

逢 甲 大 學
交通工程與管理學系碩士班
碩士論文



模糊理論於市區快速道路
資訊可變標誌系統之應用
Application of Fuzzy Theory on Changeable
Message Sign Systems of Urban Expressways

指導教授：李克聰
研 究 生：許聖奇

中 華 民 國 九 十 五 年 八 月

誌謝

進入逢甲的兩年後，總算不負親朋好友們的期望與幫助，完成了我的碩士學位。而本論文得以順利完成，首先要感謝的是我的指導教授 李克聰老師。無論是在課業的傳授、觀念的啟發，老師都給了我十分重要的助益。在我論文遇到瓶頸的時候，老師都能適時的點出其中的盲點，讓我重新找到研究的方向。除了在學術研究上的嚴謹態度，老師於待人處事方面的智慧，都對我產生極深遠的影響。感謝老師這兩年來的照顧及提攜，為原本懵懂無知的我指引出一條明路。論文口試期間，承蒙口試委員 張學孔教授與 林大傑教授給與許多寶貴意見及經驗，使本論文得以更臻完善。而 徐耀賜教授在論文撰寫技巧上的指導，更是讓我獲益良多。

這兩年裡當中，感謝 lab 中的同門師兄妹雅博、阿彰與小雅給予我許多幫助。雅博是帶領我進 lab 的大師兄，多虧有他不吝分享學識與生活經驗，讓我在論文撰寫的過程更加順利。阿彰與我同星座、也同是 cheer 的歌迷，因此我們成了無話不談的好友，也令生活更加有趣。小雅對自己研究的熱情令我敬佩，是個聰明且勇敢的女生。匪類區成員鵬昇、阿舜、老賴，以及騎著車車到處跑的欣翰，多虧你們樂觀而搞笑的性格，讓每個爆肝之夜也能如此歡樂。所有的同窗好友們：憲哥、超哥、阿球、展哥、耿禎、阿狗、智淮、阿維、勳哥、妍菁、姿雁、怡霖、芋頤、庭銀、韻珏，感謝妳們各方面的協助，令不是本科系出身的我，能更快的融入這個環境當中。感謝北市交控中心的詹益活股長，在資料蒐集上的協助以及事件流程的講解，幫助我釐清觀念。此外系上三位助教在日常事務上的協助，娟娟學姊、裕雯學姊在生活上的提點，再此一併致上謝意。

最後將此論文獻給我親愛的父母，感謝你們對我的苦心栽培讓我能夠唸到碩士畢業，而你們始終不變的支持，讓我在忙論文時沒有其他的後顧之憂。還有一直陪伴著我的女友思穎，感謝妳在我遇到挫折時鼓勵我、鬱卒時替我解悶，讓我的人生增添許多色彩。謝謝所以幫助我的人，沒有你們就不會有今天的我，僅以此文獻上最深的感激之意。

許聖奇 謹誌于逢甲紀念館 403B
中華民國九十五年八月

摘要

近年來台灣各大都會區紛紛興建市區快速道路，讓通勤車流能快速的進出市區，並紓緩平面道路的壓力。但由於快速道路的使用率日增，使得快速道路主線上常因事故或車多而產生壅塞，嚴重影響用路人之權益。本研究針對市區快速道路資訊可變標誌進行探討，藉由收集及分析車流數據建立運用於市區快速道路之自動事件偵測系統，並將其偵測結果以適當的格式與內容輸出於 CMS 上顯示。

在自動事件偵測上本研究應用模糊理論中模糊邏輯控制方法，以上下游偵測器間的「流量變化量」、「佔有率變化量」、「速度變化百分比」及下游偵測器之「佔有率時間變化量」為輸入變數，快速道路主線的事件嚴重程度作為輸出變數，透過 Matlab 程式中的 Fuzzy Logic Toolbox 進行運算求得偵測結果。主線 CMS 則以偵測的結果為依據進行顯示，並考慮事件的嚴重程度及 CMS 的位置，針對其顯示流程、個數與內容進行探討，以提供各種狀況下的事件資訊。藉此，交通管理單位能即時掌握快速道路車行狀況，而用路人更可於接近事件路段前及早因應事件情況進行改道，以促進整體路網的充分利用，改善行車效率。

關鍵字：資訊可變標誌、模糊邏輯控制、自動事件偵測

Abstract

Numerous metropolises in Taiwan build urban expressway in recent years; it makes car flow pass along city center without driving on surface roadway. However, the growth of utility rate on expressway brings a large number of traffic flow, and cause congestions and incidents. This research is probe into CMS on urban expressway. It analyzed traffic data to establish an automatic incident detection (AID) method, and display the detection result on CMS on expressway mainline.

To establish AID, this research use Fuzzy Logic Control algorithm and set three traffic characteristics between upstream and downstream detector and one characteristic of downstream detector as input variables. The Fuzzy Logic Toolbox in the MatLab program was used to calculate and test the fuzzy logic controller. Therefore, traffic control center can identify incident happens automatically and instantly, and expressway user can detour early to avoid incident and congestion.

Keywords: Changeable Message Sign, Fuzzy Logic Control,

Automatic Incident Detection

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
目錄	iii
圖目錄	vi
表目錄	viii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	2
1.3 研究目的	3
1.4 研究範圍與限制	4
1.5 研究內容與流程	5
第二章 文獻回顧	8
2.1 交通控制系統之目的與構成	8
2.1.1 建立目的	8
2.1.2 系統架構與功能	9
2.1.3 交控策略	12
2.2 資訊可變標誌系統現況與應用	14
2.2.1 國內資訊可變標誌系統	14
2.2.2 國外資訊可變標誌系統	19
2.2.3 資訊可變標誌相關研究	23
2.3 事件自動偵測方法	29
2.3.1 事件自動偵測方法之種類	30
2.3.2 國內事件偵測相關研究	36
2.4 模糊邏輯文獻	38
2.4.1 簡介	38
2.4.2 模糊邏輯控制之應用	39
2.5 小結	42
第三章 研究方法	44

3.1 模糊理論	45
3.2 模糊邏輯控制	46
3.2.1 模糊邏輯控制之主要核心	47
3.3 FLC 之優缺點	51
第四章 事件偵測模式構建	53
4.1 變數選取	54
4.1.1 輸入變數	54
4.1.2 輸出變數	57
4.2 輸入變數門檻值之設定	57
4.3 模糊語意等級與隸屬函數設定	63
4.4 進行模糊推論與建立 FLC 規則庫	68
4.4.1 模糊化	68
4.4.2 FLC 規則庫	68
4.4.3 選擇解模糊化的方式	71
4.5 模擬模式及程式測試	71
第五章 資訊可變標誌內容設計	77
5.1 CMS 顯示流程	77
5.2 顯示準則與顯示個數	79
5.3 CMS 顯示內容	81
第六章 簡例測試	86
6.1 事件敘述	86
6.2 FLC 事件偵測模式驗證	87
6.2.1 模擬情境一 低車流嚴重事件	87
6.2.2 模擬情境二 高車流嚴重事件	93
6.2.3 模擬情境三 低車流輕微事件	98
6.2.4 模擬情境四 高車流輕微事件	100
第七章 結論與建議	104
7.1 結論	104
7.2 建議	105
7.2.1 模式理論方面	105
7.2.2 實務應用方面	105

參考文獻	107
------------	-----



圖目錄

圖 2.1 圖誌可變標誌示意圖	15
圖 2.2 圖誌可變標誌（安裝於系統交流道前）	16
圖 2.3 資訊可變標誌	16
圖 2.4 速限可變標誌	17
圖 2.5 文字式 CMS	20
圖 2.6 預設式圖誌 CMS	21
圖 2.7 變化式圖誌 CMS	21
圖 2.8 制式化之文字 CMS	22
圖 2.9 可視距離示意圖	27
圖 2.10 加州法事件偵測流程圖	31
圖 2.11 FLC 的主要程序	39
圖 3.1 傳統方法與模糊理論函數圖	45
圖 3.2 模糊邏輯控制基本模型	47
圖 3.3 梯形模糊隸屬函數圖	47
圖 3.4 三角形模糊隸屬函數圖	48
圖 3.5 鐘形模糊隸屬函數圖	48
圖 3.6 Max-Min 合成法推論過程	49
圖 3.7 解模糊化過程圖-以重心法為例	51
圖 4.1 模式構建流程圖	53
圖 4.2 車流參數的不規則變異圖	58
圖 4.3 承德-延平流量空間變化量	60
圖 4.4 承德-延平佔有率空間變化量	61
圖 4.5 承德-延平速度空間變化率	62
圖 4.6 承德-延平佔有率時間變化量	63
圖 4.7 流量空間變化量變數隸屬函數	66
圖 4.8 佔有率空間變化量變數隸屬函數	67
圖 4.9 速度空間變化率變數隸屬函數	67

圖 4.10 佔有率時間變化率變數隸屬函數	67
圖 4.11 事件嚴重程度變數隸屬函數	68
圖 4.12 選定輸入狀態變數的個數	72
圖 4.13 選擇解模糊化視窗	72
圖 4.14 流量空間變化量隸屬函數設定視窗	73
圖 4.15 佔有率空間變化量隸屬函數設定視窗	73
圖 4.16 速度空間變化率隸屬函數設定視窗	74
圖 4.17 佔有率時間變化量隸屬函數設定視窗	74
圖 4.18 事件嚴重程度隸屬函數設定視窗	75
圖 4.19 FLC 規則庫	75
圖 4.20 輸出結果視窗	76
圖 5.1 資訊可變標誌整合顯示流程圖	78
圖 5.2 設置內容準則流程圖	79
圖 5.3 事件與相關設施位置示意圖	82
圖 6.1 事件發生地點示意圖	86

表目錄

表 1.1 市區快速道路與高速公路差異表	4
表 2.1 交控設施啟動表	14
表 2.2 台北市「可變訊息標誌規範手冊」	18
表 2.3 CMS 之相關分類	23
表 2.4 常見 CMS 顯示內容	24
表 2.5 閱讀時間實驗值	28
表 2.6 不同車速下的閱讀距離與可視距離	28
表 2.7 加州法參數定義表	32
表 4.1 系統模糊規則列表	69
表 5.1 事件分類表	80
表 5.2 CMS 顯示個數表	81
表 5.3 資訊可變標誌內容顯示詞彙組合參考	83
表 5.4 CMS 顯示訊息程度表	85
表 6.1 情境一上下游 VD 原始資料表	87
表 6.2 情境一輸入變數資料表	88
表 6.3 情境一輸出結果一覽表	89
表 6.4 情境一 CMS 啟動表	90
表 6.5 路段各點間距離表	91
表 6.6 情境一各偵測器測得之平均速度表	91
表 6.7 情境一旅行延滯時間表	92
表 6.8 情境二上下游 VD 原始資料表	93
表 6.9 情境二輸入變數資料表	94
表 6.10 情境二輸出結果一覽表	95
表 6.11 情境二 CMS 啟動表	95
表 6.12 情境二各偵測器測得之平均速度表	96
表 6.13 情境二旅行延滯時間表	97
表 6.14 情境三上下游 VD 原始資料表	98

表 6.15 情境三輸入變數資料表	99
表 6.16 情境三輸出結果一覽表	99
表 6.17 情境四上下游 VD 原始資料表	100
表 6.18 情境四輸入變數資料表	101
表 6.19 情境四輸出結果一覽表	102



第一章 緒論

1.1 研究背景

近年來國內公路建設漸趨完整，除了原有的中山高速公路外，又相繼完成了第二高速公路、從北到南十二條東西向快速道路及西濱快速道路，台灣整體公路路網已然成型。順暢的交通與完備的路網是都市發展的重要關鍵，而興建市區快速道路是解決都市交通問題的有效方法之一，因此各地亦紛紛興建市區快速道路以改善逐漸惡化的市區交通。以台北市為例，以南北向的建國高架道及東西向的市民大道最為重要，貫穿台北市最精華的中心地帶。此外還有環河快速道路、水源快速道路、新生高架道、洲美快速道路等多條市區快速道路。這些快速道路一部份互相交會，一部分與高速公路連結，構成台北市重要的快速道路路網。由於市區快速道路通常興建為高架橋形式，因此能減少與平面交叉及路口號誌的延滯，增加車行速率。而都市快速道路路網的形成則讓僅通過而非抵達的車輛不需進入市中心區域，避免造成平面道路擁擠。市區的車輛也能藉由快速道路迅速的匯集與疏散，大大的舒緩市區平面道路的壓力。

隨著快速道路路網的普及，其利用率也日漸增加，故常會因為車多擁擠或意外事件的發生，造成快速道路的堵塞。但當路段發生堵塞或意外事件時，路段上游之用路人往往不清楚前方有事件發生，等到察覺情況有異時，早已身陷車陣當中。而交通管理單位亦僅能待巡邏員警或熱心駕駛回報才能得知事件發生，無法即時掌握車況進行交通管制決策。因此，若能讓用路人及交通管理單位即時掌握事件的發生，除了可即時改道或採取相關決策，亦可避免堵塞的擴大及事件的再發生。

近年來由於資訊及通訊技術等的迅速發展，以傳統方式進行

交通運輸的管理已不具效益，並逐漸失去其功能性，因此世界各國皆積極發展智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)作為解決新世代的交通問題的對策。智慧型運輸系統係利用先進的資訊、通信、偵測及控制等技術於各種運輸系統，改善交通運輸問題。其中先進交通管理系統(Advanced Traffic Management Systems, ATMS)與先進用路人資訊系統(Advanced Traveler Information Systems, ATIS)是最為重要的兩個子系統。透過此兩系統的結合，交通控制中心能透過車輛偵測器等設施蒐集道路車流數據，經由電腦運算後，分析出道路的車行狀況，提供用路人作為出發前的「行前資訊」或旅行中的「途中資訊」。經由這些服務，能讓用路人避開壅塞及事件發生路段，做出最佳的旅行決策，而平衡整體路網的使用效益，達到道路資源的充分利用。因此，近年有許多專題對此類智慧化交通路網管理投入研究。

1.2 研究動機

交通管理單位在蒐集道路壅塞與事件資訊時，一般利用員警定時巡邏、熱心駕駛回報等傳統方法進行。此類方法簡單，但耗費人力且缺乏即時性，若恰好無人通報就無法得知事件之發生，或者在事件發生數十分鐘後才能接獲通報，影響救援人員或交管單位進行處理的時效。然而大多數的快速道路皆屬於立體建築之封閉式道路，車行速度不僅較一般平面道路快，進出亦只能依賴上下匝道而無法自由進出。當快速道路因車多或突發事件而產生壅塞時，所造成之影響也較平面道路高。若仍舊依賴人工方式通報，對用路人在金錢或時間上將造成更大的損失。有鑒於此，現代都市交通管理單位多使用事件自動偵測方式進行高快速道路之事件偵測與通報，以降低操作成本、提高偵測效率。

事件自動偵測為利用電子或機械化的偵測設施，如環路線圈、微波偵測器、紅外線偵測器和影像式偵測器等蒐集相關的交

通參數，再分析其特性歸納出事件的發生與否。而資訊可變標誌(CMS)是一種可程式化的交通管理設施，主要透過文字或圖形符號來傳達各項動態的控制或警告訊息給道路使用者，藉以增進道路使用效率，並減低意外事故。以高速公路上的應用為例，其顯示內容包括前方交通管制或警告、一般狀況以及宣導等訊息，顯示重點經整理後包括地點、地點補充、車種、原因、指示、交通管制、結果、其他以及相關政令宣導等事項。CMS的即時資訊發布能力配合事件自動偵測系統，即可在旅行途中即時傳達道路上的事件資訊予其他準備進入路段的車輛。

綜合以上所述，本研究希望建立一套適合於市區快速道路的事件自動偵測方法，以即時偵測快速道路主線上車多擁擠或意外事件的發生。此外將與資訊可變標誌作結合，當偵測到事件發生時，能在確認後自動依照事件的位置、種類、嚴重程度等警告訊息顯示於鄰近的CMS上，讓快速道路用路人可及早判斷是否進行改道等決策，欲由平面路段駛入快速道路之車輛也可考慮是否由其他匝道進入。如此即可紓解進入事件發生路段之車流，避免因車道供需不均而導致壅塞繼續惡化，以達到交通控制的目的。希望藉由對此兩項交通控制系統之設計、整合應用等課題的探討，能提升市區快速道路之效用，並作為未來國內在此一方面之參考。

1.3 研究目的

為了讓市區快速道路於突發事件發生時，即時偵測事件資訊，使交通管理單位能盡快處理、用路人也能儘早變更行車策略，以避免額外的延滯與損失，本研究將參考國內外相關文獻，針對市區快速道路事件自動偵測及資訊可變標誌之相關課題進行探討。在事件偵測模式的建立上，將透過模糊理論中的模糊邏輯控制進行事件判定與嚴重程度分類，並控制資訊可變標誌上之顯示內容，發布適當及正確的事件資訊。因此，本研究之主要目的有

以下幾點：

1. 蒐集國內外與本研究相關之文獻，分析快速道路之實際交通數據，以了解道路於事件發生時所產生之變化。
2. 根據市區快速道路之車流特性及道路環境，以模糊邏輯控制方法建立適用於市區快速道路之事件偵測模式。
3. 研擬應顯示於資訊可變標誌上提供給用路人參考之資訊內容，以擴大事件偵測結果之可用性。

1.4 研究範圍與限制

目前在事件自動偵測及 CMS 的應用上國內外都已有相當程度的發展，但多數是以城際高速公路為適用對象，較少專門為市區快速道路所量身訂製的方法。市區快速道路與城際高速公路存在著許多的差異性，例如快速道路的速限較低、匝道間的距離較短等，如表 1.1 所示。若直接以一般之事件自動偵測方式套用，在偵測的適用性和效果上可能會有所折扣。

表 1.1 市區快速道路與高速公路差異表

	差異	市區快速道路	城際高速公路
路線幾何狀況	匝道數	多	少
	匝道密度	密集	稀疏
	每路段間距離	0.5-1km	1km 以上
	車道數	較少	較多
車流特性	行車速限	80km/h	110km/h
	車隊累積長度	長	短
	晨昏峰車流	明顯	不明顯

本研究以台北市市民快速道路做為研究對象，以符合建立適用於都市快速道路之事件偵測模式並發展與資訊可變標誌整合應用之目的。市民快速道路為高架興建，貫穿台北市區東西方向之重要快速道路；東接環東快速道路系統之天母及基河快速道路，

西接環西快速道路系統之環河南北路快速道路，全長約 6.45 公里，於民國八十六年 9 月 7 日全線通車。西向路段自環東大道匝道起至環河快速道路匝道為止，共有七個進出口匝道，其間佈設了 11 個影像式車輛偵測器，以蒐集各路段之車流資料進行管理。

本研究的限制如下：

1. 本研究主要著重在市區快速道路之事件偵測模式及資訊可變標誌系統之顯示內容規劃，至於在整個快速道路上應該設置多少數量之 CMS，並不在本研究之規劃內。
2. 根據交通控制中心之資料顯示，事件分成了一般事件、天候事件、壅塞事件、管制事件及其他事件五大類。本研究主要的研究範圍包含車多壅塞、散落物或事故等突發事件，屬於一般事件、壅塞事件以及管制事件之類，並不包括天候事件在內。
3. 本研究是於現有的偵測器佈設狀況下，進行事件偵測模式的研究。至於應以何種類型之偵測器蒐集車流資訊，或偵測器應於何處佈設最佳等課題，並不在本研究之研究範圍內。

1.5 研究內容與流程

為達成前述之研究目的，本研究之詳細內容將分章敘述如下。研究流程與架構則如圖 1.1 所示。

第一章：緒論，敘述研究背景和動機、研究目的、研究範圍、研究內容和步驟流程。

第二章：文獻回顧，歸納與本研究相關之文獻與理論，包括國內交通控制系統的目的與構成、國內外可變標誌的應用現況、國內外事件偵測方法及模糊邏輯控制的相關文獻探討。

第三章：研究方法，針對模糊理論以及衍生出的模糊邏輯控制，對其運用原理做一完整的介紹。

第四章：模式構建，選取應作為輸出入變數的車流參數，並計算其門檻值。之後建立隸屬函數、進行模糊化、建立 FLC 規則庫、解模糊化等步驟。最後利用 MATLAB 程式裡的 Fuzzy Logic Toolbox 進程式測試。

第五章：資訊可變標誌內容設計。包括資訊可變標誌之顯示流程、顯示準則與時機、顯示內容及個數的深入探討。

第六章：簡例測試。以研究對象中某一路段為例，模擬事件情境以驗證本事件偵測模式之功效。根據模擬事件發生時車輛偵測器所測得知車流資料作為輸入變數值，將其代入模糊邏輯事件偵測模式中，計算出輸出控制變數結果，並與實際情況比較其差異性與適用性。之後，再將模式偵測所得之資訊，整合顯示於 CMS 上進行發佈。

第七章：結論與建議。說明本研究之結論，並且提出建議與未來仍可供研究發展之方向。

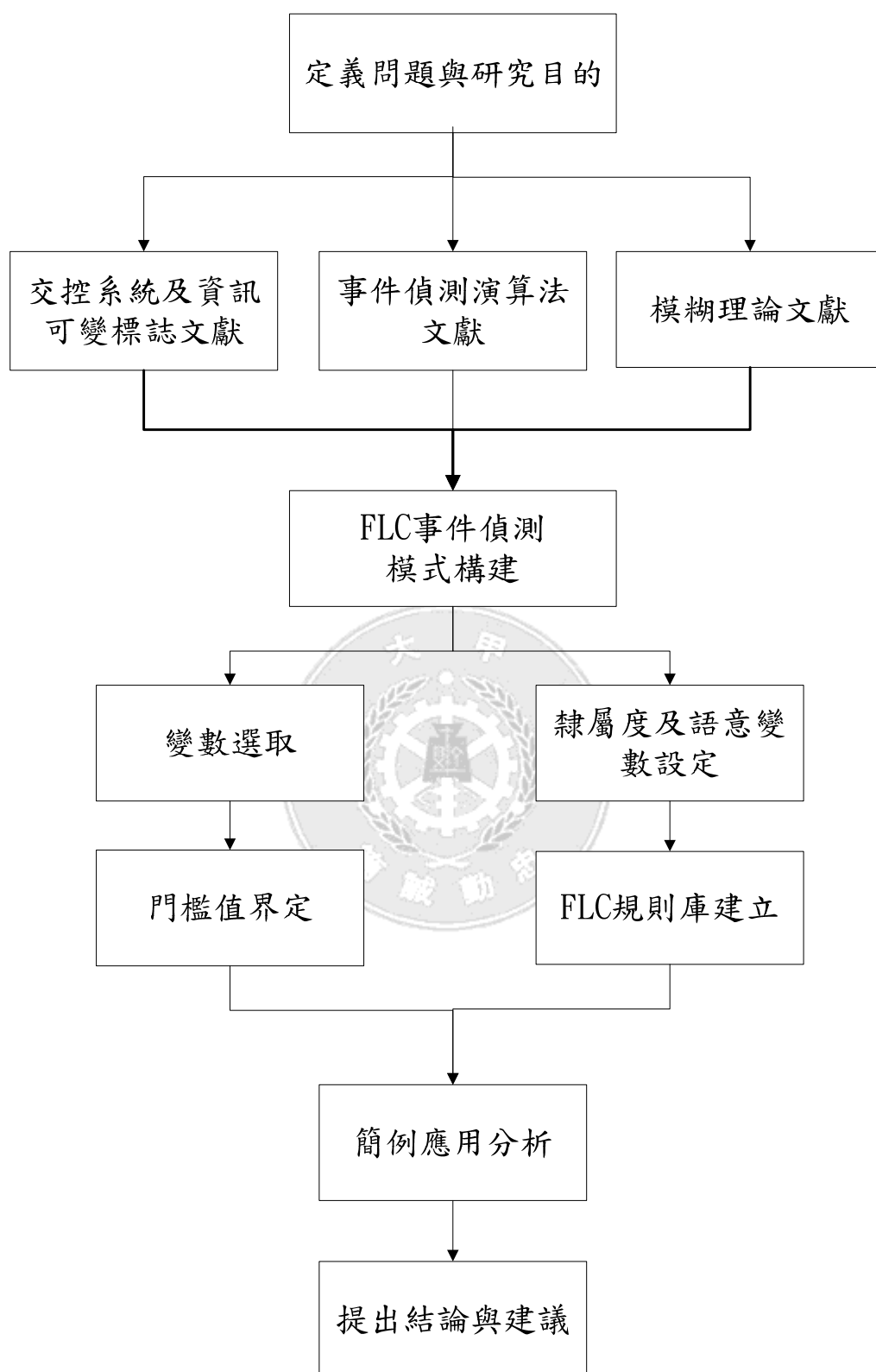


圖 1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本章將針對研究過程所牽涉的各種課題及文獻作一回顧探討。文獻回顧主要分為以下幾個部份：首先介紹交通控制系統之目的與構成、資訊可變標誌的應用現況與相關文獻，國內外的事件偵測方法與研究發展，最後說明模糊邏輯控制之基本原理以及應用在各相關領域之文獻。

2.1 交通控制系統之目的與構成

台灣地區的交通控制系統以國道高速公路系統發展最早且最為完備，由於高速公路與市區快速道路間具有許多相同的特性，因此本節將以國道高速公路的交通控制系統為例，介紹其建立目的與構成項目。

2.1.1 建立目的

交通控制系統建立之主要目的，在於各種交通監控設備與相關交通控制策略與理論等之結合運用，有效處理交通問題，其主要目的有以下幾點：

1.使整體路網能達到減少擁塞產生之延滯

應用設置於沿線之交通偵測器及閉路電視攝影機等設施，迅速瞭解路網交通流動狀況，並透過電腦子系統之自動反應比對等運作，對任何車流異狀立即產生反應建議並驅動各種終端顯示與控制設施，如用路人資訊子系統中之資訊可變標誌及資訊語音查詢電腦或車輛運行管制子系統中的車道管制號誌或匝道儀控號誌等，向用路人通報路況及進行路網中之車流導引，以期發揮整體路網之運輸效率，以減少擁塞所產生之延滯。

2.降低交通事故之發生加速事故處理時效

應用偵測器自動偵測分析，輔以路邊緊急電話及相關巡邏車輛等之通報，可迅速反應路段潛在之危險及交通事故之發生，除資訊可變標誌或速限可變標誌導引用路人，以降低事故之發生外；若事故已發生後，並可立即視事故發生之情況通知沿線責任醫院與消防隊，並透過系統中之熱線電話聯絡工務段、警察隊等相關單位派遣人員及攜帶急救設備，按指定路線到達現場處理，以達到減少傷亡與儘速恢復交通之目的。

3.有效提供用路人資訊

由於高（快）速公路行車速度快且距離長，故須提供充份與即時之交通路況資訊，以作為用路人採取因應行動之參考。交通控制中心依據人工通報或沿線交通資訊蒐集終端設施所獲得之最新路況，藉資訊整合與傳輸路徑將資訊由各種顯示通報子系統，如可變標誌、廣播電台及資訊查詢語音廣播等，即時提供給用路人。

4.迅速協助用路人解決突發性困難

高（快）速公路為封閉性之道路，用路人在行旅途中發生突發性困難時，必須立即通報求援，如車輛故障、緊急傷病及道路障礙等。本系統可供用路人利用路邊緊急電話傳遞訊息，俾於最短時間內獲得救援與協助。高（快）速公路藉由各種交通流量偵測器、天候偵測器及閉錄電視等之偵測設施，偵測，經交控中心之電腦處理分析或人工研判，可擬定交通控制反應策略，進而作為訂定改善交通安全及效率方案之依據，以增進高(快)速公路之運輸效能，提昇整體路網之服務水準。

2.1.2 系統架構與功能

當交控中心電腦系統經傳輸系統接收到人工通報、監測範圍內路測終端設施，及週邊與其他交控中心所提供之資訊後，即透過交通管制策略軟體分析研判，並提出具體建議作為下達控制指

令之參考，或經由自動監控模組直接驅動。系統基本架構主要分為以下四大部份：

1.資料蒐集系統：

資料蒐集系統主要包括：車輛偵測、天候偵測器、橋樑沈陷偵測器、坍方偵測器、空氣品質偵測站、超高偵測器、閉錄電視、緊急電話機、行動電話、交通警察或工務車之無線電話，並可連接其他交控系統互換交通資訊。

2.通訊傳輸子系統：

通訊傳輸子系統負責交控系統之訊號，主要包括有線電通訊及無線電通訊兩部份，有線電通訊部份又區分為傳輸子系統及有線電話子系統。

3.傳輸子系統：

傳輸子系統包括語言傳輸、數據傳輸及影像傳輸。

4.有線電話子系統：

有線電話子系統包括熱線電話、緊急電話與專用電話等系統；同時，亦提供與電信局之連線，可提供市話與長途電話之服務。

5.無線電通訊子系統：

無線電通訊子系統包括無線電話系統及隧道廣播系統。無線電話系統主要提供公路警察、養護工程、消防醫療救護、車輛拖吊等單位之公務車輛，於執行公務時可互相通訊或控制中心聯繫；而隧道廣播系統於隧道區遇有交通事故時，可通知用路人作應變處理或緊急逃生。

6. 資訊電腦處理子系統：

各電腦設備依其責任範圍執行各種交控策略，其功能包含：

- (1) 資料收集
- (2) 資料之處理與分析
- (3) 交通策略之研擬
- (4) 資訊通報顯示之控制
- (5) 事件處理指令之下達

7. 資訊通報顯示子系統：

資訊通報顯示子系統依功能分為交通管制子系統與用路人資訊子系統，交通管制系統係指示或導引駕駛人之設備，而用路人資訊系統係提供用路人各項與高速公路有關之資訊。

8. 交通管制子系統包括：

資訊可變標誌、圖誌可變標誌、速限可變標誌、車道管制號誌、匝道儀控、“霧慢行”警示標誌及交通號誌等。

9. 用路人資訊子系統包括：

服務區路況查詢終端機、168路況查詢電話、交通專業電台、電信局電傳視訊、有線電視、電腦公告系統及智慧型車路系統。

除以上所提之交通控制系統主體系統外(詳細的交通控制設備如附錄一所示)，其他週邊系統如地磅系統、收費系統及隧道機電系統等與交控系統連接，而成為高速公路整體交通監控系統。

2.1.3 交控策略

為減少事件偵測及天候不良等路段因各項事件所產生之壅塞及危險性，交控系統將採行下列交控策略如：

- (1) 用路人資訊顯示。
- (2) 主線速率控制。
- (3) 匝道控制。
- (4) 路網轉向控制。

1. 用路人資訊顯示

用路人資訊顯示之主要功能係為高速公路之用路人及尚未進入但準備進入高速公路者提供所需的交通資訊，並配合共架之警示燈告警，提醒用路人注意，以利用路人採取適當的因應行動，其功能為：

- (1) 使用資訊可變標誌顯示下游路段事件訊息如地點、方向、里程、封閉車道數等，提醒用路人小心駕駛或改道行駛。
- (2) 使用資訊可變標誌顯示下游路段有關壅塞及濃霧、豪雨、強風等路況訊息，警告駕駛人小心減速慢行，以避免事故發生。
- (3) 使用資訊可變標誌顯示下游路段實施管制訊息，如主線速率控制，提醒用路人依管制措施行駛。
- (4) 透過語音、電腦資訊查詢及服務區之路況查詢電腦可提供用路人查詢各項事件內容、管制狀況、旅行時間及行車速率訊息。
- (5) 透過路況廣播可提供用路人事件內容及管制狀況。
- (6) 使用圖誌可變標誌顯示替代路徑之壅塞狀況，可作為用路人是否改道之參考。

- (7) 使用旅行時間標誌顯示至下游相關交流道之行駛時間，以利用路人掌握主線行車狀況。

2.主線速率控制

主線速率控制是使用速限可變標誌或多功能警示標誌來限制特定路段之行駛速率，主要實施路段為事件偵測路段及天候不良路段。其主要功能有：

- (1) 當事件發生時須於事件上游實施速限管制以提醒用路人減速慢行避免二次事故。
- (2) 當高速公路已逐漸發生壅塞現象，在其上游路段實施速率管制，以穩定車流避免事故發生。
- (3) 當高速公路發生濃霧、豪雨、強風時將影響行車安全，需顯示適當的行車速率以防事故發生。

3. 匝道控制

匝道控制是使用進口匝道上之匝道管制號誌，實施匝道儀控及匝道關閉，以管制車流進入主線，其主要功能為：

- (1) 當事件發生時，可於事件上游實施匝道儀控，以管制進口匝道流量，減低對事件影響程度。
- (2) 當事件嚴重程度到達需關閉匝道時，則可利用匝道管制號誌實施匝道關閉，以策安全。

4.路網轉向控制

路網轉向控制主要是因替代路網出現，可在系統交流道前，藉由資訊可變標誌及圖誌可變標誌顯示相關路況訊息予用路人，以供其選擇路徑之參考，達成路網控制之目的。

各類事件依其所實施之交控策略及啟動之設施，詳下表：

表 2.1 交控設施啟動表

交 控 事 件 類 別	資 訊 可 變 標 誌	速 限 可 變 標 誌	多 功 能 警 示 標 誌	霧 慢 行 標 誌	閉 路 電 視 攝 影 機	匝 道 儀 控 設 備	警 示 燈
壅塞事件	○	○	○		*	○	○
一般事件	○	○	○		*	○	○
天候事件	○		○	○	*		○
管制事件	○	○	○		*	○	○
其他事件	○				*		○

資料來源：高公局中區交通控制中心

*：本交控系統之 CCTV 攝影機可依實際設置地點自動鎖定事件發生之附近區域。

註 1：霧慢行標誌面板"霧"字為可變，可依不同天候事件型式，改為"風"或"雨"顯示。

2.2 資訊可變標誌系統現況與應用

資訊可變標誌系統為一種可程式化的交通管理設施，其能透過文字或圖形符號來傳達各項動態的控制或警告訊息給道路使用者，藉以增進道路使用率，並減低意外事故【12】。其中又以資訊可變標誌(Changeable Message Signs, CMS)或稱可變訊息標誌(Variable Message Signs, VMS)為主，故常以此泛指所有可變標誌系統。以下針對國內外常見之資訊可變標誌系統做一簡介。

2.2.1 國內資訊可變標誌系統

1. 國道高速公路資訊可變標誌

國內在 CMS 的應用方面主要仍是以高速公路之佈設為大宗，快速道路與少部份平面道路亦有建置的例子。目前國道高速公路常見的可變標誌系統依顯示內容區可分為圖誌可變標誌(Changeable Graphics Sign, CGS)、一般資訊可變標誌(CMS)及速限可變標誌(Changeable SpeedLimit Sign, CSLS)。圖誌可變標誌主要設置於高速公路之系統交流道（連接不同高快速公路間之交流道）前方，用來顯示前方高速公路路網狀況，並以不同顏色表示各路段的壅塞程度，以供駕駛人參考選擇其較佳行車路徑，如圖所示。

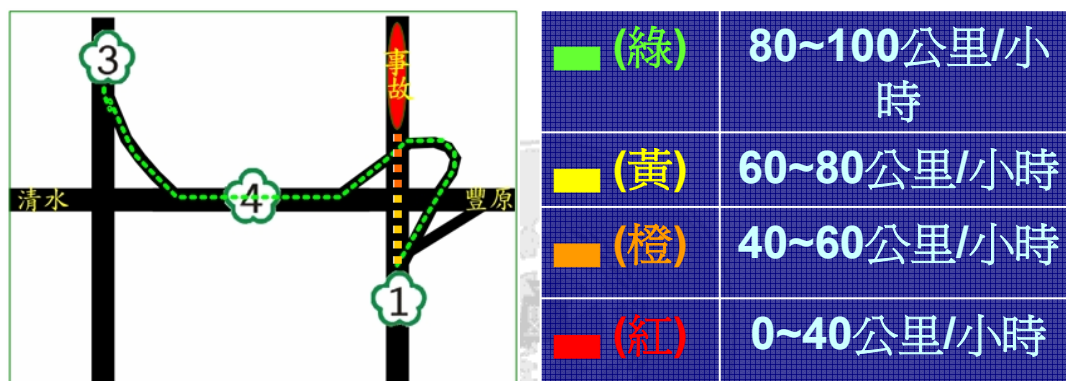


圖 2.1 圖誌可變標誌示意圖

目前國內北二高南下車道在鶯歌系統交流道前即設有圖誌可變標誌，車行至此若發現北二高前方路況壅塞嚴重，用路人可選擇利用桃園內環線及中山高至新竹，以避免陷入車陣中，如圖 2.2 所示。



圖 2.2 圖誌可變標誌（安裝於系統交流道前）

一般資訊可變標誌係以文字或簡易圖形即時通知用路人前方路況，促使駕駛人提高警覺，提前採取因應措施，以降低肇事之嚴重性，保持道路之暢通與行車安全(圖 2.3)。



圖 2.3 資訊可變標誌

速限可變標誌則是設置於易肇事路段，或為配合特定路段壅塞程度及事件資料等資訊，限制該路段的最高行車速率，以提醒駕駛注意前方速限的轉換，避免超速行駛。如圖 2.4 所示。



圖 2.4 速限可變標誌

2.高速公路可變訊息標誌相關法規與設置參考依據

國內有關可變訊息標誌的規範主要見於「道路交通標誌標線號誌設置規則」第一百三十三條：「可變性標誌，具有可變性能，按各類標誌圖案或文字製作，視需要以燈光或其他方式顯示之，用以告知車輛駕駛人警告、禁制、指示、服務或宣導事項。其使用方式得以人工、遙控或自動方式為之。本標誌所顯示之體形、顏色、大小、圖案即字體等，均應盡量與本規則相關標誌同」。由條文可知，相關法規僅對可變訊息標誌之顯示內容作原則性的規定，並未針對不同種類標誌之應用進行更詳盡的規範，故可變訊息標誌之尺寸規定，乃隨所採用的技術與所欲顯示的內容和數量而定，目前國內尚無統一規定，設置時多由交通或路權主管機關依需求自行訂定之。以台北市為例，其對可變訊息標誌之相關規定如表2.2所示：

表 2.2 台北市「可變訊息標誌規範手冊」

項目	內容
LED 組件光點亮度	中心點量測時，至少為紅色0.8cd，綠色0.7cd，全亮1.5cd，左、右眼視角為紅色36°以上，全亮42°以上，此時亮度為0.2cd 以上。
字窗數（模組數）	≥5個中文字/行，計有4行，每個字窗由16×16LED 組件組成
LED 組件尺寸	24±1 mm
每兩LED 組件間之中心距離	垂直與水平皆為30±1 mm
顯示方向	需可由左至右及由右至左
明視距離	晴天時，以60公里/小時之行車速度至少可於150公尺前看清楚顯示內容，行至標誌版前10公尺處，仍可看清楚內容

資料來源：台北市政府交通局

3.CMS 啟動及顯示原則

根據國道高速公路局交管組於民國 94 年所編訂的高速公路資訊可變標誌內容顯示原則分為以下幾項：

(一)一般事件

顯示個數原則是依據事件阻斷車道數(嚴重程度)，及是否位於都會區路段，阻斷車道數多及位於都會區路段，則啟動較多CMS 個數。其顯示原則是依據事件上游路況及事件嚴重程度二項因素所決定，若上游路況或事件嚴重程度未知，則顯示警告訊息。

(二)壅塞事件

顯示個數原則是依據壅塞嚴重程度，及是否位於都會區路段，壅塞嚴重程度高及都會區路段則啟動較多 CMS 個數。其顯示原則，最遠 CMS 顯示壅塞起終點之地點名稱及壅塞長度，次遠 CMS 顯示壅塞起終點之里程數及壅塞長度，最近 CMS 及壅塞車隊中 CMS 顯示至下一改道點(交流道出口)之壅塞長度。

(三)天候事件

天候事件以上游一個改道點 CMS 為顯示原則，若事件嚴重程度達需道路封閉時，則顯示原則比照一般事件顯示個數原則。其顯示內容主要包括：濃霧、強風及豪雨，其訊息顯示為事件種類及警告、改道或速限訊息。

(四)管制事件

實施壅塞速率控制時，管制路段上游之一座 CMS 顯示管制訊息，實施匝道儀控時，則該交流道之平面道路 CMS 顯示匝道儀控訊息，實施路網轉向控制時，該路段上游系統交流道之 CMS 顯示轉向訊息。

2.2.2 國外資訊可變標誌系統

1.日本疏運路網 CMS 之佈設方式

根據「日本新交通管理系統」(Universal Traffic Management System, UTMS)〔UTMS Website〕在部分路段採用指示路徑及行駛時間之指示形式，駕駛人認為在不同形式之指示資訊中，其先後優先順序為「文字」、「指示路徑及行駛時間」、「圖文並茂」，最後則是「圖形」，由此可知駕駛人還是較能夠接受及理解文字訊息之可變標誌(CMS)，其主要之原因為文字式訊息較為簡潔易懂，顯示指示路徑與行駛時間之可變標誌(CMS)對於特殊事件，例如肇事或是其他事故發生時之交通疏導則顯得非常重要，而圖文並茂或是顯示旅行時間之 CMS，則由於資訊內容過於複雜，使得駕

駛者難以於短時間內了解其資訊內容。因此就 CMS 之佈設方式而言，並非所有之訊息皆能採用單一之顯示形式來告知用路人，必須根據不同之內容、發布地點、用途以及管理者之規劃原則，來加以考量設置文字式、圖文並茂或是圖形式之 CMS，以下將介紹日本疏運路網 CMS 常見的佈設方式。

(一)文字式 CMS

此一系統最多可以顯示 15 個組合字元，且是由遠端之交控中心所控制。



圖 2.5 文字式 CMS

(二)預設式圖誌 CMS

此種類型之顯示面版，其所顯示之內容為預存於終端機內部，使用時由交通控制中心選擇欲顯示之資訊編號即可。

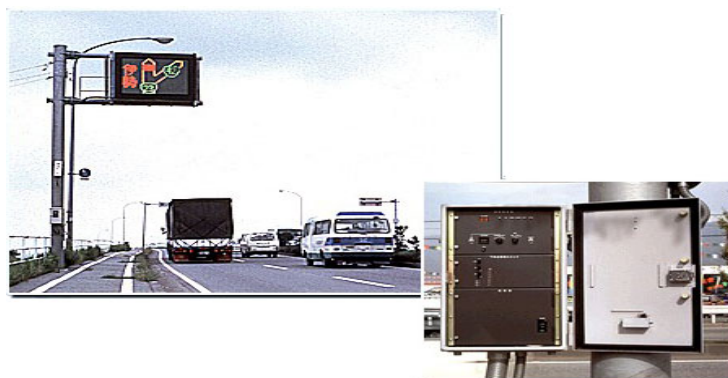


圖 2.6 預設式圖誌 CMS

(三)變化式圖誌 CMS

此種資訊顯示面版可以顯示字母、符號、圖樣，其控制方式亦由遠端交通控制中心所控制。其顯示方式為採用發光二極體，因此可以利用不同顏色（紅色、黃綠色、橘色）進行資訊區別，同時因為所採用的元件不同，其較一般採用燈泡顯示面版省電、更長之使用壽命。



圖 2.7 變化式圖誌 CMS

(四)制式化之文字 CMS

此種資訊顯示面版允許變動部分欲顯示之資訊，其顯示內容

可為文字及圖形，其控制方式亦為遠端交通控制中心所控制。

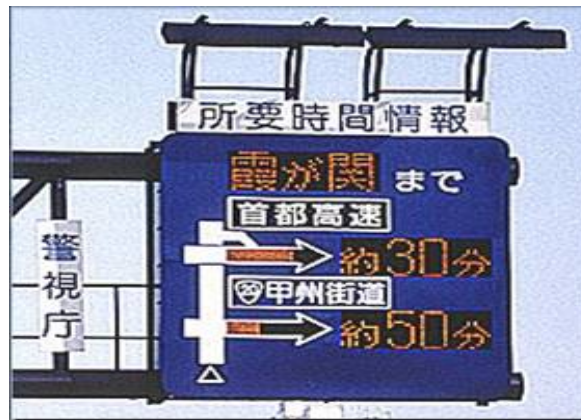


圖 2.8 制式化之文字 CMS

2. 美國之疏運路網 CMS 作法

美國採用工程經濟分析之增支益本比法 (Incremental Benefit-Lost Analysis) 來決定疏運路網中 CMS 之適當數量與設置位置。其考量既存指示標誌之前提下，CMS 之佈設原則有下列六項，其相關分類歸納如表 2.3 所示。

- (一) CMS 必須佈設在替代道路出口匝道之上游。
- (三) 如前方指示標誌距離匝道 0.5 哩以上，最近匝道之 CMS 必須佈設在二個前方指示標誌中間，否則應佈設在二個前方指示標誌前。
- (四) 如預期在匝道上游塞車，CMS 應佈設在二個前方標誌之上游處。
- (五) 當系統交流道 (interchange) 系列指示標誌使用時，CMS 應佈設至少在二個系統交流道前方處。
- (六) CMS 與前方下游指示標誌之間距至少 1,000 呎。
- (七) CMS 與前方上游指示標誌之間距應為 350 呎加上 CMS 之明視距離。

表 2.3 CMS 之相關分類

類別	考量因素
CMS 內容	1. 事故 (Accident) 類型。 2. 事故地點。 3. 事故對交通影響。 4. CMS 內容要給誰看 (CMS 內容之需求者為何)。 5. 策略為何。
CMS 內容顯示 方式	1. 間斷式訊息，一次全顯示。 2. 系列式訊息，一次一個內容。 3. 跑馬燈式訊息。
CMS 內容提供 資訊	不導引 CMS 標誌之內容： 顯示之內容僅止於提供前方路況，並不具導引之功能。
	導引 CMS 標誌可區為下列兩種： (1) 具告知事故影響，由用路人自行判斷，並自行決定替代道路。 (2) 告知替代道路訊息

資料來源：【23】

美國華盛頓特區運輸部門在相關指導方針【28】中指出，CMS 應設置地點為瓶頸路段上游、易肇事路段以及主要轉向點，不應設於交流道內，且兩根 CMS 桿架間至少應相距 3/4 哩。美國 Nebraska 公路部門則於「CMS 發展指導方針」【31】中提及，CMS 之設置可分為三個階段，並以 Omaha 為例進行 CMS 設置位置之評選，第一階段為找出所有可能轉向點，第二階段進行成本效益分析，第三階段則估計替代道路之交通轉向效益及 CMS 間的相互依賴關係，據以找出最適當的 CMS 設置位置。

2.2.3 資訊可變標誌相關研究

林豐福【12】，所謂可變訊息標誌乃是一種可程式化的交通管理設施，其透過文字或圖形符號來傳達各項動態的控制或警告訊息給道路使用者，藉以增進道路使用率，並減低意外事故。而當其應用於高速公路時，主要在顯示前方交通管制或警告、一般狀況以及宣導等訊息，其顯示重點經整理後包括地點、地點補充、

車種、原因、指示、交通管制、結果、其他以及相關政令宣導等事項，常見顯示內容如表2.4所示。

吳健生【11】，可變訊息標誌（CMS）取其顯示內容多樣化之特性，以文字或圖形的方式傳遞道路交通或天候資訊給用路人，原則上設置地點如下：（1）高速公路出口匝道之上游；（2）高速公路匝道出口處；（3）特殊路段；（4）隧道入口前或隧道內；（5）高速公路系統交流道處...」。由此可知可變訊息標誌不僅僅設置於高速公路之上，在快速道路、平面重要幹道之設置亦十分重要。

表 2.4 常見 CMS 顯示內容

顯示重點	可能顯示內容
地點	高速公路沿線交流道名稱及隧道名稱（或里程數）、交通事件發生地點、重要地名及相關平面道路。
地點補充	附近、前方、南下、北上、進口、出口、匝道、內車道、外車道等。
車種	大型車、小型車、大貨車、聯結車等。
原因	車禍、壅塞、施工中、濃霧等。
指示	減速慢行、小心駕駛、靠右行駛、請走省道、請走國1道、請由94公里處出交流道等。
交通管制	匝道管制、封閉內1車道、封閉外1車道、速率管制、禁行重車等。
結果	壅塞1公里、行車時間15分鐘。
其他	暫停收費、恢復收費等。
相關政令	宣導 1月1 日實施差別費率。

資料來源：【12】

先進用路人資訊系統（ATIS）最常以道路沿線所設置之可變訊息標誌作為媒介，傳達道路交通即時資訊給用路人，其系統基

本架構共包括（1）車輛偵測器（Vehicle Detector）、（2）閉路電視攝影機（CCTV Camera）以及（3）可變訊息標誌（Variable Message Signs, VMS）等元件至於CMS 設置地點原則上如下所述：

- (1) 一般狀況下設置於高速公路出口匝道之上游，以利下游路段發生重大是故不利繼續前行時，指示車輛駛離主線，改行替代道路。
- (2) 高速公路匝道入口處得視需要設置之，用以顯示高速公路之路況或相關管制措施，如匝道儀控、匝道封閉、暫停收費等。
- (3) 特殊路段，如重現性壅塞、濃霧、強風、豪雨、陡坡、視距不良等路段，得視需要設置可變訊息標誌，用以傳達即時交通或危險資訊。
- (4) 隧道入口前或隧道內等間距設置之，用以即時反應隧道內之狀況。
- (5) 高速公路系統交流道處，用以管控不同高速公路間或高速公路與快速道路間車流的互換。若系統交流道極長時，可於入口前酌於增設。

陳澤澎、陳金源【18】的研究指出，由於高速公路上的CMS 顯示幕其主要功能是為了提供給駕駛用路人良好的道路服務品質，亦即讓行駛於高速公路上的的駕駛者有安全、舒適、方便及省時的感覺。而為達上述品質要求，高速公路所使用之LED 顯示幕必須具備下列四個基本條件：

（1）明識性（Conspicuity）

高速公路上的顯示必須很明顯而吸引駕駛人的注意去觀看顯示幕上的資訊，但又不能太亮麗或富變化，而影響駕駛人的行車安全。

（2）易讀性（Legibility）

顯示於顯示幕上的資訊，通常以文字、數字或簡單圖形顯示，必須能讓駕駛人於適當距離便能很容易讀取所顯示之資訊。

(3) 易瞭解性 (Comprehensibility)

顯示幕上的資訊必須很容易讓車輛駕駛人於短時間內清楚的明瞭所顯示的資訊內容。

(4) 可信賴性 (Credibility)

顯示幕上所顯示之資訊必須足以讓駕駛人信賴，並採取適當之反應或行動。而針對高速公路上所使用之LED顯示幕為達上述四個基本條件的要求，在設計上必須考慮以下因素：

1. 辨識角度

一般駕駛者在行進中的車內可以舒適觀看正前方仰角在 7° 以內的景物，如圖2.17所示。當駕駛者逐漸接近LED顯示幕時，此一夾角逐漸增大，直到駕駛者的車子與顯示幕接近至某一距離，在此定義為消失距離，此時駕駛者眼睛與顯示幕之連線與水平面夾 7° 角。大於此一角度，也就是駕駛者與顯示幕之間的距離小於消失距離，駕駛者將無法辨識顯示幕上顯示之內容。消失距離可以由下列公式計算而得：

$$\text{即 } Dd = \frac{hd - he}{\tan \alpha} \quad (2.1)$$

he ：駕駛人眼高度，約1.2公尺

hd ：顯示幕高度，約1.0公尺

h ：顯示幕離地高度，約6公尺

α ：駕駛者在車內可舒適觀看前方景物之最大仰角，約 7° 左右。

由上列公式可算出消失距離約為 $Dd = 47\text{m}$ 。

2. 可視距離 (Visibility Distance, Dv)

可是距離等於消失距離加上閱讀距離，所謂消失距離是指駕駛者距離至顯示板某一距離內即無法看到顯示板上所顯示的資訊。而閱讀距離是指駕駛者要讀完顯示板上資訊所需時間乘以行車速率。閱讀時間與文字大小、亮度、色彩及顯示資訊熟悉度等因素有關。因此，可視距離可經由下列公式計算而得。

即可視距離 $D_v = D_d + D_r$

$D_r = V \times t \div 3.6$

$D_d = h + h_d - h_e \div \tan \alpha$

D_v ：可視距離

D_d ：消失距離

D_r ：閱讀距離

V ：汽車時速，單位為公里/小時

t ：為閱讀資訊所需時間，單位為秒

而依據研究報告【18】顯示，駕駛用路人之中文字閱讀實驗時間值如表2.4所示，而其在不同車速與字數之閱讀距離與可視距離則如表2.5所示，若以 $h_e = 1.2\text{m}$ 、 $h_d = 1.0\text{m}$ 、 $h = 6\text{m}$ 與 $\alpha = 7^\circ$ 為例，可得消失距離為 $D_d = 47\text{m}$ ；又假設駕駛人車速為 100km/hr ，20個字閱讀時間為2.5秒，可得閱讀距離 $D_r = 69\text{m}$ ，合計可視距離為 116m 。

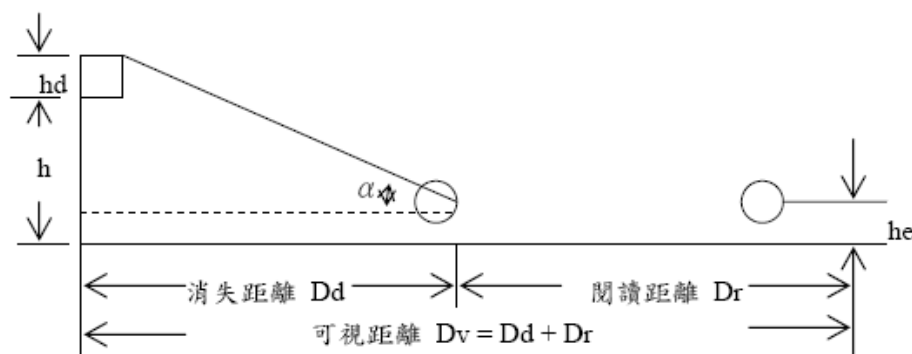


圖 2.9 可視距離示意圖

表 2.5 閱讀時間實驗值

字數	12	15	20
t (sec)	約 1.7	約 1.95	約 2.5

資料來源：【18】

表 2.6 不同車速下的閱讀距離與可視距離

字數	T (sec)	Dr (m)			Dv (m)		
		60	80	100	60	80	100
		km/hr	km/hr	km/hr	km/hr	km/hr	km/hr
20	2.5	41	55	69	88	103	116
15	1.95	32	43	54	79	90	101
12	1.7	28	38	47	75	85	94

資料來源：【18】

可變標誌在於交通控制與管理上有其必須的重要性，以下將針對駕駛者對可變標誌認知情形與顯示內容之理解程度做一文獻之彙整及說明。

Benson【27】在美國華盛頓特區（Washington D.C.）針對500位以上的駕駛者進行調查，結果發現人口統計變數，如年齡、教育程度、性別以及收入等，似乎有會影響駕駛者對可變訊息標誌的態度。此外，Chaterjee【28】的研究指出在倫敦有80%的駕駛者認為可變標誌（CMS）所呈現的資訊是有用的，而95%的駕駛者則可以正確的理解出可變標誌（CMS）的縮寫涵義。至於在巴黎則有研究指出97%的駕駛者知道可變訊息標誌的存在，62%的駕駛者完全了解可變標誌呈現的資訊內容，還有84%的駕駛者其所呈現的資訊是有用的，最後則至少有46%的駕駛者因為其所呈現的資訊內容而改變行車路線。

Wang & Lai【35】透過模擬實驗室的方式進行研究，並指出可變訊息標誌呈現之訊息顏色、呈現方式、訊息行數、天氣狀況以及車道別等，對於駕駛者之反應時間都有顯著的影響，其結果

認為標誌以綠色為顯示顏色的反應時間最短，紅色則最長；而且間斷型的訊息顯示方式較連續型的顯示方式之反應時間更短；還有單一行數的訊息呈現方式亦較同時多行訊息的呈現方式更佳。

Garvey【30】曾針對 CMS 之易讀性進行探討，指出一個成年人在正常閱讀狀態下，平均每分鐘可閱讀 250 個英文字，大學學生的平均閱讀率則為每分鐘 280 個英文字，但視力較為衰退的人之理解力則為每分鐘 105 字，因此對一個不熟悉路況駕駛人而言，1 秒約可閱讀一個簡短的單字、2 秒可閱讀一個單位的訊息；而當 CMS 必須顯示多頁訊息時每則訊息的顯示時間僅 1.6 秒且一則訊息在正常閱讀時間內應至少在顯示板上顯示兩次，因此依用路人接受資訊之反應時間，CMS 所顯示之資訊，每一行文字至少須停留 10 秒或者是更長的時間。

2.3 事件自動偵測方法

道路上所發生的事件，根據國道高速公路局的定義，大抵分為一般事件、壅塞事件、天候事件以及管制事件。其中天候事件為非交通因素產生之事件，管制事件則為預先安排之行為，只有一般事件及壅塞事件為即時發生且與交通因素相關。因此事件自動偵測大多針對以上兩種事件進行。

王秀帆【3】於 92 年的研究中指出，道路事件偵測之方式依照其偵測手段可大致分為四類：

1. 人工偵測

由巡邏之交通員警或熱心民眾等，在經過事件發生現場時以電話回報交通控制中心。人工偵測的最大好處為人員現場直接以肉眼確認，較不易產生誤判的情形。然而事件發生時並不一定剛好有人員經過回報，且人員出勤的成本高昂，使得此方法的整體效率較差。

2. 車輛偵測器偵測

依據車輛偵測器(VD)所測得的車流資料，如流量、速率、佔有率及車種等車流資訊透過通訊設備傳回交通控制中心，再經由事件偵測演算法判斷有無事件發生，提供交控中心採取適當措施。

3. 影像式偵測

影像式偵測與車輛偵測器偵測最大的不同在於其並不蒐集路段的車流資料。影像式偵測是使用攝影機錄製畫像，經由影像處理器及相關分析軟體直接判讀是否有車輛停在高速公路中。使用影像式偵測器的優點為偵測時間較短，因為影像式偵測器屬於「面」式偵測器，通常對於發生意外事件而造成車輛停等於車道上之情形能在數秒內完成判讀並傳回交控中心。其缺點為不易分辨車輛延滯情況的原因為意外事故還是擁塞所造成的現象，相較於其他偵測設備影像式偵測器之購置成本亦較昂貴。

4. 探針車偵測

探測車(Probe Vehicle)偵測法是利用道路上行駛的車輛將沿路所蒐集之相關車流資料，藉由定位設備與無線傳輸等方式傳給交控中心電腦系統，並經由演算法判斷出發生事件之路段、種類，作為交控中心事件管理參考之依據。

以上四類偵測手段中，除了第一類之外，其他皆為整合電子、通訊、控制等技術的自動化事件偵測手段。由於事件自動偵測較人工偵測的偵測程序準確且即時，使得效率提高而成本降低，因此大多數的交控中心皆以此進行事件偵測。

2.3.1 事件自動偵測方法之種類

事件偵測演算法的發展已久，產生出許多不同理論基礎的演算法。針對這些性質各異的演算法，許多相關研究文獻亦有不同之分類方法。大致而言，事件偵測演算法依照性質可略分為型態識別法、預測法及人工智慧法三大類。以下將此三大類演算法之

基礎理論介紹如下：

1. 型態識別法

型態識別法是將兩相鄰偵測器於間隔時間內所測得之交通參數差異相比較，並利用歷史事件所歸納之交通參數門檻值進行事故之判定與決策。此類方法甚多，包括加州演算法、APID演算法、澳洲演算法、貝氏演算法、McMaster演算法、Minnesota演算法、高佔有率演算法等等。

(1) 加州演算法系列(California-based algorithms)

加州演算法為由加州TSC(Technology Service Corporation)和IDOT(Illinois Department of Transportation)所陸續發展之一系列演算法，其偵測邏輯為利用上下游偵測器之佔有率與同一偵測器前後時段佔有率之差異，作為判斷的依據。以二元決策樹為基本架構，包含一系列之決策點(Decision Node)，每個決策點是以特徵值和門檻值做比較，再依比較結果進行下次決策點，直至端點。此演算法因簡單、直接且績效不錯，因此被廣泛的使用。此類演算法的關鍵在於訂定適當的門檻值，且各路段的交通特性不一，以固定一致之門檻值作判斷有失客觀，也影響了其適用性。

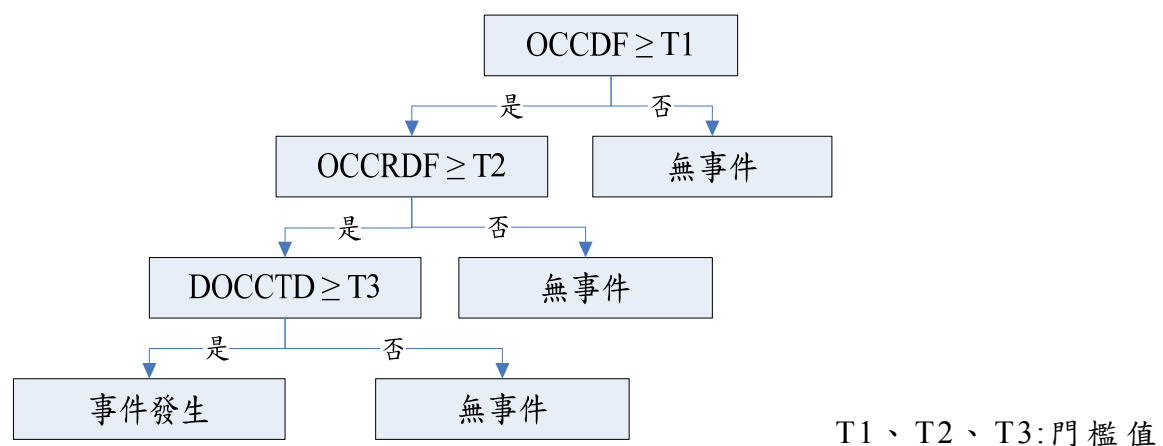


圖 2.10 加州法事件偵測流程圖

表 2.7 加州法參數定義表

特性變數	解釋	定義
$OCC(i,t)$	測站 i 於 t 時間之佔有率	$OCC(i,t)$
$DOCC(i,t)$	下游佔有率	$OCC(i+1,t)$
$OCCDF(i,t)$	佔有率空間差異	$OCC(i,t) - DOCC(i,t)$
$OCCRDF(i,t)$	佔有率空間相對差異	$\frac{OCCDF(i,t)}{OCC(i,t)}$
$DOCCTD(i,t)$	下游佔有率時間相對差異	$\frac{DOCC(i,t-2) - DOCC(i,t)}{DOCC(i,t-2)}$

(2) APID演算法(All purpose incident detection)

為加州演算法系列後續衍生之演算法，其使用車流特性資料進行事件偵測的程序為：採用平滑後的單位時間佔有率資料，進行壓縮波及持續性偵測。較適用於高流量狀態。

(3) 澳洲演算法

1989年由ARRB(Australian Road Research Board)和Roads Corporation of Victoria 共同發展澳洲演算法，除了比較兩相鄰偵測器間之交通特性資料的差異外，還增加相鄰車道間交通變數在時間序列上之差異比較，藉以偵測事件。

(4) 貝氏演算法(Bayesian algorithm)

1978年由Levin 和Krause 所發展，利用有事件和無事件之歷史交通資料，建立機率模式並運用貝氏理論建構有、無事件的情況下發生事件的機率，進而建立門檻值來偵測有無事件發生。若交通資料大於門檻值則發出警訊，透過一連串持續測試以確定事件的發生。此演算法利用歷史交通資料建構機率模式，為了得到正確的機率值，必須使用大量的歷史資料來構建機率模式，且要包含事件和無事件兩種資料，但蒐集事件資料相當困難，所以造成演算法校估的困難而進一步影響其實用性。

(5) McMaster演算法

以劇變理論為基礎所發展而來，其架構於1965年由Athol提出，後來Persaud和Hall於1989年發展而成，再由Forbes修正。其認為當車流由非擁擠狀態進入擁擠狀態時，車速極遽改變，但流量與佔有率卻平緩變化，因此利用低速率、高佔有率和擁擠車流等資料來偵測擁擠及其造成的原因。此演算法可以辨別重現性壅塞與因事故所造成的壅塞，門檻值可隨區域特性而更新，但在低交通量時劇變現象不顯著，故不適用於低流量狀態。

(6) 明尼蘇達演算法(Minnesota algorithm)

1991年由Minnesota大學Stophanedes和ChassiaKos兩人所發展，其偵測邏輯理論基礎為：藉由有效的雜訊消除平滑技術，將不必要的干擾予以消除，再比較上下游偵測器間車流密度的佔有率數值差異，來判斷是否有事件發生。適用於中、高流量狀況。

(7) 高佔有率演算法(HIOCC algorithm)

1979由英國Collins所發展，以偵測靜止或低速之車輛在偵測器佔據的時間長短來決定事件是否發生。此演算法較適用於中、高流量之情況。

2. 預測法

此類方法是依據實際觀測交通資料於時間和空間上與預測值比較，利用兩者間之差異性作為判斷事件發生與否之準則。此類之演算法包括SND演算法、雙指數平滑法、ARIMA演算法、卡門濾波法等。

(1) SND 演算法(Standard Normal Deviate)

1974年由Dudek和Messer共同發展，為預測法之始祖。其認為事故發生時，交通參數的改變比平常大，所以利用交通參數的變

化率來判斷事件發生。將控制變數對平均值的差異以標準差加以標準化，標準化後的值作為判別交通參數變化率的依據。以交通參數變化率取代傳統絕對門檻值，能避免不同時間的變異所產生之偵測錯誤的缺點。

(2) 雙指數平滑法

1973年由Cook及Cleveland所發展，以雙指數平滑技術處理交通特性資料，然後利用一追蹤訊號來顯示交通偏離之趨勢，然後依照偏離趨勢的大小來判斷事件的發生。

(3) ARIMA演算法

1979年由Ahmed和Cook所發展，此演算法利用Box和Jenkins所提之整合自我迴歸移動平均模式(ARIMA)處理及預測時間序列(time-series)之交通資料，用來偵測高速公路的事件。所採用的觀測值為佔有率，當實際值超過預測值之信賴區間時，則判斷有事件發生。

(4) 卡門濾波法

1987年由Chui和Chen利用卡門濾波器進行即時偵測演算的應用，由一些夾雜雜訊的資訊中找出最佳濾波，並利用過去的交通資料建立動態方程式，再利用轉換矩陣求得估計值，若估計量與實際值相差太大，則表示有事件發生。

3. 人工智慧法

常用之人工智慧方法包括了類神經網路法(Neural network-based algorithm)與模糊理論法(Fuzzy set)兩種。

(1) 類神經網路法

此一方法是於1991年由Cheu與Ritchie所提出的三層類神經

網路偵測法，包括：輸入層、隱藏層和輸出層，再利用 INTRAS 交通模擬軟體所產生的高速公路事件資料進行學習與測試。此演算法是一種模仿生物神經單元的資訊處理系統，具有平行處理的能力與特性。當類神經網路的訓練學習資料愈完整，則績效愈好。其中以倒傳遞類神經網路最為常用且效果不錯，但其學習過程較長，難以應付瞬息萬變的交通情況。

(2) 模糊理論法

以模糊理論為演算法理論基礎，包括模糊型態辨識法、模糊系統識別法、FLIPS 演算法、模糊專家系統法等。

模糊型態辨識法(Fuzzy Pattern Recognition)主要偵測原理為將新產生的車流特性樣本，依其特性分派到「近似程度」最高的群組中，「近似程度」的定義由「最大隸屬度原則」和「最近中心劃分法」計算而得。在模糊型態識別法中，利用輸入變數(如佔有率和速率)的屬性來做模糊分類，分成有意外事件和無意外事件兩類，再利用分類所得的群組中心來進行偵測，並判斷是否有事件發生。

模糊系統識別法(Identification of a Fuzzy System)利用不精確的語意資料來辨識、建構一個模糊系統，此模糊系統須能粗略的表示資料之間的因果關係。資料間的因果關係以構建完成的模糊關係加以表達，因而可以將新的資料輸入其模糊數進行組合運算後再輸出模糊數輸出資料，此即觀測系統的最新狀態結果資料。

FLIPS演算法法(Fuzzy Logic Incident Patrol System)主要是結合模糊理論與類神經網路進行事件偵測。此演算法仍然以模糊理論進行事件發生之判斷，但加入類神經網路藉由訓練範例測試出最佳的輸入輸出隸屬函數。因此在整合後，系統可以順應實際車流狀況和排除偵測站本身特性的影響，更有效率的偵知車道上事件的發生。

2.3.2 國內事件偵測相關研究

黃振賢於1992年對車輛偵測器種類做了詳細的介紹，並以中山高速公路基隆至楊梅路段為研究範圍，收集高速公路交通控制中心某週內日之每日事件報表和5分鐘流量、佔有率報表資料，以取得事件發生時間與事件發生前後之流量、佔有率資料。經過與加州演算法7(TSC7)、雙指數平滑法、卡門濾波法三種演算法的績效比較後，結果發現卡門濾波法的績效較佳、TSC 演算法次之、雙指數平滑法之誤報率較高。

曾信忠【23】認為一般事件偵測演算法大都採用門檻值來判別事故發生與否，而對於具有動態不確定性的交通狀況而言，容易產生誤判。因此利用模糊理論(Fuzzy Set)處理不確定性之特性，發展型態識別和系統識別兩種事件自動偵測演算法，以中山高速公路事件資料加以測試，並和倒傳遞類神經網路、TSC7演算法做比較，結果發現模糊型態識別或模糊系統識別的偵測率都比TSC7演算法要好，而類神經網路亦有不錯的偵測率，但需較多的學習時間，不符合即時偵測的功能要求。

邱顯鳴(1995)透過實際調查發現，車道變換行為在事件發生時具有特異性，因此利用影像式偵測器蒐集車道變換率與傳統偵測參數(速度、佔有率)，以劇變理論(Catastrophe)之原理加以發展。模式利用倒傳遞類神經網路為工具，建構事件偵測演算法。此演算法除可快速準確地偵測重現性和非重現性壅塞外，並可判斷事件之嚴重程度。此演算法的偵測率為100%、誤報率為1.8%、平均偵知時間則為50秒。

葉源祥(1995)認為傳統事件偵測演算法採用的交通參數為巨觀參數，參數取得時間較長，易產生偵知時間過長的缺點，所以採用微觀車流參數(單一車輛速度和時間間距)，透過倒傳遞類神經網路來構建事件偵測演算法。經過驗證發現該演算法的偵測率和平均偵知時間績效皆不錯，但誤報率偏高。

魏健宏等人在1998年以倒傳遞類神經網路發展高速公路意外事件自動偵測模式。由意外事故模式所產生之車流資料，與實際由高速公路五分鐘報表抽樣之無意外事故車流資料進行訓練與測試。以流量和佔有率的空間和時間特徵資料共八個變數為輸入變數，輸出變數為事件是否發生，偵測績效為偵測率100%、誤報率0%，可知偵測效果非常好。

鄭雅文在1997年的研究中，以突破傳統事件偵測演算法事後偵測的方式，首先引進「事前預測」的概念，預防追撞事故發生。此演算法的主要判斷邏輯為：車隊前方突然有車輛緊急煞車，運用類神經網路預測出後方跟車之最大間隔減量，用以判斷車隊後方是否發生事故。其偵測績效為偵測率83.9%、誤報率10.64%、平均偵知時間-11.81秒，可知該研究已突破傳統上偵知時間為正值的觀念。

沈良珍(1998)針對高速公路事故發生後對車流所造成的衝擊，提出即時預測的方法，此方法主要為構建一非連續、非線性動態隨機系統(discrete-time nonlinear stochastic system)，並結合卡門濾波理論，以即時預測事故發生後，車道內與各車道間之動態車流行為；並進一步利用所預測之車道交通狀態變數，構建動態車流衝擊預測模式和五種事故衝擊指標來描述事故所造成之交通衝擊程度。

楊雨青(1998)利用類神經網路整合事件偵測與匝道儀控兩項管理工作，建構了一套具有事件偵測功能的類神經網路匝道儀控模式。其演算法首先利用類神經網路進行事件偵測，偵測車事件發生與否後，再代入匝道儀控模式中推估最適儀控率，以立即針對實際交通狀況做即時的管制與疏導。

李啟仲在2000年的研究中蒐集高速公路交通背景資料，修改CORSIM 車流模擬軟體中的相關參數以取得交通資料，並利用模糊聚類的概念，發展一方法架構，辨識重現性交通壅塞和事故的

發生，提供事故屬性資料及事故可能性大小。其方法不僅和傳統事件偵測演算法一樣可偵測有無事件發生外，並進一步即時辨別事故型態，和提供事故相關之屬性資料，包括事故位置、影響車道數及車流特性資料，以提供即時事故偵測與管理所需決策之用。偵測事件發生的績效為偵測率100%、誤報率0%、偵知時間27.98 秒。

侯鈞元【16】以市區道路為研究範圍，利用多項羅吉特模式構建事件偵測模式，該演算法使用羅吉特模式中效用函數的概念來描述事故發生的機率，計算出每一車道發生事故之機率值和無事故發生之機率值，選取機率值為最大者，來判斷事故有無發生。此演算法不僅可以偵測事件的發生，也可判斷事件發生之所在車道。但當遇到最大機率值不高時，較易造成誤判，因此在事故判斷前設置一機率門檻值，若最大機率值低於門檻值，則判斷為無事故發生。

2.4 模糊邏輯文獻

2.4.1 簡介

模糊集合的觀念在 1965 由 Zadeh 教授提出後，接下來 Mamdani 及其研究群在受到 Zadeh 教授的鼓勵下，設計了一個由模糊參數以及模糊法則所組成的控制器，成功的模擬了人類推理的方法，並得到了不錯的控制結果。於是 M.Sugeno 工程師，便在日本展開一連串的研究，而使得模糊邏輯控制器(Fuzzy Logic Controller 以下簡稱 FLC)得到世人的重視。

模糊邏輯控制提供一種演算法則，將包含了專家知識的語言控制策略，轉換成自動控制策略，其優點在於它可以應用在當受控體太過於複雜，或難以用數學模式表示的狀況，以及控制器的設計可以直接用幾條反映專家經驗的模糊法則所表示，使 FLC 可以仿照專家的經驗來對於受控體進行自動化的控制及管理。一般

而言，FLC 分成輸入空間模糊分割(Fuzzy partition)、模糊推論、推論整合以及解模糊化(Defuzzification)四個步驟，如圖所示，在 3.2 節中將會有詳細的介紹。

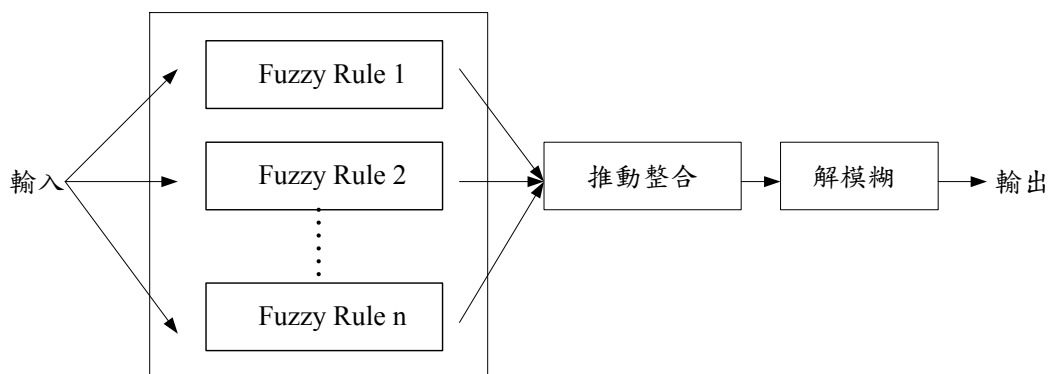


圖 2.11 FLC 的主要程序

模糊邏輯控制是一種易於控制、容易掌握的非線性控制器，模糊邏輯的應用領域包括了：控制工程、圖樣識別、量化分析、專家診斷系統、預測、排程、自然語音處理、軟體工程等。

2.4.2 模糊邏輯控制之應用

由於模糊理論使用了和傳統數學理論不同的方法，反而能得到顯著的功效。因此，近年來其所能應用的範疇也更趨廣泛，以下將針對模糊邏輯控制應用於各個領域進行相關的文獻進說明。

陳拓榮【17】主要是描述一個利用模糊邏輯判別駕駛人是否疲勞之安全警告系統(Drowsiness Warning System)。一般駕駛者在長途駕駛或精神不佳的狀態下，眼皮常會因為疲憊而漸感沉重，注意力也開始漸漸不能集中，產生雙眼難以睜開、反應力下降、注意力無法集中、連續打呵欠和汽車搖擺前行，儀表的判讀能力下降等情形。在這樣的情形下，便產生了潛在的肇事危機。本系統的發展架構主要是利用裝置在儀表板上的攝影鏡頭，擷取車室影像。利用影像處理中色彩空間改變、影像像素累加、影像平滑處理、影像灰階處理、影像二值化處理... 等技巧由車室影像中抽

取出駕駛人的臉部及眼睛位置，並計算眼睛開和閉的次數。因為疲勞為非定量且主觀的判斷，因此我們利用眼睛開閉兩參數當作輸入參數，駕駛人生理狀態當輸出參數，利用模糊邏輯(Fuzzy Logic)來計算駕駛人的疲勞程度，當疲勞時予以警示。

陳永森【16】從傳統產業蓬勃發展到現代化產業，壓力容器系統始終被廣泛使用在各類化工製程上，用以發展相關產業用品。在現代化高科技工業需求下，需要製造更多經過高溫高壓處理的精密產品，因此高危險性的高溫高壓工作環境，日益增加，連帶產生工安相關問題需要注意和解決。壓力容器設備使用易發生危險，相關意外事故如未能即時處理，必造成嚴重的人員傷害和財物損失；因此，建立壓力容器即時監測回授控制系統，可增加化工製程的穩定性和安全性，並可提高生產效率和降低成本。本研究根據信號方向性圖示理論，設計壓力容器即時偵錯系統，可迅速正確地找出失常根源，並研擬簡單而迅速的因應措施。預防此方法在定量分析資料的不足，以致解析度不佳，而產生偽解，因此在研究中加入模糊集合理論，增加定量分析的資料推導，比較與各失常根源相關之失常模糊集合的失常隸屬度大小，來決定真正的失常根源與傳播路徑。文中以蒸汽鍋爐系統為例，來驗證自動失常診斷理論的可行性及其結果判讀的可靠度，實際架設之鍋爐系統模型驗證本應用理論已具準確的實用性。

張銘聰【20】，為了構建一「公車即時調度模糊專家系統」以協助調度員解決公車即時調度問題，而採用"Level 5Objects"作為系統發展工具並應用模糊理論協助系統推論，以此構建了模糊專家系統。其研究結果為：

- 1.訪得公車調度專家的經驗以構建公車調度知識庫。
- 2.建立三項模糊變數（路況、客況及需求變動狀況）作為評估外在環境的準則。

3.系統測試結果證實能協助調度員處理意外狀況。

簡聰敏【24】利用影像處理的方法來追蹤移動目標物及控制攝影機鏡頭的對焦(focus)、光圈(iris)及變焦(zoom)。影像伺服追蹤的方法是利用攝影機擷取移動目標物的一連串動態影像，由相鄰兩張影像做差分運算，將移動目標物與背景分離。同時將正、負差分影像分別做水平及垂直的投影運算後再做交叉相關運算，可以求出移動目標物的移動速度和移動向量去控制 pan 及 tilt 伺服馬達，使攝影機鏡頭的光軸對準目標物的中心，完成即時視覺影像追蹤。控制攝影機鏡頭的對焦、光圈及變焦，本論文是利用模糊控制的方法來達成。在鏡頭的對焦控制部份，以擷取影像的頻譜來設計輸入歸屬函數，控制攝影機鏡頭的對焦；在鏡頭的光圈控制部份，以目標物影像的灰階平均值和標準差來設計輸入歸屬函數，控制攝影機鏡頭的光圈；另外以目標物的大小、移動速度之變化與目標物外形改變時擷取之影像的可信任度來設計輸入歸屬函數，達成攝影機鏡頭變焦的控制。

Hoyer et al.【31】描述了運用模糊控制的方法在都市地區之交通號誌控制上，藉由模糊控制當交通情況改變時其號誌之適應可容易的達成。此研究模式主要是著眼在控制路口 12 個主要方向之車流，其研究範圍為考慮雙向之幹道、多重時相控制以及考慮轉向主要方向之車流。其模糊控制器所運作之狀態變數有 10 個，控制變數有 2 個，所使用之模糊規則有 72 條。在系統績效評估方面，作者使用五個不同之控制器來對連續的三個路口進行模擬，每個路口的控制器是獨立的運作，並且採取九種情境分析，其模擬結果此研究之控制器對旅行時間的平均損失是最少的。

Niittymäki【33】描述了在真實路口裝置模糊號誌控制器的研究。此模糊控制包括兩階段，第一階段主要是分辨交通狀況，其所使用之狀態變數為流量以及佔有率，控制變數為交通狀況（比如超過飽和流率..等）。至於第二階段主要目的是要調整週期以及綠燈時間，所使用之狀態變數為在綠燈方向時之進入車輛以及在

紅燈時之停等車輛，控制變數為綠燈延長時間。其報告呈現出觸控式號誌與模糊控制系統在微觀模擬與實際調查測量兩方面之比較。其結果顯示證明出模糊號誌控制（FSC）能被安裝於真實的道路上且模糊演算法較傳統的車輛觸動號誌控制更為有效。

Trabia et al.【34】描述單一獨立路口模糊邏輯號誌控制之設計與評估，此獨立路口有四個方向，且各方向皆有左轉專用道。此控制器的設計是用來即時的反應交通量需求改變。且此報告所做的決策是採用兩階段之模糊邏輯過程。第一階段使用觀察臨近路段的車流資料來估計相對競爭的臨近路段之車流強度，其狀態變數為四個方向之車流與停等長度，而控制變數為車流強度，規則數為 16 條。然後，這些車流強度會被使用在第二階段以用來決定現有號誌時相是否應該延長或結束，而其狀態變數為紅燈時之車流強度以及綠燈時之車流強度，控制變數為現有時相之延長或停止，在此使用之規則數也是 16 條。在模擬之績效評估方面，經由與觸動號誌控制相比較，在整體的平均延滯方面，模糊號誌控制改善了 9.54%；而在整體的停等車輛百分比方面，其改善了 1.29%。

依據目前車流速率、前後時段之密度變化以及入口匝道車流量，當作模糊控制的輸入變數，再產生一控制指標，決定增加可進入車流量，或減少可進入車流量，或者維持進入車流量，模擬時段間隔暫時以一分鐘為單位。輸入變數之分群，目前車流速率低於 72，定為 slow，80 到 90 定為 normal，98 以上定為 fast；前後時段之密度變化小於 -3，定為 negative，大於 3，定為 positive；入口匝道車流量低於 4，定為 small，大於 8，定為 big。將輸出變數控制值區分為五個分群：IM、IS、NC、DS、DM，分別表示將匝道儀控值增加許多、增加、不改變、減少、減少許多。

2.5 小結

由以上各小節的文獻回顧中，我們可以發現無論是在資訊可

變標誌的設計運用或是事件偵測演算法的發展上，國內外大多數的研究仍是以城際高速公路為主要之研究對象。事實上高速公路與市區快速道路雖然特性類似，但是仍具有許多差異。例如快速道路本身的設計速限即較小。此外快速道路車道數較少(通常不超過三車道)，而出入口匝道遠較高速公路密集，使各匝道間的距離也較短。綜合以上這些差異，都令原本運用於高速公路上之各模式，在直接移植到市區快速道路系統後產生較不理想的績效。此外，市區快速道路上複雜的車流變化，需要FLC多層次的控制才能有良好的成果。因此，建立應用於市區快速道路的事件偵測模式及CMS顯示內容是值得繼續深入探討的。



第三章 研究方法

本研究為建立市區快速道路事件偵測模式，並根據快速道路上之壅塞及事件程度於CMS上進行顯示。一般道路壅塞程度的指標多以一明確性之門檻值進行判斷，例如以旅行速率40km/hr作為道路壅塞程度的門檻，當車速低於40km/hr時為壅塞，車速超過41km/hr時為順暢。傳統的固定門檻值判斷法雖然簡單，但可能會發生一些問題。明確性的門檻值控制太過精細，在資料臨界門檻前後的時候可能會產生較不符合實際情形的判斷。此外明確門檻值的判斷不符合人類認知判斷的特性，可能會發生邏輯上的錯誤，因為專家的判斷推理往往具有模糊性(fuzziness)。

與傳統方法相比，模糊理論中的模糊邏輯控制恰好可以解決以上的缺點。在模糊理論中為了模仿人類的邏輯推理，因此利用隸屬函數(membership function, $\mu_A(X)$)判斷某筆資料屬於該集合的程度。如圖3.1所示，在傳統方法中 $X=40$ 則 $\mu_A(X)=1$ 為順暢，當 $X=40.1$ 時亦判定為順暢，但事實上其壅塞程度頗高，定為順暢不甚適當。若以FLC處理，則可以計算此資料的隸屬度，根據隸屬度的高低判別隸屬與否並進行控制。由以上可知，模糊邏輯控制可以如同人類專家進行合乎邏輯，合理且即時的控制，故本研究以此方法進行事件偵測控制器構建的方法。

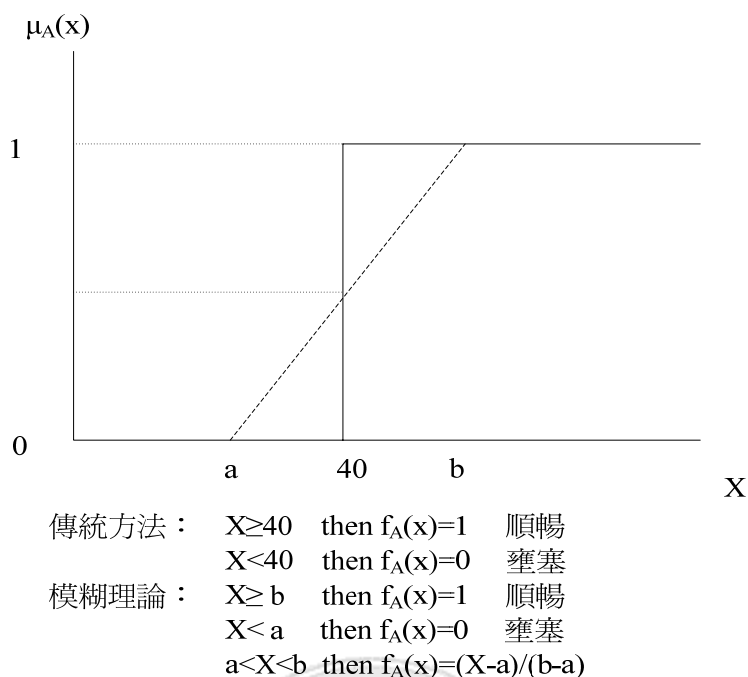


圖 3.1 傳統方法與模糊理論函數圖

3.1 模糊理論

模糊理論可以視為是傳統集合理論的一種推廣型式。在傳統的集合論中，論域裡的一個元素與一個集合之間的關係，若不是「屬於」就是「不屬於」，亦即一個元素對一個集合的歸屬程度是「明確（二元）」的，也就是說：不是 0 就是 1；而「模糊集合」是傳統明確集合的一種推廣，因其允許模糊集合中的元素，對此集合的歸屬程度是界於 0 到 1 之間的任意值。傳統的明確集合與模糊集合最大的差異就在於，明確集合的歸屬函數是唯一的，而模糊集合可以有無限多種的歸屬函數，也就是因為這個特性，使得模糊系統可以調整其歸屬函數以適應不同的變異環境。

就如同 Zadeh 教授所指出的，大致上來說，所有的知識領域都可以加以模糊化，只要將傳統的明確集合模糊化後，推廣至模糊集合即可。模糊化的好處是可以提供更佳的推廣性、錯誤容忍

性以及更適合應用在真實世界中的非線性系統。模糊理論的應用領域包括了：控制工程、圖樣識別、量化分析、專家診斷系統、預測、排程、自然語音處理、軟體工程等。

簡單而言，我們日常溝通及思考所使用的自然語言，字義經常是含混的，例如，天氣「很冷」、風「好大」、個子「非常高」等，這些字義都是人類用來表示對事情所處狀況的感覺，而模糊理論就是處理這類具有模糊不確定的系統方法，可以適當的表達模糊敘述，以降低其差異性。

3.2 模糊邏輯控制

模糊邏輯控制提供一種演算法則，可將包含了專家知識的語言控制策略，轉換成自動控制策略，他能夠用來表現一些無法明確定義的模糊性概念，尤其是人類語言特有的模糊現象。因此模糊邏輯控制是一種易於控制、容易掌握的非線性控制器。模糊邏輯控制是一種以if-then 推理規則庫為基礎之專家人工智慧控制系統，是利用推理規則庫將輸入訊息（inputs）轉換為明確輸出訊息（crisp outputs）以用來控制與決策。由於FLC僅需定出知識庫（即規則庫及資料庫）後，即可進行控制，不需要建構模式及設計求解的方法，因此特別適用於無法以單純數值方法或數學模式加以求解的複雜問題。惟如果專家在進行系統控制時，必須考量的決定性因素過多，將會導致邏輯規則過多而難以挑選，因此FLC的狀態變數不宜過多，一般以三個內較為適當，而控制變數則一般為一個居多。

對具模糊性之問題進行推論，是無法以精確的數字作運算得出最佳決策，因此，利用模糊邏輯的方式及專家的知識與經驗所建構成的知識庫，對現行狀態進行模糊推論，以推論出對應的控制策略，也就是模糊邏輯控制的概念，而模糊邏輯控制之基本模型，如圖3.2所示。

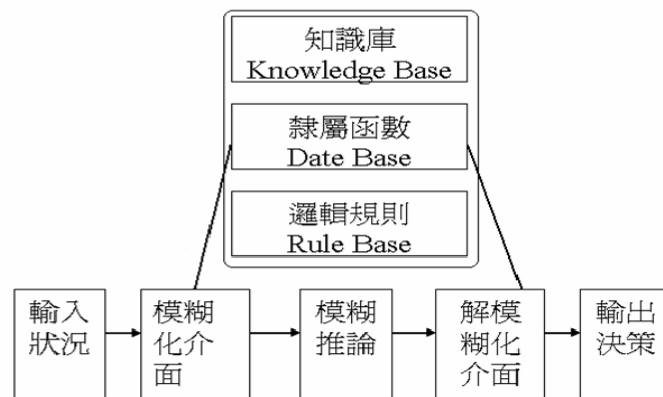


圖 3.2 模糊邏輯控制基本模型

3.2.1 模糊邏輯控制之主要核心

1. 知識庫 (Knowledge Base)

包括資料庫及控制規則庫(隸屬函數、邏輯規則)，其中資料庫儲存必要的變數資料，使模糊控制器能判定輸入變數在模糊集合的定義，而控制規則庫則放置專家經驗規則。

2. 隸屬函數 (membership function)

各狀態變數與控制變數之語意值 (linguistic values) 均有其一定型態之隸屬函數，據以映射明確數值隸屬於各語意值之隸屬度。一般來說，常見的隸屬函數為梯型、三角形、高斯型等如圖 3.3-圖 3.5 所示。

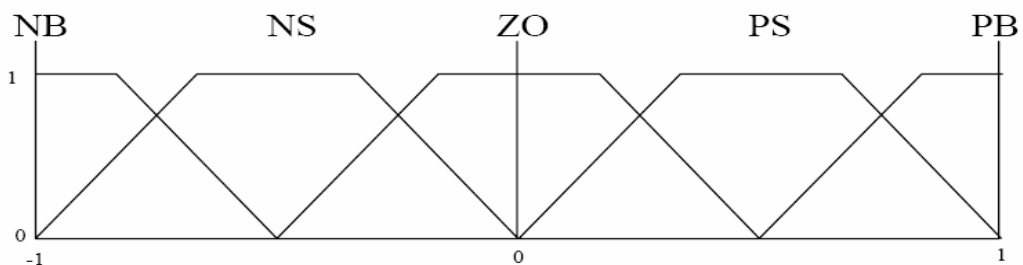


圖 3.3 梯形模糊隸屬函數圖

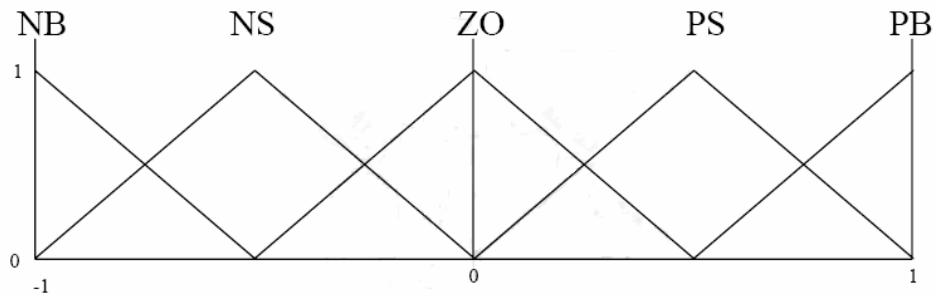


圖 3.4 三角形模糊隸屬函數圖

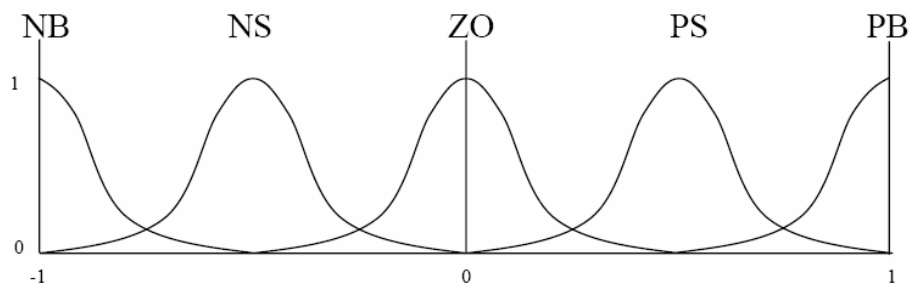


圖 3.5 鐘形模糊隸屬函數圖

3. 邏輯規則 (logic rules)

一般多以 if-then 此種語意陳述的條件法則來表示。通常每個 FLC 均由有限之 if-then 規則所建構，各規則所組合之結果即成為邏輯規則庫之推論機制。

if-then 的推理規則，表示方式為：

←——前提部——→ ←——結論部——→

規則一：IF x is A1 and y is B1 THEN z is C1

規則二：IF x is A2 and y is B2 THEN z is C2

:

規則 n：IF x is An and y is Bn THEN z is Cn

一般而言，邏輯規則之產生方式主要有六種，茲列舉於下：

- A. 經由所訪談該領域專家學者後，所獲得到之知識以及經驗法則。
- B. 由輸入狀況與輸出決策之實際資料建構而得。
- C. 合併第一種與第二種方式，先以實際資料建構，再由專家進行增補而得。
- D. 跟據被控體系統的特性、型態來訂定規則。
- E. 根據控制者的控制行為與習慣來訂定規則。
- F. 藉由「自我學習或樣本學習」的方式來訂定規則。

4. 模糊推論 (fuzzy inference)

即是一種在判斷句中敘述的概念不明確時，所進行的推理方式，推理邏輯為“甲小則乙大”，其中「小」與「大」是用模糊集合來表示的語言變量的值。在現存的邏輯規則下，進行模糊理論之合成運算方式。一般來說採用之方式為最大-最小合成法、最大乘積合成、最大邊界積合成、最大激烈積合成... 等等如圖 3.6 所示。

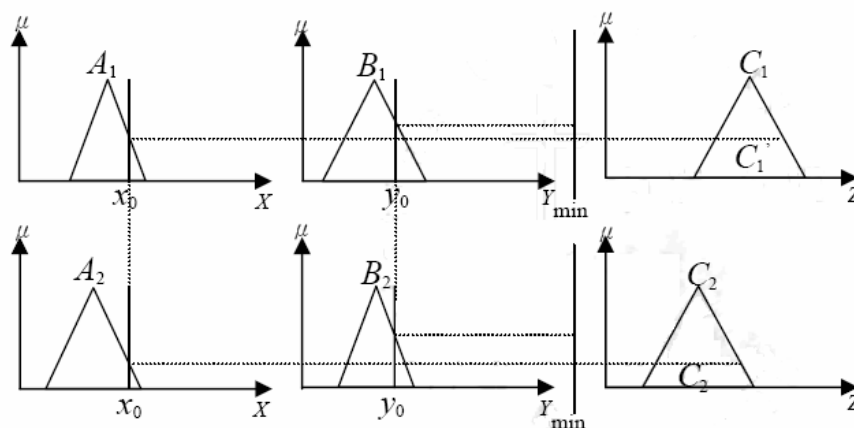


圖 3.6 Max-Min 合成法推論過程

5. 解模糊化 (defuzzifier)

將各邏輯規則經由模糊合成運算所得到之模糊結果轉為一明確輸出值。一般常用之解模糊化方法有重心法、加權平均法、面積法、最大隸屬度法... 等如圖 4.6 所示。

$$(1) \text{ 重心法: } y'_{COG} = \frac{\int y_i \mu_i(y_i) dy_i}{\int \mu_i(y_i) dy_i} \quad (3.1)$$

$$(2) \text{ 加權平均法: } y'_{WA} = \frac{\sum_{i=1}^m \mu_i y_i}{\sum_{i=1}^m \mu_i} \quad (3.2)$$

$$(3) \text{ 面積法: } y'_{AREA} = \frac{\sum_{i=1}^m A_i y_i}{\sum_{i=1}^m A_i} \quad (3.3)$$

其中

- y' : 解模糊化後之明確輸出結果
- μ_i : 第 i 條規則之歸屬值
- y_i : 第 i 條規則之推論模糊數之中心值
- A_i : 第 i 條規則推論結果所為的面積

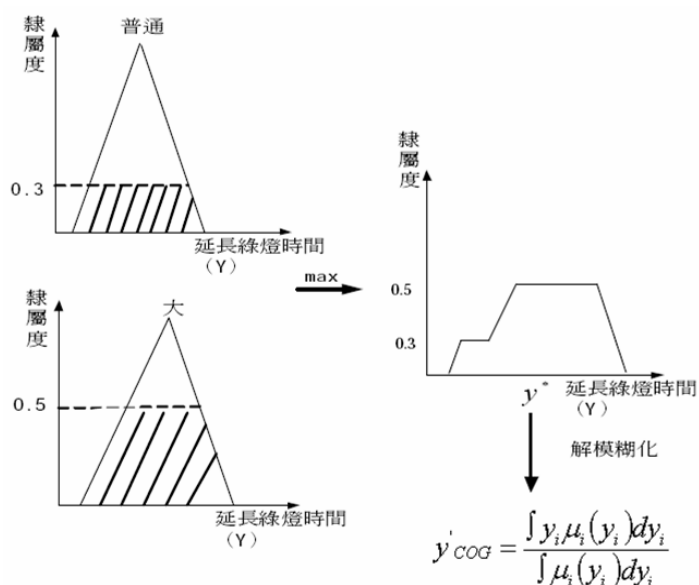


圖 3.7 解模糊化過程圖-以重心法為例

3.3 FLC 之優缺點

FLC 的優點在於，其一方面能有效模仿專家學者的決策行為模式與判斷準則，一方面亦不需要知道被控系統整個嚴謹、複雜且精確的數學模式描述。也就是說模式不太受到任何約束，且其邏輯規則庫可經由研究者自行訂定與測試，這是與傳統以實際數字來建構控制系統之間最大的不同點。因此，FLC 適合用於某些具有高度非線性、環境干擾強烈、變數隨地點變動較大、或不易獲得精確數學模型的控制過程。

但是 FLC 還是有基本上的缺失，以及許多有待解決的問題。首先，大量的狀態變數個數將造成模糊規則的可能選擇空間迅速膨脹，而難以決定哪一條規則較適用於控制過程；其次，在多重變數之複雜過程中，隸屬函數扮演了決定控制的重要地位，因此如何選擇與最佳化隸屬函數是相當困難的。事實上，使用模糊控制來對複雜系統進行動態的控制問題是可被視為多重參數的最佳化問題。模糊控制系統通常是個高度非線性的系統，其回應面大多顯示出多維度、不連續性以及多重模式的現象，即使有傳統式的最佳化演算法，其參數仍須加以調整。簡而言之，邏輯規則的

選擇挑取、各變數的隸屬函數校估是屬於較為複雜且主觀的部分，因此較為人們所詬病其缺乏客觀性。



第四章 事件偵測模式構建

本研究所構建的事件自動偵測模式，主要運用模糊理論中的模糊邏輯控制作為演算法的核心，因此需要針對模式的內容設計 FLC 控制器。我們以事件發生後，車流參數於非正常狀況下所產生的變化作為輸入控制變數。為了判別這些參數的變化程度，還要設立其變化門檻值，即可用以推導 FLC 中輸入變數的隸屬度定義及語意描述，並經由變數間邏輯規則的組合，建立模糊邏輯規則庫。如此一來，路段偵測器所定時蒐集到的車流資料即可代入 FLC 演算法中進行模糊推論，由模糊邏輯規則庫中尋找符合的規則項目，判斷事件的發生與否及其嚴重程度。

本章將針對模式構建的過程，分成以下五個小節進行說明。首先在第四小節中選取並定義各輸入變數，第二小節則針對所選取的變數，界定其變化門檻值。第三小節為語意值及隸屬函數的推導。第四小節則說明模糊邏輯規則庫之建立，及 FLC 事件偵測模式之架構與偵測流程。最後則以第五小節作為模式模擬的說明。詳細之構建流程如圖 4.1 所示。

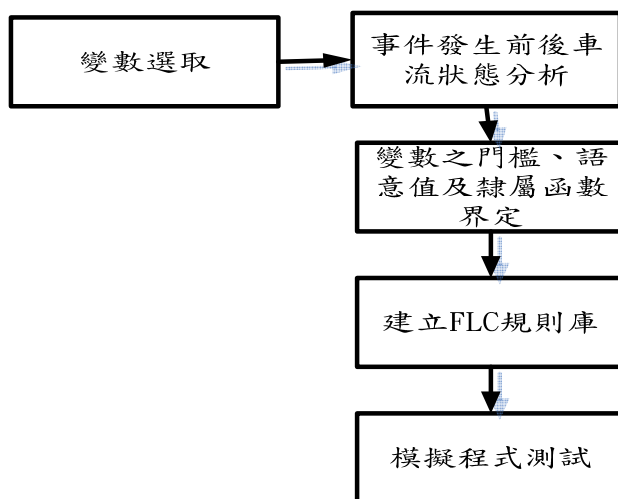


圖 4.1 模式構建流程圖

4.1 變數選取

4.1.1 輸入變數

大部分的事件偵測演算法均以流量、密度、速度、占有率等參數作為模式的控制變數。但這些參數僅能表現當時當地的車流狀況，而不能觀察出任何時間或空間上的變化。因此本研究希望能以車流參數的變化量作為事件偵測模式的輸入變數。一般而言，道路在正常情況下的表現為一穩定車流，在相同的幾何條件時，短時間內各路段之流量、速度等車流參數並不會有顯著的變化。但路段發生車多、壅塞或其他意外事件後，原本穩定的車流會因為道路容量的突然變化而遭到破壞，上述之車流參數亦隨之產生改變。在事件發生後，車流參數所產生的變化可以兩類來討論：

1. 時間上的變化：在一定點，事件發生前及事件發生後所測得之資料一定會產生差異。然而此變化僅可於事件初期看出，當事件持續一段時間後即與正常狀況下無異。
2. 空間上的變化：在同一時刻，事件發生時由於路段容量降低或車道阻斷等原因，事件發生路段的上下游偵測器亦會產生差異。

此外為了使變數在模式中具有良好的功效，在選擇交通參數作為變數時尚需考慮以下特性：

1. 即時反應：當事件發生時，參數值能夠在極短的時間內顯示出差異。
2. 顯著性：顯著性代表選定的車流參數在正常狀況與事件發生時的表現必須有顯著的不同。若參數在不同情況下仍維持相同的表現，將無法從中觀察出車流狀況的變化。
3. 一致性：車流參數在各種事件情境下（車多、擁擠或事故）都能具有類似或一致的表現。

4. 穩定性：此車流參數的表現必須穩定，能有較小的系統噪訊（system noises）。也就是說參數在正常狀態下，不能有太大的隨機變動，以免影響偵測模式的績效。

綜合以上，我們決定選擇四項車流參數作為FLC偵測模式之控制變數。其中有兩項參數為FLC之主要控制變數，另兩參數則劃分為附加變數，作為額外支援偵測的項目。這四項變數分別敘述如下：

1. 流量空間變化量：此變數為同時段內路段上、下游偵測器間，所測得流量之差異。具體的公式為：

$$Q_{def}^t = Q_d^t - Q_u^t \quad (4.1)$$

其中 Q = 流量

t = 時段

d = 下游偵測器

u = 上游偵測器

當事件發生時，事發地點附近的車道將被阻斷而影響車流的前進，使得大批車流堵在上游致使下游車流稀少。此時 Q_{def} 將會表現減少的趨勢。

2. 占有率空間變化量：此變數為路段上、下游偵測器間，所測得佔有率之差異。其公式為：

$$OCC_{def}^t = OCC_d^t - OCC_u^t \quad (4.2)$$

其中 OCC = 車道佔有率(%)

t = 時段

d = 下游偵測器

u = 上游偵測器

如同流量一樣，當事件發生時，事發地點附近上下游間的

佔有率也會表現出差異。上游佔有率會因為流量的增加而提高，而下游佔有率則隨流量的降低而下降，所以此時的 OCC_{def} 將表現出下降的趨勢。

3. 速度空間變化率：此變數為同時段內路段上、下游偵測器間，所測得平均速度之變化百分比。估計式為：

$$S_{defrate}^t = \frac{(S_d^t - S_u^t)}{S_u^t} \times 100\% \quad (4.3)$$

其中 S = 平均速度 (km/hr)

t = 時段

d = 下游偵測器

u = 上游偵測器

此處不同上述單純計算變化量而以變化率表示，是因為速度的變化幅度較大，使用百分比表示較能顯示其變化程度。在分析時我們發現，在低流量時段速度變化率的穩定性較差，高流量時段則明顯具有較佳之穩定性。這是因為流量較低時，保守駕駛人與激進駕駛人較有機會自由選擇其車行速度，因此即使是正常情況下速度的隨機變化量仍高。而中高流量時由於已形成一穩定行駛的車隊，無法任意變換速度，使得速度變化率趨於小而穩定。基於這些原因，我們將速度變化率設定為一輔助的控制變數。

4. 佔有率時間變化量：此變數為路段下游之偵測器上，相鄰兩時段間所測得之佔有率變化量。估計式為：

$$OCC_{tdef}^d = OCC_d^{t+1} - OCC_d^t \quad (4.4)$$

當事件於 t 時發生，事件所造成之衝擊波尚未移動到下游偵測器位置，故下游佔有率 OCC_d^t 仍舊維持不變。但在事件發生後的 $t+1$ 時，由於上游車流已被截斷，衝擊波也開始通過下游偵測器，故

初期佔有率 OCC_d^{t+1} 會較 OCC_d^t 來的低。然而此類時間變化量僅於事件初期有較大的變化，並隨著時間逐漸減少至正常狀況下的值。因此此變數也設定為輔助控制變數，協助偵測事件的開始與結束。

4.1.2 輸出變數

本研究所建立的事件偵測模式主要是希望能偵測事件的發生並了解其影響車流的嚴重程度。因此在這裡以事件的嚴重程度作為輸出變數。事件嚴重程度可以區分為以下四個等級：無事件、輕微事件、中等事件以及嚴重事件，分別定義如下：

1. 無事件：意指路段內無突發事件且車流順暢。
2. 輕微事件：路段中發生輕微程度的突發事件，例如車道旁有散落物等。此類事件會造成發生路段明顯車多，但車流仍維持一定程度的流暢。
3. 中等事件：路段中發生中等程度的事件，例如車輛拋錨佔據車道等。此類事件的發生除了造成路段車多外，還會因道路容量的減少而開始擁擠。此時車流已經無順暢可言。
4. 嚴重事件：路段中發生非常嚴重的突發事件，例如多車的連環車禍。此類事件最為嚴重，會影響數個車道造成路段堵塞並使車流停滯不前。

4.2 輸入變數門檻值之設定

由於缺乏事件發生時所相對應的車流資料，因此本研究在建立事件偵測模式的概念上，是以先界定正常車流狀況下的門檻，超過此門檻即表示車流狀況產生變化，有可能有事件發生。因此在選取好適當的輸入變數後，必須對其變化程度訂定一適當之門檻值。車流資料為一種時間序列(Time Series)數據，其以一連串以時間順序型態出現之觀測值集合。換言之，是對某動態系統(Dynamic System)隨時間連續觀察所產生有順序的觀測值之集

合。時間數列的數據通常具有隨機的不規則變異，此不規則變異稱為噪訊或干擾。以車流狀況而言，道路之車流參數即使在順暢或的穩定車流下，仍會隨著時間而產生些許的波動。如圖4.2所示：

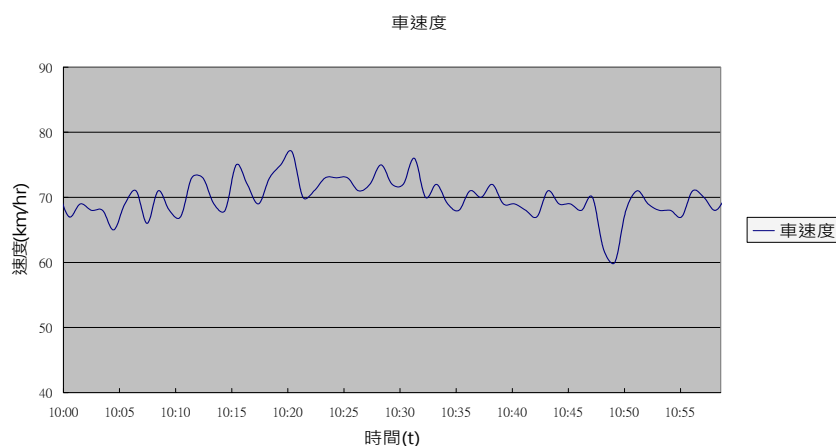


圖 4.2 車流參數的不規則變異圖

此類正常但不規則的變異容易造成事件偵測模式的過度敏感而誤判，因此設立門檻值的另一作用即是要儘可能的消除此類影響。依照前面所述的概念，當某參數值超門檻，即認為參數的此筆資料較正常情況下的車流具有顯著的變化；若參數值並無超過門檻，則認為此筆資料無顯著變化，與正常情況下的車流無異。

為了使預訂定之門檻值更符合現實條件下的情況，本研究實際以偵測器所蒐集到的原始資料 (raw data) 進行分析訓練。台北市市民快速道路環東大道至環河快速道間西向路段共計有11個影像式車輛偵測器，以每一分鐘一次的頻率紀錄車流原始資料。經過整理相關資料後，我們以承德-延平路段作為模式訓練之用，因為此路段內沒有任何上下開道，可以降低模式訓練的難度。這些原始資料再經過運算，就是上一小節所選取的四個變數-流量空間變化量、佔有率空間變化量、速度空間變化率以及佔有率時間變化量。

門檻值的詳細設定上，本研究採用統計方法中的柴比雪夫不等式定理(Chebyshev Inequality)排除正常車流狀況外的資料。柴比雪夫不等式可以說明在任何的機率分配下，其平均數與標準差之間的機率關係。柴比雪夫不等式之意義為，假設隨機變數 X 之機率分配函數未知，期望值 μ 、標準差 σ 已知，則 X 距離 μ 不超過 z 倍標準差之機率至少為 $1 - \frac{1}{z^2}$ ，即：

$$P(|X - \mu| \leq z\sigma) \geq 1 - \frac{1}{z^2} \quad (4.5)$$

也就是說，不論資料為何種分配，至少有 $1 - \frac{1}{z^2}$ 的資料落在距離平均數 z 個標準差的範圍內，其中 $k > 1$ 。因此本研究依照柴比雪夫不等式，將上下門檻訂為 $\mu \pm 2\sigma$ ，所以可以得到上下門檻值計算方式：

$$UCL = \mu + 2\sigma \quad (4.6)$$

$$LCL = \mu - 2\sigma \quad (4.7)$$

其中 UCL = 上門檻

LCL = 下門檻

因此只要蒐集各變數於正常車流情況下的資料，經過敘述統計量計算後求得其樣本平均數以及標準差，即可由公式計算出異常變化時向上變動的上門檻與向下變動的下門檻。

1. 流量空間變化量門檻值

圖 4.3 為 5/18 日承德西側—延平西側路段上下游偵測器之流量空間變化量圖。從圖 4.3 中可以看出，流量空間變化量在正常情況下，以 5 為中心在 -5 與 15 間震盪。

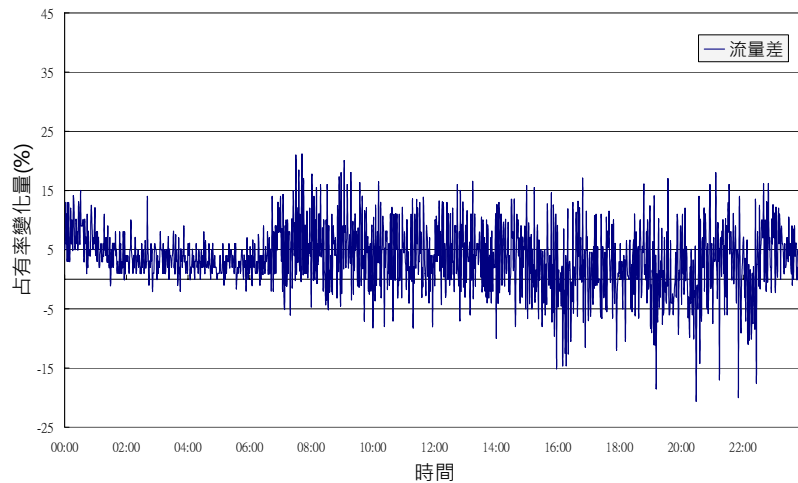


圖 4.3 承德-延平流量空間變化量

我們選取正常無事件時的數據，求取其敘述統計量後，得到樣本平均值 $\mu=4.218$ ，樣本的標準差 $\sigma=5.617$ 。因此其上下界門檻分別為：

$$UCL=4.218+2\times 5.617= 15.452$$

$$LCL=4.218-2\times 5.617= -7.016$$

2. 佔有率空間變化量門檻值

圖 4.4 為 5/18 日承德西側－延平西側路段上下游偵測器之流量空間變化量圖。從圖中可以看出，佔有率空間變化量在正常情況下，大致在 0 與 15 之間變動。

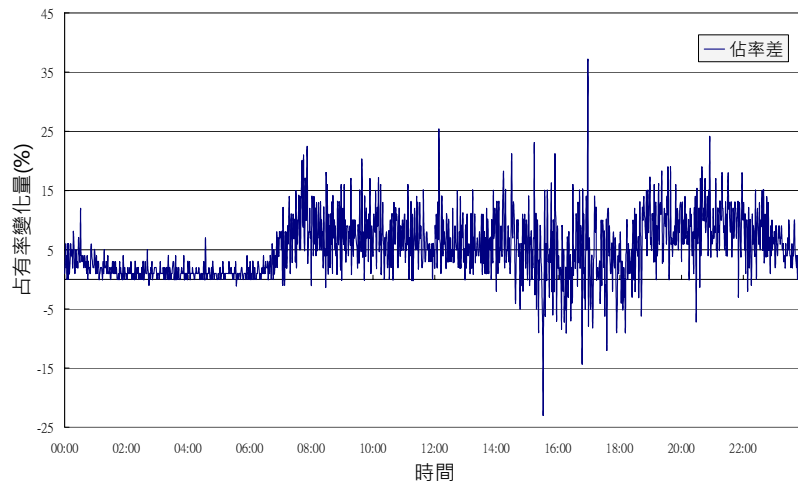


圖 4.4 承德-延平佔有率空間變化量

同樣選取正常無事件時的數據，求取其敘述統計量後，得到樣本平均值 $\mu=6.636$ ，樣本的標準差 $\sigma=4.98$ 。因此其上下界門檻分別為：

$$UCL=6.636+2\times 4.98= 16.596$$

$$LCL=6.636-2\times 4.98=-3.324$$

3. 速度空間變化率門檻值

圖 4.5 為 5/18 日承德西側－延平西側路段上下游偵測器之流量空間變化量圖。從圖中可以看出，有部分的數值達到 100% 或 -100%，這可能是因為此時其中一偵測器恰好無車輛通過，造成與前一筆或下一筆資料間差異過大。速度空間變化波動較小，正常情況下大約在 -10% 作左右變化。

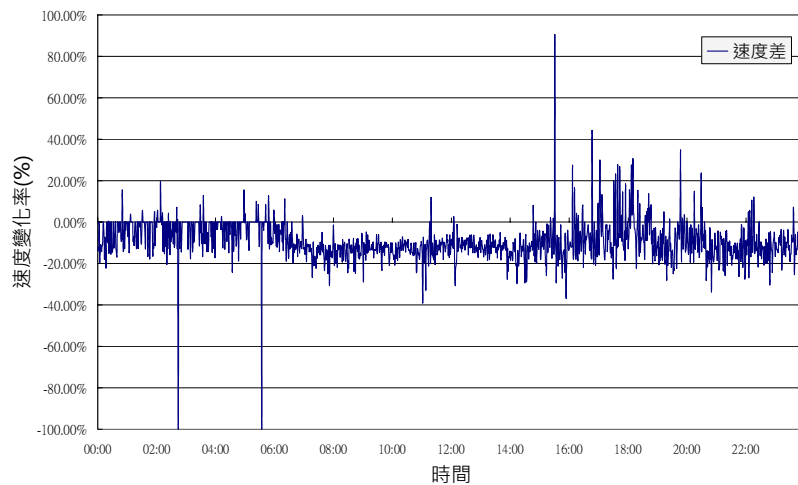


圖 4.5 承德-延平速度空間變化率

同樣選取正常無事件時的數據，求取其敘述統計量後，得到樣本平均值 $\mu=-0.126$ ，樣本的標準差 $\sigma=0.073$ 。因此其上下界門檻分別為

$$UCL=-0.126+2\times0.073=0.02$$

$$LCL=-0.126-2\times0.073=-0.272$$

4. 佔有率時間變化量門檻值

圖 4.6 為 5/18 日承德西側－延平西側路段上下游偵測器之佔有率時間變化量圖。從圖中可以看出，佔有率時間變化量在正常情況下，大致在 -15 與 15 之間變動。

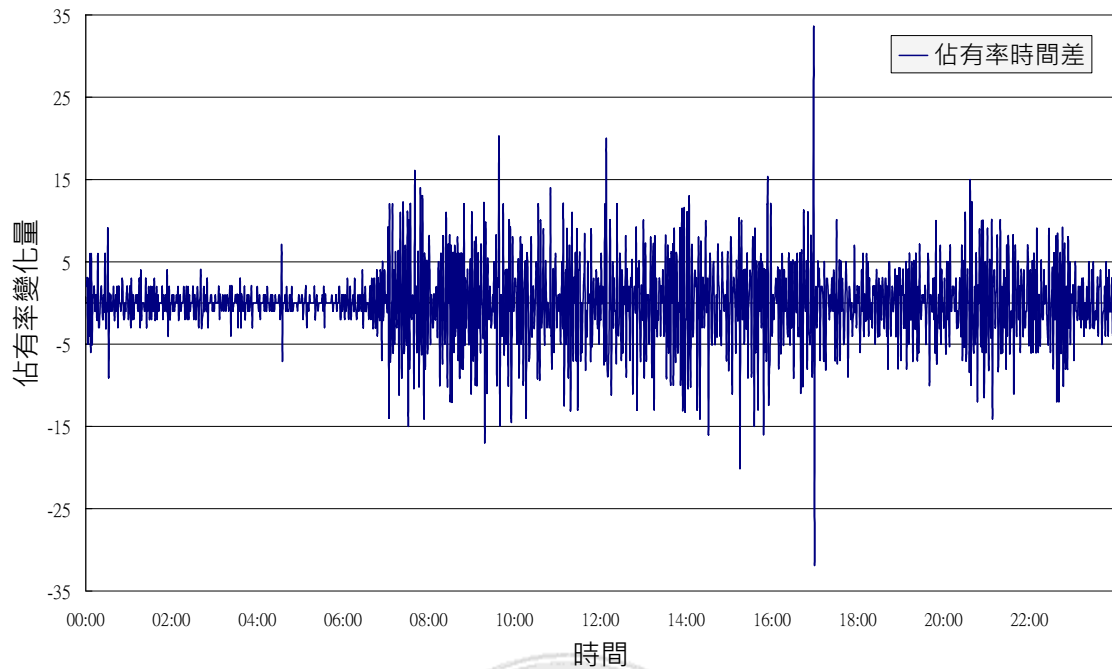


圖 4.6 承德-延平佔有率時間變化量

同樣選取正常無事件時的數據，求取其敘述統計量後，得到樣本平均值 $\mu=0.008$ ，樣本的標準差 $\sigma=6.301$ 。因此其上下界門檻分別為

$$UCL=0.008+2\times6.301= 12.61$$

$$LCL=0.008-2\times6.301=-12.594$$

4.3 模糊語意等級與隸屬函數設定

對於四個輸入狀態變數：流量空間變化量、佔有率空間變化量、速度空間變化率、佔有率時間變化量；一個輸出控制變數：路段的事件嚴重程度，我們分別定義輸入變數三種不同程度的語意等級，輸出變數四種不同程度的語意等級，並根據前面所求得的門檻值，對於每一個變數選擇適當的隸屬函數(Membership Function)。其說明如下：

1. 流量空間變化量(Q_{def})

流量空間變化量減少： $Q_{def} \leq -7.016$

流量空間變化量不變： $-7.016 < Q_{def} \leq 15.452$

流量空間變化量增加： $15.452 < Q_{def}$

2. 佔有率空間變化量(OCC_{def})

佔有率空間變化量減少： $OCC_{def} \leq -3.324$

佔有率空間變化量不變： $-3.324 < OCC_{def} \leq 16.596$

佔有率空間變化量增加： $16.596 < OCC_{def}$

3. 速度空間變化率(S_{defr})

速度空間變化率降低： $S_{defr} \leq -27.2\%$

速度空間變化率不變： $-27.2\% < S_{defr} \leq 2\%$

速度空間變化率升高： $2\% < S_{defr}$

4. 佔有率時間變化量(OCC_{tdef})

佔有率時間變化量減少： $OCC_{tdef} \leq -12.594$

佔有率時間變化量不變： $-12.594 < OCC_{tdef} \leq 12.61$

佔有率時間變化量加： $12.61 < OCC_{tdef}$

5. 路段事件嚴重程度：本研究以路段事件嚴重程度作為輸出變數。路段事件嚴重程度區分為四個語意等級，其程度指數設定為0~1，其四個與語意等級的區域範圍如下所示。

無事件： $0 < \text{事件嚴重程度} < 0.25$

輕微事件： $0.25 < \text{事件嚴重程度} < 0.50$

中等事件： $0.50 < \text{事件嚴重程度} < 0.75$

嚴重事件： $0.75 < \text{事件嚴重程度} < 1$

最後將其輸入狀態變數及輸出控制變數之語意等級整理如

下，而其圖形則如下所示：

輸入狀態變數語意描述：

流量空間變化量 -{減少、不變、增加}

佔有率空間變化量 -{減少、不變、增加}

速度空間變化率 -{降低、不變、升高}

佔有率時間變化量 -{減少、不變、增加}

輸出狀態變數語意描述：

路段事件狀況 - {無事件、輕微事件、中等事件、嚴重事件}

本研究採用三角型及梯形作為其隸屬函數。基本上，各個不同之輸入變數與輸出變數可以有不同的分布區域或數量之模糊變數與隸屬函數。這基本上是由設計者自行決定，在本研究中輸入變數及輸出變數隸屬度之定義則是由前一小節所求得之門檻值為主，各變數分割區域的界定將其定義如下所述：

流量空間變化量的隸屬度定義為：

流量空間變化量 減少 = $\text{Trapmf}(-25, -25, -12.23, 4.28)$

流量空間變化量 不變 = $\text{Trimf}(-12.23, 4.28, 21.07)$

流量空間變化量 增加 = $\text{Trapmf}(4.28, 21.07, 35, 35)$

佔有率空間變化量的隸屬度定義為：

佔有率空間變化量 減少 = $\text{Trapmf}(-20, -20, -8.3, 6.64)$

佔有率空間變化量 不變 = $\text{Trimf}(-8.3, 6.64, 21.58)$

佔有率空間變化量 增加 = $\text{Trapmf}(6.64, 21.58, 35, 35)$

速度空間變化率的隸屬度定義為：

速度空間變化率 降低 = $\text{Trapmf}(-1, -1, -0.34, -0.13)$

速度空間變化率 不變 = Trimf (-0.34, -0.13, 0.09)

速度空間變化率 升高 = Trapmf(-0.13, 0.09, 1, 1)

佔有率時間變化量的隸屬度定義為：

佔有率時間變化量 減少 = Trapmf(-30, -30, -18.9, 0)

佔有率時間變化量 不變 = Trimf (-18.9, 0, 18.9)

佔有率時間變化量 增加 = Trapmf(0, 18.9, 30, 30)

輸出路段事件嚴重程度的隸屬度定義為：

無事件 = Triangular (0, 0, 0.3333)

輕微事件 = Triangular (0, 0.3333, 0.6667)

中等事件 = Triangular (0.3333, 0.6667, 1)

嚴重事件 = Triangular (0.6667, 1, 1)

下面各圖為輸入及輸出變數的隸屬函數圖形。其中圖4.7為輸入變數流量空間變化量隸屬函數，圖4.8為輸入變數佔有率空間變化量隸屬函數，圖4.9為輸入變數速度空間變化率隸屬函數，圖4.10為輸入變數佔有率時間變化量隸屬函數，最後圖4.11為輸出變數事件嚴重程度之隸屬函數。

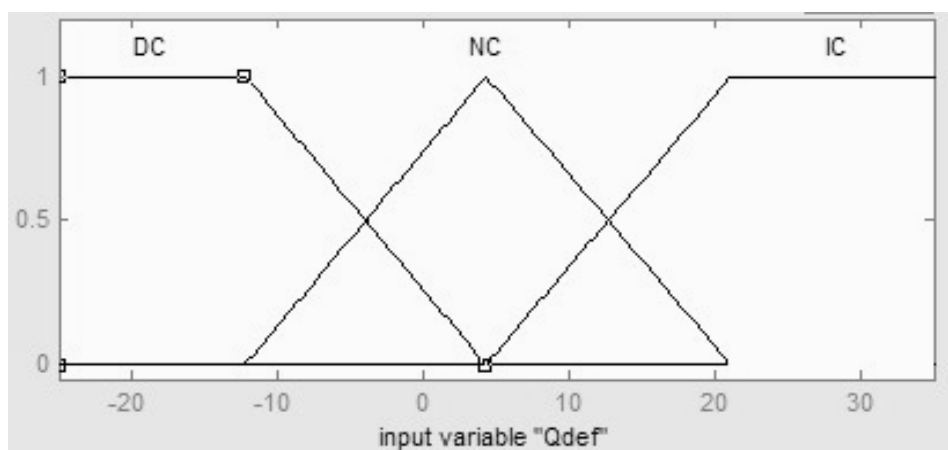


圖 4.7 流量空間變化量變數隸屬函數

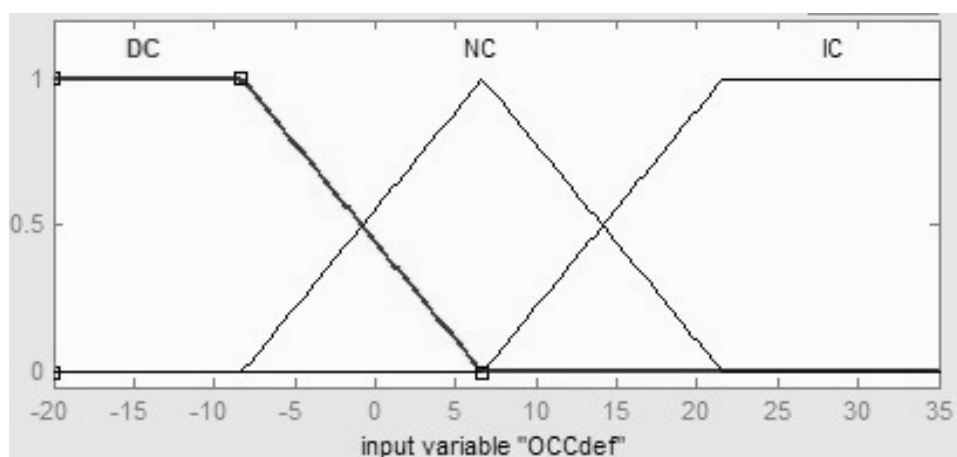


圖 4.8 佔有率空間變化量變數隸屬函數

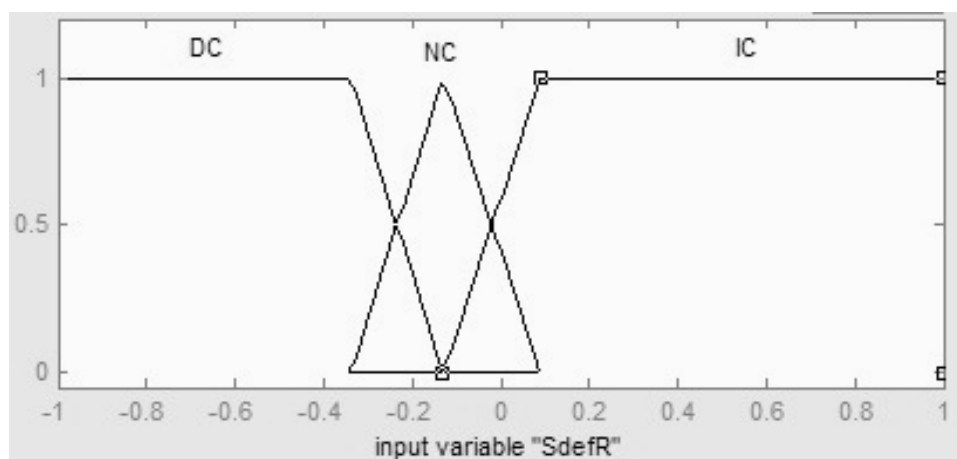


圖 4.9 速度空間變化率變數隸屬函數

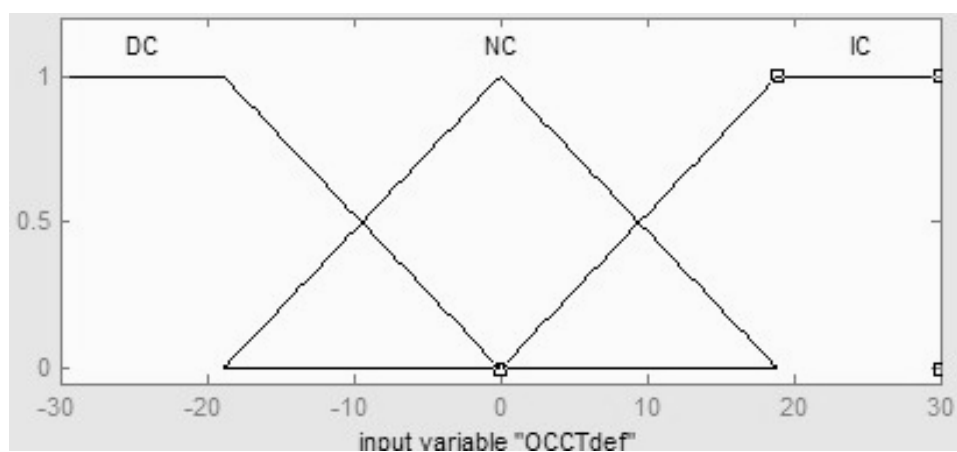


圖 4.10 佔有率時間變化率變數隸屬函數

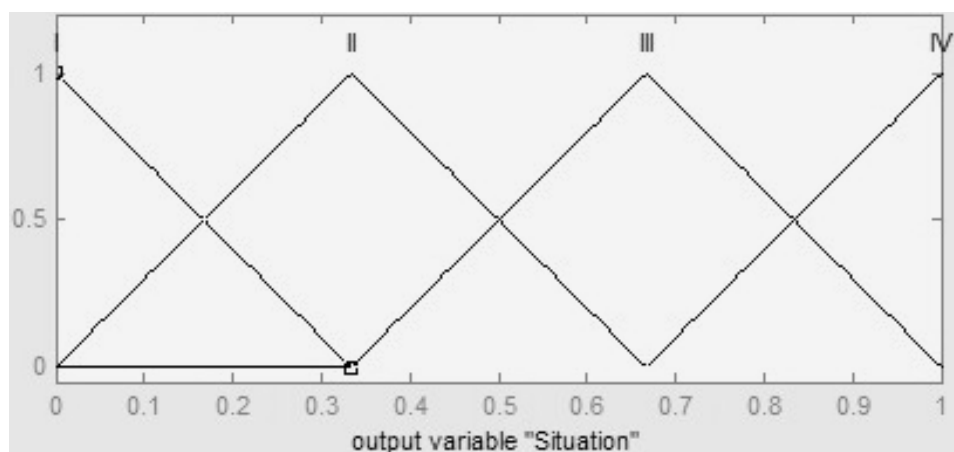


圖 4.11 事件嚴重程度變數隸屬函數

4.4 進行模糊推論與建立FLC規則庫

4.4.1 模糊化

模糊化的目的，是把精準的量測值經由所定義的隸屬函數，將其轉化成合宜的模糊化語意變數，也就是隸屬度以供模糊推論使用。簡單來說，便是將資料翻譯成模糊推論可以看得懂的語言。

在模式中，我們由車輛偵測器偵測到的車流參數所計算出的四個控制變數，轉換為減少、不變、增加或降低、不變、升高等模糊語句。

4.4.2 FLC規則庫

模糊規則是由專家寫成的控制規則，此規則是以口語項寫成，一般控制規則多以”IF... ,THEN...”陳述法來表示。此方式使得專家的經驗和知識能夠容易的和控制法則作結合。綜合來說，規則的產生一般主要有三種：

(1)根據操作員的控制行為訂定。

(2)由專家的經驗知識獲得。

(3)根據控制系統的特性訂定。

本研究在經過偵測器資料與台北市交控中心之管理人員的討論後，對事件發生後所造成車流參數的影響作一整理。例如當在嚴重事件發生後，由於車道封閉或縮減的關係使得車流塞在上游而無法通過，因此造成比較上下游流量差的「流量空間變化量」呈現減少的情況。同樣的原因，也使得「佔有率空間變化量」降低而「速度空間變化率」增加。此外，亦可由「佔有率時間變化量」的降低偵測事件的開始。由於各狀態變數及語意等級均為有限個數，故潛在規則(potential rules)的數量亦屬有限。在本研究中，共有四個輸入狀態變數，各有三個語意等級(減少、不變、增加)，故以前件部而言，潛在規則共有 $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$ 條，各規則依專家意見車流狀況決定其控制策略(即控制變數之語意等級)。由於四個輸入狀態變數中有兩個為輔助而非必需的變數，因此原本81條控制規則經過再整理，剔除無用或不合理的規則後剩下20條規則。推論出的20條控制規則如下表4.1。

表 4.1 系統模糊規則列表

①If Qdef=降低 and OCCdef=降低 and Sdefr= not 增加 then 車流狀況= III 級
②If Qdef=降低 and OCCdef=降低 and Sdefr= 增加 then 車流狀況= IV 級
③If Qdef=降低 and OCCdef=不變 and Sdefr= not 增加 then 車流狀況= II 級
④If Qdef=降低 and OCCdef=不變 and Sdefr= 增加 then 車流狀況= III 級
⑤If Qdef=降低 and OCCdef=增加 and OCCTdef= not 增加 then 車流狀況= II 級

6 If Qdef=降低 and OCCdef=增加 and OCCTdef= 增加 then 車流狀況= III 級
7 If Qdef=不變 and OCCdef=增加 then 車流狀況= I 級
8 If Qdef=不變 and OCCdef=不變 and Sdefr=減少 and OCCTdef=not 增加 then 車流狀況= I 級
9 If Qdef=不變 and OCCdef=不變 and Sdefr=減少 and OCCTdef=增加 then 車流狀況= II 級
10 If Qdef=不變 and OCCdef=不變 and Sdefr=不變 and OCCTdef=not 增加 then 車流狀況= I 級
11 If Qdef=不變 and OCCdef=不變 and Sdefr=不變 and OCCTdef=增加 then 車流狀況= II 級
12 If Qdef=不變 and OCCdef=不變 and Sdefr=增加 then 車流狀況= I 級
13 If Qdef=不變 and OCCdef=增加 and Sdefr=減少 and OCCTdef=not 增加 then 車流狀況= II 級
14 If Qdef=不變 and OCCdef=增加 and Sdefr=減少 and OCCTdef=增加 then 車流狀況= III 級
15 If Qdef=不變 and OCCdef=增加 and Sdefr=不變 and OCCTdef=減少 then 車流狀況= I 級
16 If Qdef=不變 and OCCdef=增加 and Sdefr=不變 and OCCTdef=not 減少 then 車流狀況= II 級
17 If Qdef=增加 and OCCdef=降低 then 車流狀況= I 級
18 If Qdef=增加 and OCCdef=不變 then 車流狀況= II 級
19 If Qdef=增加 and OCCdef=增加 and Sdefr=減少 then 車流狀況= III 級
20 If Qdef=增加 and OCCdef=增加 and Sdefr=not 減少 then 車流狀況= II 級

其中車流狀況I級＝無事件

車流狀況II級＝輕微事件

車流狀況III級＝中等事件

車流狀況IV級＝嚴重事件

4.4.3 選擇解模糊化的方式

解模糊化剛好和模糊化相反，是將模糊邏輯推論後的模糊變數換算成實際的操作量表現出來。解模糊化的方法有許多如：重心法(Center of Gravity)、中心平均法(Center Average)、最大高度法(Max of Grade)、高度法(Height)、最大值法(Maximum)、與面積法(Area Method)等。在本研究中我們採用最常用的重心法來得到模糊結果。重心法是針對各觸動規則計算其重心，再加以加權求解總整後的重心位置，其公式如

$$y'_{COG} = \frac{\int y_i \mu_i(y_i) dy_i}{\int \mu_i(y_i) dy_i}$$

其中 y'_{COG} 為 FLC 經重心法解模糊化後之明確輸出結果， μ_i 第 i 條規則之歸屬值， y_i 第 i 條規則之推論模糊數之中心值。

4.5 模擬模式及程式測試

經過了上述的步驟後，最後本研究利用 MATLAB 7 程式裡的 Fuzzy Logic Toolbox 進行模糊邏輯控制器的計算及測試，其狀態變數的輸入步驟以及測試的過程如下：

1. 選定輸入狀態變數與輸出變數個數

首先需要選定輸入狀態變數及輸出控制變數。本研究的輸入控制變數有「流量空間變化量」、「佔有率空間變化量」、「速度空間變化率」、「佔有率時間變化量」，分別以 Qdef、OCCdef、Sdefr 以及 OCCtdef 代表；輸出變數「事件嚴重程度」則以 Situation 命名。

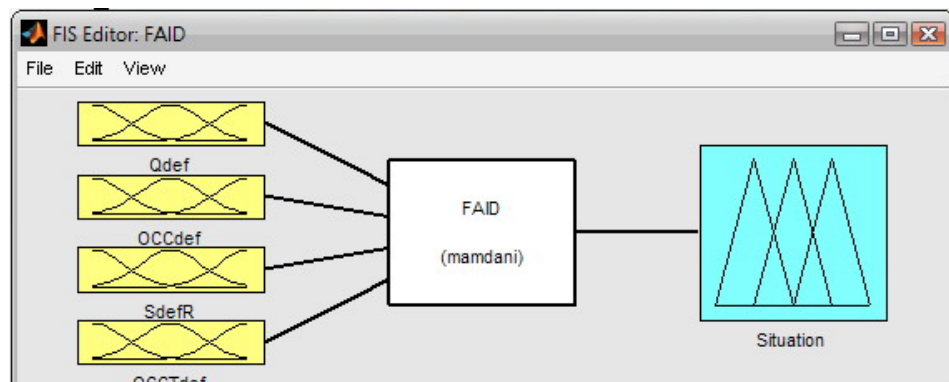


圖 4.12 選定輸入狀態變數的個數

2. 選擇解模糊化的方式

本研究選用重心法(centroid)為解模糊化的方式

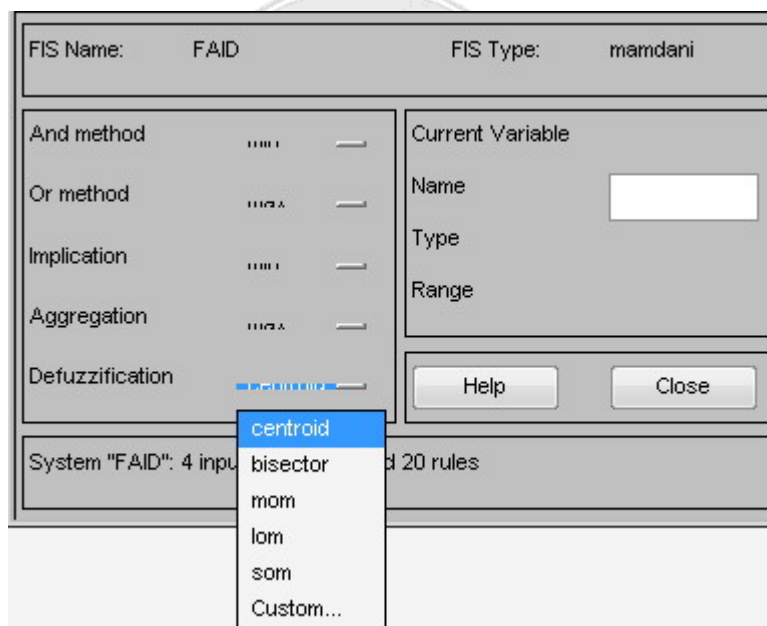


圖 4.13 選擇解模糊化視窗

3. 輸入及輸出變數隸屬函數的設定

本研究採用三角型及梯形隸屬函數作為輸入輸出變數的隸屬函數，其分割區間如圖4.14所示。

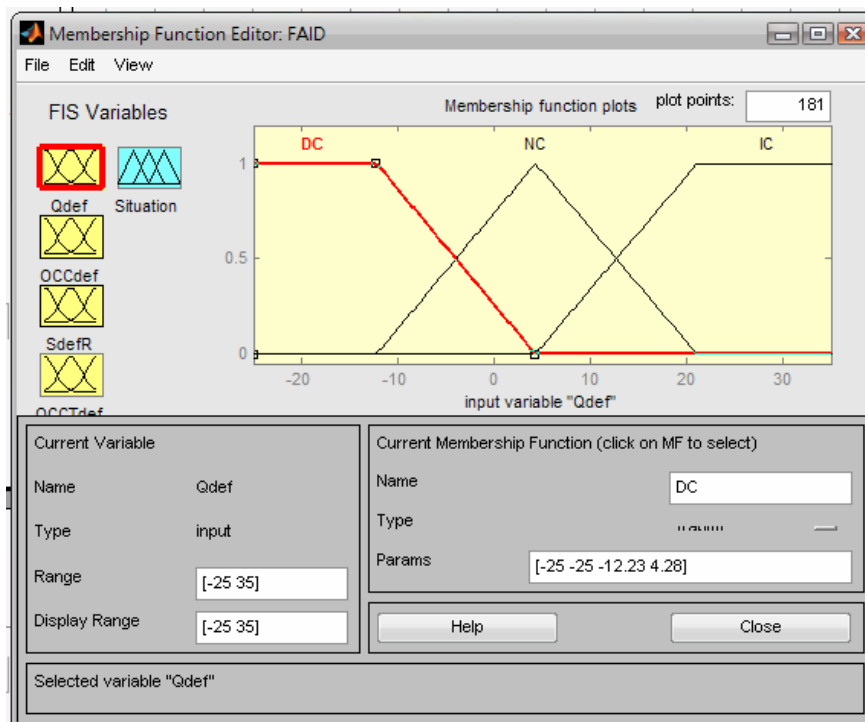


圖 4.14 流量空間變化量隸屬函數設定視窗

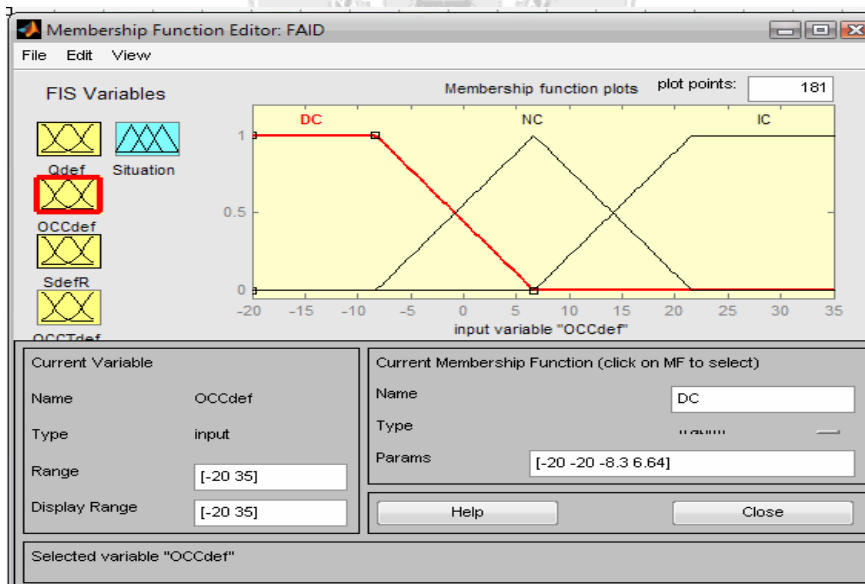


圖 4.15 佔有率空間變化量隸屬函數設定視窗

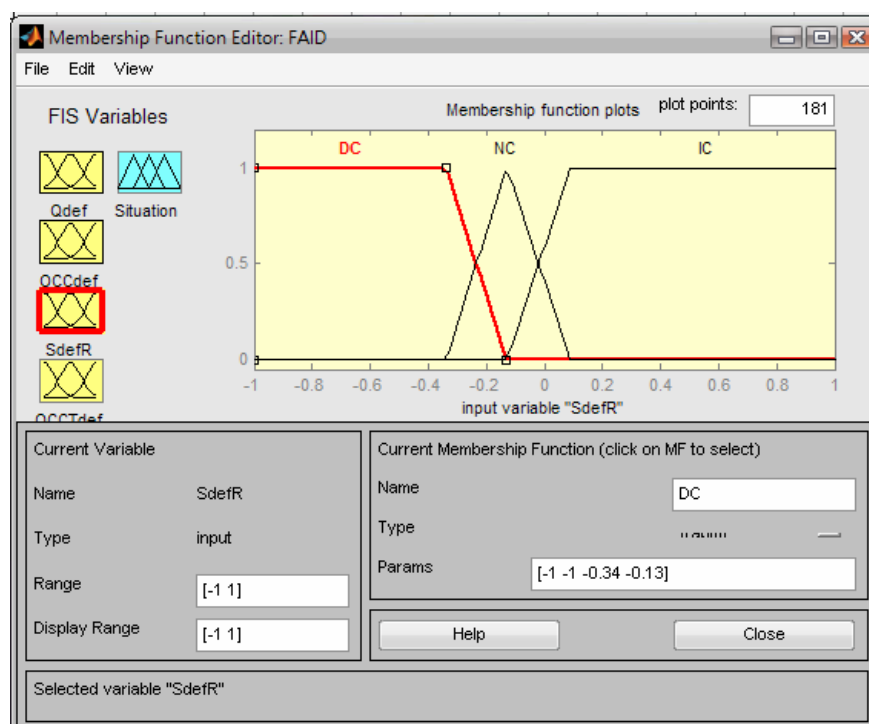


圖 4.16 速度空間變化率隸屬函數設定視窗

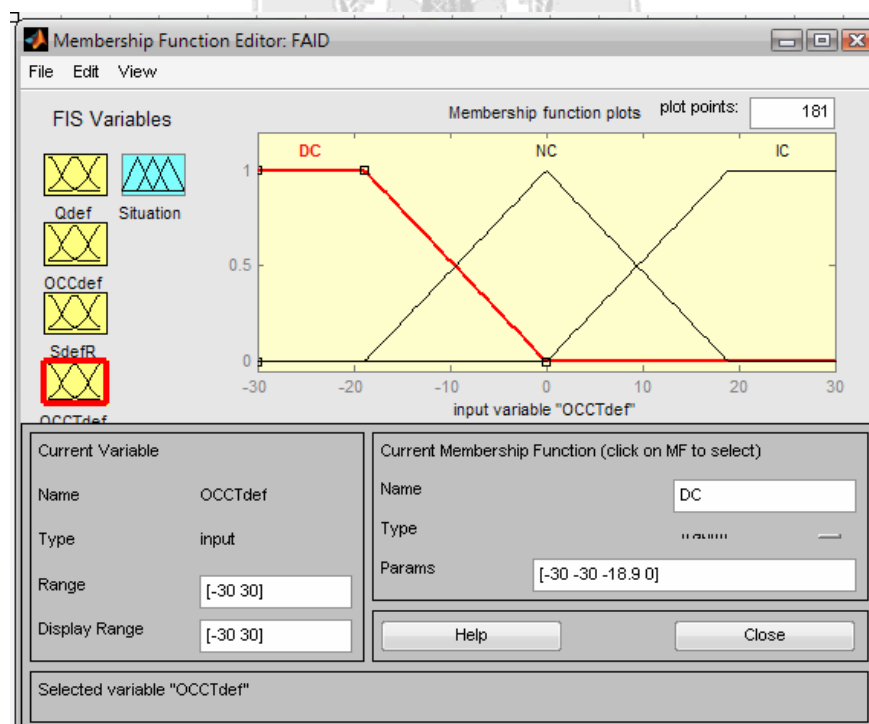


圖 4.17 佔有率時間變化量隸屬函數設定視窗

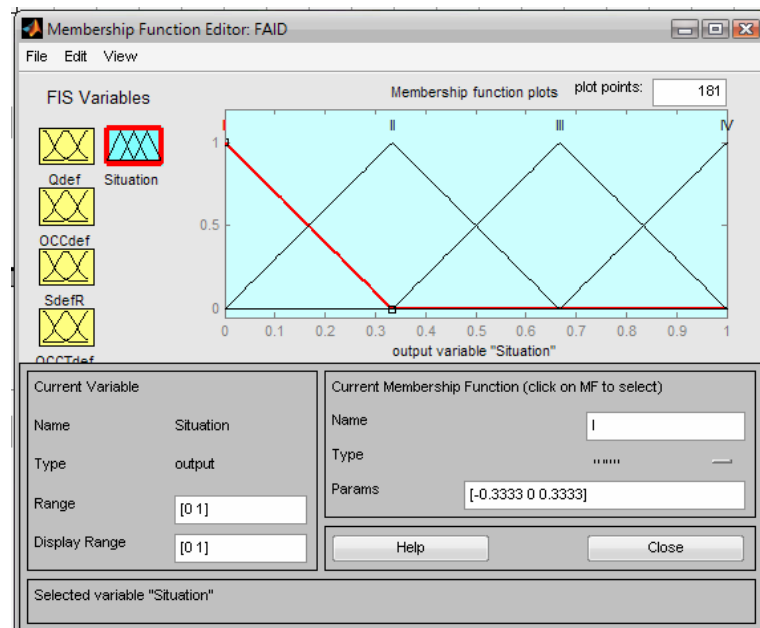


圖 4.18 事件嚴重程度隸屬函數設定視窗

4. FLC規則庫的建立

本研究共有四個狀態變數，各有三個語意等級，應推論出 81 條控制規則。經過前述的簡化程序後剩餘 20 條控制規則。

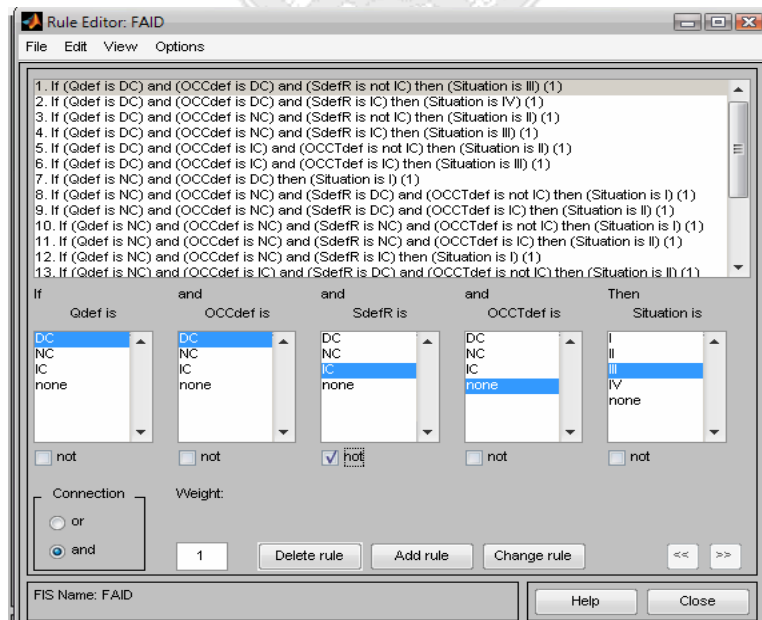


圖 4.19 FLC 規則庫

5. 輸入測試DATA以求解輸出變數

在Fuzzy Logic Toolbox提供了一個測試模糊模型的視窗。在視窗中輸入四個狀態變數的data，經過FLC的計算即可求解出結果。例如當我們輸入 $Q_{def} = -3.5$ 、 $OCC_{def} = -2$ 、 $S_{defR} = -0.014$ 、 $OCC_{Ctdef} = -20$ ，經過了FLC規則庫的計算，求解出輸出變數事件嚴重程度指數為0.496，等級屬於「輕微事件」。

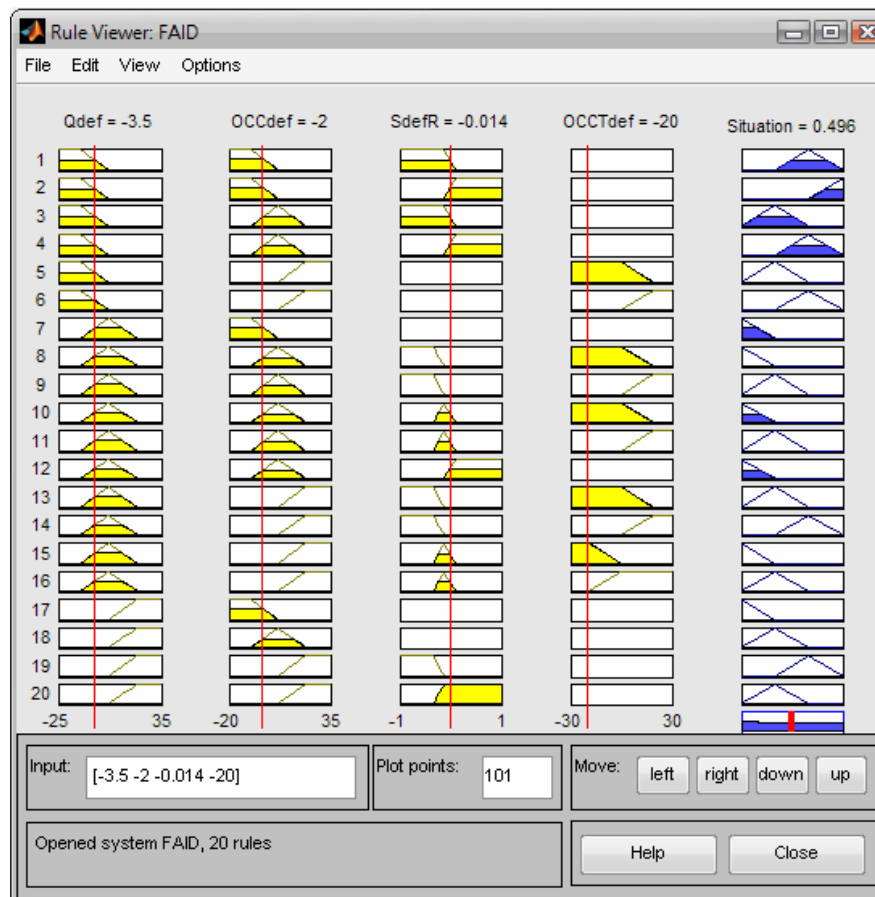


圖 4.20 輸出結果視窗

第五章 資訊可變標誌內容設計

5.1 CMS顯示流程

突發事件的發生並無時間及地點的特性，事件發生後，除了搶救傷患為首要外，障礙物的排除對於車流的恢復也極為重要，適當的事件資訊提供給道路駕駛，不但可消除道路駕駛因為等待而煩躁的心情，並可提早反應擁塞路段及避免二次事故的產生，減少事件對車流的影響。

如何減少突發事件所帶來的衝擊及避免影響持續擴大，妥善而迅速的事件處理系統是提升快速道路運轉效率重要的課題之一。傳統的事件偵測多以人工巡邏、公務車或用路人主動通報等方式來偵測事件的有無，隨著科技的進步，利用電腦、電子、通訊、控制等的整合而出的電子式自動偵測系統，儼然已經成為道路智慧化不可或缺的一環。

當突發事件發生時，首先由自動偵測方法蒐集事件相關資訊，交控中心在確認後於第一時間通報相關處理單位到達現場，同時將事件資訊整合顯示於CMS顯示幕上以讓用路人了解，並進行進一步的決策。其顯示流程如圖5.1所示。

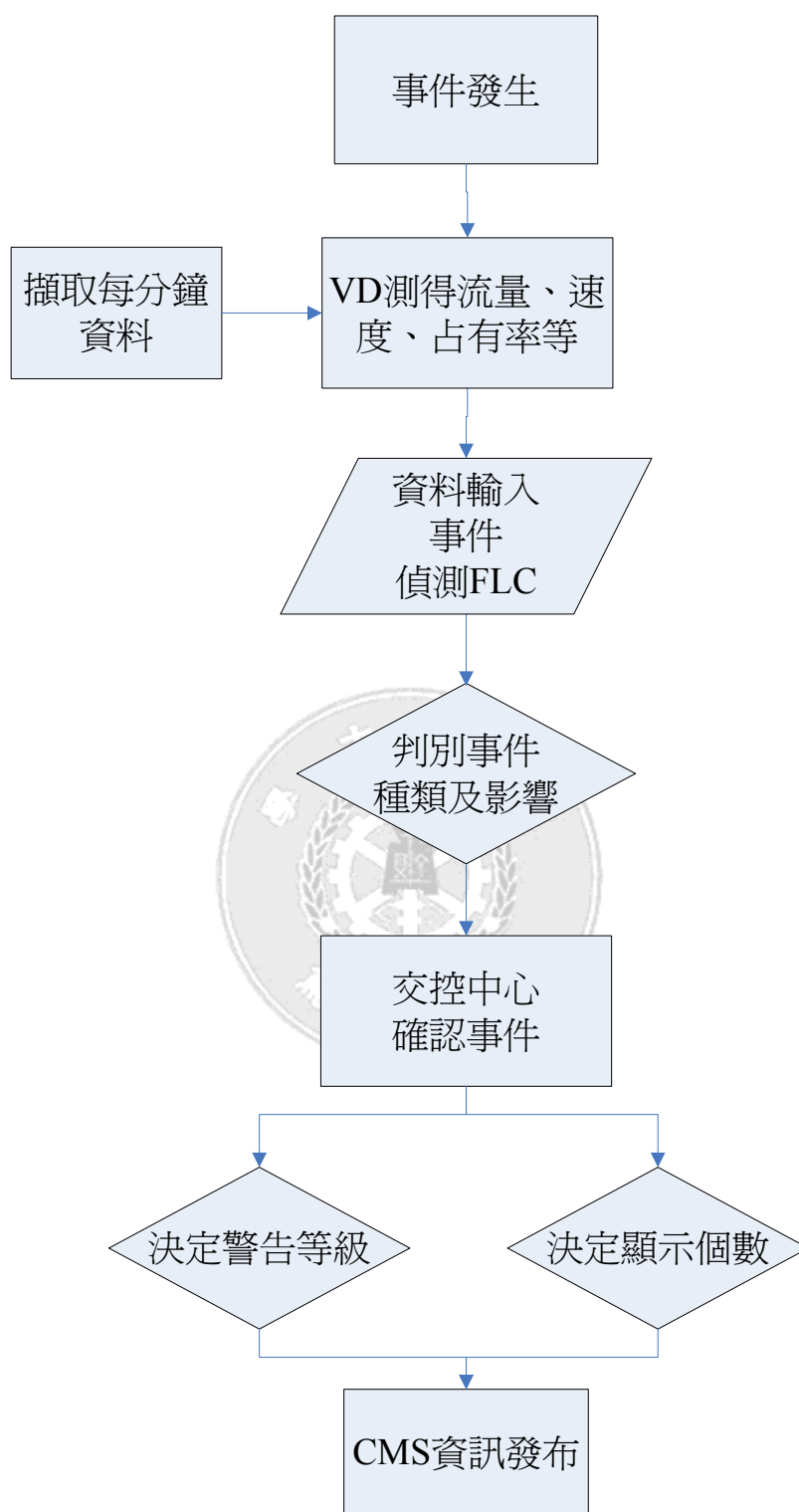


圖 5.1 資訊可變標誌整合顯示流程圖

5.2 顯示準則與顯示個數

如同高速公路一樣，快速道路資訊可變標誌主要應設置於入口匝道前方，或具有替代道路出口匝道之上游處。當有突發事件發生時，位於事件上游的駕駛可以經由CMS的顯示獲取相關資訊，進行改道等決策。因此CMS的資訊內容應該如何配合事件的種類來顯示警示資訊或是引導資訊是相當重要的課題。在事故發生時，CMS除了顯示事件資訊以警告上游駕駛外，事件所造成的額外旅行時間，亦即延滯時間也是駕駛最為關心的資訊之一。延滯時間的長短，對駕駛接下來所將採取的行車策略產生極大的影響。所以在決定CMS所提供之內容準則時，必須考慮事件的類型、嚴重程度以及所產生的延滯時間，來顯示不同需求的資訊內容，如圖5.2所示。

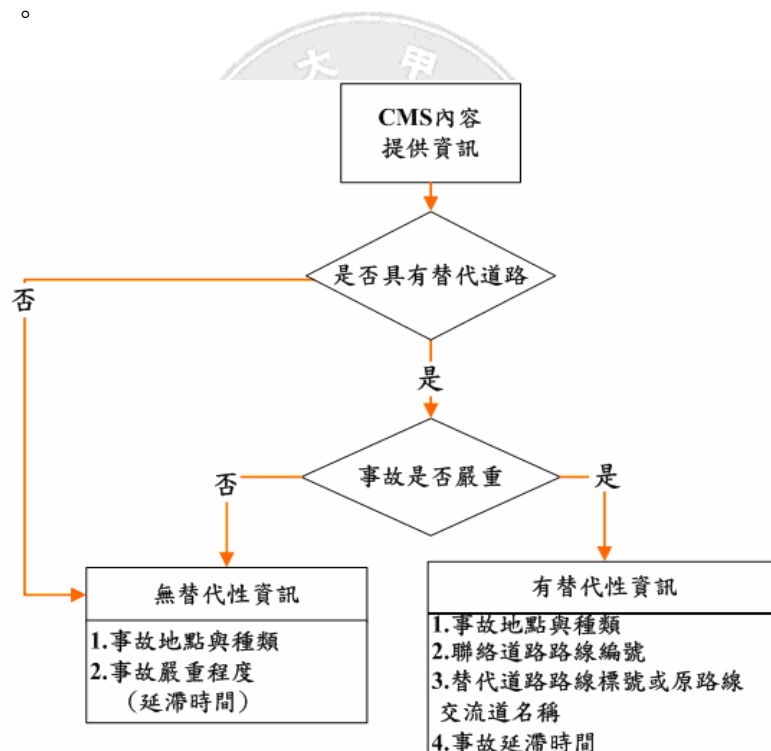


圖 5.2 設置內容準則流程圖

為了使交控設施顯示符合最低顯示需求原則，CMS可依照事件種類、影響程度以及實際需求來調整顯示個數。根據國道高速公路交控中心之資料，事件分類可大致分為五種，而市區快速道

路可沿用此分類方法。其詳細事件類別如表 5.1 所示。

表 5.1 事件分類表

一般事件	事故、施工、散落物、路面損毀、故障車、火災、積水、傷病、危險物品事故、軍事管制、特勤。
壅塞事件	壅塞。
天候事件	濃霧、強風、豪雨。
管制事件	壅塞速限控制、匝道儀控、路網轉向控制。
其他事件	坍方、橋樑沉陷、空氣品質。

資料來源：國道高速公路局

而事件上游之 CMS 可分為改道點與無改道點之 CMS 兩種。若再以距離遠近區分，又可分為最遠 CMS、次遠 CMS 及最近 CMS。其定義如下：

1. 最近改道點 CMS：事件上游第一個改道點 CMS
2. 次遠改道點 CMS：事件上游第二個改道點 CMS
3. 最遠改道點 CMS：事件上游第三個改道點 CMS
4. 最近非改道點 CMS：介於事件地點與最近改道點間之 CMS
5. 次遠非改道點 CMS：介於最近改道點與次遠改道點間之 CMS
6. 最遠非改道點 CMS：介於次遠改道點與最遠改道點間之 CMS

以市區快速道路而言，改道點 CMS(以下簡稱 CMS)大多佈設於出口匝道前，或部分入口匝道前之平面道路上。其顯示個數原則依據事件的程度區分，如為較嚴重之事件，則啟動較多 CMS 個數。而非改道點 CMS 之顯示內容除最近非改道點 CMS 外，原則上與非改道點下游之最鄰近 CMS 之顯示內容相同。而根據上一章所述，本研究以輸出控制變數的等級，將事件程度區分成四個等級，

依照不同嚴重程度的事件來調整控制CMS顯示的個數及內容，如下表所示：

表 5.2 CMS 顯示個數表

事件種類			
無事件(順暢)	輕微事件	中等事件	嚴重事件
顯示路段上游	顯示事件上游	顯示事件上游	顯示事件上游
任一最近CMS	最近 CMS	最近 CMS	最近 CMS
	次遠 CMS	次遠 CMS	次遠 CMS
		最遠 CMS	最遠 CMS

5.3 CMS顯示內容

本研究對於市區快速道路上之資訊可變標誌之主要之功用，為即時的利用CMS顯示事件相關訊息警告上游駕駛。因此在內容上除了告知事件的類型、位置以及所產生的影響外，還可以引導駕駛者所應該採取的行車決策，如改道或是減速慢行等。此外由於CMS牌面顯示空間有限，故其顯示的內容應力求簡單易懂，且同質性之事件資訊詞彙應具一致性。顯示內容可以依照其需求或是CMS的形式而有許多類型的訊息內容，主要應由四項要素組合構成：地點敘述、事件陳述、影響程度、建議策略。其顯示順序為：

1. 地點敘述：事件發生之地點陳述及補充，主要標示路段地名或里程數等明確之地點，如林森-中山、東寧路段、新生出口匝道前、69-56km、69.5km、62km、62km內（中內）側（車道）、62km外（中外）側（車道）...等。
2. 事件陳述：事件發生原因或狀況描述，如車多、壅塞、事故、

施工、大雨、濃霧、10-16時、...等。

3. 影響程度：事件對整體交通之影響，如封閉內側車道、封閉外側（中外）車道、佔用內（外）側車道、回堵1公里、旅行延滯時間等...
4. 建議策略：道路管理者對用路人之建議事項、管制措施，或其他補充事項，如請改道、禁止變換車道、開放外側路肩、請減速慢行、保持安全間距、...等。

當快速道路有事件發生時，會產生額外的旅行延滯時間。在本研究中將所謂的旅行延滯時間定義為，當快速道路主線上某路段區間發生突發事故時，駕駛者從最近CMS到通過此事故所在位置之路段區間所增加的旅行時間，其旅行延滯時間的計算方式如下所示：

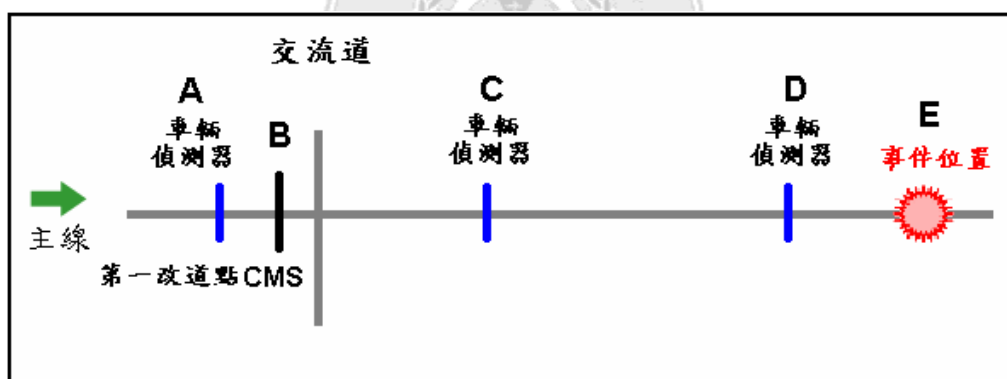


圖 5.3 事件與相關設施位置示意圖

利用 A、B、C 車輛偵測器收集的車流資料，可得知事件發生前，位於第一改道點 CMS 前之車輛偵測器 A 點的平均速度 (km/h) A_s ，將 A_s 作為 B 點的平均速度，以及事件發生後第一改道點 CMS 與事件之間各個車輛偵測器所測得每分鐘一次的平均速度 (km/h) A_s' 、 B_s' 、 C_s' ，在得知事故的所在位置後，便可計算出 \overline{BC} 、 \overline{CD} 、 \overline{DE} 以及 \overline{BE} 的距離 (km)，最後根據以下的公式便可計算出事件影響之旅行延滯時間。

$$\text{Delay(分鐘)} = \left[\left(\frac{\overline{AC}}{A_{s'}} + \frac{\overline{CD}}{C_{s'}} + \frac{\overline{DE}}{D_{s'}} - \frac{\overline{AE}}{A_s} \right) \right] \times 60 \quad (5.1)$$

依據不同性質之事件及CMS佈設地點、路況或特殊情形等狀況，從上述四項要素中選擇適當之詞彙組合，顯示用路人所需接收之即時資訊或道路管理者所需提供用路人之相關管制訊息，如表5.3。

表 5.3 資訊可變標誌內容顯示詞彙組合參考

事 件	發 生 地 點	事 件 陳 述	影 響 程 度	建 議 策 略
故障車	地名 (+車道) 里程 (+車道)	故障車	回堵 延滯時間	減速慢行 靠外側車道
車禍事故	地名 (+車道) 里程 (+車道)	事故	回堵 車道封閉 延滯時間	請改道 靠外側車道
物品散落	地名 (+車道) 里程 (+車道)	物品散落	回堵 車道封閉 延滯時間	請改道 暫行路肩 減速慢行
施工改道	地名區間 里程區間 里程 (+車道)	施工 移動性施工	封閉 回堵	請改道 暫行路肩 靠右行駛
天候不良	地名區間 里程區間 交流道 收費站	大雨 濃霧 颱風	封閉	請開頭燈 保持安全間距 暫停路肩 暫停收費
交通安全 宣導		○月○日		交管措施

資料來源：【12】、【31】

而 CMS 所提供的訊息種類主要分成三大類：警告、建議改道以及強制改道，茲說明如下：

1. 警告訊息

警告訊息僅告知用路人事件相關資訊而不做任何改道建議。最近 CMS 應顯示「前方」、事件種類、阻斷車道及建議行動(靠外側、減速慢行)；次遠 CMS 應顯示事件地點里程數、事件種類及阻斷車道；最遠 CMS 應顯示事件地點、事件種類及阻斷車道。此外，最近非改道點 CMS 由於已無法給予改道指引，故一律顯示警告訊息，顯示內容同最近 CMS。

2. 建議改道訊息

顯示建議性語氣之改道訊息。若決定 CMS 內容欲顯示建議改道訊息時，首先須檢核由資訊交換所得之平面替代道路速率，當替代道路速率高於主線下游路段速率時，則顯示改道訊息，否則僅顯示警告訊息。最近 CMS 應顯示「前方」、事件種類、阻斷車道及改道訊息；次遠 CMS 應顯示事件地點里程數、事件種類、阻斷車道及建議改道訊息；最遠 CMS 應顯示事件地點、事件種類及阻斷車道及建議改道訊息。

3. 強制改道訊息

以強制性的語氣顯示道路封閉及改道訊息。最近 CMS 應顯示「前方」、事件種類、全部車道封閉及強制改道訊息；次遠 CMS 應顯示事件地點里程數、事件種類、全部車道封閉及改道訊息；最遠 CMS 應顯示事件地點、事件種類、全部車道封閉及改道訊息。

此三類訊息顯示的選擇是由事件影響路段區間數及事件嚴重程度二項因素所決定。若事件影響路段區間數或事件嚴重程度未知，則一律顯示警告訊息。因此，我們可以將事件影響路段區間數、事件嚴重程度及訊息類型的關係整理如表 5.4 所示：

表 5.4 CMS 顯示訊息程度表

		事件程度			
		輕微事件	中等事件		嚴重事件
影響路段區間	一路段	最近 CMS=警告 次遠 CMS=無 最遠 CMS=無	最遠 CMS=無 次遠 CMS=警告 最近 CMS=建議改道 *	一路段	最遠 CMS=警告 次遠 CMS=建議改道* 最近 CMS=強制改道
	二路段以上	最遠 CMS=無 次遠 CMS=警告 最近 CMS=警告	最遠 CMS=警告 次遠 CMS=建議改道 * 最近 CMS=建議改道 *	二路段以上	最遠 CMS=建議改道* 次遠 CMS=強制改道 最近 CMS=強制改道

*:發布建議改道指令仍須考慮平面替代道路狀況，否則僅發布「警告」訊息。

考慮到駕駛人的閱讀時間、反應時間以及顯示幕的字數限制，管理者可以依其需求及顯示幕的顯示方式來對於資訊內容作一調整，擇其重要的關鍵字句來顯示以符合易讀性及易理解性之原則。

第六章 簡例測試

6.1 事件敘述

本研究將於市民快速道路西向承德－延平路段之內，對數個事件情境進行測試驗證。由於在研究過程中無法蒐集完整之實際事件資料，因此將對各模擬事件情境之內容，包含發生地點、車流數據以及事件嚴重程度等等進行假設。此路段之上游偵測器靠近承德路西側，編號為 VD-A-W1；下游偵測器靠近延平北路西側，編號為 VD-A-W2，兩偵測器相距約 308.5m。各事件發生地點示意圖如下所示：



圖 6.1 事件發生地點示意圖

事件情境內容之假設是極為關鍵的部份，尤其是車流資料與變數數據的設定。本研究為了能夠合理的設定車流資料，首先須找出各輸入變數值於實際正常狀況之下的範圍，以反求出現異常

狀況(亦即事件發生)時各變數所可能坐落的區塊。此部份於第四章時即已蒐集而得。例如流量空間變化量於正常狀況下介於-7.016與15.452間，當事件發生後根據先驗知識，流量空間變化量會減少，因此其數值應小於-7.016，設定事件車流資料時應儘量落於此範圍內以符合實際狀況。而各車流參數-如流量與佔有率間的關係亦由可實際數據中獲得。本研究將依照上述方法設定組合車流資料與變數數據，以構成四種不同狀況的模擬情境，分別為低車流嚴重事件情境、高車流嚴重事件情境、低車流輕微事件情境、高車流輕微事件情境。

6.2 FLC事件偵測模式驗證

6.2.1 模擬情境一 低車流嚴重事件

(一) 蒐集路段交通參數

情境一的模擬內容為一在低車流量狀況下所發生的車禍事故。此車禍事故發生後造成嚴重之後續影響，此事件於發生的30分鐘後始獲得排除。我們依照前述之設定方法設定路段上下游車輛偵測器所偵測到的每分鐘流量、佔有率、速度等原始資料及四項輸入之控制變數。原始資料及輸入變數的值見下表：

表 6.1 情境一上下游 VD 原始資料表

時間	狀況	上游			下游		
		流量 Q	佔有率 OCC	速度 S	流量 Q	佔有率 OCC	速度 S
05:05	無事件	1	3	80	9	6	70
05:06	無事件	16	13	68	11	10	68
05:07	事件發生 (開始)	13	7	69	5	1	70
05:08	事件持續	26	17	62	4	0	77

05:09	事件持續	32	26	51	7	2	66
05:10	事件持續	38	38	40	6	1	75
05:10 05:34	事件持續	∴	∴	∴	∴	∴	∴
05:34	事件持續	38	42	38	8	4	75
05:35	事件持續	36	37	41	7	3	71
05:36	事件持續	39	32	41	9	5	68
05:37	無事件 (排除)	20	11	66	10	6	68
05:38	無事件	22	11	67	16	14	61
05:39	無事件	11	10	71	13	11	64

表 6.2 情境一輸入變數資料表

偵測時間	狀況	Qdef (veh/min)	OCCdef (%)	Sdefr (%)	OCCtdef (%)
05:05	無事件	8	3	-12.50%	-4
05:06	無事件	-5	-3	0.00%	4
05:07	事件發生(開始)	-8	-6	1.45%	-9
05:08	事件持續	-22	-17	24.19%	-1
05:09	事件持續	-25	-24	29.41%	2
05:10	事件持續	-32	-37	87.50%	-1
05:11 05:33	事件持續	∴	∴	∴	∴
05:34	事件持續	-30	-38	97.37%	3
05:35	事件持續	-29	-34	73.17%	-1
05:36	事件持續	-30	-27	65.85%	2
05:37	無事件(排除)	-10	-5	3.03%	1
05:38	無事件	-6	3	-8.96%	8
05:39	無事件	2	1	-9.86%	-3

(二) 代入模擬程式計算

接著將此四項輸入控制變數的值代入 Matlab 的 Fuzzy Logic Toolbox 中進行計算，即可求得輸出變數「事件嚴重程度」的指數以及其所對應事件狀況。此外更與常用的加州演算法 TSC7 所運算出的結果進行比較，以了解其與傳統方法的差異。測試的結果如下表所示：

表 6.3 情境一輸出結果一覽表

偵測時間	狀況	程度指數	計算出的事件程度	TSC7
05:05	無事件	0.224	無事件	無事件
05:06	無事件	0.224	無事件	無事件
05:07	事件發生(開始)	0.625	中等事件	無事件
05:08	事件持續	0.892	嚴重事件	無事件
05:09	事件持續	0.892	嚴重事件	事件發生
05:10 05:34	事件持續	:	嚴重事件	事件發生
05:35	事件持續	0.892	嚴重事件	事件發生
05:36	事件持續	0.892	嚴重事件	事件發生
05:37	無事件(排除)	0.627	中等事件	無事件
05:38	無事件	0.419	輕微事件	無事件
05:39	無事件	0.224	無事件	無事件

從結果可以得知在情境一中，FLC 事件偵測模式在 05:07 與 05:37、09:38 時所偵測的事件狀況與情境狀況有異。05:07 時為事件剛發生時，上游之車流正在開始囤積當中，故模式有可能因為流量和佔有率等的差距不大而判斷為「中等事件」狀況。05:14~15 時在情境下為事件剛獲排除，因此囤積的車流還在消散中，使得模式分別判斷為「中等事件」與「輕微事件」狀況。而在與 TSC7

的比較中可以發現，TSC7 直到事件發生後的第三時段才獲得偵測，因此 FLC 模式較 TSC7 有較快的偵測速度及正確率。

(三) CMS顯示決策

根據 FLC 模式所輸出的事件嚴重程度，可提供交控中心人員作為啟動 CMS 個數以及所應顯示訊息之依據。由上列所得知結果，CMS 啟動及顯示的內容如下表所示。

表 6.4 情境一 CMS 啟動表

時間	偵測事件 種類	影響區間	啟動 CMS 個數	警告訊息程度
05:06 之前	無	無	無	無
05:07	中等事件	一路段區間	次遠 CMS	警告訊息
			最近 CMS	建議改道訊息
05:08 至 05:36	嚴重事件	一路段區間	最遠 CMS	警告訊息
			次遠 CMS	建議改道訊息
			最近 CMS	強制改道訊息
05:37	輕微事件	一路段區間	次遠 CMS	警告訊息
			最近 CMS	建議改道訊息
05:38	輕微事件	一路段區間	次遠 CMS	警告訊息
05:39 以後	無	無	無	無

(四) 旅行延滯時間

利用由西向東 VD-A-W2(D點)、VD-A-W3(C點)、VD-A-W4(A

點)車輛偵測器收集的資料，可得知事件發生前A點的平均速度(km/h)As，以及事件發生後個別的平均速度(km/h)As'、Cs'、Ds' (每分鐘更新一次)，在得知各地點間的距離後，根據公式便可計算出事件影響之旅行延滯時間。

表 6.5 路段各點間距離表

地點	VD-A-W4 (A 點)	中山東側 往西 CMS (B 點)	VD-A-W3 (C 點)	VD-A-W2 (D 點)	事件地點 (E 點)
距離	0.383km	0.053km	0.428km	0.167km	

表 6.6 情境一各偵測器測得之平均速度表

時間	VD 編號	平均速度(Km/hr)
05:06 (事故發生前)	WD-A-W4(A 點)	79
	WD-A-W3(C 點)	81
	WD-A-W2(D 點)	68
05:07 (事故發生)	WD-A-W4(A 點)	79
	WD-A-W3(C 點)	75
	WD-A-W2(D 點)	69
05:08	WD-A-W4(A 點)	78
	WD-A-W3(C 點)	67
	WD-A-W2(D 點)	62
05:09	WD-A-W4(A 點)	67
	WD-A-W3(C 點)	63
	WD-A-W2(D 點)	51
05:10	WD-A-W4(A 點)	62
	WD-A-W3(C 點)	52
	WD-A-W2(D 點)	40

05:11~33
05:34	WD-A-W4(A點)	41
	WD-A-W3(C點)	37
	WD-A-W2(D點)	38
05:35	WD-A-W4(A點)	39
	WD-A-W3(C點)	39
	WD-A-W2(D點)	41
05:36 (事件結束)	WD-A-W4(A點)	36
	WD-A-W3(C點)	39
	WD-A-W2(D點)	38
05:37	WD-A-W4(A點)	40
	WD-A-W3(C點)	42
	WD-A-W2(D點)	66

將上表中各偵測器所偵測到的車流平均速度代入以下式子

$$\text{Delay(分鐘)} = \left[\left(\frac{\overline{AB}}{A_{s'}} + \frac{\overline{BC}}{B_{s'}} + \frac{\overline{CD}}{C_{s'}} - \frac{\overline{AD}}{A_s} \right) \right] \times 60$$

計算出來的旅行延滯時間如下表所示(表 6.7)。其中我們可以發覺所增加的旅行時間延滯似乎非常少，這是因為此路段事件地點至最近 CMS 間的距離較短(僅約 1 公里)導致可增加的額外旅行時間亦較短所致。

表 6.7 情境一旅行延滯時間表

時間	旅行延滯時間
05:07	約 0.036 分鐘

05:08	約 0.097 分鐘
05:09	約 0.211 分鐘
05:10	約 0.383 分鐘
05:10~05:33	...
05:34	約 0.813 分鐘
05:35	約 0.791 分鐘
05:36	約 0.887 分鐘
05:37	約 0.634 分鐘

6.2.2 模擬情境二 高車流嚴重事件

(一) 蒐集路段交通參數

情境二的模擬內容為在高車流量狀況下所發生的車禍事故。此車禍事故發生後造成嚴重、二路段之影響，並且於三十分鐘後始獲得排除。由於路段流量高，事件發生後對佔有率及速度的影響甚劇。同樣設定原始資料及輸入變數的值如下表：

表 6.8 情境二上下游 VD 原始資料表

時間	狀況	上游			下游		
		流量 Q	佔有率 OCC	速度 S	流量 Q	佔有率 OCC	速度 S
09:05	無事件	28	11	67	26	23	64
09:06	無事件	30	13	64	26	21	60
09:07	事件發生 (開始)	34	28	63	27	24	63
09:08	事件持續	39	21	4	17	6	72
09:09	事件持續	42	35	7	8	3	78
09:10	事件持續	49	43	9	9	5	75

09:11 09:33	事件持續	∴	∴	∴	∴	∴	∴
09:34	事件持續	47	45	10	4	3	77
09:35	事件持續	42	55	12	6	6	75
09:36	事件持續	49	57	11	3	5	76
09:37	無事件 (排除)	34	43	34	10	7	72
09:38	無事件	30	34	52	17	11	69
09:39	無事件	25	11	63	23	14	64

表 6.9 情境二輸入變數資料表

偵測時間	狀況	Qdef (veh/min)	OCCdef (%)	Sdefr (%)	OCCtdef (%)
09:05	無事件	-2	12	-4.48%	3
09:06	無事件	-4	8	-6.25%	-2
09:07	事件發生(開始)	-7	-4	0.00%	3
09:08	事件持續	-22	-15	1700.00%	-18
09:09	事件持續	-34	-32	1014.29%	-3
09:10	事件持續	-40	-38	733.33%	2
09:11 09:33	事件持續	∴	∴	∴	∴
09:34	事件持續	-43	-42	670.00%	-2
09:35	事件持續	-36	-49	525.00%	3
09:36	事件持續	-46	-52	590.91%	-1
09:37	無事件(排除)	-24	-36	111.76%	2
09:38	無事件	-13	-23	32.69%	4
09:39	無事件	-2	3	1.59%	3

(二) 代入模擬程式計算

表 6.10 情境二輸出結果一覽表

偵測時間	狀況	程度指數	計算出的事件程度	TSC7
09:05	無事件	0.224	無事件	無事件
09:06	無事件	0.224	無事件	無事件
09:07	事件發生(開始)	0.552	中等事件	無事件
09:08	事件持續	0.892	嚴重事件	無事件
09:09	事件持續	0.892	嚴重事件	事件發生
09:10 09:34	事件持續	0.892	嚴重事件	事件發生
09:35	事件持續	0.892	嚴重事件	事件發生
09:36	事件持續	0.892	嚴重事件	事件發生
09:37	無事件(排除)	0.892	嚴重事件	事件發生
09:38	無事件	0.892	嚴重事件	事件發生
09:39	無事件	0.445	輕微事件	無事件

情境二中，FLC 事件偵測模式在 09:07 與 09:38~39 時所偵測的事件狀況與情境狀況有異，原因與情境一相同。而又由於車流量較高使得事件排除後囤積車流消散緩慢，使得模式判斷事件結束的延滯較長。而 TSC7 模式至 09:09 時才偵測出事件發生，且同 FLC 模式一樣，判斷事件結束的延滯較長。

(三) CMS顯示決策

由上列所得知結果，CMS 啟動及顯示的內容如表 6.11 所示。

表 6.11 情境二 CMS 啟動表

時間	偵測事件 種類	影響區間	啟動 CMS 個數	警告訊息程度
----	------------	------	--------------	--------

09:06 之前	無	無	無	無
09:07	中等事件	二路段區間	最遠 CMS	警告訊息
			次遠 CMS	建議改道訊息
			最近 CMS	建議改道訊息
09:08 至 09:15	嚴重事件	二路段區間	最遠 CMS	建議改道訊息
			次遠 CMS	強制改道訊息
			最近 CMS	強制改道訊息
09:16	輕微事件	二路段區間	次遠 CMS	警告訊息
			最近 CMS	警告訊息
09:17	無	無	無	無

(四) 旅行延滯時間

表 6.12 情境二各偵測器測得之平均速度表

時間	VD 編號	平均速度 (Km/hr)
09:06 (事故發生前)	WD-A-W4(A 點)	68
	WD-A-W3(C 點)	64
	WD-A-W2(D 點)	64
09:07 (事故發生)	WD-A-W4(A 點)	63
	WD-A-W3(C 點)	64
	WD-A-W2(D 點)	63
09:08	WD-A-W4(A 點)	66
	WD-A-W3(C 點)	34
	WD-A-W2(D 點)	4
09:09	WD-A-W4(A 點)	56
	WD-A-W3(C 點)	23

	WD-A-W2(D點)	7
09:10	WD-A-W4(A點)	38
	WD-A-W3(C點)	13
	WD-A-W2(D點)	9
09:11~09:33
09:34	WD-A-W4(A點)	12
	WD-A-W3(C點)	13
	WD-A-W2(D點)	10
09:35	WD-A-W4(A點)	9
	WD-A-W3(C點)	14
	WD-A-W2(D點)	12
09:36 (事件結束)	WD-A-W4(A點)	13
	WD-A-W3(C點)	10
	WD-A-W2(D點)	11
09:37	WD-A-W4(A點)	13
	WD-A-W3(C點)	21
	WD-A-W2(D點)	34

將上表中各偵測器所偵測到的車流平均速度代入延滯時間公式得到下表的結果：

表 6.13 情境二旅行延滯時間表

時間	旅行延滯時間
09:07	約0分鐘
09:08	約2.747分鐘
09:09	約2.105分鐘
09:10	約2.867秒
09:11~09:33	...
09:34	約4.428分鐘
09:35	約4.666分鐘

09:36	約 4.582 分鐘
09:37	約 2.62 分鐘

6.2.3 模擬情境三 低車流輕微事件

(一) 蒐集路段交通參數

情境三的模擬內容為在低車流量的情況下，道路出現散落物而產生輕微程度影響，而事件本身於15分鐘後獲得排除。此時各交通參數的變化程度並不十分大，變數也維持在一定的變化量。設定原始資料及輸入變數的值如下表：

表 6.14 情境三上下游 VD 原始資料表

時間	狀況	上游			下游		
		流量 Q	OCC	速度 S	流量 Q	OCC	速度 S
04:05	無事件	7	5	78	11	8	72
04:06	無事件	5	4	74	10	10	68
04:07	事件發生 (開始)	11	7	69	8	5	69
04:08	事件持續	13	8	67	6	3	74
04:09	事件持續	14	9	65	7	2	71
04:10	事件持續	15	7	63	8	3	73
04:11 04:19	事件持續	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
04:20	事件持續	16	6	64	4	2	75
04:21	事件持續	13	5	68	5	1	71
04:22	事件持續	15	8	68	6	4	72
04:23	無事件 (排除)	10	3	74	7	4	70
04:24	無事件	6	3	73	9	6	68

04:25	無事件	8	4	71	12	3	69
-------	-----	---	---	----	----	---	----

表 6.15 情境三輸入變數資料表

偵測時間	狀況	Qdef (veh/min)	OCCdef (%)	Sdefr (%)	OCCtdef (%)
04:05	無事件	4	3	-7.69%	-2
04:06	無事件	5	6	-8.11%	2
04:07	事件發生 (開始)	-3	-2	0.00%	-5
04:08	事件持續	-7	-5	10.45%	-2
04:09	事件持續	-7	-7	9.23%	-1
04:10	事件持續	-7	-4	15.87%	1
04:11 04:19	事件持續	⋮	⋮	⋮	⋮
04:20	事件持續	-12	-4	17.19%	-1
04:21	事件持續	-8	-4	4.41%	-1
04:22	事件持續	-9	-4	5.88%	3
04:23	無事件 (排除)	-3	1	-5.41%	0
04:24	無事件	3	3	-6.85%	2
04:25	無事件	4	-1	-2.82%	-3

(二) 代入模擬程式計算

表 6.16 情境三輸出結果一覽表

偵測時間	狀況	程度指數	計算出的事件程度	TSC7
04:05	無事件	0.15	無事件	無事件

04:06	無事件	0.179	無事件	無事件
04:07	事件發生(開始)	0.482	輕微事件	無事件
04:08	事件發生	0.556	中等事件	無事件
04:09	事件發生	0.556	中等事件	無事件
04:10 04:20	事件持續	:	中等事件	無事件
04:21	事件發生	0.595	中等事件	無事件
04:22	事件發生	0.566	中等事件	無事件
04:23	無事件(排除)	0.225	無事件	無事件
04:24	無事件	0.225	無事件	無事件
04:25	無事件	0.17	無事件	無事件

情境三中，FLC 事件偵測模式能準確的預測出事件的發生與結束。但對於事件的嚴重程度判斷卻有差異。可能的原因為低流量時輕微程度之突發事件對車流產生之影響及變化較為輕微，而模式多以流量較大之時之資料進行訓練，易造成模式之誤判。TSC7 模式則完全無法偵測出事件的發生，可能為 T1 門檻值過高的原因。由於輕微程度事件影響車流狀況非常小，旅行時間亦未有顯著的增加，因此以下將延滯時間省略不算。

6.2.4 模擬情境四 高車流輕微事件

(一) 蒐集路段交通參數

情境四的模擬內容為在高車流量的情況狀況下，道路出現散落物而產生輕微程度影響，此事件於15分鐘之後獲得排除。此時各交通參數的變化程度並不十分大，變數也維持在一定的變化量。設定原始資料及輸入變數的值如下表：

表 6.17 情境四上下游 VD 原始資料表

時間	狀況	上游	下游
----	----	----	----

		流量 Q	OCC	速度 S	流量 Q	OCC	速度 S
10:05	無事件	28	23	67	32	23	59
10:06	無事件	29	12	68	34	21	58
10:07	事件發生 (開始)	31	13	61	23	8	63
10:08	事件持續	29	18	59	19	12	61
10:09	事件持續	31	20	57	20	13	62
10:10	事件持續	30	20	56	18	14	60
10:11 10:19	事件持續	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10:20	事件持續	33	17	55	24	12	59
10:21	事件持續	32	21	57	22	15	61
10:22	事件持續	30	15	58	22	11	62
10:23	無事件 (排除)	30	18	62	26	16	61
10:24	無事件	29	19	64	32	22	59
10:25	無事件	27	10	68	30	20	58

表 6.18 情境四輸入變數資料表

偵測時間	狀況	Qdef (veh/min)	OCCdef (%)	Sdefr (%)	OCCtdef (%)
10:05	無事件	4	0	-11.94%	3
10:06	無事件	5	5	-14.71%	-2
10:07	事件發生(開始)	-8	-5	3.28%	-13
10:08	事件持續	-10	-6	3.39%	4
10:09	事件持續	-11	-7	8.77%	1
10:10	事件持續	-12	-6	7.14%	1

10:11 10:19	事件持續	∴	∴	∴	∴
10:20	事件持續	-9	-5	7.27%	-2
10:21	事件持續	-10	-6	7.02%	3
10:22	事件持續	-8	-4	6.90%	-4
10:23	無事件(排除)	-4	-2	-1.61%	5
10:24	無事件	3	3	-7.81%	6
10:25	無事件	3	10	-14.71%	-2

(二) 代入模擬程式計算

表 6.19 情境四輸出結果一覽表

偵測時間	狀況	程度指數	計算出的事件程度	TSC7
10:05	無事件	0.24	無事件	無事件
10:06	無事件	0.139	無事件	無事件
10:07	事件發生(開始)	0.489	輕微事件	無事件
10:08	事件持續	0.489	輕微事件	無事件
10:09	事件持續	0.489	輕微事件	無事件
10:10 10:20	事件持續	∴	輕微事件	無事件
10:21	事件持續	0.489	輕微事件	無事件
10:22	事件持續	0.489	輕微事件	無事件
10:23	無事件(排除)	0.465	輕微事件	無事件
10:24	無事件	0.224	無事件	無事件
10:25	無事件	0.223	無事件	無事件

情境四中，FLC 事件偵測模式能偵測出事件嚴重程度及發生。但 10:23 時所偵測的事件狀況與情境狀況有異，原因與情境一相同，且由於事件程度輕微影響車流較小，使得模式判斷事件結束的延滯較短。而在 TSC7 模式中與情境三的狀況一樣，無法

偵測出事件發生，因此可以知道 TSC7 對於輕微事件的偵測能力頗弱。



第七章 結論與建議

本研究主要針對市區快速道路的環境，建立一套事件偵測模式，並與資訊可變標誌系統整合顯示，以期能提供適當的事件及路況資訊給用路人。以下針對本研究所得之研究成果提出相關結論，並分別向模式理論部分與實務應用方面提出建議，以供後續之研究與發展參考之用。

7.1 結論

1. 本研究蒐集國內外與資訊可變系統及事件偵測相關之文獻進行探討，並透過快速道路實際車流數據的分析與整理後，建立一套適用於市區快速道路之事件偵測模式。
2. 本研究以模糊邏輯控制方法作為模式核心，將「流量空間變化量」、「佔有率空間變化量」、「速度空間變化率」以及「佔有率時間變化量」作為輸入控制變數，經過門檻值界定、隸屬度和語意函數的設立、以及規則庫的建立等過程，構建 FLC 事件偵測模式。
3. 為了讓 FLC 模式除了偵測事件發生以外，還能進一步的了解事件所造成的影響程度，因此模式以「事件嚴重程度」作為 FLC 之輸出變數。路段偵測器所蒐集到的車流資料經過模式計算後，可以判斷出路段為「無事件」、「輕微事件」、「中等事件」和「嚴重事件」。當快速道路上有事件發生後，藉由事件偵測模式自動偵測出事件發生、路段與嚴重程度的資訊。交通管理單位能夠及時掌握快速道路車流狀況，迅速進行處理。而用路人則可以藉由 CMS 獲得事件訊息，並進行改道等決策。
4. 依據市區快速道路的車流特性，建立適當的資訊可變標誌顯示流程。定訂市區快速道路資訊可變標誌於事件發生時的整體顯示準則、所應顯示的個數以及其顯示面板的內容，讓事件偵測模式與 CMS 間進行整合，以有效發揮交通控制與管理的能力。
5. 透過情境模擬發現，在高流量的路況下，本研究構建之 FLC 偵測模式能發揮良好的效能。但於低流量之路況下則表現較差，對於事件嚴重程度的判斷較易產生誤差。而在與加州 TSC7

演算法比較下，FLC 模式具有反應快，準確率高的優勢。

7.2 建議

7.2.1 模式理論方面

1. 本研究將建構出之 FLC 模式與傳統 TSC7 演算法做驗證比較，得到令人滿意的結果。然 TSC7 屬於較早期之事件偵測方法，因此建議未來可以再加入與其他較先進之事件偵測演算法的驗證比較，使模式的績效評估更臻完善。
2. 目前模式中輸入變數以三級之語意等級為主，建議後續研究可以針對設定不同數量的語意等級，分析其對偵測效果的影響。
3. FLC 事件偵測模式經驗證後發現於低流量的路況下表現較差。原因為訓練時多以高流量時的資料為主。建議未來可以針對高、低流量下的車流資料分別進行訓練，以提升模式在各種交通流量下的適用性。
4. 由於交控中心偵測器的性能限制，目前最多僅能擷取且保存每分鐘一筆的車流資料。可以預期的是，較高的擷取頻率(如 20 秒)應能加強偵測模式的準確度並縮短偵知時間，但相對的操作儲存的成本也會增加。因此未來可以分析以多少頻率擷取資料可以達到最適的偵測效果。
5. 本研究由於缺乏足夠的事件資料，故在驗證上是以自行假定的資料進行測試。若能搜集到足夠的事件車流資料，或以車流模擬器進行模擬，將更能符合實際的車流狀況。

7.2.2 實務應用方面

1. 對於所偵測得知的事件資訊，除了以可變標誌系統進行顯示外，亦可與車上 GPS 導航設備進行連線，讓即時的交通和路況資訊能更直接的提供給駕駛。
2. 完整的高快速公路管理系統中，除了即時偵測事件發生、疏導主線車流的能力外，也應對匯入的車流進行管制。因此未來應整合適當之匝道儀控模式，以便事件發生後進一步控管上匝道車流，減緩事件路段車流壓力之用。
3. 由於偵測器所蒐集的資料流超過伺服器負荷，使得交控中心無法對路段車流資料進行完整的存取，讓本研究僅能獲得片

- 段的車流資料，在資料蒐集上遭遇不小的困難。建議交控中心未來應提升硬體能力並加強維護，以維持中心的正常運作。
4. 政府及相關規劃管理單位應加強宣導 CMS 之功能及顯示資訊之意義，一方面可以幫助民眾認識 CM 及瞭解其內容所要傳達的涵義，另一方面可以建立民眾對於 CMS 之信賴感及尊重，以提升 CMS 之效用。



參考文獻

- 【1】中華顧問工程司，民國 90 年，「國道高速公路局中區交通控制系統工程特定條款」，交通部國道高速公路局。
- 【2】中華顧問工程司，民國 94 年，「智慧型交通資訊蒐集系統建置」，交通部運輸研究所。
- 【3】王秀帆，民國 92 年，「應用灰色預測於高速公路事件自動偵測之研究」，中央大學土木工程學系碩士論文。
- 【4】台北市政府交通局，民國 81 年，「資訊可變標誌規範手冊」，台北市政府。
- 【5】交通部，民國 83 年，道路交通標誌標線號誌設置規則，交通部、內政部。
- 【6】交通部台灣區國道高速公路局
http://www.freeway.gov.tw/02_01_03.asp。
- 【7】李允中、王小璠、蘇木春，民國 92 年，「模糊理論及其應用」全華科技圖書股份有限公司。
- 【8】李杏妃，民國 89 年，「高速公路上下匝道燈號之模糊控制決策」，中央大學電機工程研究所碩士論文。
- 【9】李克聰等人，民國 92 年，「地理資訊系統（GIS）於道路指示標誌系統之規劃設計」，交通部科技顧問室委託。
- 【10】吳悅慈，民國 91 年，「都會區內高速公路走廊交通疏導改道策略之建構與模擬研究－以圓山與台北交流道間之高速公路走廊為例」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文。
- 【11】吳健生，民國 88 年，「編訂公路交控工程設計手冊」，交通部國道新建工程局研究報告。
- 【12】林豐福，民國 86 年，「資訊可變標誌運用於交通管理策略之研究」，交通部運輸研究所報告。
- 【13】周義華、許秉鈞、李啟仲，民國 89 年，「高速公路事故屬性即時自動鑑別之方法研究」，運輸計劃季刊，第二十九卷，第三期，499-528 頁。

- 【14】胡守任等人，民國 94 年，「智慧型交通資訊蒐集、處理、傳播與旅行者行為之系列研究—號誌化道路路況資訊偵測方法與格式訂定(二)」，交通部科技顧問室委託。
- 【16】侯鈞元，民國 91 年，「應用羅吉特模式於市區道路事故偵測系統」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文。
- 【17】陳永森，民國 92 年，「危險性自動化製程設備安全即時偵測與監控之研究」，逢甲大學自動控制工程學系碩士論文。
- 【18】陳拓榮，民國 92 年，「模糊邏輯應用於疲勞辨識系統」，大葉大學車輛工程學系碩士論文。
- 【19】陳澤澎、陳金源，民國 82 年，「發光二極體室外顯示幕可信賴度研究」，交通部國道新建工程局研究報告。
- 【20】陳耀茂，民國 91 年，「模糊理論」，五南圖書出版公司。
- 【21】張銘聰，民國 82 年，「應用模糊專家系統於公車即時調度作業之研究」，成功大學交通管理研究所碩士論文。
- 【22】莊建宏，民國 90 年，「自動化交通監控系統」，台灣師範大學資訊教育研究所碩士論文。
- 【23】曾信忠，民國 82 年，「模糊理論應用於高速公路事件偵測之研究」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
- 【24】賴文隆，民國 94 年，「應用模糊理論於資訊可變標誌系統規劃之研究」，逢甲大學交通工程與管理學系碩士論文。
- 【25】簡聰敏，民國 93 年，「影像伺服追蹤及鏡頭控制系統之研製」，國立彰化師範大學工業教育學系碩士論文。
- 【26】魏健宏、黃國平、陳昭宏，民國 85 年，「應用人工神經網路發展高速公路意外事件自動偵測模式」，運輸計劃季刊，第二十五卷，第二期，209-234 頁。
- 【27】美國奧勒岡州運輸部，(2002)「高速公路可變標誌系統指導原則」。
- 【28】Benson, B. G. (1996), "Motorist Attitude about Content of Variable message signs". Transportation Research Record, No. 1550, PP48-57
- 【29】Chaterjee, K. et.(2002)Driver response to Variable message

- sign information in London. Transportation Research Part C, Vol.10, Issue 2, pp 149-169
- 【30】 Dudek, C. L. (1997), Variable Message Signs, NCHRP Synthesis 237. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, D. C., U.S.A .
- 【31】 Garvey, P. M., and Mave, D .J.(1996), “Variable message sign visibility,” Report FHWA-RD-94-077. FHWA.
- 【32】 Hoyer, R. and Jumar, U.(1994), “An advanced fuzzy controller for traffic lights,” Annual Review in Automatic Programming, Vol.19, pp.67-72.
- 【33】 McCoy, P. T. and pesti, G. (1999), Changeable Message Sign Deployment Guidelines, NDOR Research Project Number SPR-PL-1(33).
- 【34】 Niittymäki, J.(2001), “Installation and experiences of field testing a fuzzy logic controller,” European Journal of Operational Research, Vol.131, pp.273-281.
- 【35】 Trabia, Mohamed B., Kaseko, Mohamed S. and Ande, Murali(1999), “A two-stage fuzzy logic controller for traffic signals,” Transportation Research Part C, Vol.7, pp.353-367.
- 【36】 Wang, J.H., Cao, Y., and Lai, C.J.(2002), “Evaluation of the display format of variable message signs”, Proceedings of the Fourth Asia-Pacific conference on Industrial Engineering and Management system. Taipei, Taiwan.
- 【37】 Yim, Y ,and Ygnance, J.L.(1996), “Link flow evaluation using loop detector data ; Transportation Research to variable message signs”. Transportation Research Record 1550, pp. 58-64.

作者簡歷



姓 名：許聖奇

生 日：民國 70 年 8 月 30 日

學 歷：逢甲大學交通工程與管理學系碩士班

義守大學土木工程學系

省立北港高中

地 址：台北市中山區明水路 397 巷 7 弄 19 號 4 樓

電 話：(02)85091613

Email：ishell.tw@gmail.com