

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

飛安督導計畫之系統化分析與發展 (II)

Systematic Analysis and Development of a Safety Auditing Program (II)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-009-054

執行期間：92年8月1日至93年7月31日

計畫主持人：汪進財財

共同主持人：

計畫參與人員：葉文健、蘇啟超、吳世偉

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：國立交通大學交通運輸研究所

中華民國九十三年七月二十日

摘要

在全球化、自由化的產業發展過程中，查核作業已越來越受重視。民航主管機關為能確認航空公司符合相關飛航安全的規定與標準，以確保其相關飛航作業的安全，必須建立一套安全且有效之查核系統，其重要性不言可喻。本研究針對民航局飛安查核工作排程與檢查員排班問題進行探討，由於飛安查核人員排班與一般人員排班問題特性不同，因此研究目的主要為開發合適的演算法來對問題求解。研究中的模式架構是希望在現有查核人力限制下，滿足查核作業需求及排班法規等限制條件，及考量排程班表之公平性與合理性，解決查核任務排程與查核人員排班之組合最佳化問題與限制滿足問題，最後，本研究分別建立查核任務排程之限制規劃模式，及檢查員排班之二階段求解演算流程，模式經測試效果相當良好。

關鍵詞：飛安查核、工作排程、檢查員排班、限制規劃、集合涵蓋問題

Abstract

With the development of globalization and liberalization, safety audit program has become more and more important. Civil Aviation Authorities for fulfilling their responsibilities of ensuring the safe operation of flights have developed a safety auditing program to make sure the airlines are in compliance with the safety regulations and standards. The purpose of this study is to investigate the work and manpower scheduling problems of aviation safety audit of the Civil Aeronautics Administration. The characteristics of scheduling aviation safety audit are different from those of the general scheduling problem. Therefore, this study is aimed to design an algorithm which takes fairness and adequacy into consideration for solving this problem under constraints of the existing manpower, auditing operation, and the constraints of inspector working regulations. In the final, a constraint programming model for job function scheduling and a model of set covering problem with job functions pairing generation for inspector scheduling were developed and tested. The results showed that the developed models worked well.

Keywords: Aviation Safety Audit, Work Scheduling, Inspector Scheduling, Constraint Programming, Set Covering Problem

一、前言

查核工作需要落實至實際執行上，其中查核工作人力係完成民航局飛安督導責任之核心，而人力之量與質是否能與相關之查核作業配合，則為最具關鍵之部分。國內以往查核人力由於受限於員額配置標準及政府財力困窘，導致人力低估與配置不當之情況發生，即使曾因受制於 FAA 之要求而增加部分人員，但長期以來有關人員員額、人力素質與相關訓練等結構性問題並未獲得具體之解決。為能持續提升現有人力資源之使用效率，針對迫切性最高之關鍵項目施以優先的人力分配，研擬一套良好的飛安查核工作排程與人員排班模式為一相當重要的工作。因此，本研究以民航局飛航查核作業為研究主題，考慮查核任務特性與查核人員資格能力等限制，使用數學規劃與限制規劃方法，設計有效率之工作排程與人員排班求解模式，並透過電腦運算期能獲得較佳之排程結果。

二、問題說明

為能掌握查核工作、工作排程與人員排班之問題特性，本節針對民航局飛安查核作業、飛安查核工作排程，及檢查員排班等各項內容進行探討。

1. 飛安查核作業

民航局為善盡飛安督導職責，運用合格之技術人員與標準之指導手冊，依循規定之作業程序進行檢查工作，並給予查核人員充足之訓練及擬定嚴謹之作業規範，對於航空運輸業者、機場及地面等相關作業定期執行飛安查核工作，以消除造成飛安問題之潛在因素。為瞭解民航局執行飛安查核作業實際情況，本研究根據前期研究之基礎，深入考量查核組織、查核人力、查核工作內容，以及查核作業程序等構成飛安查核作業之各項要素。

2. 飛安查核工作排程

飛安查核工作排程為「民航局執行飛安查核作業時，所應建立之一套排程模式，以支援檢查員依據檢查員手冊確實執行查核任務」。由於查核工作的釐清有助瞭解各項查核任務的工作性質及深入探討其查核項目所須達成之任務要求；因此，本研究針對查核任務與航空公司的作業活動進行分析，依查核任務之屬性與特質，層級性建立查核系統之架構，具體呈現各查核任務對應於航空公司整體作業之層級關係，以作為後續進行飛安查核工作排程之參考依據。

3. 飛安查核人員排班

飛安查核人員排班是藉由建構檢查員排班模式，以確認各個檢查員所需執行之查核任務及實際進行查核作業之工作時間，人員排班之目的是希望透過預先規劃程序，使得查核工作確實且有效率的執行，並能妥善運用查核人力，達到整體查核系統人力運用最佳化之目標。在進行排班模式建構時，必須考量各檢查員之資格、能力與可用時間，以及檢查員作業之相關規定，例如證照、訓練、每日工時限制等條件是否符合法規之基本要求，以確保檢查員之作業品質及工作效率。

三、飛安查核排班模式建立

分別針對飛安查核工作排程與檢查員排班問題，應用限制規劃與數學規劃方法分別建構工作排程與人員排班求解模式，以獲得可行的查核工作排程日程表與最適之檢查人員班表。

3.1 工作排程模式構建

飛安查核工作排程是希望在各項相關法規限制下，藉由現有查核人力完成該年度之查核任務，查核任務之執行必須配合查核系統層級做合理之安排，同時考量查核工作屬性之檢查員資格限制、查核人力公平與有效的運用，以確保飛安查核作業品質。當進行查核工作排程時，需考量查核任務選取、各項查核任務之查核工時與查核頻次、查核系統層級之查核作業順序，及檢查員之能力資格條件是否符合查核作業需求等項目，此外由於民航局之查核能量固定，因此本研究之查核任務排程將以實際檢查員可用數量作為資源限制來進行專案排程模式構建。

3.1.1 模式假設

1. 假設各家航空公司其任務內容相互涵蓋及任務活動類型相同之查核任務已完成整併工作。
2. 假設航務查核之各項查核任務，經由查核系統架構進行詳細分析後，其執行的先後順序已知。
3. 假設相同資格類別之檢查員執行查核任務之工作效率均為相同。

4. 假設檢查員執行每一次查核任務均於查核所需工時內完成，檢查員執行查核任務沒有延遲的情況發生。
5. 假設查核時間特殊之查核任務其需配合航空公司之作業時間已知，如使用模擬機相關之查核任務及與飛行時間相關之查核任務。

3.1.2 排程模式

Minimize

$$\text{Makespan} \quad (1)$$

Subject to

$$a[i].\text{start} + a[i].\text{duration} = a[i].\text{end} \quad \forall i \in I_p \quad (2)$$

$$\text{if } (a[i].\text{sequence} > a[j]) \text{ then } a[i].\text{start} \geq a[j].\text{end} \quad \forall i, j \in I_p \quad (3)$$

$$\begin{aligned} &\text{if } (a[i] \text{ preced } a[j]) \& (a[i].\text{place} = a[j].\text{place}) \text{ then} \\ &\quad (a[j].\text{start} - a[j].\text{end} \geq \text{Travel_Time1}) \quad \forall i, j \in I_p \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{if } (a[i] \text{ preced } a[j]) \& (a[i].\text{place} \neq a[j].\text{place}) \text{ then} \\ &\quad (a[j].\text{start} - a[j].\text{end} \geq \text{Travel_Time2}) \quad \forall i, j \in I_p \quad (5) \end{aligned}$$

$$a[i] \text{ requires resource}[i, k] \quad \forall i \in I_p, \forall k \in K \quad (6)$$

$$\text{Resource}[k] \geq \sum_{i \in A_t} \text{resource}[i, k] \quad \forall i \in I_p, \forall k \in K, \forall t \in T \quad (7)$$

$$a[i].\text{start} \geq a[i].\text{start after} \quad \forall i \in I_p \quad (8)$$

$$a[i].\text{end} \leq a[i].\text{end before} \quad \forall i \in I_p \quad (9)$$

$$a[i].\text{start_time} \in T \quad (10)$$

$$a[i].\text{end_time} \in T \quad (11)$$

$$a[j].\text{start_time} \in T \quad (12)$$

$$a[j].\text{end_time} \in T \quad (13)$$

相關變數與參數說明如下：

Makespan：總工作時間（完成所有查核任務的工作時間總長度）

Activity a[i]：查核任務 i

a[i].start_time：查核任務 i 的開始工作時間

a[i].end_time：查核任務 i 的工作結束時間

a[i].duration：工期（查核任務 i 的工作處理時間）

a[i].startafter：對於查核任務 i，其允許最早開始工作時間

a[i].endbefore：對於查核任務 i，其完成工作最後期限時間

a[i].sequence：查核任務 i 的排序設定參數值

a[i].place：查核任務 i 的工作地點代號

Resource[k]：第 k 種類別檢查員的總人員數量

Resource[i,k]：執行查核任務 i 所需之第 k 種類別檢查員的人員數量

Travel_Time1：相同地點接續任務必要之間隔時間

Travel_Time2：不同地點接續任務必要之間隔時間

I_p ：第 p 家航空公司該年度必須執行之查核任務集合

K：檢查員類別集合

T：工作時間集合

A_t ：於時間 t 進行的查核任務集合

3.2 查核人員排班模式構建

飛安查核人員排班是依據上一階段所獲得的查核工作排程日程表，及考量滿足相關排班法規限制下，產生多組可行工作班組合，再將可行的工作班分派給查核人員以執行查核作業，其中每個可行工作班是由一組連續的勤務所構成。檢查員排班的目的是在於使執行查核作業人員之負荷與工作時間達到平衡，當進行排班模式建構時，必須考量各檢查員之資格、能力，以及檢查員作業之相關規定、證照、訓練、每日工時限制等條件是否符合法規之基本要求，以確保檢查員之作業品質及工作效率。

3.2.1 人員排班模式求解架構

結合限制規劃與數學規劃方法，本模式採二階段演算流程之方法進行人員排班求解，其概念如圖 1 所示。演算法的第一階段是將工作班產生問題定式為限制規劃模式，其功能在於產生符合排班法規限制的可行工作班集合，而第二階段人員排班數學規劃模式則定式為集合涵蓋問題型式，其由第一階段模式產生之可行工作班集合中選取一組最佳工作班組合，以獲得最小成本的班表。

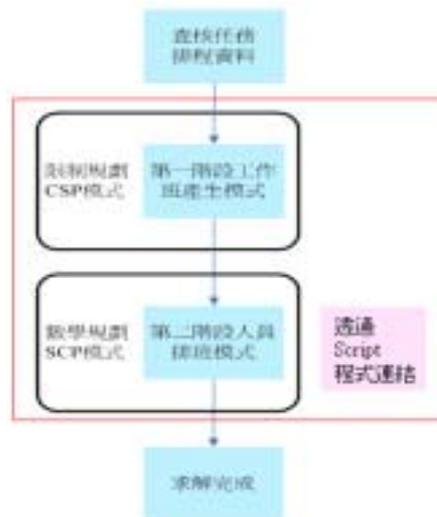


圖 1 二階段模式演算流程圖

1. 第一階段：工作班產生模式

檢查員之工作班產生問題，是希望在遵守各項法規限制下，安排出滿足各時段查核任務需求之工作班組合。其考慮的限制條件包括：檢查員執勤班表公平性、每日工作時數與每月工作時數限制、任務接續規則，及滿足不同能力、資格類別之作業人力需求。因此，本研究將檢查員工作班產生問題定式為限制滿足問題(CSP)，使用限制規劃方法及排程模式產生之工作排程日程表，建立符合實際查核作業之相關限制式(排班法規規範、人員排班規則)，並藉由模式求解運算產生可行的工作班集合。模式之限制式如表 1 所示。

表 1 工作班組合產生模式限制式說明

每日勤務限制式	
任務時間限制式	
$X[i].end_time < X[i+1].start_time$	$X[i] \quad Day_Job_Set$ $i=1 \sim Duty_nb$
每日工作時間限制式	
$\sum_{i=1}^{Duty_nb} X[i].duration \leq Max_Day_Time$	$X[i] \quad Day_Job_Set$ $i=1 \sim Duty_nb$
任務接續之相關限制式	
工作地點相同之旅行時間限制式	
If $(X[i].place == X[i+1].place)$ Then $(X[i+1].start_time - X[i].end_time) \geq Travel_Time1$	$X[i] \quad Day_Job_Set$ $i=1 \sim Duty_nb$
工作地點不同之旅行時間限制式	
If $(X[i].place \neq X[i+1].place)$ Then $(X[i+1].start_time - X[i].end_time) \geq Travel_Time2$	$X[i] \quad Day_Job_Set$ $i=1 \sim Duty_nb$
每月工作班限制式	
任務時間限制式	
$X[i].end_time < X[i+1].start_time$	$X[i] \quad Month_Job_Set$ $i=1 \sim Pair_nb$
每月工作時數限制式	
$Min_MonTime \leq \sum_{i=1}^{Pair_nb} X[i].duration \leq Max_MonTime$	$X[i] \quad Month_Job_Set$ $i=1 \sim Pair_nb$
虛擬任務之相關限制式	
虛擬任務只能出現在一工作班之尾端	
$X[1] \neq 0$	$i, j=1 \sim Pair_nb,$ $1 < i < j$
若任務 i 為虛擬任務，則其後續任務 $j (j > i)$ 均為虛擬任務 If $(X[i]=0) \quad (X[j]=0)$	
時間計算公式	
總工作時間計算公式	
$Total_Work_Time = \sum_{i=1}^{Pair_nb} X[i].duration$	$X[i] \quad Month_Job_Set$ $i=1 \sim Pair_nb$

2. 第二階段：集合涵蓋模式

本研究將第二階段人員排班問題定式為集合涵蓋之數學規劃模式，其功能是由第一階段產生的所有可行工作班集合中，選擇一組最佳且涵蓋所有查核任務需求之工作班組合，並獲得最小成本的人員執勤班表。第二階段檢查員排班模式之數學式表示如下：

Minimize

$$\sum_{j \in J} C_j X_j \quad (14)$$

Subject to

$$\sum_{j \in J} a_{ij} X_j \geq b_i \quad \forall i \in N \quad (15)$$

$$X_j = 0, 1 \quad \forall j \in J \quad (16)$$

在此集合分割問題中，變數 X_j 代表一可行之工作班(pairing)，其屬於 0-1 二元變數， J 為所有工作班之集合。如果 $X_j=1$ 表示工作班 j 有被選入排班表中，如果 $X_j=0$ 則表示工作班 j 沒有被選入班表中。 C_j 為檢查員執行工作班 j 之成本，工作班成本之計算方式為：(每小時工資率)×(每一工作班之總工作時數)，檢查員排班的目標即在於求解使總成本最小的所有工作班組合，如式(14)所示。

式(15)為集合涵蓋限制式(Set Covering Constraints)，每一條限制式 i (第 i row)代表一個查核任務(job function)， N 為所有查核任務所成之集合，如果任務 i 包含於第 j 個工作班，則 $a_{ij}=1$ ，如果任務 i 不包含於第 j 個工作班，則 $a_{ij}=0$ ，此一限制式之作用在於限制每一任務對於查核員之需求需符合作業規範。由式(15)與式(16)，可知在集合涵蓋問題模式中，每一任務應由數個工作班執行(每一工作班由一人執勤)，以滿足檢查員排班問題之查核任務作業人力需求。

3. 二階段模式演算流程串接

本研究使用 OPL Script 語法建構結合工作班產生模式及集合涵蓋模式之人員排班求解演算法。在集合涵蓋模式之資料輸入部分，是將工作班產生模式之輸出資料暫存於動態隨機存取記憶體中，並以此作為集合涵蓋模式之輸入資料，再進行集合涵蓋模式求解運算，此部分資料包括所有符合法規限制之可行工作班集合資料與各工作班的成本資料。求解模式使用動態隨機記憶體暫存陣列的程式碼如下，其中 [1..0]表示起始值為 0 的動態陣列宣告方式。

```
Open set jobsPerPairing[1..0]; //工作班陣列資料
Open int pairCst[1..0]; //工作班成本資料
// Loop over all solutions, which will become columns for the math program
while cp.nextSolution() do {
    jobsPerPairing.addh();
    pairCst.addh();
};
```

四、案例求解

為測試飛安查核工作排程與人員排班模式之求解績效，本節以民航局執行飛安查核作業為實證對象，並蒐集實務查核作業流程、相關程序，以獲得工作排程與人員排班問題之模式輸入資料。在工作排程部分，研究中使用限制規劃方式求解查核任務排程之組合最佳化問題；在檢查員排班求解演算法部份，則使用結合限制規劃與數學規劃之兩階段模式對人員排班問題進行求解。本研究以國內四家航空公司年度查核任務進行查核工作排程與人員排班問題之求解測試，並依據實務查核作業程序及人員排班要求進行相關

資料輸入與參數值設定，然後透過電腦運算求解以獲得查核任務排程與檢查員排班結果。

4.1 資料輸入

1. 查核任務資料

航務查核是以「航務檢查員手冊」所制定之查核任務作為檢查員執行飛安查核作業的工作項目，依據「航務檢查員手冊」規定，航務查核共有 27 項任務及附加職掌 17 項。本研究之查核任務排程是針對航空公司的航務查核作業為主，其中「job10.能力與適職性考驗」及「job12.委任考試官評估」因任務活動類型相同進行合併，及刪除航空公司以外之任務，因此進行排程之查核任務共有 18 項及附加職掌 1 項。四家航空公司之各項查核任務乘上對應之查核頻次，總共預定執行 908 項查核任務。此外，查核任務執行必須考量所需查核之任務、各項查核任務之工作時數、查核頻次、查核系統層級之查核作業順序，及檢查員之能力資格條件是否符合查核作業需求等項目，本研究整理之任務基本資料，包括 1.任務執行順序；2.工作地點接續；3.作業人力需求。

2. 檢查員資料

根據檢查員之查核經驗及工作資歷，航務檢查員分為兩種能力資格類別—主任檢查員及一般檢查員，主任檢查員能執行分屬查核系統層級之所有查核任務，一般檢查員則執行組織系統層級或自我督察層以外之查核任務；民航局實際航務檢查員人數共 17 人，包括：主任檢查員 3 人、航務檢查員 14 人。

3. 排班規定資料

在工作班產生模式中，經由任務基本資料輸入後，必須依據排班規定資料建立限制規劃模式之限制式，然後產生可行的工作班集合，其考量項目包括：檢查員之資格、能力限制、檢查員作業相關規定，以及每日工時限制、每月工時限制等條件，均需能符合相關規定要求，其中關於檢查員之資格、能力及檢查員作業相關規定等資料與工作排程所需資料相同。

4.2 案例測試求解與結果說明

為測試所發展模式於目前飛安查核預劃工作之執行績效，依據前節資料分析與資料輸入方式，並使用 ILOG 最佳化軟體進行求解，以獲得最終的輸出結果。在各個階段的求解測試中，工作排程階段的求解結果將作為工作班產生階段的輸入資料，而工作班產生階段的輸出結果，將作為工作班選擇階段的輸入資料，當完成各階段模式之執行求解，即可得到查核任務每月的工作排程日程表及檢查員每個月的執勤班表。

在工作排程求解部份，排程模式同時對四家航空公司之查核任務進行求解，總計 908 項查核任務，變數個數共 3,636 個，限制式個數為 7,152 條，求解運算時間約 30 秒即獲得工作排程結果，相當有效率，其應能滿足實務排程之需要。由於本研究使用資源限制專案排程模式進行各項查核任務之作業時間求解，其得出的查核任務作業時間為一連續的工作時數，為考量真實航空公司之作業時間及檢查員之過夜休息時間，因此，將連續工作時數再轉換為每日的查核工作時數，以獲得工作排程日程表之最終結果，並以此作為檢查員排班模式之基本輸入資料。

在人員排班求解部分，分別對各家航空公司每月查核任務進行檢查員排班求解，當第一階段模式產生的可行工作班集合數目越多，排班模式的求解時間越長，求解時間約

介於80~180秒。執行結果獲得一月份四家航空公司共需由13個工作班以執行所有查核任務，其他月份各需使用12個工作班以執行每月的查核任務，由於模式產生的工作班為檢查員該月份之每日勤務組合，因此一月份需由13位檢查員執行查核工作，其他月份需由12位檢查員執行查核工作，求解結果滿足目前民航局航務檢查員的編制人數14人。

此外，工作班時間長度為檢查員該月份執行查核作業之總工作時數，由排班模式求解之每月份工作班總工時得出一月、五月、七月、九月工作班之工作時數較長，是由於這些月份必須執行的查核任務數目較多，因此檢查員於該月份的總工作時數較其他月份多。在班表公平性方面，一月份各家航空公司工作班平均工作時數為97~105小時不等，但同一公司內各工作班的查核時數均為相同，以一月份A航空公司為例，其工作班之求解結果可示如圖2，顯示排班模式求解獲得之檢查員每月查核時數相當平均，此等結果對查核員之薪資及工作負荷之公平性頗有助益。

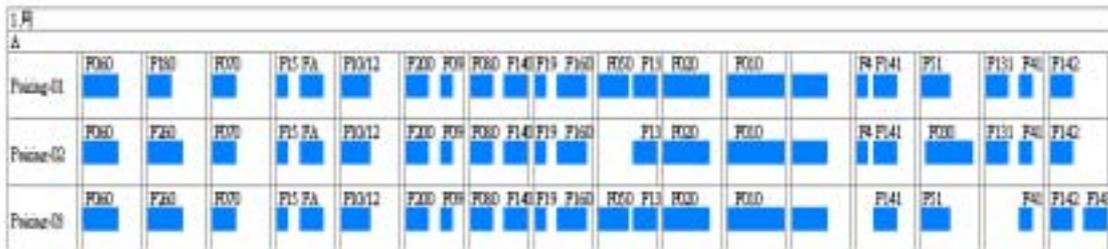


圖2 一月份A航空公司工作班求解結果

五、結論

本研究將飛安查核工作排程定義為資源限制專案排程問題，資源限制專案排程在學術領域中被歸類為組合最佳化之問題型式，近年來由於電腦運算速度的進步，對於組合最佳化問題，限制規劃法已廣被採用作為求解之工具，此方法適用於限制程度較高的問題類型，由於查核任務排程(RCPSP)模式考量的限制條件繁多，包括任務工作時數、任務工作順序、作業人力需求、查核人力限制，及相同作業地點與不同工作地點之任務接續等各項因素，其可歸類為限制程度較高的組合最佳化問題，因此研究中使用限制規劃方法進行資源限制專案排程模式求解，經實證分析結果得知，限制規劃方法能確實有效的輔助排程管制人員快速獲得飛安查核工作排程結果。

就人員排班之工作班產生方式而言，通常可使用變數產生法求解，其求解觀念為將主問題定式為集合涵蓋或集合分割問題，子問題為資源受限制之最短路徑問題，並使用單體法與資源受限制的最短路徑演算法分別求解主、子問題，變數產生法在子問題求解部份，由於資源受限制的最短路徑演算法需在網路中的每個節點設定標籤來紀錄各種資源限制於不同路徑上的使用狀態，其需耗費大量記憶體空間，使得求解效率受到限制，因此應用數學規劃結合限制規劃方法求解人員排班問題成為另一可行之途徑。本研究對於檢查員排班問題，即依據排班問題之限制條件，建立結合限制規劃與數學規劃之二階段演算流程，經案例測試求解，顯示其可獲得良好的排班績效，可作為飛安查核作業與人員排班規劃之有力工具。

此外，在檢查員排班之二階段演算流程中建立串連數個模式的OPL Script程式，使得求解系統自動連結限制規劃與數學規劃兩階段模式並進行參數傳遞與控制模式求解程序，其亦可避免以手動方式輸入模式所需資料；排班模式求解結果獲得各月份需由12~13位檢查員執行查核作業，檢查員平均每月總查核時數約為80小時，所有月份中檢查員最長的工作天數為18天，最短工作天數為14天，以目前民航局航務檢查員的編制人數14人而言，考慮檢查人員所需之準備時間、查核結果分析及受訓與臨時性交辦事項之所需，此等人力如能公平妥善的運用，擔負航務查核作業之工作數量似尚稱良好。

參考文獻

- 王國琛(民 91)，結合限制規劃與數學規劃求解大型後艙空勤組員排班問題，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士論文。
- 汪進財等(民 91)，「建立航空公司飛航安全評鑑制度之研究」，交通部民用航空局。
- 何慧珍(民 92)，飛安查核量之推估與分析模化，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。
- 杜宇平(民 89)，空服員排班網路模式之研究」，國立中央大學土木工程學系博士論文。
- 林錦翌(民 85)，空服員排班組合最佳化之研究，國立中央大學土木工程學系碩士論文。
- 林維宏(民 91)，「國內民用航空安全查核制度之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。
- 林詩芹(民 92)，以限制規劃構建全年無休服務人員排班模式—以客服人員排班為例，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士論文。
- 唐依伶(民 92)，以限制規劃求解公平性後艙組員派遣問題—以座艙長為例，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士論文。
- 陳玉菁(民 90)，航空公司修護人員供給規劃之研究，國立中央大學土木工程學系碩士論文。
- 張育彰(民 92)，應用基因演算法於台鐵列車駕駛員排班與輪班整合問題之研究，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文。
- 游雅惠(民 88)，「捷運列車排班問題之研究—以台北捷運淡水-新店線為例」，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士論文。
- 湯敦台(民 87)，空服員混合策略排班模式之研究，國立中央大學土木工程學系碩士論文。
- 劉鈺鈴(民 92)，飛安查核工作排程與人員指派之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。
- 盧宗成(民 88)，捷運司機員排班問題之研究—以台北捷運公司為例，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士論文。
- 謝欣宏(民國 91 年)，台鐵司機員排班與輪班問題之研究—以基因演算法求解，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文。
- Beasley, J. E., and Cao, B.(1996), "A Tree Search Algorithm for the Crew Scheduling Problem," *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, No. 3, pp. 517-526.
- Carlier, J., and Pinson, E.(1989), "An Algorithm for Solving the Job-shop Problem," *Management Science*, 35, pp 164-176.
- Desrochers, M. and F. Soumis (1989), "A Column Generation Approach to the Urban Transit Crew Scheduling Problem," *Transportation Science*, vol. 23, no. 1, pp. 1-13.
- Heuristic Scheduling Systems (1993), *With Applications to Production Systems and Project Management*, Thomas E. Morton, Carnegie Mellon University, David W. Pentico, Duquesne University.
- Peter Brucker, "Scheduling and constraint propagation (2002)," *Discrete Applied Mathematics*, Vol. 123, pp. 227-256.
- Van Hentenryck, P.(1989), "Parallel constraint satisfaction in logic programming," In

International Conference on Logic Programming (Lisbon, Portugal June), MIT Press, Cambridge, MA, 165-180.