

因應臨時事件機場共用櫃檯即時指派 之研究¹

REAL-TIME REASSIGNMENTS OF COMMON-USE COUNTERS FOLLOWING AIRPORT INCIDENTS

顏上堯 Shangyao Yan²

杜宇平 Yu-Ping Tu³

陳怡妃 Yi-Fei Chen⁴

(91 年 9 月 28 日收稿，92 年 1 月 22 日第一次修改，92 年 2 月 21 日
第二次修改，92 年 12 月 31 日定稿)

摘 要

一般而言，機場之共用櫃檯若受臨時事件影響，而發生無法按預定規劃內容營運之情形時，櫃檯租用情形需做重新調整，以維持機場正常之運作。若機場營運者指派櫃檯不當，則將造成使用者成本的增加或機場服務水準的降低。因此在遭遇臨時事件後，如何有效的即時指派班次至適當的共用櫃檯，以維持機場服務水準及降低使用者成本，對機場當局而言，甚為重要。本研究針對機場發生臨時事件時進行共用櫃檯之指派作業，以班次櫃檯指派之擾亂值最小為目標，並考量相關營運限制，發展二個即時性共用櫃檯指派模式，以幫助機場當局規劃適

-
1. 本研究承行政院國家科學委員會專題研究補助 (NSC90-2416-H-366-009)，特此致謝。作者亦感謝二位審查委員寶貴的修正意見，使本文更為完整與嚴謹。
 2. 國立中央大學土木工程學系教授(聯絡地址：320 中壢市中大路 300 號中央大學土木工程學系；電話：03-4227151 轉 4141；E-mail：t320002@cc.ncu.edu.tw)。
 3. 樹德科技大學工業管理學系助理教授 (聯絡地址：824 高雄縣燕巢鄉橫山村橫山路 59 號樹德科技大學工業管理系；電話：07-6158000 轉 4517；E-mail：yupingtu@mail.stu.edu.tw)。
 4. 國立中央大學土木工程學系碩士。

宜的暫時共用櫃檯指派組合。此二模式可定式為零壹整數規劃問題，本研究並利用數學規劃軟體 CPLEX 求解問題。為測試模式的實用績效，本研究以國內一國際機場之現況營運為例，進行範例測試，結果顯示本研究模式應可為實際營運之參考。

關鍵詞：臨時事件；共用櫃檯；即時指派；擾動值；零壹整數規劃問題

ABSTRACT

In general, when the normal operations of airport common-use counters are affected by incidents, the airport staff usually have to reassign some departure flights to some common-use counters in real-time to keep on the operations. When such reassignments are improperly performed, it would result in increased cost on the users or decreased level of service of the airport. Therefore, it is important for airport authorities to efficiently and effectively reassign flights to common-use counters in real-time following airport incidents to maintain the airport service quality and to reduce the user cost. Hence, in this research we examined the objective of minimizing the total inconsistency of flights to common-use counters with related operating constraints. Two models were developed to help the airport authority properly reassign flights to common-use counters in real-time following incidents. These two models are formulated as zero-one integer programs, which are solved using the mathematical programming solver, CPLEX. To test how well the proposed models may be applied in real world, we performed a case study concerning the operations of an international airport in Taiwan. The results show that the proposed models are useful for actual operations.

Key Words: Airport incident; Common-use counter; Real-time assignment; Inconsistency; Zero-one integer program

一、前言

由於機場營運的績效與整個航空站作業效率息息相關，而現實生活中機場管理者經常要面對營運時許多非預期性的突發事件，因此若無法因應當時情況有效率地即時調整，其結果將降低機場之服務水準，並間接影響減少航空公司之營運利潤。一般而言，影響機場共用櫃檯預定營運指派之臨時事件，可分為櫃檯外部擾動之空邊 (air-side) 事件及內部擾動之地邊 (ground-side) 事件兩者。空邊臨時事件如跑道封閉、機門受天候影響而關閉等，通常直接影響班次的起降，造成飛航班表重新調整，進而間接影響櫃檯租用情形，並視班次變動程度，即時調整租用櫃檯之指派。地邊臨時事件如櫃檯電腦當機、機場臨時斷電、行李輸送帶無法運轉等，係指機場內的服務設施發生臨時事件，通常直接影響櫃檯使用情形，造成櫃檯部分或全面性無法提供服務，而需即時調整租用櫃檯之指派。然而，無論何種型態之臨時事件，均使得櫃檯事前規劃之租用表適用性降低。臨時事件所造成正常營運

狀況之擾動，皆對機場或航空公司之經營有所影響。然而，由於機場係屬大眾運輸系統中之場站，影響旅客甚鉅，故一般而言，降低事件之擾動應為機場管理當局所需積極面對之問題，而航空公司應扮演協助之角色。

事實上，櫃檯即時指派過程中除了需考量班次本身租用櫃檯的限制之外，如：租用櫃檯數量、租用時間長度、櫃檯實際使用狀況等，尚需考量臨時事件發生相關之時點、調整班次、櫃檯擾動時窗等因素，實屬複雜之問題。若機場營運者不當或低效率的調整共用櫃檯指派，將因而減少營利及降低服務水準。因此，如何於短時間內同時考慮機場營運當局、旅客、航空業者成本，並有效地調整櫃檯指派，使系統擾動狀態能儘速地恢復至正常營運，實乃機場當局所關切之課題。

近來，有少數研究曾探討共用櫃檯指派之營運規劃問題，如 Chun^[1] 曾以機場營運者角度針對航空公司提出租用機場櫃檯之時間與數量進行一排程研究，主要探討在機場櫃檯數有限情況下，如何滿足航空公司的需求。該研究中將此問題構建為 CSP (Constraint-Satisfaction Problems)，並發展 MDA (Multi-Dimension Scheduling Algorithm) 演算法求解。之後，Chun^[2] 又發展智慧化資源模擬系統 (IRSS, Intelligent Resource Simulation System) 並應用於機場櫃檯分配系統 (CCAS, Check in Counter Allocation System)。湯慶輝^[3] 曾針對目前共用櫃檯以人工指派方式缺乏系統性之考量，發展一整數規劃模式，求解最佳化共用櫃檯指派組合。該篇研究首度以擾亂度定義不同單天櫃檯指派結果下之差異，並以旅客步行距離最小為目標，利用單體法 (simplex method) 配合分枝界限法 (branch and bound) 求解該數學模式。上述文獻均屬規劃面之共用櫃檯指派研究，至於因應臨時事件之共用櫃檯即時指派之研究，則尚未發現有文獻探討。

與航空即時營運擾動問題相關之研究中，Etschmaier 和 Rothstein^[4] 曾考量飛機短缺而造成排程擾動的情形，構建一模擬模式，以評估飛機是否準時，其在排程調整的處理上是以負效用最小為目標，配合局部搜尋的方法求解。Etschmaier 和 Mathaisel^[5] 曾說明排程擾動的主要因素有機件故障、人員排程問題、需求變動等因素。Teodorovic 和 Guberinic^[6] 則根據 Etschmaier 和 Rothstein 的觀念，以旅客總延滯時間最小為目標。構建一非線性整數規劃模式。Deckwitz^[7] 曾提出調派飛行 (positioning flight) 及滑移 (sliding) 航次觀念，以因應擾動調整排程。Teodorovic 和 Stojkovic^[8] 針對擾動之飛航排程構建一模式，以取消的班次為最小為主要目標，及以旅客總延滯最小為次目標，並發展一 greedy 啟發解法求解。Krishnamurthy^[9] 以含額外限制之最小成本網路流動模式探討飛機不足時，如何即時調整飛航排程。顏上堯與羅智騰^[10] 針對單機種於營運時因應預測性飛機維修調整之事件，利用時空網路技巧，建立一維修排程模式。Yan 和 Yang^[11] 針對單機種直達航次的營運，當飛機突然故障時，以時空網路構建數種事件擾動的飛航排程模式。Yan 和 Lin^[12] 針對單機種之營運，在機場突然關閉之情況下，發展不同之策略模式。Yan 和 Tu^[13] 則進一步發展出多機種多停靠之飛航排程模式，以處理飛機暫時短缺時之擾動排程。

由上述可知，目前國內外文獻尚無針對在機場發生臨時事件下，共用櫃檯指派作業問題的研究，故本研究即針對此一問題，並考量機場櫃檯實際營運之情況，如班次時間表、

臨時事件發生時點與結束時點、櫃檯擾動與指派時點，透過系統化分析以電腦快速求解，其主要目的為改善目前國內實務界缺乏效率的人工調整方式，考慮共用櫃檯靜態指派之原則以及針對旅客與航空公司實際面臨此狀況之問題特性，建立共用櫃檯即時性指派模式，期能幫助機場營運者，有效解決櫃檯面臨機場發生不同型態臨時事件之即時指派，使指派作業更具實用性。本文其餘內容如下：第二節建立模式，第三節發展模式求解方法，第四節進行範例測試與結果分析，第五節提出結論與建議。

二、模式建立與求解方法

一般而言，在空邊性臨時事件中，當班表重新調整後部分班次延誤或取消時，櫃檯便無法依原租用表提供服務。此種櫃檯本身設施仍可正常運作下，但受臨時事件因素而需重新調整櫃檯分派之情況，主要為櫃檯受事件間接影響，故屬於外部擾動下的即時指派。在地邊性臨時事件中，事件通常對櫃檯造成立即地影響而使得部分或全部櫃檯無法正常作業。此種臨時事件造成櫃檯必須重新調整之情況，主要為櫃檯本身直接受臨時事件影響，因此屬於櫃檯內部擾動下的即時指派。值得說明的是，在櫃檯外部擾動事件中，櫃檯依據航務組排定的新飛航班表進行即時指派，而在櫃檯內部擾動事件中，櫃檯乃依據原始的班表進行即時指派，指派後的結果則進一步作為航務組調整班表的依據。

無論何種型態之臨時事件，其結果均使得櫃檯直接或間接受影響，導致原先指派的結果適用性降低，造成使用者不便，機場服務品質降低。臨時事件所造成正常營運狀況之擾動，皆對機場或航空公司之經營有所影響。然而，由於臨時事件引發的使用者擾動成本與機場櫃檯指派的營運方式密切相關，且機場係屬大眾運輸系統中之場站，其服務水準影響大眾旅客權益甚鉅，因此降低事件之擾動應為機場管理當局所需積極面對之問題，而航空公司亦應扮演協助之角色。目前國內機場對於臨時事件下櫃檯即時指派作業，其方式仍採用人工指派。指派的方法為重新將班次指派至可使用的櫃檯上，只考慮櫃檯是否提供足夠的數量，然而，整個機場作業流程環環相扣，若僅考慮櫃檯數目，實難為機場營運系統最佳化之方式。因此，在櫃檯即時指派過程中，如何兼顧使用者感受程度及機場營運績效，於一定時間之內將班次重新分派至可使用的共用櫃檯上，使櫃檯租用情形能夠於短時間內回到與原預定的情況相同，實為一重要課題。

為了有效利用櫃檯資源使旅客能夠依預期時間完成報到手續、航空公司櫃檯人員照常服務等，當局可考量目前可使用櫃檯、受影響之班次重新進行指派。而臨時事件造成班次起飛時間異動之數量、延後起飛時間、事件結束時間等均是櫃檯即時指派考量之重要因素。

一般機場對於航空公司租用之報到線數有最小數量之限制，因此本研究參考湯慶輝^[3]將櫃檯依報到線數劃分成不同區塊 (block) 之方式作為指派的單位。各班次則依據其報到線數及時段，分派至其所屬之區塊中。圖 1 為一區塊劃分之示意圖。圖中之橫線代表各報到線 L1、L2、L3...L13，有箭頭之直線代表各區塊之範圍及編號，如圖中 B1、B2 及 B3。

茲以圖中左邊之櫃檯為例，各區塊包含 5 條報到線，例如區塊 B1 包含 L1 至 L5 之報到線，B2 包含 L2 至 L6 之報到線，B3 則包含 L3 至 L7 之報到線。如此，含五條報到線之區塊數為 9 個，右邊櫃檯則表示包含 6 條報到線之區塊，其總區塊數為 8 個。此方式的優點在於符合實際機場櫃檯租用規定，且在指派上將櫃檯所包含的報到線均納入考量。

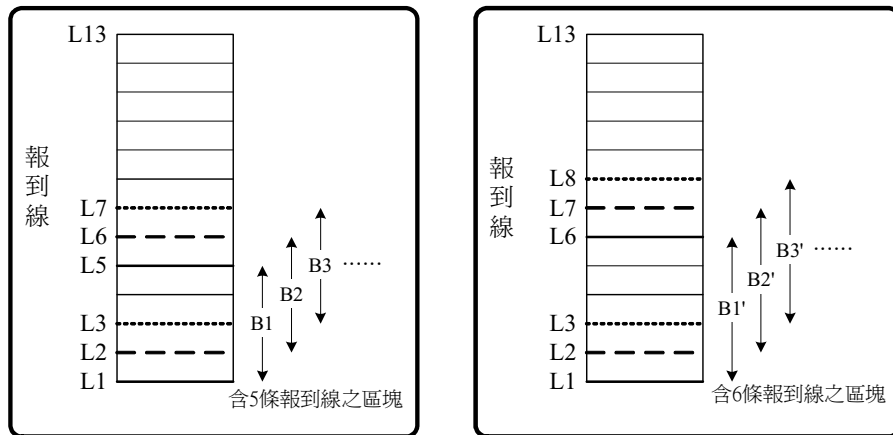


圖 1 櫃檯區塊劃分示意圖

本研究針對機場櫃檯受臨時事件影響下，考量臨時事件發生當時班次租用櫃檯情形、櫃檯使用狀況、預期事件結束時間等因素，建立櫃檯即時指派系統中相關時點。再利用確定之時點界定出櫃檯擾動時窗、調整時窗，進而決定調整班次、指派時窗以進行櫃檯即時指派作業。對於櫃檯即時指派中相關時點之定義，分述如下：

事件發生時點：為機場臨時事件發生的時間點。

事件結束時點：為臨時事件處理結束，機場能夠再次正常營運的時間點。

櫃檯擾動時點：為臨時事件造成櫃檯可能無法按原租用表正常租用的最早時間點。

櫃檯指派時點：為可進行櫃檯即時指派之最早時點。

櫃檯穩定時點：自此時點開始櫃檯可依原有的租用表服務之時間點。

指派櫃檯：為臨時事件影響下，可供航空公司租用以進行旅客報到作業的櫃檯。

調整班次：為需重新指派櫃檯之班次。

櫃檯指派時窗：為進行櫃檯即時指派之時間區段；意即將調整班次重新分派至指派櫃檯之時間帶。

虛擬櫃檯：當機場發生臨時事件造成櫃檯原租用表不適用而需重新進行指派時，若欲在短時間內處理櫃檯擾動情形使其儘速恢復至規劃，極有可能出現櫃檯數不敷使用情形。此時為了使櫃檯能在預期時間內回到穩定狀態，本研究在模式中以虛擬櫃檯方式以避免無法求解的情況。然而，實際應用上虛擬櫃檯的作用相當於設

立臨時櫃檯，而模式求解結果中，虛擬櫃檯數目可作為營運者在處理櫃檯即時指派中，設立臨時櫃檯數目一個參考的依據。臨時櫃檯因屬於非規劃內之設備，在使用成本上較一般櫃檯高出很多。

延後租用時間：當臨時事件發生在機場尖峰時段中，可能無法在櫃檯指派時窗內將調整班次指派完畢。若採用設立臨時櫃檯之做法，又將帶來高成本的支出，因此本研究建立一允許班次延後租用櫃檯時間之模式。機場營運者基於班次所屬之航空公司、班次旅客數、櫃檯目前使用狀況等因素，可對任一調整班次制定最大容許延後時間。在最大容許延後時間內皆為可接受之指派時間。此種方法的優點為可避免櫃檯數不足的情形，減少臨時櫃檯的使用數量，使班次在租用櫃檯時間上較具有彈性。站在機場營運者或是航空公司的角度上，此種方式能夠節省額外的成本支出。但就旅客角度而言，原本預定之報到時間受延遲，旅客反而增加了等待時間成本，因此可以系統角度權衡選擇系統最佳的做法。

擾動值：站在系統的角度，實際營運時受臨時事件影響，導致真正營運內容與規劃內容有差異者，對系統而言即屬於擾動 (perturbation)。為了反應櫃檯指派受臨時事件之變動程度以及指派結果對系統造成的影響，本研究將與櫃檯系統所包含之相關人員因櫃檯指派前後所產生的成本做為衡量櫃檯擾動值 (inconsistency value) 的標準。此處所指之櫃檯系統內之相關人員包括機場營運者、航空公司櫃檯作業人員、該班次的旅客等。櫃檯擾動造成的成本主要可分為兩種，分別為空間成本與時間成本。對於同一班次因臨時事件重新指派至不同的櫃檯，區位上的差異所產生的相關成本即屬於空間成本；而同一班次無法依預定租用時間使用櫃檯，時間上差異產生的相關成本即屬於時間成本。本研究將使用者的空間成本與時間成本分別定義為空間擾動值與時間擾動值。指派結果與原本預定之櫃檯距離愈近的即代表空間擾動值愈小，反之則愈大；指派結果與原本預定之櫃檯時間愈近的，即代表時間擾動值愈小，反之與原本預定之櫃檯時間點愈遠的，即代表時間擾動值愈大。

為說明機場臨時事件與共用櫃檯即時指派時點之關係，以下以兩個假設性例子及圖例說明之。首先，假設中正國際機場在某日上午十時因臨時事件使得機場需暫時關閉一條跑道，此為一櫃檯外部擾動事件。為了機場營運上考量，機場營運者決定重新調整班次的起降。當班機時刻表需重新安排時，原櫃檯租用表即不適用，故需進行櫃檯即時指派求得新租用表。圖 2 表示共用櫃檯在上述空邊臨時事件中即時指派之相關時點圖。在原共用櫃檯租用班表上，臨時事件發生後第一個租用區塊開始租用時間為櫃檯擾動時點。而櫃檯指派時點則需視新班表產生時點而定。若新班表的產生時間早於櫃檯擾動時點的情況下，則櫃檯指派時點等於櫃檯擾動時點 (即圖 2 中櫃檯擾動時點，上午十一時)。若新班表完成排定時間晚於櫃檯擾動時點之情況下，由於班表確定之前，櫃檯無法決定服務的班次，因此櫃檯最早可以進行指派時間需待至新班表產生 (即圖 2 中櫃檯指派時點 2，十二時)。

假設當局預測跑道可重新使用之時間為下午一時，而在新飛航班表中最後一個與原飛航班表起飛時間不同之班次為編號 7 之班次。因此櫃檯穩定時點即為原櫃檯租用表中班次編號 7 之結束租用櫃檯之時間點，即下午三時三十分。

依上述時點之定義，我們可界定出櫃檯擾動時窗為上午十一時至下午三時三十分；指派時窗為十一時至下午三時三十分（若櫃檯指派時點為上午十二時，則其指派時窗為十二時至下午三時三十分）；調整班次為編號 3~7 之班次；指派之櫃檯則為所有可正常使用之櫃檯。

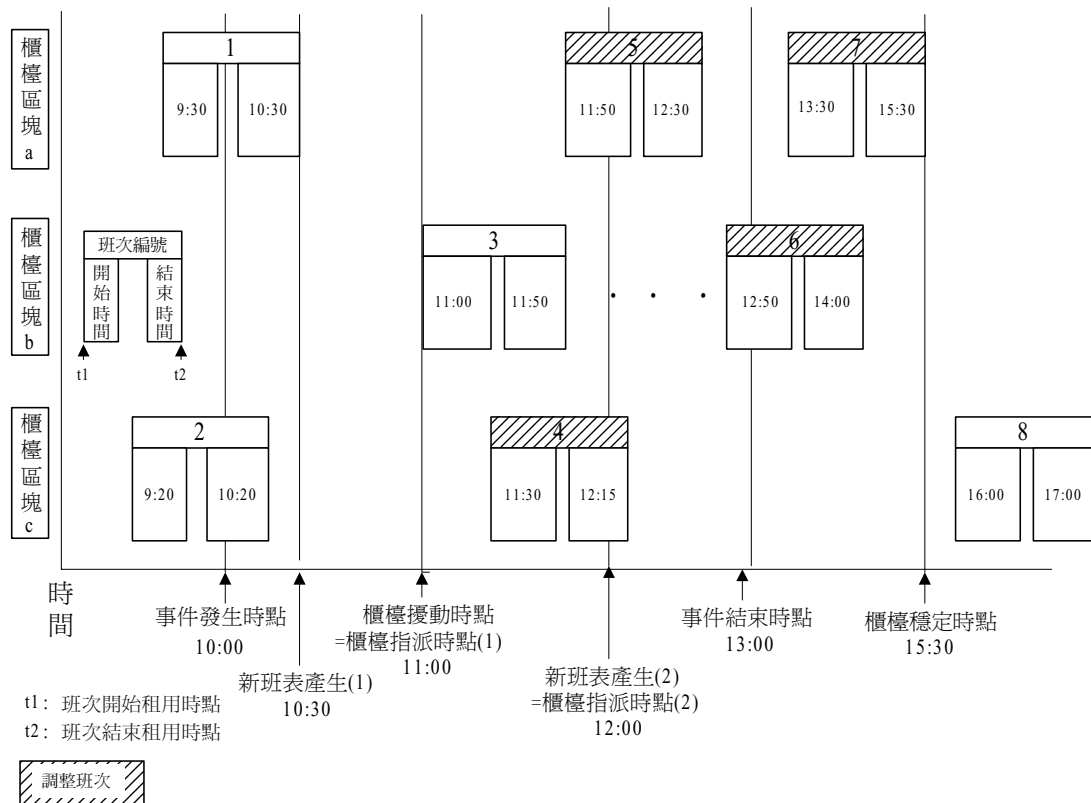


圖 2 共用櫃檯外部擾動即時指派示意圖

接下來說明當共用櫃檯本身發生臨時事件時，造成櫃檯部分或全面暫停使用的情況下，共用櫃檯即時指派之相關時點。假設中正國際機場於某日上午十時櫃檯發生當機，造成某邊櫃檯無法使用，其中包括櫃檯區塊 a (櫃檯區塊 b 與 c 位於其他作業正常之櫃檯)。

班次 1 原預定於上午九時三十分租用櫃檯區塊 a，此時受臨時事件影響無法繼續進行旅客報到作業。相同地，該時點之後原租用櫃檯區塊 a 的班次，亦無法提供旅客於該櫃檯進行報到作業。此情況下的櫃檯擾動時點為事件發生時點，櫃檯指派時點亦為櫃檯擾動時點，即等於上午十時（如圖 3 所示，櫃檯指派時點 1）。假設當局預測櫃檯於下午一時可修

復完畢正常使用，由櫃檯原租用表上可發現事件結束時點上恰有編號 6 班次與編號 7 班次。此時，櫃檯穩定時點為兩個班次中較晚之結束租用櫃檯之時間點，意即圖 3 中班次編號 7 之結束租用櫃檯時間。值得說明的是，當臨時事件為共用櫃檯全面性無法使用時，櫃檯指派時點為事件結束時點，即等於下午一時（如圖 3 所示，櫃檯指派時點 2）。

因此，依照上述之定義，即可界定出櫃檯擾動時窗為上午十時至下午二時，指派時窗為十時至下午二時（當櫃檯指派時點為下午一時，則其指派時窗為下午一時至下午二時）；調整班次為編號 3~7 之班次；指派櫃檯則為所有可正常使用之櫃檯。

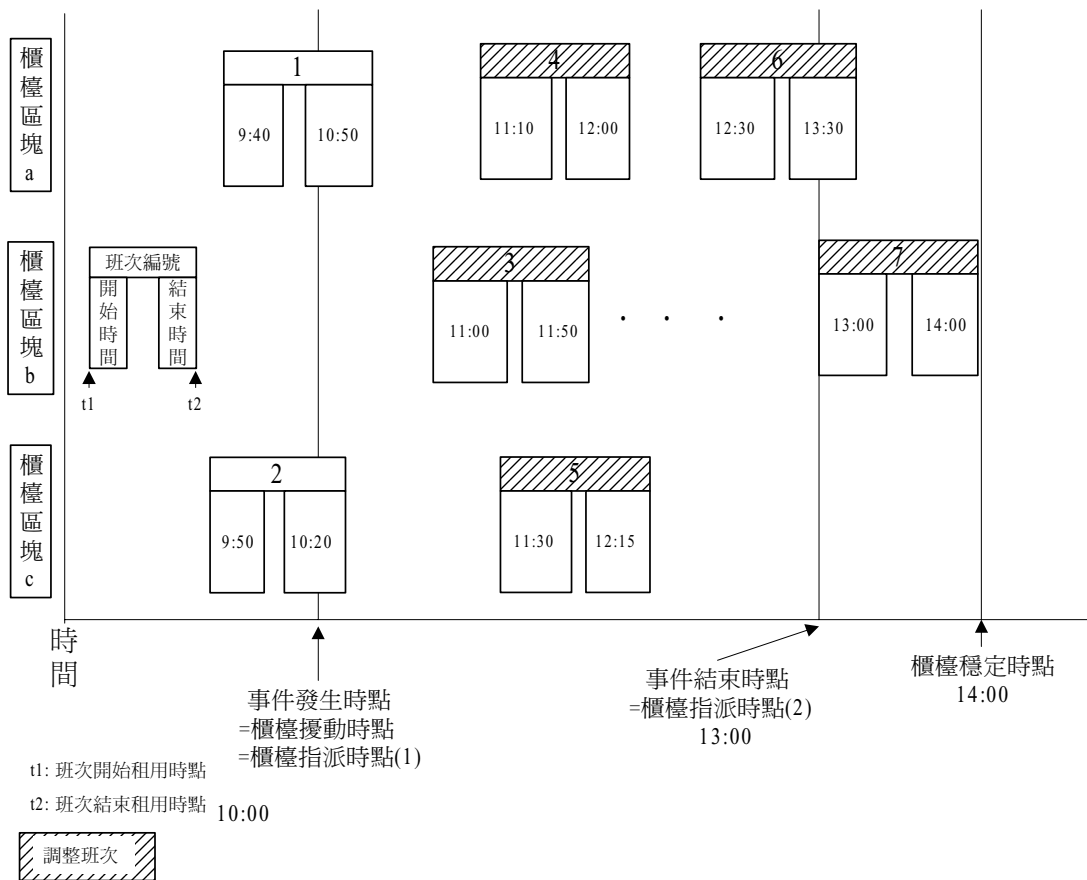


圖 3 共用櫃檯內部擾動即時指派示意圖

本研究根據上述相關定義，以機場營運者的立場，針對機場臨時事件下櫃檯作業發展兩個即時指派模式，並定式為零壹整數規劃問題。模式一為不考慮允許班次延後租用的前提下，在指派時窗內進行系統最小擾動值之櫃檯指派模式。模式二為允許班次延後租用櫃檯之方式，進行系統最小化系統擾動值之數學模式。

2.1 模式一

由於影響櫃檯指派作業之因素頗多，其重要性與困難度亦各異，故為確立使用之範圍，並適當簡化模式之複雜度，茲作以下之假設或假設下面資料已知：

1. 已知各班次之出境旅客數及班次所屬之航空公司。
2. 已知所有櫃檯位置與相關設施間距離。
3. 不考慮優先指派制度。
4. 不考慮航空公司對櫃檯之偏好。
5. 已知各班次申請時段，含開始與結束使用櫃檯時間。
6. 二連續班次使用同一櫃檯的緩衝時間為半小時。此緩衝時間設置的目的在吸收即時營運上可能產生的小延誤。
7. 臨時事件發生前後的班次數目相同，不會因櫃檯指派導致取消班次的情況。
8. 櫃檯空間擾動值定義為同一班次於櫃檯指派前後租用櫃檯區塊所屬櫃檯邊之相對位置差異值。

假設條件中前六項為有關班次、櫃檯、旅客的基本資料及租用櫃檯之規定。第七項假設為確保臨時事件前後櫃檯指派之班次一致。第八項假設為簡化模式之作法，實際應用時機場營運者可適時調整擾動值之估算方式。此數學式如下所示：

$$\text{Min} \quad \sum_{i \in M} P_i \sum_{j \in N_i} A_{ij} X_{ij} \quad (1-1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j \in D_i} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in M \quad (1-2) \quad (1)$$

$$\sum_{i \in F_t} \sum_{j \in R_h^i} X_{ij} \leq 1 \quad \forall t \in T, \forall h \in H \quad (1-3)$$

$$X_{ij} = 0 \text{ or } 1 \quad \forall ij \quad (1-4)$$

其中，

I : 第 i 班次；

j : 第 j 區塊；

t : 第 t 時段；

P_i : 第 i 班次旅客人數；此處應注意的是，雖然櫃檯擾動值會影響機場營運當局、航空公司作業人員及旅客，但以各班次旅客人數為權重，仍可適當反應各班次受擾動的相對重要性；

H : 可用報到線之集合；

M : 調整班次；

T : 所有時段之集合；

D_i : 班次 i 可指派之區塊集合 (包括虛擬櫃檯) ;

A_{ij} : 班次 i 相對於區塊 j 之擾動值 ;

F_t : 第 t 個時段中可指派之班次集合 ;

R_h^i : 第 i 班次可指派之區塊中, 包含第 h 條報到線之區塊集合 ;

X_{ij} : 為指派變數 ; $X_{ij} = 1$, 表示班次 i 被指派至 j 櫃檯區塊 ; $X_{ij} = 0$, 其他。

目標函數 (1-1) 為所有指派班次之總擾動值。擾動值為櫃檯重新指派之系統總空間成本, 本研究以櫃檯指派前後的相對步行距離視為空間成本, 此步行距離單位經旅客平均步行速率可轉換成時間單位。對於模式中虛擬櫃檯所造成之擾動值, 則以一個極大值表示, 以區別於一般櫃檯成本之差異。限制式 (1-2) 為班次限制式, 其意義為「每一班次必須在一時間點被指派且只能被指派至一個共用櫃檯區塊」。限制式 (1-3) 為區塊限制式, 其意義為「同一時間包含同一條報到線之共用櫃檯區塊不能指派一個以上的班次」。限制式 (1-4) 為變數的零壹限制。

2.2 模式二

在本模式中採用允許班次延後租用櫃檯時間以及設立臨時櫃檯之方式, 機場營運者可考量當時實際情況, 針對指派時窗內的調整班次, 分別制定不同的延後租用櫃檯之時間帶, 而班次在最大容許延後時間內皆為可被指派之時間。但須注意的是, 延後租用時間的班次其結束租用時間, 不得晚於模式一中所制定之櫃檯穩定時點。其原因乃是由於櫃檯穩定時點代表該時點之後櫃檯租用情形可按原租表營運, 因此若有調整班次其租用時段超過櫃檯穩定時點, 則勢必會影響到其他班次租用情形。如此一來, 櫃檯即無法依照原租用表營運, 櫃檯穩定時點亦失去其功能。

班次延後租用櫃檯時間將對旅客及櫃檯服務人員造成時間上的成本。由於在擾動值及相關成本參數設定上需精確校估, 為避免模式過於複雜, 故我們適度簡化模式而建立以下基本假設 :

1~8. 同模式一。

9. 所有調整班次之最大延後時間為固定。

10. 所有調整班次延後租用櫃檯時間間距為固定。

11. 最大延後時間內可指派之時間定義為延後時點。延後時點計算方式為最大延後時間除以延後時間間距。例如, 若最大容許延後時間為 2 小時且延後時間間距為 30 分鐘, 則延後時點為 4。而每一個調整班次可變化增加為 5 個班次, 第一個班次為原班次、第二個班次為延後 30 分鐘的班次、第三個班次為延後一小時的班次, 其餘依此類推。

12. 旅客或櫃檯服務人員對於班次延後租用櫃檯時間感受程度相同。

13. 班次租用櫃檯時間長度不受延後租用時間影響, 亦即各班次租用櫃檯租用時間長度固定。

模式二中考慮櫃檯使用者，包括旅客、櫃檯服務人員、機場營運者在班次延後租用櫃檯時間下所產生的總成本，建構一單目標之數學模式。值得一提的是，此處仍以旅客人數為相對權重之考量，故以總旅客之擾動值表示。其總擾動值可分為空間與時間擾動成本。其數學式如下所示：

$$\text{Min} \quad \alpha \sum_{i \in M} P_i \sum_{j \in N_i} \sum_{k=E_i}^{L_i} A_{ij} X_{ijk} + \beta \sum_{i \in M} P_i \sum_{j \in N_i} \sum_{k=E_i}^{L_i} B_{ik} X_{ijk} \quad (2-1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j \in D_i} \sum_{k=E_i}^{L_i} X_{ijk} = 1 \quad \forall i \in M \quad (2-2) \quad (2)$$

$$\sum_{i^k \in F_t} \sum_{j \in R_h^i} X_{ijk} \leq 1 \quad \forall t \in T, \forall h \in H \quad (2-3)$$

$$X_{ijk} = 0 \text{ or } 1 \quad \forall ijk \quad (2-4)$$

其中，

i : 第 i 班次；

j : 第 j 區塊；

k : 第 k 時點；

t : 第 t 時段；

P_i : 第 i 班次旅客人數；

H : 可用報到線之集合；

M : 調整班次；

T : 所有時段之集合；

D_i : 班次 i 可指派之區塊集合 (包括虛擬櫃檯)；

α : 空間擾動權重值；

β : 時間擾動權重值；

A_{ij} : 班次 i 相對於區塊 j 之擾動值；

B_{ik} : 班次 i 相對於時間點 k 之擾動值；

F_t : 第 t 個時段中可指派之班次 (含延後班次) 集合；各班次以 i^k 表示，代表第 i 班次之第 k 時點延後班次；

R_h^i : 第 i 班次可指派之區塊中，包含第 h 條報到線之區塊集合；

E_i : 班次 i 開始租用櫃檯之時點；

L_i : 班次 i 最晚開始租用櫃檯之時點；

X_{ijk} : 為指派變數； $X_{ijk} = 1$ ，表示班次 i 於 k 時點被指派至 j 櫃檯區塊； $X_{ijk} = 0$ ，其他。

目標函數(2-1)中第一項與第二項代表調整班次於櫃檯重新指派前後對使用者產生的

總擾動值。總擾動值為空間擾動值與時間擾動值之加權總和。其意義為同一班次重新指派後的櫃檯相對於原租用櫃檯之空間與時間變化，對使用者所造成的成本。對於模式中虛擬櫃檯所造成之擾動值，則以一個極大值表示，以區別於一般櫃檯成本之差異。其中， α 與 β 值為機場營運者分別考量空間擾動與時間擾動之重要性所設定的權重值。

限制式 (2-2) 為班次限制式，其意義為「每一班次均需被指派，且在所有可選擇時點上只能被指派至一個共用櫃檯區塊」。限制式 (2-3) 為區塊限制式，其意義為「同一時間包含同一條報到線之共用櫃檯區塊不能指派一個以上的班次」。限制式 (2-4) 為變數的零壹限制。

值得一提的是，模式一與模式二之使用時機，在於機場管理當局實務考量上，是否允許班機可延遲之狀況。若機場櫃檯之使用不允許班機延遲，亦即必需遵照模式一之限制，則機場設施必須有足夠之空間以設置臨時櫃檯，才可確保實務上模式的可行性。此時若因櫃檯數不夠，而需要設置臨時櫃檯，則此設置臨時櫃檯所產生的額外成本，在維持場站的服務水準及大眾旅客的權益下，一般應由機場管理當局負擔。

2.3 區塊限制式

限制式(1-3)及(2-3)為區塊限制式，其涵蓋求取同一租用時段班次與包含同一條以上報到線之區塊限制式。由於此區塊限制式的設計頗為複雜，故為利讀者了解此等限制式的設計，茲分述區塊限制式的構建如下：

2.3.1 限制式 (1-3)

由於共用櫃檯租用的特性為一次需租用特定數量且連續的報到線數（即以櫃檯區塊表示之），因此在指派過程中，需確定各櫃檯區塊在同一時段不會包含同一報到線，其意義為在同一時間點，特定之一報到線僅能服務一航班。舉例來說，如圖 4 所示，櫃檯座 1A 之報到櫃檯中，包含報到線數為 9 條之櫃檯區塊，其編號 a1 至 a5。其中包含編號 101 至 108 號 8 條報到線之區塊，其必定包含第 9 條即編號 109 號之報到線，同理，包含編號 105 至 112 號 8 條報到線之區塊，其必定包含第 13 條即編號 113 號之報到線。對於特定之一報到線而言，由於其在同一時間點只能服務一航班，即包含此一報到線之櫃檯區塊的總和，最多不能超過一次。經由上述說明，以第 t 時段為例，可將各報到線之區塊限制式列舉如下列方程式所示：

$$\text{報到線編號 101 : } \sum_{i \in F_t} X_{ia1} \leq 1$$

$$\text{報到線編號 102 : } \sum_{i \in F_t} (X_{ia1} + X_{ia2}) \leq 1$$

$$\text{報到線編號 103 : } \sum_{i \in F_t} (X_{ia1} + X_{ia2} + X_{ia3}) \leq 1$$

$$\begin{aligned}
 \text{報到線編號 104 : } & \sum_{i \in F_t} (X_{ia1} + X_{ia2} + X_{ia3} + X_{ia4}) \leq 1 \\
 \text{報到線編號 105 : } & \sum_{i \in F_t} (X_{ia1} + X_{ia2} + X_{ia3} + X_{ia4} + X_{ia5}) \leq 1 \\
 \text{報到線編號 106 : } & \sum_{i \in F_t} (X_{ia1} + X_{ia2} + X_{ia3} + X_{ia4} + X_{ia5}) \leq 1 \\
 \text{報到線編號 107 : } & \sum_{i \in F_t} (X_{ia1} + X_{ia2} + X_{ia3} + X_{ia4} + X_{ia5}) \leq 1 \\
 \text{報到線編號 108 : } & \sum_{i \in F_t} (X_{ia1} + X_{ia2} + X_{ia3} + X_{ia4} + X_{ia5}) \leq 1 \\
 \text{報到線編號 109 : } & \sum_{i \in F_t} (X_{ia1} + X_{ia2} + X_{ia3} + X_{ia4} + X_{ia5}) \leq 1 \\
 \text{報到線編號 110 : } & \sum_{i \in F_t} (X_{ia2} + X_{ia3} + X_{ia4} + X_{ia5}) \leq 1 \\
 \text{報到線編號 111 : } & \sum_{i \in F_t} (X_{ia3} + X_{ia4} + X_{ia5}) \leq 1 \\
 \text{報到線編號 112 : } & \sum_{i \in F_t} (X_{ia4} + X_{ia5}) \leq 1 \\
 \text{報到線編號 113 : } & \sum_{i \in F_t} X_{ia5} \leq 1
 \end{aligned}$$

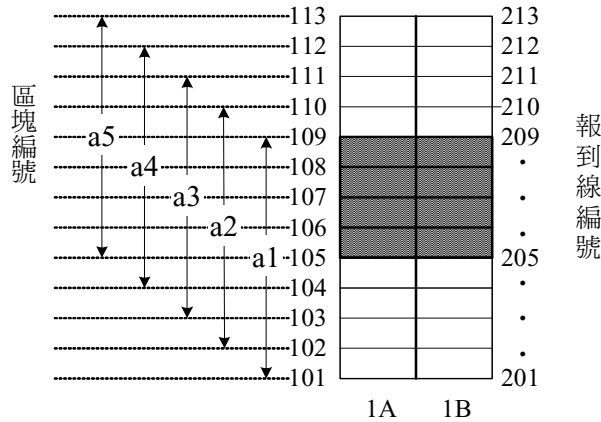


圖 4 報到線編號圖

由於編號 5 至編號 9 之報到線區塊限制式皆相同，且涵蓋其他限制式，故圖 4 之報到線區塊限制式可簡化為(3-1)式：

$$\sum_{i \in F_t} (X_{ia1} + X_{ia2} + X_{ia3} + X_{ia4} + X_{ia5}) \leq 1 \quad (3-1)$$

假設此時發生一臨時事件，櫃檯須重新指派。經計算後，假設櫃檯擾動時點為 6:00，櫃檯穩定時點為 10:30，共分 8 個時段，另在擾動時窗共有 5 個調整班次，且此 5 航班皆租用 9 條報到線，其租用櫃檯之時間如圖 5 所示。經由上述區塊的分析，若 i 為 1、2、3、4 或 5， h 為 105、106、107、108 或 109，則 $R_h^i = \{a1, a2, a3, a4, a5\}$ 。另為減少限制式的數量，而僅列出有效限制式上，則 h 可取 105、106、107、108、109 中之一報到線即可。

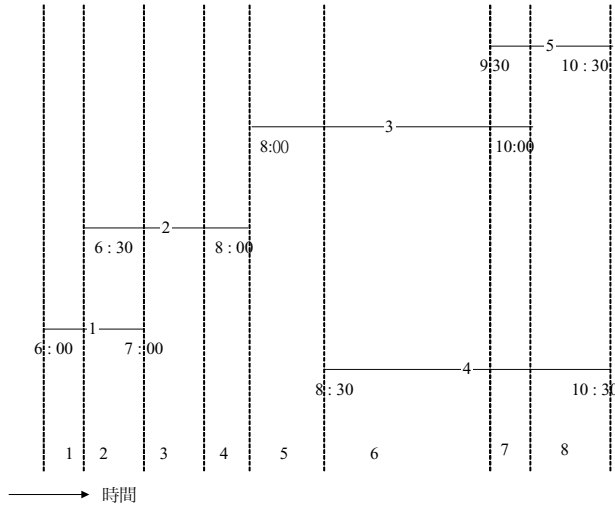


圖 5 班次租用櫃檯之時間圖

根據上述，並參考謝志遠^[14]所發展求取有效限制式之做法，我們可列出各時段之限制式如下：

第 1 時段： $\sum_{j \in R_h^1} X_{1j} \leq 1$	被第 2 時段限制式涵蓋
第 2 時段： $\sum_{j \in R_h^1} X_{1j} + \sum_{j \in R_h^2} X_{2j} \leq 1$	$F_t = \{1, 2\}$
第 3 時段： $\sum_{j \in R_h^2} X_{2j} \leq 1$	被第 2 時段限制式涵蓋
第 4 時段： $\sum_{j \in R_h^2} X_{2j} \leq 1$	被第 2 時段限制式涵蓋
第 5 時段： $\sum_{j \in R_h^3} X_{3j} \leq 1$	被第 7 時段限制式涵蓋

$$\text{第 6 時段：} \sum_{j \in R_h^3} X_{3j} + \sum_{j \in R_h^4} X_{4j} \leq 1 \quad \text{被第 7 時段限制式涵蓋}$$

$$\text{第 7 時段：} \sum_{j \in R_h^3} X_{3j} + \sum_{j \in R_h^4} X_{4j} + \sum_{j \in R_h^5} X_{5j} \leq 1 \quad F_t = \{3, 4, 5\}$$

$$\text{第 8 時段：} \sum_{j \in R_h^5} X_{5j} \leq 1 \quad \text{被第 7 時段限制式涵蓋}$$

由上可知，在 8 個櫃檯租用限制式中，有效的限制式只有 2 個，其餘限制式均被此二式所涵蓋。此二時段對應之 F_t 集合分別為 $\{1, 2\}$ 與 $\{3, 4, 5\}$ ，其數學式的符號，如式(3-2)及(3-3)所示。注意，此二式中， h 為 105、106、107、108、109 中之一報到線。

$$\sum_{i \in F_t} \sum_{j \in R_h^i} X_{ij} \leq 1, \quad t: 06:30-07:00, F_t = \{1, 2\}, R_h^i = \{a1, a2, a3, a4, a5\} \quad (3-2)(3)$$

$$\sum_{i \in F_t} \sum_{j \in R_h^i} X_{ij} \leq 1, \quad t: 09:30-10:00, F_t = \{3, 4, 5\}, R_h^i = \{a1, a2, a3, a4, a5\} \quad (3-3)$$

2.3.2 限制式 (2-3)

在模式二中，由於班次允許延後櫃檯租用時間，故可將同一班次於不同延後時點租用櫃檯情況視為新的班次。假設最大容許延後時間為一小時，而假設以 30 分鐘為一個延後時間間距。值得說明的是，由於櫃檯穩定時點為 10:30，因此編號 5 及編號 4 之班次無法再延後租用時間，而編號 3 的班次僅能延後一個時點 (30 分鐘)，其餘班次皆可延後 1 小時。同 3.2.1 節之範例，班次允許延後櫃檯租用時間之櫃檯租用時間如圖 6 所示。注意， 2^0 為原第二班次， 2^1 為原第二班次延後 30 分鐘之延後班次，其餘依此類推。為方便此圖例的說明，以下原變數符號 X_{ijk} 以 $X_{i^k j}$ 表示之。

根據圖 6，可列出之限制式如下：

$$\text{第 1 時段：} \sum_{j \in R_h^0} X_{1^0 j} \leq 1 \quad \text{被第 2 時段限制式涵蓋}$$

$$\text{第 2 時段：} \sum_{j \in R_h^0} X_{1^0 j} + \sum_{j \in R_h^1} X_{1^1 j} + \sum_{j \in R_h^2} X_{2^0 j} \leq 1 \quad F_t = \{1^0, 1^1, 2^0\}$$

$$\text{第 3 時段：} \sum_{j \in R_h^1} X_{1^1 j} + \sum_{j \in R_h^2} X_{1^2 j} + \sum_{j \in R_h^0} X_{2^0 j} + \sum_{j \in R_h^1} X_{2^1 j} \leq 1 \quad F_t = \{1^1, 1^2, 2^0, 2^1\}$$

$$\text{第 4 時段：} \sum_{j \in R_h^2} X_{1^2 j} + \sum_{j \in R_h^0} X_{2^0 j} + \sum_{j \in R_h^1} X_{2^1 j} + \sum_{j \in R_h^2} X_{2^2 j} \leq 1 \quad F_t = \{1^2, 2^0, 2^1, 2^2\}$$

$$\text{第 5 時段：} \sum_{j \in R_h^1} X_{2^1 j} + \sum_{j \in R_h^2} X_{2^2 j} + \sum_{j \in R_h^0} X_{3^0 j} \leq 1 \quad F_t = \{2^1, 2^2, 3^0\}$$

$$\text{第 6 時段：} \sum_{j \in R_h^{2^2}} X_{2^2 j} + \sum_{j \in R_h^{3^0}} X_{3^0 j} + \sum_{j \in R_h^{3^1}} X_{3^1 j} + \sum_{j \in R_h^{4^0}} X_{4^0 j} \leq 1 \quad F_t = \{2^2, 3^0, 3^1, 4^0\}$$

$$\text{第 7 時段：} \sum_{j \in R_h^{3^0}} X_{3^0 j} + \sum_{j \in R_h^{3^1}} X_{3^1 j} + \sum_{j \in R_h^{4^0}} X_{4^0 j} \leq 1 \quad \text{被第 6 及第 8 時段限制式涵蓋}$$

$$\text{第 8 時段：} \sum_{j \in R_h^{3^0}} X_{3^0 j} + \sum_{j \in R_h^{3^1}} X_{3^1 j} + \sum_{j \in R_h^{4^0}} X_{4^0 j} + \sum_{j \in R_h^{5^0}} X_{5^0 j} \leq 1 \quad F_t = \{3^0, 3^1, 4^0, 5^0\}$$

$$\text{第 9 時段：} \sum_{j \in R_h^{3^1}} X_{3^1 j} + \sum_{j \in R_h^{4^0}} X_{4^0 j} + \sum_{j \in R_h^{5^0}} X_{5^0 j} \leq 1 \quad \text{被第 8 時段限制式涵蓋}$$

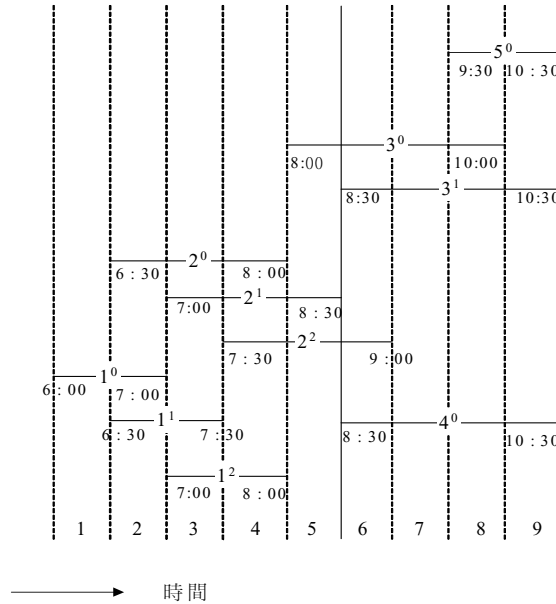


圖 6 延後租用時點下班次租用櫃檯之時間圖

由上可知，在 9 個櫃檯租用區塊限制式中，有效的限制式只有 6 個，亦即式(3-4)、(3-5)、(3-6)、(3-7)、(3-8)與(3-9)。注意，此六式中， h 為 105、106、107、108、109 中之一報到線。

$$\sum_{i^k \in F_t} \sum_{j \in R_h^i} X_{ijk} \leq 1, \quad t: 06:30-07:00, \quad F_t = \{1^0, 1^1, 2^0\}, \quad R_h^i = \{a1, a2, a3, a4, a5\} \quad (3-4)$$

$$\sum_{i^k \in F_t} \sum_{j \in R_h^i} X_{ijk} \leq 1, \quad t: 07:00-07:30, \quad F_t = \{1^1, 1^2, 2^0, 2^1\}, \quad R_h^i = \{a1, a2, a3, a4, a5\} \quad (3-5)$$

$$\sum_{i^k \in F_t} \sum_{j \in R_h^i} X_{ijk} \leq 1, \quad t: 07:30-08:00, \quad F_t = \{1^2, 2^0, 2^1, 2^2\}, \quad R_h^i = \{a1, a2, a3, a4, a5\} \quad (3-6)$$

$$\sum_{i^k \in F_t} \sum_{j \in R_h^i} X_{ijk} \leq 1, \quad t: 08:00-08:30, \quad F_t = \{2^1, 2^2, 3^0\}, \quad R_h^i = \{a1, a2, a3, a4, a5\} \quad (3-7)$$

$$\sum_{i^k \in F_t} \sum_{j \in R_h^i} X_{ijk} \leq 1, \quad t: 08:30-09:00, \quad F_t = \{2^2, 3^1, 4^0\}, \quad R_h^i = \{a1, a2, a3, a4, a5\} \quad (3-8)$$

$$\sum_{i^k \in F_t} \sum_{j \in R_h^i} X_{ijk} \leq 1, \quad t: 09:30-10:00, \quad F_t = \{3^0, 3^1, 4^0, 5^0\}, \quad R_h^i = \{a1, a2, a3, a4, a5\} \quad (3-9)$$

2.4 求解方法

本研究利用 CPLEX 軟體進行模式求解。CPLEX 係先以單體法求得線性最佳解，若線性最佳解不為整數解時，再利用分枝界限法 (branch and bound) 進行整數解的求取。在分枝界限法的求解過程中，為避免問題規模太大導致運算時間過長時，使用者可依其本身電腦設備及其面臨的問題特性，適時降低求解的精度。本研究在進行求解過程中，因現況電腦運算能力有限，因此嘗試了兩種與線性最佳解誤差值的參數設定。分別為容忍值設定中的 MIPGAP 與 RELOBJDIFFERENCE 兩項參數。MIPGAP 所指的是目前所求得的整數最佳解與整數限制鬆弛下之整數最佳解的差距，RELOBJDIFFERENCE 則是指各個子問題 cut off 的收斂容忍度，本研究在範例測試中分別設為 0.0001 及 0.0 進行求解。適當設定上述之兩項求解參數，可有效改善 CPLEX 的求解效率，但相對地，亦可能造成對最佳解值的誤差，因此使用者在使用上應就問題特性使用其適用之參數值。

三、範例測試與結果分析

本研究以 Microsoft Windows 2000 為作業平台，在 Borland C++ Builder 5.0 軟體之開發環境，以 C 電腦程式語言自行撰寫模式之數學式，結合 CPLEX 線性最佳化軟體進行模式構建與求解。所採用的硬體設備為 AMD K6-III 400、256MB RAM 之個人電腦執行運算。本研究模式驗證所需的資料主要可分為三大項。

1. 現況櫃檯之資料：包括櫃檯布設方式、櫃檯距離。本研究參考中正機場一期航站大廈設施，以 14 條共用櫃檯數進行範例測試，共計有 7 個報到櫃檯島，14 條櫃檯邊，182 條報到線。
2. 班次租用櫃檯資料：包括航空公司申請開始租用時間、結束租用時間、租用時間長度、租用報到線數、旅客數等。申請租用的時間為 1 小時、1.5 小時及 2 個小時三種。租用的報到線數介於 5 到 9 條之間。

由於航空公司班表以一個禮拜為週期，故本研究調查一個禮拜各天各時段從中正國際機場一期航站飛離之班次當作範例測試中班次表隨機產生的依據。本研究調查的時間範圍

為 2001 年 3 月 1 日至 2001 年 3 月 7 日，其調查資料整理如表 1 所示。

本研究根據表 1 各時段的班次比率產生建立測試範例單天班次數量分布資料，共計有 18 個時段。另外，在申請租用時段部分，經由訪談得知，航空公司大都於班機起飛前 45 分鐘停止辦理報到手續，另外考量櫃檯人員作業上之需要，因此櫃檯結束租用之時間應較班機起飛前 45 分鐘為晚，故本研究假設各櫃檯結束租用之時間為該班機起飛時間的前 30 分鐘。得到各班機結束租用櫃檯之時刻後，再配合前述三種之租用時間，即可設計出各班機申請租用櫃檯之時段。例如假設 A 班機之起飛時間為 12：50，該班機租用櫃檯時間為 2 小時，依上述方式計算，其租用櫃檯之時段即為 10：20 至 12：20。具體的設計流程如圖 7 所示。

表 1 中正機場一期航廈一星期起飛班次數表 (2001 年 3 月 1 日至 3 月 7 日)

時段 日期	00:00 ~ 07:00	07:00 ~ 08:00	08:00 ~ 09:00	09:00 ~ 10:00	10:00 ~ 11:00	11:00 ~ 12:00	12:00 ~ 13:00	13:00 ~ 14:00	14:00 ~ 15:00	15:00 ~ 16:00	16:00 ~ 17:00	17:00 ~ 18:00	18:00 ~ 19:00	19:00 ~ 20:00	20:00 ~ 21:00	21:00 ~ 22:00	22:00 ~ 23:00	23:00 ~ 24:00	總計 (班/天)
3/1(四)	0	9	13	16	10	8	9	9	9	5	9	5	6	7	5	4	5	3	132
3/2(五)	1	9	15	16	6	7	10	8	11	6	10	6	6	8	5	6	4	4	137
3/3(六)	1	8	14	17	7	7	8	7	11	5	9	5	10	8	4	3	4	4	133
3/4(日)	0	9	15	17	11	7	7	8	10	4	11	5	6	9	5	6	5	3	140
3/5(一)	0	11	14	17	6	6	6	8	10	6	10	5	7	6	3	5	6	4	127
3/6(二)	1	8	14	17	8	7	11	7	11	7	8	4	5	9	5	5	6	3	138
3/7(三)	1	10	14	16	8	6	8	8	11	6	12	4	7	7	4	5	4	5	135
總 計	4	64	99	116	56	48	59	55	73	39	69	34	47	54	31	34	34	26	942
平 均 (班/天)	1	9	14	17	8	7	8	8	10	6	10	5	7	8	4	5	5	4	135
百 分 比	0%	7%	11%	12%	6%	5%	6%	6%	8%	4%	7%	4%	5%	6%	3%	4%	4%	3%	100%

資料來源：本研究整理。

另外，各櫃檯結束租用之時間為該班機起飛時間前 30 分鐘。本研究依據上述櫃檯使用之現況，考慮模式大小及現有電腦配備執行效率因素，產生一較為符合目前共用櫃檯使用現況之租用資料以進行模式測試。故本研究以 14 條共用櫃檯 65 個租用班次進行範例測試分析。至於此等班次租用櫃檯的細部內容頗多，因限於篇幅，故請讀者參考陳怡妃^[15]一文之附錄一、二。

3. 臨時事件發生資料：包括臨時事件發生型態、臨時事件發生時點、臨時事件結束時點、可指派櫃檯。

本研究以一假設性地邊臨時事件為例，進行範例測試。臨時事件發生資料如下：某周三上午 11：20 共用櫃檯行李輸送帶發生故障，造成 9 邊共用櫃檯無法使用，經預測需 8.5 個小時進行修復，因此櫃檯預計於下午 7：50 始能恢復正常使用。櫃檯即時指派各相關時

點分述如下：

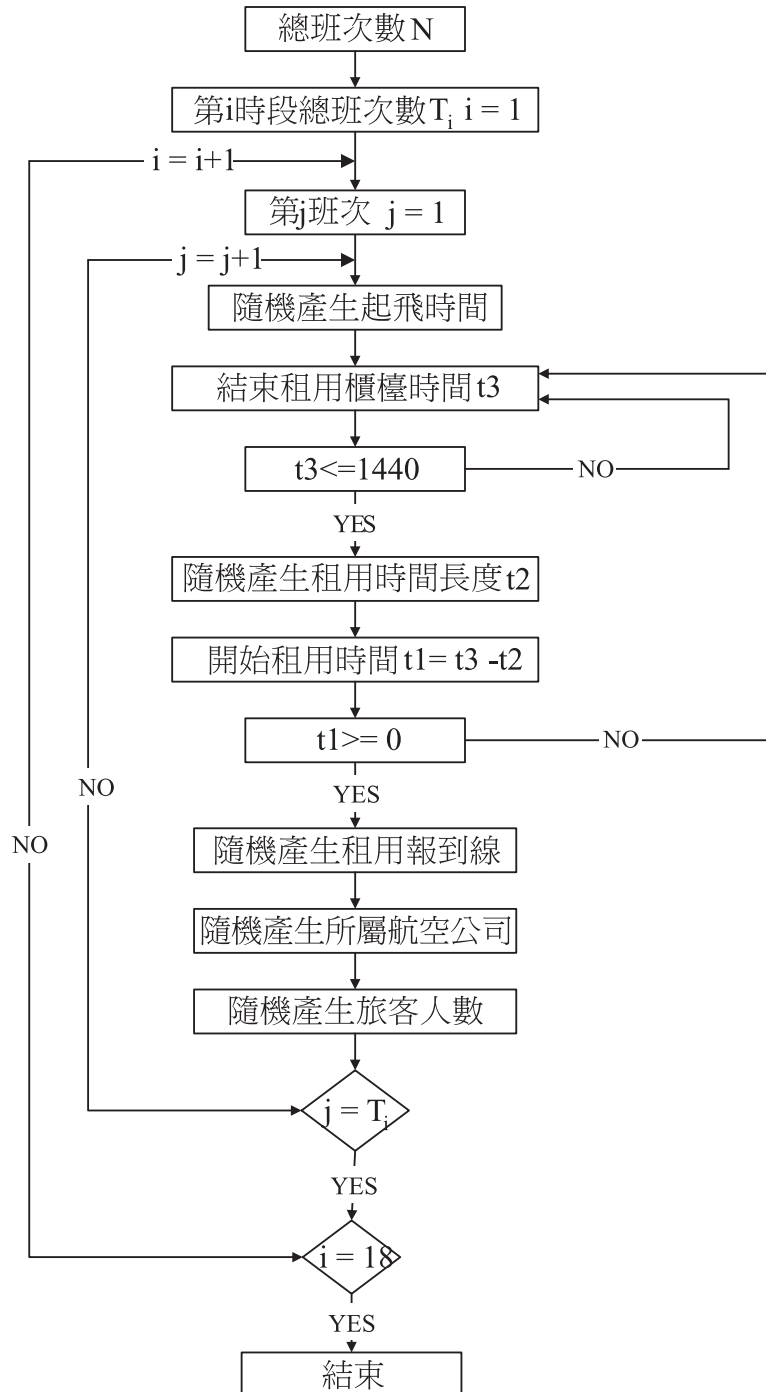


圖 7 租用資料產生流程圖

1. 臨時事件發生時點：上午 11：20。
2. 櫃檯擾動時點：同臨時事件發生時點，上午 11：20。
3. 櫃檯指派時點：上午 11：20，等於櫃檯擾動時點。
4. 事件結束時點：下午 7：50。經驗判斷櫃檯需約八小時修復時間，故機場營運者預期櫃檯最快於下午 7：50 恢復使用。
5. 櫃檯穩定時點：下午 9：00。由原櫃檯租用班表中找出臨時事件結束時點上正在使用櫃檯的所有班次，共有 5 個班次，分別為編號 56、59、61、54、60 班次。而這些班次中，又屬編號 60 班次其最晚結束櫃檯租用時間（下午 9：00），故其時間即為櫃檯穩定時點。
6. 調整班次：33 個班次。
7. 櫃檯指派時窗：上午 11：20 至下午 9：00。
8. 指派櫃檯：2A、2B、4B、6A、7B。

值得注意的是，若為外部擾動事件時，可依第二節針對櫃檯外部擾動事件各時點設置方式加以處理。至於 CPLEX 參數設定值，本研究在範例測試中分別將 MIPGAP 與 RELOBJDIFFERENCE 兩項參數，設為 0.0001 及 0.0 進行求解。

本模式執行完畢後，輸出結果包括：(a)機場臨時事件下，櫃檯即時指派最佳組合；(b)櫃檯即時指派下之最小擾動值；(c)求解時間。首先以模式一進行情境一求解。表 2 為模式一的問題規模，共有 1,736 個變數，175 個（共 5 個櫃檯邊，其中 5 條報到線之區塊有 9 個，6 條報到線之區塊有 8 個，7 條報到線之區塊有 7 個，8 條報到線之區塊有 6 個，9 條報到線之區塊有 5 個）可使用櫃檯區塊。表 3 為模式一執行的結果。輸出結果中發現，有 30 個班次租用櫃檯與原租用櫃檯不同，占 90.91% (= 30/33)。其中，有 23 個班次是因為原指派的櫃檯受臨時事件影響無法使用，占 69.70% (= 23/33)，以及 7 個原分派至正常櫃檯上，但在系統全面考量下，經重新指派後改變租用櫃檯的班次，占 21.21% (= 7/33)。剩餘 3 個班次皆被指派至與原先租用櫃檯相同的櫃檯上，占 9.09% (= 3/33)。至於模式一各班次指派之詳細結果與內容頗多，因限於篇幅，故請讀者參考陳怡妃^[15]一文之附錄三。

表 2 模式一問題規模

班次數目	可指派櫃檯區塊	變數數目	班次限制式數目	區塊有效限制式數目
33	175	1,736	33	543

表 3 模式一求解結果

目標值 (分鐘)	執行時間 (秒)	回合數	使用虛擬櫃檯班次數
9,134,715	0.11	695	1

在模式二之測試中，此範例設定班次最大容許延後時間為 40 分鐘，以每十分鐘為一

時間間隔，故一個班次最多有 5 ($= 1 + 4$) 個可選擇的租用時點。而空間擾動與時間擾動權重值皆假設為 1，此設定值的意義為將櫃檯重新指派之結果對櫃檯空間與時間變化的重要性視為相同，實務上可依決策者偏好或相關統計資料採用其他權重值。此外，為將目標式中的空間擾動與時間擾動值單位統一，代表櫃檯擾動的櫃檯距離（單位：公尺）一律除以旅客平均速率（60.0 公尺／分鐘），轉換成旅客步行時間（單位：分鐘）。

表 4 為模式二的問題規模及使用 CPLEX 中的相關參數設定。共有 5,630 個變數，175 ($= 35 \times 5$) 個可使用櫃檯區塊。表 5 為模式二執行的結果。輸出結果中發現，有 30 個班次租用櫃檯與原租用櫃檯不同，有 1 個班次選擇延後 40 分鐘，共占 93.94% ($= 31/33$)。其中有 22 個班次是由於原租用的櫃檯受臨時事件影響，無法繼續使用，因此必須租用其他櫃檯，占 66.67% ($= 22/33$)，以及 9 個原分派至正常櫃檯上，但在系統全面考量下，經重新指派後改變租用櫃檯的班次，占 27.27% ($= 9/33$)。剩餘 2 個班次皆被指派至與原先租用櫃檯相同的櫃檯上，占 6.06% ($= 2/33$)。

值得一提的是，9 個原分派至正常櫃檯但經重新指派後改變租用櫃檯的班次中，有 2 個班次原租用櫃檯不受事件的影響，在可正常使用下經即時指派後卻被分派至其他櫃檯上。由此亦顯示，為了使系統的總擾動值最小，可能使某些班次增加了空間擾動，而使得其他部分班次得以較小的空間擾動租用其他櫃檯，而此結果對櫃檯整體而言乃為最佳的指派組合。至於模式二各班次指派之詳細結果與內容頗多，因限於篇幅，故請讀者參考陳怡妃^[15]研究中之附錄四。

表 4 模式二問題規模

班次數目	可指派櫃檯區塊	變數數目	班次限制式數目	區塊有效限制式數目
157	175	5,630	33	1,273

表 5 模式二求解參數設定與結果

目標值 (分鐘)					執行時間 (秒)	回合數	MIPGAP	RELOBJDIFFRECE
59,085					10.61	5,293	0.0001	0
延後時間 (分鐘)					空間擾動 (分鐘)	時間擾動 (分鐘)		總擾動值 (分鐘)
10	20	30	40					
0	0	0	1		58,721	364		59,085

在此範例測試中，模式一所求解出的擾動值 9,134,715 (分鐘) 明顯大於模式二的擾動值 104,178 (分鐘)。其主要原因乃是因為模式一不考慮允許班次延後租用櫃檯，為了將班次依預定時間在指派時窗內分派完畢，現有的櫃檯不夠使用，因此造成一個班次必須使用臨時櫃檯。由於臨時櫃檯成本極高，因此造成模式一會有極大的目標值。模式二考慮允許

班次延後租用，各班次租用櫃檯時間具有選擇性。因此在櫃檯指派組合最佳化過程中，班次間彼此互相調整其租用時間及櫃檯區塊，因此無需設立臨時櫃檯。

對於整個櫃檯系統重新指派，內部班次前後租用櫃檯的變化情形可由租用櫃檯位置變化情況得知。租用櫃檯位置變化為班次重新指派後相對於原租用櫃檯的移動距離，為表示出租用櫃檯的變化，茲以相距幾個櫃檯島表示其移動的距離。值得說明的是，根據中正機場一期航站大廈的實地調查結果發現，相鄰的櫃檯島中心距離約有 15 公尺，除了第三座與第四座櫃檯島以及第七座與第八座相距約 30 公尺 (2 個櫃檯島)，同一櫃檯島不同的櫃檯邊中心距離則相距約 3.75 公尺 (0.25 個櫃檯島)。

對於整個櫃檯系統重新指派，無論是在模式一或模式二，內部班次前後租用櫃檯改變的相對距離，以相距 1 個櫃檯島的距離，發生情況最多，分別有 8 個及 9 個班次；其次則為相距 0.25 個櫃檯島的距離，發生情況次多，分別有 4 個及 7 個班次。值得注意的是，模式一中出現最遠的距離為差距 8 個櫃檯島以上的班次，而模式二最遠的距離差距只有 5 個櫃檯島。其原因乃是受模式一班次無法改變租用時間之緣故，因此班次只要在該時段中有空櫃檯可供使用，即使改變距離較大，但在可行性的限制下，系統仍將此櫃檯分派給該班次租用。

就總運算時間而言，模式一僅需 0.11 秒，而模式二則費時 232.27 秒。其原因主要受問題的規模差異影響，模式二的變數約為模式一之 3 倍，因此可能造成求解時間的大量增加。然而無論模式一或模式二，兩者均能在 4 分鐘之內求解完畢，顯示本研究所構建之模式在處理問題上極具有時效性，應有助於機場管理者在面對突發事件時，有效處理機場櫃檯重新指派的問題。

四、結論與建議

一般而言，規劃的目的在於提供實際營運時執行之依據，然而真正營運時卻常會遇到非規劃時所考量的因素。因此本研究針對機場櫃檯實際營運受機場臨時事件發生擾動因素，並考量事件發生時間、原櫃檯租用表、飛航班表等因素，建立櫃檯即時指派相關之時間點，並作為模式輸入資料。本研究針對機場共用櫃檯實際營運中於臨時事件發生下如何有效率、系統性地重新進行櫃檯即時指派，發展出兩個系統性共用櫃檯指派模式，並提出有效的求解方法，以進行櫃檯即時指派作業，期能提供機場營運者面對相同問題時之決策參考，進而提升機場營運績效。

在實際應用上，當機場發生臨時事件時各相關單位之配合情形，為影響整個機場緊急應變能力之重要因素。因此，建議未來可同時考量櫃檯與機門、飛航班表等整合之櫃檯即時指派研究。至於機場中對於特定航空公司若有租用特定專屬櫃檯上的方式，建議可在模式中加入限制式方式處理，或以劃分不同的租用班次與櫃檯區塊集合方式進行研究。最後，本研究為主要探討短期班次使用現有共用櫃檯之指派，在未來可針對機場長期營運下

規劃所需之櫃檯數量進行研究。

參考文獻

1. Chun, H., "Scheduling as a Multi-Dimensional Placement Problem", *Engineering Application and Artificial Intelligence*, Vol. 9, No. 3, 1996, pp. 264-273.
2. Chun, H., "Intelligent Resource Simulation for an Airport Check-in Counter Allocation System", *IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetic, Part C: Application and Reviews*, Vol. 29, No. 3, 1999, pp. 325-335.
3. 湯慶輝, 「機場共用櫃檯指派之研究」, 國立中央大學土木工程研究所碩士論文, 民國八十九年。
4. Etschmaier, M. M. and Rothstein, M., "Estimating the Punctuality Rate Inherent in an Airline Schedule", *Technical Report*, No. 19, Department of Industrial Engineering, University of Pittsburgh, 1973.
5. Etschmaier, M. M. and Mathaisel, D. F. X., "Aircraft Scheduling the State of the Art", *AGIFORS*, Vol. 24, 1984.
6. Teodorovic, D. and Guberinic, S., "Optimal Dispatching Strategy on an Airline Network after a Schedule Perturbation", *European Journal of Operational Research*, Vol. 15, 1984, pp. 178-182.
7. Deckwitz, T. A., "Interactive Dynamic Aircraft Scheduling", Flight Transportation Laboratory, Report R-84-5, Massachusetts Institute of Technology, 1984.
8. Teodorovic, D. and Stojkovic, G., "Model for Operational Daily Airline Scheduling", *Transportation Planning and Technology*, Vol. 14, 1990, pp. 273-285.
9. Krishnamurthy, N., "Models for Irregular Operation at United Airlines", *AGIFORS*, Vol. 31, 1991.
10. 顏上堯、羅智騰, 「因應預期性航具維修之系統飛航排程」, *中國土木水利工程學刊*, 第八卷, 第三期, 民國八十五年, 頁 447-456。
11. Yan, S. and Yang, D., "A Decision Support Framework for Handling Schedule Perturbation", *Transportation Research*, Vol. 30B, No. 6, 1996, pp. 405-419.
12. Yan, S. and Lin, C., "Airline Scheduling for the Temporary Closure of Airports", *Transportation Science*, Vol. 31, 1997, pp. 72-82.
13. Yan, S. and Tu, Y., "Multi-Fleet Routing and Multi-Stop Flight Scheduling for Schedule Perturbation", *European Journal of Operational Research*, Vol. 103, 1997, pp. 155-169.
14. 謝志遠, 「機門指派規劃與即時營運擾動間相關性之研究」, 國立中央大學土木工程研究所碩士論文, 民國八十八年。
15. 陳怡妃, 「因應臨時事件機場共用櫃檯即時指派之研究」, 國立中央大學土木工程研究所碩士論文, 民國九十年。

