

警察勤務編排模式之研究

Models for Police Crew Scheduling

顏上堯 Shang-Yao Yan¹

婁自強 Tze-Chang Lou²

陳佳宏 Chia-Hung Chen³

摘要

近年來，政府經費預算及員額逐年的縮減，加上警務工作日趨繁重，因此如何使警力能更有效率的運用之課題，愈來愈受警界所重視。現有之警察勤務編排，均依照警察勤務條例或相關行政命令規定之方式為主，少有以數量化方法去探討何種編排方式較符合使用警力數最小之經濟原則。本研究針對此問題，以國道公路警察局第三警察隊泰安分隊為案例，統計該分隊勤務編排標準表之各班及每小時所需警力數，再利用整數規劃方法，以最小使用警力數為目標式，實務排班原則化限制式，發展三個排班模式，藉以求出使用警力數最少者為最佳之編排方式。最後為展示模式之應用，本研究進行一實例測試，結果顯示本研究模式確具效率與效果。

關鍵字：警察勤務、人員排班、整數規劃

¹ 國立中央大學土木工程學系教授兼系主任

² 國立中央大學土木工程學系博士班研究生（聯絡住址：320 桃園縣中壢市中大路300號、聯絡電話：03-4227151-4107、E-mail：hpb00903@mail.hpb.gov.tw）

³ 國立中央大學土木工程學系博士班研究生

Abstract

In recent years, while citizens need more efficient police duties, the government does not have enough money to support enforcement. Under this situation, it becomes essential for police departments to improve efficiencies of police crew scheduling. In practice, there are many constraints for the police crew scheduling problem, including specific governmental rules and expectancy from police officers, making the problem very complex. Because the traditional scheduling practices were performed using a manual way, which is neither efficient nor effective, in this research we attempt to develop three models that will help police authorities to effectively schedule their staffs. The models are developed based on a case from the highway patrol police squad as an example. These models are formulated as integer programs, with the objective of minimizing the total number of police officers, subject to constraints from the real scheduling practices. Finally a case study is performed to demonstrate the models. The test results prove the models' efficiency and effectiveness.

Keyword: *Police Duty; Crew Scheduling; Integer Program.*

壹、前言

勤務編排在現行警察勤務制度中佔有非常重要之角色。現行警察勤務條例，相關規定限制相當嚴格，如警察勤務條例中規定勤務4小時休息8小時等，對員警限制相當大，常造成員警或眷屬反彈的情形，因此在勤務制度改革方面，勤務編排方式之改善佔著相當大之比例。

國內警察勤務編排方式與歐美不同，如美國警察勤務編排是連續八小時制，而每一班起班時間固定如0至8時，8至16時，16至24時等三班制，較為單純。反觀國內警察勤務排編不固定，常受到勤務需求作調整。另外，國內勤務編排亦非連續服勤制，常有服勤四小時或二小時，後有二至四小時休息（警察勤務條例亦作此項規定）。深究其原因為（1）警力不夠，（2）處理緊急事件時，往往調度大量警力，如深夜時處理重大交通事故，（3）編排勤務主管，往往有『人多好辦事』的心態，故造成基層員警常常爲了8小時的勤務，整天時間被綁在勤務單位，甚至於以前規定：一週內僅由二天外（出）宿及一天輪休。此等現象不但

影響員警服勤士氣，甚至衝擊員警家庭生活。

警政署針對前述反應，自民國八十二年起至今，不斷修正法令由改變勤務編排方式，並由機關特性、人性考量及任務需要等不斷地嘗試尋求通則。由於警察任務與勤務之多樣性，勤務方式多以專案管理，致使警政署僅能以授權之方式交付各警察機關辦理，交通警察勤務編排亦屬警察勤務編排之一環，其編排方式亦經過相當多次之修正，而現行勤務編排方式為排班者之經驗法則與員警之期望協調而成。事實上，為了達成特殊任務目的常常有更動時段（一至二小時內）之情形，例如動員一個分隊全部員額二分之一或三分之二以支援特殊任務，而此時排班者僅能以要求限制出入或加班方式增加人力。另外配合政府精簡人事之方向，整體資源的運用上亦有所限制，例如人員補充及加班費有其上限，因此必需要有一套作業方法或程序以衡量在固定警力需求下，何種勤務編排方式可以動用最少之警力數，進而達成警力使用的有效性。

由前述所知，警察勤務編排的問題複雜性高，以往國內對於警察勤務編排問題之研究方向多從策略、法規、人力配置、管理學及心理學著手，較少以數量化分析方式著墨（如連志平、民88【1】，顏上堯、曾招雄。【2】）。因此本研究嘗試以整數規劃方法，在給定勤務編排需求條件下，建立數個模式，並據以探討警察勤務編排方式不同時，可能人力成本使用之規模問題。本研究範圍限於勤務較單純之單位，屬於初期個案研究，期先以初步成果拋磚引玉，引導其他實務單位未來作更進一步之探討與改進。本文其餘內容下：首先回顧相關文獻，之後建立模式，接著進行模式求解與分析，最後提出結論與建議。

貳、文獻回顧

人員排班依產業的不同，其所需的排班規則或特性亦有不同，且人員排班問題通常是屬於0-1整數規劃問題，其問題的複雜度通常與變數的數量有相當的關聯性，因而求解方法亦有差異。本研究參考 Beasley and Cao (1996)【3】將人員排班問題分為航空公司人員排班、大眾運輸人員排班以及一般人員排班等三大類。各類文獻回顧如下：

2.1 航空公司人員排班

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（pairing），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）或集合分割問題（set partitioning problem）。最後以適當的演算法求解上述所獲得之數學模式。

此等研究中，例如顏上堯、林錦翌（民86）【4】曾將問題模式定式為集合涵蓋問題，再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，再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，以單體法（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。Yan and Chang（2002）【5】曾針對駕駛員的組員排班問題，建立一集合涵蓋問題模式，並發展一變數產生法，求解駕駛員組員之可行值勤航班組合。Yan et al.（2002）【6】曾針對空服員排班問題，並考量多基地、多艙等、混合機種等因素，建立8個整數規劃模式，並利用變數產生方式，發展有效的求解演算法，求解空服員可行值勤航班組合。

至於人員指派問題上，Ryan（1992）【7】曾將航空公司人員指派問題定式為一集合分割問題以求解公平性的人員指派，並利用單體法與分枝界限法進行求解。Langerman and Ehlers（1997）【8】利用遺傳演算法配合先進先出方法求解航空公司人員排班問題，並發展了一專家系統結合Q-learning演算法幫助求解該問題。Lučić and Teodorovic（1998）【9】曾將航空人員指派問題定式為多目標最佳化問題（multi-objective optimization problem），並以一兩階段式求解架構進行求解。Lučić and Teodorovic（1999）【10】曾使用模糊集合理論進行航空人員的指派問題。構建一逐日指派啟發式解法（day-by-day heuristic method），並

以概似推論演算法 (approximate reasoning algorithm) 決定人員間指派的偏好強度，並以求得滿意解的求解架構替代求解最佳解。顏上堯、陳玉菁【11】曾進行相關相關航空公司修護人力供給規劃之研究，發展一模式以規劃修護人力之供給，並發展一分解式啟發解法以求解模式。

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

常見的大眾運輸人員排班為公車駕駛員、鐵路駕駛員之排班問題，此類問題亦為配合公車與火車之班次，在最小成本之可行解下，執行人員指派。此等研究中，例如蔡文昉（民90）【12】曾先將客運業的車輛營運狀況以時空網路圖來表示，基於此時空網路圖再將車輛排程及人員排班問題建構為集合分割問題模式，並針對此模式設計求解。求解演算法包含以拉氏鬆弛法切入問題、修正放鬆後集合切割限制、車輛起迄演算等的限制及工作時間的限制等限制條件配合一演算流程，最後以C語言完成求解。

蘇昭明、張靖（民87）【13】曾透過對捷運系統站務人員排班特性的探討，運用數學規劃方法，構建兩階段的排班模式。第一階段模式在決定站務人員之上班日與休假日，第二階段則是決定站務人員上班日之上班時段。此等模式可定為整數規劃問題，作者利用LINDO套裝軟體進行求解，並以3個站務員進行一個站30天的實例測試。李治綱等（民89）【14】曾將台鐵司機員排班分為組員排班 (crew scheduling) 與組員輪班 (crew rostering) 兩個階段。組員排班問題的部份，主要是針對所有需要執行服務的車次或班次進行規劃。以啟發式工作班產生方式將時刻表轉換成一組工作班後，利用一集合涵蓋問題以涵蓋時刻表中所有之乘務，最後以LINDO軟體求解出最佳的可行工作班組合。在組員輪班問題部分，則是轉化為推銷員旅行問題之網路模式，加上實務限制式後，求解每日每個工作人員的人員指派問題。Caprara et al. (1997)【15】曾將組員排班問題應用在鐵路運輸上，針對已知的列車班表，以最小化排班成本為目標，進行組員排班問題求解。其分別構建一集合涵蓋問題與一最小成本網路流動問題，再使用拉氏演算法產生可行班次，並求解最佳的組員執勤排班結果。Higgins (1998)【16】曾針對鐵路軌道的維修工作與維修人員的排班問題，在對原始列車營運班

表的變動影響最小為目標下，考慮維修人員需求與維修工作的進行順序及預算限制，將問題定式一多目標整數規劃問題，並利用Tabu Search 啟發式解法，求解鐵路維修工作與維修人員配置及排班。

2.3 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，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。此類問題無須配合運具時程，多以最小成本問題或0-1整數規劃問題來求解，在求解過程中多使用啟發式解法或其他合適之演算法直接求解。例如Beaumont (1997) [17] 曾針對可使用電話呼叫，提供服務的產業（如計程車、巡邏員警、維修服務人員等）的混合人員供給進行排班規劃，並構建為一混合整數規劃問題，再以CPLEX軟體進行最佳化求解。Brusco與Jacobs (1998) [18] 曾利用排除多餘變數法 (eliminating redundant columns) 求解以一般化集合涵蓋定式的連續性休假值勤排班問題。Alfares (1998) [19] 曾以兩階段求解的方式，求解休假排班問題。在求解方式上，則是分別使用ILP、BAR以及ALF三種啟發式演算法進行求解比較。Brusco (1998) [20] 曾針對集合涵蓋定式的休假值勤排班問題，提出對偶化全整數切面法 (dual all-integer cutting plane) 求解此問題。

李宇欣、楊承道 (民88) [21] 曾針對雙勤務人員（學校監考人員）的排班問題，構建為一個網路設計問題，並利用拉氏鬆弛法，配合網路相關演算法，及使用CPLEX軟體進行求解。郭金青 (民89) [22] 曾以整數規劃模式應用於護士排班問題，並配合人員偏好與習慣達成公平、彈性之原則求解。有關警察勤務編排亦屬於此類問題，連志平 (民88) [1] 曾以0-1整數規劃方法，依循分枝定限法架構，探討省公路警察大隊排班問題。顏上堯、曾招雄 (民90) [2] 亦曾運用0-1整數規劃方法，編排台中交通隊巡邏勤務。

2.4 人員編排問題求解

人員排班問題，常以整數規劃方式定式，故不少以求解整數規劃最佳解的典型解法—分枝定限法 (Branch-and-Bound Method) 求解之。目前不少商業套裝

軟體，如 CPLEX 與 EXCEL 皆含有此功能以求解整數規劃問題。整數規劃方法在人員排班的運用上，有不少優點，例如：(1) 可將人員排班規定轉變為數學限制式之描述，求解結果的客觀性及可信度較高，(2) 模式之構建可逐步擴增符合現實狀況，(3) 可供模式求解電腦軟體多，操作資訊較易取得，(4) 對中、小的排班問題（例如本研究問題）求解容易，可直接運用現有的整數規劃最佳化方法。

勤務編排問題的實務做法上，多由規劃單位排定勤務基準表後，再配合編排者之經驗法則作人員指派。由於前述有關警察編排之文獻，僅就分隊固定（現有）人數下，配合勤務編排限制，進行人員指派最佳化，而尚未探討何種勤務編排可能為最佳，因此本研究嘗試利用整數規劃方法探討，在給定各時段警力的需求及實務排班限制下，何種勤務的編排可使用最少的警力。

參、勤務編排模式建立

3.1 現況說明與勤務規定

本研究以國道公路警察局泰安分隊勤務基準表排班為例，進行實證研究，在巡邏、守望及值班勤務等三種不同勤務編排規定下，求得最小的供給警力數。泰安分隊員警數約五十餘人，為求勤務編排之一致性，局本部均要求所屬各分隊編排勤務基準表。基本上，勤務基準表上之勤務係以常態勤務規劃，勤務目標係以維持最基本勤務運作模式為主。其警力需求以巡邏、收費站守望及值班勤務為主，整理如表 1 所示。由表 1 可以推算總需求警力數為 24.5 人，其計算方式如公式 (1) 所示。

表1 泰安分隊勤務基準之警力需求表

時段 項目	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
巡邏	4	4	4	8	10	6	6	10	8	6	4	4
守望	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
值班	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	6	6	6	10	12	8	8	12	10	8	6	6

總需求警力數＝各時段合計警力數*2小時/8小時（每人每天服勤數）....（1）

有關勤務編排規定，依照勤務條例法令與一般人員排班模式有以下三種情形：

一、一般人員（如美國州警、醫院護士）：

一般人員排班，以連續服勤制為主，一旦上班中間無空檔時間。雖然在實務的運作上，部分單位可能有固定起訖時段及交接（過渡）時段，然為簡化模式的構建，本研究假設無固定起訖時間及不考慮交接（過渡）時段。

二、警察勤務條例規定：

勤務條例第十五條規定「服勤人員每日之工作以8小時為原則，但每次值勤不得連續超過6小時」，同條例第十六條規定「服勤時間分配，以勤四息八為原則或採其他適合方式...」，這勤務條例規定與一般人員最大之不同為中間有空檔八小時，依原設計精神為了便於單位主管掌控與人數較小之單位運作（5人以下山地派出所），在實務運作時通常會將勤務休息8小時部分，依實際狀況調整為休息6小時。

三、警察勤務階段規定：

因考慮前述員警被控制時間過長，造成服勤士氣低落，自民國82年採取一連串勤務改進方案，在經過不斷嘗試錯誤之過程，較為基層所接受之編排方式為在12小時之內將八小時勤務編排完畢，但如果是無法連續服勤，則在中間加入4或2小時不等之休息空檔時間。

3.2 模式構建

為反映實際勤務運作並適當簡化模式，本研究在模式構建上，參考現行警察勤務運作情形，有以下幾點假設：

1. 警察勤務輪休非如一般公務人員集中於星期六、日，為輪值式，一週內有 2 日輪休，故實際上班日數有 5 日，輪休返隊上班第 1 天，以 $j=1$ ，類推至輪休前一天 $j=5$ 。
2. 本研究配合實際勤務運作及人性方面考量，對前一日輪休返隊之人員，必須於隔日上午 8 時後方可排勤。以國道公路警察局勤務起班時段為 0 時，如果以 0 時起班時會造成部分輪休員警輪休當日要回分隊準備上班，較無人性之考量，另如輪休返隊甫上深夜勤，可能造成員警執行體力不濟情形之考量。
3. 輪休前一日人員於 20 時方可離隊，係配合實際勤務運作，以國道公路警察局勤務結束班時段為 24 時，如果以 24 時結束時，會造成部分準備輪休員警輪休當日，可能深夜返家，造成通勤安全與便利的困難。
4. 考慮深夜 0-6 時段之勤務編排以不超過 4 小時為原則。
5. 前一日 22-24 與次日 0-2 時段不可以連班，否則將造成勤務起班與結束勤務時段相同（即前一日 24 時與次日 0 時）。為避免員警在深夜服勤過久，而造成體力不濟的情形，故加入此限制。
6. 勤務無跨日編排，若是考慮跨日編排會造成違反勤務條例規定情形（每日會有不足 8 或多於 8 小時情形）。
7. 每天勤務編排人數差距不可太大並最好相等。因考慮警察勤務為輪值式，因為每日上班員警藉著輪值推移，每天服勤人數差異過大時，會造某日輪休人數特別多，上班人數特別少之情形，故限制之。
8. 考慮實際勤務運作將 2 小時作一時段。現行國道公路警察勤務運作服勤時數基本單位為 2 小時，鮮少以 1 或 3 小時作為服勤時數，員警勤務起班時段以雙時段為原則如 0,2,4,6 時等。
9. 每日服勤以 8 小時為原則，每次服勤 4 小時。

本研究之目的是在不同勤務編排方式下，滿足每一時段已知之需求員警人力，求取最少警力數的勤務編排方式。茲定義本研究模式中所使用之各項變數及參數如下：

1. X_{ij} : 第 j 日第 i 時段開始編排警力數， j 為 1 至 5，代表上班日數， i 為 1 至 12，代表 0 至 24 時（每 2 小時為 1 時段）。為考慮部分時段無開始編排勤數，如 $i=12$ （22 至 24 時）時，故 i 值必須實際觀察勤務編排方式，如連續服勤八小時制，至多 $i=9$ 。當 $i=10, 11, 12$ （18 至 24 時）若有開始編排警力，則無法滿足每日服勤 8 小時限制。
2. P_k ：第 k 時段之警力需求。
3. S_k ：服勤時間會包含到 k 時段之時段集合。
4. L 與 U ：可允許各天值勤人數差距之上、下限值。實務上， L 與 U 可依實際需求調整。本研究考量每天勤務編排人數差距不可太大並最好相等，在此本研究以泰安分隊人數需求為考量，令 $L=U=25$ 。
5. F 為每週執勤天數之集合
6. BP 為每日最後一時段與次日第一時段勤務編排人數之最大者，本研究因以泰安分隊為例，故在本研究令 $BP=6$ 。

一、連續服勤八小時（仍受深夜勤服勤不得超過四小時之限制）

$$\text{Min} \\ z = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^5 X_{ij} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Subject to} \\ \sum_{i \in S_k} \sum_j X_{ij} \geq P_k \quad \forall k \dots\dots\dots (3)$$

$$\sum_{i=1}^4 X_{i1} = 0 \dots\dots\dots (4)$$

$$\sum_{i=7}^9 X_{i5} = 0 \dots\dots\dots (5)$$

$$L \leq \sum_{i=1}^9 X_{ij} - \sum_{i=1}^9 X_{il} \leq U \quad \forall j, l \in F, j < l \dots\dots\dots (6)$$

$$X_{9,j} + X_{1,j+1} = BP \quad j = 1, \dots, 4 \dots\dots\dots (7)$$

$$X_{ij} \geq 0 \in \text{INT} \dots\dots\dots (8)$$

上述限制式說明如下：

1. 式 (2) 為目標式，表示使用的警力數總和最小。
2. 式 (3) 為各時段之警力需求皆滿足。
3. 式 (4) 為輪休返隊第一天8時起班，故設第1天前4個時段（0-8時）之總和為0，其意義為前述四個時段均不編排警力（編排人數為0）。
4. 式 (5) 為輪休前一日20時以後不排班，故設第5天最後3個時段（20至24時）之總和為0，其意旨為前述二個時段均不編排警力（編排人數為0）。
5. 式 (6) 以上、下限來限制各天值勤人數差距不至太大。
6. 式 (7) 為了避免 22-24 時段與次日 0-2 時段相連接所設定之限制。
7. 式 (8) 為變數非負及整數限制。

二、在十二小時內將八小時勤務編排完畢（不可連班，最少二小時間隔）

此模式之數學式與上述之數學式相仿，但在各時段警力需求的限制部分（式 (3)）則有差異。考慮勤務編排時會有相隔2小時或4小時之情形，本模式內針對式 (3) 略作修正，如以第四時段的警力需求來說，其數學式為

$$\sum_{j=1}^5 X_{1j} + \sum_{j=1}^5 X_{3j} + \sum_{j=1}^5 X_{4j} \geq 10。 \text{至於其餘之限制條件則相同。}$$

三、勤四息八勤務編排完畢（最少六小時間隔）

此模式之構建與上述之模式相似。本模式亦僅針對式 (3) 略作修正。例如以第四時段的警力需求來說，其數學定式為 $\sum_{j=1}^5 X_{3j} + \sum_{j=1}^5 X_{5j} \geq 10$ ，如此編排方式將會有相隔6小時或8小時之情形。至於其餘之限制條件則相同。

肆、模式求解與分析

上述各模式時段的計數單位為2小時，為簡化相關變數與限制式，本研究以5天（扣除假日）為一求解週期。各模式經簡化後，含45個變數及25個限制。經以excel套裝軟體規劃求解（所用方法為branch-and-bound method），於CPU-300，192MB RAM 的PC上執行結果整理如下：

4.1 連續服勤八小時（仍受深夜勤服勤不得超過四小時限制）

求解結果之最小使用人力為28人，如表2為各時段所編排警力數及勤務班次編排表，其編排與需求之間差為3.5人次，且編排之高峰與需求之高峰有明顯差異。

表2 連續服勤八小時所編排勤務班次

班別 時段	A (休返)	B	C	D	E (休前)	小計	實際需求
0-2	0	0	3	3	0	6	6
2-4	0	0	0	0	0	6	6
4-6	0	0	2	0	4	6	6
6-8	0	0	0	0	0	12	10
8-10	0	0	0	0	1	13	12
10-12	0	3	0	2	0	12	8
12-14	0	2	0	1	1	10	8
14-16	0	0	0	0	0	10	12
16-18	6	0	0	0	0	15	10
18-20	0	0	0	0	0	10	8
20-22	0	0	0	0	0	6	6
22-24	0	0	0	0	0	6	6
小計	6	5	5	6	6	28	24.5

由表2得知 (1) A日(休返)人員，有6人從16時開始服勤至24時勤務結束，(2) B日由10時開始服勤有3人，12時開始服勤有2人，分別在18時及20時勤務結束，(3) C日由0時開始服勤有3人，考慮深夜勤(0-4)不能連續服勤六小時，4-6時出現空檔，在10時勤務結束，另2人由4時開始服勤至12時勤務結束，(4) D日由0時開始服勤有3人情形如C日，2人於10時開始服勤至18時，1人由12時開始服勤至20時，(5) E日有4人從4時開始服勤

至12時勤務結束，1人從8時開始服勤至16時勤務結束，1人從12時開始服勤至20時勤務結束。

由A至E日每日編排人員在5至6人之間，各日之間無前日24時勤務結束人員。甫接次日零時情形並休返人員（A日）是由16時開始編排勤務，休前人員（E日）所有勤務於20時結束，皆符合限制式。

4.2 在十二小時內將八小時勤務編排完畢（不可連班，最少二小時間隔）

求解結果之最小使用人力為26人，如表3為各時段所編排警力數及勤務班次編排表，其編排與需求之間差為1.5人次，差異較前者小，且編排之高峰與需求之高峰變動相似。

表3 十二小時內將八小時所編排勤務班次

班別 時段	A (休返)	B	C	D	E (休前)	小計	實際需求
0-2	0	3	3	0	0	6	6
2-4	0	0	0	0	0	6	6
4-6	0	0	0	1	5	6	6
6-8	0	0	0	0	0	12	10
8-10	4	2	0	0	0	12	12
10-12	1	0	0	1	0	8	8
12-14	0	0	2	1	0	11	8
14-16	0	0	0	3	0	12	12
16-18	0	0	0	0	0	11	10
18-20	0	0	0	0	0	8	8
20-22	0	0	0	0	0	6	6
22-24	0	0	0	0	0	6	6
小計	5	5	5	6	5	26	24.5

由表3得知(1)A日(休返)人員,有4人從8時開始服勤至12時,中間休息4小時,再由16時開始服勤至20時勤務結束,另1人由10時開始服勤至14時,中間休息2小時,再由16時開始服勤至20時勤務結束(2)B日有3人從0時開始服勤至4時,中間休息2小時,再由6時開始服勤至8時勤務結束,另2人由8時開始服勤至12時,中間休息4小時,再由16時開始服勤至20時勤務結束,(3)C日有3人從0時開始服勤至4時,中間休息2小時,再由6時開始服勤至8時勤務結束,另2人由12時開始服勤至16時,中間休息4小時,再由20時開始服勤至24時勤務結束,(4)D日有1人從4時開始服勤至8時,中間休息4小時,再由12時開始服勤至16時勤務結束,另1人由10時開始服勤至14時,中間休息2小時,再由16時開始服勤至20時勤務結束,1人由12時開始服勤至16時,中間休息4小時,再由20時開始服勤至24時勤務結束,3人由14時開始服勤至18時,中間休息2小時,再由20時開始服勤至24時勤務結束(5)E日有5人從4時開始服勤至8時,中間休息4小時,再由12時開始服勤至16時勤務結束。

由A至E日每日編排人員在5至6人之間,各日之間無前日24時勤務結束人員,甫接次日零時情形並休返人員(A日)是由8時開始編排勤務,休前人員(E日)所有勤務於16時結束,皆符合限制式。

4.3 勤四息八制(不可連班,最少六小時間隔)

求解結果其最小使用人力為26人,如表4為各時段所編排警力數及勤務班次編排表,其編排與需求之間差為1.5人次,差異與前者相同,且編排之高峰與需求之高峰變動一致。

表4 勤四息八制所編排勤務班次

班別 時段	A (休返)	B	C	D	E (休前)	小計	實際需求
0-2	0	0	0	1	5	6	6
2-4	0	0	2	0	0	8	6
4-6	0	5	1	0	0	8	6
6-8	0	0	2	1	1	10	10
8-10	5	0	0	3	0	12	12
10-12	0	0	0	0	0	8	8
12-14	0	0	0	0	0	8	8
14-16	0	0	0	0	0	12	12
16-18	0	0	0	0	0	10	10
18-20	0	0	0	0	0	8	8
20-22	0	0	0	0	0	8	6
22-24	0	0	0	0	0	6	6
小計	5	5	5	5	6	26	24.5

另由其表4其勤務編排情形可知，勤務編排有同一組人開始服勤時段相同，但勤務結束時間不同之前後交錯情形，如B日直線區塊及D日橫線區塊，此為所設限制式對於勤務編排產生彈性，可以前後調整，減少警力需求。

由表3得知 (1) A日(休返)人員，有5人從8時開始服勤至12時，中間休息8小時，再由20時開始服勤至24時勤務結束，(2) B日有2人從4時開始服勤至8時，其中有3人中間休息6小時，再由14時開始服勤至18時勤務結束，另2人由中間休息8小時，再由16時開始服勤至20時勤務結束，(3) C日有2人從2時開始服勤至6時，中間休息6小時，再由12時開始服勤至16時勤務結束，另1人由4時開始服勤至8時，中間休息8小時，再由16時開始服勤至20時勤務結束，2人由6時開始服勤至10時，中間休息6小時，再由16時開始服勤至20時勤務結束 (4) D日有1人從0時開始服勤至4時，中間休息8

小時，再由 12 時開始服勤至 16 時勤務結束，另 1 人由 6 時開始服勤至 10 時，中間休息 8 小時，再由 16 時開始服勤至 20 時勤務結束，3 人由 8 時開始服勤至 12 時，其有 2 人中間休息 6 小時，1 人中間休息 8 小時，分別由 18 與 20 時開始服勤至 22 與 24 時勤務結束，(5) E 日有 5 人從 0 時開始服勤至 4 時，中間休息 8 小時，再由 12 時開始服勤至 16 時勤務結束，1 人從 6 時開始服勤至 10 時，中間休息 6 小時，再由 16 時開始服勤至 20 時勤務結束。

由 A 至 E 日每日編排人員在 5 至 6 人之間，各日之間無前日 24 時勤務結束人員，甫接次日零時情形並休返人員 (A 日) 是由 8 時開始編排勤務，休前人員 (E 日) 所有勤務於 20 時結束，皆符合限制式。

4.4 結果相關性分析

以上求解結果之最小人力為 26 人，係為十二小時將勤務編排完畢制及勤四息八制，而最多人力為 28 人，係為連續服勤制。本研究採用相關係數分析，來了解何種編排方式與需求變動相似較高。相關係數分析是一種用以表示兩配對隨機變數關係的度量，一般度量兩隨機變數 X 和 Y 之相關測度必須滿足下列要求：

- 一、相關測度值應介於 -1 與 +1 之間。
- 二、若隨機變數 X 之較大值傾向與 Y 之較大值配對，而 X 之較小值亦與 Y 之較小值配對，顯示其相關測度應為正值，若此配對愈密切，則其值越趨近於 +1。
- 三、若隨機變數 X 之較大的值傾向與 Y 之較小值配對，而 X 之較小值亦與 Y 之較大值配對，則顯示其相關測度應為負值，且若此配對愈密切，則其值越趨於近 -1。
- 四、若隨機變數 X 之值傾向與 Y 之值隨機配對，顯示其相關測度趨於 0 時，則稱這兩變數無關。

本研究利用 Pearson 相關係數作為評估方法，其計算式如下：

$$D_R = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} (E_i - \bar{E})(O_i - \bar{O})}{(n-1)S_E * S_O} \dots\dots\dots (9)$$

其中：

DR：需求與編排警力之相關係數（Pearson 相關係數）

E_i ：在 i 時段（每個時段為 2 小時）內需求的警力數。

O_i ：在 i 時段（每個時段為 2 小時）內編排的警力數。

E ：為每時需求平均警力數。

O ：為每日時編排平均警力數。

SE：每時段平均警力數標準差。

S_o ：每時段實際平均警力數標準差。

需求與實際勤務編排相關程度越高顯示相似度越高。Pearson 相關係數與相關程度之對照如表 5 所示。

表 5 Pearson 相關係數比

相關係數 (r)	相關程度
0.8 以上	極高
0.6-0.8	高
0.4-0.6	普通
0.2-0.4	低
0.2 以下	極低

經相關係數分析，以十二小時勤務編排完畢制的數值 0.932111 為最優，次之為勤四息八制數值 0.924904，最後為連續服勤制數值 0.80703。此結果說明，以泰安分隊勤務基準表的情況下，十二小時勤務編排完畢制較有彈性，其使用警力最小。

伍、結論與建議

5.1 結論

本研究結論如下：

1. 本研究利用整數規劃方法建立三個警力勤務編排模式，並透電腦軟體有效的求解警力勤務排班及人力需求數，可為未來國內警界及其他相關單位之勤務編排參考。
2. 本研究三種勤務編排方式的實例測試上，發現不同編排方式確實會影響需求警力數，結果發現以十二小時之勤務編排完畢制的使用警力數最小。另以相關係數分析，亦發現其較符合各時段需求警力數變動情形，為三種勤務編排方式中之最佳者。
3. 本研究三種勤務編排方式與實際需求雖仍有少許差異（1.5 至 3.5 人之間），然在理論上已達最小的供給量，與人工無效率的編排方式相比，具有相當的成效。另對於分隊人數之固定單位，亦可以利用此方法評估其實際需求警力及遇到緊急事件可供支援之能力（如實際分隊人數-最佳化勤務編排方式所需人力=可運用或供支援處理緊急事件人數）。
4. 本研究三種勤務編排方式，已將上班日之各時段人數的分佈情形作分析，又模式限制中已將每日編排的人數範圍固定於5-6人之間，可以發現編排之『規則』，如第1日休返人員編排勤務時段範圍。以此類推，勤務編排者可以減少違反規定錯誤並增加編排效率，對於實務的助益甚大。

5.2 建議

本研究建議未來可進一步探討的課題如下：

1. 本研究僅屬於小型個案分析，如需真正評估何種模式之優劣，則宜以亂數產生需求警力（在某數值範圍），以擴大問題規模，再以目標值及相關係數評估。

- 2.本研究僅以人力最小化考量勤務編排目標，若能測得員警偏好程度並以多評準方法進行勤務編排，則實用價值可望再能提昇。
- 3.本研究下游階段為人員指派作業，係將個人指派到各時段，此可為未來繼續研究的課題。

參考文獻

1. 連志平，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。
2. 顏上堯、曾招雄，警察巡邏勤務排班問題之研究，九十年國際道路交通安全與執法研討會，民國 90 年 9 月。
3. Beasley, J. E. and Cao, B., "A tree search algorithm for the crew scheduling problem," *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, No. 3, pp. 517-526 (1996).
4. 顏上堯、林錦翌，「空服員排班組合最佳化之研究」，中國土木水利工程學刊，第九卷，第二期，第 303-314 頁，民國 86 年。
5. Yan, S. and Chang, J. C., "Airline cockpit crew scheduling," *European Journal of Operational Research*, Vol. 136, pp. 501-511 (2002).
6. Yan, S., Tang, T. T. and Tu, Y. P., "Optimal construction of airline individual crew pairings," *Computers and Operations Research*, Vol. 29, pp. 341-363 (2002).
7. Ryan, D. M., "The solution of massive generalized set partitioning problem in air-crew rostering," *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 43, pp. 459-467 (1992).
8. Langerman, J. J., and Ehlers, E. M., "Agent-based airline scheduling," *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 33, No. 3-4, pp. 849-852 (1997).
9. Lučić, P. and Teodorovic, D., "A fuzzy set theory Approach to the Aircrew Rostering Problem," *Fuzzy Set and System*, Vol.95, pp. 261-271 (1998).
10. Lučić, P. and Teodorovic, D., "Simulated annealing for the MultiObjective Aircrew Rostering Problem," *Transportation Research A*, Vol. 33, pp. 19-45 (1999).
11. 顏上堯、陳玉菁，「純檢修資格航機修護人力供給模式之建立」，運輸計畫季

- 刊，第 31 卷，第 4 期，第 817-840 頁，民國 91 年。
12. 蔡文昉，大眾運輸排班系統之研究，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士，民國 90 年 6 月。
 13. 蘇昭銘、張靖，「捷運系統站務人員排班模式之研究」，中華民國運輸學會第十三屆論文研討會論文集，第 613-622 頁，民國 87 年。
 14. 李治綱、陳朝輝、郭彥秀，「台鐵司機員排班與輪班問題之研究」，中華民國第五屆運輸網路研討會論文集，第 177-187 頁，民國 89 年。
 15. Caprera, A., Fischetti, M., Toth, P., Vigo, D. and Guida, P. L., "Algorithms for Railway Crew Management," *Mathematical Programming*, Vol. 79, pp.125-141 (1997).
 16. Higgins, A., "Scheduling of Railway Track Maintenance Activities and Crews," *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 49, pp.1026-1033 (1998).
 17. Beaumont, N., "Scheduling Staff using Mixed Integer Programming," *European Journal of Operational Research*, Vol. 98, pp.473-484 (1997).
 18. Brusco, M. J. and Jacobs, L. W., "Elimination Redundant Columns in Continuous Tour Scheduling Problems," *European Journal of Operational Research*, Vol. 111, pp. 518-525 (1998).
 19. Alfares, H. K., "An Efficient Two-Phase Algorithm For Cyclic Days-Off Scheduling," *Computers Operational Research*, Vol. 25, No.11, pp.913-923 (1998).
 20. Brusco, M. J., "Solving Personnel Tour Scheduling Problems Using the Dual All-integer Cutting plane," *IIE Transaction*, Vol. 30, pp.835-844 (1998).
 21. 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，第 409-420 頁，民國 88 年。
 22. 郭金青，『整數目標規劃應用於護士排班之個案研究』，國立中正大學管理學系碩士論文，民國 89 年 6 月。
 23. 新修正警察勤務條例，民國 90 年。