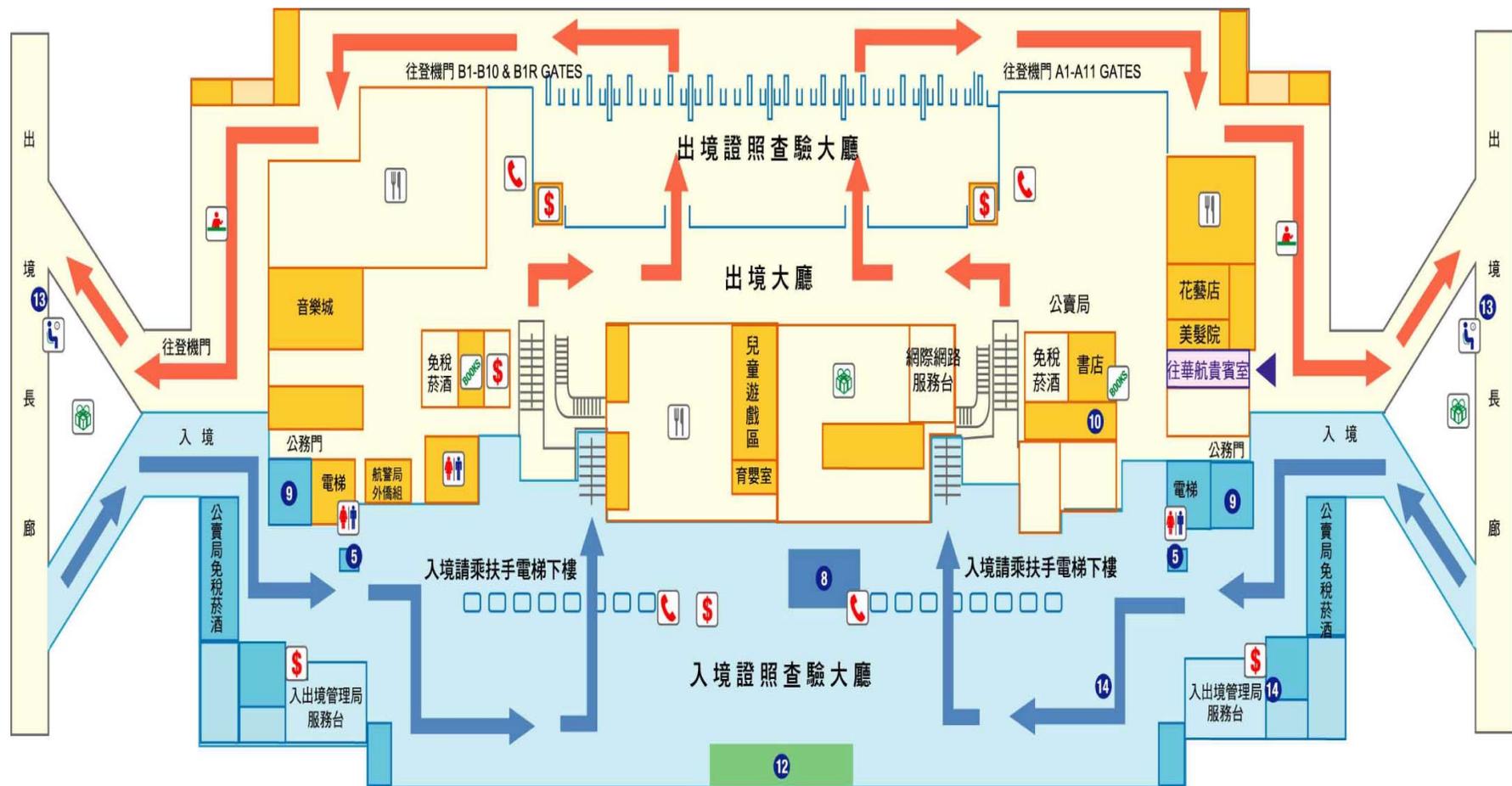
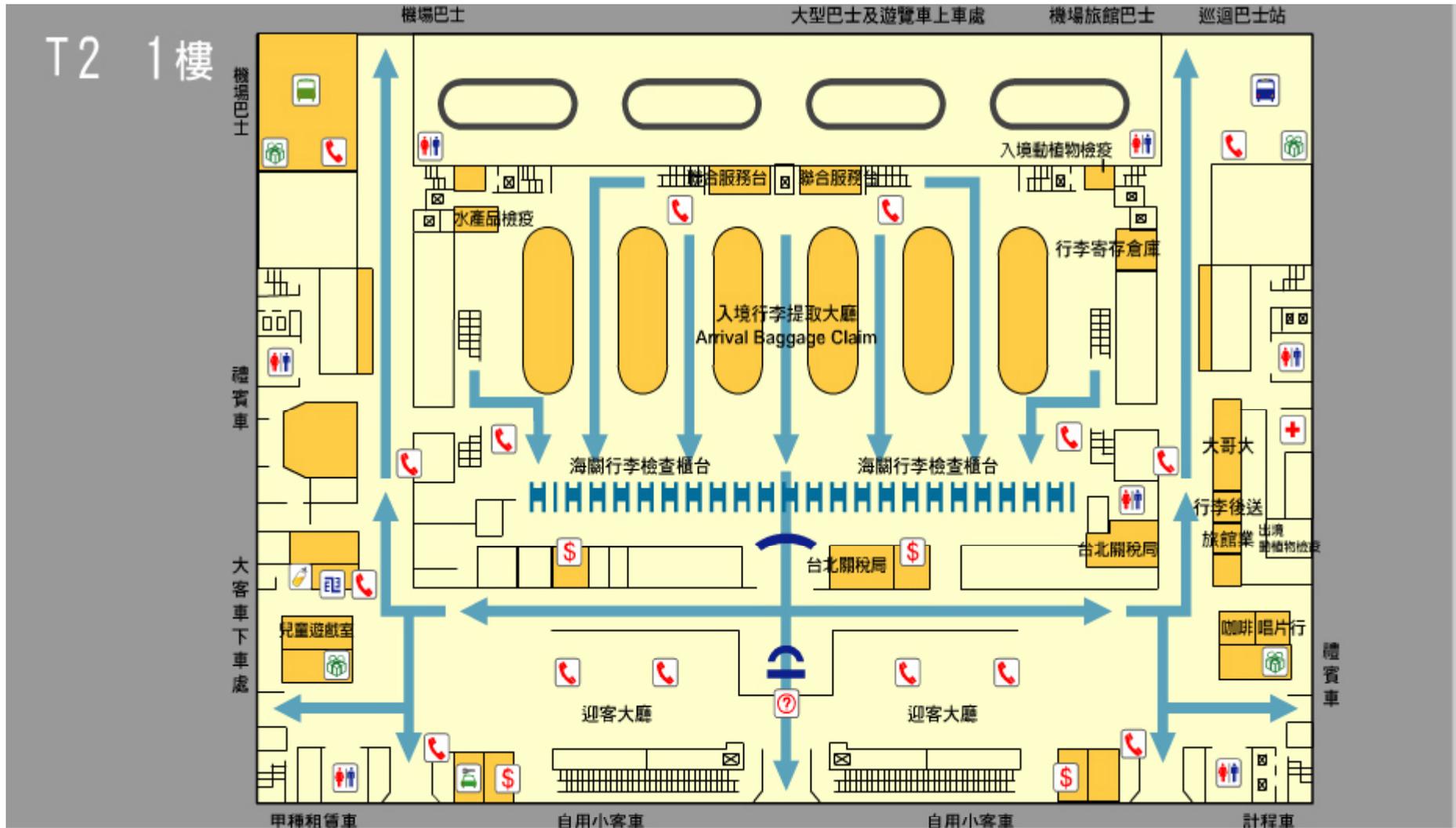


圖 15 中正國際機場配置圖



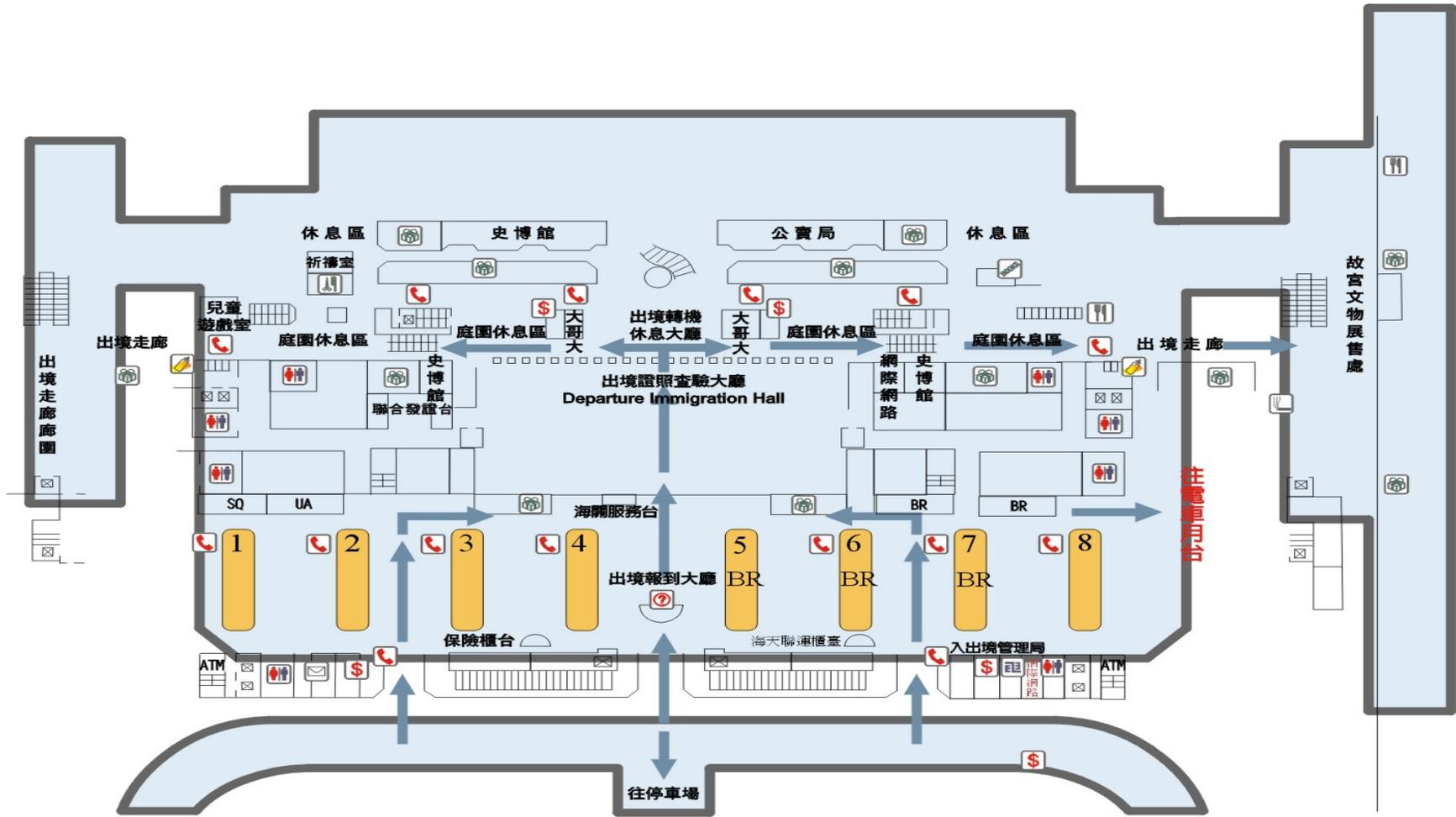
(b) 第一航廈三樓配置圖

圖 16 中正國際機場第一航廈配置圖



(a) 第二航廈一樓配置圖

T2



(b) 第二航廈三樓配置圖

圖 17 中正國際機場第二航廈配置圖

表 16 中正國際機場第一、二航廈設施現況

項 目	第 一 航 廈	第 二 航 廈
樓層數	地面 4 層，地下 1 層	地面 4 層，地下 2 層
航廈面積	169,500 平方公尺	208,000 平方公尺
建物高度	25.7 公尺	47.6 公尺
年旅客設計容量	1,200 萬人次	1,700 萬人次
尖峰小時設計容量	6,300 人	5,000 人
登機門	21 座	20 座
報到櫃檯	10 座 (報到口 240 個)	8 座 (報到口 158 個)
出境證照查驗台	48 個	42 個
出境安全檢查	8 個	10 個
客運停機坪	21 個，接駁 8 個	20 個，接駁 7 個
入境證照查驗台	36 個	58 個
行李提領轉盤	6 個	6 個 (另預留 4 個)
海關檢查台	23 個	17 個 (34 線)
停車場	2,207 輛	4,133 輛(含大巴士 102 輛)

資料來源：中正國際航空站。

6.2 航站大廈商業活動空間分配結果

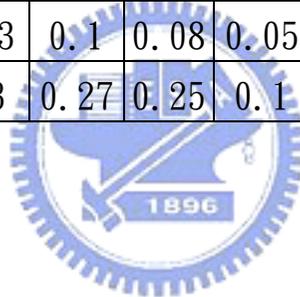
6.2.1 相關參變數與假設

本研究考量經費及時間因素未進行大規模調查，無法取得各類商店相關資料，故僅探討旅客需求量較大且為目前中正國際機場特許費主要收入之商業活動，如銀行、保險公司、餐飲店、一般商店（包括書店、花店、唱片行等）及免稅商店等五種商店面積之分配與特許費收入，其餘各類空間則給予滿足服務旅客基本需求之最小面積。各商店相關參變數資料如表 17 所列。

表 17 相關參變數資料

商店種類(k)	T_{k0}	T_{k1}	T_{k2}	T_{k3}	e_{k1}^d	e_{k2}^d	e_{k3}^d	e_k^r	e_k^a	e_k^{df}	e_k^{af}	e_k^w	AS_k	AM_k	F_k
銀行	1.5	1.5	1.5	1.5	0.15	0.15	0.15	0	0.05	0	0	0	0.0825	250	0.1
保險公司	3.5	3.5	3.5	3.5	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.1075	830	0.15
餐飲店(用餐)	25	45	30	25	0.65	0.5	0.4	0.1	0.01	0.05	0.15	0.2	1.6	200	0.12
餐飲店(非用餐)	25	45	30	25	0.16	0.12	0.1	0.02	0.002	0.01	0.06	0	1.6	150	0.12
一般商店	5	15	10	8	0.13	0.1	0.08	0.05	0.002	0.005	0.01	0	1.8	400	0.1
免稅商店	10	25	15	12	0.3	0.27	0.25	0.1	0.1	0	0	0	3.3	2500	0.19

資料來源：本研究歸納整理。



各項參數之假設與設定說明如下：

1. 旅客從事某項商業活動所需額外步行距離(D_k)：為便於求解，本研究將代表在位置(X_{jk}^l)中旅客會經過之比例 j ，依旅客到達該位置需額外步行距離大小簡化分為十公尺以內、十公尺至五十公尺間及五十公尺以上三類。且假設航站大廈指示標誌明確，旅客到各商店會行走最短路線。
2. 旅客從事某項商業活動所需最短時間(T_{k0})：假設所有旅客從事某項消費活動所需最短時間均相同，當其所剩時間預算大於從事該項消費活動所需最短時間者，才可能從事該項消費活動，其時間係以正常速度下，依各活動所需實際作業流程計算。
3. 所剩時間預算大於可從事某項商業活動之旅客其消費比例(e_k)：其中銀行及保險公司為固定值，餐飲則在用餐和非用餐兩種時段有不同值，且餐飲店、一般商店及免稅商店是受個別旅客所剩時間預算多寡而變動。為便於求解，本研究將旅客所剩時間預算分為 90 分鐘以上、介於 90 至 60 分鐘者及小於 60 分鐘等三種機率，分別為 e_{k1} 、 e_{k2} 及 e_{k3} 。本研究之資料係由現場旅客調查或訪談商店經營者所得，並假設每位旅客至某種商店之次數不會超過一次。
4. 每位旅客從事某項商業活動之時間 (T_k)：旅客在銀行及保險公司之消費時間為固定值，可依實際作業流程計算之；但在餐飲店、一般商店及免稅商店之消費時間隨個別旅客所剩時間預算減少而遞減，為簡化計算亦將旅客所剩時間預算分為上述三類，每種旅客之消費時間分別以 T_{k1} 、 T_{k2} 及 T_{k3} 表示，單位為分鐘，並以訪談商店服務人員或現場旅客調查為主。
5. 平均每位旅客消費金額(AM_k)：訪談商店經營者及現場旅客之調查資料，單位為元。
6. 商店特許費收取之比例(F_k)：餐飲店、一般商店及免稅商店是中正國際機場目前實際資料，而銀行及保險公司係參考鄰近機場所作預估值。
7. 尖峰時段每位消費旅客所需面積(AS_k)：根據亞聯工程顧問公司[63]研

究結果推估，中正國際機場每日最大尖峰小時出境旅客人數約為全天出境總人數之 19%，故本研究可據此計算各類商店尖峰時段之消費人數。有關銀行、保險公司及餐飲店每位消費旅客所需面積，係以現有商店中座位及動線配置較佳者為準則。在一般及免稅商店方面則缺乏一定標準，其面積大小將左右可展售商品之多寡，並影響旅客消費意願及金額，故本研究以現有資料推估，單位為平方公尺。

中正國際機場第二航廈於八十九年七月二十九日啟用，由各航空公司自行選擇是否搬至第二航廈營運，因搬遷時航空公司需重新投入辦公室及貴賓室裝修成本，但適值航空業不景氣，機場管理當局雖在新舊航廈房舍租金及設備使用費採相同費率，以吸引航空公司，惟僅有長榮航空公司及其代理地勤業務之六家外國籍航空公司在新航廈營運，出入旅客約佔總運量 22%。本研究以九十一年一月旅客量為例，如表 18 所示，因兩航廈均未達設計容量，且出境旅客之特性及其作業流程與過去相近，故出境旅客辦理各項手續及等候時間根據榮德璘[64]研究結果平均為 11.8 分鐘。由於目前機場聯外交通及旅客可選擇之運具並無重大改變，出境旅客停留於機場之時間預算累計機率函數，可由過去研究所得中正國際機場出境旅客到達機場之型態（許峰源，[65]）計算之，如附錄一。有關送機旅客量由過去調查為出境旅客之 47%，而接機旅客量為入境旅客之 57%（亞聯工程顧問公司，[63]）。

表 18 中正國際機場九十一年一月平均每日旅客量

旅客類別	出境旅客	入境旅客	轉機旅客	送機旅客	接機旅客
第一航站大廈	16,611	15,092	4,367	7,807	8,602
第二航站大廈	4,655	4,144	1,593	2,188	2,362
合計	21,266	19,236	5,960	9,995	10,964

資料來源：中正國際航空站。

6.2.2 結果分析

經本研究構建之模式計算顯示，第一航廈入境區域尚有 440 平方公尺之商業活動空間未使用，而出境所需面積為 5,899 平方公尺，已較該區域

實際可分配之最大面積多 1,499 平方公尺。若將銀行、保險公司及免稅商店，分別優先分配於非管制區及管制區中旅客需額外步行距離小於 10 公尺之位置，其次不分區域，將面積由近而遠，依序分配給餐飲店及一般商店，則商店特許費收入最大，共計每日 3,020,226 元，各類商店之面積、位置及特許費如表 19 所示。而第二航廈因目前旅客量僅為設計容量之 20%，故旅客對商業活動空間需求尚未達原規劃面積，出境及入境區域使用率約各為 30%及 13%，且位置均可設於旅客步行距離 10 公尺以內之位置，各類商店之面積、位置及特許費如表 20 所示。

因旅客從事某一商業活動後，其時間預算將會減少，除非旅客有足夠時間，方可依序從事其所需之各項商業活動，否則必須有所取捨，通常會以重要且必需者為優先，再視剩餘時間是否足夠從事其他次要活動。由實例驗證結果顯示，若將單位面積單位時間特許費收入最高之商店，優先分配於旅客需額外步行距離最短之位置，再按各商店收入高低由近至遠依序分配，可使商業特許費收入達到最大。

對於從事商業活動受時間限制之出境旅客而言，因第一航廈出境區域商業活動面積不足，造成尖峰時段旅客必須等候，且部份位置須額外步行距離較遠，致較晚抵達之旅客無足夠時間可從事消費，故平均每位出境旅客產生之特許費較第二航廈少 7 元。因此，機場管理當局若鼓勵更多航空公司至第二航廈營運，不但可減少第一航廈尖峰時段之擁擠，以提昇服務品質，更能增加機場整體特許費收入。

由目前總旅客量及兩航廈現階段所規劃之最大商業活動空間計算得知，當第一航廈旅客量佔總旅客量在 42%至 49%之範圍內，將使機場整體特許費總收入達到最大，每日可增加 116,723 元。表 21 及表 22 為第一航廈旅客量佔總旅客量 45%時，兩航廈各區域各類商店之面積、位置及特許費收入。

表 19 第一航廈各區域各類商店之面積、位置及特許費收入

商店 種類 (k)	所需 總面 積 M ²	出 境 區 域 (步行距離 M)							入 境 區 域 (行走距離 M)							特許費 (元/每日)
		所需 面積	非管制區			管制區			所需 面積	非管制區			管制區			
			<10	10-50	>50	<10	10-50	>50		<10	10-50	>50	<10	10-50	>50	
銀行	47	35	35						12	12						74,090
保險公司	30	30	30													181,475
餐飲店	3,020	2,643	435	800	550			50	377	88	100	135		54		140,197
一般商店	674	649			150			20	25			25				36,378
免稅商店	3,508	2,562				1,200	700	430	946				400	546		2,588,086
合計	7,279	5,919	500	800	700	1,200	700	500	1,360	100	100	160	400	600		3,020,226
面積限制		4,400	500	800	700	1,200	700	500	1,800	100	100	200	400	600	400	
分配結果		-1,519							440			40			400	

表 20 第二航廈各區域各類商店之面積、位置及特許費收入

商店 種類 (k)	所需 總面 積 M ²	出境區域 (步行距離 M)						入境區域 (行走距離 M)						特許費 (元/每日)		
		所需 面積	非管制區			管制區			所需 面積	非管制區			管制區			
			<10	10-50	>50	<10	10-50	>50		<10	10-50	>50	<10		10-50	>50
銀行	13	10	10						3	3						20,656
保險公司	8	8	8													50,856
餐飲店	880	769	282			487			111	80			31			43,944
一般商店	194	187		9		178			7	7						22,529
免稅商店	998	738				738			260				260			755,506
合計	2,093	1,712	300			1,412			381	90	.		291			893,491
面積限制	8,500	5,700	300	1,000	700	1,600	1,000	1,100	2,800	100	500	800	600	500	300	
分配結果	6,407	3,988		991	700	197	1,000	1,100	2,419	10	500	800	309	500	300	

表 21 最佳分配第一航廈各區域各類商店之面積、位置及特許費收入

商店 種類 (k)	所需 總面 積 M ²	出境區域 (步行距離 M)						入境區域 (行走距離 M)						特許費 (元/每日)		
		所需 面積	非管制區			管制區			所需 面積	非管制區			管制區			
			<10	10-50	>50	<10	10-50	>50		<10	10-50	>50	<10		10-50	>50
銀行	27	20	20						7	7						42,637
保險公司	17	17	17													104,552
餐飲店	1,756	1,536	463	800			273		220	93	69			58		87,445
一般商店	391	377			235		142		14		14					44,834
免稅商店	2,028	1,485				1,200	285		543				400	143		1,533,716
合計	4,219	3,435	500	800	235	1,200	700		784	100	83		400	201		1,813,184
面積限制	6,200	4,400	500	800	700	1,200	700	500	1,800	100	100	200	400	600	400	
分配結果	1,981	965			465			500	1,016		17	40		399	400	

表 22 最佳分配第二航廈各區域各類商店之面積、位置及特許費收入

商店 種類 (k)	所需 總面 積 M ²	出境區域 (步行距離 M)							入境區域 (行走距離 M)							特許費 (元/每日)
		所需 面積	非管制區			管制區			所需 面積	非管制區			管制區			
			<10	10-50	>50	<10	10-50	>50		<10	10-50	>50	<10	10-50	>50	
銀行	33	25	25						8	8						52,110
保險公司	21	21	21													127,779
餐飲店	2,145	1,877	254	838			785		268	92	106			70		107,141
一般商店	478	461		162	149			150	17		17					54,780
免稅商店	2,478	1,815				1,600	215		663				600	63		1,875,446
合計	5,155	4,199	300	1,000	149	1,600	1,000	150	956	100	123		600	133		2,217,256
面積限制	8,500	5,700	300	1,000	700	1,600	1,000	1,100	2,800	100	500	800	600	500	300	
分配結果	3,345	3,988			551	197	1,000	950	1,844		377	800		367	300	

6.3.3 公共設施服務水準與商業活動特許費之敏感度分析

由於國際機場出境旅客對商業空間之需求，受登機前所剩時間多寡及商店所在位置影響，並隨辦手續時間及需額外步行距離增加而遞減。為探討與出境旅客辦手續時間有關之公共設施面積（即報到、證照查驗和安全檢查櫃檯及其等候休息大廳）與商業活動面積如何分配？可使商業活動特許費達最大。本研究分析中正國際機場第二航廈旅客量達設計容量時，在 IATA 定義之各種空間服務水準等級下[53]，如表 12 所示。有關出境區域銀行、保險公司、商店及餐飲店所需之總面積和最大特許費如表 23。其中各服務等級之公共設施面積係依 IATA 建議之各類空間需求（如表 13）計算，而旅客平均辦手續時間，則以各等級設置之服務設施數量，依等候理論推算。由結果顯示，在不同服務等級下，為使商業特許費達最大，商店面積與公共設施面積之比例將隨服務等級下降而增加，此乃出境旅客因服務等級下降而辦手續時間增加，所減少之商業活動需求，其幅度小於因服務等級下降可減少之公共設施空間。

表 23 運量達設計容量不同服務水準商店所需總面積及最大特許費

設施服務等級	A	B	C	D	E
出境旅客平均辦手續時間(分)	10.5	12.2	14.4	17.6	23.1
出境公共設施面積(M ²)	20,039	17,347	14,655	11,964	9,122
商店所需面積(M ²)	7,760	7,654	7,512	7,289	6,860
商店面積與公共設施面積比例	0.387	0.441	0.513	0.609	0.752
最大特許費(元/每日)	3,360,834	3,313,746	3,249,734	3,149,937	2,957,799

現今，國際機場已逐漸朝向企業化經營並注重營運管理績效，有關航站大廈興建之空間規劃，在公共設施方面，為維持與鄰近機場間之競爭力，須具一定等級之服務水準；在商業活動空間方面，則需考量商業特許費收入及航站大廈建造成本與機場營運之維護費用。為探討在既有空間限制下，出境公共設施採用何種服務等級可使出境區域整體商業特許費達到最大，本研究分別以中正國際機場第二航廈運量達設計容量、超出設計容量 10%及 20%等不同階段為例。當年運量為設計容量 1,700 萬人次時，服務等

級採介於 B 與 C 間，即出境商店與公共設施面積比例為 0.475，此時出境旅客平均辦手續時間為 13.2 分鐘時，可使商業特許費收入達到最大，每日 3,268,654 元，較採原規劃之分配每日增加 78,998 元。若採較高之服務等級將造成商業活動空間不足，而採較低之服務等級則產生商業空間閒置現象。但隨運量變動，為使特許費達最大，各階段所需採用之服務等級均不相同，其呈現隨運量成長逐漸降低之趨勢，如圖 18 所示。由結果顯示，因原設計之公共設施服務水準係採較高等級，當運量增加時減少部份公共設施空間以增加商業活動空間，可提高機場商業特許費收入，惟應注意降低後之服務水準不宜低於國際機場應有之服務品質，以免喪失與鄰近機場之競爭力。

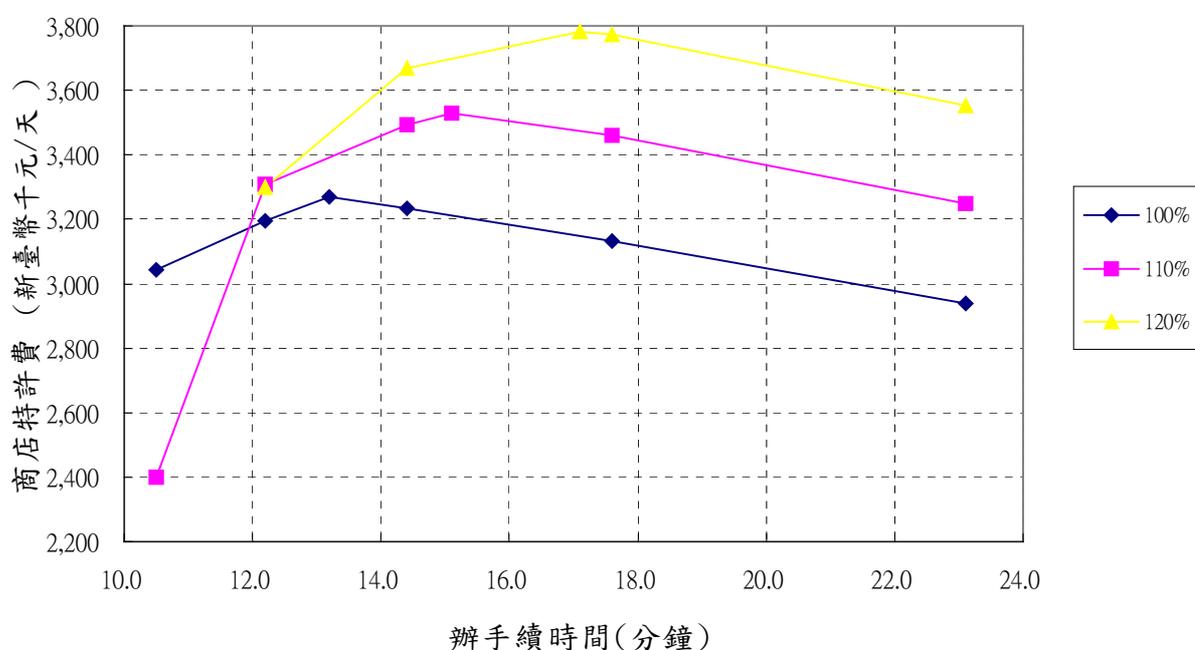


圖 18 在不同運量下公共設施採用各種服務等級所產生之商店特許費

6.3 航站大廈設備購置/汰換最佳決策

6.3.1 相關參變數與假設

為驗證本研究所構建國際機場航站大廈出境主要設施購置/汰換時程決策模式之可行性，本節以中正國際機場報到櫃檯、證照查驗、安全檢查及登機空橋等四類設備為實例，其中報到櫃檯之設備包括磅秤、電腦及印

表機；證照查驗包含護照判讀機及電腦設備；安全檢查包括 X 光機及搜身儀器；而登機空橋則包含登機證讀卡機及空橋設備。研究期程(T)設為 15 年，並以民國九十三年為起始年(即 $i=0$)。有關各類設備相關參變數資料如表 24 所列，其中 α_{fi} 為已使用 t 年之 f 類設備第 i 年運轉單位變動成本，主要為運轉所需能源及相關材料，本研究是由設備製造商提供之材料與能源消耗表及實際運轉結果推估； θ_{fi} 為已使用 t 年之 f 類設備第 i 年在營運時段處於故障狀態之時間比例，本研究由設備操作手冊中維修標準作業程序及歷年各設備不同使用年齡之設備實際維修紀錄估算；而 δ_f 、 ϕ_f 分別為 f 類設備隨使用年齡每增加一年所需增加之例行性預防保養成本及隨可靠度變動之故障修理成本，本研究是依據設備製造商建議之零組件更換時間表及分析歷年維修保養與故障修理成本所得。另為簡化分析，本研究於實例驗證時假設如下：

1. 本研究以硬體設備為主，不考慮程式軟體所產生之故障。
2. 起始年(即 $i=0$)各類設備均為新購置(即已使用年限為 0)，且各時程購置之同類設備價格及性能均相同。
3. 當決策為汰換舊設備時，同一使用年限者全數汰換。
4. 設備汰換可於當年度內完成，且可銜接使用不會發生中斷。

表 24 實例驗證基本資料

設備種類(f)	設置成本(z_f^*)	e	α_f^{**}	β_f^*	δ_f^*	λ_f^*	ϕ_f^*	a_f
報到櫃檯	6000	8	5	192	12	1560	1500	5
證照查驗	150	8	0.02	4.8	0.3	39	37.5	5
安全檢查	5000	10	0.015	160	10	1275	1250	5
登機空橋	10000	20	0.06	320	20	550	500	2

資料來源：本研究歸納整理。*：單位為新臺幣仟元；**：單位為新臺幣元。

6.3.2 研究期程旅客運量預測

本研究依據 3.2 節灰色拓樸預測模式之操作步驟，以中正國際機場民國八十二年至九十二年之出境旅客運量為歷史資料進行預測，並將預測結果結合馬可夫鏈預測模式，以旅客量預測結果為中心值(X)，由中心值取 5% 之差值分為上中下三個狀態，再利用這三種狀態為預測旅客量上下波動之

三個情況。若以 A1、A2、A3 及 A4 表示這三種狀態之邊界值，這四個邊界值與中心值之關係如下：

$$A1 = A2 * (1-0.05)$$

$$A2 = X * (1-0.025)$$

$$A3 = X * (1+0.025)$$

$$A4 = A3 * (1+0.05)$$

其中，邊界 A1 與 A2 之間為狀態 1，表示預測之旅客需求量有高估情形；A2 與 A3 之間為狀態 2，表示預測結果相當準確無波動；而 A3 與 A4 之間為狀態 3，表示預測結果低估了旅客實際需求。由本研究所做灰色拓樸預測模結果配合上式所求得之各狀態邊界值，經與實際旅客運量對照即可得知實際旅客量所對應之狀態，如表 25 所示。

表 25 預測旅客運量狀態劃分及對應結果

年份	實際值	預測值	誤差%	A1	A2	A3	A4	狀態
82	5544466	5544466	-	5135562	5405854	5683078	5967232	2
83	5792899	6330665	9.28	5863778	6172398	6488931	6813378	1
84	6297863	6516288	3.46	6035712	6353381	6679196	7013155	1
85	6802615	6707355	- 1.40	6212687	6539671	6875039	7218791	2
86	7106126	6904024	- 2.84	6394852	6731423	7076624	7430455	3
87	6906880	7106459	2.88	6582358	6928798	7284120	7648326	1
88	7495591	7314830	- 2.41	6775361	7131959	7497701	7872586	2
89	8340063	7529311	- 9.72	6974024	7341078	7717544	8103421	3
90	8271054	7750081	- 6.29	7178512	7556329	7943833	8341024	3
91	8507429	7977324	- 6.23	7388996	7777890	8176757	8585594	3
92	6803464	8211230	20.7*	7605651	8005949	8416510	8837336	1

註：*為九十二年因 SARS 造成實際旅客量驟減，導致預測值偏高。

將表 24 之狀態利用 3.2 節之馬可夫鏈轉移機率矩陣計算公式，可得到中正國際機場出境旅客量轉移機率矩陣表，如表 26 所示。其中 R1、R2、R3、R4、R5 及 R6 分別表示狀態轉移之步數，亦即狀態 i 經由幾步轉移至狀態 j 的步數。表中最左邊一列表示原始狀態，第一行則為轉移後之狀態，行與列相交之欄位顯示的機率即以馬可夫轉移機率矩陣公式所計算結果，其中狀態轉移步數可由表 24 之狀態欄求得。

表 26 中正國際機場出境旅客量轉移機率矩陣表

R1	1	2	3
1	0.33	0.67	0.00
2	0.33	0.00	0.76
3	0.50	0.00	0.50
R2	1	2	3
1	0.00	0.33	0.67
2	0.67	0.00	0.33
3	0.33	0.33	0.33
R3	1	2	3
1	0.33	0.00	0.67
2	0.00	0.67	0.33
3	0.50	0.00	0.50
R4	1	2	3
1	0.33	0.33	0.33
2	0.33	0.00	0.67
3	0.00	0.00	1.00
R5	1	2	3
1	0.33	0.33	0.33
2	0.50	0.00	0.50
3	0.00	0.00	1.00
R6	1	2	3
1	0.00	0.00	1.00
2	0.00	0.50	0.50
3	1.00	0.00	0.00

由此狀態轉移機率矩陣表可計算在未來時間內，預測旅客量波動落在每一狀態之機率。附錄二為預測年份 93 年至 107 年中正國際機場出境旅客量狀態轉移機率，機率和最大之狀態即為該預測年旅客需求量會落至的狀態，由此可知該年份預測旅客量上下波動情況，並可得到每個狀況相對於另兩個狀況可能發生機率。以預測年份 93 年為例，該年旅客需求量將落在狀態 3，其發生機率為 $3.33/(1.66+1.00+3.33)$ 即 0.55，此表示預測旅客運量低估了旅客實際需求。另可計算預測旅客需求量往下波動，即狀態 1，發生機率為 $1.66/(1.66+1.00+3.33)$ 即 0.28；而預測旅客需求量無波動，即狀態 2，發生機率為 $1.00/(1.66+1.00+3.33)$ 即 0.17。

經彙整附錄二有關中正國際機場由 93 年至 107 年出境旅客量狀態轉移機率，可得知研究期程內各時程各狀態旅客運量預測中心值及可能落在各狀態之機率，如表 27 所示。根據本研究九十三年灰色拓樸預測之出境旅客量 8451994 人與實際旅客量 8856289 人比較誤差值為 4.56%，若再結合馬可夫鏈預測模式所得之預測值則為 8659279，誤差值僅 2.23%，顯示本研究預測模式之準確性。由究期程內各時程預各狀態旅客運量預測中心值及可能落在各狀態之機率，即可依據第五章構建之設備購置/汰換決策模式進行各類設備最佳購置/汰換時程及數量之規劃。

6.3.3 結果分析

本研究針對不同種類設備，在每一時程所採取之購置/汰換決策方案包括維持不變、增購及汰換三種。在確保機場飛航安全及維持旅客服務品質之目標下，本研究以最小化研究期程內所有設備總期望成本，決策各類設備最佳購置/汰換時程。依據本研究對各時程預測之旅客量及第五章構建之模式，可求得各類設備在各階段之最佳決策方案及各類設備集合如表 28 所示，其中在研究起始年($i=0$ ，即民國九十三年)時報到櫃檯、證照查驗、安全檢查及登機空橋最佳設置數量分別為 8、35、4 及 25。以民國一〇一年(即 $i=8$)為例，報到櫃檯之最佳決策方案為增購 1 個，即 $\{1_{1,8,0}\}$ ，原有報到櫃檯之使用年齡增加 1 年，其使用年齡分別由上年度(即 $i=7$)之 7、6 及 2 變為 8、7 及 3，故設備集合由原有之 $\{8_{1,7,7}, 1_{1,7,6}, 1_{1,7,2}\}$ 變為 $\{8_{1,8,8}, 1_{1,8,7}, 1_{1,8,3}, 1_{1,8,0}\}$ ；而證照查驗設備之最佳決策方案為將原有已使用 8 年之 35 個櫃檯汰換更

新，故在該年度之設備集合中，原有 35 個使用 8 年之證照查驗櫃檯變為使用年齡 0，即 $\{35_{2,8,0}\}$ ；在安全檢查方面之最佳決策為維持不變；而登機空橋之最佳決策方案為增購 2 座，即 $\{2_{4,8,0}\}$ 。

表 27 各時程各狀態旅客運量預測中心值及可能落在各狀態之機率

研究 期程	年 份	各狀態旅客運量預測中心值			落在各狀態之機率		
		狀態 1	狀態 2	狀態 3	狀態 1	狀態 2	狀態 3
0	93	8034677	8451994	8879876	0.28	0.17	0.55
1	94	8270265	8699818	9140246	0.17	0.14	0.69
2	95	8512760	8954909	9408251	0.36	0.06	0.58
3	96	8762366	9217479	9684114	0.45	0.11	0.44
4	97	9019290	9487748	9968065	0.42	0.22	0.36
5	98	9283748	9765942	10260342	0.14	0.17	0.69
6	99	9555960	10052292	10561190	0.30	0.06	0.64
7	100	9836154	10347039	10870858	0.42	0.11	0.47
8	101	10124564	10650429	11189607	0.50	0.17	0.33
9	102	10421430	10962714	11517701	0.42	0.22	0.36
10	103	10727000	11284156	11855416	0.14	0.17	0.69
11	104	11041531	11625022	12203033	0.28	0.17	0.55
12	105	11365283	11955591	12560843	0.42	0.11	0.47
13	106	11698529	12306145	12929144	0.50	0.16	0.34
14	107	12041546	12666978	13308244	0.42	0.22	0.36

表 28 研究期程內各時程各類設備最佳決策方案及設備集合

時程(i)	設備種類(f)	最佳決策方案	設備集合
0 九十二年	報到櫃檯	$8_{1,0,0}$	$8_{1,0,0}$
	證照查驗	$35_{2,0,0}$	$35_{2,0,0}$
	安全檢查	$4_{3,0,0}$	$4_{3,0,0}$
	登機空橋	$25_{4,0,0}$	$25_{4,0,0}$
1 九十三年	報到櫃檯	$1_{1,1,0}$	$8_{1,1,1}$, $1_{1,1,0}$
	證照查驗		$35_{2,1,1}$
	安全檢查		$4_{3,1,1}$
	登機空橋		$25_{4,1,1}$
2 九十四年	報到櫃檯		$8_{1,2,2}$, $1_{1,2,1}$
	證照查驗	$2_{2,2,0}$	$35_{2,2,2}$, $2_{2,2,0}$
	安全檢查	$1_{3,2,0}$	$4_{3,2,2}$, $1_{3,2,0}$
	登機空橋	$2_{4,2,0}$	$25_{4,2,2}$, $2_{4,2,0}$
3 九十五年	報到櫃檯		$8_{1,3,3}$, $1_{1,3,2}$
	證照查驗		$35_{2,3,3}$, $2_{2,3,1}$
	安全檢查		$4_{3,3,3}$, $1_{3,3,1}$
	登機空橋		$25_{4,3,3}$, $2_{4,3,1}$
4 九十六年	報到櫃檯		$8_{1,4,4}$, $1_{1,4,3}$
	證照查驗	$3_{2,4,0}$	$35_{2,4,4}$, $2_{2,4,2}$, $3_{2,4,0}$
	安全檢查		$4_{3,4,4}$, $1_{3,4,2}$
	登機空橋	$1_{4,4,0}$	$25_{4,4,4}$, $2_{4,4,2}$, $1_{4,4,0}$
5 九十七年	報到櫃檯	$1_{1,5,0}$	$8_{1,5,5}$, $1_{1,5,4}$, $1_{1,5,0}$
	證照查驗	$2_{2,5,0}$	$35_{2,5,5}$, $2_{2,5,3}$, $3_{2,5,1}$, $2_{2,5,0}$
	安全檢查		$4_{3,5,5}$, $1_{3,5,3}$
	登機空橋		$25_{4,5,5}$, $2_{4,5,3}$, $1_{4,5,1}$
6 九十八年	報到櫃檯		$8_{1,6,6}$, $1_{1,6,5}$, $1_{1,6,1}$
	證照查驗		$35_{2,6,6}$, $2_{2,6,4}$, $3_{2,6,2}$, $2_{2,6,1}$
	安全檢查	$1_{3,6,0}$	$4_{3,6,6}$, $1_{3,6,4}$, $1_{3,6,0}$
	登機空橋	$2_{4,6,0}$	$25_{4,6,6}$, $2_{4,6,4}$, $1_{4,6,2}$, $2_{4,6,0}$

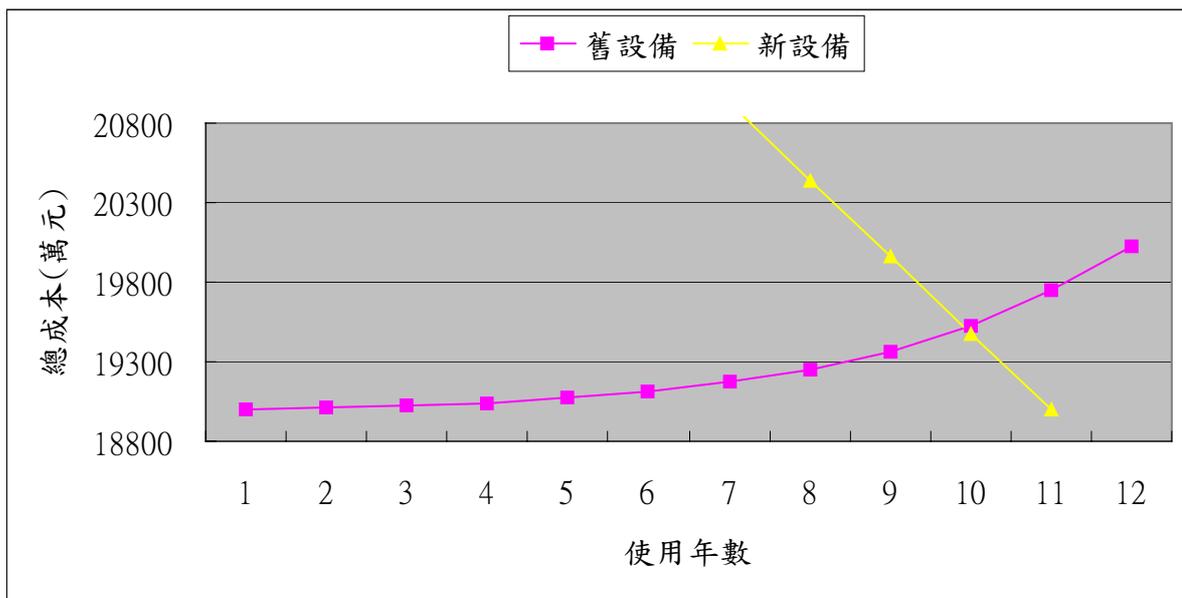
註一：設備集合中 $F_{f,i,t}$ 表示在時程 i 已使用 t 年之 f 類設備數量為 F 。

註二：最佳決策方案為 $F_{f,i,0}$ 表示在時程 i 購置數量 F 之 f 類設備，而 $-F_{f,i,0}$ 代表在時程 i 淘汰了 F 個已使用 t 年之 f 類設備，空白則表示維持不變。

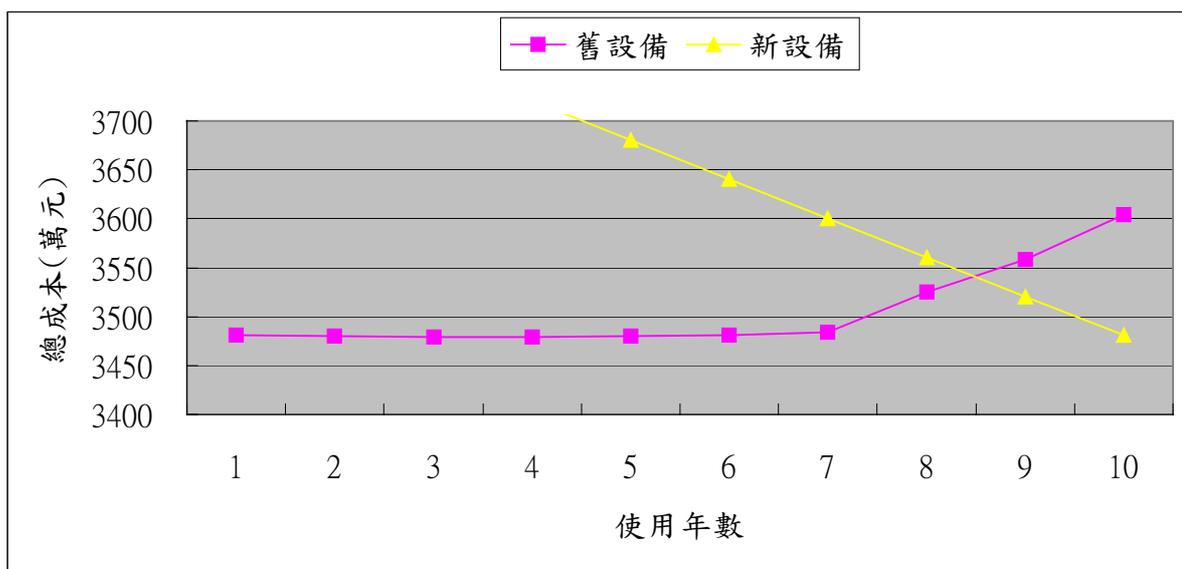
表 28 研究期程內各時程各類設備最佳決策方案及設備集合(續)

時程(i)	設備種類(f)	最佳決策方案	設備集合
7 一 〇 〇 年	報到櫃檯		8 _{1,7,7} , 1 _{1,7,6} , 1 _{1,7,2}
	證照查驗	2 _{2,7,0}	35 _{2,7,7} , 2 _{2,7,5} , 3 _{2,7,3} , 2 _{2,7,2} , 2 _{2,7,0}
	安全檢查		4 _{3,7,7} , 1 _{3,7,5} , 1 _{3,7,1}
	登機空橋		25 _{4,7,7} , 2 _{4,7,5} , 1 _{4,7,3} , 2 _{4,7,1}
8 一 〇 一 年	報到櫃檯	1 _{1,8,0}	8 _{1,8,8} , 1 _{1,8,7} , 1 _{1,8,3} , 1 _{1,8,0}
	證照查驗	-35 _{2,8,8} , 35 _{2,8,0}	2 _{2,8,6} , 3 _{2,8,4} , 2 _{2,8,3} , 2 _{2,8,1} , 35 _{2,8,0}
	安全檢查		4 _{3,8,8} , 1 _{3,8,6} , 1 _{3,8,2}
	登機空橋	2 _{4,8,0}	25 _{4,8,8} , 2 _{4,8,6} , 1 _{4,8,4} , 2 _{4,8,2} , 2 _{4,8,0}
9 一 〇 二 年	報到櫃檯	-8 _{1,9,9} , 8 _{1,9,0}	1 _{1,9,8} , 1 _{1,9,4} , 1 _{1,9,1} , 8 _{1,9,0}
	證照查驗		2 _{2,9,7} , 3 _{2,9,5} , 2 _{2,9,4} , 2 _{2,9,2} , 35 _{2,8,1}
	安全檢查		4 _{3,9,9} , 1 _{3,9,7} , 1 _{3,9,3}
	登機空橋		25 _{4,9,9} , 2 _{4,9,7} , 1 _{4,9,5} , 2 _{4,9,3} , 2 _{4,9,1}
10 一 〇 三 年	報到櫃檯	-1 _{1,10,9} , 1 _{1,10,0}	1 _{1,10,5} , 1 _{1,10,2} , 8 _{1,10,1} , 1 _{1,10,0}
	證照查驗	-2 _{2,10,8} , 5 _{2,10,0}	3 _{2,10,6} , 2 _{2,10,5} , 2 _{2,10,3} , 35 _{2,10,2} , 5 _{2,10,0}
	安全檢查	1 _{3,10,0}	4 _{3,10,10} , 1 _{3,10,8} , 1 _{3,10,4} , 1 _{3,10,0}
	登機空橋	2 _{4,10,0}	25 _{4,10,10} , 2 _{4,10,8} , 1 _{4,10,6} , 2 _{4,10,4} , 2 _{4,10,2} , 2 _{4,10,0}
11 一 〇 四 年	報到櫃檯		1 _{1,11,6} , 1 _{1,11,3} , 8 _{1,11,2} , 1 _{1,11,1}
	證照查驗	2 _{2,11,0}	3 _{2,11,7} , 2 _{2,11,6} , 2 _{2,11,4} , 35 _{2,11,3} , 5 _{2,11,1} , 2 _{2,11,0}
	安全檢查	-4 _{3,11,11} , 3 _{3,11,0}	1 _{3,11,9} , 1 _{3,11,5} , 1 _{3,11,1} , 3 _{3,11,0}
	登機空橋		25 _{4,11,11} , 2 _{4,11,9} , 1 _{4,11,7} , 2 _{4,11,5} , 2 _{4,11,3} , 2 _{4,11,1}
12 一 〇 五 年	報到櫃檯	1 _{1,12,0}	1 _{1,12,7} , 1 _{1,12,4} , 8 _{1,12,3} , 1 _{1,12,2} , 1 _{1,12,0}
	證照查驗	-3 _{2,12,8} , 5 _{2,12,0}	2 _{2,12,7} , 2 _{2,12,5} , 35 _{2,12,4} , 5 _{2,12,2} , 2 _{2,12,1} , 5 _{2,12,0}
	安全檢查	-1 _{3,12,10} , 1 _{3,12,0}	1 _{3,12,6} , 1 _{3,12,2} , 3 _{3,12,1} , 1 _{3,12,0}
	登機空橋	2 _{4,12,0}	25 _{4,12,12} , 2 _{4,12,10} , 1 _{4,12,8} , 2 _{4,12,6} , 2 _{4,12,4} , 2 _{4,12,2} , 2 _{4,12,0}
13 一 〇 六 年	報到櫃檯		1 _{1,13,8} , 1 _{1,13,5} , 8 _{1,13,4} , 1 _{1,13,3} , 1 _{1,13,1}
	證照查驗	-2 _{2,13,8} , 4 _{2,13,0}	2 _{2,13,6} , 35 _{2,13,5} , 5 _{2,13,3} , 2 _{2,13,2} , 5 _{2,13,1} , 4 _{2,13,0}
	安全檢查		1 _{3,13,7} , 1 _{3,13,3} , 3 _{3,13,2} , 1 _{3,13,1}
	登機空橋	3 _{4,13,0}	25 _{4,13,13} , 2 _{4,13,11} , 1 _{4,13,9} , 2 _{4,13,7} , 2 _{4,13,5} , 2 _{4,13,3} , 2 _{4,13,1}
14 一 〇 七 年	報到櫃檯	-1 _{1,14,9} , 1 _{1,14,0}	1 _{1,14,6} , 8 _{1,14,5} , 1 _{1,14,4} , 1 _{1,14,2} , 1 _{1,14,0}
	證照查驗	2 _{2,14,0}	2 _{2,14,7} , 35 _{2,14,6} , 5 _{2,14,4} , 2 _{2,14,3} , 5 _{2,14,2} , 4 _{2,14,1}
	安全檢查	1 _{3,14,0}	1 _{3,14,8} , 1 _{3,14,4} , 3 _{3,14,3} , 1 _{3,14,2} , 1 _{3,14,0}
	登機空橋		25 _{4,14,14} , 2 _{4,14,12} , 1 _{4,14,10} , 2 _{4,14,8} , 2 _{4,14,6} , 2 _{4,14,4} , 2 _{4,14,2}

因設備維護成本及故障延遲成本將隨使用年齡增加而遞增，對單一設備而言，當故障率高於某一水準，導致維護成本及延遲成本大於購置新設備所需折舊成本及汰換舊設備之損失時，則需進行汰換。以報到櫃檯及證照查驗為例，在旅客量固定時當使用年齡分別超過九年及八年後，因舊設備之總成本已大於採用新設備之總成本，故需進行汰換，如圖 19 所示。因此，各階段不同設備之決策將隨旅客量及設備使用年齡變動。



(a) 報到櫃檯



(b) 證照查驗

圖 19 新舊設備在各使用年數總成本之比較

假設機場與設備供應商採一次訂約而分期設置，其設備單價及施工成本與整批購置相同。在研究期程內依上述決策方案進行購置/汰換，將使各類設備產生之總期望成本達到最小為 5,412,266,388 元，較中正國際機場現行採用一次整批購置/汰換所需設備總成本 5,620,119,756 元，可降低 3.7% 之成本，如圖 20 所示。研究期程內各時程在不同狀態產生之設備成本及總期望成本如表 29 所示。因設備維護成本及故障延遲成本隨設備可靠度降低而遞增，但各類設備遞增之速度不同。研究結果顯示，故障延遲成本遞增速度與設備所需作業時間成正比，其中以報到櫃檯最大，證照查驗次之而安全檢查最小。另維護成本隨可靠度降低而遞增之速度與設備之屬性有關，由實例驗證結果顯示機械類之安全檢查設備遞增速大於電子類之報到櫃檯，如圖 21 所示。

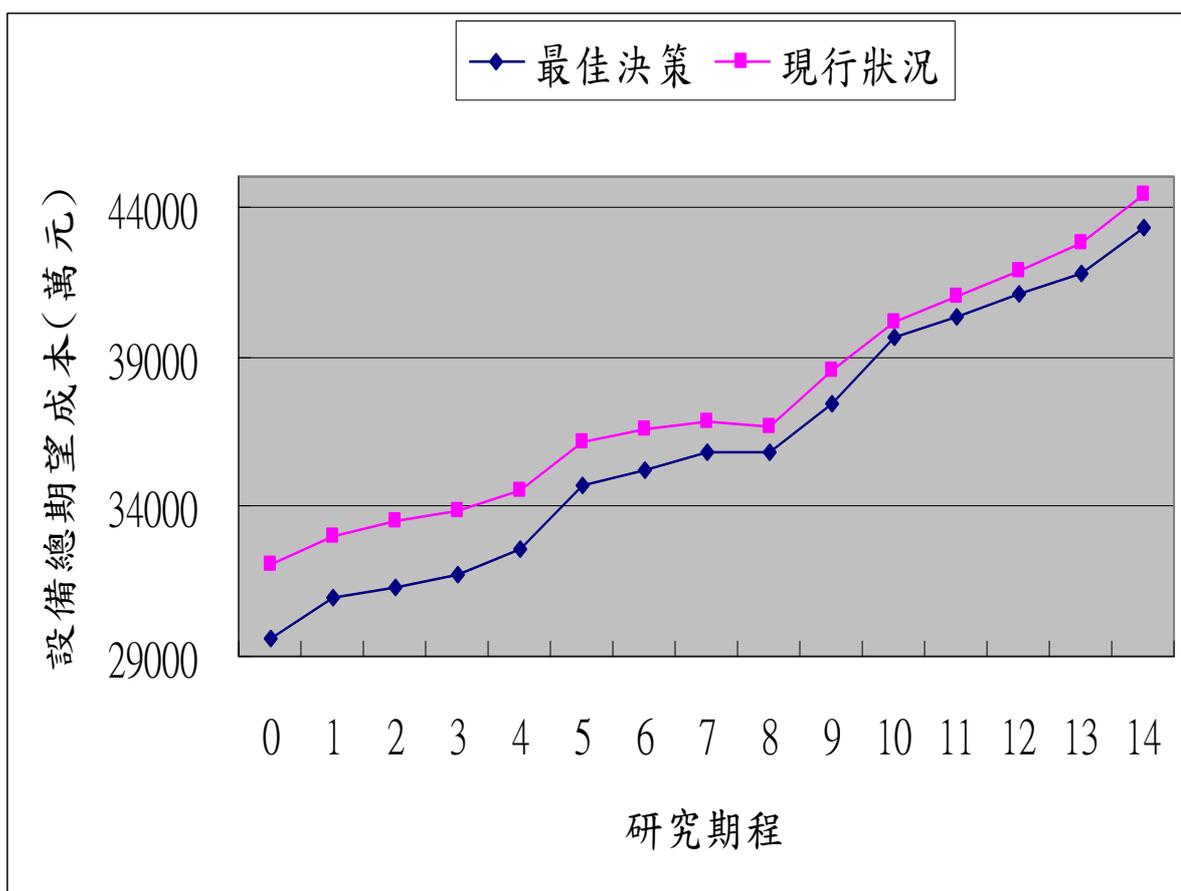
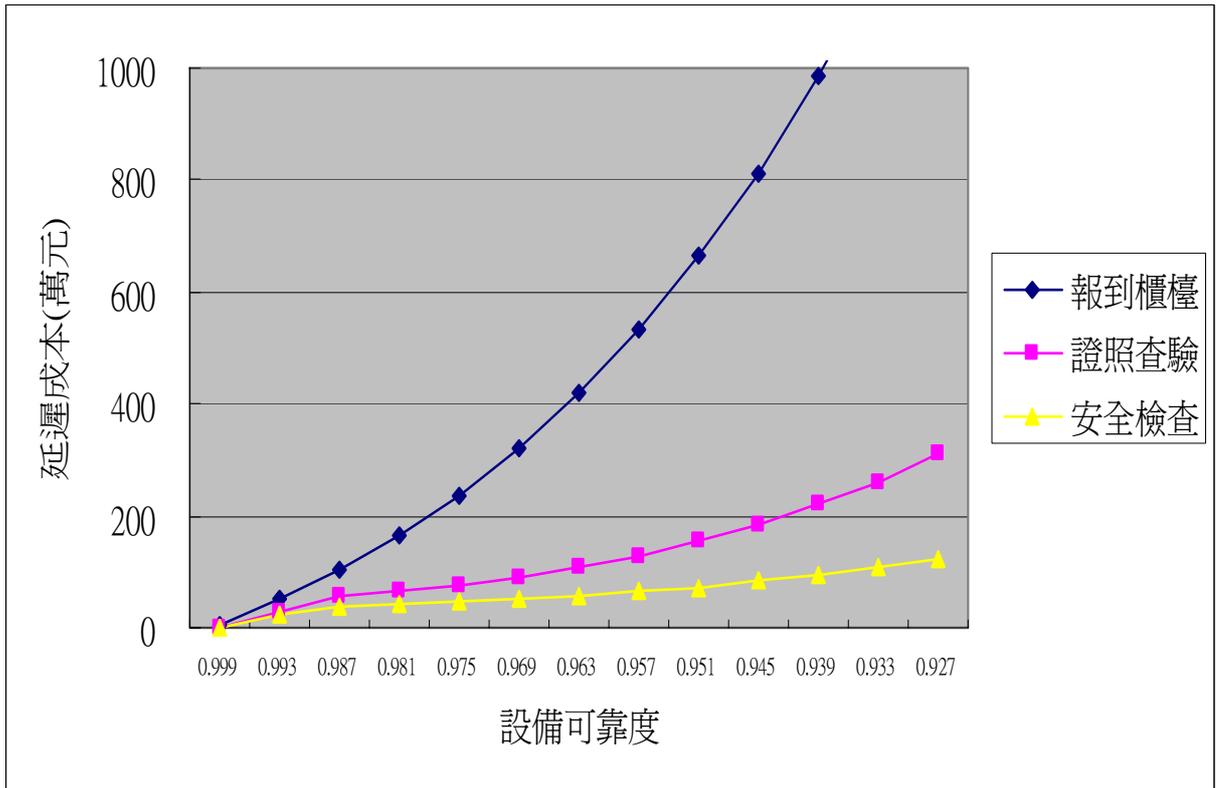


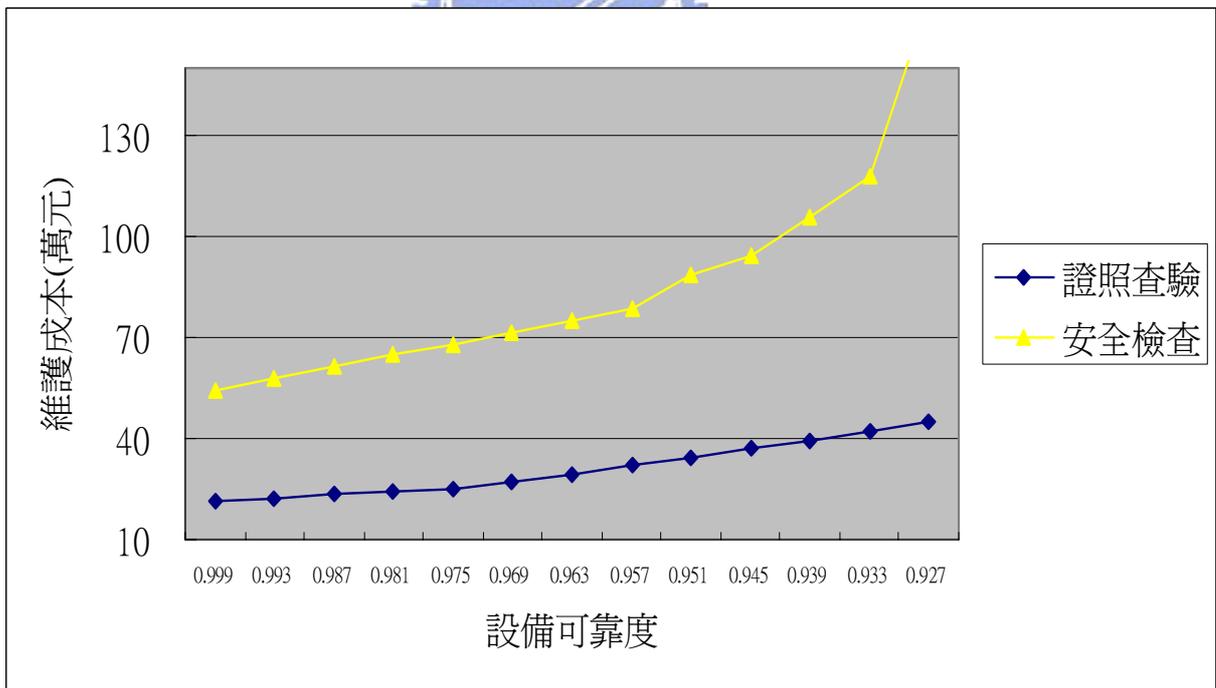
圖 20 研究期程各時程本研究最佳決策與現行狀況設備總期望成本之比較

表 29 研究期程各時程在不同狀態產生之設備成本及總期望成本

研究 期程	年 份	各狀態設備成本 (發生機率)			總期望成本 (單位:元)
		狀態 1	狀態 2	狀態 3	
0	93	279173254 (0.28)	291792496 (0.17)	306008710 (0.55)	296078026
1	94	286948112 (0.17)	299975849 (0.14)	316690960 (0.69)	309294560
2	95	296122820 (0.36)	309436076 (0.06)	323126295 (0.58)	312583631
3	96	303396236 (0.45)	317242937 (0.11)	332134970 (0.44)	317564416
4	97	311662451 (0.42)	326006452 (0.22)	341183861 (0.36)	325445839
5	98	320271893 (0.14)	335386826 (0.17)	354908459 (0.69)	346740662
6	99	331320730 (0.30)	346648865 (0.06)	362964581 (0.64)	352492482
7	100	340869715 (0.42)	355874998 (0.11)	374502486 (0.47)	358327699
8	101	344614047 (0.50)	361001566 (0.17)	377850157 (0.33)	358367841
9	102	357722544 (0.42)	374895338 (0.22)	393236603 (0.36)	374285620
10	103	368644091 (0.14)	385701923 (0.17)	404993957 (0.69)	396625330
11	104	378151906 (0.28)	397040912 (0.17)	417777422 (0.55)	403157071
12	105	390330338 (0.42)	408955455 (0.11)	429006028 (0.47)	410556676
13	106	400452093 (0.50)	420573275 (0.16)	441417063 (0.34)	417599572
14	107	413227620 (0.42)	434076093 (0.22)	455818395 (0.36)	433146963



(a) 延遲成本



(b) 維護成本

圖 21 不同設備各項成本隨可靠度變動情形

本研究考慮利率因素故設備折舊成本隨使用年限增加而遞減，折舊成本之大小與設備購置成本與使用年限有關。因設備維護及延遲成本依使用年齡逐年增加，且新舊設備之操作運轉成本亦不相同，當旅客運量及設備可靠度隨著時間變動時，舊設備與新設備之間存在一置換臨界成本，因此各類設備最適汰換年限需綜合考量各項成本之變動情形。如圖 22 所示，當旅客運量等於設備處理量且旅客時間價值為每分鐘 5 元時，報到櫃檯及證照查驗最佳使用年限分別為 9 年及 8 年，但各項設備最佳使用年限將隨旅客時間價值增加而遞減。以報到櫃檯為例，當旅客時間價值增加為每分鐘 6 至 9 元時，最佳使用年限將減為 8 年；若時間價值降為每分鐘 2 至 3 元時，最佳使用年限將提高至 10 年。

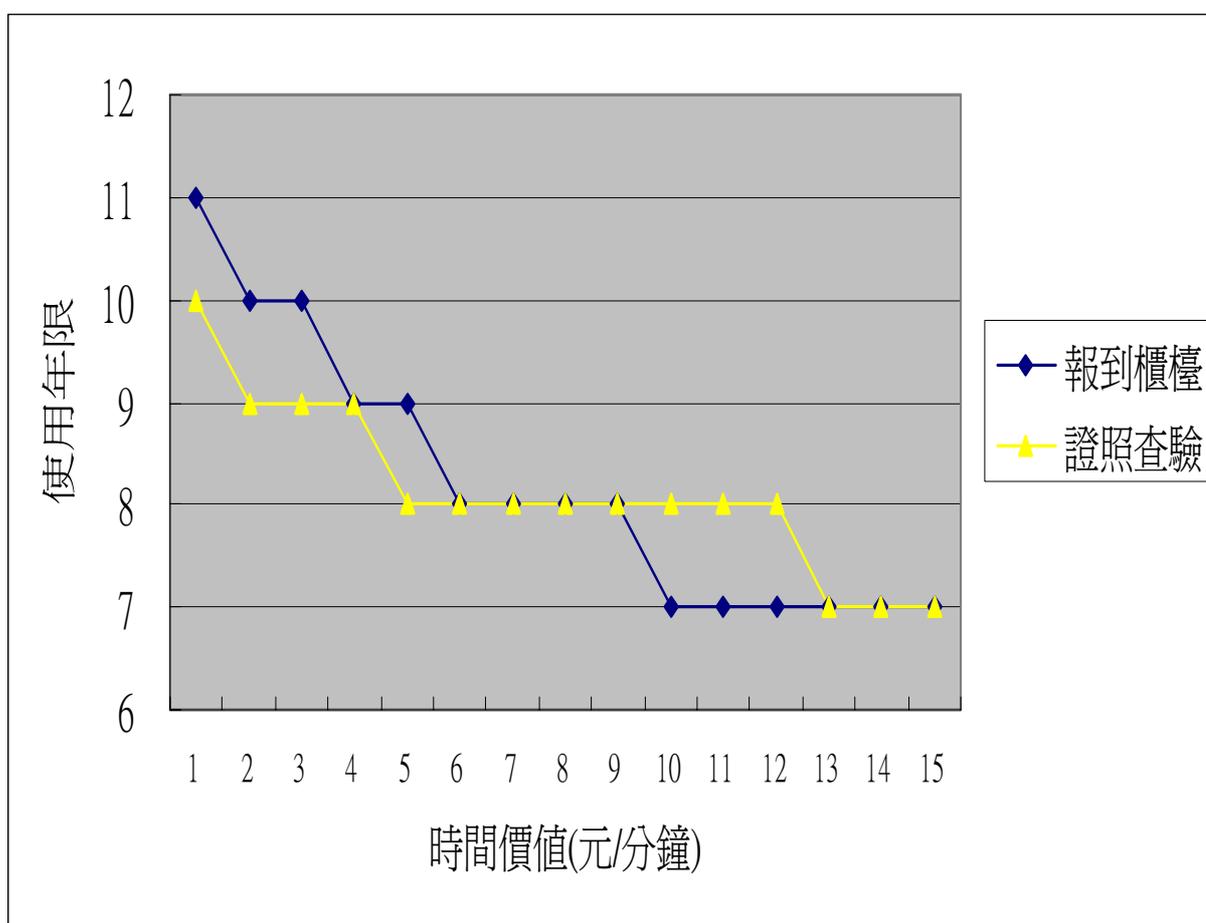
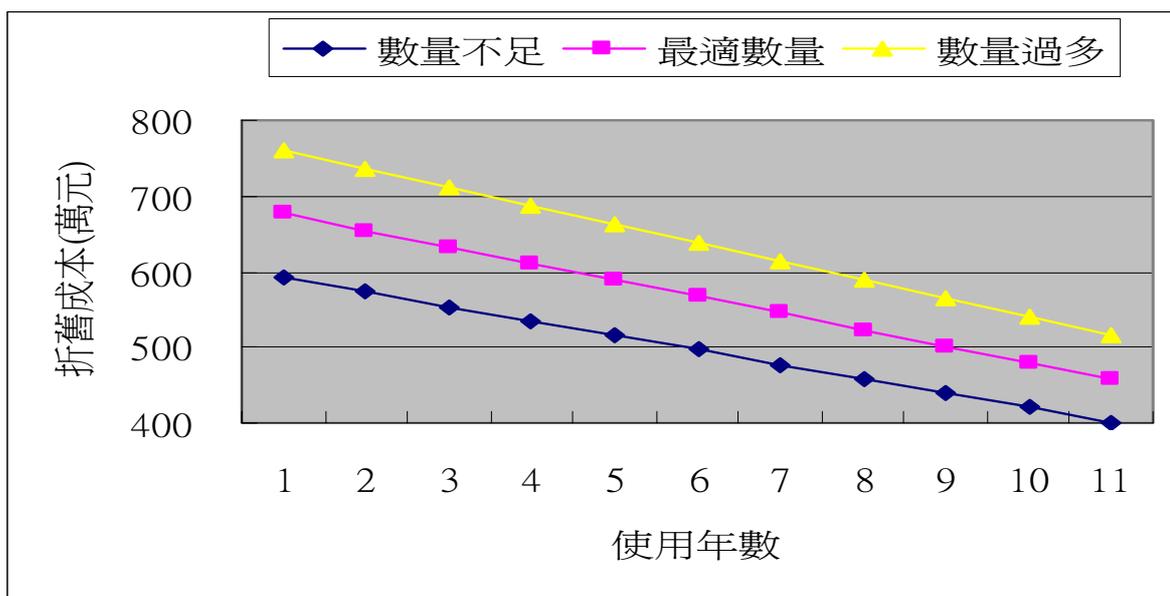
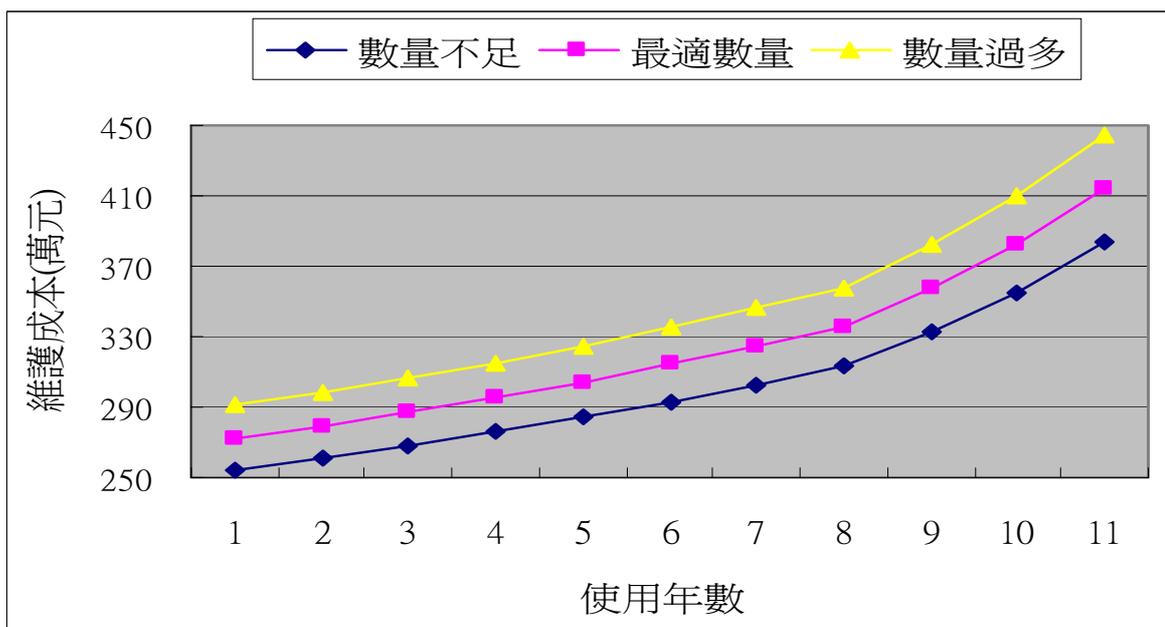


圖 22 最佳使用年限隨時間價值變動情形

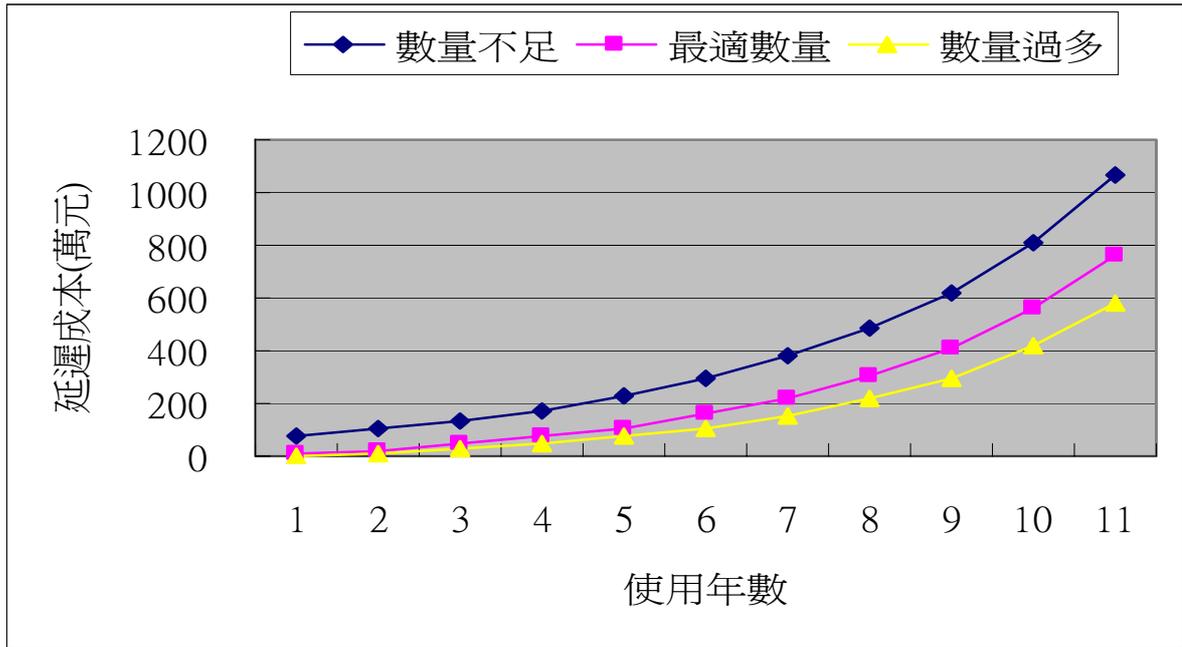
為探討設備設置數量與各項成本之變動情形，本研究進一步以報到櫃檯為例，假設出境旅客量固定每年 900 萬人次，當櫃檯設置數量分別為不足(7個)、最適(8個)及過多(9個)時各項成本之變動。如圖 23 所示，其中設置數量不足時雖折舊及維護成本較低，但其產生之延遲成本遠大於最適設置數量，故總成本仍大於最適數量者。若設置數量過多雖可降低延遲成本，但相對將增加折舊及維護成本，因前者降低金額少於後者增加之成本，故仍以最適設置數量之總成本最低。



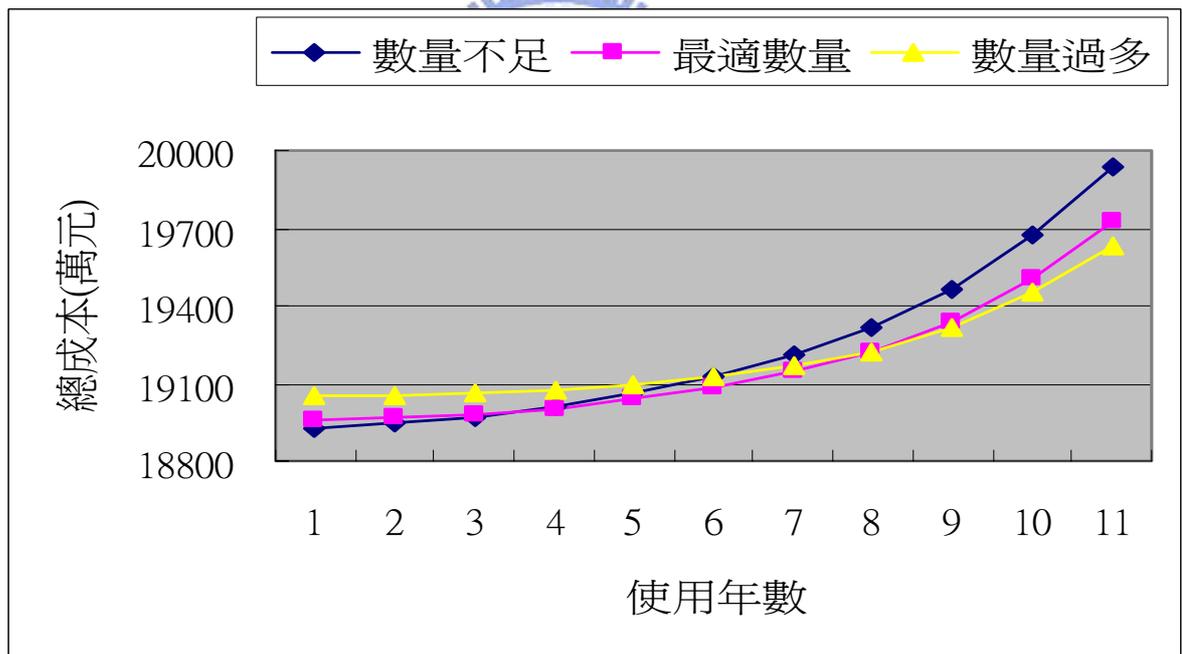
(a) 折舊成本



(b) 維護成本



(c) 延遲成本



(d) 總成本

圖 23 不同報到櫃檯數量於各使用階段對各項成本之影響

第七章 結論與建議

本研究創先提出具理論基礎之商業活動空間分配模式，提供機場經營者在不同運量及公共設施採各種服務等級時，分別決策商業活動空間與公共設施空間之最適比例，以及各類商業活動最佳分配面積及位置，讓機場商業活動特許費收入達到最大。由本研究結果得知，營運中之航站大廈受既有空間限制，為使機場特許費達到最大，公共設施應採用之服務等級隨運量成長逐漸降低。而商業活動空間與公共設施空間之最適比例隨服務等級下降而增加，此結果提供給慣於將商業活動與公共設施面積設為同一比例之機場設計者參考。

7.1 結論

本研究創先探討國際機場商業活動特許費收入、旅客服務品質及航站大廈公共設施與商業活空間分配之關係，並提出一具理論基礎之商業活動空間分配模式，供機場管理者隨不同旅客運量及服務水準，規劃航站大廈各類商店之最適位置及面積，以增加機場商業特許費總收入。本研究在商業空間分配建構之模式，係綜合考量地租理論、機場整體經濟效益，分析不同商業空間特許費收入、不同性質之旅客對各項商業活動需求量及旅客在航站大廈受時空限制下之可及性等因素，建立商店之總營業額及特許費、旅客可從事消費活動之時間及人數等之數學式。並在維持旅客服務水準下，以商店特許費收入最大為目標，構建各項商業空間分配之數學規劃模式。

研究結果可規劃在不同運量下，每種商店之最適面積，由實例分析結果顯示，若將單位面積單位時間特許費收入最高之商店，優先分配於旅客需額外步行距離最短之位置，再按各商店收入高低由近至遠依序分配，可使商業特許費收入達到最大。而各項公共設施空間分配之大小除直接影響服務水準外，將間接影響商業特許費收入，與商業活動空間之分配有密切互動關係，且各類空間之配置組合在一特定比例時將使機場整體營收達到最大。

本研究以中正國際機場進行範例分析，說明如何應用本研究所構建之模式及方法，研究結果所得各區域各類商店應設置之最佳面積及位置。當

中正國際機場第二航廈運量達設計容量 1,700 萬人次時，服務等級採介於 B 與 C 間，即出境商店與公共設施面積比例為 0.475，此時出境旅客平均辦手續時間為 13.2 分鐘時，可使商業特許費收入達到最大，每日 3,268,654 元，較採原規劃之分配每日增加 78,998 元。

此外，因中正國際機場目前旅客運量尚未達設計處理量，以九十一年旅客運量及兩個航站大廈既有公共設施空間與可用於設置商業活動空間之分配現況，若能將 42%至 49%範圍之旅客分配使用第一航廈，可使機場整體特許費收入達最大。已興建完成之航站大廈，在既有面積限制下，為使特許費達最大，隨運量變動各階段所需採用之服務等級均不相同，其呈現隨運量成長逐漸降低之趨勢。當原設計公共設施服務水準係採較高等級之機場，隨運量增加，若降低公共設施空間與商業活動空間之配置比例，可提高機場商業特許費收入。

由公共設施服務水準與商業活動特許費之敏感度分析結果顯示，在無面積限制情況下，若公共設施服務水準不變，則商店所需總面積與旅客量成等比例變動，但商店特許費收入將視商店增減之位置而異，故與旅客量非等比例變動。為使機場商業特許費達最大，在相同運量下，當採用不同服務等級時，所需商業活動空間並不相同，且其與公共設施面積之比例亦不相同，將隨服務等級下降而增加，此結果可供慣於不分服務等級而採相同比例之機場設計者參考。

有關設施購置/汰換時程方面，本研究綜合考量設備總成本、機場飛航安全、服務品質及財政收支等目標，並應用動態規劃構建國際機場航站大廈出境多設施購置/汰換時程之決策模式。為反應各階段不同設備各項成本之變動，本研究依各階段之旅客運量、設備可靠度及利用率，構建國際機場出境各主要設施之運轉、維護及延遲等成本函數。其中，運轉成本包括與設備自動化程度有關之操作成本及隨處理量變動之能源與材料費用。而維護成本可分為例行預防保養成本及故障修理成本，前者與設備年齡及使用頻率有關，後者則受設備故障頻率及嚴重性影響為可靠度之函數。藉由延遲等成本函數可分析各項設備發生故障或處理容量不足時，旅客等候時間成本及班機延遲起飛賠償旅客用餐、住宿及行程延誤費用。

為避免設備過早於堪用階段進行汰換或太早購置造成投資浪費，及太

晚購置/汰換導致延遲成本增加，降低旅客服務品質甚而影響機場營運，本研究以最小化研究時程所有設備之折舊、運轉、維護、延遲及汰換損失等設備總成本為目標。另因國際機場旅客運量受經濟景氣及各種因素影響而逐年變動，為能反應每個時程不同旅客量及設備故障率對各項成本產生之影響，本研究應用機率性動態規劃觀念構建數學模式，且整體考量以求得研究期程內各類設備每一時程之最佳決策方案及購置/汰換數量。

最後，本研究以灰色拓撲預測結合馬可夫鏈模式，預測中正國際機場各時程出境旅客量，並以出境報到櫃檯、證照查驗、旅客安檢、行李處理及旅客登機等設施為實例分析，驗證模式之可行性並進行敏感度分析。在研究期程內依本研究求得之決策方案進行購置/汰換，將使各類設備產生之總期望成本達到最小，較中正國際機場現行採用一次整批購置/汰換所需設備總成本降低 3.7%。

研究結果顯示，因各類設備之維護及延遲成本函數並不相同，其中機械類設備之維護成本隨可靠度降低而遞增之速度大於電子類設備。另作業時間較長之設備其故障延遲成本隨可靠度降低而遞增之速度大於作業時間較短者。對單一設備而言，當故障率高於某一水準，導致維護成本及延遲成本大於購置新設備所需折舊成本及汰換舊設備之損失時，則需進行汰換，若不考慮旅客運量變動且旅客時間價值為每分鐘五元時，報到及證照查驗櫃檯最佳使用年限分別為九年及八年，但各項設備最適使用年限將隨旅客時間價值增加而遞減。

有關設備增購之最佳時程及其數量以使用效益最大化為原則，使用效益即該設備加入營運期間所減少之延遲及運轉成本扣除該設備之折舊及維護成本，故購置時間及數量取決於研究期程內各時程旅客運量之變動情形。若設置數量不足時雖折舊及維護成本較低，但其產生之延遲成本遠大於最適設置數量；若設置數量過多雖可降低延遲成本，但相對將增加折舊及維修成本，因降低之延遲成本少於折舊及維護成本增加之金額，故仍以最適設置數量之總成本最低。

綜上所述，本論文有關國際機場航站大廈空間分配之具體結論彙整如下：

1. 創先探討國際機場商業活動特許費收入、旅客服務品質及航站大廈公共設施與商業活空間分配之關係，並提出一具理論基礎之商業活動空間分配模式。在維持旅客服務水準下，以商店特許費收入最大為目標，構建各項商業空間分配之數學規劃模式。
2. 公共設施空間分配之大小除直接影響服務水準外，將間接影響商業特許費收入，當公共設施空間與商業活動空間之配置組合在一特定比例時，將使機場整體營收達到最大。若將單位面積單位時間特許費收入最高之商店，優先分配於旅客需額外步行距離最短之位置，再按各商店收入高低由近至遠依序分配，可使商業特許費收入達到最大。
3. 在無面積限制情況下，若公共設施服務水準不變，則商店所需總面積與旅客量成等比例變動，但商店特許費收入將視商店增減之位置而異，故與旅客量非等比例變動。但在既有面積限制下，為使特許費達最大，隨運量變動各階段所需採用之服務等級均不相同，其呈現隨運量成長逐漸降低之趨勢。
4. 為使機場商業特許費達最大，在相同運量下，當採用不同服務等級時，所需商業活動空間並不相同，且其與公共設施面積之比例亦不相同，將隨服務等級下降而增加，此結果可供慣於不分服務等級而採相同比例之機場設計者參考。
5. 以中正國際機場九十一年旅客運量及兩個航站大廈既有公共設施空間與置商業活動空間之分配現況，若將 42%至 49%之旅客分配使用第一航廈，可使機場整體特許費收入達最大。

此外，有關國際機場航站大廈設施購置/汰換時程方面之具體結論如下：

1. 本研究應用機率性動態模式，以最小化研究時程所有設備之總成本，並綜合考量機場飛航安全、服務品質及財政收支等因素，整體考量以求得研究期程內各類設備每一時程之最佳決策方案及購置/汰換數量。
2. 經以中正國際機場報到櫃檯、證照查驗、安全檢查及登機空橋為實例分析，自民國 93 年起至 107 年止，依本研究求得之決策方案進行購置/汰

換，將使各類設備產生之總期望成本達到最小，較現行採用一次整批購置/汰換所需設備總成本低 3.7%。

3. 因各類設備之維護及延遲成本函數均不相同，研究結果顯示機械類設備之維護成本隨可靠度降低而遞增之速度大於電子類；而作業時間較長之設備其故障延遲成本隨可靠度降低而遞增之速度大於作業時間較短者。
4. 若不考慮旅客運量變動且旅客時間價值為每分鐘五元時，報到及證照查驗櫃檯最佳使用年限分別為九年及八年，但各項設備最適使用年限將隨旅客時間價值增加而遞減。
5. 設置數量不足時雖折舊及維護成本較低，但其產生之延遲成本遠大於最適設置數量；若設置數量過多雖可降低延遲成本，但相對將增加折舊及維修成本，因降低之延遲成本少於折舊及維護成本增加之金額，故仍以最適設置數量之總成本最低。

7.2 綜合建議



在機場啟用之初，若旅客運量未達設計容量，航站大廈尚未利用之空間，可先彈性用於展示藝術品或該國家（地區）文物及增加旅客服務設施，以提昇機場服務品質；亦可設置較大之商品廣告或展覽區、商務中心及可出租之辦公空間，以增加機場收入。當機場旅客運量超過設計處理量，若原設計之公共設施服務水準係採較高等級時，隨運量增加，若減少部份公共設施空間以增加商業活動空間，可提高機場商業特許費收入，惟應注意降低後之服務水準不宜低於國際機場應有之服務品質，以免喪失與鄰近機場之競爭力。

國際機場營收中可分為航空收入與商業活動收入（非航空收入）兩類，前者如航班降落費、旅客服務費及地勤設備使用費；而後者包括商業特許費及租金。有關各國際機場商業活動收入佔機場總營收之比例差異甚大，高者超過 90%，如洛杉磯機場；而低者僅 30%，如中正國際機場。因機場航空收費過高將影響航空公司到該機場營運意願，尤其是轉機航班，除非該機場地理位置特殊或無其他替代選擇。否則航空收費最適定價及與商業收入之最佳比例為何，可讓機場整體總營收達到最大，將是另一值得探討之

議題。

旅客到達航站大廈之時間分布型態為影響旅出境客在航廈停留時間長短之重要因素，過去研究（鄭銘章，[66]）在民國八十三年對中正國際機場航站大廈出境旅客特性調查指出，團體出境旅客實際平均到達航站大廈為班機起飛前 163 分鐘，而一般出境旅客平均實際到達航站大廈時間為班機起飛前 97 分鐘。並經由迴歸分析，求得旅客預計到達航站大廈時間受旅次目的、旅行時間、出國次數、手提行李數及個人習慣等因素影響。另外並指出旅客抵達航站大廈之型態決定於旅客出發時間的偏好及機場聯外交通之不確定性。若提高航站大廈聯外交通系統之可靠度，例如增建捷運系統或公路高承載車輛專用車道，均可能改變旅客到達航站大廈之型態。

因此，各機場在不同時期之出境旅客到達型態可能會改變，如 911 恐怖攻擊事件後飛美航線改變安檢作業方式或機場聯外交通改變等，故機場管理者必須自行調查。當所使用之旅客到達時間分布型態愈符合旅客實際現況時，將使商業空間分配更為精確，且使機場商業營收達到最大。當旅客在航站大廈停留時間縮短後，旅客可從事商業活動之時間更少，藉由本研究構建之模式對航站大廈商業活動空間做最佳分配，可提供旅客在有限時間內完成其想要之活動。

有關旅客在機場之消費行為，如消費金額、到各類商店消費旅客所佔比例及在時間限制下旅客從事各種商業活動之優先順序等，可能會隨旅客社經特性、旅次目的及不同地區而改變。受時間及經費限制，本研究並未深入大量調查及校估相關參變數，建議未來機場管理者在使用本模式時，應進一步調查。

由於旅客出入機場主要目的是搭乘飛機或接送親友，商業活動為停留於機場時衍生之次要需求，且本研究已設定各類商店分配之面積應大於其營運所需基本面積。經由中正國際機場過去資料顯示，各類商店平均每位旅客消費金額隨所在位置或面積大小變動之幅度並不大，且相較於消費總人數變動對商店營業額之影響程度甚小，故本研究將各類商店平均每位旅客消費金額依旅客而變動忽略不計且不會改變模式分配結果。未來之研究可繼續探討旅客消費行為是否隨商店位置及面積改變而變動？變動程度是否會影響分配結果。

應用本研究構建之設備購置/汰換模式，可精確掌握各類設備最佳購置/汰換時程及數量，以降低機場營運成本及提昇旅客服務品質，並提供機場經營者事先做好財務規劃。隨著科技與資訊應用不斷創新，各項設備發展日新月異，而本研究假設各時程購置之同類設備價格及性能均相同，無法反應同一時程同類設備之差異性，如新型設備雖價格較高，然因技術進步產生之效益，如自動化減少操作人力、節省運轉能源或增加處理速度等。建議未來可進一步考量不同時程購置之同類設備，其設置成本及性能之差異性，探討技術創新對設備購置/汰換時程之影響。

本研究對設備故障或處理量不足所導致之旅客等候時間係以平均方式計算，因各機場均有不同之尖離峰時段，且尖離峰時段之旅客量所佔比例亦隨各機場而異。若能分別計算各時段旅客之等候時間，則所求得之設備延遲成本將更為精確估，故建議未來之研究可模擬或其他方法更精確計算設備故障或處理量不足所導致之旅客等候時間。

綜上所述，本論文對後續相關研究建議如下：

1. 各國際機場商業活動收入佔機場總營收之比例差異甚大，航空收費最適定價及與商業收入之最佳比例為何，可讓機場整體總營收達到最大，將是未來值得探討之議題。
2. 旅客到達航站大廈之時間分布型態為影響旅出境客在航廈停留時間長短之重要因素，且各機場在不同時期之出境旅客到達型態可能會改變，機場管理者必須自行調查。當所使用之旅客到達時間分布型態愈符合旅客實際現況時，將使商業空間分配更為精確，且使機場商業營收達到最大。
3. 各國際機場旅客之消費行為因不同國家或地區而異，可能會隨旅客社經特性、旅次目的而改變。建議未來機場管理者在使用本模式時，應進一步調查。
4. 經由中正國際機場過去資料顯示，各類商店平均每位旅客消費金額隨所在位置或面積大小變動之幅度並不大，且相較於消費總人數變動對商店營業額之影響程度甚小。未來之研究可繼續探討旅客消費行為是否隨商店位置及面積改變而變動？變動程度是否會影響分配結果。

5. 本研究假設各時程購置之同類設備價格及性能均相同，無法反應同一時程同類設備之差異性。隨著科技與資訊應用不斷創新，各項設備發展日新月異，未來之研究可進一步考量不同時程購置之同類設備，其設置成本及性能之差異性，以考量技術創新對設備購置/汰換時程之影響。
6. 本研究對設備故障或處理量不足所導致之旅客等候時間係以平均方式計算，建議未來之研究可模擬或其他方法更精確計算設備故障或處理量不足所導致之旅客等候時間。



參考文獻

1. Ashford, N., Hawkins, N., O'leary, M., Bennetts, D., Ginity, P. M. "Passenger behavior and design of airport terminal", Transportation Research Record 588, 1976.
2. Piper, D.H.P. Estimation the passenger flow in departure halls. *Airport Forum*, May 262-270, 1990.
3. Mckelvey, F.X. "Use of analytical queuing model for airport terminal design", Transportation Research Record 1199, 1988.
4. 顏進儒,「機場航站設施服務水準之研究」, 運輸計劃季刊, 第二十四卷第三期, 頁 325-335, 民國 84 年。
5. Seneviratne, P. N., Martel, N., "Variables influencing performance of air terminal buildings", Transportation Planning and Technology 16, 3-28, 1991.
6. Pels, E., Nijkamp, P., Rietveld, P. "Substitution and complementarity in aviation: airports VS airlines", Transportation Research-E 33(4), 275-286, 1997.
7. Doganis, R. *The Airport Business*. Rountledge, London, 1992.
8. 鼎漢國際工程顧問股份有限公司,「中正國際機場-綜合大樓之興建、經營管理方式可行性研究」,交通部民用航空局委託研究,頁 4-1 - 4-7,民國 88 年。
9. Vasigh, B., Hamzaee, R.G., "A comparative analysis of economic of US commercial airport", Journal of Air Transport Management, 4, 209-216, 1998.
10. Zhang, A., Zhang, Y. "Concession revenue and optimal airport pricing", Transportation Research-E, 33(4), 287-296, 1997.
11. Doganis, R. and Graham, A., "Airport Management : The Role of Performance Indicators", Transport Syudies Group, Polyteahnic of Central London, London, 1987.
12. Hensher, D.A., Hooper, P.G., 1997. Measuring total factor productivity of airports- an index number approach. Transportation Research-E 33(4), 249-259.
13. Gannon, C. and Shalizi, Z., "The Use of Sectoral and Project Performance Indicators in Bank-financed Transport Operations", Discussion Paper, The World Bank, Environmental Sustainable Development, Repprt TWU 21, Washington, DC, 1995.
14. Gillen, D., Lall, A. "Developing measure of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis", Transportation Research-E 33(4), 261-273, 1997.
15. Mumayiz, S.A. "Evaluating performance and service measures for the airport landside", Transportation Research Record 1296, 1991.
16. Seneviratne, P. N., Martel, N. "Criteria for Evaluating Quality of Service in Air Terminals", Transportation Research Record 1461, pp. 24-30, 1994.
17. Hamzaee, R.G., Vasigh, B. "A simple revenue-cost perspective on US airport operations", Journal of Air Transport Management 6, 61-64, 2000.
18. Oum, T., Zhang, Y. "Airport pricing: congestion tolls, lumpy investment and cost recovery", Journal of Public Economics 43, 353-374, 1990.

19. Bellman, R., "Equipment Replacement Policy", Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, Vol. 3, No. 3, 133-136, 1995.
20. Hartman, J. C., "An Economic Replacement Model with Probabilistic Asset Utilization", IIE Transactions, Vol. 33, No.9, pp.717-727, 2001.
21. 王秋棠, 「模糊動態設備汰換規劃」, 高雄工學院, 碩士論文, 民國 85 年。
22. 賴明材, 「隨機過程方法應用於系統最佳置換策略之研究」, 國立清華大學, 博士論文, 民國 79 年。
23. 譚紹榮, 「技術突破下機具重置模式之研究」, 國防管理學院, 碩士論文, 民國 77 年。
24. 王清祥, 「資本設備汰換與重置決策之研究」, 國立政治大學, 碩士論文, 民國 63 年。
25. 王大明, 「港務局橋式貨櫃起重機大修及汰換時程安排之研究」, 國立交通大學, 碩士論文, 民國 84 年。
26. Kercecioglu, D., *Maintainability, Availability, & Operational Readiness Engineering*, Prentice Hall PTR, 1995.
27. Pham, H. and Wang, H., "Invited Review: Imperfect Maintenance", European Journal of Operational Research, Vol. 94, pp. 425-438, 1996.
28. Canfield, R. V., "Cost Optimization of Periodic Preventive Maintenance", IEEE Transactions on Reliability, Vol.R-35, No.1, pp.78-81, 1986.
29. Park, D. H., Jung, G. M., Yum, J. K., "Cost Minimization for Periodic Maintenance Policy of a System Subject to Slow Degradation", Reliability Engineering and System Safety, Vol.68, No.2, pp.105-112, 2000.
30. Chun, Y.H., "Optimal Number of Periodic Preventive Maintenance Operations under Warranty", Reliability Engineering and System Safety, Vol. 37, pp. 223-225, 1992.
31. Tsai, Y. T., Wang, K. S., Teng, H. Y., "Optimizing Preventive Maintenance for Mechanical Components Using Genetic Algorithms", Reliability Engineering and System Safety, Vol.74, No.1, pp. 89-97, 2001.
32. Lie, C. H., Chun, Y. H., "An Algorithm for Preventive Maintenance Policy", IEEE Transactions on Reliability, Vol. 35, No. 1, 1986.
33. Jayabalan, V., Chaudhuri, D., "Optimal Maintenance—Replacement Policy under Imperfect Maintenance", Reliability Engineering and System Safety, Vol.36, No.2, pp.165-169, 1992.
34. Nakagawa, T. "Sequential Imperfect Preventive Maintenance Policies", IEEE Transactions on Reliability, Vol.37, No.3, pp.295-298, 1988.
35. Pham, H. and Wang, H., "Optimal Age-dependent Preventive Maintenance Policies with Imperfect Maintenance", International Journal of Reliability, Vol. 3, pp. 119-135, 1996.
36. Dedopoulos, I. T., Smeers, Y., "An Age Reduction Approach for Finite Horizon

- Optimization of Preventive Maintenance for Single Units Subject to Random Failures”, Computers ind. Engng, Vol.34, No.3, pp.643-654, 1998.
37. Yun, W. Y., Bai, D. S., “Cost Limit Replacement Policy Under Imperfect Repair”, Reliability Engineering, Vol.19, No.1, pp. 23-28, 1987.
 38. MIL-STD-2173, *Reliability Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft Weapons Systems and Support Equipment*, pp. 21-23, 1986.
 39. Lam, Y., “An Optimal Maintenance Model Using a Number of Different Actions”, Microelectronics and Reliability, Vol.37, No.4, pp.615-622, 1997.
 40. Chan, J. K., Shaw, L., “Modeling Repairable Systems with Failure Rates that Depend on Age and Maintenance”, IEEE Transactions on Reliability, Vol.42, No.4, pp.566-571, 1993.
 41. Sherif, Y. S., Smith, M. L., “Optimal Maintenance Models for Systems Subject to Failure – A Review”, Naval Research Logistics Quarterly, Vol.28, No.1, pp.47-74, 1981.
 42. Huth, W. L., and Eriksen, S. E., ”Airline Traffic Forecasting Using Deterministic and Stochastic Time Series Decomposition,” The Logistics and Transportation Review, Vol. 23, No. 4, pp. 401-409, 1987.
 43. Horonjoff, R., Mckelvey, X., *Planning and Design of Airports*, McGraw-Hill Inc., New York, 1994.
 44. Boeing Commercial Airplane Group, *Trans-Pacific Passenger Market, U.S.-Europe Passenger Market, Europe-Orient Passenger Market*, Washington D.C., 1995.
 45. Deng, J. et al., *Essential Topics on Grey System: Theory and Application*, Huazhong University of Science and Technology, China Ocean Press, Beijing, 1988.
 46. 交通部運輸研究所委託荷蘭機場顧問公司(NACO)辦理，中正國際機場主計畫修訂規劃報告，民國八十二年。
 47. 許巧鶯、溫裕弘，「台灣地區國際航空客運量之預測-灰色預測模式之應用」，運輸計劃季刊，第二十六卷第三期，民國八十六年，頁 525-556。
 48. 田自力，「灰色理論在預測與決策之研究」，國立成功大學機械工程研究所博士論文，民國 84 年。
 49. Hsu, C. I., Wen, Y. H., “Improved Grey Prediction Models for the Trans-Pacific Air Passenger Market”, Transportation Planning and Technology, Vol. 22, pp. 87-107, 1998.
 50. 鄧聚龍，灰色預測與決策，華中理工大學，武漢，中國，西元 1986 年。
 51. Stanton, H. P., Ashford, N., Clifton, A. M., *Airport Operations*, PITMAN Publishing, pp. 203-242.
 52. 財團法人資訊工業策進會，「交通部民用航空局中正國際航空站第二航廈接管營運規劃及訓練顧問案」，交通部民用航空局委託研究，頁 3-3，民國 88 年。
 53. Martel, N., Seneviratne, P.N. “Analysis of factors influencing quality of service in

- passenger terminal buildings”, Transportation Research Record 1273, 1990.
54. Mckelvey, F.X. A review of airport terminal system simulation models. Final Report, Department of Transportation, Transportation Systems Center, Cambridge, Mass, 1989.
 55. Department of Transportation, Transportation Systems Center, and Federal Aviation Administration. *Airport Ground Access Planning Guide*. FAA-EM-80-9, Washington, 1980.
 56. 洪偵嘉,「航站大廈出境設施空間設置準則之研究」,國立交通大學,碩士論文,民國 84 年。
 57. International Air Transport Association (IATA), 8th Edition. Effective April, Airport development reference manual, 1995.
 58. International Air Transport Association (IATA), 7th Edition. Effective 1 January, Airport terminals reference manual, 1989.
 59. Dhillon, B. S., “Life Distributions”, IEEE Transactions on Reliability, Vol.R-30, No.5, 1981, pp.457-459, 1981.
 60. Smith, R. M., Bain, L. J., “An Exponential Power Life-testing Distribution”, Communications in Statistics, Vol. 4, No. 5, pp. 469-481, 1975.
 61. 鄧聚龍, 灰色系統基本方法, 華中理工大學, 武漢, 中國, 西元 1985 年。
 62. Worldwide Airport Traffic Report-2002, Airport Council International World Headquarters, 2003.
 63. 亞聯工程顧問公司,「中正國際機場整體規劃暨第一期發展計畫」,交通部民用航空局委託研究,頁 5-31 - 5-33,民國 89 年。
 64. 榮德璘,「中正國際機場航站出境旅客作業模擬與應用」,國立交通大學,碩士論文,民國 83 年。
 65. 許峰源,「航站設施旅客分布分析模式即應用」,國立交通大學交通運輸研究所碩士論文,民國 82 年。
 66. 鄭銘章,「中正國際機場航站出境旅客特性與到達型態之研究」,國立交通大學,碩士論文,民國 84 年。

附錄一

許峯源（1993）以中正國際機場八個起飛班次 2005 個旅客為樣本，推估出境旅客到達機場之時間分布型態。結果顯示，若以旅客可開始辦理報到時間（即班機預定起飛時間 150 分鐘）為 $t=0$ ，而班機預定起飛時間為 $t=150$ ，則時間 t 出境旅客到達機場之累計機率函數 $F(t)$ 為：

$$F(t) = [68.15647 + 0.089631 * t^2 + 0.002262 * t^3 + 14.4944 * (t - 50) * D - 0.8918 * (t - 50)^2 * D] / 2005$$

其中 D 為虛擬變數，當 $0 \leq t \leq 50, D = 0$ 。若以 θ 表示旅客到達機場時距離班機預定起飛之時間，此為出境旅客時間預算，經由出境旅客到達機場之累計

計機率函數轉換，出境旅客時間預算為 θ 時之累計機率函數 $F(\theta)$ 可表示為：

$$F(\theta) = 1 - [68.15647 + 0.089631 * (150 - \theta)^2 + 0.002262 * (150 - \theta)^3 + 14.4944 * (100 - \theta) * D - 0.8918 * (100 - \theta)^2 * D] / 2005$$

其中 D 為虛擬變數，當 $20 \leq \theta \leq 100, D = 1$ 。另有 3.4% 之旅客係於班機預定起

飛時間前 150 分鐘前到達，因無實際到達分布資料而僅能表示為 $F(\infty) - F(150) = 0.034$ ，惟該部分旅客已有足夠時間預算可從事各項活動，故並不影響本研究模式之應用。

因旅客到達機場之時間主要受機場聯外交通之便利性、旅客對機場環境之熟悉度、旅客搭乘班機航程之遠近及機場作業效率影響，故每個機場旅客到達之時間分布型態並不相同。因旅客時間預算為影響模式重要參數，為能切合實際降低誤差，建議各機場使用本模式時應自行調查。

附錄二

民國 93 年至 107 年中正國際機場出境旅客量狀態轉移機率

預測年份：93			座落在各狀態之機率		
年 份	狀 態	步 數	1	2	3
87	1	6	0.00	0.00	1.00
88	2	5	0.50	0.00	0.50
89	3	4	0.00	0.00	1.00
90	3	3	0.50	0.00	0.50
91	3	2	0.33	0.33	0.33
92	1	1	0.33	0.67	0.00
		和	1.66	1.00	3.33
		機率	0.28	0.17	0.55

預測年份：94			座落在各狀態之機率		
年 份	狀 態	步 數	1	2	3
88	2	6	0.00	0.50	0.50
89	3	5	0.00	0.00	1.00
90	3	4	0.00	0.00	1.00
91	3	3	0.50	0.00	0.50
92	1	2	0.00	0.33	0.67
93	3	1	0.50	0.00	0.50
		和	1.00	0.83	4.17
		機率	0.17	0.14	0.69

預測年份：95			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
89	3	6	1.00	0.00	0.00
90	3	5	0.00	0.00	1.00
91	3	4	0.00	0.00	1.00
92	1	3	0.33	0.00	0.67
93	3	2	0.33	0.33	0.33
94	3	1	0.50	0.00	0.50
		和	2.16	0.33	3.50
		機率	0.36	0.06	0.58

預測年份：96			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
90	3	6	1.00	0.00	0.00
91	3	5	0.00	0.00	1.00
92	1	4	0.33	0.33	0.33
93	3	3	0.50	0.00	0.50
94	3	2	0.33	0.33	0.33
95	3	1	0.50	0.00	0.50
		和	2.66	0.66	2.66
		機率	0.44	0.11	0.44

預測年份：97			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
91	3	6	1.00	0.00	0.00
92	1	5	0.33	0.33	0.33
93	3	4	0.00	0.00	1.00
94	3	3	0.50	0.00	0.50
95	3	2	0.33	0.33	0.33
96	1	1	0.33	0.67	0.00
		和	2.49	1.33	2.16
		機率	0.42	0.22	0.36

預測年份：98			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
92	1	6	0.00	0.00	1.00
93	3	5	0.00	0.00	1.00
94	3	4	0.00	0.00	1.00
95	3	3	0.50	0.00	0.50
96	1	2	0.00	0.33	0.67
97	1	1	0.33	0.67	0.00
		和	0.83	1.00	4.17
		機率	0.14	0.17	0.69

預測年份：99			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
93	3	6	1.00	0.00	0.00
94	3	5	0.00	0.00	1.00
95	3	4	0.00	0.00	1.00
96	1	3	0.33	0.00	0.67
97	1	2	0.00	0.33	0.67
98	3	1	0.50	0.00	0.50
		和	1.83	0.33	3.84
		機率	0.31	0.06	0.64

預測年份：100			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
94	3	6	1.00	0.00	0.00
95	3	5	0.00	0.00	1.00
96	1	4	0.33	0.33	0.33
97	1	3	0.33	0.00	0.36
98	3	2	0.33	0.33	0.33
99	3	1	0.50	0.00	0.50
		和	2.49	0.66	2.83
		機率	0.42	0.11	0.47

預測年份：101			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
95	3	6	1.00	0.00	0.00
96	1	5	0.33	0.33	0.33
97	1	4	0.33	0.33	0.33
98	3	3	0.50	0.00	0.50
99	3	2	0.33	0.33	0.33
100	3	1	0.50	0.00	0.50
		和	2.99	0.99	1.99
		機率	0.50	0.17	0.33

預測年份：102			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
96	3	6	1.00	0.00	0.00
97	1	5	0.33	0.33	0.33
98	3	4	0.00	0.00	1.00
99	3	3	0.50	0.00	0.50
100	3	2	0.33	0.33	0.33
101	1	1	0.33	0.67	0.00
		和	2.49	1.33	2.16
		機率	0.42	0.22	0.36

預測年份：103			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
97	1	6	0.00	0.00	1.00
98	3	5	0.00	0.00	1.00
99	3	4	0.00	0.00	1.00
100	3	3	0.50	0.00	0.50
101	1	2	0.00	0.33	0.67
102	1	1	0.33	0.67	0.00
		和	0.83	1.00	4.17
		機率	0.14	0.17	0.69

預測年份：104			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
98	3	6	1.00	0.00	0.00
99	3	5	0.00	0.00	1.00
100	3	4	0.00	0.00	1.00
101	1	3	0.33	0.00	0.67
102	1	2	0.00	0.33	0.67
103	3	1	0.33	0.67	0.00
和			1.66	1.00	3.34
機率			0.28	0.17	0.55

預測年份：105			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
99	3	6	1.00	0.00	0.00
100	3	5	0.00	0.00	1.00
101	1	4	0.33	0.33	0.33
102	1	3	0.33	0.00	0.67
103	3	2	0.33	0.33	0.33
104	3	1	0.50	0.00	0.50
和			2.49	0.66	2.83
機率			0.42	0.11	0.47

預測年份：106			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
100	3	6	1.00	0.00	0.00
101	1	5	0.33	0.33	0.33
102	1	4	0.33	0.33	0.33
103	3	3	0.50	0.00	0.50
104	3	2	0.33	0.33	0.33
105	3	1	0.50	0.00	0.50
和			2.99	0.99	1.99
機率			0.50	0.16	0.34

預測年份：107			座落在各狀態之機率		
年份	狀態	步數	1	2	3
101	1	6	1.00	0.00	0.00
102	1	5	0.33	0.33	0.33
103	3	4	0.00	0.00	1.00
104	3	3	0.50	0.00	0.50
105	3	2	0.33	0.33	0.33
106	1	1	0.33	0.67	0.00
		和	2.49	1.33	1.16
		機率	0.42	0.22	0.36



簡 歷



姓名：趙清成

籍貫：臺灣省澎湖縣

生日：民國 56 年 11 月 27 日

學歷：

民國九十四年六月

國立交通大學運輸科技與管理學系博士

民國八十五年六月

國立交通大學工業工程與管理研究所碩士

民國七十八年六月

國立台北工專工業工程科（三年制）

民國七十五年六月

臺灣省立馬公高級中學

地址：澎湖縣湖西鄉湖東村 76 號

電話：0937632077



著作

A.期刊論文

1. Chaug-Ing Hsu and Ching-Cheng Chao*, 2005. 01, "Space Allocation for Commercial Activities at International Passenger Terminals," *Transportation Research – part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 41, No. 1, pp. 29-51. (SCI, SSCI)
2. Chaug-Ing Hsu and Ching-Cheng Chao*, 2004, "Scheduling Purchase and Renewal of International Airport Departure Facilities," *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. (Paper accepted)
3. 許巧鶯、趙清成*, 2002. 01, 「國際機場旅客服務設施及商業活動空間分配之研究」, 經社法制論叢, 第二十九期, 111-138 頁, 民國九十一年一月。



B.研討會論文

1. 許巧鶯、趙清成*, 2004. 11, 「國際機場航站大廈設施購置/汰換時程之研究」, 中華民國運輸學會第十九屆學術論文研討會論文集, 1585-1609 頁, 民國九十三年十一月。
2. Chaug-Ing Hsu and Ching-Cheng Chao*, 2003. 01, "Space Allocation for Commercial Activities at International Passenger Terminals," Paper presented at Transportation Research Board 82nd Annual Meeting, Washington, D. C., January 12-16, 2003.
3. 許巧鶯、趙清成*, 2001. 11, 「國際機場航站大廈空間分配之研究-以中正國際機場為例」, 中華民國運輸學會第十六屆學術論文研討會論文集, 773-782 頁, 民國九十年十一月。