

隨機事件處理需求下警車排程最適化規劃模式之初探

顏上堯¹ 婁自強² 陳佳宏³

摘 要

近年來交通事故的處理工作逐年受到重視，而交通事故發生時警車派遣為影響交通事故處理時效之一重要因素。然而影響警車派遣的因素相當多，除包括當時道路交通狀況、事件發生地點、警車所在位置、及派遣策略等因素外，對於事故發生前的警車排程及班次規劃，亦為影響事件處理效率之一重要因素。

緣此，本研究的目的在發展一警車排程及班次規劃模式，以期幫助警察單位規劃有效的警車排程及班次派遣，進而提升隨機交通事故之處理績效。本研究基於現階段國道警車派遣方式，先分析某一分隊轄線之交通意外事件次數、時空分佈及警車行駛特性作，再藉由交通意外事件模擬產生一日意外事件之分佈，作為警車排程模式之輸入值，之後本研究以最少總到場距離及各警車工作負荷差異性最小為目標式，經由多次模擬並配合相關演算法之求解，以針對隨機事件處理的需求下，規劃一最佳的警車排程及派遣班次數。

壹、前言

近年來民眾對於政府處理各類案件效能與作為要求越來越高，但因經濟衰退，政府經費預算及員額逐年的縮減，加上警務工作日益繁重，警力有效率的運用課題，已受到重視。然而，警察之任務本質，大部分著重於緊急事件之處理，而在有限資源限制下，如何在事件發生初期，就能獲得有效控制，避免衍生性事件發生及交通衝擊過大，亟需要一有效能警車派遣系統，加速其派遣效能，而系統內核心模組設計，已是未來開發主要課題。

勤務派遣系統，以空間因素為主軸，其應該包括二部分，第一部分為無事件需求警力派遣模式，屬於「事前預防」積極性之作為，即防範於未然，透過主動積極勤務運作，有效防制事件及擁塞發生，而具體想法為在交通事件未發生時，如何將巡邏車分佈於何處為最佳位置，一旦發生時可以迅速前往，第二部分為有事件需求警力指派模式，屬於「事後排除」則為一較消極性之作為，其目的是希望一旦治安或交通事件外發生時，在各個分秒必爭的環節中，找尋最佳到場路徑，作後續處理及管制。

另一方面，時間因素為衡量主軸，警車排程問題，亦是決定到場時間之重要因素，排程問題決定警車勤務密度（頻次），能夠班次越多，相對處理效能越大，處理時效亦會縮短，亦容易獲得民眾滿意，而排程亦影響警車位置及服務範圍，而相對地，因人力資源是有限，故警車排程問題本質，將資源在時間上主軸作合

1 國立中央大學土木工程學系教授

2 國立中央大學土木工程學系博士候選人

3 國立中央大學土木工程學系博士班研究生

理化分配，因現有警車數量（資源）足夠較無人研究，經考慮未來可能資源受到限制或不足時，如何從需求面量化至供給面，是本研究之重點。

貳、文獻回顧

本研究為結合警車派遣時、空因素，回顧文獻大致可包含四部分：第一部份警車派遣空間因素，係探討轄區劃分、警車派遣與最佳化派遣位置之相關研究，以確定本研究之包括事件（前與後）派遣勤務派路線與策略等，第二部分派遣之時間因素，對相關人員排班問題與車隊排程作回顧，瞭解警察人員與車隊排班問題之特性與限制如運用派遣之回顧，第三部分則因本研究係以電腦模擬提供高速公路事件發生需求，故在電腦模擬運用派遣部分，較能週延，另參考其他與緊急事件派遣與各類電腦軟體整合運用，作未來派遣應用作基礎，促進發展。

一、警車派遣之空間因素：Larson, R. C.[1]特別將救難單位或執法單位之派遣問題，界定為五大層次為（1）轄區劃分，如何將整個區域，分為數個有相同資源並個別獨立轄區，（2）意外事前之最適位置規劃，當無事件發生時，服務單位要置於何處？遇事件發生時能夠迅速到場處理，（3）派遣單位與路徑，一旦事件發生時應該由何服務單位，經由何路徑到場處理，（4）事件發生後之最適位置規劃，為因應未來短時間事件發生或事件發生後接續處理，應該將服務單位，移置何處較為恰當，（5）重新部署，在何者情形下，原被移動服務單位，應停留相關位置或回到總部處理事件。這五大層次將警車派遣空間因素幾乎全部涵蓋，分述如下：

（一）轄區（線）劃分問題：Samuel E. Bodily [2]研究中對於任何一個警車派遣及緊急事件派遣有三個重要單元（1）行政管理者（勤務派遣中心）（2）市民（被服務對象）及（3）派遣單位（警車），而派遣目標（衡量評估準則）為（1）最小的旅行時間，（2）至各服務地點之旅行時間能相等，（3）各警車工作負荷能相等，故因單元不同，而致其目標均不同將其整理為表1，可作為派遣模式目標值之參考。

表1 派遣各單元之期望目標值一覽表

目標式 派遣單元	最小的旅行時間	相等旅行時間	相等工作負荷
勤務派遣中心	√	√	√
市民（被服務對象）	√	√	
派遣單位（警車）			√

（資料來源：本研究整理）

Mark S. Daskin [3]有關服務單位轄區劃分及位置選定，亦可以最大涵蓋問題，其目標為路網中所涵蓋需求點為極大化，限制式為（1）當某點K不被涵蓋，除非在I點集合中有一服務單位可以將其涵蓋，（2）最多有幾個服務單位被設置，而本模式將服務單位有可能無法工作機率為P，當此區遇到至遇到一服務單位有可供服務，其機率為 $(1-P)P^M$ 並加入目標值中，成為最大期望涵蓋模式（MEXCLP）。Rajan Batta [4]又將最大期望涵蓋模式加入等候因素，成為修正模式（AMEXCLP）。

（二）事前之最適位置規劃：有關肇事前最佳位置，係以在能夠在事件未發生時，

在事件可能發生機率如何選擇最佳位置與路線，Oden Berman [5]本模式以路網中有移動一服務單位，在隨機需求條件下，而尋找最佳派遣路徑，本模式主要由二程式所構成（1）以動態規劃法將派遣路徑分段切隔，先求各段優先順序並搜尋下一步之派遣最佳路徑，最後形成最佳路徑之矩陣，（2）經考慮第一程式求解所得所有解均為最佳解情形，與實際情形不符（可能某些節點必須經過），可能需要次佳派遣路線，故另設三個限制式（限制最大旅行時間，經過節點數目及決定新增點相對位置），求數條次佳路線並建構派遣路線之矩陣。

Oden Berman, Larson, R. C., and S. CHIU [6]以 Hakimi（無方向路網中以至各端點平均旅行距離最短之最佳位置）中心問題配合利用等候理論 M/G/1 模式求解網路中服務單位最佳位置，而本篇由二種模式構成，（1）先探討隨機需求下，服務單位之成本（可視為反應與到場時間），其中，包括服務單位有空閒，服務成本及服務單位忙碌時，另派其他服務單位成本（懲罰值）之總成本之最小值得網路上最佳位置，或（2）考量系統服務忙碌時，以等候理論，將系統平均延滯與平均旅行時間之總和最小值之最佳解，而得網路上最佳位置（網路上點或節線為），而在模式 1 中求出最佳位置，為 Hakim 中心點之附近點，最佳位置將隨著需求率變動而變動。

Oden Berman [7]亦為一服務單位在固定轄區中，在事件未發生之前，尋找最佳派遣路徑，本模式由二個目標式構成（1）尋找出至各派遣可能路徑所經各點，距轄區內各端點（最遠點）距離最小化為目標式，（2）為了考慮最佳派路徑，不定符合實際需求，派遣路徑有時僅距「端點」不要太「遠」，此模式增設門檻值 λ ， λ 為特定時間或距離，在派遣路徑，尋找一點，此點將路徑切割二部分，第一部分該點至任何端點距離小於 λ ，第二部分該點至任何端點距離大於 λ ，取第二部分總距離將其極小化為目標式，此模式是以 Dijkstra 標籤法逐步求解，其困難度 $O(n^3)$ 及 $O(n^3 \log n)$ 。

Larry, R. A [8]在線性座標上，以機率分配與數學規劃方法探討服務或救援車輛應該配置的地點，配合考量其他變數如交通特性等，運用於警力派遣最適位置研究上。.....

（三）事件發生時派遣路線與策略：事件發生時，必須迅速到達現場為第一要務，[9,10]利用最短路徑(Shortest path)作為研究基礎，規劃救災的消防或警車到達現場最佳道路。

另外有關派遣策略亦為重要參考 Larson, R. C. [11]利用巡邏車速與執行轄區距離（X 軸與 Y 軸）得到期望旅行時間，利用各轄區事件所發生機率，建構模式，將模式積分，得出一重心勤務派遣策略，模式構建共分為二個部分，（1）巡邏車在同轄區期望旅行時間模式，（2）在一線性排列轄區時，由其他執法區域支援之期望旅行時間模式。：

Ranolph, W. Hall [12]研究中，當高速公路中事件發生時，警力派遣分成三種模式：（1）固定區域巡邏：一車負責區域內所有事件處理，（2）最近事件距離派遣模式：派遣後未派遣巡邏車作均勻分佈，（3）最近事件距離派遣模式：巡邏車作波氏分配。因為第 2、3 種策略模式皆屬最近事件距離派遣，結論

二、警車派遣之時間因素：有關警車派遣之時間因素，原則與車輛排程與人員排班問題相似，通常決定車輛排程後再決定人員排班問題，另外意外事件發生後，警車派遣各階段分析，分述如下：

(一) 車輛排程：陳春益、邱明琦[13]將運具排程問題，依任務、起迄點、時間因素等，分別歸納 8 種類型，其中受時間因素影響，(1) 類型 5 (起迄點相同、單一運具、多份任務指派)，適用問題為單一機隊之指派問題，(2) 類型 6 (起迄點相同、多元運具、多份任務指派)，適用問題為放射性機隊與機門之指派問題，(3) 類型 7 (起迄點不同、單一運具、多份任務指派)，適用問題為車隊、機隊連續性指派問題，(4) 類型 8 (起迄點不同、多元運具、多份任務指派)，適用問題為多元機隊指派問題、航班排程及海運貨櫃調度問題，均以數學規劃求解，模式目標式以最小成本，重要限制式為流量守恒及 0 與 1 之整數規劃。

王晉元、梁婷等[14]在大眾運輸車隊管理系統核心模組之規劃與建置研究案中。對於先進的車隊管理必須建構 (1)「每日營運前之排班作業」、(2)「突發狀況之即時調度」以及 (3)「每日營運狀況紀錄」三大核心模組。車輛排程目標 (1)。目標式希望產生一個在最小閒置時間下的車輛排程。(2) 每個客運營運公司皆希望以最小的車輛數來服務現有的服務班次 (服務節線)，且符合一些排班排程時候所遭遇的限制。第二個目標為營運的車輛數最小。(3) 希望在滿足所有服務班次下，有最小的的工作時間。

(二) 警車派遣處理事件流程與階段：Green. L., Kolesar. P [15]將警車派遣各階段逐步分析，假設意外事件必須要有兩部警車到達處理，認為 (1) 當事件發生時至適當警力到場此段時間佔處理大部分時間，而其中以報案延滯為無法有效控制與改善，往往會耽誤很長時間，(2) 派遣延滯，通常由二種延滯組成 a. 等候派遣延滯 (初始延滯) 由接獲報案後至第一部警車被派遣，b. 重新派遣延滯 (後續延滯) 由第一部警車被派遣至第二部警車被派遣，二種延滯之和稱為總體延滯，會此二種延滯長短完全依賴派遣者經驗與勤務掌握，對於單警勤務，重新派遣延滯長短為其重要安全因素，(3) 總反應時間包括報案過程、派遣延滯及到場時間為衡量整體勤務調度重要指標，如圖 1 所示。

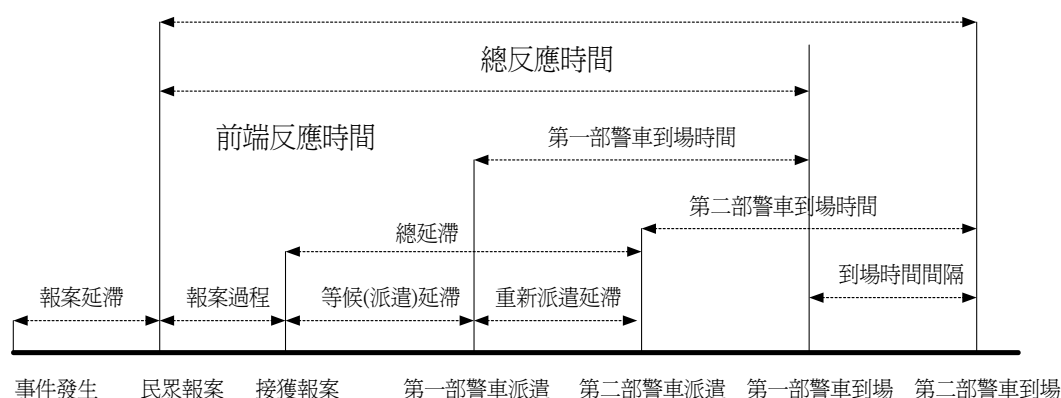


圖 1 派遣警車處理事件流程與階段圖

三、警車派遣與電腦軟體之整合：由於警車派遣，常須要極短時間作決策，亟需軟體協助作決策支援或是在發展派遣策略時必須以模擬方式預測實際執行時可能結果，故警車派遣不論在推論與實作等階段都需要相關軟體作結合，方可增進其效率。

有關警車派遣 Jerry Roche [16]，GIS 對於運用肇事分析及交通安全效益之研究，運用 GIS 作肇事分析，而此分析適用於工程、執法、教育與緊

急派遣，特別在交通執法中取締酒醉駕車部分，利 GIS 可以將因酒而肇事地點與餐飲業區域作交叉分析尋找出交通執法重點區域作警力部署。

Ronald G.Hughhes [17]，應用地理資訊系統與衛星定位系統於執法『目標』計畫之研究中，本文以北卡州第三區作長期執法區域，就以 GIS 作肇事分析及篩選出執法重點區域，作為警力部署之基準，警車以 GPS 定位並作為長期軌跡追蹤，而每一次警車作取締時，GPS 將作特殊紀錄，而將執法重點區域及實際執法地點作比對其相關情形，作為執法「範圍」、「出現」及「效能」之探討基礎，另[18]重新探討警察轄區重劃，亦是以 GIS 作為介面作轄區重整工作。

四、小結

關於警力派遣部分，國外早期論文以數學規劃面或等候理論方法，亦運用此類理論設計電腦輔助派遣程式（CAD）並實行多年，近期因通訊與資訊科技發展，將警車派遣系統藉著不同軟體，可作多元化運用，提升警車派遣功能。

另一方面，警車派遣，強調突發事件處理且重於空間因素，較少以時間因素為考量，警車派遣之排程問題，以時間為主軸，將警車派遣資源之效率與合理化分配，當警車趕赴現場時，行駛特性與交通意外事件資訊多被忽略，導致建構模式參數無從得知，下節試著就現行調查取得相關資訊，提供交通意外模擬及排程模式參數之依據。

參、現況調查分析

本篇現況調查與分析主要係以二方面（1）調查某一路段高速公路內交通意外事件特性，包括交通意外事件發生頻次、分佈時間、處理特性等，作為高速公路意外事件模擬參數值，此模擬結果為警車排程模式輸入值（2）警車排程調查，包括巡邏班次時段分佈，巡邏動線等，作為警車排程模式參數值，本篇先以汐止分隊九十二年六月份意外事件特性與警力配置分析作探討。

一、意外事件特性分析

以汐止分隊交通意外事件種類可分為交通事故、掉落物、故障車及其他原因如行人、行車糾紛等種類總計216件，每日分佈情形如表2，3所示，就平均每天發生交通事故約4件，非交通事故之意外事件約4件，其比率為約為1：1另據國道公路警察局第一警察隊（包含汐止分隊）統計九十二年全年交通事故與非交通事故意外事件次數分別為4096次及4198次，其比率亦相同，平均每日意外事件約7-8件左右，而依實際觀察每日發生最高意外次數為12次，最少為4次，而累計各項意外事件，每日最高意外事件可能次數可達18次。

表 2 交通意外事件次數-日數分佈表

發生次數 \ 種類	交通事故	掉落物	故障車	其他 行人、行車糾紛
0	3	8	17	19
1	0	5	12	6
2	5	9	0	5
3	7	4	1	0
4	5	3	0	0
5	2	1	0	0
6	5	0	0	0
7	2	0	0	0
8	1	0	0	0
合計	30	30	30	30

資料來源：國道公路警察局

另交通意外事件之時段分佈整理如表3，交通意外事件發生集中8-18時，平均每日意外事件發生頻次之分佈為0-8時每8小時發生約2次，8-16時每2小時發生約2次，16-24時每8小時發生約2次。

交通意外事件因其性質不同，會影響其處理時效如交通事故處理時效，如表4所示，其處理時效範圍由2至35小時不等，處理交通事故除了現場排除外，另調查事故及筆錄製作使用時間較長，而非事故之意外事件（下簡稱意外事件）如掉落物處理，僅需員警到場處理，立即排除，無須後端處理，使用時間短，據國道公路警察局實際調查如表5所示，九十二年全年處理掉落物約37179件，平均處理時效為14.5分鐘，每次使用警力約2人。

表 3 交通事故、掉落物、故障車及其他原因如行人、行車糾紛時段分佈表

發生次數 \ 種類	交通事故	掉落物	故障車	其他 行人、行車糾紛	小計
0-2	2	0	1	2	5
2-4	0	2	0	2	4
4-6	3	6	0	1	10
6-8	13	8	2	0	23
8-10	22	5	0	2	29
10-12	14	11	3	2	30
12-14	7	8	2	1	18
14-16	15	14	1	0	30
16-18	13	7	0	2	22
18-20	11	1	2	0	14
20-22	6	2	1	2	11
22-24	9	6	2	2	19
合計	115	70	15	16	216

資料來源：國道公路警察局

表 4 警力與警車處理交通事故平均時間消耗

類別	AI-Mashakbeh 與 Qudah [19]			國道公路警察局警力計算模式
事故嚴重度	每件事務時間消耗		每件事務平均成本(美元)	每件事務時間消耗 人-小時
	人-小時	車-小時		
死亡	35	16	105.1	28
受傷	12	9	48.3	8
財物	2	1	5.7	4

資料來源：本研究整理

表 5 國道公路警察局各隊 92 年全年處理掉落物件數及使用警力一覽表

單位	掉落物件數	接獲通報至排除 (分鐘/次)	每平均派遣人次 (人/次)	備考
第一警察隊	4198	20.5	2.1	
第二警察隊	3426	13	2	
第三警察隊	2190	20	2	
第四警察隊	3649	12.5	2	
第五警察隊	9582	13	2	
第六警察隊	2920	8.5	2	
第七警察隊	5662	20	2	
第八警察隊	4157	15	2	
第九警察隊	1395	8.5	2	
合計	37179	14.5	2	

資料來源：國道公路警察局

二、警車排程特性分析

汐止分隊常態勤務包括巡邏、守望、值班及備勤等勤務，依九十三年六月份勤務統計其中巡邏班占全部勤務55%，整個月統計736班巡邏，平均每天24班次，巡邏勤務時段集中於8-20，占全體巡邏約60%，而巡邏頻次由0-4時段之每2小時1班至8-12時段每2小時3班不等，至少要維持6班4小時，以利於事件處理。

表 6 汐止分隊 勤務時段分析表

勤務項目	巡邏		守望		值班		備勤		待命服勤		其他		警力合計
時 間	車	人	車	人	車	人	車	人	車	人	車	人	
0~4	72	144	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	200
4~8	101	190	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	246
8~12	160	290	42	58	0	56	0	72	0	0	7	86	562
12~16	133	256	40	66	0	56	0	78	0	0	49	212	668
16~20	148	282	38	44	0	56	0	42	0	0	16	72	496
20~24	122	240	38	40	0	56	0	14	0	0	0	0	350
合 計	736	1402	158	208	0	336	0	206	0	0	72	370	2522
巡邏占總服勤時數 55.59%							備勤占總服勤時數 8.17%						
守望占總服勤時數 8.25%							待命服勤占總服勤時數 0.00%						
值班占總服勤時數 13.32%							其他占總服勤時數 14.67%						

(資料來源：國道公路警察局)

現行國道巡邏方式，一個分隊轄線全長約35至40公里左右實際巡邏線長為70至80公里分隊轄線，至少要維持1巡邏班在一分隊轄線上，巡邏方式以巡邏車順轄線而行，通常為兩車並行或者前後車距離一公里內，將轄線巡行一周，其巡邏方式如圖2。

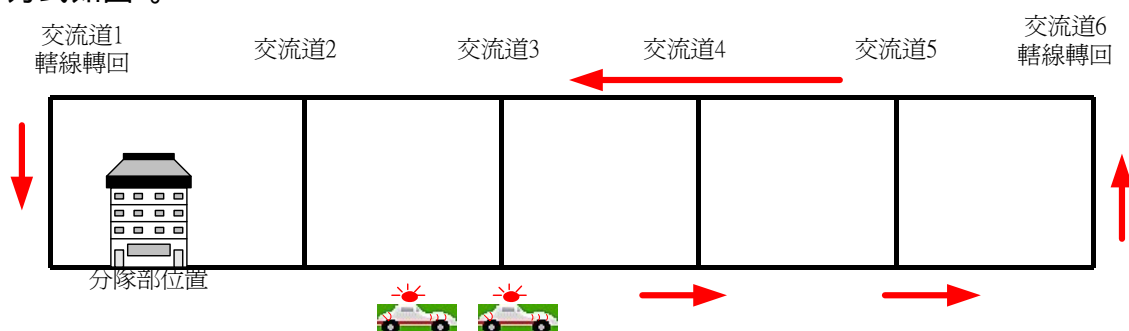


圖2全線巡邏（順線）示意圖

本篇現況調查分析主調查高速公路交通意外事件特性，其結果包括交通意外事件每天頻次為4至18次不等，而交通事故與意外事件比率相當，處理時間依特性分別為意外事件為14.5分鐘，而事故部分為2小時，作為高速公路意外事件模擬參數值，此模擬結果為警車排程模式輸入值（2）警車排程調查，包括每天巡邏班次約為24班，巡邏動線等，作為警車排程模式參數值。

肆、模式建構

隨機事件處理需求下警車排程最適化模式，係屬類似等候理論，事件發生隨機分佈，但服務單位數量未定，可能有延滯情形發生，另又類似車輛排程，惟必須隨著肇事發生時點，決定其起訖點，故有關路徑成本（到場距離與到場旅行時間為變動）亦為變動，本問題屬於前二者混合問題。

而目標式設計係以二方向構建（1）以一日為單位，處理各事件之時間總和或到場距離最小化為目標，（2）希望各警車能處事件工作負荷相等，各警車工作負荷差異最小化，可以避免工作過度集中而造成，部分警車編排餘閒（無工作負荷）情形，（3）增援派遣巡邏車為最少。

限制式功能為（1）限制最基本警車巡邏數，（2）某意外發生時，判斷線上警車數、位置及（3）計算到場距離，（4）計算各班警車工作負荷及對於後續事件處理能力判斷。

以電腦模擬，意外事件時、空間分佈，逐步調整班距 G 及巡邏勤務時間長短，先求可行解後，逐步調整各警車派遣間距至收斂值。

一、變數說明：以下係本模式變數說明，變數來源將補充說明如下

L ：為轄線全長（ $1/5 L$ 為交流道間距）為假設值

a_k ：為交通意外時間，為實際調查統計後，以模擬方式產生。

b_k ：為意外地點，變數來源如上 a_k 。

G ：警車派遣間距。

T ：巡邏勤務時間全長，範圍由2至4小時。

V_1 ：正常巡邏速度，由巡邏全長 L 及每班巡邏時間全長 T 推算。

X_i ：巡邏第 i 班，決策變數。

Y_i ： X_i 警車巡邏軌跡。

P_k ：可處理警車班次位置。

X_k ：意外事件發生時可處理警車班次，計限制式計算所得。

S ：迴轉交流道次數，經模擬及相關限制條件推算而得。

D ：警車到場距離，經模擬及相關限制條件推算而得。

X_j ：決定派遣班次。

h_j ：決定支援班次。

$D h_j$ ：支援警車到場距離與懲罰值之和。

U_i ：警車處理個別事件工作負荷 ($i=1,2$)

U_{xi} ：警車處理個別事件總工作負荷

$U_{average}$ ：警車處理事件平均工作負荷

二、模式建構程序：

- (一) 由圖1所示，Y軸為時間，X軸為空間，當肇事發生時、地為 (a_k, b_k) (發生每天總數量依實際調查,而分佈為隨機) 紅色為事故 (代表工作負荷 U_1)，黃色為事件 (代表工作負荷 U_2)， U_i 為事件特性，其意義為警車處理此事件工作負荷量。另為了簡化模式複雜度，轄線全長為 L ，各交流道為等距，故間距為 $1/5L$ 。產生事件時、空分佈圖如圖3。

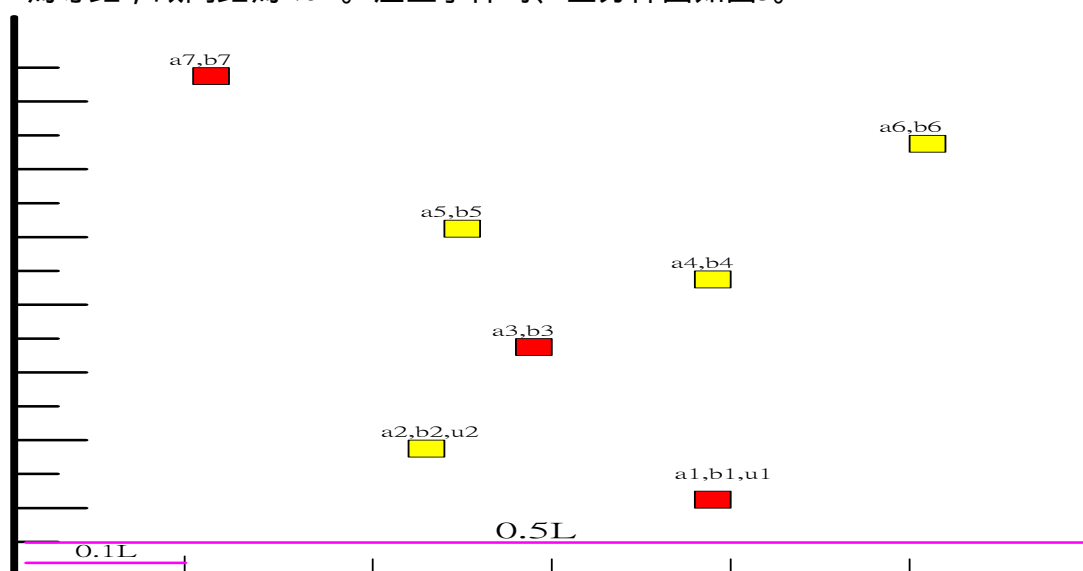


圖3.交通意外事件模擬分佈圖

- (二) 警車派遣軌跡 (step2)：警車派遣方式，每隔若干時間 (G) 就編排一班巡邏，常態勤務上以巡行轄線一週為原則，而一班巡邏通常以四小時並從零時開始，故巡邏班次間關係式 如式1，而派遣警車移動位置變化屬於線性關係，如式2，另考慮實際勤務運作時，勤務銜接不能間斷，故 G 必須小於 T ，才能維持勤務不能間斷，如式3，警車派遣軌跡如圖4。

$$X_i = X_1 + (i-1) i * G \quad (i=0,1,2,\dots) \dots\dots\dots 1$$

$$Y_i = (Z - i * G) V_1 \quad Z \text{ 為某時間} \dots\dots\dots 2$$

$$T - G > 0 \dots\dots\dots 3$$

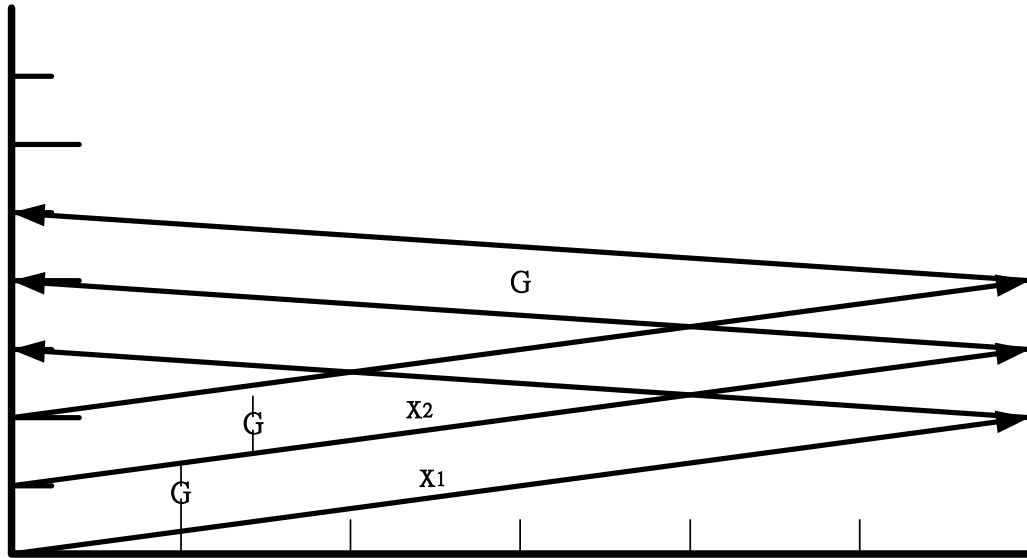


圖4警車派遣軌跡時、空圖

- (三) 事件發生時，可處理警車班次：由式2可知警車相對位置，故某一時間點 a_k 發生事件時，如何判斷有多少警車在線上執勤，以式4作判斷，若滿足式5，由圖5觀察紅色部分為事件發生時、空點，藍色部份為可處理事件警車位置，將會第 K 至 $K+2$ 班警車可處理發生於 (a_k, b_k) 事件，設 X_k 至 X_{k+2} 為可處事件巡邏班，分別為 P_k 至 P_{k+2} 。

$$Y_k = (a_k - k \cdot G) V_1 \dots\dots\dots 4$$

$$0 < Y_k < L \dots\dots\dots 5$$

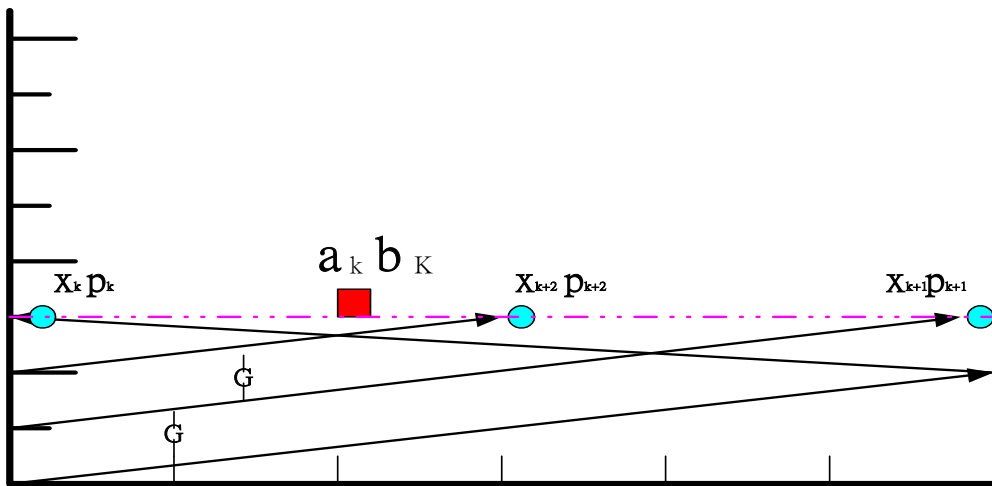


圖5事件發生時，警車派遣軌跡時、空圖

- (四) 事件發生時，無可處理警車班次 (step4)：此時必須增加巡邏車支援 h_j ，此時增加派遣，加入懲罰值 (轄線全長) 及到場距離如。
- (五) 到場距離與到場旅行時間計算 (step5)：由於高速公路為單向網狀一道路，與一般市區道路特性不同，其特性為 (1) 封閉性單向道路，除了交流道外，其餘路段不能迴轉，(2) 一旦發生任何交通意外事件時，警車趕赴現場時經過迴轉交流道數為決定到場距離與旅行時間之重要關鍵 (由圖6觀察，黃色部分代表壅塞部分，粉紅色部分代表派遣路徑)。到場距離計

算依迴轉次數，有3種情形，分述如式6，因到場距離計算必須，依警車與事件發生位置逐一推算距離，故無通式代表[20]，故以 α 值代表其距離可能變動範圍，若得到到場距離，可推算到場旅行時間。

$$\text{if } S = 0, 1, 2 \quad D(P_k, b_k) = (b_k - P_k) + \alpha \dots \dots \dots 6$$

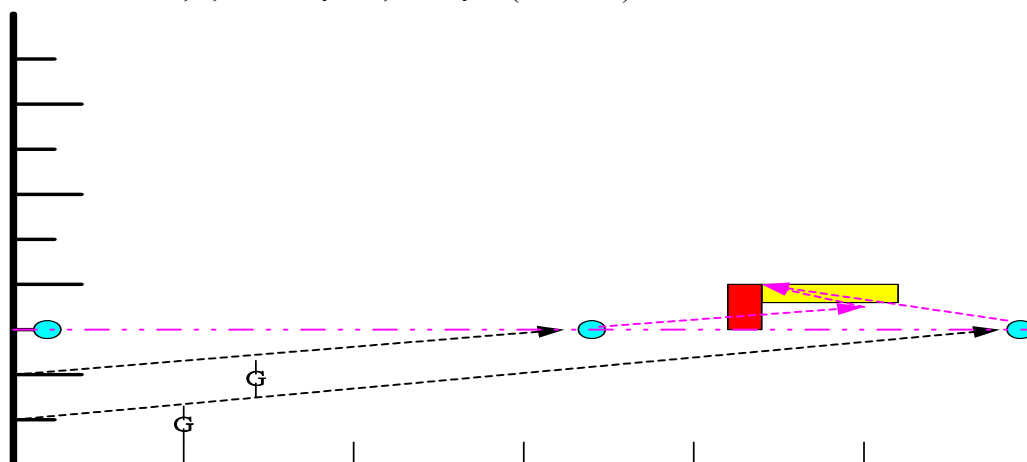


圖6 事件發生時警車派遣路徑

- (六) 選擇派遣班次：以最近到場距離為選擇條件：經過前式6，可以計算線上各警車旅行時間，以最近到場距離 $\rightarrow X_j$ （決定派遣班次， $X_j=1$ 或 0 ）。
- (七) 派遣 X_j 班確定後，依其處理意外事件性質，可分為需相當時間處理之交通事故及到場即可排除意外事件，依現況調查，輕微交通事故至少2小時，意外事件處理此類事件時間為約15min，僅現場處理即可，故處理以上任何交通意外事件，必須等候其處理完畢後才能作下一次派遣，又因處理意外後原勤務時程將會變動，如圖7所示， X_1, X_2 代表相隔 G 之巡邏班，經處理交通意外事件後與原先巡邏時程不同，故必須作時程修正。

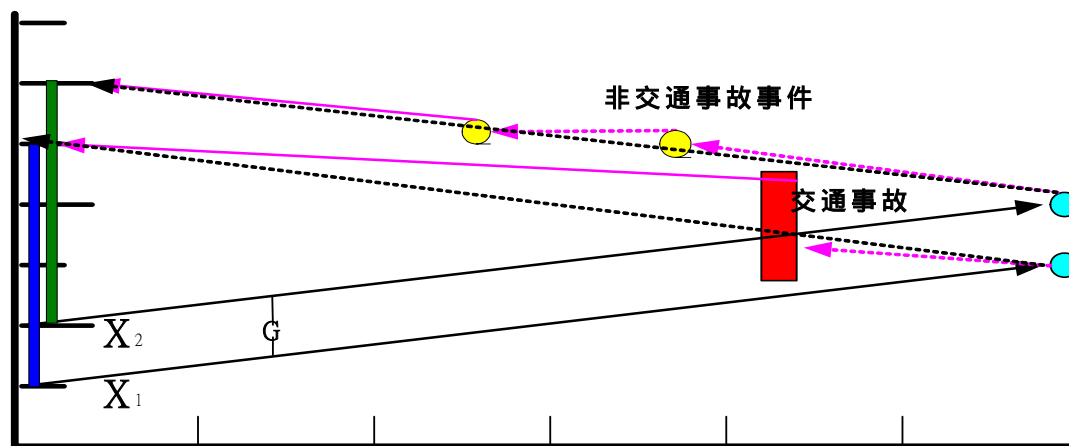


圖7警車處理事件總和軌跡時、空圖

- (八) 派遣工作負荷計算：發生交通事故其工作負荷 U_1 時，處理時間2為小時，非事故通意外事件其工作負荷 U_2 時，僅現場處理即可，處理此類事件時間為約15min，故以工作時間為工作負荷時得 $U_1=8 \quad U_2$ ，故各班巡邏車工作負荷如式7， N, M 範圍如式7所示。

$$U_{xi} = N U_1 + M U_2 \dots \dots \dots 7$$

$$0 \leq N \leq \sum (a_k, b_k, u_2), M = 1 \text{ or } 0$$

- (九) 建構目標式：Samuel E. Bodily, (1978) 依照緊急事件有三大評估準則為
 (1) 最小的旅行時間, (2) 至各服務地點之旅行時間能相等, (3) 各警車工作負荷能相等, 依照本研究特性, 可由 (1) 到場距離最短 (2) 各班次平均工作負荷差異最小, 將事件旅時間與事件等候時間累計, 相乘各警車平均, 如式8示, 與實際工作負荷實際工作平方和得目標式, 如式9, 此目標式可以將警車班次數模規縮小並防止處理事件警車過度集中。
- $$(\sum U_k) / (\sum X_i + h_j) = U_{average} \dots\dots\dots 8$$
- $$\text{MIN} \sum (D_i + D_{h_j}) * \sum (U_{x_i} - U_{average})^2 \dots\dots\dots 9$$

伍、模擬設計

有關本篇所使用電腦程式語言為 Visual C++ 6.0 版, 該語言適用於大型數學規劃與網路計算問題, 有關本模擬設計流程, 分述如下:

模擬程序為先模擬肇事一天發生次數、時間分佈、地點位置及屬性, 再模擬各巡邏班次時程軌跡, 後計算其警車與肇事地點距離, 再取最近值為此巡邏派遣模式之代表值, 計算工作負荷, 反復第 n 次 (n = 1000), 累計工作負荷及到場距離, 總計目標值, 比較巡邏班次之優劣, 模擬流程分述如下

- 1 肇事發生次數 時間分佈 地點位置及屬性由隨機產生(由C語言函式 rand() 產生), 每天發生次數範圍由 4 至 18 次, 肇事時間值範圍介於 0 至 24 之間, 肇事地點值範圍介於 0、1 之間, 為系統輸入值。
 - 2 以最少巡邏班 6 班, 每班間隔及服勤 4 小時為起始值, 模擬各班巡邏軌跡。
 - 3 計算各班巡邏至肇事地點距離, 選擇近者為該種巡邏方式之到場距離, 若無巡邏班可增派支援, 另加入懲罰值, 為系統輸出值。
 - 4 重新調整派遣後巡邏班軌跡。
 - 5 重複 1000 回, 分別紀錄交通事件次數, 支援班數、計算工作負荷, 到場距離及目標值。
 - 6 調整班距及勤務時間長短, 求得最佳目標值。
- 最後利用模擬結果與現況調查資料比較, 以提供實務界參考。

陸、預期完成之工作項目

本研究針對高速公路內交通意外事件特性, 包括交通意外事件發生頻次、分佈時間、處理特性等, 作為高速公路意外事件模擬參數值; 警車排程調查, 包括巡邏班次時段分佈, 巡邏動線等, 作為警車排程模式參數值。並將此兩項現況調查為模擬程式之輸入值, 並配合本研究構建之模式, 期許能有效促進實務界之排程。

參考文獻

1. Larson, R. C. 「structural system models for locational decisions : An example Using the Hypercube Queuing model 」 in O.R.78, pp.1054-1091, New York, 1979.
2. Samuel E. Bodily 「Police Sector Design Incorporating Preferences of interest groups for Equality and efficiency 」 Management Science .Vol 24.1301-1313, 1978.

3. Mark S. Daskin 「 A Maximum Expected Covering Location model : Formulation, Properties 」 Transportation Science . 17.48-69,1983
4. Rajan Batta, June M. Dolan,Nirup N. Krishnamurthy , 「 The Maximum Expected Covering Location Problem : Revisit 」 Transportation Science . 23.277-287,1989。
5. Oden Berman ,Mina Rasty Rahnema , 「 Optimal Path of a single service unit on a Network to a “Nonemergency” Destination 」 Transportation Science . 17.218-232,1983。
6. Oden Berman , Larson, R. C.,Chiu S.S. , 「 Optimal Server Location on Network Operating as an M/G/1 Queue 」 Operations Research,Vol 33.746-771,1985。
7. Oden Berman , Grariel Y. Handler, 「 Optimal Minimax Path of single service Unit On a network to Nonservice Destination 」 Transportation Science . 21.115-122,1987。
8. Larry R.A & Robert A.F. 「 Optimal Positioning Of Service Units Along A Coordinate 」 , Transportation Science 26 346-351 , 1992。
9. 呂智淵, 「 消防車最佳路徑之研究 」 台灣大學土木工程系,碩士論文,民國 77 年 7 月。
10. 莊弼昌, 「 都會區交通警察警力派遣模式及實証研究-以台中市為例 」, 中央警官學校, 碩士論文, 民國 83 年 7 月。
11. Larson,R, C , 「 Urban Police Patrol Analysis 」 , 1972。
12. Ranolph W. Hall, 「 Incident Dispatching, Clearance And Delay 」 , T.R.Pa. 1-16 , 2002。
13. 陳春益、邱明琦 「 運具指派問題之探討 」, 第三屆運輸網路研討會, 民國 87 年 10 月。
14. 王晉元、梁婷 「 大眾運輸車隊管理系統核心模組之規劃與建置研究案 」。
15. Green. L., Kolesar. P 「 The Feasibility of one-officer patrol in New York city 」 Mgmt. Sci. 30,.964-981.1984。
16. Jerry Roche, 「 GIS-Based Crash Data Analysis and The Benefits to Traffic Safety 」 , 2000 MTC Transportation Scholars Conference。
17. Ronald G. hughes 「 An Application of GIS and GPS to Enforcement “targeting” 」 9th Its World congress Chicago, Illinois October,2002
18. Steven J. D’Amico ,Shoou-Jiun Wang ,Rajan Batta Christopher M. Nauss, Rump 「 A simulated annealing approach to police district design 」 computers & operation research 29.667-684,2002。
19. Al-Mashakbeh, H. R. and Qudah, A. M., “Economic Costs of Traffic Accident in Jordan” , Accident Analysis And Prevention, Vol. 31, P347-357, 1999。
20. 吳健生、婁自強、黃裕文 「 應用電腦模擬探討交通事故發生國道巡邏派遣方式優劣之研究 」, 警察大學交通學報第三卷第一期, pp21-38, 民國 92 年 10 月。