

國立交通大學
運輸與物流管理學系

碩士論文

考量航空公司機門偏好之機門指派最佳化模式

Gate Assignment Models with Consideration of Airline
Preferences

研究生：黃耀緯

指導教授：邱裕鈞 博士

中華民國一〇四年六月

考量航空公司機門偏好之機門指派最佳化模式

Gate Assignment Models with Consideration of Airline Preferences

研 究 生：黃耀緯

Student：Yao-Wei Huang

指導教授：邱裕鈞

Advisor：Yu-Chiun Chiou

國立交通大學
運輸與物流管理學系
碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Traffic and Transportation

June 2015

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇四年六月

考量航空公司機門偏好之機門指派最佳化模式

學生：黃耀緯

指導教授：邱裕鈞 博士

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

摘要

隨著全球機場逐漸朝向民營化及公司化之趨勢，政府的角色已由管理者演變為監督者。而有效率且公平的機門指派是機場營運的重要工作之一，且基於政府觀點之機門指派核心邏輯已逐漸轉變為融入航空公司的需求及觀點。航空公司於機場載運旅客，可能因其所需設施、合作之地勤業者所在位置或基於油耗、減少到離航班之拖機次數等相關場站費用，而有所偏好特定之機門。

爰此，本研究構建一機門指派模式，同時以旅客總步行距離最小化及航空公司對機門偏好最大化為目標，反應航空公司實務營運，此雙目標數學規劃模式使用分支界定法與 LINGO 程式進行求解。另為了探討模式之適用性，本研究以臺灣桃園國際機場為例，並分就淡旺季及尖離峰時段之實際旅運需求資料進行測試，進而分析比較在不同實際需求大小的求解結果。

結果顯示本模式在各種不同情境需求下，皆能求解妥適且合理之解決方案。此外，當航空公司對機門偏好重疊性愈高，愈會有些航班在尖峰時段將被指派至外機門及非偏好機門，且偏好機門的利用率也會低於非偏好機門，亦屬合理，顯示本模式具備可應用性。

關鍵字：機門指派、航空公司偏好之機門、總步行距離、雙目標最佳化模式

Gate Assignment Models with Consideration of Airline Preferences

Student: Yao-Wei Huang

Advisor: Prof. Yu-Chiun Chiou

Department of Transportation and Logistics Management

National Chiao Tung University

Abstract

With the trend of the privatization or corporatization of airports worldwide, the role of governments is changed to be a supervisor instead of an operator. Efficient and fair gate assignment is one of key task of airport operation. The core logic of gate assignment originally mainly based on governments' viewpoints has been gradually changed to value the views and requirements of airlines. Airlines may prefer specific gates because of the location of required facilities, cooperated ground handling service team and fuel consumption conservation, reduction of the number of flight transferring and other related expenses.

Based on this, this study develops a gate assignment model to simultaneously minimize the total walking distance of passengers and maximize airline gate preferences. The proposed bi-objective mathematical programming model is then solved by Brand-and-Bound method and Lingo software. To investigate the applicability of the proposed model, a case study on Taiwan Taoyuan International Airport is conducted. The traffic demand of peak and off-peak seasons and hours are applied to compare the gate assignment results of various sizes of real demand.

The results show the proposed model can solve the comprised and reasonable solutions under various demand scenarios. Additionally, when the preferred gates of airlines are highly overlapped under peak hours, some aircrafts will be assigned to remote gates and non-preferred gates. The utilization ratios of preferred gates are also lower than those of nonpreferred gates as expected, suggesting the reasonability of the assignment results and the applicability of the proposed model.

Keywords: Gate assignment, Airline preferred gates, Total walking distance, Bi-objective optimization model.

誌謝

回首踏入交通大學台北校區的那天，時光冉冉，不知不覺一個大學的時間就過去了，歷經了系所合併、服兵役及更換指導教授...等，雖說有些未能跟同屆同學畢業的悵然，但退伍後重返校園這兩年也認識了許多朋友，更留下了不少回憶，課業上有馮正民老師、陳穆臻老師、黃台生老師、汪進財老師以及邱裕鈞老師們課堂上的認真教學，課餘時有所學會精心籌劃的各種活動，都讓生活更加變化，並為工作上注入許多新思維。

能夠順利完成碩士的學業，有很多貴人的提攜、幫助與陪伴，才讓我得以順利取得學位。首先，最要感謝的是我的恩師邱裕鈞老師，從論文題目的擇定開始直到完成，邱老師總是不厭其煩用引導的方式訓練我們增進獨立思考的能力，每次與老師 meeting 完的收穫多是跳脫自我框架的新想法，雖然老師很忙碌且要求嚴格，但每當論文遇到困難時，他依舊會很有耐心地幫助我們度過難關。此外，也要感謝顏進儒老師及張玉君老師對於論文不吝提供的寶貴建議，幫助這篇研究更加完整。

身為在職生的我，學校課業與工作的兼顧常常兩難，有時候也不禁思辯所謂的因果論，真的很慶幸我有照顧部屬的長官—朱冠文組長，支持著部屬進修以及勉勵加強語文能力，更必須感謝吳富和科長包容我請假到學校上課或因為要專心跑 model 及趕進度而無法上班必須臨時請假，還有副座、王簡、阿敏學姐、水水學姐及所有同事們，謝謝他們的體諒、支持與關懷，我才得以在如此溫馨的環境中完成學業。而在學校內，謝謝邱家的麻吉、蘇弈、吳吳、尉雯、小倩、長臻及柯雕，有你們才能讓我亦步亦趨的跟上進度，還有怡婷、MO、愷哥及 ITT-104 一起在研究室的同學，謝謝陪伴著我渡過找不到方向、程式跑不出來各種進度停滯不前的階段；並由衷地感謝台北校區的所有行政人員，總是關心著我們且很有耐心的替我們解決各種疑難雜症。此外，並感謝布丁、榕芳、東哥、人力、昱達、哲瑋跟兔兔的鼓勵與扮演著聽我訴苦的角色，為我撰寫論文過程有著莫大的幫助。

最後，最感謝的是家人的關懷與支持，謹以這份榮耀與你們共享！。

黃耀緯 謹誌於
國立交通大學管理學院
運輸與物流管理學系碩士班
中華民國 104 年 6 月

目錄

摘要	i
Abstract	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	v
圖目錄	vii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	3
1.3 研究流程	4
1.4 研究內容	5
第二章 文獻回顧	7
2.1 專家型模式	7
2.2 模擬法	8
2.3 數學規劃模式	8
2.3.1 單目標	8
2.3.2 多目標	11
2.4 小結	13
第三章 模式建構	14
3.1 模式前提假設	14
3.2 模式構建	14
3.3 求解演算法	17
第四章 簡例驗證	19
4.1 簡例設計	19
4.2 模式績效	20
4.3 小結	25
第五章 實例求解	26
5.1 實例說明	26
5.2 實例求解	35
5.3 小結	82
第六章 結論與建議	83
6.1 結論	83
6.2 建議	84
參考文獻	85

表目錄

表 2-1 單目標數學規劃模式之文獻彙整	9
表 2-2 多目標數學規劃模式之文獻彙整	12
表 3-1 機門偏好排序($v_{i,k}$)示意表	16
表 4-1 簡例驗證之航班資訊資料表	19
表 4-2 簡例驗證之登機門資訊資料表	20
表 4-3 簡例驗證(未加入機門偏好)航班機門指派結果表	21
表 4-4 簡例驗證(加入機門偏好、偏好程度低重疊性)機門偏好排序表	22
表 4-5 簡例驗證(加入機門偏好、偏好程度低重疊性)航班機門指派結果表	24
表 4-6 簡例驗證(加入機門偏好、偏好程度高重疊性)機門偏好排序表	24
表 4-7 簡例驗證(加入機門偏好、偏好程度高重疊性)航班機門指派結果表	25
表 5-1 桃園國際機場航空器起降架次、客運量一覽表	26
表 5-2 桃園國際機場客機停機坪及可停最大機型一覽表	29
表 5-3 桃園國際機場客機停機坪-抵達及離開旅客步行距離	30
表 5-4 本研究擇定日期之航班起降架次及人數	31
表 5-5 桃園國際機場 103 年 11 月暨 104 年 2 月份時間區間起降架次及所占比例表	33
表 5-6 甲、乙航空公司機門偏好程度低重疊性之機門偏好排序表	34
表 5-7 甲、乙航空公司機門偏好程度高重疊性之機門偏好排序表	35
表 5-8 103/11/10 離峰時段無機門偏好之航班機門指派結果表	36
表 5-9 103/11/10 離峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果表	36
表 5-10 103/11/10 離峰時段機門偏好低重疊性之指派結果表-以航空公司分	40
表 5-11 103/11/10 離峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表	40
表 5-12 103/11/10 離峰時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分	43
表 5-13 104/2/25 離峰時段無機門偏好之航班機門指派結果表	43
表 5-14 104/2/25 離峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果表	47
表 5-15 104/2/25 離峰時段機門偏好低重疊性之指派結果表-以航空公司分	48
表 5-16 104/2/25 離峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表	48
表 5-17 104/2/25 離峰時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分	51
表 5-18 103/11/10 尖峰時段無機門偏好之航班機門指派結果表	52
表 5-19 103/11/10 尖峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果表	54
表 5-20 103/11/10 尖峰時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分	57
表 5-21 103/11/10 尖峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表	58
表 5-22 103/11/10 尖峰時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分	58
表 5-23 104/2/25 尖峰時段無機門偏好之航班機門指派結果表	59
表 5-24 104/2/25 尖峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果表	62

表 5-25 104/2/25 尖峰時段機門偏好低重疊性之指派結果表-以航空公司分	66
表 5-26 104/2/25 尖峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表.....	67
表 5-27 104/2/25 尖峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表-以航空公司分	68
表 5-28 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之指派結果表.....	69
表 5-29 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之指派結果表-以航空公司分 ..	70
表 5-30 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表.....	73
表 5-31 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分 ..	74
表 5-32 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果表.....	75
表 5-33 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之指派結果表-以航空公司分	77
表 5-34 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表.....	78
表 5-35 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分	80
表 5-36 104/2/25 尖峰時段機門偏好高重疊性之不同權重求解結果一覽表.....	81
表 5-37 104/2/25 尖峰爆量時段機門偏好高重疊性之不同權重求解結果一覽表.....	82



圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	4
圖 4-1 簡例驗證(未加入機門偏好)航班機門指派結果示意圖	22
圖 5-1 桃園國際機場航空器起降架次、客運量示意圖	27
圖 5-2 桃園國際機場客機停機坪位置示意圖	28
圖 5-3 桃園國際機場 103 年 11 月份暨 104 年 2 月份航班時間分布圖	33
圖 5-4 103/11/10 離峰時段無機門偏好之航班機門指派結果時空圖	38
圖 5-5 103/11/10 離峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果時空圖	39
圖 5-6 103/11/10 離峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖	42
圖 5-7 104/2/25 離峰時段無機門偏好之航班機門指派結果時空圖	45
圖 5-8 104/2/25 離峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果時空圖	46
圖 5-9 104/2/25 離峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖	50
圖 5-10 103/11/10 尖峰時段無機門偏好之航班機門指派結果時空圖	53
圖 5-11 103/11/10 尖峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果時空圖	55
圖 5-12 103/11/10 尖峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖	56
圖 5-13 104/2/25 尖峰時段無機門偏好之航班機門指派結果時空圖	61
圖 5-14 104/2/25 尖峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果時空圖	64
圖 5-15 104/2/25 尖峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖	65
圖 5-16 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之指派結果時空圖	71
圖 5-17 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖	72
圖 5-18 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果時空圖	76
圖 5-19 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖	79

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

為了提升機場的服務水準，政府及機場經營人除應持續擴建機場硬體設備及改善軟體外，礙於人力物力不足之情況，如何有效地運用現有設施，以增加其使用效率與服務品質，一直為機場相當重視的課題。其中，機門指派係將各航空公司到場航班與離場航班，依各機門停機條件限制與航班停靠機門之勤務時間限制，並依航班時序規劃航班所應停靠之機門。

而機門指派除直接影響旅客上、下飛機的便利性、影響相關設備(如橋器橋電、接駁巴士等)與人員之調度，並影響機場經營人收取空橋使用費的多寡。因此，隨著逐年增加之航班數量與旅客量，機門指派作業在機場營運系統中扮演舉足輕重的角色，其指派結果的好壞，將直接影響機門使用之效率，進而影響機場的營運效率與服務水準。

我國國內機場目前機門指派規劃作業仍多由機場航務組(處)以半人工方式處理，較缺乏效率，為此已有學者嘗試發展啟發式解法以增加求解最佳化機門指派之效率，然而綜觀以往機門指派相關研究的重點多為改善靜態機門指派之績效，並不常為操作者所採用之自動化模式。在機場實際的營運作業中，許多因素皆可能影響機門指派作業之整體績效，包括靜態機門指派結果的好壞、班機到離延誤的影響、以及動態型的即時機門指派方式等，以往並有許多研究在探討即時與動態之機門指派，然本研究著重於靜態之規劃型機門指派，動態型的即時機門指派方式並不在研究範疇內。

另過往之研究多以機場經營人之觀點進行規劃，並多假設各航空公司對於機門的需求及偏好並無差異，少部分學者提出以航空公司觀點出發之機門指派規劃，然此觀點考量部分航空公司對於機門的偏好程度，藉以提升航空公司部分機門之使用效率，並提出專屬機門之概念，宜全盤考量全部航空公司為佳，方不致機門使用效率偏低或其餘航空公司無機門可用之情形發生。因此於規劃階段，在既有機門指派規劃考慮之因素下，如何將航空公司對機門的偏好程度，併同規劃指派，將是一個相當新穎的課題。

以臺灣桃園國際機場、松山機場及高雄國際機場為例，目前在靜態之規劃型機門指派的作業上，多由航務組(處)在航空公司給定的航班表、航班數量、機型、起降型態以及航班到離時點下，由航務人員在前一日先將資料輸入系統，以系統進行初步排錯，後續並以人工方式來排定隔日之機門指派；在調整上多憑藉航務人員之經驗與相關實務規則，如在同一機門之二連續航班間，所設定之緩衝時間因應不同航空公司及國內國際航線而有所差異、某些航空公司偏好何處機門、機門間因相鄰機型大小限制...等。查目前

國內雖於實務上安排機門指派，偶有在不影響正常指派情況下，納入航空公司對於機門位置之期待，惟尚無考量航空公司對機門的偏好程度。如何考量機門指派問題，並納入航空公司對機門的偏好程度，幫助規劃人員在未來擁有航空公司對機門之偏好資料後，能有效處理預先規劃機門指派問題，將是一個相當創新的課題。

因此，本研究針對航空公司對機門之偏好性，擬發展一符合實際營運、並透過滿足航空公司對於機門偏好程度最大化目標，建立機門使用最適之靜態機門指派模式，以規劃最佳的指派結果，進而提升機門指派作業之整體績效，期可提供政府未來制定政策參考。



1.2 研究目的

根據研究背景與動機所述，本研究針對航空公司對機門之偏好性，擬發展一符合實際營運、並透過航空公司對於機門偏好程度最大化目標，建立機門使用最適之靜態機門指派模式，以規劃最佳的指派結果。本研究之研究目的如下：

1. 依據國內航空運輸市場現況，建立滿足航空公司對於機門偏好程度最大化特性之靜態機門指派模式。
2. 依航空公司使用機門偏好差異是否具有高重疊性，分析政府或機場經營人進行機門指派之政策。



1.3 研究流程

本研究之研究流程圖如圖 1-1 所示：

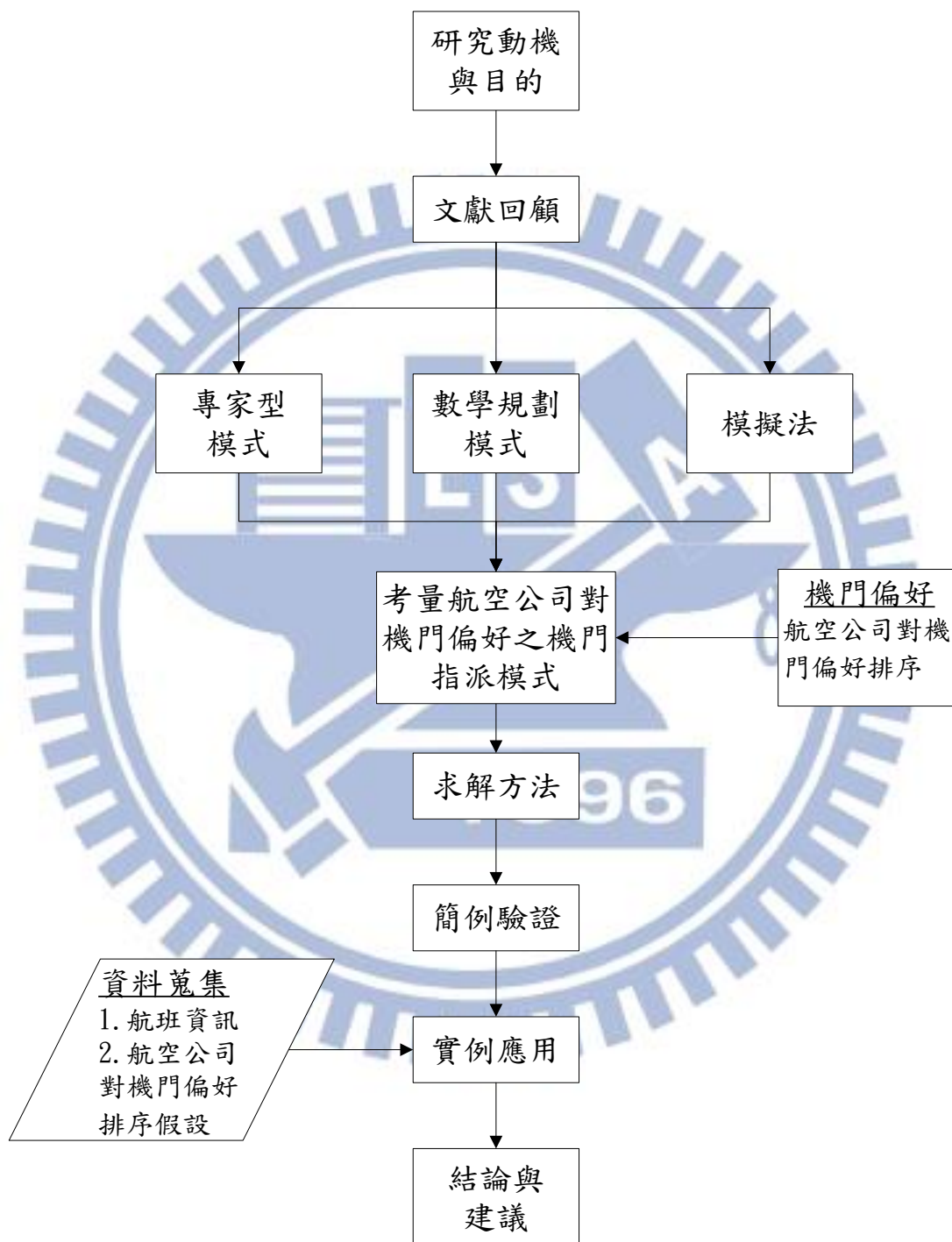


圖 1-1 研究流程圖

1.4 研究內容

本研究將依據文獻，並考慮國內航空公司對於機門偏好程度最大，建立模型以探討在航空公司對於機場機門有偏好差別情況下，機場機門指派的效率及效果，並應用於我國桃園國際機場做分析，再提出結論與建議。茲將本研究之研究流程內容分述如下：

1. 研究動機與目的

依據研究背景，瞭解機場機門指派的歷史，並探討我國國內機場在機門指派現況及目前在探討機門指派問題研究不足之處，因此，本研究衍生出二大研究動機，期待透過所建立的模型，達成本研究預設之研究目的。

2. 文獻回顧

為求達成本研究之研究目的，本研究之文獻回顧依據研究背景與動機分，回顧有關機門指派的文獻，探討航空公司選擇機門停靠的偏好程度及機場機門指派的效率及效果。本研究透過文獻回顧，瞭解過去文獻如何探討機門指派模式的模式建構與求解，以其模式為基準，修正其不足之處，並應用於我國桃園國際機場。

3. 機門指派及數學模式

本研究探討規劃型機門指派模式，因此，本研究將採納數學規劃模式研究方法，並以文獻建立的模型為基礎，分別探討機門指派文獻中，了解其在模式中所考慮的變數，以及模式如何應用，再依航空公司針對機門選擇之偏好調整模式並整合之，建構符合呈現以機場經營人結合航空公司角度之模式。

4. 求解方法

在建立模型後，後續採納單體法與分支界定法去求取最佳化機門指派結果，先利用單體法求得線性最佳解，若線性最佳解不為整數解，再利用分支界定法求取整數最佳解。

5. 簡例驗證

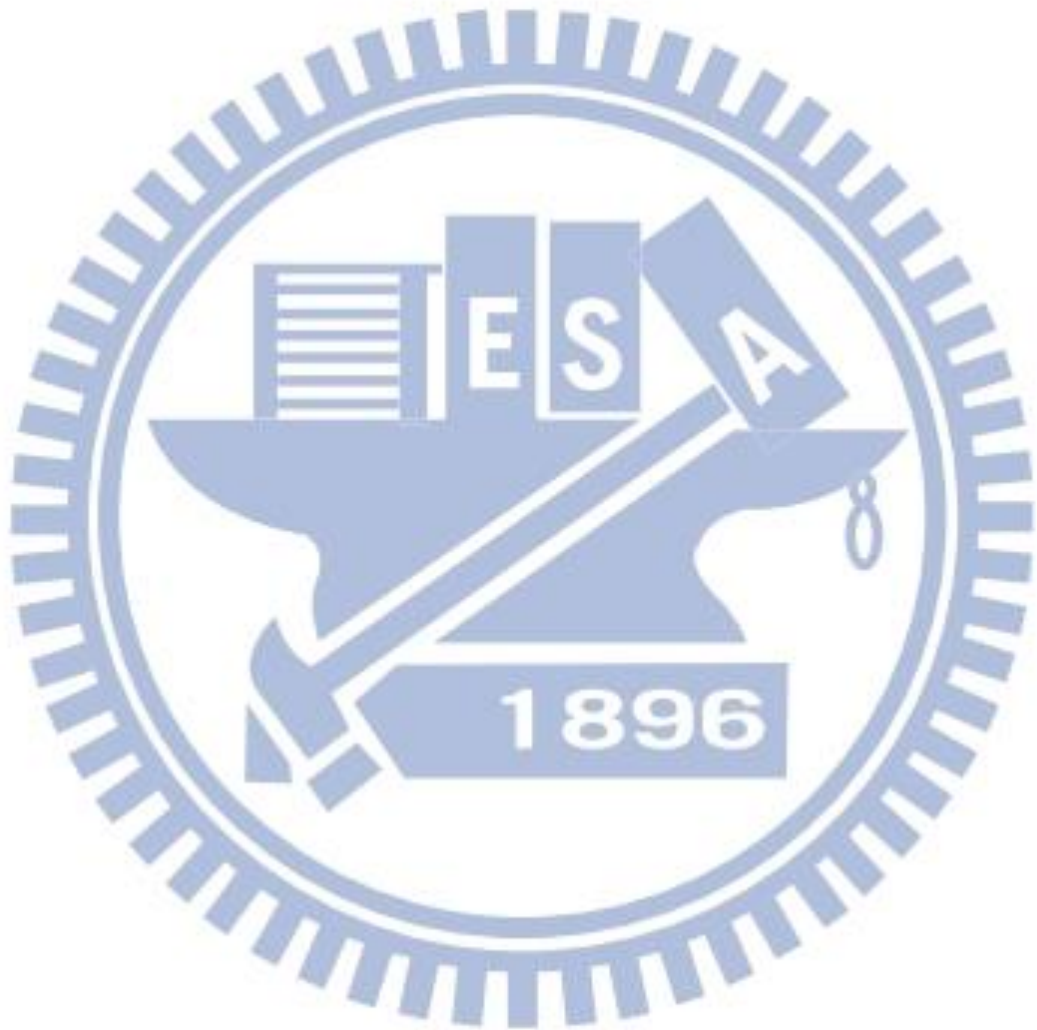
在模型建構完成後，本研究將以人工設計機場航班資訊，包含班次、時間等相關資料帶入模式中，以驗證模型之可靠性。

6. 實例應用

依據桃園國際機場之相關資料帶入模型後，分析機門指派模型求得之結果，期待可提供政府、機場經營人未來制定政策及航空公司決策參考。

7. 結論與建議

依據研究結果總體歸納分析，並做結論，針對本研究之結果及未來可研究之方向提出建議。



第二章 文獻回顧

本研究旨在以機場經營人角度結合航空公司觀點，探討機場機門指派的問題，本節主要回顧國內外相關文獻。

機門指派問題，如以求解方法進行分類，可分為專家型模式、模擬法及數學規劃模式，茲將文獻整理如下。另外，由於本研究將使用數學規劃模式進行求解，而數學規劃模式亦分為單目標及多目標模式，本研究亦將進行比較，以作為研究之基礎。

2.1 專家型模式

專家型模式誠如其名稱一般，係由我們所認定的專家或是具有經驗的人，透過長期致力於機門指派工作，以及相關機場場面上狀況所累積的經驗，通常有一套規則系統，透過 IF-THEN 的規則模式及最後調整指派結果的高彈性，發展出專家型模式；以下簡單回顧以前針對專家型模式之機門指派文章。

Brazile and Swigger (1988) 提出在紐約約翰·甘迺迪機場 (JFK) 的專家型機門指派模式，其系統的操作者可以依照所建立的規則、調整的容忍值及刪除部分資訊去改變機門指派的結果，它採用兩種生產規則：寬鬆的規則和衝突規則。寬鬆的規則確定什麼時候適合考慮一個特定的機門為特定航班，並允許系統搜索下一級規則獲得的分配。衝突規則確定何時特定航班不能分配給特定的門。而分為兩個階段：第一階段係預先規劃之機門指派，通常是一季或一個月規劃一次；第二階段即重新指派。

Gosling (1990) 及 Su and Srihari (1993) 等亦曾發展專家系統，考量航班實際運作時發生延誤，藉由系統的適當調配，提升機門的使用率。

Jo et al. (1997) 提出了排程系統，機坪活動協調專家系統 (RACES, Ramp Activity Coordination Expert System)，去解決複雜且動態的機門指派問題，機坪活動協調專家系統在蒐集相關背景知識時，將問題拆解成一些子問題及實驗性啟發，而結果表明研究發展之系統在求解時間上較於傳統專家型模式 4~5 小時，僅需 20 秒。

Cheng (1997) 將知識基礎的機門指派問題整合數學規劃去求解，並且要求滿足靜態動態的求解時間要在合理範圍內，相較於以前提出的方法求解不夠有效率及精確，這篇研究提出更好和計算能力的方法，使用多目標數學化模式結合專家型模式的規則，最後實證結果表明提出的方法再求解效率、正確性、知識性及調整性都有適中的表現，而不像一般數規碰到大問題難度就呈現指數成長、啟發式則是只能求近似解、知識基礎模式沒效率。

2.2 模擬法

模擬法可以用來考慮隨機的情況以及處理機場機門指派問題中不確定的因素，是基於預先規劃的機門指派、預先排定的航班班表、延誤資訊及飛機周轉時間等作業因素，所解決動態一門指派問題的方法，由於以往的文獻並未對模擬法有太多著墨，因此僅回顧以下幾篇文章。

Hamzawi (1986)曾發展一模擬模式，運用等候理論以及先到先指派原則，求解機門指派問題；Hamzawi (1992)並運用四種模式並藉由電腦程式進行機場機門設施不足，以及航班延誤時之機門指派。

Yan et al. (2002)提到過去沒有研究分析靜態機門指派與動態機門指派間的交互作用性，而這是會受隨機性所影響的。他提出了一個模擬架構，這不僅能夠分析靜態機門指派隨機航班延誤的影響，而且還可以評估彈性的緩衝時間和即時的指派規則。

Cheng (1998)提出了一種飛機上機場大門模擬一個以規則為基礎的反應模式。它試圖整合目標導向的模擬和基於知識的系統，並產生一種新的模式，驗證通過實驗證明，該模型是可行的。

2.3 數學規劃模式

2.3.1 單目標

Haghani and Chen (1998) 利用整數線性規劃法發展一啟發式最佳化模式，求解旅客總步行距離最短之指派結果，並以 CPLEX 比較分析結果。相較以往的文獻多只著重在一個時間段(one time period / slot)內及一批航班內的的機門指派問題，代表在每一個時間裡面要完成規劃，而基於此前提的機門指派將導致機門使用效率降低，所以提出處理多重時間帶(multi-slot)的問題之模式與方法，透過線性化的處理，將原本二次規劃問題(quadratic programming problem)簡化。

Cheng et al. (2012)提出以往的研究大多使用自創的人工資料，並非機場實際的航班資料，另以往也甚少將不同演算法進行比較。於是蒐集韓國仁川機場的航班資料，並以遺傳演算法(GA)、禁忌搜尋法(TS)及模擬退火法(SA)等三個方法，並混和了禁忌搜尋法及模擬退火法(SATS)做為第4種方法，進行比較，結果發現模擬退火法的效率最差，但禁忌搜尋法及模擬退火法(SATS)的混和模型效率最好。

Tang (2011)提出因應臨時機門短缺和隨機航班延誤（包括航班晚到及提早抵達）的機門隨機重新指派模式(stochastic gate reassignment model)，研究考慮隨機問題和違反規則的回饋，並使用桃園機場的資料去測試傳統的模式以及研究提出的模式，並以改善率

加以比較。結果表明提出之模式可用於桃機、並可解決更大的問題、但干擾度是線性(加入其他因素如航空公司績效、旅客反映等，會更複雜)，且未考慮關場或壅擠的情況。

Xu and Bailey (2001)提出以連結時間(connection times)最小化的概念，取代過往皆使用步行距離的模式，並對連結時間定義如次：離開為報到櫃台到登機門之時間、抵達為登機門到行李轉盤之時間、轉機為登機門到登機門之時間。建構了混合 0-1 整數二次規劃模式，並轉換成線性目標函數與限制式，再以禁忌搜尋法進行求解。

盧華安 (2001)提出探討機場發生嚴重之延遲時，機門重新指派之作業特性，並利用數學規劃構建適當的決策模式。該模式藉時空網路(time-space network)概念表達不同班次指派給機門之可行性，以追求最小化之重新指派成本。測試結果在一定規模下以分支界定法即可快速獲得最佳解；但在處理大規模問題時，提出以拉氏鬆弛法(Lagrangian relaxation)與次梯度演算(subgradient technique)為基礎，發展一拉氏啟發式演算法，其測試結果與最佳解之差距有限，且所需之計算時間隨問題規模穩定微增，演算績效堪稱良好。

湯慶輝 (2009)考量班機可能隨機到離延誤之特性，加入穩健最佳化(Robust Optimization)的概念，發展一穩健最佳化機門指派模式，以規劃一符合隨機擾動下之機門指派結果，並以序列線性規劃法 (Sequential Linear Programming Method)為基礎，發展二移動限制方式進行求解。

湯慶輝及王渭仲 (2012)提出機門指派作業逐漸朝向以以航空公司觀點進行，到離場航班若能於同一機門銜接，則可減少到離航班之拖機次數，降低航空公司的場站費用。另外，此種指派方式亦可減少航機使用機門時間，增加航空公司其專屬機門的使用容量。因此，構建一機門指派模式，以反應航空公司實務營運之考量，並運用網路流動的技巧，建立一班機到離網路架構，以構建此模式。實證結果顯示，與目前機場主管當局之指派作法相較下，確實可求得一較多航班銜接數之機門指派結果，提升航空公司之機門指派績效。

表 2-1 單目標數學規劃模式之文獻彙整

作者	年份	目標函數	決策變數	求解方法	輸入資料	型態
Haghani and Chen	1998	旅客總步行距離最短	每架航班指派之機門	<ul style="list-style-type: none">• 分支界定法• 啟發式演算法	<ul style="list-style-type: none">• 機門數量• 飛機航班資訊• 旅客轉機/抵達/	規劃型 靜態

					離開數 • 各節點步行距離	
Cheng et al	2012	旅客總步行距離最短	每架航班指派之機門	• 遺傳演算法 (GA) • 禁忌搜尋法 (TS) • 模擬退火法 (SA) • 混和禁忌搜尋法及模擬退火法 (SATS)	• 機門數量 • 飛機航班資訊 • 旅客轉機/抵達/離開數 • 各節點間步行距離	規劃型靜態
Tang	2011	最小化預期的擾動 (時間、空間、機門及相鄰機門等限制)	• 每架航班重新指派之機門 • 時間干擾值 • 空間干擾值	• 分支界定法	• 同機門不同航班間的干擾值 • 相鄰機門間的干擾值 • 機門數量 • 飛機航班資訊	即時型動態
Xu and Bailey	2001	最小化連結時間	• 每架航班指派之機門 • 兩接續航班是否使用同機門	• 禁忌搜尋法	• 機門數量 • 飛機航班資訊 • 旅客轉機/抵達/離開數 • 節點間所花時間 • 旅客登機至飛機起飛之緩衝	規劃型靜態

					時間 • 同機門前一離開航班至下一航班起飛之緩衝時間	
盧華安	2001	重新指派成本	• 節線流量	• 混和拉氏鬆弛法與次梯度演算法	• 機門數量 • 飛機航班資訊	即時型動態
湯慶輝	2009	循環節線流量成本的最小化	• 第 k 層網路節線 ij 之流量	• 序列線性規劃法	• 機門數量 • 飛機航班資訊 • 隨機之情況	即時型動態
湯慶輝及王渭仲	2012	相同航機銜接數最大化	• 第 k 層網路(即第 k 機門)節線 ij 之流量	• 自行撰寫模組程式	• 機門數量 • 機門限制 • 航班銜接緩衝時間 • 飛機航班資訊	規劃型靜態

2.3.2 多目標

Ding et al. (2005) 針對在超過機場機門容量限制時的機門指派問題，提出最小化未指派至機門飛機的數量及最小化旅客總步行距離與連接時間的雙目標數學規劃模式，並用貪婪法(greedy algorithm)最小化未指派的航班，接續使用模擬退火法(SA)及混合模擬退火法跟禁忌搜尋法，並改良以往既定的尋優方式，提出了間隔交換移動(Interval Exchange Move)，並以作者等人於 2004 年研究之資料(Ding et al., 2004)作為實證分析使用，結果表明，模擬退火法沒有比 Interval Exchange TS (ITS)還要精準，但運算速度較佳；而混合模擬退火法跟禁忌搜尋法的求解效果亦甚佳。

Jiang et al. (2013) 提出過往研究多以旅客總步行距離最小化做為目標函數，然在此目標下亦造成大型班機皆指派集中於航廈中央，然小型航班易指派至較遠之位置，後致旅客在選擇航空公司時，或將不再選擇小班機之虞，故為提升航空公司的服務質量，提出

了旅客平均步行距離最小化之目標，以克服此現象。測試結果表明，該優化模型可以有效地降低旅客平均步行距離，並改善分配到機門的航班數量，平衡了航空公司的服務質量，提高機場和航空公司的整體服務水平。

Drexl and Nikulin (2008)亦提出了以多目標數學模式探討機門指派問題，目標除指派至遠端停機坪飛機數量最小化及旅客總步行距離最小化之外，並考量部分特定航班有指派至特定機門的優先情況，因此加入第三個目標，航班指派機門偏好程度最大化，並以柏拉圖模擬退火法進行求解。

表 2-2 多目標數學規劃模式之文獻彙整

作者	年份	目標函數	決策變數	求解方法	輸入資料	型態
Ding et al.	2005	<ul style="list-style-type: none"> 指派至遠端停機坪飛機數量最小化 旅客總步行距離最小化 	每架航班指派之機門	<ul style="list-style-type: none"> 貪婪法 模擬退火法 混合模擬退火法 跟禁忌搜尋法 	<ul style="list-style-type: none"> 機門數量 飛機航班資訊 飛機起降時間 旅客轉機/抵達/離開數 各節點步行距離 	規劃型 靜態
Jiang et al.	2013	<ul style="list-style-type: none"> 旅客平均步行距離最小化 旅客總步行距離最小化 	每架航班指派之機門	<ul style="list-style-type: none"> LINGO 套裝軟體 	<ul style="list-style-type: none"> 機門數量 機門限制 飛機航班資訊 各節點步行距離 	規劃型 靜態
Drexl and Nikulin	2008	<ul style="list-style-type: none"> 指派至遠端停機坪飛機 	每架航班指派之機門	<ul style="list-style-type: none"> 柏拉圖模擬退火法(Pareto SA) 	<ul style="list-style-type: none"> 機門數量 機門限制 飛機航班資訊 	規劃型 靜態

		機數量 最小化 • 旅客總 步行距 離最小 化 • 航班指 派機門 偏好程 度最大 化			• 各節點步行距 離 • 航班指派機門 偏好程度	
--	--	---	--	--	-----------------------------------	--

2.4 小結

從機門指派的典型求解方法分類，可分為專家型模式、模擬法及數學規劃模；然從指派規劃的時間點分類，可以分為靜態規劃型及動態隨機型機門指派。而靜態規劃型是事前必須完成的、動態隨機型是根據規劃好的指派再加以重新指派、靜態規劃型必須有充足的時間進行指派。(Tang, 2011)

另綜觀過往研究，舉凡使用數學規劃模式進行求解者，多將旅客步行距離納入模式(Babic et al., 1984; Drexl and Nikulin, 2008; Etschmaier and Mathaisel, 1985; Mangoubi and Mathaisel, 1985)。亦有以航空公司角度為出發點之研究(Tang and Wang, 2013)，惟尚僅考量單一航空公司之觀點，引入專屬機門之概念，無以機場經營人之角度，並考慮航空公司對於機門之偏好程度之研究，故本研究嘗試將航空公司對於機門之偏好程度導入模式最大化。

透過文獻回顧，本研究將以過去研究模式為基礎，並考慮我國機場的經營現況，建立適於我國機場機門指派模式。

第三章 模式建構

依據本研究之研究背景與動機，確立本研究之研究目的與研究方向，本章節將進一步闡述本研究之研究方法。本研究針對航空公司對機門之偏好性，擬發展一符合實際營運、並透過航空公司對於機門偏好程度最大化目標，建立機門使用最適之靜態機門指派模式，以期規劃最佳的指派結果。因此，將分為模式前提假設、模式構建以及求解演算法探討，分述如下。

3.1 模式前提假設

1. 各航班抵達、離開時間及搭乘旅客人數為已知。
2. 不考慮航班自停機位至跑道之移動時間，假設其時間皆可包含在實務操作中的緩衝時間內。
3. 機場內機門數量、各節點之旅客步行距離為已知。
4. 並無時間帶(slots)不足之問題。
5. 遠端停機坪的容量視為無限大。
6. 在機場中，某些航空公司有較為偏好或專屬機門位置，為降低問題複雜度，本研究將航空公司的偏好情形透過排序予以呈現。
7. 飛機的機型僅分為大機型與小機型二類，機門亦分為可供大機型及小機型使用及供小機型使用二類。
8. 參考 Drexl and Nikulin (2008)及 Cheng et al. (2012)的數學規劃模式，本研究使用旅客總步行距離最短作為靜態機門指派模式的指標，至於其他評估準則，諸如行李運送距離與時間、清潔與地勤作業等，基於旅客重視的大多為行李是否正確送達，而非運送距離(Haghani and Chen, 1998)，且機艙清潔與地勤空廚業者作業時間，已包含在實務操作中的緩衝時間內，故本研究並不將上述其他評估準則納入考慮。
9. 遠端停機坪接駁車、空橋橋器橋電等設備所衍伸之其他成本，亦不在本研究範疇內。

3.2 模式構建

3.2.1 符號定義

N ：在機場內抵達與起飛的航班集合

M ：在機場內機門的集合

n ：航班總共的數量，亦即 $n = |N|$

m ：機門總共的數量，亦即 $m = |M|$

a_i ：航班 i 抵達的時間

d_i ：航班 i 離開的時間 ($a_i < d_i$)

c_i ：航班 i 的機型大小

c_k ：機門 k 可供航班使用的機型大小

$w_{k,l}$ ：旅客從機門 k 至機門 l 的步行距離

$f_{i,j}$ ：從航班 i 轉機至航班 j 的旅客人數

θ ：指派至空橋機門占所有旅客人數之比率

$v_{i,k}$ ：航空公司對於當航班 i 被指派到機門 k 時，因應偏好所給予之優先程度

$x_{i,k}$ ：決策變數；當航班 i 被指派到機門 k 時為 1；否則為 0

3.2.2 數學模式

目標函數：

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m+1} \sum_{l=1}^{m+1} f_{i,j} w_{k,l} x_{i,k} x_{j,l} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{m+1} (f_{0,i} w_{0,k} + f_{i,0} w_{k,0}) x_{i,k} \quad (1)$$

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n x_{i,k} v_{i,k} \quad (2)$$

限制式：

$$\sum_{k=1}^{m+1} x_{i,k} = 1, \quad 1 \leq i \leq n \quad (3)$$

$$x_{i,k} x_{j,k} (d_j - a_i)(d_i - a_j) \leq 0 \quad (1 \leq i, j \leq n, \quad k \neq m+1) \quad (4)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m x_{i,k} (f_{i,j} + f_{0,i} + f_{i,0})}{\sum_{i=1}^n (f_{0,i} + f_{i,0}) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}} \geq \theta \quad (5)$$

$$c_i \leq c_k + (1 - x_{i,k})M \quad (6)$$

$$x_{i,k} \in \{0,1\} \quad (1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq k \leq m+1) \quad (7)$$

本研究發展一靜態機門指派模式，並建立雙目標數學模式，其中式(1)旨在最小化旅客總步行距離，由於搭乘飛機之旅客可分為三種，包含轉機旅客、抵達(入境)旅客及離開(出境)旅客，故此目標函數包含三種旅客之步行距離，並參考 Ding et al. (2005)提出之旅客步行距離，定義如次：轉機旅客部分為下機機門至登機機門之距離、抵達旅客部分為下機機門至行李轉盤之距離，至離開旅客部分為報到櫃台至登機機門之距離，另如在班機被指派至遠端停機坪的情況，旅客步行距離被定義為遠端停機坪至航廈的距離；惟本研究仍就取得資料之難易性，在不與現實偏離的情況下，予以調整。

此外，為求模式簡化，本研究亦參考相關文獻，使用機門虛擬變數，機門 0 即代表此為抵達或離開旅次，機門 $m+1$ 代表遠端停機坪；舉例如次， $f_{0,i}$ 即代表搭乘航班 i 離開之旅客人數、 $f_{i,0}$ 即代表搭乘航班 i 抵達機場並無後續轉機之旅客人數、 $w_{m+1,k}$ 即代表從遠端停機坪轉機至機門 k 的旅客步行距離(通常遠大於航廈內不同機門間之距離)。

式(2)為針對航空公司對機門之偏好性，滿足其偏好程度最大，本研究並以排序總和最小作為目標，預計以矩陣方式填入 $v_{i,k}$ 之機門偏好排序，其機門偏好排序示意如表 3-1，由於航班及機門皆為已知，可由航班 i 分類為各家航空公司、從機門 k 分類為大機型及小機型使用，各航空公司對於不同機門之偏好程度，將依需求反映至機門使用之偏好排序，因此在模式建構及後續求解，透過航班資訊及機門資訊，吾等可從機門偏好排序表擷取對應並反饋至式(2)。

表 3-1 機門偏好排序($v_{i,k}$)示意表

航空公司 A		第 k 個機門			
		機門編號			
航班 i	機型	1	2	3	遠端
	大	1	2	2	4
	小	1	3	3	4

註：表格內為航空公司 A 對機門偏好之排序。

限制式部分，式(3)代表每一航班 i 皆需進行指派至適當機門，包含遠端停機坪；式(4)代表航班 i 與 j 在指派至同一機門時，確保時間上並無重疊；式(5)代表並非所有抵達

及離開航班，皆能指派至機門，然為求服務品質，仍須達一定之[指派至空橋機門占所有旅客人數]比率，至 θ 值為參數，參考 Jiang et al. (2013)提出之 80%，作為本研究模式之使用，然機場經營人得視需求調整之；而式(6)係確保航班機型大小必須符合機門適用機型大小。

式(7)代表當航班 i 指派到機門 k 與否，為 0-1 二元整數變數。

3.3 求解演算法

於模式建構完成後，並將以桃園國際機場航班等相關資訊帶入模式中，以了解實際之機門指派模式，而因為問題的大小及複雜度不同，分為簡例驗證及實例應用，而其求解演算法，描述如下。

本研究簡例驗證部分，將以人工設計機場航班資訊，包含班次、時間等相關資料帶入模式中，而因為其問題規模較小且求解簡單，所使用之機門數量與航班班次亦較少，本研究擬使用分支界定法與 LINGO 程式求解，以驗證模式之可靠性。

由 MBA 智庫百科網頁可見(<http://wiki.mbalib.com/>)，分支界定法是由學者 Richard M.Karp 在 20 世紀 60 年代所提出，以一般線性規劃之單形法解得最佳解後，將非整數值之決策變數分割成為最接近的兩個整數，分列條件，加入原問題中，形成兩個子問題(或分枝)分別求解，如此便可求得目標函數值的上限(上界)或下限(下界)，從其中尋得最佳解。

而運用這種演算法的技巧性很強，不同類型的問題解法也各不相同。分支定界法的基本思想是對有約束條件的最優化問題的所有可行解(數目有限)空間進行搜索。該演算法在具體執行時，把全部可行的解空間不斷分割為越來越小的子集(稱為分支)，併為每個子集內的解的值計算一個下界或上界(稱為定界)。在每次分支後，對凡是界限超出已知可行解值那些子集不再做進一步分支。過程一直進行到找出可行解為止，該可行解的值不大於任何子集的界限。因此這種演算法一般可以求得最優解。

分支界定法是組合優化問題的有效求解方法，其步驟如下所述：

步驟一：如果問題的目標為最小化，則設定目前最優解的值 $Z=\infty$

步驟二：根據分枝法則(Branching rule)，從尚未被洞悉(Fathomed)節點(局部解)中選擇一個節點，併在此節點的下一階層中分為幾個新的節點。

步驟三：計算每一個新分枝出來的節點的下限值(Lower bound, LB)

步驟四：對每一節點進行洞悉條件測試，若節點滿足以下任意一個條件，則此節點可洞悉而不再被考慮：

1. 此節點的下限值大於等於 Z 值。
2. 已找到在此節點中，具最小下限值的可行解；若此條件成立，則需比較此可行解與 Z 值，若前者較小，則需更新 Z 值，以此為可行解的值。
3. 此節點不可能包含可行解。

步驟五：判斷是否仍有尚未被洞悉的節點，如果有，則進行步驟二，如果已無尚未被洞悉的節點，則演算停止，並得到最優解。

而在實例應用部分，導入桃園國際機場航班等相關資訊後，所使用之機門數量與航班數量劇增，本研究嘗試繼續使用分支界定法與 LINGO 程式求解。



第四章 簡例驗證

由前章節之模式建構可得知求解靜態機門指派問題，並不考慮航班之延誤性，而就機門指派限制著墨，一般而言，機門指派問題有兩項限制：分別為航班限制與機門限制。航班限制指的是每一架班機必須被指派且只能在一個時點指派至一個機門，而機門限制指的是同時間同一機門不能指派一架以上之班機，且機門有可停靠機型之大小限制，本研究並假設機門設計兩鄰近機門同時並排停靠某機型組合之兩班機時，並不會造成兩翼安全距離不足的相鄰機門限制。

本章節將以人工設計機場航班資訊，包含班次、時間等相關資料帶入模式中，而因為其問題較簡單，所使用之機門數量與航班班次亦較少，並擬使用分支界定法與 LINGO 程式求解，以驗證模式之可靠性。

4.1 簡例設計

吾等假設某規模較小之機場每日營運 10 航班，並提供 3 個登機門及多個遠端停機坪可供班機起降，其某日搭載人數、轉機人數、航班機型大小、轉機人數、轉機班機、表定起飛/降落時間、航班之航空公司等航班資訊，假設如表 4-1；另有關機門之大小限制、步行距離及轉機距離等資訊，假設如表 4-2，其中登機門編號設定為 4 表示遠端停機坪，並假設其無容量限制，且並無機型大小之限制，機門不敷使用時足供航班停靠。另航空公司對於機門之偏好程度，將依其偏好、機型大小轉換為偏好排序，其假設之數據將於下述情境分析中呈現。

表 4-1 簡例驗證之航班資訊資料表

航班 順序	航空 公司	表定降 落時間	表定起 飛時間	降落 搭載 旅客 人數	起飛 搭載 旅客 人數	機型	轉機 人數	轉機- 班機 編號
1	A	12:05	13:05	124	67	大	2 10	2 3
2	B	13:05	14:20	0	196	小	3 4 1	3 4 5
3	A	14:20	17:00	107	59	小	3	4

							2	5
4	B	14:30	15:40	73	38	小	5 4	5 6
5	A	14:45	15:50	91	111	小	7 1	6 7
6	B	14:50	15:50	160	85	小	2 2	7 8
7	A	15:00	16:45	57	107	大	1 1 1	8 9 10
8	B	14:40	16:10	126	0	小	2 3	9 10
9	A	15:15	16:45	132	0	小	0	-
10	B	15:30	16:40	105	85	小	0	-

表 4-2 簡例驗證之登機門資訊資料表

機門 編號	抵達旅 客步行 距離	離開旅 客步行 距離	與機門 1 之步 行距離	與機門 2 之步 行距離	與機門 3 之步 行距離	與機門 4 之步 行距離	機門 大小
1	200	300	0	20	30	100	大
2	100	100	20	0	15	100	小
3	300	200	30	15	0	100	小
4	1000	1000	100	100	100	0	大

單位：公尺

4.2 模式績效

4.2.1 模式求解工具說明

LINGO(Linear Interactive and General Optimizer)為 LINDO 的改版，可利用巨集指令編寫程式，且能以矩陣方式來表達多維度資料，更能求解非線性數學規劃問題。考量研究模式涉及非線性函數，因此，本研究以 Microsoft Windows 7 為作業平台，並利用數學規劃軟體 LINGO 11.0 版之 LINGO 整數規劃求解器求解數學模式，並於處理器及

記憶體為 Intel i5-3470S 2.90GHz 與 4Gb RAM 之個人電腦執行程式運算以求得輸出結果並進行相關分析。

4.2.2 模式輸出資料

當模式求解完畢後，輸出結果可分為下列項目：

- 旅客總最小步行距離
- 航空公司對機門偏好之排序總合
- 各航班機門指派結果

4.2.3 測試結果與分析

本節將依據前節假設之航班資訊，分為以下三種情境進行求解與探討，分別為未加入航空公司對機門偏好程度之問題(即一般機門指派問題)、加入航空公司對機門偏好程度之問題，其中又細分為航空公司對機門的偏好程度具有重疊性與否。

4.2.3.1 未加入航空公司對機門偏好程度

求解結果顯示總最小步行距離為 887,860 公尺，10 航班均能依照機門可停航機大小限制，順利指派至機門(含遠端停機坪)，且並無重疊之情況，航班與機門之指派結果詳如表 4-3，顯示模式之可靠性是足夠的。

表 4-3 簡例驗證(未加入機門偏好)航班機門指派結果表

航班編號	指派機門	航班編號	指派機門
1	1	6	2
2	2	7	遠端
3	遠端	8	遠端
4	遠端	9	遠端
5	3	10	1

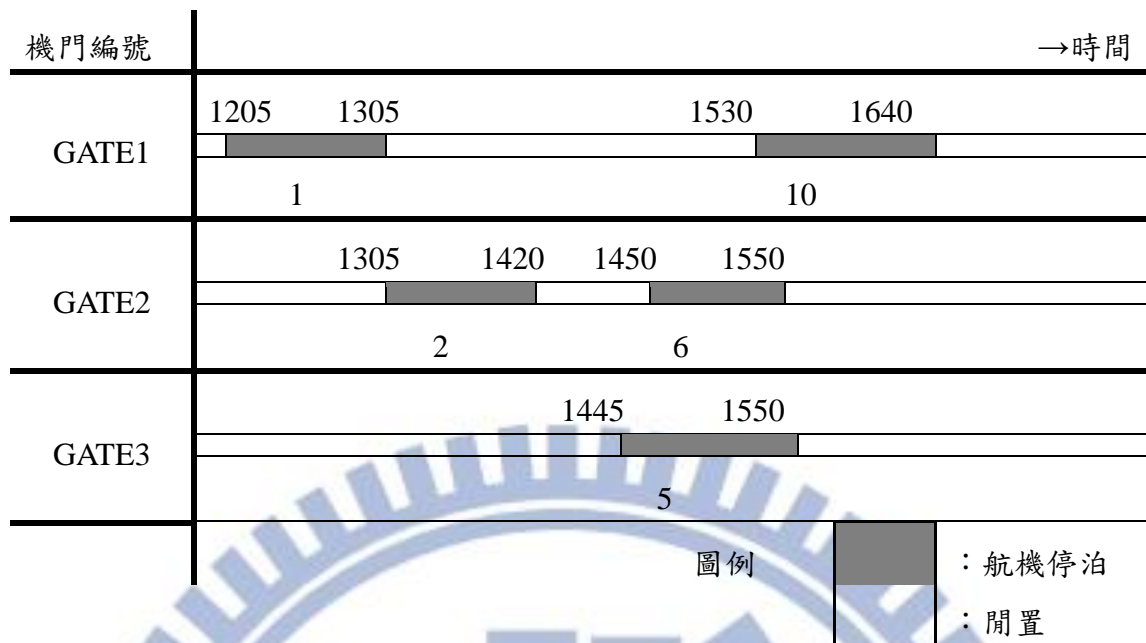


圖 4-1 簡例驗證(未加入機門偏好)航班機門指派結果示意圖

4.2.3.2 航空公司對機門偏好程度無高重疊性

在本情境中，假設 2 航空公司所經營之 10 航班對於機場的登機門與遠端停機坪的偏好是低重疊性的，轉換成對機門之偏好排序，假設如表 4-4。

表 4-4 簡例驗證(加入機門偏好、偏好程度低重疊性)機門偏好排序表

		航空公司(大機型/小機型)	
機門編號	可停機型	A	B
1	大	1	2/3
2	小	3	3
3	小	3	1
遠端	大	4	4

註：表格內為航空公司對機門偏好之排序 $v_{i,k}$ 。

而在加入航空公司對機門偏好程度，吾等係以透過滿足航空公司對於機門偏好程度最大化特性目標，建立機門使用最適之靜態機門指派模式，而原本之旅客總步行距離最短的目標在加入航空公司對於機門偏好程度最大化之目標後，成為一多目標最佳化問題，而多目標最佳化所求得之解並不是每個單一目標的最佳解，而是一組滿足所有目標的權衡解集合(Trade-off Solutions Set)。以往一般求解多目標最佳化問題都將其考量之多個目標轉換成單一目標，再以單一目標方式求解，多篇研究均有提及轉換方式，如馮正民、邱裕鈞(民 93)及 Marler and Arora (2004)，常見的轉換方式有：

1. ϵ -限制式法：確定一個主要目標，把次要目標作為約束條件並設定適當地界限值。
2. 權重法：對每個目標按其重要程度賦予適當權重 $w_i \geq 0, \sum(w_i)=1$ ，然後把 $\sum(w_i * f_i(x))$ 作為新的目標函數(其中 $f_i(x)$ ， $i = 1, 2, \dots, p$ ，是原來的 p 個目標)。
3. 效用函數法：將各目標距離其最佳解的比例予以加總。
4. 分層序列法：將所有 p 個目標按照重要性排列，先求出第一個最重要目標的最優解，然後在保證前一個目標最優解的前提條件下，依次求下一個目標的最優解，一直求到最後一個目標為止。

其中權重法方式無法公平地給予每一目標適宜的權重值；效用函數法方式無法完全兼顧到每一目標的特性；分層序列法求解效率較慢。另如果兩個目標的單位不一，或衡量單位不盡相同、數量或等級的差異很大，將他們相加是比較不合適的。如本研究一目標為旅客總步行距離最短，其單位為公尺、另一目標為航空公司對於機門偏好程度，其並無單位，將兩者直接比較、相加或者取權重是沒有意義的。因此，本研究將參考過往學者研究，將兩目標正規化後再以權重法相加之方式進行求解，其正規化如下式(8)，其中 f_1 代表旅客總步行距離之目標一， f_2 代表航空公司對於機門偏好程度之目標二。

$$w \frac{[f_1(x) - f_1 \min(x)]}{[f_1 \max(x) - f_1 \min(x)]} + (1-w) \frac{[f_2(x) - f_2 \min(x)]}{[f_2 \max(x) - f_2 \min(x)]} \quad (8)$$

因此，本研究將旅客總步行距離及航空公司對於機門偏好程度排序總和兩目標進行正規化，其中旅客總步行距離之最小值為未加入航空公司對機門偏好時之求解距離，另旅客總步行距離之最小值及航空公司對於機門偏好程度之最大值皆主觀設定為每一航班均指派至遠端停機坪之結果，而航空公司對於機門偏好程度之最小值則主觀設定為每一航班均指派至航空公司偏好之機門結果；此外本研究並分別賦予 0.5 的權重後相加，轉換為單目標規劃求解。

所得結果顯示總最小步行距離為 911,530 公尺，比加入機門偏好前之模式求解結果

887,860 公尺來得高，符合預期；此外 10 航班亦均能依照機門可停航機大小限制，順利指派至機門(含遠端停機坪)，且並無重疊之情況，航班與機門之指派結果詳如表 4-5。另原航空公司 A 的航班 5 及航空公司 B 的航班 2 與航班 10 之求解結果，更趨近該航空公司偏好之機門，而其餘指派結果並無更動。

表 4-5 簡例驗證(加入機門偏好、偏好程度低重疊性)航班機門指派結果表

航班編號	指派機門	航班編號	指派機門
1	1	6	2
2	<u>3</u>	7	遠端
3	遠端	8	遠端
4	遠端	9	遠端
5 (A 航)	<u>1</u>	10 (B 航)	<u>3</u>

註：底線處表示與未加入機門偏好之指派結果相異處

4.2.3.3 航空公司對機門偏好程度高重疊性

在本情境中，假設 2 航空公司所經營之 10 航班對於機場的登機門與遠端機坪的偏好是高重疊性的，亦即航空公司皆偏好使用部分機門，轉換成對於機門之偏好程度排序，假設如表 4-6。

表 4-6 簡例驗證(加入機門偏好、偏好程度高重疊性)機門偏好排序表

		航空公司(大機型/小機型)	
機門編號	可停機型	A	B
1	大	1/2	1/2
2	小	3	3
3	小	3	3
遠端	大	4	4

註：表格內為航空公司對機門偏好之排序 $v_{i,k}$ 。

經測試所得結果顯示總最小步行距離為 927,035 公尺，比加入機門偏好前之模式求解結果 887,860 公尺及加入機門偏好惟偏好程度低重疊性之模式求解結果 911,530 公尺來得高，符合預期。

此外 10 航班亦均能依照機門可停航機大小限制，順利指派至機門(含遠端停機坪)，且並無重疊之情況，航班與機門之指派結果詳如表 4-7。值得一提的是，原航空公司 B 的航班 2 求解結果更趨近偏好的機門 1，也顯示了不同機門的偏好與否，將驅使航班排至偏好較高的機門，而其餘指派結果並無更動。

表 4-7 簡例驗證(加入機門偏好、偏好程度高重疊性)航班機門指派結果表

航班編號	指派機門	航班編號	指派機門
1	1	6	2
2 (B 航)	<u>1</u>	7	遠端
3	遠端	8	遠端
4	遠端	9	遠端
5	3	10	1

註：底線處表示與未加入機門偏好之指派結果相異處

4.3 小結

由簡例測試中，航空公司對機門無偏好程度、有偏好程度且具低重疊性以及有偏好程度且具高重疊性等三個情境之結果所示，吾等可以發現前章節構建之數學模式於求解上尚無問題，實屬可行，且求解結果亦如同預期，即航班均能正確指派至適當機門，且依照本研究所列限制式進行求解；且未加入航空公司對機門無偏好程度的情境中求解之旅客總步行距離均小於加入航空公司對機門有偏好程度的情境。

另在航空公司對機門有偏好程度的情境中，低重疊性部分成功誘使指派結果更趨近航空公司樂見，惟當偏好高重疊性時，似偏向無偏好程度之情況，推測原因為本簡例中僅有兩家航公司，故求解結果亦符合預期。

依照測試結果，本研究將使用此數學模式，進行後續分析。

第五章 實例求解

本章節將應用所建構之模式來呈現機門指派之最佳化結果，以蒐集桃園國際機場實際之航班資料，並導入模式，並將建立滿足航空公司對機門之偏好最大化特性之靜態機門指派模式，同時依航空公司使用機門偏好差異是否具有高重疊性，分析政府或機場經營人進行機門指派之政策。本章節分別以實例說明及實例分析進行說明，最後作一小結。

5.1 實例說明

5.1.1 背景說明

本小節將就機場擇定及現況探討，並針對擇定機場其真實航班資訊，包含班次、時間等相關資料之蒐集、處理及應用進行介紹；此外並將述明模式進行方式、資料刪減及範圍確認。

根據民航局統計資料顯示，桃園國際機場 97 年以前尚無兩岸航線，係以國際航線(含港澳)為主，每年飛機起降次數從 92 年之 12.6 萬架次增至 96 年 16 萬架次，總客運量從 1,551 萬人次增至 2,343 萬人次；97 年受到金融海嘯之影響，國際航線(含港澳)飛機起降次數銳減至 14.5 萬架次，惟因新闢兩岸航線約增加 1 千架次，故總架次為 14.6 萬架次，總客運量並仍有 2,194 萬人次；截至 103 年國際航線為 15.8 萬架次，兩岸航線增為 5.0 萬架次，合計 20.8 萬架次，總客運量並躍升至 3,580 萬人次。桃園國際機場航空器起降架次及客運量詳如表 5-1。

由圖 5-1 所示，吾等可發現航空器起降架次逐年成長，依交通部民航局之桃園國際機場園區綱要計畫規劃成果及交通部運輸研究所之桃園國際機場未來之發展策略與展望，官方預估 124 年(西元 2035 年)桃園國際機場之航空器起降架次將成長至 40 萬架次，總客運量並將突破 5,000 萬人次。為因應第三航廈落成前，逐年成長之航空器起降架次，機門之分配使用效率更顯重要，因此，本研究將擇定桃園國際機場作為實例應用之機場。

表 5-1 桃園國際機場航空器起降架次、客運量一覽表

	起降架次(單位：次)				客運量(單位：人數)			
	總計	國際	兩岸	國內	總計	國際	兩岸	國內
92 年	125,692	125,682	-	10	15,514,035	13,602,439	-	150
93 年	148,938	148,926	-	12	20,083,555	17,721,939	-	327
94 年	152,614	152,614	-	-	21,700,702	19,213,399	-	-
95 年	157,703	157,703	-	-	22,857,445	20,285,388	-	-
96 年	160,120	160,120	-	-	23,425,794	20,855,186	-	-
97 年	145,993	144,803	1,190	-	21,936,083	19,492,035	261,555	-

98 年	139,399	126,959	12,440	-	23,293,089	20,642,156	2,371,504	-
99 年	156,036	131,513	24,523	-	26,749,486	22,036,532	4,461,603	-
100 年	163,200	131,858	31,342	-	26,413,556	20,916,151	5,258,828	-
101 年	180,761	139,927	40,834	-	29,269,651	22,506,745	6,481,048	-
102 年	194,239	151,640	42,599	-	32,213,744	25,157,863	6,653,039	-
103 年	208,874	158,496	50,378	-	35,804,465	27,310,083	8,092,202	-

資料來源:民航局統計年報

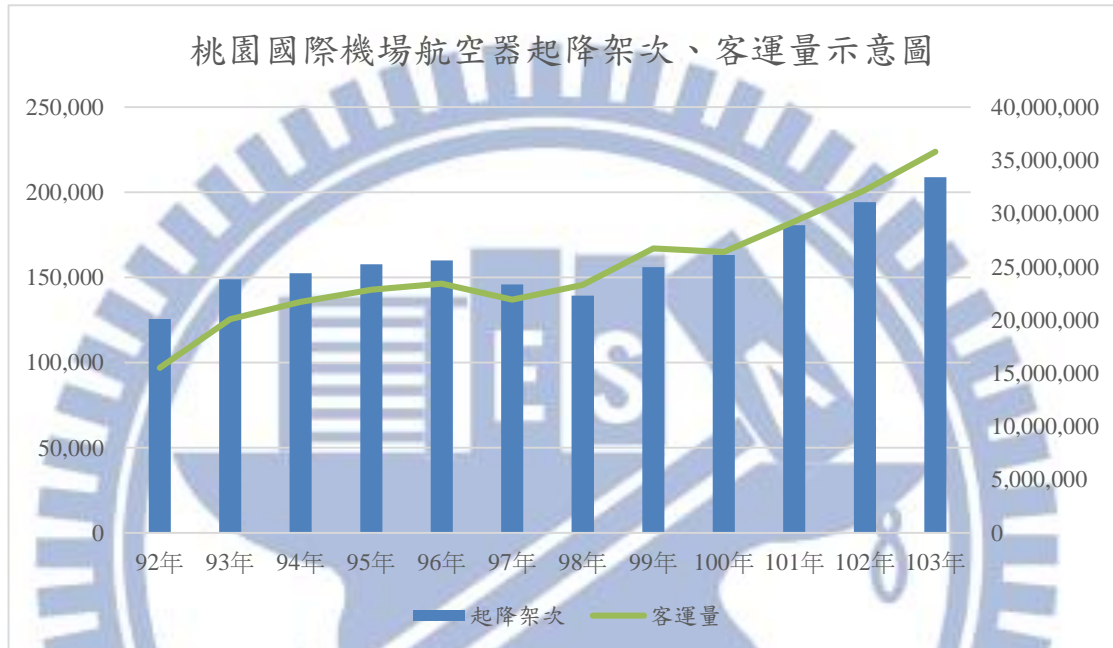


圖 5-1 桃園國際機場航空器起降架次、客運量示意圖

5.1.2 桃園國際機場現況介紹

本研究是以桃園國際機場之航班資訊，以及各機門設施與位置之實際資料，作為機門指派模式構建之基本輸入資料。本實例分析中所使用的資料計有航班時間、航班搭載旅客數、航空公司、抵達及離開旅客步行距離、轉機人數、轉機旅客步行距離、航班大小、機門使用狀況、機型大小及機門偏好等等，茲先就機場硬體部分，機門使用狀況、機型大小及旅客步行距離等，分別說明如下。

5.1.2.1 機門使用狀況

目前臺灣桃園國際機場共有 38 個客機坪，分布於航站第一航廈及第二航廈南北兩側，北面機坪編號依序為 A1~A9 及 D1~D10 號，南面則為 B1~B9 及 C1~C10 號，詳圖 5-2。另外，於南機坪方設有 15 個遠端停機坪，編號為 601~615，提供機門不足時使用。

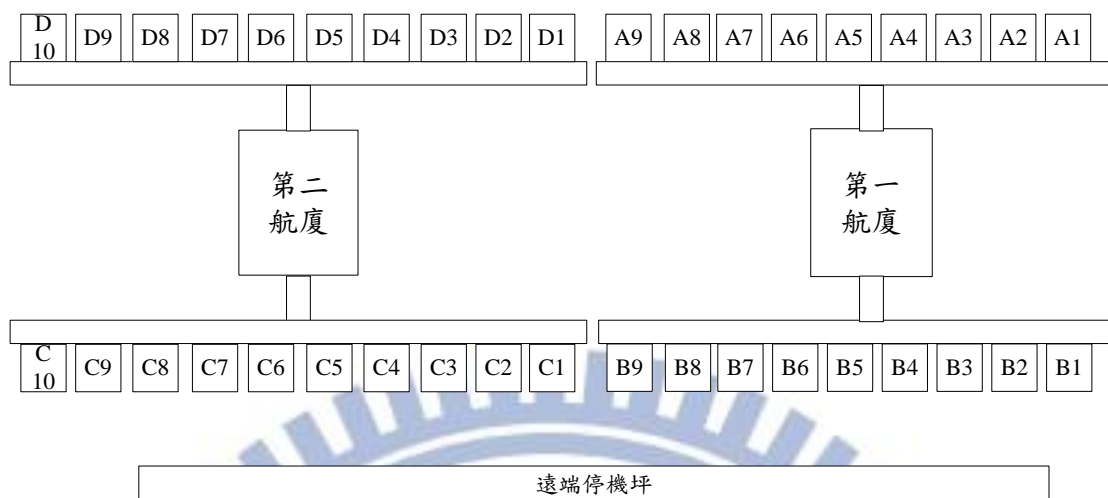


圖 5-2 桃園國際機場客機停機坪位置示意圖

5.1.2.2 機型

目前停靠臺灣桃園國際機場的飛機機型主要有 A300、A340、A320、A330、A321、ATR72、DC10、L1011、MD11、B767、B757、B737、B727、B747、B787、B777 等。

而根據實務瞭解，桃園國際機場略可將停靠機門區分為兩類，一類為大型機門可停放各種機型，另一類為小型機門可停靠小型班機（不包括廣體客機）。因此，本研究為了簡化機門指派作業，茲按 ICAO ANNEX14 將飛機依翼展分類，B747、A340、A380 等 E 類、F 類型分類為大型航機，其餘歸類為小型航機，桃園國際機場客機停機坪及可停最大機型整理如表 5-2，其中 15 個遠端停機坪，係提供機門不足時使用，在本研究中假設無容量限制，且可停靠最大機型。

表 5-2 桃園國際機場客機停機坪及可停最大機型一覽表

	停機位 編號	最大機型	分類	停機位 編號	最大機型	分類
第一航廈	A 機坪			B 機坪		
	A1	A300	小	B1	A300	小
	A2	B744	大	B2	B744	大
	A3	A330	大	B3	A330	大
	A4	B744	大	B4	B744	大
	A5	B744	大	B5	B744	大
	A6	B744	大	B6	B744	大
	A7	B744	大	B7	B744	大
	A8	B744	大	B8	B744	大
	A9	B744	大	B9	B744	大
第二航廈	C 機坪			D 機坪		
	C1	B744	大	D1	B744	大
	C2	B744	大	D2	B744	大
	C3	B744	大	D3	B763	小
	C4	B744	大	D4	B744	大
	C5	B744	大	D5	B744	大
	C6	B744	大	D6	A380	大
	C7	B744	大	D7	B744	大
	C8	B744	大	D8	B744	大
	C9	B744	大	D9	B744	大
	C10	A330	大	D10	B763	小
遠端機坪			大			

資料來源：電子式飛航指南(eAIP)-2015/07/03

5.1.2.3 旅客步行距離

旅客步行距離部分，離開旅客步行距離依現有資料，定義為旅客自離開(出境)證照查驗櫃台後至候機室平面直線距離，至抵達旅客步行距離部分，本研究參考桃園國際機場第一、二航廈之平面圖配置，以離開旅客步行距離進行推估，而離開旅客及抵達旅客

至遠端停機坪之距離，本研究參考並加總最短及最長之距離作為賦有懲罰意義，假設為 1,000 公尺；前揭旅客步行距離詳如表 5-3。

表 5-3 桃園國際機場客機停機坪-抵達及離開旅客步行距離

	停機位 編號	抵達旅客 步行距離	離開旅客 步行距離	停機位 編號	抵達旅客 步行距離	離開旅客 步行距離
第一航廈	A 機坪			B 機坪		
	A1	274	523	B1	273	526
	A2	274	523	B2	273	526
	A3	274	523	B3	273	526
	A4	281	516	B4	399	400
	A5	365	432	B5	483	316
	A6	447	350	B6	526	273
	A7	523	274	B7	611	358
	A8	570	321	B8	695	442
	A9	726	477	B9	703	450
第二航廈	C 機坪			D 機坪		
	C1	560	560	D1	502	502
	C2	483	483	D2	440	440
	C3	406	406	D3	367	367
	C4	332	332	D4	289	289
	C5	257	257	D5	228	228
	C6	206	206	D6	323	323
	C7	264	264	D7	400	400
	C8	340	340	D8	476	476
	C9	415	415	D9	539	539
	C10	489	489	D10	593	593
遠端機坪		1000	1000			

單位：公尺

資料來源：桃園機場股份有限公司、本研究推估

5.1.3 航班資料輸入

本研究已蒐集桃園國際機場 103 年 11 月份及 104 年 2 月份之航班資料，本小節將針對實例分析中所使用的航班資料計有航班時間、航班搭載旅客數、航空公司、轉機旅客步行距離、轉機人數及機門偏好等，輸入及說明如下：

5.1.3.1 資料敘述性統計

經蒐集桃園國際機場 103 年 11 月份及 104 年 2 月份之航班資料，雖因應近年來旅客量遽增之情況，已難清楚界定旺季及淡季之分；然就觀察 103 年 11 月份共有 17,476 起降架次(含起飛 8,732 架次及降落 8,744 架次)，而 104 年 2 月份共有 17,699 起降架次(含起 8,848 飛架次及降落 8,851 架次)，而比較兩月份之平均每日起降架次分別為 583 及 632 次，仍有些微差異，茲將前者視為淡季，後者視為旺季。其中更以 11 月 10 日之 549 起降架次為最低，2 月 25 日之 684 起降架次為最高，詳如下表 5-4。因此，本研究擇定前述二日之航班資料包含班次、時間等相關資料帶前節驗證可行之模式中，並對結果進行討論及分析。

表 5-4 本研究擇定日期之航班起降架次及人數

狀態 \ 日期		103/11/10		104/2/25	
			合計		合計
起降架次	起飛	271	549	339	684
	降落	278		345	
人數	起飛	47,432	93,158	63,438	120,254
	降落	44,874		55,384	
	轉機	852		1,432	

5.1.3.2 資料處理

在擇定 103 年 11 月 10 日及 104 年 2 月 25 日資料，吾等可將航班時間、搭載旅客人數、航空公司、轉機旅客人數等數據加入模式，惟就現行所得資料，起飛及降落航班視為兩筆資料(起降架次分開計算)，且並無法得知每一航班占據停機門之開始與結束時

間，經訪談國內機場航務組(處)人員表示，依實際狀況及現有資料，僅有航班表定起飛及降落時間，亦即僅有時間帶分配結果，如某航班早上降落機場、並於晚間起飛離開，吾等僅能知道該航班於機場內的抵達及離開時間，並無法得知該航班抵達後於登機門的占用始末時間；惟就實務經驗，通常大型飛機於機門作業時間約 90 至 120 分鐘；小型飛機則為 60 至 90 分鐘。故本研究實例應用部分，將先依機型、航空公司及時間等判別因素，進行起降架次之資料合併；無法判別部分，依前述實務作法之使用機門時間，後續依機型大小分別設定其使用機門之時間為 105 及 75 分鐘進行資料增補；另考量到貨機或於起飛與降落皆未載運旅客之航班，於實務上多指派至貨機停機坪及遠端停機坪，故亦將此部分資料刪除，最終整理 103 年 11 月 10 日共有 425 筆資料，而 104 年 2 月 25 日則有 443 筆資料。

另吾等取得轉機旅客人數之資料，僅為某離開航班搭載之轉機旅客數量，礙於無法得知該人次係由何航班轉機過來，轉機距離亦無法確切得知；然依照 103 年 11 月及 104 年 2 月份資料，合計 35,175 起降架次，並共載運了 5,984,124 人次，其中轉機人數 63,665 人次，僅占 1.06%，影響甚少。爰本研究實例應用部分，考量旅客抵達與離開各停機門距離在 200 至 700 公尺間，本研究將轉機距離假設為一定值，為求簡便，將以 500 公尺進行後續計算與應用。

因此，本研究擇訂分別以 103 年 11 月 10 日及 104 年 2 月 25 日作為淡季及旺季代表，惟受限於電腦求解容量及效率，復考量 LINGO 套裝軟體求解之時間限制，無法求解整日航班指派情形，本研究擬以部分時段之第一航廈(A 機坪與 B 機坪)，並以甲國籍航空公司及乙外籍航空公司等二家航空公司進行實例應用。

在區分淡、旺季後，如欲進一步分析每日之尖峰及離峰時段，依照 103 年 11 月份及 104 年 2 月份整體資料，本研究將各時點之起降架次描繪成一橫軸為時間(已轉換為分鐘)、縱軸為時點上之起降架次之分布圖，如圖 5-3。

經觀察發現桃園機場僅凌晨 0 點至 8 點的起降架次最低，全日三分之一時間共 5,378 起降架次，然僅占全部 35,175 起降架次之 15.29%，可謂為每日離峰時段；而在早上 8 點起至隔日 0 點的起降架次，就分配圖觀察，各時間節點大都達 100 起降架次以上，其中更以下午 3 點的 337 次為最多，且下午 4 點 20 分及上午 9 點 10 分的 299 及 290 次為次；而如以每 6 小時為一區間進行探討，彙整區間起降架次及所占比例如表 5-5，可發現上午 10 點 30 分至下午 4 點 30 分的航班統計，共 12,451 起降架次，占全部 35,175 之 35.40%，可謂為每日尖峰時段。

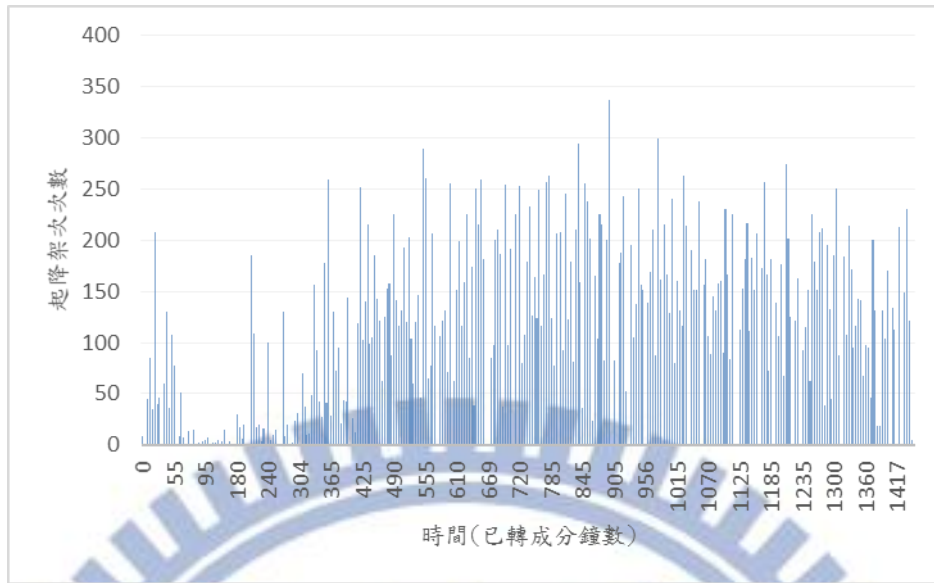


圖 5-3 桃園國際機場 103 年 11 月份暨 104 年 2 月份航班時間分布圖

表 5-5 桃園國際機場 103 年 11 月暨 104 年 2 月份時間區間起降架次及所占比例表

時間	8:30 ~ 14:30	9:00 ~ 15:00	9:30 ~ 15:30	10:00 ~ 16:00	10:30 ~ 16:30	11:00 ~ 17:00	11:30 ~ 17:30	12:00 ~ 18:00	12:30 ~ 18:30
起降架次	11644	12009	12067	12253	12451	12371	12422	12344	12303
比例	33.10 %	34.14 %	34.31 %	34.83 %	35.40 %	35.17 %	35.31 %	35.09 %	34.98 %

因此，本研究擇訂分別以 103 年 11 月 10 日及 104 年 2 月 25 日作為淡季及旺季代表，並分就尖離峰進行實例應用，考量時段切割後或將影響整體指派結果，故本研究皆以降落時間進行判斷，如某航班表定 7 點 55 分降落，並於 10 點起飛離開，此筆資料仍納入凌晨 0 點至 8 點的離峰資料，以儘量減少時段切割之偏誤，茲再就離峰及尖峰時段資料說明如下。

離峰時段部分，本研究將依上述闡明之原因，選擇凌晨 0 點至 8 點的資料導入模式，103 年 11 月 10 日之離峰時段共有 38 筆資料，其中甲航空公司及乙航空公司分別占了 15 及 5 筆資料；至 104 年 2 月 25 日之離峰時段共有 50 筆資料，其中甲航空公司及乙航空公司分別占了 20 及 5 筆資料。

尖峰時段部分，本研究選擇上午 10 點 30 分至下午 4 點 30 分的資料導入模式，103 年 11 月 10 日之離峰時段共有 43 筆資料，其中甲航空公司及乙航空公司分別占了 15 及 11 筆資料；至 104 年 2 月 25 日之離峰時段共有 57 筆資料，其中甲航空公司及乙航空公司分別占了 19 及 11 筆資料。

而其二家航空公司對機門之偏好程度，假設偏好排序如表 5-6 及表 5-7，分別代表此二家航空公司於偏好低重疊性時，甲航空公司偏好 A 機坪之機門，而乙航空公司偏好 B 機坪之機門；而在偏好高重疊性時，代表此二家航空公司皆偏好 A 機坪之機門，此二家航空公司對於偏好的機門外視為無特定偏好程度；另假設其他航空公司針對機門均無特定偏好程度之情況，偏好排序皆設定為 3。

表 5-6 甲、乙航空公司機門偏好程度低重疊性之機門偏好排序表

		航空公司(大機型/小機型)		
機門	可停機型	甲	乙	其他
A1~A9 (A 機坪)	大	1/2	3	3
	小	2	3	
B1~B9 (B 機坪)	大	3	1/2	
	小	3	2	
遠端	大	4	4	4

註：表格內為航空公司對機門偏好之排序 $v_{i,k}$ 。

表 5-7 甲、乙航空公司機門偏好程度高重疊性之機門偏好排序表

		航空公司(大機型/小機型)		
機門	可停機型	甲	乙	其他
A1~A9 (A 機坪)	大	1/2	1/2	3
	小	2	2	
B1~B9 (B 機坪)	大	3	3	
	小	3	3	
遠端	大	4	4	4

註：表格內為航空公司對機門偏好之排序 $v_{i,k}$ 。

5.2 實例求解

本小節將導入前節輸入之資料，並運用模式進行實例應用，茲就離峰及尖峰時段二部分，進行結果分析與討論。

5.2.1 離峰時段

103 年 11 月 10 日部分，在航空公司對機門皆無特定偏好的情況下，求解結果顯示總最小步行距離為 3,026,962 公尺，而 38 筆航班皆能依照停機限制等，順利指派至機門，其指派結果詳如表 5-8 及圖 5-4。

依圖 5-4 之機門指派結果時空圖可發現，凌晨 0 點至上午 8 點為全日離峰時段，然航班多集中在上午 6 點至 8 點，機門每半小時平均使用率高達 78.47%，而凌晨 0 點至上午 6 點之機門每半小時平均使用率僅為 9.8%。共 6 班指派至遠端停機坪，時間集中在上午 5 點 55 分至 8 點，與航班集中程度符合預期。

而如以個別機門來看，A2、B6 及 A7 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 50%、47.32%及 45.5%，其中 A2 係入境旅客步行距離最低之機門，而 B6 及 A7 係出境旅客步行距離最低之機門，求解結果符合預期。

表 5-8 103/11/10 離峰時段無機門偏好之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	A1	11	遠	21	遠	31	A6
2	A2	12	B2	22	B1	32	A4
3	B3	13	A9	23	A2	33	A8
4	B2	14	B4	24	B8	34	B4
5	A7	15	遠	25	B7	35	B6
6	B6	16	A3	26	A7	36	B5
7	A6	17	A1	27	遠	37	B7
8	A4	18	B6	28	遠	38	A7
9	A8	19	B3	29	A5		
10	遠	20	B5	30	B9		

而在甲、乙航空公司對機門有偏好的情況，倘二家航空公司分別偏好 A 機坪及 B 機坪，因此偏好具有低重疊性，當設定未加入航空公司對機門偏好時之求解結果 3,026,962 公尺為旅客總步行距離最小值，而所有航班均指派至航空公司偏好之機門，其排序為 90 設定為航空公司對機門偏好排序最小值，另所有航班均指派至遠端停機坪，其排序為 152 設定為航空公司對機門偏好排序最大值，以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，求解結果顯示旅客總步行距離為 3,539,335 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 103，其指派結果詳如表 5-9 及圖 5-5。

表 5-9 103/11/10 離峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	A1	11	<u>A4</u>	21	<u>B5</u>	31	<u>A8</u>
2	A2	12	<u>B4</u>	22	<u>遠</u>	32	<u>B7</u>
3	<u>B2</u>	13	<u>遠</u>	23	<u>遠</u>	33	<u>B4</u>
4	<u>B1</u>	14	<u>遠</u>	24	<u>遠</u>	34	<u>A3</u>

5	A7	15	<u>A5</u>	25	<u>A1</u>	35	B6
6	B6	16	<u>B8</u>	26	A7	36	B5
7	A6	17	<u>B3</u>	27	<u>B9</u>	37	<u>A5</u>
8	<u>A3</u>	18	B6	28	<u>A6</u>	38	A7
9	<u>B7</u>	19	<u>A9</u>	29	<u>B2</u>		
10	遠	20	<u>B1</u>	30	<u>A2</u>		

註：底線部分表示與無機門偏好之求解結果相異處

依圖 5-5 之機門指派結果時空圖可發現，航班雖仍集中在上午 6 點至 8 點，機門每半小時平均使用率卻由 78.47% 略減為 75.46%，觀察係因指派結果略有不同，仍共 6 班指派至遠端停機坪，惟指派結果之集中時間較航空公司對機門無偏好時有異，時間集中在上午 5 點 55 分至 8 點 20 分，使指派結果更為集中部分時段，因此上午 6 點至 8 點機門每半小時平均使用率降低。值得一提的是，在加入機門偏好程度後，可以觀察到指派結果更為集中至上午 6 點至 7 點兩個時段，機門使用率為 82.41% 與 87.96%，代表在這個時段是供給小於需求的，由遠端停機坪之指派結果，可相互印證。

而如以個別機門來看，A2、B6 及 A7 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 49.12%、46.49% 及 44.74%，與航空公司對機門無偏好時之前 3 高結果一致，其中 A2 係入境旅客步行距離最低之機門，而 A7 及 B6 係出境旅客步行距離最低之機門，求解結果符合預期。

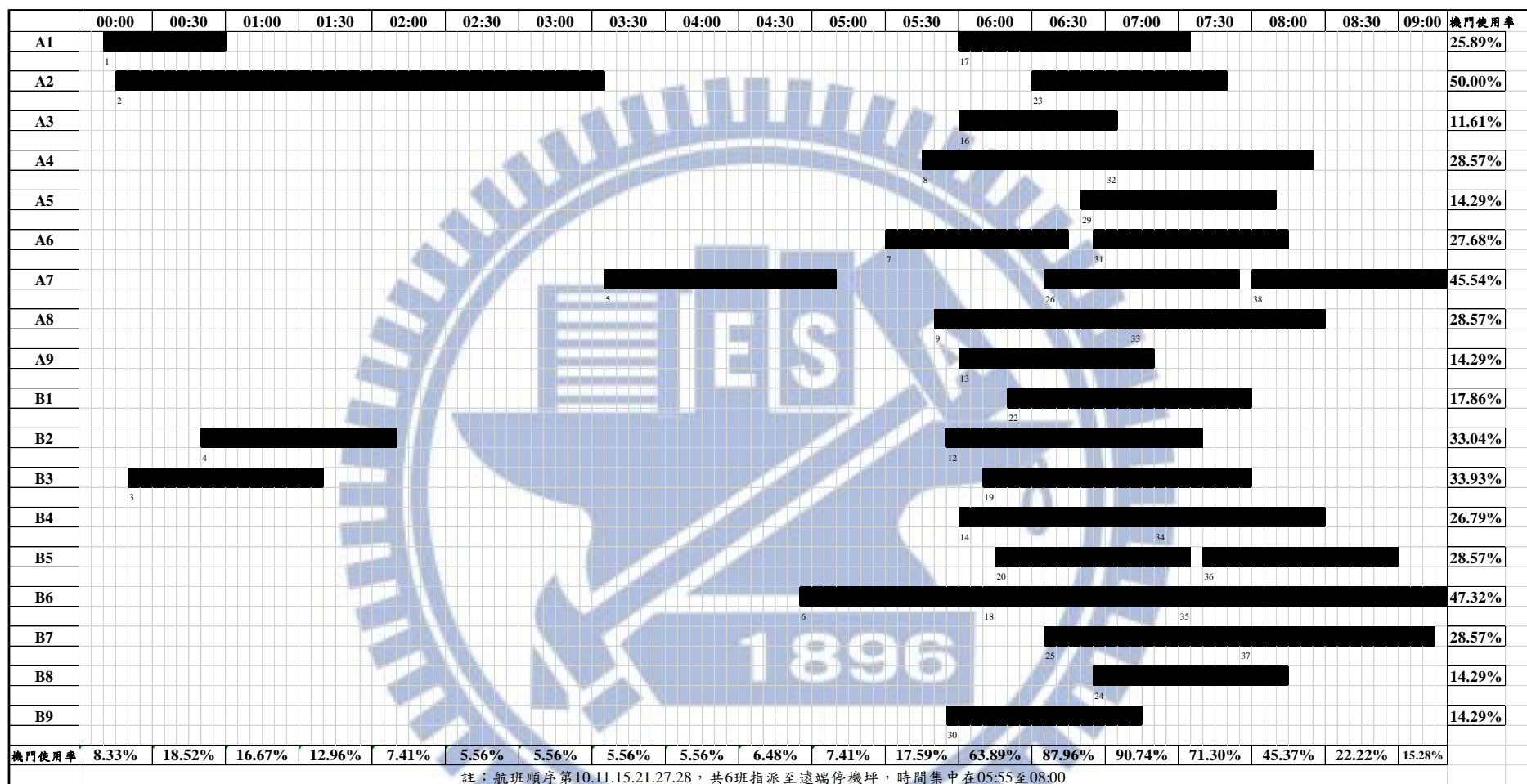


圖 5-4 103/11/10 離峰時段無機門偏好之航班機門指派結果時空圖

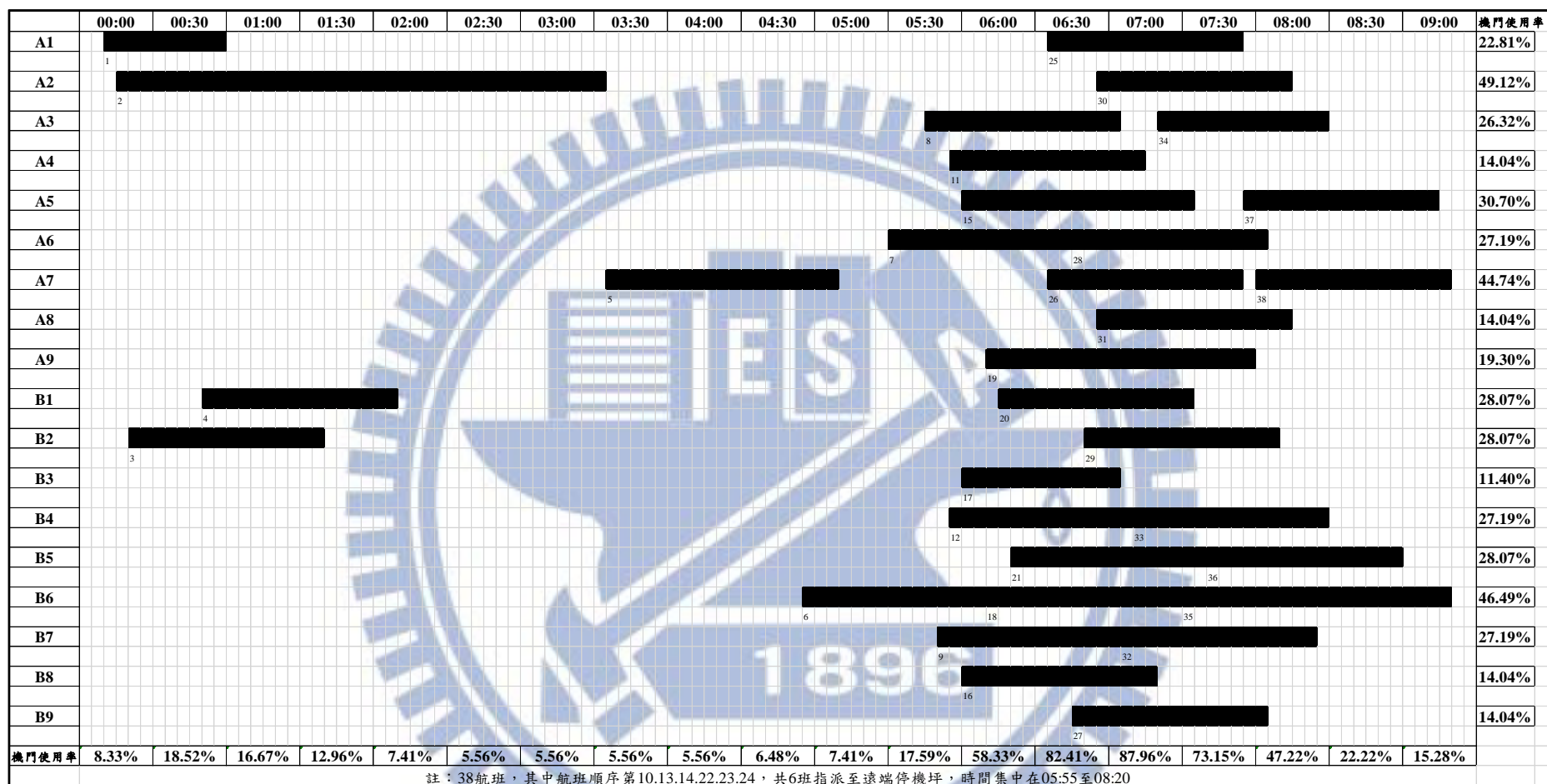


圖 5-5 103/11/10 離峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果時空圖

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好低重疊性之影響，如表 5-10 指派結果可見，甲航空公司 15 航班中之 10 航班依其偏好指派至 A 停機坪、乙航空公司 5 航班中之 5 航班依其偏好指派至 B 停機坪，符合偏好之指派率為 75%。

表 5-10 103/11/10 離峰時段機門偏好低重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司						乙航空公司	
航班順序	指派機門	航班順序	指派機門	航班順序	指派機門	航班順序	指派機門
8	A3	15	A5	29	B2	3	B2
10	遠	18	B6	30	A2	6	B6
11	A4	19	A9	34	A3	9	B7
13	遠	24	遠	37	A5	33	B4
14	遠	25	A1	38	A7	35	B6

註：其他航空公司之指派結果予以省略

而在甲、乙航空公司皆偏好 A 機坪的情況，偏好具有高重疊性，同樣以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，然求解過程發現當達一定之[指派至空橋機門占所有旅客人數]比率之式(5)限制式將導致無解，如將此限制式移除進行求解，結果顯示旅客總步行距離為 3,268,115 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 103，其指派結果詳如表 5-11 及圖 5-6；然[指派至空橋機門占所有旅客人數]比率高達 92.2%，亦並未違反式(5)限制式，推測係航空公司對機門偏好高重疊性，造成 LINGO 套裝軟體受限於求解時間而產生無解之輸出結果。

表 5-11 103/11/10 離峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表

航班順序	指派機門	航班順序	指派機門	航班順序	指派機門	航班順序	指派機門
1	<u>A1</u>	11	遠	21	遠	31	<u>A4</u>
2	<u>A3</u>	12	B2	22	<u>B7</u>	32	<u>A3</u>
3	<u>B2</u>	13	<u>B4</u>	23	遠	33	<u>A9</u>

4	<u>B3</u>	14	<u>A5</u>	24	<u>B9</u>	34	<u>A7</u>
5	A7	15	遠	25	<u>B8</u>	35	<u>A8</u>
6	B6	16	A3	26	<u>B5</u>	36	<u>A6</u>
7	<u>A7</u>	17	A1	27	遠	37	<u>B5</u>
8	<u>A9</u>	18	<u>A6</u>	28	遠	38	<u>B6</u>
9	A8	19	B3	29	<u>B1</u>		
10	遠	20	<u>B6</u>	30	遠		

註：底線部分表示與無機門偏好之求解結果相異處

依圖 5-6 可發現，航班雖仍集中在上午 6 點至 8 點，機門每半小時平均使用率卻由 78.47% 略減為 75%，觀察係因指派結果略有不同，共 7 班指派至遠端停機坪，較航空公司對機門無偏好時還多了 1 班，時間集中在上午 5 點 55 分至 8 點 20 分，因此機門每半小時平均使用率降低；故可以推測隨著航空公司對機門偏好重疊性增加，將會使指派至遠端停機坪之航班增加。

而如以個別機門來看，A3、A7 及 B6 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 54.39%、42.11% 及 42.11%，其中 A3 係入境旅客步行距離最低之機門，而 A7 係出境旅客步行距離最低之機門。

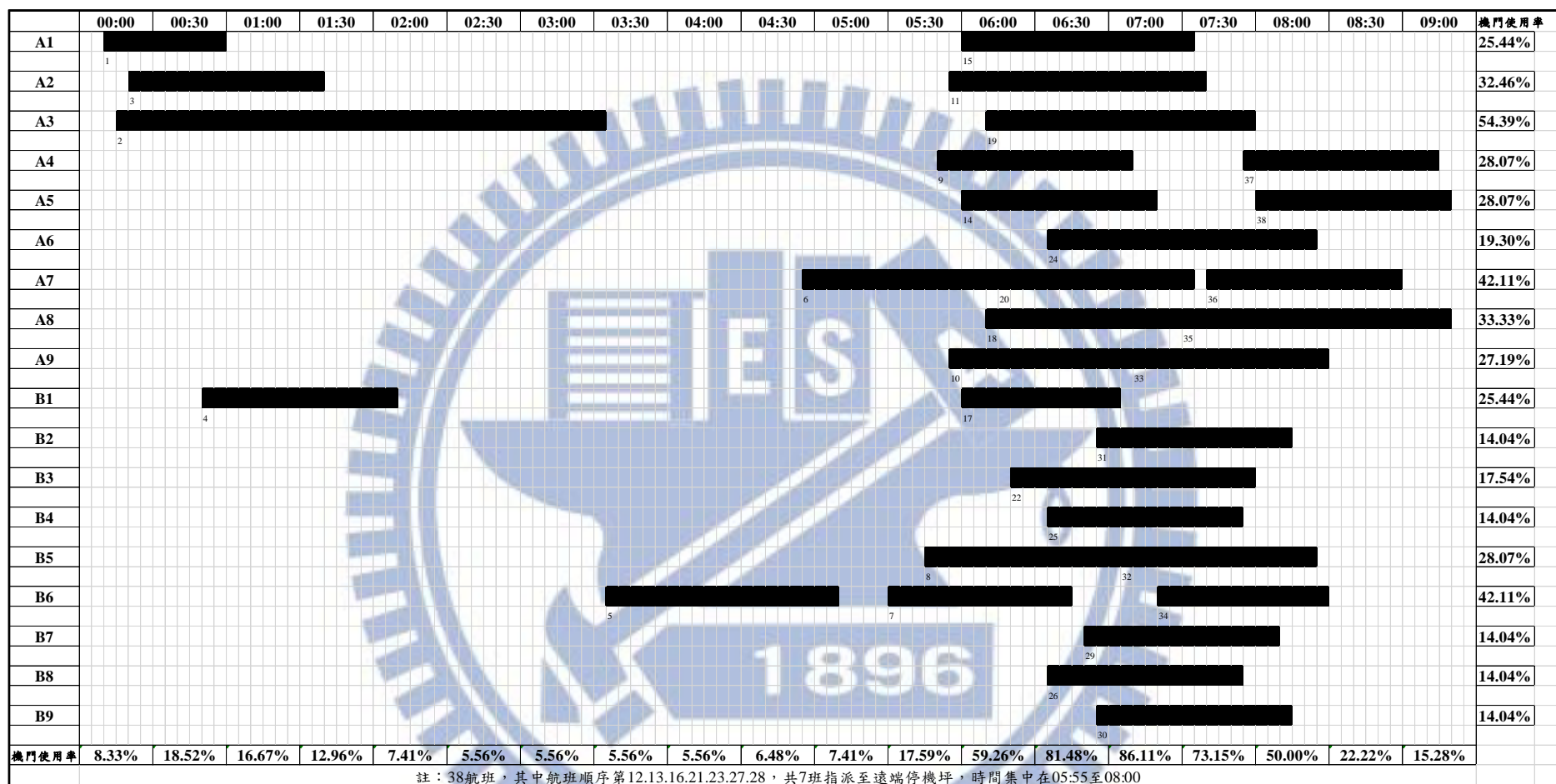


圖 5-6 103/11/10 離峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好高重疊性之影響，如表 5-12 指派結果可見，甲航空公司 15 航班中之 8 航班依其偏好指派至 A 停機坪、乙航空公司 5 航班中之 5 航班依其偏好指派至 A 停機坪，符合偏好之指派率為 50%，較前述機門偏好低重疊性之偏好指派率為 75%，有所下降。

表 5-12 103/11/10 離峰時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司						乙航空公司	
航班順序	指派機門	航班順序	指派機門	航班順序	指派機門	航班順序	指派機門
8	B5	15	A1	29	B7	3	A2
10	A9	18	A8	30	B9	6	A7
11	A2	19	A3	34	B6	9	A4
13	遠	24	A6	37	A4	33	A9
14	A5	25	B4	38	A5	35	A8

註：其他航空公司之指派結果予以省略

104 年 2 月 25 日部分，共有 50 筆航班資料，在航空公司對機門皆無特定偏好的情況下，求解結果顯示最小總步行距離為 5,061,921 公尺，且皆能依照停機限制等，順利指派至機門，其指派結果詳如表 5-13 及圖 5-7。

表 5-13 104/2/25 離峰時段無機門偏好之航班機門指派結果表

航班順序	指派機門	航班順序	指派機門	航班順序	指派機門	航班順序	指派機門	航班順序	指派機門
1	A2	11	B1	21	B3	31	B4	41	遠
2	B2	12	B5	22	遠	32	B9	42	B8
3	A1	13	B6	23	遠	33	A7	43	A1
4	B1	14	A7	24	遠	34	B6	44	A8
5	A7	15	A6	25	B2	35	遠	45	A3
6	A5	16	A1	26	B7	36	遠	46	B3

7	B3	17	A5	27	B5	37	遠	47	B5
8	A4	18	A2	28	遠	38	A9	48	A6
9	B6	19	B8	29	遠	39	B2	49	B7
10	B3	20	A8	30	A4	40	遠	50	B6

依圖 5-7 之機門指派結果時空圖可發現，由於旺季之緣故，凌晨 0 點至上午 6 點之航班較 103 年 11 月 10 日來得多，機門每半小時平均使用率由 9.8% 提升為 18.75%；但仍多集中在上午 6 點至 8 點，機門每半小時平均使用率高達 75.69%。共 10 班指派至遠端停機坪，時間集中在上午 5 點 55 分至 7 點，與航班集中程度符合預期。

如以個別機門來看，B3、B6 及 B5 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 66.37%、56.64% 及 46.9%，其中 B3 係入境旅客步行距離最低之機門，而 B6 係出境旅客步行距離最低之機門，求解結果符合預期。

而在甲、乙航空公司對機門有偏好的情況，倘二家航空公司分別偏好 A 機坪及 B 機坪，因此偏好具有低重疊性，當設定未加入航空公司對機門偏好時之求解結果 5,061,921 公尺為旅客總步行距離最小值，而所有航班均指派至航空公司偏好之機門，其排序為 119 設定為航空公司對機門偏好排序最小值，另所有航班均指派至遠端停機坪，其排序為 200 設定為航空公司對機門偏好排序最大值，以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，求解結果顯示旅客總步行距離為 5,637,177 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 100，其指派結果詳如表 5-14 及圖 5-7。

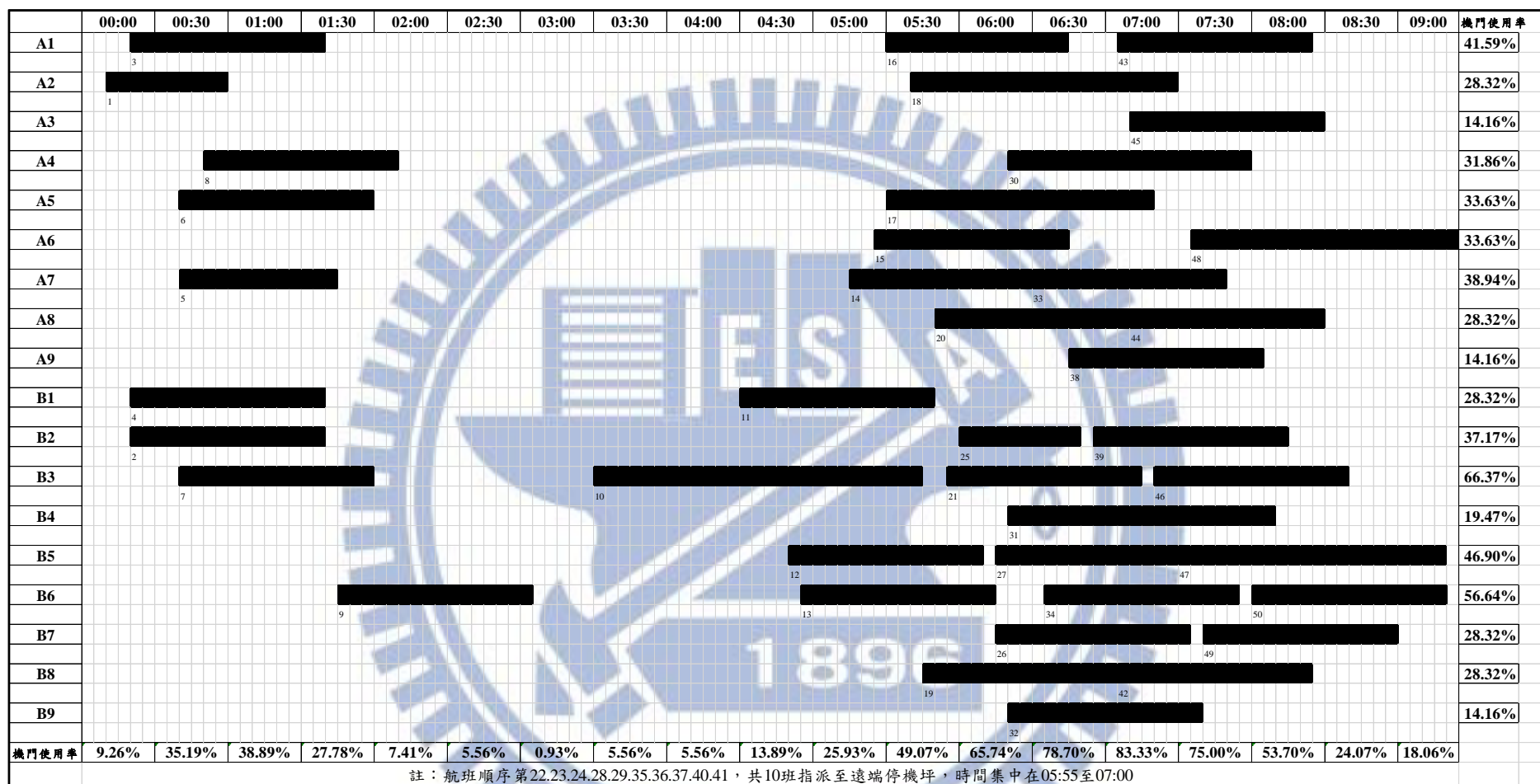


圖 5-7 104/2/25 離峰時段無機門偏好之航班機門指派結果時空圖

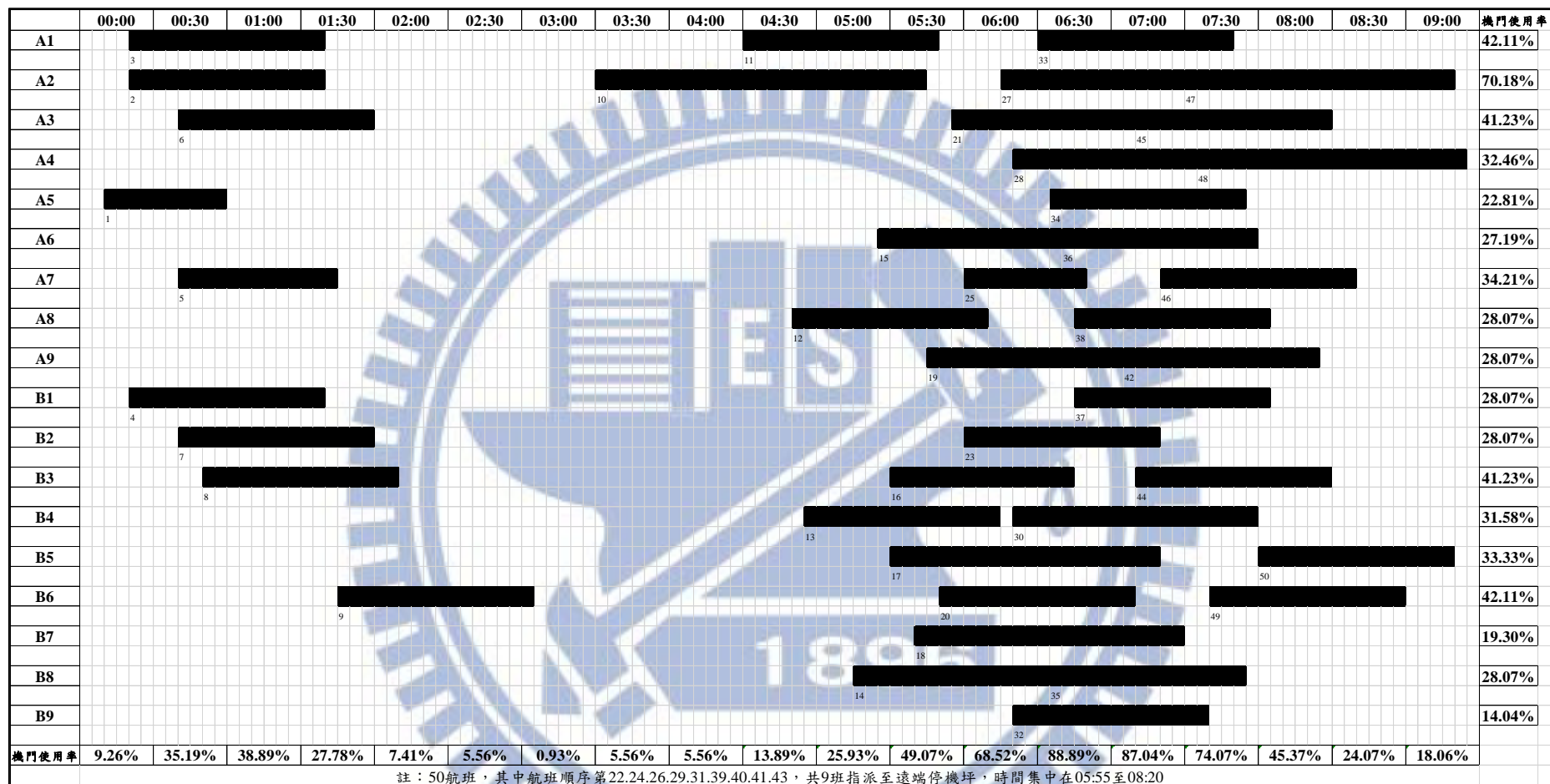


圖 5-8 104/2/25 離峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果時空圖

表 5-14 104/2/25 離峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	<u>A5</u>	11	<u>A1</u>	21	<u>A3</u>	31	<u>遠</u>	41	<u>遠</u>
2	<u>A2</u>	12	<u>A8</u>	22	<u>遠</u>	32	B9	42	<u>A9</u>
3	A1	13	<u>B4</u>	23	<u>B2</u>	33	<u>A1</u>	43	<u>遠</u>
4	B1	14	<u>B8</u>	24	<u>遠</u>	34	<u>A5</u>	44	B3
5	A7	15	A6	25	<u>A7</u>	35	<u>B8</u>	45	<u>A3</u>
6	<u>A3</u>	16	<u>B3</u>	26	<u>遠</u>	36	<u>A6</u>	46	<u>A7</u>
7	<u>B2</u>	17	<u>B5</u>	27	<u>A2</u>	37	<u>B1</u>	47	<u>A2</u>
8	<u>B3</u>	18	<u>B7</u>	28	<u>A4</u>	38	<u>A8</u>	48	<u>A4</u>
9	B6	19	<u>A9</u>	29	<u>遠</u>	39	<u>遠</u>	49	<u>B6</u>
10	<u>A2</u>	20	<u>B6</u>	30	<u>B4</u>	40	<u>遠</u>	50	<u>B5</u>

註：底線部分表示與無機門偏好之求解結果相異處

依圖 5-8 之機門指派結果時空圖可發現，凌晨 0 點至上午 6 點之機門每半小時平均使用率為 18.75%，與無機門偏好之情況相同；而集中在上午 6 點至 8 點之機門每半小時平均使用率高達 79.63%。但共 9 班指派至遠端停機坪，時間集中在上午 5 點 55 分至 8 點 20 分的結果，較無機門偏好之情況指派至遠端停機坪數量多出一班。

另在加入機門偏好程度後，可以觀察到指派結果更為集中至上午 6 點 30 分至 7 點 30 分兩個時段為最高，機門使用率從 78.7%與 83.33%提升為 88.89%與 87.04%，代表在這個時段是供給小於需求的，由遠端停機坪之指派結果，可相互印證。

而如以個別機門來看，A2、B6 及 A1 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 70.18%、42.11%及 42.11%，其中 A2 及 A1 係入境旅客步行距離最低之機門，而 B6 係出境旅客步行距離最低之機門，求解結果尚符合預期。

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好低重疊性之影響，如表 5-15 指派結果可見，甲航空公司 20 航班中之 10 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪、乙航空公司 5 航班中之 4 航班依其偏好指派至其偏好的 B 停機坪，符合偏好之指派率為 56%。

表 5-15 104/2/25 離峰時段機門偏好低重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司								乙航空公司	
航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
11	A1	22	遠	31	遠	42	A9	4	B1
17	B5	23	B2	32	B9	44	B3	13	B4
18	B7	25	A7	34	A5	46	A7	20	B6
19	A9	26	遠	39	遠	47	A2	45	A3
21	A3	28	A4	41	遠	48	A4	50	B5

註：其他航空公司之指派結果予以省略

而在甲、乙航空公司皆偏好 A 機坪的情況，偏好具有高重疊性，同樣以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，然求解過程發現當達一定之[指派至空橋機門占有所有旅客人數]比率之式(5)限制式將導致無解，如將此限制式移除進行求解，結果顯示旅客總步行距離為 5,128,747 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 138，其指派結果詳如表 5-16 及圖 5-9；然[指派至空橋機門占有所有旅客人數]比率高達 86.29%，亦並未違反式(5)限制式，推測係航空公司對機門偏好高重疊性，造成 LINGO 套裝軟體受限於求解時間而產生無解之輸出結果。

表 5-16 104/2/25 離峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	<u>A3</u>	11	<u>A3</u>	21	<u>B9</u>	31	<u>A9</u>	41	<u>A4</u>
2	<u>A2</u>	12	B5	22	遠	32	<u>B4</u>	42	<u>A3</u>
3	<u>A4</u>	13	B6	23	遠	33	<u>遠</u>	43	<u>B6</u>
4	<u>A1</u>	14	<u>B7</u>	24	遠	34	<u>B7</u>	44	<u>B8</u>
5	A7	15	<u>B8</u>	25	<u>A2</u>	35	遠	45	<u>A8</u>
6	<u>B2</u>	16	A1	26	<u>遠</u>	36	<u>B3</u>	46	<u>A1</u>
7	<u>B1</u>	17	A5	27	B5	37	遠	47	<u>A7</u>

8	<u>B3</u>	18	<u>A6</u>	28	遠	38	<u>遠</u>	48	A6
9	B6	19	<u>A8</u>	29	遠	39	<u>A2</u>	49	<u>B5</u>
10	<u>A2</u>	20	<u>A7</u>	30	<u>B1</u>	40	<u>B2</u>	50	<u>A5</u>

註：底線部分表示與無機門偏好之求解結果相異處

依圖 5-9 之機門指派結果時空圖可發現，凌晨 0 點至上午 6 點之機門每半小時平均使用率為 18.75%；而集中在上午 6 點至 8 點之機門每半小時平均使用率高達 74.77%。共 10 班指派至遠端停機坪，時間集中在上午 5 點 55 分至 8 點 00 分，與機門偏好低重疊性之情況指派的結果相同。

另觀察在此情況同機門偏好低重疊性之情況，指派結果集中至上午 6 點 30 分至 7 點 30 分兩個時段為最高，惟因指派至遠端停機坪的航班多了一班，機門使用率為 83.33% 與 82.41%，都較機門偏好低重疊性之 88.89% 與 87.04% 低。

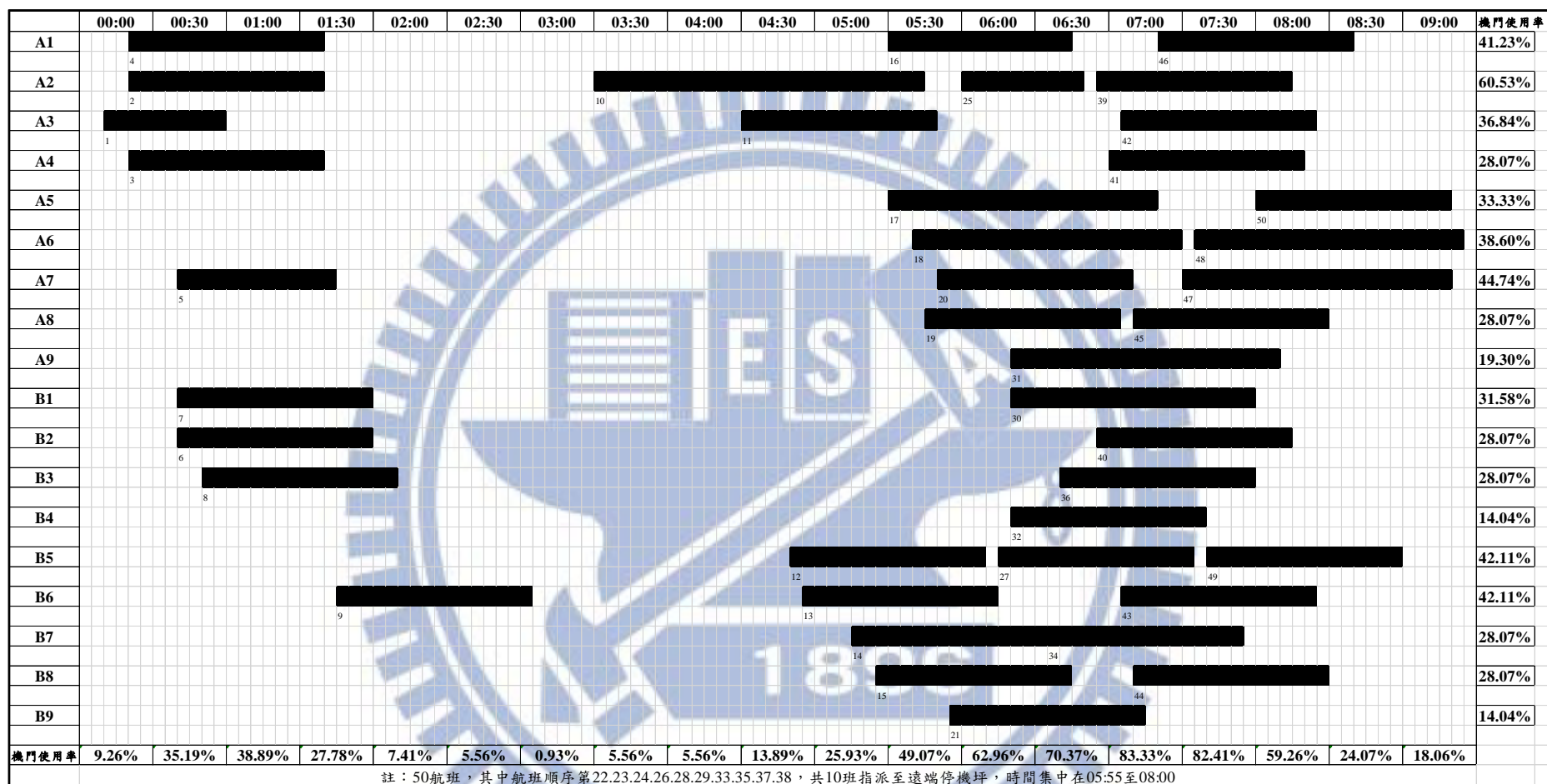


圖 5-9 104/2/25 離峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好高重疊性之影響，如表 5-17 指派結果可見，甲航空公司 20 航班中之 12 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪、乙航空公司 5 航班中之 4 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪，符合偏好之指派率為 64%，較前述機門偏好低重疊性之偏好指派率為 56%，有所提升。

表 5-17 104/2/25 離峰時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司								乙航空公司	
航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門
11	A3	22	遠	31	A9	42	A3	4	A1
17	A5	23	遠	32	B4	44	B8	13	B6
18	A6	25	A2	34	B7	46	A1	20	A7
19	A8	26	遠	39	A2	47	A7	45	A8
21	B9	28	遠	41	A4	48	A6	50	A5

註：其他航空公司之指派結果予以省略

在離峰時段，由於航班多集中在上午 6 點至 8 點，本研究所選擇之淡旺季，在指派結果上多符合預期，均在上午 6 點至 8 點之機門使用率達到高點，且此時亦有航班指派至遠端停機坪的現象。值得一提的是在加入航空公司對機門之偏好程度後，指派至遠端停機坪之結果增加，且觀察 103 年 11 月 10 之結果，發現在偏好低重疊性之偏好指派率高於偏好高重疊性之偏好指派率，觀察其航空公司對機門偏好排序總合亦是偏好低重疊性低於偏好高重疊性，可相互印證，在偏好低重疊性時，模式求解更容易指派航班至航空公司偏好之機門，與常理相符。惟在 104 年 2 月 25 日之結果，發現在偏好低重疊性之偏好指派率卻低於偏好高重疊性之偏好指派率，推測係因甲、乙航空公司之航班數量差異較大，使求解結果容易因甲航空公司指派結果微小差異，導致偏好指派率不同。

5.2.2 尖峰時段

103 年 11 月 10 日部分，在航空公司對機門皆無特定偏好的情況下，求解結果顯示總最小步行距離為 4,864,407 公尺，而 43 筆航班皆能依照停機限制等，順利指派至機門，其指派結果詳如表 5-18 及圖 5-10。

表 5-18 103/11/10 尖峰時段無機門偏好之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	B6	12	B5	23	B5	34	B2
2	A1	13	A7	24	B2	35	B3
3	B1	14	B4	25	A1	36	B6
4	A3	15	A5	26	A3	37	B5
5	A7	16	A6	27	B3	38	A3
6	A2	17	A3	28	A6	39	A7
7	A6	18	A1	29	A7	40	A1
8	A5	19	A2	30	A5	41	B1
9	B6	20	B6	31	A1	42	A4
10	A4	21	A4	32	B1	43	A2
11	B3	22	B1	33	A2		

依圖 5-10 之機門指派結果時空圖可發現，由於尖峰時段之緣故，機門每半小時平均使用率並無懸殊差異，上午 9 點 35 分至下午 16 點 35 分之平均使用率為 41.73%，43 筆航班均勻的分散在各時間；此外，並無航班指派至遠端停機坪，觀察其與離峰時段之差異，我們可發現離峰時段雖整體時間航班不多，但多集中在上午 6 點至 8 點，造成該時段無機門可用，僅能指派航班至遠端停機坪之現象。

而如以個別機門來看，B6、A1 及 A7 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 74.44%、71.11%及 66.67%，其中 A1 機門係入境旅客步行距離最低之機門，而 A7 及 B6 機門係出境旅客步行距離最低之機門，求解結果符合預期；另 A9、B7、B8 及 B9 機門並未指派任何航班，表示在此情況下係有空間增加航班時間帶分配之空間，且並不會指派至遠端停機坪。

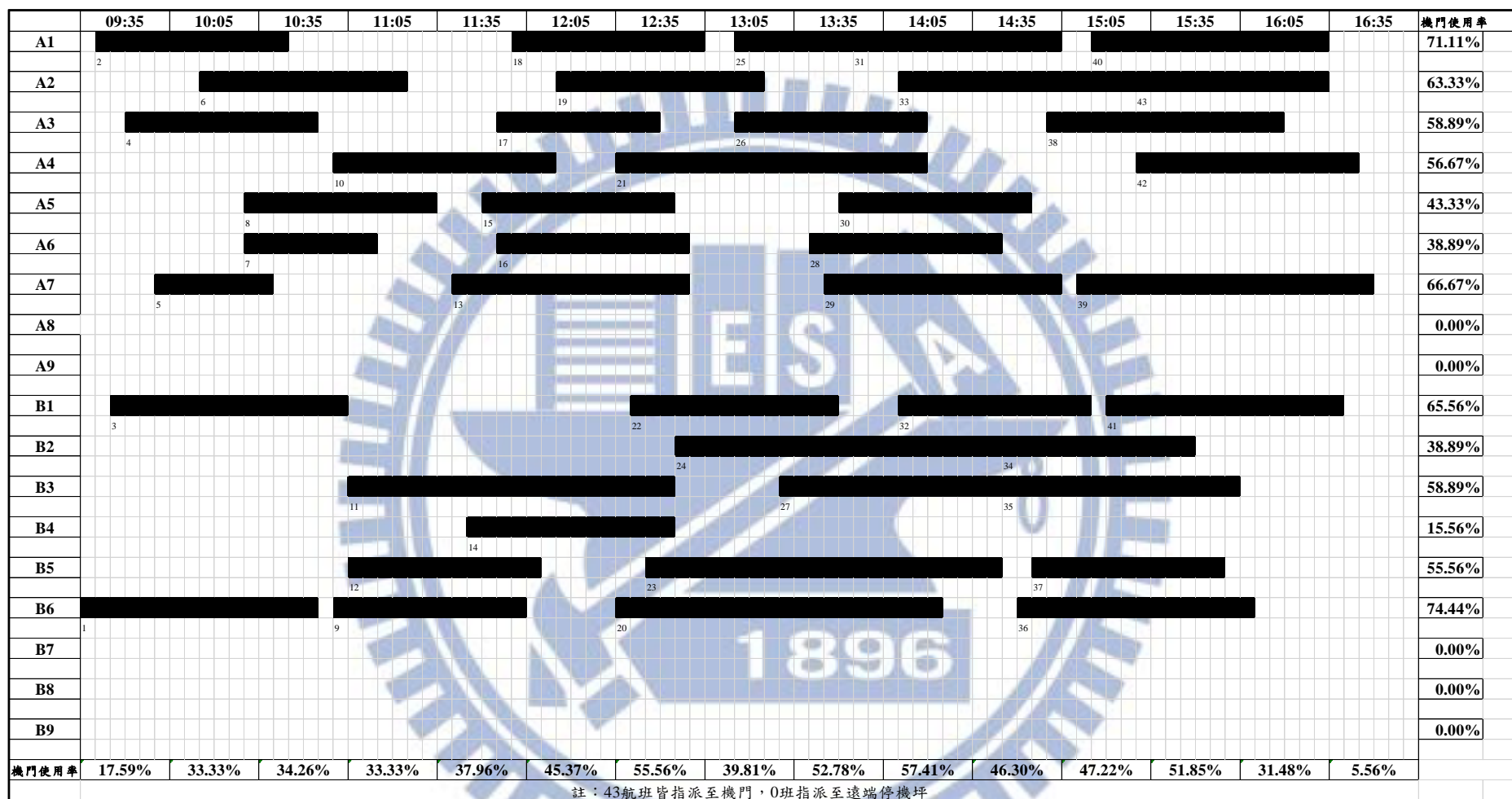


圖 5-10 103/11/10 尖峰時段無機門偏好之航班機門指派結果時空圖

而在甲、乙航空公司對機門有偏好的情況，倘二家航空公司分別偏好 A 機坪及 B 機坪，因此偏好具有低重疊性，當設定未加入航空公司對機門偏好時之求解結果 4,864,407 公尺為旅客總步行距離最小值，而所有航班均指派至航空公司偏好之機門，其排序為 100 設定為航空公司對機門偏好排序最小值，另所有航班均指派至遠端停機坪，其排序為 172 設定為航空公司對機門偏好排序最大值，以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，求解結果顯示旅客總步行距離為 4,993,066 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 100，其指派結果詳如表 5-19 及圖 5-11。

表 5-19 103/11/10 尖峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	<u>A8</u>	12	<u>B4</u>	23	<u>A3</u>	34	<u>A4</u>
2	<u>A3</u>	13	<u>A6</u>	24	<u>A4</u>	35	<u>A1</u>
3	<u>A1</u>	14	<u>B6</u>	25	<u>B2</u>	36	<u>A7</u>
4	<u>A2</u>	15	<u>B5</u>	26	<u>B3</u>	37	<u>B5</u>
5	<u>B6</u>	16	<u>A7</u>	27	<u>A5</u>	38	<u>A3</u>
6	<u>B3</u>	17	A3	28	<u>A7</u>	39	<u>A5</u>
7	<u>A7</u>	18	<u>B2</u>	29	<u>B6</u>	40	<u>B3</u>
8	<u>A6</u>	19	<u>B4</u>	30	<u>B5</u>	41	<u>A2</u>
9	<u>A5</u>	20	<u>A8</u>	31	<u>B1</u>	42	<u>A6</u>
10	<u>B2</u>	21	<u>A1</u>	32	<u>A6</u>	43	<u>B2</u>
11	<u>B1</u>	22	<u>A2</u>	33	<u>B2</u>		

註：與無機門偏好之航班機門指派結果不同部分以底線表示

依圖 5-11 之機門指派結果時空圖可發現，由於尖峰時段之緣故，機門每半小時平均使用率並無懸殊差異，且亦無航班指派至遠端停機坪，43 航班皆指派至機門。

而如以個別機門來看，A3、B2 及 A6 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 70%、70%及 63.33%，與未加入機門偏好之情況比較，有轉移的現象。其中 A3、B2 機門係入境旅客步行距離最低之機門，求解結果尚符合預期；另 A9、B7、B8 及 B9 機門並未指派任何航班，表示在此情況下係有空間增加航班時間帶分配之空間，且並不會指派至遠端停機坪。

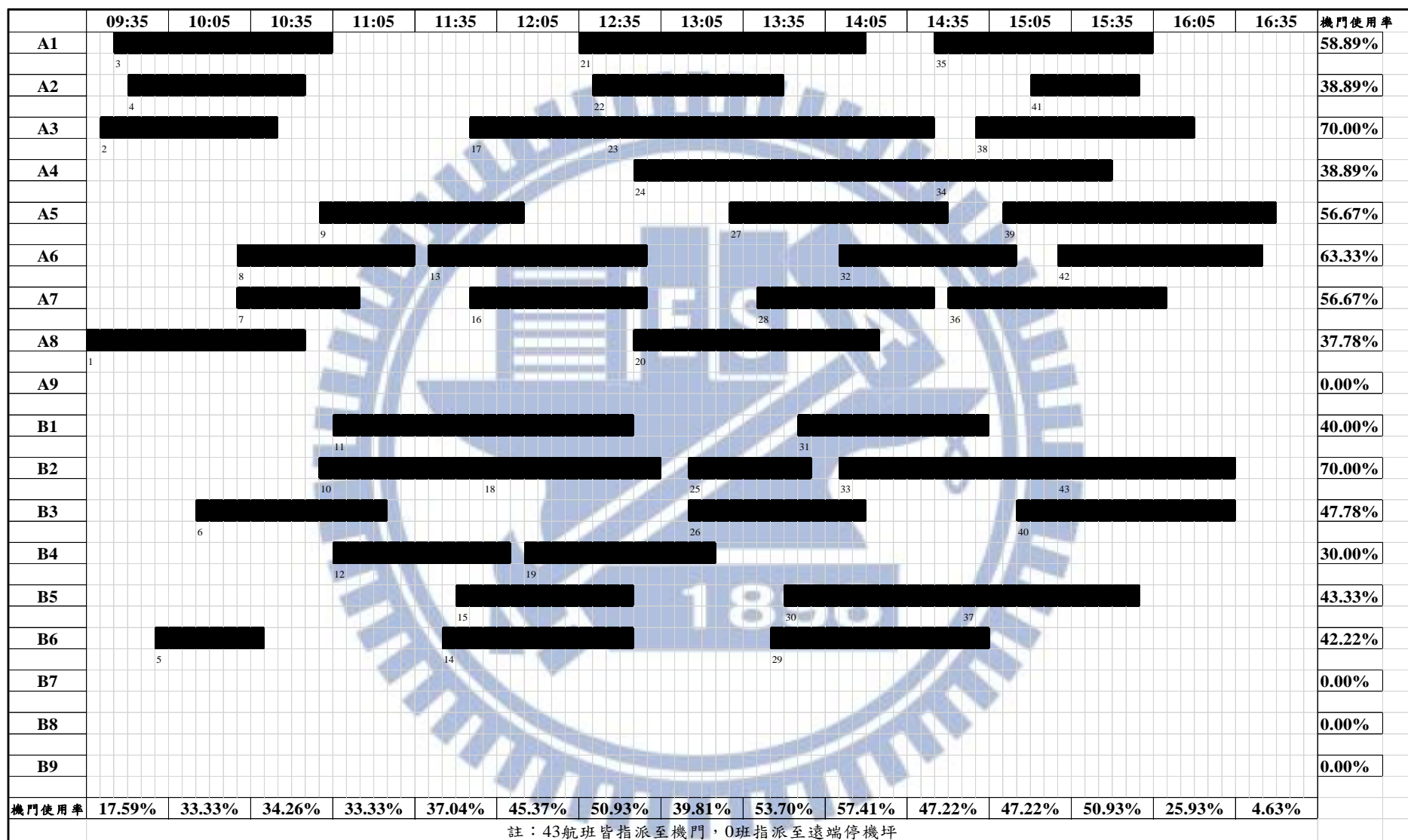


圖 5-11 103/11/10 尖峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果時空圖

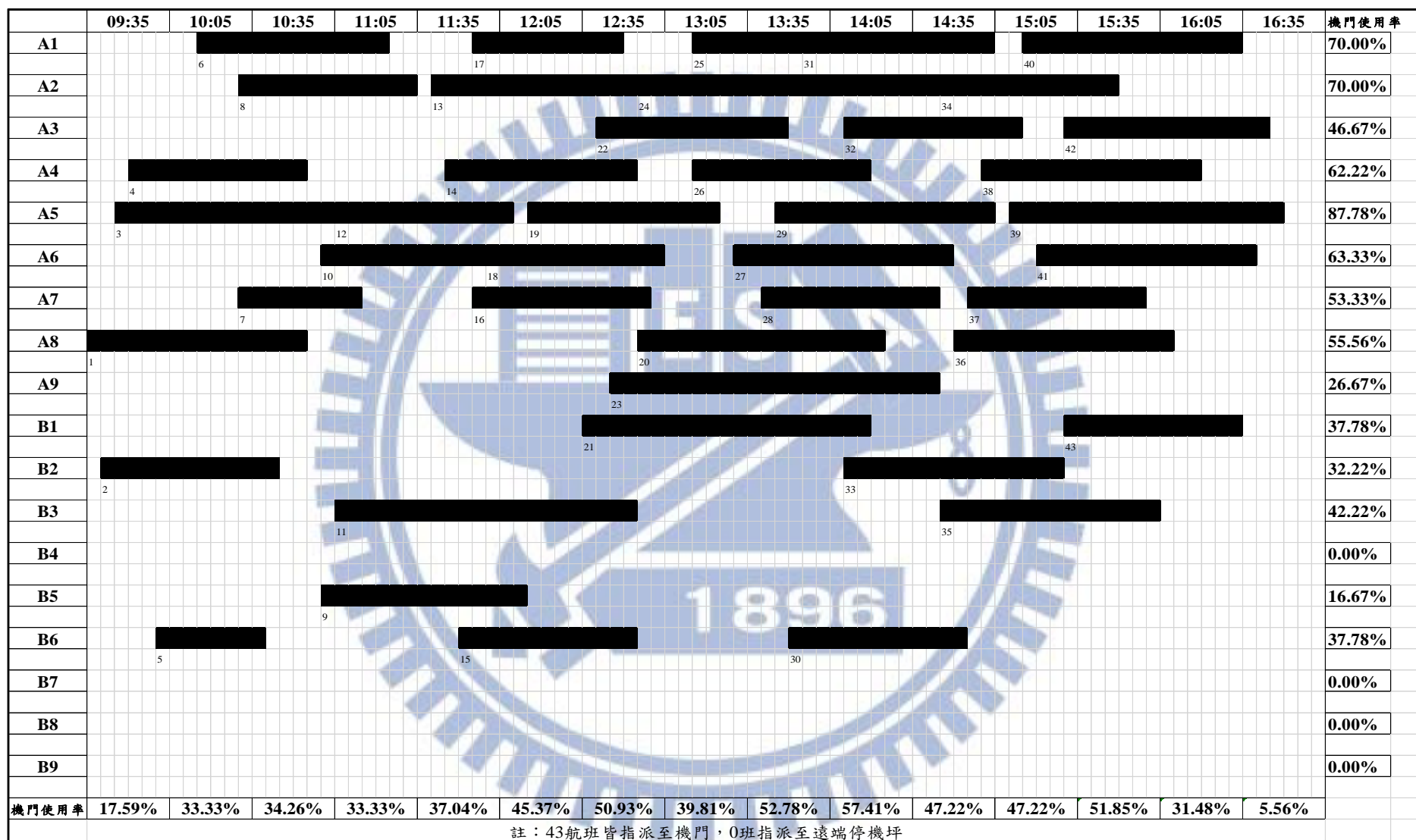


圖 5-12 103/11/10 尖峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好低重疊性之影響，如表 5-20 指派結果可見，甲航空公司 15 航班中之 15 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪、乙航空公司 11 航班中之 11 航班依其偏好指派至其偏好的 B 停機坪，符合偏好之指派率高達 100%。

表 5-20 103/11/10 尖峰時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司						乙航空公司			
航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門
1	A8	24	A4	39	A5	6	B3	26	B3
3	A1	27	A5	41	A2	10	B2	29	B6
13	A6	32	A6	42	A6	12	B4	31	B1
20	A8	34	A4			14	B6	37	B5
22	A2	36	A7			18	B2	40	B3
23	A3	38	A3			19	B4		

註：其他航空公司之指派結果予以省略

而在甲、乙航空公司皆偏好 A 機坪的情況，偏好具有高重疊性，同樣以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，求解結果顯示旅客總步行距離為 5,105,784 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 100，其指派結果詳如表 5-21 及圖 5-12。

相較航空公司對機門偏好低重疊性時之求解結果，雖航空公司對機門偏好總排序皆為 100，但由於偏好具有高重疊性，迫使其他航班求解至較遠之機門，從旅客總步行距離為 5,105,784 公尺較航空公司對機門偏好低重疊性時之 4,993,066 公尺仍可見其影響程度。

依圖 5-12 之機門指派結果時空圖可發現，43 筆航班亦均能指派至機門，故在時間使用率上與未加入機門偏好及偏好低重疊性之情況相似，機門每半小時平均使用率在機門供給足夠時，是不因航空公司對機門偏好程度而有所影響。

而如以個別機門來看，A5、A2 及 A1 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 87.78%、70%及 70%，其中 A2 及 A1 機門係入境旅客步行距離最低之機門，求解結果尚符合預期；另 A9、B7、B8 及 B9 機門亦並未指派任何航班，表示在此情況下仍有空間增加航

班時間帶分配之空間，且並不會指派至遠端停機坪。

值得一提的是，與航空公司對機門偏好低重疊性之結果(A3、B2 及 A6 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 70%、70%及 63.33%)相比，可見當航空公司對機門偏好高重疊性且機門供給足夠時，指派結果會儘量滿足航空公司對機門偏好，造成航班多指派至 A 機坪之現象。

表 5-21 103/11/10 尖峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	<u>A8</u>	12	<u>A5</u>	23	<u>A9</u>	34	<u>A2</u>
2	<u>B2</u>	13	<u>A2</u>	24	<u>A2</u>	35	B3
3	<u>A5</u>	14	<u>A4</u>	25	A1	36	<u>A8</u>
4	<u>A4</u>	15	<u>B6</u>	26	<u>A4</u>	37	<u>A7</u>
5	<u>B6</u>	16	<u>A7</u>	27	<u>A6</u>	38	<u>A4</u>
6	<u>A1</u>	17	<u>A1</u>	28	<u>A7</u>	39	<u>A5</u>
7	<u>A7</u>	18	<u>A6</u>	29	<u>A5</u>	40	A1
8	<u>A2</u>	19	<u>A5</u>	30	<u>B6</u>	41	<u>A6</u>
9	<u>B5</u>	20	<u>A8</u>	31	A1	42	<u>A3</u>
10	<u>A6</u>	21	<u>B1</u>	32	<u>A3</u>	43	<u>B1</u>
11	B3	22	<u>A3</u>	33	<u>B2</u>		

註：與無機門偏好之航班機門指派結果不同部分以底線表示

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好高重疊性之影響，如表 5-22 指派結果可見，甲航空公司 15 航班中之 15 航班、乙航空公司 11 航班中之 11 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪，符合偏好之指派率亦達 100%。

表 5-22 103/11/10 尖峰時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司						乙航空公司			
航 班	指 派	航 班	指 派	航 班	指 派	航 班	指 派	航 班	指 派

順序	機門	順序	機門	順序	機門	順序	機門	順序	機門
1	A8	24	A2	39	A5	6	A1	26	A4
3	A5	27	A6	41	A6	10	A6	29	A5
13	A2	33	A3	42	A3	12	A5	31	A1
20	A8	35	A2			14	A4	37	A7
22	A3	36	A8			18	A6	40	A1
23	A8	38	A4			19	A5		

註：其他航空公司之指派結果予以省略

104 年 2 月 25 日部分，共有 57 筆航班資料，在航空公司對機門皆無特定偏好的情況下，求解結果顯示最小總步行距離為 7,419,627 公尺，且皆能依照停機限制等，順利指派至機門，其指派結果詳如表 5-23 及圖 5-13。

表 5-23 104/2/25 尖峰時段無機門偏好之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	B5	13	B5	25	B5	37	A1	49	B2
2	A7	14	B6	26	B3	38	A6	50	A6
3	B2	15	A3	27	B6	39	B4	51	B7
4	A6	16	A6	28	A2	40	A3	52	A5
5	B1	17	B3	29	A3	41	A5	53	B6
6	B6	18	B7	30	B4	42	B6	54	A7
7	A3	19	A4	31	B2	43	B5	55	A1
8	A8	20	B4	32	A4	44	B1	56	B1
9	A1	21	A7	33	A7	45	A4	57	A3
10	B1	22	A8	34	A2	46	B3		
11	B2	23	A5	35	B1	47	A2		
12	A7	24	A6	36	B3	48	A8		

依圖 5-13 之機門指派結果時空圖可發現，與 103 年 11 月 10 日之尖峰時段相同，機門每半小時平均使用率並無懸殊差異，上午 9 點 35 分至下午 17 點 35 分之平均使用率為 48.26%，57 筆航班均勻的分散在各時間；此外，亦並無航班指派至遠端停機坪。

而如以個別機門來看，B5、B6 及 A6 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 74.51%、74.51%及 70.59%，其中 B6 機門係出境旅客步行距離最低、B5 及 A6 機門係出境旅客步行距離偏低之機門，求解結果尚符合預期；另 A9、B8 及 B9 機門並未指派任何航班，已較 103 年 11 月 10 日之尖峰時段多使用了 A7 機門，且各機門使用率皆有上升，但在航班增加後，仍有有空間增加航班時間帶分配之空間，且並不會指派至遠端停機坪。



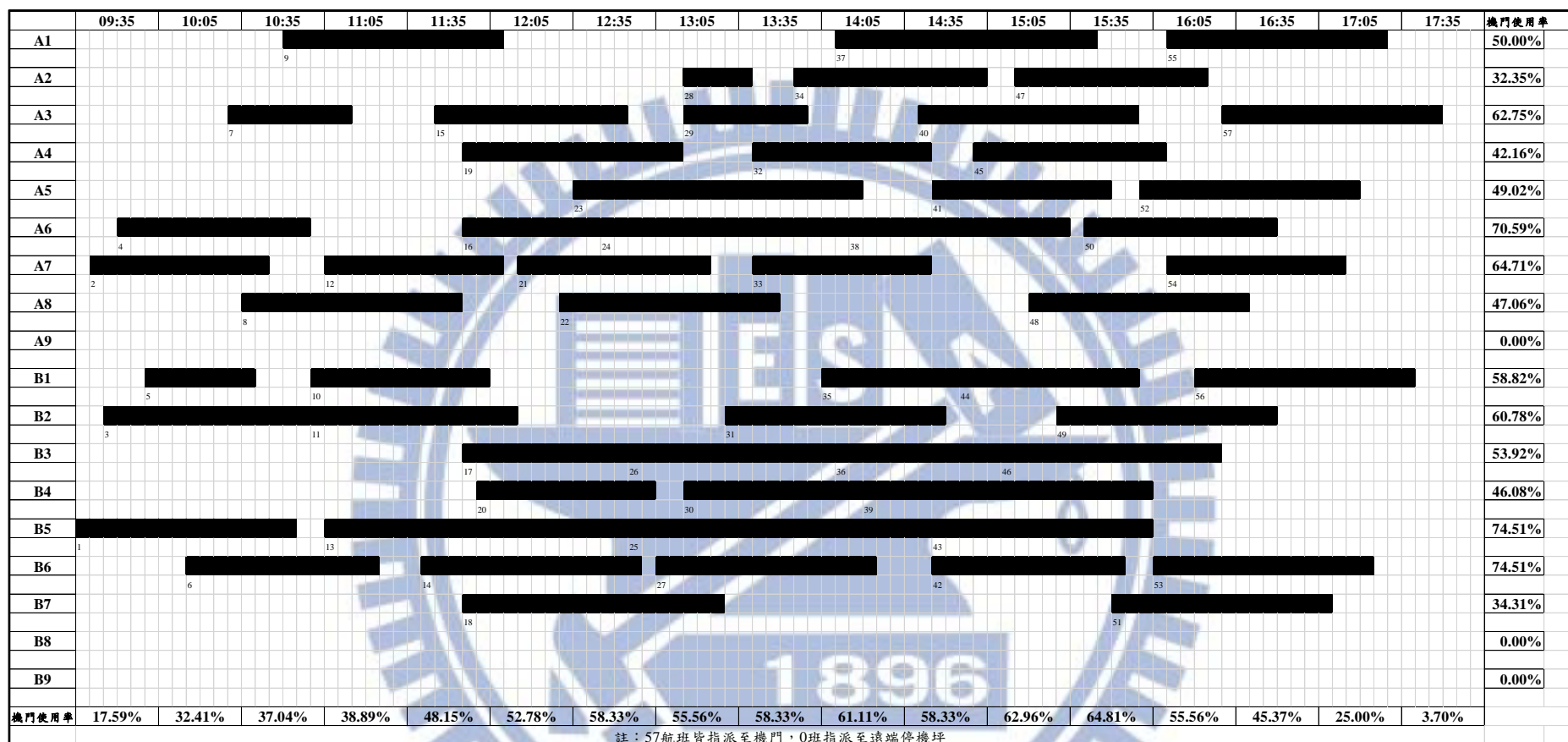


圖 5-13 104/2/25 尖峰時段無機門偏好之航班機門指派結果時空圖

而在甲、乙航空公司對機門有偏好的情況，倘二家航空公司分別偏好 A 機坪及 B 機坪，因此偏好具有低重疊性，當設定未加入航空公司對機門偏好時之求解結果 7,419,627 公尺為旅客總步行距離最小值，而所有航班均指派至航空公司偏好之機門，其排序為 139 設定為航空公司對機門偏好排序最小值，另所有航班均指派至遠端停機坪，其排序為 228 設定為航空公司對機門偏好排序最大值，以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，求解結果顯示旅客總步行距離為 7,470,090 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 139，其指派結果詳如表 5-24 及圖 5-14。

表 5-24 104/2/25 尖峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果表

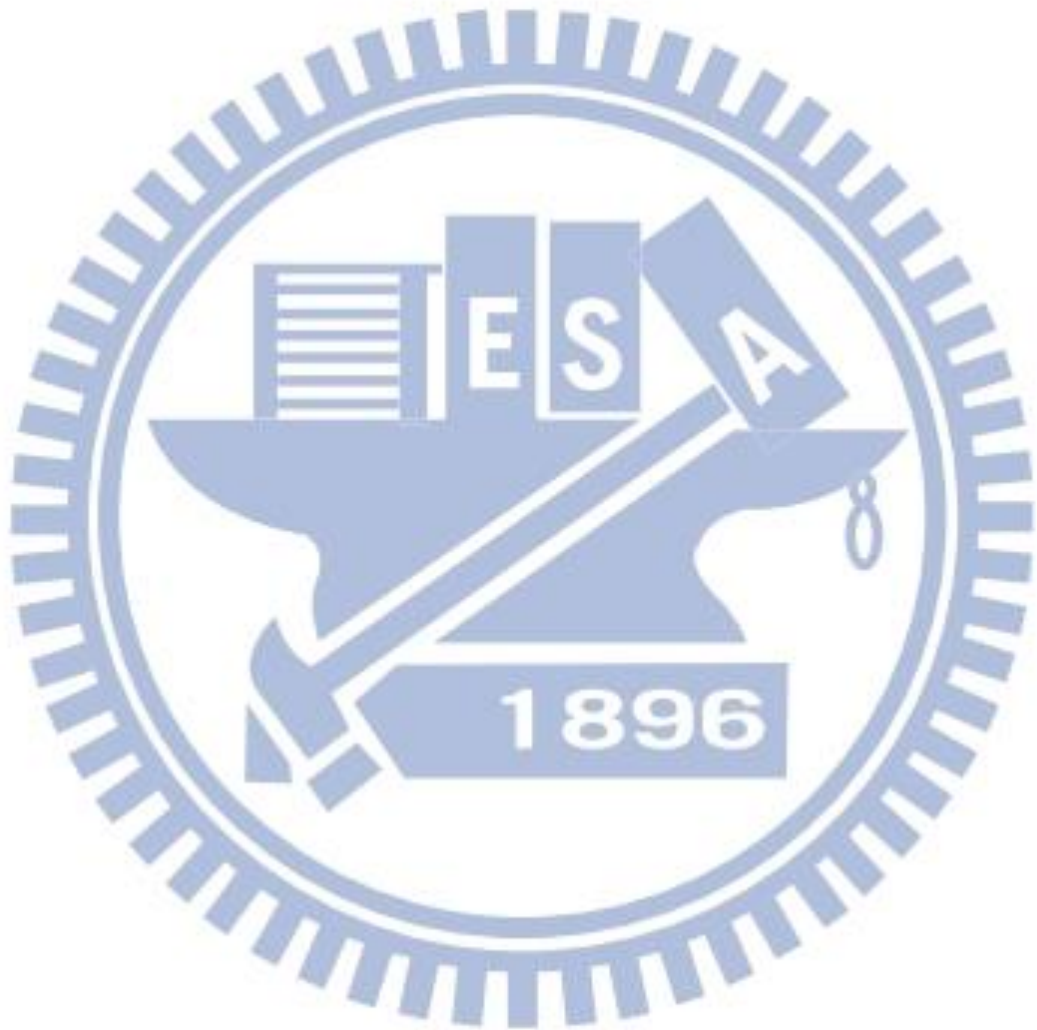
航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	<u>A8</u>	13	<u>B2</u>	25	<u>A2</u>	37	<u>A4</u>	49	<u>B1</u>
2	<u>B6</u>	14	<u>A6</u>	26	<u>A4</u>	38	<u>A7</u>	50	<u>A7</u>
3	<u>A2</u>	15	<u>B4</u>	27	<u>A9</u>	39	<u>B2</u>	51	<u>A1</u>
4	<u>A6</u>	16	<u>B5</u>	28	<u>A3</u>	40	<u>A2</u>	52	<u>B3</u>
5	<u>B1</u>	17	<u>A1</u>	29	<u>B2</u>	41	<u>A1</u>	53	<u>A8</u>
6	<u>B5</u>	18	<u>A5</u>	30	<u>B5</u>	42	<u>B5</u>	54	<u>B6</u>
7	<u>A1</u>	19	<u>A3</u>	31	<u>A1</u>	43	<u>A8</u>	55	<u>A4</u>
8	<u>A7</u>	20	<u>B3</u>	32	<u>B4</u>	44	<u>B3</u>	56	<u>B2</u>
9	<u>B1</u>	21	<u>B6</u>	33	<u>A5</u>	45	<u>A6</u>	57	<u>A2</u>
10	<u>B3</u>	22	<u>A7</u>	34	<u>B6</u>	46	<u>A5</u>		
11	<u>A4</u>	23	<u>B1</u>	35	<u>A6</u>	47	<u>B4</u>		
12	<u>B6</u>	24	<u>A8</u>	36	<u>A3</u>	48	<u>A3</u>		

註：與無機門偏好之航班機門指派結果不同部分以底線表示

依圖 5-14 之機門指派結果時空圖可發現，由於尖峰時段之緣故，機門每半小時平均使用率並無懸殊差異，且亦無航班指派至遠端停機坪，且因 57 航班皆指派至機門，在時間使用率上與未加入機門偏好之情況相似。

而如以個別機門來看，A2、B2 及 A8 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 67.65%、66.67% 及 65.69%，與未加入機門偏好之情況比較，有轉移的現象。其中 A2、B2 機門係

入境旅客步行距離最低之機門，結果尚符合預期；另 A9、B7、B8 及 B9 機門並未指派任何航班，與未加入機門偏好之情況，尚多出 B7 未指派航班，結果顯示加入機門偏好且低重疊性之情況，將會使航班更為集中部分機門，由 B7 機門於此情況並無指派任何航班，可見一斑。



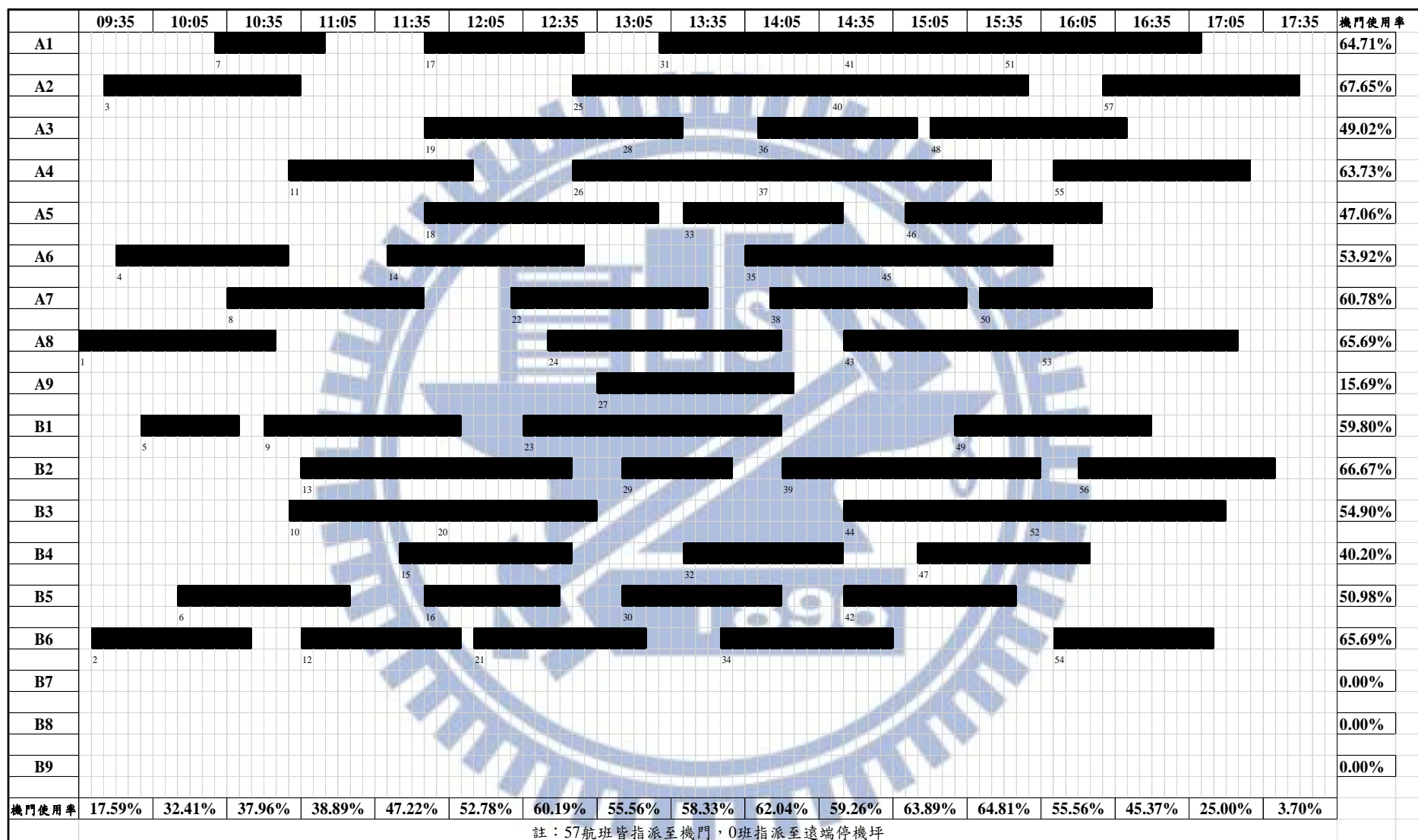


圖 5-14 104/2/25 尖峰時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果時空圖

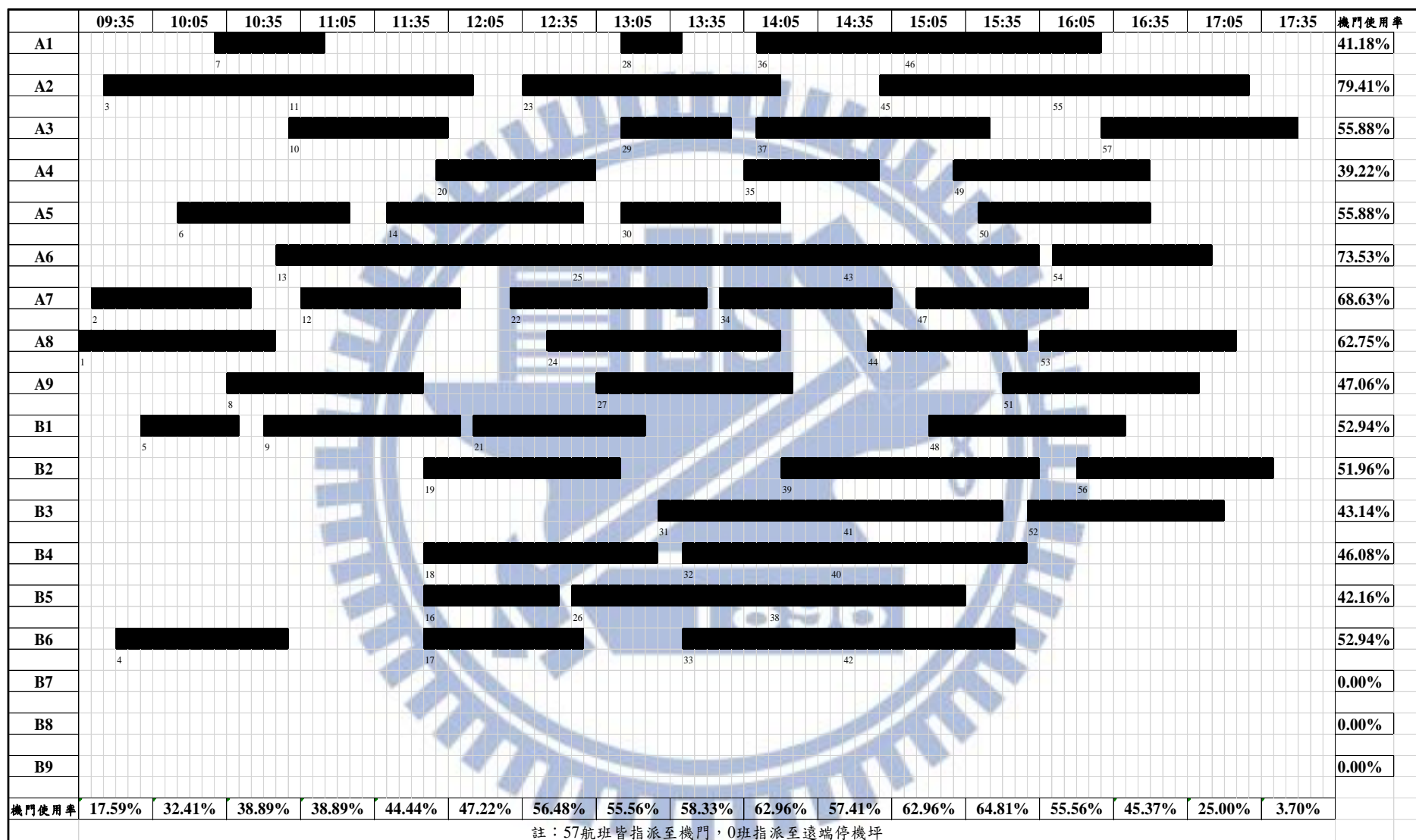


圖 5-15 104/2/25 尖峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好低重疊性之影響，如表 5-25 指派結果可見，甲航空公司 19 航班中之 19 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪、乙航空公司 11 航班中之 11 航班依其偏好指派至其偏好的 B 停機坪，符合偏好之指派率為 100%。

表 5-25 104/2/25 尖峰時段機門偏好低重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司						乙航空公司			
航班 順序	指 派 機 門	航班 順序	指 派 機 門	航班 順序	指 派 機 門	航班 順序	指 派 機 門	航班 順序	指 派 機 門
1	A8	27	A9	48	A3	6	B5	34	B6
3	A2	28	A3	50	A7	10	B3	44	B3
8	A7	31	A1	51	A1	12	B6	47	B4
14	A6	37	A4	53	A8	15	B4	54	B6
22	A7	43	A8	55	A4	20	B3		
24	A8	45	A6			21	B6		
25	A2	46	A5			30	B5		

註：其他航空公司之指派結果予以省略

而在甲、乙航空公司皆偏好 A 機坪的情況，偏好具有高重疊性，同樣以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，求解結果顯示旅客總步行距離為 7,565,108 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 142，其指派結果詳如表 5-26 及圖 5-15。

依圖 5-15 之機門指派結果時空圖可發現，57 筆航班亦均能指派至機門，故在時間使用率上與未加入機門偏好及偏好低重疊性之情況相似，且較 103 年 11 月 10 日離峰時段 43 筆航班，增加之 14 筆亦皆無指派至遠端停機坪，代表機門供給仍足夠，由 A9、B7、B8 及 B9 機門亦並未指派任何航班可見，表示在此情況下仍有空間增加航班時間帶分配之空間，且並不會指派至遠端停機坪。

而如以個別機門來看，A2、A6 及 A7 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 79.41%、73.53% 及 68.63%，其中 A1 機門係入境旅客步行距離最低之機門，而 A7 機門係出境旅客步行距離最低之機門，求解結果尚符合預期。

值得一提的是，與航空公司對機門偏好低重疊性之結果(A2、B2 及 A8 係機門使用

率前 3 高之機門，分別為 67.65%、66.67%及 65.69%)相比，可見使用率高的機門有轉移之現象，更為明顯的是在航空公司機門偏好高重疊性時，更為集中了航班的指派，並提升單一機門的使用率，而產生前 3 高之機門使用率增加。

表 5-26 104/2/25 尖峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	<u>A8</u>	13	<u>A6</u>	25	<u>A6</u>	37	<u>A3</u>	49	A4
2	A7	14	<u>A5</u>	26	<u>B5</u>	38	<u>B5</u>	50	A5
3	<u>A2</u>	15	<u>A1</u>	27	<u>A9</u>	39	<u>B2</u>	51	A9
4	<u>B6</u>	16	<u>B5</u>	28	<u>A1</u>	40	<u>B4</u>	52	B3
5	B1	17	<u>B6</u>	29	A3	41	<u>B3</u>	53	A8
6	<u>A5</u>	18	<u>B4</u>	30	<u>A5</u>	42	B6	54	A6
7	<u>A1</u>	19	<u>B2</u>	31	<u>B3</u>	43	<u>A6</u>	55	A2
8	<u>A9</u>	20	<u>A4</u>	32	<u>B4</u>	44	<u>A8</u>	56	B2
9	<u>B1</u>	21	<u>B1</u>	33	<u>B6</u>	45	<u>A2</u>	57	A3
10	<u>A3</u>	22	<u>A7</u>	34	<u>A7</u>	46	<u>A1</u>		
11	<u>A2</u>	23	<u>A2</u>	35	<u>A4</u>	47	<u>A7</u>		
12	A7	24	<u>A8</u>	36	<u>A1</u>	48	<u>B1</u>		

註：與無機門偏好之航班機門指派結果不同部分以底線表示

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好高重疊性之影響，如表 5-27 指派結果可見，甲航空公司 19 航班中之 18 航班、乙航空公司 11 航班中之 10 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪，符合偏好之指派率達 93.33%。

另相較 103 年 11 月 10 日尖峰時段的 43 航班，其無論係航空公司對機門偏好低重疊性或高重疊性，航空公司對機門偏好總排序皆為 100，104 年 2 月 25 日尖峰時段航空公司對機門偏好高重疊性求解結果，航空公司對機門偏好總排序為 142 比航空公司對機門偏好低重疊性之 139 來得高，可以發現隨著航班數成長及航空公司對機門偏好重疊性增加，航班將更容易指派至非偏好之機門。

表 5-27 104/2/25 尖峰時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表-以航空公司分

甲航空公司						乙航空公司			
航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門
1	A8	27	A9	48	B1	6	A5	34	A7
3	A2	28	A1	50	A5	10	A3	44	A8
8	A9	31	B3	51	A9	12	A7	47	A7
14	A5	37	A3	53	A8	15	A1	54	A6
22	A7	43	A6	55	A2	20	A4		
24	A8	45	A2			21	B1		
25	A6	46	A1			30	A5		

註：其他航空公司之指派結果予以省略

5.2.3 尖峰爆量時段

在尖峰時段，由於航班多分散在上午 9 點 35 分至 16 點 35 分，本研究所選擇之淡旺季，在各個時段之每半小時機門使用率多達到 35% 以上的使用率，而以個別機門來看，平均使用率亦達 40 至 50%，在指派結果上多符合預期。惟並沒有航班指派至遠端停機坪的現象，且 A9、B8 及 B9 等旅客出境入境距離較遠之機門的機門使用率甚低，代表在本研究所選定之尖峰時段雖航班數最多，卻均勻分配，並無過度集中之現象。

因此，為測試當時間帶分配予尖峰時段的航班大幅提升時之模式求解情形，本研究將假設 103 年 11 月 10 日及 104 年 2 月 25 日之航班成長為 1.5 倍，並將原始資料之奇數筆資料複製為 2 相同航班，因此 103 年 11 月 10 日之航班數變為 65 班，其中甲、乙航空公司分為 24 及 16 班；另 104 年 2 月 25 日之航班數變為 86 班，其中甲、乙航空公司分為 30 及 14 班。並茲就此兩日航班爆量之情形，分別以航空公司對機門偏好之重疊性，求解分析如下。

在 103 年 11 月 10 日航班爆量且甲、乙航空公司對機門有偏好的情況，倘二家航空公司分別偏好 A 機坪及 B 機坪，因此偏好具有低重疊性，當設定未加入航空公司對機門偏好時之求解結果 8,095,240 公尺為旅客總步行距離最小值，而所有航班均指派至航空公司偏好之機門，其排序為 151 設定為航空公司對機門偏好排序最小值，另所有航班均指派至遠端停機坪，其排序為 260 設定為航空公司對機門偏好排序最大值，以正規化

後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，求解結果顯示旅客總步行距離為 8,284,421 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 158，其指派結果詳如表 5-28 及圖 5-16。

表 5-28 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	A8	14	B7	27	B7	40	A3	53	B3
2	A7	15	B6	28	B6	41	A2	54	A8
3	B3	16	B4	29	B1	42	B6	55	B6
4	A3	17	A1	30	遠	43	B7	56	B5
5	A2	18	B9	31	B3	44	B8	57	B2
6	A4	19	A8	32	遠	45	A8	58	B4
7	B6	20	A2	33	A4	46	B1	59	A9
8	A1	21	B2	34	A6	47	B9	60	B1
9	B1	22	B5	35	A9	48	A1	61	A1
10	A5	23	A5	36	B2	49	A7	62	A6
11	B5	24	A7	37	A1	50	A5	63	A7
12	A6	25	A3	38	A5	51	A2	64	A5
13	B3	26	A6	39	B5	52	A4	65	A3

依圖 5-16 之機門指派結果時空圖可發現，65 筆航班中，除航班順序第 30 及 32，共 2 班指派至遠端停機坪，其餘均能指派至機門，但 9 點 35 分至 16 點 35 分之機門平均使用率相較於航班爆量前的 41.8%，大幅成長為 59.33%。

而如以個別機門來看，A1、B3/A6/B6 係機門使用率前 2 高之機門，分別為 75.56% 及 70%，另相較於航班爆量前的 A9、B8 及 B9 機門亦並未指派任何航班，現求解結果於任一機門均有航班，求解結果符合預期。

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好高重疊性之影響，如表 5-29 指派結果可見，甲航空公司 24 航班中之 19 航班、乙航空公司 16 航班中之 16 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪與 B 停機坪，符合偏好之指派率為 87.5%。

表 5-29 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司						乙航空公司			
航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門
1	A8	34	A6	53	B3	9	B1	39	B5
2	A7	35	A9	54	A8	13	B3	43	B7
4	A3	36	B2	57	B2	14	B7	44	B8
5	A2	40	A3	58	B4	18	B9	46	B1
19	A8	41	A2	59	A9	21	B2	47	B9
20	A2	49	A7	61	A1	27	B7	55	B6
30	遠	50	A5	62	A6	28	B6	56	B5
33	A4	52	A4	63	A7	29	B1	60	B1

註：其他航空公司之指派結果予以省略

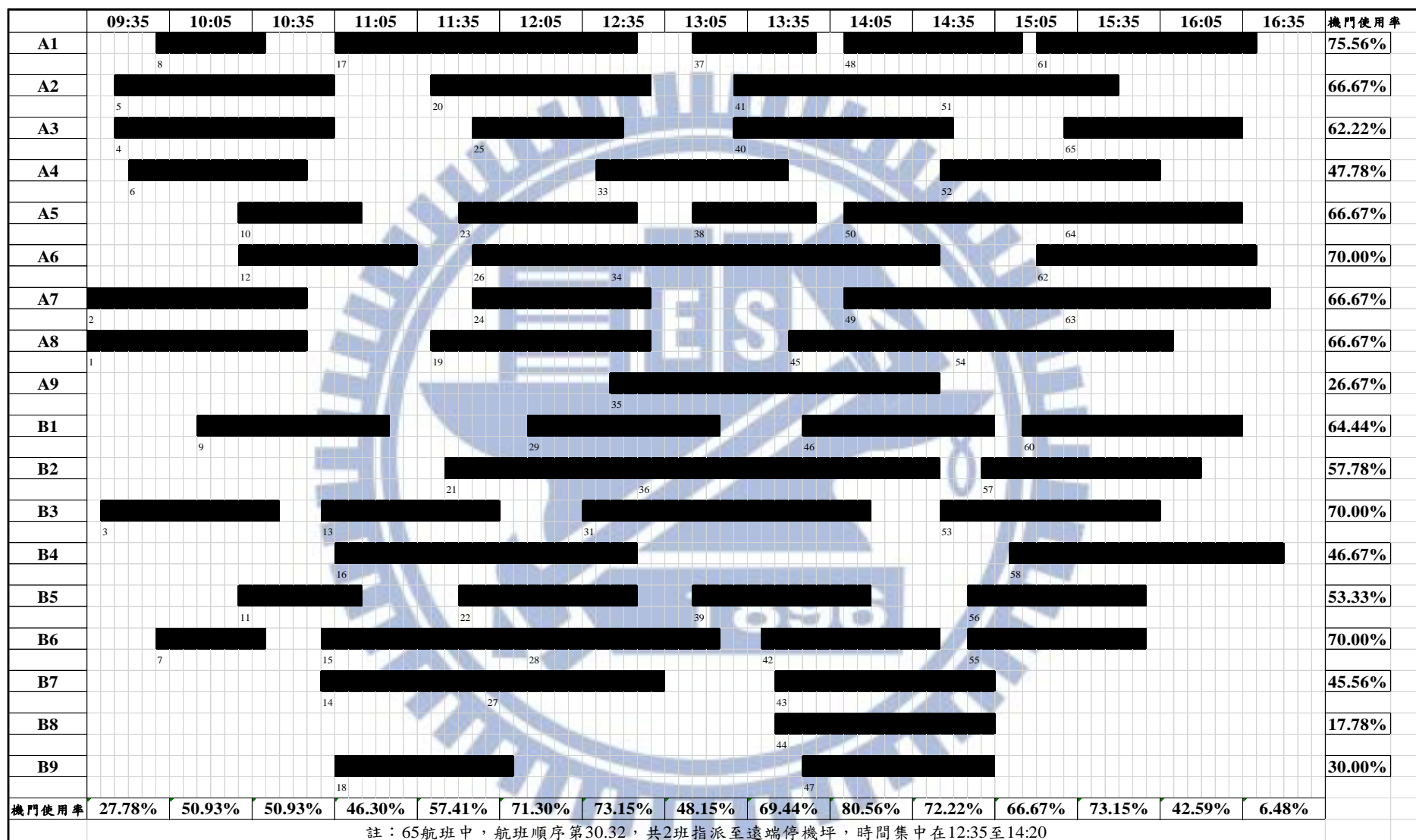


圖 5-16 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之指派結果時空圖

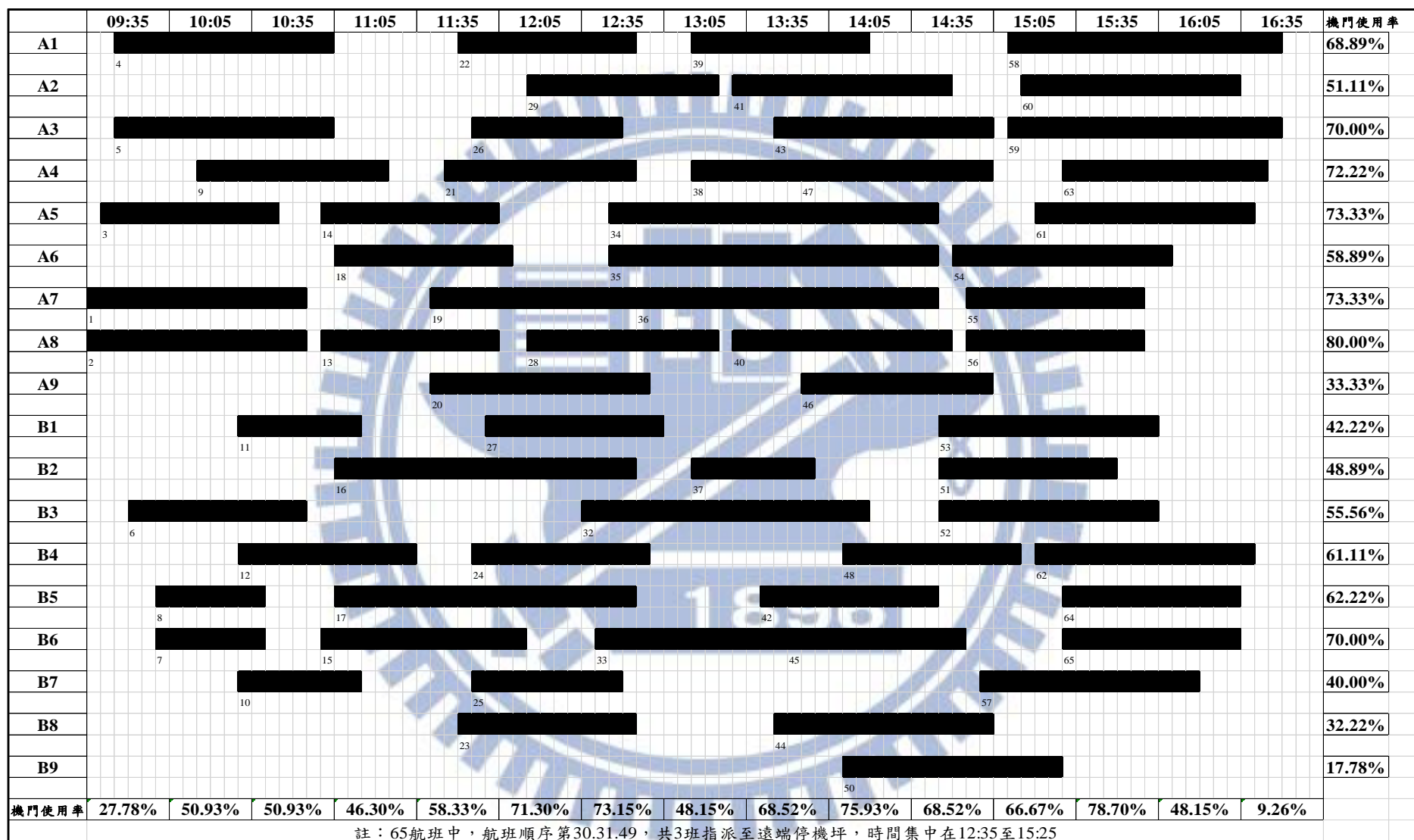


圖 5-17 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖

而在 103 年 11 月 10 日航班爆量且甲、乙航空公司皆偏好 A 機坪之情況，偏好具有高重疊性，同樣以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，然求解過程發現當達一定之[指派至空橋機門占所有旅客人數]比率之式(5)限制式將導致無解，如將此限制式移除進行求解，結果顯示旅客總步行距離為 8,604,112 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 165，其指派結果詳如表 5-30 及圖 5-17；然[指派至空橋機門占所有旅客人數]比率高達 96.65%，亦並未違反式(5)限制式，推測係航空公司對機門偏好高重疊性，造成 LINGO 套裝軟體受限於求解時間而產生無解之輸出結果。

依圖 5-17 之機門指派結果時空圖可發現，65 筆航班未均能指派至機門，12 點 35 分至 15 點 25 分間的 3 航班被指派至遠端停機坪，但 9 點 35 分至 16 點 35 分之機門平均使用率相較於航班爆量前的 41.53%，仍大幅成長為 59.52%，推測係偏好高重疊性時更有機會誘導指派部分航班至遠端停機坪所致。

表 5-30 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	A7	14	A5	27	B1	40	A8	53	B1
2	A8	15	B6	28	A8	41	A2	54	A6
3	A5	16	B2	29	A2	42	B5	55	A7
4	A1	17	B5	30	遠	43	A3	56	A8
5	A3	18	A6	31	遠	44	B8	57	B7
6	B3	19	A7	32	B3	45	B6	58	A1
7	B6	20	A9	33	B6	46	A9	59	A3
8	B5	21	A4	34	A5	47	A4	60	A2
9	A4	22	A1	35	A6	48	B4	61	A5
10	B7	23	B8	36	A7	49	遠	62	B4
11	B1	24	B4	37	B2	50	B9	63	A4
12	B4	25	B7	38	A4	51	B2	64	B5
13	A8	26	A3	39	A1	52	B3	65	B6

而如以個別機門來看，A8、A5 及 A7 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 80%、73.33%及 73.33%，另相較於航班爆量前的 A9、B7、B8 及 B9 機門亦並未指派任何航班，現求解結果於任一機門均有航班，求解結果符合預期。

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好高重疊性之影響，如表 5-31 指派結果可見，甲航空公司 24 航班中之 16 航班、乙航空公司 16 航班中之 14 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪，符合偏好之指派率為 75%。

表 5-31 103/11/10 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司						乙航空公司			
航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門
1	A7	34	A5	53	B1	9	A4	39	A1
2	A8	35	A6	54	A6	13	A8	43	A3
4	A1	36	A7	57	B7	14	A5	44	B8
5	A3	40	A8	58	A1	18	A6	46	A9
19	A7	41	A2	59	A3	21	A4	47	A4
20	A9	49	遠	61	A5	27	B1	55	A7
30	遠	50	B9	62	B4	28	A8	56	A8
33	B6	52	B3	63	A4	29	A2	60	A2

註：其他航空公司之指派結果予以省略

在 104 年 2 月 25 日航班爆量且甲、乙航空公司分別偏好 A 機坪及 B 機坪，因此偏好具有低重疊性，當設定未加入航空公司對機門偏好時之求解結果 12,757,600 公尺為旅客總步行距離最小值，而所有航班均指派至航空公司偏好之機門，其排序為 211 設定為航空公司對機門偏好排序最小值，另所有航班均指派至遠端停機坪，其排序為 344 設定為航空公司對機門偏好排序最大值，以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，然求解過程發現當達一定之[指派至空橋機門占所有旅客人數]比率之式(5)限制式將導致無解，如將此限制式移除進行求解，結果顯示旅客總步行距離為 13,526,390 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 230，其指派結果詳如表 5-32 及圖 5-18；然[指派

至空橋機門占所有旅客人數]比率高達 91.79%，亦並未違反式(5)限制式，推測係航空公司對機門偏好高重疊性，造成 LINGO 套裝軟體受限於求解時間而產生無解之輸出結果。

依圖 5-18 之機門指派結果時空圖可發現，86 筆航班未均能指派至機門，10 點 50 分至 16 點 45 分間的 11 航班被指派至遠端停機坪，但 9 點 35 分至 17 點 35 分之機門平均使用率相較於航班爆量前的 48.5%，仍大幅成長為 61.75%。

表 5-32 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	A8	19	A6	37	A3	55	A4	73	遠
2	A7	20	B8	38	A7	56	A1	74	B8
3	A6	21	A7	39	B1	57	B8	75	A6
4	A3	22	B3	40	B9	58	遠	76	A7
5	A1	23	A4	41	A8	59	B9	77	A4
6	B5	24	B9	42	A1	60	A3	78	A3
7	B1	25	A9	43	A4	61	A7	79	B7
8	A2	26	A8	44	B2	62	B4	80	A9
9	B6	27	遠	45	B8	63	B7	81	B2
10	B2	28	遠	46	A6	64	A2	82	B4
11	B3	29	遠	47	遠	65	A5	83	A1
12	A9	30	B7	48	遠	66	B3	84	A5
13	B4	31	B4	49	B7	67	B2	85	B1
14	遠	32	B6	50	B4	68	A9	86	B3
15	B7	33	B5	51	B6	69	A8		
16	A1	34	遠	52	B3	70	B5		
17	A5	35	遠	53	B2	71	B6		
18	B5	36	A2	54	B1	72	遠		



圖 5-18 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之航班機門指派結果時空圖

而如以個別機門來看，A7、B4 及 A41 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 80.39%、70.59%及 69.61%，另相較於航班爆量前的 A9、B7、B8 及 B9 機門亦並未指派任何航班，現求解結果於任一機門均有航班，求解結果符合預期。

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好低重疊性之影響，如表 5-33 指派結果可見，甲航空公司 30 航班中之 23 航班、乙航空公司 14 航班中之 13 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪與 B 停機坪，符合偏好之指派率為 81.82%。

表 5-33 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好低重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司						乙航空公司			
航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門
1	A8	40	B9	68	A9	9	B6	32	B6
2	A7	41	A8	69	A8	15	B7	45	B8
4	A3	42	A1	72	遠	18	B5	51	B6
5	A1	46	A6	75	A6	22	B3	66	B3
12	A9	47	遠	76	A7	23	A4	70	B5
21	A7	55	A4	77	A4	30	B7	71	B6
33	B5	56	A1	79	B7	31	B4	81	B2
36	A2	64	A2	80	A9				
37	A3	65	A5	82	B4				
38	A7	67	B2	83	A1				

註：其他航空公司之指派結果予以省略

而在 104 年 2 月 25 日航班爆量且甲、乙航空公司皆偏好 A 機坪，偏好具有高重疊性，同樣以正規化後使用權重法進行求解，二目標並賦予各 0.5 之權重，求解結果顯示旅客總步行距離為 13,731,560 公尺，航空公司對機門偏好總排序為 236，其指派結果詳如表 5-34 及圖 5-19。

依圖 5-19 之機門指派結果時空圖可發現，86 筆航班未均能指派至機門，11 點 55 分至 16 點 25 分間的 7 航班被指派至遠端停機坪，但 9 點 35 分至 17 點 35 分之機門平均

使用率相較於航班爆量前的 48.44%，仍大幅成長為 66.03%。

表 5-34 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果表

航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門	航班 順序	指派 機門
1	A7	19	B7	37	B3	55	B8	73	B4
2	A8	20	B9	38	B9	56	遠	74	B6
3	B6	21	A2	39	A6	57	A1	75	A7
4	A5	22	A6	40	B7	58	B5	76	B8
5	A4	23	A7	41	A5	59	遠	77	B9
6	B4	24	A5	42	A2	60	B2	78	A6
7	B3	25	B4	43	B4	61	B1	79	A8
8	B2	26	B3	44	B6	62	B9	80	B5
9	A6	27	B8	45	B1	63	A6	81	B7
10	A2	28	A3	46	A9	64	A2	82	A2
11	B1	29	遠	47	A7	65	B7	83	A1
12	A3	30	B6	48	A2	66	A3	84	B1
13	B5	31	A8	49	B2	67	A4	85	A4
14	A1	32	A1	50	A3	68	A8	86	B3
15	A4	33	B5	51	B4	69	遠		
16	A8	34	遠	52	A8	70	B3		
17	B2	35	遠	53	B6	71	A9		
18	A9	36	A4	54	遠	72	A5		



圖 5-19 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之航班機門指派結果時空圖

而如以個別機門來看，A4、A2 及 A6 係機門使用率前 3 高之機門，分別為 75.49%、73.53%及 72.55%，另相較於航班爆量前的 A9、B7、B8 及 B9 機門亦並未指派任何航班，現求解結果於任一機門均有航班，求解結果符合預期。

如分以甲、乙航空公司角度觀察航空公司對機門偏好高重疊性之影響，如表 5-35 指派結果可見，甲航空公司 30 航班中之 19 航班、乙航空公司 14 航班中之 9 航班依其偏好指派至其偏好的 A 停機坪，符合偏好之指派率為 63.64%。

表 5-35 104/2/25 尖峰航班爆量時段機門偏好高重疊性之指派結果表-以航空公司分

甲航空公司						乙航空公司			
航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門	航 班 順 序	指 派 機 門
1	A7	40	B7	68	A8	9	A6	32	A1
2	A8	41	A5	69	遠	15	A4	45	B1
4	A5	42	A2	72	A5	18	A9	51	B4
5	A4	46	A9	75	A7	22	A6	66	A3
12	A3	47	A7	76	B8	23	A7	70	B3
21	A2	55	B8	77	B9	30	B6	71	A9
33	B5	56	遠	79	A8	31	A8	81	B7
36	A4	64	A2	80	B5				
37	B3	65	B7	82	A2				
38	B9	67	A4	83	A1				

註：其他航空公司之指派結果予以省略

5.2.4 不同權重下之指派結果分析

而本研究以正規化後之權重法進行求解雙目標規劃問題，當旅客總步行距離及航空公司對機門偏好排序總和設定不同之權重，將會求解不盡相同之旅客總最小步行距離及航空公司對機門偏好最小總排序，其結果各自賦予不同意義，如以 104 年 2 月 25 日之尖峰時段之機門偏好高重疊性為例，其中甲航空公司有 19 航班(大、小機型分別為 2 班及 17 班)、乙航空公司有 11 班(皆為小機型)，總共 57 航班；如以旅客總步行距離之權

重為 0.1、0.3、0.5、0.7 及 0.9 進行指派，求解結果如表 5-36。

表 5-36 104/2/25 尖峰時段機門偏好高重疊性之不同權重求解結果一覽表

項次	1	2	3	4	5
權重-旅客總步行距離	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
權重-航空公司對機門 偏好排序總和	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
旅客總步行距離	7,531,740	7,525,507	7,565,108	7,704,678	7,552,636
航空公司對機門偏好排 序總和	139	140	142	141	149

而依據結果顯示，求解結果均較未加入機門偏好時之最小步行距離 7,419,627 公尺高，符合在加入限制式後之求解結果將會比原本差的現象，而可以發現隨著旅客總步行距離之權重增加，航空公司對機門偏好排序總和有上升之趨勢，意味著航班將逐漸不被指派至航空公司偏好之機門，但旅客總步行距離呈現不規則之情況，在此例中，當旅客總步行距離權重由 0.1 上升至 0.7，旅客總步行距離亦有逐漸上升的趨勢，但在權重為 0.9 時，旅客總步行距離下降。

推測可能原因有二，一係 LINGO 程式在求解過程中，受限於時間限制於區域最佳解即跳出，二可能因本情境有 57 航班，但僅假設甲、乙航空公司有其特定偏好之機門，餘 27 航班為其他航空公司，並無特定偏好機門，故其餘航班影響航空公司對機門偏好排序總和程度低於影響旅客總步行距離，故模式求解將會優先滿足甲、乙航空公司之機門偏好，而其餘航班之指派結果亦即擾動旅客總步行距離之高低。

再如以 104 年 2 月 25 日之尖峰航班爆量時段之機門偏好高重疊性為例，其中甲航空公司有 30 航班(大、小機型分別為 3 班及 27 班)、乙航空公司有 14 班(皆為小機型)，總共 86 航班；並同樣以旅客總步行距離之權重為 0.1、0.3、0.5、0.7 及 0.9 進行指派，求解結果如表 5-37。

依據結果顯示，求解結果均較未加入機門偏好時之最小步行距離 12,757,600 公尺高，符合在加入限制式後之求解結果將會比原本差的現象，而可以發現隨著旅客總步行距離之權重增加，航空公司對機門偏好排序總和亦有上升之趨勢，然旅客總步行距離仍呈現不規則之情況，在此例中，當旅客總步行距離權重由 0.1 上升至 0.5，旅客總步行距離亦有逐漸上升的趨勢，但在權重為 0.7 時，旅客總步行距離下降。

表 5-37 104/2/25 尖峰爆量時段機門偏好高重疊性之不同權重求解結果一覽表

項次	1	2	3	4	5
權重-旅客總步行距離	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
權重-航空公司對機門 偏好排序總和	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
旅客總步行距離	14,428,780	12,819,590	13,731,560	13,167,700	13,893,920
航空公司對機門偏好 排序總和	246	225	236	237	248

如同 104 年 2 月 25 日之尖峰時段之機門偏好高重疊性之例，推測可能原因亦同；此外本研究發現兩例在旅客總步行距離之權重設為 0.3 時，皆求得最低之旅客總步行距離，而航空公司對機門偏好排序總和亦與求解最低值差異不大，故可建議依本模式可設定旅客總步行距離之權重為 0.3，可望達到較佳之權衡解。

5.3 小結

本節將本研究建構之滿足航空公司對於機門偏好程度最大化特性之靜態機門指派模式，先以簡例驗證模式之可行性，再以臺灣桃園國際機場之相關營運資料進行實例測試及分析。在求解上，本研究以作業研究 LINGO 程式求解，其求解效果尚稱良好。此外，並針對淡旺季之區分及每日間離峰時段予以探討分析，並就航空公司對機門的偏好程度高低與否整理與比較後，從不同的角度分析並提出建議。最後提出方案分析，以測試模式之實用性，並提供機場經營人及機門指派規劃者作為參考。

第六章 結論與建議

隨著機場經營型態的改變，預期未來機門指派作業將由機場經營人結合航空公司觀點進行指派，而非僅由機場經營人角度之旅客總步行距離最小目標進行指派，如此對於航空公司之需求與期望，並無有效的回應且缺乏指派的彈性；而未來如加入航空公司觀點進行機門指派時，對於航空公司偏好之機門或有搭配的地勤業者，除可藉由航班旅客訂位狀況進行機門指派決策，亦可有效節省機坪作業之人力與物力資源，並達到航空公司之要求。有鑒於此，本研究即納入考量航空公司觀點下，並擇定桃園國際機場第一航廈，同時以國籍與外籍航空公司航班進行機門指派問題探討。依據機場現況，經由模式構建、實例應用，歸納以下之結論與建議。

6.1 結論

1. 機門指派之於機場的重要性在於指派結果之好壞，將直接影響機門使用之效率，進而影響機場的營運效率與服務水準。以往機門指派的研究，多以機場管理者觀點進行研究，並多假設各航空公司對於機門的需求及偏好並無差異，然機場經營型態改變，且航空站公司化後將與航空公司與政府形成更多元之面貌，過往之研究恐無法反映目前機場經營走向。是以，以機場經營人之觀點，納入航空公司對於機門位置之期待，無疑是未來的發展趨勢。
2. 本研究以數學規劃及系統最佳化的觀點，建構之模式考慮變數包含航班資料、旅客人數、各節點之步行距離及航空公司對機門之偏好排序等資訊，並以每一航班指派結果為決策變數、輔以航班限制、航機大小限制、至少 8 成旅客指派至空橋機門限制等。以旅客總步行距離及航空公司對於機門偏好程度排序總和為雙目標，並透過正規化程序後以權重法進行求解，最後以分支界定法及 LINGO 套裝軟體分別以不同情境進行模式求解及探討。
3. 透過小規模機場之簡例驗證，本研究提出之機門指派模式確具可行性，本研究並針對桃園國際機場實際營運資料，區分淡旺季及每日尖離峰時段予以探討分析，並就航空公司對機門的偏好程度高低整理與比較後，發現隨著航空公司對機門偏好重疊性增加，將會使指派至遠端停機坪之航班增加及更容易指派航班至非偏好之機門、機門偏好高重疊性之偏好指派率多低於偏好低重疊性、且機門偏好高重疊性之結果使單一機門使用率略減，並發現加入航空公司機門偏好時，更為集中了航班的指派，並提升單一機門的使用率等，皆符合預期，求解結果尚稱良好。
4. 本研究亦分別設定不同權重進行求解，求解結果尚符合預期；而在旅客總步行距離求解呈現不規則之情況，推測可能係 LINGO 程式在求解過程中受限於求解時間，

於區域最佳解即跳出；另可能因僅假設甲、乙航空公司有其特定偏好之機門，故其餘航空公司航班之指派結果亦即擾動旅客總步行距離之高低。依分析結果，建議依本模式可設定旅客總步行距離之權重為 0.3，可望達到較佳之權衡解。

5. 本研究之限制在於相關資料取得不易，如轉機旅客自何航班轉至另一航班、航班確切占用機門之始末時間、航空公司真實對機門之偏好等資料，本研究在不偏離現實太多的情況下，以假設及簡化方式進行探討。然如後續自航空公司取得各轉機旅客之起訖資料及其對機門之偏好程度，本研究所建構之模式亦可涵蓋相關資料並納入模式求解，並將更臻於完善。

6.2 建議

1. 本研究參考過往旅客總步行距離最小化，可能發生小飛機或載運旅客少的航班指派至較遠的機坪，未來可參考相關研究將目標函數改為平均每位旅客步行距離最小，避免航空公司大者恆大之排擠作用。
2. 考量目前全球機場之發展趨勢，均包含有效提升非航空收入目標，而旅客於機場賣店的駐足時間必將影響其消費選擇與行為，其中出境及入境旅客之消費行為與駐足時間或可能有所差異，故未來除參考相關文獻仍以旅客步行距離最小化作為一目標，似可拆分出境及入境進行探討，並以機場經營人之角度，結合吸引旅客消費之目標導入模式，使模式更符合實務。
3. 有關實務上機門限制，包含機門大小限制、機型大小之分類及相鄰機型停放等限制，未來可納入相關限制，另大小機型的分類方式，除依 ICAO 規範 A 類至 F 類航空器分類及本研究分為大小機型分類，亦可加入相關的參數進行分類，使模式更符合實務。
4. 本研究所考量之航空公司對機門偏好程度，僅以偏好排序呈現，偏好程度尚未納入使用空橋或地面接駁車收取之價格考量訂定，未來加入價格因素後，可依航空公司需求函數與願付價格修正模式，修正後之模式求解結果，亦可作為收取空橋使用費及機坪接駁車使用費之參據。
5. 本研究利用 LINGO 軟體以及 LINGO 程式語法撰寫指令進行測試求解，在使用及程式編碼上雖較其它最佳化套裝軟體方便且簡單，但面對航班數量過大之情形，LINGO 存在著求解時間過長、可能會落入區域最佳解及恐無法求解整日航班等問題。因此，建議未來可以撰寫程式如 C 語言、並使用基因演算法等啟發式解法進行求解，俾便更快速獲得可用之權衡解，以增加實際的應用性。

參考文獻

- 交通部民航局(民 100)，桃園國際機場園區綱要計畫規劃成果，臺北市：交通部民航局。
- 交通部運輸研究所(民 103)，桃園國際機場未來之發展策略與展望，臺北市：交通部運輸研究所。
- 馮正民、邱裕鈞(民 93)，研究分析方法，建都文化出版社，台北。
- 湯慶輝(民 95)，「隨機性班機延誤下穩健最佳化機門指派之研究」，*中國土木水利工程學刊*，第 21 卷，第 1 期，頁 61-71。
- 湯慶輝、王渭仲(民 101)，「考量到離場航班銜接下桃園國際機場機門指派之研究」，*運輸學刊*，第 24 卷，第 3 期，頁 305-330。
- 盧華安(民 90)，「因應班機延遲之最佳化即時機門指派」，*運輸計劃季刊*，第 30 卷，第 4 期，頁 849-869。
- Babic, O., Teodorovic, D., Tošić, V. (1984). Aircraft stand assignment to minimize walking. *Journal of Transportation Engineering* 110(1), 55-66.
- Brazile, R. P., Swigger, K. M. (1988). GATES: An airline gate assignment and tracking expert system. *IEEE Intelligent Systems* 3(2), 33-39.
- Cheng, C.-H., Ho, S. C., Kwan, C.-L. (2012). The use of meta-heuristics for airport gate assignment. *Expert systems with applications* 39(16), 12430-12437.
- Cheng, Y. (1997). A knowledge-based airport gate assignment system integrated with mathematical programming. *Computers & Industrial Engineering* 32(4), 837-852.
- Cheng, Y. (1998). A rule-based reactive model for the simulation of aircraft on airport gates. *Knowledge-Based Systems* 10(4), 225-236.
- Ding, H., Lim, A., Rodrigues, B., Zhu, Y. (2004). *Aircraft and gate scheduling optimization at airports*. Paper presented at the System Sciences, 2004. Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on.
- Ding, H., Lim, A., Rodrigues, B., Zhu, Y. (2005). The over-constrained airport gate assignment problem. *Computers & Operations Research* 32(7), 1867-1880.
- Drexler, A., Nikulin, Y. (2008). Multicriteria airport gate assignment and Pareto simulated annealing. *IIE Transactions* 40(4), 385-397.
- Etschmaier, M. M., Mathaisel, D. F. (1985). Airline scheduling: An overview. *Transportation Science* 19(2), 127-138.
- Gosling, G. D. (1990). Design of an expert system for aircraft gate assignment. *Transportation Research Part A: General* 24(1), 59-69.
- Haghani, A., Chen, M.-C. (1998). Optimizing gate assignments at airport terminals.

- Transportation Research Part A: Policy and Practice* 32(6), 437-454.
- Hamzawi, S. G. (1986). Management and planning of airport gate capacity: a microcomputer-based gate assignment simulation model. *Transportation Planning and Technology* 11(3), 189-202.
- Hamzawi, S. G. (1992). Lack of airport capacity: Exploration of alternative solutions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 26(1), 47-58.
- Jiang, Y., Zeng, L., Luo, Y. (2013). Multiobjective Gate Assignment Based on Passenger Walking Distance and Fairness. *Mathematical Problems in Engineering* 2013.
- Jo, G.-S., Jung, J.-J., Yang, C.-Y. (1997). Expert system for scheduling in an airline gate allocation. *Expert systems with applications* 13(4), 275-282.
- Mangoubi, R., Mathaisel, D. F. (1985). Optimizing gate assignments at airport terminals. *Transportation Science* 19(2), 173-188.
- Marler, R. T., Arora, J. S. (2004). Survey of multi-objective optimization methods for engineering. *Structural and multidisciplinary optimization* 26(6), 369-395.
- Su, Y. Y., Srihari, K. (1993). A knowledge based aircraft-gate assignment advisor. *Computers & Industrial Engineering* 25(1-4), 123-126.
- Tang, C.-H. (2011). A gate reassignment model for the Taiwan Taoyuan Airport under temporary gate shortages and stochastic flight delays. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on* 41(4), 637-650.
- Tang, C.-H., Wang, W.-C. (2013). Airport gate assignments for airline-specific gates. *Journal of Air Transport Management* 30, 10-16.
- Xu, J., Bailey, G. (2001). *The airport gate assignment problem: Mathematical model and a tabu search algorithm*. Paper presented at the System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on.
- Yan, S., Shieh, C.-Y., Chen, M. (2002). A simulation framework for evaluating airport gate assignments. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 36(10), 885-898.