

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：羅孝賢 博士

因應不同交通資訊需求下偵測器佈設位置之研究

A Study for the Location of Detectors under Various
Needs of Traffic Information

研究生：彭遠凱 撰

中華民國 95 年 6 月

論文名稱：因應不同交通資訊需求下偵測器佈設位置之研究

頁數：128

校系（所）組別：私立淡江大學 運輸管理學系運輸科學碩士班

畢業時間及提要別：94 學年度第 2 學期碩士學位論文提要

研究生：彭遠凱

指導教授：羅孝賢 博士

論文提要內容：

近年來智慧型運輸系統(Intelligent Transport Systems, ITS)對於改善交通擁擠問題、節省能源及提升運輸安全已有顯著的成效。其中，先進交通管理系統(Advanced Transportation Management Systems, ATMS)一直是 ITS 發展的核心，主要功能與服務為即時偵測與交通控制；但隨著用路人對於運輸品質要求逐漸提升，先進旅行者資訊系統(Advanced Traveler Information Systems, ATIS)亦成為近年來 ITS 發展的重點項目，主要功能與服務為提供用路人有效且正確的即時交通資訊。未來若能將 ATMS 與 ATIS 兩系統進行資訊整合，除可有效執行擬定之交通控制策略外，亦能同時提供正確的即時交通資訊給用路人。其中，蒐集即時交通資料為運輸智慧化之基礎，負責資料蒐集之車輛偵測器，包含其設置條件、佈設位置、參數資訊、以及如何提供有效正確的交通資訊給用路人等，即為本研究欲探討之課題。

本研究構建之旅行時間推估模式，包含路段旅行時間部分和路口延滯部分。目前常見的旅行時間演算法主要包括車流理論、統計分析，以及人工智慧等方法，各方法均有其限制條件和不同的輸入、輸出項。本研究選取理論基礎完整、操作簡單的巨觀車流理論，進行旅行時間推估。一般路口延滯公式多以估計停等延滯為主，本研究加入臨近路段延滯(Approach Delay)觀念，進一步探討在不同交通情境下，延滯公式之適用性。藉由系統化的分析，找出適合台灣地區都市幹道應用之旅行時間推估模式。

此外，偵測器佈設位置對於模式績效的影響甚鉅，本研究透過實驗設計方法，以旅行時間推估模式為基準，分別從流量等級、路段長度分析因應不同交通資訊需求下的偵測器佈設準則，藉此找出適合本土的都市幹道路段路徑旅行時間推估模式及偵測器佈設位置，以提供用路人可靠的交通資訊。

模式數值分析結果顯示，旅行時間推估模式以Oh模式配合不同交通情境下的適用延滯公式之績效最佳，整體路段平均MAPE值約為 15%左右。偵測器佈設組數以單一偵測器獲得之整體推估績效較為穩定且一致。而偵測器佈設位置方面，在高、中低流量以及長、短路段中，皆以佈設於路段中游處為佳。在部分特定的交通情境下，有其折衷設置存在，即該區域內設置偵測器能同時因應交控需求，亦能滿足用路人資訊需求。此外，部分路段在加入交控偵測器後可提高模式之準確性以及推估績效，但是改善幅度不大，鑑於偵測器成本昂貴，在成本效益考量下，原則上一路段以佈設一組車輛偵測器為宜。最後，本研究歸納出在因應不同交通資訊需求的情況下之偵測器佈設準則，期供交通管理單位實務應用之參考。

關鍵詞：先進交通管理系統、先進旅行者資訊系統、旅行時間、車輛偵測器、巨觀車流理論、偵測器佈設位置

Title of Thesis

Total Pages:128

A Study for the Location of Detectors under Various Needs of Traffic Information

Keywords: Advanced Transportation Management Systems, Advanced Traveler Information Systems, Travel time, Vehicle detector, Macroscopic traffic flow theory, Location of detectors

Name of Institute:

Graduate Institute of Transportation Science, Tamkang University

Graduate Date: June 2006

Degree Conferred: Master Degree

Name of Student: Yuan-Kai Peng
彭遠凱

Advisor: Dr. Shiau- Shian Luo
羅孝賢 博士

Abstract:

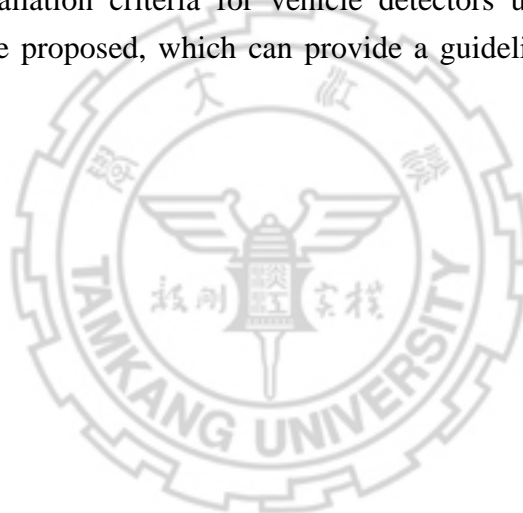
Due to the rapid development of intelligent transport systems (ITS), there are apparent effects on improving traffic jam issues, saving energy and promoting safety of transportation in recent years. Among them, Advanced Transportation Management Systems (ATMS), has been the core of development in ITS all the time. The main functions include real time traffic flow detection and traffic control related activities. In addition, Advanced Traveler Information Systems (ATIS) also become the key item of development in ITS. If the information of ATMS and ATIS can be integrated in the future, it besides can carry out the traffic control strategies effectively, also can provide correct traffic information to road users at the same time.

A macroscopic traffic flow model is established to estimate travel time in this study. In addition, this study joins the concept of approach delay to discuss suitability of intersection delay models under various traffic situations. With systematic analysis, this study intends to develop a travel time estimation model that is suitable for urban arterials of Taiwan.

An experimental design was conducted for travel time estimation by using the control factors, such as level of flow and the length of link to analyze the criteria for vehicle detectors allocation under various needs of traffic information. For which can verify the travel time estimation models and the location of detectors that is suitable for urban arterials.

The MAPE values were calculated to evaluate the proposed travel time estimation models and the installation criteria for vehicle detectors. In the issues of travel time estimation, the results were promising in view of most travel time estimates are statistically accepted. The best models are Oh model to match up the suitable delay models under various traffic situations. The MAPE values are all around 15%. In addition, the estimate performances are shown to be comparatively steady and consistent while installing single detector. The optimal detector location was identified to be about mid-block position from upstream intersection, and under some specific traffic situations, there were trade-off locations for vehicle detectors installation. In addition, link travel time estimates obtained by using pair-wise detectors is slightly better than that of using single vehicle detector, however, in view of the high cost of vehicle detector, it is suggested to install one vehicle detector at most in a single link on urban arterials.

Finally, the installation criteria for vehicle detectors under various needs of traffic information are proposed, which can provide a guideline for reference to the traffic authorities.



誌 謝

果然，致謝是論文完成的最後一個步驟，要把兩年來的心情與點點滴滴的感動寫在一張小小的 A4 紙中，好像比撰寫動輒一百多頁的論文還困難。不要笑喔！我要認真了，你們一定以為我會先講「要感謝的人實在太多了，那就謝天吧！」這種老套的話。當然不會，因為接下來我要將你們一點點出名來，表達我心中最誠摯的感謝。

首先，要感謝恩師 羅孝賢博士，從研一做計畫案到研二撰寫論文，每次的 meeting 都有如沐春風的感覺，因為老師不止在學業上盡心教導，對於學生的做人處事態度更是諄諄教誨，讓我深深體會到「態度決定一切」的道理，另外，老師總是能夠體諒學生的感受，感覺跟老師就像朋友一般親近。寫論文的過程中，老師總是不厭其煩得叮嚀每個重要的步驟與細節，讓學生的論文能如期完成，真的感謝羅老師兩年來的指導與栽培，點點滴滴遠凱都銘記在心。至於在所外口試期間，承蒙中華大學 陳苑蕙教授與國防管理學院 王中允教授撥冗前來惠賜卓見與批評指正，讓學生的論文內容更臻完備。當然，要再特別感謝大學時期的恩師 苑蕙老師的提拔，當初如果沒有老師的栽培，相信我在研究所的路上將會更加艱困。接著，要感謝胡守任老師與劉士仙老師給予學生課業上的指導。最後，更要感謝系上所有老師們在研究所兩年期間傳授寶貴的知識與細心得教導。

接下來要感謝的人，我稱他們為朋友，而不是同學，因為同學只能當兩年，朋友卻是一輩子的。首先，就是同門的百里，我不會忘記和你一起在工館睡了快一個月的日子，這種革命情感得來不易，兩年來也多虧你的照顧，讓我在淡水也可以吃的很開；羅大頭，我的六年好同學，一路走來，你真的幫了我不少忙，感激藏在心中，其實我對你是「愛之深，責之切」，剩下的半年一定要好好加油，不用做給別人看，努力做給自己看；文賢爸與大嫂讓我這個流浪到淡水的遊子第一次有了家的感覺，我愛你們；調酒很好喝的誌嘉對朋友實在沒話說，兩肋插刀的精神，我真的要跟你好好學習；首源是我音樂上的「知音」，能夠和你一起討論爵士樂是一件很舒服的事；巴斯是個心思細膩的性情中人，跟你聊天真的很棒，跟你打 CS 更是暢快；智安，我知道其實你一點都不搞笑，你只是不喜歡看到我們愁眉苦臉，所以犧牲自己，照亮別人；阿吉真的是一個可以跟他說很多心事的朋友，但是我也要跟你說，你真的很棒，所以你要對自己更有信心；文龍是一個要求他幫忙從來不會拒絕的好人，很多事情多虧你才能完成，希望你跟女友一直甜甜蜜蜜下去；我跟 Bug 可以說不打不相識，你人真的很好，我也常常要求你幫忙，你也沒第二句話，祝福你的博士論文可以順順利利，加油！峻昇是個害羞的大男孩，還記得我去年生日那天把你的眼鏡弄壞，真的很抱歉！對了，以後不要再偷偷跑去正德樓下打電動囉，論文加油！我覺得招米其實是班上最搞笑的人，從他去宜蘭民宿喝醉之後我就更加確定了，跟女友要幸福喔！等著喝你們喜酒；最後，要感謝班上那三個跟我無緣的情人，怡蓉、淑芳和秋如，怡蓉真的

是個好女孩，因為我說的冷笑話妳都會笑，所以我也要稱讚一下妳的臉，一點都不大；淑芳雖然是我檯面上的情人，但是我好像對妳最兇，不過妳知道我就是刀子口、豆腐心，真的祝妳早日嫁入豪門，擺脫單身；至於秋如，大概是被我唸最多的人，但妳也常常讓人感到心疼，記得要跟學長好好相處，妳會學到很多。

再來，要感謝我生命中最重要的人，感謝爸爸和媽媽的照顧與體諒，從小你們就給我很大的自主權，從高中住宿直到現在，總是出門在外的我，開始學會了獨自生活，培養出獨立的思考能力，也漸漸磨練出一種對自己負責任的態度，雖然我不常回家，但還是能夠時時刻刻感受到你們給我的關懷與溫暖，謝謝你們。還要感謝大哥和二哥給我的關心與鼓勵，雖然你們沒有說出口，我還是能感受得到那份窩心。最後，希望爺爺的病能趕快好起來，有一天能再把爺爺接回家裡住。

還要特別感謝張小茜，妳是讓我成長最多的人，沒有妳當初的決定，今天的我可能還是沉浸在自己世界中的井底之蛙，妳的每一句話都能讓我一再的深思、品嚐，祝福妳工作與未來唸研究所一切順利。也謝謝我的妹妹舒閔，雖然研究所太忙常常冷落妳，但妳對我還是跟大哥一樣尊敬，一樣關心我，真心希望妳跟阿昇能幸福長長久久。

另外感謝交控中心王國偉學長無私的幫忙，在假日加班的過程中，還要接受我的訪談，在此表達我由衷的感激；還有羅家的啟涵學長，多虧你的純熟的技術，才能讓我學 PARAMICS 學得那麼快。羅家學弟誌良、秉書和錦星，謝謝你們的幫忙，尤其是誌良，我真的很感激你，無奈害羞說不出口，你們三個都要加油，一年後換你們品嚐這顆甜美的果實。當然，還有我的好麻吉 902，謝謝你常常打電話關心我，讓我在淡水都能感受以前在新竹唸書時的溫暖，而且你來淡水我都沒有好好招待你，真的讓我很愧疚，以後要常常說心事喔；還要特別感謝地球人大山，研一的日子如果沒有妳，我在淡水的的生活會失色不少，相知相惜過，才能真正體會到心中那份莫名的悸動，妳的論文也要加油啦，會不會拖太久了，拜託！還要感謝小小美時常給我鼓勵與關心，原諒我的固執與自私，我不會忘記妳這個好妹妹。還有守琮學長、麗君學姊、思葦學姊、高桂學姊、雅潔學姊、眉君、詩淳、小兔、筠翎、芸綾、白超、小胖、郭、趙、阿詠、金毛、捲毛、阿鳥、阿亮、溫太、榮基…還有很多很多，寫了快兩頁還寫不完，沒寫到的朋友們不是我忘記你們了，只是我頭腦不清醒漏寫而已，請多多見諒。

從國小至今，18 年的求學生涯終於要告一段落，當然，這不是結束，而是另一段人生的開始，這段日子能夠有你們的陪伴，讓我的人生更臻完美。謹以此論文獻給每位幫助過我、關心過我的師長、家人及朋友，踏出淡江之後，我將重新出發，迎接新的挑戰。

遠凱 謹誌

2006 年 7 月 於酷熱的滬尾

目 錄

頁次

中文摘要	
英文摘要	
誌謝	
目錄.....	I
圖目錄.....	IV
表目錄.....	VI
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究範疇.....	4
1.4 研究流程.....	5
1.5 研究內容.....	6
第二章 文獻回顧.....	9
2.1 偵測器應用與佈設位置.....	9
2.1.1 偵測器佈設準則.....	9
2.1.2 交通控制需求為目的之相關研究.....	12
2.1.3 用路人資訊需求需求為目的之相關研究.....	15
2.2 旅行時間推估方法.....	16
2.2.1 以車流理論為基礎之旅行時間推估方法.....	16
2.2.2 以統計理論為基礎之旅行時間推估方法.....	18
2.2.3 考慮號誌化路口影響之旅行時間推估方法.....	19
2.3 路口延滯公式相關文獻探討.....	20

2.3.1 延滯之定義.....	21
2.3.2 車輛延滯模式.....	24
2.4 現況分析.....	29
2.5 小結.....	33
第三章 理論模式.....	35
3.1 旅行時間推估模式.....	36
3.1.1 Oh模式於高速公路之應用.....	36
3.1.2 Oh模式於市區幹道之應用.....	38
3.1.3 因應不同交通資訊需求下Oh模式推估誤差分析.....	41
3.1.4 修正Oh模式演算方式.....	43
3.1.5 Oh模式演進流程.....	48
3.2 路口延滯公式.....	49
3.3 PARAMICS車流模擬模式.....	52
3.3.1 PARAMICS車流模擬系統介紹.....	52
3.3.2 模擬路網之參數校估.....	53
3.3.3 模擬參數適合度評估.....	54
3.3.4 PARAMICS API外掛程式.....	56
第四章 實驗設計與資料蒐集.....	58
4.1 模擬實驗設計.....	58
4.2 實驗情境設計.....	61
4.3 實驗路網構建.....	63
4.4 資料蒐集.....	67
4.4.1 原始Oh模式資料蒐集流程.....	67
4.4.2 修正後Oh模式資料蒐集流程.....	69

第五章 資料分析與模式驗證.....	71
5.1 Oh模式分析流程.....	71
5.1.1 分析流程敘述.....	71
5.1.2 分析路網及組合.....	73
5.2 以單一偵測器為輸入項分析結果.....	74
5.2.1 初步分析.....	74
5.2.2 加入延滯公式探討.....	77
5.2.3 簡單線性迴歸分析.....	79
5.3 以雙偵測器為輸入項之分析結果.....	83
5.3.1 以原始Oh模式進行推估.....	83
5.3.2 以修正後Oh模式進行推估.....	85
5.4 探討折衷佈設位置之可能性.....	93
5.5 路徑旅行時間推估分析.....	98
5.6 小結.....	101
第六章 結論與建議.....	105
6.1 結論.....	105
6.2 建議.....	108
參考文獻.....	111
附錄一 各路段單組偵測器成對樣本 T 檢定.....	115
附錄二 PARAMICS 模擬路段 OD 矩陣表.....	124
附錄三 路徑旅行時間推估模擬路網 OD 矩陣表.....	128

圖目錄

	頁次
圖 1.3-1 研究範圍圖	5
圖 1.4-1 研究流程圖	5
圖 1.5-1 研究解題流程圖	8
圖 2.4-1 台北市環路線圈偵測器資料輸出格式	31
圖 3.1-1 修正Oh模式演算邏輯流程圖	47
圖 3.1-2 Oh模式演進流程圖	49
圖 3.3-2 真實旅行時間擷取過程圖	56
圖 3.3-3 API旅行時間輸出格式圖	57
圖 4.1-1 實驗設計程序圖	61
圖 4.3-1 路度長度輸入選項圖	64
圖 4.3-2 車道數輸入選項圖	65
圖 4.3-3 號誌時制計畫輸入選項圖	65
圖 4.3-4 OD起迄矩陣輸入選項圖	66
圖 4.3-5 構建完成路網圖	66
圖 4.3-6 路網偵測器佈設圖(範例).....	67
圖 4.4-1 模擬偵測器輸出格式	68
圖 4.4-2 Oh模式演算程式輸入所需格式	68
圖 4.4-3 Oh模式演算程式輸出格式	69
圖 4.4-4 修正後Oh模式演算程式輸出格式	69
圖 4.4-5 資料蒐集程序圖	70
圖 5.1-1 Oh模式分析流程圖	72
圖 5.2-1 單組偵測器推估誤差分析表(高流量).....	75
圖 5.2-2 單組偵測器推估誤差分析表(低流量).....	75

圖 5.2-3 高流量短路段之迴歸分析	80
圖 5.2-4 高流量長路段之迴歸分析	81
圖 5.2-5 中低流量長路段之迴歸分析	82
圖 5.3-1 雙組偵測器推估誤差分析表(高流量).....	84
圖 5.3-2 雙組偵測器推估誤差分析表(低流量).....	84
圖 5.3-3 雙組偵測器推估誤差分析表(高流量).....	86
圖 5.3-4 雙組偵測器推估誤差分析表(低流量).....	86
圖 5.3-5 A路段雙組推估比較表.....	88
圖 5.3-7 H路段雙組推估比較表	88
圖 5.3-9 N路段雙組推估比較表	88
圖 5.3-11 Q路段雙組推估比較表	89
圖 5.3-13 G路段雙組推估比較表	89
圖 5.3-15 V路段雙組推估比較表	89
圖 5.5-1 虛擬路網圖	98
圖 5.5-2 模擬車輛路線指派圖	99
圖 5.5-3 路徑旅行時間分析圖(中低流量)	101
圖 5.5-4 路徑旅行時間分析圖(高流量)	101

表目錄

	頁次
表 2.1-1 偵測器佈設準則	9
表 2.1-2 客觀條件限制下偵測器佈設原則	10
表 2.1-3 偵測器不同佈設位置比較表	11
表 2.1-4 美國FHWA車輛偵測器之設置間距建議表	12
表 2.1-5 國外全動態交控模式特性比較	14
表 2.1-6 COMDYCS-3 的路段偵測器佈設位置一覽表	15
表 2.2-1 交通分析需求之旅行時間分類表	16
表 2.2-2 Sisiopiku等人研究主要結論彙整(1)	19
表 2.2-3 Sisiopiku等人研究主要結論彙整(2)	20
表 2.3-1 延滯定義彙整表(狹義的解釋)	22
表 2.3-2 各延滯公式之Akcelik公式參數對照表	26
表 2.3-3 國外延滯模式特性比較表	28
表 2.4-1 台北市偵測器佈設現況表	30
表 2.4-2 台北市交控中心訪談紀錄	32
表 3-1 本研究與其他相關研究之差異性	36
表 3.1-1 偵測器組數MAPE績效(Oh+Webster)表	40
表 3.1-2 路型與交通分類變數、類別與編碼	41
表 3.1-3 中游及路口偵測器推估誤差模擬分析流程表	42
表 3.1-4 中游及路口偵測器推估誤差分析表	43
表 3.1-5 密度量測技術特性彙整表	44
表 3.1-6 密度-流量-速度量測方式彙整表	45
表 3.1-7 原始與修正後Oh模式推估誤差模擬分析流程表	46
表 3.1-8 雙偵測器推估誤差分析表	48

表 3.3-3 PARAMICS 參數預設值之適用性比較表	55
表 3.3-4 模擬值與DV真值比較表	57
表 4.2-1 偵測器編號與佈設位置對照表	62
表 4.2-2 實驗情境設計組合表	62
表 4.3-1 實驗路網特性表	63
表 5.1-1 MAPE的評估標準	73
表 5.1-2 分析地點資訊	73
表 5.2-1 單組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(高流量路段)	76
表 5.2-2 單組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(低流量路段)	76
表 5.2-3 路段G、J推估績效成對樣本檢定表(距路口 150 公尺處)	76
表 5.2-4 分析延滯公式彙整表	77
表 5.2-5 中游偵測器推估加入延滯公式適用性誤差分析比較表	79
表 5.2-6 高流量短路段迴歸分析表(1)	80
表 5.2-7 高流量短路段迴歸分析表(2)	80
表 5.2-8 高流量長路段迴歸分析表(1)	81
表 5.2-9 高流量長路段迴歸分析表(2)	81
表 5.2-10 中低流量長路段迴歸分析表(1)	82
表 5.2-11 中低流量長路段迴歸分析表(2)	82
表 5.2-12 本研究建立之實驗路網迴歸式與績效差異表	83
表 5.3-1 偵測器組合說明表	84
表 5.3-2 雙組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(高流量路段)	85
表 5.3-3 雙組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(低流量路段)	85
表 5.3-4 雙組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(修正Oh模式-高流量)	87
表 5.3-5 雙組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(修正Oh模式-低流量)	87
表 5.3-17 單/雙組偵測器最佳組合推估績效比較表	91
表 5.3-18 路段A單/雙組測器推估績效成對樣本檢定	91

表 5.3-19 路段N單/雙組測器推估績效成對樣本檢定	91
表 5.3-20 路段J單/雙組測器推估績效成對樣本檢定.....	92
表 5.3-21 路段H單/雙組測器推估績效成對樣本檢定	92
表 5.3-22 路段G單/雙組測器推估績效成對樣本檢定	92
表 5.3-23 路段V單/雙組測器推估績效成對樣本檢定	92
表 5.4-1 各偵測器間顯著性差異分析(高流量路段)	95
表 5.4-2 單組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(低流量路段)	97
表 5.4-3 偵測器折衷佈設位置彙整表	97
表 5.5-1 路網特性表	98
表 5.5-2 虛擬路網分析流程表	99
表 5.5-3 路徑旅行時間分析表	100
表 5.6-1 偵測器折衷佈設位置彙整表	103
表 5.6-2 北部路型分類表	103
表 6.2-1 因應不同交通資訊需求之偵測器建議佈設準則	110

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

隨著國內私人運具持有率的急遽上升，用路人對於運輸安全的要求已提升許多，加上近年來智慧型運輸系統(Intelligence Transportation System, ITS)在世界各先進國家的快速發展下，對於改善交通擁擠問題、節省能源及提升運輸安全已有顯著的成效。其中，先進交通管理系統(Advanced Transportation Management Systems, ATMS)一直是 ITS 發展的核心，主要功能與服務為即時偵測與交通控制；但隨著用路人對於運輸品質要求逐漸提升，先進旅行者資訊系統(Advanced Traveler Information Systems, ATIS)亦成為近年來 ITS 發展的重點項目，主要功能與服務為提供用路人有效且正確的即時交通資訊【1】。由此可知，未來若能將 ATMS 與 ATIS 兩方面系統進行資訊整合，除了可以有效執行擬定之交通控制策略外，亦能同時提供正確的即時交通資訊給用路人。其中，「蒐集即時之交通資料為運輸智慧化最重要之基礎，負責資料蒐集之車輛偵測器，包含其設置條件、佈設位置、參數資訊、以及如何提供有效正確的交通資訊給用路人等，即為本研究欲探討之課題。」

在交通資訊方面，由於台灣地區地狹人稠，私人運具持有率亦不斷上升，都市交通問題日趨嚴重，顯示一般民眾對於即時交通資訊的需求與日俱增。然而，在各類交通資訊中，「旅行時間」是用路人做決策時相當重要的參考資訊，亦是一種最為直觀的感受。從用路人的角度來看，可以充分利用管理單位所發佈之旅行時間資訊進行路線的選擇，以及路徑變化參考的依據。另外從交通管理單位的角度來看，所推估之旅行時間資訊亦可作為相關交通管理決策之參考依據並加以應用。

在偵測器應用和佈設位置方面，車輛偵測器在 ATMS 與 ATIS 中所扮演的角

色有所不同。於先進交通管理系統(ATMS)架構下，偵測器在都市地區號誌化道路中主要的功能為偵測臨近路口處是否產生車輛停等及延滯之情況，並回傳資料以作為交通控制中心調整鄰近路口號誌時制計畫之依據，故佈設位置以臨近下游路口處至停止線前為佳；於先進旅行者資訊系統(ATIS)架構下，偵測器主要的功能為蒐集路段中的車流資訊並回傳相關資料，提供交通管理單位進行資料轉換，進而提供給用路人可靠且正確的交通資訊。但在獲得正確車流資訊的前提下，則需先避免車輛停等於偵測器上的時間過久影響偵測器績效，故佈設位置以接近路段中游，即車流的自由流區為佳。以上顯示兩部分資料應用上無法相互整合，應用功能上亦無法達到相輔相成的結果，另外兩者佈設位置明顯產生矛盾之情形。顯示市區道路的中游路段與路口的車流特性差異甚大，如何將該兩部分的交通資訊做一整合與應用，即在資源有限的情況下，如何有效利用偵測器資源實為相當重要的課題。

近年來，國內外有關旅行時間推估的相關研究眾多，研究範圍多以高、快速公路為主，探討市區號誌化道路的相關研究則較為少見。主要是市區幹道的部份，影響車輛旅行時間的因素相當多，包括：混合車流的影響，即汽機、車混流導致路段平均行駛速度和偵測器偵測績效受到影響；此外，市區道路車輛到達路口具高度隨機性，以及受到路口號誌影響所產生之延滯情形，皆為影響車輛旅行時間的主要因素；其他如行人穿越馬路、事件(故)發生以及路邊停車等眾多因素影響下，偵測器資料的正確性及可靠性仍有待商榷，如何獲得適當的資料並透過有效的演算法及相關模式進行資料轉換，提供實用的交通資訊給用路人，是目前相當重要的課題之一。

在旅行時間推估模式部份，國外較常見的模式包括：時空圖、巨觀車流模式、模糊理論、類神經網路模式、卡門濾波模式、線性迴歸、歷史資料統計分析等多種方法。國內過去亦有相關研究針對，但針對號誌化道路情形做探討之研究僅在少數，因此本研究希冀在過去相關研究的基礎上，進一步發展出適合國內都市地

區號誌化道路之旅行時間推估方法，其中模式所需之資料為偵測器所測得，故旅行時間推估模式績效與偵測器佈設位置必然有密切的關係，故本研究另一個研究主軸為探討在特定模式應用及因應不同交通資訊需求下，車輛偵測器佈設位置對於模式績效的影響，以提供交通主管機關在佈設偵測器時之參考依據。

1.2 研究目的

由於市區道路路況資訊取得不易，且偵測器在不同的佈設位置所測得之資料亦有其不同的特性，如路口偵測器所測得之路口資訊通常作為交控用途較多，包括觸動式號誌控制、動態查表以及動態計算等等；至於路段偵測器所測得之路段資訊則多用以評估路段績效，包括旅行時間或路段擁擠程度的發佈等，不同的交通資訊模式關係如圖 1.2-1 所示。因此如何挑選在不同交通資訊需求下合適的偵測器佈設位置，以提供模式及演算法能根據更有效的資料來源作整合性的應用，推估出準確的旅行時間資訊，是本研究主要的研究課題。

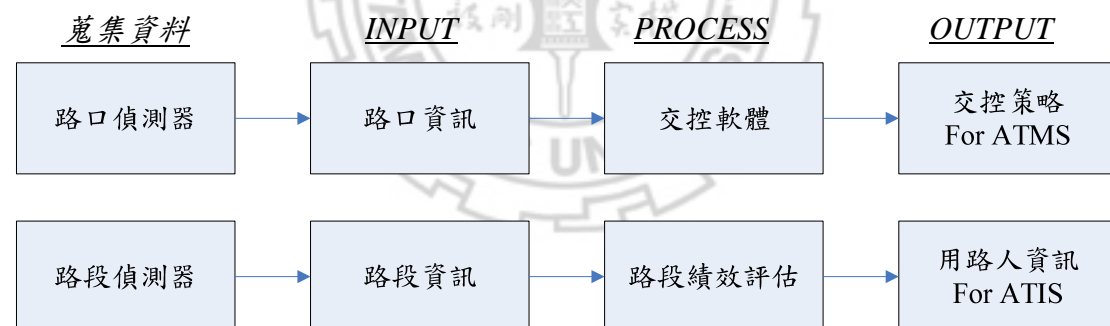


圖 1.2-1 交通資訊模式關係圖

本研究期望藉由系統分析和實驗設計的探討方式，評估旅行時間推估模式在臺灣地區號誌化道路的適用程度，並找出在不同交通資訊需求下，適合國內市區幹道的偵測器佈設位置。在旅行時間推估資訊層面，期望提供用路人可靠且有效的交通資訊，使其能明確掌握所經道路的旅行時間資訊，進而提升行車效率並節省旅行時間；至於偵測器佈設位置層面，期望研究結果能提供交通管理單位在偵測器佈設策略上之參考依據。本研究目的可以具體陳述如下：

一、偵測器應用功能

- 1.探討旅行時間推估模式於台灣地區都市幹道之適用性
- 2.嘗試探討增設路口偵測器能否降低旅行時間推估誤差
- 3.未來若增設路口偵測器亦可作為動態交控之應用

二、偵測器佈設位置：

- 1.探討偵測器佈設位置對模式推估旅行時間績效之影響
- 2.嘗試進一步探討尋求折衷佈設位置之可能性

1.3 研究範疇

本研究選擇市區幹道為研究對象進行旅行時間推估，所謂市區幹道根據內政部營建署的定義：「市區幹道泛指一般市區中之主要道路，供交通繁忙地區與外為重要市鄉鎮間聯絡之道路，並兼供穿越城市交通使用；或連絡都市內各分區之幹線道路」【2】本研究僅考慮市區道路中號誌化路口之情形，以路段為研究基礎，並進一步探討包含一個路口之路徑旅行時間。

依據幹道號誌化交通流之特性，探討因應不同交通資訊需求下，偵測器建議佈設位置，研究範圍如圖 1.3-1 所示。本研究所定義之不同交通資訊需求，乃指「交通控制需求」和「用路人資訊需求」，前者包括觸動式號誌控制、動態查表以及動態計算等；後者主要為旅行時間資訊之提供。根據本研究針對台北市交通控制中心人員進行訪談及相關資料(包括偵測器輸出資料和路口號誌時制計劃等)得知，目前偵測器佈設乃以提供用路人資訊需求為主要目的，故佈設位置以路段中游為主。至於以號誌控制需求為目的時，交控中心表示以歷史資料計算所得到的時制計畫作為號誌控制的主要依據，佈設位置並非主要考量因素。顯示目前實務單位並未針對以交控策略為目的進行偵測器佈設位置探討。本研究係依據此，欲同時探討在交通控制需求與用路人資訊需求下，偵測器建議佈設位置，提供相

關實務單位參考之依據。

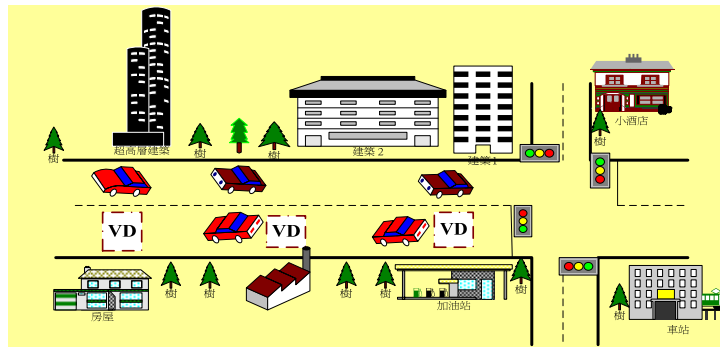


圖 1.3-1 研究範圍圖

1.4 研究流程

本研究欲探討因應不同交通資訊需要，偵測器之佈設位置。主要研究流程如圖 1.4-1 所示。

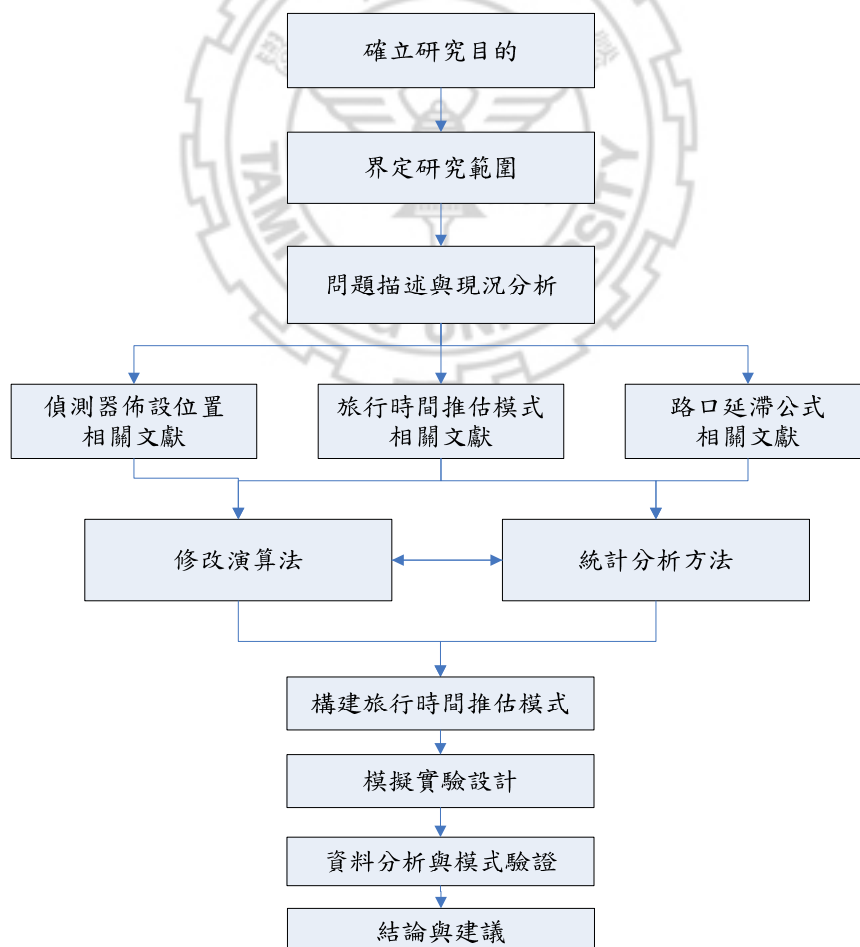


圖 1.4-1 研究流程圖

1.5 研究內容

根據研究目的所需，本研究內容如下，另外針對研究課題所擬定之解題流程如圖 1.5-1 所示：

1. 問題界定

說明研究背景與動機，並確立研究範疇與內容。國內目前仍未有同時考慮交通控制需求和用路人資訊需求、針對號誌化道路為研究對象，進行旅行時間推估及車輛偵測器佈設位置之探討。因此，本研究將應用旅行時間推估相關模式，並考慮偵測器佈設位置對於模式推估旅行時間績效之影響。

2. 文獻回顧

主要針對與本研究相關的課題進行文獻回顧與檢討，主要分成四大部分，包括：(1)「偵測器應用及佈設位置」，其中包含旅行時間推估和動態交通控制之應用。(2)「旅行時間推估模式」，主要探討其相關的方法論。(3)「路口延滯公式」，主要探討延滯公式在臺灣市區幹道的適用性。(4)「實驗設計」，本研究的實驗設計將於模擬環境中來執行，並進行驗證分析。期望透過文獻回顧能夠瞭解國內、外相關研究之發展情形，另外可擷取前人經驗並充實研究基礎內容。

3. 模式構建與求解

探討本研究可能應用之都市幹道旅行時間推估模式，並以績效最佳之旅行時間推估模式為主要依據，進一步探討市區號誌化道路中車輛偵測器佈設位置問題。透過實驗設計方法與模擬分析，瞭解不同情境下之最適旅行時間推估模式和最適偵測器佈設位置。

4. 實驗設計

透過實驗設計方法，並考慮可能影響旅行時間推估之眾多因素，將可控制之

變因納入實驗設計中，嘗試找出模式推估旅行時間的誤差來源，再進一步修正誤差，得到更精確之旅行時間推估模式。

5. 模擬驗證分析

以 Paramics 微觀車流模擬軟體為模擬平台，蒐集真實路網資料，包括路網幾何特性、號誌時制計畫等，在模擬環境幾乎完全與實際路網相同的情況下，再針對軟體中的相關重要參數進行校估後，以獲得更接近真實之偵測器資料。最後再透過模擬資料進行模式驗證與分析。

6. 結論與建議

最後根據模擬驗證分析結果提出績效最佳之旅行時間推估模式，並確立車輛偵測器建議佈設位置，以提出具體結論與建議。



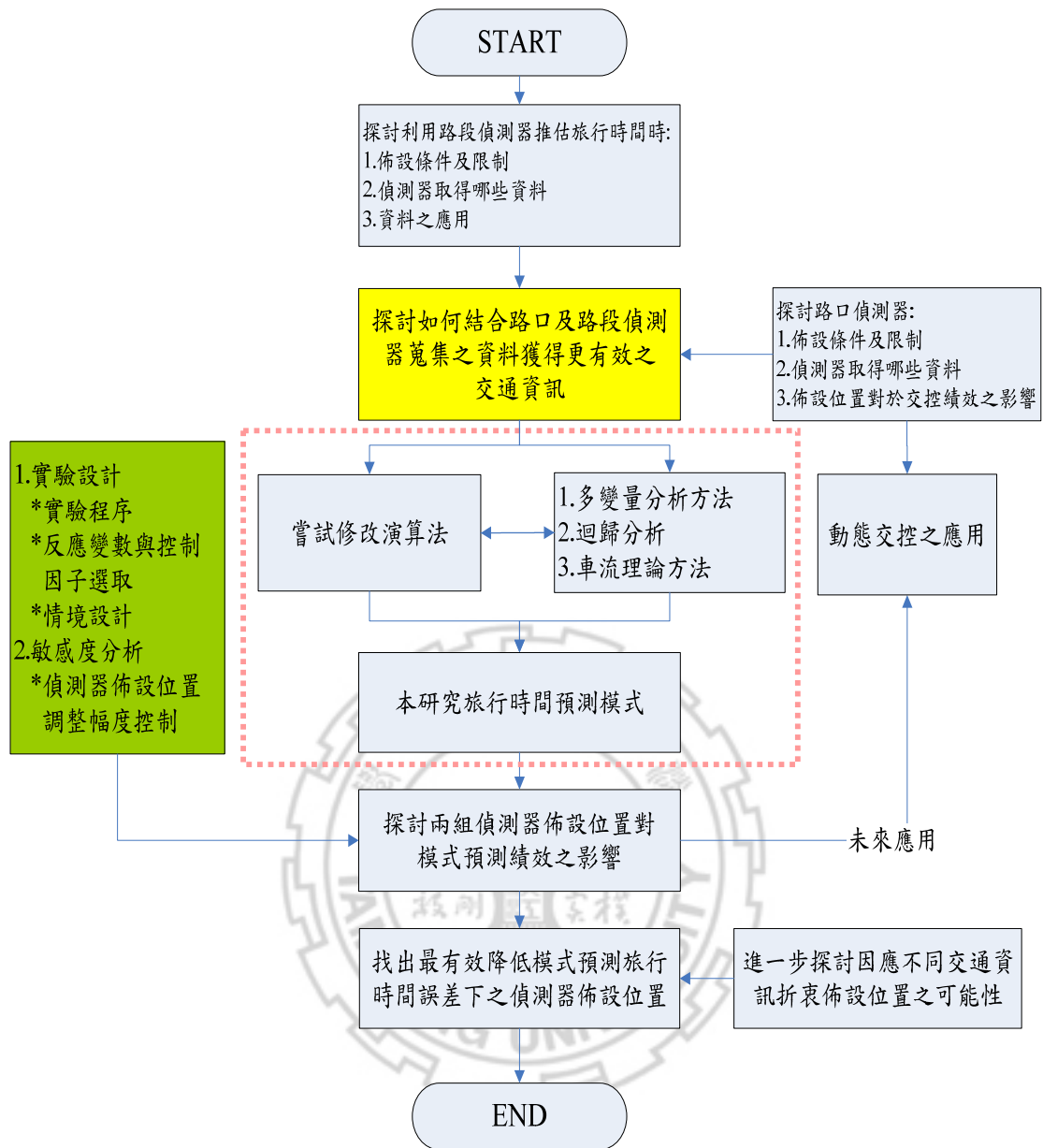


圖 1.5-1 研究解題流程圖

第二章 文獻回顧

由於本研究主要探討因應不同交通資訊需求，偵測器建議佈設位置，故 2.1 節係針對國內外對於因應不同交通資訊需求之偵測器佈設位置相關研究進行回顧及探討；2.2 節係針對國內外對於旅行時間推估模式相關研究進行回顧及探討；另外本研究欲探討之市區幹道旅行時間推估和交通控制演算法，皆與延滯密切相關，故 2.3 節係針對相關路口延滯公式進行探討；2.4 節係針對目前臺北市偵測器佈設位置之準則依據以及功能需求進行現況分析；2.5 節則將所回顧之文獻與本研究欲探討之相關課題進行綜整分析並提出小結。

2.1 偵測器應用與佈設位置

2.1.1 偵測器佈設準則

交通部運研所【3】的研究中針對車輛偵測器的佈設準則提出建議，可區分為三階段來加以探討；且此準則將可涵蓋各類型的點偵測器（Point Detectors）或通過式偵測器（Passage Detectors）之應用，而目前在台灣應用十分普及的環路線圈式偵測器即為其中之一，本研究彙整相關內容如表 2.1-1 所示。

表 2.1-1 偵測器佈設準則

階段	佈設位置選取	準則(與本研究相關)
第一階段	佈設路段 (Link) 之選取	原則上在經費許可的情況下，所有臨近路段 (Approaches) 自應儘量地佈設，或至少應設置於具有代表性之路段，以求確實掌握車流通行之資訊。
第二階段	道路橫向設置位置之選取	1. 偵測器應設置於臨界車道群上。 2. 若無臨界車道群者，則應設置於每個車道。
第三階段	道路縱向設置位置之選取	車輛偵測器的設置位置不應太靠近路段之上游或下游路口，其理由乃係基於路口附近(尤其是上游路口)之車輛變換車道行為，常會使其流量及佔有率的量測產生偏差。因此偵測器之佈設位置距離上游路口或是下游路口一般至少需有 61 至 76 公尺。

資料來源：【3】

在第一階段中，若因客觀條件之限制，無法於所有路段上普遍設置時，則所減少之偵測器數目應以不影響到產生線上時制計畫的正確性為其最高考量。茲將其佈設原則說明如表 2.1-2。

表 2.1-2 客觀條件限制下偵測器佈設原則

佈設原則	原因
優先選擇一天之內主要車流型態能夠代表整個系統者	交通需求變化十分頻繁，需要確實掌握住車流變化之路段。
優先選擇尖峰流量出現最早的路段	尖峰流量出現的最早，表示車隊產生之起始時間為最早，故所設計之時制需使這些車隊能夠順利通過。
選擇具有臨界路口控制功能者	由於臨界路口中各臨近路段之流量均甚大，且常無明顯幹、支道之分別，故應採用各臨近路段皆佈設偵測器的方式來處理，以確實掌握臨界路口的運作情形。
選擇流量最大的路段來設置	流量最大的路段，在幹道系統中往往也常是交通瓶頸地點。
選擇流量型態與上游路口不一致者	此時下游路口之路段流量就無法由上游路段經由推測來獲得，故需加以設置。例如當上游路口流量高，且轉向流量較大時，即需另行佈設偵測器於下游路口。
選擇需要特殊時制功能者	例如實行公車／緊急車輛優先控制策略的路段。

資料來源：【3】

何志宏等人【4】再進一步探討道路的任一路段上，偵測器於其間的佈設位置亦將影響到各種交通資訊的蒐集能力與其應用；以下係將偵測器規劃於路口上游、下游、上下游皆設置及上下游與路段中間皆設置之情形彙整於表 2.1-3 中，由該表中可得知偵測器於路段上佈設位置之不同，對於交通基本資訊蒐集之影響，並進一步影響到實際應用資訊之推估。

表 2.1-3 偵測器不同佈設位置比較表

比較項目	偵測器佈設位置			
	路口上游	路口下游	路口上、下游	路口上游、下游與路段中間
基本資訊提供	1.到達時間	1.紓解時間	1.到達及紓解時間	1.到達及紓解時間
	2.車種	2.車種	2.車種	2.車種
	3.到達速率	3.離開速率	3.到達及離開速率	3.到達及離開速率
可產生之車流資訊	1.時段別車流量 2.時相別車流量 3.佔有率及飽和度 4.路段等候車隊長	1.時段別車流量 2.時相別車流量 3.佔有率及飽和度	1.時段別車流量 2.時相別車流量 3.佔有率及飽和度 4.路段等候車隊長	1.時段別車流量 2.時相別車流量 3.佔有率及飽和度 4.路段等候車隊長

資料來源：【4】

交通部運研所【3】在都市交通號誌全動態控制邏輯模式之研究中提及，全動態控制路口各連接路段上所佈設之車輛偵測器，其主要功用係用於偵測以自由流速率通過路段之車輛，以此提供車流模擬模式進行該路段內車流行進狀況的推估；是故，各偵測器之佈設位置不宜距離上游路口過近，以免造成車輛轉入連接路段後，因加速距離不足，而有無法達到自由流速率之虞。

至於與國外相關的研究方面，吳健生【5】之研究中提及，以義大利的拿波里收費公路監控系統為例；在其主線車道上，大約每隔 250 公尺可設置一組環路線圈式車輛偵測器。1985 年美國聯邦公路總署（FHWA）【6】曾依成本與效益分析與公路幾何特性，建議出車輛偵測器之設計間距，彙整如表 2.1-4 所示。

表 2.1-4 美國 FHWA 車輛偵測器之設置間距建議表

路段狀況	設置型態	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
坡度 3%	局部	300
坡度 6%	局部	300~750
彎道	局部	300~750

資料來源：【6】

2.1.2 交通控制需求為目的之相關研究

ITE (Institute of Transportation Engineers) 【7】針對美國國內交控用偵測器特性進行歸類，其主要分為小區域偵測及大區域偵測。小區域偵測又稱點偵測，主要在鄰近路口的停止線前佈設一組或多組環路線圈，目的乃作為觸動號誌時制決定之用，並可依操作需求改變其與停止線間的距離。大區域偵測主要包括長型環路線圈、連續短線圈及左轉車道偵測；長型環路線圈只要以雙矩形線圈為佳(範圍約 1.8m~30m)，主要亦作為觸動號誌時制決定之用；連續短線圈彼此間隔約 3 公尺，主要為了獲得車輛通過時間與車輛間距等資料；左轉車道偵測(美國伊利諾州運輸部設計)，亦利用長線圈偵測器，佈設於左轉車道，主要為了提升交叉路口交通容量並減少綠燈損失時間。

在市區幹道交通控制理論中，為了增加交通號誌控制調整之彈性及智慧性，乃發展出一套適應性號誌控制策略，主要亦是為了因應多變的即時交通狀況，進而提升路口號誌控制之運作績效。

美國 FHWA(Federal Highway Administration) 【8】針對國內交通控制系統彙整相關理論及偵測器特性，並於文中提及英國發展的 SCOOT(Split Cycle Offset

Optimization Technique) 與澳洲 SCATS(Sydney Coordinated Adaptive Traffic System)等相關適應性號誌控制模式。SCOOT 模式乃利用設置於路口上游 15 至 20 公尺處的偵測器，進行資料蒐集，亦可以藉由上游偵測器的觸發器得知車流已從下游回堵至上游，以作為交通控制策略之依據。演算過程經由初步運算整理後，傳回控制中心，再利用相關交通模式的演算決定其最佳時制，參數中的時差與周期乃以少量多次的方式來調整周期及改變時制。SCATS 模式則主要在路口停止線前佈設一組偵測器，為量測車輛間距時間與出現時間，以作為交通控制策略之依據。

黃琳桂【9】於環路線圈車輛偵測器之最佳佈設方式研究中，提出一組單線圈偵測器佈設於停止線後，一組雙線圈偵測器佈設於自由流段。單線圈主要為確保只有一台車輛壓於線圈上，雙線圈主要為避免車輛於偵測器上停等過久。並探討車輛偵測器在不同佈設位置與佈設條件下之最佳偵測率，再利用敏感度分析方法找出門檻值，得到不同車道之最佳偵測位置，實際驗證資料顯示最內側車道建議佈設位置的偵測失敗率為 9.56%；最外側車道偵測失敗率為 16.76%。

趙令峻【10】於車輛偵測器設置間距與偵測時距之模擬研究，主要為瞭解流量、設置間距與偵測時距間的相互關係，設置間距與偵測時距對於事件偵測的績效具有絕對的影響。該研究結果顯示佈設密度越大，偵測時距需越短；反之，佈設密度越小，偵測時距需越長。意外事件的發生所造成車輛旅行時間之平均延滯，隨偵測器設置間距增加而增加。在低流量的狀況下影響亦相當顯著，隨流量增加其影響性則趨於緩和。

何志宏等人【11】於市區全動態號誌控制系統中之最佳偵測器佈設區位之研究中，針對國外全動態交控模式之偵測器佈設位置和號誌控制決策方式進行彙整比較，彙整如表 2.1-5 所示。比較後發現各國全動態交控模式依其功能需求不同，有其不同之佈設位置 and 不同之號誌決策方式。

表 2.1-5 國外全動態交控模式特性比較

國家	模式/演算法	VD 佈設方式	號誌控制決策方式
英國	Miller's Algorithm	距路口停止線 80 公尺	路口車輛旅行延滯最小化
英國	SCOOT	距上游路口 10-20 公尺	平均等候線最小
英國	MOVA	停止線上游 40 與 100 公尺	數學最佳化及啟發式方法
法國	PRODYN	停止線上游處	前向動態規劃法求解
澳洲	SCATS	下游停止線之處	降低停等次數及旅行時間最小
瑞典	TOL	停止線上游處	二元決策方法
瑞典	LHOVRA	距停止線 20、85、140、200 與 300 公尺	減少交通成本及車輛停等次數
美國	OPAC	路口上游 400-600 呎（約 120~185 公尺）	OPAC-1、OPAC-2（程序性最佳化）與 ROPAC（水平推移法）
美國	SAST	路段上、下游皆佈設	二元決策
美國	SCII-II	路口上游處	專家系統
美國	ARTC	路段進入點與路口停止線	使綠燈及紅燈方向的總延滯達最小化
美國	Minnesota Intersection Laboratory	路段上游界線處或停止線處	擁擠指標
美國	NSCS	停止線上游	類神經網路架構
美國	RHODES	停止線上游	分為路網旅次載入、路網流量控制與路口控制三部分

資料來源：【11】

以臺灣地區為例，該研究過去亦曾針對此模式之路段上游偵測器佈設位置進行初步的研究與建議。表 2.1-6 即係針對國內過去從事 COMDYCS-3 模式之研究與實作，有關路段上游偵測器的佈設位置之研究數據加以彙整所得。

表 2.1-6 COMDYCS-3 的路段偵測器佈設位置一覽表

作者	研究文獻名稱	建議佈設位置
成大交管所(民 80)	最新全動態交通號誌控制技術開發計畫	距停止線 150~ 300 公尺間
王雅南(民 81)	應用模糊理論於適應性號誌決策邏輯 (COMDYCS-III)之車流模式研究	獨立路口：距停止線 100 公尺以上
李樑堅(民 82)	建立微觀車流模擬模式以發展交通適應性號誌控制邏輯之研究	獨立路口：距停止線 100 公尺以上。幹道：進入上游路段處較佳。
張明惠(民 82)	四種現代化適應性號誌控制邏輯之比較研究	距停止線 150~ 300 公尺間
黃泰林(民 83)	構建智慧型適應性網路號誌控制模式之研究	獨立路口：距停止線 100 公尺以上

資料來源：【11】

2.1.3 用路人資訊需求需求為目的之相關研究

劉士仙【12】等人的研究結果指出，偵測器績效表現上，以橫向分佈來看，以內側車道較為準確，其準確率平均約可在 15%以內，且不同區位並不會影響偵測器的準確性。整體而言內側車道準確性普遍高於外側車道，對於內側車道而言，不管路段的長度多寡，都有其一定的表現偵測績效。另外以縱向分佈來看，偵測器放置於路段的中游其表現績效較其它位置佳。

李鈺雯【13】以台北市市區道路為例的研究結果顯示，在堤頂大道部份，縱向分析績效最佳之偵測器佈設位置距下游路口 322 公尺，MAPE 值約為 8 %；橫向分析以第三車道之績效最佳，較能代表整體系統之表現。在舊宗路部份，縱向分析績效最佳之偵測器佈設位置距下游路口 87 公尺，MAPE 值約為 10%；橫向分析以第一車道之績效最佳，較能代表整體系統之表現。另外成對偵測器佈設策略雖能提高模式績效，為增加之幅度不大，基於成本效益考量下，原則上單一路段仍以佈設一組偵測器為佳。

2.2 旅行時間推估方法

本研究所定義之用路人資訊需求即為「旅行時間資訊」，根據交通狀態分析之應用需求，可將旅行時間分為四大類【13】，其對應之內容詳見表 2.2-1 說明。

表 2.2-1 交通分析需求之旅行時間分類表

類型	內容
歷史旅行時間 (Historical Travel Time)	由過去之歷史交通資料累計而得之旅行時間估計值，通常為不同歷史資料進行加權平均(Weighted Average)或平滑化(Smoothing)處理後之結果
瞬時旅行時間 (Instantaneous Travel Time)	以路段為對象，係指特定某一時階之旅行時間；以路徑為對象之瞬時旅行時間需考慮路徑中各節點是否會有跨越時階所造成之時間遞延(Time Lag)情形。
真實旅行時間 (Predicted Travel Time)	實際進入路段(徑)起點至到達路段(徑)迄點所花費之實際時間。
預測旅行時間 (Predicted Travel Time)	指在某路段(徑)之起迄點間。透過各種預測方式來得到未來時階的旅行時間。

資料來源：【13】

目前全世界各地研究單位所應用之旅行時間推估方法相當多元，其中不外乎以車流理論、統計理論為基礎進行推估。另外針對號誌化路口之旅行時間推估方法，亦於本小節一併探討，以下本研究即針對各類型旅行時間推估模式進行回顧及彙整。

2.2.1 以車流理論為基礎之旅行時間推估方法

傳統上，巨觀車流理論應用於旅行時間推估課題，大多利用流量-密度-速度(Q-K-U)的關係式進行探討。另外在其他車流理論方面，亦有相關研究應用傳統時空圖理論進行探討。但過去的相關研究中，研究範圍大多以高、快速道路為主，因為高、快速道路整體環境本來就比市區道路更為單純，干擾因子亦較少。故過去相關研究大部分皆以高、快速道路為研究對象，以市區道路為對象者則較為少見。

Oh 等人【14】於 2002 年利用流量守恒的觀念，發展推估路段旅行時間之模式，文獻中資料的來源為路段上、下游兩點偵測器，透過車流之時空關係，將偵測器所回傳之資料利用流量-密度-速度之關係式加入系統流量均衡參數來轉換為路段旅行時間，其研究同時採用車流模擬軟體之輸出資料與加州 I-880 高速公路之現場調查資料進行模式之實證分析，研究結果顯示其誤差一般在 3% 以內。

另外，Oh 模式在國外車流相關的資料應用方面，不論以真實調查資料或是以車流模擬軟體輸出資料作為輸入項，皆獲得相當良好之結果。

至於國內相關研究應用方面，「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式與格式訂定」第一年期至第三年期【6】【12】【15】均應用 Oh 模式作為理論模式，利用實測資料進行驗證與分析，結果顯示該模式在國內特定的交通環境與都市幹道皆可適用。

Dailey【16】等人以車流理論之流量、密度、速度的關係作為轉換基礎，蒐集一系列之單迴路線圈之資料處理點速率之估計問題，據以轉換估算路段之旅行時間。當假設系統無誤差之情況，透過統計推論，導出假設無誤差狀態時，速率之一元三次方程式，以求解路段速率值；當考慮系統誤差時，進一步利用卡門濾波模式處理各項資料的演進關係，求解卡門濾波模式後可獲致具代表性之路段旅行速率。

李鈺雯【13】在都市幹道動態旅行時間推估與交通偵測設施佈設準則之研究中，主要以車流理論相關模式、類神經網路模式以及卡門濾波模式來推估幹道旅行時間，再以績效最佳之旅行時間推估模式為基礎，探討臺灣特定地區偵測器佈設策略議題。

申瑋琦【17】以時空圖軌跡來看，將車輛推進分為正常行駛區、減速區、等候區三種狀態來處理，對於車輛到達率部份以二元決策模式進行計算。根據此三階段界面定義相互影響關係，構建即時旅行時間估計模式。並以淡水地區大度路

為實驗路網，利用微波雷達偵測器蒐集交通參數資料，嘗試以巨觀車隊運動型態為基礎，將所計算的旅行時間與錄影所觀測旅行時間進行比較，準確率可達 90% 以內。

許雅惠【18】利用車流理論流量-密度-速度($q-k-u$)關係轉換固定式偵測器資料後，利用轉換函數模式與滾動平面法來預測旅行時間，其研究對象為國道 1 號高速公路，林口至內壢南向路段，全長約 12 公里，以 PARAMICS 車流模擬軟體取得模式輸入項資料。其研究結果顯示靜態模式之平均絕對誤差百分比(MAPE)指標約達 15%，轉換函數模式則約為 10%。

2.2.2 以統計理論為基礎之旅行時間推估方法

統計分析方法可歸屬於實證性(Positive)的研究分析方法，其企圖解釋現況的因果關係，也就是利用現實狀態的變化來描述未來或推估可能的事物演變情形以及其因果關係，在交通運輸領域常見的應用包括運量、旅行時間及事故影響等議題。

Thomas【19】針對適當的偵測器佈設位置，利用 CORSIM 模擬軟體進行相關模擬實驗，主要為探討監測市區路網的路段旅行特性，包括旅行時間、路段速度、事件延滯等。蒐集路況基本資料包括：道路幾何設計、號誌時制計畫等，作為模擬實驗的輸入項。實驗中的控制變因為流量與偵測器佈設位置，並利用統計的方式(迴歸分析)評估實驗結果，以找出最佳的偵測器佈設位置。

陳寶如【20】以號誌化之幹道路段旅行時間之推估為對象，蒐集國道替代道路(如省道系統)之路況資料，據以構建旅行時間推估模式。並利用迴歸模式、類神經網路與時間數列等模式，並藉由微波雷達式車輛偵測器蒐集實際車流資料，據以推估道路路段的旅行時間，並針對不同模式的結果進行績效比較和分析。研究結果顯示，線性迴歸模式並不適用於號誌化道路路段旅行時間推估，其校估的 R-squared 值均不高，顯示流量、佔有率和速率三者間可能存在非線性的關係。

至於在類神經網路模式與時間數列模式的績效表現方面，透過相關統計檢定，兩者表現皆良好，前者績效指標 MAPE 值小於 20%，後者績效指標 MAPE 值小於 10%。根據學理推論與初步實證分析結果顯示，兩者均適用於號誌化道路路段旅行時間之推估。

2.2.3 考慮號誌化路口影響之旅行時間推估方法

由於本研究之研究對象為市區幹道，而市區幹道與高、快速公路主要之差異在於街廓長度較短以及路口號誌時制影響，因此探討都市幹道車流行為變化乃是本研究必須加以考量的地方。旅行時間推估議題在過去的研究大多以高速公路為主要研究對象，歸納其原因是因為高速公路之環境相較於市區道路單純、路側干擾少、大多無號誌控制影響及車種組成單純等因素。

Sisiopiku【21】曾經對市區幹道旅行時間推估議題進行文獻之探討，其回顧自 1977 年起至 1991 年數篇以偵測器蒐集資料來推估市區道路旅行時間議題的文獻，該研究主要結論如表 2.2-2 所示：

表 2.2-2 Sisiopiku 等人研究主要結論彙整(1)

研究者	重要結論
Sisiopiku and Rouphail	1. 若以固定式偵測器的資料作為輸入項，會因市區道路複雜的車流特性，使得模式在應用上受到較多的限制。
	2. 現有的模式，皆為特定路段個案的應用，並沒有可廣泛通用的模式，即模式不具地區轉換性。
	3. 在都市幹道環境下，路段長度、車流的高度隨機性、車種組成、車隊的到達型態與駕駛人行為特性等因素都是主要影響推估是否準確的原因。
	4. 旅行時間推估模式的績效受到輸入項的影響甚鉅，以現場調查資料為主，容易有資料遺失與調查不易的困難；而以模擬軟體作為實驗方式時，卻又不能完整描述真實車流運作的情形。
	5. 未來的旅行時間推估模式，可著重於發展在時間、空間中均能簡易使用，且具動態推估能力的共通性模式架構。

資料來源：【21】

另外 Sisiopiku 等人【22】再延續前項研究成果，進一步以 NETSIM 車流模擬軟體與實地調查交通資料進行流量、佔有率與旅行時間關係之分析，其實驗範圍路段總長度為 2.85 英哩，含 11 個號誌化交叉路口，以浮車實驗法方式得到真實旅行時間資料。研究結果如表 2.2-3 所示：

表 2.2-3 Sisiopiku 等人研究主要結論彙整(2)

研究者	重要結論
Sisiopiku 等人	1. 通常旅行時間會和佔有率有線性相依之關係存在，當低流量時，旅行時間與流量、佔有率是彼此獨立的。
	2. 當佔有率高於 90%或延滯之等候線超過偵測器位置時，即不可能用佔有率與旅行時間之迴歸關係式來預測旅行時間。
	3. 採用真實路況資料來進行模式的校估和驗證，較採用模擬資料能提高模式的可信度，但是無論資料來源為何，皆必須使樣本有一定程度之可信度。

資料來源：【22】

李鈺雯【13】以台灣地區特定都市幹道為研究對象，利用 Oh 模式估計路段自由流部分的旅行時間，再加入 Webster 延滯公式推估車輛受路口號誌影響所停等的平均延滯時間，研究結果顯示該模式推估績效之 MAPE 值約在 15%左右。

劉士仙【12】等人以台灣北部地區的國道替代道路和聯絡道路為對象，透過實際架設 Smart Sensor 偵測器蒐集相關參數資料，並利用 Oh 模式加上 Webster 延滯公式進行旅行時間推估，研究結果顯示，模式推估值比旅行時間真值平均大約低估 20%左右，顯示 Webster 延滯公式部分，可能會因為車流量或道路屬性的不同而有其適用性，並無法作為一個通用的延滯公式。本研究係依據此，將針對延滯公式之適用性加以深入探討。

2.3 路口延滯公式相關文獻探討

號誌化交叉路口車輛延滯理論模式的推演與發展主要目的在衡量車輛在路口之延滯量，由於歷來對於延滯的定義與分類不同，因此所發展的解析模式也各不同。早期交叉路口車輛延滯研究以固定週期時制(Fixed Cycle)之號誌化交叉路

口為主要對象，先考慮未飽和(non-saturated)的車流情況，再擴展到過飽和(over-saturated)的車流狀況，進而探討依時需求(time dependent demand)與車隊(platoon)到達的情形。

2.3.1 延滯之定義

由於國內、外學者對延滯的定義都不盡相同，容易造成引用時產生混淆之情形。延滯的定義通常可分為廣義與狹義的解釋。廣義的解釋部份，國外在1985及1994年美國公路容量手冊(HCM) 【23】指出：「延滯應是指駕駛者發生一旅次，而超過該旅次合理旅行時間的部份，即所謂的延滯時間。」國內蔡輝昇【24】和王文麟【25】指出：「延滯應是指當車流在路段行駛，被某種因素(如摩擦干擾、交通管制等)所影響或阻滯，以導致行駛時間發生阻延和失誤稱為延滯。」狹義的解釋部份，本研究將內容彙整如表2.3-1所示。



表2.3-1 延滯定義彙整表(狹義的解釋)

作者年代	相關定義
Adolf D. May(1976)	當車輛通過號誌化交叉路口，受到各種條件影響(如時制週期、幾何設計等)所花費的總時間，減去完全不受任何影響通過交叉路口的總時間，即為總延滯值。
Akcelik, R(1981)	採用平均停等車隊長度及最大停等車隊長度來評估號誌化路口之延滯情況。
魏健宏(1984)	將延滯分為運行延滯(Operational delay)、固定延滯(Fixed delay)、及行駛時間延滯(Travel-time delay)。
何美瑩(1990)	分為路口延滯(Approach delay)、等候延滯(Queue delay)、及停等延滯(Stopped delay)。
蔡輝昇(1990)	分為固定延滯(Fixed delay)、旅行時間延滯(Travel-time delay)、停等延滯(Stopped delay)、臨近路段延滯(Approach delay)及運行延滯(Operational delay)。
王文麟(1998)	分為運行延滯(Operational delay)、固定延滯(Fixed delay)、行駛時間延滯(Travel-time delay)以及停等時間延滯(Stopped-time delay)。
HCM(1998)	採用控制延滯(Control delay)來評估號誌化路口之服務績效。控制延滯是指因交通號誌控制而產生的延滯。
HCM(2000)	
台灣地區公路容量手冊(2001)	採用停等延滯來評估號誌化路口之服務績效。其所指的停等延滯是因號誌影響而必須滯留在停等車隊中的時間，此時間為一車輛開始加入停等車隊直到綠燈亮後加速離開車隊的時間，並不包括因減速及加速造成的延滯時間。

資料來源：本研究彙整

在服務水準績效指標中多採用平均延滯時間(Average Delay)來描述。平均延滯時間指每車因減速、停等及加速而增加的平均旅行時間。用於評估號誌化交叉口之平均延滯時間又可分為平均停等時間(Average Stopped Delay)、平均臨近路段延滯時間或簡稱平均路段延滯(Average Approach Delay)及平均總延滯時間(Average Total Delay)。另外根據【26】得知，此三種延滯的定義可用圖 2.3-1 說明之。

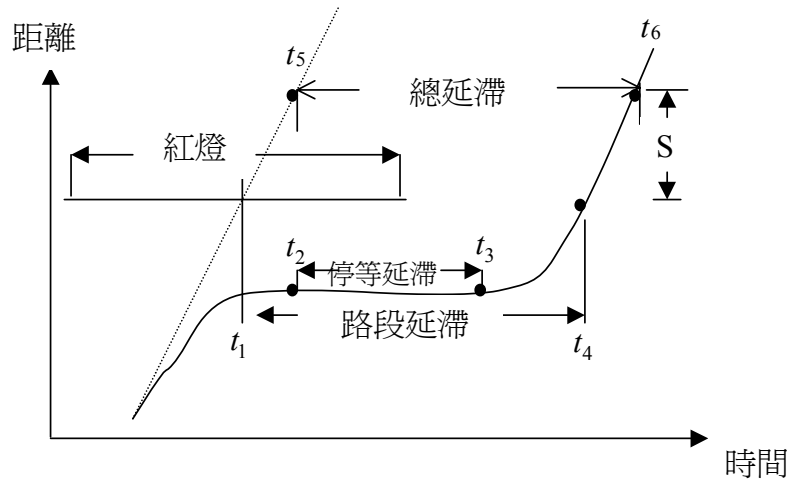


圖 2.3-1 延滯之定義 資料來源：【26】

圖 2.3-1 假設一車子在不受其他車輛或行人及號誌的干擾時，其車尾可在時間 t_1 瞬間通過在交叉路口停止線附近之一參考線。如受紅燈之阻礙，該車須減速、停等，然後在綠燈時通過參考線。如該車因紅燈或其他車輛阻擋而在 t_2 時加入停等車隊，其後在 t_3 時因下游車輛之疏解而開始加速，則其停等延滯等於 $t_3 - t_2$ 。假設該車車尾通過參考線之實際瞬間為 t_4 ，則其路段延滯等於 $t_4 - t_1$ 。該車通過參考線之後可繼續加速，直到在 t_6 時達到穩定的自由旅行速率。假設在 t_6 時該車在參考線下游 S 公尺之處，而在無干擾的情況下，該車到達同一點之瞬間為 t_5 ，則總延滯為 $t_6 - t_5$ 。

上述三種延滯中，以平均停等延滯最容易從現場資料以估計，所以國內、外交通界已有多年利用此種延滯以評估號誌化交叉口之服務水準。美國1998年之公路容量手冊改用所謂的控制延滯(Control Delay)以評估服務水準。控制延滯指因號誌控制而產生之延滯，理論而言，此延滯不應包括因幾何設計及因須轉彎所造成之延滯，但目前美國的公路容量手冊之控制延滯包括所有之延滯，換言之，其控制延滯相當於總延滯。

2.3.2 車輛延滯模式

首先針對各延滯模式之符號定義進行說明如下：

符號說明：	d = 平均每車延滯(sec)
	C = 號誌週期長度(sec)
	g = 有效綠燈時間(sec)
	r = 紅燈時間(sec)
	$R = r/\Delta t$
	$\lambda = g/C$
	q = 到達率(veh/sec)
	s = 飽和流率(veh/sec)
	x = 飽和度($x = qC/sg$)
	$y = q/s = \lambda \cdot x = q \cdot \Delta t$
	I = 每週期到達車輛數之變異數與平均數比
	Q = 容量(veh/hr)
	Δt = 時間間隔(sec) = 1/s
	T = 流率 q 之時間長度(hr)

根據【27】得知，關於車輛延滯的估計，專家學者們依其影響變數與到達型態之不同，而提出眾多的估計方程式。一般考慮延滯的影響因素，主要有車輛到達率、飽和流率、週期長度、有效綠燈時間等。至於到達型態主要有三種：規律到達(Regular Arrival)、隨機到達(Random Arrival)、車隊到達(Platoon Arrival)等，其中又以前兩類的相關研究較多，第三類則較少。也由於第一類到達型態較不合乎實際路口車流情形，且過於簡化，因此以第二類的應用較多。以下則分別敘述各模式之特性與優缺點：

1. Clayton(1941)

最早的延滯模式即由Clayton所提出，假設車輛是以一規律的型態（Regular Arrival）到達號誌化路口，所得車輛平均延滯如式2.1所示。該模式的缺點為假設過於簡化，車輛規則到達與實際情況不符，也無法估算過飽和（Overflow）情形的延滯，容易低估實際的車輛延滯。

$$d = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-y)} \quad (\text{式2.1})$$

2. Wardrop(1952)

其到達假設為普瓦松到達(Poisson Arrival)，此式當s增加時，則此式趨近規律到達之模式Clayton 相近，導得平均每車延滯公式為式2.2：

$$d = \frac{(R-1/2s)^2}{2C(1-y)} \quad (\text{式2.2})$$

3. Webster(1958)

以電腦模擬的方式而得出延滯公式，此公式表示如式2.3。該式係假設車流抵達為普瓦松分配，其中第一項為均勻延滯(Uniform Delay)，屬週期性延滯。第二項為了調整車輛隨機到達所產生的延滯，又稱隨機延滯(Random Delay)。第三項為經驗調整部分，使均勻延滯與隨機延滯的總和，更能符合實際的延滯值。其缺點為當x趨近於1時，平均延滯將急遽增加，導致估計的不穩定性。

$$d = \left[\frac{C(1-\lambda^2)}{2(1-y)} \right] + \left[\frac{x^2}{2q(1-x)} \right] - 0.65 \left(\frac{C}{q} \right)^{1/3} x^{2+5\lambda} \quad (\text{式2.3})$$

4. Huctchinson(1972)

此公式乃修改Webster's公式而得，其在第二項隨機延滯(Random Delay) 中加入I-ratio，當I=1 時，呈Poisson分配，即為Webster's公式之理論依據，如式2.4：

$$d = 0.9 \left[\frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-y)} \right] + \frac{Ix^2}{2q(1-x)} \quad (\text{式2.4})$$

5. HCM(1985)

第一項為均勻延滯(Uniform Delay)，第二項為增量延滯(Incremental Delay)，此延滯產生係由於車輛的隨機到達及設計不良的時制計劃，因此求出

這兩部分的延滯值，即可看出不良的時制設計對延滯的影響程度，如式2.5:

$$d = \frac{0.38C(1-\lambda)^2}{1-y} + 173x^2 \left[(x-1)^2 + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{16x}{Q}} \right] \quad (\text{式2.5})$$

此式在 $0 < x < 1.0$ 時合理，但當 $x > 1.2$ 時便不適用。大部分都市幹道的路口號誌皆有連鎖，亦即路口車輛到達狀態會受到上游路口號誌之影響，而呈車隊(Platoon)到達，所以HCM依照各種不同的因素，如號誌種類、車道群總類、v/c值及五種車輛到達路口狀態，分別制定其調整因子(Progression Adjustment Factor, PF)，在實際操作時將路口停等延滯值算出後，選定適合其路口狀態之調整因子，以作為調整此路口實際停等延滯值之「乘數」，相乘後得到更精確的路口停等延滯值。

6. Akcelik Generalized(1988)

一個總合HCM、澳洲及加拿大等延滯模式的公式，利用不同的校估係數以代表不同的模式，如式2.6:

$$d = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-y)} + 900Tx^n \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{m(x-x_0)}{QT}} \right] \quad (\text{式2.6})$$

其中 $x_0 = a + bsg$ ， a 、 b 為常數， T =流率 q 之時間長度，參數的組合代表各種不同的模式，見表2.3-2。此延滯公式與上述公式最大的差異點是 d 為路口延滯值，而非停等延滯值。

表2.3-2 各延滯公式之Akcelik公式參數對照表

延滯公式	m	n	a	b
1985HCM	4	2	0	0
澳洲容量	12	0	0.67	1/600
加拿大容量指引	4	0	0	0
TRANSYT8	4	-1	0	0
Akcelik	8	0	0.5	0
替代HCM	0	8	0.5	0

資料來源：【27】

7. HCM(2000)

延滯模式中，第一項為假設均勻到達所產生之均勻延滯 (Uniform Delay)，第二項為考慮因隨機到達所增加之延滯量，第三項為因初始等候所造成之延滯，該公式與1985 年版HCM 延滯公式類似，選定適合其路口狀態之調整因子，以作為調整此路口實際停等延滯值之「乘數」，相乘後得到更精確的路口停等延滯值，公式如式2.7：

$$d = d_1 * PF + d_2 + d_3 \quad (式2.7)$$

$$d_1 = 0.5 \frac{C(1-\lambda)^2}{1-\lambda \min\{X, 1.0\}}$$

$$d_2 = 900 \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$$

$$d_3 = \frac{1800Q_b \left(2 - \frac{cT(1-\min\{X, 1.0\})}{Q_b} \right) t}{cT}$$

8. 台灣地區公路容量手冊(2001)

採1994年版HCM 延滯模式，該模式考量路口溢流與車道群問題，第一項為假設均勻到達所產生之均勻延滯 (Uniform Delay)，選定適合其路口狀態之調整因子，以作為調整此路口實際停等延滯值之「乘數」，第二項為增量延滯，公式如式2.8：

$$d = DF * d_1 + d_2 \quad (式2.8)$$

$$d_1 = \frac{0.38C(1-\lambda)^2}{1-\lambda[\min(1, x)]}$$

$$d_2 = 173x^2 \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + (mx/c)} \right]$$

綜合上述延滯模式介紹可以發現，模式定義與計算各有所不同，但用來評估號誌化路口的衡量指標，仍以停等延滯及控制延滯為主。本研究將上述各模式特性及與反應延滯情形的能力加以彙整如表2.3-3所示。

表2.3-3 國外延滯模式特性比較表

延滯模式種類	作者	延滯型態	適用情境				調整因子	備註
			未飽和	過飽和	獨立路口	連鎖路口		
確定型隨機模式	Clayton (1941)	Stopped delay	○	×	○	×		易低估
	Wardrop (1952)	Stopped delay	○	×	○	×		易低估
機率型延滯模式	Webster (1958)	Stopped delay	○	×	○	×		輸入簡單但具估計不穩定性
	Hutchinson (1972)	Stopped delay	○	×	○	×		
	Akcelik (1988)	Stopped delay	○	○	○	×		
TRANSYT-7F	FHWA (1990)	Stopped delay	○	○	○	×		輸入項較為複雜
美國公路容量手冊	HCM (1985)	Stopped delay	○	×	○	×	PF	無法估計過飽和延滯
	HCM (1994)	Stopped delay	○	○	○	○	DF	2001 台灣地區公路容量手冊採用
	HCM (1997)	Stopped delay	○	○	○	○	PF	調整因素多
	HCM (2000)	Control delay	○	○	○	○	PF	調整因素多

註：「○」表示模式可反應該情況，「×」表示模式無法反應該情況。資料來源：本研究彙整

以下針對國內外與延滯相關研究進行綜合性探討。陳韻竹【28】在研究中提及，一般推估延滯的方法常以停等延滯為基礎，藉著使用轉換因素，可將停等延滯轉換成臨近路段延滯。但停等延滯會在某些情況下產生誤差，將會直接影響到臨近路段延滯。Homburger【29】指出臨進路段延滯(Approach Delay)一般較難以人工調查測量，且其數值約為停等延滯(Stopped Delay)的 1.3 倍。蔡輝昇【24】

曾於台南市進行實測調查，並利用實際資料計算，發現臨進路段延滯亦約為停等延滯的 1.3 倍，顯示其結論與國外相關研究相符。Dion 等人【30】的研究中顯示，在較低的交通需求下，各個模式所產生的結果差異不大，但在當交通需求增加時，各模式之間的差異也越來越明顯。劉士仙等人【12】運用 Webster、二元決策或 Lin 來估算延滯時間，經數據分析後以 Webster 績效表現最好，但仍有普遍低估的情況。楊佳琪【31】選用 Webster 和 1994HCM 延滯公式，再加上調整因子，採系統化的比較方式，先將不同的號誌控制種類(獨立/連鎖)及飽和度(低飽和/高飽和)分作四種象限，以進行不同交通特性情境之下的延滯時間探討與實証分析。研究結果顯示：當路口屬於獨立/中高飽和時，Webster 公式與 1994HCM 延滯公式(不考慮 DF 調整因子)較為適用；而路口屬於連鎖/高飽和時，1994HCM 延滯公式(必須加入 DF 調整因子)，以將 Webster 公式加入本研究提出的續進調整因子 b-factor 修正項之後，皆能大幅降低模式推估路口延滯之誤差。研究中另外發現，在使用 Webster 和 1994HCM 延滯公式(考慮 DF 調整因子)時，發現延滯公式常會低估真實延滯時間(除 Webster 公式會嚴重高估連鎖/高飽和情境之下的停等延滯之外)。

2.4 現況分析

本節針對欲探討之議題進行現況分析，並於台北市交控中心進行訪談工作，目的在瞭解目前相關實務單位對於偵測器佈設之準則，另外欲瞭解在不同交通資訊需求下，偵測器佈設位置之差異，本研究將訪談內容作一綜合探討，分別從偵測器佈設現況以及應用現況加以討論。

1. 訪談時間：中華民國 94 年 10 月 7 日、中華民國 95 年 4 月 9 日。
2. 訪談地點：台北市交控中心
3. 受訪人員：王國偉(交工處)

(一) 偵測器佈設現況

藉由訪談過程得知，目前實務上建議之偵測器佈設位置為距上游路口 1/2 至 1/3 的範圍之間，且近年來台北市的市區幹道偵測器佈設原則皆以路段中為主，其佈設考量因素主要有兩點：(1)避免過多的市區交通干擾因素造成資料遺漏或產生量測誤差 (2)以尋求佈設之平衡點為主要考量，期望利用較低的成本獲得最大的效益。另外根據交控中心提供之資料，彙整台北市偵測器佈設現況如表 2.4-1 所示。

表 2.4-1 台北市偵測器佈設現況表

VD 種類	環路線圈(含新舊)	影像式偵測器	三合一	總和
數量	83 組	68 組	16 組	167 組
佈設地點	1.市區幹道路口， 形狀為方形(舊)。 2.南港經貿園區和 信義快速道路，形 狀為圓形(新)。 3. 忠孝東路環路 線圈都是設置在路 段。	市民高架橋 環東高架橋	洲美快速道路 信義快速道路	—
偵測參數	車速(點速度)、流量、佔有率(密度)			

資料來源：本研究彙整

在交控策略方面，目前以不佈設路口偵測器為主，但目前已於南港經貿園區某一路段佈設較密集之偵測器，其中距離路口最近之偵測器約有 40 至 50 公尺，另外在 80 至 150 公尺之間亦有佈設，只要作為未來動態交控測試之應用。至於用路人資訊方面，則以佈設於路段中游為主，主要還是考量到偵測器蒐集到資訊的正確性，故以干擾較少的中游部分為主。

(二) 偵測器應用現況

在交通控制策略的部分，目前主要是依據經驗法則和歷史資料進行號誌時制計畫的演算，早期乃利用 TRANSYT-7F 軟體針對台北市各重要路口進行連鎖號

誌演算，目前則依據歷史相關資料，特別於每天的尖、離峰各設置不同的時制計畫，以因應各路口的車流現況。故整體來說，台北市目前是全部採用定時號誌作為現行路口交控策略。

另外在動態交控的部分，目前已於南港經貿園區選定一實驗路段，並已開始著手佈設偵測器，若該路段能測試成功，未來將參考該實驗範例將動態交控的應用範圍擴大至台北市其他地區。

在用路人資訊提供方面，台北市目前旅行時間的發佈仍以快速道路為主，平面幹道主要仍利用偵測器測得之佔有率大小來推估路段車段績效，並進一步作出路段績效指標的發佈，例如利用 VMS 發佈擁擠、順暢、車多等交通資訊。

另外目前台北市交控中心對於旅行時間的推估，並未加入延滯的處理，主要原因也是因為目前旅行時間的發佈皆以快速道路為主，實際上並未受到路口號誌影響。但未來若需發佈市區幹道旅行時間，仍會將延滯部分加以考量。另外在偵測器資料應用方面，本研究於交控中心取得環路線圈偵測器相關資料(如圖 2.4-1)後發現，目前實務應用上，偵測器資料的輸出格式仍以時間基礎為主，蒐集相關參數包括車流量、速度、佔有率、車間距、另分大、小車流量及大、小車速度、最後還包含偵測正確率等。另外針對交控中心訪談內容彙整如表 2.4-2。

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
位置	時間	車道	車流量	車速度	車佔有率(車間距)	大車流量	大車速度	小車流量	小車速度	機車流量	機車速度	正確率	
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:00	往南內側車道	4.5	59	2	147	1	55	3	61	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:00	往南外側車道	4	55	2	147	0	0	4	55	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:01	往南內側車道	0	0	0	250	0	0	0	0	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:01	往南外側車道	2	48	1	250	0	0	2	48	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:02	往南內側車道	6	50	5	114	2	52	3	49	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:02	往南外側車道	4.5	66	3	145	1	40	3	74	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:03	往南內側車道	1	44	1	250	0	0	1	44	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:03	往南外側車道	0	0	0	250	0	0	0	0	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:04	往南內側車道	11.5	48	9	50	1	71	10	45	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:04	往南外側車道	7	54	5	81	0	0	7	54	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:05	往南內側車道	1.5	29	1	250	1	29	0	0	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:05	往南外側車道	1	38	1	250	0	0	1	38	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:06	往南內側車道	7.5	56	6	81	1	100	6	49	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:06	往南外側車道	6.5	55	4	96	1	50	5	57	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:07	往南內側車道	2	40	1	250	0	0	2	40	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:07	往南外側車道	2	38	2	250	0	0	2	38	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:08	往南內側車道	3	55	2	196	0	0	3	55	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:08	往南外側車道	3	65	1	196	0	0	3	65	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:09	往南內側車道	2.5	45	2	250	1	35	1	55	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:09	往南外側車道	2.5	44	3	250	1	50	1	38	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:10	往南內側車道	8	53	6	71	0	0	8	53	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:10	往南外側車道	3	57	2	196	0	0	3	57	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:11	往南內側車道	0	0	0	250	0	0	0	0	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:11	往南外側車道	0	0	0	250	0	0	0	0	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:12	往南內側車道	5	57	3	118	0	0	5	57	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:12	往南外側車道	5	49	4	116	0	0	5	49	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:13	往南內側車道	3.5	37	3	196	1	37	2	38	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:13	往南外側車道	1	41	1	250	0	0	1	41	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:14	往南內側車道	4.5	66	2	147	1	68	3	65	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:14	往南外側車道	7.5	56	5	81	1	62	6	55	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:15	往南內側車道	1	34	1	250	0	0	1	34	0	0	100
中山北二段100號分區島	2006/4/9 00:15	往南外側車道	0	33	1	250	0	0	0	0	1	33	100

圖 2.4-1 台北市環路線圈偵測器資料輸出格式

表 2.4-2 台北市交控中心訪談紀錄

問題		交控中心人員回覆
一	說明論文路段及路口偵測器用途	1. 目前皆不佈設路口偵測器，而以路段為主，台北市的路段偵測器主要作為發佈績效指標之用。
二	是否有路口 VD 資料可以取得？	1. 目前佈設較密的區域在南港經貿園區，但前陣子已被捷運施工挖斷。 2. 路口交通資料因偵測器故障，目前完全無法提供。
三	目前如何計算路口號誌時制？	1. 台北市現在皆採用定時號誌 2. 動態查表仍未實際測試，準備於南港經貿園區其中一路段作測試。
四	未來若採用動態查表，是否採用路口 VD 資料？	1. 會採用，但仍以較密集的佈設為主，臨近的路段皆需佈設。但不算是路口 VD(離路口最近約 45m)。 2. 今年佈的 300 組 VD 仍以路段為主，取得路段績效評估資料。(大概 6 成左右佈設在快速道路上)
五	目前實務上應用的旅行時間演算法為何？	1. 主要仍利用測得之佔有率大小來推估路段車流狀況是否良好。路段績效指標的發佈(市區幹道) 2. 旅行時間的發佈(快速道路)
七	市區道路績效是否考慮路口延滯？	1. 目前旅行時間發佈仍以快速道路為主，目前平面幹道並未做任何延滯的處理。 2. 未來可能會考慮將延滯加入
八	未來若採用動態查表，是否可能以密集得佈設 VD 為主？	1. 南港經貿園區主要是實驗區域，未來若要擴大推廣有其困難度。 2. 目前時制計畫仍以一天中預設多套劇本為主。
九	號誌時制資料的依據為何？	1. 以前是用 T7F 計算最佳週期 2. 現在以板塊群組的方式，盡量把區域內的路口做到連鎖。
十	路口偵測器的定義？(20m)	1. 實務上至少 40~50m 以上，甚至 70 或 80m。

資料來源：本研究彙整

2.5 小結

綜合上述文獻的整理及回顧，本研究針對欲探討之議題及相關內容，分別提出彙整後之小結。

1. 偵測器佈設位置部分

在交控需求方面，目前成大研究團隊所發展之動態交控模式，已實際於台南市路網進行測試，偵測器佈設位置分佈於距離路口停止線 80 公尺至 130 公尺的範圍之間。另外於相關研究中亦提及，在目前所發展最新的動態交控模式下，偵測器最佳的佈設位置乃在距路口 150 公尺至 250 公尺之間，但該部分是藉由模擬資料所得到的結果，仍未執行實際的測試。至於在實務上，經由實際訪談後得知，目前台北市交控中心已於南港經貿園區佈設密集之偵測器，準備作為動態交控之應用，其佈設範圍為距離路口停止線 40 公尺至 80 公尺的範圍之間。也就是說，目前國內在偵測器佈設方面仍有交控的需求，且佈設位置在實務上，範圍包含距路口停止線 40 公尺至 130 公尺之間，未來更有可能將範圍擴大至距路口 250 公尺，顯示未來有可能將交控用的偵測器與路段中的偵測器作一整合性的應用。

在用路人資訊方面，相關研究指出，若以推估旅行時間為主，佈設位置仍以路段中游處為最佳，乃因此處所受之干擾較少，蒐集之資料亦較為準確。至於實務應用上，目前台北市交控中心的偵測器佈設原則也是以路段中游處為主，顯示研究結果與實務應用上能夠契合。另外雖然國內已有相關研究針對市區幹道的佈設位置進行探討，但部分結論都是因地制宜，無法得出較為通則的答案。因此本研究期望能根據台灣地區市區幹道車流特性與駕駛人行為特性等，提出較為通則性的建議，作為實務上應用之參考。

2. 旅行時間推估方法論部分

國內、外與旅行時間推估相關之研究眾多，理論基礎亦不全然相同，本研究

考量以操作較為簡單的模式為主。車流理論之輸入項較少，模式操作上相對較為容易，加上其理論基礎完整，為常見之應用方法；在統計分析方法上，迴歸分析乃是探討變數與變數之間關係的方法，利用迴歸關係式可推估或預測變數可能的趨勢，其優點為理論基礎完整，操作容易，且可解決具顯著因果關係之問題。故本研究以此二項方法論為主要應用之方向。

3. 路口延滯公式部分

在探討過眾多的路口延滯公式中，本研究將依據各公式之特性，配合欲探討之議題，選取較為適用之延滯公式。Webster 延滯公式由於應用較為廣泛且操作簡單，但缺點在高飽和的情況下並不適用，故本研究再另外挑選出 HCM(1994) 延滯公式，該公式不僅能估計高飽和情況的延滯，更考量號誌連鎖等因素，加入了調整因子予以修正其延滯值，達到更精準的估計。

4. 現況分析部分

目前台北市偵測器佈設現況主要以佈設於路段中游為主，實務單位仍以利用最少成本能夠達到最大績效的理念為主。在應用方面，旅行時間發佈主要以快速道路為主，而市區幹道仍以發佈績效指標為主。交控部分，目前台北市以不佈設路口偵測器為主，但目前仍於南港經貿園區某一實驗路段佈設密集之偵測器，作為未來動態交控測試之應用。

第三章 理論模式

綜合先前兩章所述得知，目前國內外針對市區幹道旅行時間資訊之推估與預測進行相關研究者較少，研究對象亦大多以高速公路和快速道路為主、甚少針對市區幹道旅行時間推估課題加以探討。以目前國內交通管理單位的作法，對於市區幹道的交通資訊內容仍以擁擠指標的發佈為主(如利用平均佔有率作為評估指標等)。由於市區幹道路網環境複雜且干擾因素眾多，其中影響旅行時間推估最主要的因素即為路口號誌的影響，故車輛受號誌影響於路段中停等的時間亦必須加以考量，故本研究除探討旅行時間推估模式之外，再將路口延滯公式加入一併做探討，期望能更實際地描述出市區幹道的真實旅行時間。

本研究的首要研究主軸為探討適用於台灣地區都市幹道的旅行時間推估模式，並於該模式的理論基礎下，因應不同交通資訊需求進行偵測器佈設位置的探討。本研究以Oh等人【14】之模式為基礎，主要考量此模式乃藉由基本巨觀車流理論(Q-K-U關係)進行推估，唯該模式原本應用於快速道路上，李鈺雯【13】即以Oh模式為基礎，配合Webster延滯公式進行市區幹道旅行時間推估；但該研究中主要仍以用路人資訊需求為主，尚未考量交控需求的部份。故本研究將再進一步考量交控需求，期望能將Oh模式更充分應用於台灣地區市區幹道旅行時間推估等相關課題。為了更清楚瞭解Oh模式在不同研究中的應用差異性，本研究以表3-1說明。

表3-1 本研究與其他相關研究之差異性

	Oh等人	李鈺雯、劉士仙等人	本研究
資料來源	實測資料	實測資料	模擬資料
研究範圍	高速公路	市區幹道	市區幹道
研究課題 出發點	以「用路人資訊需求」 為目的	以「用路人資訊需求」 為目的	同時探討「交控需求」 和「用路人資訊需求」
研究目的	推估高速公路兩組偵 測器間之旅行時間	1. 推估市區號誌化 道路路段旅行時間 2. 找出較佳的偵測 器佈設位置	1. 推估市區號誌化 道路路段旅行時 間 2. 找出因應不同交 通資訊需求下，較 佳偵測器佈設位 置

資料來源：本研究彙整

3.1 旅行時間推估模式

巨觀車流理論是指以整體的觀點來描述交通變數間的關係，在旅行時間推估議題上，通常採用巨觀車流理論中流量-密度-速度(Q-K-U)之關係式推導出空間平均速率，再利用路段長度與空間平均速率之關係換算出旅行時間。由於車輛偵測器所測得之速度為時間平均速率，無法直接換算為空間平均速率加以應用，因此過去相關研究大多會採用佔有率換算求取密度後進一步利用流量-密度-速度關係式求出空間平均速率，接著再求出算旅行時間。

3.1.1 Oh 模式於高速公路之應用

Oh 等人【14】以成對偵測器蒐集流量、佔有率等資料以換算路段密度，並進一步發展改良之旅行時間推估模式。然而 Oh 等人之研究是以高速公路為對象所發展而成，但本研究則以市區幹道為研究對象，由於都市幹道特性上的不同，使得推估模式可能會因為無法反應路口延滯值而有表現不佳的情形，故本研究考慮以加入延滯公式的方式進行計算，讓模式得以適當反應出真實車流的狀態。

以下根據【12】研究，簡述 Oh 等人所發展的旅行時間推估模式(以下簡稱 Oh 模式)的理論基礎、模式型態與求解步驟。

1. Oh 模式理論基礎：該模式主要是依據流量守恆原理，當路段中沒有其他分支路口時，上游偵測器應該與下游偵測器測得相同的流量。在此觀念下，Oh 模式為採用雙偵測器之觀念來推估路段密度，並將路段密度、流量與路段長度結合轉換為旅行時間推估公式，其概念如式 3.1 所示。

$$TT = \frac{\Delta x}{U} = \frac{\Delta x \cdot K}{Q} \quad (\text{式 3.1})$$

2. 模式型態：Oh 模式型態如式 3.2 所示。

$$tt_{SD} = \frac{\Delta x * \{k(t+1) + k(t)\}}{\{q_u(t) + q_d(t)\}} \quad (\text{式 3.2})$$

式中，

- tt_{SD} : 路段旅行時間
 Δx : 路段長度 (即兩偵測器之間距離)
 $k(t+1)$: 時階 (t+1) 之路段平均密度
 $k(t)$: 時階 t 之平路段均密度
 t : 時階
 $q_u(t)$: 時階 t 之上游流率 (輛/小時)
 $q_d(t)$: 時階 t 之下游流率 (輛/小時)

3. Oh 模式求解步驟：

步驟 1：由於偵測器輸出值為某設定時階長度內之車輛數、佔有率、時間平均速率與車種百分比，故需先將交通偵測器之輸出值加以轉換，首先將車輛數，轉換為單位小時之流量。

步驟 2：將上、下游的平均每車道、每車輛之佔有時間，根據流量轉為佔有率百分比並將其加權平均，求得該路段之佔有率百分比。

步驟 3：根據前兩步驟所得之佔有率並利用式 3.3 求路段起始密度 $K(t)$

$$K(t) = \frac{Occ\% \times L}{g} \quad (\text{式 3.3})$$

式中，

L 為路段密度之單位長度

g 為有效車長加上偵測器長度

步驟 4：利用個別偵測器所得之累計交通流量，計算偵測器之校估參數 α ，其公式如式 3.4 所示。

$$\alpha(t) = \frac{\sum q_u(t)}{\sum q_d(t)} \quad (\text{式 3.4})$$

步驟 5：根據步驟三之路段起始密度 $K(t)$ 及步驟四之校估參數 α 計算 $K(t+1)$ 之路段密度，如式 3.5 所示。

$$K(t+1) = K(t) + \left(\frac{\Delta t}{\Delta x \times l} \right) (q_u(t) - \alpha(t) q_d(t)) \quad (\text{式 3.5})$$

式中，

Δt : 時階長度

Δx : 兩偵測器間之距離

l : 車道數

步驟 6：利用上述所求之資料帶入式 3.1，以求得兩組偵測器間之路段旅行時間。

3.1.2 Oh 模式於市區幹道之應用

李鈺雯【12】和劉士仙等人【13】的研究採用 Oh 模式於路段之旅行時間推估，應用至實地測試之路段資料亦有相當之可行性。由於車輛行進常受到路口交通號誌之影響，而無法以路段資料直接代入路段旅行時間模式所得

之估計值來代表全路段之旅行時間，因此，該研究以 Oh 模式推算路段旅行時間再加上路口平均延滯時間作為全路段之平均旅行時間。在應用 Oh 模式進行都市幹道旅行時間推估時，以下兩項議題與限制在實務應用上應加以考量，簡述如下：

1. 流量守恒議題

Oh 模式為同時採用上、下游車輛偵測器之資料作為模式輸入項，且 Oh 模式之理論基礎為流量守恒，須先假設上游偵測器與下游偵測器能維持流量守恒，但是都市幹道車流的干擾因素眾多，往往影響偵測器的估計結果，故透過 Oh 模式採用雙偵測器作為資料來源時，應用於都市幹道易產生密度估算的誤差，即針對 Oh 模式所需的相連兩個時階的密度值(式 3.5)，由於上、下游流量可能不守恒而產生負值的不合理現象，進一步使旅行時間推估值產生不合理的結果。

考慮 Oh 模式在都市幹道旅行時間之需求，茲將 Oh 模式加以簡化為僅考慮單一偵測器之輸入項，簡而言之為採用巨觀車流模式概念，將點的資訊(偵測器)轉換為線的資訊(路段)。該簡化方式，除了可以簡化模式的計算過程，使模式易於操作，同時亦可減少都市幹道上、下游流量不守恒而產生的估計誤差。但該做法之缺點為使得 Oh 模式僅能估計自由車流部分之旅行時間，相對而言，延滯時間之估計為影響模式績效的主因，因此實務上必須針對路口延滯時間加以處理與推估。

2. 平均車長議題

Oh 模式於估計旅行時間之過程中，需先行推導路段密度(K)，顯示平均車長變數為主要影響之變數之一，亦說明有效車長的敏感程度對於旅行時間推估模式有其影響能力。

由劉士仙等人【12】的研究中得知，實測中大多數的路段都是佈

設兩組偵測器，其次是一組偵測器，三組偵測器的佈設較少(於下游佈設偵測器僅兩個路段)，本研究在旅行時間的計算上運用 Oh 模式加上 Webster 延滯公式，並在績效評估上運用 MAPE 值，分析結果如表 3.1-1 所示。

表 3.1-1 偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)表

道路屬性類型	路段長度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)						
		單組			雙組			三組
		VD1	VD2	VD3	1-2	2-3	1-3	1-2-3
N2L2Q4_A	396	36.49	41.89	-	39.58	-	-	-
N2L1Q4_B	191	58.25	49.77	-	48.92	-	-	-
N2L1Q4_E	78	19.55	-	-	-	-	-	-
N2L1Q4_F	200	-	43.49	-	-	-	-	-
N1L2Q4_G	317	28.36	27.12	43.28	27.42	34.53	34.24	30.39
N3L3Q4_H	598	68.53	72.22	-	68.93	-	-	-
N3L5Q4_I	999	13.65	13.19	-	26.79	-	-	-
N2L3Q2_J	517	10.53	10.45	-	12.31	-	-	-
N2L6Q2_K	1048	19.88	12.90	-	15.88	-	-	-
N2L3Q3_L	607	8.59	10.32	-	8.51	-	-	-
N3L3Q4_N	516	18.19	-	-	-	-	-	-
N3L1Q4_O	158	17.94	-	-	-	-	-	-
N3L1Q4_P	192	24.50	-	-	-	-	-	-
N3L1Q4_Q	183	55.47	-	-	-	-	-	-
N3L1Q4_R	190	108.25	-	-	-	-	-	-
N2L6Q3_M	1150	6.92	7.41	9.27	6.38	7.05	7.44	6.51
N2L1Q2_U	138	25.07	-	-	-	-	-	-
N2L3Q2_V	443	15.85	15.70	-	15.65	-	-	-

註：道路屬性類型中，N 表示車道數，L 表示路段長度，Q 表示車流量 資料來源：【12】

該研究結果顯示，單組偵測器佈設於路段中游，對旅行時間之推估仍有最佳之績效(效果與雙偵測器佈設於上、中游近似)；除此之外，利用統計成對樣本 t 檢定，以檢視多組偵測器設置之必要性，結果顯示，在所有分析的路段上，佈設單組偵測器與雙組偵測器彼此間的績效值都無顯著差異性存在，所以在此次實測的路段上，佈設單組或是多組偵測器差異並不大。另外道路屬性類型中，各符號代表意義及等級如表 3.1-2 所示。

表 3.1-2 路型與交通分類變數、類別與編碼

車道數	單向快車道數	一車道	N1
		二車道	N2
路段長度	路口節點與節點間之距離，以公尺計。	200m 以下	L1
		200m~400m	L2
		400m~600m	L3
		600m~800m	L4
		800m~1000m	L5
		1000m 以上	L6
路段交通流量特性	在某段時間內通過道路上某定點之車輛數。	5500PCU 以下	Q1
		5500~13000PCU	Q2
		13000~20500PCU	Q3
		20500PCU 以上	Q4

資料來源：【12】

3.1.3 因應不同交通資訊需求下 Oh 模式推估誤差分析

由前一小節得知，劉士仙等人【12】的研究針對台灣地區號誌化幹道以實際佈設偵測器的方式進行資料蒐集，並以 Oh 模式配合 Webster 延滯公式為基礎推估路段旅行時間，研究結果顯示偵測器佈設位置在路段中游時，模式推估績效較佳，至於下游偵測器的部份則較少作探討。本研究將延續其結論，固定於路段中游設置偵測器為基礎，進一步探討增設路口偵測器後，再將路段及路口偵測器所蒐集之資料加以整合，是否能有效降低旅行時間推估誤差。由於 Oh 模式為同時採用雙偵測器之資料作為模式輸入項，與本研究欲探討之內容相符合(即路段偵測器與路口偵測器)，故仍以 Oh 模式作為理論基礎，繼續進行本研究欲探討之課題。

劉士仙等人的研究說明中、上游偵測器組合中，單組與雙組搭配皆無顯著性的差異；但對於中、下游偵測器則較少作探討(由於成本及設備數量考量，僅兩個路段佈設下游偵測器)，從 N1L2Q4_G 路段中(參照表 3.1-1)可以看出，原本中游偵測器推估之誤差約為 27.12%，在加入下游偵測器資料後，推估誤差約為 34.53%，約增加了 7.41%；但由於可探討之路段數太少導致無法針對中、下游偵測器的組合作出較為整體性的分析。

故本研究初步利用模擬分析的方式，針對中游及路口偵測器的組合進行旅行時間推估誤差分析，分析流程與項目如表 3.1-3 所示。首先利用 Paramics 微觀模擬軟體進行路網構建，路網資料來源為「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省道路段固定式偵測器佈設規劃」【12】研究中所蒐集之實際路網幾何特性資料(包括路段長度、車道數、號誌時制計畫等)，即模擬環境完全依照實際資料進行構建。

表 3.1-3 中游及路口偵測器推估誤差模擬分析流程表

一、資料來源	「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省道路段固定式偵測器佈設規劃」【12】中實測路段的幾何特性資料(包括號誌時制計畫等資料)
二、選定模擬軟體	Paramics 微觀車流模擬軟體
三、偵測器佈設位置	於每個分析路段的中游及路口(距停止線 20 公尺)處各佈設一組偵測器
四、真實旅行時間	1. 以 Paramics API 輸出之旅行時間為真值
五、分析情境	1. 情境一：偵測器佈設於中游 2. 情境二：偵測器佈設於路口 3. 情境三：偵測器佈設於中游和路口
六、分析流程	1. 排除環境干擾因素，構建與實際情況相同之路網 2. 於模擬環境中佈設偵測器(環路線圈) 3. 利用模擬環境中偵測器輸出值代入 Oh 模式及 Webster 公式進行旅行時間推估 4. 將推估出來的旅行時間值與 API 輸出值進行比較
七、分析目的	1. 探討利用 Oh 模式推估旅行時間時，偵測器佈設於中游和下游的推估誤差程度 2. 進一步分析模式推估誤差來源，作為模式修正之依據。 3. 驗證模擬軟體輸出值能否代表真實車流情況

資料來源：本研究彙整

由分析結果(參照表 3.1-4)得知，利用路口偵測器蒐集之資料代入 Oh 模式與 Webster 延滯公式推估旅行時間，情境一中游的部分的平均絕對誤差百分比(MAPE)約為 19.15%；情境二路口的部分 MAPE 約為 116.58%，比中游

偵測器推估誤差增加約 97.43%，差異相當大；至於在情境三中雙偵測器組合的部分 MAPE 約為 58.88%，跟中游偵測器推估差異約有 39.73%，亦有相當程度的誤差。

探討其原因，發現主要是因為 Oh 模式中對於密度(K)乃是採用佔有率來計算(參照式 3.3)，由於號誌化路口的影響，車輛臨進路口時可能會有減速或停止的行為，導致路口偵測器所測得之佔有率偏高，進一步造成 Oh 模式推估出的旅行時間亦有偏高之情形，相對地推估誤差也隨之增加。

表 3.1-4 中游及路口偵測器推估誤差分析表

道路屬性類型	路段長度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)		
		單組		雙組
		中游 (情境一)	路口 (情境二)	中游+路口 (情境三)
N2L2Q4_A	396	33.61	166.19	71.99
N2L1Q4_B	191	21.89	100.31	59.28
N1L2Q4_G	317	16.58	52.52	33.44
N3L3Q4_H	598	15.21	156.43	68.70
N3L5Q4_I	999	10.47	261.65	128.58
N2L3Q2_J	517	13.81	39.29	19.33
N3L3Q4_N	516	27.75	218.53	96.56
N3L1Q4_O	158	25.90	56.08	40.99
N3L1Q4_Q	183	17.02	50.14	33.52
N3L1Q4_R	190	13.19	50.68	31.98
N2L1Q2_U	138	19.85	76.72	47.86
N2L3Q2_V	443	14.50	170.44	74.30
平均誤差		19.15	116.58	58.88

註：符號定義請參照表 3.1-2

資料來源：本研究彙整

3.1.4 修正 Oh 模式演算方式

本研究首先針對密度推估的方法進行探討，嘗試找出其他適用的推估方法，避免以佔有率進行推估時所造成過大的誤差。

May【32】曾提出巨觀車流密度特性包括密度和車道佔有率兩種，至於

量測的現有技術包含攝影、計算進出觀測區段的車輛數、速度-流量關係的計算，以及佔有率的量測等四種技術，本研究歸納四種技術之特性於表 3.1-5 中。

表 3.1-5 密度量測技術特性彙整表

量測技術	技術內容	備註
攝影	由監視幕將攝影結果存放於影帶中，再由電腦直接判讀並取得巨觀車流密度的特徵值。	額外的資訊亦可藉由由此而獲得，包括各車道的行駛車輛數、小客車與卡車的判別等
計算進出觀測區段的車輛數	在觀測區段的兩端各設置一個觀測站，再將觀測時段內所量得之兩端進出車輛數求其差值，即可獲得觀測區段內所停留的車輛數。與觀測前之起始值作比對，即可獲知在觀測區段內之車流密度。	若在觀測站內的偵測器計算進入/離開的車輛數時發生誤差，即流進不等於流出，則會出現密度為負值的不合理現象。
速度-流量關係的計算	需佈設兩個偵測器，分別負責流量及車速的蒐集，再將資料傳送至中央處理器進行計算。	此方法在技術上與理論的差異是取得之速度資料為時間平均速度(現點速度)，而非 $q = k\bar{u}_s$ 關係式中的空間平均速率
佔有率的量測	必須取得車輛的平均長度與觀測區段長度，再將所量測之車道佔有率藉由右式加以計算求得密度。	$K = \frac{10}{Le}(\%Occ)$

資料來源：本研究彙整

根據上表得知，原始 Oh 模式對於密度的求算乃以佔有率為主，但經分析得知佔有率乃模式推估的主要誤差來源，至於攝影與進出觀測站的量測方式則因人力與成本考量，無法採用該方法，故本研究決定採用速度-流量關係的計算方式求算密度(K)，以代進 Oh 模式進行運算推估。

在速度-流量關係的計算方式部分，本研究參考 Gerlough 等人【3】在書中所提利用密度-流量-速度(Q-K-U)關係式求算密度之方法，其中路點觀測乃

於路段中一固定點進行相關參數蒐集，與固定式偵測器之量測方式相同，故本研究利用其演算流程求算密度(K)，量測方式彙整如表 3.1-6 所示。

表 3.1-6 密度-流量-速度量測方式彙整表

變數	路點觀測	時點觀測
速度(km/hr)	$\bar{u}_s = \frac{N}{\sum \frac{1}{u_i}}$	$\bar{u}_s = \frac{\sum u_i}{N}$
流量(Vehicles/hr)	$q = \frac{N}{T} = \frac{N}{\sum t_i}$	$q = k\bar{u}_s$
密度(Vehicles/km)	$k = \frac{q}{\bar{u}_s}$	$k = \frac{N}{l} = \frac{N}{\sum s_i}$

資料來源：【3】

透過上述方法修正密度(K)的演算方式後，接著進行修正後 Oh 模式的演算，探討利用速度-流量關係的計算方式是否可以改善原始 Oh 模式的推估誤差。同樣利用 Paramics 模擬平台，以真實世界蒐集之資料作為輸入項，探討在雙偵測器的推估中，原始 Oh 模式與修正後 Oh 模式的推估誤差分析，分析流程表如 3.1-7 所示，另外修正 Oh 模式的演算邏輯流程如圖 3.1-1 所示。

表 3.1-7 原始與修正後 Oh 模式推估誤差模擬分析流程表

一、資料來源	「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省道路段固定式偵測器佈設規劃」【12】中實測路段的幾何特性資料(包括號誌時制計畫等資料)
二、選定模擬軟體	Paramics 微觀車流模擬軟體
三、偵測器佈設位置	以雙偵測器為主，於每個分析路段的中游及路口(距停止線 20 公尺)處各佈設一組偵測器
四、真實旅行時間	以 Paramics API 輸出之旅行時間為真值
五、分析情境	1.情境一：偵測器佈設於中游和路口(以原始 Oh 模式推估) 2.情境二：偵測器佈設於中游和路口(以修正後 Oh 模式推估)
六、分析流程	1.排除環境干擾因素，構建與實際情況相同之路網 2.於模擬環境中佈設偵測器(環路線圈) 3.利用模擬環境中偵測器輸出值代入 Oh 模式及 Webster 公式進行旅行時間推估 4.將推估出來的旅行時間值與 API 輸出值進行比較
七、分析目的	探討利用雙偵測器推估下，原始 Oh 模式與修正後 Oh 模式的推估誤差比較。

資料來源：本研究彙整

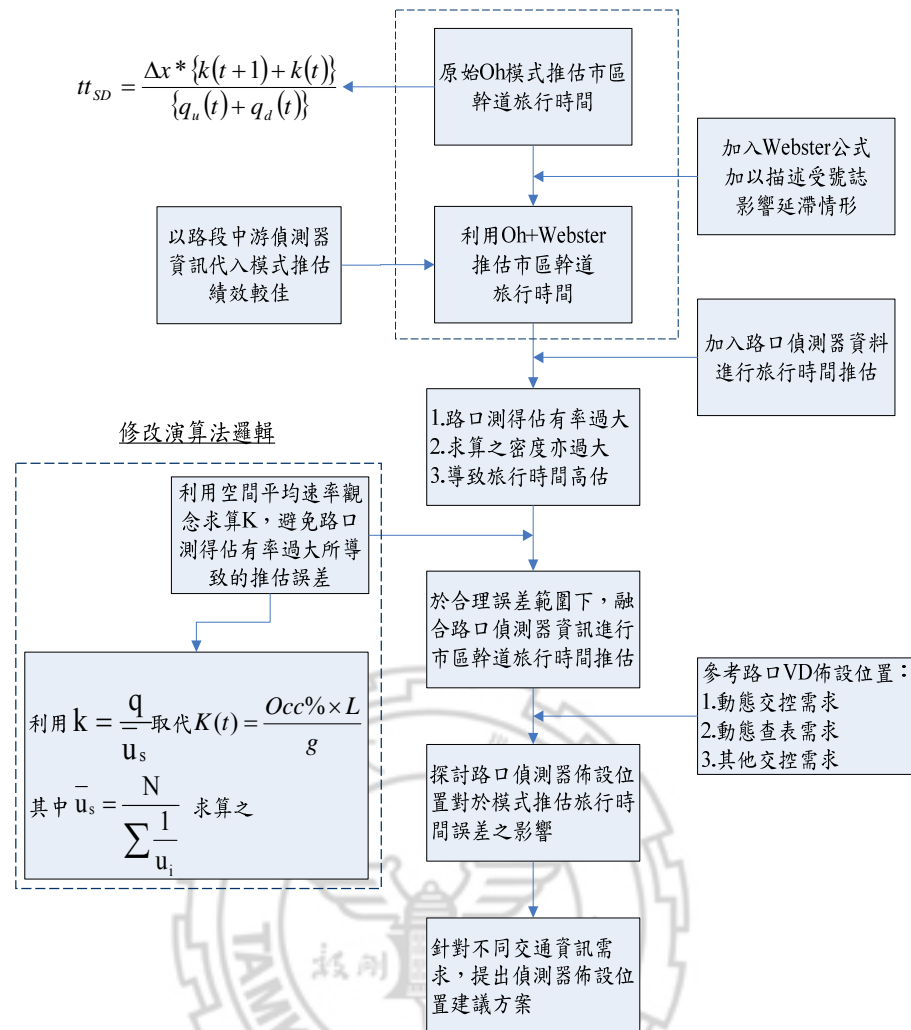


圖 3.1-1 修正 Oh 模式演算邏輯流程圖

經分析結果顯示如表 3.1-8 所示，在雙偵測器推估的情況下，利用原始 Oh 模式推估之誤差約為 58.88%；採用修正後 Oh 模式推估之誤差約為 33.43%，整體誤差約降低了 25.45%，N2L3Q2_J 路段的 MAPE 值甚至降低至 20% 以下，顯示的確能夠降低推估誤差，另外從改善率來看，整體平均約改善 43.22%，表示改善效果還算顯著。本研究依此推斷，利用修正後 Oh 模式演算，在中游偵測器搭配路口偵測器(20 公尺)的情況下，改善率已可達 43.22%，若路口偵測器距停止線距離超過 20 公尺，應該可以有漸趨改善的趨勢，故本研究擬採用修正後 Oh 模式，針對加入路口偵測器所造成之誤差加以改善，以利未來在探討因應不同交通資訊需求時，偵測器佈設位置對於模式推估績效之影響。

表 3.1-8 雙偵測器推估誤差分析表

道路屬性類型	路段長度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)		改善率(%)
		雙組		
		原始 Oh 模式	修正後 Oh 模式	
N2L2Q4_A	396	71.99	37.60	47.77
N2L1Q4_B	191	59.28	54.75	7.64
N1L2Q4_G	317	33.44	21.14	36.78
N3L3Q4_H	598	68.70	22.26	67.60
N3L5Q4_I	999	128.58	59.27	53.90
N2L3Q2_J	517	19.33	14.07	27.21
N3L3Q4_N	516	96.56	24.10	75.04
N3L1Q4_O	158	40.99	34.20	16.57
N3L1Q4_Q	183	33.52	31.49	6.06
N3L1Q4_R	190	31.98	24.42	23.64
N2L1Q2_U	138	47.86	31.97	33.20
N2L3Q2_V	443	74.30	45.91	38.21
平均誤差		58.88	33.43	36.13

註：符號定義請參照表 3.1-2

資料來源：本研究彙整

3.1.5 Oh 模式演進流程

Oh 模式原先乃 Oh 等人以成對偵測器蒐集流量、佔有率資料以換算路段密度，並進一步發展改良之旅行時間推估模式。近年來國內由董啟崇等人【6】的研究，開始將 Oh 模式應用至台灣地區路段旅行時間推估，許雅惠【18】亦利用該模式推估高速公路旅行時間，接著胡守任【15】、李鈺雯【13】以及劉士仙【12】等人更進一步採用 Oh 模式配合路口延滯公式進行都市幹道的旅行時間推估，其中也因為原本模式的適用範圍為高速公路，故將其轉換至都市幹道推估時，也必須針對模式輸入項或相關參數進行調整。本研究將 Oh 模式演進的流程彙整如圖 3.1-2 所示。

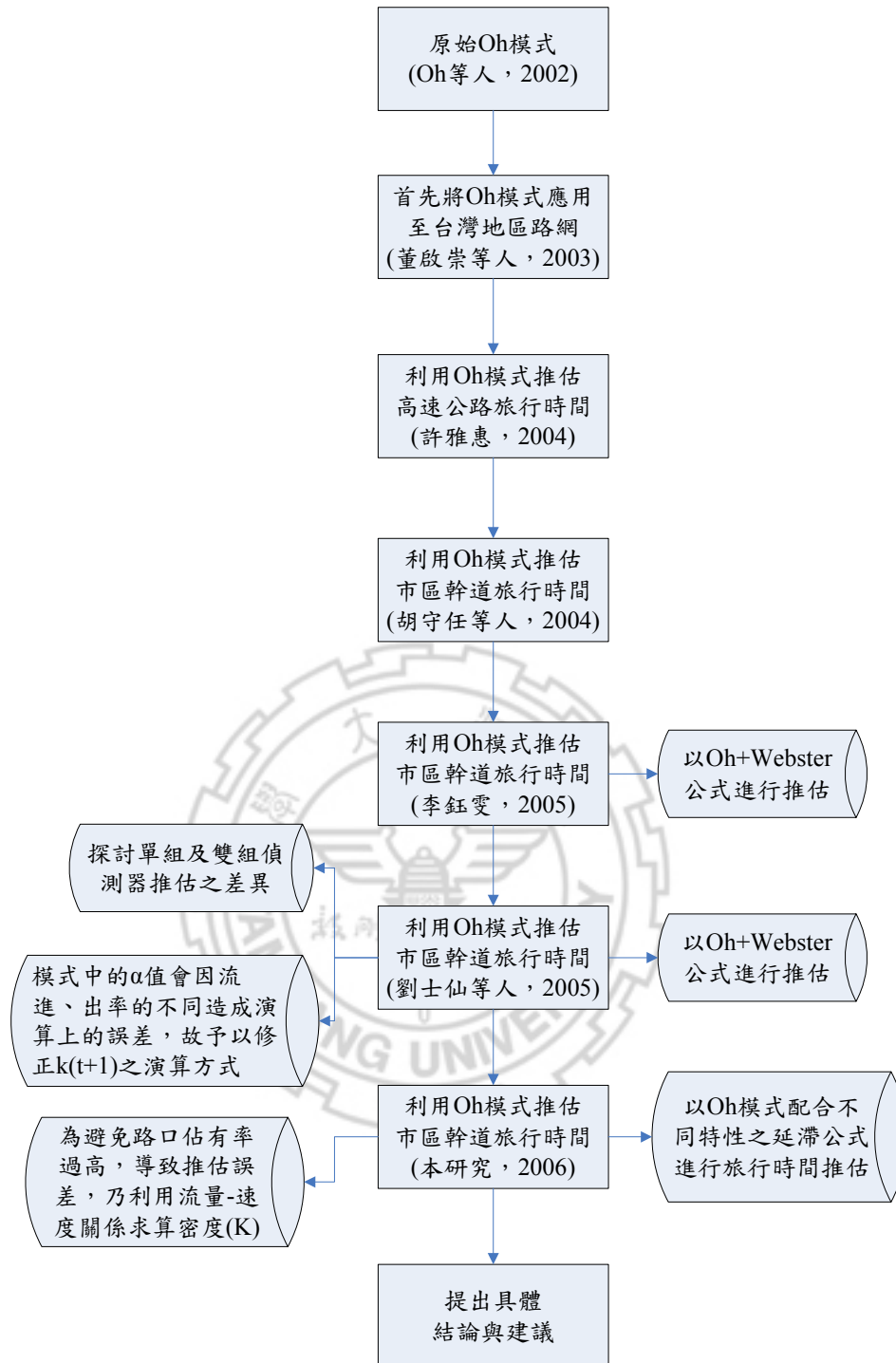


圖 3.1-2 Oh 模式演進流程圖

3.2 路口延滯公式

本研究參考李鈺雯【13】與劉士仙等人【12】之研究，將 Webster 延滯公式納入以改良 Oh 模式，結果顯示亦有良好之推估績效。但從劉士仙等人

【12】的研究中可以發現，大部分路網在加入 Webster 延滯公式改善後，仍有大約低估 20% 的情形。顯示延滯公式並不適用於每一種類型的路網，而是必須依照其公式的特性加以應用。

經前章文獻回顧得知，Webster 延滯公式的缺點為當 x (飽和度)趨近於 1 時，平均延滯將急遽增加，導致估計的不穩定性，如下圖 3.2-1 所示。顯示在高飽和的情況下，該公式並不適用，故本研究選取 HCM(1994)延滯公式彌補 Webster 公式的不足，HCM(1994)不但可以估計高飽和情況下的延滯值，甚至在號誌連鎖的情況下透過調整因子(DF)對延滯值進行修正，以獲得更精確的延滯值。

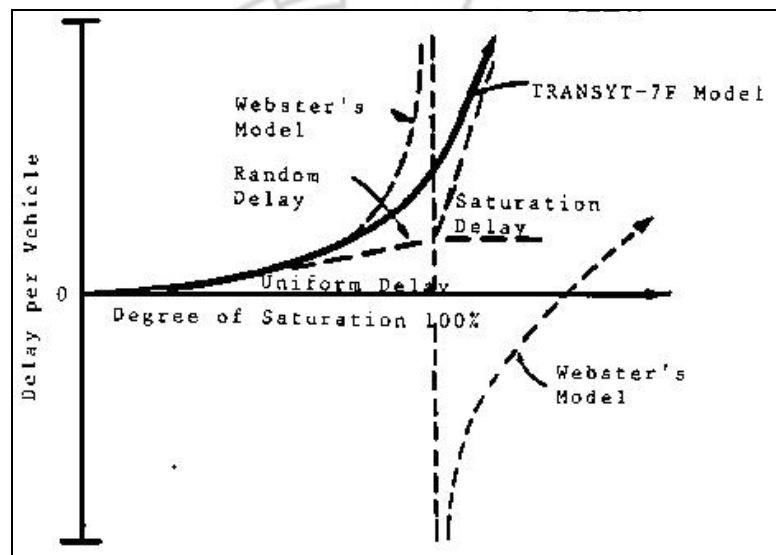


圖 3.2-1 T7F 與 Webster 延滯公式比較

1. Webster(1958)

該式係假設車流抵達為普瓦松分配，第一項為均勻延滯(Uniform Delay)，屬週期性延滯。第二項為了調整車輛隨機到達所產生的延滯，又稱隨機延滯(Random Delay)。第三項為經驗項調整部分，使均勻延滯與隨機延滯的總和，更能符合實際的延滯值。其缺點為當 x 趨近於 1 時，平均延滯將急遽增加，導致估計的不穩定性。

$$d = \left[\frac{C(1-\lambda^2)}{2(1-y)} \right] + \left[\frac{x^2}{2q(1-x)} \right] - 0.65 \left(\frac{C}{q} \right)^{1/3} x^{2+5\lambda}$$

2. HCM(1994)

該模式考量路口溢流與車道群問題，第一項為假設均勻到達所產生之 Uniform delay(均勻延滯)，選定適合其路口狀態之調整因子，以作為調整此路口實際停等延滯值之「乘數」，第二項為增量延滯。

$$d = DF * d_1 + d_2$$

$$d_1 = \frac{0.38C(1-\lambda)^2}{1-\lambda[\min(1, x)]}$$

$$d_2 = 173x^2 \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + (mx/c)} \right]$$

3. 臨近路段延滯概念

Homburger【29】指出臨進路段延滯(Approach delay)一般較難以人工調查測量，且其數值約為停等延滯(Stopped delay)的 1.3 倍。蔡輝昇【24】曾於台南市進行實測調查，並利用實際資料計算，發現臨進路段延滯亦約為停等延滯的 1.3 倍，顯示其結論與國外相關研究相符，如圖 3.2-2 所示。

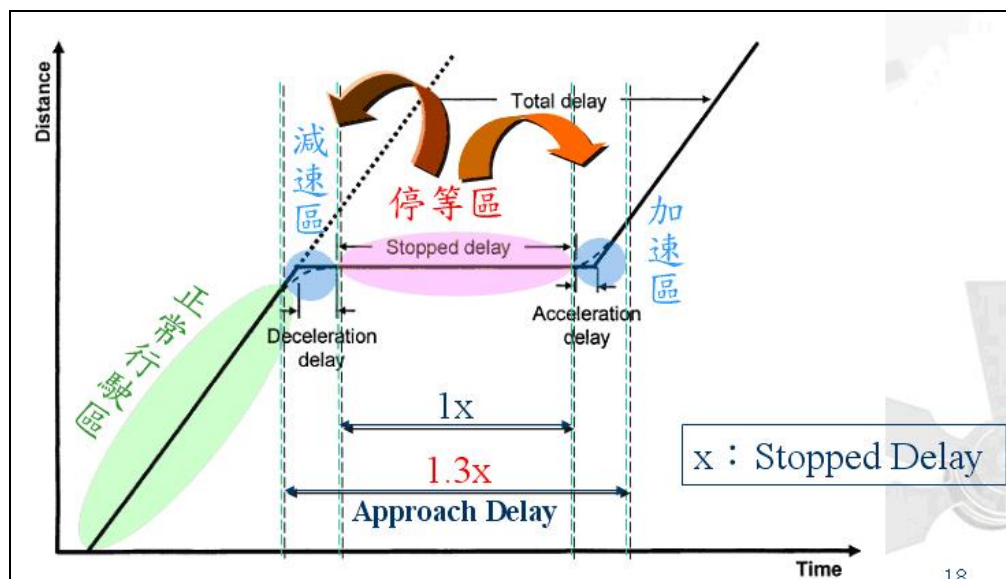


圖 3.2-2 Approach Delay 與 Stopped Delay 比較圖

分析後得知，停等延滯雖較容易以調查的方式獲得，不過實際上臨近路段延滯卻更能代表車輛受到路口號誌影響所產生的延滯情形。由於 Webster 延滯公式與 HCM(1994)估計得到之延滯值皆屬於停等延滯(Stopped Delay)，故本研依據上述概念及結論，嘗試以 Webster 與 HCM(1994)求算出延滯值，再將該延滯值乘上 1.3 倍，探討此種方式是否可以更準確的估計延滯值。

3.3 PARAMICS 車流模擬模式

由於本研究將利用 PARAMICS 模擬模式所產生之偵測器資料，代入旅行時間推估模式中以驗證模式績效，故本節即針對 PARAMICS 進行詳細介紹及說明。

3.3.1 PARAMICS 車流模擬系統介紹

PARAMICS 是 **Parallel Microscopic Simulation** 的縮寫，係由英國具交通背景之專家與電腦工程師團隊共同研發，可供模擬 ITS 交通系統環境之先進微觀車流模擬器。其主體以 C 語言撰寫，模組依功能可分為：(1)路網構建與編輯界面、(2)路網模擬界面、(3)模擬屬性資料存取，以及(4)輸出資料統計功能等四大類。茲就 PARAMICS 主要的功能和特性說明如下：

1. 模擬過程中，其模擬實體如車輛、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，以立體化呈現，使模擬情境更趨逼真。
2. 在模擬網路構建與模擬結果輸出，乃至圖示界面的功能上，均提供讓使用者容易接受的操作環境，故可提高模擬器之使用方便性。
3. 可藉由不同的執行平台，如英文版視窗 95、NT，乃至 UNIX、SUN 工作站及 HP 等進行模擬，較傳統模擬器更具實用性。
4. 模擬網路之規模無一定限制，使用者可依需要，自行決定其構建的網路規模。

PARAMICS 於模擬網路之規模限制如表 3.3-1 所示，相較於現行通用之其他

模擬軟體，可構建範圍較大之網路。

表 3.3-1 PARAMICS 與 NETSIM 模擬網路之規模限制

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

資料來源：【12】

5. PARAMICS 之 Programmer 模組具有下列四種功能，讓 PARAMICS 模化交通行為更具彈性化：

- (1)模擬過程中，可自路網任一物件讀取或寫入資訊。
- (2)傳入使用者自訂之路網設定參數。
- (3)可微調駕駛行為，以反映不同地區之駕駛行為特性。
- (4)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，以進一步瞭解其相關細節及資訊。

3.3.2 模擬路網之參數校估

根據【12】在 PARAMICS 模擬器進行路網模擬之前，需先設定 Seed 值，作為亂數產生表之起始值。為使各次路網模擬所獲得之結果能具共同基準，故於模擬開始前，先行設定 Seed 為某一特定數值，若未設定固定之 Seed 值將使各次模擬結果產生差異。然為確定 PARAMICS 之運作狀況於不同 Seed 值是否會造成各次模擬輸出結果之差異，故分別設定四個 Seed 值，再藉由模擬實驗以測試其輸出結果之差異性，表 3.3-2 即為四個 Seed 值之設定。

表 3.3-2 模擬次數代號及所設定之 Seed 值

模擬次數編號	Seed 值
Run-85	1
Run-86	100
Run-87	1000
Run-88	2004

資料來源：【12】

以上述四個不同 Seed 值進行模擬，並將模擬產生的輸出結果利用圖表呈現方式進行比較，主要是利用不同時段之累計車輛數作為比較之統計基礎，如圖 3.3-1 所示。結果顯示，在模擬路網中設定的四個 Seed 值所產生之輸出值相當接近且並未發現異常差異。故本研究選定預設 Seed 值為 5，以進行模擬路網之參數校估。

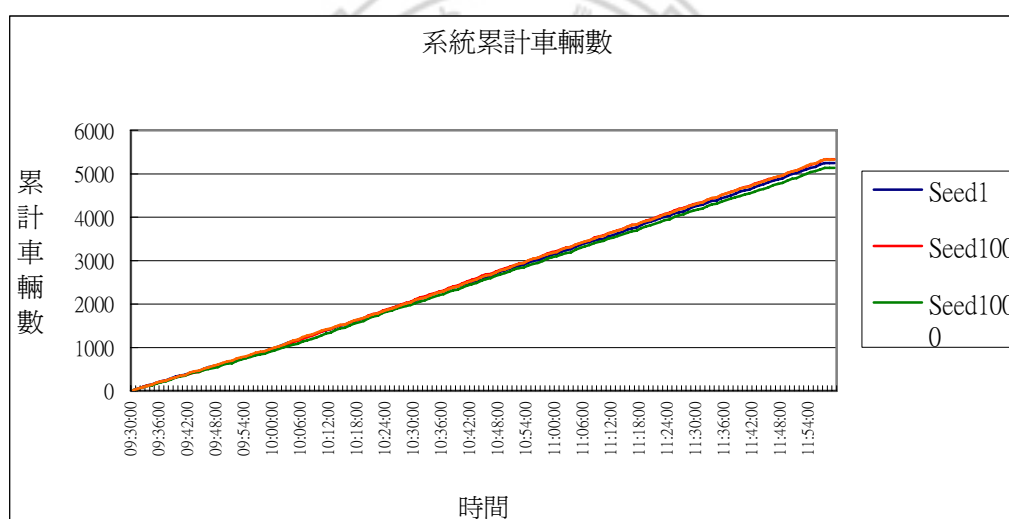


圖 3.3-1 四個 Seed 設定值之系統累積車輛數

3.3.3 模擬參數適合度評估

針對前述模擬路網所採用之模擬參數適合度評估，劉士仙等人【12】以評估實測路段之模擬參數適合度來表示在某參數值下路網之績效表現最佳，以便進行參數校估。在引用模擬資料前必須經過參數校估與驗證等程序，以確認模擬模式是否足以描述實際之車流狀況，本研究選定客觀之統計分析指標，包含「平均誤差百分比(PE)」與「平均絕對誤差百分比(MAPE)」，

由於前者會因評估結果之正、負符號相互抵消，而影響整體評估之準確度，因此本研究擬採「平均絕對誤差百分比 (MAPE)」作為模擬參數適合度評估指標。採用平均絕對誤差百分比 (MAPE) 驗證指標，係依各路口的交通流量以及路段之旅行時間作為評估之對象，因此能客觀地估計模擬值與實際觀測值之差異程度，該評估指標之公式如下所示：

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

式中，

P_R ：實際值

P_S ：模擬值

N ：模擬值

劉士仙等人【12】利用 PARAMICS 輸出之路段流量作為模擬值，再以人工調查蒐集之路段流量作為真值進行比較及分析，以校估最適參數值。PARAMICS 車流模擬軟體內建有相關車流模擬控制之車流參數設定，以提供微調校估與實際路網之代表性，考量實際路網的限制並參考交通部運輸研究所等相關研究，彙整結果如表 3.3-3 所示。

表 3.3-3 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
平均反應時間 (Mean Reaction Time)	◎	◎ ◎ ◎ ◎ 可適用
路段成本函數之時間係數	◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ 適用
路段成本函數之距離係數	◎ ◎ ◎	◎ ◎ 較不適用
路段成本函數之通行費係數	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ 不適用
冒險性 (Aggression)	◎ ◎	
警覺性 (Awareness)	◎ ◎	
亂數種子 (Seed)	◎ ◎ ◎	
資訊擾動值 (Perturbation)	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	
路網熟悉度 (Familiarity)	◎ ◎ ◎	

資料來源：【12】

由表 3.3-3 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「冒險性」(Aggression)與「警覺性」(Awareness)。由

於國內尚無完整研究，無法直接提供參考，因此以校估 Mean Headway 與 Mean Reaction Time 兩項車流與人因參數為主，其他參數值如旅行成本、路網熟悉度、干擾度等項目則依 PARAMICS 之預設值。

由於本研究欲探討之研究範圍與劉士仙等人【12】的研究相同，以下針對該研究相關參數適合度校估結果進行彙整。結論中提到選定之通用參數組合 Mean Reaction Time=0.5 和 Mean Headway=2.3 進行不同屬性路段之模擬分析後，發現誤差最大路段 MAPE 值約為 17.78%；誤差最小路段 MAPE 值約為 1.59%，若以整體來看，平均 MAPE 值約為 9.23%；路段旅行時間部份，平均 MAPE 值約為 16.80%；路段平均旅行速度部份，平均 MAPE 值約為 10.29%。顯示整體而言，選用該參數組合所模擬出來的結果仍屬於高精確的預測。故本研究決定選用 PARAMICS 進行路網構建並由模擬模式中取得模式驗證所需之資料。

3.3.4 PARAMICS API 外掛程式

由於在 PARAMICS 軟體中，原始的旅行時間輸出格式太過複雜，必須花費相當的時間和精力進行資料整理，本研究透過 API 外掛程式的輔助，擷取路網中每部車輛之真實旅行時間，擷取過程如圖 3.3-2 所示。另外設計之輸出格式亦較為簡單，包括進出路網時間點，車輛 ID 以及旅行時間真值等，如圖 3.3-3 所示。

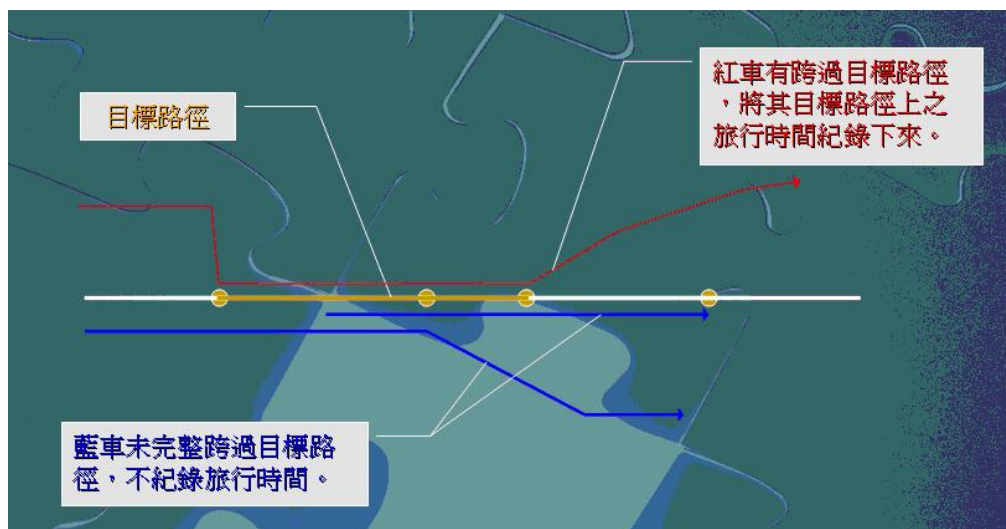


圖 3.3-2 真實旅行時間擷取過程圖

Entertime	Exittime	vehID	traveltime	
34262.000000	34340.500000	27930	78.500000	sec(s)
34266.500000	34344.500000	27931	78.000000	sec(s)
34274.500000	34352.000000	27932	77.500000	sec(s)
34279.000000	34356.500000	27933	77.500000	sec(s)
34286.000000	34362.000000	27935	76.000000	sec(s)
34320.500000	34394.000000	27937	73.500000	sec(s)
34320.500000	34396.000000	27936	75.500000	sec(s)
34324.500000	34396.000000	27940	71.500000	sec(s)
34323.000000	34402.000000	27938	79.000000	sec(s)
34327.500000	34403.000000	27941	75.500000	sec(s)
34331.000000	34407.000000	27942	76.000000	sec(s)
34345.000000	34450.500000	27943	105.500000	sec(s)
34372.000000	34450.500000	27944	78.500000	sec(s)
34371.000000	34453.500000	27946	82.500000	sec(s)
34374.000000	34456.000000	27945	82.000000	sec(s)
34380.500000	34458.500000	27948	78.000000	sec(s)
34389.000000	34462.500000	27950	73.500000	sec(s)
34389.000000	34465.000000	27949	76.000000	sec(s)
34399.000000	34472.500000	27952	73.500000	sec(s)
34398.000000	34475.500000	27951	77.500000	sec(s)

圖3.3-3 API旅行時間輸出格式圖

另外本研究針對PARAMICS API輸出的模擬值與【12】研究中DV拍攝的真值進行比較，從表3.3-4中可以發現，模擬值與DV真值平均MAPE約為13.60%，屬於優良的預測。顯示模擬值已能夠代表實際車流情況，且DV拍攝真值必須透過人工親自判讀才能擷取出車輛旅行時間，故本研究擬將模擬值視為旅行時間真值，在績效差異不大的情況下，能夠更節省人力、物力的成本。

表3.3-4 模擬值與DV真值比較表

道路分類 類型	路段 屬性	路段 長度 (公尺)	API 模擬值 (秒)	DV 真值 (秒)	MAPE (%)
A	N2L2Q4_A	396	80.96	91.59	11.61
B	N2L1Q4_B	191	32.31	28.80	12.19
G	N1L2Q4_G	317	38.39	34.96	9.81
H	N3L3Q4_H	598	78.96	71.68	10.16
I	N3L5Q4_I	999	120.99	138.96	12.93
J	N2L3Q2_J	517	38.63	38.74	0.28
N	N3L3Q4_N	516	79.92	90.11	11.31
O	N3L1Q4_O	158	35.08	34.02	3.12
Q	N3L1Q4_Q	183	24.12	18.82	28.16
R	N3L1Q4_R	190	19.83	13.30	49.10
U	N2L1Q2_U	138	21.51	24.88	13.55
V	N2L3Q2_V	443	63.80	64.41	0.95
平均誤差					13.60
預測準確度					優良

第四章 實驗設計與資料蒐集

本研究以 Oh 模式【14】為基礎推估市區幹道旅行時間，並以模擬環境中偵測器擷取之資料作為模式驗證分析之基礎，係依據此，本研究將透過實驗設計程序，有效蒐集評估模式績效所需之資料，以利之後模式的分析與比較。

在考量影響車輛偵測器佈設之因素除與路口停止線之佈設距離外，諸如路段中轉入與轉出之車輛、汽機車混流以及公車停靠問題等，均屬相關之影響因素；由於本研究擬定之實驗設計將於模擬環境中執行，為求減少不確定因素所導致的實驗誤差，因此所假設之實驗環境乃排除掉上述各項干擾因素，僅考慮以不同流量、不同路段長短以及偵測器佈設位置的變化來提供旅行時間推估模式所需之相關車流資訊，藉以分析推估模式的準確性，以求發揮模式運作之最佳績效。

本研究乃依循嚴謹的實驗設計程序，並基於其原理來發展實驗設計之各步驟。主要期望能合理地評估與分析在不同交通資訊需求下，本研究所構建之旅行時間推估模式在不同偵測器佈設位置上之運作績效。以下說明本研究如何應用此設計步驟在模擬實驗的設計與執行工作上。

4.1 模擬實驗設計

基於實驗設計的理论與方法，茲將本研究的模擬實驗設計方法與步驟說明如下。

1. 確認研究問題

本研究主要為探討因應不同交通資訊需求下，偵測器的最適佈設位置。為了評估本研究所構建之旅行時間推估模式，必須先獲得相關的車輛偵測器資料，才能進一步進行比較。首先就模擬實驗環境構建部分，為減少其他變因間接影響到實驗結果，本研究將在因應不同交通資訊需求下，考量於不同的流量等級和路段長度下，偵測器佈設位置對於旅行時間推估模式之影響，並參考相關文獻及研究結果設置數種具有代表性的偵測器佈設位置，進一步評估模式在不同佈設位置的表現績效。經由模擬實驗，可得出合適的績效指標進行對比實驗，最後再進行統

計上的檢定與分析。

2. 選取反應變數

根據【11】得知，一般的交通績效指標可包括：飽和度、平均旅行時間、平均速率、平均每車延滯、平均每車停等次數、最大等候線長度、燃料消耗、營運成本等。本研究實驗設計之目的乃為旅行時間推估模式尋求其偵測器最適佈設位置，因此乃選擇路網中車輛平均旅行時間作為反應變數；此變數所考量的因子包含網路總車輛數、車輛行駛速率、行駛時間與延滯時間等重要交通績效因子。故本研究認定其適合進行評估比較與分析。

3. 探討誤差來源

本研究為瞭解可能影響旅行時間推估績效的因子，以系統分析方法探討模式推估的誤差來源。首先，在模式本身的估計誤差部分，於前章已作過討論(見表 3.1-4 說明)，發現偵測器佈設位置對於模式績效有相當程度的影響。在延滯公式部分，於文獻回顧中亦發現在高/低飽和的情況下，公式適用性有明顯的差異，故路段在高/低流量的情況下，對於模式本身估計旅行時間也有一定程度的影響。另外除了在模式本身估計的誤差外，偵測器亦可能有量測誤差的情形發生，例如路口偵測器所測得之佔有率明顯偏高，導致模式績效變差。在將誤差來源分析出來之後，本研究再進一步依據分析結果以決定實驗設計之控制變因。

4. 因子與水準的選擇

本研究選定的主要反應變數為車輛平均旅行時間(Mean Travel Time)，而影響反應變數的因子可分為車流特性、幾何特性與控制特性等三大方面【11】。對於本研究之實驗目的而言，主要在於研究車流特性與幾何特性對於平均旅行時間的影響，因此並不需將控制特性之相關影響因子納入考量；在車流特性方面納入流量等級因子(分為高流量和中低流量兩種等級)，在幾何特性方面則納入路段長度因子，另外配合最主要的偵測器佈設位置因子，該三項因子乃本研究實驗設計中之控制變因。

在流量等級因子的選擇上，等級劃分係以真實世界中實際調查而得之路段全日交通量為依據，在總計流量達 20500(PCU)以上之路段為劃分為高流量等級，

而總計流量在 5500 至 20500(PCU)間之路段則劃分為中低流量等級。

在路段長度因子的選擇上，由於市區幹道多為短街廓 200 公尺以下路型，故等級劃分係依據 200 公尺為界線，200 公尺以上劃分為長路段，200 公尺下則劃分為短路段。

在偵測器佈設位置因子的選擇上，由於本研究將探討不同交通資訊需求下之最適偵測器佈設位置，在「用路人資訊需求」部份，將參考【12】的研究結果，佈設位置以路段中游為主；至於「交通控制需求」部份，參考【3】【11】的研究結果，則分別針對路段上游距停止線 20、40、60、80、100、120、150、200、250 公尺等多處佈設偵測器，來進行此項課題之模擬分析。

5. 實驗進行

在實驗進行順序的選定上，以隨機選定的方式來進行，並且不需要考慮區集劃分。另外由於本研究係著重於旅行時間推估模式中，偵測器佈設位置對於模式績效的影響分析，故在進行實驗模擬時，根據【11】將先排除 PARAMICS 於模擬路網控制時，車輛的動態選擇路徑行為，以及路徑選擇行為與號誌控制策略間之交互作用，故對於模擬環境之車流狀態均可視為穩定且符合實驗設計案例之合理交通環境。

在確定實驗案例所設定之模擬環境能夠符合預設情境之後，便可針對不同交通情境所呈現的績效資料，依據特定的統計方法與程序，進行比較與分析；並藉由統計分析之結果，提出實驗設計之結論與建議。完整的實驗設計程序如圖 4.1-1 所示。

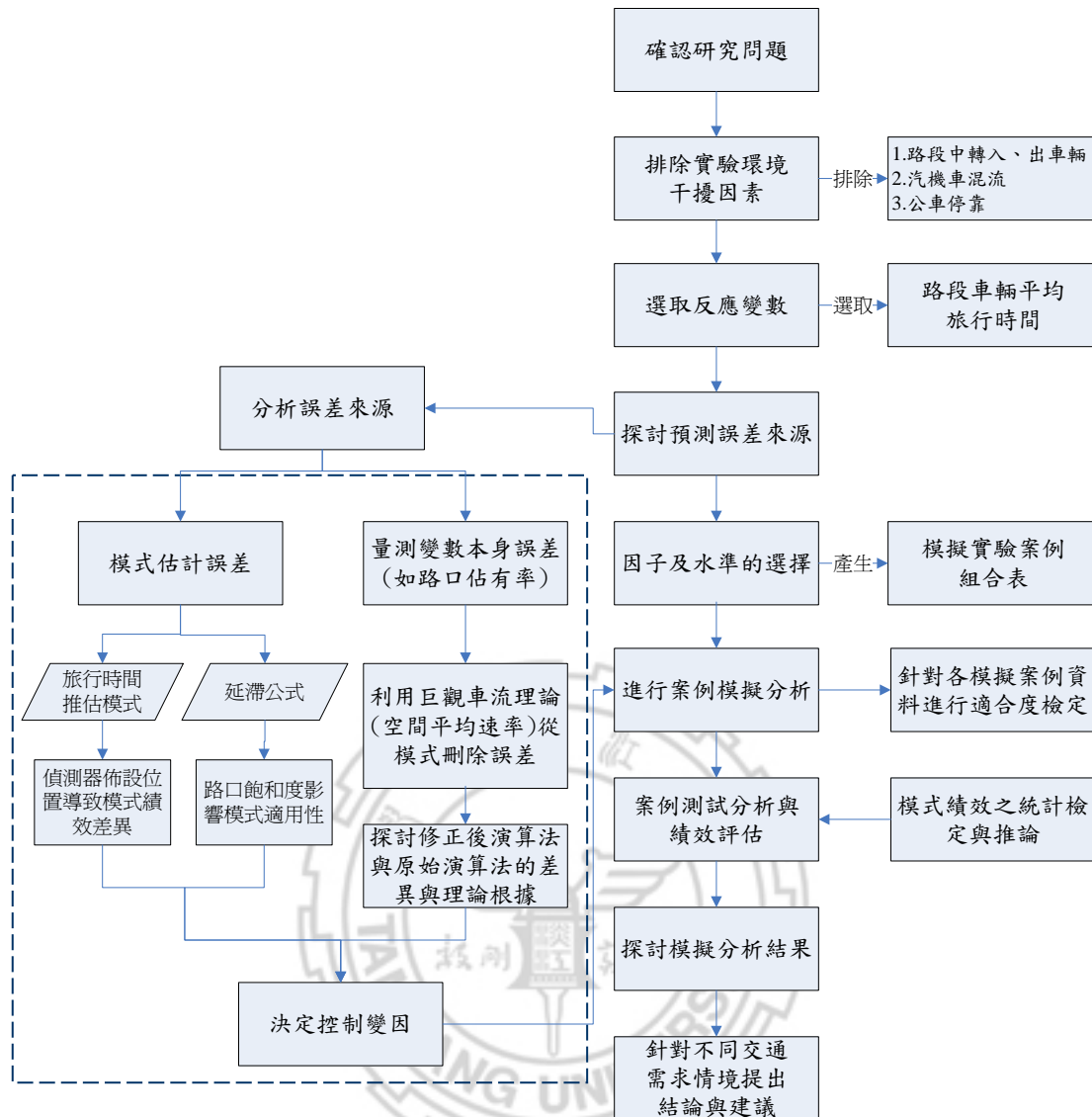


圖4.1-1 實驗設計程序圖

4.2 實驗情境設計

在選定實驗所需之反應變數和控制變因，以及因子水準、範圍訂定之後，即進行實驗的情境設計，目的是期望在多種不同情境下的分析與比較後，能夠確實找出控制變因的變化對於反應變數的影響程度。本研究乃依據前一節所選定之相關因子水準及範圍設計情境，首先針對偵測器編號以及其對應之佈設位置作一整理，如表 4.2-1 所示。實驗情境設計組合如表 4.2-2 所示。

表4.2-1 偵測器編號與佈設位置對照表

偵測器編號	VD1	VD2	VD3	VD4	VD5	VD6	VD7	VD8	VD9	VD10
佈設位置 (距路口停止線 距離， 單位：公尺)	中游	20	40	60	80	100	120	150	200	250
備註	1.中游：指路段長度的一半（即路段長乘上1/2的位置）									

表4.2-2 實驗情境設計組合表

路段屬性	流量等級	路段長度(m)		佈設 VD 編號	單組偵測器 情境組合數	雙組偵測器情 境組合數
N2L1Q4_B	高 流 量 路 段	短 路 段	191	1、2、3、4、5	1 組	4 組
N3L1Q4_O			158	1、2、3、4	1 組	3 組
N3L1Q4_Q			183	1、2、3、4、5	1 組	4 組
N3L1Q4_R			190	1、2、3、4、5	1 組	4 組
N2L2Q4_A		長 路 段	396	1、2、3、4、5、 6、7、8	1 組	7 組
N3L3Q4_N			516	1、2、3、4、5、 6、7、8、9、10	1 組	9 組
N3L3Q4_H			598	1、2、3、4、5、 6、7、8、9、10	1 組	9 組
N3L5Q4_I			999	1、2、3、4、5、 6、7、8、9、10	1 組	9 組
N2L1Q2_U	低 流 量 路 段	短 路 段	138	1、2、3、4	1 組	3 組
N1L2Q4_G		長 路 段	317	1、2、3、4、5、 6、7、8	1 組	7 組
N2L3Q2_V			443	1、2、3、4、5、 6、7、8、9	1 組	8 組
N2L3Q2_J			517	1、2、3、4、5、 6、7、8、9、10	1 組	9 組
情境總和					12 組	76 組
備 註	1. 單組偵測器組合：佈設單一偵測器於中游，故每路網皆為 1 組。 2. 雙組偵測器組合：中游偵測器(VD1)搭配 VD2~VD10 中任何一支偵測器，以 N3L1Q4_O 為例，本研究設計情境為 3 組，即指 1-2、1-3、1-4 三組，其他路段依此類推。					

4.3 實驗路網構建

本研究所選定之實驗路網，乃參考劉士仙等人【12】的研究中所選定之北部地區共 20 條國道替代道路與聯絡道路等相關資料，從中選取 12 條路段，其中路段屬性包含了實驗設計中擬定之高/低流量以及長/短路段因子，且該研究針對這 20 條路段皆進行過詳細的路段基本特性調查，包括車流特性(如流量和車種組合)、幾何特性(如路段長短、車道數、是否設置機車優先道等)以及號誌時制計畫等。故本研究所蒐集到之路網相關資料皆屬於實際資料，該部分亦可作為構建模擬路網所需之相關資訊，更降低了模擬環境與真實環境的差異性，以期獲得接近更真實的交通資料，針對實驗路網特性描述如表 4.3-1 所示。

表 4.3-1 實驗路網特性表

道路分類類型	路段屬性	線名	地理位置	樁號 里程 (公里)	車道數	路段 長度 (公尺)	總計 流量 (PCU)	道路分類	調查日期
A	N2L2Q4	台 5	台北縣汐止市	15.651	2	396	31036	連絡、替代	2005.06.20
B	N2L1Q4	台 5	台北縣汐止市	15.891	2	191	31036	連絡、替代	2005.06.20
G	N1L2Q4	台 1	桃園縣龜山鄉	16.904	1	317	33579	連絡、替代	2005.08.03
H	N3L3Q4	台 2	台北縣淡水鎮	3.024	3	598	42303	連絡	2005.08.17
I	N3L5Q4	台 2	台北縣淡水鎮	2.465	3	999	42303	連絡	2005.08.17
J	N2L3Q2	台 2	台北縣三芝鄉	18.157	2	517	10062	連絡	2005.08.19
N	N3L3Q4	台 1	台北縣泰山鄉	11.735	3	516	22726	連絡、替代	2005.10.07
O	N3L1Q4	台 1	台北縣泰山鄉	11.893	3	158	22726	連絡、替代	2005.10.07
Q	N3L1Q4	台 1	台北縣泰山鄉	12.317	3	183	22726	連絡、替代	2005.10.07
R	N3L1Q4	台 1	台北縣泰山鄉	12.469	3	190	28419	連絡、替代	2005.10.07
U	N2L1Q2	台 1	台中縣大肚鄉	178.068	2	138	8291	連絡、替代	2005.10.11
V	N2L3Q2	台 1	台中縣大肚鄉	178.636	2	443	8291	連絡、替代	2005.10.11

註：路段屬性中，N 表示車道數，L 表示路段長度，Q 表示車流量

資料來源：【12】

透過實際資料蒐集後，本研究分別進行實驗路網的構建，其中與真實世界相同之輸入項包括，路段長度、車道數、上/下游路口號誌時制計畫、車流量(轉換為 OD 起迄矩陣)等以及構建完成之路網如圖 4.3-1~5 所示。

首先利用編輯器中設定每個 Node 的座標，透過 X、Y 軸座標的設定來決定每個實驗路網的路段長度。

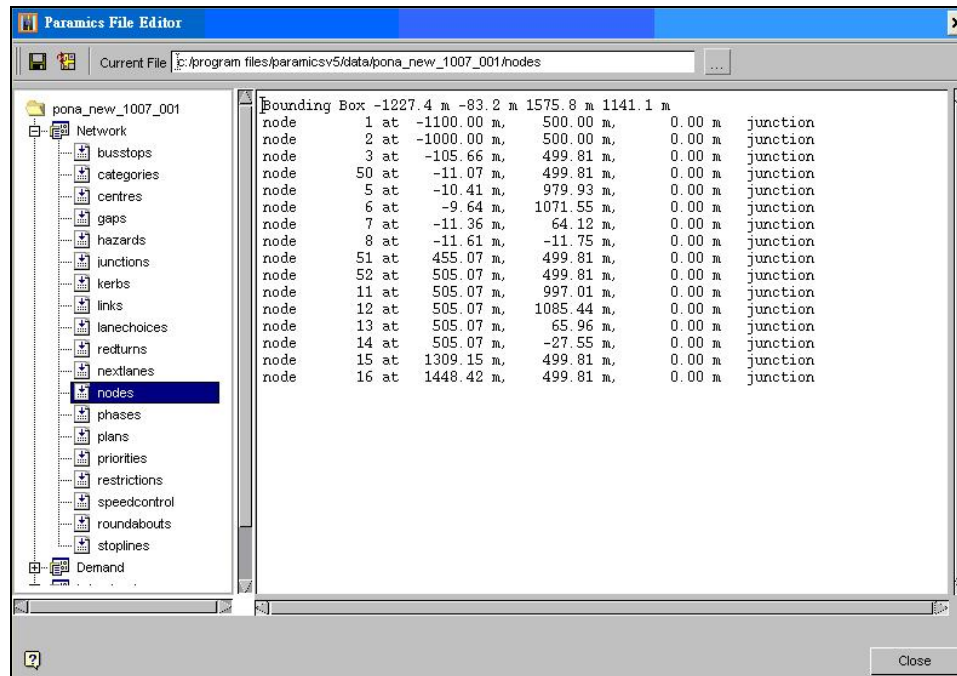


圖 4.3-1 路度長度輸入選項圖

透過道路屬性選項的設定，包括幾何特性裡的車道寬、車道數等，皆可以依照實際調查所得資料作為輸入項，構建接近真實世界環境的實驗路網。

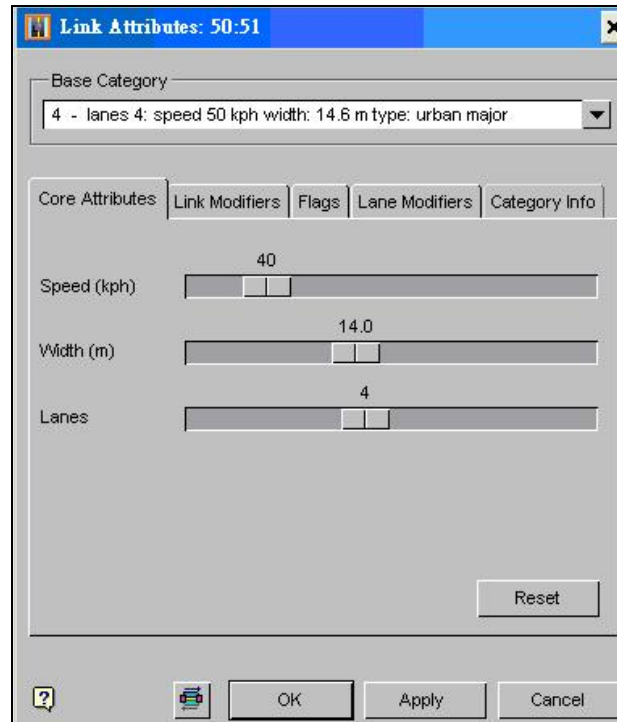


圖 4.3-2 車道數輸入選項圖

在號誌時制計畫部分，依照調查所得之實際號誌週期與各時相時間進行輸入，號誌時制的設定將真實反應車輛受路口號誌影響的程度。

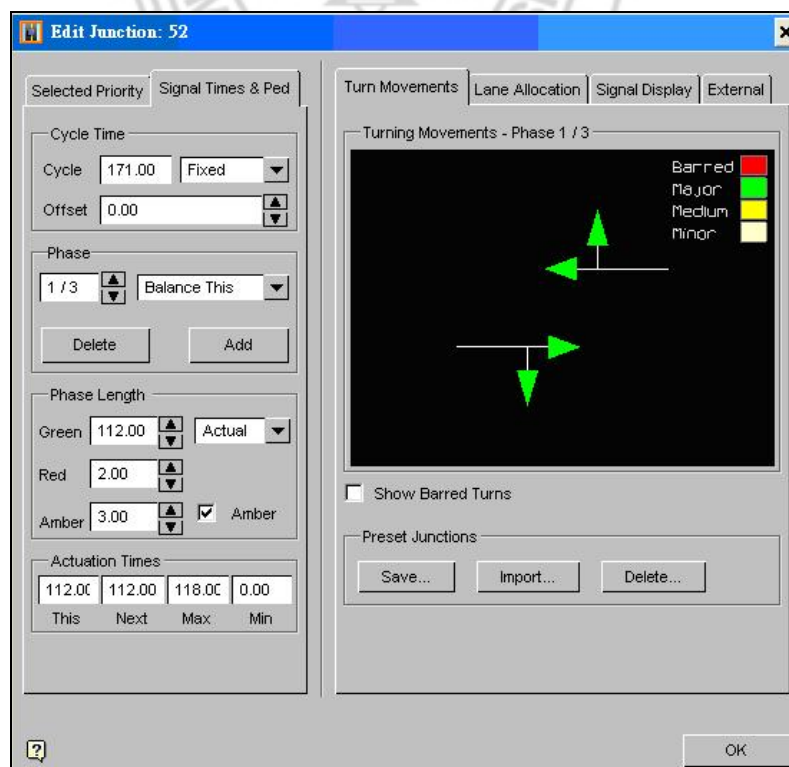


圖 4.3-3 號誌時制計畫輸入選項圖

透過人工調查所得之流量表，進行 OD 起迄矩陣的推估，在確實輸入後，軟體將以事前設定之釋放率予以釋放各分區流量。

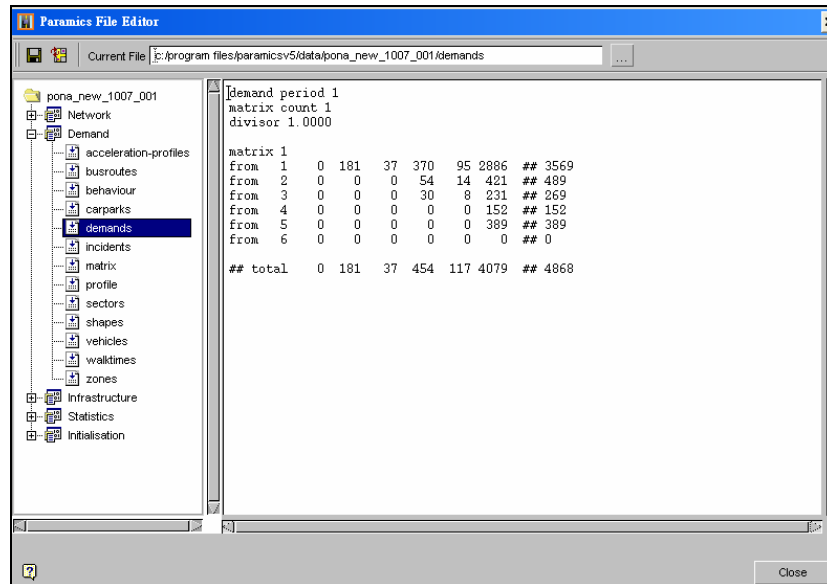


圖 4.3-4 OD 起迄矩陣輸入選項圖

構建完成之路網共包含 6 個分區，1 條主要實驗路段以及上、下游路口，在排除相關干擾因素後，與真實環境擬真度相當接近。

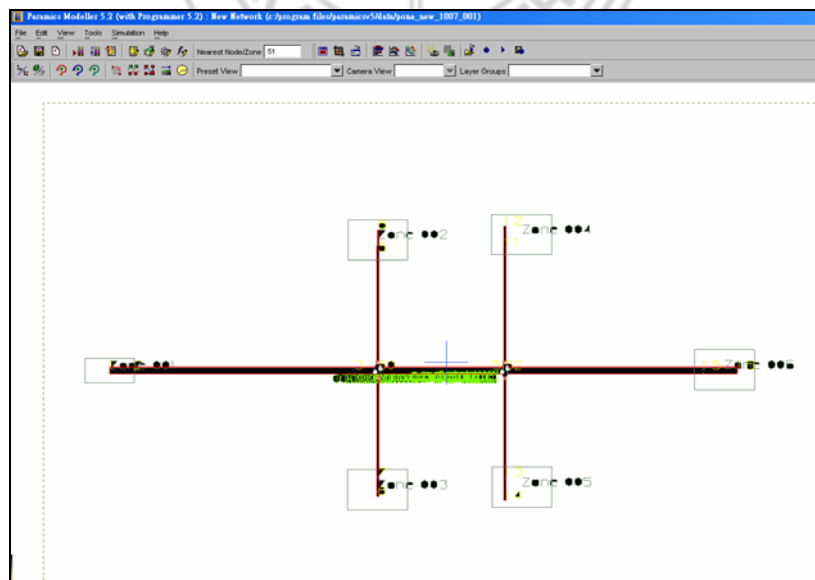


圖 4.3-5 構建完成路網圖

接著參照實驗設計所擬定之偵測器佈設位置，進行模擬路網的偵測器設置，在 PARAMICS 中針對所每部偵測器皆給予內定的編號，故本研究依據佈設順

序，每個路段之中游偵測器皆給定編號 1，距路口 20 公尺之偵測器給定編號 2，距路口 40 公尺之偵測器給定編號 3，依此類推。由於實驗路網路段長度各有不同，故在本研究的佈設原則下，中游偵測器由距路口 20 公尺處開始往路段中游佈設，但以不超過中游處為原則，路網偵測器佈設如圖 4.3-6 所示。

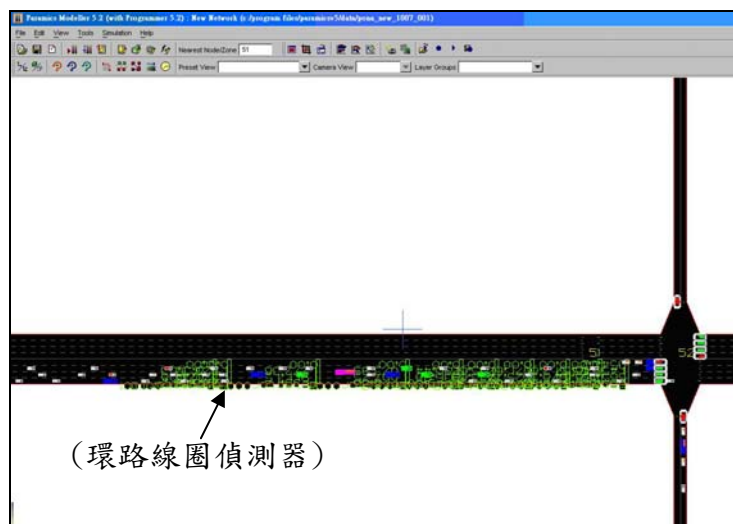


圖 4.3-6 路網偵測器佈設圖(範例)

4.4 資料蒐集

在路網構建完成之後，隨即進行資料蒐集的程序，由於資料蒐集方式關係到之後進入分析階段時，資料處理的時間。故本研究除了在整理偵測器資料時採用人工的方式，其他如轉換模式所需變數和求解 Oh 模式的部分皆予以程式化，希冀能因此縮短整個分析流程的時間，達到效益最大化的成果。

4.4.1 原始 Oh 模式資料蒐集流程

整個資料蒐集程序包括，在執行每個路網的模擬之後，將會獲得路網上每部偵測器之資料，由於考慮到程式應用的關係，本研究乃選擇以車輛基礎(Vehicle Base)為主的輸出格式(如圖 4.4-1 所示)，其中模式將會應用到之參數包括車輛經過偵測器時間、點速率以及佔有率等，故本研究透過人工處理的方式，將不需應用到之參數予以刪除，以利之後分析之便利性。在刪除掉未應用之參數後，接著透過 Excel 軟體將資料整理成 Oh 模式演算程式所需之格式(如圖 4.4-2 所示)，以

利程式讀取。最後將資料代入 Oh 模式演算程式中，求得原始 Oh 模式於每個時階中推估之旅行時間(如圖 4.4-3 所示)。

point-001-Detector0001-L1 - 記事本								
檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)								
##	time	type	flow (v/h)	headway (s)	gap (s)	speed (kph)	acceleration (mpss)	occupancy (s)
##	##	##	##	##	##	##	##	##
	10:00:48.902	1				45.100	-0.000	
	10:00:49.378							0.477
	10:00:53.238	6	830	4.336	3.859	44.235	-0.063	
	10:00:53.726							0.488
	10:01:01.585	2	431	8.348	7.859	41.922	0.000	
	10:01:02.101							0.516
	10:01:27.324	15	140	25.738	25.223	42.411	0.000	
	10:01:28.339							1.016
	10:01:31.894	1	788	4.570	3.555	44.016	-0.009	
	10:01:32.386							0.492
	10:01:34.789	1	1244	2.895	2.402	44.028	-0.016	
	10:01:35.281							0.492
	10:01:37.851	10	1176	3.063	2.570	44.138	-0.009	
	10:01:38.339							0.488
	10:02:19.093	1	87	41.242	40.754	45.239	-0.009	
	10:02:19.574							0.480
	10:02:21.324	1	1614	2.230	1.750	44.010	-0.006	
	10:02:21.812							0.488
	10:02:23.925	1	1384	2.602	2.113	42.667	-0.006	
	10:02:24.429							0.504
	10:02:26.179	3	1597	2.254	1.750	42.659	-0.002	
	10:02:26.687							0.508
	10:02:30.613	12	812	4.434	3.926	43.144	0.000	
	10:02:31.281							0.668
	10:02:33.539	1	1230	2.926	2.258	43.245	-0.056	
	10:02:34.035							0.496
	10:02:35.628	9	1723	2.090	1.594	42.730	1.237	
	10:02:36.140							0.512
	10:02:38.460	1	1271	2.832	2.320	44.733	0.000	
	10:02:38.949							0.488
	10:02:41.070	1	1380	2.609	2.121	42.147	-0.074	

圖 4.4-1 模擬偵測器輸出格式

	A	B	C
1	時間	佔有率	速度
2	13:30:37	0.637	33.918
3	13:31:02	0.656	32.911
4	13:31:08	1.445	32.359
5	13:31:20	0.688	31.445
6	13:31:25	0.641	33.735
7	13:31:29	0.656	34.02
8	13:31:30	0.656	33.002
9	13:32:10	0.688	31.443
10	13:32:12	0.688	31.419
11	13:32:22	0.672	32.177
12	13:32:23	0.668	32.362
13	13:32:24	0.672	32.176

圖 4.4-2 Oh 模式演算程式輸入所需格式

	A	B	C	D	E	F
1	13:15:43	15:58:31				
2	時階	時間間格	車輛數	佔有率加總	平均速度	OH旅行時間
3						
4	1	13:15:42 ~ 13:20:7	136	77.022	42.97734	52.10311765
5	2	13:20:7 ~ 13:24:30	129	71.74	43.00456	51.16341085
6	3	13:24:30 ~ 13:28:54	125	69.7	42.94592	51.2992
7	4	13:28:54 ~ 13:33:19	114	66.15	43.03582	53.38421053
8	5	13:33:19 ~ 13:37:42	118	65.831	43.08595	51.32586441
9	6	13:37:42 ~ 13:42:7	118	63.436	42.68426	49.45857627
10	7	13:42:7 ~ 13:46:30	115	61.532	43.31892	49.2256
11	8	13:46:30 ~ 13:50:55	135	77.204	42.72939	52.6130963
12	9	13:50:55 ~ 13:55:18	112	63.323	42.5123	52.01532143
13	10	13:55:18 ~ 13:59:42	126	69.414	42.75126	50.6832381
14	11	13:59:42 ~ 14:4:7	123	67.688	43.36628	50.62842276
15	12	14:4:7 ~ 14:8:30	131	73.638	42.73477	51.71523664
16	13	14:8:30 ~ 14:12:55	138	81.292	41.35562	54.19466667
17	14	14:12:55 ~ 14:17:18	147	104.415	39.20597	65.34816327
18	15	14:17:18 ~ 14:21:43	140	83.513	41.06425	54.87997143
19	16	14:21:43 ~ 14:26:6	143	77.54	42.61454	49.88587413
20	17	14:26:6 ~ 14:30:30	144	82.857	41.82217	52.93641667
21	18	14:30:30 ~ 14:34:55	129	73.278	41.64492	52.26027907
22	19	14:34:55 ~ 14:39:18	142	79.879	41.39275	51.75259155
23	20	14:39:18 ~ 14:43:43	136	77.214	41.98542	52.233
24	21	14:43:43 ~ 14:48:6	157	95.43	41.25027	55.92076433

圖 4.4-3 Oh 模式演算程式輸出格式

4.4.2 修正後 Oh 模式資料蒐集流程

在修正後 Oh 模式的演算部分，基本資料蒐集流程與原始 Oh 模式相同，只有在最後輸出格式的部分，由於修正後 Oh 模式必須利用空間平均速率來求算密度，故原本的時間平均速率輸出欄位置換了空間平均速率(如圖 4.4-4 所示)，此部分演算流程於前章已描述過(參照表 3.1-6)，整體資料蒐集流程如圖 4.4-5 所示。

	A	B	C	D	E
1	13:15:43	15:58:31			
2	時階	時間間格	車輛數	佔有率加總	空間平均速度
3					
4	1	13:15:42 ~ 13:20:7	135	140.387	25.25266956
5	2	13:20:7 ~ 13:24:30	130	146.338	22.36019371
6	3	13:24:30 ~ 13:28:54	123	128.106	24.91497108
7	4	13:28:54 ~ 13:33:19	121	166.313	24.67001596
8	5	13:33:19 ~ 13:37:42	110	77.882	34.25569718
9	6	13:37:42 ~ 13:42:7	120	91.526	31.96867751
10	7	13:42:7 ~ 13:46:30	114	105.778	25.96517456
11	8	13:46:30 ~ 13:50:55	131	135.345	24.50917993
12	9	13:50:55 ~ 13:55:18	116	144.631	21.93554716
13	10	13:55:18 ~ 13:59:42	119	110.878	27.69936693
14	11	13:59:42 ~ 14:4:7	126	147.568	23.06909484
15	12	14:4:7 ~ 14:8:30	125	131.3	22.3183159
16	13	14:8:30 ~ 14:12:55	122	215.177	13.79005517
17	14	14:12:55 ~ 14:17:18	155	244.585	19.88792493
18	15	14:17:18 ~ 14:21:43	143	241.136	13.94041184
19	16	14:21:43 ~ 14:26:6	138	234.845	16.80441933
20	17	14:26:6 ~ 14:30:30	138	186.078	17.80170121
21	18	14:30:30 ~ 14:34:55	143	227.198	14.06678098

圖 4.4-4 修正後 Oh 模式演算程式輸出格式

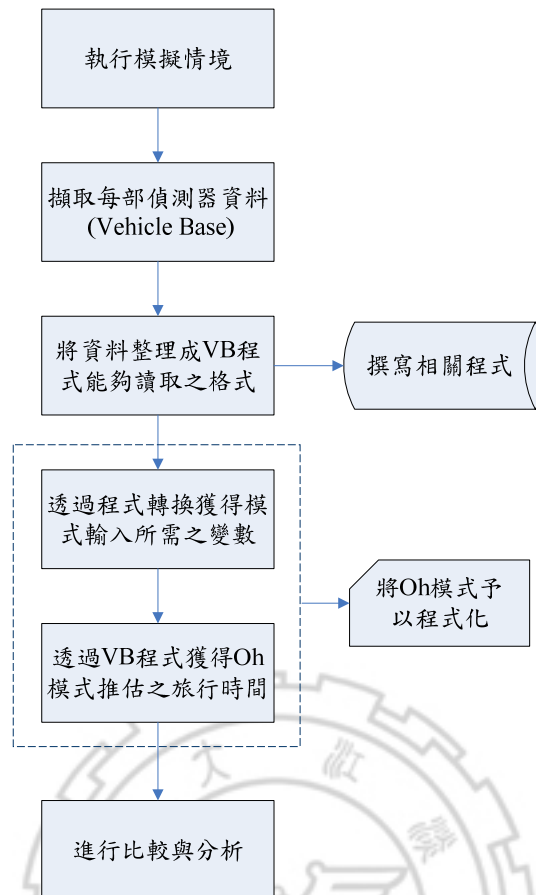


圖 4.4-5 資料蒐集程序圖

第五章 資料分析與模式驗證

在經由前面章節的敘述後，本章將透過原始 Oh 模式與本研究修正後之 Oh 模式，在實驗設計的中各種不同情境下進行資料分析，逐步探討以用路人資訊需求為主的單一偵測器和以加入交控需求後的雙偵測器推估績效之差異，瞭解在不同交通資訊需求下，偵測器佈設位置是否有互補或互斥之情形發生。當然也透過資料分析的過程，驗證模式在推估都市幹道旅行時間之績效及適用性。

5.1 Oh 模式分析流程

5.1.1 分析流程敘述

本研究利用 Oh 模式配合相關適用的之延滯公式進行旅行時間推估，並同時以單一偵測器資料、雙偵測器資料(包含經由本研究修正之密度演算方法)，共三種方式進行推估，由於單、雙偵測器的推估績效與本研究欲探討之因應不同交通資訊需求相關課題有著密切的關係，故乃以更多元的方法加以比較及分析，本研究根據 Oh 模式特性，設計分析流程如圖 5.1-1 所示。

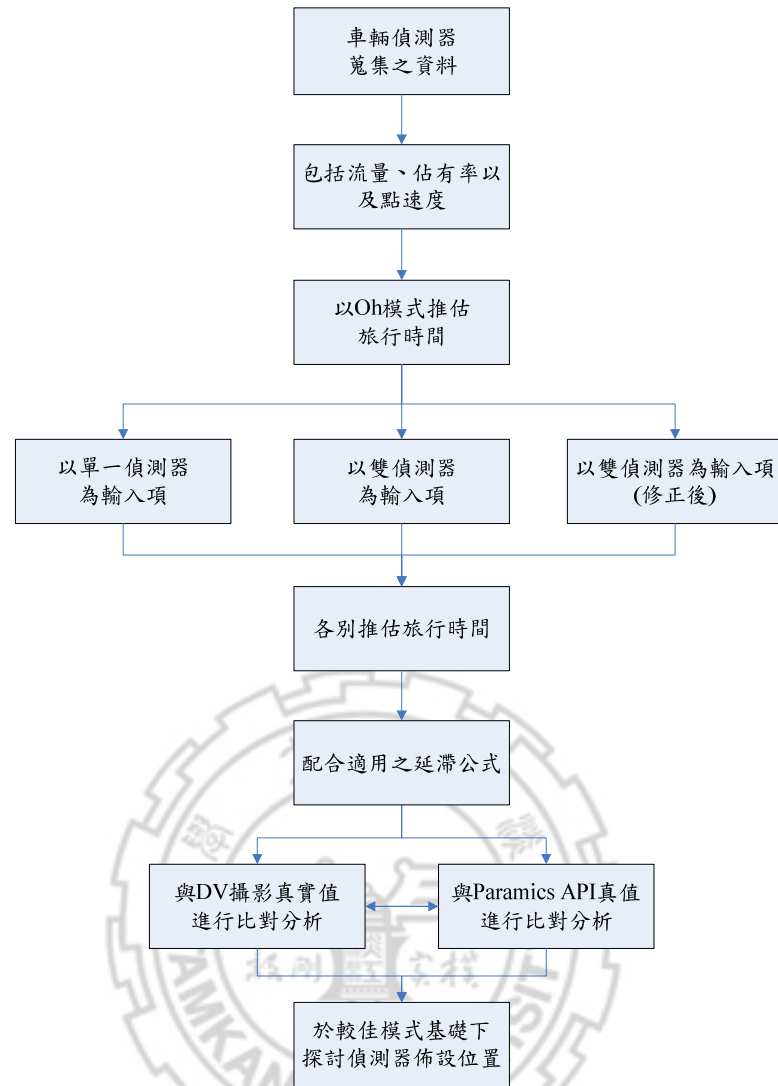


圖 5.1-1 Oh 模式分析流程圖

本研究擬採「平均絕對誤差百分比(MAPE)」作為模式推估績效評估指標。

採用平均絕對誤差百分比(MAPE)驗證指標，該評估指標之公式如式 5.1 所示：

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \left| \frac{P_R - P_S}{P_R} \right|}{N} \times 100\% \quad (\text{式 5.1})$$

式中，

P_R ：實際值

P_S ：模擬值

N ：模擬值

另外，Lewis【34】提出 MAPE 為最有效的評估指標，並針對 MAPE 值的大小說明如表 5.1-1 所示：

表 5.1-1 MAPE 的評估標準

MAPE(%)	說明
<10	高精確的預測
10-20	優良的預測
20-50	合理的預測
>50	不精確的預測

5.1.2 分析路網及組合

本研究共蒐集北部地區 15 處號誌化道路路段實際資料，各路段詳細資料彙整如表 5.1-2 所示。

表 5.1-2 分析地點資訊

道路分類 類型	道路屬性	線名	地理位置	樁號 里程 (公里)	車道數	路段 長度 (公尺)	總計 流量 (PCU)
A	N2L2Q4	台 5	台北縣汐止市	15.651	2	396	31036
B	N2L1Q4	台 5	台北縣汐止市	15.891	2	191	31036
G	N1L2Q4	台 1	桃園縣龜山鄉	16.904	1	317	33579
H	N3L3Q4	台 2	台北縣淡水鎮	3.024	3	598	42303
I	N3L5Q4	台 2	台北縣淡水鎮	2.465	3	999	42303
J	N2L3Q2	台 2	台北縣三芝鄉	18.157	2	517	10062
N	N3L3Q4	台 1	台北縣泰山鄉	11.735	3	516	22726
O	N3L1Q4	台 1	台北縣泰山鄉	11.893	3	158	22726
Q	N3L1Q4	台 1	台北縣泰山鄉	12.317	3	183	22726
R	N3L1Q4	台 1	台北縣泰山鄉	12.469	3	190	28419
U	N2L1Q2	台 1	台中縣大肚鄉	178.068	2	138	8291
V	N2L3Q2	台 1	台中縣大肚鄉	178.636	2	443	8291

註：道路屬性中，N 表示車道數，L 表示路段長度，Q 表示流量等級。

資料來源：【12】

本研究透過實驗設計方法，考慮「流量等級因子」、「路段長度因子」以及「偵測器佈設位置因子」，將各路段類型加以分類，整理如圖 5.1-2 所示。其中路段長度因子，長度在 200 公尺以下劃分為短路段，200 公尺以上則劃分為長路段。

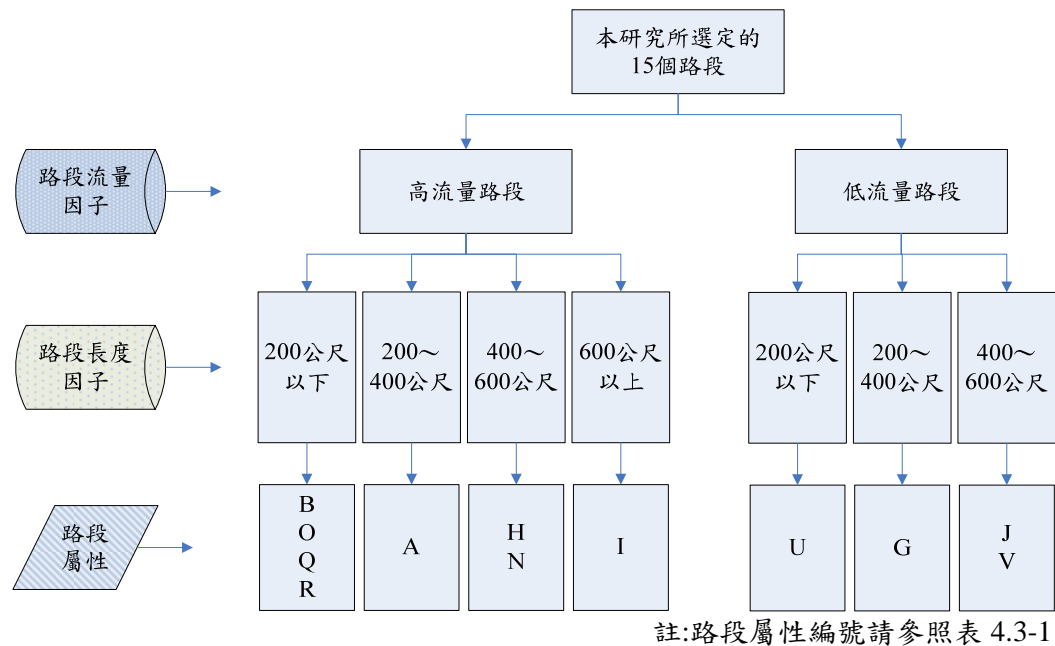


圖 5.1-2 本研究選取路段彙整圖

5.2 以單一偵測器為輸入項分析結果

5.2.1 初步分析

由整體趨勢來看，從圖 5.2-1 及 5.2-2 可以發現，不管是高或低流量之路段，佈設越靠近於路口的偵測器推估績效明顯越差，且 MAPE 值呈不規則增加的趨勢，顯示越接近路口處，車流特性越具不確定性，蒐集之資料亦容易產生誤差。

分析結果顯示如下表 5.2-1 及表 5.2-2，以流量等級來看，高流量路段中，利用中游偵測器推估旅行時間之平均誤差為 20.63%；低流量路段平均誤差則為 16.19%。至於利用路口偵測器資料進行旅行時間推估後發現，在距路口停止線 100 公尺內之偵測器推估所產生之誤差，在高流量路段中皆有 60% 以上的誤差，20 公尺處偵測器所推估之誤差甚至高達 132.50%；低流量路段中則是在距路口停止線 40 公尺內之偵測器所推估之誤差較大，約有 70% 以上的誤差。

以流量等級配合路段長度劃分來看，高流量的 4 條短路段中，呈現一致高估的情形，平均 MAPE 值約為 19.50%；至於在高流量的 4 條長路段中，則呈現一致低估的情形，平均 MAPE 值約為 21.76%；中低流量的短路段中，呈現高估約 19.85% 的情形；至於中低流量的 3 條長路段中，則呈現一致低估約 14.96% 的情形。以上結果顯示，不管高或低流量，200 公尺以下之短路段皆有高估之情形，

而 200 公尺以上之長路段則一致呈現低估情形，表示偵測器佈設於中游位置所推估的績效較為一致。

再進一步分析得知，高流量路段中，編號 N 和 H 兩路段，偵測器佈設於距路口 200 公尺處之績效較佈設於中游為佳，但其中 N 路段為低估，H 路段為高估，顯示雖有較佳之績效，但呈現高低估不一致情形，表示於 200 公尺處推估所得之結果仍然較不穩定。

至於在中低流量路段中，200 公尺以上的長路段 G、V、J，偵測器在距路口 150 公尺處推估之績效較中游為佳，且呈現一致低估約 14.51%。其中 G 和 J 路段在距路口 150 公尺至路段中游該範圍內，皆一致呈現低估情形，且經由檢定結果顯示，該範圍內各偵測器推估之誤差並不顯著(如表 5.2-3 所示)，表示偵測器佈設位置可於距路口 150 公尺至中游處作彈性調整。由於中低流量路段的路口等候線長度較短，故偵測器位置由中游調整至 150 公尺，亦不會受到等候車輛之影響，該部分結論亦與先驗知識相當符合。

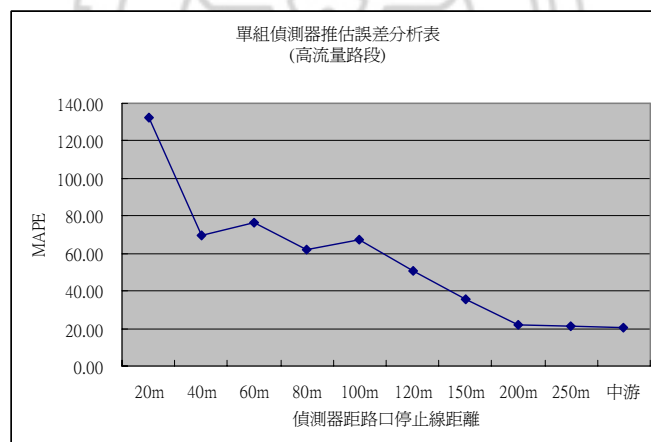


圖 5.2-1 單組偵測器推估誤差分析表(高流量)

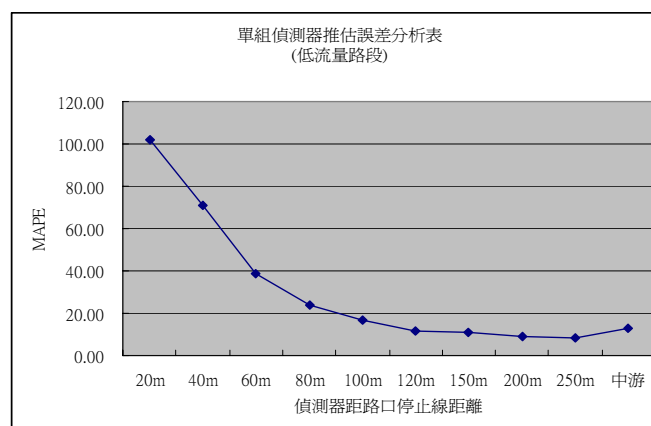


圖 5.2-2 單組偵測器推估誤差分析表(低流量)

表 5.2-1 單組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(高流量路段)

流量等級	路段長度等級	路段編號	路段長度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)									
				單組偵測器									
				VD1	VD2	VD3	VD4	VD5	VD6	VD7	VD8	VD9	VD10
				中游	20m	40m	60m	80m	100m	120m	150m	200m	250m
高流量路段	200 以下	O	158	25.90	56.08	36.09	29.81	-	-	-	-	-	-
		B	191	21.89	100.31	49.99	33.82	25.23	-	-	-	-	-
		Q	183	17.02	50.14	36.89	27.85	19.45	-	-	-	-	-
		R	190	13.19	50.68	25.53	19.09	15.10	-	-	-	-	-
	200-400	A	396	33.61	166.19	72.22	106.21	72.68	53.29	43.14	26.29	-	-
	400-600	N	516	27.75	218.53	36.47	151.92	116.94	71.79	49.34	28.96	19.20	26.18
		H	598	15.21	156.43	120.11	99.84	75.57	61.71	46.89	31.94	10.17	10.87
	600 以上	I	999	10.47	261.65	181.18	140.42	111.68	82.93	62.81	56.01	37.25	27.10
平均誤差(MAPE)				20.63	132.50	69.81	76.12	62.38	67.43	50.54	35.80	22.21	21.39

註：『-』表未佈設偵測器

表 5.2-2 單組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(低流量路段)

流量等級	路段長度等級	路段編號	路段長度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)									
				單組偵測器									
				VD1	VD2	VD3	VD4	VD5	VD6	VD7	VD8	VD9	VD10
				中游	20m	40m	60m	80m	100m	120m	150m	200m	250m
低流量路段	200 以下	U	138	19.85	76.72	26.28	20.00	-	-	-	-	-	-
	200-400	G	317	16.58	52.52	35.64	29.14	22.80	17.61	14.60	16.58	-	-
	400-600	V	443	14.50	170.44	223.04	73.12	35.10	18.82	15.13	13.82	14.16	-
		J	517	13.81	39.29	16.32	13.87	11.49	12.15	12.17	13.12	13.49	15.34
平均誤差(MAPE)				16.19	84.74	75.32	34.03	23.13	16.19	13.97	14.51	13.83	15.34

註：『-』表未佈設偵測器

表 5.2-3 路段G、J推估績效成對樣本檢定表(距路口150公尺處)

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
				平均數	差異的 95%				
				的標準 誤	下界	上界			
平均數	標準差								
成對 1	VAR00001								
-		1.06975	4.49348	.71953	-.38687	2.52637	1.487	38	.145
	VAR00002								

5.2.2 加入延滯公式探討

經由前一小節的分析得知，單一偵測器之推估績效，以路段中游處較佳且呈現結果較為一致。故本研究延續上述結果，進一步加入延滯公式適用性進行更深入的探討。透過文獻回顧，本研究擬定探討 2 種不同延滯公式，分別為 Webster 公式和 HCM 公式，其中更針對這兩個公式之特性，加以作出調整，期望能由比較分析獲得更準確的延滯估計值，分析之延滯公式彙整如表 5.2-4 所示。

表 5.2-4 分析延滯公式彙整表

延滯公式	延滯型態	備註
Webster	停等延滯	利用乘上 1.3 倍修正原始的延滯值，讓估計之延滯值更趨近於實際值。
Webster*1.3	臨近路段延滯	
HCM(1994)	停等延滯	
HCM(1994)*1.3	臨近路段延滯	
HCM(1994)*DF	停等延滯	除了乘上 1.3 倍進行修正外，再乘上調整因子 (DF)，探討是否有號誌連鎖的情形發生。
HCM(1994)*DF*1.3	臨近路段延滯	

資料來源：本研究彙整

接著本研究藉由各實驗路段中游偵測器輸出之資料，搭配上上述 6 種延滯公式進行推估誤差之比較及分析，分析結果如表 5.2-5 所示。以高流量的短路段來看，以 Oh 模式配合 HCM 公式有較佳之推估績效，平均誤差約為 11.70%，進一步觀察中低流量的短路段 U，也是以 Oh 模式配合 HCM 公式較佳，整體來看，顯示不管高/低流量，200 公尺以下之短路段皆以 Oh 模式配合 HCM 公式能獲得較佳的推估績效。分析其原因，在高流量短路段的情況下，原本利用 Oh+Webster 卻有一致高估約 19.50% 的情形，透過 HCM 公式的調整後，整體誤差降至 11.70%，顯示在短路段一致高估的情形下，透過 HCM 加以修正後能獲得更好之推估績效。進一步透過個別觀察發現，在 B、O、U 三個路段中，以 Oh+(HCM*DF)*1.3 的組合較佳，顯示透過 HCM 乘上號誌連鎖續進因子 DF 後得到更好的推估績效，表示該兩路段有可能屬於號誌連鎖的路口形式，至於 Q、R 兩路段則可能屬於獨立路口形式。由此可知，未來在延滯公式的適用性上，除了流量、路段長度以外，仍可進一步考量路口是否受號誌連鎖影響，因為由分析結果可知，在 Webster 無法反應號誌連鎖路口的情況下，估計上會有比實際延滯值偏高的情形，故在此若能以續進因子予以修正，將能使估計之延滯值更接近真實的值。

接著在高流量長路段中，分析結果顯示以 Oh 模式配合 Webster 乘上 1.3 倍之推估結果較佳，平均 MAPE 值約為 19.01%。分析其原因，在車輛較多的路段中，僅利用 Webster 公式估計延滯值，有明顯偏低之情況，若將 Webster 乘上 1.3 倍，以臨近路段延滯(Approach Delay)的觀念來描述高流量長路段的路口延滯值，會得到更好的推估績效。該結果也顯示，在高流量的長路段中，停等延滯(Stopped Delay)因為無法估計車輛加減速之時間，加上車輛又多，明顯已無法準確反應路口實際延滯值

至於在中低流量的長路段中，以 Oh 模式配合 Webster 公式所推估之績效較佳，平均 MAPE 值約為 14.96%，顯示在中低流量的長路段中，由於車輛較少，且長路段幾乎不太有號誌連鎖的情形，故以原始的 Webster 公式估計路口延滯值，就能獲得較佳之績效。

綜合上述分析，在高流量短路段的延滯估計中，以 HCM 公式的適用性較高，且由於路段較短，流量較高，建議可以進一步考量號誌連鎖因素，讓延滯公式的估計能夠更精確。在高流量長路段的延滯估計中，以 Webster 乘上 1.3 倍的適用性較高，透過臨近路段延滯的觀念予以修正延滯值，進一步提高公式的描述能力。至於在中低流量長路段的延滯估計，以原始 Webster 公式的適用性較高，不需再作其他調整或修正。

表 5.2-5 中游偵測器推估加入延滯公式適用性誤差分析比較表

流量等級	路段 長度	道路屬性 類型	路段 長度	延滯公式型態					
				Oh+W	Oh+W*1.3	Oh+H	Oh+H*1.3	Oh+H*DF	Oh+(H*DF))*1.3
高流量 路段	短路段	N2L1Q4_B	191	21.89	32.67	16.84	21.00	16.61	15.95
		N3L1Q4_O	158	25.90	40.36	14.05	24.74	14.37	12.18
		N3L1Q4_Q	183	17.02	26.51	10.21	16.25	17.78	17.51
		N3L1Q4_R	190	13.19	24.66	5.69	12.20	23.72	23.33
		平均誤差 (%)		19.50	31.05	11.70	18.55	18.12	17.24
	長路段	N2L2Q4_A	396	33.61	29.58	37.19	33.93	41.58	39.41
		N3L3Q4_N	516	27.75	23.62	31.31	28.06	37.55	36.17
		N3L3Q4_H	598	15.21	10.68	19.38	15.57	30.65	30.22
		N3L5Q4_I	999	10.47	12.14	11.65	10.60	15.17	13.05
		平均誤差 (%)		21.76	19.01	24.88	22.04	31.24	29.71
低流量 路段	短路段	N2L1Q2_U	138	19.85	30.38	13.61	17.74	14.46	12.68
		平均誤差 (%)		19.85	30.38	13.61	17.74	14.46	12.68
	長路段	N1L2Q4_G	317	16.58	18.21	17.35	17.82	19.96	19.56
		N2L3Q2_V	443	14.50	17.01	18.45	14.66	20.36	15.68
		N2L3Q2_J	517	13.81	11.16	16.27	14.07	23.80	23.80
		平均誤差 (%)		14.96	15.46	17.36	15.52	21.37	19.68

延滯公式型態中：「Oh」代表 Oh 模式，「W」代表 Webster 公式，「H」代表 HCM 公式。

5.2.3 簡單線性迴歸分析

本研究期望能進一步找出模式推估值與旅行時間真值之間的關係，嘗試是否能夠利用模式推估值來預測真值，故本小節利用簡單線性迴歸，以推估值為模式之自變數，應變數則為旅行時間真值，分析結果如下：

1. 高流量短路段

由於上述分析發現，中低流量的短路段與高流量的短路段，在模式的適用性上皆一致，故本研究在迴歸分析的部分予以納入一起分析。首先針對實驗路網中的短路段進行簡單線性迴歸分析，分析結果圖 5.2-3 及表 5.2-6~7 所示

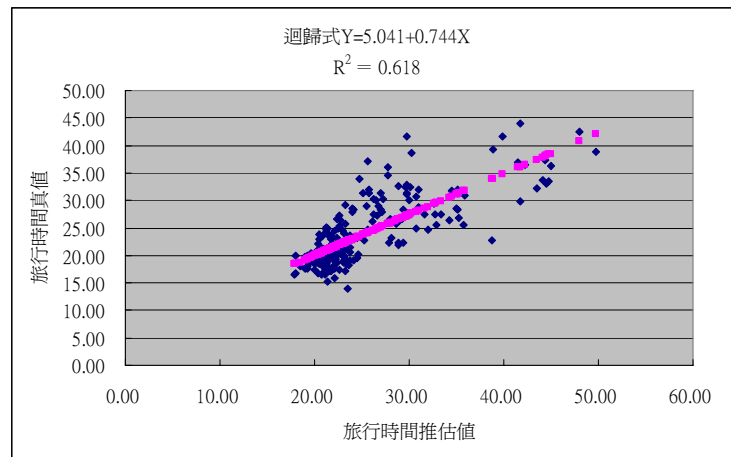


圖 5.2-3 高流量短路段之迴歸分析

表5.2-6 高流量短路段迴歸分析表(1)

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	4926.512	1	4926.512	356.501	.000(a)
	殘差	3026.375	219	13.819		
	總和	7952.887	220			

表5.2-7 高流量短路段迴歸分析表(2)

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
1	(常數)	5.041	1.024		4.922	.000
	高流量200公尺以下推估值	.744	.039	.787	18.881	.000

在高流量短路段的情境下，依據旅行時間推估值與真值之散佈圖與簡單迴歸分析發現，其 R -square值大於0.6，也就是說推估值與真值有一定程度之線性相關，由F檢定結果也表示此迴歸式有一定程度之解釋能力。根據 β 之參數估計結果發現 β 為正數，表示推估值與真值呈現正相關的情形。

2.高流量長路段

接著針對實驗路網中高流量的長路段進行迴歸分析，分析結果如圖 5.2-4 及表 5.2-8~9 所示。

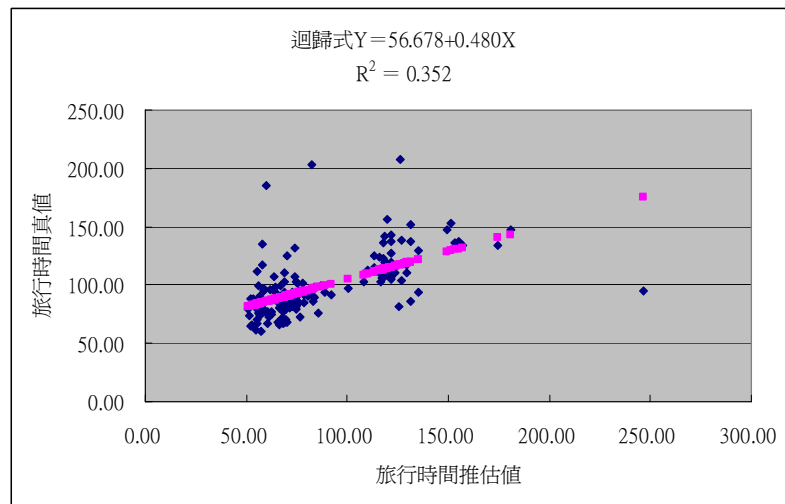


圖 5.2-4 高流量長路段之迴歸分析

表5.2-8 高流量長路段迴歸分析表(1)

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	37791.674	1	37791.674	84.539	.000(a)
	殘差	68396.298	153	447.035		
	總和	106187.972	154			

表5.2-9 高流量長路段迴歸分析表(2)

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
1	(常數)	56.678	4.921		11.518	.000
	高流量200公尺以上推估值	.480	.052	.597	9.194	.000

在高流量長路段的情境下，依據旅行時間推估值與真值之散佈圖與簡單迴歸分析發現，雖然其 R -square 值較低，主要是因為高流量長路段的環境干擾因素較多，誤差來源無法完全排除，導致解釋能力較低。但由 F 檢定結果表示該迴歸式有一定的解釋能力。根據 β 之參數估計結果發現 β 為負數，表示推估值與真值呈現正相關的情形。

3. 中低流量長路段

接著針對實驗路網中低流量的長路段進行迴歸分析，分析結果如圖 5.2-5 及

表 5.2-10~11 所示。

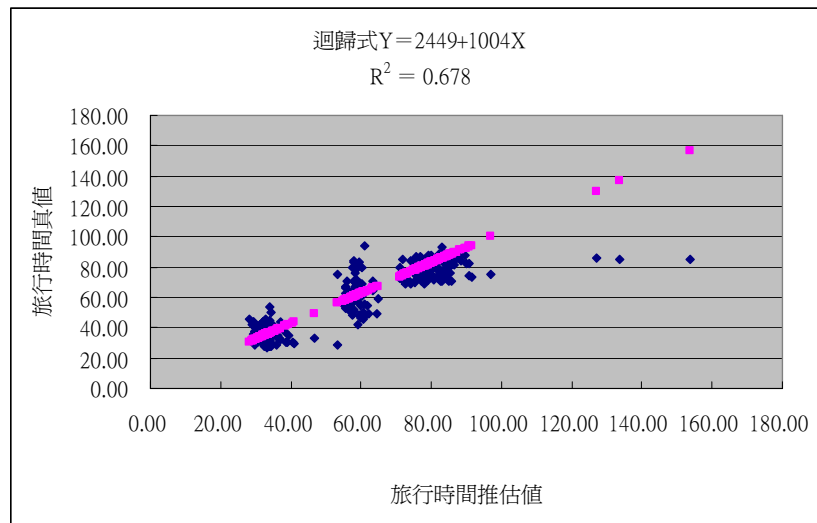


圖 5.2-5 中低流量長路段之迴歸分析

表5.2-10 中低流量長路段迴歸分析表(1)

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	29490.198	1	29490.198	397.298	.000(a)
	殘差	13880.419	187	74.227		
	總和	43370.617	188			

表5.2-11 中低流量長路段迴歸分析表(2)

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
1	(常數)	2.449	2.218		1.104	.271
	GVJ推估值	1.004	.050	.825	19.932	.000

在中低流量長路段的情境下，依據旅行時間推估值與真值之散佈圖與簡單迴歸分析發現，其 *R-square* 值大於 0.6，也就是說推估值與真值有一定程度之線性相關，由 F 檢定結果也表示此迴歸式有一定程度之解釋能力。根據 β 之參數估計結果發現 β 為正數，表示推估值與真值呈現正相關的情形。

在透過迴歸分析後，進一步利用本研究構建之迴歸式進行旅行時間預測，藉以評估迴歸式之績效，評估結果如表 5.2-12 所示。從表中可以看出在前一小節經由延滯公式修正後，已經可以降低推估誤差，之後再利用迴歸分方法，發現迴歸式所推估之旅行時間與真值之 MAPE 值還是能夠再降低，整體平均 MAPE 值約從 15.22% 降至 12.46%，顯示本研究所構建之迴歸式的確能更精準的推估出路段旅行時間。

表 5.2-12 本研究建立之實驗路網迴歸式與績效差異表

路段類型	迴歸式	模式推估之旅行時間與真值之誤差 (MAPE, %)	利用迴歸式預測之旅行時間與真值之誤差 (MAPE, %)
高流量短路段	$Y=5.041+0.744X$	11.70	10.33
高流量長路段	$Y=56.678+0.480X$	19.01	13.13
中低流量長路段	$Y=2.449+1.004X$	14.96	13.92
整體平均 MAPE 值		15.22	12.46

5.3 以雙偵測器為輸入項之分析結果

接下來以用路人資訊需求為主，加入交控需求所需之路口偵測器，在 Oh 模式的基礎下，以中游偵測器搭配路口偵測器的組合進行旅行時間推估，之後再進一步從單組及雙組偵測器之推估誤差進行比較分析，分析結果如下：

5.3.1 以原始 Oh 模式進行推估

由整體趨勢來看，從圖 5.3-1 及 5.3-2 可以發現，不管是高或低流量之路段，中游偵測器搭配越靠近於路口之偵測器推估績效明顯越差，且呈一穩定的趨勢，顯示越接近路口處，車流特性越具不確定性，資料經由整合後亦容易產生誤差。另外針對偵測器組合說明如表 5.3-1 所示。

分析結果顯示如下表 5.3-2 及 5.3-3，高流量路段中，以 1-2 的偵測器組合推估旅行時間之平均誤差為 66.45%；低流量路段平均誤差則為 49.69%。顯示若以中游偵測器搭配一組路口偵測器，並利用 Oh 模式進行旅行時間推估時，所產生之推估誤差明顯比僅利用單一中游偵測器推估時較大。亦顯示在此情況下，增加偵測器資料來源卻無法達到更準確的推估。

但在路口偵測器與路段中游偵測器距離越接近的情況下，誤差有越來越降低

的趨勢

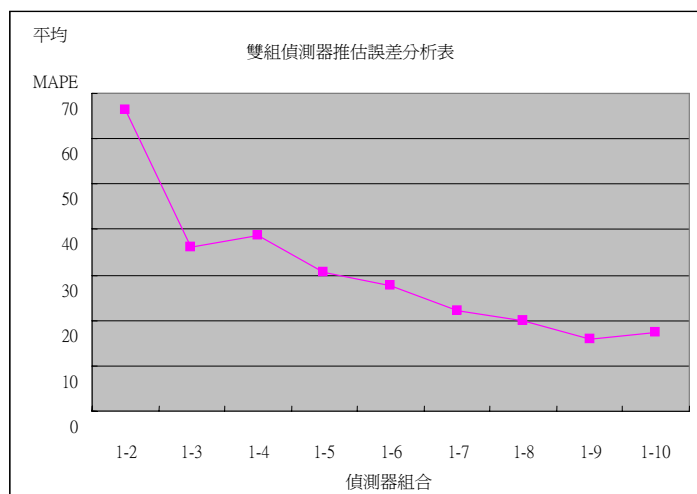


圖 5.3-1 雙組偵測器推估誤差分析表(高流量)

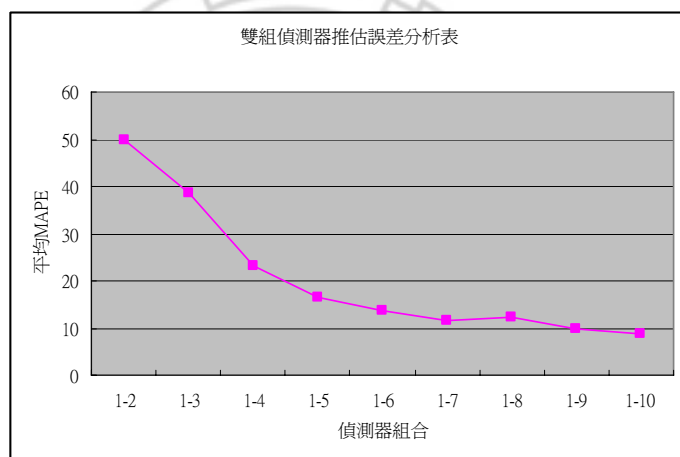


圖 5.3-2 雙組偵測器推估誤差分析表(低流量)

表 5.3-1 偵測器組合說明表

偵測器組合	佈設位置說明
1-2	佈設於路段中游與距路口停止線 20 公尺處之雙偵測器組合
1-3	佈設於路段中游與距路口停止線 40 公尺處之雙偵測器組合
1-4	佈設於路段中游與距路口停止線 60 公尺處之雙偵測器組合
1-5	佈設於路段中游與距路口停止線 80 公尺處之雙偵測器組合
1-6	佈設於路段中游與距路口停止線 100 公尺處之雙偵測器組合
1-7	佈設於路段中游與距路口停止線 120 公尺處之雙偵測器組合
1-8	佈設於路段中游與距路口停止線 150 公尺處之雙偵測器組合
1-9	佈設於路段中游與距路口停止線 200 公尺處之雙偵測器組合
1-10	佈設於路段中游與距路口停止線 250 公尺處之雙偵測器組合

表 5.3-2 雙組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(高流量路段)

流 量 等 級	路 段 長 度 等 級	路 段 編 號	路 段 長 度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)								
				雙組（原始 OH 模式）								
				1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10
高流量 路段	200 以下	O	158	40.99	31.17	27.90	-	-	-	-	-	-
		B	191	59.28	34.87	27.31	23.59	-	-	-	-	-
		Q	183	33.52	26.74	22.20	18.26	-	-	-	-	-
		R	190	31.98	19.38	16.19	14.19	-	-	-	-	-
	200-400	A	396	71.99	26.99	45.56	29.58	24.52	24.94	23.89	-	-
	400-600	N	516	96.56	12.56	62.86	47.02	25.26	19.39	18.31	21.42	24.29
	600 以上	H	598	68.70	50.64	41.38	29.66	22.77	15.99	10.28	7.97	12.82
		I	999	128.58	86.59	65.70	51.50	38.07	28.17	26.75	18.19	14.90
平均誤差(MAPE)				66.45	36.12	38.64	30.55	27.66	22.12	19.81	15.86	17.33

註：『-』表未佈設偵測器，偵測器組合與佈設位置解釋請參照表 4.2-1 及表 4.2-2。

表 5.3-3 雙組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(低流量路段)

流量 等級	路段長 度等級	路 段 編 號	路段 長度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)								
				雙組（原始 OH 模式）								
				1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10
低流量 路段	200 以下	U	138	47.86	22.51	19.95	-	-	-	-	-	-
	200-400	G	317	33.44	34.80	30.61	24.83	21.07	18.89	18.71	-	-
	400-600	V	443	74.30	109.47	36.04	19.96	14.16	13.97	13.91	14.31	-
		J	517	19.33	11.44	11.12	11.83	12.52	12.86	17.51	13.65	14.37
平均誤差(MAPE)				49.69	38.55	23.10	16.45	13.53	11.41	12.22	9.66	8.91

註：『-』表未佈設偵測器，偵測器組合與佈設位置解釋請參照表 4.2-1 及表 4.2-2。

5.3.2 以修正後 Oh 模式進行推估

由於原始 Oh 模式乃利用佔有率及有效車長來求算密度(K)，但經分析得知路口偵測器所測得之佔有率偏高，故求得之密度有偏高之情形，導致最後旅行時間估計亦偏高。故本研究利用速度-流量關係的計算方法來計算密度(K)，避免因偵測誤差所造成推估績效變差。

顯示由整體趨勢來看，從圖 5.3-3 及 5.3-4 可以發現，不管是高或低流量之路段，利用修正後 Oh 模式進行推估時，皆能大幅降低加入路口偵測器資料所造成的誤差，讓整體趨勢呈現一較為穩定之狀態，不會發生各偵測器組合之間有誤差範圍過大的情形。

分析結果顯示如下表 5.3-4 及 5.3-5，高流量路段中，以 1-2 的偵測器組合推估旅行時間之平均誤差為 36.01%，比利用原始 Oh 模式估計所產生之誤差約降低了 30.44%；低流量路段平均誤差則為 34.59%，比利用原始 Oh 模式估計所產生之誤差約降低了 15.10%。顯示利用修正後的 Oh 模式進行旅行時間推估，的確能大幅降低加入路口偵測器資料所造成的推估誤差，唯雖已大幅降低推估誤差，但平均 MAPE 值仍達 30~40%之間。

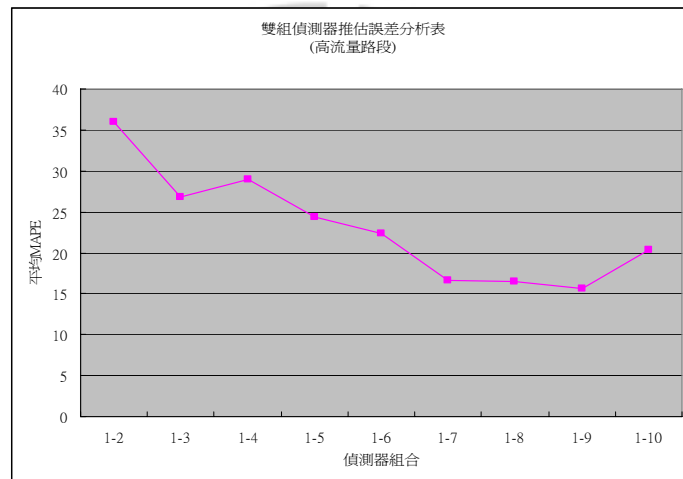


圖 5.3-3 雙組偵測器推估誤差分析表(高流量)

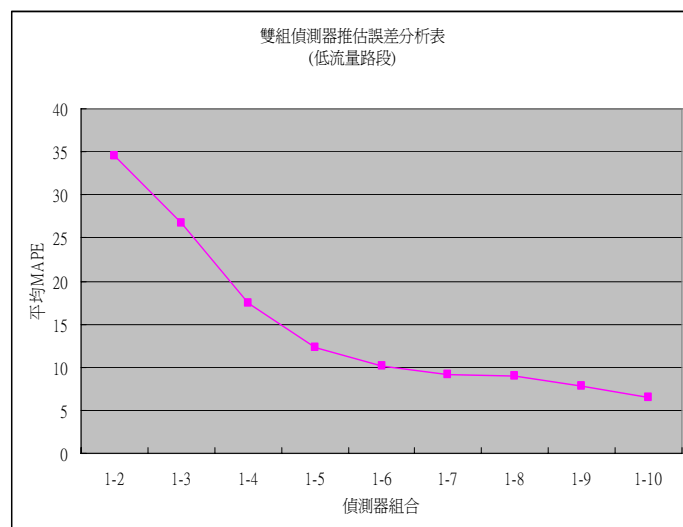


圖 5.3-4 雙組偵測器推估誤差分析表(低流量)

表 5.3-4 雙組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(修正 Oh 模式-高流量)

流量等級	路段長度等級	路段編號	路段長度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)								
				雙組 (SMS__OH__2)								
				1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10
高流量路段	200 以下	O	158	34.20	29.07	27.65	-	-	-	-	-	-
		B	191	54.75	30.98	25.22	23.20	-	-	-	-	-
		Q	183	31.49	21.86	20.39	17.28	-	-	-	-	-
		R	190	24.42	20.16	16.00	14.08	-	-	-	-	-
	200-400	A	396	37.60	35.62	33.18	25.84	18.10	15.86	16.58	-	-
	400-600	N	516	24.10	14.73	29.89	28.27	21.03	16.38	17.47	22.84	33.53
		H	598	22.26	12.87	23.00	19.70	15.99	10.35	8.33	8.04	13.47
	600 以上	I	999	59.27	49.29	55.81	42.16	34.53	24.04	23.59	15.84	14.25
平均誤差(MAPE)				36.01	26.82	28.89	24.36	22.41	16.66	16.49	15.57	20.42

註：『-』表未佈設偵測器，偵測器組合與佈設位置解釋請參照表 4.2-1 及表 4.2-2。

表 5.3-5 雙組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(修正 Oh 模式-低流量)

流量 等級	路段 長度 等級	路段 編號	路段 長度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)								
				雙組 (SMS__OH__2)								
				1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10
低流量 路段	200 以下	U	138	31.97	21.21	19.31	-	-	-	-	-	-
	200-400	G	317	21.14	30.79	24.83	20.92	18.08	16.58	16.51	-	-
	400-600	V	443	45.91	55.01	25.09	15.21	13.15	13.16	13.52	14.15	-
		J	517	14.07	8.95	9.45	10.66	11.52	11.86	12.45	12.65	12.80
平均誤差(MAPE)				34.59	26.71	17.43	12.35	10.14	9.08	9.02	7.85	6.51

註：『-』表未佈設偵測器，偵測器組合與佈設位置解釋請參照表 4.2-1 及表 4.2-2。

由於利用修正後 Oh 模式進行旅行時間推估，可以大幅降低加入路口偵測器資料後所造成的誤差，故本研究延續該結果，進一步針對每個路段中的雙偵測器組合，利用原始 Oh 模式推估及修正後 Oh 模式兩方法推估之差異性進行比較分析。

首先針對高流量路段進行比較及分析，結果如圖 5.3-5~12 所示。從圖中可以發現，在高流量路段中，以原始 Oh 模式進行推估時，中游偵測器與越靠近路口之偵測器組合，所產生的推估誤差都相當大，且與中游和接近路段中之偵測器

組合之間的誤差範圍也相當大。但經由修正後的 Oh 模式推估結果發現，能將路口和路段之間的誤差範圍縮小，並呈現一較為平穩之狀態。

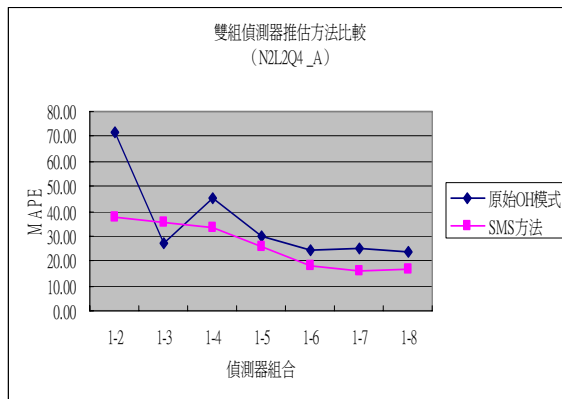


圖 5.3-5 A 路段雙組推估比較表

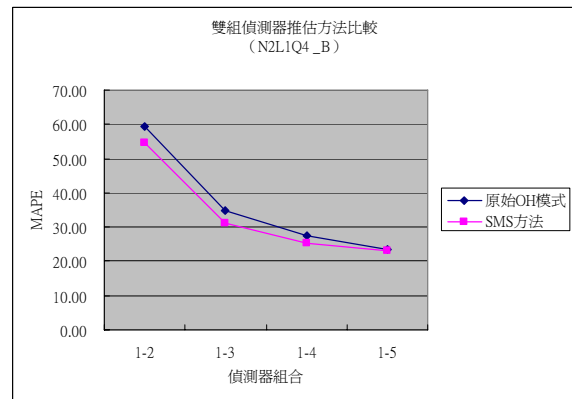


圖 5.3-6 B 路段雙組推估比較表

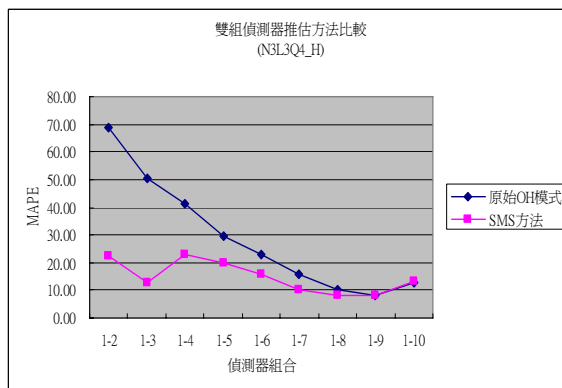


圖 5.3-7 H 路段雙組推估比較表

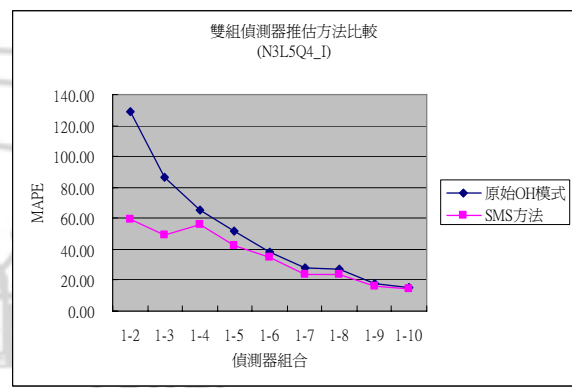


圖 5.3-8 I 路段雙組推估比較表

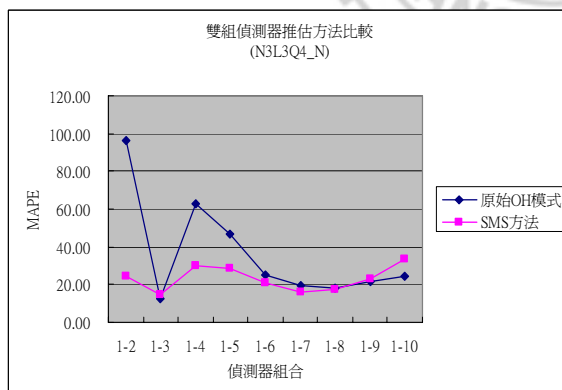


圖 5.3-9 N 路段雙組推估比較表

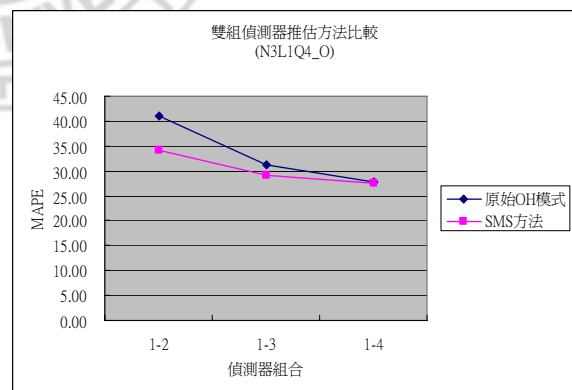


圖 5.3-10 O 路段雙組推估比較表

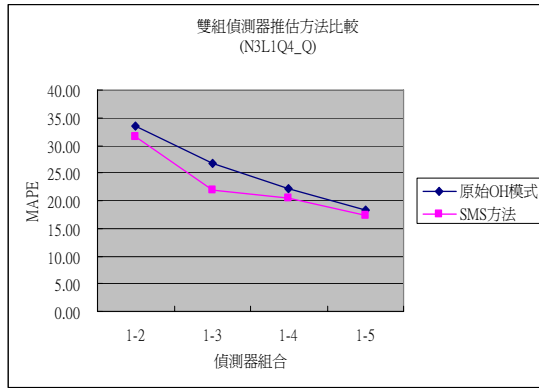


圖 5.3-11 Q 路段雙組推估比較表

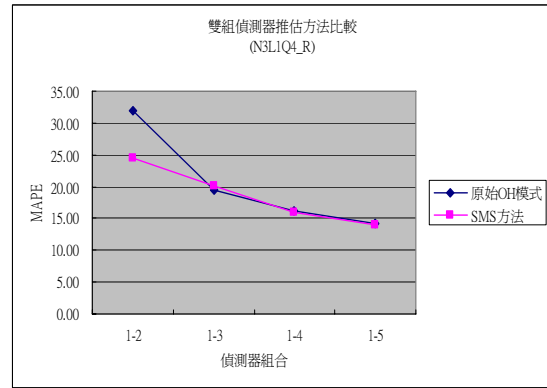


圖 5.3-12 R 路段雙組推估比較表

其次，針對低流量路段進行比較及分析，結果如圖 5.3-13~16 所示。從圖中可以發現，在低流量路段中，以原始 Oh 模式進行推估時，中游偵測器與越靠近路口之偵測器組合，所產生的推估誤差較高流量路段為低，且與中游和接近路段中之偵測器組合之間的誤差範圍也較高流量路段小。經由修正後的 Oh 模式推估結果發現，亦能將路口和路段之間的誤差範圍縮小，並呈現一較為平穩之狀態。

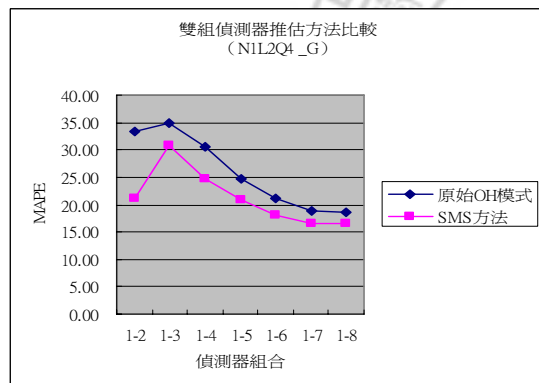


圖 5.3-13 G 路段雙組推估比較表

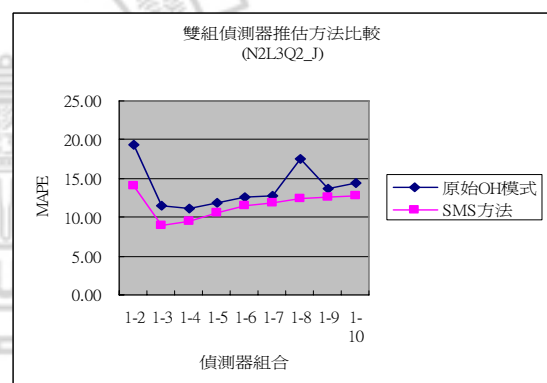


圖 5.3-14 J 路段雙組推估比較表

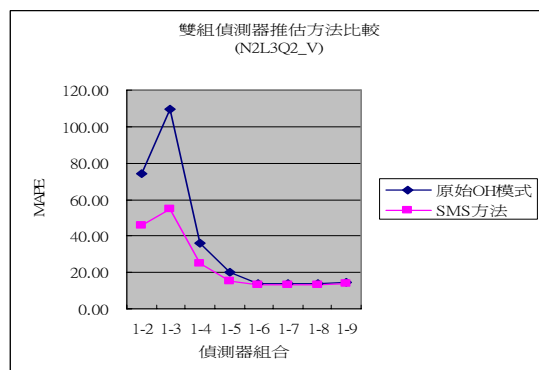


圖 5.3-15 V 路段雙組推估比較表

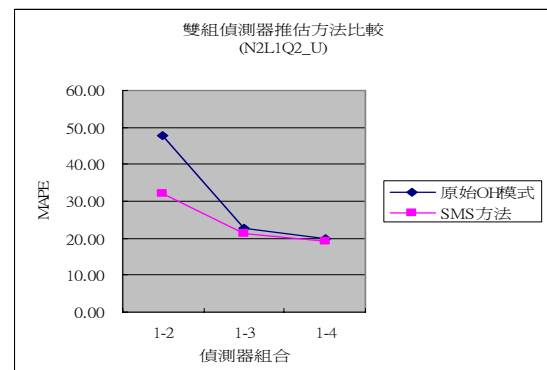


圖 5.3-16 U 路段雙組推估比較表

在經過 Oh 模式修正前與修正後的比較之後，發現原本雙偵測器推估主要的誤差來源，即路口偵測器推估會產生極大誤差的現象，在利用修正後 Oh 模式予以調整後，誤差以大幅縮小，且不同佈設位置之各偵測器間的誤差範圍亦大幅所小，不再存有不規則跳動之情形。

接著嘗試探討雙組偵測器推估績效是否會優於單組偵測器，故本研究選出各路段中單組偵測器推估績效最佳之 MAPE 值，與雙組偵測器中推估績效最佳之 MAPE 值予比較分析，結果如表 5.3-17 所示。從分析表中可以得知，整體看來，單組偵測器推估之平均 MAPE 約為 15.11%，雙組偵測器推估平均 MAPE 值則為 16.08%，表示透過修正後 Oh 模式，雙組偵測器推估績效已能夠大幅降低，且與單組推估之績效 MAPE 值相差不到 1%。

其次，共有 6 個路段顯示雙組偵測器的推估績效較單組為佳，且路段長度皆分佈於 200~600 公尺之間，其中亦發現在路段長度相近的 N(516m)和 J(517m)路段中，推估績效最佳之組合皆為 1-3，也就是中游偵測器配合距路口 40 公尺處之偵測器的組合。於是本研究進一步針對該 6 個路段的單/雙組推估績效以成對樣本 T 檢定進行顯著性差異分析，發現在 A、N、J 三個路段中，單/雙組推估之差異並不顯著(如表 5.3-18~20)；至於在 H、G、V 三個路段中，單/雙組推估績效存在著顯著差異(如表 5.3-21~23)，但其中 G 路段的最佳推估組合為 1-8，由於 VD8 之佈設位置為距路口 150 公尺處，與中游偵測器位置距離不到 10 公尺，故 G 路段擬不納入討論，至於 H、V 路段中，H 路段長度為 598 公尺，最佳推估組合為中游偵測器(距路口 299 公尺處)搭配 VD9(距路口 200 公尺處)，兩組偵測器彼此約距離 100 公尺左右。V 路段長度為 443 公尺，最佳推估組合為中游偵測器(距路口 222 公尺處)搭配 VD6(距路口 100 公尺處)，兩組偵測器彼此約距離 122 公尺左右。上述 2 個路段皆有雙組推估優於單組推估的情形，唯單/雙組推估差異之幅度並不大，基於實務單位成本效益的考量下，在偵測器組數與推估績效兩者之間該如何權衡，該部分分析結果亦可提供實務單位作一參考。

表 5.3-17 單/雙組偵測器最佳組合推估績效比較表

路段屬性	路段長度	單組偵測器推估最佳組合 MAPE 值	雙組偵測器推估最佳組合 MAPE 值	雙偵測器優於單偵測器之最佳組合
N2L1Q4_B	191	16.84	23.20	-
N3L1Q4_O	158	14.05	27.65	-
N3L1Q4_Q	183	10.21	17.28	-
N3L1Q4_R	190	5.69	14.08	-
N2L2Q4_A	396	29.58	15.86	1-7
N3L3Q4_N	516	23.62	14.73	1-3
N3L3Q4_H	598	10.68	8.04	1-9
N3L5Q4_I	999	12.14	14.25	-
N2L1Q2_U	138	13.61	19.31	-
N1L2Q4_G	317	16.58	16.51	1-8
N2L3Q2_V	443	14.50	13.15	1-6
N2L3Q2_J	517	13.81	8.95	1-3
平均 MAPE		15.11	16.08	-

註：「-」表示雙組偵測器推估並未優於單組偵測器。

資料來源：本研究彙整

表5.3-18 路段A單/雙組測器推估績效成對樣本檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	A單 - A雙	1.36957	12.36595	1.86424	-2.39003	5.12916	.735	43	.467

表5.3-19 路段N單/雙組測器推估績效成對樣本檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	N單 - N雙	3.57955	17.67541	3.40163	-3.41261	10.57171	1.052	26	.302

表5.3-20 路段J單/雙組測器推估績效成對樣本檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	J單 - J雙	-.86315	5.73761	.90720	-2.69813	.97183	-.951	39	.347

表5.3-21 路段H單/雙組測器推估績效成對樣本檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	H單 - H雙	17.03086	7.12531	1.17139	14.65516	19.40655	14.539	36	.000

表5.3-22 路段G單/雙組測器推估績效成對樣本檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	G單 - G雙	3.11357	3.72787	.40919	2.29956	3.92757	7.609	82	.000

表5.3-23 路段V單/雙組測器推估績效成對樣本檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	V單 - V雙	-2.11154	4.84790	.60131	-3.31279	-.91029	-3.512	64	.001

5.4 探討折衷佈設位置之可能性

對應本研究之研究目的，除了探討加入路口偵測器對於路段偵測器推估績效的影響之外，最重要的還是繼續嘗試找出能同時因應用路人資訊需求與交控需求之偵測器佈設位置。

由於在上述文中已提及，單一偵測器推估以路段中游處的績效較佳，又中游偵測器主要為因應用路人資訊需求，故本研究以該分析結果為依據，從路段中游處往路口方向尋求能夠取代中游偵測器功能的佈設位置，也就是說該佈設位置上之偵測器，能夠發揮提供用路人資訊的功能，亦能同時提供交通控制所需之相關資訊。

本研究透過統計檢定的方式，針對實驗路網中的每部偵測器之間進行推估績效的顯著性分析，主要目的為瞭解每個佈設位置的偵測器之間，其所推估旅行時間之差異是否顯著，故以兩兩比較的方式，若彼此差異呈現顯著，則表示兩偵測器在佈設位置上無法互相取代；反之，若彼此差異並不顯著，則代表兩偵測器在佈設位置上是可以互相取代的，也進一步能夠找出各偵測器間可以相互取代的程度，以及可以彈性調整的佈設範圍。針對各偵測器以兩兩比較的方式進行成對樣本 T 檢定後，檢定結果如表 5.4-1 及表 5.4-2 所示(相關檢定表格請詳見附錄一)。

分析結果顯示，在高流量路段部分，200 公尺以下的路段中，從路口至路段中游的範圍內，每個位置所推估出來的旅行時間差異皆呈現顯著，也表示在短路段屬性下，不同的偵測器佈設位置對模式推估績效的影響性皆較為敏感，只要稍微移動佈設位置，就會呈現具有差異性的績效表現，也代表各偵測器間的佈設位置無法作出較為彈性的調整，因此在功能上也無法相互取代。

至於在長路段部分，其中 A 路段(396 公尺)，在距路口 150 公尺至路段中游(約 200 公尺)之間，偵測器推估績效並無顯著差異，顯示在距路口 150 公尺至 200 公尺的範圍內，偵測器佈設位置可以作較為彈性的調整，又根據【11】的研究提到，在中飽和度(V/C 值介於 0.51~0.80 之間)的情況下，該研究所發展之動態交控模式，在偵測器佈設於 100 公尺以上至 200 公尺處能發揮較佳的控制績效。故本研究進一步計算 A 路段的飽和度後，發現其飽和度約為 0.51，剛好介於中飽和度的區間，顯示在本研究的旅行時間推估模式架構下，A 路段推估績效較佳的

佈設位置為距路口 150 公尺處至 200 公尺處，與相關研究所提出的結論，在中飽和度情況下，動態交控模式控制績效較佳的位置，剛好就在距路口 150 公尺至 200 公尺處有相互重疊到的佈設區位，表示未來若在中飽和度以及路段長約 400 公尺的道路情境下，的確有機會將交控偵測器與路段偵測器予以合併，其可彈性調整的範圍在距路口 150 公尺至 200 公尺之間，不但佈設位置能夠互相取代，偵測器在路口與路段的功能應用上亦能達到相輔相成的結果。

另外在 N 路段(516 公尺)部分，在距路口 200 公尺至路段中游(約 260 公尺)之間，偵測器推估績效並無顯著差異，顯示在距路口 200 公尺至 260 公尺的範圍內，偵測器佈設位置可以作較為彈性的調整，同樣根據相關的研究提到，在低飽和度(V/C 值介於 0.00~0.50 之間)的情況下，該研究所發展之動態交控模式，在偵測器佈設於 200 公尺以上至 300 公尺處能發揮較佳的控制績效。於是本研究再進一步計算 N 路段的飽和度後，發現其飽和度約為 0.30，剛好介於低飽和度的區間，顯示在本研究的旅行時間推估模式架構下，N 路段推估績效較佳的佈設位置為距路口 200 公尺處至 260 公尺處，與相關研究所提出的結論，在低飽和度情況下，動態交控模式控制績效較佳的位置，剛好就在距路口 200 公尺至 300 公尺處有相互重疊到的佈設區位，表示未來若在低飽和度以及路段長約 500 公尺左右的道路情境下，有機會將交控偵測器與路段偵測器予以合併，其可彈性調整的範圍在距路口 200 公尺至 260 公尺之間，不但佈設位置能夠互相取代，偵測器在路口與路段的功能應用上亦能達到相輔相成的結果。

至於在 H 和 I 路段，從路口至路段中游的範圍內，每個位置所推估出來的旅行時間差異皆呈現顯著，進一步計算兩條路段的飽和度發現，H 路段的飽和度為 0.63，I 路段的飽和度為 0.77，顯示在長路段且飽和度較高的屬性下，車流的繁雜程度與干擾性便愈趨於嚴重，車流資訊精確程度較不亦掌握。導致不同的偵測器佈設位置對模式推估績效的影響性皆較為敏感，只要稍微移動佈設位置，就會呈現具有差異性的績效表現，也代表各偵測器間的佈設位置無法作出較為彈性的調整，因此在功能上也無法相互取代。

表 5.4-1 各偵測器間顯著性差異分析(高流量路段)

流量等級	路段長度等級	路段編號	路段長度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)									
				單組偵測器									
				偵測器距路口停止線距離示意圖									
				路口--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-中游
				20m	40m	60m	80m	100m	120m	150m	200m	250m	中游
高流量路段	200 以下	B	191	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	-	-	-	-	-
		O	158	顯著	顯著	顯著	顯著	-	-	-	-	-	-
		Q	183	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	-	-	-	-	-
		R	190	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	-	-	-	-	-
	200-400	A	396	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	不顯著	-	-	不顯著
	400-600	N	516	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	不顯著	不顯著	不顯著
		H	598	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著
	600 以上	I	999	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著

註：『-』表未佈設偵測器

在中低流量路段部分，200 公尺以下的路段中，從路口至路段中游的範圍內，每個位置所推估出來的旅行時間差異皆呈現顯著，也表示在短路段屬性下，不同的偵測器佈設位置對推估績效的影響性皆較為敏感，只要稍微移動佈設位置，就會呈現具有差異性的績效表現，也代表各偵測器間的佈設位置無法作出較為彈性的調整，因此在功能上也無法相互取代。該部分結果與高流量短路段相當一致，顯示在 200 公尺以下的短路段中，不管是高/低流量，偵測器的佈設位置皆較難作出彈性的調整，可能原因為市區道路短街廓的車流特性本來就較難以掌握，有時可能因為號誌或其他干擾因素，導致車流常常回堵至路段中，甚至是路段上游，故變化頻繁的車流特性也就間接影響到偵測器的推估績效。

在長路段部分，其中 G 路段(317 公尺)在距路口 150 公尺至路段中游(約 158 公尺)之間，偵測器推估績效並無顯著差異，但有可能是因為兩部偵測器之間距離過於接近，僅 8 公尺，故該路段之結果不予以納入作討論。

至於在 V 路段(443 公尺)，在距路口 150 公尺至路段中游(約 220 公尺)之間，偵測器推估績效並無顯著差異，另外在距路口 20 公尺至 40 公尺之間，亦無顯著差異顯示，但在該範圍內推估績效相當差，MAPE 值都已超過 150% 以上，故不

予以探討。在距路口 150 公尺至 220 公尺的範圍內，偵測器佈設位置可以作為彈性的調整，同樣根據【11】提到，在低和度(V/C 值介於 0.00~0.50 之間)的情況下，該研究所發展之動態交控模式，在偵測器佈設於 200 公尺以上至 300 公尺處能發揮較佳的控制績效。故本研究進一步計算 V 路段的飽和度後，發現其飽和度約為 0.40，剛好落在低飽和度的區間，顯示在本研究的旅行時間推估模式架構下，V 路段推估績效較佳的佈設位置為距路口 150 公尺處至 220 公尺處，與相關研究中的低飽和度情況下，動態交控模式控制績效較佳的位置，剛好就在距路口 200 公尺至 300 公尺處有相互重疊到的區位，表示未來若在低飽和度以及路段長約 450 公尺的道路情境下，的確有機會將交控偵測器與路段偵測器予以合併，其可彈性調整的範圍在距路口 200 公尺至 220 公尺之間，不但佈設位置能夠互相取代，偵測器在路口與路段的功能應用上亦能達到相輔相成的結果。

在 J 路段(517 公尺)，在距路口 150 公尺至路段中游(約 260 公尺)之間，偵測器推估績效並無顯著差異，另外在距路口 40 公尺至 60 公尺之間，亦無顯著差異顯示，但在該範圍內推估績效較差，故仍以距路口 150 公尺至路段中游作探討。在距路口 150 公尺至 260 公尺的範圍內，偵測器佈設位置可以作為彈性的調整，同樣根據【11】提到，在低和度(V/C 值介於 0.00~0.50 之間)的情況下，該研究所發展之動態交控模式，在偵測器佈設於 200 公尺以上至 300 公尺處能發揮較佳的控制績效。故本研究進一步計算 V 路段的飽和度後，發現其飽和度約為 0.17，剛好落在低飽和度的區間，顯示在本研究的旅行時間推估模式架構下，J 路段推估績效較佳的佈設位置為距路口 150 公尺處至 260 公尺處，與相關研究中的低飽和度情況下，動態交控模式控制績效較佳的位置，剛好就在距路口 200 公尺至 300 公尺處有相互重疊到的區位，表示未來若在低飽和度以及路段長約 500 公尺的道路情境下，的確有機會將交控偵測器與路段偵測器予以合併，其可彈性調整的範圍在距路口 200 公尺至 260 公尺之間，不但佈設位置能夠互相取代，偵測器在路口與路段的功能應用上亦能達到相輔相成的結果。

表 5.4-2 單組偵測器推估旅行時間之誤差分析表(低流量路段)

流量等級	路段長度等級	路段編號	路段長度	偵測器組數 MAPE 績效(Oh+Webster)										
				單組偵測器										
				偵測器距路口停止線距離示意圖示意圖										
				路口--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-中游
				20m	40m	60m	80m	100m	120m	150m	200m	250m	中游	
低流量路段	200 以下	U	138	顯著	顯著	顯著	顯著	-	-	-	-	-	-	
	200-400	G	317	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	不顯著	-	-	不顯著	
	400-600	V	443	不顯著	不顯著	顯著	顯著	顯著	顯著	不顯著	不顯著	-	不顯著	
		J	517	顯著	不顯著	不顯著	顯著	顯著	顯著	不顯著	不顯著	不顯著	不顯著	

註：『-』表未佈設偵測器

針對上述分析結果，本研究發現在某些特定的流量等級、路段長度以及飽和度下，的確有折衷佈設位置的存在，也就是同時可以因應用路人資訊需求及交控需求的偵測器佈設位置，分析結果整理如表 5.4-3 所示。在高流量 400 公尺左右路段，且在中飽和度的情境下，偵測器折衷佈設位置約介於 150 公尺至 200 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 50 公尺，平均 MAPE 值約為 26.44%；在高流量 500 公尺左右路段，且在低飽和度的情境下，偵測器折衷佈設位置約介於 200 公尺至 260 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 60 公尺，平均 MAPE 值約為 23.00%；在中低流量 450 公尺左右路段，且在低飽和度的情境下，偵測器折衷佈設位置約介於 200 公尺至 220 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 20 公尺，平均 MAPE 值約為 14.33%；在高流量 400 公尺左右路段，且在低飽和度的情境下，偵測器折衷佈設位置約介於 200 公尺至 260 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 60 公尺，平均 MAPE 值約為 14.21%。

表 5.4-3 偵測器折衷佈設位置彙整表

流量等級	飽和度	等級	路段長度(公尺)	本研究模式最佳推估績效範圍	【11】研究模式最佳控制績效範圍	偵測器折衷佈設位置(重疊區域)	偵測器可調整範圍	平均推估誤差(MAPE)
高流量	0.51	中	約 400 左右	100~200 公尺	150~200 公尺	150~200 公尺	約 50 公尺	26.44
	0.30	低	約 500 左右	200~300 公尺	200~260 公尺	200~260 公尺	約 60 公尺	23.00
中低流量	0.40	低	約 450 左右	200~300 公尺	150~220 公尺	200~220 公尺	約 20 公尺	14.33
	0.17	低	約 500 左右	200~300 公尺	150~260 公尺	200~260 公尺	約 60 公尺	14.21

資料來源：本研究彙整

5.5 路徑旅行時間推估分析

在進行路段(即單一路段加單一路口)分析後,本研究進一步嘗試路徑(即多路段加多路口)旅行時間推估,適用推估模式和偵測器佈設位置則參考前面三節的分析結果予以應用。分析路網部分,由於人、物力及成本考量,故直接透過PARAMICS 微觀車流模擬軟體構建虛擬路網,如圖 5.5-1 所示。路網特性介紹與分析流程如表 5.5-1 和表 5.5-2 所示。

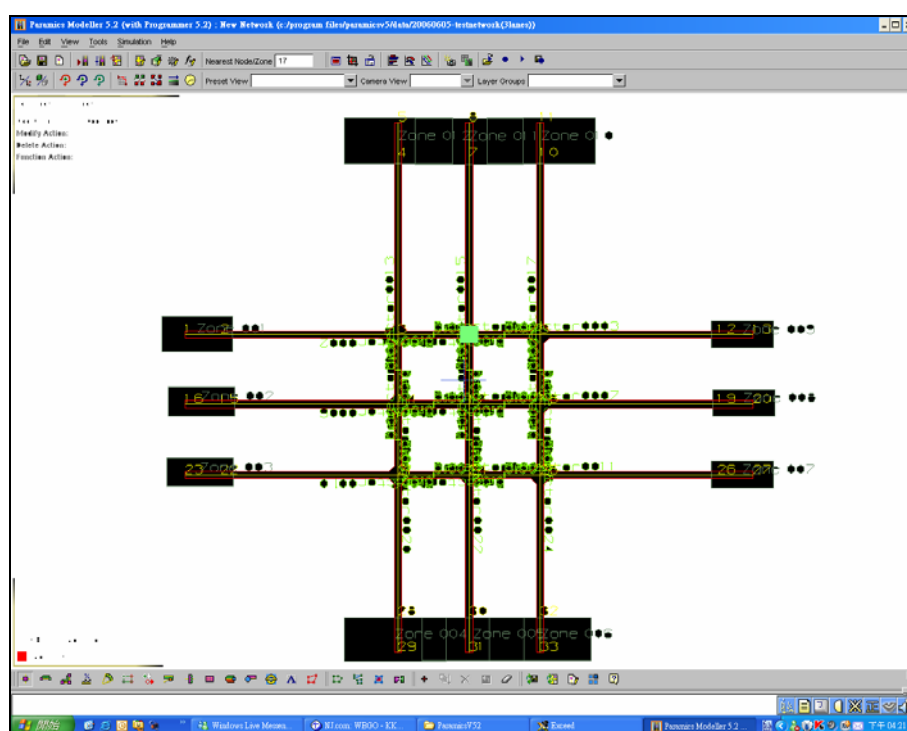


圖 5.5-1 虛擬路網圖

表 5.5-1 路網特性表

項目	介紹	備註
路段數	共 12 個路段	
路段長	每個路段皆為 150 公尺	與市區幹道短街廓類型相符
車道數	每個路段皆為雙向 6 車道	
路口數	路網中共 9 個路口	
時相數	每路口皆為 3 時相	號誌週期 190 秒
分區數	路網中共 12 個分區	車流產生及沒入處
時制計畫	參考【12】進行設定	未考慮路口號誌連鎖
偵測器佈設位置	於每個路段的中游處佈設一組偵測器	

表 5.5-2 虛擬路網分析流程表

模擬分析軟體	Paramics V5.2 微觀車流模擬軟體
旅行時間真值	將 Paramics API 輸出之旅行時間視為真值
旅行時間推估值	以 Oh+HCM(1994)模式為基礎進行推估
影響因子	探討流量等級因子對於路徑旅行時間推估的影響程度與模式適用性分析，並將其分成高流量和中低流量兩個水準。
主要分析流程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 輸入不同流量等級的 O-D 矩陣表並產生車輛 2. 透過偵測器蒐集評估模式所需交通資料 3. 將模式推估值與真值進行比較分析，並以 MAPE 值作為模式績效衡量指標。 4. 分別探討模式在不同路段數的推估績效差異性。 5. 探討模式在路段與路徑旅行時間推估的適用性。

接著本研究設定路徑旅行時間記錄的起點及終點，再透過 Paramics 預設的車輛指派法進行指派，模擬軟體指派的路線如圖 5.5-2 所示(黑色箭頭為車行方向)，共記錄 4 條路段的旅行時間，本研究即以該 4 條路段上偵測器所蒐集之資料，代入模式後推估出旅行時間，與真值進行比較分析。

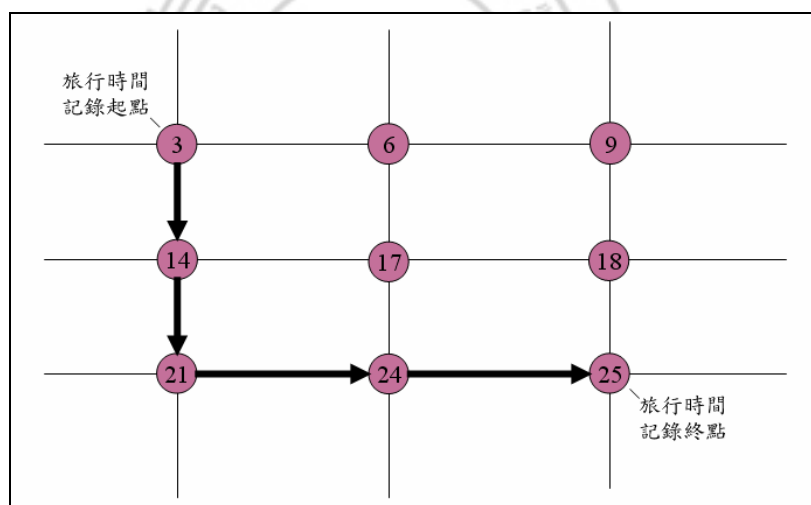


圖 5.5-2 模擬車輛路線指派圖

分析結果如表 5.5-3 所示，在中低流量部分，不同路徑數對於模式推估績效的影響較小，MAPE 值介於 14%~17%之間，表示 Oh 模式在中低流量路徑的推估績效屬於優良的預測，並從圖 5.5-3 可以看出，在不同路徑數的環境下，推估績效較無明顯趨勢，呈一穩定狀態。路徑旅行時間分析結果與路段旅行時間部分的結果一致，顯示在中低流量的情境下，Oh 模式皆可適用於路段和路徑的旅行時間推估，其績效亦有相當的準確程度，MAPE 值皆在 20%以下。

在高流量部分，不同路徑數對於模式推估績效的影響則有較為明顯的趨勢存

在，從圖 5.5-4 中可以發現，路徑數越多，MAPE 值則越低，約從 33% 降至 24%，但從數據上仍然無法充分解釋路徑數越多，模式推估越準確的原因。故本研究進一步針對路段特性進行分析後發現，在圖 5.5-2 中的第 1、2 條路段(即 node3 至 node21 之間)，屬於次要道路，有效綠燈時間較短，同時在高流量短路段的情況下，車輛會因號誌控制影響，導致等候車輛長度延伸至路段中游，造成偵測器量測上之誤差，使得模式推估誤差較大，MAPE 值約在 30%~40% 之間，產生旅行時間明顯高估的情形。至於在第 3、4 條路段(即 node21 至 node25 之間)，屬於主要道路，有效綠燈時間較長，縱使屬於高流量路段，仍然不會受到等候車輛長度過長的影響，故該部分推估績效較前兩個路段為佳，MAPE 值約在 20%~30% 之間。

由以上分析可以發現，在中低流量部分，路徑數與路口號誌對於模式推估績效影響程度較小，顯示模式適用程度較佳。至於在高流量部分，路口號誌對於模式推估績效的影響程度較大，若等候車輛長度經常超過路段中游，將導致模式推估績效變差；反之，若有效綠燈時間較長，模式推估績效亦有一定程度的準確性。

表 5.5-3 路徑旅行時間分析表

流量等級	路段數	模式推估值(秒)	API 真值(秒)	MAPE(%)
中低流量路段	1 路段	59.77	52.22	14.46
	連續 2 路段	119.34	102.54	16.38
	連續 3 路段	146.93	127.72	15.04
	連續 4 路段	183.16	158.83	15.32
高流量路段	1 路段	72.61	54.82	32.45
	連續 2 路段	148.31	114.05	30.04
	連續 3 路段	182.64	145.72	25.34
	連續 4 路段	221.35	179.43	23.36

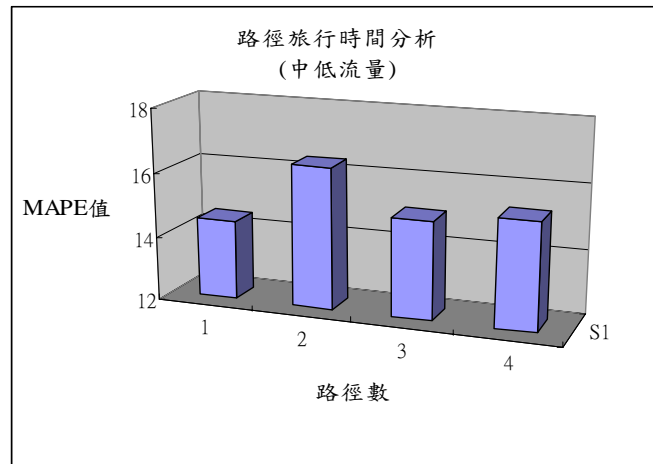


圖 5.5-3 路徑旅行時間分析圖(中低流量)

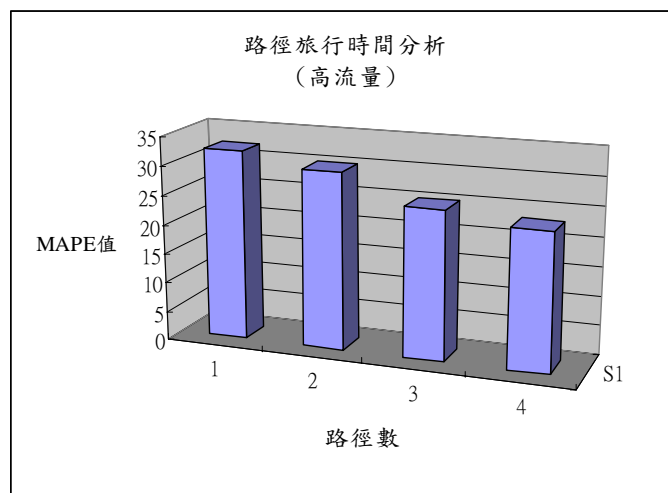


圖 5.5-4 路徑旅行時間分析圖(高流量)

5.6 小結

1. 旅行時間推估模式

以單一偵測器來看，利用流量等級配合路段長度劃分後，高流量的短路段中，呈現一致高估的情形，平均 MAPE 值約為 19.50%；至於在高流量的長路段中，則呈現一致低估的情形，平均 MAPE 值約為 21.76%；中低流量的短路段中，呈現高估約 19.85% 的情形；至於中低流量的長路段中，則呈現一致低估約 14.96% 的情形。以上結果顯示，不管高或低流量，200 公尺以下之短路段皆有高估之情形，而 200 公尺以上之長路段則一致呈現低估情形，表示偵測器佈設於中游位置所推估的績效較為一致。

以雙偵測器來看，利用原始 Oh 模式進行推估時，績效普遍受到路口偵測器資料的影響而變差，且路段和路口的誤差範圍亦相當大。但在透過本研究修正的

Oh 模式演算後，不但可以大幅改善路口偵測器資料所造成的誤差，且能將各偵測器之間的誤差範圍大幅縮小，並減少越接近路口，誤差跳動越不規則的情形。進一步分析發現，有部分路段有雙組偵測器推估優於單組偵測器推估的情形，唯單/雙組推估差異之幅度並不大，基於實務單位成本效益的考量下，在偵測器組數與推估績效兩者之間該如何權衡，該部分分析結果亦可提供實務單位作一參考。

2.延滯公式比較

在高流量短路段的延滯估計中，以 HCM(1994)公式的適用性較高，且由於路段較短，流量較高，建議可以進一步考量號誌連鎖因素，讓延滯公式的估計能夠更精確。在高流量長路段的延滯估計中，以 Webster 乘上 1.3 倍的適用性較高，透過臨近路段延滯(Approach Delay)的觀念予以修正延滯值，能夠進一步提高公式的對於路口延滯值的反應能力。至於在中低流量長路段的延滯估計，以原始 Webster 公式的適用性較高，不需再作其他調整或修正。該部分結論亦顯示，延滯公式的適用性的確會影響模式推估之績效，在目前無法找到較為通則性的延滯公式之前，仍然必須考慮相關影響因素，以確實掌握正確的延滯資訊。

3.偵測器佈設位置議題

以用路人資訊需求為主，則佈設位置乃以路段中游處較為適合，不但推估出來的績效大部分 MAPE 值皆低於 20%，且在同樣類型的路段中，亦有相同的趨勢，顯示在偵測器在路段中游處所得到之交通資料較為穩定且正確。

若未來加入交控需求，需採取雙偵測器進行推估的情境下，有部分路段有雙組偵測器推估優於單組偵測器推估的情形，也就是說加入交控偵測器可以輔助路段偵測器推估旅行時間，提高推估績效，但單從 MAPE 值來看，差異之幅度並不大。基於實務單位在成本效益的考量下，加上單/雙組差異幅度不大，顯示路段偵測器和路口偵測器要達到相輔相成的結果還是有其困難度，故實務單位可能還是會以單組偵測器主，但該部分結果還是可以提供實務單位作更完整的參考。

至於在折衷佈設位置部分，本研究發現在某些特定的流量等級、路段長度以及飽和度下，的確有折衷佈設位置的存在，也就是同時可以因應用路人資訊需求

及交控需求的偵測器佈設位置，彙整結果整理如表 5.6-1 所示。

表 5.6-1 偵測器折衷佈設位置彙整表

流量等級	飽和度	等級	路段長度(公尺)	偵測器折衷佈設位置(重疊區域)	偵測器可移動範圍	平均推估誤差(MAPE)
高流量	0.51	中	約 400 左右	150~200 公尺	約 50 公尺	26.44
	0.30	低	約 500 左右	200~260 公尺	約 60 公尺	23.00
中低流量	0.40	低	約 450 左右	200~220 公尺	約 20 公尺	14.33
	0.17	低	約 500 左右	200~260 公尺	約 60 公尺	14.21

資料來源：本研究彙整

由上述分析亦發現，目前市區幹道多以短街廓為主，其中又以中高流量下的 200 公尺以下路段為最多(參照表 5.6-2)，約有 257 條左右。但在 200 公尺以下的路段中，無法找出較適合的折衷佈設位置，顯示在多數的市區幹道中，交控應用與旅行時間推估應用之偵測器必須分開佈設，才能同時因應不同的交通資訊需求。

表 5.6-2 北部路型分類表

車道數(N)	長度(L)	流量(Q)				
		5500 以下	5500~13000	13000~20500	20500 以上	總計
1	200m 以下	51	49	35	4	139
	200m~400m	45	38	15	1	99
	400m~600m	20	14	5	x	39
	600m~800m	18	2	1	x	21
	800m~1000m	9	1	2	2	14
	1000m 以上	28	13	x	x	41
1	合計	171	117	58	7	353
2	200m 以下	37	179	257	88	561
	200m~400m	30	177	221	55	483
	400m~600m	16	70	59	20	165
	600m~800m	5	30	36	5	76
	800m~1000m	2	20	11	5	38
	1000m 以上	5	33	22	9	69
2	合計	95	509	606	182	1392
3	200m 以下	3	11	29	28	71
	200m~400m	1	33	30	16	80
	400m~600m	x	16	4	8	28
	600m~800m	1	4	x	6	11
	800m~1000m	x	3	x	2	5
	1000m 以上	x	5	1	1	7

3 合計		5	72	64	61	202
4	200m 以下	x	x	x	x	0
	200m~400m	x	x	x	4	4
	400m~600m	x	x	x	1	1
	600m~800m	x	x	x	x	x
	800m~1000m	x	x	x	x	x
	1000m 以上	x	x	x	x	x
4 合計		x	x	x	5	5
總計		271	698	728	255	1952

註:「x」表無此路段屬性組合

資料來源:【5】

4.路徑旅行間推估議題

在中低流量部分，路徑數與路口號誌對於模式推估績效影響程度較小，顯示模式適用程度較佳。至於在高流量部分，路口號誌對於模式推估績效的影響程度較大，若等候車輛長度經常超過路段中游，將導致模式推估績效變差；反之，若有效綠燈時間較長，模式推估績效亦有一定程度的準確性。



第六章 結論與建議

本研究以車流理論相關模式為基礎，針對課題所需修正模式中的演算方式，在同時因應交控需求及用路人資訊需求下，利用模式來推估都市幹道旅行時間，並經由驗證分析後獲得適合國內各類型都市幹道之旅行時間推估模式。其次，再以本研究選用的模式為基礎，探討因應不同交通資訊需求下，偵測器佈設位置之議題，其中又以不同的流量等級及路段長度兩項因子為考慮因素，進行佈設位置相關探討。針對本研究相關內容與驗證分析結果，歸納整理提出以下結論與建議。

6.1 結論

本研究針對旅行時間推估議題與偵測器佈設位置兩大研究主軸，並配合初始的研究目的，提出結論如下：

一、旅行時間推估議題

1. 國、內外針對旅行時間推估議題進行探討的研究，大多以高、快速道路為研究對象，在實務應用上，對於旅行時間的發佈的範圍，亦僅限於高、快速道路。由於國內僅少數研究以市區幹道為研究對象，進行旅行時間推估議題之探討，且在模式的適用性上，目前已發展之旅行時間推估模式仍僅適用於台灣地區部分特定的路網，且在都市幹道旅行時間的定義為自由車流旅行時間與延滯時間總和。因此，本研究希冀以更多種類的道路型態為研究範圍，透過旅行時間推估模式配合延滯公式的探討，歸納並彙整出不同道路類型與其各別所適用的模式型態，以期擴大市區幹道旅行時間推估模式的適用範圍。本研究藉由模擬分析與統計分析方法，獲得相關結論顯示，高/低流量的短路段中，平均 MAPE 值約為 10.33%；至於在高流量的長路段中，平均 MAPE 值約為 13.13%；中低流量的長路段中，平均 MAPE 值約為 13.92%；以整體路網來看，平均 MAPE 值約為 12.46%。

2. 路徑旅行間推估上，在中低流量部分，路徑數與路口號誌對於模式推估績效影響程度較小，顯示模式適用程度較佳，MAPE 值約在 14%~17% 之間，屬於優良的預測。在高流量部分，路口號誌對於模式推估績效的影響程度較大；但若有效綠燈時間較長，模式推估績效亦有一定程度的準確性，MAPE 值約在 20%~30% 之間屬於合理的預測。
3. 本研究在針對延滯公式進行分析與比較後發現，公式本身的估計是否能反應出實際延滯值，對於旅行時間推估模式有一定程度之影響。經由分析後得知在高流量短路段的延滯估計中，以 HCM(1994) 公式的適用性較高，且由於路段較短，流量較高，建議可以進一步考量是否存在著號誌連鎖因素，讓延滯公式的估計能夠更精確。在高流量長路段的延滯估計中，以 Webster 乘上 1.3 倍的適用性較高，即採用臨近路段延滯(Approach Delay)的觀念予以修正延滯值，能夠進一步提高公式的對於路口延滯值的反應能力。至於在中低流量長路段的延滯估計，以原始 Webster 公式的適用性較高，不需再作其他調整或修正。在目前無法找出較為通則性的延滯公式前，仍然必須考慮相關影響因素，制訂個別適合的延滯公式，以確實掌握正確的延滯資訊。
4. 在偵測器佈設組數方面，以單一偵測器來看，整體推估績效結果較為穩定且一致。然而以雙偵測器來看，利用原始 Oh 模式進行推估時，績效普遍受到路口偵測器資料的影響而變差，且路段和路口的誤差範圍亦相當大。但在透過本研究修正的 Oh 模式演算後，不但可以大幅改善路口偵測器資料所造成的誤差，且能將各偵測器之間的誤差範圍大幅縮小，並減少越接近路口，誤差跳動越不規則的情形。

二、偵測器佈設位置議題

5. 以用路人資訊需求為主，佈設位置乃以路段中游處較為適合，不但反應推估績效的 MAPE 值皆低於 20%，屬於優良的預測。且在同樣類型的路段中，亦

有相同的高/低估趨勢，顯示在偵測器在路段中游處所得到之交通資料較為穩定且正確。

6. 若未來加入交通控制需求，需採取雙偵測器進行推估的情境下，有部分路段有雙組偵測器推估優於單組偵測器推估的情形，也就是說加入交控偵測器可以輔助路段偵測器來推估旅行時間，提高推估績效，但若從 MAPE 平均值來看，差異幅度並不大。基於實務單位在成本效益的考量下，加上單/雙組推估差異不大，顯示路段偵測器和路口偵測器要達到相輔相成的成果還是有其困難度，故原則上仍然以單組偵測器的佈設為主，但該部分結果還是可以提供實務單位作更完整的參考。
7. 在同時考慮用路人資訊需求以及交通控制需求下，本研究分析後發現在某特定的流量等級、路段長度以及飽和度之下，的確有折衷佈設位置的存在。在高流量 400 公尺左右路段及中飽和度的情境下，最適佈設位置約介於距路口停止線 150 公尺至 200 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 50 公尺，平均 MAPE 值約為 26.44%；在高流量 500 公尺左右路段及低飽和度的情境下，最適佈設位置約介於距路口停止線 200 公尺至 260 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 60 公尺，平均 MAPE 值約為 23.00%；在中低流量 450 公尺左右路段，且在低飽和度的情境下，最適佈設位置約介於距路口停止線 200 公尺至 220 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 20 公尺，平均 MAPE 值約為 14.33%；在高流量 400 公尺左右路段，且在低飽和度的情境下，最適佈設位置約介於距路口停止線 200 公尺至 260 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 60 公尺，平均 MAPE 值約為 14.21%。
8. 本研究在交通控制需求部分所探討之動態交控模式，所需之輸入項為車輛通過時間、速度以及佔有率，該三項參數與本研究旅行時間推估模式所需輸入參數完全相同，故若於結論第 6 點所述之折衷位置佈設單一偵測器，所取得之交通參數將可同時應用於交控模式與旅行時間推估模式中，發揮最大的功

效，達到以最少成本獲得最佳效益之成果。

6.2 建議

綜合上述結論，本研究除了提出研究發現之重要經驗外，並依據研究結果提出初步建議，以作為後續研究之借鏡與參考，期望能協助開創新的研究方向與相關論點。

1. 由於本研究主軸在探討不同偵測器佈設位置對於旅行時間推估模式之影響，故於實驗設計中擬定多組佈設位置，但在成本、人力以及相關硬體設備不足的考量下，決定以模擬軟體為平台，於模擬環境的偵測器中取得評估模式所需之交通參數。若未來在能力及經費許可下，建議仍以實地調查為主，以取得真實偵測器之交通資料為優先考量。
2. 本研究所評估之旅行時間推估模式其資料來源為車輛偵測器，但實際上車輛偵測器的種類眾多，偵測方式與輸出格式皆有其差異，加上真實世界與模擬環境兩者所產生的誤差，可能因此影響模式推估結果並且使模式應用受到限制。因此，建議未來研究可針對不同種類偵測器之偵測方式與偵測誤差進行比較分析，盡可能減低偵測器種類不同所造成模式推估績效的不穩定性。
3. 在延滯公式部分，雖然本研究已透過比較分析，歸納出各種不同路段類型所對應其適用的延滯公式，但在操作便利性的前提之下，過多的公式組合將可能增加未來模式操作時的複雜與困難程度，在實務上的應用較不切實際。故建議未來研究能以發展通則性的延滯公式為出發點，進一步讓公式本身能夠涵蓋放諸四海皆準的特性。
4. 本研究透過修正 Oh 模式後，已能將加入路口偵測器進行推估所造成的誤差大幅降低，但仍無法有效讓推估績效優於單一偵測器，建議未來研究能再深入探討該議題，讓路口偵測器與路段偵測器能在功能上互相應用，以達到相

輔相成的結果，將路口資訊與路段資訊作一整合性的應用。

5. 根據分析的結果，本研究分別針對以用路人資訊需求為主的偵測器佈設位置，和加入交通控制需求後的偵測器佈設位置作一彙整，歸納並整理出在因應不同交通資訊需求的情境下，車輛偵測器的佈設準則(Installation Criteria)，彙整如表 6.2-1 所示。



表 6.2-1 因應不同交通資訊需求之偵測器建議佈設準則

交通資訊需求型態	建議佈設準則	整體績效
用路人資訊需求 (單偵測器)	<ol style="list-style-type: none"> 建議佈設於路段中游處，整體推估績效結果較為一致。 偵測器在此處所蒐集之交通資訊亦較為穩定且正確。 	平均 MAPE 值在 20% 以下
加入交通控制需求 (雙偵測器)	<ol style="list-style-type: none"> 加入交控偵測器資料後，雙偵測器推估績效在某特定路段會優於單偵測器，在高流量長度約 600 公尺路段，最佳推估組合為中游偵測器(距路口 300 公尺處)搭配距路口 200 公尺處之交控偵測器，能有較佳之推估績效。兩組偵測器彼此約距離 100 公尺左右。 	雙組偵測器推估平均 MAPE 值約為 8.04%
	<ol style="list-style-type: none"> 在低流量長度為 450 公尺，最佳推估組合為中游偵測器(距路口 225 公尺處)搭配距路口 100 公尺處之交控偵測器，能有較佳之推估績效。兩組偵測器彼此約距離 125 公尺左右。 	雙組偵測器推估平均 MAPE 值約為 13.15%
	<ol style="list-style-type: none"> 雖然都市幹道大多以 200 公尺以下的短路段類型為主，但 200 公尺以下路段並不適合採用雙偵測器推估，顯示在市區幹道中，路口資訊和路段資訊若要融合應用的確有其困難度。 加入交控偵測器資料後，雙偵測器推估績效在上述特定路段會優於單偵測器，但差異幅度並不大。在成本與效益的多方考量下，建議原則上每一路段仍以佈設一組偵測器較為適宜。 	-
同時因應不同 交通資訊需求 (折衷佈設位置)	<ol style="list-style-type: none"> 在高流量 400 公尺左右路段，且在中飽和度的情境下，偵測器折衷佈設位置約介於 150 公尺至 200 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 50 公尺。 	平均 MAPE 值約為 26.44%
	<ol style="list-style-type: none"> 在高流量 500 公尺左右路段，且在低飽和度的情境下，偵測器折衷佈設位置約介於 200 公尺至 260 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 60 公尺。 	平均 MAPE 值約為 23.00%
	<ol style="list-style-type: none"> 在中低流量 450 公尺左右路段，且在低飽和度的情境下，偵測器折衷佈設位置約介於 200 公尺至 220 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 20 公尺。 	平均 MAPE 值約為 14.33%
	<ol style="list-style-type: none"> 在高流量 400 公尺左右路段，且在低飽和度的情境下，偵測器折衷佈設位置約介於 200 公尺至 260 公尺之間，可作為彈性調整的範圍約為 60 公尺。 	平均 MAPE 值約為 14.21%
	<ol style="list-style-type: none"> 上述特定條件路段中之偵測器折衷佈設位置，表示若於該範圍內佈設一組偵測器，將可以同時蒐集交控及旅行時間推估所需之交通資料，達到以最低成本卻能發揮最大效益之結果。 	-
	<ol style="list-style-type: none"> 市區幹道多以短街廓為主，但在 200 公尺以下的路段中，無法找出較適合的折衷佈設位置，顯示交控應用與旅行時間推估應用之偵測器必須分開佈設，才能同時因應不同的交通資訊需求。 	-

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，台灣地區發展智慧型運輸系統架構之研究，民國九十年。
2. 內政部營建署，市區道路工程規劃及設計規範之研究，民國九十年。
3. 交通部運輸研究所，都市交通號誌全動態控制邏輯模式之研究（II）－單一路口實例研究，民國九十四年。
4. 何志宏，偵測器資料轉為交通分析資料之研究，民國八十一年。
5. 吳健生，「高速公路交通控制策略」，運輸計畫季刊，第十四卷第二期，p.257~285，民國七十四年。
6. 董啟崇，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（一），交通部委託研究計畫，淡江大學執行，民國九十三年。
7. Institute of Transportation Engineers, Traffic Control Systems Handbook, 1985.
8. Federal Highway Administration, Traffic Detector Handbook(Second Edition), 1991.
9. 黃琳桂，環路線圈車輛偵測器之最佳佈設方式研究，國立台灣大學土木工程研究所，民國九十一年。
10. 趙令峻，車輛偵測器設置間距與偵測時距之模擬研究，國立中央大學土木工程研究所，民國八十五年。
11. 何志宏，市區全動態號誌控制系統中之最佳偵測器佈設區位之研究，中華民國運輸學會第 20 屆學術論文研討會，民國九十四年。
12. 劉士仙，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省道路段固定式偵測器佈設規劃，交通部委託研究計畫，淡江大學執行，民國九十五年。
13. 李鈺雯，都市幹道動態旅行時間推估與交通偵測設施佈設準則之研究，淡江大學運輸科學研究所，民國九十四年。
14. Oh, J. S., Jayakrishnan, R., and Recker, W., "Section Travel Time Estimation from Point Detection Data", presented at the 82th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D. C., U.S.A., 2002.

15. 胡守任，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（二），交通部委託研究計畫，淡江大學執行，民國九十四年。
16. Dailey, D.J. "Travel Time Estimates Using a Series of Single Loop Volume and Occupancy Measurements", presented at the 76th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C., U.S.A., 1997.
17. 申瑋琦，車隊運動型態與時空圖理論應用於號誌化幹道即時旅行時間估計－以固定式偵測器資料為基礎，淡江大學運輸科學研究所碩士論文，民國九十四年。
18. 許雅惠，以模擬分析法探討轉換函數在預測旅行時間之應用，淡江大學運輸科學研究所碩士論文，民國九十三年。
19. Thomas, G. B. and Upchurch, J. E., "The Relationship between Detector location and Travel Characteristics on Arterial Streets.", ITE Journal, Vol.69, 1998, pp.36-42.
20. 陳寶如，「號誌化道路路段旅行時間推估之研究」，中華民國運輸學會第 20 屆論文研討會論文集，民國九十四年。
21. Sisiopiku, V.P., and Rouphail, N.M., "Toward the Use of Detector Output for Arterial Link Travel Time Estimation :A Literature Review." Transportation Research Board 1457:158-165, 1994.
22. Sisiopiku, V.P., and Rouphail, N.M. and Santiago, A., "Analysis of correlation between arterial travel time and detector data from simulation and field studies." Transportation Research Board 1457:166-173, 1994.
23. Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, Special Report 209, National Research Council, 1985.
24. 蔡輝昇，交通控制理論與實務，民國七十九年。
25. 王文麟，交通工程學-理論與實用(修正版)，民國八十七年。
26. 交通部，2001 年台灣地區公路容量手冊，民國九十年。
27. 黃厚淳，設置行人專用時相對車輛與行人延滯影響之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國九十三年六月。
28. 陳韻竹，號誌化路口車輛行進軌跡之模化與延滯時間之比較，國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文，民國九十四年六月。

29. Wolfgang S. Homburger, Transportation and Traffic Engineering Handbook(Second Edition) ,Institute of Transportation Engineers, 1982.
30. Dion, et al., "Comparison of delay estimates at under-saturated and over-saturated pretimed signalized intersections" ,Transportation Research Part B, pp.99-122, 2004.
31. 楊佳琪，「都市號誌控制對路口延滯時間推估之影響」，第一屆大專院校交通工程與智慧型運輸系統專題論文競賽暨研討會，民國九十五年。
32. May, A.D., Traffic Flow Fundamentals, Prentice Hall, New Jersey, 1990.
33. Daniel L. Gerlough and Matthew J. Huber, Traffic Flow Theory, Transportation Research Board. Special Report 163. TRB. Washington, D.C., 1975.
34. Lewis, C.D., Industrial and Business Forecasting Methods, 1982, pp. 38-41.





附錄一 各路段單組偵測器成對樣本 T 檢定

本研究透過統計檢定的方式，針對實驗路網中的每部偵測器之間進行推估績效的顯著性分析，主要目的為瞭解每個佈設位置的偵測器之間，其所推估旅行時間之差異是否顯著，故以兩兩比較的方式，若彼此差異呈現顯著，則表示兩偵測器在佈設位置上無法互相取代；反之，若彼此差異並不顯著，則代表兩偵測器在佈設位置上是可以互相取代的，也進一步能夠找出各偵測器間可以相互取代的程度，以及可以彈性調整的佈設範圍。檢定結果如下列表格所示。

路段A-單組偵測器成對樣本T檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	VD1 - VD8	-24.51589	83.89413	12.64752	-50.02204	.99026	-1.938	43	.059
成對 2	VD2 - VD3	85.90021	87.92183	12.69042	60.37037	111.43005	6.769	47	.000
成對 3	VD3 - VD4	-40.18125	77.28055	11.15449	-62.62118	-17.74132	-3.602	47	.001
成對 4	VD4 - VD5	24.98188	69.72030	10.06326	4.73721	45.22654	2.482	47	.017
成對 5	VD5 - VD6	13.46771	37.08963	5.35343	2.69800	24.23741	2.516	47	.015
成對 6	VD6 - VD7	10.17875	31.12108	4.49194	1.14213	19.21537	2.266	47	.028
成對 7	VD7 - VD8	22.87563	44.81216	6.46808	9.86353	35.88772	3.537	47	.001

路段B-單組偵測器成對樣本T檢定

	成對變數差異						t	自由 度	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準 差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間					
				下界	上界				
成對 1 VD1 - VD5	-7.94788	3.24778	.39977	-8.74628	-7.14948	-19.881	65	.000	
成對 2 VD2 - VD3	15.30818	15.48525	1.90610	11.50143	19.11493	8.031	65	.000	
成對 3 VD3 - VD4	5.14803	8.43022	1.03769	3.07562	7.22044	4.961	65	.000	
成對 4 VD4 - VD5	3.40333	4.67079	.57493	2.25511	4.55156	5.920	65	.000	

路段O-單組偵測器差異性檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	VD1 - VD4	-3.59107	.88153	.16659	-3.93289	-3.24925	-21.556	27	.000
成對 2	VD2 - VD3	4.08357	5.73728	1.08424	1.85889	6.30826	3.766	27	.001
成對 3	VD3 - VD4	1.33393	2.69372	.50907	.28941	2.37845	2.620	27	.014

路段Q-單組偵測器成對樣本T檢定

		成對變數差異					t	自由 度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數	差異的 95%				
				的標準 誤	下界	上界			
成對 1	VD1 - VD5	-4.00000	2.77283	.51490	-5.05473	-2.94527	-7.768	28	.000
成對 2	VD2 - VD3	2.78241	2.75289	.51120	1.73527	3.82956	5.443	28	.000
成對 3	VD3 - VD4	2.01241	3.39645	.63071	.72047	3.30436	3.191	28	.003
成對 4	VD4 - VD5	1.97103	2.65359	.49276	.96166	2.98041	4.000	28	.000

路段R-單組偵測器成對樣本T檢定

	成對變數差異					t	自由 度	顯著性 (雙尾)	
			平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間					
				下界	上界				
成對 1	VD1 - VD5	-2.31370	.35450	.06822	-2.45394	-2.17347	-33.914	26	.000
成對 2	VD2 - VD3	4.96852	4.40628	.84799	3.22545	6.71159	5.859	26	.000
成對 3	VD3 - VD4	1.27259	1.36923	.26351	.73094	1.81424	4.829	26	.000
成對 4	VD4 - VD5	.78519	.37346	.07187	.63745	.93292	10.925	26	.000

路段N-單組偵測器成對樣本T檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	VD1 - VD10	16.06345	16.61887	3.19830	9.48924	22.63765	-1.427	26	.273
成對 2	VD2 - VD3	171.06222	68.99096	13.27732	143.77031	198.35414	12.884	26	.000
成對 3	VD3 - VD4	-112.95815	51.83464	9.97558	-133.46325	-92.45305	-11.323	26	.000
成對 4	VD4 - VD5	28.89556	61.09659	11.75804	4.72655	53.06456	2.458	26	.021
成對 5	VD5 - VD6	44.29185	46.29980	8.91040	25.97626	62.60744	4.971	26	.000
成對 6	VD6 - VD7	25.43852	29.82184	5.73922	13.64139	37.23564	4.432	26	.000
成對 7	VD7 - VD8	29.26593	34.85039	6.70696	15.47957	43.05228	4.364	26	.000
成對 8	VD8 - VD9	23.73815	27.76913	5.34417	12.75304	34.72325	4.442	26	.000
成對 9	VD9 - VD10	8.40815	26.47108	5.09436	-2.06346	18.87976	1.650	26	.111

路段H-單組偵測器成對樣本T檢定

		成對變數差異					t	自由 度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標 準誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	VD1 - VD10	19.29032	6.61766	1.08794	17.08388	21.49675	17.731	36	.000
成對 2	VD2 - VD3	29.54730	40.62489	6.67869	16.00228	43.09231	4.424	36	.000
成對 3	VD3 - VD4	14.89595	19.60815	3.22356	8.35826	21.43363	4.621	36	.000
成對 4	VD4 - VD5	18.43838	14.91708	2.45235	13.46478	23.41198	7.519	36	.000
成對 5	VD5 - VD6	10.49649	12.60584	2.07239	6.29349	14.69948	5.065	36	.000
成對 6	VD6 - VD7	12.01541	10.37700	1.70597	8.55554	15.47527	7.043	36	.000
成對 7	VD7 - VD8	12.50351	14.47533	2.37973	7.67720	17.32983	5.254	36	.000
成對 8	VD8 - VD9	23.23081	16.29688	2.67919	17.79716	28.66446	8.671	36	.000
成對 9	VD9 - VD10	12.02324	10.55315	1.73493	8.50465	15.54184	6.930	36	.000

路段I-單組偵測器成對樣本T檢定

		成對變數差異						t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數	差異的 95%					
				的標準 誤	下界	上界				
成對 1	VD1 - VD10	-33.65730	31.67776	4.62068	-42.95824	-24.35636	-7.284	46	.000	
成對 2	VD2 - VD3	97.13511	71.97816	10.49909	76.00153	118.26869	9.252	46	.000	
成對 3	VD3 - VD4	47.50638	49.48271	7.21779	32.97772	62.03505	6.582	46	.000	
成對 4	VD4 - VD5	33.23809	47.81657	6.97476	19.19861	47.27756	4.765	46	.000	
成對 5	VD5 - VD6	33.69043	32.74248	4.77598	24.07687	43.30398	7.054	46	.000	
成對 6	VD6 - VD7	23.33511	31.18564	4.54889	14.17866	32.49155	5.130	46	.000	
成對 7	VD7 - VD8	7.70319	17.83219	2.60109	2.46746	12.93892	2.962	46	.005	
成對 8	VD8 - VD9	22.59809	25.88946	3.77637	14.99666	30.19951	5.984	46	.000	
成對 9	VD9 - VD10	13.24596	20.15844	2.94041	7.32722	19.16470	4.505	46	.000	

路段U-單組偵測器成對樣本T檢定

		成對變數差異					t	自 由 度	顯著性 (雙尾)
				平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	VD1 - VD4	-3.18183	.69961	.08303	-3.34743	-3.01624	-38.322	70	.000
成對 2	VD2 - VD3	12.37662	18.43265	2.18755	8.01368	16.73956	5.658	70	.000
成對 3	VD3 - VD4	1.81831	3.21823	.38193	1.05657	2.58005	4.761	70	.000

路段G-單組偵測器成對樣本T檢定

	成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
				下界	上界			
成對 1 VD1 - VD8	.11503	1.41320	.15512	-.19355	.42361	.742	82	.460
成對 2 VD2 - VD3	6.53398	12.08726	1.32675	3.89465	9.17330	4.925	82	.000
成對 3 VD3 - VD4	2.47866	8.07620	.88648	.71518	4.24215	2.796	82	.006
成對 4 VD4 - VD5	2.97353	4.36555	.47918	2.02029	3.92678	6.205	82	.000
成對 5 VD5 - VD6	2.85471	4.17283	.45803	1.94355	3.76588	6.233	82	.000
成對 6 VD6 - VD7	2.37034	2.31181	.25375	1.86554	2.87513	9.341	82	.000
成對 7 VD7 - VD8	1.52598	5.19842	.57060	.39087	2.66109	2.674	82	.009

路段V-單組偵測器成對樣本T檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	VD1 - VD9	2.22815	.70140	.08700	2.05435	2.40195	-.821	64	.421
成對 2	VD2 - VD3	-41.01492	167.74188	20.80582	-82.57932	.54948	-1.971	64	.053
成對 3	VD3 - VD4	100.87969	160.40784	19.89614	61.13257	140.62681	5.070	64	.000
成對 4	VD4 - VD5	27.59108	40.45399	5.01770	17.56707	37.61509	5.499	64	.000
成對 5	VD5 - VD6	14.68031	36.19498	4.48943	5.71163	23.64898	3.270	64	.002
成對 6	VD6 - VD7	4.73154	6.05341	.75083	3.23158	6.23150	6.302	64	.000
成對 7	VD7 - VD8	3.52415	3.98867	.49473	2.53581	4.51250	7.123	64	.000
成對 8	VD8 - VD9	2.05385	2.82159	.34998	1.35469	2.75300	-.933	64	.336

路段J-單組偵測器成對樣本T檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性 (雙尾)
		平均數	標準差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對 1	VD1 - VD10	1.94356	4.00926	.64200	.64391	3.24321	-1.723	38	.091
成對 2	VD2 - VD3	11.26564	16.09947	2.57798	6.04680	16.48449	4.370	38	.000
成對 3	VD3 - VD4	2.90564	9.65420	1.54591	-.22389	6.03517	1.880	38	.068
成對 4	VD4 - VD5	2.45205	6.53559	1.04653	.33346	4.57064	2.343	38	.024
成對 5	VD5 - VD6	.85872	1.28432	.20566	.44239	1.27505	4.176	38	.000
成對 6	VD6 - VD7	.26949	.92365	.14790	-.02993	.56890	4.231	38	.000
成對 7	VD7 - VD8	.33051	.93483	.14969	.02747	.63355	2.208	38	.033
成對 8	VD8 - VD9	.19051	.68111	.10907	-.03028	.41130	1.747	38	.089
成對 9	VD9 - VD10	-.47872	3.83964	.61483	-1.72339	.76595	-.779	38	.441

附錄二 PARAMICS 模擬路段 OD 矩陣表

由於 PARAMICS 微觀車流模擬需於每交通分區輸入 OD 交通量，最終形成 OD 矩陣表，才能於路網中產生車輛，進行交通資料的紀錄。本研究根據人工調查所得之實際交通量(包括路段中直行車輛數和路口轉向車輛數)，進行倒推 OD 的步驟，逐步完成每路段的 OD 矩陣表，各路段 OD 矩陣表如下列所示。

demand period 1										
matrix count 1										
divisor 1.0000										
matrix 1										
from	1	0	63	514	444	409	45	1834	##	3309
from	2	0	0	0	0	0	0	28	##	28
from	3	0	0	0	20	18	2	82	##	122
from	4	0	0	0	0	4	3	131	##	138
from	5	0	0	0	0	0	2	94	##	96
from	6	0	0	0	0	0	0	70	##	70
from	7	0	0	0	0	0	0	0	##	0
## total		0	63	514	464	431	52	2239	##	3763

註：A、B 路段 OD 矩陣表

demand period 1										
matrix count 1										
divisor 1.0000										
matrix 1										
from	1	0	106	75	26	1427	925	##	2559	
from	2	0	0	0	0	5	4	##	9	
from	3	0	0	0	0	8	5	##	13	
from	4	0	0	0	0	0	0	##	0	
from	5	0	0	0	0	0	2	##	2	
from	6	0	0	0	0	0	0	##	0	
## total		0	106	75	26	1440	936	##	2583	

註：G 路段 OD 矩陣表

```
[demand period 1
matrix count 1
divisor 1.0000

matrix 1
from 1    0  224  107 5219  ## 5550
from 2    0   0   5  236  ## 241
from 3    0   0   0  675  ## 675
from 4    0   0   0   0  ## 0

## total    0  224  112 6130  ## 6466
```

註：H 路段 OD 矩陣表

```
[demand period 1
matrix count 1
divisor 1.0000

matrix 1
from 1    0  132  375  17 5047  ## 5571
from 2    0   0   48   2  624  ## 674
from 3    0   0   0   0  428  ## 428
from 4    0   0   0   0   36  ## 36
from 5    0   0   0   0   0  ## 0

## total    0  132  423  19 6135  ## 6709
```

註：I 路段 OD 矩陣表

```
[demand period 1
matrix count 1
divisor 1.0000

matrix 1
from 1    0   3   8   1   4  506  ## 522
from 2    0   0   0   0   3  377  ## 380
from 3    0   0   0   0   1   3  ## 4
from 4    0   0   0   0   2  251  ## 253
from 5    0   0   0   0   0  15  ## 15
from 6    0   0   0   0   0   0  ## 0

## total    0   3   8   1  10 1152  ## 1174
```

註：J 路段 OD 矩陣表

```
[demand period 1
matrix count 1
divisor 1.0000

matrix 1
from 1 0 181 37 370 95 2886 ## 3569
from 2 0 0 0 54 14 421 ## 489
from 3 0 0 0 30 8 231 ## 269
from 4 0 0 0 0 0 152 ## 152
from 5 0 0 0 0 0 389 ## 389
from 6 0 0 0 0 0 0 ## 0

## total 0 181 37 454 117 4079 ## 4868
```

註：N 路段 OD 矩陣表

```
[demand period 1
matrix count 1
divisor 1.0000

matrix 1
from 1 0 453 116 30 46 3398 ## 4043
from 2 0 0 0 1 2 149 ## 152
from 3 0 0 0 3 5 380 ## 388
from 4 0 0 0 0 0 31 ## 31
from 5 0 0 0 0 0 163 ## 163
from 6 0 0 0 0 0 0 ## 0

## total 0 453 116 34 53 4121 ## 4777
```

註：O 路段 OD 矩陣表

```
[demand period 1
matrix count 1
divisor 1.0000

matrix 1
from 1 0 675 138 59 43 3500 ## 4415
from 2 0 0 0 5 3 285 ## 293
from 3 0 0 0 7 5 408 ## 420
from 4 0 0 0 0 0 75 ## 75
from 5 0 0 0 0 0 34 ## 34
from 6 0 0 0 0 0 0 ## 0

## total 0 675 138 71 51 4302 ## 5237
```

註：Q 路段 OD 矩陣表

demand period 1									
matrix count 1									
divisor 1.0000									
matrix 1									
from	1	0	71	51	98	116	3800	##	4136
from	2	0	0	0	2	2	71	##	75
from	3	0	0	0	1	1	32	##	34
from	4	0	0	0	0	0	60	##	60
from	5	0	0	0	0	0	57	##	57
from	6	0	0	0	0	0	0	##	0
## total		0	71	51	101	119	4020	##	4362

註：R 路段 OD 矩陣表

demand period 1										
matrix count 1										
divisor 1.0000										
matrix 1										
from	1	0	43	29	3	33	36	16	100	1046 ## 1306
from	2	0	0	0	1	1	0	0	1	8 ## 11
from	3	0	0	0	1	1	1	1	3	33 ## 40
from	4	0	0	0	0	0	0	0	1	11 ## 12
from	5	0	0	0	0	0	2	1	7	71 ## 81
from	6	0	0	0	0	0	0	0	0	54 ## 54
from	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1441 ## 1441
from	8	0	0	0	0	0	0	0	0	98 ## 98
from	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0 ## 0
## total		0	43	29	5	35	39	18	112	2762 ## 3043

註：U、V 路段 OD 矩陣表

附錄三 路徑旅行時間推估模擬路網 OD 矩陣表

本研究除針對單一路段(含路口)進行旅行時間推估外，並進一步嘗試推估路徑旅行時間(即四個路段加五個路口)，但礙於小型路網蒐集資料較路段為困難，基於成本及人力考量，本研究構建虛擬路網，並自行設定 OD 矩陣表產生車輛，下圖分別為中低流量與高流量路網。

```

[demand period 1
matrix count 1
divisor 1.0000

matrix 1
from 1 0 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 ## 550
from 2 50 0 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 ## 550
from 3 50 50 0 50 50 50 50 50 50 50 50 50 ## 550
from 4 50 50 50 0 50 50 50 50 50 50 50 50 ## 550
from 5 50 50 50 50 0 50 50 50 50 50 50 50 ## 550
from 6 50 50 50 50 50 0 50 50 50 50 50 50 ## 550
from 7 50 50 50 50 50 50 0 50 50 50 50 50 ## 550
from 8 50 50 50 50 50 50 50 0 50 50 50 50 ## 550
from 9 50 50 50 50 50 50 50 50 0 50 50 50 ## 550
from 10 50 50 50 50 50 50 50 50 50 0 50 50 ## 550
from 11 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 0 50 ## 550
from 12 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 0 ## 550

## total 550 550 550 550 550 550 550 550 550 550 550 550 ## 6600

```

註：中低流量路網 OD 矩陣表

```

[demand period 1
matrix count 1
divisor 1.0000

matrix 1
from 1 0 60 60 60 60 60 60 60 400 60 60 60 ## 1000
from 2 60 0 60 60 60 60 60 400 60 60 60 60 ## 1000
from 3 60 60 0 60 60 60 60 400 60 60 60 60 ## 1000
from 4 30 30 30 0 30 30 30 30 30 30 30 400 ## 700
from 5 30 30 30 30 0 30 30 30 30 30 400 30 ## 700
from 6 30 30 30 30 30 0 30 30 30 400 30 30 ## 700
from 7 60 60 400 60 60 60 0 60 60 60 60 60 ## 1000
from 8 60 400 60 60 60 60 60 0 60 60 60 60 ## 1000
from 9 400 60 60 60 60 60 60 60 0 60 60 60 ## 1000
from 10 30 30 30 30 30 400 30 30 30 0 30 30 ## 700
from 11 30 30 30 30 400 30 30 30 30 30 0 30 ## 700
from 12 30 30 30 400 30 30 30 30 30 30 30 0 ## 700

## total 820 820 820 880 880 880 820 820 820 880 880 880 ## 10200

```

註：高流量路網 OD 矩陣表