

# 新北市政府消防局火警救災派遣模式之研究

黃德清

新北市政府消防局

dc001@mail.tpf.gov.tw

陳崇岳

新北市政府消防局

cty1236@mail.tpc.gov.tw

蕭力愷

新北市政府消防局

gary670120@yahoo.com.tw

李勝傑

新北市政府消防局

fc671079@gmail.com

## 摘要

新北市幅員遼闊、人口眾多且地理類型多樣，火警案件量高居全國之冠，為使轄內火警災害損失降至最低，新北市政府消防局 119 救災救護指揮中心自民國 99 年始著手規劃運用資訊科技，擬訂適合新北市火警救災需求之救災派遣模組，以建置先進且符合現況應用的火警救災派遣決策輔助系統，促使火警救災派遣相關資源能夠更加的精確與快速調度及有效運用。

本研究係以新北市政府消防局為研究對象，進行「火警初期派遣決策支援系統反饋機制」之研究與建置作業，根據會影響火警的相關因素，設計出一模型，並且設計其模型運作程序，再利用過去發生的歷史案件，藉由本研究探討所得之統計量方法計算出建議派遣車組總量，以使派遣建議能夠符合實際需求並能與時俱進，最後，將決策樹模型以及模型的反饋機制作為系統核心，設計其實際運作的演算邏輯並加以實作出火警初期派遣決策支援模組，以提供該局勤務指揮中心作為新派遣系統建置之運算邏輯使用。

關鍵詞：火警派遣、決策輔助、消防車組派遣

## Abstract

New Taipei City is not only a highly populated area, but also a vast expanse of land with a wide variation of geographical features. As the leading city with the most number of fire emergency cases in the country, the New Taipei City Fire Department Dispatch Center plans to utilize the communication technology, draft a module that best fits the needs of fire and rescue dispatch, and develop an advanced Computer Aided Dispatch system that is compatible with the current conditions in order to increase the efficiency and accuracy of the fire and rescue dispatches.

The research of “The Refinement Mechanism of Preliminary Dispatch Fire-Alarm Decision Support System for Fire Department of New Taipei City” targets the New Taipei City Fire Department. Based on the variables that may have an impact on the fire emergency case, a model and its operations are designed, using historical data from cases and statistical methods that can calculate an advised number of vehicles for dispatch, thus increasing the efficiency of the dispatch. The decision tree and the refinement mechanism will then become the core of the system regarding the generation of an algorithm and the implementation of the module of the preliminary dispatch of the fire-alarm decision support system.

**Key Terms :** Fire Dispatch, Aided Decision, Fire and Rescue Vehicle Dispatch

## 壹、 緒論

### 一、 背景與動機

臺灣地狹人稠、發展快速且住宅密度高，其中新北市幅員遼闊且地理類型多樣，又為一工、商、住綜合型都市，火警案件發生比例高居全國之冠(圖 1)。因此如何在火警發生時，提供民眾最有效且最適當的救災作業，是目前迫切需要探討的議題。

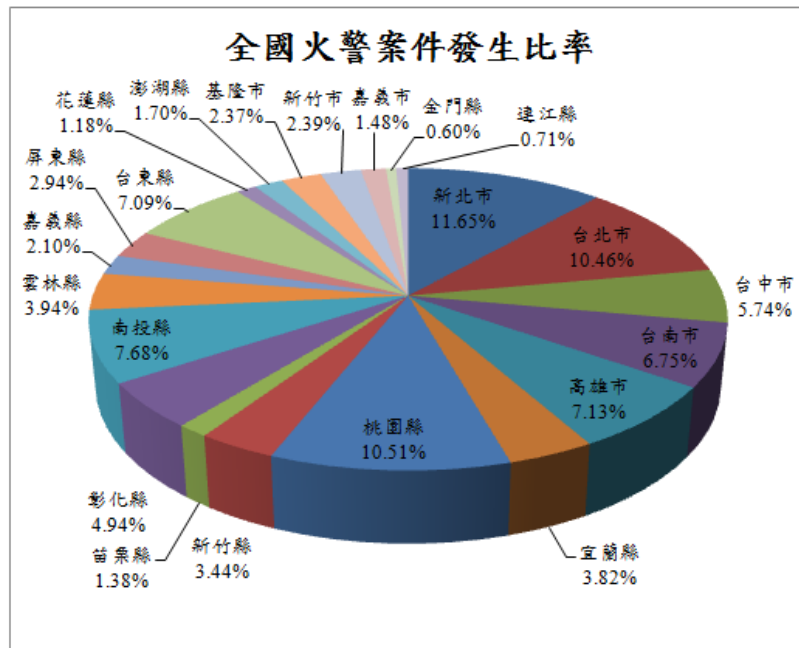


圖 1 96 年~100 年火警累積件數

資料來源：內政部消防署、本研究整理

火警案件發生時，消防救災單位面對必須進行即時決策的情況，在最短的時間內作出最適當的判斷，決定需派遣資源以因應該案件發生之情形。新北市政府消防局 119 救災救護指揮中心的救災派遣工作，於民國 100 年以前係以人工派遣模式為主，而且尚未律定救災車輛的派遣基準，因此救災勤務派遣完全倚賴執勤員之個人經驗與專業知識。而執勤員對各外勤單位之人力、車輛、器材的狀態與使用特性無法確實掌控時，較易導致誤派狀況產生，或常需臨時改派。在快速變動的時代，以人為經驗或知識的決策方式較不可靠，資訊系統可有效掌握資訊的脈動，以觀察出火警派遣資源的趨勢。

有鑒於此，新北市政府消防局組成研究團隊進行「火警救災派遣車組輔助系統」之

研究與建置作業，期望研擬運用資訊科技建立適合新北市政府消防局之救災派遣模組，並建置先進且符合現況應用的火警救災派遣決策輔助功能，本研究首先制定派遣原則與派遣基準表，建立運用派遣基準表計算火警初期建議派遣車組總量之運算模組，以處理初始之火警通報狀態的案件，其次，透過資料採礦的決策樹模型分析找出火警歷史案件的規則與趨勢，讓系統提供的派遣車組總量建議能夠活化，使決策支援機制能夠因應環境的變遷，提供建議派遣車組相關資訊予派遣人員參考。期望透過派遣工作的標準化與系統化，有效改善超派、誤派或是必須改派的狀況，促使火警救災派遣相關資源能夠更加的精確與快速調度及有效運用，提升救災之工作效率。

## 二、 研究內容與成效

本研究的目的是以文獻分析、資料分析與資料採礦的方式建立相關作業程序及系統模型，並設計火警初期派遣決策支援系統，輔以決策樹方式反饋、修正模型，並完成火警救災派遣車組輔助系統建置。

### (一) 研究內容：完成火警救災派遣車組輔助系統建置與反饋決策樹模型之設計。

本研究之目的在於設計火警初期派遣決策支援系統，並且發展決策樹模型以及評估適合新北市資源派遣的統計量方法，透過分析歷史派遣案例找出其規則反饋決策樹模型，使系統能夠依據每次案件發生的實際派遣狀況調整模型，使模型持續改善增加其適當性。經由火警救災派遣決策支援系統，系統化及標準化的提供即時火警救災車輛派遣建議予新北市政府消防局119救災救護指揮中心的第一線執勤員作為派遣指揮參考，以輔助其派遣時的決策，達到最佳化派遣及資源利用最大化的目的。

因此，本研究可分為三個階段以找出適當的派遣總量。第一階段透過專家專訪與問卷調查的方式制定派遣原則與派遣基準表，作為系統初始派遣規則依據，並透過該原則與調查整理出的火警影響相關因素，設計決策樹演算邏輯。並建置派遣系統雛形。第二階段則以該雛形系統進行模擬案件試派，讓派遣專家將模擬案件通報資訊輸入系統後，針對系統所建議的派遣總量進行微調，並將調整結果反饋回系統作為調整建議派遣總量改善的依據。在第三階段中決策樹模型便可依據調整後的派遣結果進行

修正。其中第二與第三階段將不斷反覆進行，直到系統建議派遣結果與派遣專家意見一致為止。圖2為本研究決策樹模型調適過程說明。

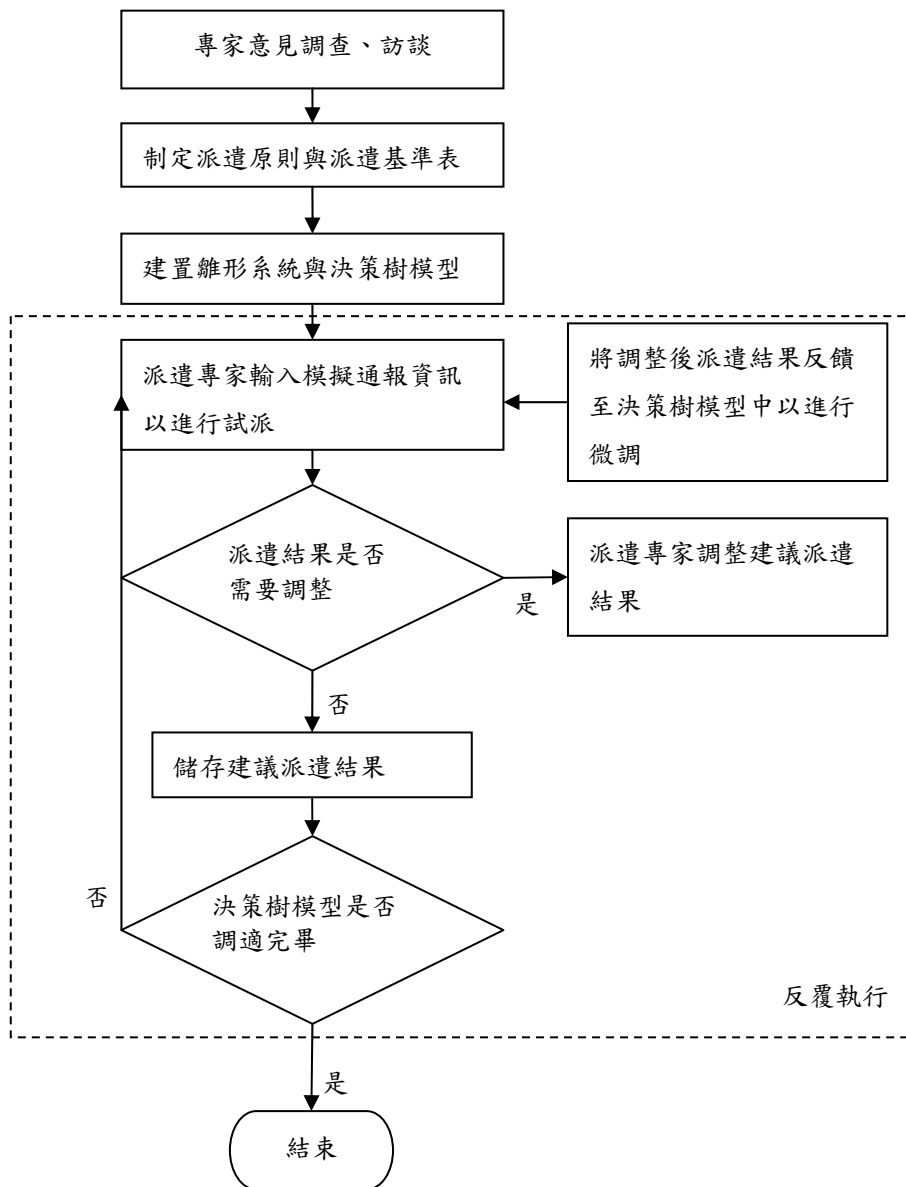


圖 2 火警初期派遣決策支援系統決策樹模型調適過程  
資料來源：本研究設計

(二) 預期成效：系統化及標準化的輔助派遣員派遣決策，以達到最佳化派遣及資源利用最大化之目的。

透過新北市政府消防局救災救護指揮中心實際派遣方式與文化的探討並且深入訪談第一線指揮官及資深派遣人員等有關專家，以及相關文獻的研究，研擬與設計出

各種派遣模組，另外，再進一步研發統計分析與決策樹演算法，分析歷史派遣案例及專家所建置的模擬案件派遣資料，找出其規則(模型)，建立與回饋資料模型，搭配具有決策支援機制的派遣車組輔助系統，於火警救災派遣時，即時提供系統化及標準化的派遣車組建議，輔助派遣員之派遣決策，並提供回饋機制使系統能夠依據每次案件發生的實際派遣狀況調整模型，使模型持續改善增加其適當性，以達到最佳化派遣及資源利用最大化之目的。如此以系統化的方式有效掌握分隊、車種與其數量等資源，而提供火警時的派遣車組車輛建議，可改善因人工派遣模式而發生的超派、誤派或遇到分隊人力不足所以無法出車必須改派的狀況。

### (三) 研究流程

本研究的研究架構與流程如圖 3，旨在設計並建置新北市火警救災派遣決策支援系統，並設計出適合新北市運用的決策樹模型回饋機制及其回饋的統計量公式或方法，利用與新北市消防局相關派遣專家實地訪談，以及文獻回顧等的方式，依據欲解決的問題制定出研究目的，並且瞭解系統需求，依據所蒐集到的需求與資料進行模型設計，因模型中需探討適合新北市境內派遣所適合的模型回饋統計量方法，經設計出數種統計量方法後，交由局內派遣專家以專家問卷調查法進行數回合的問卷調查以瞭解專家的看法，以期問卷結果達到一致性，找到模型回饋統計量方法後，接著將所設計的火警救災派遣決策支援系統實作出來，並再一次請局內專家進行評估，最後提出本研究的結論與後續研究之建議。

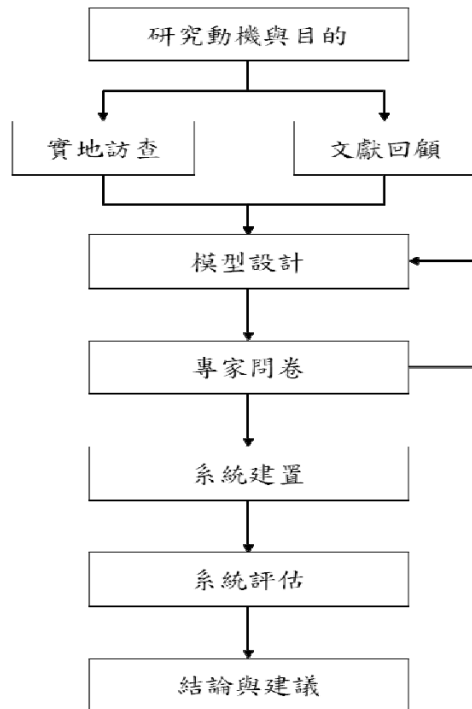


圖 3 研究架構與流程

#### (四) 研究範圍、對象與限制

本研究主要研發火警救災派遣車組輔助系統，應用於新北市政府消防局救災救護指揮中心。受限於時間的因素，本研究主要針對火警初期派遣的決策支援進行研究(火災搶救時序發展請參閱圖 4)，並且以新北市全區為研究範圍。為促使火警救災派遣車組輔助系統符合需求，須進一步的探究有關專家的內隱知識，並為了讓系統功能提供的車組派遣建議能夠更深入的考量各個面向，遂進行訪談新北市政府消防局相關火警救災的內外勤人員與有關諮詢專家。



圖 4 火災搶救時序發展程序圖

資料來源：趙鋼、黃德清，2009

## 貳、文獻探討

本章針對「火警救災派遣概念」與「決策支援系統開發概念」兩大主題進行相關文獻探討。為瞭解火警救災的派遣模式，本研究首先探討各種火警救災派遣模式並分析國內外的相關派遣方法，以找出適合新北市特性的派遣模式。第二部份決策支援系統開發概念，先瞭解決策支援系統的定義與組成架構後，再針對本研究利用的資料採礦方法以架構模式庫的相關文獻分析，最後小結以上兩大概念。

### 一、火警救災派遣概念模式

#### (一)火警派遣模式

我國進行消防救災智慧型派遣有關資訊系統之發展與實務應用，首推臺北市政府消防局，臺北市政府消防局於民國 95 年開始啟用智慧型電腦輔助勤務派遣系統。本研究對於臺北市政府消防局的智慧型電腦輔助勤務派遣系統加以參考與比較後，認為可學習其較佳的部分，也盡可能避免其所可能發生的缺點。另外，亦參考日本、美國、英國、新加坡、香港等外國的相關資料，以及新北市政府消防局救災救護指揮中心最近(2011)的「火警優質派遣成效分析」等文獻，期望除了瞭解新北市目前的派遣相關作業外，也進一步回顧其他單位的實際作法，而進一步研發出實際適合新北市的火警救災派遣車組輔助系統。

回顧各國火警派遣模式主要可以歸納為以下三種模式：(周鐘驥、洪文彬 2006)

1. 車輛派遣型：此類型必需依靠衛星定位系統或車輛狀態控管系統來輔助，可瞭解目前所有線上及待命可出勤之消防車輛。此類城市以美國居多。先將各種火警派遣狀態依對象物用途及報案狀態加以分析，訂定數種車輛派遣模式，一但火警發生時，可依車輛派遣模式調派離火警地點最近之車輛出動。
2. 分隊派遣型：固定分隊數量派遣型與固定車輛數量派遣型類似，為事先將各種火警派遣狀態依對象物用途及報案狀態加以分析與定義，律定分隊出勤基準數量，而不同於固定車輛數量派遣型的律定數種車種與數量之基準。此模式特性為彈性大，以較少之人



力即可進行派遣，但派遣車輛之數量、人力及種類需另行以電腦和人力掌控。此類國家城市以台灣居多。

3. 轄區派遣型：此類以日本國內各城市居多。先將轄區細分為責任區域，對各區預先擬定車輛派遣計畫，如有發生火警時，則按照車輛派遣計畫派遣車輛。此模式需依車輛派遣計畫保留固定之消防待命人員，即各分隊待命人員需維持固定數量以上，不可有外出查察等勤務，以避免影響原計畫出動車輛。

## (二)國內外相關文獻研究

國內外不同消防單位受該地區的制度與政策的影響，派遣文化與方式皆有所不同，因此本段針對國內外各種火警派遣模式進行探討。國外部分主要參考我國消防制度有許多借鏡之處的美國與日本(葉吉堂，2006)，國內部分則參考首先執行智慧型電腦輔助勤務派遣的臺北市消防局。

### 1. 日本大阪-警防計畫

依據學者葉吉堂(2006)的研究整理，日本為實施地方分權的國家，地方消防機關的預算由地方的都道府縣廳(如我國的各縣市政府)及市町村役所(如我國鄉鎮市公所)進行掌控，人事亦由地方自治團體進行管控，因此日本實施地方自治，消防部消防的派遣的體制是考慮建築物、道路等狀況，以及消防車輛的集結時間、過去的火災發生狀況等消防力模擬的結果，決定基本的出動區域及出動隊數。以日本大阪警防計畫(新北市消防局，2010)為例，其預先將轄區依據地區的街道結構、建築物分佈等或其他實際情況，規劃成 104 個出動區，並預先規劃火警類型所應分別指定出動的隊數(車種與數量)以作為派遣原則，並且將出場計畫分成四個梯次，以出動隊數為單位，意即以車組為單位進行戰力派遣，於火警案件發生時即可依原則動態調整進行派遣。

### 2. 美國鳳凰城

美國是實施地方分權的聯邦國家，將中央事權明定於憲法，其餘未明定的權力，分屬於各地方政府，全國無統一的消防法，依各聯邦、州、郡至鄉鎮市，依其環境需求取決於該地方政府(葉吉堂，2006)，因此派遣模式依各地方的環境與情況個別訂定。美國鳳凰城(2010)其依據事件型態進行分類，分成車輛火警派遣、機場事故派遣、火警派遣

(未達第 1 梯次火警通報標準之建築物火警案件)、第 1 梯次火警派遣、山林火警派遣、危險物質災害派遣、加強派遣、特別派遣、平衡派遣、不同災害的第二梯次派遣、後續派遣等 13 類，預先規劃符合該事件型態所需的救災資源。

### 3. 臺灣臺北市

臺北市的環境屬於經濟繁榮、人口密集、交通繁雜的都會區，臺北市政府消防局於 95 年啟用「智慧型電腦輔助勤務派遣系統」，其根據通報資訊，利用系統內建的 82 種災害情境與 166 種派遣模組，並搭配地理資訊系統(GIS) 的運用，提供適當的派遣模組及建議派遣單位、人數、車輛等相關資源以縮短受理報案與加速派遣判斷的時間(臺北市消防局，2012)。

依據周鐘驥與洪文彬(2006)研究指出臺北市採用固定車輛數量派遣型的派遣模式，以電腦進行建議派遣作業，並建置消防車衛星定位及車輛狀態控管設備，在此模式規劃下，臺北市政府消防局先以對象物使用用途及特性為基準，輔以報案者通報資訊加以動態調整，訂定火警派遣類別。再依據火警派遣類別律定各救災車輛及需搭載的人數。並將規劃四個梯次的火災派遣模組，包含火災類別與需派遣的車種及數量，依火災不同的嚴重程度，律定所需派遣的基準。

而臺北市又於 100 年針對智慧型電腦輔助勤務派遣系統執行資料分析研究，利用過去系統所收集的歷史案件資料，透過資料採礦方法分析，發掘隱含的潛在訊息，包括影響救災救護派遣模組合適性、勤務中心、人力配置及勤務規劃等影響因素，提供政府作為勤務派遣、系統優化之參考，提升智慧派遣之效率。

#### (三)小結

經由以上分析探討，新北市政府消防局在現有消防人力部署較為不足的情況下，火警救災派遣模式以分隊派遣型模式並配合相關報案資訊輔以車輛派遣的「車組派遣型模式」為佳，既可符合分隊設置之行政資源規劃原則，亦因以分隊車組的派遣為單位，保持最適當的戰力，並輔以電腦化作業彈性最佳的物件型式派遣需求與限制條件進行特殊例外處理，將使得新北市政府消防局「火警救災派遣車組輔助系統」符合需求且可進行實務運用。

## 二、 決策支援系統開發概念

### (一) 決策支援系統

過去，人們往往透過其經驗與知識的累積進行決策，人工的決策方式能夠掌握的資訊有限，能夠觀察到的面向相對較為狹隘，因此決策的可靠度較低。現今在資訊技術成熟的趨使下，使得人們較容易掌握資訊並且加以應用。決策支援系統(decision support system)為互動式電腦系統，其運用資料、模式分析、專家知識及其他資源，透過友善的人機互動，協助個人或組織決策者提升半結構化決策的績效(梁定澎，2004)。利用決策支援系統支援決策的應用已相當普遍，商業、醫療等各方面的應用比比皆是。本研究將決策支援系統應用於消防領域的火警初期派遣決策支援上，以資訊化與智慧化的方式，快速的在緊急的情況下支援執勤員的派遣決策。

Sprague 和 Fick(1980)將決策支援系統比喻為一個大的黑盒子，在大黑盒子中包含幾個較小的黑盒子，這些較小的黑盒子就是決策支援系統的子系統，當大的黑盒子被打開後，可以發現系統中必須包含資料庫(data base)、模式庫(model base)和另一個複雜的軟體系統以將使用者以及資料庫、模式庫加以連接，此軟體系統即由資料庫管理系統(DBMS)、模式庫管理系統(MBMS)以及對話管理系統(DGMS)所組成。而學者梁定澎(2004)則將決策支援系統的組成單元定義如圖 5，由資料庫(data base)、知識庫(knowledge base)、模式庫(model base)以及一控制機制組成，控制機制主要由資料管理、知識管理、模式管理以及對話管理等四個部分所組成，分別提供決策支援系統所需的支援。以下分別說明此四個子系統：

#### 1. 資料子系統(Data base Management System, DBMS)：

決策需要藉由大量的資料進行分析，因此需要一資料庫系統，資料庫系統中存放的資料包含內部與外部的資料，將該些資料作一系統性的管理。

#### 2. 知識子系統(Knowledge base Management System, KBMS)：

決策除了資料與決策模式外，還有許多是質性的判斷性思考，這就是所謂的知識(梁

定澎，2004)。如本研究將會運用到需用以反饋決策樹模型的典範案例資料、系統進行車組派遣時的車組派遣輔助系統需求限制條件等。

3. 模式子系統(Model base Management System, MBMS)：

決策模式的應用往往能夠化繁為簡，並且有效的從複雜的關係(決策路徑)中找出最佳的方案(派遣車種與數量) (梁定澎，2004)決策樹模型為本研究探討的模式為本研究的主要研究重點，將於後續段落進行探討。

4. 對話子系統(Dialogue Generation and Management System, DGMS)

對話子系統能提供使用者與各系統間的溝通、協調，主要為管理使用者的介面。

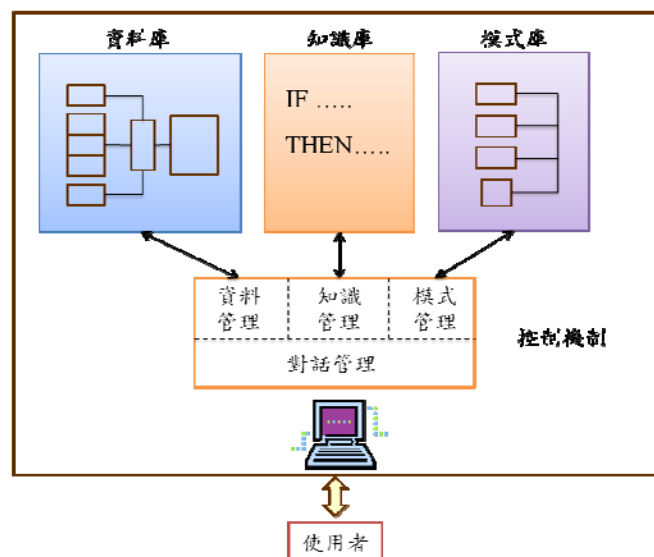


圖 5 救災救護指揮中心指揮程序模式

參考來源：梁定澎，2004

近年決策支援系統的相關應用與研究相當廣泛，其能夠快速分析資料的能力，為協助決策者進行決策的重要參考依據，表 1 為本研究整理近年來決策支援系統的相關應用研究。

表 1 決策支援系統近年相關應用研究

資料來源：本研究整理

研究者	應用領域	研究主題與研究概要
Du (2009)	金融	將決策支援系統應用於金融業務的融資上，利用金融決策支援系統在財務分析上提供有力的財務預測和政策分析。

Deng & Chen (2010)	緊急應變管理	緊急的決策支援系統目的為減少災害損失和提供緊急時的資源調配效率，以改善因專業知識缺乏而造成的緊急應變處理失敗的情況。
Chau & Phung (2012)	教育	將決策支援系統應用於教育體系上，系統可從教育的資料中發現並提供教育管理者的知識，以協助使用者在教學時作適當的決策，提供給學生進一步的支援。
Chang & Lu (2009)	醫療	採用貝式定理和決策樹以及 Web 服務架構，以建構出以 Web 服務為基礎的醫療診斷和治療的決策支援系統。以協助使用者(醫生)，醫療診斷與治療決策時的有關問題。

決策支援系統可利用豐富的歷史資料有效率且準確的進行分析，提供適當的資訊作為管理者決策、評估、分析的依據，因此本研究將依此決策支援系統架構，建構火警救災派遣決策支援系統。

## (二) 資料採礦

資料採礦為從大量的資料當中萃取或挖掘出有意義的知識。關於資料採礦一詞根據學者 Jaiwei Han 認為，於岩石或沙中開採黃金，此舉被稱為黃金開採(Gold Mining)，而不是岩石或沙的挖掘(Sand Mining)，因此資料採礦應被稱為知識挖掘(Knowledge Mining)會是更適當的用語 (Han & Kamber 2000)。也有學者將資料採礦解釋為資料庫的知識發現(Knowledge Discovery in Database, KDD)。知識發現(Knowledge discovery)是從資料中挖掘隱含、先前未知且潛在有用的資訊。意即透過資料採礦可找出未知的知識，該知識即為一些隱藏於資料中的規則，再經由所發現的知識協助決策過程或預測未來的趨勢，發現隱藏的商機。而 Fayyad 和 Smyth (1996)則將 KDD 定義為從資料當中發現有用知識的整個過程，而資料採礦是知識發現過程中應用演算法從資料中找出規則或模式的一個特定的步驟 (Fayyad, Piatetsky-Shapiro, & Smyth 1996)。知識發現的過程如圖 6 所示，包括選取資料、資料前置處理、資料轉換、資料採礦、解釋與評估結果，以確保從資料中萃取出來的知識是有用的。

資料採礦主要可分為監督式與非監督式的學習法，監督式學習法在建立模型前需先指定所要觀察的輸入與輸出變數；而非監督式學習法則不需要事先指定用來建立模型所

依據的屬性(曾憲雄等 2008)。

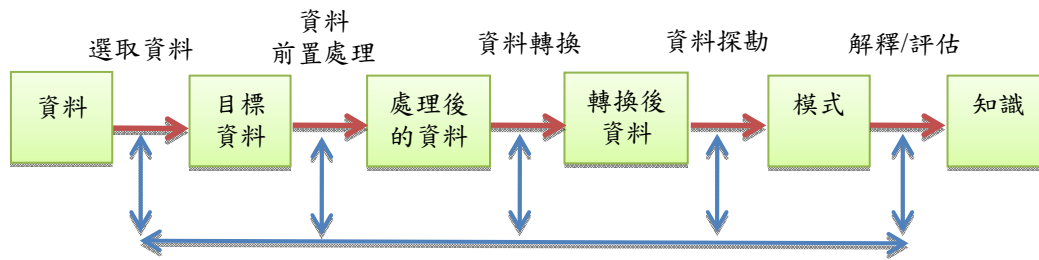


圖 6 資料庫知識發現流程圖

## 1. 資料採礦功能

Berry 與 Linoff (1997) 依資料規則的型態將資料採礦的功能分成分類(classification)、推估(Estimation)、預測(Prediction)、關聯法則(Association rule)、群集化(cluster)、描述(Description)等五大類，以下將分別說明。

### i. 分類

分類是根據已知的資料及其類別屬性來建立資料的分類模型(曾憲雄、蔡秀滿、蘇東興、曾秋蓉、王慶堯, 2008)。例如火災案件當中可將火災種類分成建築物火災、交通工具火災、山林火災與輕微火災。透過資料採礦技術從已分類的資料中尋找規則，再從規則當中預測未知的狀態，為一監督式學習。

### ii. 推估

推估與分類相似，差別在於分類主要為預測類別變數，而推估則是預測連續變數，例如我們可透過火警救災案件過去的歷史資料與資源整備的關係，推估不同轄區所需要的資源，並可於案件發生前備妥所需的車輛、人力等資源。

### iii. 預測

預測、分類與推估類似，但常用於預測具有未來性質的趨勢，例如從歷史資料當中發現救災的趨勢，預測未來可能發生火災的場所，並進行防災處置。

### iv. 關聯法則

關聯法則是探討資料項目間的關係，找出在某一事件或資料當中會同時出現的項目(曾憲雄等, 2008)。常用於購物籃分析，例如零售商根據顧客消費產品的歷史資料，發

現交易當中可能被同時購買的產品項目，於相關聯的產品項目當中藉以瞭解顧客的消費行為。

#### v. 群集化

將資料加以分成數個群集，主要目的為分析資料間的相似程度並簡化複雜的資訊，群集化主要藉由分析所找到的結果，推論出有用、隱含、令人感興趣的特性和現象(曾憲雄等，2008)，由於未預先設定變數對結果進行預測，因此群集化為一非監督式學習的過程。

#### vi. 描述

除了透過演算法找出隱藏的規則來建立模型外，亦可透過此方法於資料中獲得潛在且有意義的規則。

### 2. 資料採礦技術

#### i. 決策樹演算法

決策樹演算法屬於監督式學習法，是分類法中最早也最被廣為應用的方法，其利用樹狀分岔的結構產生分類規則，樹狀結構中包含節點與樹葉，樹的節點(non-leaf nodes)代表測試的條件，樹的分支(branches)代表條件測試的結果，而樹的葉節點(leaf nodes)則表示分類結果(曾憲雄等，2008)，從樹的根部到每一個葉節點都有一套獨特的路徑，這個路徑就是用來分類資料的規則的一種表達方式。決策樹演算法適合用於處理各種分類型的問題，且相較於其他演算法，其樹狀規則較容易讓人解讀及理解變數的因果關係(尹相志，2009)。

#### ii. 群集演算法

透過演算法找出具備物以類聚性質的資料間所隱藏的關聯性及規則，屬於非監督式學習，如根據顧客資料的相似性，歸納出群內主要顧客的行為模式，落在同一群內的顧客相似性較高。

#### iii. 貝氏機率分類演算法

貝氏機率分類法是以機率以及統計為基礎的方法，常用於處理分類型的演算法，其最大的優點是具有漸增性(曾憲雄等，2008)，意即逐次將模型加入適合的資料會不斷成

長。但由機率值所構成的分類模型有不易解釋分類原因的缺點，因此貝氏分類法適合應用於預測未知樣本的類別，而不適合用來找出資料分類的原因(曾憲雄等，2008)。

iv. 關聯分析演算法

關聯法則的目的是找出事件同時發生的機會，本研究中可利用此方法找出火災案件發生的某情況(如：火場冒黑煙)以及同時發生另一情況(如：火場火勢嚴重且冒出火舌)的機率，計算其條件機率並分析出相關性，有效掌握可能同時發生的狀況，並於第一時間就將火勢控制住。

v. 時序群集演算法

先將資料進行分群，並於群集中找出時間序列狀態的變化，與關聯規則的原理相似，加入時間的先後順序作為考量因素。例如先將顧客進行分群，然後在同質性較高的群集中再進一步找出時序規則(尹相志，2009)。

vi. 時間序列演算法

分析資料庫的同時，亦將發生時間納入考量，藉由觀察時間序列狀態的變化，從相關序列中預測未來的趨勢或狀態。

vii. 類神經網路演算法

類神經網路是模仿生物神經網路的一種資訊處理系統，其使用大量且相連的人工神經元(neuron)來模擬生物神經網路的能力(曾憲雄等，2008)。其架構由三層神經組成網路，透過輸入層接收外界的訊息，並將之傳送至神經網路中進行運算處理，該層為隱藏層，隱藏層為封閉的黑箱架構，無法進行解釋及後續作業的調整(羅孟剛，2008)，最後，處理後的訊息由輸出層輸出。類神經網路可應用於類別變數與連續變數的預測，因此可解決分類、推估兩種類型的問題。

viii. 線性迴歸演算法

線性迴歸演算法主要處理連續型的資料，並分析多個獨立變數對某依變數的影響，然後再使用該關聯性進行預測。

ix. 羅吉斯迴歸演算法

羅吉斯迴歸演算法用於處理類別資料，目的與線性迴歸相同在於找出多個獨立變數



對某依變數的影響，羅吉斯迴歸之非線型函數介於 0 至 1 之間，可用於處理機率分配的問題。

### 3. 小結

在本火警救災派遣車組輔助系統規劃與建置計畫中，已律定「火警派遣原則」以及「火警派遣基準表」作為火警派遣的基準，並且將此基準建置於系統中，使火警派遣的工作達到標準化與系統化，但為了使系統能夠與時俱進的不斷學習，因此本研究另設計一火警派遣模型，透過歷史資料的累積，能夠不斷訓練、回饋模型，使派遣結果的建議能夠活化並趨於真實狀況，有效縮短執勤員派遣時的決策與派遣時間。

因本研究已確認所要觀察的輸入變數，為民眾提供的通報資訊，因此將使用監督式學習的資料採礦方法進行分析研究，以決策樹演算法設計決策模型並進行訓練與回饋程序。

## 參、研究設計

此章說明本研究的研究設計，包含研究架構、研究方法、資料分析方法以及本研究所開發建置的模組，運用於新北市火警救災派遣車組輔助系統的運作程序。

### 一、研究架構與流程

本研究目的為建置一火警救災派遣車組輔助系統，研究與開發流程如圖 7 所示，首先透過文獻探討與專家深入訪談瞭解新北市火警救災派遣機制，制定「新北市政府消防局火警派遣原則」，並依其原則制定「新北市政府消防局火警派遣基準表」以產生派遣規則。並同樣透過資料蒐集了解模型反饋機制的需求條件，並與相關專家研討出適合新北市境內火警初期派遣模型反饋的統計量方法，包括眾數、中位數、符合支持度最大數、平均數以及離差和最小數，各統計量方法皆有其特性，針對模型反饋的統計量方法以及少數派遣車種派遣的適當性，進行專家問卷調查。接著本研究將設計決策樹機制的演算邏輯，以建置模型與系統，再將經由專家認可的統計量方法套用至決策樹模型反饋機制中，再以大量歷史案件訓練資料採礦-決策樹演算法模型使該模型調適至一適當狀態。

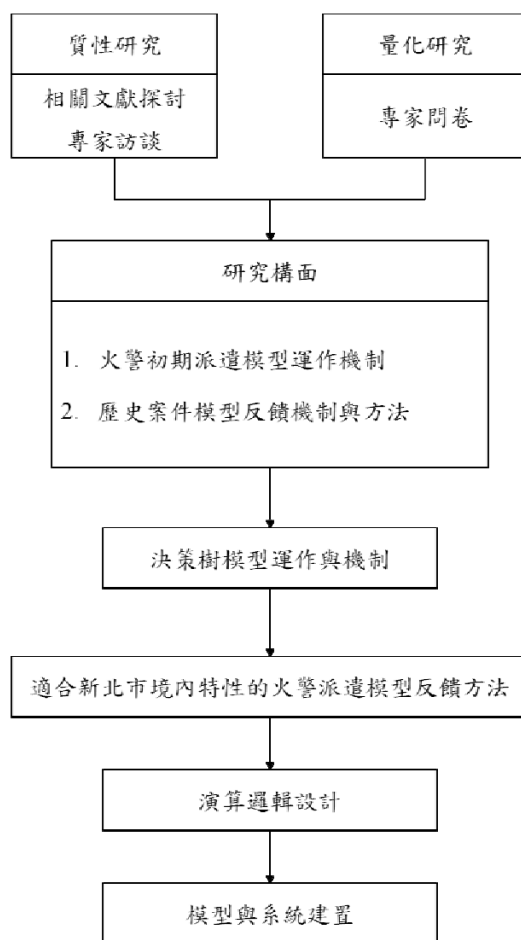


圖 7 研究架構圖

## 二、 研究方法

### (一) 專家訪談

本研究於研究的資料蒐集與分析階段使用質性研究，利用專家訪談法探討適合新北市運用於火警初期派遣的模型統計量反饋方法，以及協助反饋機制的設計，專家訪談的優點為除了藉由個別專家提供專業的見解外，亦能夠藉由訪談者間的互動激發出不同的想法或資料(古永嘉、楊雪蘭，2009)。

本研究的研究對象分為兩類，分別為學界專家與業界專家，因本研究的主要研究針對火警初期派遣，因此訪談對象為有豐富火警案件派遣經驗，並且持續對消防派遣進行研究的 5 位資深同仁，以及 1 位對資訊系統有深厚研究經驗的學者，與 2 位消防學界專家，列表於表 2。

表 2 訪談對象列表

類別	姓名	職稱	所屬單位	學術及業界專長
資深 同仁	專家一	理事長 (前消防署署長)	中華消防 暨減災學會	消防行政、消防法規、消 防戰術、災害預防、災害 搶救、緊急救護、災難事 故危機管理
	專家二	前總隊長	內政部 空中勤務總隊	消防戰術、災害搶救、災 難事故危機管理
	專家三	副局長	新北市消防局	消防行政、消防戰術、災 害搶救、勤務演練
	專家四	股長	新北市消防局 救災救護指揮中心	指揮中心設計、規劃及建 置、指揮派遣專家
	專家五	科員	新北市消防局 救災救護指揮中心	指揮派遣專家
學界 專家	專家六	教授	中央警察大學 消防學系	火災學、消防法規、避難 行為學、化學災害防救、 消防安全工程、性能式消 防安全設計
	專家七	教授	中央警察大學 消防學系	火災調查、消防設備、建 築防火、消防水力學
	專家八	副教授	臺北大學資訊 管理研究所	資訊系統發展與轉型、資 料庫設計與管理、智慧型 系統

本研究專家訪談的目的為探討火警初期派遣決策樹模型反饋於實際應用上的需求與限制，經由專家訪談得出以下資訊：

1. 系統需將救災救護指揮中心的派遣專家進行資源派遣時的決策步驟與思維模式加入其中。除了派遣車組的搓合條件外，在通報案件資訊下所產生的派遣車組亦為派遣專家所作的決策結果，因此應加以分析利用。
2. 透過歷史通報資訊，加上每個案件車組派遣總數之歷史資料進行決策樹模型的訓練，使決策樹模型推估初期應派遣的車組，透過累積的歷史資料將可不斷的修正模型以持續增進系統的準確度。
3. 歷史資料作資料採礦所得到的資料應經過篩選，應請專家以手動勾選的方式確定該案例是否可納入回饋修正之用，找出派遣較為適當的案件成為典範案例，進行決策樹模

型的訓練，以避免資料相互污染的情形。

4. 可利用眾數、中位數、符合支持度最大數、平均數或離差和最小數等統計量方法的特性應用於決策樹模型反饋上。
5. 模型反饋結果應經由專家事後驗證，以達到雙重的驗證。

## (二) 專家問卷

經過專家訪談瞭解新北市火警初期派遣決策樹模型反饋的需求後，本研究開始設計決策樹模型與其反饋機制，決策樹模型於反饋時需使用的統計量方法，本研究經由兩回合的專家問卷找出適合新北市特性的統計量方法，第一次問卷有 42 位受試者，經由第一次問卷的分析結果，雖已能夠初步判定需採用的方法，但本研究認為仍需考量少數抱持不同意見的專家，使模型機制的建立更加完整，遂進行第二回合的問卷；第二次問卷有 17 位受試者，透過第一次回收問卷的分析結果，以及半開放式的問卷讓專家填寫意見，最後得到一適合的統計量方法。

## 三、資料分析方法

### (一) 分析方法選擇

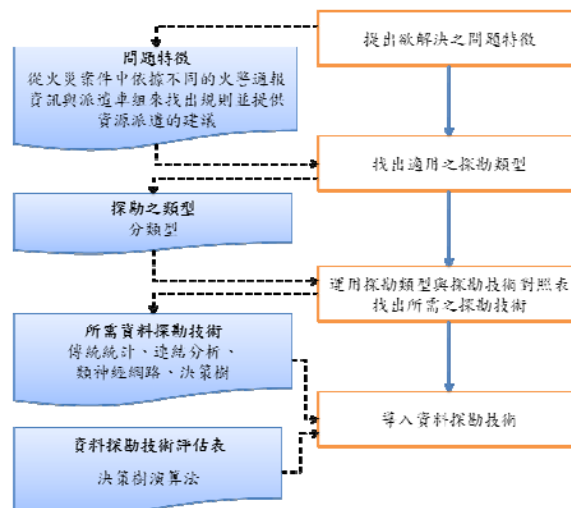


圖 8 資料採礦演算法之選擇模型

要找出適合的資料分析方法，需先瞭解欲解決的問題，並找出問題的特徵，再依據問題的特徵找出相關的資料分析方法，最後選擇出最適合的資料分析技術，薛博仁(2001)

學者將此選擇資料分析技術的考量整理出一選擇模型，本研究利用此模型找出適合新北市消防局火警救災派遣決策支援系統使用的資料分析方法，如圖 8 所示。

本研究欲解決的問題為從火警案件中依據不同的火警通報資訊與派遣車組來找出規則並提供資源派遣的建議，適用的資料採礦類型為分類型。依據表 3，彭文正(2001)學者研究指出分類型問題的分析演算法技術有傳統統計、連結分析、購物籃分析以及決策樹等四個方法，由表 4 (彭文正(2001)學者分析的資料採礦技術評估表)中發現，決策樹在易懂性、訓練簡易度、應用性、普遍性、實用性以及易得性的評分相較其他方法都來的高。另外，決策樹的樹狀規則相較於其他演算法較容易使人解讀及理解變數的因果關係，這點在資料採礦中是非常重要的，因為導入資料採礦專案並非只要導入其採礦模型，更重要的是從規則中得到啟發，因此規則的呈現是否讓人容易理解就顯得相當重要(尹相志 2009)。決策樹的樹狀規則相較於其他演算法較容易使人解讀及理解變數的因果關係，因此本研究選擇決策樹演算法作為主要建置模型的方法。

表 3 採礦類型與技術對照表

資料來源：彭文正，2001

技術 類型	傳統統計	購物籃分析	群集偵測	連結分析	類神經網路	決策樹
分類	v			v	v	v
推估	v				v	
預測	v	v		v	v	v
關聯分組	v	v		v		
群集化	v	v	v		v	v

表 4 資料採礦技術評估表

資料來源：彭文正，2001

技術 適應性	易懂性	訓練簡易度	應用性	普遍性	實用性	易得性
傳統統計	B	B	B	B	B	A+
購物籃分析	A	A	A+	D	B	B
群集偵測	B+	B+	A-	A-	B-	B
連結分析	A-	C	B	D	B	C+
類神經網路	C-	B-	A-	A	A	A
決策樹	A+	B+	A+	A	A	B+

※說明：分數高低次序為 A、B、C、D，再由「+」、「-」符號表式分數增減。

經由以上對於演算法的評估與分析，歸納出本研究所採用的演算法必須由火警案件中依據不同的火警派遣模組來找出規則，以利未來火警救災派遣車組輔助系統應用於建議所需派遣之戰力，且由分析演算法所產生之規則可被合理的解釋，因此本研究選擇決策樹分析演算法作為主要建置模型的方法。

## (二) 決策樹模型與演算法

決策樹演算法所產生的規則容易理解，因此是分類法中最被廣為應用的方法，由於建立分類模型前需先指定所要觀察的類別屬性，亦即分類的依據是已知的(曾憲雄等 2008)，因此為監督式的學習法。其呈現方式為透過樹狀模型(分類樹)來進行分析，利用樹狀分岔的結構產生分類規則，樹狀架構中包含節點與樹葉，樹的節點代表測試的條件，樹的分支代表條件測試的結果，而樹的葉節點則表示分類結果，從樹的根部到每一個葉節點都有一套獨特的路徑，這個路徑就是用來分類資料規則的一種表達方式。

本研究受限於資料量的不足，因此利用決策樹模型的原理自行開發建置決策樹模型反饋機制。其中新北市消防局於「火警派遣基準表」中律定分類變項與派遣車組，本研究加以建構出決策樹的規則，將此模型運用於火警初期派遣決策支援系統則為火警案件項次的集合所需對應的建議派遣車組總量，亦即樹的節點(測試條件)為火警案件的主要因素，樹的分支(條件測試的結果)為細項分類項次，而樹的葉節點(分類結果)則為建議派遣車組總量。透過不斷累積的火警歷史案件以自動回饋學習機制，使火警初期派遣決策支援系統對派遣模組所需之戰力進行預測。

表 5 為兩個建築物派遣模組範例、表 6 為兩個非建築物派遣模組範例，此四個範例於火警初期派遣決策樹模型中的表示方式顯示於圖 9 中，圖中僅呈現部分決策路徑以作為示意用，依新北市政府消防局「火警派遣基準表」所制定的 13 類通報資訊項次，形成的決策路徑數有 13,547,333 條，計算方式如公式(1)。目前新北市消防局制定的車種有 24 種，分為基本車種 2 種與特殊車種 22 種。為了增加時間與空間效率，本研究設計決策樹模型產生的時機為當該決策路徑的案件情境首次發生時，才予以建立。

$$\text{TotalM} = \prod_{k=1}^K C_1^{v_k} + \text{NONB} \quad (1)$$

TotalM=決策路徑總數

k=火警派遣基準表的建築物火警通報項次類別，類別為 1~K 個

$\forall k$  =火警派遣基準表建築物火警通報項次類別中，第 k 類別的所有項次個數

NONB=火警派遣基準表中非建築物的通報項次類別。

$$\text{決策路徑總數} = C_1^2 \times C_1^4 \times C_1^2 \times C_1^2 \times C_1^2 \times C_1^{14} \times C_1^2 \times C_1^2 \times C_1^3 \times C_1^5 \times C_1^6 \times C_1^7 \times C_1^6 + 13 = 13,547,333$$

表 5 決策樹模型—建築物派遣模組範例

	火警	案例一	案例二
決策路徑	火警種類	建築物火警	建築物火警
	火焰	無	無
	煙(顏色)	白色	白色
	人員受困	無	無
	爆炸	無	無
	有無延燒	延燒可能較低	延燒可能較低
	建築物用途	未知	毒災場所
	巷弄狹小	是	否
	水源狀況	一般	一般
	時間	夜間時段	一般時段
	建築物樓層	11 層~15 層樓建築物	4 層~10 層樓建築物
	建築物起火樓層	4 層~10 層樓起火	1 層~3 層樓起火
	建築構造	磚造	未知
	燃燒面積	未知	未知



派遣車組	3 部攻擊水箱車 2 部水源水箱車 2 部救護車 2 部水庫車 2 部小型水箱車 2 部器材車 1 部空壓車 2 部 30~50m 雲梯車	5 部攻擊水箱車 5 部水源水箱車 3 部救護車 3 部水庫車 1 部化學消防車 2 部 30m 以下雲梯車
------	--	---

表 6 決策樹模型—非建築物派遣模組範例

	火警	案例一	案例二
決策路徑	火警種類	非建築物火警	非建築物火警
	非建築物火警類型	交通工具火警	查看案件
	交通工具火警種類	一般交通工具火警	-
派遣車組	2 部攻擊水箱車 2 部水源水箱車 1 部救護車 2 部救災摩托車	1 部攻擊水箱車 1 部救護車	

因此，本研究之決策樹演算法設計步驟如下：

1. 設計並建立決策樹模型：

根據會影響火警的相關因素，設計出決策樹模型，並且設計其演算邏輯。

2. 設計決策樹模型反饋機制及其反饋的統計量公式或方法：

利用過去發生的歷史案件，藉由研究出適當的統計量方法以計算出建議派遣資源，以使派遣建議能夠與時俱進。

3. 建置火警初期派遣決策支援系統：

將決策樹模型以及模型的反饋機制作為系統核心，設計其實際運作的演算邏輯並加以實作出火警初期派遣決策支援系統。

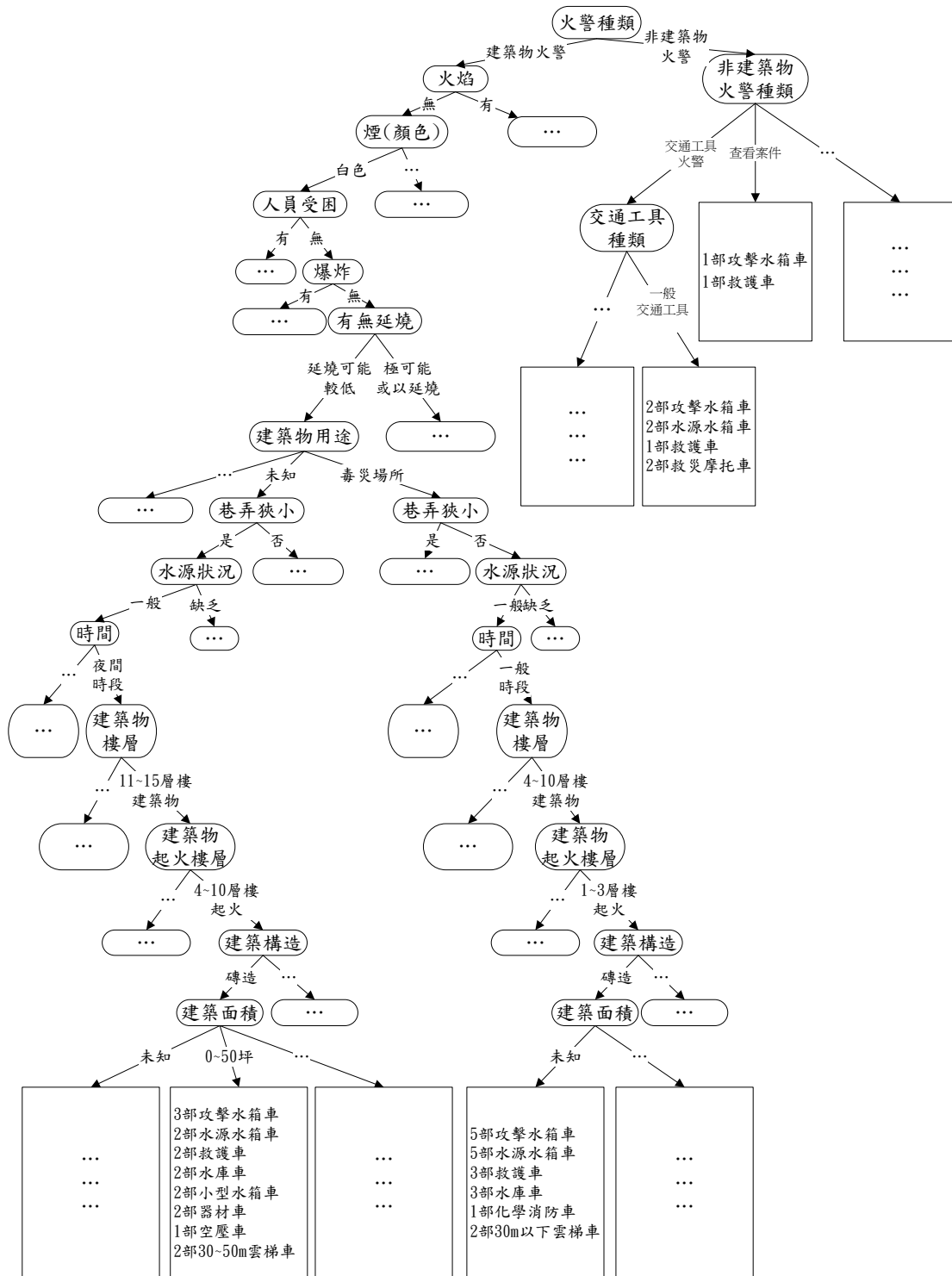


圖 9 火警初期派遣決策樹模型示意圖

四、 決策樹模型反饋機制

(一) 反饋機制說明

本研究所開發建置的決策樹反饋模型，與新北市政府消防局之火警救災派遣車組輔

助系統加以整合，以透過火警案件的資料蒐集與分析反饋模型，使其能夠與時俱進並達到智慧型派遣的目的，運作程序如圖 10。

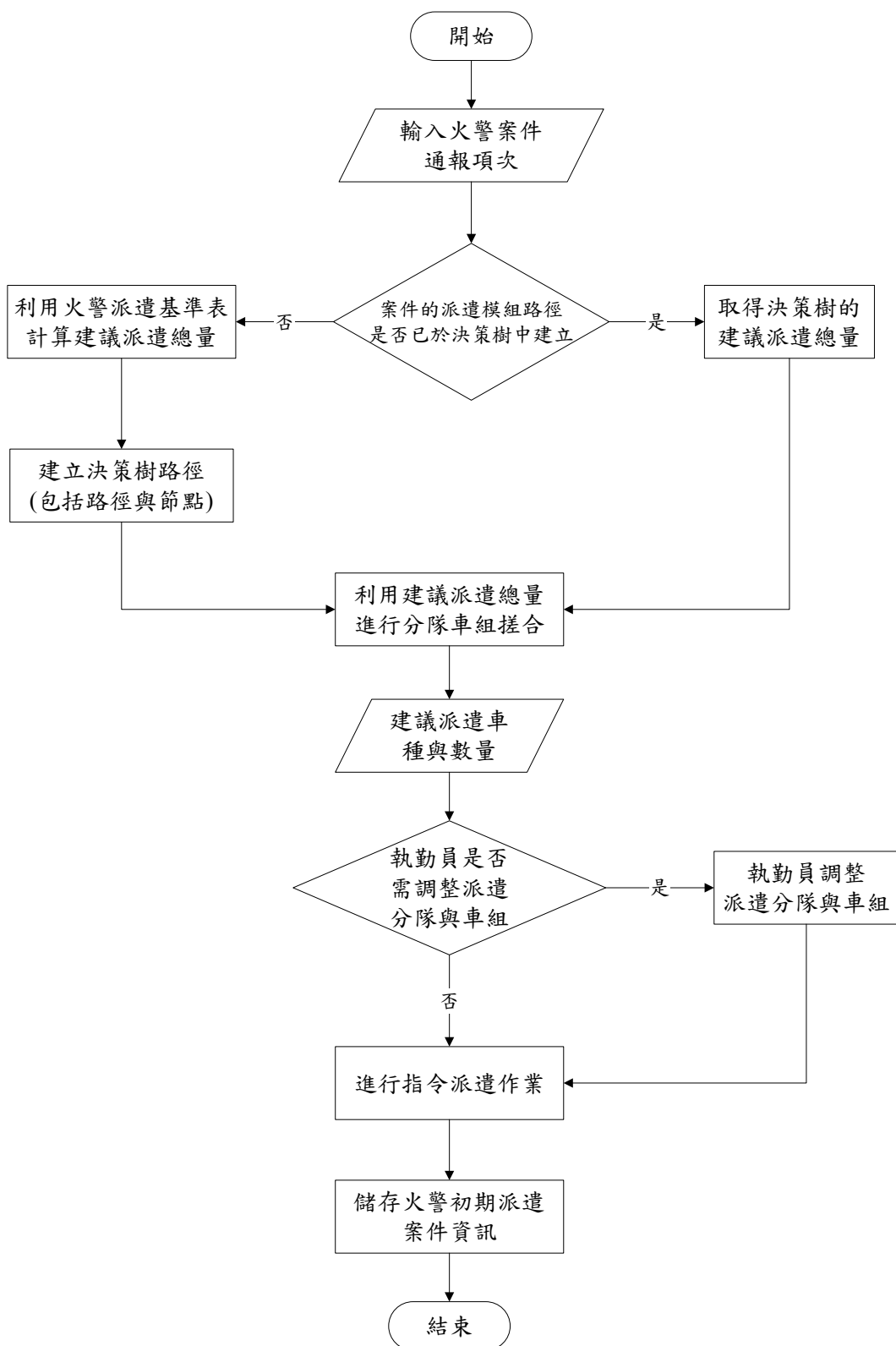


圖 10 火警救災派遣決策支援系統運作程序

當火警發生時，救災救護指揮中心接獲民眾報案電話，執勤員將通報資訊輸入火警救災派遣車組輔助系統中，系統將判斷該案件之模型路徑是否已存在於模式庫當中，若已存在模式庫當中，使用決策樹模型推估出的建議派遣車組進行車組的搓合與分派；若該路徑尚未存在於模式庫中，則利用現行火警派遣基準表(新北市消防局，2011)事先以對象物用途及報案資料加以分析與律定的基準，計算出建議派遣車組，透過火警救災派遣車組輔助系統將建議派遣車組總量與分隊資源進行搓合，以作為執勤員下達派遣指令的輔助參考，此時執勤員再輔以個人的經驗及專業知識判斷，包含個人對於火警指揮狀況判斷模式的掌握、火警情勢分析研判等加以調整派遣車組，而形成實際之派遣指令，進行指令派遣作業。決策樹模型同時建立後端該筆模式庫的路徑，並以火警派遣基準表所計算出的建議派遣車組作為該模式路徑的初始建議值。

待火警案件累積至一定量時，遂進行決策樹模型訓練程序，訓練程序如圖 11。藉由管理者對過去已發生的歷史案例進行審核並判定該派遣的適當性，來選定派遣較佳的案例作為典範案例，以供決策樹模型訓練之用，以防止垃圾進垃圾出(Garbage in Garbage out)的情況，確保模型的品質。接著，將所設定的歷史案例進行模型訓練，以計算派遣模組中的派遣車組之統計量，並提供模型決策路徑驗證機制，讓管理者對派遣模組的派遣車組統計量的修訂進行驗證，並將結果反饋儲存至模式庫中。以下針對圖 7 的各個程序進行說明：

- (1)開始：開始決策樹模型訓練程序。
- (2)歷史案件典範案例選定：藉由資深派遣專家或管理者至系統中查閱歷史案件，並選擇派遣成功並足以成為典範的案例，作為決策樹模型訓練使用。
- (3)決策樹模型訓練：可由管理者手動驅動進行決策樹模型訓練，或設定系統時間排程，將歷史案件累積至一段時間後自動驅動進行模型訓練。
- (4)模型改善之決策模組：模型訓練後將會產生調整後的決策模組，使步驟 5. 進行驗證。
- (5)模型決策路徑驗證：模型決策路徑驗證提供兩種方式，分別為專家驗證與自動驗證，係依據案件情境(決策路徑)的原始派遣車種數量與訓練後的建議調整派遣數量進行評估，利用專家的經驗與專業知識判定是否將該路徑的建議派遣車種與數量進行更新；或

可將系統設定成自動驗證，系統則經由模型訓練出的車種與數量直接反饋修正模型。

(6)儲存模型：驗證訓練出需調整的決策樹模型後，將調整後的模型進行儲存，以成為下一次案件發生時，提供火警初期派遣車種與數量的建議。

(7)結束：決策樹模型訓練程序結束。

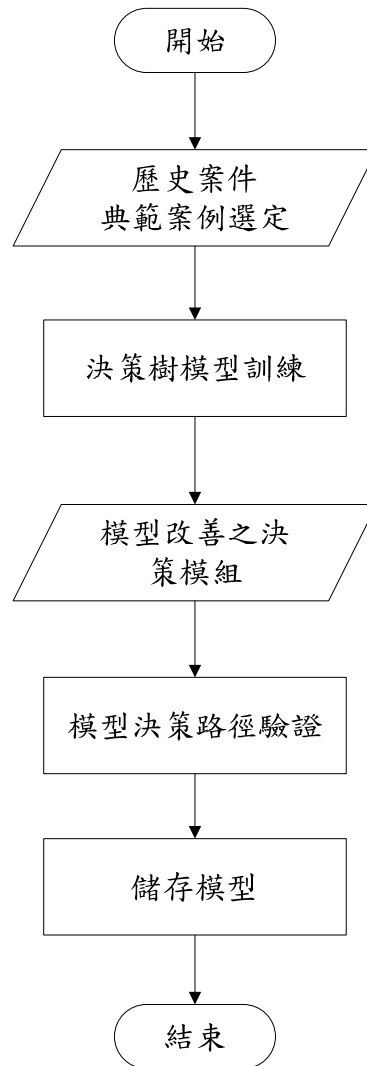


圖 11 決策樹模型訓練程序

資料來源：本研究設計

## (二) 反饋統計量說明

為達到模型反饋的目的本研究欲找出決策樹模型反饋機制及其反饋的統計量方法，本節針對敘述性統計之平均數、中位數、眾數、最大值、離均差平方和等統計量方法進行探討，藉此找出適合新北市火警派遣模型反饋之統計量方法。

### 1. 平均數 (Mean)

透過數列的總和除以數列的個數，找出數列的均衡點，設  $x$  為一數列，數列平均數為  $\bar{x}$ ，則公式如公式(2)，取平均數的優點為考量觀測案件派遣數量的均衡點，可觀察出整體趨勢且產生的值較為穩定，但會受離群值的影響。

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

## 2. 中位數(Median)

將觀測值經排序(升冪或降冪)後，位於觀測值中間的數值。當位於中間的數值有兩個時，中位數為該兩數的平均，如公式(3)。取中位數的優點為可選擇曾派遣過的數量中較為折衷的派遣數量，不會受離群值影響，但僅找出數列的中心卻未考慮所有案例數值的離散程度。假設實數  $x$  為一經排序的數列，且設其中位數為  $\text{Median}_{1/2}(x)$  則：

$$\text{Median}_{\frac{1}{2}}(x) = \begin{cases} \frac{x_{n+1}}{2}, & \text{if } n \text{ 為奇數} \\ \frac{1}{2}(x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}), & \text{if } n \text{ 為偶數} \end{cases} \quad (3)$$

## 3. 眾數(Mode)

眾數的定義為觀測值中發生頻率最多的數值。假設  $x$  為一數列， $Y$  為  $x$  數列中不重複的數列， $y$  為  $Y$  中出現的數字， $f$  為  $y$  在  $x$  數列中出現的頻率，眾數為  $\text{Mode}$ ，公式如公式(4)。取眾數的優點為可採多數案件的情況來決定調整後的建議派遣數量。

$$\text{Mode}(Y) = \text{Max}(f_y) \quad (4)$$

## 4. 最大數(Max)

最大數為一數列中，數值最大者，又稱為極值。假設  $x$  為一數列，最大數為  $\text{MaxNum}$ ，其公式如公式(5)。使用最大數考量新北市升格為直轄市後資源較為充足，取最大值的優點為能夠於初期派遣即派遣較為充足的車輛至案件現場備援。但考量案例中的最大數可能為離群值或特殊狀況案例，因此本研究將最大數定義為符合案例支持度(公式 8)之最大數。

$$\text{MaxNum} = \text{Max}(x) \quad (5)$$

## 5. 離差和最小數(Minimum of Dispersions)

本研究所採用的離差和最小數是由傳統的離均差平方和(Sum of Square)所改良而成。離均差平方和是要觀察所有樣本與均衡點(平均數)離散的狀況，並將所有的離散加總，假設實數  $x$  為一數列，離均差平方和  $ss$  公式如公式(6)。本研究為觀察各數值的離散程度，將公式進行改良為「離差和最小數」，以找出與所有數值的距離總和為最小之

觀測值作為建議值，具有重心部位之代表性，公式改良如公式(7)。

$$ss = \sum(x_i - \bar{x})^2 \quad (6)$$

假設實數  $y$  為觀測值的數列，離差和最小數  $md$  為：

$$md = \text{Min}(\sum|x_i - y|) \quad (7)$$

本研究除了探討統計量方法外，亦探討依統計量計算出的結果，需滿足一支持度的門檻值。支持度為某模型路徑所派遣的某車種數量佔該模型路徑發生次數的比例，如公式(8)，計算出的支持度需符合支持度門檻值的標準方能成為修正模型的依據。

$$\text{派遣模組 } M_j \text{ 的支持度} = \frac{\text{派遣模組 } M_j \text{ 中車種 } x \text{ 派遣 } a \text{ 輛的次數}}{\text{派遣模組 } M_j \text{ 的歷史案件總數}} \quad (8)$$

## 肆、研究成果

本研究首先經由文獻及相關專家訪談分析，確定新北市政府消防局所要解決的火警救災派遣問題；此外亦分析探討新北市政府消防局資深派遣專家的狀況判斷模式(陳崇岳 2009)，以將其決策思維模式納入研究設計與火警救災派遣車組輔助系統研發之考量。本研究成果分為：新北市火警救災派遣模組建構程序、新北市火警派遣原則與火警派遣基準表、火警救災派遣車組輔助系統等，各項分別說明如下。

### 一、火警救災派遣模組建構程序

為促使本研究所開發的火警救災派遣車組輔助系統，可持續支援新北市政府消防局在火警救災車組派遣的適當性，本研究設計出新北市火警救災派遣車組建構程序，如圖 12。而當時空環境變遷、建築材料與消防設施改變、或建築用途變更等影響原訂派遣模組之適當性時，為使得火警救災派遣車組輔助系統具備與時俱進的成效，可再運用本程序進行反饋修正之。

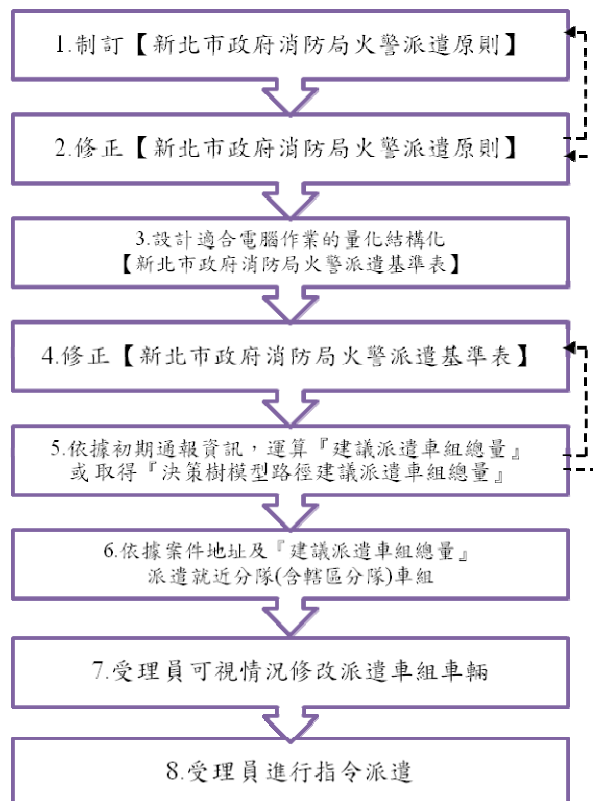




圖 12 新北市火警救災派遣模組制訂流程圖

首先為彙整前述研究分析結果，並經諮詢顧問、現場第一線指揮官與資深派遣人員等有關專家訪談、研討修正，訂定「新北市政府消防局火警救災派遣原則」；步驟 3~4 主要在為了提供便於電腦處理的結構化表格，依據火警救災派遣原則律定「新北市政府消防局火警派遣基準表」。接下來為建置新北市火警救災派遣車組輔助系統，以達成步驟 5~7 的需求；步驟 5 為輸入通報資訊以獲取「建議派遣車組總量」；步驟 6 為依據大隊所提報的各分隊建議派遣順序，及分隊的人車掌控資訊，規劃派遣分隊車組車輛；步驟 7 為運用派遣車組輔助系統的簡易介面，執勤員可視案情發展狀況及個人專業，調整修改將派遣的分隊車組車輛直至確認適當為止。派遣車組輔助系統運用決策樹方法，是利用歷史案件來反饋訓練決策樹模型，回饋調整系統的派遣模組，以增進車組車輛之派遣的適當性。

## 二、 火警救災派遣原則

消防單位救災救護指揮中心為消防組織通訊神經中樞（趙鋼、黃德清 2009），當火警發生時，救災救護指揮中心的派遣人員需要依據報案狀況及案情發展狀況等，進行迅速之指令派遣。新北市政府消防局遂規劃利用電腦的大量儲存資料及迅速運算之能力，輔助此一指令派遣作業；而為進行此一工作，需先整理新北市火警派遣原則，然後整理成可供電腦處理的結構化表格——『火警派遣基準表』。

### （一）火警派遣原則之制定

新北市政府消防局火警派遣原則之制定，主要參考國內外消防相關文獻並委託中央警察大學陳火炎教授先行制定「新北市火警派遣基準表之基礎原則」後，進行實務調查與配合 98 年實施火警優質派遣成效前後分析，整理出【新北市政府消防局火警派遣原則】（如圖 13），此一派遣原則並經現場第一線指揮官與資深派遣人員等有關專家訪談、研討修正。此派遣原則所參考的來源範疇包括新北市政府消防局優質派遣原則、一般性通則、特殊建築物原則、火警分級派遣原則、火警派遣留守原則、分隊人力車組派遣原則與其他等。

編號	條件	動作
1	建築物火警 一般性通則	第一梯次： 2部攻擊水箱車與2部水源水箱車及1部救護車與1部器材車 ● 較高樓層：同步派遣1部雲梯車 ● 地下室：同步派遣1部排煙車 ● 水源缺乏：同步派遣1部水庫車 第二梯次：增派1個水箱車組或依現場指揮官回報狀況加派 第三梯次：增派1個水箱車組或依現場指揮官回報狀況加派 第四梯次：增派1個水箱車組或依現場指揮官回報狀況加派
2	高層建築	第一梯次： 3部攻擊水箱車與3個水源車組及1部救護車、1部器材車 與適合高度之2部雲梯車 第二梯次：增派1個水箱車組或依現場指揮官回報狀況加派 第三梯次：增派1個水箱車組或依現場指揮官回報狀況加派
28	毒性、化學物品裝載機具交通工具 、高鐵、捷運等軌道型交通工具	3個水箱車組，另同步派遣1部救護車，以及2部器材車、1部水庫車、2部化學消防車與1部化學處理車。
29	船舶	2個水箱車組，另同步派遣2部攻擊水箱車與3部救護車，以及2部水庫車、2部化學消防車與1部化學處理車。
30	航空器	2個水箱車組，另同步派遣2部攻擊水箱車與3部救護車，以及2部水庫車、2部化學消防車與1部化學處理車。

圖 13 新北市政府消防局火警派遣原則

### 三、 火警派遣基準表

本研究所設計的「新北市政府消防局火警派遣基準表」(如圖 14)包含『主要因素與細項分類項次』及『派遣車組』等兩部分。『主要因素與細項分類項次』目前計有 71 項次，分為建築物與非建築物兩部分。

主要因素	項次	細項分類	派遣車組	派遣車組						
				攻擊水箱車	水源水箱車	救護車	小型水箱車	水庫車	CAFS 水庫車	30m 以下雲梯車
	1	火警	有	5	5	2		2		
	2		無(預設)[依其他一般性通則派車]							
	3		黑色	5	5	2		1		
	4	煙(顏色)	白色	3	3	2		1		
	5		其他顏色	3	3	2		1		
	6		無(預設)[依其他一般性通則派車]							
	7	人員受困	有	6	6	3		1		
	8		無(預設)[依其他一般性通則派車]							
	9	爆炸	有	5	5	2		1		
	10		無(預設)[依其他一般性通則派車]							
	11		極可能或已延燒	6	6	2		3		
	12		延燒可能性低(預設)							
	13		(依其他一般性通則派車)							
建築物			旅館用快速建築物	1	1	1				

主要因素與細項分類

圖 14 新北市政府消防局火警派遣基準表

以下說明第一階段的《火警救災派遣車組輔助系統》如何運用【火警派遣基準表】以達成輔助派遣作業。當火警發生時的火警案件通報資料可能同時有多個，這些報案狀況及案情發展狀況等，可對應於【火警派遣基準表】中的『主要因素與細項分類項次』多個項次，並依所對應於火警派遣基準表的「火警派遣基準表項次組」(如表 7)的項次組運算而產生一個組合的派遣車組(即車種與數量)，其中項次組內的運算邏輯是由專家

訪談與第一線派遣人員問卷調查所得資訊。

表 7 『火警派遣基準表』項次組

項次組	主要因素	項次範圍	火警類別
L	非建築物火警	59~71	非建築物火警
A(基礎派遣：組內聯集)	初期派遣資訊	1~12	建築物火警
B(同步派遣)	建築物用途	13~27	
C(同步派遣)	其他資訊	28~34	
D <sub>1</sub> (同步派遣*)	建築物樓層	35~39	
D <sub>2</sub> (同步派遣*) (*D1 與 D2 聯集後同步派遣， 雲梯車則直接同步派遣)	建築物起火樓層	40~45	
E(同步派遣)	建築構造	46~52	
F(同步派遣)	燃燒面積	53~58	

#### 四、火警救災派遣車組輔助系統

火警救災派遣車組輔助系統是實際提供給派遣人員於接獲民眾火警報案時，能即時提供分隊派遣車組車輛的決策輔助之用，因此除了需符合前述「新北市火警救災派遣模組建構程序」過程之設計要求，亦需提供簡易操作介面以加速執勤員之作業。以下介紹本系統的主要功能，包括輸入通報資訊與派遣分隊車組車輛調整。

##### (一) 輸入通報資訊

執勤員輸入報案資訊的操作畫面以簡潔的設計為原則，使執勤員能夠在最短的操作時間內掌握報案資訊，且能夠作為提示問案流程的參考。另外，車組派遣介面的呈現依分隊距離案發地點的遠近呈現分隊的車輛資訊，包括建議派遣、可派遣以及返隊中三個區域，執勤員可直覺且快速的依據其經驗或專業知識彈性調整所需派遣的車輛車組，期望能夠更加充分把握救災時間，畫面請參閱圖 15。

## (二) 派遣分隊車組車輛調整

此功能分成兩個階段，系統先將通報資訊依據【新北市政府消防局火警派遣基準表】的「基礎派遣與同步派遣」原則計算出『建議派遣車組總量』；系統再依據訪談與調查所蒐集的車組需求限制條件，進行『建議派遣分隊車組搓合』（畫面請參閱圖 16），以產生分隊建議派遣車組。

圖 15 執勤員輸入通報資訊畫面

分隊	距離	建議派遣區	可派遣
(輔)淡水	11	16 61 91	1大 41 46 51 86 92 艇1 艇2
(留守)竹圍			11 42 45 71 99 艇1
龍潭	11	16 61 91	41 45 46 艇1
三芝	11	12 31 71	41 42 45 61 92 艇1
蘆洲	11	16 31 91	41 43 45 51 61 71 92 93
五股	11	16	31 41 45 46 51 61 71 91 92 艇1 艇2
八里	11		31 41 42 45 51 61 71 91 99 艇1

建議總計：6部攻擊水箱車+6部水源水箱車+3部救護車+2部水罐車+2部小型水罐車+1部器材車+1部空蓋車+1部30m以下雲梯車+1部30m-50m雲梯車=共 23 部 (本案件須於現場得援隊支援) 顏色說明  
總計：6部11+1部12+4部16+2部31+2部61+1部71+3部91=共 19 部 (中隊長出動)

圖 16 派遣分隊車組調整畫面

## 五、 歷史案件反饋-決策樹模型作業

派遣車組輔助系統為了改善系統實際運作於新北市火警救災需求之適當性，而採用歷史案件反饋作業建置內部決策樹模型以達成此項作業要求。決策樹模型表現所有可能的派遣模組，結構上，派遣模組由兩個部分所組成，分別為「決策路徑」與「派遣車組」。決策路徑係由火警通報資訊項次所構成的決策點所串接而成，目前計有 13 個決策點，派遣車組係由車種數量所構成。

目前新北市消防局制定通報資訊項次共計 13 類，所形成的決策路徑數約一千四百餘萬條；而車種有 26 種，分為基本車種 2 種與特殊車種 24 種。因此，一個派遣模組為實際通報資訊項次所構成的決策路徑及特定車種數量所構成的派遣車組所組合而成。

本研究所研發的決策樹模型作業功能計有五項：決策樹模型查詢、基準表決策樹模型建立、歷史案件資料選定、決策樹模型訓練、模型決策路徑驗證。【決策樹模型查詢】功能可查詢現有決策樹模型中的派遣模組。本系統運作初期利用【基準表決策樹模型建立】功能來建立初期的決策樹模型。在改善決策樹模型實際運作於新北市火警救災需求之適當性方面，局內專家可利用【歷史案件資料選定】功能設定歷史案件作為決策樹模型訓練之用。【決策樹模型訓練】功能用來將所設定的歷史案件進行模型訓練，以計算派遣模組中的派遣車組之統計量。【模型決策路徑驗證】功能可提供自動式驗證及手動式驗證兩種，自動式驗證是指依指定的統計量修正該派遣模組的派遣車組；手動式驗證是指由局內專家逐一對派遣車組有統計量的派遣模組進行人工修正。

## 六、 火警初期派遣決策支援系統反饋模組

### (一) 決策樹模型反饋機制

派遣模組為  $M_m$  為由決策路徑(意即火警案件，或火警通報資訊)  $\sum_{j \in M_m} cn_{jm}$  與派遣車組  $\sum_{k \in V_{km}} v_{km}$  所組成；其中  $M_m$  決策路徑的為節點  $n_{jm}$  的集合，而派遣車組為  $V_{km}$  的集合，因此可得公式(9)。當火警案件發生時，火警案件通報資訊的集合將會產生  $cn_{jm}$ ，而該派遣模組  $M_m$  所派遣的車組即為  $v_{km}$ ，若  $M_m$  不存在，則先建置該路徑，並以火警派遣基準表所計

算出的建議派遣車種數量作為  $v_{km}$  的初始值。

$$M_m = \sum_{vj} C_j n_{jm} \Rightarrow \sum_{vk} v_{km} \quad (9)$$

- 第  $m$  個派遣模組,  $1 \leq m \leq 13,547,333$  (派遣模組決策路徑總數, 計算方式請見 3.3.1 節)
- 第  $j$  個通報項次,  $1 \leq j \leq 71$  (依新北市火警派遣基準表分析整理出計有 71 個通報項次)
- $C_j=0$  或 1 (1 為包含該通報資訊、反之 0 則為不包含)
- 第  $k$  個車種,  $1 \leq k \leq 25$  (依據新北市目前編制的消防車輛計有 25 種車種)

決策樹模型反饋時, 需利用相同  $M_m$  的歷史案件, 對  $M_m$  中的所有  $V_{KM}$  取 Mode 值, 如公式(10), 且判斷若  $\text{Mode}(V_{KM})$  的支持度( $\text{support}_{\text{Mode}(V_{KM})}$ )大於門檻值( $\text{support}$ )方得進行模型反饋。

$$\sum_{vk} v_{km} = \text{Mode}(\sum_{vk} v_{km}), \text{ if } \text{support}_{\text{Mode}(\sum_{vk} v_{km})} \geq \text{support} \quad (10)$$

## (二)演算法

### 1.演算法：接獲火警通報當下演算邏輯

STEP 1：初始化設定

STEP 1.1：Call 取得執勤員輸入的案件資訊的副程式

STEP 1.2：Call 將案件資訊組成因素項次字串(dtStr)的副程式

STEP 2：取得建議派遣總量

IF 決策樹路徑已建立

THEN 直接到資料庫中取出建議派遣總量

Call 取得建議派遣總量副程式

ELSE 利用火警派遣基準表計算

Call 建議派遣總量計算副程式

Call 建立決策樹路徑副程式

Call 建立決策樹路徑的建議派遣車種與數量(葉節點)

STEP 3：分隊車組搓合

STEP 3.1：取得鄰近分隊與擁有車種與數量

STEP 3.2：分隊車組搓合

STEP 3.2.1：以車組為原則進行第一次搓合

IF 未滿足建議派遣總量

THEN 進行第二次搓合-搓合已有搭配車組的單位

IF 未滿足建議派遣總量

THEN 進行第三次搓合-搓合未搓合車組的單位

Call 取得擁有建議派遣總量尚需派遣的車種分隊的副程式

Call 搭配一部主力車成為車組派遣的副程式

STEP 4：進行指令派遣作業



## 2.演算法：訓練決策樹演算邏輯

### STEP 1：初始化設定

STEP 1.1：取得派遣模組  $M_m$  歷史案件典範案例

STEP 1.2：統計歷史案件車種數量( $\sum_k v_{km}$ )

STEP 2：計算  $M_m$  統計量(眾數)

STEP 2.1：計算  $M_m$  的車種( $v_{km}$ )的眾數( $\text{Mode}(v_{km})$ )

STEP 2.2：計算  $v_{km}$  眾數的支持度( $\text{support}_{\text{Mode}(v_{km})}$ )

IF  $\text{support}_{\text{Mode}(v_{km})} \geq \text{支持度門檻值}(50\%)$

THEN 儲存至待驗證區

重覆 STEP2.2 直到 k 的最大值

重覆 STEP2.1 直到 m 的最大值

STEP 3：模型決策路徑驗證

IF  $M_m$  通過驗證

THEN 反饋模型,待驗證區清空

ELSE 保持原建議派遣總量,待驗證區清空



## 伍、專家驗證

### 一、火警救災派遣車組律定基準驗證

歷經多次修訂，新北市政府消防局火警派遣原則目前最終版計有 30 條原則，並經內勤人員問卷分析及外勤大隊訪談驗證後確定。表 8 說明火警派遣原則經內勤人員問卷分析之結果，本次問卷分析，歸納 30 個原則為 5 個概念分類：建築物火警準則(BU)、非建築物火警準則(NB)、火警級數判別(FR)、附加參考條件(AC)、交通工具火警準則(TP)。

本次問卷人數為 38，回收 38 份。受測者之年資：23.68%為 1.17 年以下；26.32%為 1.17 年~2.96 年；18.42%為 2.96 年~5 年；31.58%為 5 年以上；平均年資為 4.04 年。

- (一) 因為填答不完整，刪除問卷編號 12 與 30，其餘未填者以 3(無意見)取代 0。
- (二) 基本上受測者大部分皆認定派遣原則為合適(4)的，且準則同意合適(4)者的比例大致皆達 50%以上。
- (三) 對於「案件發生時間」、「建築燃燒面積」、「隧道」、「軌道型交通工具」之派遣原則同意合適者的比例較低，或者呈現無意見的狀態。其可能解釋原因為：
  1. 「案件發生時間」、「建築燃燒面積」：問卷限定為「初期」，故對案發現場之判斷可能較少或含糊而不易回答。
  2. 「隧道」、「軌道型交通工具」：案件發生之比率較低，故派遣經驗不易判斷。

表 8 新北市政府消防局火警派遣原則—問卷分析表

編號 (No.)	題項 (Items)	構念/分類 (Construct)	代碼 (Code)	Cronbach's $\alpha$ 值	眾 數	眾數值 總個數	比例
1	建築物火警—一般性通則	建築物火警準 則 (BU)	BU1	0.865	4	27	0.75
2	高層建築物		BU2		4	22	0.61
3	旅館用途建築物		BU3		4	18	0.50
4	百貨商場用途建築物		BU4		4	22	0.61
5	電影院用途建築物		BU5		4	25	0.69
6	地下建築物		BU6		4	21	0.58
7	醫院老人院建築物		BU7		4	22	0.61
8	石化廠建築物		BU8		4	21	0.58
9	毒災場所		BU9		4	19	0.53
10	大型違章建築區與傳統市場		BU10		4	25	0.69
11	水源不足		BU11		4	25	0.69
12	狹小巷道		BU12		4	23	0.64
13	一般車輛火警	非建築物火警 準則(NB)	NB1	0.64	4	21	0.58
14	油罐車輛火警		NB2		4	21	0.58
15	山林火警		NB3		4	18	0.50
16	火警查看	火警級數判別 (FL)	FL1	0.864	4	19	0.53
17	一級火警—雜草、垃圾、電線 桿		FL2		4	22	0.61
18	一級火警—其他與延燒		FL3		4	24	0.67
19	二級火警		FL4		4	28	0.78
20	三級火警		FL5		4	24	0.67

21	四級火警		FL6		4	22	0.61
22	五級火警		FL7		4	24	0.67
23	案件發生時間	附加參考條件 (AC)	AC1	0.816	4	17	0.47
24	非耐火建築構造		AC2		4	18	0.50
25	建築燃燒面積		AC3		3	16	0.44
26	隧道	交通工具火警 準則(TP)	TP1	0.771	4	16	0.44
27	火車、高鐵、捷運等軌道型交通工具		TP2		3	16	0.44
28	毒性、化學物品裝載機具交通工具		TP3		4	23	0.64
29	船舶		TP4		4	19	0.53
30	航空器		TP5		4	19	0.53
				0.925			

※備註

代號說明：BU(Building)、NB(Non-building)、FL(Fire Level)、AC(Additional reference)、TP(Transportation)

## 二、系統測試分析結果

本研究針對系統的建議派遣車組進行專家問卷調查，專家群為新北市政府消防局救災救護指揮中心的專業派遣同仁，共計回收 18 份測試報告。測試內容為由專家進行火警案件情境模擬，包含火警發生地點、火警案情描述等，並將所研擬的案件資訊輸入至火警救災派遣車組輔助系統中，觀察系統所建議派遣的「火警派遣建議車組總量」以及經過系統搓合的「分隊車組搓合派遣建議」，由專家以其經驗與專業知識進行評估，評估項目包括：

1. 依其所模擬的火警案件情境評估系統建議派遣的「車種」是否適當。
2. 評估系統建議派遣的「基本車種」數量是否適當。

3. 評估系統建議派遣的「特殊車種」數量是否適當。

表 9 為系統測試分析結果。

表 9 系統測試分析結果

條件 結果	火警派遣建議車組總量		分隊車組搓合派遣建議	
	合格	不合格	合格	不合格
總計	12	6	7	11
比例	66.67%	33.33%	38.89%	61.11%

由系統測試分析結果可得知，系統以火警派遣基準表為基礎所計算出的建議派遣車組總量，合格率为 66.67%，雖為經由專家所律定的派遣基準計算派遣總量，但未經由實際發生的歷史案件進行反饋，因此建議派遣總量仍有進步的空間。另外，建議派遣總量的適當性亦將影響分隊車組搓合的派遣建議，因此依據需求限制條件所搓合而得的分隊車組派遣建議，其合格率为 38.89%，相對偏低，本研究將進一步針對所設定的分隊車組需求限制條件的相關資料如派遣建議順序等進行檢討，同時並以決策樹模型進行歷史案件反饋等，以改善系統實際運作於新北市火警救災需求之適當性。

### 三、 決策樹模型歷史案件反饋統計量方法與驗證

本研究歷史案件反饋決策樹模型之統計量方法的選定，係經由新北市政府消防局實際狀況分析，並與局內相關專家進行研討，歸納出眾數、中位數、符合支持度最大數、平均數、離差和最小數等五種統計量方法，經由本研究將各統計量方法的特性以及效益進行說明後，由資深執勤員透過專家問卷依其專業角度選定適合新北市的統計量方法。

#### (一) 第一次問卷調查分析

##### 1. 樣本資料分析

問卷分別就決策樹模型的統計量方法及其反饋模型的支持度門檻值，以及少數派遣車種是否該被派遣等問題進行調查。本次問卷如表 10 所示共計回收 42 份，受試者皆為新北市政府消防局救災救護指揮中心專業執勤員，因為需觀察受試者答題結果與其背景的相關性，因此將受試者的背景依位階職稱、消防局服務總年資與指揮中心服務年資，

各分為不同類別。

表 10 觀察值摘要

	觀察值					
	有效的		遺漏值		總數	
	個數	百分比	個數	百分比	個數	百分比
統計量方法	42	100.0%	0	.0%	42	100.0%

受試者依職稱分類如表 11 所示，其中包括科員 2 位(佔總受測者的 4.8%)、小隊長 4 位(佔總受測者的 9.5%)以及隊員 36 位(佔總受測者的 85.7%)。

表 11 受測者職稱統計表

	次數	百分比	有效百分比	累積百分比
科員	2	4.8%	4.8%	4.8%
小隊長	4	9.5%	9.5%	14.3%
隊員	36	85.7%	85.7%	100.0%
總和	42	100.0%	100.0%	

受試者於消防局服務總年資平均為 5.8 年，服務年資依據 Sturge(引自 Keller, 2005) 所提出的公式(11)計算，將其分為 6 群(服務年資類別數=1+3.3log(42)=6.36)，各群寬度依據公式(12)計算為 3.19 年(類別寬度=(20-0.83)/6=3.19)，表 12 顯示受試者於消防局服務總年資的類別及其所佔比例，其中包括 0.83 年~4.03 年(共 23 位、佔總受測者的 54.8%)、4.03 年~7.22 年(共 4 位、佔總受測者的 9.5%)、7.22 年~10.42 年(共 10 位、佔總受測者的 23.8%)、10.42 年~13.61 年(共 1 位、佔總受測者的 2.4%)、13.61 年~16.81 年(共 2 位、佔總受測者的 4.8%)和 16.81 年~20 年(共 2 位、佔總受測者的 4.8%)。

$$\text{Number of classes} = 1 + 3.3 \log(n) \quad (11)$$

$$\text{Class width} = \frac{\text{Largest observation} - \text{Smallest observation}}{\text{Number of Classes}} \quad (12)$$

表 12 消防局服務總年資次數分配表

	次數	百分比	有效百分比	累積百分比
0.83年~4.03年	23	54.8%	54.8%	54.8%
4.03年~7.22年	4	9.5%	9.5%	64.3%
7.22年~10.42年	10	23.8%	23.8%	88.1%
10.42年~13.61年	1	2.4%	2.4%	90.5%
13.61年~16.81年	2	4.8%	4.8%	95.2%
16.81年~20年	2	4.8%	4.8%	100.0%
總和	42	100.0%	100.0%	

受試者於指揮中心服務年資平均 3.29 年，將受測者於指揮中心服務年資依據公式(11)分為 6 群(指揮中心服務年資類別數=1+3.3log(42)=6.36)，各群寬度依據公式(12)計算為 2.65 年(類別寬度=(16-0.083)/6=2.65)，表 13 顯示受試者於指揮中心服務年資的類別及其所佔比例，其中包括 0.083 年~2.74 年(共 25 位、佔總受測者的 59.5%)、2.74 年~5.39 年(共 11 位、佔總受測者的 26.2%)、5.39 年~8.04 年(共 1 位、佔總受測者的 2.4%)、8.04 年~10.69 年(共 3 位、佔總受測者的 7.1%)、10.69 年~13.35 年(共 1 位、佔總受測者的 2.4%)和 13.35 年~16 年(共 1 位、佔總受測者的 2.4%)。

表 13 消防局服務總年資次數分配表

	次數	百分比	有效百分比	累積百分比
0.083年~2.74年	25	59.5	59.5	59.5
2.74年~5.39年	11	26.2	26.2	85.7
5.39年~8.04年	1	2.4	2.4	88.1
8.04年~10.69年	3	7.1	7.1	95.2
10.69年~13.35年	1	2.4	2.4	97.6
13.35年~16年	1	2.4	2.4	100.0
總和	42	100.0	100.0	

## 2. 問卷調查與分析

問卷主要針對決策樹模型的統計量方法及其反饋模型的支持度門檻值，以及歷史案件中少數被派遣的車種是否需被進行派遣等問題進行調查，問卷問項與問項動機彙整於表 14。問卷請參閱附錄一。

表 14 問卷問項與動機對照表

問項 編號	問卷問項	問項動機
1	<p>您認為適合用來做為歷史案件反饋統計量的方法有哪些?(複選題)</p> <p>選項：眾數、中位數、符合支持度最大數、平均數、離差和最小數。</p>	<p>依各統計量的特性所計算出來的結果，得到一統計量方法為較能反映新北市火警初期派遣的狀況，且與執勤員狀況判斷較相近的方法，成為模型反饋方法。</p>
2	<p>呈上題，當您選定該統計量後，請繼續選擇其支持度(單選題)。</p> <p>選項：不需考慮、至少 30%、至少 50%、至少 80%。</p>	<p>依據所選定的統計量方法，考量其支持度需符合多少比率才能作為反映整體的代表。</p>
3	<p>當某一種消防車在大部分的歷史案件中未被派遣(意指有超過 50%的歷史案件未派遣此種消防車)，但仍有少部分歷史案件有派遣此種消防車，您認為是否該派遣此種消防車?</p> <p>選項：是、否。</p> <p>選「是」者繼續回答第 4、5 題</p>	<p>若某車種僅在少數案件中被派遣，以統計量方法計算出的結果，支持度未達門檻值即不需被派遣，探討是否需另外考慮其派遣的適當性。</p>
4	<p>呈上題，您認為計算此種車輛所應派遣數量之適當的歷史案件反饋統計方法為?(複選題)</p> <p>選項：符合支持度最大數、平均數、離差和最小數(*)。</p>	<p>若在少數案件中被派遣的車種需進一步探討是否需派遣的適當性，需得出一適合作為決定派遣數量的統計量方法。</p>
5	<p>呈上題，當您選定該統計量後，請繼續選</p>	<p>依據所選定的統計量方法，考量其</p>



	擇其支持度(單選題)。 選項：不需考慮、至少 30%、至少 50%、 至少 80%。	支持度需符合多少比率才能作為反 映整體的代表。
--	--	----------------------------

(\*)若某車種僅在少數歷史案件中被派遣，若需另外探討其派遣的適當性，其統計量方法，因考量眾數計算結果定為 0，且中位數的結果無法反映適當的派遣量，因此僅考慮符合支持度最大數、平均數、離差和最小數等三項統計量方法。

### 3. 統計量方法分析：

表 15 顯示本次測驗 42 位受試者中，車種數量統計量方法經過複選題的作答結果共有 80 個作答反應，選擇「眾數」的共有 23 筆作答，佔總反應次數的百分比為 28.8%，而佔觀測值個數的百分比為 54.8%，顯示此方法為最多受試者選取；其次是選擇「平均數」，計有 20 筆，佔反應次數的百分比為 25.0%，佔觀測值個數的百分比為 47.6%。顯示受試專家多數認為統計量方法為「眾數」較能反映新北市火警初期派遣車組的實際狀況。

表 15 統計量方法次數表

	反應值		觀察值百分比
	個數	百分比	
眾數	23	28.8%	54.8%
中位數	9	11.3%	21.4%
符合支持度最大數	13	16.3%	31.0%
平均數	20	25.0%	47.6%
離差和最小數	15	18.8%	35.7%
總數	80	100.0%	190.5%

以下進一步針對「眾數」與受試者背景進行交叉分析，並藉以觀察不同類別間的不同認知。

i. 職稱與統計量方法交叉分析

為了解各統計量方法與受試者不同職位間的關係，遂進行受試者「職稱」與「統計量方法」的交叉分析，結果顯示於表 16。在 42 位受試者中，最多受試者選擇的「眾數」，佔 23 次，不同職稱選擇的比例為：

- (1) 科員：共 1 次，佔全部選擇「眾數」人數的 4.3%，佔職稱為科員人數的 50.0%，又佔全體受試者的 2.4%。
- (2) 小隊長：共 2 次，佔全部選擇「眾數」人數的 8.7%，佔職稱為小隊長人數的 50.0%，又佔全體受試者的 4.8%。
- (3) 隊員：共 20 次，佔全部選擇「眾數」人數的 87.0%，佔職稱為隊員人數的 55.6%，又佔全體受試者的 47.6%。

顯示「科員」、「小隊長」與「隊員」等三種職位的受試者，依其位階不同需依不同觀點考量派遣車組的情況下，皆認為「眾數」為適合作為模型反饋的統計量方法。

表 16 職稱與統計量方法交叉分析表

		職稱			總數
		科員	小隊長	隊員	
眾數	個數	1	2	20	23
	統計量方法中的%	4.3%	8.7%	87.0%	
	職稱中的%	50.0%	50.0%	55.6%	
	總數的%	2.4%	4.8%	47.6%	54.8%
中位數	個數	0	1	8	9
	統計量方法中的%	.0%	11.1%	88.9%	
	職稱中的%	.0%	25.0%	22.2%	
	總數的%	.0%	2.4%	19.0%	21.4%
符合支持度最大數	個數	1	0	12	13
	統計量方法中的%	7.7%	.0%	92.3%	
	職稱中的%	50.0%	.0%	33.3%	
	總數的%	2.4%	.0%	28.6%	31.0%
平均數	個數	1	2	17	20
	統計量方法中的%	5.0%	10.0%	85.0%	
	職稱中的%	50.0%	50.0%	47.2%	
	總數的%	2.4%	4.8%	40.5%	47.6%
離差和最小數	個數	1	1	13	15
	統計量方法中的%	6.7%	6.7%	86.7%	
	職稱中的%	50.0%	25.0%	36.1%	
	總數的%	2.4%	2.4%	31.0%	35.7%
總數	個數	2	4	36	42
	總數的 %	4.8%	9.5%	85.7%	100.0%

ii. 消防局服務總年資與統計量方法交叉分析

為了解各統計量方法與受試者於消防局服務總年資間的關係，表 17 為針對「消防局服務總年資」與「統計量方法」的交叉分析表，觀察表中顯示：

(1) 第 6 群(服務年資為 16.81 年~20 年):此專家群中 100%的受試者認為應選擇「眾數」作為反饋的統計量方法。

(2) 第 5 群(服務年資為 13.61 年~16.81 年):此專家群中有 50%的受試者認為應選

擇「中位數」、50%選擇「平均數」。

- (3) 第 4 群(服務年資為 10.42 年~13.61 年)：此專家群中 100%的受試者認為應選擇「眾數」或「平均數」。
- (4) 第 3 群(服務年資為 7.22 年~10.42 年)：此專家群中各有 50%的受試者認為選擇「眾數」、「符合支持度最大數」與「平均數」。
- (5) 第 2 群(服務年資為 4.03 年~7.22 年)：此專家群中有 75%的受試者認為選擇「符合支持度最大數」、而選擇「眾數」與「平均數」各有 50%。
- (6) 第 1 群(0.83 年~4.03 年)：此專家群中有 54.5%的受試者認為應選擇「眾數」作為反饋的統計量方法。

透過受試者於消防局服務總年資與統計量方法的交叉分析顯示，六個類別的受試專家，皆認同選擇「眾數」為反饋決策樹模型的統計量分析方法，但由數據顯示第 5 群中(服務年資為 13.61 年~16.81 年)的受試者的看法與其他類別較不相同，因此本研究將第 5 群提出進一步探討。

表 17 服務年資與統計量方法交叉分析表

		服務年資						總數
		0.83年 ~4.03年	4.03年 ~7.22年	7.22年~10.42 年	10.42年 ~13.61年	13.61年 ~16.81年	16.81年 ~20年	
眾數	個數	13	2	5	1	0	2	23
	統計量方法中的%	56.5%	8.7%	21.7%	4.3%	.0%	8.7%	
	服務年資中的%	56.5%	50.0%	50.0%	100.0%	.0%	100.0%	
	總數的%	31.0%	4.8%	11.9%	2.4%	.0%	4.8%	54.8%
中位數	個數	7	0	1	0	1	0	9
	統計量方法中的%	77.8%	.0%	11.1%	.0%	11.1%	.0%	
	服務年資中的%	30.4%	.0%	10.0%	.0%	50.0%	.0%	
	總數的%	16.7%	.0%	2.4%	.0%	2.4%	.0%	21.4%
符合支持度最大數	個數	5	3	5	0	0	0	13
	統計量方法中的%	38.5%	23.1%	38.5%	.0%	.0%	.0%	
	服務年資中的%	21.7%	75.0%	50.0%	.0%	.0%	.0%	
	總數的%	11.9%	7.1%	11.9%	.0%	.0%	.0%	31.0%
平均數	個數	10	2	5	1	1	1	20
	統計量方法中的%	50.0%	10.0%	25.0%	5.0%	5.0%	5.0%	
	服務年資中的%	43.5%	50.0%	50.0%	100.0%	50.0%	50.0%	
	總數的%	23.8%	4.8%	11.9%	2.4%	2.4%	2.4%	47.6%
離差和最小數	個數	10	0	4	0	1	0	15
	統計量方法中的%	66.7%	.0%	26.7%	.0%	6.7%	.0%	
	服務年資中的%	43.5%	.0%	40.0%	.0%	50.0%	.0%	
	總數的%	23.8%	.0%	9.5%	.0%	2.4%	.0%	35.7%
總數	個數	23	4	10	1	2	2	42
	總數的%	54.8%	9.5%	23.8%	2.4%	4.8%	4.8%	100.0%

iii. 指揮中心服務年資與統計量方法交叉分析

因考量受試專家於消防局服務期間可能有其他單位的經驗，如外勤，因此於消防局服務資歷不一定為指揮中心的服務年資，因此為了解各統計量方法與受試者於指揮中心服務年資間的關係，遂針對受試者於「指揮中心服務年資」與「統計量方法」進行表 18 的交叉分析，觀察表顯示：

- (1) 第 6 群(指揮中心服務年資為 13.35 年~16 年):此專家群中 100%的受試者認為應選擇「眾數」與「平均數」作為反饋的統計量方法。
- (2) 第 5 群(指揮中心服務年資為 10.69 年~13.35 年):此專家群中有 100%的受試者認為應選擇「眾數」。
- (3) 第 4 群(指揮中心服務年資為 8.04 年~10.69 年):此專家群中有 66.7%的受試者認為應選擇「眾數」。
- (4) 第 3 群(指揮中心服務年資為 5.39 年~8.04 年):此專家群中有 100%的受試者認為選擇「符合支持度最大數」。
- (5) 第 2 群(指揮中心服務年資為 2.74 年~5.39 年):此專家群的受試者中有 54.5%認為選擇「符合支持度最大數」與「平均數」,有 45.5%選擇「眾數」。
- (6) 第 1 群(指揮中心服務年資為 0.083 年~2.74 年):此專家群的受試者中有 56.0%認為應選擇「眾數」作為反饋的統計量方法。

透過受試者於指揮中心服務年資與統計量方法的交叉分析顯示,受試者皆認同應選擇「眾數」為反饋決策樹模型的統計量分析方法,但第 2 群(指揮中心服務年資為 2.74 年~5.39 年)與第 3 群(指揮中心服務年資為 5.39 年~8.04 年)的受試者的看法與其他類別較不相同,因此本研究將第 2、3 群提出進一步探討。

表 18 統計量方法與指揮中心服務年資交叉分析表

		指揮中心服務年資						總數
		0.083年 ~2.74年	2.74年 ~5.39年	5.39年 ~8.04年	8.04年 ~10.69年	10.69年 ~13.35年	13.35年 ~16年	
眾數	個數	14	5	0	2	1	1	23
	統計量方法中的	60.9%	21.7%	.0%	8.7%	4.3%	4.3%	
	指揮中心服務年資中的%	56.0%	45.5%	.0%	66.7%	100.0%	100.0%	
	總數的%	33.3%	11.9%	.0%	4.8%	2.4%	2.4%	54.8%
中位數	個數	7	2	0	0	0	0	9
	統計量方法中的	77.8%	22.2%	.0%	.0%	.0%	.0%	
	指揮中心服務年資中的%	28.0%	18.2%	.0%	.0%	.0%	.0%	
	總數的%	16.7%	4.8%	.0%	.0%	.0%	.0%	21.4%
符合支持度 最大數	個數	5	6	1	1	0	0	13
	統計量方法中的	38.5%	46.2%	7.7%	7.7%	.0%	.0%	
	指揮中心服務年資中的%	20.0%	54.5%	100.0%	33.3%	.0%	.0%	
	總數的%	11.9%	14.3%	2.4%	2.4%	.0%	.0%	31.0%
平均數	個數	12	6	0	1	0	1	20
	統計量方法中的	60.0%	30.0%	.0%	5.0%	.0%	5.0%	
	指揮中心服務年資中的%	48.0%	54.5%	.0%	33.3%	.0%	100.0%	
	總數的%	28.6%	14.3%	.0%	2.4%	.0%	2.4%	47.6%
離差和最小 數	個數	10	4	0	1	0	0	15
	統計量方法中的	66.7%	26.7%	.0%	6.7%	.0%	.0%	
	指揮中心服務年資中的%	40.0%	36.4%	.0%	33.3%	.0%	.0%	
	總數的%	23.8%	9.5%	.0%	2.4%	.0%	.0%	35.7%
總數	個數	25	11	1	3	1	1	42
	總數的%	59.5%	26.2%	2.4%	7.1%	2.4%	2.4%	100.0%

iv. 統計量方法與支持度交叉分析

經由以上分析結果「眾數」為多數專家認同，適合新北市政府消防局火警初期派遣上反饋決策樹模型的方法。進一步針對「統計量方法」與「支持度」的選擇作交叉分析，由表 19 顯示，選擇「眾數」的受試者中有 4.3%認為不需考慮支持度的門檻值、26.1%認為至少應達為 30%、56.5%認為至少應達 50%、13.0%認為至少應達 80%，因此選擇統計量方法為「眾數」的情況下，支持度門檻值應達 50%，方得進行模型反饋。

表 19 統計量方法與支持度交叉分析表

		支持度				Total
		不需考慮	至少30%	至少50%	至少80%	
眾數	個數	1	6	13	3	23
	統計量方法中的%	4.3%	26.1%	56.5%	13.0%	100.0%
	支持度中的%	14.3%	33.3%	33.3%	18.8%	28.8%
	總數的%	1.3%	7.5%	16.3%	3.8%	28.8%
中位數	個數	1	3	2	3	9
	統計量方法中的%	11.1%	33.3%	22.2%	33.3%	100.0%
	支持度中的%	14.3%	16.7%	5.1%	18.8%	11.3%
	總數的%	1.3%	3.8%	2.5%	3.8%	11.3%
符合支持度最大數	個數	1	3	5	4	13
	統計量方法中的%	7.7%	23.1%	38.5%	30.8%	100.0%
	支持度中的%	14.3%	16.7%	12.8%	25.0%	16.3%
	總數的%	1.3%	3.8%	6.3%	5.0%	16.3%
平均數	個數	4	2	13	1	20
	統計量方法中的%	20.0%	10.0%	65.0%	5.0%	100.0%
	支持度中的%	57.1%	11.1%	33.3%	6.3%	25.0%
	總數的%	5.0%	2.5%	16.3%	1.3%	25.0%
離差和最小數	個數	0	4	6	5	15
	統計量方法中的%	.0%	26.7%	40.0%	33.3%	100.0%
	支持度中的%	.0%	22.2%	15.4%	31.3%	18.8%
	總數的%	.0%	5.0%	7.5%	6.3%	18.8%
Total	個數	7	18	39	16	80
	統計量方法中的%	8.8%	22.5%	48.8%	20.0%	100.0%
	支持度中的%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	總數的%	8.8%	22.5%	48.8%	20.0%	100.0%

4. 少數派遣車種派遣適當性分析



當某一種消防車在大部分的歷史案件中未被派遣(意指在某相同案件情況下，有超過 50%的歷史案件未派遣此種消防車)，但仍有少部分歷史案件有派遣此種消防車，是否該派遣此種消防車，調查顯示如表 20，42 位受測者中，有 23 位認為不需派遣，佔總受測者的 54.8%、19 位認為需派遣，佔總受測者的 45.2%，多數執勤員認為不需派遣該車種。以下進一步針對「少數派遣車種」與受試者背景進行交叉分析，並藉以觀察不同類別間的不同認知。

表 20 少數派遣車種是否進行派遣次數分配表

	次數	百分比	有效百分比	累積百分比
否	23	54.8%	54.8%	54.8%
是	19	45.2%	45.2%	100.0%
總和	42	100.0%	100.0%	

i. 職稱與少數派遣車種是否進行派遣交叉分析

進一步進行「職稱」與「少數派遣車種是否進行派遣」的交叉分析，結果如表 21 所示，「科員」和「小隊長」認為需派遣和不需派遣該車種的比例佔該職稱類別中的 50%，「隊員」認為不需派遣的比例佔全體隊員的 55.6%。

表 21 職稱與少數派遣車種是否進行派遣交叉分析表

		職稱			Total
		科員	小隊長	隊員	
否	個數	1	2	20	23
	少數派遣車種是否派遣的%	4.3%	8.7%	87.0%	100.0%
	職稱中的%	50.0%	50.0%	55.6%	54.8%
	總數的%	2.4%	4.8%	47.6%	54.8%
是	個數	1	2	16	19
	少數派遣車種是否派遣的%	5.3%	10.5%	84.2%	100.0%
	職稱中的%	50.0%	50.0%	44.4%	45.2%
	總數的%	2.4%	4.8%	38.1%	45.2%
Total	個數	2	4	36	42
	少數派遣車種是否派遣的%	4.8%	9.5%	85.7%	100.0%

職稱中的%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
總數的%	4.8%	9.5%	85.7%	100.0%

ii. 消防局服務總年資與少數派遣車種是否進行派遣交叉分析

受試專家於「消防服務總年資」與「大部分未被派遣之某車種是否進行派遣」交叉分析，如表 22 所示，觀察表得知：

- (1) 第 6 群(服務年資為 16.81 年~20 年)：此專家群中的受試者皆認為需派遣該車種。
- (2) 第 5 群(服務年資為 13.61 年~16.81 年)、第 4 群(服務年資為 10.42 年~13.61 年)與第 2 群(服務年資為 4.03 年~7.22 年)該三群皆 100%的受試者認為不需被派遣。
- (3) 第 3 群(服務年資為 7.22 年~10.42 年)：此專家群中有 90%的受試者認為需派遣該車種。
- (4) 第 1 群(服務年資為 0.83 年~4.03 年)：此專家群中有 65.2%的受試者認為不需派遣。

專家群皆認為，以多數案件皆有派遣的車種進行建議即可，特殊案例則由執勤員視情況進行加派，但第 3 群(指服務年資為 7.22 年~10.42 年)、第 6 群(指服務年資為 16.81 年~20 年)的專家群看法較為不同，本研究進一步提出探討其看法。

表 22 少數派遣車種是否進行派遣與服務年資交叉分析表

	服務年資						總和	
	0.83年 ~4.03年	4.03年 ~7.22年	7.22年 ~10.42年	10.42年 ~13.61年	13.61年 ~16.81年	16.81年 ~20年		
否	個數	15	4	1	1	2	0	23
	在服務年資之內的%	65.2%	100.0%	10.0%	100.0%	100.0%	.0%	54.8%
	整體的%	35.7%	9.5%	2.4%	2.4%	4.8%	.0%	54.8%
是	個數	8	0	9	0	0	2	19
	在服務年資之內的%	34.8%	.0%	90.0%	.0%	.0%	100.0%	45.2%
	整體的%	19.0%	.0%	21.4%	.0%	.0%	4.8%	45.2%
總和	個數	23	4	10	1	2	2	42
	在服務年資之內的%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	整體的%	54.8%	9.5%	23.8%	2.4%	4.8%	4.8%	100.0%

iii. 指揮中心服務年資與少數派遣車種是否進行派遣交叉分析

受試者的指揮中心「服務年資」與大部分未被派遣之某車種是否進行派遣的交叉分析，如表 23 所示：

- (1) 第 6 群(指揮中心服務年資為 13.35 年~16 年)：此專家群中認為需派遣與不需派遣的意見的受試者各佔 50%。
- (2) 第 5 群(指揮中心服務年資為 10.69 年~13.35 年)：此專家群中 100%的受試者認為該車種需被派遣。
- (3) 第 4 群(指揮中心服務年資為 8.04 年~10.69 年)：此專家群中有 66.7%的受試者認為該車種不需被派遣。
- (4) 第 3 群(指揮中心服務年資為 5.39 年~8.04 年)：此專家群中 100%的受試者認為該車種不需被派遣。
- (5) 第 2 群(指揮中心服務年資為 2.74 年~5.39 年)：此專家群中 63.6%的受試者認為該車種需被派遣。
- (6) 第 1 群中(指揮中心服務年資 0.083 年~2.74 年)：此專家群中有 62.5%的受試者認為該車種不需被派遣。

由數據顯示專家群皆認為，以多數案件皆有派遣的車種進行建議即可，除了第 2 群(指揮中心服務年資為 2.74 年~5.39 年)、第 5 群(指揮中心服務年資為 10.69 年~13.35 年)與第 6 群(指服務年資為 16.81 年~20 年)的受試專家有其他看法，但本研究仍針對看法較為不同的第 2、5、6 群進一步提出探討其看法。

表 23 少數派遣車種是否進行派遣與指揮中心服務年資交叉分析表

	指揮中心服務年資						總和
	0.083年 ~2.74年	2.74年 ~5.39年	5.39年 ~8.04年	8.04年 ~10.69年	10.69年 ~13.35年	13.35年 ~16年	
否 個數	16	4	1	2	0	0	23
在指揮中心服務年資之內的%	64.0%	36.4%	100.0%	66.7%	.0%	.0%	54.8%
整體的%	38.1%	9.5%	2.4%	4.8%	.0%	.0%	54.8%
是 個數	9	7	0	1	1	1	19
在指揮中心服務年資之內的%	36.0%	63.6%	.0%	33.3%	100.0%	100.0%	45.2%
整體的%	21.4%	16.7%	.0%	2.4%	2.4%	2.4%	45.2%
總和 個數	25	11	1	3	1	1	42
在指揮中心服務年資之內的%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
整體的%	59.5%	26.2%	2.4%	7.1%	2.4%	2.4%	100.0%

## 5. 小結

第一次的問卷分析結果顯示，反饋決策樹模型的統計量方法應選擇「眾數」較適合火警初期派遣狀況，選擇「眾數」的比例佔總體受試者的 54.8%，因眾數的優點為可採多數案件的情況來決定調整後的建議派遣數量，較能反映整體的情況，並且較能輔助及支援執勤員於派遣車組時的決策。支持度門檻值應為至少 50%，選擇比例佔總體受試者的 54.6%，因此歷史案件經由統計量計算後其支持度需大於 50%，方能進行模型的反饋修正，以確保模型的支持程度。模型反饋時不需考慮歷史案件少數被派遣的車種，選擇不需派遣該車種的受試專家佔總體受試者的 54.8%，專家認為系統建議應提供多數案件皆有派遣的車種進行通則的建議，特殊案例則由執勤員視情況進行人工加派。

第一次問卷調查中，雖然專家多數有達成共識，但仍有部分專家群抱持有不同的意見與看法，為瞭解個別專家不同的觀點，且期望使專家能夠達到更高的共識，以使火警初期派遣的決策樹模型反饋機制考量的更加廣泛，遂將第一次問卷分析的群體統計結果和受試者本人對各題項的反映，一併提供給受試者，請受試者再一次評估主要問題以進行第二次專家問卷調查。

## (二) 第二次問卷調查分析

### 1. 樣本資料分析

第二次問卷針對就第一次問卷中，對統計量方法的選擇及歷史案件中少數派遣車種派遣的適當性，較其他專家有不同看法的專家群，進行第二次問卷的施測，專家群分別為：

i. 統計量方法與專家群交叉分析中，意見未達一致的專家群：

- 消防局服務總年資為 13.61 年~16.81 年：2 位
- 指揮中心服務年資為 2.74 年~5.39 年：11 位
- 指揮中心服務年資為 5.39 年~8.04 年：1 位

ii. 歷史案件的少數派遣車種派遣的適當性與專家群交叉分析中，意見未達一致的專家群：

- 消防局服務總年資為 7.22 年~10.42 年：10 位
- 消防局服務總年資為 16.81 年~20 年：2 位
- 指揮中心服務年資為 2.74 年~5.39 年：11 位
- 指揮中心服務年資為 10.69 年~13.35 年：1 位
- 指揮中心服務年資為 13.35 年~16 年：1 位

第二次問卷受試者為以上專家群，排除跨類別的專家後，參與第二次問卷的受試專家共計有 17 位，佔第一次問卷專家的 40.48%(受試人數比例圖如圖 17)，如表 24 所示共計回收 17 份問卷。

表 24 觀察值摘要

	觀察值					
	有效的		遺漏值		總數	
	個數	百分比	個數	百分比	個數	百分比
統計量方法	17	100.0%	0	.0%	17	100.0%

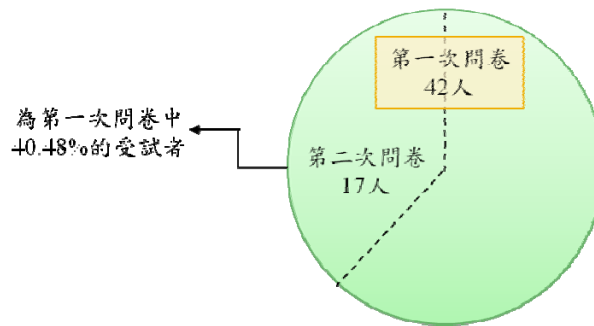


圖 17 問卷受試人數比例圖

## 2. 問卷問項

本研究針對欲解決的主要問題，統計量方法與少數派遣車種是否派遣等，如表 14 的問項編號 1 與問項編號 3 進行第二次專家問卷調查，問卷請參閱附錄二，。

## 3. 第二次問卷調查結果與分析：

### i. 統計量方法分析

ii. 表 25 統計量方法次數表

	反應值		觀察值百分比
	個數	百分比	
眾數	7	33.3%	41.2%
中位數	0	0.0%	0.0%
符合支持度最大數	9	42.9%	52.9%
平均數	2	9.5%	11.8%
離差和最小數	3	14.3%	17.6%
總數	21	100.0%	123.5%

第二次問卷調查結果如表 25 所示，17 位受試者中，車種數量統計量方法經過複選題的作答結果共計有 21 次的作答反應，其中選擇「符合支持度最大數」的計有 9 筆作答，佔總反應次數的百分比為 42.9%，而佔觀測值個數的百分比為 52.9%，顯示此方法為最多受試者選取；其次為選擇「眾數」，計有 7 筆，佔反應次數的百分比為 33.3%，

佔觀測值個數的百分比為 41.2%。

由以上結果顯示，接受第二次問卷調查，佔原專家群總數的 40.48%的專家中，多數選擇「符合支持度最大數」，與第一次問卷的結果選擇「眾數」不同，其原因由專家意見回饋指出，因政策上的因素考量，新北市升格為直轄市後，資源較為充足，取「符合支持度最大數」，能夠於火警初期派遣時即派遣較為充足的車輛至案件現場備援；但反觀決策樹模型回饋的統計量方法，應為使得建議派遣資訊愈趨精確，而非提供最大化的車組，且仍需考量超派資源造成資源浪費的問題，因此經與專家討論協商後，認為應排除政策面的考量。

在模型回饋統計量方法的選擇上，由於系統建議的派遣數量應為一精確的整數值，平均數與中位數皆可能產生含有小數的數值，且平均數亦受特例案件的離群值影響，而離差和最小數雖然能找出數列的重心，其與中位數皆無法反映多數歷史案件派遣的情況，因此較不適合作為模型回饋的統計量方法；雖各個統計量方法皆有其適合應用於歷史案件回饋模型的特性，但經過專家問卷以及專家訪談結果，由專家指出應使用「眾數」作為模型回饋之統計量方法較為合適，其能夠反應多數案件的情況，來決定調整後的建議派遣數量。

### iii. 少數派遣車種派遣適當性分析

表 26 少數派遣車種是否進行派遣次數分配表

	次數	百分比	有效百分比	累積百分比
否	14	82.4%	82.4%	82.4%
是	3	17.6%	17.6%	100.0%
總和	17	100.0%	100.0%	

第二次問卷調查結果如表 26 顯示，歷史案件派遣的少數車種中，認為不需派遣的專家有 14 位，佔總體受試者的 82.4%、認為需派遣的專家有 3 位，佔總體受試者的 17.6%。

專家回饋意見指出，以實際車組派遣的觀點來看，認為不應漏掉任何需派遣的車種；但以系統模型回饋的角度觀之，應派遣多數歷史案件皆有派遣的車組較為適合，特

殊案例則利用專家的經驗與專業知識，並視當下的案件情況進行派遣車組的微調，而系統的派遣建議，需以通則為主。此分析結果與第一次問卷調查結果一致。

### (三) 小結

本研究針對統計量方法與歷史案件中的少數派遣車種派遣的適當性等主要問題，進行第二次決策樹模型歷史案件統計量方法的專家問卷調查，調查結果顯示，以專家實際派遣的觀點，其考量政策因素，認為應選擇「符合支持度最大數」，於火警初期派遣時即派遣較充足的車組至現場備援；但以系統模型反饋的角度則應使用「眾數」來進行模型反饋，才能反映出新北市火警初期派遣的派遣情況，使系統提供的派遣車組建議愈趨精準。另外，歷史案件的少數派遣車種，專家意見達成一致，認為不需考慮少數派遣的車種，特殊情況則由人員判斷加派。



## 陸、結論與建議

### 一、 結論

本研究經過與相關專家、諮詢顧問以及新北市消防局內勤資深派遣員與外勤大隊的訪談與調查，並經過國內外相關文獻的探討，設計出「新北市政府消防局火警派遣原則」，為便於電腦作業之需要進行量化與結構化之處理，以形成「新北市政府消防局火警派遣基準表」。並設計出新北市火警救災派遣車組建構程序，以期在時空環境變遷、建築材料與消防設施改變、或建築用途變更等影響原訂派遣模組之適當性時，本火警救災派遣車組輔助系統依然具備與時俱進的成效。

為使系統達到反饋修正的目的，本研究根據新北市政府消防局火警派遣基準表之通報項次，設計出決策樹模型，使派遣建議能夠與時俱進，本研究利用專家訪談法與業界及學界專家探討適合新北市境內使用的歷史資料反饋統計量方法，歸納出平均數、眾數、符合支持度最大數、中位數與離差和最小數等五種方法，再利用專家問卷對新北市政府消防局救災救護指揮中心之派遣專家進行調查。

第一次問卷中受試專家認為應選擇「眾數」作為反饋決策樹模型的統計量方法，且支持度門檻值需至少為 50%，方能進行決策樹模型的反饋修正，「眾數」能夠利用多數案件的情況來決定調整後的建議派遣數量，較能反映整體的情況，並且較能輔助及支援執勤員於派遣車組時的決策，模型反饋時則不需考慮歷史案件少數被派遣的車種，專家認為系統建議應提供多數案件皆有派遣的車種進行通則的建議，特殊案例則由執勤員視情況進行人工加派。第一次問卷調查中，有部分專家群抱持有不同的意見與看法，為瞭解個別專家不同的觀點，且期望使專家能夠達到更高的共識，以使火警初期派遣的決策樹模型反饋機制考量的更加廣泛，遂將第一次問卷分析的群體統計結果和受試者本人對各題項的反映，一併提供給受試者，請受試者再一次評估主要問題以進行第二次專家問卷調查。

第二次問卷調查結果顯示，以專家實際派遣的觀點，其考量政策因素，認為應選擇

「符合支持度最大數」，於火警初期派遣時即派遣較充足的車組至現場備援；但以系統模型反饋的角度則應使用「眾數」來進行模型反饋，才能反映出新北市火警初期派遣的派遣情況，使系統提供的派遣車組建議愈趨精準。另外，歷史案件的少數派遣車種，專家意見達成一致，認為不需考慮少數派遣的車種，特殊情況則由人員判斷加派。

最後再利用專家問卷所得到的統計量方法，再依據本研究所設計出的決策樹模型以及模型的反饋機制作為系統核心，設計其實際接獲火警通報案件當下與訓練決策樹模型時的演算邏輯，並加以建置出火警初期派遣決策支援系統。於實務應用上消防單位的指揮中心可利用此系統提供的派遣建議予執勤員參考，輔助其派遣時決策，以增加派遣的效率與精準度，並能夠達到派遣的資訊化與標準化的目的。

經初步模擬測試與局內專家檢視，本系統對於輔助執勤員調配分隊的火警救災派遣車組，能夠更加的精確與快速調度及有效運用，透過本系統即時提供的系統化及標準化的派遣車組建議，輔助執勤員之火警初期派遣決策，有效降低執勤員之負擔並改善超派、誤派及改派之情形；並透過本系統提供之回饋機制，能夠依據每次案件發生的實際派遣狀況調整模型，使模型持續改善以增加其適當性，達到最佳化派遣及資源利用最大化之目的。

## 二、 建議

本研究所建置的「火警救災派遣車組輔助系統」，首先以火警派遣基準表為基礎，作為初期的決策樹模型，並在分隊車組派遣時運用大量派遣車組需求與限制條件，以達成車組派遣型模式。而未來決策樹模型訓練與改進的方向可就以下兩點進行後續研究：

### （一）決策樹模型反饋統計量方法的選定與比較：

由於目前缺少歷史案件，因此模型的精確度尚需加強，未來透過新北市消防局火警救災派遣車組輔助系統的上線使用，歷史案件的累積並加以選定成為典範案例，以利用其進行決策樹模型的訓練，使決策樹模型更為精確，所提供的建議派遣車組總量更能反映火警初期派遣的需求量。

本研究目前針對新北市火警派遣的決策樹模型反饋僅探討眾數、中位數、符合支持

度最大數、平均數以及離差和最小數。建議未來可嘗試以其他方法計算出建議派遣車組總量，若歷史案例資料量夠大，可利用資料採礦的方式獲得車組派遣總量建議值；或以德菲法選定統計量以反饋決策樹模型；或提出數學模型對建議派遣總量進行預測。

(二) 利用權重的計算使模型運作上達到空間與時間效率：

目前的機制上，通報資訊未知的項目係設定以「預設值」為預設選定項目，建議未來模型較完整後可計算節點間的權重，以權重找出未知的節點較可能的情況以作為預設值，如深夜時段發生火警，但不知道是否有人受困，經由歷史案件計算出「是否有人受困」此節點在深夜時段「有」的權重較高，因此預設值為「有」，可依情況不同的動態依權重評估預設值。另外，可藉由權重的計算來修剪決策樹的路徑，將較不常發生的路徑予以修剪，使決策樹模型在運用時能夠達到空間與時間上的效率。

另一方面，派遣車組輔助系統除了可依據大隊所提報的道路分隊建議派遣順序進行派遣之外，未來建議可結合地理資訊系統(GIS)，以即時取得最短路徑距離或掌握即時路況(如：修路等)，增加自動路經規劃與導航等進階功能，以利於跨轄區或跨大隊支援之需求。

## 參考文獻

1. 尹相志，2009，SQL Server 2008 Data Mining 資料採礦，台北：悅知文化出版社。
2. 周鐘驥、洪文彬，2006，消防救災派遣模組化之研究，台北：台北市政府消防局。
3. 陳崇岳，2009，消防戰術-操作與運用，台北：鼎茂圖書出版股份有限公司。
4. 彭文正譯，Berry, M. J. & Linoff, G. 著，2001，資料採礦-顧客關係管理暨電子化行銷之應用，台北：數博網資訊股份有限公司。
5. 黃德清、蕭力愷、李宇松、李勝傑、沈衍邑，2011，火警優質派遣成效分析，臺灣災害管理研討會論文集。
6. 曾憲雄、蔡秀滿、蘇東興、曾秋蓉、王慶堯，2008，資料探勘 Data Mining，台北：旗標出版社。
7. 趙鋼、黃德清，2009，消防戰術-火場指揮狀況判斷與推演，台北：鼎茂圖書出版股份有限公司。
8. 薛博仁，2001，資料探勘在銀行業之應用-以類神經網路整合基因演算法處理信用貸款為例，國立臺北大學資訊管理研究所碩士論文。
9. Fayyad, U., G. Piatetsky-Shapiro, and Smyth, P., “The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of Data”, *Communication of the ACM*, 1996, Vol. 39, No. 11, pp. 27-34.
10. Han, J. and Kamber, M., “Data Mining: Concepts and Techniques.” Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2000.

# 附錄一 決策樹模型歷史案件反饋-統計量方法第一次問卷

新北市政府消防局救災救護指揮中心

## 決策樹模型歷史案件反饋-統計量方法問卷

各位先進您好：

由於我們想要利用已經發生過的火警案件，來統計分析火警初期的消防車輛派遣車組的車種與數量。因此，如果有許多個被記錄下來的火警歷史案件，而它們的民眾通報資訊是相同的，但是實際派遣的火警初期的消防車種與數量可能不同；現在擬找出適當的歷史案件反饋統計分析方法，以計算這種民眾通報資訊的火警初期派遣車種與數量。下列有五種統計分析方法，可由這些火警歷史案件中找到具代表性的火警初期消防車輛派遣車種與數量，請您選出適合用來作為新北市需求的統計分析方法。

### 第一部分 基本資料

姓 名：\_\_\_\_\_ 職 稱：\_\_\_\_\_

服務年資：\_\_\_\_\_年 指揮中心服務年資：\_\_\_\_\_年

### 第二部分 問卷內容

◆ 就系統建議的派遣「車種數量」而言，請回答以下問題：

1. 您認為適合用來做為歷史案件反饋統計量的方法有哪些(複選題)：

註：當您選定該統計量後，請繼續選擇其支持度(單選題)。

統計量	眾數	中位數	符合支持度 最大數	平均數	離差和最小數
-----	----	-----	--------------	-----	--------

		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
支持度(*)	不需考慮	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	至少 30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	至少 50%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	至少 80%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

(\*)不滿足支持度時，將不利用該統計量來改變系統建議值。

(續下頁)

◆ 就系統建議是否需派遣某一「車種」而言，請回答以下問題：

2. 當某一種消防車在大部分的歷史案件中未被派遣(意指有超過 50%的歷史案件未派遣此種消防車)，但仍有少部分歷史案件有派遣此種消防車，您認為是否該派遣此種消防車：

<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	(選擇『是』者請繼續回答第 3 題)
----------------------------	----------------------------	--------------------

3. 您認為計算此種車輛所應派遣數量之適當的歷史案件反饋統計方法為(複選題)：

註：當您選定該統計量後，請繼續選擇其支持度(單選題)。

統計量		符合支持度 最大數	平均數	離差和最小數
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
支持度(**)	不需考慮	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	至少 30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	至少 50%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	至少 80%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

(\*\*)不滿足支持度時，將不利用該統計量來改變系統建議值。

反饋歷史案件之統計分析方法運用說明：

1. 民眾通報資訊如下：建築物火警、冒黑煙、3層樓的建築物、3樓起火。
2. 表 1 為將上述民眾通報資訊的火警，依據原訂的『火警派遣基準表』所計算出來的火警初期建議派遣車種與數量：

表 1 火警初期建議派遣車種與數量列表

建議派遣車種	攻擊水箱車	水源水箱車	救護車	水庫車	30m 以下雲梯車
原始建議派遣數量	5	5	2	1	1

3. 假設曾發生與以上民眾通報資訊相同情況(建築物火警、冒黑煙、3樓建築物、3樓起火)的火警歷史案件有 7 件，現因執勤員的經驗與專業認知不同，各案件實際派遣的車種與數量亦可能不相同，7 個案件所實際派遣的車種與數量如表 2 所示：

表 2 7 次歷史案件派遣車種與數量

車種 案件	攻擊 水箱車	水源 水箱車	救護車	水庫車	30m 以下 雲梯車	30m~50m 雲梯車
歷史案件 1	3	5	2	1	1	0
歷史案件 2	3	3	3	2	1	1
歷史案件 3	5	5	2	1	1	0
歷史案件 4	3	2	2	2	1	1
歷史案件 5	6	6	1	1	1	0
歷史案件 6	5	6	2	1	1	0
歷史案件 7	4	3	1	1	1	0

4. 表 3 為依據表 2 的 7 個火警歷史案件之實際派遣車種與數量的統計分析。

表 3 7 次歷史案件派遣車種與數量統計分析

車種	攻擊 水箱車				水源 水箱車			救護車			水庫車		30m 以下 雲梯車	30m~50m 雲梯車	
	3	4	5	6	3	5	6	1	2	3	1	2	1	0	1
派遣 數量(*)	3	4	5	6	3	5	6	1	2	3	1	2	1	0	1
案件計數 (**)	3	1	2	1	3	2	2	2	4	1	5	2	7	5	2
支持度(***)	42.86 %	14.29 %	28.57 %	14.29 %	42.86 %	28.57 %	28.57 %	28.57 %	57.14 %	14.29 %	71.43 %	28.57 %	100%	71.43 %	28.57 %

\*7 個火警歷史案件中，各車種曾實際派遣的數量。如攻擊水箱車 7 個案件中曾派遣的數量有 3 部、4 部、5 部、6 部。

\*\*7 個火警歷史案件中各車種對應各曾實際派遣數量的案件計數。如攻擊水箱車，在 7 個案件中曾派遣 3 部的有 3 個案件、派遣 4 部的有 1 個案件、5 部的有 2 個案件、6 部的有 1 個案件。

\*\*\*7 個火警歷史案件中，依據各車種各曾實際派遣數量的支持度。以攻擊水箱車為例，計算出派遣 3 部攻擊水箱車的支持度為 42.86%(= 3/7)、4 部攻擊水箱車的支持度為 14.29%(= 1/7)、5 部攻擊水箱車的支持度為 28.57(2/6)、6 部攻擊水箱車的支持度為 14.29%(= 1/7)。

5. 依據表 2 的 7 個過去發生的歷史案件，參考表 3 來計算出新的建議派遣車種與數量，以符合新北市實際狀況之需要。使用的統計分析方法有眾數、中位數、符合支持度最大數、平均數和離差和最小數等 5 種，其運算方法分別說明如下。

#### 方法 1：取眾數之值

攻擊 水箱車	水源 水箱車	救護車	水庫車	30m 以下 雲梯車	30m~50m 雲梯車
-----------	-----------	-----	-----	---------------	----------------



原始建議派遣數量	5	5	2	1	1	0
依表 3 取眾數的數量	3(*)	3	2	1	1	0
支持度(**)	42.86%	42.86%	57.14%	71.43%	100%	71.43%
調整後的建議派遣數量	3	3	2	1	1	0

\*眾數取得方式為，表 2 的 7 個相同案例歷史案件的各車種中，曾實際發生派遣的數量的發生次數為最多者。如表 2 中攻擊水箱車，曾派遣 3 部攻擊水箱車的有 3 個案件，較多於曾派遣 4 部攻擊水箱車的 1 個案件、曾派遣 5 部攻擊水箱車的 2 個案件與曾派遣 6 部攻擊水箱車的 1 個案件，因此選擇 3 部。

\*\*假設支持度門檻值為 30%，不滿足支持度時，將不改變系統建議值。

\*\*\*取眾數時可能會發生派遣某車種有兩個不同的數量，但其曾派遣的次數皆為數量相同的眾數，若遇此情況則將數值取平均數並且四捨五入。

- 取眾數的優點為可採多數案件的情況來決定調整後的建議派遣數量。

## 方法 2：取中位數之值

	攻擊 水箱車	水源 水箱車	救護車	水庫車	30m 以下 雲梯車	30m~50m 雲梯車
原始建議派遣數量	5	5	2	1	1	0
依表 3 取中位數的數量(*)	4	5	2	1	1	0

\*中位數取得方式為取得位於數列中最中間的數值，如攻擊水箱車曾派遣 3 部、3 部、3 部、4 部、5 部、5 部、6 部，中間值為 4 部，因此中位數為 4。

- 取中位數的優點為可選擇曾派遣過的數量中較為折衷的派遣數量，且不會受離群值影響。

### 方法 3：取符合支持度最大數之值

	攻擊 水箱車	水源 水箱車	救護車	水庫車	30m 以下 雲梯車	30m~50m 雲梯車
原始建議派遣數量	5	5	2	1	1	0
依表 3 取 <b>最大值</b> 的數量(*)	6	6	3	2	1	1
支持度(假設需>30%)	14.29%	28.57%	14.29%	28.57%	100%	28.57%
調整後的建議派遣數量	5	5	2	1	1	0

\*最大數的取得方式為取得數列中最大的數值，如攻擊水箱車曾派遣 3 部、4 部、5 部、6 部，最大值为 6 部，但進一步考量支持度，假設最低支持度門檻值为 30%，則 6 部攻擊水箱車的支持度為 14.29%，未達支持度的門檻，則選擇次大值，因此攻擊水箱車調整後的建議派遣數量為 5。

- 新北市升格為直轄市後資源較為充足，取最大值的優點為能夠於初期派遣即派遣較為充足的車輛至案件現場備援。

### 方法 4：取平均數之值

	攻擊 水箱車	水源 水箱車	救護車	水庫車	30m 以下 雲梯車	30m~50m 雲梯車
原始建議派遣數量	5	5	2	1	1	0
依表 3 取 <b>加權平均數</b> 的數量(*)	4.14	4.29	2	1.89	1	0.29
調整後的建議派遣數量	4	4	2	2	1	0

\*平均數的計算方式為，將派遣的數量的總合除以總案件發生次數。以攻擊水箱車為例，其平均數計算方

式為(3+3+3+4+5+5+6)/7，所得到 4.14 即為平均數，再將所得值四捨五入，即為調整後的建議派遣數量，攻擊水箱車調整後的建議派遣數量為 4。

- 取平均數的優點為較不會因為單一案件而對於派遣數量產生影響，產生的值較為穩定。

### 方法 5：取離差和最小數之值

	攻擊 水箱車	水源 水箱車	救護車	水庫車	30m 以下 雲梯車	30m~50m 雲梯車
原始建議派遣數量	5	5	2	1	1	0
依表 3 取離差和最小數的數量(*)	4	5	2	1	1	0

\*離差和的計算方式為，首先逐一計算所有數值與各觀測值之差距的總和(稱為離差和)，然後將離差和最小的觀測值作為建議派遣量；以攻擊水箱車為例，7 個案件中，攻擊水箱車曾派遣 3 部、4 部、5 部、6 部，並分別以這些數值作為觀測值計算離差和，計算如下：

歷史案件	1	2	4	7	3	6	5
攻擊水箱車 建議派遣量 (經排序)	3	3	3	4	5	5	6

觀測值為 3 時： $|3-3| + |3-3| + |3-3| + |4-3| + |5-3| + |5-3| + |6-3| = 8$

觀測值為 4 時： $|3-4| + |3-4| + |3-4| + |4-4| + |5-4| + |5-4| + |6-4| = 7$

觀測值為 5 時： $|3-5| + |3-5| + |3-5| + |4-5| + |5-5| + |5-5| + |6-5| = 8$

觀測值為 6 時： $|3-6| + |3-6| + |3-6| + |4-6| + |5-6| + |5-6| + |6-6| = 13$

→ (當觀測值為 4 時，離差和最小，因此攻擊水箱車建議值為 4 部)

- 找出與所有數值的距離總和為最小之觀測值作為建議值，具有重心部位之代表性。

-----解釋說明完畢-----

請翻回至第 1 頁作答

非常感謝您的寶貴意見!!

## 附錄二 決策樹模型歷史案件反饋-統計量方法第二次問卷

新北市政府消防局救災救護指揮中心

### 決策樹模型歷史案件反饋-統計量方法第二次問卷

各位先進您好：

感謝您在第一次問卷中提供的寶貴意見，但為了使專家的看法達到一致，遂進行第二次問卷，第二次問卷中附上第一次問卷所統計出的數據，包括選擇次數與所佔比例，並附上您上一次問卷的填答情形，期望您在填答時有參考的依據，再一次評估答案。您也可以保持您原來的觀點，但請寫下您的看法，作為我們評估歷史案件反饋決策樹模型的依據，非常感謝您的協助。

姓名：\_\_\_\_\_

問題								請勾選
1. 您認為適合用來做為歷史案件反饋統計量的方法有哪些呢(複選題)：								<input type="checkbox"/> 眾數 <input type="checkbox"/> 中位數 <input type="checkbox"/> 符合支持度最大數 <input type="checkbox"/> 平均數 <input type="checkbox"/> 離差和最小數
第一次 填答情 形	選項	眾數	平均 數	離差和 最小數	符合支持 度最大數	中位 數	總計	
	次數	23	20	15	13	9	80	
	比例	28.75%	25%	18.75%	16.25%	11.25 %	100%	
個人觀點與看法：								

2. 當某一種消防車在大部分的歷史案件中未被派遣(意指有超過 50%的歷史案件未派遣此種消防車)，但仍有少部分歷史案件有派遣此種消防車，您認為是否該派遣此種消防車?(單選)					<input type="checkbox"/> 是  <input type="checkbox"/> 否
第一次 填答情形	選項	否	是	總計	
	次數	23	19	42	
	比例	55%	45%	100%	
個人觀點與看法：					

**統計量方法特性說明：**

- 眾數：取眾數的優點為可採多數案件的情況來決定調整後的建議派遣數量。
- 中位數：取中位數的優點為可選擇曾派遣過的數量中較為折衷的派遣數量，不會受離群值影響，但僅找出數列的重心未考慮所有案例數值的離散程度。
- 符合支持度最大數：能夠於初期派遣即派遣較為充足的車輛至案件現場備援。但考量案例中的最大數可能為離群值或特殊狀況案例，因此本研究將最大數定義為符合案例支持度之最大數。
- 平均數：考量觀測案件派遣數量的均衡點，可觀察出整體趨勢且產生的值較為穩定，但會受離群值的影響。

離差和最小數：找出與所有數值的距離總和為最小之觀測值作為建議值，具有重心部位之代表性。