

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

最佳化機門指派-以高雄國際機場為例 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型

計畫編號：NSC 95-2221-E-011-223-

執行期間：95年08月01日至96年10月31日

執行單位：國立臺灣科技大學工業管理系

計畫主持人：喻奉天

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：林盈君、林宗漢、趙修範

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97年01月31日

附件一

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

最佳化機門指派-以高雄國際機場為例

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 95-2221-E-011-223

執行期間：九十五年八月一日 至 九十六年十月三十一日

計畫主持人：喻奉天

共同主持人：無

計畫參與人員：林宗漢、林盈君、趙修範

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫列管
計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立台灣科技大學

中華民國九十七年一月三十一日

附件二

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：_年_月_日

國科會補助計畫	計畫名稱： 計畫主持人： 計畫編號： 學門領域：
技術/創作名稱	
發明人/創作人	
技術說明	<p>中文：</p> <p style="text-align: center;">(100~500 字)</p> <p>英文：</p>
可利用之產業 及 可開發之產品	
技術特點	
推廣及運用的價值	

- ※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
 - ※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
 - ※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。

最佳化機門指派-以高雄國際機場為例

喻奉天

國立臺灣科技大學工業管理系
106 台北市大安區基隆路四段四十三號
vincent@mail.ntust.edu.tw

中文摘要:機場是一個國家的重要交通設施，其運作的優劣會直接影響到旅客的滿意度及再訪意願。在機場運作中，機門指派作業是極為重要的一環，關係到整個機場運作的效率，適當的機門指派可以提昇旅客的滿意度、減少航空公司的成本以及讓機場運作更有效率。

目前國內機場的機門指派作業大多是以人工方式規劃，不僅缺乏系統最佳化的考量，也比較沒有效率，因此本研究以高雄國際機場為例，考量該機場的停機坪指派原則、航空公司偏好、機型停機坪相容性等條件，建構出一個整數規劃的機門指派模式，再以最佳化軟體 AMPL/CPLEX 求解此數學模式，以幫助航務人員作出最佳的機門指派規劃。實例測試結果顯示，我們的機門指派模式可以為航空公司省下可觀的地勤成本、提昇旅客的滿意度及讓高雄國際機場的管理單位更容易且有效的管理機場。

關鍵字:機場、機門指派、整數規劃、CPLEX

Abstract: Airport is an important transportation facility of a country. The operational efficiency of an airport directly affects passengers' satisfaction and their revisit intension. Gate assignment operation is central to an airport's operation and has great impact on the airport's operational efficiency. An appropriate gate assignment plan may enhance passengers' satisfaction level, reduce airlines' ground operation costs, and increase the airport's operational efficiency.

So far, gate assignment planning are done manually at most of the airports in Taiwan. This approach is neither efficient nor effective from the optimization point of view. Therefore, we study the gate assignment operation at the Kaohsiung International Airport and proposed an integer programming model for the operation that takes into account all the regulations, airline's preferences, and flight-gate compatibilities. We then use AMPL/CPLEX to solve the model. Computational results indicate that our model is capable of generating better gate assignments than the current approach in terms of passengers' satisfaction, airlines' operation costs, and airport management.

Keywords: airport, gate assignment, integer programming, CPLEX

1. 前言

國際機場是旅客進出一個國家及轉機的主要交通設施，因此機場運作的優劣直接影響到旅客對該國家的觀感及再度來訪的意願。目前台灣只有桃園國際機場、高雄國際機場和台中國際機場三個國際機場，其中台中國際機場的國際航線皆為包機，而桃園機場只提供由高雄國際機場轉機的國內航線，因此只有高雄國際機場同時兼具完整的國內及國際航班服務，此外在國際航線部份，高雄國際機場是僅次於桃園國際機場，我國主要的對外機場，所以提昇高雄國際機場的營運效率及服務品質相當的重要。因此本研究主要在探討如何以最佳化的方法來改善高雄國際機場的機門指派作業，以提昇其營運效率及服務品質。

機門指派作業是整個機場運作中相當重要的一環，適當的機門指派不但可以減少旅客的等候時間，提昇旅客的滿意度、減少航空公司的成本（行李、地勤成本等），並且可以讓機場的運作更有效率。目前國內各機場的機門指派作業大多是以人工方式規劃，不僅缺乏系統最佳化的考量，也比較沒有效率，所以本研究利用整數規劃方法，考量高雄國際機場的停機坪指派原則、航空公司偏好、機型停機坪相容性等條件，建構出一個機門指派模式，再利用最佳化軟體 AMPL/CPLEX 求解此數學模式，以幫助航務人員規劃最佳的機門指派。結果顯示，我們的模式可以為航空公司省下可觀的地勤成本、提高旅客的滿意度及讓高雄國際機場的管理單位更容易且有效的管理機場。

2. 文獻回顧

2.1 停機坪指派

停機坪是連接航空站系統空側（air side）和陸側（land side）的介面，在航機落地後或是起飛前所停留等待旅客的位置；並且提供航空公司地勤作業的場所，而停機坪指派作業會直接影響到出境或入境航機、旅客、航空公司作業等程序，若是機場停機坪調度不佳，造成旅客等候時間過久或是步行距離過長，不僅會造成旅客不滿，也因此會形成航空公司處理上的困擾，所以停機坪指派的工作顯得非常重要。

停機坪指派就是將降落到機場的班機指派到一個適當的停機坪上，使得各班機能在停機坪作業，順利的讓抵達、離開或轉機的旅客在登機門上下飛機，進而達到最佳的旅客服務滿意度。以往關於機門指派研究皆是以旅客的步行距離以及旅客等候時間最小化為主要目標，Braaksma 和 Shortreed (1971) 首先提出在航空站內部設施與各機門之間的步行距離最小化而揭開了機門指派問題（gate assignment problem；GAP）的研究。

Obata (1979) 證明了機門指派問題是屬於 NP-hard 問題後，Ali and Chen (1997) 又提出影響停機坪指派之因素有四項如下所示：

1. 到達、離開和轉機旅客的步行距離
2. 到達、離開和轉機旅客行李處理的搬運距離
3. 航空公司飛航時刻表
4. 飛機機型和停機坪的相容性

過去有許多針對機場停機坪指派問題的相關研究，這些研究大致可分類為數學模式和非數學模式兩種。

2.2 數學模型之停機坪指派模式

數學模型方法則大致可分為零壹整數規劃問題模式以及網路流動技巧構建模式兩類：

零壹（0-1）整數規劃問題模式

汪進財（1992）提出機門指派的影響因素有四個方向：旅客、航空公司、海關及航管單位，所以作者以啟發式演算法及拉式鬆弛法（Lagrangian relaxation）建構的求解程序來進行機門指派問題的最佳化，配合機門空間的使用限制數學式，以旅客總步行距離最短、旅客總延滯時間最短、旅客總步行距離與總延滯時間之加權值最小為目標，並配合機門空間之限制，建構最佳化之數學模式，來進行機門指派的作業。

Haghani and Chen（1997）提到加拿大多倫多第二國際機場在停機坪設施沒有重新設計更改下，以原有的停機坪設施，經過停機坪指派模式後，使得每位旅客的步行距離由1973年的923英尺降低成1975年的800英尺，可以節省大約123英尺的距離，作者以航空公司的飛機班機時刻表為起始解，使用分枝界限法（branch-and-bound）來解決整數規劃的停機坪指派問題。

Yan and Huo（1999）提出一個多目標的機門指派模式，以旅客步行距離和旅客等候時間為目標式，然後運用權重將多目標合成單一目標式，接者再以變數產生法（column generation）將模式求解分成兩個階段，若第一階段所求出之最佳解為整數解時就結束演算，否則就使用分枝界限法來求得整數的最佳解，使得所有旅客的步行距離和在候機室的等候時間最小，作者並以桃園國際機場為對象，進行實例測試。

傳統的主要目標在於將旅客等候時間最小化或將旅客步行距離最小化，Ding et al.（2005）則以無可用機門最小化為目標，作者假設當飛機無停機坪可使用時，必須將飛機指派到一個虛擬的機門，先利用貪婪法求出起始解後，再以模擬退火法（simulated annealing, SA）混合禁忌搜尋法（tabu search, TS）改善起始解。

Lim et al.（2005）認為傳統機門指派研究都是假設班機時刻表是固定不變的，但是在實際運作上，飛機的到達和離開時間可能會因為突發狀況而改變，所以作者考慮班機實際的起降情況，而更改飛機的起飛和降落時間，使得模式更貼近實際的機場作業。作者以最小化旅客步行距離以及班機延遲所造成成本為目標，利用動態的班機時刻表，隨時檢查班機是否有延遲的狀況（如天候、機件維修），若產生延遲時，即依照飛機載客人數給予懲罰單位，並結合時間窗（time windows）的方式來控制班機的起降時間點，然後採用均勻分配來產生每班飛機時間窗的起始點和結束點，最後使用禁忌搜尋法、演化法(memetic algorithm; MA)、基因演算法(genetic algorithm; GA) 和 CPLEX 等解法求解，並做綜合比較。

網路流動技巧構建模式

顏上堯、張家銘（1997）以靜態機門指派問題定義為一個多重貨物網路流動的問題，建構一個系統性模擬班機起降時空網路的最佳化模式。對於班機和機門的一對一服務特性，則以額外限制式加以滿足。作者以拉氏鬆弛法及次梯度法（subgradient method），配合最短路徑法（shortest path）及拉氏啟發解法所發展出一套有效的演算法，並以中正機場進行實例分析，這也是機門指派的文獻中首度以網路模式應用於機門指派問題。

陳春益、李宇欣、盧華安（1997）採用時空網路（time-space network）求解停機坪指派模式，傳統上機門指派問題，大多被建構成整數規劃模型，但是在實際應用於實務問題時，往往會成為大型問題而無法快速求解。作者嘗試運用時空網路協助進行模式的構建，所建立的模式是具有額外限制式之成本最小化流量問題。作者並以桃園機場為實例，利用分枝界限法求解，以得到整數最佳解。

2.3 非數學模型之停機坪指派模式

在非數學模型方法方面，過去的研究主要是以系統模擬或專家系統來解決機門指派的問題。

系統模擬

汪進財、張東珍（1996）提出機動調派機門之模擬指派方式，藉由飛航資訊的提供，重新指派班機至最佳位置，且飛航資訊取得越早之模式優於飛航資訊取得晚者，作者並比較動態與靜態機門指派，發現動態指派在縮減延誤時間或步行距離均優於靜態機門指派，此外，作者並考量三種指派策略：先到先指派、大型機優先、交替指派，而發展出四種指派模式，並藉由即時調整來提高機門的使用效率。

Yan et al.（2002）提出影響機場機門指派作業的因素，並將指派作業分成兩個階段：(1)規劃階段；(2)即時階段。作者提出一個評估指派作業的架構，並且以中正機場作為模擬對象，實驗結果發現此研究的模擬架構不僅可以分析靜態機門指派的班機延遲影響，也可以評估機場的緩衝時間和機門指派作業規則的訂定。

專家系統

Jo et al. (1997) 使用 CHIP (constraint handling in Prolog) 程式語言開發 RACES (Ramp Activity Coordination Expert System) 專家系統來解決機門指派的問題，作者利用韓國機場特有的知識庫和經驗所發展出來的系統，可以利用過濾技術搜索出機門位置，再以啟發式演算法的指派替代到系統裡面，直到最佳化為止。作者並以韓國金寶 (Kimpo) 機場作實例測試，產生良好的調度效果。

Lam et al. (2002) 將飛機資訊、旅客步行距離、操作規則等，存放於資料庫後，再輸入數學函數和演算法，配合原本的飛機時刻表，進行即時的機門指派工作。這個整合系統有四個主要目標：(1)最小化班機延遲次數、(2)最大化各個設施間的移動速度、(3)最小化旅客步行和行李距離、(4)最小化更改原時刻表的班機次數，作者將此系統運用於新加坡樟宜 (Changi) 機場，得到相當好的結果。

2.4 小結

由過去的研究，可以發現幾乎所有研究都將旅客步行距離列為主要目標式之一，而限制式最主要有兩條：

1. 限制一班次之班機必須指派且只能指派到一機門停靠。
2. 限制在同一時間內同一機門不可容納一架次以上之班機。

然後再依據機場本身特殊的停機坪指派原則或營運目標增加限制式和規則，有部份學者更考慮到機場各班機之間的緩衝時間 (Buffer time)、班機最大容忍延誤時間或是給予延遲班機懲罰值等，使得機門指派模式更加完善，也可以更貼近實際的機場指派作業。

3. 停機坪指派模式之建立

由於高雄國際機場的面積較小，而且轉機旅客只佔極小的部份，因此將旅客總步行距離最小化並非該機場之主要考量。當航務組人員在指派停機坪時，其最主要的目標是減少班機 (即將抵達或離開機場) 無停機坪可用而造成的等候時間以及將班機指派到外機坪所需額外增加的地勤作業成本。當班機無法指派到航空站的停機坪時，就要被指派到距離較遠的外機坪，使得地勤作業會更加困難和繁複，因此航空公司必須支付給地勤公司較高的作業費用。

針對高雄國際機場的需求，本研究以 Ding et al. (2005) 所提之模式為基礎，將最小化無可用停機坪的飛機數及航空公司地勤成本作為目標，建立最佳化的機門指派模式。

3.1 基本假設

停機坪指派作業的影響因素眾多，而重要性和處理的難易度都有所不一樣，要考量而所有的影響指派因素是不太實際的，所以本研究先排除掉一些較為顯著影響的因素，作出以下的基本假設：

1. 班機飛航班機表為已知且到達和離開的時間都依照時刻表進行。
2. 停機坪位置以及設施是固定的。
3. 班機之飛航資料已知，包括機型和各類旅客人數。
4. 到場、離場飛機作業、緩衝時間固定。
5. 各航空公司之機隊機型已知。
6. 各班機之旅客人數已知。
7. 航空公司之地勤成本已知。

3.2 參數及變數

(1) 決策變數

$U_{ijk} = 1$ ，若班機 i 在時間 j 被指派到機門 k ，否則為 0；

x_i ：班機 i 開始佔用機門的時間；

$y_{ik} = 1$ ，若班機 i 被指派到機門 k ，否則為 0；

(2) 集合及參數

- A ：航空公司之集合；
 F ：抵達、離開機場及轉機航機之集合；
 F_a ：航空公司 a 所有飛機之集合；
 F'_{tp} ： tp 型飛機之集合， tp =大型機、中型機、小型機
 G ：機場可用機門之集合；
 G_a ：航空公司 a 可用機門之集合（包含慣用及共用機門）；
 G'_{tp} ： tp 型飛機可停放機型機門之集合， tp =大型機、中型機、小型機；
 T ：機場營運時間集合；
 a_i ：班機 i 到達機場的時間；
 d_i ：班機 i 離開機場的時間；
 b_i ：班機 i 佔用機門的期間；
 c_{ik} ：班機 i 指派到機門 k 所需要之地勤成本；
 p_i ：班機 i 因延遲而所需之單位懲罰成本。

3.3 目標函數

本模式有兩個主要目標：最小化旅客等候時間成本及最小化地勤成本。

最小化旅客等候時間成本

每架班機之旅客等候時間成本 = 該班機之單位懲罰成本 \times (該班機開始佔用機門時間 - 該班機抵達機場時間)

本研究將飛機抵達機場之時間起，直到飛機開始進入機門的這段期間視為等候時間，而班機之單位懲罰成本是以該班機之旅客人數來計算，每一班機之單位懲罰成本設定為該班機之旅客人數。由於確實之旅客人數不易取得，因此本研究以該機之載客量作為旅客人數。因為載客量隨機型的不同而有變化，所以每一種機型有其不同的懲罰成本。依此所建立之目標式如式 3.1 所示。

$$\text{minimize } z_1 = \sum_{i \in F} p_i (x_i - a_i)^+ \quad (3.1)$$

最小化地勤成本

當班機 i 被指派到機門 k 時，其產生之地勤成本為 $y_{ik} c_{ik}$ ，所以以最小化地勤成本為目標所建立之目標式如式 3.2 所示。

$$\text{minimize } z_2 = \sum_{i \in F, k \in G} y_{ik} c_{ik} \quad (3.2)$$

其中地勤成本是根據飛機 i 之機型的載客量及所停靠之機門 k 計算。

我們將這兩個目標加上權重後，成為單一目標：

$$\text{minimize } z = \alpha \sum_{i \in F} p_i (x_i - a_i)^+ + \beta \sum_{i \in F, k \in G} y_{ik} c_{ik}$$

3.4 限制式

(1) 班機限制

每一架飛機由空中降落機場後，至少需有一個機門供其停靠，且該機只能停靠在一個機門。

$$\sum_{k \in G} y_{ik} = 1, \forall i \in F \quad (3.3)$$

(2) 機門限制

每一機門可以停靠不止一架飛機，但是在同一個時間點，只能夠停靠一架飛機。

$$\sum_{i \in F} U_{ijk} \leq 1, \forall j \in T, k \in G \quad (3.4)$$

(3) 時間限制

每一班機開始佔用停機坪之時間不能晚於班機抵達時間（式 3.5），起飛時間不能晚於開始佔用機門時間加上佔用機門時間。（式 3.6）。

$$x_i \leq a_i, \forall i \in F \quad (3.5)$$

$$x_i \geq d_i - b_i, \forall i \in F \quad (3.6)$$

由於我們在目標函數中加入了懲罰成本，等於將式 3.5 轉換成軟性限制，因此該限制式並不需要加入模型中。

3.5 其他限制

高雄國際機場航務組在指派班機時有許多規則，所以在指派班機停放位置時需要特別留意，本研究根據高雄國際機場的規，加入以下考慮事項：停機坪數量限制、停機坪和飛機機型相容限制、航空公司使用偏好、機場訂定的作業時間等等。

(1) 停機坪數量限制：高雄國際機場總共有 29 個停機坪可用，國內線使用航站大廈停機坪 8 個、遠端接駁機坪 4 個，國際線使用航站大廈停機坪 12 個、遠端接駁機坪 5 個，所有的班機必須在這 29 個停機坪停靠。

(2) 機型和停機坪相容性：高雄機場同時服務國內航線和國際航線，所以採用的是矩形雙航站式設計，其停機坪分為大小機坪，而每家航空公司的機型也有大小機型之分，班機的機翼必須小於停機坪的寬度才能停靠，所以每一停機坪上皆有可停放最大機型之限制，相鄰的飛機在運作時才不會造成擦撞。

$$\sum_{k \in G_{tp}} y_{ik} = 1, \forall i \in F'_{tp} \quad (3.7)$$

(3) 航空公司偏好限制：由於機場航站大廈中每家航空公司的出入境櫃檯都有固定的位置，航務組會安排慣用的停機位置給某些航空公司，以減少航空公司作業的時間。剩餘的停機位坪則由所有航空公司共用。每架飛機必須被指派到該航空公司可用之機門，包括該公司之慣用機門及共用機門，如式 3.8 所示。

$$\sum_{k \in G_a} y_{ik} = 1, \forall i \in F_a, \forall a \in A \quad (3.8)$$

(4) 作業時間限制：每班航機作業時間分為三種類型；單一離場（即飛往別的機場）、單一到場（即抵達高雄國際機場）、到場離場（轉機）等，國際線單一離場要將飛機拖入停機坪至少需要 60 分鐘的作業時間，而國內線單一離場則僅需要 30 分鐘；單一到場至少需要有 60 分鐘的停機坪作業時間，其指派作業必須符合此作業時間的限制。此限制已定義為參數 b_i 。

4. 實證分析

4.1 高雄國際機場之停機坪現況

高雄國際機場之總面積約為 244 公頃，共有航站大廈二座：國際線和國內線大廈，國際線航站大廈採用矩形雙航站大廈 (Rectangular Dual-Concourse)；而國內線航站大廈為 T 型雙航站大廈 (T-Shape Dual-Concourse) (Wirasinghe 、Vandebona, 1987)，停機坪面積約為 316,227 平方公尺，共有 37 個停機坪，其中八個停機坪停止使用，所以實際可供班機停靠之停機坪共 29 個，其中國際線專用停機坪為 21~32，而國內線專用停機坪為 11~18；其餘為共用停機坪。高雄機場每天早上六點整開始營運作業，直到凌晨十二點整宵禁，共作業十八小時。

由於高雄國際機場同時服務國內航線及國際航線，而這兩種航線又有不同的作業流程，故以下就這

兩種流程分別說明。

1. 國際線之作業流程

由於高雄國際機場國際航線之班機非常固定，所以航務組在指派停機坪位置時，是以每季為基準，一次排定一個星期的停機位置分配表，各航空公司依照航務組所排定的停機位分配表來安排飛機的起降，如果遇到特殊情況，或是有國內線接飛國際線班機時，可以事先向航務組提出申請，另行安排，否則皆必須依照航務組所排定之停機位分配表停靠。

2. 國內線之作業流程

高雄國際機場國內航線班機比國際線班機要來的多，且班次異動較為頻繁，所以國內線與國際線班機之機門指派作業並不相同。國內線班機必須每天進行機門指派作業，航務組每天必須完成次日要停靠之班機的機門指派，因此每天下午兩點之前，各航空公司必須將次日需停靠之班機的相關資料（到離場時刻、機型、旅客人數等）交給航務組，航務組根據高雄機場停機坪使用規則、航空公司習慣、作業時間等原則，指派每班飛機到最合適的停機坪上，以使各航空公司的地勤成本及旅客等候時間最小。

4.2 實驗資料收集與整理

本研究以高雄國際機場，2006年3月26日之國際線資料及2006年4月24日之國內線資料進行測試，所蒐集到之資料包括：

- (1) 各航空公司飛航時刻表(到達起飛時間、飛機機型、旅客人數)。
- (2) 機場航務組當天之各次班機停放位置表及其航機動態時間（航機滑進機坪時間及關艙時間）。
- (3) 機場停機坪異動通知單。
- (4) 高雄機場停機坪規則：包括高雄機場停機坪的數量、停機坪及各航空公司機型的相容性，與航空公司習慣偏好停機坪、各航空公司所需之地勤成本等等。

詳細資料如下：

航空公司

國際線：中華(CAL)、長榮(EVA)、復興(TNA)、日本亞細亞(JAA)、立榮(UIA)、遠東(FEA)、泰國(FDX)、馬來西亞(MAS)、越南太平洋(PIC)、越南(HVN)、澳門(AMU)、港龍(HDA)、華信(MDA)。

國內線：華信(MDA)、遠東(FEA)、復興(TNA)及立榮(UIA)。

航站大廈機門

國際線：21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、31、32。

國內線：11、12、13、14、15、16、17、18。

共用機坪

國際線：33、34、35、36、37。

國內線：5、6、7、8。

機門機型相容：必須依照各停機坪大小及各航空公司機型決定。

作業時間

機場作業時間依據機型及當時下機狀況而定，本研究依高雄國際機場設定之原則，假設抵達班機需要大約30分鐘、起飛班機需要大約60分鐘。

班機起飛時間

由於高雄航空站的開始營運時間為早上六點整到晚上十二點整宵禁，總共18個小時，所以本研究將早上六點設定為0，最大值為1080。例如七點二十分起飛的班機，輸入資料為80。

機門使用狀況

由於各航空公司慣用停機坪的關係，所以每一個停機坪皆有固定的航空公司使用，除了矩形雙航站大廳外，高雄機場另有外機坪(5~8、33~37)做為各航空公司所共用之停機坪，外機坪不管在距離上或是地勤成本上都要比航空公司慣用的停機坪來的高，所以在進行指派機門時須特別注意。

4.3 國際線指派結果及分析

模式輸入

本模式所需輸入之資料如下：

- (1) 每日航次組合數；星期一至星期日每日航次數量不同
- (2) 國際線大廈及遠端停機坪數量共 17 個
- (3) 航機抵達及離開時刻表
- (4) 各航次所屬航空公司與機型之相容性
- (5) 高雄機場之停機坪使用規則
- (6) 各航次之旅客人數是以各航次機型載客量計算

模式輸出

本研究之模型經由 AMPL/CPLEX 求解後，其輸出結果包括：最佳化指派結果、模式之總地勤成本及等候懲罰成本、各航次之離到場時間。

國際線之結果分析

由於目前國際線航次數量並沒有到達需要每日指派的動作，且大部分的班次是固定的，所以目前航務組在國際線的指派作業是以每季發佈進行。在國際線測試部分，資料來源是由航務組在 2006 年 3 月 26 日所發佈的停機坪指派表，根據每週各航空公司之航次所指派，由星期一到星期日總共七天的停機坪指派表，其中可使用停機坪總數為 17 個（國際線航站大廈有 12 個，遠端停機坪有 5 個）。根據本模式求解結果所作之分析如下：

(1) 地勤成本

高雄機場的國際線與國內線之地勤成本上並不相同，本模式指派結果之地勤成本如表 4-1 所示，可以發現本模式之地勤成本遠小於航務組指派之地勤成本，在地勤成本上有顯著的改善。

表 4-1 每日地勤成本

地勤成本	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
本模式	20800	18000	27200	16800	18800	22800	26400
航務組	50400	44400	65600	41600	44800	64400	54800

根據本模式所求出之七日總地勤成本為 150,800 元，若以相同條件下，依照航務組指派模式所計算出的總地勤成本為 366,000 元，兩者差距為 215,200，改善幅度為 59%。

(2) 旅客步行距離

在交通部民用航空局旅客反應高雄國際航空站滿意度統計表中，公共服務設施、旅客報到作業空間、行李提領設施…等項目是旅客較為不滿意的地方，所以在這些設施不是短期可以改進的情況下，航務組只能將儘量安排旅客在距離出入境較近的機門上下機，以使旅客報到作業及行李相關作業更為方便、迅速。

根據 Yan 和 Huo (2001)，旅客步行距離之估計可分為三種航次加以估算：

- i. 抵達航次：本類航次是以入境旅客為主，計算方式為入境旅客人數乘以每人平均由機門到入境大廳的步行距離。
- ii. 飛離航次：由機場飛離航次主要以出境旅客為主，計算方式為出境旅客人數乘以每人平均由出境大廳之航空公司報到櫃臺到各登機門的步行距離。
- iii. 當日起降：此類行航次包含出境與入境旅客，所以計算方式則為出入境旅客人數乘以平均步行距離的加總。

由於遠端外機坪 (5~8) 下機後是由各航空公司委託台勤公司以機場巴士接送乘客至航站大廈，應該將運送時間轉換成旅客的平均步行距離，才可以反映出實際旅客的成本，但是在轉換過程中，還有許多

其他因素需要考慮（如下機後到所有旅客上車的時間、旅客清點時間、與航站大廈距離之差異等），所以本研究將所有遠端外機坪設成一固定常數，即讓所有旅客由停機坪到航站大廈距離皆相等。

在旅客步行距離方面，依據三種航次組合之旅客計算出每天總旅客步行距離，其中出入境旅客平均步行距離，可由出入境旅客通關流程以及高雄機場平面圖加以估計，如表 4-2 所示，而旅客人數本研究假設各航次皆為載滿乘客計算。

表 4-2 國際線之出入境旅客平均步行距離（單位：公尺）

停機坪編號	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
入境旅客	800	600	400	800	600	400	800	600	400	800	600	400	1200	1200	1200	1200	1200
出境旅客	900	700	500	900	700	500	900	700	500	900	700	500	1300	1300	1300	1300	1300

表 4-3 每日總步行距離（單位：公里）

地勤成本	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
本模式	8378.7	7957.4	9121.6	8247.5	8647.8	8644.7	9303.4
航務組	10458.5	9618.4	11222	9696.3	10018	10714.3	9764.9

經由表 4-3 可以發現，雖然本研究並未將旅客步行距離納入目標式，但是由於本研究之模式幾乎將所有班機指派在航站大廈機門中，使得各位旅客步行距離也隨之減少，在出入境時可更迅速的進行通關的動作，本研究之指派結果之改善幅度如表 4-4 所示。

表 4-4 旅客步行距離改善幅度

日期	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
改善幅度	20%	17%	19%	15%	14%	19%	5%

由國際線指派結果可發現，本研究所建構之停機坪指派模式，在地勤成本與旅客步行距離等方面，表現皆比現行的航務組人工指派方法更加優異。在機場航管單位方面極力將既有的停機坪供應在機場的飛機，雖然在短期內停機坪不會在增加，但如何利用現有的設施使得機場營運更加順暢及有效率；另外在各航空公司方面盡量去縮短因為飛機停靠在遠端停機坪所需的巴士地勤成本，相對的也會使達成的旅客有較好的滿意度；最後在機場營運最重要的旅客方面，當然是必須做到迅速的讓旅客通關以及運用最近距離的出入航站大廈，盡量不讓旅客在機場耽誤太多時間，造成旅客的不方便，以降低旅客的不悅感。

4.4 國內線指派結果及分析

國內線指派所需之輸入和輸出資料與國際線相同。

國內線之結果分析

本實驗的資料來源是由 2006 年 4 月 24 日的高雄國際機場之飛航時刻表，其中旅客人數為 17,037 人，航次組合數量 140 班次、可使用停機坪總數 12 個（國內線航站大廈 8 個，遠端停機坪 4 個）。根據本模式求解之結果及分析如下：

(1) 地勤成本

如表 4-5 所示，本研究的指派結果較航務組之指派結果，節省了約 21% 的成本，此外對於機場而言，若可將旅客安排在航站大廈內上下機，會比讓旅客遠端的外機坪上，讓接駁巴士載回機場來的好，不僅

可以節省地勤成本，也可以減少旅客的不便，所以可以盡量讓旅客在航站大廈進出是較佳的指派。本模式外機坪與航站大廈之地勤成本佔總地勤成本之比例各為 62%、38%（如表 4-5 所示），相較於航務組的 63%、37%（如表 4-5）而言，本模式略優於航務組的指派結果。

表 4-5 國內線之地勤成本（單位：新台幣）

地勤成本	總成本	外機坪	航站大廈
本模式	58,400	36,000	22,400
航務組	73,600	46,400	27,200

(2) 旅客步行距離

本研究與航務組所指派結果，依照三種不同航次組合的旅客平均步行距離計算方式，所得之數據如表 4-6 所示：

表 4-6 每日各停機坪平均旅客步行距離（單位：公里）

停機坪 編號	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	17	18
本模式	709	809.1	736.4	482.4	1129.6	1210.4	1124.6	599.5	699.9	672	1728	1417.1
航務組	174.2	521.4	894.8	1284	1009	999.7	737.8	680.95	670.4	693.6	2024.5	1903.5

由表 4-7 可以看出本研究所指派的結果旅客總步行距離為 11,318 公里，相較於航務組所指派的結果 11,594 公里減少了 276 公里(2.4%)，有小幅的改善，對於旅客滿意度也有提升的作用。

表 4-7 每日旅客總步行距離（單位：公里）

旅客步行距離	本模式	航務組
總步行距離	11318	11594

4.5 小結

由地勤成本以及旅客步行距離的比較分析，可以看出本研究所使用的最佳化指派模式比起高雄機場航務組所使用的人工指派方式更為有效率，可以提升旅客對於高雄國際機場的滿意度及降低航空公司的地勤成本。

此外，由於高雄國際機場的班機起降還不算太頻繁，所以本研究之求解結果中，所有的班機，在到場時皆有可用之停機坪，所以懲罰成本均為零，亦即旅客並不需要枯坐在飛機上等候可用之機門，對旅客滿意度之提昇，將有更進一步的幫助。

5. 結論與建議

本研究以 0-1 整數規劃方法，建構以最小化航空公司地勤成本及旅客等候時間為目標的最佳化模式，並利用 Access 資料庫及最佳化軟體 AMPL/CPLEX 進行求解，得到最佳停機坪指派計劃，對航管單位、航空公司及旅客都有幫助。針對實例測試結果，本研究提出以下之結論與未來研究方向的建議。

高雄國際機場目前在停機坪指派決策方面，是以先到先指派方式及經驗法則調度停機坪，本研究考量旅客、機場航管單位及營運效率等目標，利用數學規劃方法，建構多目標決策之數學模式，並進行實例測試，得到不錯的結果，證明本研究模式之效益及實用性。

在後續研究上，雖然本研究所建構之停機坪指派模式，幾乎將高雄國際機場所有的限制列入考慮，但仍有些部分情況未能納入考量，故提出幾點建議，作為未來研究的參考：

1. 本研究為針對高雄機場所建構的指派模式，目前因航班數量並未達到非常擁擠的狀態，所以本模式在求解上能可以順利完成，考慮到日後航班可能增多，而使得模式不易求解，因此建議後續研究者可發展啟發式演算法，以因應班機飽和的狀況。
2. 本研究中之地勤成本，屬於商業機密，因此無法得知每家航空公司與台勤之簽約內容，若能取得地勤成本的實際資料，即能計算出各航空公司實際的地勤成本，使本研究模式之結果更加精確。
3. 本研究以 AMPL/CPLEX 求解，該軟體成本較高，且航務人員需要經過訓練，才能操作此軟體，因此如能以一般程式語言撰寫程式，進行求解並建構符合航務組人員需求的使用者介面，將能收到更大的效益。
4. AMPL/CPLEX 之求解時間較長，未來可考慮將部份資料作適當的處理，將問題減小，此外，發展啟發式演算法以求解也是可行之方式。
5. 本研究之模式應可經過些微修改，應用到國內另一主要機場-松山機場。

6. 計劃成果自評

本研究計劃之成果大致與原計劃相符，唯在運算時間上尚未能符合機場單位需求，且機場作業人員較無法適應本研究所用之最佳化軟體及操作介面，因此後續研究將以啟發式演算法求解本研究之整數規劃模式，以快速得到不錯的機門指派模式，並開發以 Spreadsheet 為使用界面之決策支援系統，以利實務應用。本研究之成果已分別於國內及國外研討會發表，後續將撰寫為期刊格式，發表於國外應用導向之期刊。本研究之模式應經修改後可應用到國內另一主要機場-松山機場，然近一年來，國內航線受高鐵營運之衝擊，大幅減少航班，應用本研究結果之效益已較不顯著。

7. 參考文獻

1. 朱橋榮，2001，最小化機場機門數量之研究，國立中央大學，碩士論文。
2. 汪進財，1992，“機門指派最佳化模式”，運輸規劃季刊，第二十一卷，第二期，頁 247-260。
3. 汪進財、張東珍，1996，“動態機門指派績效評估”，運輸規劃季刊，第二十五卷，第一期，頁 121-144。
4. 周義華、夏武正，1999，“航空站停機位需求之估計”，運輸規劃季刊，第二十八卷，第四期，頁 609-634。
5. 林信得、凌鳳儀，1991，航空運輸學，文笙書局。
6. 張有恆，1998，航空運輸管理，鼎漢國際顧問公司。
7. 陳春益、李宇欣、盧華安，1997，“時空網路運用於機門指派問題之研究”，運輸學刊，第十卷，第三期，頁 1-20。
8. 游守田，2004，停機坪即時性調度之研究，國立成功大學，碩士論文。
9. 盧華安，2001，“因應班機延遲隻最佳化即時機門指派”，運輸規劃季刊，第三十卷，第四期，頁 849-870。
10. 顏上堯、張家銘，1997，“機門指派最佳化之研究”，中國土木水利工程學刊，第九卷，第三期，頁 491-500。
11. 顏上堯、韓復華、霍俊明，1998，“大型機門指派問題最佳化”，中國工業工程學刊，第十五卷，第三期，頁 245-254。
12. Andrew L., Brain R., and Yi Z., 2005, “Airport Gate Scheduling with Time Windows”, Artificial Intelligence Review, Vol.24, pp.5-31.
13. Babic O., Teodorovic D., and Totic V., 1984, “Aircraft Stand Assignment to Minimize Walking”, Journal of Transportation Engineering, Vol.110, No.1, pp.55-66.
14. Bloot A., 2001, “Models and a genetic algorithm for static aircraft-gate assignment problem”, Journal of the

Operational Research Society, Vol.52, pp.1107-1120.

15. Bloat A., 2001, “Models and A Genetic Algorithm for Static Aircraft-gate assignment”, Computers & Industrial Engineering, Vol.21, pp.101-105.
16. Cheng Y., 1997, “A Knowledge-based airport gate assignment system integrated with mathematical programming”, Computers & Industrial Engineering, Vol.32, No.4, pp.837-852.
17. Geoffrey G., 1990, “Design of an Expert System for Aircraft Gate Assignment”, Transportation Research-A, Vol.24A, No.1, pp.59-69.
18. Haghani A., and Chen M. C., 1997, “Optimizing Gate Assignments at Airport Terminals”, Transportation Research Part A, Vol.32, No.6, pp.437-454.
19. Henry D., and Andrew L., 2004, “Aircraft and Gate Scheduling Optimization at Airports”, Proceeding of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences-2004.
20. Henry D., Andrew L., Brain R., and Yi Z., 2005, “The over-constrained airport gate assignment problem”, computers & operations research, Vol.32, pp.1867-1880.
21. Horonjeff R., and Mckelvey F. X., 1993, Planning and Design of Airports, 4th Edition, McGraw-Hill.
22. Jo G. S., Jung J. J., and Yang C.Y., 1997, “Expert System for Scheduling in an Airline Gate Allocation”, Expert Systems With Applications, Vol.13, No.4, pp.275-282.
23. Lam S. H., Cao J. M., and Fan H., 2002, “Development of an intelligent agent for airport gate assignment”, Journal of Air Transportation, Vol.7, No.2, pp.103-114.
24. Obata T., 1979, “The Quadratic Assignment Problem: Evaluation of Exact Heuristic Algorithms”, Technical Report TRS-7901, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York.
25. Robert F., David M. G., and Brain W. K., 2002, A modeling language for mathematical programming, Second Edition, THOMSON.
26. Salah G. H., 1986, “Management and planning of airport gate capacity: a microcomputer-based gate assignment simulation model”, Transportation Planning and Technology, Vol.11, pp.189-202.
27. Srihari K., and Muthukrishnan R., 1991, “An expert system methodology for aircraft-gate Assignment”, Computers & Industrial Engineering, vol.21, pp.101-105.
28. Su Y. Y., and Srihari K., 1993, “A knowledge based aircraft-gate assignment advisor “, Computers & Industrial Engineering, Vol.25, pp.123-126.
29. Wirasinghe S. C., and Bandara S., 1990, “Airport Gate Position Estimation for Minimum Total Costs —Approximate Closed Form Solution”, Transportation Research Part B, Vol.24B, No.4, pp.287-297.
30. Wirasinghe S. C., and Vanderona U., 1987, “Passenger Walking Distance Distribution in Single-and Dual-Centralized Airport Terminals”, TRR1147, pp.40-45.
31. Yan S. Y., and Huo, C. M., 2001, “Optimization of Multiple Objective Gate Assignments”, Transportation Research-A, Vol.35, pp.413-432.
32. Yan S. Y., Shieh, C. Y., and Chen, M. J., 2002, “A simulation framework for evaluating airport gate assignments”, Transportation Research-A, Vol.36, pp.885-898.

出席國際學術會議心得報告

計畫編號	NSC 95-2221-E-011-223
計畫名稱	最佳化機門指派-以高雄國際機場為例
出國人員姓名 服務機關及職稱	喻奉天/國立台灣科技大學工業管理系助理教授
會議時間地點	泰國曼谷
會議名稱	Eighth International Conference on Operations and Quantitative Management
發表論文題目	Optimizing Gate Assignments: A Case Study of the Kaohsiung International Airport

一、參加會議經過

本人於 10 月 16 日抵達曼谷，10/21 日返回台北，會中發表之論文題目為 “Optimizing Gate Assignments: A Case Study of the Kaohsiung International Airport”，編號為 A165，發表場次為 TD1，該場次之時間為 10 月 18 日星期四下午 3:20-5:00。因為是被安排在第一位發表，所以有充份的時間和與會人士交流，與會學者關心的在於其實用性，本人亦就研究結果之實用性及後續研究加以說明。

此次發表之論文摘要如下：

A165 Optimizing Gate Assignments: A Case Study of the Kaohsiung International Airport

Vincent F. Yu, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan

vincetn@mail.ntust.edu.tw

Yung-Hung Chen, Universal Scientific Industrial Co., Ltd. (USI), Taiwan

westpci@yahoo.com.tw

We consider the airport gate assignment problem (GAP) that arises in the daily planning/operations of the Kaohsiung International Airport (KIA), the second largest airport in Taiwan. Currently the

daily gate assignments are made manually by planners at the KIA. We formulate the GAP as a multi-criteria integer programming model. The model takes into account all the restrictions, preferences, complications and business rules imposed by the KIA and commercial airlines using KIA. Computational results indicate that the proposed model is able to create gate assignments more effectively and efficiently.

二、與會心得

2007 年之 ICOQM-8 (Eighth International Conference on Operations and Quantitative Management) 研討會，於 2007 年 10 月 17 日至 10 月 20 日在泰國曼谷 (Bangkok, Thailand) 舉行，會議地點是在 Assumption University 舉辦。本次會議主辦單位為 AIMS International, International Forum of Management Scholars (INFOMS) 及 Assumption University 的 ABAC School of Management。本研討會吸引了來自世界各地管理學術界超過數百人與會，。本年度投稿論文很多，經過審查通過在會議中發表之論文共有來自世界各國一百多篇論文及海報展示。每天會議從上午九點開始安排到下午五點左右，上午為演講，下午則分兩個時段進行論文發表，每一時段同時有四個不同主題分別在不同房間發表，在晚間大會都安排了餐會及會後節目，以促進與會學者間的交流。本次會議論文發表內容和主題包括了：經濟模型、最佳化、消費者行為、決策制訂、運籌策略、OR/MS 模型、排程、服務業研究、組織策略、個案研究、資訊系統、計量管理、供應鍊管理、生產管理、學習與教學、國際人力資源管理、全球企業研究、銀行產業研究，產能管理、創業研究、領導研究、企業策略、人力資源管理、產業應用及國際管理，此外並舉辦了博士論文競賽。

Assumption University 為泰國知名之私立大學，研討會地址在其於郊區新設之校區舉行，建築非常氣派、環境亦十分優美，然而本人覺得在此研討會發表之論文品質並不如預期的好，會議地點也太偏遠，離曼谷市區尚有一個小時車程，塞車時需兩小時才能回到市區，是美中不足的地方。