

警察巡邏勤務排班問題之研究

曾招雄¹ 顏上堯²

摘 要

實務上警察人員勤務問題甚為複雜，不僅須滿足各單位本身所規劃的勤務項目、重點、管理原則，且須遵守警察勤務條例之工作限制，以及配合上級政策機動支援、調整勤務，故當單位人員多與勤務項目繁雜時，甚難以人工方式做有效的規劃。有鑑於我國目前的警察人員勤務編排，均是採人工的方式，每次編排勤務皆須耗費承辦人員相當多之時間，長久下來，所浪費之時間相當可觀；再者由於採人工方式，其依承辦人員之經驗、基本原則編排勤務結果，公平性問題屢受爭議。故本研究嘗試以交通警察為對象，針對勤務項目中較具固定、經常性，且所佔總服勤時數較重之巡邏勤務，採用數學規劃方式進行排班問題之研究，期能發展一套最佳執勤效率下，自動排定一長時間(如一週)之勤務基準表，而員警只須輪番替代方式輪流執勤，以達到有效、公平、客觀之服勤原則。

一、前言

治安與交通為警察的兩項主要任務，但在一般的警察勤務中，對於交通巡邏、交通執法等工作投入甚少，交通警察之編制與勤務運用情形亦不符社會之需要。台灣地區每年的刑事案件，年死亡人數約三、四百人，其財產損失約兩、三百億，而每年交通事故死亡人數，依衛生署之統計資料則約有六、七千人死亡，數十萬人受傷，經濟損失達二、三千億，相較之下，交通事故所造成的損害遠超過刑事案件，在保護人民生命財產方面，交通之重要性並不亞於治安。然而自民國 76 年至 89 年間，全國機動車輛數已由 7,342,801 輛增加至 17,022,689 輛，成長 2.3 倍，但交通警力則由 2959 人增加不到 6000 人；且我國對於交通警力之設置標準，僅國道公路警察局

¹國立中央大學土木工程學系博士班研究生
台中縣警察局交通隊分隊長
²國立中央大學土木工程學系副教授

設有巡邏警力配置標準，其他單位則付之闕如，加之交通警力之運用受警政首長、地方首長好惡與當地治安狀況影響甚鉅，如未能善加運用現有警力，則交通之亂象勢必無法有效改善。

除鐵路、航空、水上警察外，我國公路交通警察之組織可分為二類，一為國道公路警察局(合併台灣省公路警察大隊)，其編制與員額均屬交通警力，另一類則是各縣市警察局交通隊，其乃由各警察局依法編配總警力員額，依其轄區特性分配各種警力之一，惟沒有一定的分配標準，高低差異十分懸殊。但交通勤務包括路口指揮疏導、交通違規取締、交通事故處理、道路交通巡邏等，涵蓋項目相當廣泛，目前並無完整週言之研究基礎，可用於交通警力勤務編配之參考。故如何在有限的現存人力資源中做一合理、公平、有效之勤務編排，以提供線上巡邏警車之可見性或能見度，使一般駕駛人可以感受到巡邏警察之存在，進而減少交通違規之危險性與降低交通事故的發生，實有必要進一步研究。

由於警察人員排班問題複雜且多變，目前國內對於該問題之研究多從政策、人力資源以及管理科學角度加以探討，較少數量化分析方式，因此本研究乃藉由當前交通警察勤務項目中較具固定、經常性，且所佔總服勤時數較重之巡邏勤務，參酌相關文獻，採用數學規劃方式進行排班問題之研究，並以實際執勤資料計算與現況檢討，期能提供一套在最佳執勤效率下，自動排定一長時間(如一週)之勤務基準表，而員警只須輪番替代方式輪流執勤，以達到有效、公平、客觀之服勤原則。

二、文獻回顧

由於人員排班問題通常是屬於 0-1 整數規劃問題，因此對於該類問題而言，其問題的複雜度通常與變數的數量有相當的關聯性。而另一方面，就實際的應用上，人員排班方法的好壞，亦常會影響到企業之人員成本與工作士氣，因此對於不同的行業而言，常使用不同之排班方法。

1.人員排班的種類

Beaseley and Cao 將文獻上人員排班的種類大致分為三類：航空公司人員排班、大眾運輸人員排班以及一般人員排班。

(1)航空公司人員排班(Airline Crew Scheduling)

由於航空公司的航線、人員以及機隊的數量都相當龐大，因此，一般而言，求解此類問題大多以下列之步驟進行：即先以某種方法產生許多較佳的可行排班組合，並分別給予其所需之成本；其次依據所獲得之排班組合，配合公司之規定與法規限制，將人員排班問題以數學規劃的方法轉換成一數學模式。而此類問題多半為集合涵蓋問題(Set Covering Problem, SCP)或集合分割問題(Set partitioning Problem, SPP)。最後以適當的演算法求解上述所獲得之數學模式。

如：林錦翌君在求解「空服員排班組合之最佳化問題」時，將問題模式定式為集合涵蓋問題，求解方法則利用變數產生法求解。此研究中，假設草擬班次表及空服員排班網路為已知進行求解，先以人工方式產生足夠數量的可行執勤航班組合，獲得問題的起始變數。之後，將求解過程分為主問題與子問題的求解；主問題為集合涵蓋問題，只考慮已產生的部分變數，以 Simplex Method 求解，找出此部份變數的最佳解，利用求解主問題所得的資訊，加入次問題，修正次問題的參數；次問題則為最短路徑問題(shortest path problem)，並利用 label correcting algorithm 求解，產生有助於改善主問題目前解的變數，再加入主問題中重新求解，以此程序逐漸改善目前解，一直到無法改善為止。

(2)大眾運輸人員排班(Mass Transit Crew Scheduling)

於文獻上最為常見的大眾運輸人員排班為公車駕駛員與鐵路駕駛員排班問題。由於此類問題與航空公司人員排班頗為相似，因此，部分文獻亦使用上述步驟作為求解之程序。但是，由於一般鐵公路運輸業者的規模遠低於航空公司，問題不如其來得複雜，故部分文獻亦直接採用適當之演算法進行求解，而略過產生排班組合之步驟。

郭彥秀君在「鐵路駕駛員排班問題之研究」中，將鐵路駕駛員排班問

題分為兩個排班層次，即工作班產生與工作班輪班表產生；先利用自行撰寫之 Fortran 程式語言，以台鐵原始排班資料做為投入資料，在考慮所有法規限制下，進行可行工作班之產生，將產生之具高度可行性工作班，投入集合涵蓋問題模式中，藉由套裝軟體 Lindo 求解，選取兼具最小化人員與最小化總成本雙目標規劃的工作班組合。接著逐次修改可行工作班之產生加入投入資料集並求解，直到模式績效接近無法改善之收斂狀態為止。最後利用網路問題的概念，構建符合所有限制條件的工作班輪班表產生模式，並以台鐵的資料做為投入資料，經由套裝軟體 Lindo 及配合適當啟發式解法幫助求解，產生輪班週期時間最小且每週工作量最平均的工作班輪班表。

(3)一般人員排班(Generic Crew Scheduling)

一般人員排班泛指上述二類人員以外之排班問題，諸如護士、作業人員、接線生以及本研究所探討的警察人員排班皆屬之，與航空公司人員排班問題的龐大程度相比，此類問題則屬於中、小型之人員排班問題，因此，文獻上較少使用航空公司人員排班之求解程序，多使用啟發式解法或其他適合演算法直接求解。

2.人員排班的方法

郭金青君指出，目前在國內各行業人員的排班方法，一般可分為傳統式排班與週期性排班二類：

(1)傳統性排班

傳統式排班方式是由排班人員依據相關的法規以及勞資協定等限制，以隔日所能運用之人力為基礎，每天安排隔日的人員班表。此種排班方式適合人數或工作內容變動過大之相關行業。

(2)週期性排班

週期性排班方式則是由排班人員依據工作內容安排固定的執勤班表，以供一固定時段內使用。在此時段內員工依照一定的規則依序執勤，等到時段完畢才須重新安排新的執勤班表。

現行警察人員之排班，則是兼具前二類特性，由承辦人員依經驗、規

定編排之。

3.人員排班問題之型態

Bechtold、Brusco and Showalter 指出，人員排班問題之主要型態分為三種：休假排班問題(Off-day Scheduling Problem)、執勤排班問題(Shift Scheduling Problem)以及休假執勤排班問題(Tour Scheduling Problem)。在休假排班問題中，其休假排班表常以週為單位，考慮在一週的營運日內，如何安排人員的休假日。執勤排班問題中，則僅規劃一天內之班表，亦即排定工作人員一天之中的工作時段以及休息時段。而休假執勤排班問題，則可視為上述二者之合併，其通常以週為單位，不僅要安排工作人員之休假日，亦須針對每日之工作時段加以安排。

由於警察人員排班制度多是以一週為單位，期間不僅要排定各人員之休假日，同時亦須編排各人員每日的工作及休息時段。因此可知警察人員排班問題屬於第三類的休假執勤排班問題。

4.警察人員排班問題之文獻

警察人員排班問題由於複雜且多變，除分動、靜態、日、夜間有所不同外，更因受到政策與警察機關首長之好惡影響，常有臨時性之調整，故目前國內對於警察人員排班問題多從政策面、人力資源與管理科學等方面探討，較少數量化分析方式。如：魏依玲君「都會區交通警力派遣系統雛形之建立」與林淑絲君「都會區交通警力派遣問題分析與規劃」，即是以管理科學角度，用系統構建軟體將交通警力派遣原則，以知識庫表現方式，推論發展電腦系統，並分析勤務原則，進而探討巡邏路線等。

高政昇君在「警察人力規劃之研究」中，則係透過人力結構分析，推估未來警力需求。蔡俊章君之「台北市警力擴增準則之研究」同樣以人力資源與管理科學角度，探討現行警力擴增準則，並從犯罪特性推估未來犯罪與警力關係。黃宇斌君在「警察勤務執行機構設置調整分析專家系統雛形之研究」中，藉由分析警察勤務機構設置準則，建立專家系統。

引進數量化方法者，有黃國珍君「都市巡邏警力之研究」，其以等候理論與模擬分析方式，評估循落區域之劃分。李紹瑜君在「我國交通警察人力配置模式之探討」中，則引進多變量分析方式，建立警力配置模式。另外莊弼昌君於「應用模糊理論於保安警力配置策略之評估」一文，則利用模糊多目標理論，探討保安警力配置情形。使用數學規劃方式者，首推連志平君之「警察人員排班問題之研究」，其主要以數學規劃方法，依循分枝定限法架構，探討省公路警察大隊排班問題。

由過去文獻及現況可知，國內警察機關在規劃勤務表時，多以人工方式進行，效率不佳，學界雖有從各種角度探討分析警力配置問題，惟以數量化方式進行自動排班方式之研究，則少之又少，因此本研究嘗試以數學規劃方式進行排班問題之研究，並以實際執勤資料計算與現況檢討，期能提供一套在最佳執勤效率下，自動排定一長時間(如一週)之勤務基準表，而員警只須輪番替代方式輪流執勤，以達到有效、公平、客觀之服勤原則。

三、模式構建與結果

1.現況說明與勤務規定

本研究以台中縣警察局交通隊之巡邏勤務為實證研究，使其在滿足勤務規定的情況下效率最佳化。

台中縣警察局交通隊轄區涵蓋整個台中縣，包括豐原、大甲、清水、烏日、霧峰、東勢、和平等山海屯地區，僅形式上有分隊之編制，實際執勤仍以整體交通隊做為勤務編排，目前的編排方式採人工方式，由承辦人員於前一日將編排完成之勤務表送核。由於每次編排勤務表皆須耗費承辦人員相當多之時間，且因採人工方式編排，公平性屢受爭議，如能採行輪番替代方式輪流執勤，待輪番完畢，則所有員警皆已執行相同之勤務份量，較具公平性。

依據警察勤務條例規定，每日勤務時段自 0 時起至 24 時止，其時段可分為三類：(1)深夜勤：0 - 6 時、(2)日勤：6 - 18 時、(3)夜勤：18 - 24 時。

服勤人員每日之工作以 8 小時為原則，每週以 40 小時為度，必要時得視實際情況酌量延長之，但每次執勤不得連續超過 6 小時，每日則須有 8 小時之睡眠時間。另外依據勤務編排原則，如為深夜勤時段執勤，則隔日勤務自十二時起編排，同時為顧及員警執勤安全，巡邏勤務由二至四名員警共同執行，而考量勤務執行之連續性以及巡邏路線之遠近，每一巡邏勤務長度為二或四小時。

以目前實際勤務編排狀況而言，因現階段警力明顯不足，故員警每日實際執勤 10 小時(2 小時為超勤，即加班)。而時段的編排方式則以 2 或 4 小時為編排原則，亦即將每日所需執勤之 10 小時分為三至五個時段，其中包含四小時時段與二小時時段，若時段間有休息時段，則至少達 1 小時以上。

故綜合以上所述，台中縣警察局交通隊排班必須符合以下排班原則：

- (1)每位員警每日須執行 10 小時勤務，其中包含二小時或四小時之勤務。
- (2)各員警之時段編排必須滿足可排勤時段
 - a.輪休返隊人員於 8 時歸隊後才可排勤。
 - b.一班服勤人員於 8 時前無須執勤。
 - c.深夜勤人員自中午 12 時起才可排勤。
- (3)不得連續執勤超過 6 小時，若於深夜時段(0 - 6 時)，則不得超過 4 小時。
時段之間若有休息，至少須達 1 小時以上。
- (4)巡邏勤務須由 2 至 4 名員警共同執行。

由於台中縣警察局交通隊現行之外勤勤務人員，除分隊長以上幹部屬督導性質，非特殊專案勤務並不實際參與巡邏勤務編排外，僅基層員警五十二名與小隊長十名執行巡邏勤務；而為配合內部管理需要，五十二名基層員警共分為十四組警網，每組警網三至四名員警，勤務編排以警網為單位，有請假者，則由小隊長填補帶班，故上述之原則(4)因以警網為單位，基本上均可符合該原則，可以不予考慮。因應週休二日之需求，實際服勤日數為五日，故僅分五日不同勤務，為簡化問題，本研究僅針對某一組五日不同勤務進行求解，先不考慮深夜勤部分以及輪休、請假等因素。

2. 決策變數與數學模式之建立

本研究之目的是在符合勤務規則下，使用已知的員警人力，以達到執勤效率最佳化的目的。因此本模式同時考慮四小時時段及二小時時段之決策變數，為了比較二決策變數之銓重高低，在目標函數之構建時，於各決策變數之前乘上其時數，以分辨二決策變數之權重關係。而依據本研究之問題類型，所定義之決策變數說明如下：

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{假如第 } i \text{ 天於第 } j \text{ 時起連續執行勤務 4 個小時} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{假如第 } i \text{ 天於第 } j \text{ 時起連續執行勤務 2 個小時} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中 i 表第 i 天執勤 ($i=1,2,3,4,5$)， j 表執勤起始時間 ($j=0,1,2,3,\dots,23$)。

則模式可構建成：

$$\text{Max } 4 \sum_i \sum_j X_{ij} + 2 \sum_i \sum_j Y_{ij}$$

Subject to

$$4 \sum_i \sum_j X_{ij} + 2 \sum_i \sum_j Y_{ij} = 24 \dots\dots\dots(1)$$

$$4 \sum_j X_{ij} + 2 \sum_j Y_{ij} = 10 \dots\dots\dots(2)$$

$$\sum_j^{j+4} X_{ij} \leq 1 \dots\dots\dots(3)$$

$$\sum_i X_{ij} + \sum_i \sum_j^{j+3} Y_{ij} + \sum_i \sum_j Y_{i,j+4} \leq 1 \dots\dots\dots(4)$$

$$\sum_i \sum_j (X_{ij} + Y_{i,j+4} + X_{i,j+6}) \leq 2 \dots\dots\dots(5)$$

模式說明：

目標函數為求執勤效率最佳化，原應於勤務前乘上效用函數，因本研究僅針對單一單位單一巡邏勤務探討，故假設勤務效用均相等且令其為一。

限制條件說明如下：

- (1) 24 小時須有勤務。
- (2) 每日服勤時數為 10 小時。
- (3) 避免二次四小時勤務產生重疊，若其間有休息時段，須大於 1 小時。
- (4) 避免四小時與二小時時段之勤務重疊，若其間有休息時段，須大於 1 小時。
- (5) 避免四小時、二小時與四小時時段之勤務重疊，亦即連續服勤 10 小時；若其間有休息時段，須大於 1 小時。

3. 模式求解分析

上述模式由於時段的計數單位為 1 小時，因此對於決策變數與限制式的數量來說都相當龐大，如以本研究 5 天的簡化模式為例，模式的決策變數即高達 $2 \times 5 \times 24 = 240$ 個，經以 Lingo-W 套裝軟體，於 CPU-166, 64MB RAM 的 PC 上執行結果整理如下：

時段	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
第一日																								
第二日																								
第三日																								

第四日																				
第五日																				

此乃經剔除不合理之結果所得，依其而言尚屬可接受，但可發現未考量深夜勤之結果，將導致休息時數不足之現象。另檢視軟體執行結果，發現多為二小時之勤務，四小時之勤務較少，且二小時勤務有連續陸小時之情形，應可再於限制式中加強，以避免類似情形。

四、結論與建議

1. 依照所構建模式利用套裝軟體執行之結果，雖於整理後可得上揭尚可接受之結果，惟若檢查整體輸出結果，仍有許多未盡合理之處，如四小時勤務 X_{ij} 所得之結果較少，二小時 Y_{ij} 所得之結果較多，但又產生連續二小時勤務之情形，可見限制式仍有待加強。
2. 本研究僅是針對單一單位單一勤務並簡化情形來探討，即已產生 240 個變數，近三百個限制式，如再加上多組警網或考量深夜勤狀況，則變數與限制式將達上千個，一般多採其他方式演算法求較佳之解，故如欲將問題擴大，宜對演算法方面加以探討。
3. 由於在模式構建階段，僅是依據相關規定將可能之限制式列舉出，再將之以簡化，但變數之設定亦應考慮所有可能狀況，其對模式求解而言，可能因而造成不必要或重複的變數與限制條件，大量的變數則將嚴重影響電腦之運算能力。因此建議在模式求解之前，應可加入部分前置處理步驟，即利用簡單之數學方法，將模式中多餘之變數與限制條件加以去除，始模式更簡化，相對亦可增進其求解效率。
4. 對於排班模式而言，若直接求解模式，不僅此時的可行解區域非常大，可行解區域之邊界對於最佳解而言，亦不夠緊密，將導致耗費過多求解時間。
5. 本研究僅針對模式直接進行求解，未探討解之收斂程度，因此產生不合

理之排班現象，建議未來考朝解之收斂狀況加以探討。

6. 本研究所規劃之數學模式，主要是以員警執勤效率最佳化為目標，亦即從主管編排勤務之角度來看，因此尚未完整考量員警執勤之均衡性問題，但實務上該問題亦為排班問題重要課題之一，可以進一步加以探討。
7. 由於警察屬於較特殊之行業，其各項勤務之編排長須依據當日轄區狀況加以考慮，因此實務上若完全採用輪番方式編排勤務，雖可大幅提高執勤公平性，惟可能無法因應臨時勤務之警力需求，故若欲滿足警察人員於實際編排上之機動化、彈性化，建議可從最少人力角度，選擇經常性之勤務探討，多餘警力則可機動調整派遣，並比照航空公司排班問題，加入擾動因素加以研究。

伍、參考文獻

1. 新修正警察勤務條例，民國 90 年。
2. 連志平、王晉元，警察人員排班問題之研究，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士論文，民國 88 年 6 月。
3. 郭彥秀、李治綱，鐵路駕駛員排班問題之研究，國立成功大學交通管理學系碩士論文，民國 89 年 6 月。
4. 林錦翌、顏上堯，空服員排班組合最佳化之研究，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，民國 85 年 6 月。
5. 李宇欣、楊承道，雙勤務人員排班問題，運輸計劃季刊第 28 卷第 3 期，民國 88 年 9 月。
6. 曾平毅，高速公路巡邏警力數之推估，運輸計劃季刊第 29 卷第 4 期，民國 89 年 12 月。
7. 曾平毅，我國交通警察人力配置模式架構之探討，警學叢刊第 29 卷第 2 期，民國 87 年 9 月。
- 8.