

淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文

指導教授：董啟崇 博士

高速公路事件影響區段範圍之研究

Modelling the Congested Upstream Sections on Freeway Caused by
Incidents: A Simulation Study

研究生：洪士傑 撰

中華民國 94 年 7 月

論文提要內容：

綜觀交通事件相關研究，國內外文獻於事件偵測與預防、事件發生後交通狀況分析與預測以及事件管理等類型皆有許多探討，但於事件發生後，對時間與空間衝擊擴散影響情形之研究，則未如其他課題受到重視。但完善之事故管理系統，除運用各種事故偵測或通報系統外，評估並掌握事件造成交通衝擊，以利交通管理權責單位採取即時且有效的管理措施是必要的，因此，更需要一套方法論以預測事件對整體範圍的衝擊影響。

本研究之模式構建分為兩部分：第一部份為受事件影響路段數遞增與遞減兩函數，其中以事件降低容量嚴重度與發生事件路段之擁擠指標為模式參數，以此二函數求得受事件影響路段數。第二部份以一路段指派原則，將求得路段數指派入路網，當所有路段數皆指派完畢，即可得到事件發生後對上游造成之影響區段範圍。

本研究之模式構建分為三階段：首先將高速公路路網劃分為等長路段，蒐集事件發生前後各路段速率於不同時間之差異，並依服務水準之變化判斷路段是否受事件影響，進而得到事件發生後，受影響路段數之遞增與遞減情形；第二部份以受影響路段數目與發生事件路段之擁擠指標，為事件影響區段範圍模式之輸入項目進行構建；最後模式完成後，藉由輸入事件嚴重度與發生事件路段之旅行時間變化等資料，得到受影響路段數進行整體範圍預測。

由於我國並無搜集事件發生後車流狀況之相關資料，故以模擬工具 PARAMICS 構建路網，並彙整國道所佈設偵測器之資料進行模擬模式參數校估，以建立擬真之交通環境；此外分析由國道警察提供之歷史事件資料，找出易肇事路段作為研究對象，並以不同流量環境、事件造成容量降低程度與發生位置等因素，設計數種事件情境構建模式。

最後本研究依據不同情境組合共彙整 36 種模式，其預測能力以 MAPE 指標進行驗證，結果皆屬良好與合理之範圍。其中發現擁擠擴散情形模式化結果較優於擁擠之消散且較嚴重之事件情境模式預測準確度較高。綜合以上，本研究針對高速公路事件發生所造成影響，提出一套預測之方法，以連鎖、交互影響之概念描述事件造成之擁擠情形，利用廣義統計模式之技術，配合經真實車流資料校估之模擬環境所得資料構建模式，並可藉由發生事件情境與部份路段資訊，透過模式運作得到路網受事件影響範圍。本研究結果可應用於 ITS 事故管理領域。

關鍵詞：交通事件、影響範圍、PARAMICS 模擬器

Title of Thesis:

Total Pages: 105

Modelling the Congested Upstream Sections on Freeway Caused by Incidents: A Simulation Study

Keywords: Incident, Affected Upstream Sectionss, Paramics,

Name of Institute:

Graduate Institute of Transportation Science, Tamkang University

Graduate Date: July 2005

Degree Conferred: Master Degree

Name of Student: Shih-Chieh Hung

洪士傑

Advisor: Dr. Chee-Chung Tong

董啟崇 博士

Abstract:

Traffic incidents occur in variety of forms in road network and subsequently cause traffic congestion and travel time delays. In such conditions travel times may be increased not only on the incident link, but also on the links which are the upstream links of the incident location. These upstream links can therefore be identified as links affected by the incidents, namely, the “Affected Upstream Sections” and the prediction of how many links being affected is a vital issue to the development of advanced incident management systems in modern Traffic Management System. Unfortunately this particular issue has been long ignored comparing to the other incident detection issues.

In this thesis, a new modeling approach originally proposed by Hounsell and Ishtiaq (1997) has been considered in which an “incident data base” was compiled using a simulation tool applied to a range of traffic and incident scenarios. A set of parameters was defined and the associated effects of these parameters were analyzed. Generalized statistical models were then developed to predict the number of links which would be affected by an incident of given characteristics. Two particular models work hand-in-hand for prediction of the number of effected links during the time period of formation (M1) and dissipation (M2) of the congestion caused by incidents respectively. Models performance was evaluated by statistically analyzing the prediction errors.

The data base for the statistical modeling was compiled by using Paramics, a microscopic traffic simulation program, applied to a variety of traffic and incident scenarios. This simulation was calibrated carefully utilizing its feature for detailed road section geometric configuration and driving behavior using true real world flow data before its application in this study. Two freeway sections with different characteristics were selected in this thesis.

The results show that the proposed modes have demonstrated a reasonable predictive quality where the M1 models performed better than the M2 in general. In addition, models specified for the scenarios with more severe incidents have exhibited better performance.



誌謝

轉眼間已到了撰寫誌謝的時刻了，回首前程無數甘苦歷歷在目，如今都已是腦海中的難忘回憶，這一切都要感謝許多人所給我的支持、協助與鼓勵。首先要感謝恩師 董啟崇教授對學生的指導與教誨，您為學的用心與處事的態度，給予學生無限的啟發，深感受益良多實非言語可形容，在此向您獻上無盡的感激。論文口試期間，承蒙交通大學 汪進財教授與逢甲大學 胡大瀛教授特地撥冗前來審查，對於論文之疏漏一一斧正並提供許多寶貴意見，使本論文更臻完備，在此深表感激之意。此外，亦感謝系上全體老師們於課業上之教導與啟發，以及張助教與孔助教的支援，士傑實為萬分感激。

回想進入研究所這兩年的日子，第一天在嘉宜的帶領下踏進董家，認識了貴貞、碧琴、雅惠與小佑等學姐以及怡懌、秋如兩位學妹，頓時間彷彿進入女兒國，而我也在老師的指導下開始了我的研究生生活，兩年間學姐們陸續的離開學校，而所謂的「大師兄」的稱號也落在我身上，升上研二的那個暑假真是倍感壓力，但如今都過去了，回想做報告、計畫案以及論文的夜晚只能用百感交集來形容。

一路走來有太多人要感謝，首先就是對美麗可愛的婷儀學妹表達最大的感激之意，當初若沒有妳支持與督促我準備研究所考試，並且在這一路上不間斷的陪伴與「霹靂」打氣，還有我們一起喝下午茶看書與完成無數個拼圖的美麗時刻，還有太多美好記憶，讓我感動的無法言喻，謝謝妳為我做的一切，我會永遠記得並常常約妳去玩作為補償的。

接下來感謝我的同窗們，謝謝老賴溫暖的家與 PS2，謝謝書嫻不時寄來打氣的幾米卡，謝謝漢瑄跟我閒聊養魚，謝謝正宏傳照片和教我打牌，謝謝宏銘和我一起打球場奔馳，謝謝啟涵教我帕拉米克斯，謝謝孟甫常搞笑讓我開心，謝謝聖偉常和孟甫一起搞笑，謝謝瑋琦常叮嚀我的健忘，謝謝鈺雯常和我討論論文，這兩年多虧了你們，我永遠不會忘記在好樂迪還有很多地方的歡樂時光，將來大家還是要常聚在一起喔！

接著感謝我的國中同學大廖、雷、阿霈、佐剛、肉腳，以及高中同學阿國、倫哥、韓兄、獻哥，你們是我永遠的嗎幾、球友與牌友，雖然你們老是問我“你到底在忙什麼阿？”再來要感謝我的社團好友，首先感謝豐贊學長與沛麒的協助、關懷與體諒我這不盡責的二口，感謝雅亭、佳容、美君、仁慧、秀梅、金門與裕文各位學弟妹的鼓勵與協助我處理資料，特別感謝金門，千言萬語總歸一句「有你真好！」。還要感謝首源的朋友竹君、佳綺與懿玲，也因為有妳們我才能完成論文。還有研一的文龍、遠凱、百里、嵩瀚、惟元、淑芳、峻昇以及大學部的昱蒨、初穗、維瑩等學弟妹們，感謝你們為我處理資料。特別感謝文龍，也給你無限的祝福與支持。

接下來要感謝的是充滿愛與食物的董家的成員，謝謝麗雯學姊在計劃案的提點與閒暇時與我聊天解悶，特別感謝口試那天的甜甜圈；感謝貴貞學姐時常為我打氣，我不會忘記一起玩連連看的歡樂時光；雅惠學姐你讓我又愛又恨，為了妳

的論文和案子燃燒了不少生命，但也從妳那學到了很多，謝謝你；小佑學姐我會記得與妳在 O 館與空中花園的談天以及你的鼓勵；特別感謝「師弟」禹辰，這段時間幸虧有你，與我討論論文還常聽我抱怨與神經質，還有當我「外出」時辛苦你了。還有感謝親愛的董家後進首源、秋如、怡懌、佳雯、妍妍，特感謝首源你為我招募人馬，還有我會帶「飲料」來看你的；還有謝謝秋如妳常和禹辰搞笑讓我開心，另外我知道妳有潛力的，和首源一起加油吧。謝謝怡懌叮嚀我努力怕拉；感謝佳雯的支持，我知道妳很想幫我處理資料的；感謝妍妍沒有出去玩為我處理資料，還有謝謝妳不嫌棄我的實習課。特別感謝嘉宜了，謝謝妳帶我入門，也與我互相鼓勵，很高興我們能一起畢業。

最後，真的很感謝我的家人，爸、媽我從二歲半念到現在，辛苦你們了；也感謝同在文化英研所努力的姊姊，聽說我吵著和妳一起去唸幼稚園，現在我們竟然一起完成學業了，這也算是一種同進退吧。有你們的關心與鼓勵我才能走完這條漫長的求學之路，今後我也會繼續努力的。

洪士傑 謹誌

民國九十四年七月 于淡水



目錄

目錄.....	I
圖目錄.....	III
表目錄.....	IV
第一章 緒論	
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 問題界定.....	2
1.3 研究目的與範圍.....	6
1.3.1 研究目的.....	6
1.3.2 研究範圍.....	6
1.4 研究方法.....	7
1.4.1 研究方法探討.....	7
1.4.2 模擬模式〔Simulation Model〕.....	9
1.5 研究流程.....	10
第二章 文獻回顧	
2.1 事件影響範圍.....	11
2.2 國內外事件影響課題相關研究.....	12
2.3 車流模擬模式之比較評估.....	19
第三章 模式理論	
3.1 事件影響範圍模式.....	23
3.2 控制實驗.....	26
3.2.1 相關文獻考慮特性.....	26
3.2.2 高速公路相關資料蒐集.....	27
3.2.3 事件情境設計.....	29
3.2.4 模擬路網路段劃分.....	32
3.2.4.1 國內固定式偵測器佈設現況探討.....	35
3.3 受影響路段判斷與指派.....	37
3.4 資料流向.....	40
3.5 預測效果評估.....	43
第四章 模擬實驗路網之構建及資料蒐集	
4.1 車流模擬系統（PARAMICS）介紹.....	45
4.2 中山高速公路路段資料之蒐集與構建.....	51

4.2.1 中山高速公路路段資料之蒐集.....	51
4.3 模擬路網之參數校估.....	58
4.4 實驗路網路段劃分與車流環境設定.....	67
4.5 事件情境組合.....	68
第五章 事件影響區段範圍模式參數校估與驗證	
5.1 事件影響區段範圍模式構建.....	70
5.1.1 模式構建步驟.....	70
5.1.2 模式情境影響因素分析.....	78
5.2 事件影響範圍區段模式整合.....	82
5.3 事件影響範圍模式驗證.....	87
5.3.1 模式驗證過程(Model Calibration Process)	87
5.3.2 事件影響範圍驗證.....	88
5.4 模式內涵與探討.....	94
5.4.1 模式內涵.....	94
5.4.2 相關理論探討.....	97
第六章 結論與建議	
6.1 結論.....	98
6.2 討論與建議.....	100
參考文獻.....	102

圖目錄

圖 1.2-1 事件影響範圍模式關係圖	5
圖 1.5-1 研究流程圖	10
圖 2.1-1 重現性與非重現性擁擠示意圖	11
圖 2.2-1 Hounsell and Ishtiaq事件影響範圍模型流程圖	16
圖 3.1 研究架構.....	23
圖 3.1-1 模式流程圖	26
圖 3.2.3 -1 車道編號示意圖	30
圖 3.4-1 模式構建流程架構	42
圖 4.1-1 PARAMICS路網中產生事件情境範例	50
圖 4.2.2-1 高速公路（交流道）局部路網構建圖	53
圖 4.2.2-2 高速公路上、下交流道之轉向交通量(機場系統交流道)	54
圖 4.2.2-3 高速公路之現實路網與偵測器佈設示意圖	55
圖 4.3-1 不同模擬起始值之系統累積車輛數	58
圖 4.3-2 不同模擬時段下之平均速率比較	59
圖 4.4-1 實驗路網路段劃分圖	67
圖 5.1.1-1 受影響路段數遞增與遞減示意圖(3D).....	75
圖 5.1.1-2 模擬時段 5 分鐘路段速率差異表	76
圖 5.1.1-3 模擬時段 10 分鐘路段速率差異表	76
圖 5.1.1-4 範例情境 45 受影響路段數遞增與遞減示意圖(2D).....	76
圖 5.3.1-1 旅行時間模式驗證流程圖	87
圖 5.3.2-1 受影響路段數真值與預測比較	89
圖 5.3.2-2 事件影響範圍示意圖	89

表目錄

表 1.1-1 事件相關文獻類型表	2
表 1.2-1 事件嚴重程度之定義	3
表 1.2-2 事件影響範圍之表示	4
表 2.2-1 周義華、許鉅秉指導事件系列研究	13
表 2.2-2 國外其他事件研究	14
表 2.2-3 事件影響範圍文獻回顧	17
表 2.2-3 事件影響範圍文獻回顧(續)	18
表 2.3-1 依模式運作公路環境功能分類之模擬器	19
表 2.3-2 車流模擬器軟體之ITS相關功能比較表	20
表 2.3-3 六種模擬器整體優缺點之比較表	21
表 2.3-3 六種模擬器整體優缺點之比較表(續).....	22
表 3.1 本研究與 Hounsell 及 Ishtiaq 研究之差異性	24
表 3.1-1 事件影響範圍模式	25
表 3.2.1-1 事件影響範圍相關文獻路網情境表	27
表 3.2.2-1 國道一號北區路段事件資料分析表	29
表 3.2.3-1 國道一號北區路段事件佔用車道位置統計表	30
表 3.2.3-2 公路容量縮減表	31
表 3.2.3-3 不同車道數之公路容量縮減	31
表 3.2.3-4 事件情境造成容量降低比率	32
表 3.2.4-1 國內外文獻於車輛偵測器佈設間距之比較	33
表 3.2.4-2 美國 FHWA 設置車輛偵測器間距之建議	33
表 3.2.4-3 旅行時間相關文獻中偵測器佈設位置之彙整	34
表 3.2.4-3 旅行時間相關文獻中偵測器佈設位置之彙整(續)	35
表 3.2.4.1-1 國內國道高速公路車輛偵測器佈設現況表	36
表 3.3-1 路段平均速率與壅塞度對照表	37
表 3.3-2 路段平均佔有率與壅塞度對照表	38
表 3.3-3 路段平均速率與壅塞度對照表	38
表 3.5-1 模式預測能力評估準則	44
表 4.1-1 PARAMICS 微觀車流模擬軟體子模式說明表	46
表 4.1-2 PARAMICS 與 NETSIM 模擬網路之規模限制	46
表 4.1-3 PARAMICS 模擬器駕駛者相關參數說明	47
表 4.1-4 PAPAMICS 模擬器各車種特性之預設值表	47
表 4.1-5 PARAMICS 事件情境產生檔案	50
表 4.2.1-1 高速公路(林口至中壢交流道)之道路特性	51
表 4.2.1-2 高速公路(林口至內壢交流道)之偵測器佈設位置	52
表 4.2.2-1 高速公路分區之設定	54

表 4.2.2-2 高流量(上午尖峰流量)起訖表	56
表 4.2.2-3 中流量(下午尖峰流量) 起訖表	57
表 4.2.2-4 低流量(日尖離峰流量) 起訖表	57
表 4.3-1 交通量模擬次數代號及所採用之 Seed 值	58
表 4.3-2 各偵測器之交通偵測時間	60
表 4.3-3 各模擬路網之評比偵測器	60
表 4.3-4 PARAMICS 參數預設值之適用性比較表	61
表 4.3-5 高速公路交通量模擬指派後模擬結果之統計表	62
表 4.3-5 高速公路交通量模擬指派後模擬結果之統計表 (續)	63
表 4.3-5 高速公路交通量模擬指派後模擬結果之統計表 (續)	64
表 4.3-5 高速公路交通量模擬指派後模擬結果之統計表 (續)	65
表 4.3-5 高速公路交通量模擬指派後模擬結果之統計表 (續)	66
表 4.5-1 模擬事件情境組合表	68
表 4.5-1 模擬事件情境組合表(續).....	69
表 5.1.1-1 編號 45 事件情境設計	70
表 5.1.1-2 編號 45 事件情境設計	73
表 5.1.1-3 無事件發生與有事件發生速率差與受影響路段彙整表(情境 45)	74
表 5.1.1-4 構建模式參數資料彙整表	77
表 5.1.2-1 情境影響因素分析 – M1 模式.....	80
表 5.1.2-2 情境影響因素分析 – M2 模式.....	81
表 5.2-1 本研究與 Hounsell 等人模式 $R^2(\%)$ 比較.....	82
表 5.2-2 M1 合併情境模式整合.....	83
表 5.2-3 M2 合併情境模式整合.....	84
表 5.2-4 整合之模式校估結果	85
表 5.2-4 整合之模式校估結果(續).....	86
表 5.3.2-1 事件影響區段範圍模式驗證	88
表 5.3.2-2 整合後各情境模式平均絕對誤差百分比	90
表 5.3.2-3 事件影響區段範圍模式驗證彙整表	91
表 5.3.2-4 模式 C24 驗證情境設計表.....	93
表 5.3.2-5 模式 C24 驗證結果彙整表.....	93
表 5.4.1-1 模式 C24 變數差分比較表(M1)	96
表 5.4.1-2 模式 C24 變數差分比較表(M2)	96

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

近年來智慧運輸系統〔ITS〕已在歐洲、美國、日本等先進國家快速發展，對於改善交通擁擠、提升運輸安全以及節省社會成本上有顯著成效。根據 ITS America 之定義，ITS 為結合資訊處理、通訊、控制及電子技術應用於運輸系統，以減少交通事故及擁擠並提升效率。國內交通部運輸政策白皮書【1】中宣示智慧型運輸系統是未來的發展趨勢，台北市交通局白皮書【2】也明確提出推展 ITS 之具體辦法，如發展全自動車道事件偵測及反應技術。上述各地政府與相關單位皆以提升交通運輸之順暢與便利為目的，致力於推動 ITS 之相關應用。

回顧我國發展 ITS 之腳步，交通部於民國 87 年即指示將以建立智慧型運輸系統之高速公路為重要政策目標之一，並成立 ITS 專案小組辦理「高速公路智慧化」專案。於 88、89 年高速公路智慧化兩年行動方案階段性任務完成後結束專案小組運作。另為推動高快速公路整體路網交通管理系統，成立「高快速公路整體路網交通管理系統」專案推動小組。後續並有高快速公路整體路網交通管理計畫(預訂 98 年完成)，包括建置城際快速公路交通控制系統以及籌設交通資訊管理及協調指揮中心。其中，交通部運輸研究所於其 ITS 發展綱要計畫中更明確指出以陸路運輸為主體，以複合運輸為方向，並以城際公路智慧化為優先，再擴展至都會區運輸系統的智慧化等發展方向。

智慧型運輸系統架構中，先進交通管理系統(Advanced Traffic Management Systems, ATMS)ATMS 為其核心與基礎，此系統係利用偵測、通訊及控制等技術，將交通監控系統偵測所得之交通狀況，經由通訊網路傳輸到交通控制中心，中心再結合其他方面獲得之資訊，制定及評估交通控制策略，執行整體性的交通管理，並將相關資訊傳送給用路人與相關道路管理單位，以達到運輸效率最大化及運輸安全之目的。此系統主要特色係強調其與各子系統間之整合與即時控制之功能，可提供事故管理、號誌時制計畫與替代路線導引等之參考。

本研究綜合以往探討交通事件之相關研究，發現可以研究對象區分為三大類型，分別為：(1)事件偵測與預防：事件發生時正確且快速的偵測出或對易發生事件之區域加以管控，屬針對事件發生前或剛發生之研究；(2)事件發生後交通狀況之分析與預測：屬事件發生後，針對其特性進行後續於車流、時間與路線影響之研究；(3)事件管理：屬於事件發生後，進行反應處理以及紀錄相關資料以供分析檢閱之研究。上述分類如下頁表 1.1-1 所示。回顧相關研究【3】與交通管理權責單位之事件管理流程，亦可以此三類區分。回顧國內外多篇重要文獻中，上述各部份之議題皆有許多探討，但鮮少研究為針對事件發生後，其對交通衝擊

之時間及空間擴散情形及其影響做預測，此議題未如其他課題般受到學術或實務界的重視。但一智慧化事故管理系統需具備即時性、自動化與動態化等條件，除運用各種事故偵測或通報系統外，在各相關單位抵達現場將交通事件排除之前，為了能夠採取即時且有效的事件管理相關措施，有效地評估並掌握交通衝擊之變化是必要的，因此，更需要一套方法論預測對車流的衝擊影響，並將訊息提供交控中心做為調整交通控制策略之參考，方能使交通事件所造成的負面影響減至最輕。

回顧近年我國高速公路工程局與國道新建工程局於國道智慧化之努力，在硬體設備如偵測器佈設與架設資訊可變標誌(VMS)以及匝道儀控等方面皆有相當成果，但對於事件發生後所造成影響評估之相關研究則相當欠缺，故本研究以此為研究對象並期望將研究成果應用於 ITS 事故管理領域。

表 1.1-1 事件相關文獻類型表

	研究類別	研究主題
研究對象	預防與偵測	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 事件偵測 ➢ 事件發生機率預測 ➢ 危險區域辨別
	交通狀況分析預測	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 延時模式 ➢ 車輛延滯 ➢ 車流行為 ➢ 事件影響範圍預測
	事件管理	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 相關單位協調運作 ➢ 事件資料建檔整理

1.2 問題界定

回顧探討事件影響範圍之文獻，研究對象包括市區道路以及高、快速道路兩類型。根據 1.1 節所述，我國目前乃以陸路運輸系統之城際公路為推動 ITS 之主要目標。因此，本研究乃以高速公路為研究對象，期望提出一適用於我國高速公路交通環境之事件影響區段範圍預測模式，以預測不同事件情境發生後其可能影響範圍，並將研究成果結合 ITS 系統以供相關單位進行管理之用。

在釐清界定模式演算、預測流程前，針對本研究之地理範圍高速公路需先將以下幾個相關名詞加以詳細說明。

1. 事件：一般廣義之意外事件〔Incident〕，並不單純指直覺上所想到的肇事〔Accident〕，而是指妨礙車流順暢通行或影響用路人的安全等情況，包括車輛之碰撞、車輛拋錨、異物掉落、道路施工等，回顧探討事件影響範圍之相關文獻【4】【5】，皆以任何可能影響道路容量之非預期因素都稱為事件，因此，本研究所定義之事件乃以事件發生而造成車道封閉影響車流者稱之。
2. 嚴重程度：交通事件發生後，為了解可能造成之影響以及擬定相關應變措施，須對其嚴重程度有所了解，回顧國內外相關單位與研究對於事件嚴重程度依據定義與需求有不同之描述。美國國家標準局【6】以事件發生至清除之持續時間做嚴重度分類，我國內政部警政署以事件造成傷亡程度區分為 A1 類死亡事故，A2 類受傷事故與 A3 類僅財物損失；而多數與本研究探討議題相近之相關研究，如下表 2.1 所示，多以對原有道路容量造成之變化程度，以及事件本身發生至結束之時間長度兩因素，作為探討事件嚴重程度的分類依據。

表 1.2-1 事件嚴重程度之定義

相關單位與研究	分類原則
林繼國【7】	1. 車道阻斷數 2. 發生事件車道位置
Tom van Vuren, David Leonard【4】	1. 事件發生至清除持續時間 2. 發生事件於路網之位置 3. 發生時間
Hounsell and Saeed Ishtiaq【5】	1. 事件發生至清除持續時間 2. 容量減少程度

3. 事件情境：事件引起之衝擊波對於交通狀況之影響為本研究探討之主題，但造成其影響結果不同乃取決於各類因素。根據相關研究【8】中說明事件發生後造成擁擠結果不同的影響因素，包括事件發生至清除的時間、容量減少程度、發生的時間、發生位置以及當時流量的需求等。另外，本研究欲構建適用於我國高速公路之模式，故參考戚培芳【9】之研究中，將易造成高速公路產生肇事之因素納入考量，諸如道路類型〔例如：主線道、交流道、收費站〕、道路幾何條件〔例如：車道數、坡度、線形等〕。綜合上述，本研究將事件情境設計經由下述因素組合不同情境進行模擬實驗，模擬情境之設計將在第三章中詳細說明。

事件情境設計組合因素：

- (1) 道路類型
 - (2) 道路幾何條件
 - (3) 事件發生至清除的時間
 - (4) 佔用車道數與位置
 - (5) 發生的時間
 - (6) 流量的需求
4. 影響範圍：本研究所定義之事件影響範圍泛指事件發生後所造成擁塞於路網中之分布狀況，回顧探討事件發生後影響範圍之相關研究，如下表 1.2-2 所示，多以壅塞車流分布所包含之路段表示，其中，研究對象為都市路網者【4】【5】，直接以原有道路進行分段，高速公路則以所選研究範圍配合需求進行分段，本研究則以路段特性進行劃分。高速公路可分為主線與匝道兩部分組成，因此事件發生後擁擠於匝道之擴散情形亦為本研究討論範圍。此外，於受事件影響之定義，與其他理論如衝擊波、等候理論等，以最大延滯車輛之方式不同，本研究以同一情境下，有事件與無事件發生兩情境相對比較之概念構建模式，以該路段平均速率明顯下降至另一服務水準，作為受事件影響判定。

表 1.2-2 事件影響範圍之表示

相關單位與研究	描述方式
林繼國【7】	依路段劃分 〔未詳述〕
Tom van Vuren, David Leonard【4】	依路段劃分 〔市區原有道路分段〕
Hounsell and Saeed Ishtiaq【5】	依路段劃分 〔市區原有道路分段〕

5. 使用資料：在高速公路上產生不同之真實事件，以取得相關研究所需之車流資料，在實務上具危險性較不可行，回顧國內交通事件管理議題之相關研究，由於國道高速公路局並無歷史事件所對應之車流資料庫，因此多採模擬資料進行研究。本研究所需事件資料包括，事件發生後於該路段之旅行時間以及受影響之車流於路網中的分布情形，上述資料於現實中並無蒐集，因此本研究考慮以模擬軟體進行控制實驗以進行。

由上述定義，簡單歸納本研究主要探討之課題，本研究最終目的乃以模擬資料為基礎之前提下，構建受事件影響範圍模式，而交通資料之取得係離線操作（Off-line）狀態，利用觀測資料構建模式與預測，而非屬於即時性。

事件影響範圍預測模式之整體架構乃利用圖 1.2-1 表示；其作業流程從交通模擬軟體之運作、交通資料之蒐集與分析、及事件影響範圍之預測，主要分為三個部分：

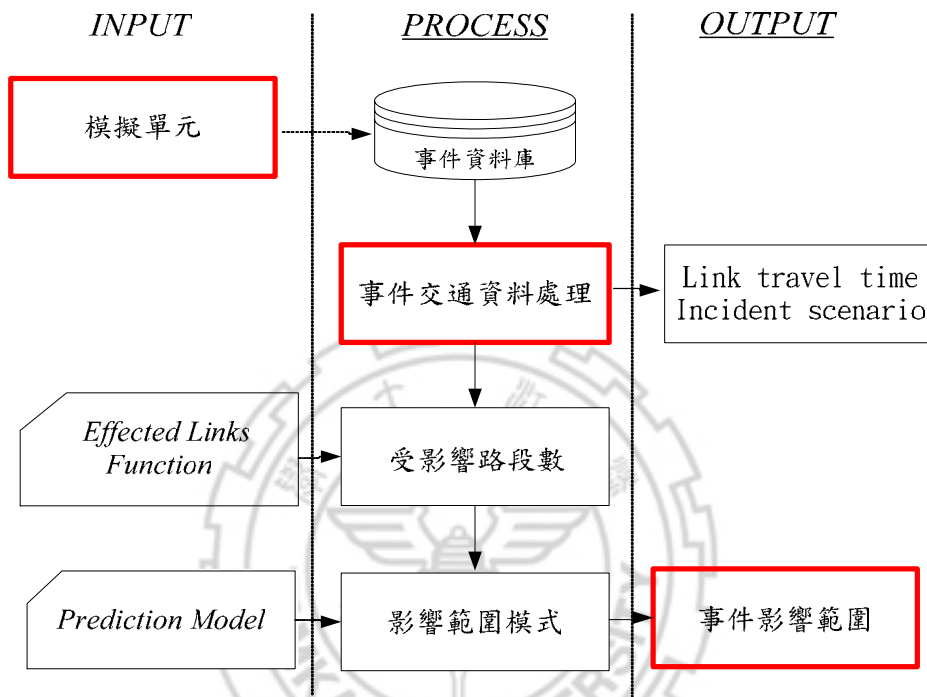


圖 1.2-1 事件影響範圍模式關係圖

1. 以交通模擬軟體資料為基礎

由於國內高速公路之事件資料，未針對事件發生後之影響情形進行觀測紀錄，即無相關資料庫可提供本研究使用，而真實事件資料不易觀測得到，若以在現實道路上製造事件之方式則有執行不易與安全之顧慮，因此，本研究考慮透過經校估之車流模擬軟體進行事件交通資料之搜集。

2. 交通資料蒐集之項目

依據模式內涵，模式輸入項目包括交通事件之情境設定參數與路網中各路段之旅行時間變化，整體流程係先由模擬過程中紀錄相關資訊，將其加以處理與轉換，以文字檔方式加以呈現並儲存為資料庫，以利後續模式構建。

3. 影響範圍模式之校估與驗證

事件影響模式乃依據不同之交通狀況所構建，其模式僅考慮不同事件情境與

路段旅行時間兩變數間的轉換。此外，亦透過模擬模式之應用，在線性路網型態下透過不同交通情境，用以校估不同事件影響範圍模式之參數及模式之驗證，以確認模式之適用性。

1.3 研究目的與範圍

1.3.1 研究目的

本研究之內容為事故已發生情況下，以模擬軟體之車流資料為基礎，透過模式將其轉換為可供相關單位進行事故管理之智慧化資料。研究目的可歸納為以下幾點：

1. 藉由探討國內外事件相關文獻，以了解探討事件發生後其造成擁擠影響研究之目的及理論，期能掌握相關研究之發展與分析技術。
2. 初步構建一特定地區〔高速公路〕之事件影響範圍預測模式，預測事件發生後，對交通造成之影響評估。
3. 以將路網劃分為路段方式，暫不考慮微觀車流變化(如:變換車道)之巨觀觀點，配合實驗設計情境，藉模擬工具蒐集資料為基礎構建模式。
4. 期能透過事件影響範圍預測模式之建立提供相關應用，以有效提升事件發生後之管理。

1.3.2 研究範圍

應因我國推動 ITS 之腳步，本研究以高速公路為研究對象，探討事件發生後影響範圍之預測模式，為考慮不同道路環境與交通狀況之因素，乃針對高速公路將各項考慮因素納入，以選取具備相關特性之路網進行探討。考慮因素包括下列三部份：

第一部分：選擇肇事率較高路段以符合實務應用之目的

本研究乃探討事件發生後之擁擠分佈情形，因此，為符合我國實際環境，本研究由國道高速公路警察局之第一警察隊與第二警察隊取得事件資料，內容為民國 93 年全年之國道一號北區路段〔0 至 110.4 公里〕交通事故調查表中資料，包括事件類別、事故地點、通報時間、相關單位到達時間以及通報解除時間等。根據上述資料，本研究可釐清易肇事路段之分布以及各類事件發生至結束時間之統計資料，以作為路網選取與事件情境設計之依據。

第二部分：考慮易造成事件之道路幾何因素以選取適合路段

利用上述第一部份之資料歸納出事件發生率高之路段，配合由國道高速公路局北區工程處取得之國道一號北區路段幾何設計圖，將該路段之路網特性釐清，之後利用交通模擬軟體進行路網構建。

第三部份：偵測器佈設與資料蒐集完整之路段

為配合模擬軟體之使用中須以真實世界之交通參數輸入，本研究選取研究路網時考慮現有偵測器之佈設與使用情形，以資料蒐集較完整之路段配合上述第一與第二部份之資料做為本研究選取實驗路網之依據。

1.4 研究方法

1.4.1 研究方法探討

根據 Mahmassani 與 Herman【10】彙整之動態旅運行為研究方法中，將研究動態旅運行為的方法分為五種，本研究雖不屬動態旅運行為範疇，但其所歸納內容亦可套用於其他領域之研究，以下為將其所歸納之各類方法應用於研究主題事件影響範圍方面之說明：

1. 理想狀況下之分析模式(Aalytic Model of Idealized Situation)

即用於簡化系統下之純理論及數學化公式推導等研究，對行為有強烈假設。回顧探討事件影響範圍之文獻，尚未發現有相關研究僅以純推導之方式可知擁擠現象於路網中之分布。

2. 模擬模式(Simulation Model) -

即以較近於真實交通特性之模式參數與交通狀況，及較完整之模擬架構進行分析，可針對不同參數之行為模式與交通狀況做模擬，但設定參數仍須符合相當之限制。文獻回顧中有少數研究如【11】以模擬工具構建虛擬路網，利用控制參數之方法進行。

3. 控制實驗(“Laboratory-like” (Controlled) Experiment)(又稱實驗室實驗)-

即以實際交通之資料為基礎，配合模擬的交通環境，對整體系統結構下之各因素作彈性控制，避開其他條件因素干擾，以實際觀察車流在模擬系統(電腦)中之互動行為，並取得相關決策資料。目前多數探討事件影響範圍之研究【4】【5】【7】皆以此類方法進行，在最接近研究對象之真實條件下進行資料蒐集與分析。

4. 實地調查(Filed Survey) (又稱田野調查)-

即實地觀測真實路網中的車流行為及其所面對各種交通狀況之互動關係。由於交通事件之特性屬隨機發生且不易掌握其發生時間、地點與嚴重程度，因此難以以實地調查之方式等後或預測事件之發生來進行資料之搜集。目前也未發現有相關研究以此類方式蒐集資料進行研究。

5. 實地實驗(Filed Experiment)-

即將所有可能交通狀況建立於現有交通系統下，故意有系統地改變交通系統狀況，以觀察駕駛者真實反應行為。國內有藍武王【12】在相關單位特別允准下，於中山高速公路產生真實的交通事件並搜集相關車流資料，以進行模擬軟體的校估。

回顧探討事件發生後其對交通衝擊之時間及空間擴散情形及其影響之相關文獻，欲尋求探討此方面議題是否已有分析模型。國外方面 Nick B.Hounsell and Saeed Ishtiaq【5】基於事件造成擁擠現象擴散與消退情形之理論，以模擬資料構建模式與驗證、Penina Roberg and Cristopher R. Abbess【11】以模擬工具呈現擁擠狀況，控制交通延滯組成變數，研擬可能策略以控制路網中擁擠之擴散，Tom van Vuren and David Leonard【4】透過模擬不同事件情境，探討不同因素對事件所造成擁擠之影響，以研究適合策略紓解擁擠等研究。國內則有周義華與許鉅秉教授指導之系列研究，以動態交通量指派模式，探討事故車流行為特性，以反映事故發生後車流移轉之情形。林繼國【7】模式進行判斷，以推估事件對交通之衝擊。上述各項研究皆以探討事件發生後所造成之影響，除 Penina Roberg 等人之研究為虛擬路網與資料，其餘研究皆以模擬軟體模擬真實世界路網，配合模式分析事件造成擁擠之影響，但其中僅 Nick 等人之研究，具備一完整模型來描述事件發生後擁擠擴散之情形。

探討交通事件之特性，其發生時間與地點皆為隨機出現，難以預先得知或控制，因此以實地調查之方式難以蒐集足夠所需資料。實地實驗之方法雖然最能反應真實世界，但若在現實路網製造交通事件之方式，以實地實驗觀察車流的真實反應行為，則又必須具有完善的實體設備與符合本研究需求之交通情境，且需克服相關的法令問題，故在現實環境裡，干擾因素相當多且複雜，並非本研究所能控制。因此，本研究為能單純針對路網特性與交通事件情境做探討，就此兩個特性作為控制變數，並以實驗之方式來觀察駕駛者路徑選擇行為，期能藉此方法得知車流在受事件影響下的擴散行為。

在文獻回顧過程中，發現探討有關事件影響範圍之研究，相對於事件延時等其他類型議題較少，雖以往有應用等候理論或衝擊波理論與時空圖等方法，但探討主題與事件影響之定義與本研究較不相同，故可參考之方法仍屬有限。歸納分析，與本研究較類似者，大致可分為以交通模擬模式模擬路網產生資料，配合

如類神經網路、統計迴歸模式及交通量指派模式等數學模型。其中，類神經網路模式除較難為一般人了解外，在執行層面上亦有困難處，其限制式雖有其運算理論之運作，但其處理過程與方法仍屬黑箱(Black box)作業。反觀統計迴歸模式，模式易於構建且具有易於觀察變數與應變數關係之特性，此理論研究較易掌握，且亦有 Hounsell 等人【5】之成功案例可做為參考，固本研究乃採用其模式理論為基礎，配合我國交通環境與資料進行重新教估與驗證之工作。

1.4.2 模擬模式〔Simulation Model〕

綜合 1.4.1 節之探討，本研究課題相關資料的蒐集在現實狀況中受到諸多限制。目前對於事件發生後在時間及空間的影響方面，國內高速公路並無充足及完整之資料可供研究利用，而實地實驗之方法涉及安全與法規問題不易進行，多數研究仍常藉助模擬工具進行。因此，在實際資料不易取得之考量下，乃採取模擬模式獲取不同事件情境之交通資訊。整體研究架構先以模擬模式(PARAMICS)產生交通資料，再藉由 Hounsell and Ishtiaq 模式進行模式構建，之後以此預測模式進行影響範圍預測。

依 Mahmassani 與 Herman【13】(1988)之定義，模擬模式為改善理想狀況下分析模式之系統與行為假設限制，而發展根據較近於真實之旅運者(駕駛者)特性的模式參數及交通狀況，及以較為完整的模擬架構來進行分析之方法。本研究以模擬模式為基礎，可克服真實資料取得不易之問題，亦可詳細觀察事件造成衝擊的擴散情形。此方法將針對不同參數之行為模式與交通狀況作模擬進行校估，以擬真現況並偵測取得較真實與可靠之資料，而此資料將作為影響範圍預測模式之輸入值。

1.5 研究流程

根據本研究之研究流程架構如圖 1.5 所示。

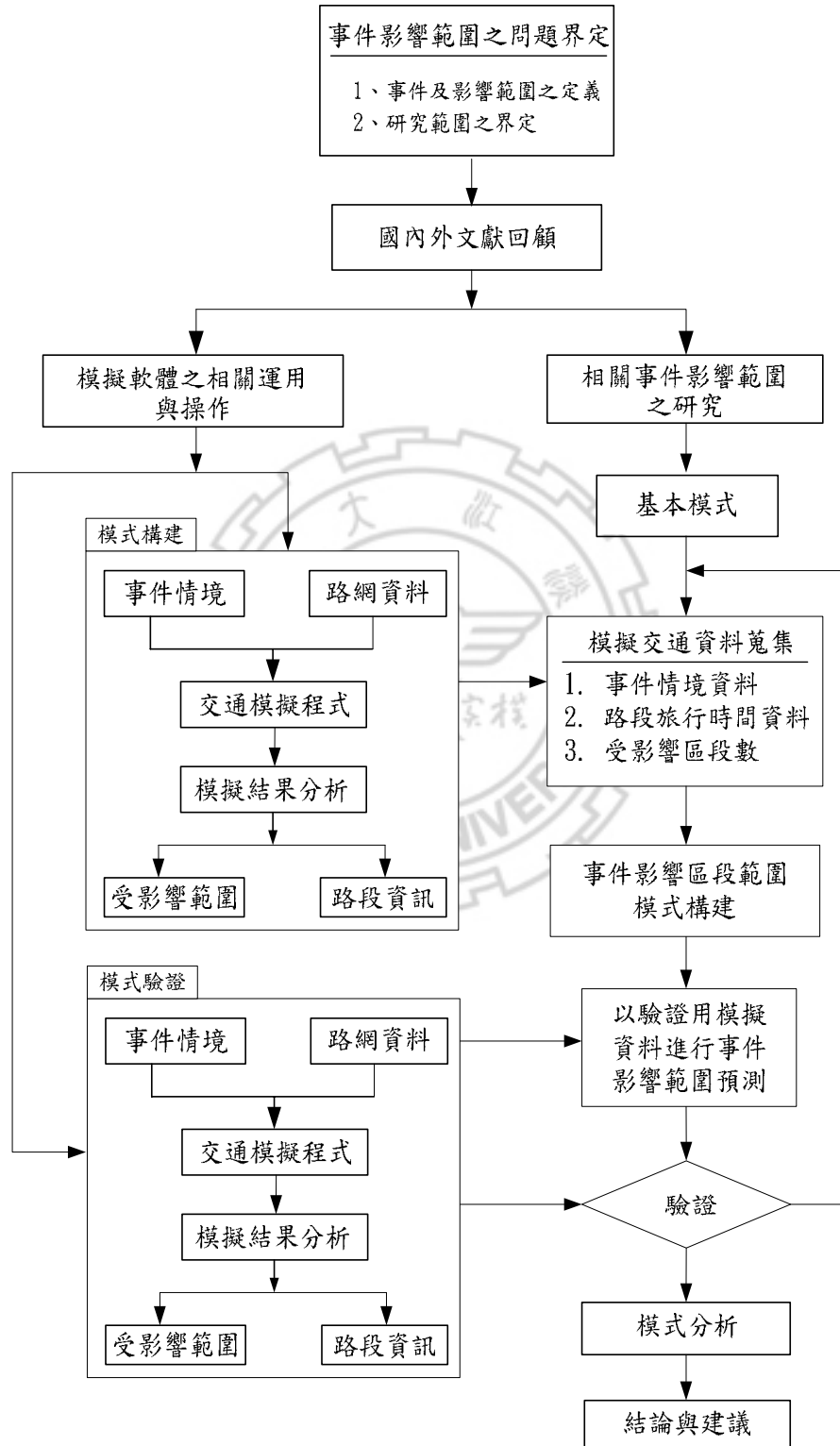


圖 1.5-1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

在文獻回顧中主要分為三個部份，首先針對研究主題「事件影響範圍」進行介紹；第二部份說明國內外對事故影響範圍預測研究之現況以及介紹本研究主要參考之模式；最後再針對模擬常見車流模式基本功能之比較分析與選定。

2.1 事件影響範圍

本研究所定義之事件影響範圍泛指事件發生後所造成擁擠於路網中之分布狀況，回顧相關探討事件發生後造成影響之研究，對於擁擠之產生可分為兩大類：（1）重現性擁擠及（2）非重現性擁擠。重現性擁擠一般指發生在於特定時間之可預知地點，其形成原因多半是道路超過負載或是幾何瓶頸等因素，及既有交通服務設施沒有改變之情況下，交通流量增加所產生；非重現性擁擠則為無法確定發生時間與地點之因素，例如交通事故所引發，亦即既交通服務設施之容量漸少而影響原有交通量需求之情況下所產生。本研究所欲探討即為非重現性擁擠部份。下圖 2.1-1 所示為交通需求大於道路容量之情況，重現性擁擠為 A、B、C 圍成之面積，非重現性為 C、D、E、F 所圍成之面積。

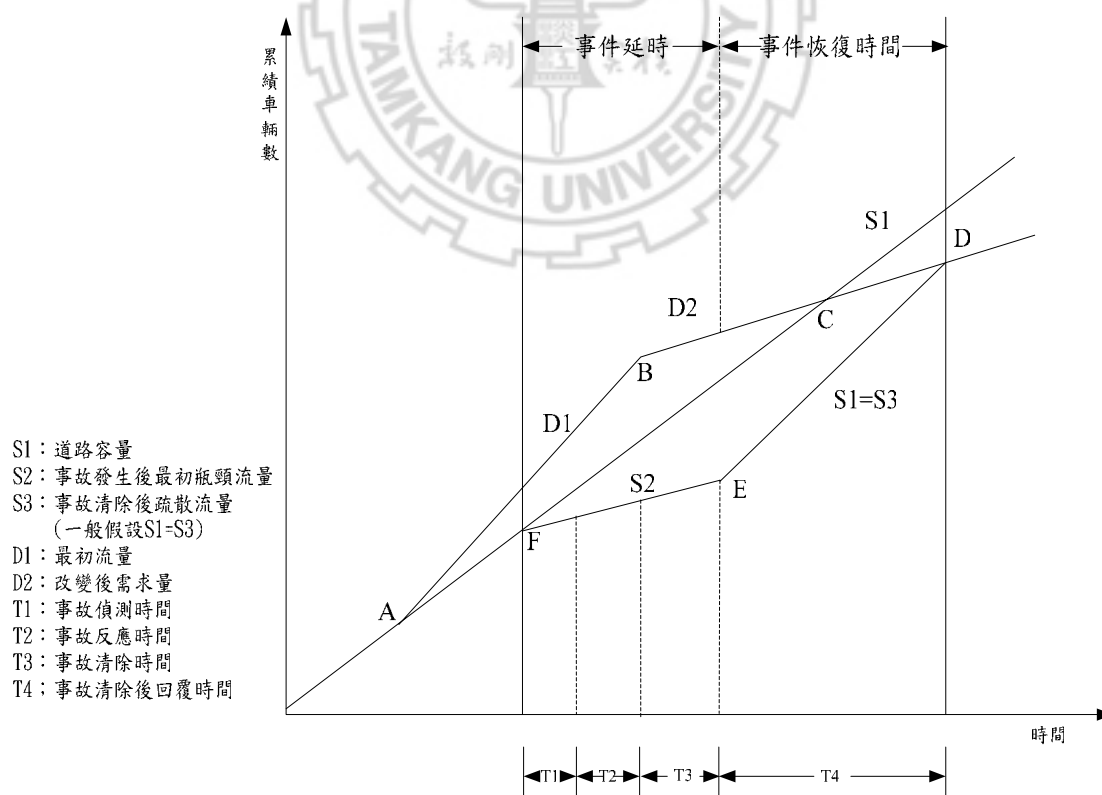


圖 2.1-1 重現性與非重現性擁擠示意圖

依事件管理之角度，事件造成擁擠之時區可區分為事件偵測、事件反應與事件恢復時間三部份，而事件延時部份依圖 2.1-1 中可分為 T1 事件偵測時間、T2 事件反應時間、T3 事件清除與事件清除後恢復時間等四項組成。本研究乃以 T1、T2 與 T3 之時間，做為事件本生發生至結束之時間長度，而所定義之事件影響範圍則為事件發生後，事件造成之擁擠現象於路網中擴散與消退的變化。其中，擁擠現象擴散至消退之時間長度，乃指交通受事件影響至恢復原狀的時間長度，由 T1、T2、T3 與 T4 組成，此與事件發生至清除之長度為不同之定義。此外，本研究考慮以模擬軟體模擬事件情境，因此於操作上可控制事件之發生時間與位置，故事件偵測(T1)所需時間於本研究則不進行探討。

2.2 國內外事件影響課題相關研究

回顧探討事件發生後擁擠狀況影響範圍之相關文獻，本研究歸納其研究對象區分為兩大類，分別為探討事件發生後對局部路口或路段之影響以及對事件發生後對路網中整體範圍影響之變化，以下將分別說明。

1. 事件發生後對局部路口或路段之影響

此類研究所探討之範圍是以事件發生之路口或路段為主，利用相關模式或分析方法，對於該特定路段或路口區域，在事件發生後之車流變化狀況進行描述、預測並可進一步探討各方面之應映措施與蒐集相關資訊，如匝道儀控、旅行時間預測等。

國內有周義華與許鉅秉教授指導之系列研究彙整於下表 2.2-1，包括邱華敏【14】探討事故發生後車流行為產生之變化，以預估事故發生後，旅行時間隨著變化之情形。伍靜宜【15】提出一動態交通量指派模式，探討事故車流行為特性，以反映事故發生後，用路人改道、車流移轉之情形。張鈞華【16】以微觀方式探討事故車流行為特性，再構建適用於市區道路事故之車流模擬模式。此模式模擬範圍為直角相交的獨立路口或開放型路網，採用二時相定時號誌，可處理大型車與小型車混合車流。陳協昌【17】與沈良珍【18】分別以高速公路與市區道路為研究對象，透過構建一非連續性、非線性動態隨態系統，結合卡門濾波理論，即時預測事故發生後，車道間之動態車流行為，再進一步利用所預測之交通狀態變數，構建動態車流衝擊預測模式，即時預測事故發生的車流衝擊。楊子儉【19】探討高速公路事故發生時，以即時預測及控制的方法，期能透過自動事故管理與匝道儀控，降低事故所造成的衝擊。主要運用卡門濾波與自動控制理論，構建動態隨機控制模式，用以解決即時性反應事故之匝道儀控問題。上述系列研究皆以事故發生後之交通特性為探討主題，但其研究對象多設定為特定路段或路口，與本研究欲探討大範圍擁擠情形分析之目的不同。

其他如梁祖全高速公路回堵現象即時流量控制與管制之研究【20】，其設計

一事件發生後之流量管制方法，利用接獲事件通報後，派遣國道警察在事故點上游 750 公尺處架設號誌儀控設施，以控制上游各車道車輛之流量進行順暢有秩序，進而達到減低衝突提高行車速率的目的。其研究屬於藉事件發生後之即時反應來使車流順利消散，並未對影響範圍作界定。

表 2.2-1 周義華、許鉅秉指導事件系列研究

作者	研究目的	方法/資料 概要
邱華敏 (91) 【14】	探討事故發生後車流行為產生之變化，以預估事故發生後，旅行時間隨著變化之情形	<ul style="list-style-type: none"> ● 資料來源：模擬模式 ● 模式/演算法：數學機率模式配以車流量與車流密度
伍靜宜 (90) 【15】	提出一動態交通量指派模式，探討事故車流行為特性，以反映事故發生後，用路人改道、車流移轉之情形	<ul style="list-style-type: none"> ● 資料來源：模擬模式 ● 模式/演算法：動態模擬指派法，使用者均衡指派原則
張鈞華 (89) 【16】	以微觀方式探討事故車流行為特性，再構建適用於市區道路事故之車流模擬模式	<ul style="list-style-type: none"> ● 資料來源：模擬模式 ● 模式/演算法：一般跟車行為、事故煞車行為與變換車道行為
陳協昌 (88) 【17】	預測高速公路事故發生後，車道間動態車流行為，構建動態車流衝擊預測模式，即時預測事故發生的車流衝擊	<ul style="list-style-type: none"> ● 資料來源：模擬模式 ● 模式/演算法：動態隨態系統結合卡門濾波理論
楊子儉 (88) 【19】	以即時預測及控制的方法探討高速公路事故發生時，透過自動事故管理與匝道儀控，降低事故所造成的衝擊	<ul style="list-style-type: none"> ● 資料來源：模擬模式 ● 模式/演算法：卡門濾波與自動控制理論
沈良珍 (87) 【18】	預測市區道路事故發生後，車道間動態車流行為，構建動態車流衝擊預測模式，即時預測事故發生的車流衝擊	<ul style="list-style-type: none"> ● 資料來源：模擬模式 ● 模式/演算法：動態隨態系統結合卡門濾波理論

其他尚有利用時空圖與衝擊波等理論探討施工事件對於高速公路車流影響與旅行時間之推算，如 Dudek 等人【21】，探討在施工時段內，該路段受影響之車輛數變化，以容量分析方法探討單車道之道路施工所造成的延滯流量；鄭志平【22】之研究以高速公路例行性施工養護時部分車道封閉，應用衝擊波理論推估車流經過施工路段所需時間，徐道國【23】探討高速公路意外事故之車輛延滯時間。另一部份以延滯模式為主之研究，如 Nam【24】、Hall【25】與 Skabardonis【26】等人皆以延滯模式計算事件發生後之對旅行時間長度之影響，而在空間影響方面則較少探討。

回顧上述相關文獻中，探討交通事件所造成延滯影響之研究，多針對時間議題為主，以不同之延滯模式、等候理論與時空圖等理論為主要分析方法，其中如時空圖除提供車輛延滯時間外，對車輛再瓶頸路段上的移動與等待長度可以預先規劃，但相關研究皆以延滯時間為主要探討對象，而對於延滯車輛於路網中的分布情形則非其探討重點，因此對於擁擠整體擴散情形仍無法得知，此亦為本研究之研究動機之一。此外如 1.2 節問題界定中說明，本研究之受事件影響定義乃為相對之概念，此法優點在於可依不同受影響定義進行資料蒐集構建模式。

表 2.2-2 國外其他事件研究

作者	研究目的	方法理論
鄭志平【22】	推估車流經過施工路段所需時間	● 衝擊波理論
徐道國【23】	高速公路意外事故車輛延滯時間	● 衝擊波理論
Dudek【21】	探討施工時段中，受影響之車輛數變化	● 時空圖、容量分析
Nam【24】	事件發生後旅行時間變化情形	● Duration model
Hall【25】	事件發生後旅行時間變化情形	● Duration model
Skabardonis【26】	事件發生後旅行時間變化情形	● Duration model

2. 整體範圍影響之變化

此類研究乃是針對事件發生後，描述或觀察所造成擁擠的分布情形為研究目的，研究對象包括市區道路與高、快速道路，回顧國內於探討事件之相關研究數量較少，且多著重於事件偵測、排除或預防，於事件發生後之影響除上述系列研究此方面議題之相關研究較為缺少，以下將逐一說明其內容。

回顧國內有林繼國【7】以高速公路為研究對象，利用模擬程式反應道路特性，以個別路段交通參數改變情形輸入類神經模式判斷是否受影響，以推估事件對交通之衝擊，其研究雖然可就模擬結果判斷路網中各路段受影響之情形，但並未具備預測功能之模式。

國外相關文獻則可分為兩類，(一)以研發事件觀測模擬軟體為主；(二)以車流模擬軟體模擬事件，蒐集資料以進行結果觀測或構建相關模式。前者有 Roberg and Abbess【11】以模擬工具呈現擁擠狀況，控制交通延滯組成變數，研擬可能策略以控制路網中擁擠之擴散，此研究以其所構建之模擬工具進行虛擬路網之實驗，重點在於建立模擬與觀察擁擠擴散情形之工具。後者包括下列兩篇研究，Vuren and Leonard【4】透過模擬不同事件情境，探討不同因素對事件所造成擁擠之影響，研究適合策略紓解擁擠等研究，其研究重點在於不同事件特性對擁擠之影響，並歸納出事件發生至結束所佔時間、事件嚴重程度以及駕駛行為三項未影響擁擠結果的主要因素。Hounsell and Ishtiaq【5】基於事件造成擁擠現象擴散與消退情形之理論，以模擬資料構建模式與驗證，其對事件造成之擁擠情形是以連鎖、交互影響之概念進行受影響範圍預測，不論在模式理論基礎或模擬實驗部份皆有較完整之描述。

由文獻彙整探討可知，事件影響範圍資料之取得，各研究皆以模擬工具進行，其主因為交通事件造成之影響無現實資料且難以觀察。預測能力方面，除 Hounsell 等人之研究具一預測模式，其餘則為利用模擬工具模擬情境以觀測方式描述影響範圍或以模擬資料利用相關模式判別某路段是否受事件影響。為詳加了解 Hounsell 等人之研究，以下將說明其所構建之模式內容，主要為利用廣義統計模式之技術，以兩個分別為擁擠擴散與消退時段受影響路段數之函數，配合交通模擬軟體之資料，構建受事件影響路段數之預測模式，得知受影響之路段數後，再依一指派原則將交通流量指派入受影響之路段，當所有受影響路段皆指派完畢，則可得到受事件影響之範圍；並可依此結果提供相關單位，進行交通控制與對用路人之資訊提供等管理計畫。

此模式之特點在於觀念與模式皆不複雜，其基於事件發生後擁擠狀況會自然擴張以及消散的原理構建模式，其中納入描述事件情境之變數，包括事件嚴重程度〔容量之縮減〕、發生事件路段之擁擠指標等，並利用模擬工具產生之資料帶入模式，之後進行參數校估。下圖 2.2-1 為 Hounsell 等人之事件影響範圍基本模型。透過此流程，紀錄由事件發生至解除之受影響車流變化情形並進行模式構建。

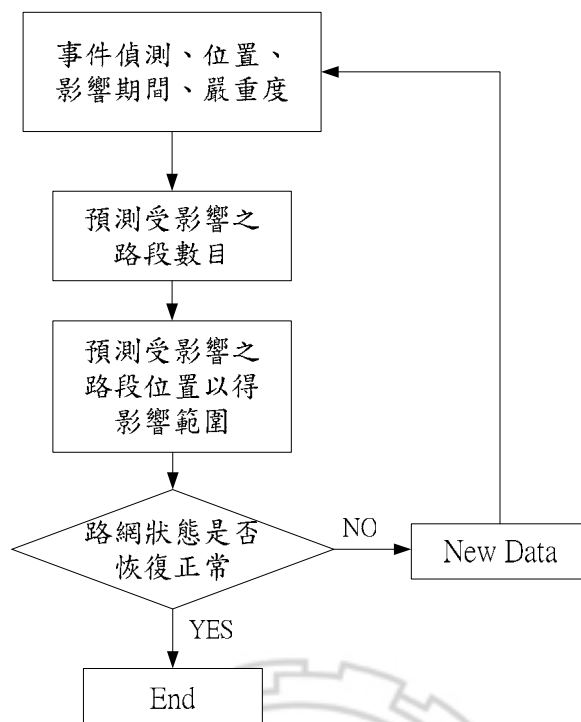


圖 2.2-1 Hounsell and Ishtiaq 事件影響範圍模型流程圖

為了更加詳知上述研究之內容，在文獻彙整上將以下列三部份：1. 研究內容，包括研究目的、使用方法、對影響範圍之描述與是否據預測能力，2. 路網，包括路網結構、路網特性、路段劃分與 3. 事件定義與資料，包括事件情境、參數資料與來源，彙整於下表 2.2-3。另外，在路網選擇方面，多數相關研究皆未詳細說明所採用路網之依據為何，如 Vuren and Leonard【4】與 Hounsell and Ishtiaq【5】皆以市區道路為研究對象，故在路網之分則即以原有市區道路之路段進行區分，而 Roberg and Abbess【11】為虛擬環境無須探討路網選擇與路段區分之議題；國內林繼國【7】之研究於其路網選擇依據與分段方面也未有詳細說明。故本研究將此議題列為探討項目之一，期透過真實事件記錄資料尋找高速公路之易肇事路段，配合道路幾何特性以及其他相關研究所重視特性三項指標，選擇實驗路網，以達符合問題本質之目的。實驗路網之選擇與事件模擬情境之設計將於第三章中一併說明。

表 2.2-3 事件影響範圍文獻回顧

編號	篇名與作者	研究內容			
		研究目的	研究方法	事件影響之描述	預測功能
1	林繼國 【7】	發展高速公路交通事件管理之動態交通監測系統	模擬程式 類神經模式	<ul style="list-style-type: none"> ● 判斷受影響之範圍 ● 以類神經網路模式判斷路段資訊，判別路段是否受影響 	非影響範圍 預測模式
2	Nick B.Hounsell, Saeed Ishtiaq, 【5】	以事件情境與路段資訊構建擁擠範圍預測模式，以助規劃交控策略	模擬程式 擁擠擴散與消退理論	<ul style="list-style-type: none"> ● 預測受影響之範圍 ● 以路段旅行時間變化求出受事件影響路段數，將流量依序指派，受影響之路段數指派完即得影響範圍 	屬影響範圍 預測模式
3	Penina Roberg, Cristopher R. Abbess 【11】	以模擬工具呈現擁擠狀況，控制交通延滯組成變數，研擬可能策略以控制路網中擁擠之擴散	構建模擬工具 控制實驗參數	<ul style="list-style-type: none"> ● 觀測模擬路網中延滯擴散情形 	非影響範圍 預測模式
4	Tom van Vuren, David Leonard 【4】	探討不同因素對事件所造成擁擠之影響，研究適合策略紓解擁擠	模擬程式 擁擠指標計算	<ul style="list-style-type: none"> ● 判斷受影響之範圍 ● 以擁擠指標、路段旅行時間變化區分 	非影響範圍 預測模式

表 2.2-3 事件影響範圍文獻回顧(續)

編號	路網							事件定義與資料特性、來源		
	簡化	完整	真實	虛擬	結構	路網選擇考慮特性	路段劃分依據	事件情境	事件參數資料	資料來源
1			*		高速公路	未明確定義	未明確定義	交通需求 事件發生位置 嚴重性 - 1 或 2 車道阻斷 設計 35 種情境	流率、佔量與速率	模擬取得
2	*		*		都市道路	選擇較擁擠與較不擁擠兩種路網	都市路網中原有路段	事件發生位置- 4 種 容量降低程度- 3 種 事件持續時間- 3 種 〔共 36 種情境〕	嚴重度、擁擠指標、延滯時間、最大與慢速行駛旅行時間	模擬取得
3	*			*	棋盤式路網	以均質虛擬路網作為先期研究	等長均質路段	於路網中心產生道路封閉事件	延滯長度 延滯車輛數	模擬取得
4		*	*		都市路網	選擇一單向系統多及每日流量穩定的路網	都市路網中原有路段	事件持續時間-三種 尖峰與否-二種 尖峰前中後-三種 車流量需求-一種	路段旅行時間	模擬取得

2.3 車流模擬模式之比較評估

成本研究課題中，相關資料的蒐集在真實世界中受到諸多限制，且交通事件所造成影響之議題更有其資料蒐集的困難性，根據本研究所需之事件發生後影響範圍資料，目前國內環境皆未有相關資料之調查與紀錄，而等待事件發生實地觀測或製造交通事件來觀察其影響情況皆屬執行困難的方法，因此，在實際資訊無法確實蒐集之情況下（無歷史資料且無法現場觀測...等），唯有模擬較為真實之路網資料，方可在模擬測試中，得到較為寶貴之資料。

基於以上所述，在尋求真實性、可信度及資源耗費平衡之際，本研究主要以模擬模式的方式，將各種交通情境，可針對分析關鍵，進行各種交通情境的組合，製造出真實世界各種可能出現的條件，進一步蒐集真實世界中，交通狀況完整的相關資料，以供進行分析之用。

目前於國際間使用之車流模擬程式不下十數種，對模擬程式之選擇需配合本課題之研究目的，進行比較評估。本研究乃根據模擬中事件發生後車流擴散情形進行影響範圍模式之構建，因此，能否模擬構建高速公路路網與近可能符合國內高速公路現況，皆為選定模擬程式之重要考量指標。參考交通部運輸研究所【27】之文獻以及近年展開研究且頗有成果之區域級智慧運輸系統示範計劃【28】研發之模擬軟體 DynaTAIWAN，其彙整車流模擬器軟體之相關比較表，如表 2.3-1、表 2.3-2 所示。PARAMICS 無論是在路網幾何之架構、號誌控制之設定、偵測器之資料蒐集上或其他功能特性較優於其他軟體。另外，交通部委託之研究中【27】，亦顯示 PARAMIC 所提供之功能較為完整（如表 2.3-3），可以詳細模擬高速公路交通車流，將可使本研究之模擬分析結果更具客觀真實性，因此為本研究將使用 PARAMICS 作為模擬車流資料產生與實證之來源。

表 2.3-1 依模式運作公路環境功能分類之模擬器

都市路網	高速公路	混合型路網
NETSIM	FRESIM	AIMSUN2
NETANAL	—	CORSIM
TRANSCAD	—	PARAMICS
—	—	VISSIM
—	—	DYNASMART
—	—	DynaTAIWAN

資料來源【27】【28】

表 2.3-2 車流模擬器軟體之 ITS 相關功能比較表

層級	微觀模擬				巨觀模擬	
軟體名稱	AIMSUN2	CORSIM	PARAMICS	VISSIM	DYNASMART	DynaTAIWAN
ITS 相關功能						
幹道連鎖號誌	√	√	√	√	√	√
適應性交通號誌	√	√	√	√	√	√
大眾運輸車輛優先通行		√	√	√	√	√
匝道儀控	√	√	√	√	√	√
主線車流控制		√	√	√	√	√
事件管理	√	√	√		√	√
進出區域控制	√		√		√	√
多樣化資訊	√		√		√	√
區域交通資訊			√		√	√
靜態路線指引	√		√		√	√
動態路線指引	√		√		√	√
停車指引						
大眾運輸資訊				√		
自動收費與市中心收費	√		√			
道路擁擠稅			√		√	
適應性巡行控制						
自動化高速公路系統			√			
自主性車輛						
支援行人與腳踏車使用者				√		
偵測用車輛			√	√		
車輛偵測器	√		√	√		
機動車輛						√

資料來源【27】【28】

表 2.3-3 六種模擬器整體優缺點之比較表

軟體名稱	特性	說明	於本研究之適合性
PARAMICS	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>公路幾何設計</u> 彈性佳，在架構真實路網設定上功能最強，如高架、轉彎、坡度、公車專用道、...等真實路網之特殊情況皆可設定。 ● <u>車流量之設定</u> 其車流量之產生具依時性，由 OD 旅次再去產生車流量。 ● <u>偵測器之設定</u> 彈性最佳，可測得之資料相當充足包含佔有率、流量、速度...等 ● <u>號誌控制</u> 彈性佳，採用手動方式調整，可依具時差來設定連鎖路網。 	1. 有關車流之設定需要有實際依時性之 O-D 流量，但目前國內都市號誌化路網之資料相當缺乏與不足。	<ul style="list-style-type: none"> ● 幾何線形設計功能完整 ● 事件設定符合研究需求 ● 偵測器功能完整
CORSIM	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>公路幾何設計</u> 彈性次佳，針對此計畫案在架構路網上 ● <u>車流量之設定</u> 其車輛產生需於各路口設定其車流量，無需利用 OD 流量再去產生其值。 ● <u>偵測器之設定</u> 彈性佳，可測得之資料不如 PARAMICS 充足，但依然包含佔有率、流量、速度...等。 ● <u>號誌控制</u> 彈性佳，採用手動方式調整，可依具時差來設定連鎖路網。 	1. 車流量之設定上需要每個轉向路口的車流量，若要實際調查必定耗費相當之財力人力。 2. 其功能大致完整，但略遜於 PARAMICS	<ul style="list-style-type: none"> ● 公路幾何設計功能彈性次佳，略遜於 Paramics
AIMSUN2	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>公路幾何設計</u> 節點與節線組合可分解為一般車道與彎道 ● <u>車流量之設定</u> 輸入 OD 旅次矩陣和路線選擇模式 ● <u>偵測器之設定</u> 可測得流量、佔有率、速率與偵測器上是否有車輛等 ● <u>號誌控制</u> 可設計固定式、觸動式或是硬性交通控制系統和管理策略 	理論上路網大小並無限制，但執行速度受電腦可用記憶體限制。	<ul style="list-style-type: none"> ● 功能大致完整，國內鮮有應用實例。
VISSIM	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>公路幾何設計</u> 模擬交叉路口、高速公路等精準度可至 10 公分 ● <u>車流量之設定</u> 輸入 OD 旅次矩陣 ● <u>偵測器之設定</u> 可測得流量、佔有率、速率等資料 ● <u>號誌控制</u> 彈性佳，採用手動方式調整，可依具時差來設定連鎖路網。 	1. 採單一視窗作業，資料輸入、模擬動態顯現、使用操作容易。	<ul style="list-style-type: none"> ● 路網規模受運作時記憶體與處理器有限容量限制 ● 以封閉路段方式描述事件，與本研究情境設計較不相同

資料來源【27】【28】【本研究整理】

表 2.3-3 六種模擬器整體優缺點之比較表(續)

軟體名稱	特性	說明	於本研究之適合性
DYNASMART	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>公路幾何設計</u> 功能上較無彈性，但大致的路網依然架構完整。 ● <u>車流量之設定</u> 其車流量之產生具依時性，由 OD 旅次再去產生車流量。 ● <u>偵測器之設定</u> 本研究無此功效 ● <u>號誌控制</u> 彈性佳，採用手動方式調整，可依具時差來設定連鎖路網。 	1. 公路幾何的構建上有較多限制，(如無法架構高架、坡度、轉彎等) 2. 無偵測器之功能	幾何線形與高架道路等功能較不符合本研究需求
DynaTAIWAN	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>公路幾何設計</u> 其功能上較無彈性，但路網架構完整。 ● <u>車流量之設定</u> 其車流量之產生具依時性，由 OD 旅次再去產生車流量。 ● <u>偵測器之設定</u> 現研究階段尚未開放此功能 ● <u>號誌控制</u> 彈性佳，採用手動方式調整，可依具時差來設定連鎖路網。 	1. 車流模式屬巨觀而車輛行為屬微觀之中觀模式 2. 依我國交通車流特性構建之模擬模式 3. 目前仍於研究階段，完整功能於進行之計畫	交通參數等符合國內條件，但部分功能仍在研究進行中：此外，幾何線形功能亦較不符合本研究需求。

資料來源【27】【28】【本研究整理】

第三章 模式理論

綜合先前兩章所述，目前國內外進行情事件影響範圍相關研究者較少，故在所需資料如事件造成車流壅塞於路網的擴散情形以及不同事故情境造成的壅塞現象，多缺少相關的統計資料。文獻回顧中發現，部分研究者以真實車流資料輸入模擬工具進行實驗，並以直接觀測模擬結果方式判斷事件影響範圍，但並未構建相關模式因此無法具備預測之功能。而本研究以 Hounsell 等人【5】之模式作為基礎，考量此模式藉廣義統計模式，探討不同事件情境下受影響路段數，再進一步建立影響範圍預測模式。

此法之優點在於其觀念簡單易懂，理論上可適用於不同交通環境之研究，但其缺點為已知運用實例或類似研究相當少。本研究乃延續其觀念，將時空背景轉移至國內進行研究，不僅探討原有考慮情境，並加入其未納入之因素，如道路幾何條件、不同之需求量與佔用車道數與車道位置等。獲取資料方面，以交通模擬軟體模擬所選擇路網以獲得模式所需資料，再以蒐集之資料構建擁擠擴散模式，並配合時空關係對所探討之各類事件情境影響範圍進行預測。綜合以上，本研究整體架構大致可分成三大部分來探討，包括控制實驗、事件影響範圍模式以及模式成果分析，如下圖 3.1 所示，為了更清楚了解兩者間之差異性，本研究以下表 3.1 說明。

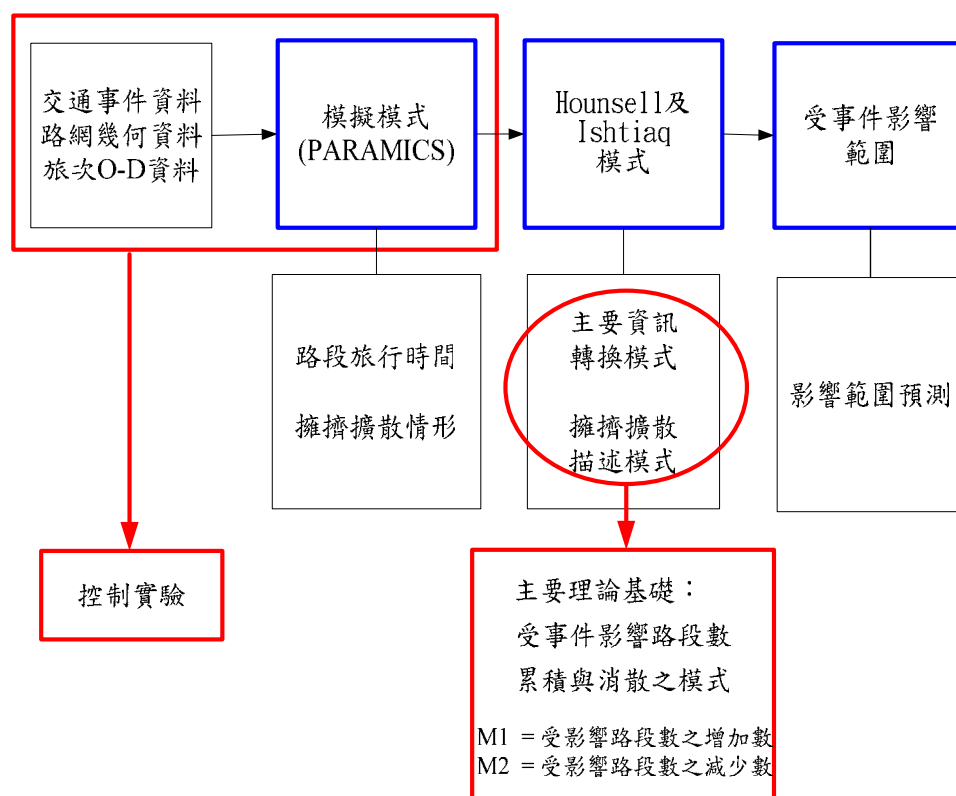


圖 3.1 研究架構

表 3.1 本研究與 Hounsell 及 Ishtiaq 研究之差異性

	Hounsell 及 Ishtiaq	本研究
模擬軟體	CONTRAM	PARAMICS
研究範圍	市區道路	高速公路 (主線與交流道)
情境討論	事件發生位置 嚴重度(容量降低程度) 發生至結束時間長短	增加探討之因素： 道路幾何特性 佔用車道數 車道位置 不同交通量
研究目的	應用於動態路徑導引系 統交通管理	探討此類模式於我國 高速公路是否適用； 提供事件影響範圍預 測機制

3.1 事件影響範圍模式

本研究藉欲以一統計模式預測事件發生後擁擠現象之分佈，模式建立在於進行不同事件情境下探討擁擠狀況之分佈，並提供動態導引系統管理之用，模式構建分為兩部分：第一部份為擁擠擴散與消退時段受影響路段數之兩函數，其中以事件降低容量之嚴重度與發生事件路段之擁擠指標為模式參數，以此二函數可求得受事件影響之路段數。第二部份即以一路段指派原則，將求得之路段數指派入路網，當所有路段數皆指派完畢，即可得到事件發生後其對上游造成之影響區段範圍。研究流程如圖 3.1-1 所示。

研究內容則分為三階段：首先將高速公路路網切割為等長之路段，蒐集事件發生前後各路段速率在不同時間之變化差距，並依服務水準之變化判斷路段是否受事件影響，進而得到事件發生後，受影響路段數之增加與減少情形；第二部份以受影響路段數目與發生事件路段之擁擠指標，作為事件影響區段範圍模式之輸入項目進行構建；最後模式完成後，藉由輸入事件嚴重度與發生事件路段之旅行時間變化等資料，得到受影響路段數進行預測。

1. 情境設計：以模擬工具產生之不同交通環境與事件情境下來構建模式，並定義模式中各項交通參數與變數，包括事件發生地點、嚴重程度與開始至結束時間長度等。此外分析由國道警察提供之歷史事件資料，找出易肇事路段作為研究對象，並以不同流量環境、事件造成容量降低程度與發生位置等因素設計 108

種事件情境。

2. 模式構建：由於我國並無事件發生後車流狀況之相關資料搜集，故以模擬工具 PARAMICS 構建路網，並彙整國道所佈設偵測器之資料進行模擬模式參數校估，以建立擬真之交通環境，進行先前所定義不同情境之事件模擬，模擬中將路網進行分段，並於每段中設置偵測器，進而蒐集事件發生前與發生後之交通參數資料，透各路段之交通參數指標判別各路段是否受事件影響，以構建出一受影響路段擴散與消退之資料庫。事件發生後受影響路段數之資料庫完成後，即以此作為模式之輸入項目進行構建。模式完成後可藉由輸入事件嚴重度與發生事件路段相關資訊，求得受事件影響之路段數，最後以一路段指派原則，將求得之路段數指派入路網，當所有路段數皆指派完畢，即可得到事件發生後其對上游造成之影響區段範圍。模式內容如下表 3.1-1 所示。其中情境設計與資料輸入輸出流程將於後續小節詳細說明。

表 3.1-1 事件影響範圍模式

預測模式	
1	$M1_t = a \times Sev \times LCI_t$
2	$M2_t = b - (c / LCI_t)$
M1t	= 擁擠擴散時段受影響路段數
M2t	= 擁擠消退時段受影響路段數
Sev_t	= 事件嚴重程度(減低之容量百分比)
LCIt	= 發生事件路段之擁擠指標 (實際旅行時間 / 最小旅行時間)
模式參數：a、b、c	

3. 模式驗證：模式構建完成後，為進行驗證工作，將以模擬工具進行驗證用之事件情境模擬，同時將所設計情境帶入模式中，以模式結果與模擬輸出進行驗證及統計分析。情境變數透過模式反映出受影響路段樹，再透過路段指派原則將其指派入路網中，當指派完畢則可得到受影響範圍。

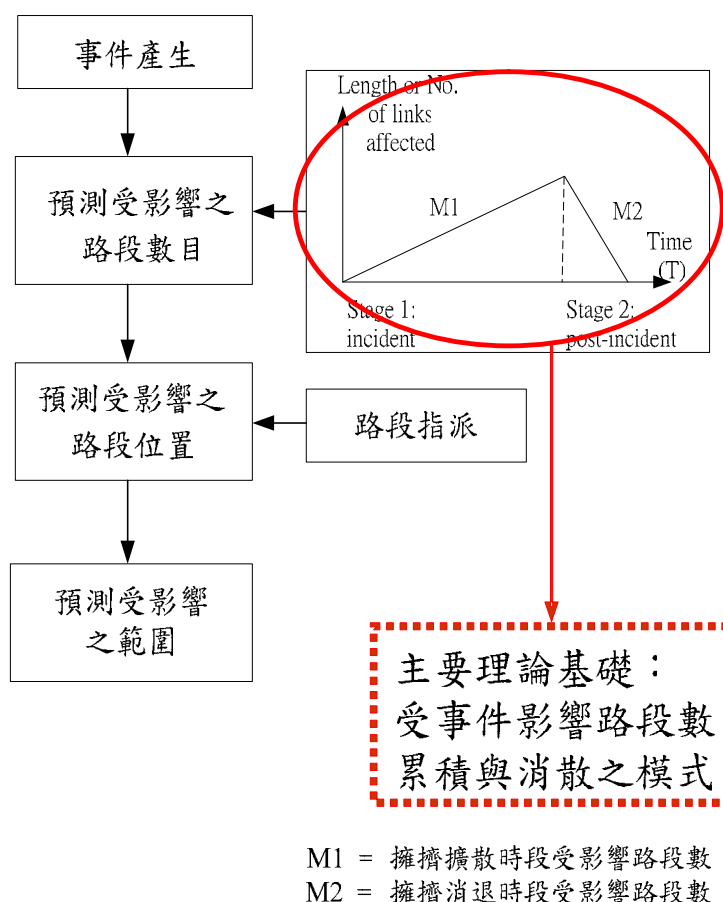


圖 3.1-1 模式流程圖

3.2 控制實驗

本研究之研究對象為適用於我國高速公路事件影響範圍之預測模式，因此在實驗路網之選擇與情境設計上，需要考慮各種可能為影響因素。主要分為四部份進行探討，一為針對事件影響範圍相關之文獻，視其於選擇研究對象時，所納入考慮的特性為何；二為根據現實中相關單位所蒐集之事件與車流資料進行分析並選擇研究路網；三為與實驗情境設計；四為對模擬路段之劃分進行說明。

3.2.1 相關文獻考慮特性

文獻回顧中，本研究發現有關事件發生後影響範圍預測之研究實為不多，故在模擬實驗情境的參考資料也較缺少，僅發現少數研究如下表 3.2.1-1 所示，有針對此類議題進行探討，但在各種路網特性是否納入之問題卻未詳細說明，Roberg and Abbess 【11】主要目的為構建可觀測事件影響之模擬軟體，故初期以均質路網進行研究；Vuren and Leonard 【8】以釐清影響事件因素為目的，挑選交通流量穩定之路網為研究對象；Hounsell and Ishtiaq 【5】則以擁擠與較不擁擠兩種路網之環境構建事件影響範圍預測模式；林繼國 【7】則以著重事故是否

影響路段之判斷模式為主，使用路網之選擇方面則未詳述。因此，本研究乃考慮以肇事分析方面之研究與相關單位在實務上能提供之資料兩方部分著手。

表 3.2.1-1 事件影響範圍相關文獻路網情境表

作者	路網環境	考慮特性
Penina and Cristopher 【11】	虛擬路網	均質路段
Vuren and Leonard 【8】	都市道路	流量穩定
Hounsell and Ishtiaq 【5】	都市道路	擁擠與不擁擠 兩種路網
林繼國 【7】	高速公路	—

為針對我國高速公路之特性，回顧國內有關肇事分析之相關文獻，戚培芳【9】之研究對此類議題有較完整之整理。其將肇事分析依其分析主題及目的大致分為三類：第一類為肇事趨勢分析，探討肇事本身過去或未來之變動趨勢；第二類為肇事因果分析，是針對影響肇事之因素加以分析，並探討其與肇事之關係；第三類為危險路段鑑別，乃在分析公路之危險度，以鑑定危險路段。其研究主要目的為建立中山高速公路之肇事分析模式，供肇事因果分析、肇事預測、危險路段判別等方面之應用。彙整其研究結果，道路坡度、曲度、車道數、交通量等因素對於高速公路事件之發生有較顯著之影響。故本研究擬上述結果，配合民國 93 年高速公路事件資料，找出一易肇事路段並分析其道路特性，再以情境設計之方式，將道路特性與事件情境結合以進行模擬實驗。

3.2.2 高速公路相關資料蒐集

此節分為三部份進行說明，分別為高速公路事件資料、道路幾何特性說明與偵測器資料蒐集：

第一部分：事件資料

本研究由國道高速公路警察局之第一警察隊與第二警察隊取得事件資料，內容為民國 93 年全年之國道一號北區路段〔0 至 110.4 公里〕交通事故調查表中資料，包括事件類別(A1、A2、A3)、事故地點、通報時間、相關單位到達處理以

及通報解除時間等。根據上述資料，本研究可分析易肇事路段之分布以及各類事件發生至結束時間之統計資料，以利模擬事件情境之設計。

彙整事件資料，發現民國 93 年間國道一號 0 至 110 公里路段共有 A1 類型事件 12 件；A2 類型事件 169 件；A3 類型事件每年則為千件以上，且由於 A3 類型通報至處理時間多在 10 分鐘左右即清除完畢，對於車流之影響有限，因此本研究並不探討 A3 類型之事件。針對 A1 與 A2 兩類事件資料進行分析，發現國道一號北區路段事件較集中於兩區域，分別為南下路段 30 至 60 公里處與北上路段 20 至 50 公里處，完整事件資料如下頁表 3.2.2-1 所示，此二路段於民國 93 年間之肇事次數相較於其他路段較為頻繁，其中又以南下 30 至 60 公里路段事件數最多。

第二部分：路網幾何特性

本研究進一步由高速公路局北區工務段(內湖、中壢工務段)申請取得國道一號 30 至 60 公里路段之幾何設計圖，針對其幾何特性進行分析，該路段包含四處交流道，針對其特性進行分析，發現可分為兩大部份，一為 30 至 45 公里屬於曲線與坡道路段之組合，另一為 45 至 60 公里屬於平直路段，較無曲度與坡度之變化，此二路段可利於本研究針對不同類性道路(曲線、坡道與直線)之事件影響範圍模式之差異。詳細幾何特性見於 4.2.1 小節。

第三部分：偵測器資料

本研究經由高速公路局北區工程處交控中心協助，取得國道一號北區路段於民國 93 全年之偵測器記錄資料，其中意外發現現有偵測資料並非完整，部分偵測器並無資料顯示，對應前兩部分所探討 30 至 60 公里路段後發現，五股交流道之上、下匝道資料均缺少，故考慮將實驗路網之範圍由該路段後開始擷取。

總合以上所述，本研究根據高速公路事件之歷史資料，選取一易肇事路段並對其路網特性進行分析，作為實驗路網之研究對象，其地理範圍為國道一號北區路段 32 公里至 61 公里處，全長約為 29 公里。此路段包含通往中正國際機場之重要路線、中壢與內壢等易壅塞地區以及各種道路幾何特性，因此選取該路段乃依據實務應用、符合問題特性以及相關交通資料蒐集完整三項目的。

表 3.2.2-1 國道一號北區路段事件資料分析表

南下路段 0 - 69 KM (69KM)				北上路段 0 - 69 KM (69KM)			
類型	里程數	件數	佔用車道數說明	類型	里程數	件數	佔用車道數說明
A2	0~10	4	1 車道 34 件 2 車道 16 件 3 車道 2 件	A2	0~10	6	1 車道 47 件 2 車道 12 件 3 車道 3 件
	10~20	1			10~20	8	
	20~30	6			20~30	12	
	30~40	11			30~40	10	
	40~50	12			40~50	10	
	50~60	12			50~60	5	
	60~70	6			60~70	11	
A1	0.9	2	1 車道 2 件	A1	59.3	1	1 車道 1 件
	0.8						
南下路段 69 - 110 KM (40KM)				北上路段 69 - 110 KM (40KM)			
類型	里程數	件數	說明	類型	里程數	件數	說明
A2	60~70	1	1 車道 12 件 2 車道 4 件 3 車道 1 件	A2	60~70	1	1 車道 19 件 2 車道 12 件
	70~80	4			70~80	1	
	80~90	3			80~90	6	
	90~100	9			90~100	13	
	100~110	0			100~110	10	
A1	95.2	2	1 車道 2 件	A1	83.45	6	1 車道 4 件 2 車道 1 件 3 車道 1 件
	96.958				88.8		
					104.4		
					104.6		
					107.4		
					110		

3.2.3 事件情境設計

為以模擬工具產生事件情境進行資料蒐集構建模式，此節將探討事件嚴重程度之設計、車流環境設定二部分。

第一部分：事件嚴重程度

根據第二章文獻回顧之事件影響範圍相關文獻，多以事件延時與事件造成容量之降低程度兩者，作為事件嚴重性之情境設計變數。事件延時的定義可區分為兩種，一為交通狀況受事件影響至恢復正常之時間長度；二為事件本身發生至結

束之時間長度，本研究乃以前者作為事件造成影響期間的觀察時間長度，而以後者作為實驗之控制輸入項目。本研究根據 93 年度國道一號事件資料，歸納出 A1 與 A2 兩類事件發生至結束時間之平均值與標準差，並對事件佔用車道數與車道位置進行統計分析，分析結果於表 3.2.3-1，其中顯示佔用車道之平均時間為 45.17，標準差為 29.97，因此本研究以平均值加減一倍標準差之方式，將事件發生至結束時間設定為與 15、45 與 75 分鐘三種。

另外根據蒐集之事件資料之現場肇事圖有完整紀錄者，共有 69% 為佔用一車道，26% 佔用兩車道、5% 為佔用三車道；封閉車道之位置，依路網車道數由內側至外將其定義為第 1、2、3 與 4 車道，如下圖 3.2.3-1 所示，分析各類情境組合所佔比例，將部份所佔比例極少之情境刪除，再依據實驗路網之車道數配合在位置進行模擬。

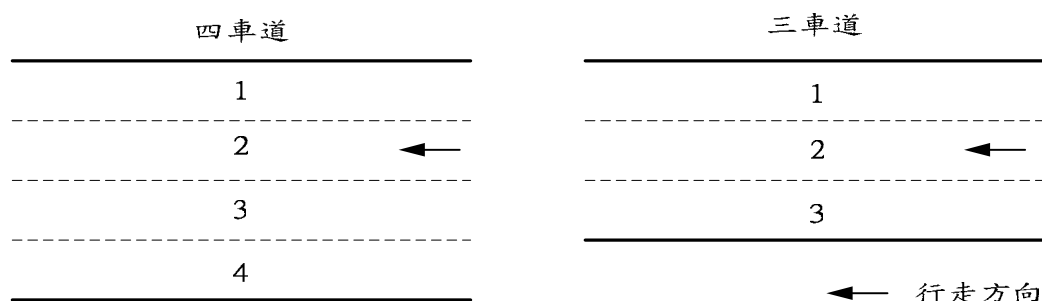


圖 3.2.3 -1 車道編號示意圖

表 3.2.3-1 國道一號北區路段事件佔用車道位置統計表

佔用車道數	車道位置	件數	比例(%)	總比例(%)	分析
一車道	1	44	24	69	事件發生至 清除時間： 平均值(分鐘) 45.1722 標準差 29.9748
	2	29	16		
	3	38	21		
	4	14	8		
二車道	1+2	18	10	26	
	2+3	14	8		
	3+4	11	6		
	1+3	2	1		
	1+4	0	0		
	2+4	1	1		
三車道	1+2+3	8	4	5	
	1+2+4	0	0		
	1+3+4	0	0		
	2+3+4	1	1		

事件造成容量降低部份，選用之模擬軟體乃以事件發生之車道位置進行設定，而本研究之模式乃以容量降低比例作為模式輸入變數之一，因此須將封閉車道數對應容量降低比率進行換算。回顧相關文獻，以休士頓灣區單方向三車道高速公路為例之研究，當部分車道受阻封閉時，對道路容量縮減從 26%至 79%間不等，如下表 3.2.3-2，相關研究也顯示縮減比例近似 Blumentritt【29】等人對 2 至 5 車道數之高速公路進行研究，結果對三車道類別之路肩部分有較大差異，其他類別則無顯著差異，如下表 3.2.3-3。本研究之事件情境設定為，事件發生造成封閉車道至將原被封閉車道開放之時間，並不考慮在此時段中將障礙移至路肩的情形。

表 3.2.3-2 公路容量縮減表

事件類型 (影響車道數)	正常車流 (三車道)	故障車 (一車道受阻)	無人傷亡車禍 (一車道受阻)	車禍 (兩車道受阻)
容量減少%【25】	—	48	50	79
容量減少%【26】	—	50	50	75

資料來源【30】

表 3.2.3-3 不同車道數之公路容量縮減

型態 封閉	二車道公路	三車道公路	四車道公路	五車道公路
一車道受阻	68%	47%	44%	25%
二車道受阻	100%	78%	66%	50%

資料來源【30】

因此以本研究依相關研究之結果取其平均值並四捨五入後，將各類事件情境所對應造成容量降低之比率以下表 3.2.3-4 說明。

表 3.2.3-4 事件情境造成容量降低比率

型態 封閉	三車道公路	四車道公路
一車道封閉	49%	44%
二車道封閉	77%	66%

第二部份：車流環境

為釐清擁擠影響模式於不同交通量之差異，本研究設定高、中、低三種不同流量情境，設定方式為對應高公局所提供偵測器蒐集之資料(民國 93 年 12 月 6 日)作為模擬車流之參考，分別以尖離峰不同車流情況訂定模擬情境，其中上午尖峰時段車流量較大且集中，本研究將此情況視為高流量；下午尖峰時段車流輻較小視為中流量；離峰時段則視為低流量，詳細流量定義請見 4.2.2 節。依據上述各項情境變數之設定，完整情境組合詳列於 4.5 小節。

3.2.4 模擬路網路段劃分

本研究之研究對象為高速公路，其特性為由主線與交流道所組成之連續線形路段，事件所造成壅塞對於路網之影響情形，乃由事件發生點開始往其上游方向延伸，對於擁擠情形之描述單位於概念上可以連續的長度或將路網切割為離散之路段兩種作法探討。但就實務操作方面，連續之概念亦由極小之長度間隔所組成，而在此即小間隔下(如 1 公尺)，所提供之交通參數資料所具意義可能不大，譬如車輛之平均車長及 4~6 公尺不等，若以 1 公尺為描述擁擠擴散之單位則顯無意義，故以將路網劃分為離散路段方式處理。

因此，本研究以將高速公路線形路網劃分為路段之方式，以每一路段為一單位，描述事件造成擁擠擴散之範圍。本研究回顧探討路段資訊蒐集之相關文獻，以蒐集有效之交通資料原則以及本研究之模式輸入項目需求下，尋求描述擁擠擴散之適當單位，了解依何種準則下所劃分之路段，所提供之資訊較具意義。回顧相關文獻，高速公路之交通資料蒐集以固定式偵測器與移動式偵測器兩大類，我國目前乃以前者為主要方式，因此，以下將針對國內外探討固定式偵測器佈設之研究進行探討，並藉此過程訂定本研究之路段劃分原則。

回顧相關文獻，研究對象為都市路網者，直接以原有道路進行分段，高速公路則以所選研究範圍配合需求進行分段。回顧分析肇事之研究，對於劃分公路路段之方法常見有二：一是按等距離劃分路段；另一則是依路段同質性原則劃分路

段。但考量按等距離劃分路段，可能將相同特性之路段劃分為兩個不同路段，反之亦可能將特性不同之兩路段劃分於同一路段；本研究為使能充分了解事件影響情形於不同路段之影響，故採用先依「同質性」原則進行路段劃分，再以「等距」方式將其切割為較短路段。

為蒐集路段資訊用以構建模式，乃以在路段中點佈設偵測器之方式進行，為探討本研究欲構建模式之最適路段劃分，將以不同之路段長度進行模擬實驗，因此需藉回顧偵測器佈設間距之相關研究，以作為本研究在劃設路段並佈設偵測器之依據。下列將針對國內外偵測器佈設間距之相關文獻，與目前國內固定式偵測器佈設現況進行探討。

趙令峻【31】研究中曾針對國內外文獻及其研究的模式結果所整理之有關車輛偵測器佈設間距之比較，如下表 3.2.4-1 所示：

表 3.2.4-1 國內外文獻於車輛偵測器佈設間距之比較

來源	車輛偵測器設置之間距(公尺)
國外經驗	150~750
國工局建議	300
模式求解結果	150~225

資料來源【31】

除此之外，美國 FHWA 在針對車輛偵測器佈設間距上，所建議設置車輛偵測器之間距如表 3.2.4-2 所示：

表 3.2.4-2 美國 FHWA 設置車輛偵測器間距之建議

路段型態	設置型態	建議設置間距(公尺)
主線三車道	局部	300~750
主線四車道	局部	300~750
交織路段 300 公尺	依偵測器模式而定	300
交織路段 600 公尺	局部	300~750
交織路段 900 公尺	局部	750
車道增加	局部	300
車道縮減	局部	150~300
坡道 3%	局部	300
坡道 6%	局部	300~750
彎道	局部	300~750

資料來源：【31】

環顧國內探討車輛偵測器佈設位置之相關研究，發現大多數研究僅就一般性偵測器佈設原則進行彙整；對於特定佈設原則進行深入之研究並不多。而且針對適用於我國國內交通特性之偵測器最佳佈設方式之研究，並未有一般性之通則規範之研究，多數研究僅針對某地區或某路段之交通流量型態，進行其單一特定路段車輛偵測器佈設位置之研究。

目前國內無偵測器佈設準則可參考。國外相關研究案中 Chan 及 Lam【32】嘗試以佈設偵測器成本與使用者旅行時間節省成本之觀念，配合交通量指派之理論基礎求解最佳偵測器佈設密度，其理論求解值（以動態交通量指派，DTA 為基礎）考慮旅行時間，節省及偵測器佈設成本均衡，為在高、快速道路之佈設間距約為 500 公尺，一般都市道路佈設間距為 250 公尺。其以香港為測試地點，與本國皆屬於東方地區狀況較近似加上回顧旅行時間相關文獻中亦發現，在高、快速道路上偵測器佈設間距以 500 公尺最為普遍如表 3.2.4-3。

表 3.2.4-3 旅行時間相關文獻中偵測器佈設位置之彙整

作者	偵測器			路網結構
	種類	佈設位置	蒐集交通特性資料	
Petty, K. F. et al 【33】	Single-loop Detector	上、下游偵測器 相距 0.5 公里	1. 車流量 2. 佔有率	
Rik van Grol 【34】	1.Amsterda m: License 2.Paris: Floating car 3.Italian: Tolling	Amsterdam: 500m	1. 車流量 2. 佔有率 3. 速度	1.Amsterdam:環 市區快速道 2.Paris:市區單 幹道 3.Italian:兩 城際間
Abe, Atsushi 【35】	AVI: Plate Number matching	每 500 公尺 (5 個路旁動態 資訊看板)	量測速度	HANHSIN Expressway 中兩 條主要替選路線
Dailey 【36】	Single inductance loop		1. 車流量 2. 佔有率	
Coifman 【37】	Single dual-loop detector	偵測器相隔至 少需 0.5 公里	1. 車流量 2. 佔有率 3. 速度	在超過 1800 英尺 的 Freeway，中間 不包含匝道
Kurokawa Takeshi 【38】	Inductive Detector	每隔 1 至 2 公里 設置	1. 流量 2. 速率	城際間快速道路 Tomei Expressway

表 3.2.4-3 旅行時間相關文獻中偵測器佈設位置之彙整(續)

Masato IWASAKI 【39】	Inductive Loop Detector	每 2 公里設置	1. 流量 2. 平均速率 3. 佔有時間	Tomei Expressway
Tomoaki OKADA 【40】	—	平均每 300 公尺佈設	每分鐘： 1. 速率 2. 流量	Major Tokyo Metropolitan Expressway

3.2.4.1 國內固定式偵測器佈設現況探討

本研究以國道高速公路為研究範圍（參閱 1.3.2），因此需瞭解目前國內偵測器佈設現況。依交通部委託研究案「智慧型交通資訊蒐集、處理傳播與旅行者行為系列之研究—號誌化道路路況資訊偵測方法與格式訂定」【41】，蒐集彙整目前國內車輛偵測器佈設現況，其說明如下所示。

在國道高速公路上的車輛偵測器佈設方式乃是依據偵測目的不同而有區別，以下分別說明台灣地區高速公路車輛偵測器佈設概況：

1. 交流道間的主線路段

交通部國道高速公路局（以下簡稱高公局）為了蒐集交流道間主線路段之交通量、速率，以及車種等基本資料，在主線路段平均每 2 公里佈設一組車輛偵測器。另外在易肇事的危險路段及天候不良路段增加偵測器的佈設密度，大約 750 公尺埋設一組車輛偵測器。在隧道區為了迅速偵測出隧道內發生事故的情況，因此於隧道進出口各佈設一組車輛偵測器，隧道內則大約 300 公尺佈設一組車輛偵測器。

2. 交流道

在實施匝道儀控的交流道地區，在入口匝道及距離主線鼻端上游約 90 到 100 公尺處佈設車輛偵測器，以蒐集上游主線路段之交通量資料。必要時亦可在上匝道接近平面連接道路附近佈設一組車輛偵測器，作為等候線長度（queue length）之偵測器，以調節入口匝道車輛進入主線之匝道儀控率。

根據高公局委託研究案「高快速公路整體路網交通管理系統綜合規劃專題研究期末報告書」【42】指出，目前國道 1 號北部地區路段，以及國道 3 號基隆至汐止段（基汐段）共設有北上 96 組、南下 101 組車輛偵測器，佈設間距由數百公尺到 2、3 公里不等，國道 2 號機場內環線則有東、西向 19 組車輛偵測器，其佈設間距約 2 到 4 公里，CCTV 則僅佈設有東向 2 組，佈設間距約在 9 公里左右；至於國道 3 號不包含基汐段在內，在北上路段有 60 組、南下路段有 58 組車輛偵測器，佈設間距約在 1 公里半到 2 公里半左右，此外，另有北上 50 組、南下 44 組 CCTV，多半佈設於隧道區內。

國道 1 號中部地區路段的主線上，共設有 532 組車輛偵測器，其佈設間隔距離約在 500 公尺到 2 公里不等；在國道 3 號上則有 502 組車輛偵測器，其佈設間距則在 1 公里到 2 公里左右不等；國道 3 號支線則總計共有 39 組車輛偵測器，佈設間距約在 2 到 4 公里間；國道 4 號則共設有 20 組偵測器，其設置間距則平均約在 2 公里左右。

國道 1 號南部地區則僅於雙向各佈設 45 組車輛偵測器，由於為簡易型 ITS 設施，因此其佈設間隔距離遠較中部地區為長，約在 3、4 公里到 10 公里左右不等，但於上、下游交流道之間至少佈設一組偵測器，以確保高速公路每一主線路段皆可蒐集到即時路況資料，同一區域另有 12 組 CCTV 之佈設，以供車流偵測之用，佈設距離則平均約在 10 公里左右。

將以上目前國內國道高速公路之車輛偵測器的佈設現況相關資訊，整理如表 3.2.4.1-1 所示。

表 3.2.4.1-1 國內國道高速公路車輛偵測器佈設現況表

地區	路段	偵測器種類	偵測器數量	佈設距離
北部	國道 1 號路段與國道 3 號基隆至汐止段（基汐段）	VD	北上 96 組、南下 101 組	數百公尺到 2、3 公里
		CCTV	北上 6 組、南下 19 組	北上約 3 公里、南下約 1 到 2 公里
	國道 2 號機場內環線	VD	東、西向各 19 組	約 2 到 4 公里
		CCTV	東向 2 組	約 9 公里
	國道 3 號不包含基汐段在內	VD	北上路段有 60 組、南下路段有 58 組	1 公里半到 2 公里半
		CCTV	北上 50 組、南下 44 組	多集中佈設於隧道內
中部	國道 1 號	VD	532 組	500 公尺到 2 公里
	國道 3 號	VD	502 組	1 公里到 2 公里
	國道 3 號支線	VD	39 組	2 到 4 公里
	國道 4 號	VD	20 組	2 公里
南部	國道 1 號	VD	54 組	3、4 公里到 10
		CCTV	12 組	平均 10 公里
	國道 3 號	VD	北上路段佈設有 69 組、南下路段則有 68 組	2、3 公里到 10 公里

資料來源：【41】【42】

綜合上述，得知以目前國道高速公路主線路段平均每 2 公里佈設一組車輛偵測器，有些路段亦有高達近 10 公里無偵測器之狀況，為避免因偵測器不足時導致交通資訊推估產生誤差，除現有之偵測器外，本研究將參閱 Chan 及 Lam【32】

所做之研究，在高、快速道路之佈設間距約為 500 公尺，以及美國 FHWA 設置車輛偵測器一般快速道路佈設間距之建議 300 至 750 公尺。在以充足之交通資料為前提下，選擇三百公尺為劃分路段之單位長度，詳細佈設策略請參閱 4.4 小節說明。

3.3 受影響路段判斷與指派

本節探討高速公路事件發生後，對於上游路段是否受影響之判斷依據，以及取得受影響路段數後如何將其指派入路往中得到影響範圍。首先針對前者須訂定路段達受影響狀態之定義，模式也將根據此判定指標決定是否將其定義為受事件影響之路段，以下回顧相關研究與單位在此方面之作法，期能透過此過程得到較適當之參考交通參數與數值。第二部份將說明本研究指派受影響路段之規則。

第一部分：受影響路段判斷依據

1. 平均旅行時間

回顧 Hounsell and Ishtiaq【5】之研究，乃以路段實際平均旅行時間與該路段在原車流狀況下平均旅行時間兩者之差異，若大於後者百分之二十以上，則將該路段定義為受事件影響路段。此門檻值主要為參考用路人意見而設定。

2. 路段平均速率

國內外多數交通管理或提供用路人交通資訊之單位，考慮用路人易讀性，於其網頁說明中多採以顏色表示該路段之速率與車流狀態。故回顧相關資料，以國內國道高速公路局與美國聖安東尼奧 TansGuide 網站為例，下表 3.3-1 為內容之說明。

表 3.3-1 路段平均速率與壅塞度對照表

	國道高速公路局	聖安東尼奧 TansGuide
壅 塞 度	綠色：80 以上 kph	綠色：80 以上 kph
	黃色：61~80 kph	黃綠：64~80 kph
	橘色：41~60 kph	黃色：48~64 kph
	紅色：0~40 kph	橘色：32~48 kph
		紅色：0~32 kph

資料來源【43】【44】

3.路段平均佔有率

於交通部高工局之研究中【45】，對於壅塞度之定義為，根據車輛偵測器(VD)所測得的每五分鐘平均佔有率而得，其壅塞度及平均佔有率之關係如下表 3.3-2 所示，其並以一公里為單位將高速公路進行分割，考慮因素包括下列三點：(1)以一公里左右間隔佈設之偵測器數量最多；(2)以等長路段較易顯示與處理資料；(3)壅塞長度的最小偵測單位為一公里(CMS 所顯示的最小壅塞長度為一公里)。

表 3.3-2 路段平均佔有率與壅塞度對照表

壅塞度	每五分鐘平均佔有率(%)	備註
1	佔有率 ≤ 19	正常狀態
2	$19 < \text{佔有率} \leq 24$	綠(小壅塞)
3	$24 < \text{佔有率} \leq 39$	黃(中壅塞)
4	$39 < \text{佔有率}$	紅(大壅塞)

資料來源【45】

本研究之研究對象國道一號全線速限為 100(公里/小時)，而 Hounsell 等人之研究為市區路網，以其門檻值作為依據仍有疑慮。因此，本研究考慮應映我國高速公路局現行操作情形，以速率變化作為判定依據，並對應台灣地區公路容量手冊中服務水準，先行定義未發生事件之車流狀況，並以事件發生後該路段之速率是否落入原服務水準之下一個或依個以上之等級，以此作為判斷路段是否受事件影響之依據。下表 3.3-3 為高速公路局現行擁擠表示與服務水準之對應。

表 3.3-3 路段平均速率與壅塞度對照表

服務水準	平均速率 (公里/小時)	國道高速公路局
A	≥ 90	綠色：80 以上 kph
B	≥ 85	
C	≥ 80	
D	≥ 70	黃色：61~80 kph
E	≥ 60	
F	或 < 60	橘色：41~60 kph
		紅色：0~40 kph

資料來源【43】【46】

第二部分：受影響路段指派規則

經由構建完成之 M1 與 M2 兩模式，分別計算出在不同時段受影響路段數之增加與減少情形。根據此資料即進行受影響路段數指派，即分配其於路網中所在位置。步驟為由事件發生路段開始，依序往上游方向分配路網，若遇交流道(上交流道)則將受影響路段指派入。其中考慮原則如下：

1. 首先受影響路段為距離事件發生處往上游方向最接近之路段。本研究之研究對象為高速公路路網，故僅需考慮鄰近發生事件點上游之第一個路段開始並持續延伸。

2. 將所有可能受影響路段列入考慮，包括交流道(上交流道)。本研究並不考慮個別車道擁擠情形，此乃考慮駕駛人基於一般駕駛原則下，會自行選擇較無擁擠車道行駛，故在較長時間之觀測可將該路段視為均衡之擁擠狀態。

3. 遇交流道時，則依據主線與交流道於該流量水準下之流量比率為依據，將路網中路段排定指派順序，再依序分派受影響路段。本研究並未考慮擁擠現象由交流道延伸至平面道路之情形，故當交流道之路段指派完畢後，繼續往主線上游方向進行。

4. 當時段中最大受影響路段數指派完畢，該範圍即為受事件影響之最大範圍，並將進入擁擠消散階段，其同樣依據流量比率之原則，將原指派入之受影響路段解除。

5. 依各時段將所有受影響路段指派完畢後，亦即得到事件發生後，擁擠現象依時於路網中分布情形。

3.4 資料流向

本研究整體演算流程可從三個層面來觀看，一為模擬實驗，包含各事件情境設計之模擬，以產生模式構建所需之交通參數資料（事件嚴重度、持續時間、發生事件路段旅行時間）並進行彙整，透過模式將資訊換算為擁擠指標以及構建受事件影響路段數之增加與減少資料庫；第三部份為結合擁擠指標與受影響路段數之資料，構建出受事件影響路段之模式，整體演算流程如圖 3.4-1 所示。整體演算流程可分成三大部分來探討，後續將詳述各個演算之流程，包括資料的輸入與輸出等。

第一部份：模擬實驗

根據前節所設計之事件情境，以(工具)軟體進行模擬，情境主要設定項目為事件嚴重度，即佔用車道數、位置與開始至結束之時間長度；產生資料為路網中各路段於每時間間隔下之平均速率。

起始資料設定

1. 首先進行模擬時段中未發生事件之情境。
2. 進行有事件情境之模擬實驗。
3. 容量降低比例 Sev ：紀錄模擬事件情境之佔用車道數，並對照其容量降低百分比(表 3.2.3-4)。
4. 記錄事件所在位置、佔用車道位置與開始至結束之時間長度。

第二部份：模式參數蒐集

此部分須由一擁擠指標(LCI)與受擁擠影響路段數於模擬時段內之增加與減少資料庫所組成，LCI 由模擬時段各時間間隔中，發生事件路段之實際旅行時間與未發生事件下最小旅行時間相除而得；後者則以紀錄模擬過程中事件發生後各路段之平均速率變化，當該路段實際平均速率與未發生事件之平均速率相較後，其所落在之服務水準降低，即定義其為受事件影響之路段，詳細說明請見 3.3 小節。

1. 無事件發生之路段平均速率：此無事件發生之車流資料乃是對應該情境所設計流量在無事件發生時所蒐集得到，依路網中所佈設偵測器輸出之路段速率，進行資料整理，建立模擬時段中未發生事件下，各路段每五分鐘之平均速率。
2. 有事件發生之路段平均速率：此有事件發生之車流資料乃對應該情境所下，設計流量在有事件發生下進行蒐集，依路網中所佈設偵測器輸出之

路段速率，進行資料整理，建立模擬時段中事件發生後，各路段每五分鐘之平均速率。

3. 發生事件路段之 *Min TT* 與 *Actual TT*：依發生事件路段之平均速率，計算該路段於未發生事件情況下，最短旅行時間以及每五分鐘之實際路段旅行時間。
4. 將各時間間隔下，兩對應之無事件與有事件之交通參數資料(速率)進行比較，以得到達受事件影響狀態路段之增加與減少數目，分別構建為 M1 與 M2 兩資料庫。

第三部份：模式構建

第三部分結合擁擠指標與受影響路段之資料庫，構建受事件影響路段之預測模式，即函數 M1 與 M2，並以統計軟體進行模式參數校估。校估完成後則產生驗證用之模擬實驗，蒐集模擬事件發生過程中受影響路段數之變化，與模式所預測受影響路段數增減情形相互驗證，驗證準則將於下節中說明。

1. 依據 $M1_t$ 與 $M2_t$ 兩資料庫與擁擠指標 LCI 構建模式：

$$M1_t = a \times Sev \times LCI_t$$

$$M2_t = b - (c / LCI_t)$$

2. 以統計軟體分別對兩式進行參數校估。

上述步驟完成之後，最後則進行模式驗證：重新設計事件情境，一方面依模擬工具模擬情境並紀錄結果；一方面將模擬情境設定變數與模擬資料帶入校估後之模式，計算模式結果，以此兩者之結果進行模式驗證與績效評估。

綜合以上，本研究乃以連鎖、交互影響之概念描述事件造成之擁擠情形，利用廣義統計模式之技術，配合經真實車流資料校估之模擬環境所得參數資料，進行模式構建。

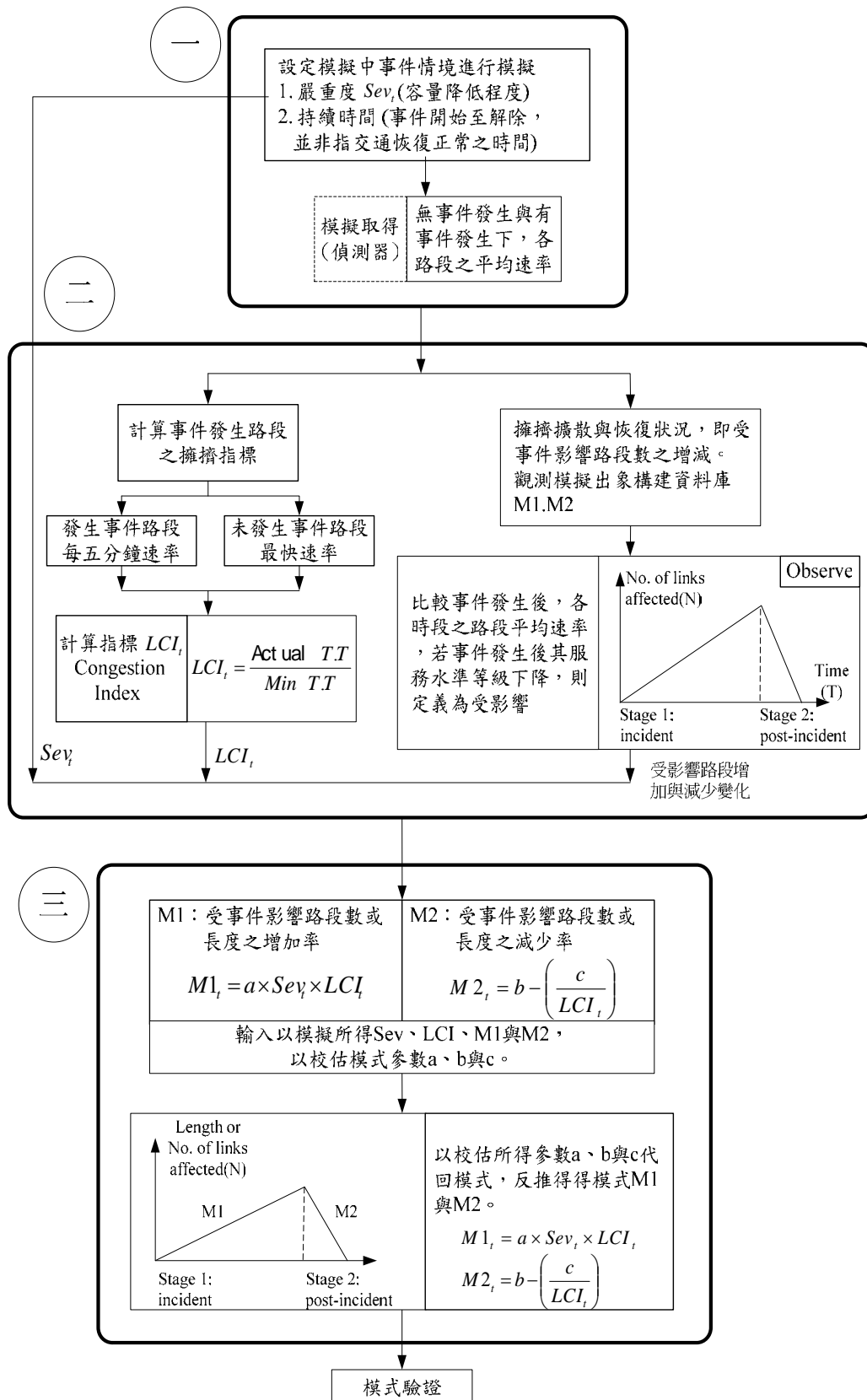


圖 3.4-1 模式構建流程架構

3.5 預測效果評估

模式結果之好壞為模式構建者最著重的問題。度量預測結果的好壞，並不能僅看其實際值 X_t 與預測值 \hat{X}_t 之距離，包括長期誤差之比較，與實際值的離差或與實際值的誤差平方和...等都應考慮。而其預測效益評估之標準，則視系統特性而定。令 $\varepsilon_t = X_t - \hat{X}_t$ ， n 代表當其時間， l 代表往前預測期數，常用之評估之準則有：

1. 評估誤差(Mean Error)

$$ME = \frac{\sum_{t=1}^l \varepsilon_{n+t}}{l}$$

2. 平均百分誤差(Mean Percent Error)

$$MPE = \frac{100}{l} \sum_{t=1}^l \frac{\varepsilon_{n+t}}{X_{n+t}} \%$$

3. 平均誤差平方和(Mean Square Error)

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^l \varepsilon_{n+t}^2}{l}$$

4. 平均絕對誤差(Mean Absolute Error)

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^l |\varepsilon_{n+t}|}{l}$$

5. 平均絕對百分誤差(Mean Absolute Percent Error)

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|X_t - \hat{X}_t|}{X_t}}{n} \times 100\%$$

6. 根均方誤差(RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2}$$

對於事件影響範圍預測上，多少會有低估或高估之現象產生，預測效益評量應以（3）、（4）、（5）或（6）標準來評量其預測效益較合適，且愈接近 0 愈好，主要乃為避免正負相互抵銷進而影響預測評估效益。本研究考慮於事件消退後期受影響路段已接近個位數，MAPE 值容易產生較大值，而正負相互抵銷也是需注意問題，故以 MAE 與 MAPE 兩項指標作為預測效益評估，此模式之評估準則如下表 3.5-1 所示。

表 3.5-1 模式預測能力評估準則

MAPE	預測能力
<10%	高精確度預測
10-20%	良好的預測
20-50%	合理的預測
>50%	不確度的預測

第四章 模式實驗路網之構建與資料蒐集

本章節延續研究架構（參閱第三章 圖 3.1），主要說明模擬路網之構建與資料產生。針對第一部份 PARAMICS 構建實驗路網之過程詳細說明，從相關資料之蒐集、整理、分析至構建，期能藉此符合現況。

4.1 車流模擬系統（PARAMICS）介紹

PARAMICS 是 **Parallel Microscopic Simulation** 的縮寫，由英國蘇格蘭數位具有交通背景之專家與電腦工程師所共同研發，可供模擬 ITS 交通系統環境之先進微觀車流模擬器。其主體是以 C 語言為程式主體所構成之模組，依其功能特性可分為網路構建與編輯模組、網路模擬模組、模擬屬性資料存取模組、以及輸出資料統計模組等四大模組，而 PARAMICS 主要的功能和特性如下所示【47】【48】：

1. 模擬過程中模擬實體如車輛、道路幾何特性、號誌和環路線圈偵測器等均可藉由「圖示使用者界面」所提供的功能，將其立體化呈現，使模擬情境更趨逼真。
2. 模擬網路構建、模擬結果輸出、以及圖示介面功能，均提供讓使用者容易操作的平台環境。
3. 可藉由不同執行平台，如英文版視窗95、NT，乃至UNIX、SUN 工作站及HP等進行模擬，故相較於傳統模擬器更具實用性。
4. PARAMICS對於模擬網路規模限制如下表所示，相較於其他模擬器，可構建範圍較大之網路規模。

其中，PARAMICS 之網路構建與編輯模組具有下列四種功能，使得 PARAMICS 模化交通行為更具彈性化：

- 模擬過程中，可自路網任一物件讀取或寫入資訊。
- 傳入使用者自訂之路網設定參數。
- 可微調駕駛行為以反映不同地區之駕駛行為特性。
- 具車輛標籤功能，可鎖定車輛在模擬過程中於路網運行之過程，以進一步了解其相關細節及資訊。

表 4.1-1 PARAMICS 微觀車流模擬軟體子模式說明表

子模式	功能說明
Modeler	1. 構建模擬路網 2. 參數設定 3. 以2D或3D效果呈現模擬過程，供使用者除錯或展示用 4. 即時交通資料展示 5. 輸出模擬結果
Analyser	1. 輸出模擬結果 2. 模擬結果呈現於網路上，供使用者快速的導覽或展示 3. 配合PARAMICS附加Excel巨集程式，圖形化呈現輸出結果
Processor	1. 輸出模擬結果至文字檔 2. 路網基本參數設定 3. 模擬參數設定
Programmer	開放使用者外掛程式

資料來源：【49】

表 4.1-2 PARAMICS 與 NETSIM 模擬網路之規模限制

特性	PARAMICS	PARAMICS (GUI)	NETSIM (市區道路)
節點	1百萬	-	250
路段	4百萬	-	500
車輛	無限制	5百萬	10,000
公車車輛	無限制	5百萬	256
公車停靠站	2百萬	-	99
公車路線	255	-	100
車道數	32	8	7

資料來源：【27】

接下來針對模擬軟體之相關功能，可從輸入至輸出整體流程作說明，其中輸入功能即包含駕駛人行為、車輛屬性、路網構建、道路路口屬性、偵測器與其他等六大項目，加上輸出共七大項，最後並對本研究主要需使用之事件模組做介紹，下列將依此詳細說明：

1. 駕駛人行為：

模擬路網中駕駛者駕駛特性參數－冒險性(aggression)與警覺性(awareness)之分配情況與模擬所採用之車種相互結合；在駕駛者路徑選擇方式，屬於隨機型態，但整體車流運作乃依據 O-D 矩陣方式控制，此 O-D 給定方式是根據流量資料指派（單位：車輛數）；另有一參數為熟悉度(familiarity)，具有影響駕駛者最短路徑之選擇行為，其值界於 0 與 100 之

間，預設值為 85，且根據運研所之研究顯示，此參數不建議修改。茲將此部分之參數彙整成如下表 4.1-3：

表 4.1-3 PARAMICS 模擬器駕駛者相關參數說明

駕駛者相關參數	相關說明
駕駛者行為模式	由冒險性、警覺性兩參數之分配模式作調整
路網熟悉度	設定值為 85（不建議修改）
駕駛者分群	僅能以巨觀整體路網給定駕駛者駕駛型態
駕駛者路徑選擇方式	利用 O-D 控制車輛運作（單位：pcu）

2. 車輛屬性：

PARAMICS 中主要將車種區分為以下七種，而軟體內根據車輛尺寸及其加減速度已內建完成 15 種車輛型式，使用者可根據研究範圍所需，對內建之車種形式及其相關參數自行調整。就車輛跟車模式中，PARAMICS 主要結合線性加速模式、巡行模式、煞車模式、最大加速度模式、及變換車道模式進行車輛跟車情況模擬。而在模擬中，車輛產生方式主要以釋放率控制流量，配合 O-D 使車輛產生運行動作。

表 4.1-4 PARAMICS 模擬器各車種特性之預設值表

車種	車長	車高	車高	車重	最高速度	加速度	減速度	代表顏色
Car	4.0	1.5	1.6	0.8	158.4	2.5	4.5	灰
Lgv	6.0	2.6	2.3	2.5	126.0	1.8	3.9	綠
Ogv1	8.0	3.6	2.4	15.0	104.4	1.1	3.2	藍
Ogv2	11.0	4.0	2.5	38.0	118.8	1.4	3.7	紅
Coach	10.0	3.0	2.5	12.0	126.0	1.2	3.7	粉紅
Minibus	6.0	4.0	2.5	8.0	61.2	1.1	3.2	白
Bus	10.0	4.0	2.5	12.0	61.2	0.9	3.2	黃

資料來源：【50】

3. 路網構建：

PARAMICS 模擬模式在構建道路路網方面較以往使用之模擬軟體更易處理，使用者僅需於路網構建時，定義道路網的實際特徵，並選取道路等級，其相關資料如下所示：

- 車道寬；

- 車道排列方式，包括轉向車道；
- 停止線與邊線的位置；
- 公車站的區位；
- 進入限制；
- 路邊停車會干擾到車輛運作的地區；
- 路口號誌時制；
- 行人穿越道的位置。

對於公路幾何的特性，包括：坡度、彎道、高架、路口型態等其他相關選項，均可於構建路網時依研究需要加以定義，可進一步對於細部之公路幾何情況做出更精確之模擬。

4. 道路路口屬性：

PAPAMICS 中，對於號誌控制方面主要採用手動調整方式進行時制計畫設計，其號誌設計相關參數包括：行駛優先權設定、週期（包括紅燈時間與綠燈時間）、時相、時差、與指派車輛對於下一路段之車道選擇或限制（next lane）等。其中可利用號誌進行指派車輛對於通過路口後下一路段之車道選擇或限制之控制，但公車專用道則需於路網構建時配合公車行駛路線與停靠站位置進行設置。模擬過程中，PAPAMICS 允許使用者進行號誌時制調整動作。

5. 偵測器：

PARAMICS 中，佈設線圈偵測器為蒐集所需相關交通資訊之方法，以下將偵測器之相關說明茲列如下：

- (1) 偵測器種類：PARAMICS 內建之種類僅環路偵測器一種。
- (2) 偵測器佈設位置：可依研究所需於該路段（Link）上自行調整佈設位置。
- (3) 偵測器佈設數量：無數量限制。
- (4) 偵測器佈設形式：全車道佈設方式，而每一車道均會顯示其及時相關資訊。
- (5) 偵測器資料蒐集種類：進行模擬時，偵測器僅會將所需資訊及時顯示於圖示介面，而無法將及時資料完全記錄，若需獲得及時資訊，則需回推輸出資料方可獲得。而 PARAMICS 於偵測器部分則設定下列交通資訊項目供使用者選取【47】【48】【49】，此交通資訊均可於顯示列中顯示。
 - Occupancy：佔有率
 - Gap：車輛間無佔有偵測器之時間
 - Headway：連續車輛邊緣之間的時間

- Flow：瞬間通過偵測器之流量
- Speed：通過偵測器之車速
- Count：通過各車道偵測器之車輛數總和

另外，於設定偵測器偵測時間間格（interval）時，依使用者需求作設定，一般而言，最小時間間格為每一分鐘進行一次資料蒐集動作。

6. 其他：

PARAMICS 多種功能中，其中最具彈性之功能即為應用程式介面功能（Application Programming Interface, API），此功能主要如下：

- （1）提供額外的整個路網之組態參數
- （2）讀取或寫入任何從網路中的物件，包括：
 - 節點：名稱、索引、連接資訊、週期時間和號誌資訊；
 - 路段：名稱、索引、連接資訊、速限、車道數、附加設施；
 - 號誌：時比和時差、車輛觸動資訊；
 - 偵測器：車間距、佔有率、速度、流量、車輛數；
 - 交通分區：旅次離開線段、OD資訊；
 - 車輛：位置、速度、加速度、車種、目的地、駕駛行為。
- （3）增加路徑選擇與指派演算法的複雜度。
- （4）調整駕駛人與車輛的模型和參數以表達地區性差別的行為。
- （5）使用車輛標籤來追蹤模擬過程以增加量測許多更詳細的模擬數據。

7. 輸出：

PAPAMICS 在模擬執行完成後，會產生一資料夾，其中一個檔案名稱為”General”，此檔案會產生基本之交通資料，包括車輛數、平均速度、旅行時間、行駛距離等，如下圖所示：

在輸出形式上，可選擇路口輸出資料、路段輸出資料、交通區輸出資料、整體路網資料四種形式。研究中主要需要之形式乃為路段出資料，故條列路段資料項目如下：

- 路段密度
- 延滯百分率
- 路段延滯值
- 路段速度
- 路段停止時間
- 路段車輛數
- 路段車流

PAPAMICS 亦提供顏色顯示列之方式（例如：紅色代表路段擁擠、藍色代表路段順暢等）讓使用者更容易瞭解模擬進行時之路段情況。

本研究之主要利用 PARAMICS 模擬不同事件情境於高速公路路網發生之情形，故在此對其事件模組做一介紹。

於 PARAMICS 產生事件情境，是利用在 incident.dat 檔案中輸入事件發生時間、位置、事件類型與事件發生至結束之時間長度等。並可設定使其自動產生路網中所發生事件之紀錄檔。產生檔案形式如下表 4.1-5 所示，下圖 4.1-1 為 PARAMICS 於路網中產生事件之範例：

表 4.1-5 PARAMICS 事件情境產生檔案

##	type	name	time	link	lane	dist(m)	duration
1	incident		20:00:00	29:30	1	600	00:15:00
2	incident		20:00:02	29:30	2	600	00:15:00

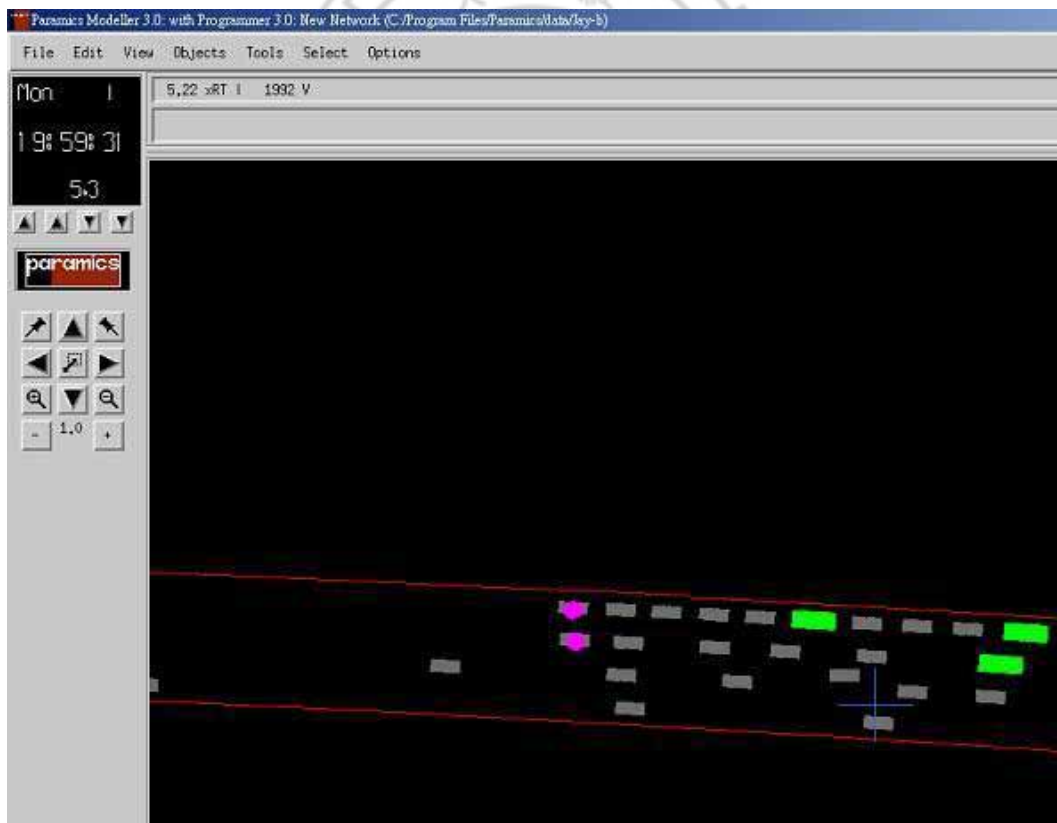


圖 4.1-1 PARAMICS 路網中產生事件情境範例

4.2 中山高速公路路段資料之蒐集與構建

本研究以模擬模式構建中山高速公路實驗路網，並以主要路段作為研究對象。為使模擬之交通情境能接近現況，需進一步對模擬模式之系統參數進行校估，參數校估工作完成後路網構建方至完成。本小節將從實驗路網之資料蒐集至實驗路網構建兩大部分進行說明。

4.2.1 中山高速公路路段資料之蒐集

本研究中山高速公路路段資料乃源由國道高速公路局北區工程處交控中心(以下簡稱高公局)、內湖工務段與中壢公務段所協助提供，包括里程數、主線車道數、匝道車道數、路線坡度與曲度、偵測器佈設位置以及偵測器偵測資料(93年12月6日24小時之資料)等，因此，在資料蒐集上可分為路網幾何與車輛偵測器兩大部分，其詳細如表4.2.1-1與表4.2.1-2所示。

1、路網幾何資料

表 4.2.1-1 高速公路（林口至中壢交流道）之道路特性

區段範圍	路段長 (公里)	主線 車道數	坡度	曲率半徑 (R)	南下入口 匝道數	南下出口 匝道數
五股往南方向	7.2	4	+0.8 ~ +2.8	700-1200	2	2
林口-桃園	7.2	4	-0.3 ~ -2.4	1500-3000	1	2
桃園-機場	3.6	4	小於 ±0.3	大於 3500	1	1
機場-內壢	4.5	3	小於 ±0.3	大於 3500	1	1
內壢南下方向	5.4	3	小於 ±0.3	大於 3500	-	—

2、車輛偵測器

表 4.2.1-2 高速公路（林口至內壢交流道）之偵測器佈設位置

偵測器位置（里程）	區位/路段	
	主線	匝道
35.300 km	√	
37.760 km	√	
39.256 km	√	
42.751 km	√	
47.507 km	√	
50.010 km	√	
51.090 km	√	
52.841 km	√	
54.014 km	√	
57.130 km	√	
60.873 km	√	
林口交流道出口		√
林口交流道入口		√
桃園交流道出口		√
桃園交流道入口		√
桃園交流道入口		√
機場系統交流道出口		√
機場系統交流道入口		√
內壢交流道出口		√

4.2.2 模擬路網之構建

PARAMICS 之路網構建工作內容包括路網幾何特性構建以及路網交通分區與起迄點資料之設定兩大部分。模擬路網構建完成後，須進一步針對模擬路網之系統參數進行校估，以確認經由模擬模式所產生之交通情境與實際之交通情境相近，參數校估工作完成後路網構建方至完成。接下來，則依模擬路網構建之程序進行說明。

1、路網幾何特性之構建

本研究構建之路網為高速公路路型，屬於線型路網，而路網選取之考慮因素已於 1.3 小節中說明。模擬路網之構建資料乃依據由國道工程處取得之幾何設計圖，其內容包括路段距離、彎度、曲度、車道數、行駛方向上、下匝道等屬性進行構建，如圖 4.2.1。

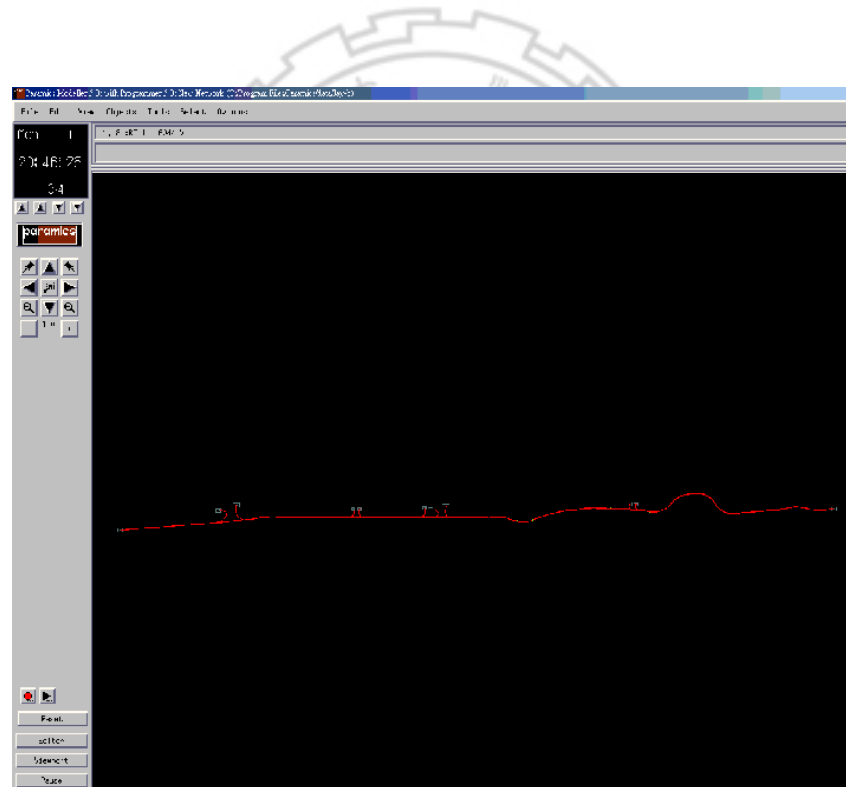


圖 4.2.2-1 高速公路（交流道）局部路網構建圖

2、交通分區與旅次起迄資料設定

PARAMICS 模式是以 O-D 旅次矩陣表的方式來輸入旅次需求資料，並可利用 profile file 設定車輛釋放的間隔時間與釋放比率，透過此項設定可使車流更加擬真。為了更加詳細敘述各個路網交通分區之設定與旅次起迄資料的構建，將個

別詳述如下。

(1) 建立交通分區

依據 PARAMICS 交通分區之設定方式配合研究路網範圍及幾何特性設定分區。

表 4.2.2-1 高速公路分區之設定

1、五股往林口（南下方向）	7、機場系統交流道出口
2、林口交流道出口	8、機場系統交流道入口
3、林口交流道入口	9、內壢交流道出口
4、桃園交流道出口	10、內壢交流道入口
5、桃園交流道入口	11、內壢往中壢（南下方向）
6、桃園交流道入口	

(2) 路口轉向交通量之取得

為了模擬情境真實，須提高旅次資料之準確性，使參數校估結果更加理想。目前因國內尚無 O-D 資料之存在，因此，本研究以高公局提供偵測器之流量作為資料來源，然而在獲得資料的同時，卻意外發現非所有偵測資料皆屬完整，部分偵測器資料顯示並不完整（如圖 4.2.3）。另外，上、下匝道處亦無實際車輛轉向比資料，使得推導 O-D 資料工作更顯得困難。為降低誤差，缺乏實際車輛數之路口、路段處，再依據流量守恒之觀念進行假設。

(3) 旅次起訖矩陣之計算

本研究在倒推 O-D 矩陣部分乃依據路口轉向比方式，以下圖 4.2.2-2 機場系統交流道匝道上、下口處為例進行說明。

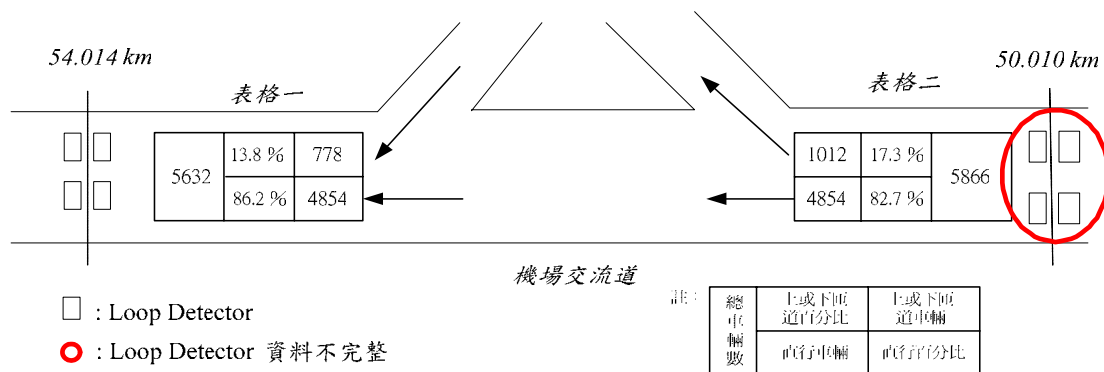


圖 4.2.2-2 高速公路上、下交流道之轉向交通量(機場系統交流道)

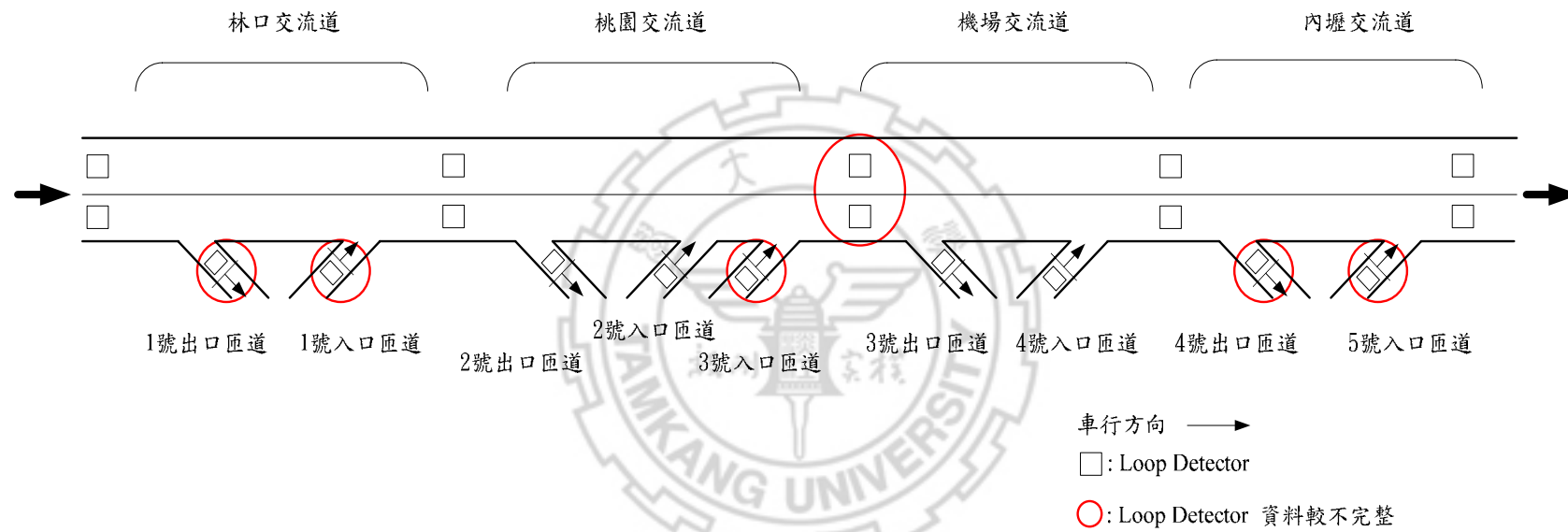


圖 4.2.2-3 高速公路之現實路網與偵測器佈設示意圖

步驟一：首先將各偵測器測得之流量換算上、下匝道或直行方向之轉向比，填入各百分比之欄位。

步驟二：將最後偵測器所測得流量填入總車輛數之欄位，將總車輛依各轉向比計算得到上、下匝道或直行之車輛數。以圖 4.2.2-2 中表格一為例，說明如下：

$$\text{直行： } 5632 * 86.2 \% = 4854$$

$$\text{上匝道： } 5632 * 13.8 \% = 778$$

步驟三：依據流量守恆定理，將總車輛數扣除上匝道所帶來之上匝道，其餘車輛即為南下直行車輛。以表格一、二為例。

$$\begin{aligned} \text{表格一：總車輛數-上匝道上匝道} &= \text{南下直行車輛數} \\ (5632 - 778) &= 4854 \end{aligned}$$

$$\text{表格二：} 5866 (\text{車輛數}) \text{ 即為圖 4.2.2-2 中表格二之南下直行車輛數}$$

步驟四：得知南下直行車輛數後，依據轉向比推得下匝道之車輛數，再將兩者加總便可得知總車輛數。其餘方向亦依此類推，最後各個起訖點之車輛數即可得知。

(4) 路網之起訖資料

根據上述方法，本研究以歷史車流量資料作為模擬車流之參考，推導實驗路網偵測器偵測之車流量，分別以尖離峰之三種不同起訖流量(如表 4.2.3、表 4.2.4、表 4.2.5 所示)訂定三種車流模擬情境，以模擬尖離峰之情況。其中，本研究定義之三種流量水準，並非以固定比例差距方式定義，此作法乃參考相關研究，於探討不同交通流量水準議題時，考慮與現實環境相符合而參考歷史車流資料，發現可以上述尖離峰情形進行分類，故本研究以此作為參考進行設定。

表 4.2.2-2 高流量(上午尖峰流量)起訖表

起/迄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	1048	0	552	0	0	558	0	516	0	2742
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	116	0	0	117	0	108	0	575
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	63	0	58	0	308
6	0	0	0	0	0	0	58	0	53	0	283
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	123	0	655
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	274
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 4.2.2-3 中流量(下午尖峰流量)起訖表

起/迄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	974	0	534	0	0	323	0	518	0	2671
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	98	0	0	59	0	95	0	490
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	28	0	45	0	229
6	0	0	0	0	0	0	33	0	53	0	273
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	105	0	544
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	539
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 4.2.2-4 低流量(離峰流量)起訖表

起/迄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	682	0	438	0	0	297	0	407	0	1929
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	120	0	0	82	0	112	0	530
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	26	0	35	0	168
6	0	0	0	0	0	0	16	0	23	0	106
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0	396
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	495
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.3 模擬路網之參數校估

PARAMICS 模擬模式在進行模擬前，需先設定 Seed 值，作為亂數產生表之起始值。為使每次路網模擬所獲得之結果能具共同基準，本研究參考交通部運輸研究所先前研究【27】之做法，於模擬開始前，先行設定一特定數值作為起始值，若未設定此值將使各次模擬結果產生差異。然而為了確認不同 Seed 值是否會造成 PARAMICS 之運作模擬結果不同，本研究分別給四個不同數值作為 Seed 值，如表 4.3-1 所示，再藉由測試結果觀察其是否具有差異性。

表 4.3-1 交通量模擬次數代號及所採用之 Seed 值

模擬次數之代號	Seed 值
Run-5	100
Run-6	1000
Run-7	2005
Run-8	1

完成上述四個不同 Seed 值模擬工作，將模擬結果依不同時段之總車輛數與總車輛平均行駛速率資料彙整如圖 4.3-1 與圖 4.3-2，由此四個 Seed 值對於模擬路網所產生之結果來看，並無發現異常差異之情形，因而本研究自行選定單一之固定 Seed 值—100 來進行校估路網之交通量模擬作業。

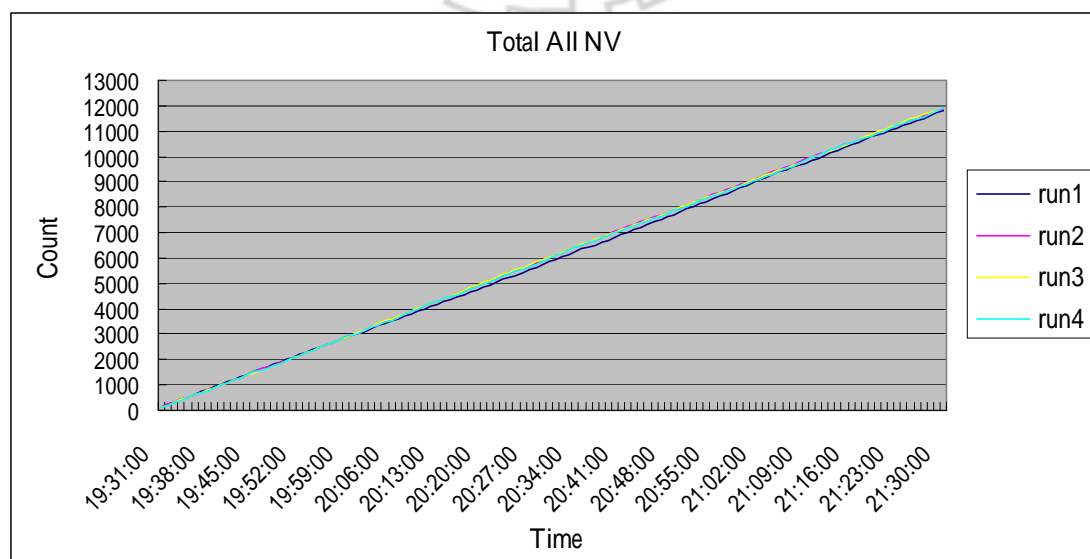


圖 4.3-1 不同模擬起始值之系統累積車輛數

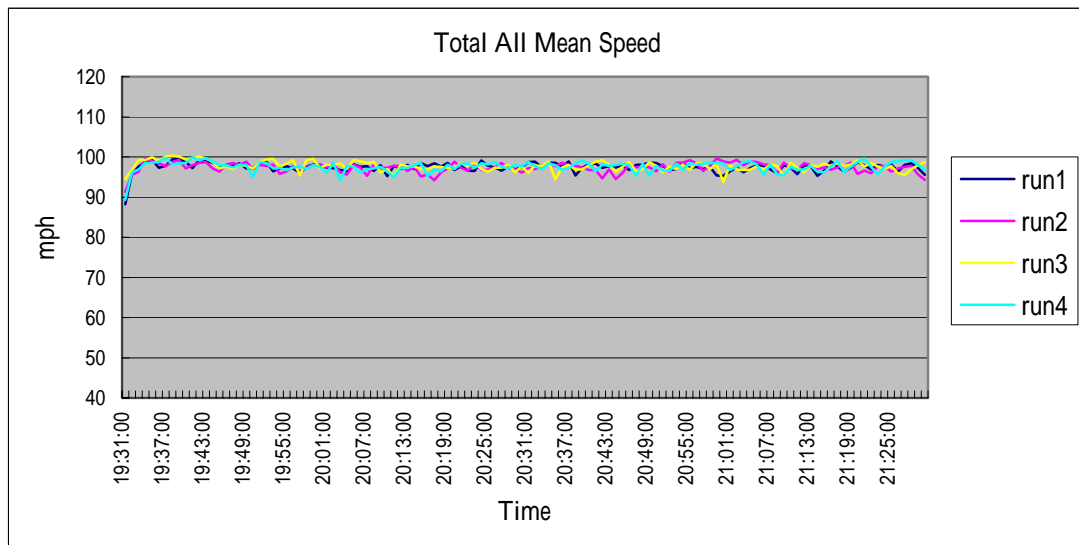


圖 4.3-2 不同模擬時段下之平均速率比較

在執行 PARAMICS 參數校估工作前，須先確認車輛之行駛路徑、交通需求矩陣及路網實體特性等資料確認工作，確認無誤後方可進行模擬之測試工作。

本研究採用之參數校估方法，原則上參考交通部運輸研究所【27】之做法，以模擬模式偵測器產生之車輛行駛速率作為重要參數校估指標，將模擬值與實際觀測值進行比較，若兩者之差值落於可接受範圍內，且其他車流運作狀況亦與真實情形相距不遠，則模擬路網參數校估過程即算完成。

此外，模擬路網之旅次起迄矩陣（O-D 矩陣），是由高公局所提供偵測器之流量倒推所得之旅次起迄矩陣（O-D 矩陣）作為輸入資料，此資料中之車輛行駛速率則作為校估模擬輸出結果之比對值。

本研究利用車輛行駛速率作為參數校估中主要之交通績效評量指標，而其分析方法詳述如下：

1. 資料來源：

透過高公局所提供之實際資料挑選民國 93 年 12 月 6 日之偵測資料，將主線道與匝道之各車道流量予以加總，即可得出該路段與匝道之總車輛數。另外，實際偵測器數據僅包含聯結車、大車與小車，但從數據中發現聯結車辨識度低，常無法顯示資料，因此本研究在模擬過程中車輛型態僅分大型車與小型車兩類。

2. 交通流量選樣時段：

實際車流量時間乃為二個小時（pm1930-2130），此部分乃因數據較完整。另外，因模擬暖機時間的流量較不準確，為確保模擬過程車流狀況與現況近似，故去除前後 30 分鐘之交通調查資料進行模擬績效評估，各路網

實際之交通流量調查時間如表 4.3-2 所示。

表 4.3-2 各偵測器之交通偵測時間

模擬偵測器之編號	實際偵測器佈設位置	偵測時間
LOOP47	39.256	1935-2135
LOOP57	47.507	1935-2135
LOO69	52.04	1935-2135
LOOP92	機場系統交流道入口	1935-2135

3. 偵測器績效評比：

校估之路網中利用評比各偵測器之交通績效來表示在某種參數下之路網最佳績效，以便進行參數校估，而路網中並非所有偵測器皆有完整資料，有些偵測器完全無法偵測，又有些僅偵測部分資料，因此，本研究選取幾組資料較完整之偵測器進行評比，詳列如下表 4.3-3。

表 4.3-3 各模擬路網之評比偵測器

評比之偵測器（位置）	時間
LOOP47（39.256 km）	1950-2005
LOOP57（47.507 km）	2010-2025
LOOP69（52.04 km）	2030-2045
LOOP92（機場交流道入口）	2050-2105

4. 模擬結果評比之指標：

在引用模擬資料前必須經過參數校估與驗證等程序，以確認模式是否足以描述當地之車流現況，而本研究從文獻中【27】選定以客觀之統計方法分析模擬結果是否可以描述當地當時之車流現況，而其評比指標包含「平均誤差百分比（APE）」與「平均絕對誤差百分比（MAPE）」，然而前者會因評估績效之正負符號相互抵消，而影響整體評比之準確度，因此，本研究選定「平均絕對誤差百分比（MAPE）」作為評估指標。其公式如下所示：

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \left| \frac{P_f - P_M}{P_f} \right|}{N} \times 100\%$$

其中，

P_f = 實際值

P_M = 模擬值

N = 模擬樣本總數

而本研究所採用的平均絕對誤差百分比（MAPE）驗證指標，係依據各偵測器之車輛行駛速率作為整個路段之評估指標，故能客觀地估計模擬

值與實際值之差異程度。

雖然 PARAMICS 模式內建有若干車流模擬控制之車流參數，以供微調校估實際路網之適合性，但考量到實際校估路網的限制及參考運輸研究所委託之研究【27】，台灣本土環境下之 PARAMICS 參數預設值之適用性，其結果如下表所示，且由此表得知 Headway 與 Reaction Time 此兩項參數較不適合直接引用，其次為駕駛行為之積極性(Aggression)與警覺性(Awareness)，但相關之國內研究欠缺完整理論，故無法直接提供參考。因此，本研究主要校估 Mean Headway 與 Mean Reaction Time 兩項主要車流與人因參數，而其他參數值則採用其模式預設值，如旅行成本、路網熟悉度、干擾度等。

表 4.3-4 PARAMICS 參數預設值之適用性比較表

參數	適用性	備註
平均車頭間距(Mean Headway)		完全適用 可適用 適用 較不適用 不適用
平均反應時間(Mean Reaction Time)		
路段成本函數之時間係數		
路段成本函數之距離係數		
路段成本函數之通行費係數		
積極性(Aggression)		
警覺性(Awareness)		
亂數種子(Seed)		
資訊擾動值(Peturbation)		
路網熟悉度(Familiarity)		

資料來源：【27】

另外，根據先驗知識及以往研究可知，Mean Headway 與 Mean Reaction Time 之可能分佈範圍係介於 0.9 與 2.5 之間；參考文獻【27】之測試路網為台北市承德路—長安西路與承德路—華陰路口兩路網，其參數校估結果以 Mean Headway=2.3 與 Mean Reaction Time=1.0 為最佳，基於上述兩項因素，本研究之參數校估是在固定 Mean Reaction Time=1.0 之情境下進行各路網之 Mean Headway 校估，而根據先驗知識及以往研究得知 Mean Headway 可能分布範圍係介於 0.9~2.5 之間，選定五個 Mean Headway 之參數值（包含 1.0、1.2、1.5、2.0、2.3）分別進行校估，再利用「平均絕對誤差百分比」評比路網中各路段之車輛行駛速率，以比較路網在不同參數下之平均絕對誤差百分比最佳值，而選定適合各路網之參數，以便路網輸出結果可更貼近真值。模擬路網會執行研究中所選定之五個不同 Mean Headway 參數值進行模擬，且針對模擬路網中之速率，以 15 分鐘為單位個別進行比對，而各偵測器之模擬車輛行駛速率與實際偵測器車輛行駛速率之「平均絕對誤差百分比」如表 4.3-5 所示。

而經評估發現，高速公路實驗路網（林口至內壢交流道）之模擬交通績效以

Mean Reaction Time=1.0 與 Mean Headway=2.0 時最佳，因此，後續路網在演算旅行時間上所需之模擬資料，則依據各路網最佳之 Mean Headway 進行模擬。

表 4.3-5 高速公路交通量模擬指派後模擬結果之統計表

Mean Headway=1 Mean Reaction Time=1						
偵測器編號：Loop47		里程：39.256		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	速率		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$[(A)-(B)]/(A)*100$		
19:50~20:05	80.75	91.3	-10.55	13.07	9.67	
20:10~20:25	82.5	89.09	-6.59	7.99		
20:30~20:45	81	90.95	-9.95	12.28		
20:50~21:05	84.25	88.75	-4.50	5.34		
偵測器編號：Loop57		里程：47.507		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$[(A)-(B)]/(A)*100$		
19:50~20:05	84.25	98.03	-13.78	16.36	6.25	
20:10~20:25	85.25	86.91	-1.66	1.94		
20:30~20:45	82.75	86.50	-3.75	4.54		
20:50~21:05	86.5	88.38	-1.88	2.17		
偵測器編號：Loop69		里程：52.04		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$[(A)-(B)]/(A)*100$		
19:50~20:05	70.5	88.44	-17.94	25.45	20.82	
20:10~20:25	74.25	86.96	-12.71	17.12		
20:30~20:45	71	88.55	-17.55	24.72		
20:50~21:05	74.25	86.12	-11.87	15.99		
偵測器編號：Loop92		里程：60.873		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$[(A)-(B)]/(A)*100$		
19:50~20:05	42.81	47.7296	-4.92	11.49	12.75	
20:10~20:25	42.07	46.954054	-4.88	11.61		
20:30~20:45	40.88	46.591241	-5.71	13.97		
20:50~21:05	40.90	46.594167	-5.69	13.92		
總績效		12.37				

表 4.3-5 高速公路交通量模擬指派後模擬結果之統計表（續）

Mean Headway=1.2 Mean Reaction Time=1						
偵測器編號：Loop47		里程：39.256		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	速率		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	([(A)-(B)]/(A))*100		
19:50~20:05	80.75	90.53	-9.78	12.11	10.13	
20:10~20:25	82.5	89.14	-6.64	8.05		
20:30~20:45	81	90.09	-9.09	11.22		
20:50~21:05	84.25	91.94	-7.69	9.13		
偵測器編號：Loop57		里程：47.507		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	([(A)-(B)]/(A))*100		
19:50~20:05	84.25	88.5	-4.25	5.04	6.28	
20:10~20:25	85.25	89.39	-4.14	4.86		
20:30~20:45	82.75	91.22	-8.47	10.24		
20:50~21:05	86.5	90.8	-4.30	4.97		
偵測器編號：Loop69		里程：52.04		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	([(A)-(B)]/(A))*100		
19:50~20:05	70.5	86.21	-15.71	22.28	20.56	
20:10~20:25	74.25	89.05	-14.80	19.93		
20:30~20:45	71	85.83	-14.83	20.89		
20:50~21:05	74.25	88.46	-14.21	19.14		
偵測器編號：Loop92		里程：60.873		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	([(A)-(B)]/(A))*100		
19:50~20:05	42.81	46.793382	-3.98	9.30	11.57	
20:10~20:25	42.07	46.329204	-4.26	10.12		
20:30~20:45	40.88	46.273333	-5.39	13.19		
20:50~21:05	40.90	46.480583	-5.58	13.64		
總績效	12.13					

表 4.3-5 高速公路交通量模擬指派後模擬結果之統計表（續）

Mean Headway=1.5 Mean Reaction Time=1						
偵測器編號：Loop47		里程：39.256		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	速率		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	([(A)-(B)]/(A))*100		
19:50~20:05	80.75	92.48	-11.73	14.53	11.43	
20:10~20:25	82.5	90.2	-7.70	9.33		
20:30~20:45	81	90.49	-9.49	11.72		
20:50~21:05	84.25	92.8	-8.55	10.15		
偵測器編號：Loop57		里程：47.507		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	([(A)-(B)]/(A))*100		
19:50~20:05	84.25	90.84	-6.59	7.82	6.02	
20:10~20:25	85.25	88.37	-3.12	3.66		
20:30~20:45	82.75	90.29	-7.54	9.11		
20:50~21:05	86.5	89.5	-3.00	3.47		
偵測器編號：Loop69		里程：52.04		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	([(A)-(B)]/(A))*100		
19:50~20:05	70.5	83.7	-13.20	18.72	18.85	
20:10~20:25	74.25	88.98	-14.73	19.84		
20:30~20:45	71	83.42	-12.42	17.49		
20:50~21:05	74.25	88.61	-14.36	19.34		
偵測器編號：Loop92		里程：60.873		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	([(A)-(B)]/(A))*100		
19:50~20:05	42.81	46.906723	-4.10	9.57	13.18	
20:10~20:25	42.07	46.966055	-4.90	11.64		
20:30~20:45	40.88	46.882353	-6.00	14.68		
20:50~21:05	40.90	47.785294	-6.89	16.83		
總績效	12.37					

表 4.3-5 高速公路交通量模擬指派後模擬結果之統計表（續）

Mean Headway=2 Mean Reaction Time=1						
偵測器編號：Loop47		里程：39.256		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	速率		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$([(A)-(B)]/(A))*100$		
19:50~20:05	80.75	89.48	-8.73	10.81	8.38	
20:10~20:25	82.5	87.2	-4.70	5.70		
20:30~20:45	81	88.49	-7.49	9.25		
20:50~21:05	84.25	90.8	-6.55	7.77		
偵測器編號：Loop57		里程：47.507		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$([(A)-(B)]/(A))*100$		
19:50~20:05	84.25	91.6	-7.35	8.72	6.59	
20:10~20:25	85.25	89.13	-3.88	4.55		
20:30~20:45	82.75	90.7	-7.95	9.61		
20:50~21:05	86.5	89.5	-3.00	3.47		
偵測器編號：Loop69		里程：52.04		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$([(A)-(B)]/(A))*100$		
19:50~20:05	70.5	85.4	-14.90	21.13	20.30	
20:10~20:25	74.25	87.92	-13.67	18.41		
20:30~20:45	71	87.32	-16.32	22.99		
20:50~21:05	74.25	88.1	-13.85	18.65		
偵測器編號：Loop92		里程：60.873		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$([(A)-(B)]/(A))*100$		
19:50~20:05	42.81	46.535115	-3.73	8.70	9.79	
20:10~20:25	42.07	44.499187	-2.43	5.77		
20:30~20:45	40.88	45.473684	-4.59	11.24		
20:50~21:05	40.90	46.405	-5.51	13.46		
總績效		11.26				

表 4.3-5 高速公路交通量模擬指派後模擬結果之統計表（續）

Mean Headway=2.3 Mean Reaction Time=1						
偵測器編號：Loop47		里程：39.256		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	速率		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$([(A)-(B)]/(A))*100$		
19:50~20:05	80.75	92.2	-11.45	14.18	11.15	
20:10~20:25	82.5	91.8	-9.30	11.27		
20:30~20:45	81	91.46	-10.46	12.91		
20:50~21:05	84.25	89.5	-5.25	6.23		
偵測器編號：Loop57		里程：47.507		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$([(A)-(B)]/(A))*100$		
19:50~20:05	84.25	91.3	-7.05	8.37	7.31	
20:10~20:25	85.25	89.96	-4.71	5.52		
20:30~20:45	82.75	89.25	-6.50	7.85		
20:50~21:05	86.5	92.98	-6.48	7.49		
偵測器編號：Loop69		里程：52.04		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$([(A)-(B)]/(A))*100$		
19:50~20:05	70.5	88.2	-17.70	25.11	21.81	
20:10~20:25	74.25	90.24	-13.95	18.79		
20:30~20:45	71	86.5	-19.24	27.10		
20:50~21:05	74.25	86.31	-12.06	16.24		
偵測器編號：Loop92		里程：60.873		方向：向南		平均絕對 誤差百分比
時間	流量		MAPE			
	真值(A)	模擬值(B)	(A)-(B)	$([(A)-(B)]/(A))*100$		
19:50~20:05	42.81	45.492623	-2.68	6.27	10.22	
20:10~20:25	42.07	46.848	-4.78	11.36		
20:30~20:45	40.88	46.005738	-5.13	12.54		
20:50~21:05	40.90	45.285366	-4.39	10.72		
總績效		12.62				

4.4 實驗路網路段劃分與車流環境設定

本節說明探討事件影響範圍模式路段劃分方法，依據 3.2 節國內外偵測器佈設間距相關文獻回顧。本研究主要課題係探討事件發生後造成擁擠影響之分布，而偵測器之增設，乃對應路段長度之劃分佈設，為蒐集路段資訊之用。在以充足之交通資料為前提下，選擇三百公尺為劃分路段之單位長度，如下圖 4.4-1 所示。

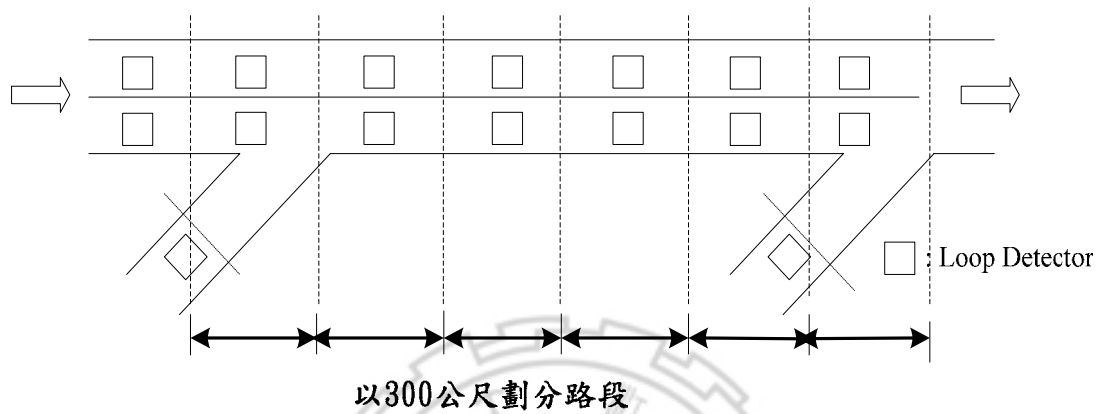


圖 4.4-1 實驗路網路段劃分圖

4.5 事件情境組合

路網建構完成後，即可進行事件情境之模擬以蒐集資料。根據第三章所述事件嚴重程度變數(佔用車道數、佔用車道位置與事件開始至結束時間)、主線與交流道區段與三種車流情況，經由各情境組合共有 108 種情境，詳細內容如表 4.5-1。

表 4.5-1 模擬事件情境組合表

區段	車道數	車流狀況	發生至結束時間	封閉車道位置	情境編號
主線	三車道	高流量	15	1、2、3	1.2.3
			45	1、2、3	4.5.6
			75	1、2、3	7.8.9
		中流量	15	1、2、3	10.11.12
			45	1、2、3	13.14.15
			75	1、2、3	16.17.18
		低流量	15	1、2、3	19.20.21
			45	1、2、3	22.23.24
			75	1、2、3	25.26.27
		高流量	15	1+2、2+3	28.29
			45	1+2、2+3	30.31
			75	1+2、2+3	32.33
		中流量	15	1+2、2+3	34.35
			45	1+2、2+3	36.37
			75	1+2、2+3	38.39
		低流量	15	1+2、2+3	40.41
			45	1+2、2+3	42.43
			75	1+2、2+3	44.45

表 4.5-1 模擬事件情境組合表(續)

區段	車道數	車流狀況	發生至結束時間	封閉車道位置	情境編號
主線	四車道	高流量	15	1、2、3、4	46.47.48.49
			45	1、2、3、4	50.51.52.53
			75	1、2、3、4	54.55.56.57
		中流量	15	1、2、3、4	58.59.60.61
			45	1、2、3、4	62.63.64.65
			75	1、2、3、4	66.67.68.69
		低流量	15	1、2、3、4	70.71.72.73
			45	1、2、3、4	74.75.76.77
			75	1、2、3、4	78.79.80.81
		高流量	15	1+2、2+3、3+4	82.83.84
			45	1+2、2+3、3+4	85.86.87
			75	1+2、2+3、3+4	88.89.90
		中流量	15	1+2、2+3、3+4	91.92.93
			45	1+2、2+3、3+4	94.95.96
			75	1+2、2+3、3+4	97.98.99
		低流量	15	1+2、2+3、3+4	100.101.102
			45	1+2、2+3、3+4	103.104.105
			75	1+2、2+3、3+4	106.107.108

第五章 事件影響區段範圍模式參數校估與驗證

5.1 事件影響區段範圍模式構建

為使本研究所構建之事件影響範圍模式，在各種交通情境設計與條件下具有適用性，因此透過模式之構建與校估過程取得各種情境下之模式參數，並針對情境組成因素進行分析。模式完成後，可藉由將模擬程式所得交通資料輸入模式運算，進行事件影響範圍之預測，並與模擬程式之模擬結果進行互相比較，以驗證本研究所構建之模式具有適用性。

本研究之模式即求得各時段受影響路段數後，將路段路指派回路網中，進而得到影響範圍，而路段長短即依據本研究參考相關研究後，所設定之佈設策略(參閱 4.4 小節)，每 300 公尺為一路段，並在其所劃分所有路段之中點佈設一組固定式偵測器蒐集資料。

5.1.1 模式構建步驟

事件影響範圍之模式構建係將線形路網劃分為路段，蒐集路段資訊所構成，為預測受事件影響之範圍乃需先構建受影響路段數模式，以各路段不同時點之路段速率資訊得知其受影響狀況。本研究以國道高速公路林口至內壢交流道之路徑為研究範圍，全長約 29 公里，在分段策略下(參閱 4.4 節)依據偵測器之佈設共切割成 105 個路段。詳細模式構建共可分為下列步驟：

1. 事件情境內容，所需資料如下表 5.1.1-1 所示：

表 5.1.1-1 編號 45 事件情境設計

事件情境變數
a. 交通流量狀態
b. 路網類型
c. 封閉車道位置
d. 容量降低程度
e. 事件發生至解除時間長度

2. 蒐集路段資訊(偵測器資訊)

本研究主要運用之交通參數資料為各路段於各時階下之平均速率值。回顧相關研究與理論【51】【52】之說明，由測速器或偵測器所量測之速率謂之現點速

率(Spot Speed)，其係指某一瞬間內某依特定點(或極短距離)之某依車輛的行駛速率，在實務作業上，常以算術平均數(即時間平均速率)來顯示其於特定時段內所代表之速率水準，但是，在整個交通控制子系統的設計過程中，所引用之平均速率均為空間平均速率(因其較具理論意義)，如典型車流模式(Traffic Stream Model)

【53】【46】流量(Q)、密度(K)與速率(U)關係中，速率即為空間平均速率。故須有由時間平均速率估算空間平均速率之方法，以下根據上述參考文獻所提供之模式與定義作一說明：

(一)空間平均速率(Space Mean Speed, SMS)

$$SMS = \frac{nD}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

n：觀測車輛數

D：行駛路段長度(公里)

t_i：第一輛車通過路段所需時間(小時)

(二)時間平均速率(Time Mean Speed, TMS)

$$TMS = \frac{\sum_{i=1}^n (D/t_i)}{n}$$

而上述兩者之關係如下【52】，即時間平均速率會大於等於空間平均速率：

$$SMS = TMS - \frac{\sigma_{TMS}^2}{TMS}$$

σ_{TMS} ：TMS 之標準差

根據上述定義，以下將逐步說明模式構建操作過程，其中速率與相關旅行時間資料，即以經 PARAMICS 輸出檔之時間平均速率，依上述公式換算而得之空間平均速率進行計算。

- (1) 無事件發生與有事件發生情境之速率資料：固定式偵測器蒐集之交通資料為點速率，亦為時間平均速率，路段平均速率乃將偵測器每次偵測車輛所獲得之個別車速加總，累積一段時間後，將車速總和

除以車輛總數所得。根據模擬輸出資料，每五分鐘運算一次平均速率，經前述公式換算為空間平均速率後，將該情境下相對應之無事件與有事件情境，各路段於各時階之平均速率相減。

- (2) 上述各路段於各時階下速率差計算完後，將事件發生點上游各路段每五分鐘之速率差彙整成表，如下頁表 5.1.1-2。
- (3) 發生事件路段旅行時間變化：藉由擁擠指標 LCI 表示發生事件路段之受事件影響情形。計算方式如下：

$$LCI_t = \frac{\text{該模擬情境發生事件下該路段實際旅行時間}}{\text{該模擬情境無發生事件下該路段最短旅行時間}}$$

實際與最短旅行時間計算方式如下，以該路段所佈設偵測器測得並換算後之每五分鐘平均速率(空間平均速率)，與該路段長度相除計算該時階之平均旅行時間。

- a. 實際旅行時間即以每五分鐘之速率與發生事件路段長度，以下列公式計算，其中發生事件路段即為 PARAMICS 中所設定事件發生所在路段。：

$$\text{實際旅行時間} = \frac{\text{發生事件路段長度}}{\text{路段每五分鐘平均速率}}。$$

- b. 最短旅行時間則以該情境在無發生事件下，於模擬情境時段中，所出現最快速率進行計算。

$$\text{最短旅行時間} = \frac{\text{該路段長度}}{\text{該模擬情境無發生事件下該路段最快速率}}$$

由於實際與最短旅行時間皆以路段長度除以速率計算，故可將路段長度消去僅以速率相除，公式如下：

$$LCI_t = \frac{\text{該路段每五分鐘實際旅行時間}}{\text{該路段未發生事件下最短旅行時間}} = \frac{\text{該路段最快平均速率}}{\text{該路段實際平均速率}}$$

求算出之 LCI 值越大，表示實際旅行時間與最短旅行時間之差距越大，亦即事件對原路往交通狀況之影響越嚴重；LCI 越小則反之。

3. 速率對應服務水準之變化

將前一步驟所得無事件發生與有事件發生各路段於各時間間隔下之

速率相減，彙整為速率差異表進行分析，依 3.3 節中所定義路段服務水準之變化判斷原則進行受事件影響路段之判別，亦即速率差異是該路段由原有服務水準下降一個或一個以上服務等級時，及定義該路段受事件影響，並將判斷為受影響路段增加與減少情形標示紀錄。

受影響路段判斷過程中，發生事件路段與其上游路段，在事件結束後，發生事件路段之速率應首先回升，但在回升後由於車流重新匯集，而造成平均速率再次下降之情形，少數上游路段亦有此類情形，本研究將其視為非直接由事件造成之現象，故不將具上述情形之路段列入受事件影響路段中。此外，本研究僅就相同車道數之路網進行探討，例如擁擠現象由三車道路網擴散至四車道路網時，並不將四車道路網之受影響路段列入探討。

4.彙整依上述步驟得知構建模式所需參數，包括事件情境(容量降低程度)、模擬時段中受影響路段數之增加與減少變化以及發生事件路段之 LCI 值。

5.模式 M1 與 M2 構建與參數校估：

- (1) 以事件嚴重程度、擁擠擴散時段受影響路段數與發生事件路段之 LCI 值三項資料作為 M1 模式構建之輸入項目。
- (2) 以擁擠消退時段受影響路段數與發生事件路段之 LCI 值二項資料作為 M2 模式構建之輸入項目。
- (3) 以線性迴歸模式分別對 M1 與 M2 進行模式參數校估。

以下將以 M1 與 M2 模式校估結果皆有高適合度之事件情境 88 為範例，執行上述模式構建過程，表 5.1.1-2 為所需參數與資料列表，下頁表 5.1.1-3 為無事件發生與有事件發生之速率差以及受影響路段增減之紀錄。

表 5.1.1-2 編號 45 事件情境設計

事件情境設計	
交通流量狀態	高流量
路網類型	四車道
封閉車道位置	外側第 2 車道(2)
容量降低程度	降低 44 %
事件發生至解除時間長度	75 分鐘
擁擠擴散時段受影響路段數	表 5.1.1-4
擁擠消退時段受影響路段數	表 5.1.1-4
發生事件路段之 LCI 值	表 5.1.1-4

表 5.1.1-3 無事件發生與有事件發生速率差與受影響路段彙整表(情境 45)

路段\時間(min)	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26
5	56.8	8.56	5.17	1.15	-2.56	-1.6	-0.97	-0.14	-0.72	-2.84	-3.86	-2.78	-2.99	-1.42	-4.2	-10.2	-4.02	-2.13
10	66.9	25.1	18.2	13.5	9.34	6.89	4.85	2.35	0.64	-1.14	-1.5	-2.51	-4.74	-6.09	-6.45	-2.91	4.84	-0.02
15	63.4	27.6	27.5	17.7	14.5	12.3	9.32	9.3	9	6.72	3.75	2.84	1.8	-0.71	-2.4	-6.69	-5.64	-3.2
20	57.6	22.8	23.5	21.1	16.7	12.4	10.8	8.02	6.54	7.09	6.68	5.77	4.34	2.68	1.97	4.9	17.3	1.36
25	57.4	20.2	18.7	19.3	17.4	14.6	13.3	11.2	7.83	5.96	4.33	3.01	3.68	4.14	3.09	4.98	2.27	-1.7
30	60.8	25.8	27.7	25.4	20.7	9.06	11	18.2	16.6	12.6	8.45	4.37	2.65	2.73	1.8	3.61	9.6	1.85
35	59.1	27	27.2	27.6	29.9	26.8	22.8	17.8	14.3	11.5	10.4	9.62	9.59	9.07	6.31	4.97	9.4	0.27
40	58.3	22.6	22.1	20.3	19	21.5	23.4	27.3	27.5	26.6	14.7	10.5	8.54	8.24	13.1	19.6	27.9	34.5
45	65.4	27.4	24.8	22.6	23.7	22.6	20.4	18.3	16.8	20.7	17.3	20.7	18.4	15.8	19.7	22.1	46.9	63.6
50	55.9	25	27.9	30	28.2	27.5	23.5	23.1	22.1	19.9	12	8.58	12.2	18.5	20.6	23.4	47.5	66
55	36.3	22	21.7	22	24	25.4	27.4	27.1	25.3	23	19.3	16.9	14.5	11.5	15.5	21.6	57	78.5
60	13.2	28	28.6	27.3	23.1	24.2	21.9	20.6	20.7	23	23.9	17.7	14.9	15.5	16.8	19.7	47.3	72.6
65	5.83	21.6	23.9	26.9	28.1	28.3	28.4	26.4	25	22	19.4	15.3	11	13.2	21.8	22.6	52	78.8
70	-4.77	5.14	9.23	11.2	14.2	18.9	21.2	22.8	24.8	25	25	23.8	18.1	15.6	14	19.3	55.7	74.7
75	-1.58	4.2	10.6	9.42	10.3	11.1	11.6	15.1	16.8	17.4	18.3	20.5	19.5	20.6	18.6	19.7	50	70
80	-18.3	-11.5	-5.44	3.03	13.7	12.5	13.1	11.9	11.9	13.5	15	16.8	17	16.9	16.2	16.3	24.4	63.8
85	-33.1	-15.8	-15	-15.1	-12	-8.78	-6.03	7.66	11.5	13	12	13.7	12.1	9.45	12.4	14.9	34.3	65.8
90	-41.3	-17.8	-14.1	-12	-10.2	-10.9	-12.5	-13.3	-12.5	-8.97	-0.94	5.76	8.75	12.6	11.3	11.7	39.5	67.9
95	-38.6	-19.4	-18.7	-18.5	-17.3	-15	-11.1	-8.85	-10.1	-11.4	-11.5	-10.1	-7.2	-3.88	5.25	11	37	65
100	-39.3	-20	-19.9	-19.7	-18.2	-17.7	-16.9	-15.9	-13	-10.8	-8.22	-5.94	-6.58	-7.03	-5.28	-4.09	15.3	54.7
105	-47.2	-11.1	-13.1	-14.9	-16.2	-16.6	-16.6	-15.3	-15.6	-15.1	-14.7	-10.1	-6.18	-4.69	-5	-4.13	-0.83	17.7
110	-29.1	-1.2	-4.81	-7.44	-10.2	-12.7	-14.4	-15.1	-15.7	-15.5	-15.3	-15.3	-12.4	-9.26	-7.44	-5.86	-2.31	1.26

註 1：表中數值為該路段於該時間下，事件發生情境減無事件發生情境之路段速率之差

註 2：經與服務水準等級比較後，達到受事件影響門檻值之路段以灰色標記

表 5.1.1-3 中以灰色表示之方格，即為事件發生後，經與無事件發生狀況下之路段速率比較，服務水準等級達到受事件影響門檻值之路段。表中編號 43 之路段為事件發生路段，依其趨勢可發現擁擠情形由事件發生後隨即開始擴散，事件發生五分鐘後，依先前所定義之受影響路段判斷原則，僅編號 43 之路段超過門檻；至 10 分鐘後已對上游 4 個路段造成影響並持續延伸，至第 45 分鐘事件解除後，發生事件路段與最鄰近之編號 42 路段隨即有恢復趨勢，上游路段之擁擠也逐漸消散，直至第 95 分鐘路網中所有路段始恢復原服務水準。下圖 5.1.1-1、5.1.1-2 與 5.1.1-3 分別為受影響路段數增減變化之 3D 與 2D 趨勢圖。其中圖 5.1.1-3 以模式事件發生時段 5 分鐘與 10 分鐘為例，說明各路段有事件與無事件情境之速率差異，於 5 分鐘時顯示達受事件影響定義僅有編號 43 之路段，於 10 分鐘時編號 43 至 39 路段皆已達受事減影響之門檻，門檻值乃依據服務水準定義，圖中以虛線表示，其中路段於此二時段內之門檻皆為速率差 10(公里/小時)。圖 5.1.1-4 則為範例情境 88 受影響路段數變化圖。

表 5.1.1-4 為依據所標示出之受影響路段增減數、事件嚴重度以及路段速率等彙整之構建模式所需資料。之後分別選擇 M1 模式與 M2 模式所需項目，以線性迴歸模式分別進行模式參數校估。

依據前述步驟，本研究分別進行各情境與其所對應無事件狀況之模式構建與參數校估，將各情境模式校估結果彙整於附錄一。

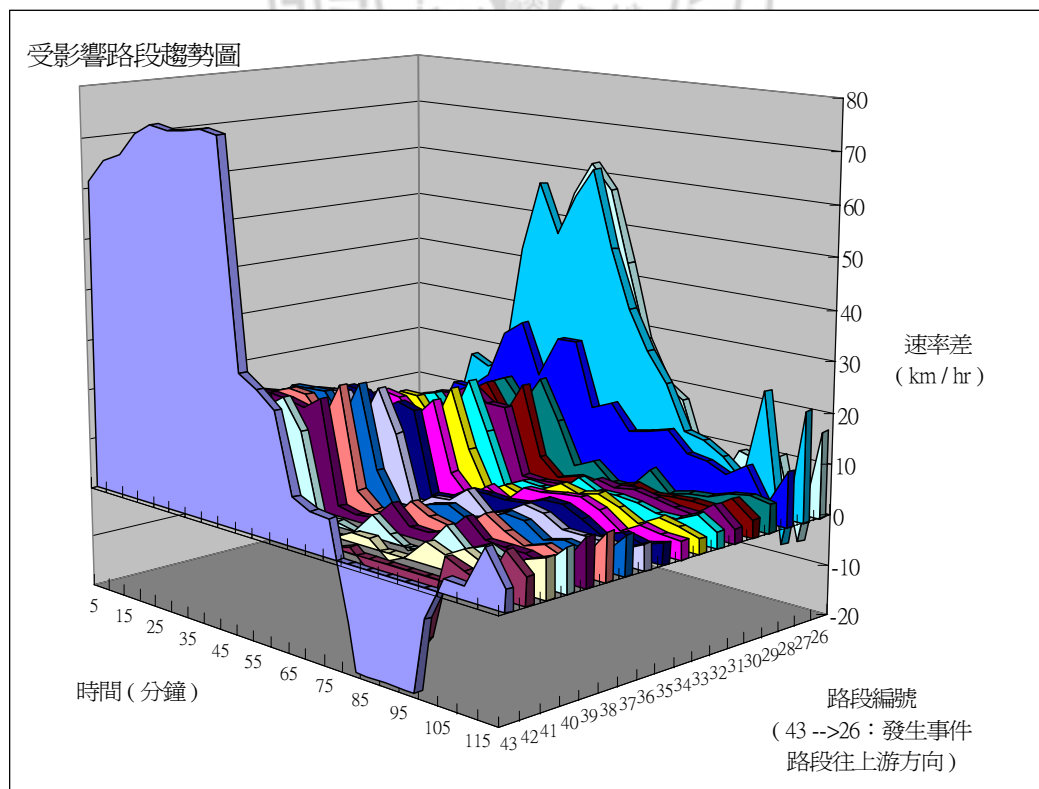


圖 5.1.1-1 受影響路段數變化圖(3D)

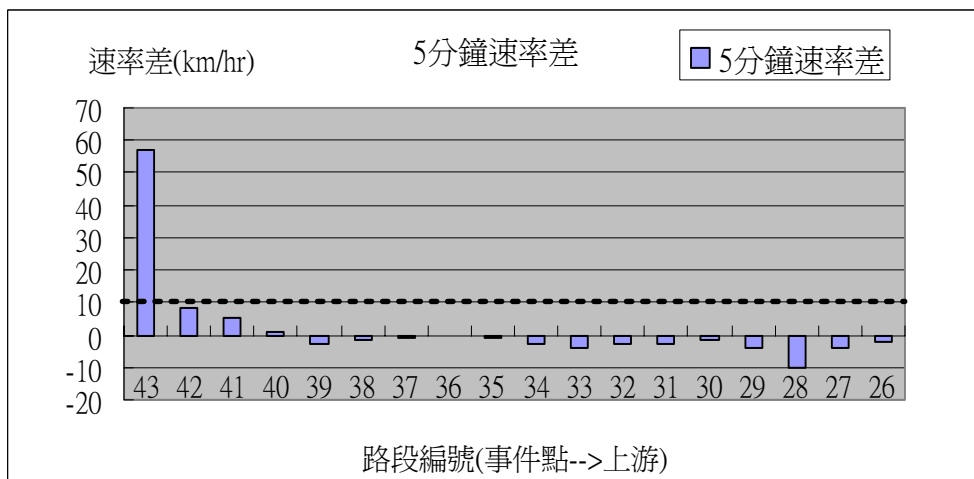


圖 5.1.1-2 模擬時段 5 分鐘路段速率差異表

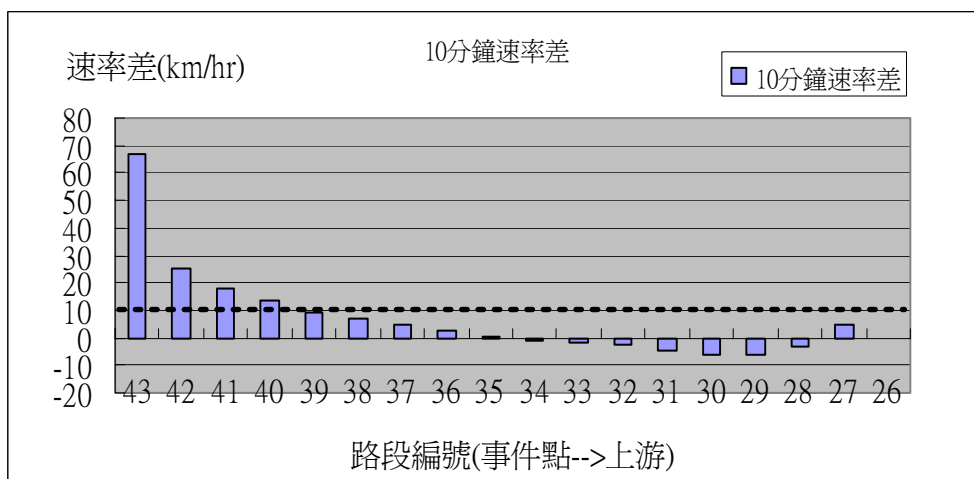


圖 5.1.1-3 模擬時段 10 分鐘路段速率差異表

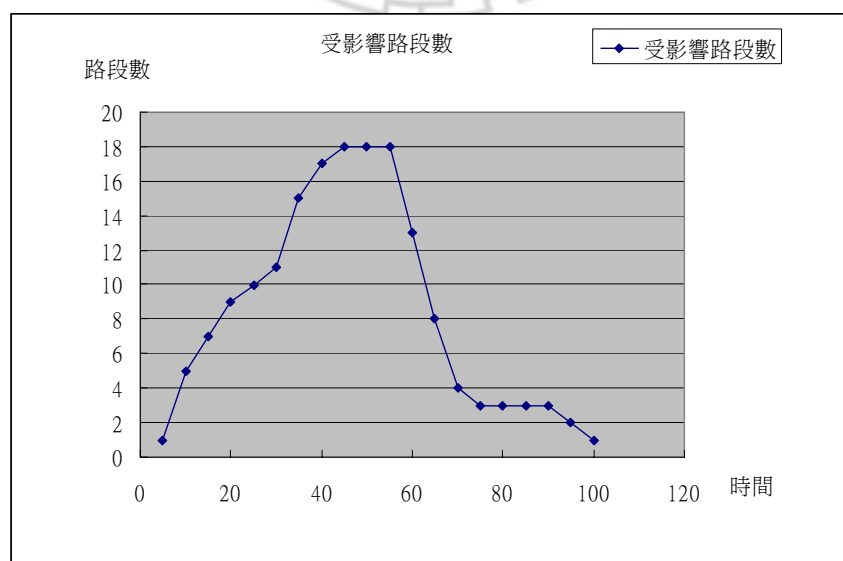


圖 5.1.1-4 範例情境 88 受影響路段數變化圖(2D)

表 5.1.1-4 構建模式參數資料彙整表

M1 模式				M2 模式		
Time	擁擠擴散 時段受影 響路段數	容量降低 程度(%)	擁擠指標 LCI	Time	擁擠消退 時段受影 響路段數	擁擠指標 LCI
5	1	0.66	2.49	60	19	2.62
10	4	0.66	3.46	65	18	3.04
15	6	0.66	3.08	70	16	2.55
20	7	0.66	2.6	75	14	2.71
25	8	0.66	2.6	80	15	1.95
30	10	0.66	3.14	85	11	1.5
35	11	0.66	2.9	90	6	1.39
40	16	0.66	2.66	95	3	1.47
45	18	0.66	3.46	100	2	1.49
50	18	0.66	2.9	105	1	1.31
55	18	0.66	2.85			
60	19	0.66	2.62			
情境範例 88 模式較估結果：						
$M1_t = 5.7884 \times Sev_t \times LCI_t, R^2 = 0.8055$						
$M2_t = 30.8711 - (37.1389 / LCI_t), R^2 = 0.8178$						

5.1.2 模式情境影響因素分析

經前述步驟完成各情境之 M1 與 M2 模式構建與參數校估，以因子分析判斷模式解釋能力高低，受何情境變數影響，再進行模式合併。以下以單因子多變量分析分別探討不同情境因素對模式之個別與交互影響。分析方式乃以先前校估各情境 M1 與 M2 模式之 R-square 值做為依變量，以流量(高、中、低)、事件發生時間長短(15、45、75)、封閉車道數(一車道、二車道)、路網車道數(三車道、四車道以及封閉車道位置等做為影響因素。

一、單因子分析

針對不同情境所構建模式之 R-square 進行情境因子影響顯著性之檢定，結果如表 5.1.2-1 與表 5.1.2-2 所示：

(1) 流量水準

在考慮不同流量水準之影響下，進行單因子變異數分析，結果發現對於 M1 模式而言，不同流量水準下各模式之 R-square 平均值並無顯著不同，此並非表示不同流量水準對構建模式不會產生效果，而是指對於模式適合度並無顯著影響；而對於 M2 模式不同流量水準則具有顯著差異，亦即不同流量水準對 M2 模式適合度有無顯著影響。

(2) 事件時間長度

考慮不同事件時間長度之影響下，進行單因子變異數分析，結果發現對於 M1 與 M2 模式而言，不同事件時間長度之情境皆具有顯著差異。

(3) 封閉車道數

考慮不同封閉車道數之影響下，分別對三車道路網封閉一車道或兩車道以及四車道路網封閉一車道或兩車道進行單因子變異數分析，結果發現對於三車道路網之 M1 與 M2 兩模式而言，封閉一車道與兩車道不同情境下，模式之 R-square 平均值皆有顯著不同；而四車道路網之 M1 與 M2 模式在封閉不同車道數下並無顯著不同。

(4) 封閉車道位置

考慮不同封閉車道位置之影響下，分別對三車道封閉一車道、三車道封閉二車道、四車道封閉一車道與四車道封閉二車道等不同車道位置組合，進行單因子變異數分析。結果發現不論在何種車道數與封閉位置之組合下，對於 M1 與 M2 兩模式而言，其 R-square 平均值皆無顯著不同。亦即封閉車道位置之不同對於模式適合度並無顯著影響。

(5) 事件發生路網車道數與類型

本研究之實驗路網分為三車道與四車道兩類型，其中三車道之路網屬平直路網，四車道路網屬曲線路網，考慮事件發生所在路網車道數不同之影響下，進行單因子變異數分析，結果發現對於 M1 與 M2 兩模式而言，不論實驗路網為三車道或兩車道，模式之 R-square 值皆有顯著不同。

二、多因子分析

根據上述各因子單獨對於 M1 與 M2 模式 R-square 平均值之探討，以下為分別針對 M1 與 M2 模式中，具顯著影響之因子進行交叉分析，其中 M1 模式不探討單因子分析中，不顯著之流量水準與封閉車道位置；M2 模式則不探討路網車道數與封閉車道位置兩不顯著因子。模式檢定結果如表 5.1.2-3 與 5.1.2-4 所示。

(1) M1 模式

- a. 路網車道數與事件時間長度具交叉影響。
- b. 路網車道數與封閉車道數具交叉影響。
- c. 事件時間長度與封閉車道數具交叉影響。
- d. 路網車道數、事件時間長度與封閉車道數不具交叉影響。

(2) M2 模式

- a. 流量水準與事件時間長度具交叉影響。
- b. 流量水準與封閉車道數不具交叉影響。
- c. 事件時間長度與封閉車道數不具交叉影響。
- d. 流量水準、事件時間長度與封閉車道數不具交叉影響。

接下將以上述因子分析結果，將不顯著情境因子之資料進行合併，分別重新構建合併後之 M1 與 M2 模式。

表 5.1.2-1 情境影響因素分析 – M1 模式

來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	說明
校正後的模式	4.884	35	.140	11.460	.000	
截距	54.687	1	54.687	4491.409	.000	
路網車道數	.228	1	.228	18.702	.000	顯著
流量水準	.005	2	.003	.221	.803	不顯著
事件時間	.085	2	.043	3.496	.036	顯著
封閉車道數	1.106	1	1.106	90.805	.000	顯著
路網車道數 * 流量水準	.236	2	.118	9.693	.000	不顯著
路網車道數 * 事件時間	.193	2	.096	7.9228	.001	顯著
流量水準 * 事件時間	.033	4	.008	.675	.611	不顯著
路網車道數 * 封閉車道數	1.825	1	1.825	149.835	.000	顯著
流量水準 * 封閉車道數	.553	2	.277	22.716	.000	不顯著
事件時間 * 封閉車道數	.111	2	.055	4.5567	.014	顯著
路網車道數 * 流量水準 * 事件時間	.153	4	.038	3.132	.020	不顯著
路網車道數 * 流量水準 * 封閉車道數	.190	2	.095	7.809	.001	不顯著
路網車道數 * 事件時間 * 封閉車道數	.003	2	.001	.1232	.894	不顯著
流量水準 * 事件時間 * 封閉車道數	.057	4	.014	1.163	.334	不顯著
路網車道數 * 流量水準 * 事件時間 * 封閉車道數	.096	4	.024	1.968	.108	不顯著
誤差	.877	72	.012			
總和	62.370	108				
校正後的總數	5.760	107				

註：使用 $\alpha = 0.05$ 計算

表 5.1.2-2 情境影響因素分析 – M2 模式

來源	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	說明
校正後的模式	.543	35	.087	2.443	.001	
截距	23.413	1	23.413	658.420	.000	
路網車道數	.130	1	.130	3.656	.060	不顯著
流量水準	.258	2	.129	3.628	.031	顯著
事件時間	.316	2	.158	4.441	.015	顯著
封閉車道數	.517	1	.517	14.548	.000	顯著
路網車道數 * 流量水準	.047	2	.023	.659	.521	不顯著
路網車道數 * 事件時間	.225	2	.113	3.167	.048	不顯著
流量水準 * 事件時間	.395	4	.099	2.776	.033	顯著
路網車道數 * 封閉車道數	.098	1	.098	2.762	.101	不顯著
流量水準 * 封閉車道數	.080	2	.040	1.125	.331	不顯著
事件時間 * 封閉車道數	.005	2	.003	.073	.930	不顯著
路網車道數 * 流量水準 * 事件時間	.095	4	.024	.666	.618	不顯著
路網車道數 * 流量水準 * 封閉車道數	.194	2	.097	2.733	.072	不顯著
路網車道數 * 事件時間 * 封閉車道數	.023	2	.011	.320	.727	不顯著
流量水準 * 事件時間 * 封閉車道數	.277	4	.069	1.94	.111	不顯著
路網車道數 * 流量水準 * 事件時間 * 封閉車道數	.257	4	.064	1.810	.136	不顯著
誤差	2.560	72	.036			
總和	32.361	108				
校正後的總數	5.601	107				

註：使用 $\alpha = 0.05$ 計算

5.2 事件影響範圍區段模式整合

根據上述因子分析結果，本研究進行事件影響區段範圍模式之整合，其中將 M1 與 M2 兩模式分別進行。M1 模式去除流量水準與封閉車道位置兩因子；M2 模式則去除路網車道數與封閉車道位置兩因子。將原有 108 種情境重新整合後，M1 模式有 18 種，M2 模式有 36 種，每種組合搭配不同之 M1 與 M2 模式與以編號(整合後模式 C_i)，共可分為 36 種，如下表 5.2-2 至 5.2-4 分別為 M1、M2 情境整合表，依此合併後情境，將先前資料進行重整，分別重新構建 M1 與 M2 模式，並整合後模式之校估結果列於表中。以下說明兩模式整合後之情形。

1. 將 M1 模式中流量水準與封閉車道位置兩因子去除，針對合併因子後之資料進行資料合併與重新校估 M1 模式參數，其中，依情境整合共有 18 組。各模式整合後，顯示對於事件造成擁擠於擴散時段受影響路段數情形之描述皆具有高解釋能力(R-square：70~90%)。

2. 將 M2 模式中路網車道數與封閉車道位置兩因子去除，針對合併因子後之資料進行資料合併與重新校估 M2 模式參數，發現對於 M2 模式而言，將路網車道數因子合併之結果並不理想，因此本研究重新以合併封閉車道位置因子進行 M2 模式之情境整合，將封閉車道位置情境合併後共有 36 種。整合結果發現，M2 模式不論於未整合之 108 種情境或合併後之 36 種情境下，模式之 R-square 值皆未如 M1 模式理想，其中，擁擠現象之消退相對於擁擠現象之擴散，較不易將其模式化可能為造成此種情形之主要因素。

M1 與 M2 兩模式整合完畢後，整體 R-square 平均值 M1 模式為 0.79，M2 模式為 0.38，將此結果與 Hounsell 等人之研究相比較，該研究僅針對其研究路網各別構建單一 M1 與 M2 模式，且模式適合度皆低於本研究之結果，如下表 5.2-1 所示。

表 5.2-1 本研究與 Hounsell 等人模式 R^2 (%) 比較

	M1 模式 R^2 (%)	M2 模式 R^2 (%)
本研究	79	38
Hounsell 等人	51	20

表 5.2-2 M1 合併情境模式整合

車道數	封閉數	事件時間	流量水準	封閉位置	M1	對應 整合模式編號
三	封一	15	合併流量 高.中.低	合併封閉 車道位置 1.2.3	M1-1	C1
						C2
						C3
		45			M1-2	C4
						C5
						C6
		75			M1-3	C7
						C8
						C9
	封二	15	合併流量 高.中.低	合併封閉 車道位置 12.23	M1-4	C10
						C11
						C12
		45			M1-5	C13
						C14
						C15
		75			M1-6	C16
						C17
						C18
四	封一	15	合併流量 高.中.低	合併封閉 車道位置 1.2.3.4	M1-7	C19
						C20
						C21
		45			M1-8	C22
						C23
						C24
		75			M1-9	C25
						C26
						C27
	封二	15	合併流量 高.中.低	合併封閉 車道位置 12.23.34	M1-10	C28
						C29
						C30
		45			M1-11	C31
						C32
						C33
		75			M1-12	C34
						C35
						C36

註：灰色部分表示合併情境

表 5.2-3 M2 合併情境模式整合

車道數	封閉數	流量水準	事件時間	封閉位置	M2	對應 整合模式編號
三	封一	高	15	合併 1.2.3	M2-1	C1
			45	合併 1.2.3	M2-2	C2
			75	合併 1.2.3	M2-3	C3
		中	15	合併 1.2.3	M2-4	C4
			45	合併 1.2.3	M2-5	C5
			75	合併 1.2.3	M2-6	C6
		低	15	合併 1.2.3	M2-7	C7
			45	合併 1.2.3	M2-8	C8
			75	合併 1.2.3	M2-9	C9
	封二	高	15	合併 12.23	M2-10	C10
			45	合併 12.23	M2-11	C11
			75	合併 12.23	M2-12	C12
		中	15	合併 12.23	M2-13	C13
			45	合併 12.23	M2-14	C14
			75	合併 12.23	M2-15	C15
		低	15	合併 12.23	M2-16	C16
			45	合併 12.23	M2-17	C17
			75	合併 12.23	M2-18	C18
四	封一	高	15	合併 1.2.3.4	M2-19	C19
			45	合併 1.2.3.4	M2-20	C20
			75	合併 1.2.3.4	M2-21	C21
		中	15	合併 1.2.3.4	M2-22	C22
			45	合併 1.2.3.4	M2-23	C23
			75	合併 1.2.3.4	M2-24	C24
		低	15	合併 1.2.3.4	M2-25	C25
			45	合併 1.2.3.4	M2-26	C26
			75	合併 1.2.3.4	M2-27	C27
	封二	高	15	合併 12.23.34	M2-28	C28
			45	合併 12.23.34	M2-29	C29
			75	合併 12.23.34	M2-30	C30
		中	15	合併 12.23.34	M2-31	C31
			45	合併 12.23.34	M2-32	C32
			75	合併 12.23.34	M2-33	C33
		低	15	合併 12.23.34	M2-34	C34
			45	合併 12.23.34	M2-35	C35
			75	合併 12.23.34	M2-36	C36

註：灰色部分表示合併情境

表 5.2-4 整合之模式校估結果

整合模式編號	擁擠擴散時段受影響路段數模式	R 平方	擁擠消退時段受影響路段數模式	R 平方
C1	$M1_t = 5.1791 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6549	$M2_t = 16.8684 - 13.66394 / LCI_t$	0.5637
C2	$M1_t = 6.2764 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8579	$M2_t = 16.2496 - 11.1427 / LCI_t$	0.4407
C3	$M1_t = 6.6656 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9124	$M2_t = 18.4711 - 15.6003 / LCI_t$	0.4242
C4	$M1_t = 5.1791 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6549	$M2_t = 13.9469 - 7.6344 / LCI_t$	0.3550
C5	$M1_t = 6.2764 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8579	$M2_t = 28.7891 - 21.2003 / LCI_t$	0.3381
C6	$M1_t = 6.6656 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9124	$M2_t = 14.9486 - 9.1873 / LCI_t$	0.5485
C7	$M1_t = 5.1791 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6549	$M2_t = 24.1373 - 21.6677 / LCI_t$	0.5558
C8	$M1_t = 6.2764 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8579	$M2_t = 44.0196 - 43.3718 / LCI_t$	0.4703
C9	$M1_t = 6.6656 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9124	$M2_t = 12.4125 - 7.8011 / LCI_t$	0.4496
C10	$M1_t = 2.7104 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8549	$M2_t = 24.9028 - 26.003 / LCI_t$	0.2331
C11	$M1_t = 2.4222 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9192	$M2_t = 16.8366 - 11.9284 / LCI_t$	0.4772
C12	$M1_t = 2.9115 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9010	$M2_t = 17.8469 - 12.2145 / LCI_t$	0.4478
C13	$M1_t = 2.7104 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8549	$M2_t = 12.6449 - 7.7490 / LCI_t$	0.2866
C14	$M1_t = 2.4222 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9192	$M2_t = 15.1500 - 7.8926 / LCI_t$	0.4015
C15	$M1_t = 2.9115 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9010	$M2_t = 19.4997 - 13.2339 / LCI_t$	0.4112
C16	$M1_t = 2.7104 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8549	$M2_t = 15.8612 - 12.7757 / LCI_t$	0.2930
C17	$M1_t = 2.4222 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9192	$M2_t = 18.1622 - 14.0099 / LCI_t$	0.4792
C18	$M1_t = 2.9115 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9010	$M2_t = 17.8029 - 6.1254 / LCI_t$	0.1100

表 5.2-4 整合之模式校估結果(續)

整合模式編號	擁擠擴散時段受影響路段數模式	R 平方	擁擠消退時段受影響路段數模式	R 平方
C19	$M1_t = 3.8112 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6907	$M2_t = 11.6097 - 7.1809 / LCI_t$	0.2027
C20	$M1_t = 6.1705 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7288	$M2_t = 24.0964 - 24.8384 / LCI_t$	0.2442
C21	$M1_t = 6.8123 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7879	$M2_t = 17.0553 - 14.518 / LCI_t$	0.3627
C22	$M1_t = 3.8112 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6907	$M2_t = 13.4004 - 10.9629 / LCI_t$	0.4987
C23	$M1_t = 6.1705 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7288	$M2_t = 15.6917 - 12.3905 / LCI_t$	0.3951
C24	$M1_t = 6.8123 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7879	$M2_t = 20.3607 - 19.1403 / LCI_t$	0.3464
C25	$M1_t = 3.8112 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6907	$M2_t = 23.4198 - 20.6572 / LCI_t$	0.4405
C26	$M1_t = 6.1705 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7288	$M2_t = 26.3403 - 25.2486 / LCI_t$	0.4255
C27	$M1_t = 6.8123 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7879	$M2_t = 35.5285 - 35.7542 / LCI_t$	0.4715
C28	$M1_t = 2.3071 \times Sev_t \times LCI_t$	0.5480	$M2_t = 12.4968 - 8.8442 / LCI_t$	0.3165
C29	$M1_t = 3.7628 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7300	$M2_t = 23.6378 - 17.4571 / LCI_t$	0.4344
C30	$M1_t = 4.1733 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8691	$M2_t = 26.7639 - 25.3261 / LCI_t$	0.5473
C31	$M1_t = 2.3071 \times Sev_t \times LCI_t$	0.5480	$M2_t = 34.8875 - 34.5303 / LCI_t$	0.2927
C32	$M1_t = 3.7628 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7300	$M2_t = 21.7197 - 17.7486 / LCI_t$	0.3911
C33	$M1_t = 4.1733 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8691	$M2_t = 18.9217 - 14.3986 / LCI_t$	0.3874
C34	$M1_t = 2.3071 \times Sev_t \times LCI_t$	0.5480	$M2_t = 28.9048 - 24.7462 / LCI_t$	0.2224
C35	$M1_t = 3.7628 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7300	$M2_t = 20.1451 - 13.4984 / LCI_t$	0.4908
C36	$M1_t = 4.1733 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8691	$M2_t = 25.9046 - 13.6793 / LCI_t$	0.1370

5.3 事件影響範圍模式驗證

5.3.1 模式驗證過程(Model Calibration Process)

本研究之模式乃利用最小平方法(Least Square Error)進行參數之估計，而模式驗證乃透過平均絕對誤差百分比；整體演算流程如圖 5.2.1-1，先透過模擬程式 PARAMICS 進行實驗路網之設計與構建，利用模擬方式產生交通資料，經有事件影響範圍預測模式所產生之結果加以比較驗證，進行模式解釋能力之分析，而此處的影響範圍乃利用模擬程式中各路段受影響情形判定後視為真實，其流程如圖 5.3.1 所示。

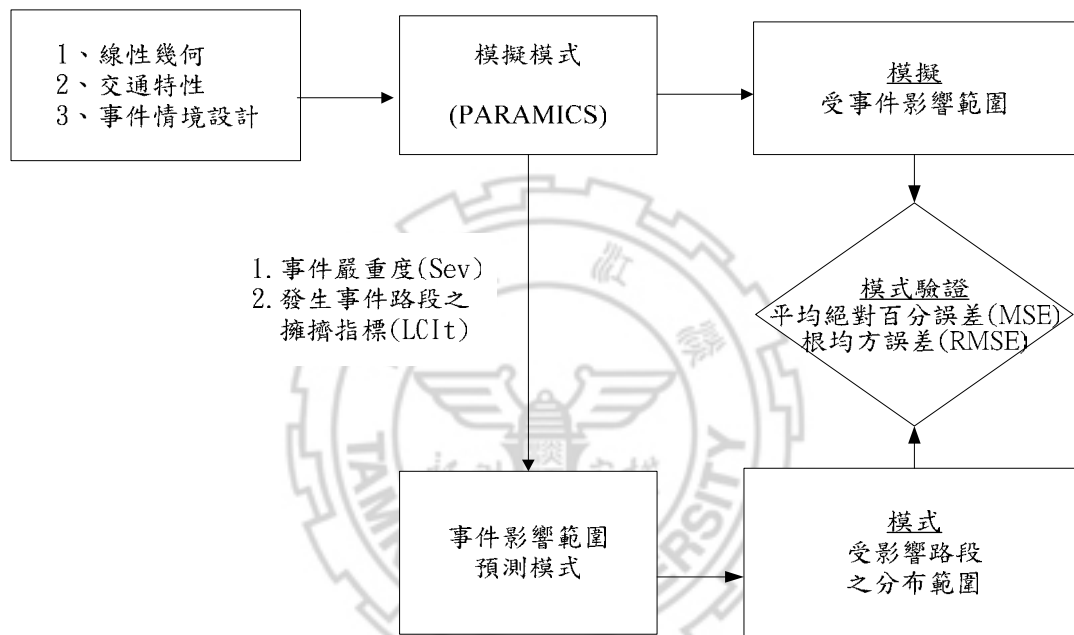


圖 5.3.1-1 旅行時間模式驗證流程圖

一般常用模式驗證之基本概念為觀測實際值與預估／預測值間的差異，本研究採用之統計量指標為平均絕對誤差(Mean Absolute Error)與平均絕對百分誤差(Mean Absolute Percent Error)。

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^N \left| \frac{P_f - P_M}{P_f} \right|}{N} \times 100\%$$

其中，

P_f = 實際值

P_M = 模擬值

N = 模擬樣本總數

透過上述指標，則可針對事件影響範圍模式解釋能力作一客觀性分析。

5.3.2 事件影響範圍驗證

整合模式完成參數校估後，本研究重新模擬供模式驗證用之事件情境，以先前所構建經較估之擬真路網進行，針對整合後 36 種模式，個別進行一次驗證用模擬實驗，以蒐集模式驗證用資料，並將此驗證之模擬資料中，擁擠於擴散與消退時段之受影響路段數視為真實；另一方面將事件情境參數與路網中部分偵測器蒐集資料帶入 36 種整合後模式進行計算。下表 5.3.2-1 為事件影響區段範圍模式 C24 驗證範例。

根據此一範例，M1 與 M2 兩模式分別計算出在不同時段之受影響路段數變化情形。根據此資料即可進行受影響路段數指派，步驟為由事件發生路段開始，依序往上游方向分配路網，若遇交流道(上交流道)則將受影響路段指派入，依據原則如 3.3 小節所述，依流量比率原則進行分派。下圖 5.3.2-1 為上例受影響路段數真值與預測比較，圖 5.3.2-2 為受事件影響於路段各時段擴散情形示意圖。

表 5.3.2-1 事件影響區段範圍模式驗證

time	受影響路段數 (模擬真值)	受影響路段數 (模式預測)	說明	(路段數)	(%)
5	2	5	高估	3	136
10	6	8	高估	2	11
15	11	10	低估	1	12
20	11	10	低估	1	10
25	11	10	低估	1	12
30	11	10	低估	1	8
35	14	11	低估	3	24
40	17	11	低估	6	40
45	17	17	準確	0	7
50	18	17	低估	1	5
55	18	17	低估	1	5
60	18	17	低估	1	6
65	18	17	低估	1	6
70	18	17	低估	1	8
75	18	17	低估	1	6
80	16	16	低估	0	1
85	12	7	低估	5	42
90	8	7	低估	1	14
95	4	7	高估	3	65
100	3	6	高估	3	90
105	2	2	準確	0	11
110	2	2	準確	0	11
整體 平均				MAE = 2	MAPE = 24%

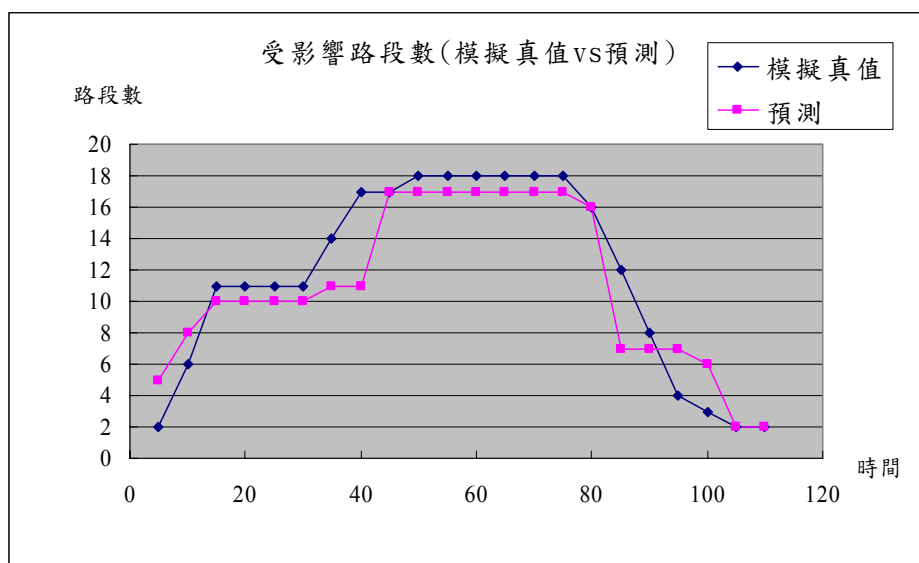


圖 5.3.2-1 受影響路段數真值與預測比較

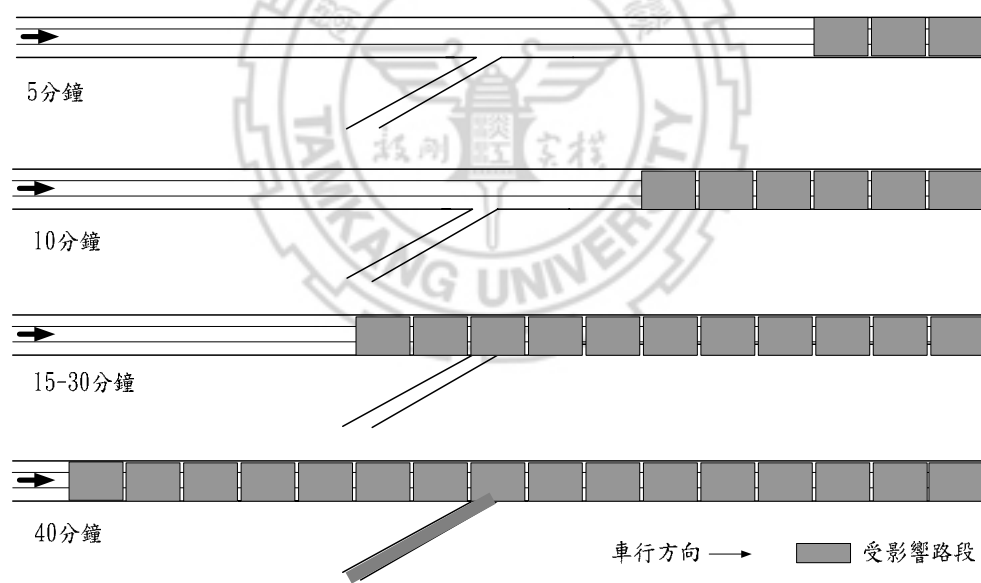


圖 5.3.2-2 事件影響範圍示意圖

下頁表 5.3.2-3 為所有整合後模式，依個別情境下，以一次模擬實驗資料進行驗證之結果，表 5.3.2-2 為針對整合後各模式，於上述驗證方式下之 MAPE 與 MAE 值發現以下情形：

1. M1 模式之驗證結果顯示流量水準、事件時間長度與封閉車道數與模式 MAPE 值皆呈反比，亦即依據越嚴重事件情境所構建之 M1 模式預測準確度越高。
2. M2 模式之驗證結果正好與 M1 相反，即事件情境嚴重度越低，所構建之 M2 模式預測準確度越高。
3. 於 M1 與 M2 兩模式皆顯示，平直路網(三車道)與曲線路網(四車道)相較下，平直路網之平均絕對誤差皆較低。
4. M1 與 M2 模式之 MAE 為 0~4 個路段(每路段 300 公尺)，Hounsell and Saeed Ishtiaq 【5】 等人之研究中，MAE 值為 1~10 個路段不等(路段長度 65~410 公尺)。

表 5.3.2-2 整合後各情境模式平均絕對誤差百分比

M1		
變數		MAPE (%)
事件時間長度	15 分鐘	36
	45 分鐘	30
	75 分鐘	25
流量水準	高	28
	中	32
	低	30
封閉車道數	封閉一車道	33
	封閉二車道	28
路網車道數	三車道	22
	四車道	38
M2		
變數		MAPE (%)
事件時間長度	15 分鐘	53
	45 分鐘	45
	75 分鐘	41
流量水準	高	53
	中	43
	低	44
封閉車道數	封閉一車道	45
	封閉二車道	47
路網車道數	三車道	35
	四車道	57

表 5.3.2-3 事件影響區段範圍模式驗證彙整表

	M1		M2	
	MAE	MAPE(%)	MAE	MAPE(%)
C1	2	21	2	31
C2	2	24	2	19
C3	1	31	2	41
C4	2	35	2	23
C5	2	20	2	23
C6	2	19	2	31
C7	2	36	1	24
C8	2	22	3	62
C9	1	22	2	21
C10	0	13	2	30
C11	2	17	2	53
C12	1	17	2	26
C13	1	16	2	37
C14	2	20	1	28
C15	4	28	3	94
C16	1	27	3	40
C17	2	18	2	47
C18	4	28	1	16
C19	1	44	2	88
C20	3	47	2	88
C21	2	27	2	46
C22	2	47	2	53
C23	3	45	3	41
C24	2	19	2	24
C25	2	48	2	98
C26	2	51	2	32
C27	2	40	2	60
C28	2	46	2	65
C29	3	28	3	67
C30	3	31	2	74
C31	2	72	2	53
C32	3	40	2	53
C33	3	26	2	44
C34	2	24	1	83
C35	2	25	1	25
C36	3	29	3	30
整體平均	2	30%	2	46 %

註：MAE, mean absolute error;

MAPE, mean absolute percentage error.

上列各整合後模式之驗證方式，乃以個別模式之情境設定下，重新進行一次模擬實驗之資料進行驗證。為更確認本研究所構建模式應用之可行性。在此以上述驗證結果中，M1 與 M2 模式整體驗證結果最佳共有 7 組為 22%，故隨機挑選模式 C24 進行重複多次實驗之驗證。回顧探討事件造成衝擊分析模式之相關文獻【14】【17】等，以及利用模擬工具構建或驗證模式之研究，於模式驗證過程中，多以重新產生一次的構建該模式之情境資料供模式驗證使用。但為更具說服力，本研究則於模式 C24 情境下，以產生數種同一實驗情境基準下，利用設計不同控制變數重複實驗，但各實驗彼此仍具差異以進行多次驗證。

驗證模式情境如下表 5.3.2-4 所示，情境設定內容說明如下：四車道路網於同為中流量水準特性下設定三種情境，產生開始至結束時間為 75 分鐘之封閉一車道事件，並設定分別為發生位置為第 1、2、3、4 車道四種不同位置，經組合後共有十二種情境。依據上述情境設定，重複以 PARAMICS 進行模擬實驗。其中，回顧相關文獻【27】說明在 PARAMICS 中，各種車輛之行為乃是透過跟車行為、可接受間距與變換車道等三種模式交互影響，而各個駕駛人之行為乃透過隨機指派駕駛特徵至每輛車所產生，故在本研究驗證實驗設計下，其基本情境雖為相似，但於 PARAMICS 內部模式之隨機運作過程中，所產生資料即具有差異。綜合以上，可說明依此原則設計之十二種模擬實驗進行驗證，具有表示不同意義之能力。

上述交通流量狀態之設定，除考慮以原先採用之民國 93 年 12 月 6 日中，對應下午尖峰流量為中流量之情境，並另外選取同為考量偵測器資料蒐集較完整，且下午尖峰時段之流量相較於上午尖峰與離峰時段，具有高、中、低特性之資料作為中流量情境之設定值，依上述原則分別選定 12 月 9 日與 12 日，各別起訖流量如附錄三所示。

驗證方式與前例相同，將模擬結果作為模擬真值，而事件情境相關資料作為模式輸入項目進行驗證。驗證結果顯示，M1 模式之預測能力高於 M2 模式，與先前之驗證結果相同。其中，M1 模式之 MAPE 指標皆屬良好與合理之範圍(18%~31%)，M2 模式則皆屬合理之範圍(21%~42%)。此外，誤差路段數之 MAE 指標，兩模式同樣皆為 2 個路段，此亦與整體 36 種模式先前驗證結果相符。

表 5.3.2-4 模式 C24 驗證情境設計表

路網 車道數	封閉 車道數	事件發生 至結束時間	流量水準		封閉位置	驗證實驗 情境編號
四車道	封閉一 車道	75 分鐘	中流量	93 年 12 月 6 日	1、2、3、4	1.2.3.4
				93 年 12 月 9 日	1、2、3、4	5.6.7.8
				93 年 12 月 12 日	1、2、3、4	9.10.11.12

表 5.3.2-5 模式 C24 驗證結果彙整表

驗證情境 編號	M1		M2	
	路段數	(%)	路段數	(%)
1	2	18	2	24
2	2	18	1	21
3	2	22	2	23
4	2	29	3	30
5	2	25	3	28
6	2	21	2	26
7	3	27	2	36
8	2	23	2	36
9	2	24	2	29
10	2	28	2	42
11	2	31	2	36
12	2	29	3	27
整體平均	MAE = 2 路段	MAPE = 25 %	MAE = 2 路段	MAPE = 30 %

5.4 模式內涵與探討

5.4.1 模式內涵

本研究之事件影響區段範圍模式，可在不同事件之情境下，藉蒐集之路段資訊求得受影響之路段數。此外，當令 $M1$ 與 $M2$ 兩式相等時，求解模式中變數 LCI ，此時依所得解帶入模式可求得該事件情境下最大受影響路段數，亦即可推測最大受影響範圍。

並可依此對應模式情境於無事件下之路段平均速率，並推算當發生事件路段平均速率下降至何種程度時，會達到此最大受影響範圍。亦即可依 LCI 值了解當相對於該情境下無事件發生，路段平均速率下降至多少時，受影響路段數會達到最大範圍以及完全消散。因此，在充足歷史資料前提下，對應 LCI 值可了解受影響路段各時階之變化情形。其中模式係數所代表意義說明：

基本模式中分為 $M1$ 與 $M2$ 兩式如下，其中包含 a 、 b 、 c 三參數：

$$M1_t = a \times Sev \times LCI_t$$

$$M2_t = b - (c / LCI_t)$$

(1) Sev 與係數 a ：將 LCI 之變化情形，透過此兩係數反映出於擁擠擴散時段受影響之路段數 $M1$ 。

(2) 係數 b 與 c ：當該事件情境中 LCI 值越大表示事件造成影響越嚴重，由 $M2$ 模式可知，當 LCI 值越大則經與係數 c 計算後，係數 b 所需減去之值越小，亦即於擁擠消退時段之受影響之路段數 $M2$ 越多。此亦可表示係數 b 為此情境中可能形成之最大受影響路段數。

本研究構建之模型乃透過模式變數 LCI 於不同時期之間的變化，分析不同時間受事件影響之路段數變化，亦即研究此變數目前的數值與其在前一期的數值的變化關係，此類探討變數動態關係之研究，多藉由差分方程(difference equation)加以表達，其原理為一變數之差分方程即代表變數值於不同時期之間的離散數學關係。本研究所構建之模式主要由變數 LCI 作為主要輸入變數，藉由所蒐集 LCI 之變化，透過模式係數反映出受影響路段數之變化，其中所謂之變化即依本研究定義之每五分鐘為一個時階的間隔進行紀錄，因此，可將相鄰兩時階之 LCI 與受影響路段數 $M1$ 與 $M2$ ，藉由差分之觀念以後一時階減去前一時階之值，以觀察其變化程度與模式係數 a 、 c 以及模式輸出之對應關係。其中參考 Kelley 與 Peterson 【54】對於差分方程式之基本定義如下所示。

$$y(t+1) - p(t) \times y(t) = r(t)$$

其中：

$$p(t) \text{ 與 } r(t) \text{ 已知，且 } p(t) \neq 0$$

此外：

$$\Delta y(t) = y(t+1) - y(t)$$

$$\text{if } p(t)=1 \text{ 則 } \Delta y(t) = r(t)$$

依上述形式將 M1 與 M2 模式之差分方程表示如下：

M1 模式一階差分方程式：

$$M1_1 = M1_0 + a \times \text{Sev} \times [LCI_1 - LCI_0]$$

$$M1_2 = M1_1 + a \times \text{Sev} \times [LCI_2 - LCI_1]$$

⋮

$$M1_t = M1_{t-1} + a \times \text{Sev} \times [LCI_t - LCI_{t-1}]$$

M2 模式一階差分方程式：

$$M2_1 = M2_0 - \left[c \times \left(\frac{1}{LCI_1} - \frac{1}{LCI_0} \right) \right]$$

$$M2_2 = M2_1 - \left[c \times \left(\frac{1}{LCI_2} - \frac{1}{LCI_1} \right) \right]$$

⋮

$$M2_t = M2_{t-1} - \left[c \times \left(\frac{1}{LCI_t} - \frac{1}{LCI_{t-1}} \right) \right]$$

以下為模式 C24 之範例，分為 M1 與 M2 兩式求解與模式差分分析兩部份：

模式 C24 如下：

$$M1_t = 6.8123 \times 0.44 \times LCI_t$$

$$M2_t = 20.3607 - (19.1403 / LCI_t)$$

在此令模式中兩式相等並帶入事件情境變數 Sev 進行求解 LCI，此時受影響路段數達到最大，該事件情境下最大受影響範圍，對應此模式情境無事件下路段平均速率為 95 (km/hr)，可推算當發生事件路段平均速率為下降至 16 (km/hr)時。此外， LCI 值越大即擁擠現象越嚴重時，由模式 M2 可發現經係數 c 計算後所

需減去之值越小，可藉此推得模式 C24 之情境中，最大可能受影響路段數約為 20 個路段，即透過模式 M2 中係數 b 來反應。

下表 5.4.1-1 與 5.4.1-2 為以模式 C24 為例，將 M1 及 M2 兩模式中 LCI 與受影響路段於各時階之差分結果，並依差分後之變化進行探討。其中發現就 M1 模式而言，將 M1 與 LCI 之差分結果相除，顯示當 LCI 增加 0.33 時，可透過係數 a 與 Sev 反應出增加一個受影響之路段。對 M2 模式而言，LCI 乃以倒數形勢與模式中係數相互作用，故在此須以 $1/LCI$ 來進行差分之分析，結果顯示當 $1/LCI$ 變化 0.05 時，可透過係數 b 與 c 反應出減少一個受影響之路段。

表 5.4.1-1 模式 C24 變數差分比較表(M1)

時間	M1	M1 差分	係數 a	Sev	LCI	LCI 差分	LCI 差分/M1 差分
5	4.71		6.81	0.44	1.57		
10	6.64	1.92	6.81	0.44	2.21	0.64	0.33
15	9.65	3.01	6.81	0.44	3.22	1.01	0.33
20	9.93	0.28	6.81	0.44	3.31	0.09	0.33
25	9.68	-0.24	6.81	0.44	3.23	-0.08	0.33
30	10.10	0.42	6.81	0.44	3.37	0.14	0.33
35	10.63	0.53	6.81	0.44	3.55	0.18	0.33
40	10.89	0.26	6.81	0.44	3.63	0.09	0.33
45	16.74	5.86	6.81	0.44	5.59	1.95	0.33
50	17.13	0.39	6.81	0.44	5.71	0.13	0.33
55	17.03	-0.10	6.81	0.44	5.68	-0.03	0.33
60	16.94	-0.09	6.81	0.44	5.65	-0.03	0.33
65	16.88	-0.05	6.81	0.44	5.63	-0.02	0.33
70	16.51	-0.38	6.81	0.44	5.51	-0.13	0.33

表 5.4.1-2 模式 C24 變數差分比較表(M2)

時間	M2	M2 差分	b	c	LCI	1/LCI	1/LCI 差分	(1/LCI 差分)/M2 差分
75	16.86		20.36	19.14	5.46	0.18		
80	16.12	0.73	20.36	19.14	4.52	0.22	0.04	0.05
85	6.94	9.18	20.36	19.14	1.43	0.70	0.48	0.05
90	6.85	0.09	20.36	19.14	1.42	0.71	0.00	0.05
95	6.59	0.26	20.36	19.14	1.39	0.72	0.01	0.05
100	5.70	0.89	20.36	19.14	1.31	0.77	0.05	0.05
105	1.78	3.92	20.36	19.14	1.03	0.97	0.20	0.05
110	1.70	0.08	20.36	19.14	1.03	0.98	0.00	0.05

5.4.2 相關理論探討

回顧探討事件相關議題之研究中，衝擊波理論與利用等候理論配合時空圖等為較常應用之模式。在其個別定義下，皆可計算最大受影響車輛數，但若考慮應用於受影響範圍之分析，需考慮不同車道數以及平均車長，如此依不同環境與車輛組成會有不同結果，且此範圍屬於產生停等延滯車輛所形成的長度。回顧相關文獻，將上述兩類理論模式之形式說明如下：

1. 等候理論【30】【55】

$$Q_m = (\lambda - \mu) \times T$$

λ : 事件發生點上游偵測器車輛到達率(輛/小時)
 μ : 事件發生點下游偵測器車輛流出率(輛/小時)
 T : 事件應變時間(偵測至移除)
 Q_m : 最大等後車輛數

2. 衝擊波理論【23】【55】

$$Q_m = \frac{r \times |w_{12}| \times |w_{23}|}{|w_{23}| - |w_{12}|}$$

$$w_{12} = \frac{q_1 - q_2}{k_1 - k_2}$$

$$w_{23} = \frac{q_2 - q_3}{k_2 - k_3}$$

q_1 : 事件發生前不受影響之流量
 q_2 : 事件發生期間受影響之流量
 q_3 : 事件清除後之流量
 r : 事件應變時間(偵測至清除)
 Q_m : 最大等後車輛數

本研究乃以同一情境下，有事件與無事件發生相對比較之概念構建模式，以該路段平均速率明顯下降至另一服務水準，作為受事件影響判定。上述兩類方法是計算等候車輛數，將所有車輛平均分散於路網中，於對受事件影響之定義與本研究略有差異。不過，此類解析性模型理論，實已經過長時間之發展，於事件造成延滯時間與等候車隊等預測皆有為數不少之研究。

本研究基於嘗試以不同角度描述事件造成擁擠影響之想法進行，在模式構建上可依設定不同影響定義下，構建不同影響程度之模式進行擁擠描述。未來可考慮在相同基準下，與其他理論進行比較。

第六章 結論與建議

本研究主要目的在探討事故發生後擁擠現象之影響範圍，以模擬方式構建一高速公路事件影響區段範圍模式，使用道路偵測器蒐集資訊並配合事件情境下，評估高速公路事件發生後，擁擠現象於上游路段造成的影響。其初步結果顯示，在以「平均絕對誤差」與「平均絕對誤差百分比」作為評比之指標，擁擠擴散時段受影響路段數模式 M1 分別為 2(路段)與 30%，擁擠消退時段受影響路段數模式 M2 分別為 2(路段)與 46%。綜合整個研究過程及結果，本研究提出以下的結論與建議。

6.1 結論

回顧探討事件議題相關文獻，於事故造成擁擠現象在路網中擴散與消退情形之研究相對缺少，因此，本論文將研究目的設定在探討事故造成擁擠之影響範圍，以連鎖、交互影響之概念描述事件造成之擁擠情形，合理地以模擬方式構建模式。針對本研究之探討課題進行彙整分析可從演算法及模擬分析法兩個部分得下列幾項重要結論：

一、演算法

完整模式演算過程，可分兩階段進行探討，第一階段為擁擠擴散時段受影響路段數模式(M1)，係利用事件發生路段偵測器在即時提供之點資訊中推算路段平均速率，再以此資料計算「路段擁擠指標」，配合事件參數「容量降低程度」，依此計算受事件影響路段遞增數。第二階段為擁擠消退時段受影響路段數模式(M2)，同樣利用發生路段偵測器之資料求得所屬時段之「路段擁擠指標」，再依此計算受事件影響路段遞減數。兩者皆完成後，即可依之間依時性的關係，進而推估受事件影響範圍。本研究在演算模式校估後，歸納下列幾點重要結論：

1. 針對流量水準與封閉車道位置兩情境變數，將 M1 模式進行整合，模式整合後具有高解釋能力(70~90%)。
2. 針對路網車道數情境變數進行 M2 模式合併，發現對於 M2 模式而言，各情境構建模式之 R-square 值未如 M1 模式理想，此與 Hounsell and Saeed Ishtiaq【5】於英國所做研究之結果一致，亦可說明擁擠擴散情形相較於擁擠消散較容易模式化。
3. 整合後之 36 種模式驗證結果顯示，17 種高估、13 種低估與 6 種準確，其中，17 種高估情形有 16 種出現於事件時間長度為 45 與 75 之情境，13 種的低估情形有 7 種出現於事件時間長度 15 之情境；4 種出現於事

件時間長度 45 之情境。

4. 經情境合併後 M1 模式之驗證結果顯示事件時間長度大之情境，模式 MAPE 值較低；封閉二車道模式之 MAPE 值較封閉一車道低，顯示在嚴重事件情境下所構建之 M1 模式預測準確度越高。M2 模式之驗證結果正好與 M1 相反，即事件時間長度越大，所構建之 M2 模式預測準確度越低，且封閉兩車道之模式預測準確度低於封閉一車道者。此外，M1 與 M2 兩模式反應相同者為，平直路網(三車道)之模式預測結果皆優於曲線路網(四車道)。
5. 整體而言，驗證結果平均絕對誤差百分比(MAPE)分別為 M1 模式 30%、M2 模式 46% 屬合理的預測，平均絕對誤差(MAE)則為 2(路段)，即各模式預測誤差平均為 2 個路段(600 公尺)。
6. 針對模式 C24 進行重複多次之實驗驗證，所得結果 M1 模式之 MAPE 指標皆屬良好與合理之範圍(18% ~ 31%)，M2 模式則皆屬合理之範圍(21% ~ 42%)。此外，誤差路段數之 MAE 指標，兩模式同樣皆為 2 個路段，此亦與整體 36 種模式先前驗證結果相符。此外，M1 模式績效較優於 M2 模式，皆與先前整體驗證結果相符。

二、模擬分析法

本研究以 PARAMICS 模擬器構建國道高速公路，並針對車流及人因參數進行校估，以確認模式是否足以描述當地之車流特性與駕駛行為。本研究依據模擬結果以及模擬過程，彙整幾點重要結論。

1. 根據模擬路網之初步分析結果(表 4.3-5)可發現，參數校估結果以 Mean Reaction Time=1.0 與 Mean Headway=2.0 時，整體平均絕對誤差百分比最低、績效最高。另外，本研究發現，無論參數預設值為何，在高速公路里程 52.04 處之偵測器 LOOP69，即距離機場交流道上下匝道間主線偵測器，其平均絕對誤差百分比皆無法達到最佳，此可顯示當車流愈接近路口時，愈無法預期車流狀況。
2. 本研究採用 PARAMICS 模擬器車輛偵測器輸出資料，其輸出格式與項目與一般常態偵測器資料定義並不完全符合，不僅為不等時之輸出且交通資料的種類與單位亦不相同，因此需以人工方式介入處理、彙整為等時距輸出，因而可能增加不必要之誤差。

6.2 討論與建議

綜合上述之結論，本研究除了提出研究過程之重要經驗外，亦依據上述研究結果現象提出初步討論，以作為後續研究之借鏡與參考，開創新的研究方向與論點。

1. 整體而言造成模式之誤差結果，主要可能原因有三：
 - a. 單就 MAPE 值而言，部分模式誤差偏高，造成原因為擁擠形成初期與消退末期，受影響路段數趨近零，故若模擬真值為 1 而預測值為 2 則有 50% 之誤差。
 - b. 影響區段模式需運用速率變化之資料計算擁擠指標 LCI，而目前之 PARAMICS 模擬車輛偵測器輸出資料並不完全符合一般常態定義，而需以人工方式介入處理、彙整為等時距輸出，可能因此產生誤差。
 - c. 本研究採巨觀觀點，以 300 公尺為一路段之方式，做為高速公路路網事故影響範圍之單位，故在微觀車流部份無法詳細調整。
2. 本研究僅就相同車道數之路網進行探討，分別構建不同車道數路網之模式，使用上若影響情形由三車道擴散至四車道，則可以四車道模式取代之方式。未來可探討合併以一個模式描述。
3. 本研究以因子分析判斷模式解釋能力高低，受何情境變數影響，再進行模式合併。可考慮以更多等級之情境水準，進行敏感度分析了解細節之變化。
4. 本研究考慮描述擁擠擴散與消退單位，以每一路段長 300 公尺之情境構建模式，此乃參考現行偵測器佈設之最佳間距，以較短或較長之間距劃分路段(如 100 或 1000 公尺)構建模式是否會有較佳結果。
5. 本研究之影響區段範圍模式可反應事件造成之衝擊，但考量事故管理應用層面之方便性，可針對模式中變數深入探討，制定對照表與指標門檻等供參考。
6. 本研究係以高速公路路段為對象，探討事件造成擁擠現象於高速公路主線與匝道部分之影響。未來可以作為推展應用於市區道路或高速公路與平面道路結合之參考。
7. 本模式基本應用可行，但仍屬離線(of-line)操作類型。若考慮於線上(on-line)之應用，可嘗試結合轉換模式與滾動平面等理論，就已知現在

時段之影響下，得到下一個或 t 個時段後的影響情形。

8. 相關理論探討

衝擊波理論與等候理論配合時空圖等，為事件相關議題常應用之模式。在其個別定義下，皆可計算最大受影響車輛數，若應用於受影響範圍之分析，需考慮不同車道數以及平均車長，如此依不同環境與車輛組成會有不同結果，且此範圍屬於產生停等延滯車輛所形成的長度。

本研究乃以同一情境下，有事件與無事件發生相對比較之概念構建模式，以該路段平均速率明顯下降至另一服務水準，作為受事件影響判定。上述兩類方法是計算等候車輛數，將所有車輛平均分散於路網中，於對受事件影響之定義與本研究略有差異。

本研究基於嘗試以不同角度描述事件造成擁擠影響之想法進行，在模式構建上可依設定不同影響定義下，構建不同影響程度之模式進行擁擠描述，未來可考慮在相同基準下，與其他理論進行比較。



參考文獻

1. 交通部，交通政策白皮書，民國九十一年一月。
2. 台北市政府，交通政策白皮書，民國九十一年。
3. 魏建宏、楊雨青，高速公路事件管理之研究與探討，中華民國運輸學會第十三屆學術論文研討會論文集，民國八十七年，pp.403-412。
4. Tom van Vuren, David Leonard, "Urban congestion caused by incidents", Transport Research Laboratory, 1994.
5. Nick B. Hounsell, Saeed Ishtiaq, "Journey time forecasting for dynamic route guidance systems in incident condition," International Journal of Forecasting 13 [1997] 33-42, 1997.
6. Corridor Traffic Operation, Severity Definitions, April, 2000.
7. 林繼國，發展高速公路交通事件動態監測系統之研究，中華民國運輸學會第十二屆學術論文研討會論文集，民國八十六年，pp.889-902。
8. Tom van Vuren, David Leonard, "Urban congestion caused by incidents", Transport Research Laboratory, 1994.
9. 戚培芳，中山高速公路肇事分析模式之研究，國立交通大學，碩士論文，民國八十六年。
10. Tavana, H., Mahmassani, H.S., "Estimation and Application of Dynamic Speed-Density Relations by Using Transfer Function Models.", Transportation Research Record, pp.47-57., 2000.
11. Penina Roberg, Cristopher R. Abbess, "Diagnosis and treatment of congestion in central urban areas", Middlesex University, School of Mathematics and Statistics, London, 1996.
12. 藍武王、黃葉傑、郭怡雯，模糊類神經網路事件偵測系統之構件，中國土木工程學刊，第十六卷，第三期，pp.499-512。
13. Hani S. Mahmassani and Report (1998), Interactive Experiments for the Study of Tripmaker Behavior Dynamics in Congested Commuting System, Proceeding of the Oxford Conference on Travel Behavior, July.
14. 邱華敏，高速公路事故路段動態旅行時間模式之研究國立交通大學，碩士論文，民國九十二年。
15. 伍靜宜，即時應變事故之動態交通量指派方法論，國立台灣大學，碩士論文，民國九十一年。
16. 張鈞華，模擬一般市區道路事故發生之微觀車流行為，國立台灣大學，碩士論文，民國八十九年。
17. 陳協昌，市區道路事故發生對車流衝擊之即時預測，國立台灣大學，碩士論文，民國八十八年。

18. 沈良珍，高速公路事故發生對車流衝擊之即時預測，國立台灣大學，碩士論文，民國八十七年。
19. 楊子儉，即時應變事故之匝道儀控系統雛形研究，台大土木所碩士論文，民國八十八年七月。
20. 梁祖全，高速公路回堵現象即時流量控制與管制，國立中正大學資訊工程研究所，碩士論文，民國九十一年。
21. Conrad L. Dudek and Stephen H. Richards, "Traffic Capacity Through Urban Freeway Work Zone in Texa", Transportation Research Record 869
22. 鄧志平，應用衝擊波理論在高速公路封閉部份車道時旅行時間推算之研究，成功大學交通管理科學學系碩士論文，民國 81 年。
23. 徐道國，高速公路意外事故車輛延滯時間之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十四年。
24. Doohee Nam, Fred Mannering, "An exploratory hazard-based analysis of highway incident duration," Transportation Research.-A. Vol. 34. pp.85-102, 2000.
25. Randolph W. Hall, "Incident dispatching, clearance and delay", Transportation Research Part A 36 pp.181-191, 2002.
26. Alexander Skabardonis and Nikolaos Geroliminis, DEVELOPMENT AND APPLICATION OF METHODOLOGIES TO ESTIMATE INCIDENT IMPACTS, Department of Civil and Environmental Engineering, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, 109 McLaughlin Hall, Berkeley, CA 94720-1720.
27. 交通部運輸研究所，「先進式微觀車流模擬器-PARAMICS 模擬軟體應用台灣地區發展 ITS 模擬路網之模式校估測試研究」，民國九十年九月。
28. 胡大瀛等人，區域級智慧運輸系統示範計劃—核心交通分析與預測系統(第二年期)，交通部運輸研究所，九十三年十月。
29. Blumentritt, C. W. and Pinnel, C., Guidelines for Selection of Ramp Control System, NCHRP Report 232, Transportation Research Board, 1981.
30. 交通部運輸研究所，公路行車時間資訊管理系統之觀畫研究(1/4)－高速公路部分及模式先期研究，民國九十三年六月。
31. 趙令峻，「車輛偵測器設置兼具與偵測時距之模擬研究」，國立中央大學土木工程研究所，民八十五年六月。
32. Chan, K.S. and Lam, H.K., "Optimal Speed detector density for the network with travel time information", Transportation 36A, 203-223, 2001.
33. Petty, K. F., Bickel, P., Jiang, J., Ostland, M., Rice, J., Ritov, Ya'acov, and Schoenberg F. "Accurate Estimation of Travel Times from Single-loop Detectors.", Presentation at the 76th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C., 1997.
34. Rik van Grol "DACCORD: On-Line Travel Time Estimation/Prediction Results.",

- Presented at the 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, October, 1999, Toronto, Canada.
35. Abe, Atsushi "Evaluation of Route Comparison Information Boards on HANSHIN Expressway.", Presented at the 5th World Congress on Intelligent Transport Systems, October 12-16, 1998, Seoul, Korea.
 36. Dailey, D. J. "Travel Time Estimates Using a Series of Single Loop Volume and Occupancy Measurements.", Presentation at the 76th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C. ,1997.
 37. Coifman, B.. "Vehicle reidentification and travel time measure in real-time on freeway using the existing loop detector infrastructure.", Transportation Research Record 1643, Transportation Research Board,181-191,1998.
 38. Kurokawa, Takeshi "A Study on Travel Time Prediction Method on Inter-City Expressways Using Traffic Capacity at the Bottleneck.", Presented at the 5th World Congress on Intelligent Transport Systems, October 12-16, 1998, Seoul, Korea.
 39. Masato IWASAKI "Short-term Prediction of Speed Fluctuations on a Motorway Using Historical Patterns.", Presented at the 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, October, 1999, Toronto, Canada.
 40. Tomoaki OKADA "Providing Information of Predicted Travel Time for Use of Travel Planning Stage.", Presented at the 7th World Congress on Intelligent Transport Systems, November 6-9, 2000, Turin, Italy.
 41. 交通部，「智慧型交通資訊蒐集、處理傳播與旅行者行為系列之研究－號誌化道路路況資訊偵測方法與格式訂定」，民國九十二年十一月。
 42. 黃通良等人，高快速公路整體路網交通管理系統綜合規劃（專題研究）期末報告，交通部國道高速公路委託計畫，民國九十二年五月。
 43. 交通部台灣區國道高速公路局網站<http://211.79.135.93/FreewayWeb/>
 44. 美國德州聖安東尼奧TansGuide計畫<http://www.transguide.dot.state.tx.us>
 45. 交通部高速公路局，汐五高汐五高架拓寬與北二高交控整合工程交控反應計畫設計。
 46. 交通部運輸研究所，「2001 年台灣地區公路容量手冊」，民國九十年三月。
 47. Paramic traffic simulation, Modeller V3.0 User Guide, 1999.
 48. Paramic traffic simulation, Modeller V3.0 Reference Manual, 1999.
 49. Paramic traffic simulation, Programmer V3.0 User Guide, 1999.
 50. 張建彥編，交通部運輸研究所綜合技術組，先進式微觀車流模擬器PARAMICS 操作手冊，民國九十年五月。
 51. 交通部運研所，交通資料偵測與蒐集 - 交通號誌控制系統叢書(十)，民國八十五年六月。
 52. Federal Highway Administration, "Traffic Flow Theory", U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 1985.

53. Transportation Research Board, “Highway Capacity Manual”, Special Report 209, National Research Council, 1985.
54. Walter G. Kelley and Allan C. Peterson, “DIFFERENCE EQUATIONS – An Introduction with Applications”, 1991.
55. Adolf D. May, “Traffic Flow Fundamentals”, PRENTICE HALL, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.



附錄



表 1-1 模式彙整表(三車道封閉一車道高流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
01	$M1_i = 3.6031 \times Sev_i \times LCI_i$	0.6159	$M2_i = 67.7826 - 78.0968 / LCI_i$	0.5362
02	$M1_i = 5.5959 \times Sev_i \times LCI_i$	0.5926	$M2_i = 110.8623 - 122.34 / LCI_i$	0.4325
03	$M1_i = 5.5306 \times Sev_i \times LCI_i$	0.5914	$M2_i = 108.6139 - 131.812 / LCI_i$	0.5372
12	$M1_i = 5.2886 \times Sev_i \times LCI_i$	0.2402	$M2_i = 15.8204 - 10.7655 / LCI_i$	0.4496
13	$M1_i = 6.0856 \times Sev_i \times LCI_i$	0.3708	$M2_i = 16.3169 - 9.7636 / LCI_i$	0.5267
14	$M1_i = 5.6432 \times Sev_i \times LCI_i$	0.2459	$M2_i = 16.3575 - 12.1988 / LCI_i$	0.4148
15	$M1_i = 5.9347 \times Sev_i \times LCI_i$	0.2055	$M2_i = 17.4884 - 13.2558 / LCI_i$	0.4122
16	$M1_i = 6.9495 \times Sev_i \times LCI_i$	0.3564	$M2_i = 20.6906 - 19.1893 / LCI_i$	0.4732
17	$M1_i = 6.0591 \times Sev_i \times LCI_i$	0.2076	$M2_i = 18.0272 - 15.41 / LCI_i$	0.4087

表 1-2 模式彙整表(三車道封閉一車道-中流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
22	$M1_i = 5.4373 \times Sev_i \times LCI_i$	0.2775	$M2_i = 12.5223 - 4.8279 / LCI_i$	0.4340
23	$M1_i = 5.1425 \times Sev_i \times LCI_i$	0.1712	$M2_i = 14.6771 - 8.3114 / LCI_i$	0.4680
24	$M1_i = 5.4003 \times Sev_i \times LCI_i$	0.3146	$M2_i = 13.9652 - 8.4445 / LCI_i$	0.2993
25	$M1_i = 7.2296 \times Sev_i \times LCI_i$	0.3611	$M2_i = 450.5651 - 477.487 / LCI_i$	0.4958
26	$M1_i = 7.0918 \times Sev_i \times LCI_i$	0.2117	$M2_i = 107.168 - 103.349 / LCI_i$	0.4414
27	$M1_i = 7.0801 \times Sev_i \times LCI_i$	0.2231	$M2_i = 15.4792 - 7.5236 / LCI_i$	0.4598
28	$M1_i = 7.6304 \times Sev_i \times LCI_i$	0.3754	$M2_i = 15.6217 - 10.4261 / LCI_i$	0.4478
29	$M1_i = 7.4284 \times Sev_i \times LCI_i$	0.2417	$M2_i = 14.8379 - 8.8224 / LCI_i$	0.5270
30	$M1_i = 6.8243 \times Sev_i \times LCI_i$	0.3429	$M2_i = 14.3972 - 8.1088 / LCI_i$	0.8311

表 1-3 模式彙整表(三車道封閉一車道-低流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
31	$M1_t = 3.4005 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8171	$M2_t = 24.3818 - 22.3287 / LCI_t$	0.9822
32	$M1_t = 5.3570 \times Sev_t \times LCI_t$	0.5711	$M2_t = 27.7815 - 26.294 / LCI_t$	0.4973
33	$M1_t = 6.1616 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6096	$M2_t = 20.7548 - 17.3811 / LCI_t$	0.4131
34	$M1_t = 4.4873 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6565	$M2_t = 293.5213 - 337.846 / LCI_t$	0.9053
35	$M1_t = 6.8207 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8588	$M2_t = 1.6527 - 136.391 / LCI_t$	0.8392
36	$M1_t = 7.0252 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7331	$M2_t = 67.5677 - 78.2805 / LCI_t$	0.9054
37	$M1_t = 5.7715 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7792	$M2_t = 48.8321 - 53.3923 / LCI_t$	0.4279
38	$M1_t = 6.9619 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8557	$M2_t = 74.3717 - 81.3379 / LCI_t$	0.8987
39	$M1_t = 6.0399 \times Sev_t \times LCI_t$	0.2659	$M2_t = 49.4997 - 54.5841 / LCI_t$	0.2953

表 1-4 模式彙整表(三車道封閉二車道-高流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
64	$M1_t = 1.9112 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9364	$M2_t = 12.7983 - 8.6490 / LCI_t$	0.3201
65	$M1_t = 1.9346 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9958	$M2_t = 11.9772 - 6.3208 / LCI_t$	0.2971
66	$M1_t = 2.3667 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9273	$M2_t = 16.4960 - 8.8805 / LCI_t$	0.4234
67	$M1_t = 2.0728 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9795	$M2_t = 16.2737 - 12.8456 / LCI_t$	0.5355
68	$M1_t = 2.8632 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9418	$M2_t = 18.1518 - 12.6204 / LCI_t$	0.2904
69	$M1_t = 2.2079 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9914	$M2_t = 13.8273 - 4.8193 / LCI_t$	0.2442

表 1-5 模式彙整表(三車道封閉二車道-中流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
70	$M1_t = 2.3088 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9985	$M2_t = 11.6598 - 7.6018 / LCI_t$	0.2470
71	$M1_t = 2.5815 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9891	$M2_t = 13.7193 - 7.5592 / LCI_t$	0.3830
72	$M1_t = 2.8166 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9700	$M2_t = 14.6758 - 6.0209 / LCI_t$	0.4040
73	$M1_t = 2.8386 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9782	$M2_t = 15.3040 - 9.7794 / LCI_t$	0.4967
74	$M1_t = 3.2677 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9652	$M2_t = 18.8722 - 12.4447 / LCI_t$	0.3798
75	$M1_t = 4.3227 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9436	$M2_t = 20.4058 - 14.4232 / LCI_t$	0.4589

表 1-6 模式彙整表(三車道封閉二車道-低流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
76	$M1_t = 1.9518 \times Sev_t \times LCI_t$	0.5375	$M2_t = 42.0743 - 43.4009 / LCI_t$	0.4343
77	$M1_t = 2.1179 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9662	$M2_t = 13.5953 - 10.7142 / LCI_t$	0.2814
78	$M1_t = 2.6101 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8573	$M2_t = 35.2723 - 29.817 / LCI_t$	0.1226
79	$M1_t = 2.2411 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8869	$M2_t = 45.2049 - 44.8901 / LCI_t$	0.5399
80	$M1_t = 3.1401 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8594	$M2_t = 17.2472 - 5.7796 / LCI_t$	0.1257
81	$M1_t = 2.9295 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9159	$M2_t = 23.5474 - 12.1707 / LCI_t$	0.1686



表 1-7 模式彙整表(四車道封閉一車道-高流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
5	$M1_t = 2.2683 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9295	$M2_t = 4.6460 - 2.0473 / LCI_t$	1.00
6	$M1_t = 3.6149 \times Sev_t \times LCI_t$	0.4962	$M2_t = 6.8609 - 6.6392 / LCI_t$	0.2539
4	$M1_t = 5.3342 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6509	$M2_t = 35.4269 - 32.6636 / LCI_t$	0.3190
7	$M1_t = 4.7261 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6273	$M2_t = 35.3221 - 31.6235 / LCI_t$	0.8189
8	$M1_t = 3.3318 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8528	$M2_t = 68.6783 - 119.145 / LCI_t$	1.00
9	$M1_t = 6.6307 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7413	$M2_t = 49.3524 - 55.7379 / LCI_t$	0.3610
10	$M1_t = 8.8903 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8227	$M2_t = 68.9781 - 83.7552 / LCI_t$	0.3759
11	$M1_t = 0.8286 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8641	$M2_t = 27.5156 - 30.1763 / LCI_t$	0.4829
18	$M1_t = 4.1226 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8593	$M2_t = 16.8672 - 30.8409 / LCI_t$	0.1626
19	$M1_t = 8.1135 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8637	$M2_t = 15.6306 - 12.8032 / LCI_t$	0.3694
20	$M1_t = 9.5056 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9211	$M2_t = 17.6265 - 13.7962 / LCI_t$	0.3324
21	$M1_t = 8.8057 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9005	$M2_t = 18.7323 - 18.252 / LCI_t$	0.3525

表 1-8 模式彙整表(四車道封閉一車道-中流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
40	$M1_t = 3.2374 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7959	$M2_t = 7.4302 - 6.9832 / LCI_t$	0.8459
41	$M1_t = 3.6756 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6647	$M2_t = 32.6266 - 31.0886 / LCI_t$	0.9894
42	$M1_t = 4.9795 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8144	$M2_t = 15.9207 - 12.9049 / LCI_t$	0.6181
43	$M1_t = 4.3562 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8368	$M2_t = 14.1408 - 10.4139 / LCI_t$	0.6090
44	$M1_t = 4.3657 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8193	$M2_t = 6.5664 - 5.4133 / LCI_t$	0.4491
45	$M1_t = 6.2958 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7733	$M2_t = 55.7438 - 65.1191 / LCI_t$	0.4232
46	$M1_t = 8.4913 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9039	$M2_t = 26.1560 - 21.8859 / LCI_t$	0.5138
47	$M1_t = 8.3519 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8169	$M2_t = 57.8230 - 66.8199 / LCI_t$	0.3019
48	$M1_t = 4.0257 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8780	$M2_t = 14.3412 - 14.9616 / LCI_t$	0.6849
49	$M1_t = 8.6908 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8869	$M2_t = 25.2128 - 25.7011 / LCI_t$	0.4856
50	$M1_t = 9.4854 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9301	$M2_t = 23.0628 - 23.2944 / LCI_t$	0.3275
51	$M1_t = 9.2513 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9209	$M2_t = 20.9249 - 18.6418 / LCI_t$	0.3456

表 1-9 模式彙整表(四車道封閉一車道-低流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
52	$M1_t = 5.0274 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9582	$M2_t = 5.9746 - 5.1143 / LCI_t$	0.4227
53	$M1_t = 2.4257 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9545	$M2_t = 6.4528 - 5.0875 / LCI_t$	0.8981
54	$M1_t = 2.7296 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8537	$M2_t = 5.3744 - 3.390 / LCI_t$	0.4909
55	$M1_t = 3.8024 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6326	$M2_t = 255.5856 - 257.812 / LCI_t$	0.9016
56	$M1_t = 5.0274 \times Sev_t \times LCI_t$	0.9582	$M2_t = 5.7900 - 6.0225 / LCI_t$	0.3361
57	$M1_t = 3.0023 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8029	$M2_t = 32.3982 - 30.9841 / LCI_t$	0.8886
58	$M1_t = 4.0829 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7270	$M2_t = 41.7094 - 36.1507 / LCI_t$	0.7181
59	$M1_t = 5.1885 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6309	$M2_t = 127.4445 - 127.067 / LCI_t$	0.7954
60	$M1_t = 4.9989 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6063	$M2_t = 77.1378 - 75.1163 / LCI_t$	0.6635
61	$M1_t = 3.8179 \times Sev_t \times LCI_t$	0.7849	$M2_t = 48.3184 - 45.2729 / LCI_t$	0.6613
62	$M1_t = 4.1215 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8955	$M2_t = 12.5656 - 5.2446 / LCI_t$	0.3334
63	$M1_t = 6.4393 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8035	$M2_t = 72.2420 - 64.3693 / LCI_t$	0.3763

表 1-10 模式彙整表(四車道封閉二車道-高流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
82	$M1_i = 1.4661 \times Sev_i \times LCI_i$	0.8036	$M2_i = 40.5361 - 47.2476 / LCI_i$	0.5035
83	$M1_i = 2.7047 \times Sev_i \times LCI_i$	0.6528	$M2_i = 26.6264 - 29.0844 / LCI_i$	0.2853
84	$M1_i = 2.5764 \times Sev_i \times LCI_i$	0.5724	$M2_i = 26.7431 - 27.6236 / LCI_i$	0.2433
85	$M1_i = 3.8366 \times Sev_i \times LCI_i$	0.6760	$M2_i = 26.7996 - 24.5199 / LCI_i$	0.2532
86	$M1_i = 4.1910 \times Sev_i \times LCI_i$	0.9042	$M2_i = 21.4428 - 14.6338 / LCI_i$	0.3318
87	$M1_i = 4.0664 \times Sev_i \times LCI_i$	0.9183	$M2_i = 22.2641 - 17.0681 / LCI_i$	0.4383
88	$M1_i = 5.7884 \times Sev_i \times LCI_i$	0.8055	$M2_i = 30.8711 - 37.1389 / LCI_i$	0.8177
89	$M1_i = 5.1526 \times Sev_i \times LCI_i$	0.8949	$M2_i = 22.2431 - 17.7326 / LCI_i$	0.4409
90	$M1_i = 4.3517 \times Sev_i \times LCI_i$	0.9400	$M2_i = 21.0941 - 18.7571 / LCI_i$	0.3319

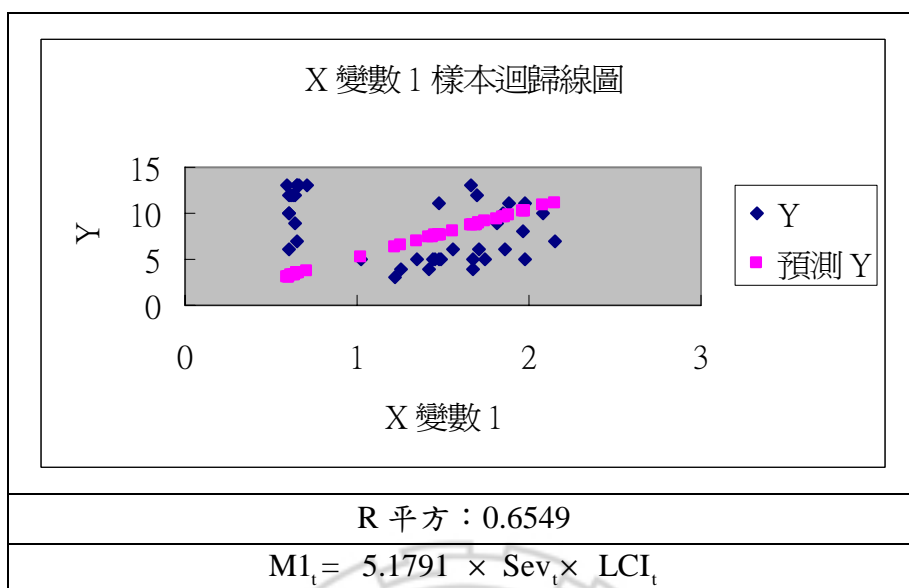
表 1-11 模式彙整表(四車道封閉二車道-中流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
91	$M1_i = 2.6208 \times Sev_i \times LCI_i$	0.6665	$M2_i = 41.8023 - 42.716 / LCI_i$	0.5765
92	$M1_i = 3.2804 \times Sev_i \times LCI_i$	0.5700	$M2_i = 79.8093 - 85.1233 / LCI_i$	0.5283
93	$M1_i = 2.3507 \times Sev_i \times LCI_i$	0.6016	$M2_i = 29.0529 - 28.8778 / LCI_i$	0.2463
94	$M1_i = 4.2668 \times Sev_i \times LCI_i$	0.8009	$M2_i = 25.0092 - 19.7763 / LCI_i$	0.5384
95	$M1_i = 3.9787 \times Sev_i \times LCI_i$	0.9126	$M2_i = 23.0928 - 20.1896 / LCI_i$	0.4354
96	$M1_i = 4.0381 \times Sev_i \times LCI_i$	0.9177	$M2_i = 19.7895 - 16.8085 / LCI_i$	0.3098
97	$M1_i = 3.3281 \times Sev_i \times LCI_i$	0.9548	$M2_i = 23.0223 - 19.8345 / LCI_i$	0.6120
98	$M1_i = 4.1584 \times Sev_i \times LCI_i$	0.9157	$M2_i = 17.6233 - 11.2572 / LCI_i$	0.2210
99	$M1_i = 4.3492 \times Sev_i \times LCI_i$	0.9315	$M2_i = 18.3586 - 14.8344 / LCI_i$	0.3649

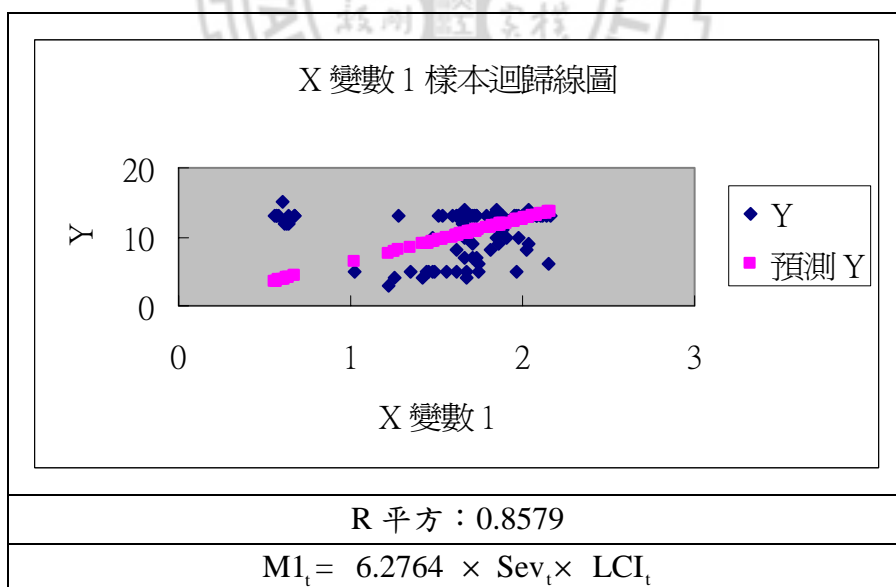
表 1-12 模式彙整表(四車道封閉二車道-低流量)

情境編號	受影響路段數遞增模式	R 平方	受影響路段數遞減模式	R 平方
100	$M1_t = 1.3817 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6668	$M2_t = 23.1555 - 21.6872 / LCI_t$	0.8632
101	$M1_t = 2.1259 \times Sev_t \times LCI_t$	0.5718	$M2_t = 79.6774 - 77.4323 / LCI_t$	0.9519
102	$M1_t = 2.2874 \times Sev_t \times LCI_t$	0.4026	$M2_t = 78.7043 - 74.822 / LCI_t$	0.6863
103	$M1_t = 2.1024 \times Sev_t \times LCI_t$	0.6734	$M2_t = 19.3177 - 19.1503 / LCI_t$	0.8915
104	$M1_t = 3.9135 \times Sev_t \times LCI_t$	0.4859	$M2_t = 88.5877 - 81.1802 / LCI_t$	0.5376
105	$M1_t = 3.6005 \times Sev_t \times LCI_t$	0.5605	$M2_t = 32.5503 - 28.5762 / LCI_t$	0.6828
106	$M1_t = 4.1943 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8657	$M2_t = 21.8374 - 8.4990 / LCI_t$	0.1752
107	$M1_t = 4.1666 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8043	$M2_t = 37.3413 - 26.7883 / LCI_t$	0.2978
108	$M1_t = 4.3352 \times Sev_t \times LCI_t$	0.8102	$M2_t = 34.2258 - 24.5208 / LCI_t$	0.1336

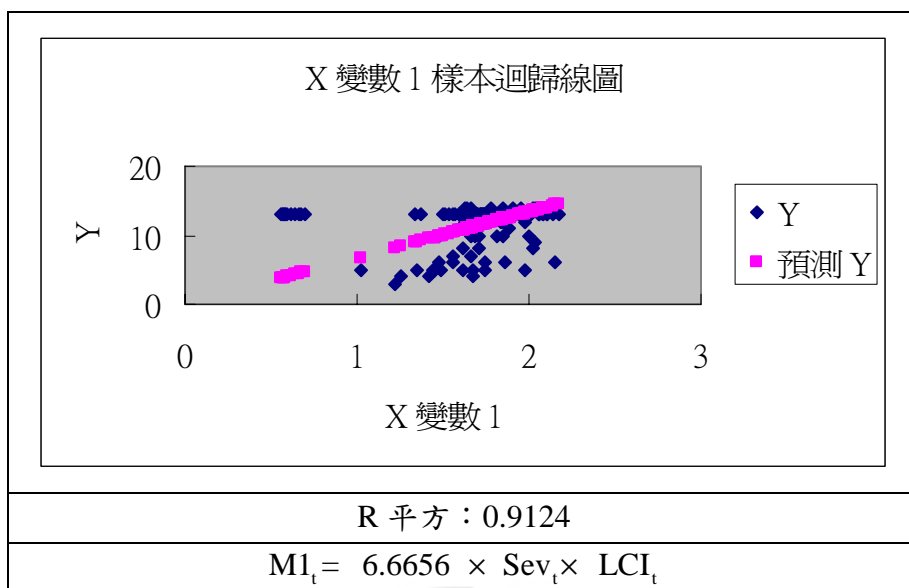
說明：M1 模式中，X 為 Sev 與 LCI 相乘後之數值，Y 為受影響路段數。



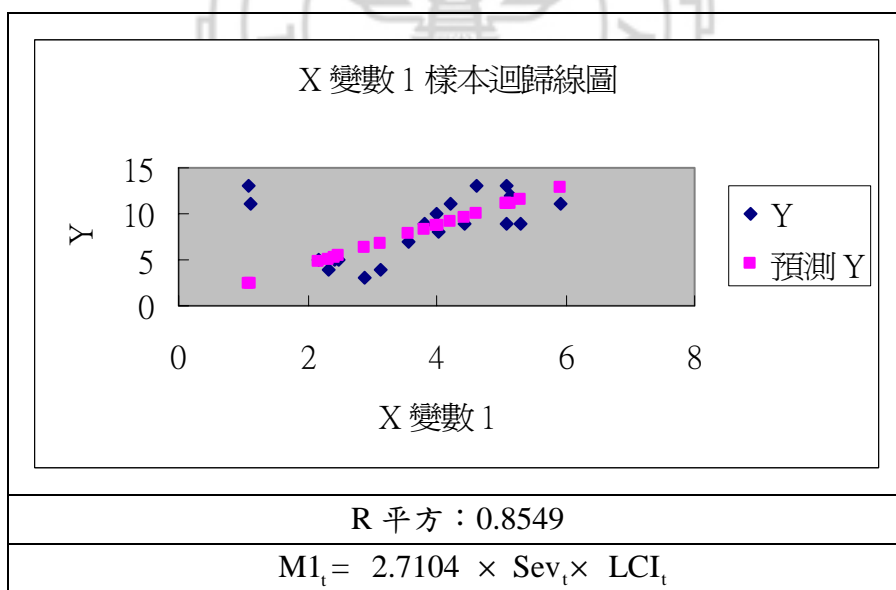
M1-1 模式之線性迴歸



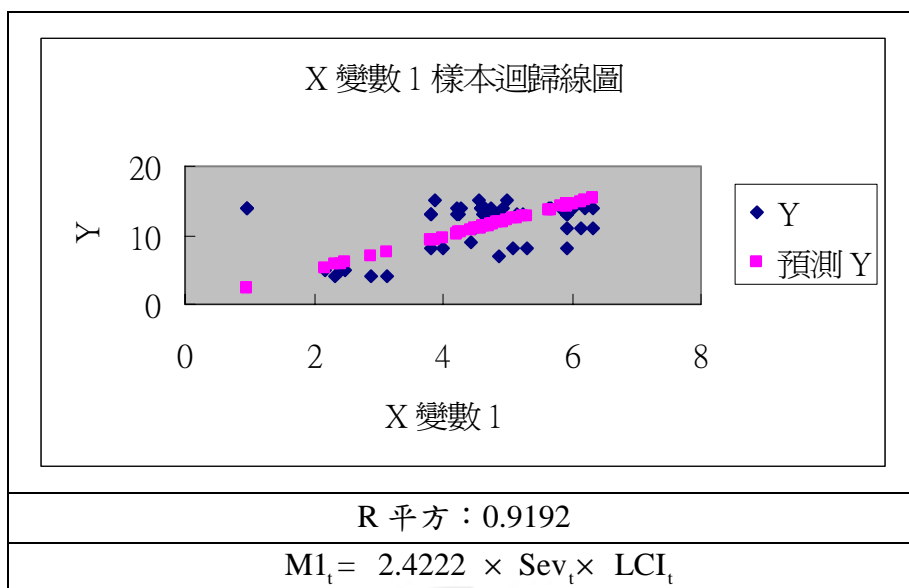
M1-2 模式之線性迴歸



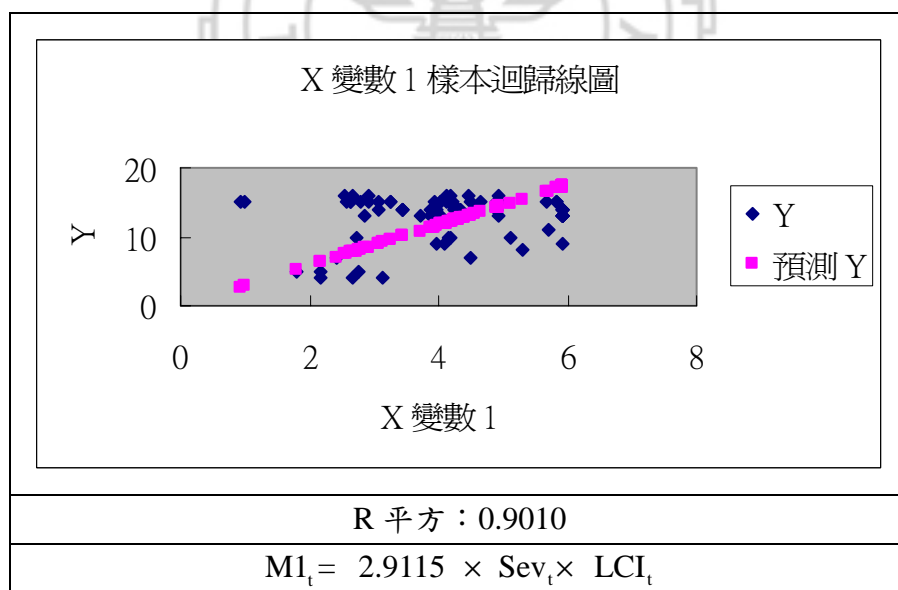
M1-3 模式之線性迴歸



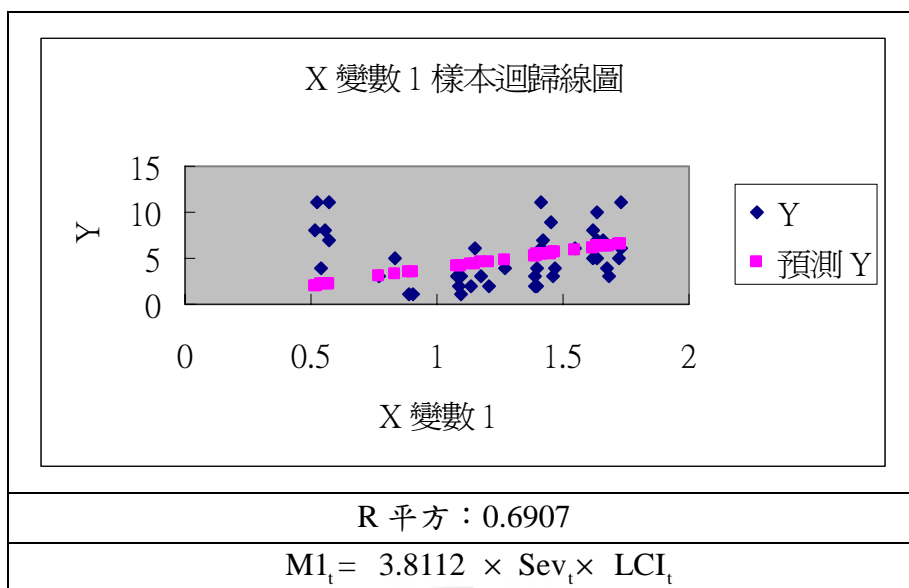
M1-4 模式之線性迴歸



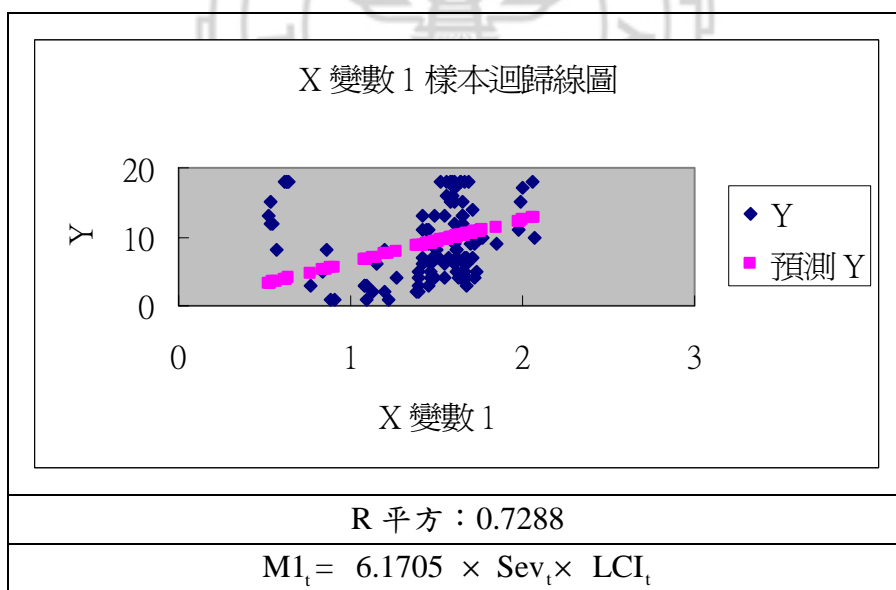
M1-5 模式之線性迴歸



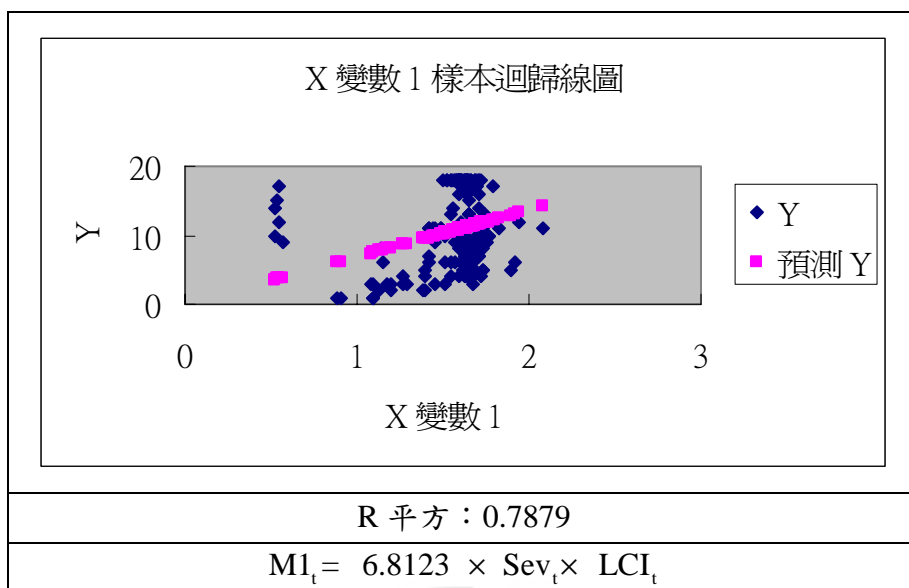
M1-6 模式之線性迴歸



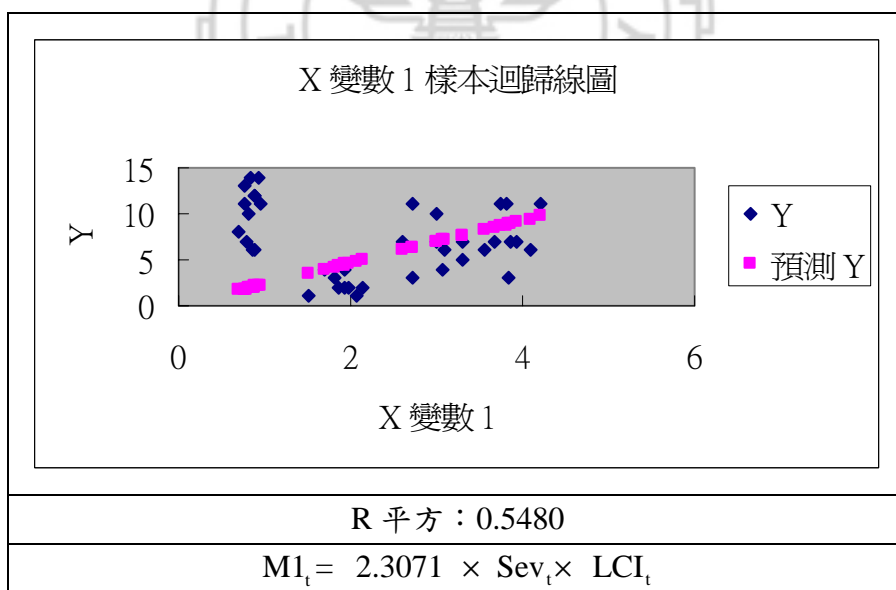
M1-7 模式之線性迴歸



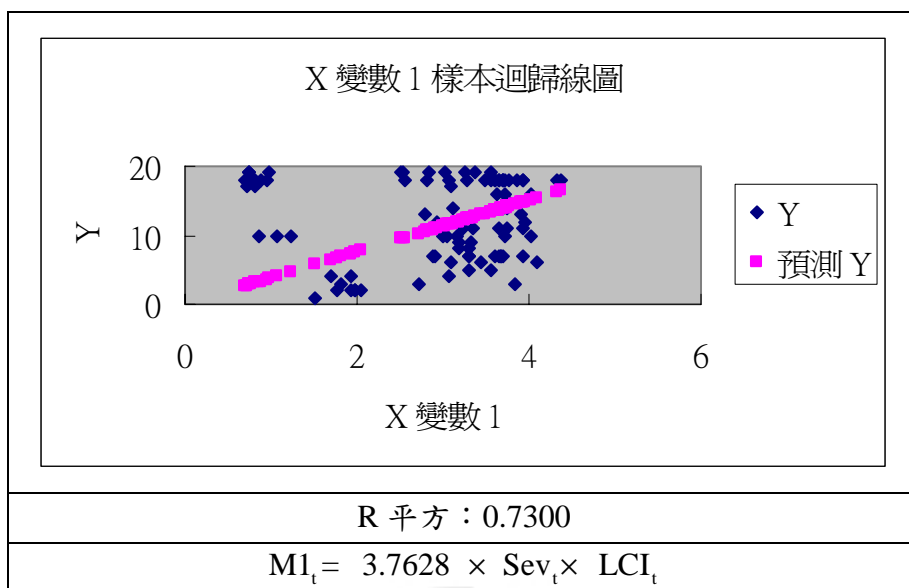
M1-8 模式之線性迴歸



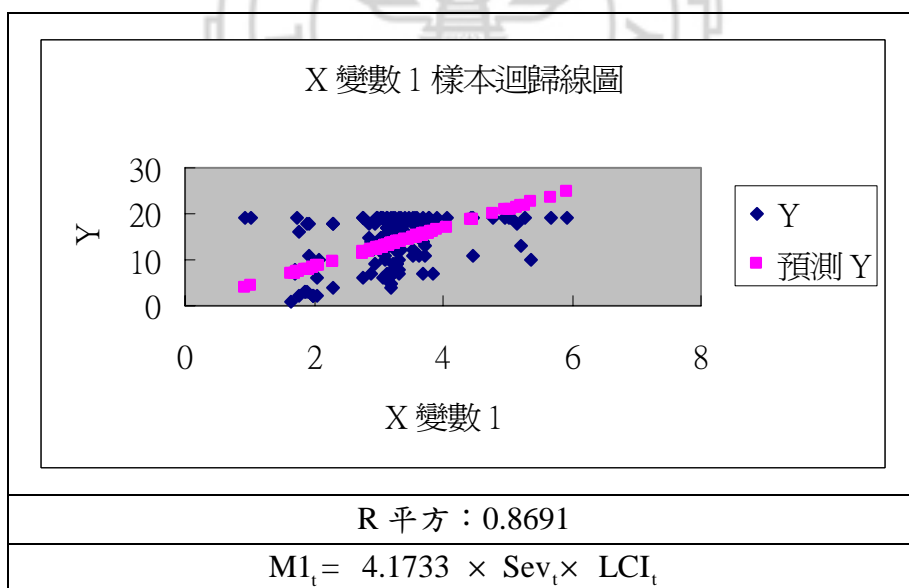
M1-9 模式之線性迴歸



M1-10 模式之線性迴歸

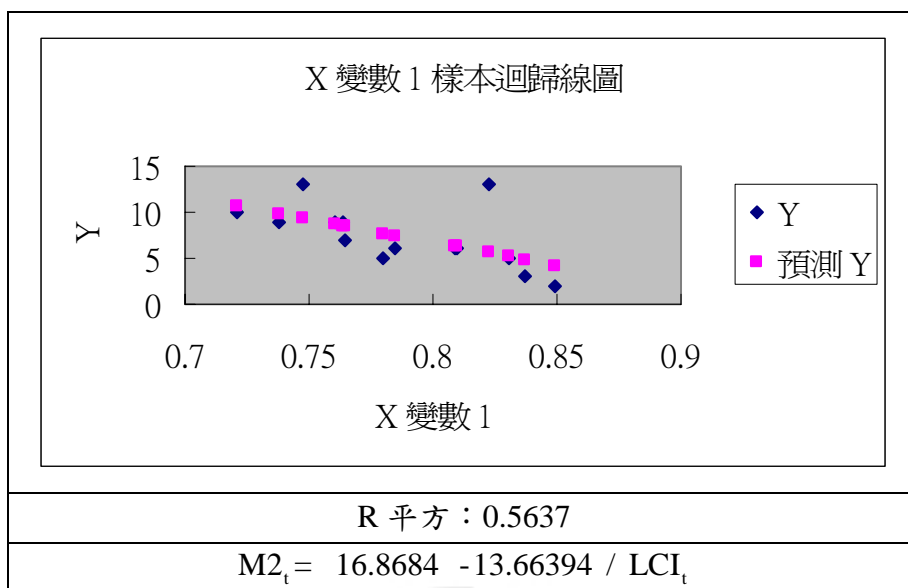


M1-11 模式之線性迴歸

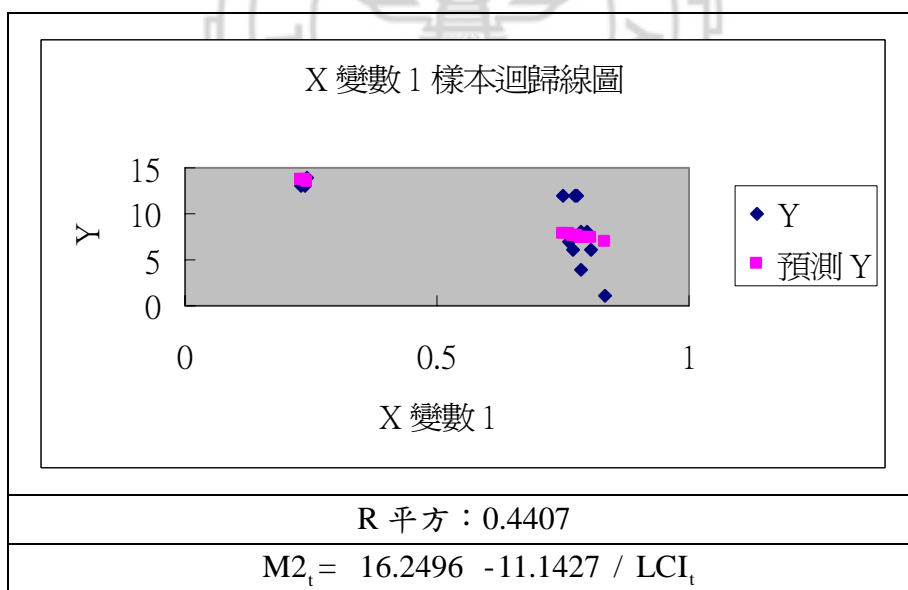


M1-12 模式之線性迴歸

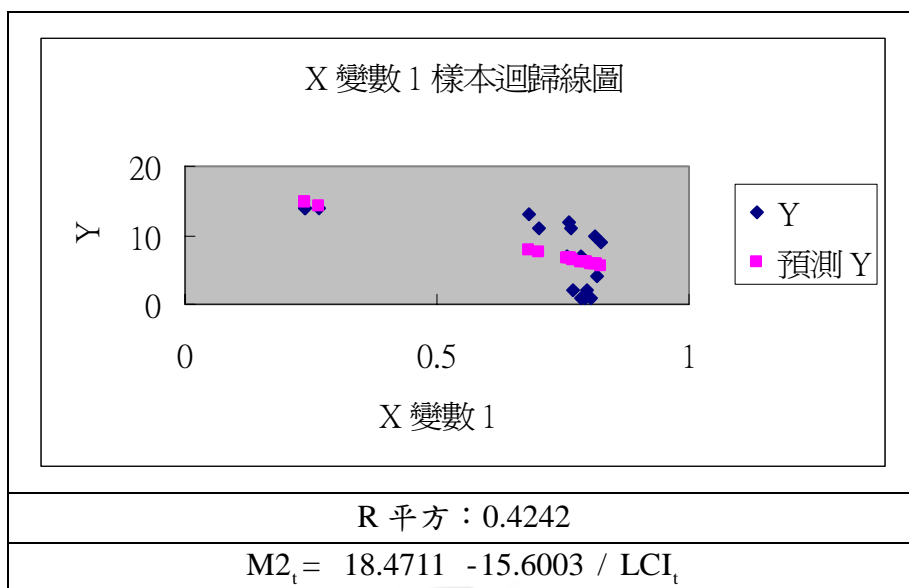
說明 2：M2 模式中，X 為 LCI 變數，Y 為受影響路段數。



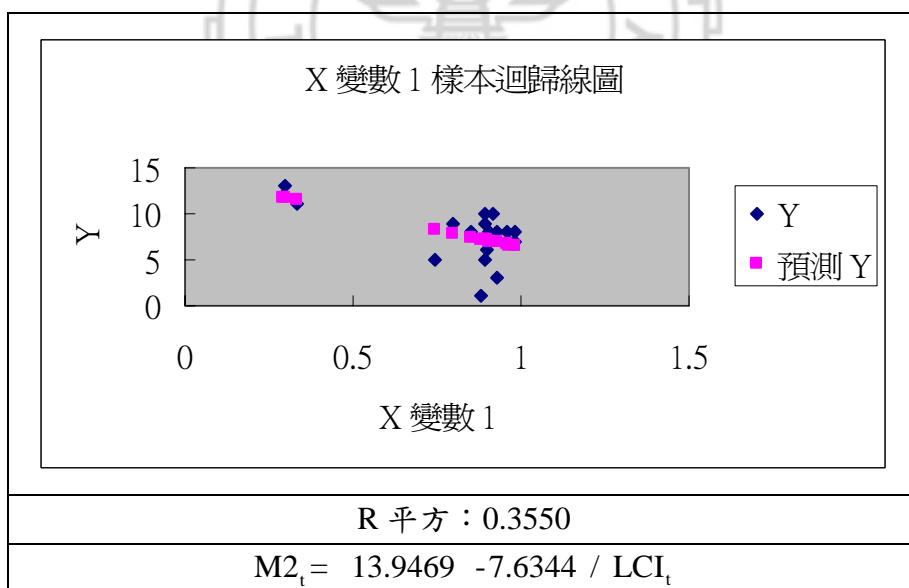
M2-1 模式之線性迴歸



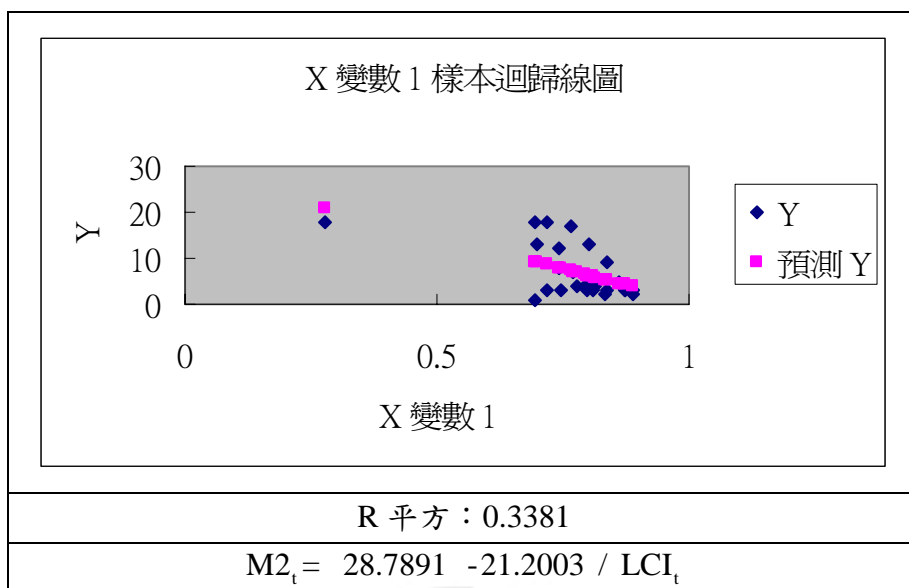
M2-2 模式之線性迴歸



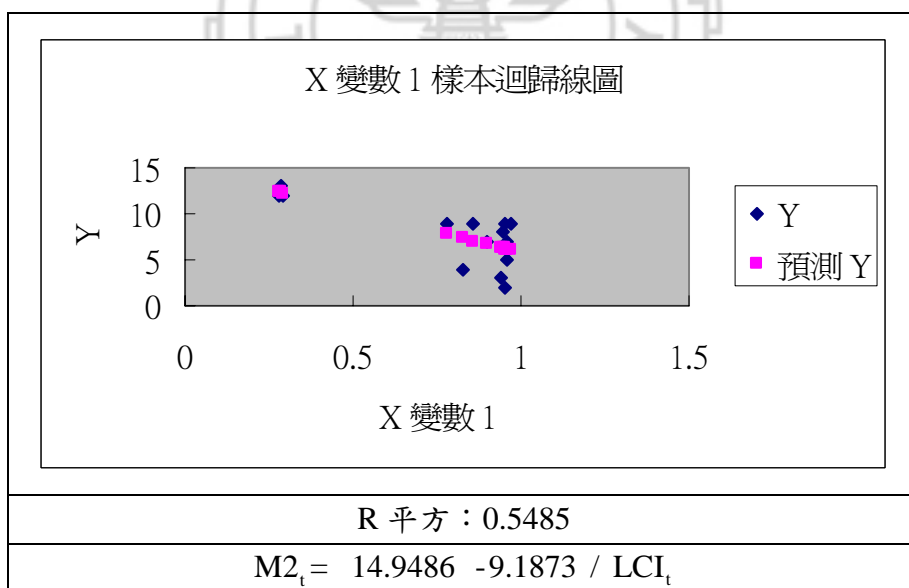
M2-3 模式之線性迴歸



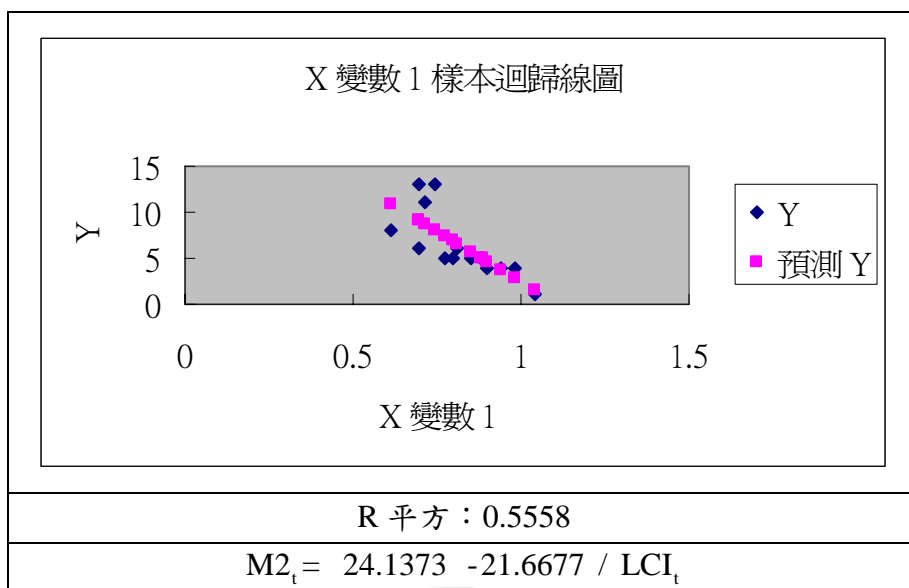
M2-4 模式之線性迴歸



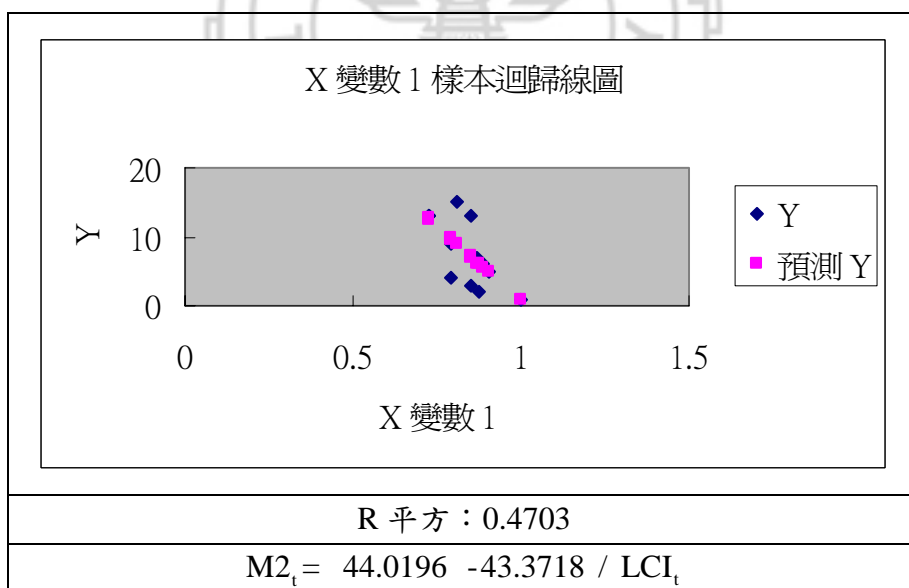
M2-5 模式之線性迴歸



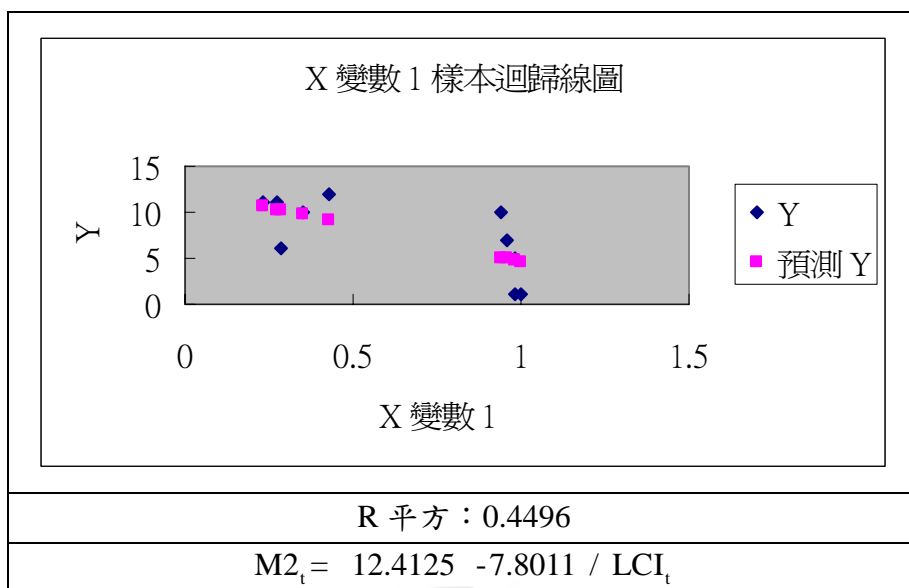
M2-6 模式之線性迴歸



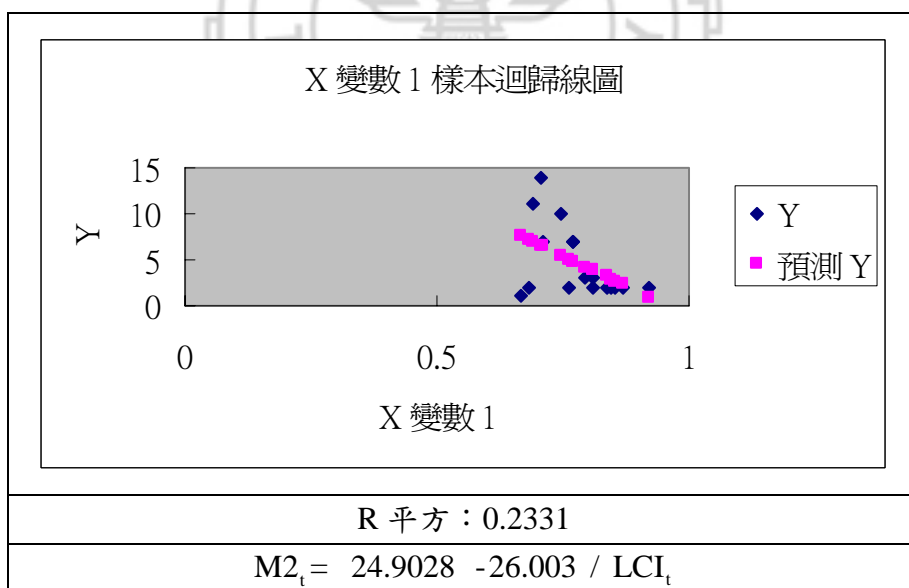
M2-7 模式之線性迴歸



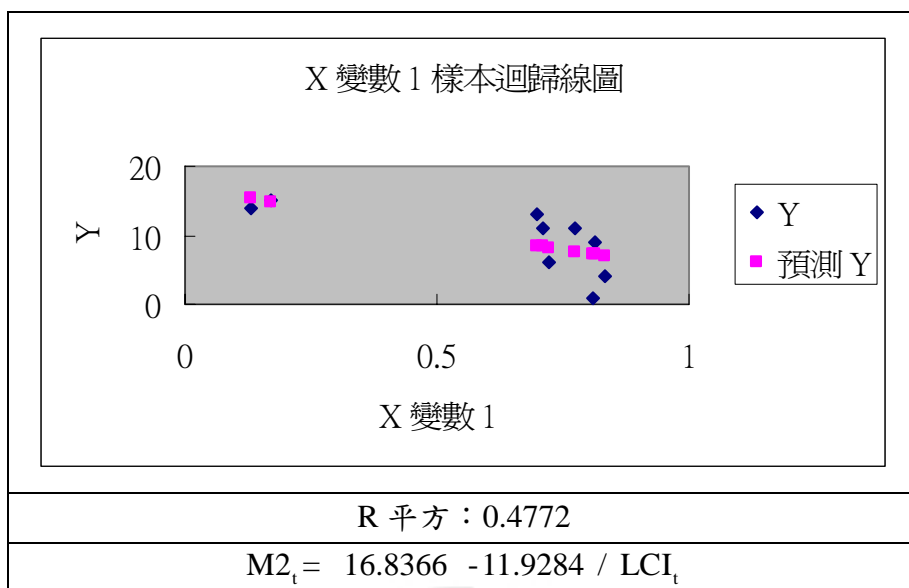
M2-8 模式之線性迴歸



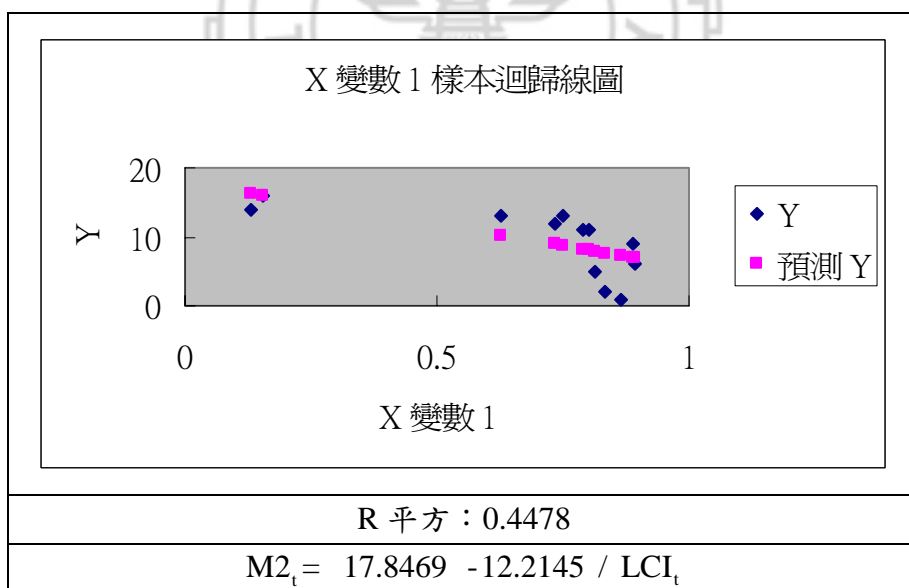
M2-9 模式之線性迴歸



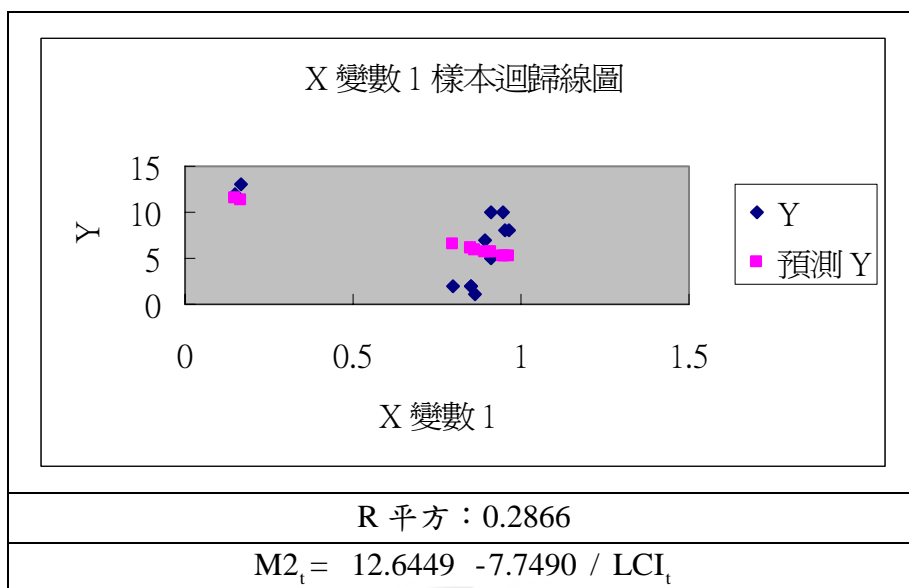
M2-10 模式之線性迴歸



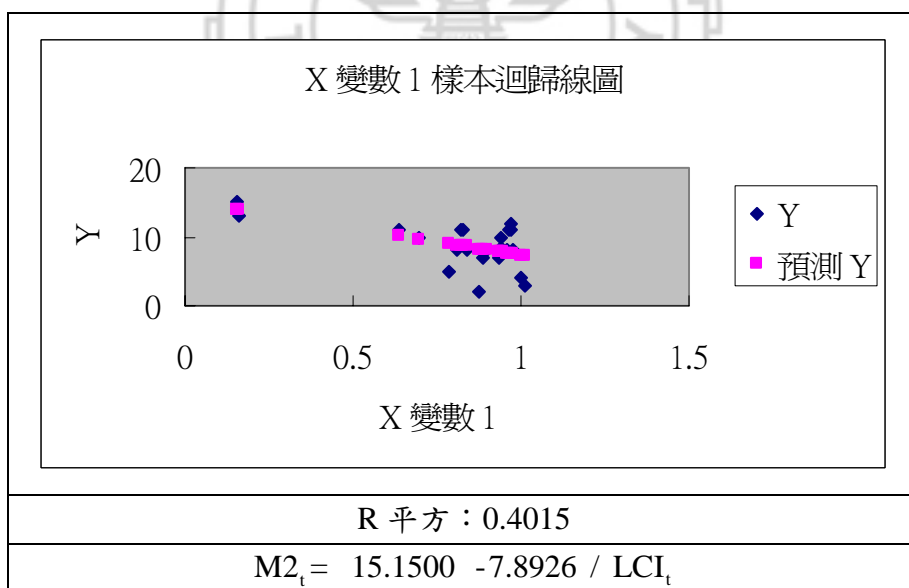
M2-11 模式之線性迴歸



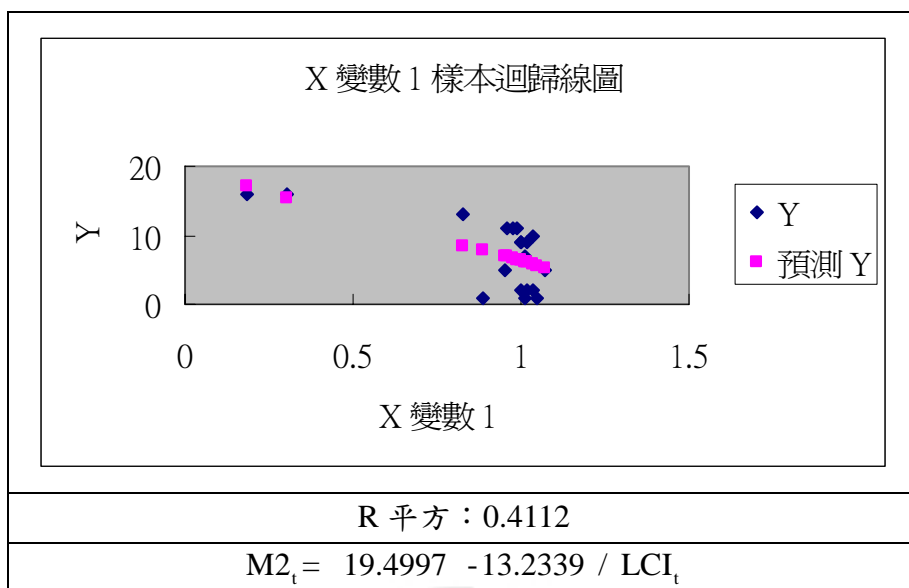
M2-12 模式之線性迴歸



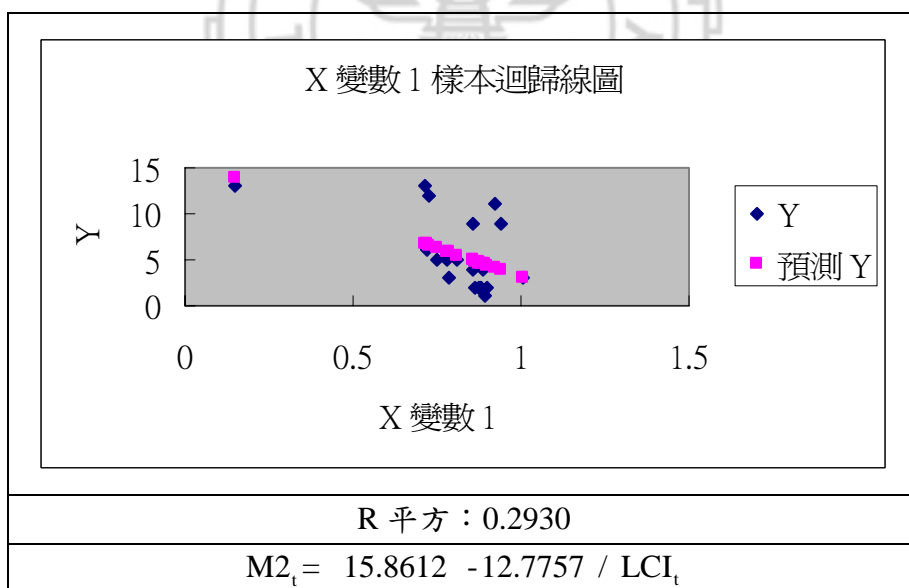
M2-13 模式之線性迴歸



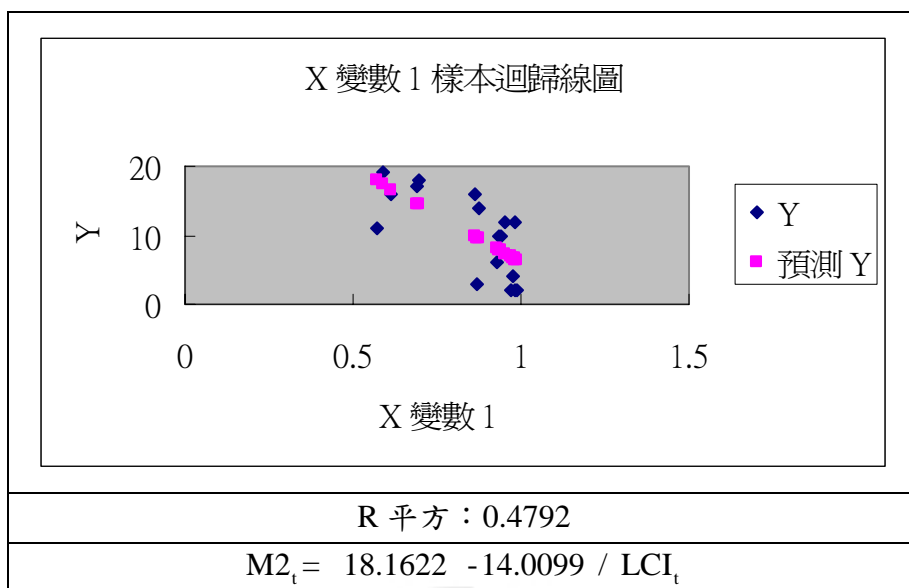
M2-14 模式之線性迴歸



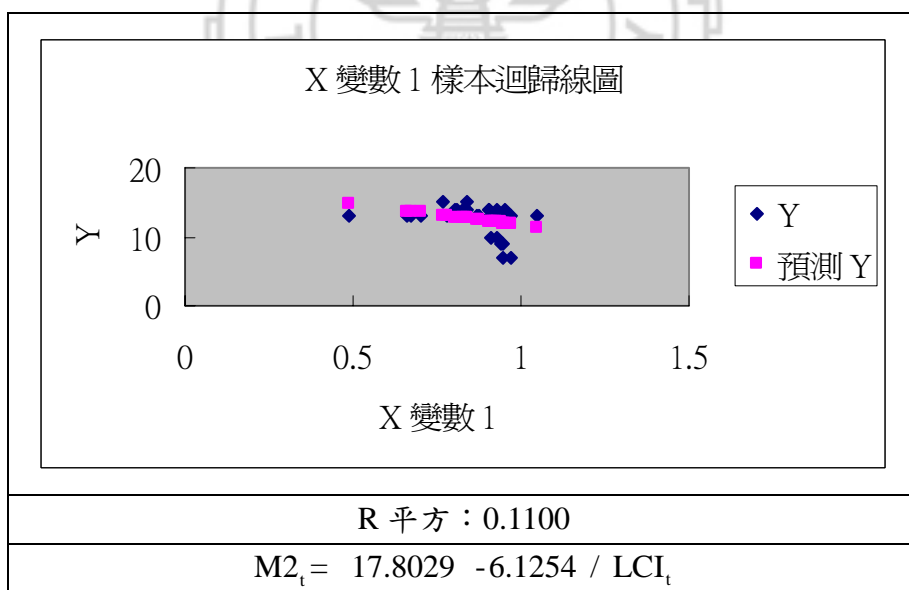
M2-15 模式之線性迴歸



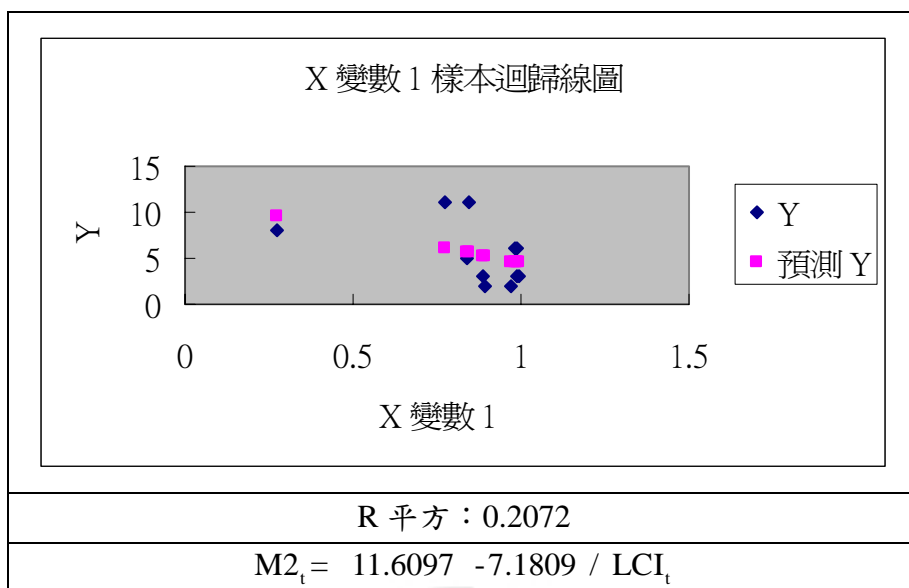
M2-16 模式之線性迴歸



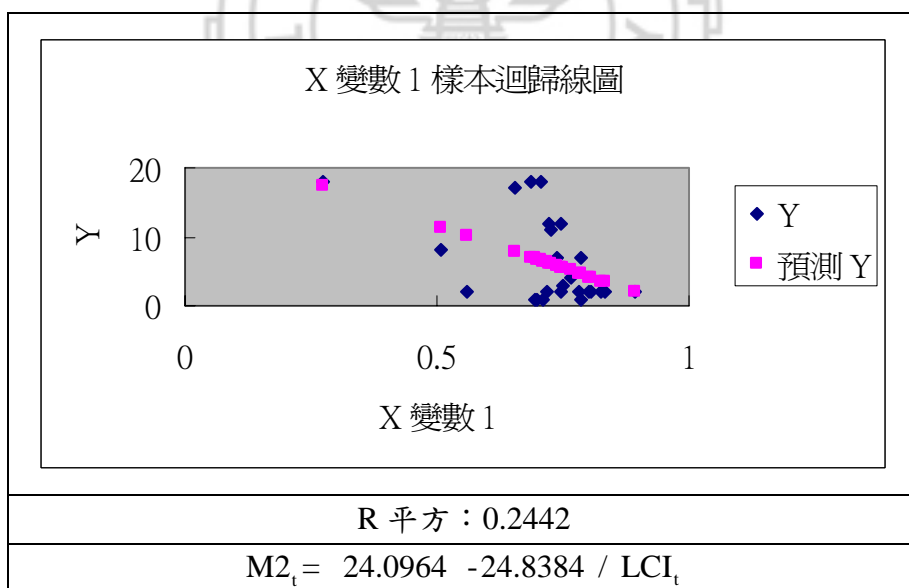
M2-17 模式之線性迴歸



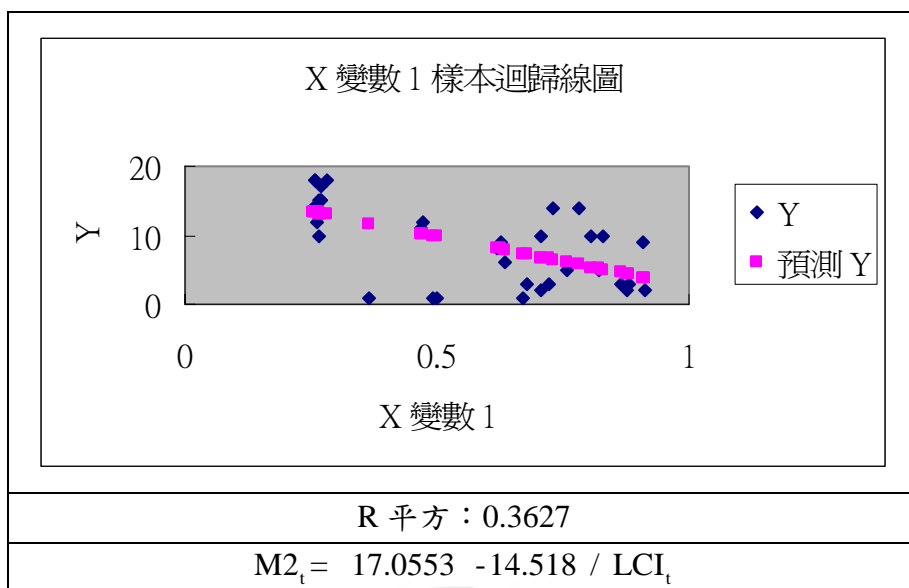
M2-18 模式之線性迴歸



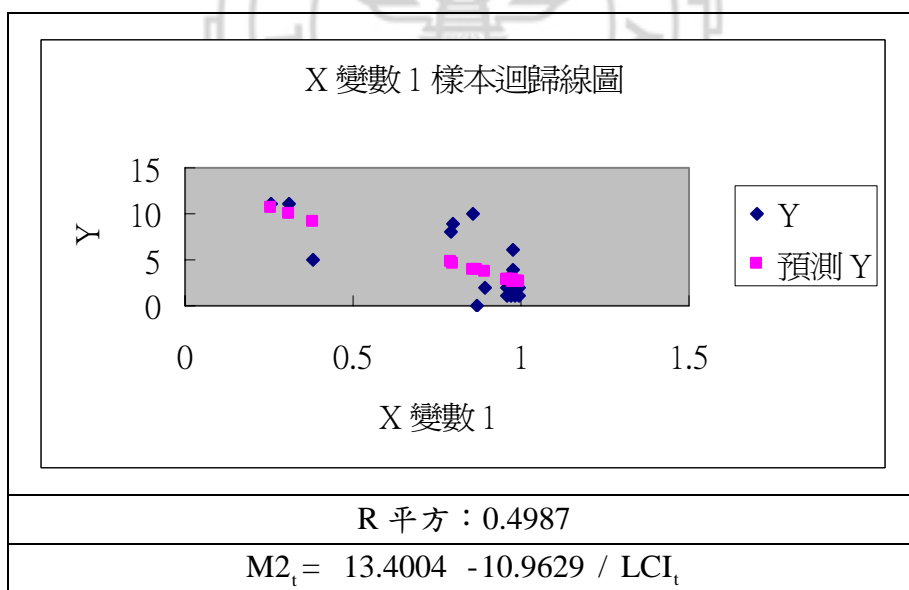
M2-19 模式之線性迴歸



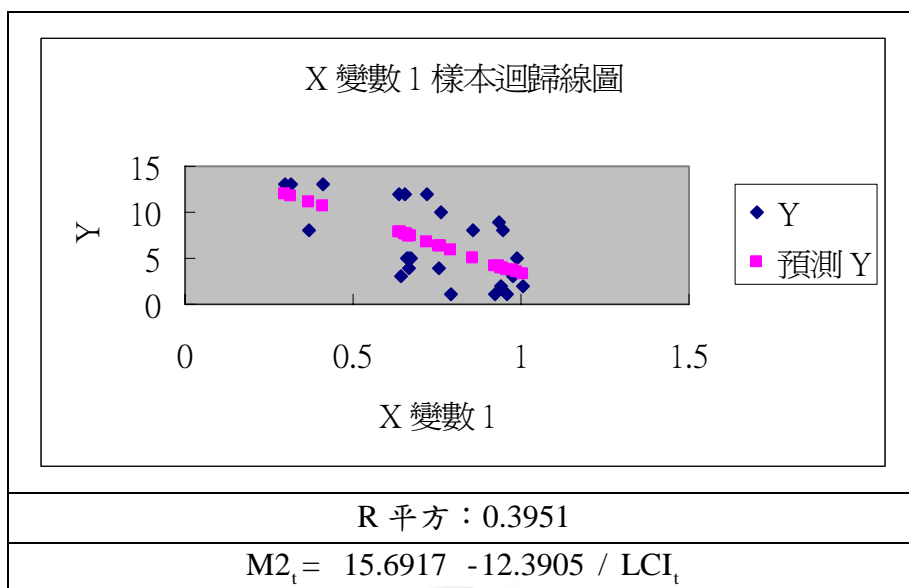
M2-20 模式之線性迴歸



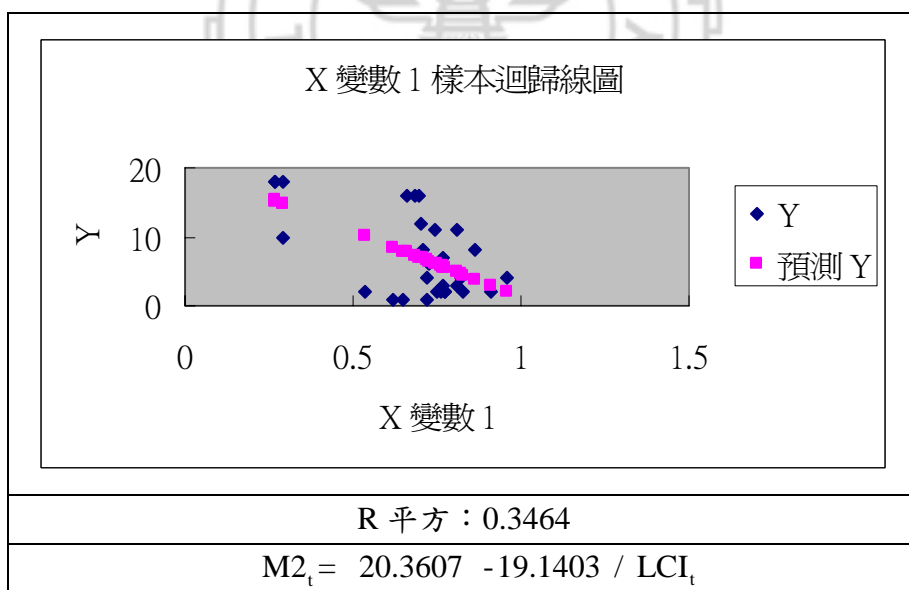
M2-21 模式之線性迴歸



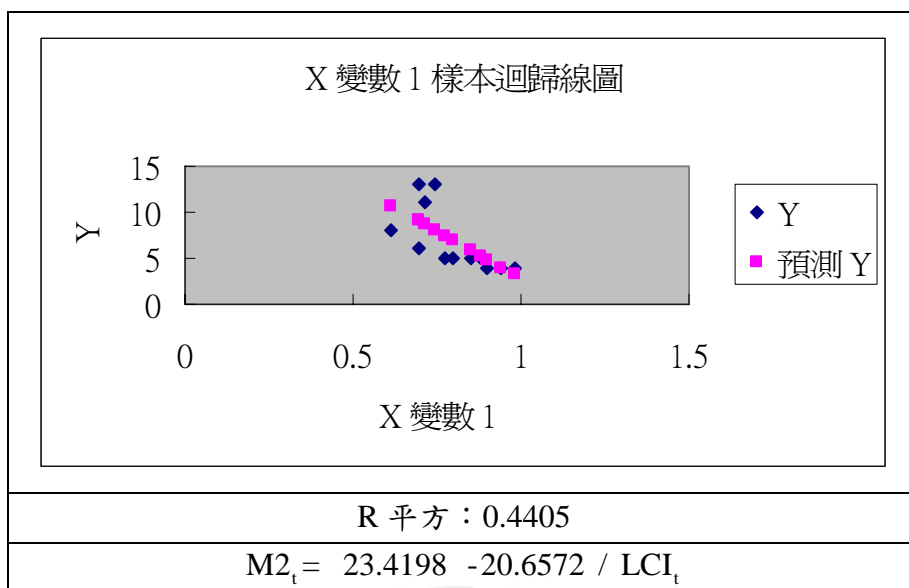
M2-22 模式之線性迴歸



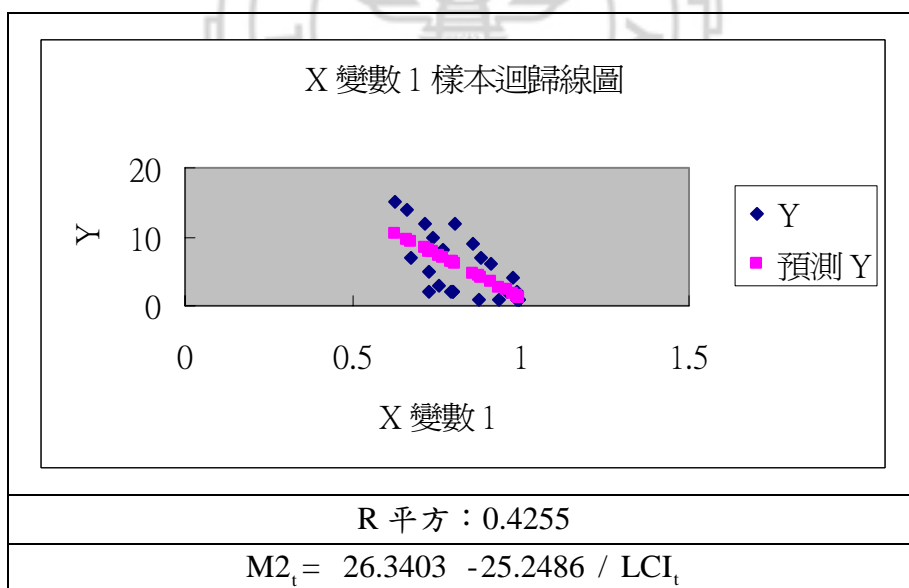
M2-23 模式之線性迴歸



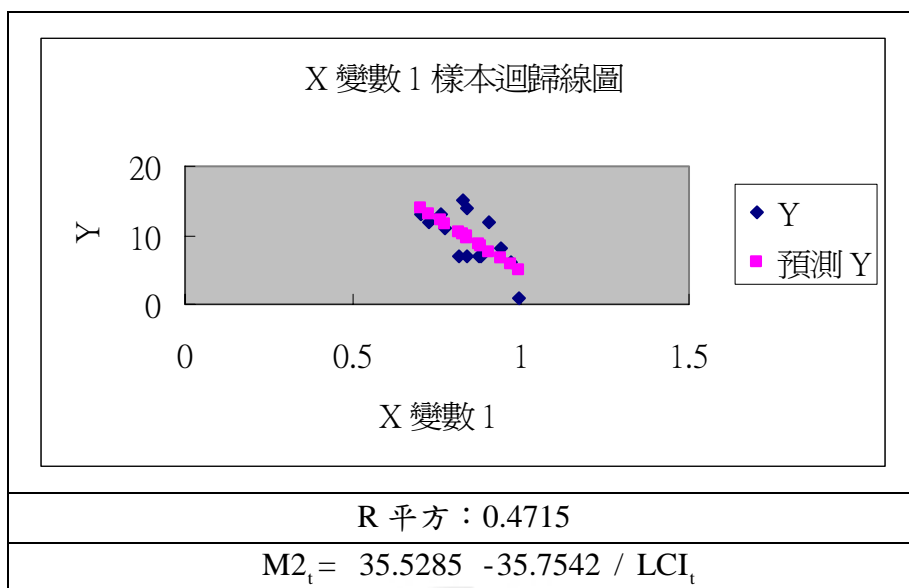
M2-24 模式之線性迴歸



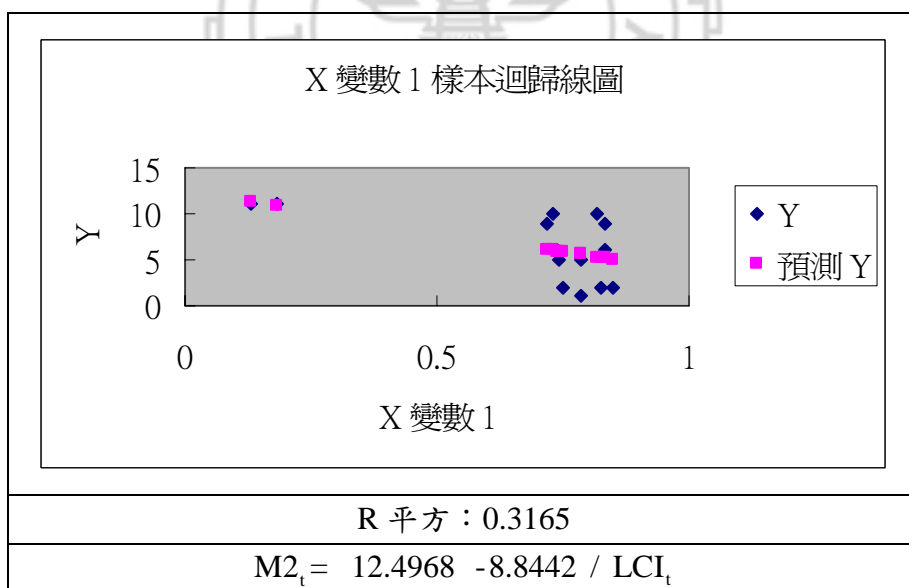
M2-25 模式之線性迴歸



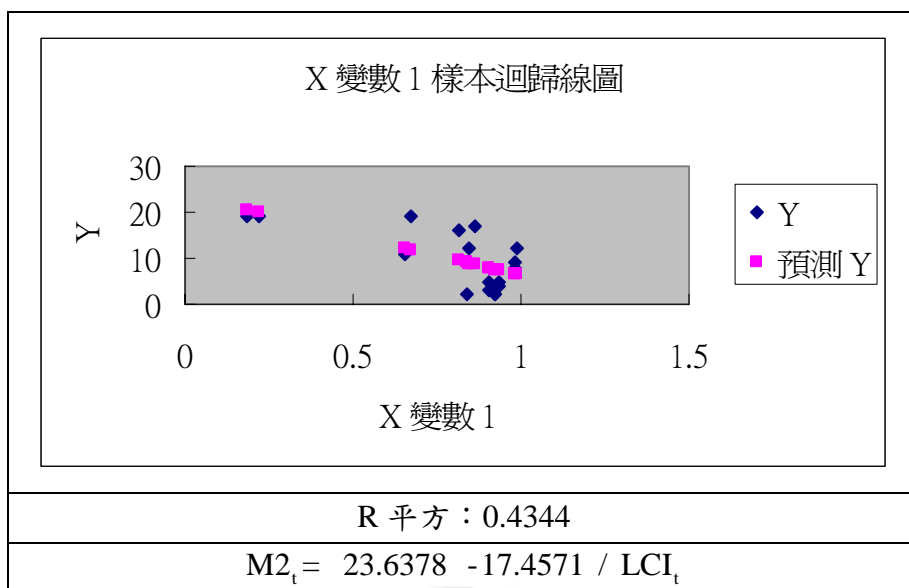
M2-26 模式之線性迴歸



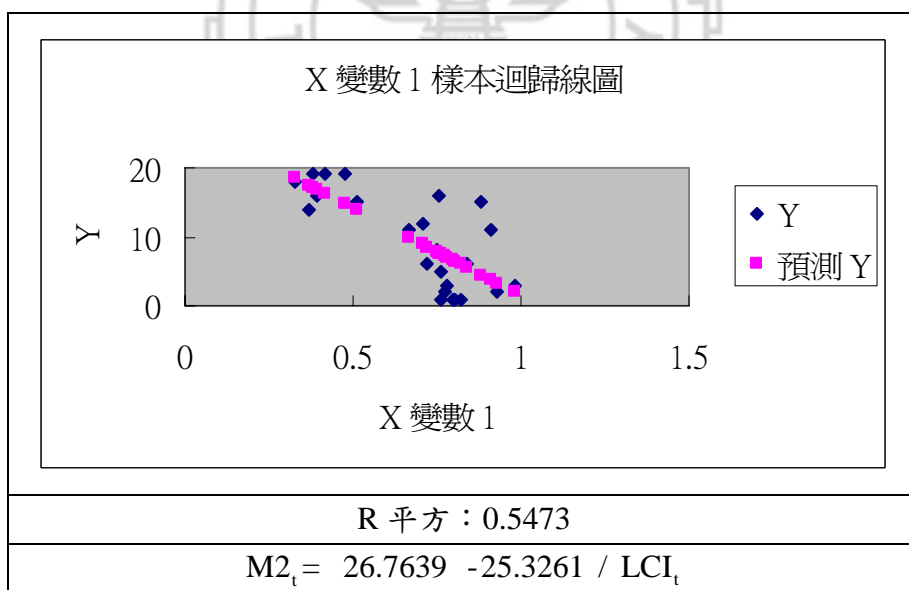
M2-27 模式之線性迴歸



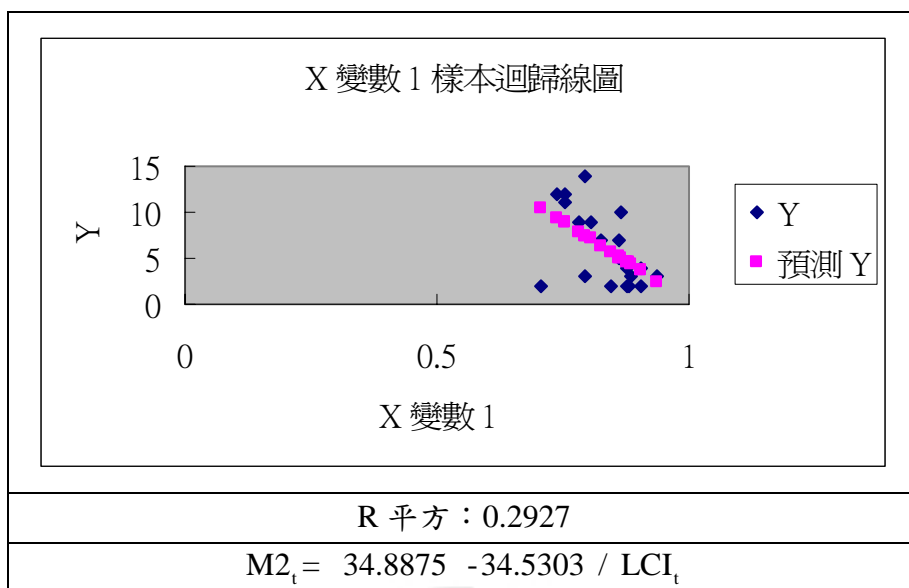
M2-28 模式之線性迴歸



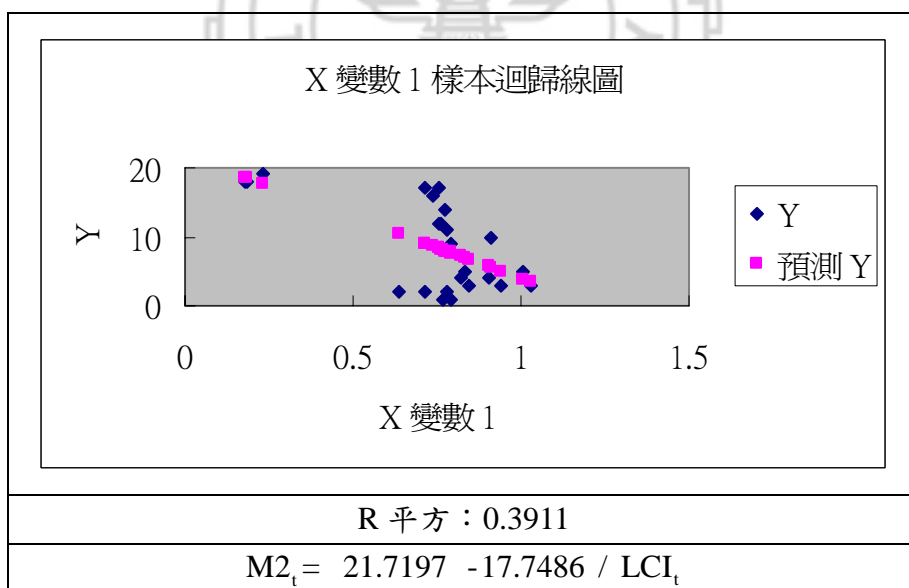
M2-29 模式之線性迴歸



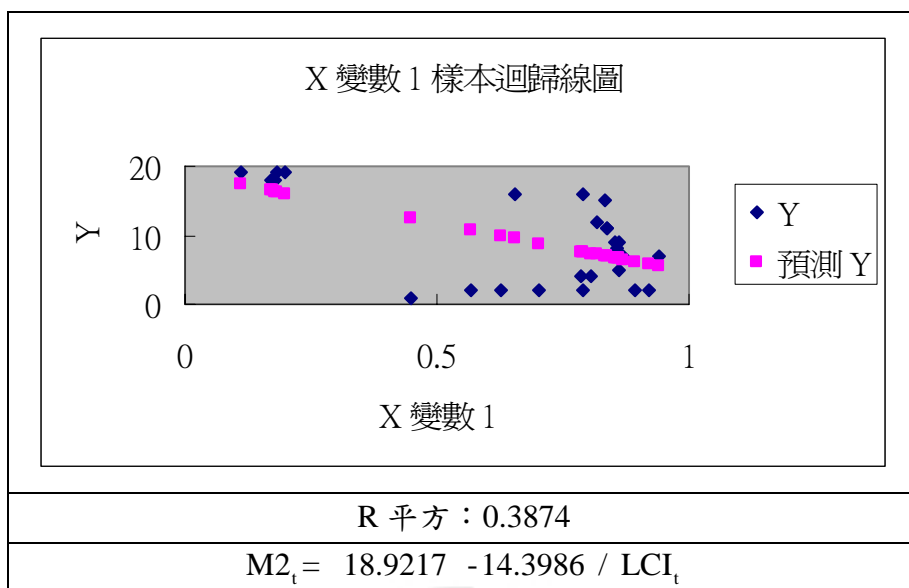
M2-30 模式之線性迴歸



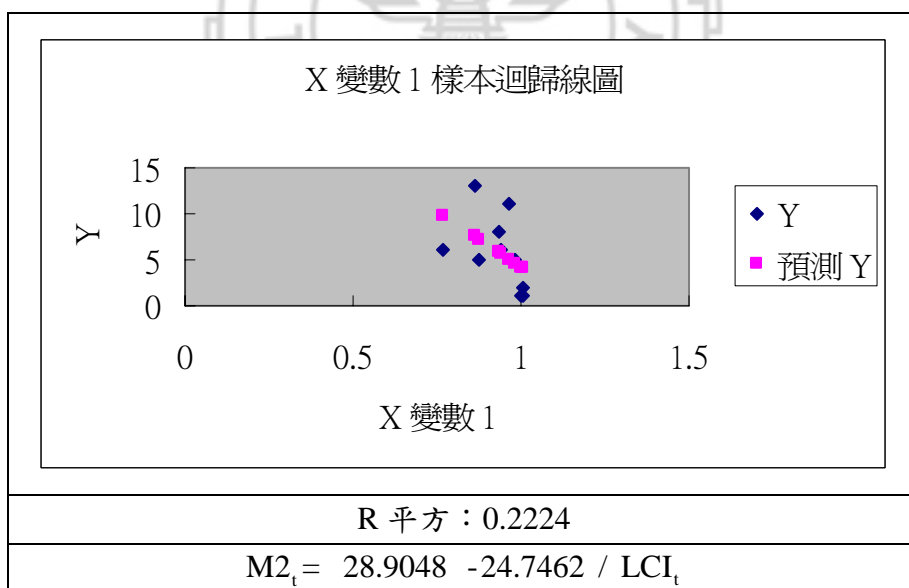
M2-31 模式之線性迴歸



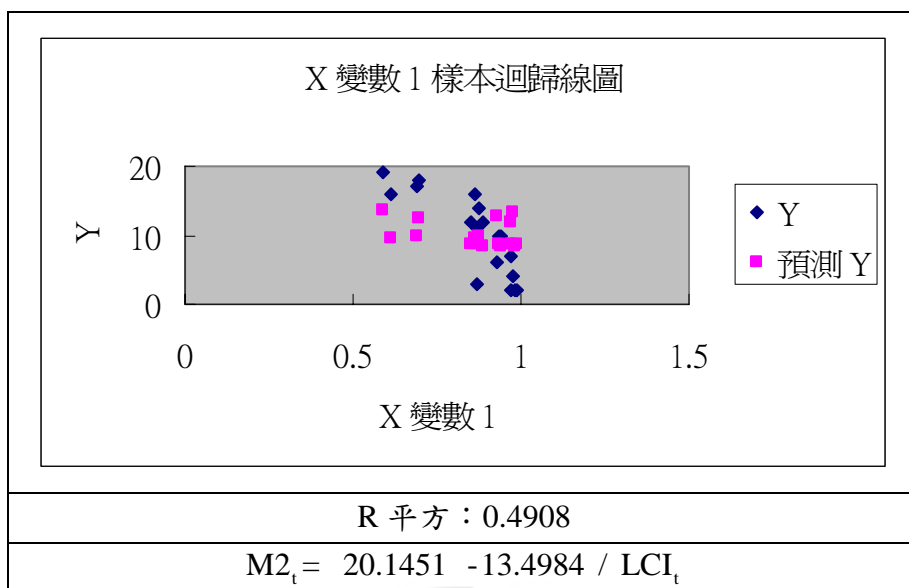
M2-32 模式之線性迴歸



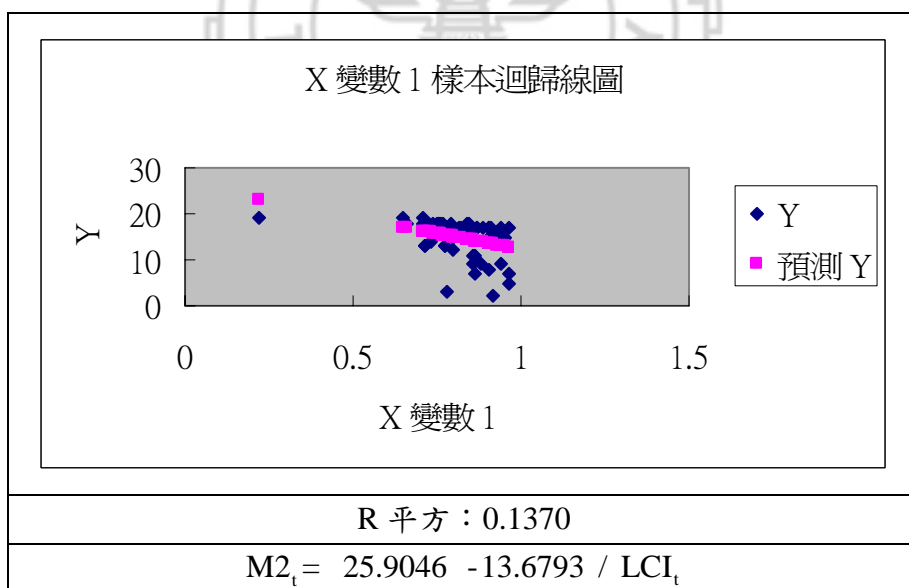
M2-33 模式之線性迴歸



M2-34 模式之線性迴歸



M2-35 模式之線性迴歸



M2-36 模式之線性迴歸

附表 3.1 中流量(93 年 12 月 6 日下午尖峰流量) 起訖表

起/迄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	974	0	534	0	0	323	0	518	0	2671
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	98	0	0	59	0	95	0	490
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	28	0	45	0	229
6	0	0	0	0	0	0	33	0	53	0	273
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	105	0	544
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	539
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表 3.2 中流量(93 年 12 月 9 日下午尖峰流量) 起訖表

起/迄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	889	0	502	0	0	299	0	604	0	2307
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	86	0	0	38	0	69	0	429
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	34	0	51	0	189
6	0	0	0	0	0	0	42	0	39	0	211
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	113	0	485
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	396
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表 3.3 中流量(93 年 12 月 12 日下午尖峰流量) 起訖表

起/迄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	1125	0	610	0	0	318	0	572	0	2709
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	107	0	0	68	0	86	0	514
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	44	0	65	0	203
6	0	0	0	0	0	0	43	0	73	0	228
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0	401
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	523
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0