

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：胡守任 博士

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

Dynamic Estimation of Travel Time and Evaluation of
the Installation Criteria for Traffic Detector on Urban
Arterials

研究生：李鈺雯 撰

中華民國九十四年六月

校系(所)組別：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：九十三學年度第二學期

研究生：李鈺雯

指導教授：胡守任

論文提要內容：

近年來由於都市的高度發展，交通問題日趨嚴重，民眾對於「行」的資訊需求亦是與日俱增。以先進用路人資訊系統（Advanced Traveler Information Systems, ATIS）角度探討都市幹道旅行時間議題為目前重要的研究課題之一。為提供即時交通資訊，各交通主觀機關均積極佈設各項交通偵測器，藉由交通偵測器所回報之各項交通參、變數，進一步應用各種模式轉換為對民眾具有價值之有效資訊。由於「旅行時間」對民眾而言可說是一種最直接的交通資訊，民眾在得知相關路徑的旅行時間後，在出發前可據以評估選擇所使用之交通運具；在途中亦可做為路徑選擇的依歸，故路段旅行時間可說是相當直觀、有效的交通資訊。

目前國內、外有關旅行時間主要的資料來源為交通偵測器，大部分的偵測器皆可收集流量、佔有率、速度等交通變數，但是不同種類的偵測器也會因其不同特性而有所限制，因此在使用上必須通盤考量才能有較佳之資料品質。本研究以非接觸式微波雷達偵測器 SmartSensor 作為資料蒐集之工具，並透過不同方法論推估路段旅行時間。

目前常見的旅行時間演算法主要的理論可分為三個方向：車流理論、統計分析，以及人工智慧方法。各項方法均有其限制條件及不同的輸出、輸入項，故本研究藉由比較巨觀車流理論、卡門濾波模式，以及類神經網路模式等方法論，進一步找出較適合台灣地區使用之路段旅行時間推估模式與演算法。

此外，偵測器之佈設策略對於模式績效的影響甚鉅，故本研究希冀分析最合適的偵測器佈設準則，以獲得準確的旅行時間預測值。本研究藉由實驗設計，以旅行時間推估模式為基準，分別從縱向、橫向與數量等三個角度分析適合台灣地區的偵測器佈設準則，藉此希望能找出適合本土的都市幹道路段旅行時間推估模式及偵測器佈設策略，以期能提供用路人可靠且值得信賴的交通資訊。

根據模式數值分析結果顯示，旅行時間推估模式以類神經網路模式之績效最佳，其 MAPE 值約 10%。而偵測器佈設策略方面，合適的佈設位置短路段以距路段上游約 100 公尺為佳；長路段則以路段中游處為佳，惟該分析結果為特定路型之結論而非通則性之答案。此外，成對偵測器佈設策略可提高模式之準確性，使得模式績效提高，但是幅度不大，是否值得在同一路段上佈設兩組偵測器，鑒於偵測器之成本高昂，在成本效益的考量下，原則上以每一路段佈設一組車輛偵測器為宜。

關鍵字：先進用路人資訊系統、旅行時間、車輛偵測器、巨觀車流理論、卡門濾波理論、類神經網路

Title of Thesis

Total pages:136

Dynamic Estimation of Travel Time and Evaluation of the Installation Criteria for Traffic Detector on Urban Arterials

Key word: Advanced Traveler Information Systems, Travel time, Vehicle detector, Macroscopic traffic flow theory, Kalman filtering model, Artificial neural networks

Name of Institute:

Graduate Institute of Transportation Science, Tamkang University

Graduate date: January 2005

Degree conferred: Master Degree

Name of student: Yu-Wen Lee

李鈺雯

Advisor: Dr. Shou-Ren Hu

胡守任 博士

Abstract:

Due to the rapid development in urban areas, traffic problem becomes serious in recent years. It turns out that travelers need more traffic information both in qualitative and quantitative perspectives. In the area of advanced traveler information systems (ATIS), the estimation of arterial travel time is one of the crucial research topics. In order to conduct effective traffic management, the government agencies have installed vehicle detectors to monitor and collect traffic characteristics (e.g., flow, occupancy, and speed) and estimate link travel time accordingly.

The present research used a microwave type vehicle detector called SmartSensor to collect traffic characteristics and use three kinds of models to estimate link travel time. The research is aiming to evaluate different link travel time estimation methodologies and propose installation criteria for traffic detector on urban arterials.

Because little work has been done in the area of arterial link travel time estimation and corresponding vehicle detector installation strategies, therefore we are targeting to investigate the relationship between detector location and the ability of a system to monitor traffic characteristics.

To evaluate the targeted travel time models and to evaluate the installation criteria for traffic detector, RMSE and MAPE values were calculated. In the issue of travel time estimation, the results were promising in view of most travel time estimates are statistically accepted. The best model is ANN-based models. Its MAPE is 10%. In another issue, the optimal detector location was identified to be about 100 meters from upstream intersection. The study also showed that detector data obtained on one link could only represent accurate link travel time estimate on that link, and it could not be representative to an adjacent link. Finally, link travel time estimate obtained by using pair-wise is slightly better than that of using single vehicle detector, however in view of the

high cost of traffic detector costs, it is suggested to install one traffic detector at most in a single link on urban arterials.



誌 謝

在淡水六個年頭，終於能在今天寫下誌謝。從大學到研究所第一個要感謝的是父母，雖然家裡環境不算太好，研二的時候最疼我的奶奶又生病，離家求學的我，很疲憊也很想回家，但是因為爸媽的期許和支持，我才順利的完成學業。其次，恩師 胡守任博士不論在課業、生活與各方面的提攜和照顧我都一一銘記在心，因為沒有老師在各方面的幫助與教導，我也無法順利在兩年內完成我的論文。

於口試期間，承蒙 魏健宏老師與 褚志鵬老師於百忙之中撥冗指正、細心審閱，使得論文思考的角度更為周全，在此由衷感謝。系上所有老師對我撰寫論文中所提出的寶貴意見與方向提點，我都銘記在心，這兩年來一切的一切我都會轉換成未來的能量，讓我更有面對未來的勇氣。

另外，求學和作論文的日子最不可少的就是同學和朋友啦！論文的完成一定要感謝矮不隆冬・矮逼理豬的耳提面命和鼓勵，在無數個熬夜的晚上，挫折的背後，都因為小豬仔讓我能繼續走下去。而其他好朋友從大學伴我一路走來我是不會忘記你們的，感謝琬婷、小華、阿兄、韻如；大學室友淑華、宜君；中文系與圖書館工讀的肥茲茲小馬、盈方姐、黃美喵、宜芬；同為黃衫客的意羚、小樹等族繁不及備載眾多打擊姊妹；阿耐、嘉均、妹阿…等，當然還有不可忘記的十幾年的好友：改名的劉怡君（你的新名字實在太難寫了）。有了你們才讓我能像今天這樣，頭好壯壯唷！

此外，論文的調查工作多虧所上學弟、妹的大力支持，我才能如期完成資料收集的工作。雖然錢少少、事情多多又很累，但是你們的支援我感激不盡，研一的所有學弟妹和大學部有幫忙調查的學弟妹，你們都是我論文的無名英雄！！格外感謝惟元學弟，雖然你有時很令人擔心，但是調查期間你的幫忙和付出，我都記在心裡，很感謝所有幫過我的人。

行筆至此，我只能說該感謝的人太多，該珍惜的事太多，不論在專業領域與待人接物，我都感謝所有出現在我生命中的人，不論你們是否已經遠離，曾經的所有都是令我能成長為現在這樣頭好壯壯所不可或缺的，感謝大家！！

鈺雯 謹誌

2005 年 7 月 於酷熱滬尾

目 錄

頁次

中文摘要

英文摘要

目錄.....	I
圖目錄.....	IV
表目錄.....	VI

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍.....	3
1.4 研究流程.....	4
1.5 研究內容.....	4

第二章 文獻回顧

2.1 旅行時間推估方法.....	6
2.2 考慮路口影響之旅行時間推估方法.....	16
2.3 交通偵測器佈設議題.....	19
2.4 其他相關文獻.....	21
2.5 小結.....	22

第三章 問題描述與現況探討

3.1 問題描述.....	26
3.1.1 都市幹道旅行時間推估議題.....	26

3.1.2 交通偵測器佈設策略議題.....	28
3.1.3 小結.....	29
3.2 現況探討.....	30
3.2.1 國內旅行資訊提供現況.....	30
3.2.2 國內偵測器佈設現況.....	32
3.2.3 模式應用之交通資料定義與車輛偵測器資料蒐集能力.....	34
第四章 理論模式	
4.1 迴歸分析方法.....	37
4.2 以巨觀車流理論推估旅行時間.....	39
4.3 以類神經網路模式推估旅行時間.....	46
4.4 以卡門濾波模式推估旅行時間.....	51
第五章 實驗設計與資料分析	
5.1 實驗設計.....	59
5.2 資料分析.....	69
第六章 實證分析	
6.1 Oh 模式分析結果.....	88
6.2 類神經網路模式分析結果.....	97
6.4 卡門濾波模式分析結果.....	107
6.4 交通偵測器佈設策略分析.....	109
6.5 小結.....	119
第七章 結論與建議	
7.1 結論.....	121

7.2 建議.....	123
參考文獻.....	124
附錄一 文獻回顧附表.....	125
附錄二 Oh 模式數值分析流程.....	133
附錄三 類神經網路模式數值分析流程.....	135



圖 目 錄

	頁次
圖 1.1 研究流程圖.....	4
圖 2.1 三角型態之流量-密度關係圖.....	9
圖 3.1 交通管理與控制系統流程圖.....	29
圖 3.2 研究問題界定圖.....	30
圖 4.2 大度路求解結果評估比較圖.....	45
圖 4.3 類神經網路架構示意圖.....	49
圖 4.4 系統基本關係圖.....	52
圖 4.5 卡門濾波模式求解流程圖.....	56
圖 5.1 實測調查路段範圍圖.....	60
圖 5.2 堤頂大道調查範圍圖.....	60
圖 5.3 舊宗路調查範圍圖.....	61
圖 5.4a 堤頂大道車牌辨識旅行時間調查位置.....	61
圖 5.4b 舊宗路車牌辨識旅行時間調查位置.....	62
圖 5.5a 堤頂大道停等延滯調查範圍.....	62
圖 5.5b 舊宗路停等延滯調查範圍.....	63
圖 5.6a 堤頂大道轉向調查範圍.....	63
圖 5.6b 舊宗路轉向調查範圍.....	64
圖 5.7a 堤頂大道流量調查範圍示意圖.....	64
圖 5.7b 舊宗路流量調查示意圖.....	65
圖 5.8 偵測器架設方式.....	66
圖 5.9 偵測器架設於路燈柱示意圖.....	66
圖 5.10 實驗流程圖.....	69
圖 6.1 Oh 模式分析流程圖.....	88

圖 6.2 堤頂大道各時階旅行時間值比較圖.....	91
圖 6.3 舊宗路各時階旅行時間值比較圖.....	96
圖 6.4 類神經網路模式分析流程圖.....	98
圖 6.5 堤頂大道模式 A 輸出結果評估圖.....	100
圖 6.6 堤頂大道模式 B 輸出結果評估圖.....	102
圖 6.7 舊宗路模式 A 輸出結果評估圖.....	104
圖 6.8 舊宗路模式 B 輸出結果評估圖.....	106
圖 6.9 兩實測路段類神經網路模式績效評估圖.....	107
圖 6.10 堤頂大道卡門濾波模式績效分析.....	108
圖 6.11 舊宗路那門濾波模式績效分析.....	108
圖 6.12 縱向偵測器佈設策略分析圖（堤頂大道）.....	112
圖 6.13 縱向偵測器佈設策略分析圖（舊宗路）.....	114
圖 6.14 橫向偵測器佈設策略分析圖（堤頂大道）.....	115
圖 6.15 橫向偵測器佈設策略分析圖（舊宗路）.....	116
圖 6.16 成對偵測器佈設策略分析圖（堤頂大道）.....	119
圖 6.17 成對偵測器佈設策略分析圖（舊宗路）.....	119

表 目 錄

	頁次
表 2.1-1 旅行時間之分類與內容表.....	7
表 2.1-2 交通分析需求之旅行時間分類表.....	7
表 2.1-3 國內以類神經模式為主之旅行時間研究表.....	11
表 2.1-4 以統計方法為基礎旅行時間推估模式之比較表.....	13
表 2.2-1 Sisiopiku 與 Roupail 所回顧之模式評比表 (1)	17
表 2.2-2 Sisiopiku 與 Roupail 所回顧之模式評比表 (2)	17
表 2.3-1 美國 FHWA 設置車輛偵測器間距之建議.....	21
表 2.5-1 旅行時間推估模式之定性評比表.....	23
表 3.1-1 市區道路與公路系統差異表.....	27
表 3.2-1 國內交通資訊網站彙整比較表.....	31
表 3.2-2 國內交通資訊網站彙整比較表.....	32
表 3.2-3 城際省道車輛偵測器佈設現況表.....	33
表 3.2-4 台北市車輛偵測器佈設數量與種類現況表.....	33
表 3.4-5 各偵測器安裝方式、可量測資料及偵測能力比較表.....	36
表 4.2-1 大度路之 OH 模式評估結果.....	43
表 4.2-2 OH+Webster 模式估計結果.....	45
表 5.1-1 模式推估能力評估準則.....	67
表 5.1-2 相關研究績效結果.....	68
表 5.2-1 堤頂大道之流量 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	70
表 5.2-2 堤頂大道之流量 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	70
表 5.2-3 堤頂大道之速度 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	71
表 5.2-4 堤頂大道之速度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	71
表 5.2-5 堤頂大道之佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	72

表 5.2-6 堤頂大道之佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	72
表 5.2-7 堤頂大道之密度 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	73
表 5.2-8 堤頂大道之密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	73
表 5.2-9 舊宗路之流量 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	74
表 5.2-10 舊宗路之流量 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	74
表 5.2-11 舊宗路之速度 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	75
表 5.2-12 舊宗路之速度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	75
表 5.2-13 舊宗路之佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	76
表 5.2-14 舊宗路之佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	76
表 5.2-15 舊宗路之密度 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	77
表 5.2-16 舊宗路之密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	77
表 5.2-17 堤頂大道之流量、速度 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	80
表 5.2-18 堤頂大道之流量、速度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	80
表 5.2-19 堤頂大道之流量、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	81
表 5.2-20 堤頂大道之流量、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	81
表 5.2-21 堤頂大道之流量、密度 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	81
表 5.2-22 堤頂大道之流量、密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	81
表 5.2-23 堤頂大道之速度、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	82
表 5.2-24 堤頂大道之速度、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	82
表 5.2-25 堤頂大道之速度、密度 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	82
表 5.2-26 堤頂大道之速度、密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	83
表 5.2-27 堤頂大道之流量、速度、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	83
表 5.2-28 堤頂大道之流量、速度、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表	83
表 5.2-29 舊宗路之流量、速度 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	84
表 5.2-30 舊宗路之流量、速度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	84

表 5.2-31 舊宗路之流量、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	84
表 5.2-32 舊宗路之流量、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	84
表 5.2-33 舊宗路之流量、密度 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	85
表 5.2-34 舊宗路之流量、密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	85
表 5.2-35 舊宗路之速度、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	85
表 5.2-36 舊宗路之速度、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	86
表 5.2-37 舊宗路之速度、密度 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	86
表 5.2-38 舊宗路之速度、密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表.....	86
表 5.2-39 舊宗路之流量、速度、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表.....	87
表 5.2-40 舊宗路之流量、速度、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表..	87
表 6.1-1 堤頂大道旅行時間估計值基本資料分析.....	89
表 6.1-2 堤頂大道各時階旅行時間相關比較表.....	89
表 6.1-3 堤頂大道 OH 模式績效.....	92
表 6.1-4 舊宗路旅行時間估計值基本資料分析.....	92
表 6.1-5 舊宗路各時階旅行時間相關資料比較表（4 月 14 日）.....	93
表 6.1-6 舊宗路各時階旅行時間相關資料比較表（4 月 15 日）.....	94
表 6.1-7 舊宗路 OH 模式績效.....	97
表 6.2-1 堤頂大道模式 A 輸出結果評估表.....	99
表 6.2-2 堤頂大道模式 B 輸出結果評估表.....	101
表 6.2-3 舊宗路模式 A 輸出結果評估表.....	103
表 6.2-4 舊宗路模式 B 輸出結果評估表.....	105
表 6.2-5 類神經網路模式績效比較表.....	107
表 6.3-1 卡門濾波模式績效評估表.....	109
表 6.4-1 堤頂大道偵測器縱向佈設評估比較表.....	111
表 6.4-2 舊宗路偵測器縱向佈設評估比較表.....	113
表 6.4-3 橫向分析偵測器佈設策略評比表.....	115

表 6.4-4 成對佈設策略評估表.....	118
表 6.5-1 佈設分析績效評比表.....	120
表 6.5-2 實測地點特性與模式績效評估比較表.....	120



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

近年來運輸科技不斷進步，尤其在智慧型運輸系統（Intelligent Transportation Systems，ITS）領域的發展更是歐美日等先進國家運輸發展重點之一。運輸系統可分為人、車、路三個次系統，根據交通部運輸研究所的定義：「智慧型運輸系統係藉由先進之電腦、資訊、電子、通訊與感測等科技的應用，透過所提供即時資訊的溝通與連結，以改善人、車、路等運輸次系統間的互動關係，進而增進運輸系統之安全、效率與舒適，同時減少交通環境衝擊之有效整合型運輸系統。」而先進用路人資訊系統(Advanced Traveler Information Systems, ATIS)為智慧型運輸系統下的一個次系統，主要功能在於利用先進資訊、通訊及其他相關技術，提供旅行者各項必要之交通資訊，供使用者在進行路線或運具選擇等決策行為時的參考依據【1】。

台灣地區地狹人稠，各大都會區均呈高度發展，都市交通問題日趨嚴重，民眾對於「行」的資訊需求亦是與日俱增。其中，先進用路人資訊系統藉由各項資訊、通訊技術的結合，提供民眾許多即時、方便的資訊。各項資訊中，「旅行時間」是使用者在做決策時相當重要的資訊之一，由於旅行時間資訊對使用者而言最為直觀，也最為使用者所偏好。一方面用路人可根據該資訊進行路線選擇的變化，或是運具決策的改變；另一方面所推估的旅行時間資訊亦可提供交通管理單位擬定相關管理決策之參考，例如：作為路段擁擠程度的評估指標或針對整個交通系統的管理加以應用。

近年來，政府機關開始注重智慧型運輸系統的各項應用，各交通主管機關均積極佈設各項交通偵測器，交通管理單位藉由交通偵測器所回報之各項交通參、變數資料，透過各種模式轉換為對民眾具有價值之交通資訊。但是，各項資料／訊來源眾多，特別是市區幹道的部分，由於影響市區道路旅行時間的因子相當

多，包括：車流情況複雜，汽、機車車流混和影響路段行駛速度與偵測器偵測的偵測結果；此外，車輛到達路口具高度隨機性，在號誌化路口的延滯情形亦是影響路段旅行時間的重要變因，其他如行人穿越、路邊停車或事件（故）等等因素。在眾多因素的影響下，資料來源的準確度與可靠度亦有待商榷，如何獲取合宜的資料並透過有效的演算法及相關模式來使資料轉換成有益於用路人的資訊，則是目前相當重要的研究課題之一。

國內、外有關旅行時間推估的相關研究眾多，大多以探討高、快速公路為主，以市區道路為研究對象者相當少見。在使用模式的部分，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，但是亦未有針對號誌化道路的情形作探討，因此，本研究希冀立基於過去的相關研究結果，進一步發展出適合國內號誌化道路之旅行時間推估方法。現行之交通資料取得方法以交通偵測器為主要應用方式，因此旅行時間推估模式與交通偵測設施佈設策略兩者必然有密切之關係，故本研究第二個研究主軸著重於探討在特定模式的應用下，交通偵測設施佈設策略對於模式績效之影響，以提供交通主管機關在佈設車輛偵測器時之參考依據。

1.2 研究目的

由於路況資訊取得不易，因此如何挑選合適的偵測器佈設位置，使得演算法能根據有效的資料來源，進而計算出準確的旅行時間資訊，為目前重要的研究課題之一。本研究主要的目的在於評估適合國內號誌化道路之旅行時間推估模式與交通偵測設施佈設策略，希望藉由實驗設計與解析性模型之探討，找出適合台灣地區的偵測器佈設位置之策略，並驗證旅行時間演算法或推估模式在台灣地區的適用程度，使得交通管理單位能應用在交通管理與控制層面，進一步根據模式結果擬定交通偵測設施之佈設策略；另一方面可提供用路者有效的旅行時間資訊，使其能明確掌握所經道路的旅行時間推估資訊，以提昇行車效率並節省行駛時

間，進而使整個公路運輸系統發揮最大的效益。因此本研究之目的條列如后：

- 一、評估都市幹道旅行時間推估模式，提供號誌化都市幹道旅行時間推估之用。
- 二、以實測資料分析交通偵測設施佈設策略，研提縱向、橫向及不同數量之偵測設施佈設策略。
- 三、提供 ATIS 有關都市幹道旅行時間與道路擁擠指標研訂之參考依據。

1.3 研究範疇

本研究以市區幹道作為研究對象進行旅行時間之推估，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圍重要市鄉鎮間連絡之道路，並兼供穿越城市交通使用；或連絡都市內各分區間之幹線道路。」【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，並進一步探討至少包含一個以上路口之路徑旅行時間分佈情形。

本研究主要研究範圍除推估市區幹道旅行時間外，亦以用路人資訊需求為出發點，而非探討交通控制需求下之交通偵測設施佈設策略。根據台北市交通控制中心資料顯示，以號誌控制需求為目的時，在實務單位之應用中，交通偵測設施佈設位置並不是主要的考量因素，僅需根據交通偵測器能提供具有一定程度準確性的交通資料即可。換句話說：交通偵測設施的佈設位置不影響以交通控制或號誌控制為目的之需求。故本研究探討交通偵測設施是以用路人資訊系統之需求為出發點進行相關研究，佈設策略之研提則是指針對用路人資訊系統所需之都市幹道旅行時間所需之偵測設施佈設的最佳位置及佈設密度。

在時間尺度的定義上，基於真實車流行為乃是隨機且依時變化的現象，故本研究藉由依時性提供之偵測器資料進行離線之評估，將所蒐集之交通變數資料以固定時間間隔方式更新，配合推估模式進行旅行時間的動態推估。

1.4 研究流程

本研究流程如圖 1.1 所示：

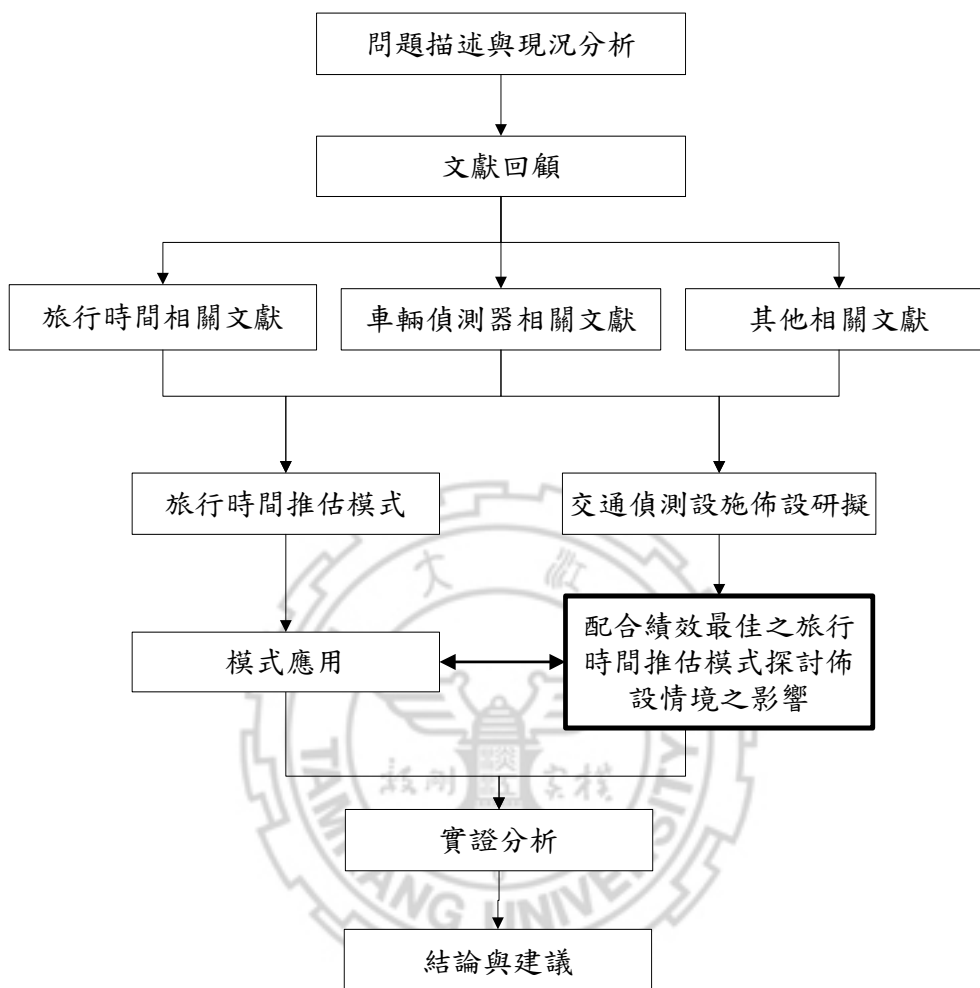


圖 1.1 研究流程

1.5 研究內容

1. 問題界定

說明研究背景與動機、研究範圍與內容，並且根據現況分析與問題描述來確立研究方法。由於國內未曾有以用路人資訊為需求、針對號誌化道路為研究對象，進行動態旅行時間推估及交通偵測設施佈設策略之探討。因此，本研究將應用旅行時間推估相關模式，並且考慮交通偵測設施佈設策略對於旅行時間推估之影響。

2. 文獻回顧

主要為相關之文獻回顧與檢討。針對旅行時間推估、交通偵測器佈設策略及其他相關課題進行回顧，回顧重點包括：探討旅行時間推估模式的方法論，偵測器議題，如：佈設位置及佈設數量等議題；並針對發展模式與研究所需之相關議題進行回顧，如：路口延滯模式、模擬軟體使用等。透過文獻回顧一方面瞭解國內、外相關研究之發展情形，另一方面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交通偵測設施佈設問題，以實際車流情形與真實路況資料進行實證分析，一方面藉由不同旅行時間推估模式間之比較，得到適合台灣地區都市幹道之旅行時間推估模式；另一方面則可瞭解交通偵測設施佈設策略可能之情境與方案，並透過實證分析得到可行之結論。

4. 實證分析

透過實際之交通調查，利用交通偵測器與調查人員進行實驗，收集相關交通參、變數資料進行實證分析，本研究先以交通部委託案「智慧型交通資訊蒐集、處理、傳播與旅行者行為系列之研究—號誌化道路路況資訊偵測方法與格式訂定」第二年期計畫【3】所調查的台北市大度路之真實交通調查資料，初步探討應用特定模式之可行性，爾後進一步選定台北市內湖區堤頂大道與舊宗路兩處進行交通調查並收集模式所需之各項資料。根據不同路段測試實驗結果，以評估不同模式的績效表現，以及車輛偵測器合適的佈設位置與數量等議題。

5. 結論與建議

最後根據實證分析結果研提績效最佳之旅行時間推估模式，並確立交通偵測設施佈設策略，以提出具體之結論與建議。

第二章 文獻回顧

由於各項先進科技的發展及智慧型運輸系統的逐漸成熟，世界各先進國家均致力於以智慧型偵測設施之發展，藉以得到具一定價值之交通資訊從事相關研究，其中以旅行時間推估議題最為常見。在旅行時間推估方面，除了改良硬體設施以得到更好的資料作為推估方法的輸入項之外，如何應用各種方法論，以促進旅行時間預測工具之軟體面發展，亦為目前主要的研究議題之一。

本研究乃希望針對都市幹道系統有關旅行時間推估方法與交通偵測設施的佈設策略兩大主軸加以探討，首先進行旅行時間推估方法論的文獻回顧，以瞭解目前此方面的研究方向以及相關研究成果。其次，關於偵測器佈設策略議題，本研究針對過去相關文獻回顧成果，簡要說明偵測器佈設議題之相關結論，作為後續實驗設計方面之參考依據。

2.1 旅行時間推估方法

2.1.1 旅行時間之定義

一般所謂交通運輸的「旅行時間」(Travel Time)，泛指運輸路網中行駛於固定兩點間某路徑所需的時間。旅行時間依時間向度不同，原則上可以分為以下三個類型【4】：(1)現況旅行時間(Current Travel Time)、(2)實際旅行時間(Real Travel Time)，以及(3)預測旅行時間(Predicted Travel Time)。各類旅行時間所對應的內容詳見表 2.1-1 說明。

表 2.1-1 旅行時間之分類與內容表

類 型	內 容
現況旅行時間 (Current Travel Time)	以各車輛偵測器之偵測區間長度除以偵測器偵測所得之現點速率，於同一時段內加總而得之旅行時間。
實際旅行時間 (Real Travel Time)	利用浮車 (Floating Car) 等調查技術所求得之旅行時間。
預測旅行時間 (Predicted Travel Time)	例如：利用車流模擬模式 (Simulation Model) 推估短期內的旅行時間。

資料來源：【4】

根據交通狀態分析之應用需求，可將旅行時間分類為：(1) 歷史旅行時間 (Historical Travel Time)、(2) 瞬時旅行時間 (Instantaneous Travel Time)、(3) 真實旅行時間 (Actual Travel Time)，以及 (4) 預測旅行時間 (Predicted Travel Time)，本研究將針對瞬時旅行時間進行推估與探討，其對應之內容詳見表 2.1-2 說明。

表 2.1-2 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：本研究整理

2.1.2 以車流理論為基礎之旅行時間推估方法

一般來說動態旅行時間受到時間、空間環境的變化而不停的改變，其中包含

道路幾何型態、號誌時制計畫、尖離峰流量的變化、路側活動與行人干擾，甚至駕駛人特性等因素都會影響旅行時間的推估結果。傳統上，巨觀車流理論應用於旅行時間推估議題不外是利用流量-密度-速度（ $Q-K-U$ ）的關係式。過去在旅行時間推估議題的探討上，由於高快速公路環境相對於市區道路較為單純，干擾因素較少，故過去相關研究主要以高快速道路為對象，以市區道路為對象者較少見。

其中 Oh 等人【5】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。Oh 模式應用國外車流相關資料，不論以車流模擬軟體輸出資料或真實調查資料作為輸入項，均有相當良好的結果。此外，在國內相關研究方面，「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【3】與第二年期【6】均運用 Oh 模式作為理論模式，實證分析結果顯示該模式在國內特定的交通環境與都市幹道亦適用。

Paterson 與 Rose【7】等人之研究將各個路段視為個別的細胞（Cell），每個細胞內之路段速度視為均值，總路徑旅行時間則為所有路段旅行時間的總計，其路段旅行時間推估模式僅使用車輛速度和路段長度來推估旅行時間，文獻中有關延滯公式之處理係採用疏解率的概念，特定路段延滯的疏解處理時間等於車輛數除以該特定路段的最大流出率。實驗路段為澳洲 Melbourne 之高速公路，約每隔 500 公尺的間隔設置雙迴圈之迴圈偵測器，可提供速度、流量和佔有率等資料，其研究結果顯示以遞迴細胞程序模式（Recursive Cell Processing Model）修正後之平均絕對百分誤差（MAPE）約 8% 最低。由於該文獻需切割路段為個別的細胞，再進行路徑之旅行時間之累加，因此其結果會產生時間遞延（Time Lag）的問題。

Coifman 等人之系列研究【8、9、10】，以採用單一雙迴圈偵測器為資料來源最具代表性者，該研究假設在簡化（近似）之流量-密度關係下，可直接以單一雙迴路線圈（可位於上游或下游）偵測器資訊推估（轉換為）路段旅行時間資訊。但該假設條件也必須先具有路段之歷史條件（即流量-密度關係），且其間關係必須接近三角形之型態，如圖 2.1 所示。該研究同時深入探討所挑選的路段速度，利用平均速度做為代表，檢視是否有改進的空間，其中以路段速度之中位數值來進行轉換旅行時間資訊，並進行統計上的驗證，研究結果發現路段速度的中位數在整體表現上較佳。

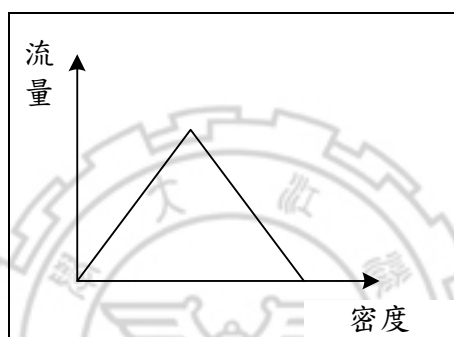


圖 2.1 三角型態之流量-密度關係圖

資料來源：【10】

2.1.3 以類神經網路模式為基礎之旅行時間推估方法

類神經網路乃是利用人工神經元模仿生物神經元的運作，以高度學習能力及容錯修正能力來應用於判斷和預測的工作，交通運輸領域常見於運量預測與旅行時間議題之分析上，Dharia 與 Adeli【11】提出反傳遞網路模式(Counter Propagation Neural Network, CPN)和倒傳遞網路模式(Back Propagation Neural Network, BPN)，進行高速公路路段旅行時間之預測與比較。反傳遞類神經網路模式(CPN)是一種兩階段式的處理過程，其原理是組合無監督式學習的「自組織映射圖」(SOM)網路與監督式學習的感知機網路。在輸入至隱藏層的部分屬於非監督學習模式，即 Kohonen 學習規則；而隱藏層至輸出的部分屬於監督式學習，又稱 Grossberg 學習。CPN 模式最常被應用在樣本的型態配適(Pattern Mapping)上，傳統上因為 BPN 模式較為簡化，所以一直是應用的主流，該研究提出 CPN

模式，測試其在訓練及最後預測結果產出的過程，同時與 BPN 模式進行績效比較。研究結果顯示，在訓練過程的產出中，以及訓練所花費時間之比較，CPN 模式皆有較好的效率表現，至於在預測結果產出方面，亦是以 CPN 模式預測之旅行時間的變異情形較小。

Dia 【12】利用類神經網路模式進行短期旅行時間之預測工作，其利用感應式偵測器蒐集 Pacific 高速公路之交通資料，分析範圍為 1.5 公里長之路段，約每隔 500 公尺佈設偵測器，並以流量和速度為模式輸入項，旅行時間為模式輸出項，建立輸入項與輸出項間之對映關係（Mapping）後，可預測未來 20 秒至 15 分鐘之旅行時間，其研究結果顯示預測準確率約 90%。該文獻僅採用流量和速度與歷史資料間之對映關係來構建模式，使得模式應用較為簡單清楚，但是其未考慮其他輸入項是否會有不同的模式架構與績效，應是有進一步探討的空間。

魏健宏等人【13】運用類神經網路模式發展旅行時間預測模式，其利用多個輸入項，如路況、GPS 資料，以及車輛偵測器資料等，透過類神經網路之訓練，得到路段旅行時間。該研究主要以真實車流資料對模式之輸出結果進行驗證，並考慮不同群組之路段長度與特性對旅行時間之影響，該研究分別從使用者觀點與管理者觀點採用不同評估指標驗證與分析結果。其實驗結果顯示，各模式之平均每車誤差絕對值約在 4.5%~8.5% 之間。該研究以國內高速公路為實驗範圍，可初步確認類神經網路於國內高速公路在旅行時間預測上有相當之可行性。

國內有關旅行時間議題之相關研究，過去大多以類神經網路模式為主要研究方法，而以模擬模式或探針車資料為輸入項，本研究整理過去國內相關研究如表 2.1-3 所示。

表 2.1-3 國內以類神經模式為主之旅行時間研究表

作者	目的	資料來源	模式種類	績效
林士傑 【14】	類似資料融合方式，以多輸入項含路段資料、客運 GPS 與其他資料方式，以類神經網路推估高速公路旅行時間	歷史資料、國道客運、偵測器資料及事件資料。等等	倒傳遞演算法	不同群組路段與模式類型之 MAPE 值約 5% 至 30% 間。
張修榕 【15】	推估不同車流型態下之高速公路旅行時間。	以模擬軟體產生資料。	倒傳遞演算法	均方根誤差結果大多在 10% 以內。
李穎 【16】	延續林士傑生之研究，以擬真路網方式所得之建立旅行時間預測模式。	歷史資料、國道客運、偵測器資料及事件資料。等等	倒傳遞演算法	當資料輸入不完全時，其融合模式預測誤差約 11.3% 至 25.4% 之間。
李季森 【17】	探討高速公路駕駛人變化車道行為下構建旅行時間推估模式。	以模擬軟體產生路網與探針車資料。	倒傳遞演算法	均方根誤差皆在 20% 以下。
溫志元 【18】	考慮適用於高速公路匝道匯流路段之旅行時間推估模式。	以模擬軟體中偵測器模組資料。	倒傳遞演算法	匝道與主線之不同流量組合下，MAPE 值不一，但一般均在 20% 以下。

2.1.4 以統計理論為基礎之旅行時間推估方法

統計理論分析方法可說一種實證性（Positive）的研究分析方法，也就是說其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，其應用模式包括結合歷史資料庫之推估模式、時間序列模式及迴歸分析等最為常見【40】。

1. 採用歷史資料者

Abe 等人【19】利用資訊看板提供快速道路旅行時間資訊，探討具競爭性的兩條路徑是否會影響駕駛人的路徑選擇行為，該研究有關旅行時間的預測模式主要利用車輛偵測器蒐集所得的實際車輛速度，而車輛偵測器每隔 500 公尺安裝一組，同時利用 AVI 的車牌辨識系統作為計算旅行時間的參考依據之一，但 AVI 在遇到擁擠車流導致延滯產生時，會有部分時間的損失及誤差。預測旅行時間的單位以每 5 分鐘為一時階計算平均旅行時間，並發佈每 30 分鐘的旅行時間預測值。研究結果顯示，提供旅行時間資訊可以有效的節省時間，創造經濟價值，尤其當路段因事故產生壅塞時，提供旅行時間資訊可以顯著的影響駕駛人並節省大量的旅行時間。

Matsumura 等人【20】則提出利用動態路徑導引系統提供資訊，使駕駛人可以選擇最佳路徑，該研究有關旅行時間預測模式是利用歷史資料庫的統計旅行時間值和偵測值的差距來推估下個時階的旅行時間。該研究同時將一個路徑(Path)分成多個路段(Links)，並以 5 分鐘為時間間隔加以推估。在模式評估方面，該研究以均方根誤差(Root-Mean-Square Error, RMSE)作為評估的指標，研究結果顯示 RMSE 約十四分鐘。

2. 時間序列模式

Arem 等人【21】則在 GERDIEN 計畫中提出路網監測與預測系統(NSMP)，NSMP 是一個線上系統(On-line System)，利用感應式迴圈偵測器蒐集和提供每分鐘、每車道連續的交通狀態資料，包括：速率、流量、佔有率等資料，這些資料可用來估計路段交通狀態，以推測路網是否壅塞和推估旅行時間。該模式可推估 3 至 5 公里長之高速公路的路段旅行時間，根據偵測器之資料來架構線性 ARMA 模式。該模式包括兩部分：第一部分為估計路段是否為壅塞狀態，其理論基礎為總流出流量等於過去之總流出流量、流進流量、誤差之加總。模式中並有速度之門檻值和樣本數的門檻值之設定，推估的資料包含一般壅塞和其他因素

所產生之壅塞狀態。操作程序為兩階段的做法，當第一階段之輸出為非壅塞狀態時，則直接估計路段旅行時間；若否，則必須加入超出路段容量之車輛疏解率，所應用的理論基礎為流量守恆定律。

應用於旅行時間推估議題上常見的統計方法眾多，各種方法的特性與優、缺點比較整理於表 2.1-4 所示。

表 2.1-4 以統計方法為基礎旅行時間推估模式之比較表

模式	內容	優點	缺點
結合歷史資料推估	利用歷史資料庫的內容，結合其他方法推估或預測旅行時間。	1.執行容易。 2.執行效率較快。 3.運算時間較短。	無法反應偶發事件（如：事故）之影響。
時間序列模式	利用依時性資料的變化趨勢來求得該變數未來的變化。	1.模式構建容易 2.描述依時資料之因果關係。	遺失資料(missing data)對於模式影響甚大，當資料不夠完整時，模式準確性降低。
迴歸分析	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。	1.理論完整，操作容易 2.可解決具顯著因果關係之問題。	迴歸模式係數的有效區間需加以注意，其可用的預測範圍不一定足夠。
無母數迴歸模式	藉由鄰近點(neighbors)的搜尋與歷史資料庫來預測未來的變化。	1.對於變數關係不需有前提假設。 2.針對模式應用型態分類，提高模式處理效率。	尋找鄰近點(neighbors)過程較為複雜。

資料來源：本研究整理

2.1.5 以卡門濾波模式為基礎之旅行時間推估方法

Dailey【22】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。

Chen 與 Chien【23】以紐澤西洲長途流量為主之 I-80 公路為研究區域，採用卡門濾波（Kalman Filtering）演算法進行旅行時間之預測，選取 I-80 公路中含有 5 個匝道之路段，分為 9 個節點（node）與 8 個節線（link），利用 CORSIM 車流模擬軟體建立出與現實交通車流狀態相似之車流資料，並且抽樣 1% 的模擬資料建立預測模式，時段為晨峰 2 小時，每 5 分鐘進行預測。其模式分為 Path-based：起點至終點的旅行時間；以及 Link-based：各節點之間的旅行時間算數和。模式結果預測績效良好，Path-based 模式又優於 Link-based 模式。但其模式並非採用真實交通環境之資料，亦無考慮事件對於旅行時間之影響，故仍有改善空間。

2.1.6 討論多重方法論之文獻

Lee 與 Choi【24】分別利用時間序列分析之 ARIMA 模式、類神經網路模式、卡門濾波模式，進行短時間內的路段旅行時間（速率）之預測，同時比較不同模式的績效表現。比較準則包括：平均絕對相對誤差（Mean Absolute Relative Error, MARE）、平均誤差平方和（Mean Square Error, MSE）、EC（Equality Coefficient）等三項評估準則。研究結果顯示，ARIMA 模式比較適合使用在車流變動不大的情況下，也就是比較適合在交通狀態為重現性的歷史資料；但是該模式無法靈敏反應不穩定的速率或旅行時間之變化。該研究使用 MATLAB 軟體構建類神經網路模式，輸入層為一單位；兩個隱藏層各六單位；輸出層為路段旅行速度。實證分析之資料來源主要為 1998 年 5 月 17 日上午十時到十二時於 Olympic Expressway 所蒐集的路況資料，蒐集方式包括 17 個影像偵測器、廣播報導、閉錄電視上蒐集相關的交通資料（訊），其中偵測器每 30 秒回傳一次資料，資料處理時間則為一分鐘。根據相關數值分析結果，最後綜合評估結果以卡門濾波模式

表現較佳。

Huiskens 與 Berkum【25】提出靜態旅行時間推估模式（STTE 模式）、動態旅行時間推估模式（DTTE 模式），將此兩種模式與類神經網路模式在相同的環境下進行此三種方法的績效表現評比，並以車牌辨識法所觀測的實際旅行時間值來作為績效比較的標準。而路段的速度是以加權平均來處理，上、下游各佔一半的權重，平均後即是該路段的旅行速度。STTE 模式中對路徑旅行時間的推估，係將各路段直接加總，因為各路段之旅行時間均是用同一時間基準點，故此方式較不合理。DTTE 模式則是改進上述的缺點，累加的每個路段是以計算到每個路段的起始時間來計。在績效評估方面，該研究以 MRE、MARE、MTE、MATE 及 Correlation Coefficient 等指標進行相關評估，研究結果顯示以類神經網路模式表現最好。

Kim 等人【26】探討模糊理論、類神經網路模式與巨觀車流關係式三者的旅行時間推估模式評比，其採用三個不同位置的感應式迴圈偵測器佈設方案，分別於路段上游、中游及下游佈設偵測器蒐集資料以輸入不同模式，真實旅行時間則採用車牌辨識法取得，樣本時階長度為 15 分鐘，並以平均誤差平方和指標來作為評估準則，研究結果顯示以類神經網路模式表現最佳，誤差為 8.7%。

Palacharla 與 Nelson【27】延伸 Sisiopiku 等人之想法，進一步以模糊理論與類神經網路模式兩種方法來探討流量、佔有率與旅行時間之關係式，其研究結果顯示，旅行時間的確與佔有率有一定之關係存在，此關係式不一定是線性的。如果是預測旅行時間為目的，必須先確保有良好的偵測器資料作為模式輸入值。

許雅惠【28】利用車流理論中流量-密度-速度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%。

2.1.7 小結

根據上述文獻探討，本研究發現目前旅行時間議題，世界各國之相關研究眾多，所採用的方法論亦不盡相同，但目標都是追求最精簡的輸入項、最簡單的操作方法與績效最佳之模式。

2.2 考慮路口影響之旅行時間推估方法

由文獻回顧中可發現，過去的研究大多著重於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。本研究之研究對象為都市幹道系統，而都市幹道與高快速公路主要之不同在於街廓長度較短，路口號誌控制影響，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。

Sisiopiku 與 Roupail【29】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，其評比之模式如表 2.2-1 與表 2.2-2 所示。該研究主要有以下幾點結論：

1. 就當時回顧的推估模式，如果是以固定式偵測器的資料作為模式輸入項，因為市區道路中車流行為的複雜性，將會使得模式在應用上受到較多的限制。
2. 現有的模式適用性不佳，皆是於特定路段上的應用，並沒有可廣泛通用的模式，即不具地區轉換性。
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旅行推估的原因。
4. 旅行時間推估模式的績效受到輸入項的影響甚巨，以現場調查資料作為模式輸入項時，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，可著重於發展動態的推估或預測能力，在時間、空間中均能簡易使用的共通性模式架構。

表 2.2-1 Sisiopiku 與 Roupail 所回顧之模式評比表 (1)

模式	應變數	主要自變數	統計層級	資料來源
Gipps(1977)	旅行時間	佔有率	單車道路段	模擬軟體
Gault et. al ^a (1981)	旅行時間	流量	車道	模擬軟體
Gault ^b (1981)	旅行時間	佔有率	車道	模擬軟體
Abours(1981)	旅行時間	佔有率	路段	浮車調查法
Luk et al(1986)	延滯	流量	路段	模擬軟體
Usami(1986)	旅行時間	流量	路段	模擬軟體、 車牌辨識法
Young(1988)	延滯	佔有率	路段	車牌辨識法
Luk(1989)	旅行時間	流量	單車道路段	輪跡比對法
Takaba et. al ^c (1991)	旅行時間	流量／速度	路段及路徑	車牌辨識法
Takaba et. al ^d (1991)	旅行時間	流量／速度	路段及路徑	車輛偵測器
註：a=到達型態模式；b=佔有率模式；c=Sandglass model；d=延滯模式				

資料來源：【29】

表 2.2-2 Sisiopiku 與 Roupail 所回顧之模式評比表 (2)

作者	模式型態	變動因素	自變數
Gipps (1977)	線性迴歸 (二次形式)	週期長度、位移、 量	佔有率等級、重啟時間、 紅燈時間
Gault et. al ^a (1981)	多元線性迴歸	週期長度、位置誤 差、流量	重啟時間、紅燈時間
Gault ^b (1981)	多元線性迴歸	週期長度、位移、流 量、速度、路段長度	佔有率
Luk et al (1986)	投入產出分析 車隊擴散原理	位移	流量變化曲線、號誌控 制、延滯抒解時間、擴散 參數
Usami(1986)	旅行時間	無資料	等候長度、流量
Luk ^c (1989)	投入產出分析	無資料	流量
Takaba et. al ^d (1991)	解析性模式 (Sandglass Model)	無資料	等候長度、流出率
Takaba et. al ^e (1991)	解析性模式 (延滯模式)	無資料	等候長度、流出率、 行駛速率、Desired Speed
註：a=到達型態模式；b=佔有率模式；c=投入產出模式； d=Sandglass model；e=延滯模式			

資料來源：【29】

Sisiopiku 等人【30】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。研究結果顯示：

1. 當低流量時，旅行時間與流量、佔有率是彼此獨立的。
2. 通常旅行時間會和佔有率有線性相依之關係存在。
3. 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。
4. 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。

此外，根據 May 【31】之定義，號誌化交叉路口總延滯為當車輛在路口受干擾與不受干擾下的旅行時間差，包括停等延滯(stopped delay)和加減速所產生的損失時間(time lost)。而 McShane 等人【32】則將延滯分為四種，分別為：

1. 停等延滯：當路口號誌為紅燈，一車輛所必須停止的總時間，即車輛輪胎鎖定不動的延時。
2. 臨近路段延滯或路口延滯(approach delay)：包括停等延滯和加減速所產生的損失時間。
3. 旅行時間延滯(travel time delay)：駕駛者行經一路口所期望(desired)總時間與實際需要時間的差距。
4. 等候延滯(time-in-queue delay)：一車輛加入路口等候車隊到離開停止線的總時間，其只能以追蹤方式求得。

Lin 等人【33】則考慮車輛到達路口時遭遇延滯之機率值，結合現有之延滯公式，計算可能之延滯時間之觀點來進行市區道路旅行時間預測之研究，Lin 等人認為，預測市區幹道旅行時間之關鍵在於路口延滯，其主要影響因子分為下列三點：1. 流量等級；2. 車流組成；3. 號誌連鎖等級。該研究所導出之模式可預測延滯時間，實證分析方面，該研究以模擬資料進行驗證，發現不論模擬實驗環境之假設條件為何，其模式預測之延滯值均低於模擬所得之延滯時間，歸納其因為

Lin 之觀念是藉由機率方式修正一般延滯公式所得之名目延滯時間，當車流行為正常時，可能會有完全沒有延滯之情形產生，而一般延滯公式無法反應此種情形，故其模式預測之延滯值大多為低估之結果。

2.3 交通偵測設施佈設議題之相關文獻

Thomas【34】為了探討監測市區路網的路段旅行特性（旅行時間、路段速率、事件延滯等），對於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。實驗採擬真路網，位於美國亞利桑納州的 Tempe and Mesa，實驗路段長度為 4.8 公里（3 英哩），平均每日交通量（ADT）超過 42,000 輛，速限為 40 至 45 英哩/小時（64 至 72 公里/小時），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。實驗中的控制變因是流量和偵測器位置，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，然而透過上述方式所獲得的偵測器佈設位置並非代表唯一解，作者認為無法求得可以滿足所有案例情況的通則解，該研究並提出以下列結論：

1. 當交通需求為很低的狀態時，旅行時間與流量和佔有率呈現獨立關係。
2. 當佔有率增加到某種程度時，旅行時間和佔有率的關係會顯著的增加。
3. 模擬和實際調查的資料都指出，流量和佔有率彼此間具有很強的關係。

因 Thomas and Upchurch 僅利用迴歸的方式判斷那個偵測器佈設位置所蒐集的資料和實際的旅行速度較接近，且無法得到所謂的共通的結論，Oh 等人【35】延伸 Thomas and Upchurch 的研究，藉由實驗設計的方式試圖找出可以作為通論，以決定偵測器佈設位置的準則。基本上，影響市區道路在推估旅行速度的因素很多，包括：流量、號誌、路段長度、速限、車道數、轉彎行為、停等行為、行人、交通組成，以及駕駛人行為等。該文獻考慮部分限制和重要性，利用流量、交通號誌系統、路段長度、速限，以及車道數等五個因素來探討最佳偵測器佈設位置。研究結果顯示，當路段長度接近 2000 英呎，最佳之偵測器佈設位置應是

距下游路口 200 英尺。

Chan 與 Lam 【36】則以旅行時間量測誤差和偵測器所需的社會成本作為求取偵測器密度最佳化的兩個限制條件，並利用數學規劃雙層模型進行模式構建與求解。研究結果顯示，量測旅行時間誤差的變異數在大多數時間是和偵測器的密度成反比的，也就是偵測器佈設密度越大則誤差變異越小。該研究同時證明量測旅行時間誤差的變異數和偵測器密度有關，兩者呈非線性關係；而偵測器佈設的社會成本則是和密度呈線性正比關係。

國內以張堂賢與黃琳桂【37】之環路線圈車輛偵測器參數與佈設方式與本研究課題較相近，該研究在於探討車輛偵測器不同之佈設位置與佈設條件下，所能得到的最佳偵測率，並以敏感度分析方式找出門檻值，得到不同車道之最佳偵測器位置，實測資料顯示，最內側車道之建議佈設位置的偵測失敗率為 9.56%；最外側車道（第四車道）偵測失敗率為 16.76%。

此外，「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」第一年期報告書【3】指出，依據美國 FHWA 建議而提出車輛偵測器的佈設策略建議，其內容如下表 2.3-1 所示。

表 2.3-1 美國 FHWA 設置車輛偵測器間距之建議

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

資料來源：【3】

2.4 其他相關文獻

國內、外以旅行時間推估模式為主之相關文獻原則上皆會考慮平均車長之影響，由於在大部分的理論中，均須考慮平均車長之觀念，且對模式推估結果影響甚巨，但不同國家或地區之車流平均車長不盡相同，如何得到合適的平均車長，一般係採經驗法則，但較無法得到有效之結論。因此，Coifman 等人【10】有鑒於過去傳統上利用單迴圈偵測器推估路段速率往往必須藉由累計大量的流量和佔有率資料，利用平均車長的觀念將佔有率換算成密度，然而這樣的推估方式潛在許多可能的誤差，而且平均車長無法具體呈現有大車經過路段的交通狀態，特別是在低流量，偵測到的車量數很少時，大車所佔的比例將會造成更大的影響，因此該文獻以減少車長誤差的方向來降低推估路段速率的誤差。其實驗設計是在同一車道的一段封閉空間中設有雙迴圈偵測器架構，24 小時微觀紀錄每輛車通過偵測器的時間及該車之車長，藉此得到車長的分佈情形，並分別比較當樣本數為 10、50、100、500、1000 等不同樣本數大小時，車長平均數與中位數的表現。在不同的情境設計下，分別利用平均數和中位數之車長值來推估速率，研究結果發現，中位數車長普遍比平均車長的表現好。

2.5 小結

1. 旅行時間推估方法論部分

國內、外有關旅行時間推估議題之相關研究為數眾多，理論基礎亦不盡相同，因此，本研究依據方法論整理分類為以車流理論基礎、類經網路模式、統計分析方法與卡門濾波模式等四大類方法，並篩選其具代表性之模式進行定性之評估，基本上根據模式輸入項之多寡、操作之難易程度、模式限制條件之多寡、模式之透明性、模式之合理性，以及模式之績效表現作為評比項目，評估結果如表 2.5-1 所示。



表 2.5-1 旅行時間推估模式之定性評比表

模式 \ 評比項目		輸入項之多寡	操作之難易程度	限制條件之多寡	模式之透明性	模式之合理性	績效表現
車流理論	Oh 等人【5】	✓	○	○	✓	✓	路網類型為模擬 I-405 FREEWAY IN IRVINE，其包含一個出口匝道，誤差在 3% 以內。
	Paterson and Geoff Rose【7】	○	○	○	✓	×	Melbourne 快速道路中選取 15 公里作為測試，績效指標包括 Mean Absolute Error 和 Mean Percentage Error 兩項，MAE：1~2min，平均百分誤差：2.2%。
	Huisken and van Berkum【25】	×	✓	✓	✓	×	A13 motorway Hague to Rotterdam 只看單一方向路徑，總長 11.4Km，有五組上下匝道。ANN 模式有 $r^2=0.96$ 的表現。
類神經網路	魏健宏等人【13】	×	○	×	×	○	國道一號新竹往台北路段，平均每車誤差 20%~(-30%)。
	Dharia and Adeli【11】	×	×	×	×	○	模擬有上下匝道的高速公路虛擬路網，預測時階三分鐘時之平均誤差約 9%。
	Dia【12】	✓	✓	✓	×	○	可預測未來 20 秒至 15 分鐘之旅行時間，其研究結果顯示預測準確率約 90%。
註：✓表較少、容易者；○表次之；×表較多、困難者。							

資料來源：本研究整理

表 2.5-1 旅行時間推估模式之定性評比(續)

模式 \ 評比項目		輸入項之多寡	操作之難易程度	限制條件之多寡	模式之透明性	模式之合理性	績效表現
統計分析	Thomas 與 Upchurch 【34】	✓	✓	○	○	○	號誌化之市區道路，比較不同的偵測器位置對於不同應用之影響。
	Lee 與 Choi 【24】	×	×	×	○	○	Olympic Expressway 選取部分路段， 1.Mean Absolute Relative Error<0.03 2.MSE<14.0 3.EC>0.976
	Satoshi 等人 【20】	✓	○	✓	✓	○	Osaka-Takatsuki 間快速道路，直線距離約 20 公里，其中有 8 條替選路徑 1.Avg. Error Rate11.4% 2.RMSE14.3min 3.RMS Error Rate16.8%
卡門濾波模式	Daily 【22】	○	○	✓	✓	✓	以 WSDOT 所蒐集之資料作比對，RMS 約 0.07。
	Chen 與 Chien【23】	○	✓	○	✓	✓	模式結果預測績效良好，Path-based 模式又優於 Link-based 模式。
註：✓表較少、容易者；○表次之；×表較多、困難者。							

資料來源：本研究整理

根據上述分析結果顯示，車流理論之輸入項較少，模式操作上較為容易，且理論基礎完整，為常見之應用方法；而類神經網路模式輸入項可由需求加以界定，具高度之應用彈性，過去相關研究結果績效亦佳，故本研究以此二項方法論為主要應用之方向。

2. 都市幹道特性部分

由於都市幹道中對於路段旅行時間推估之干擾因素較多，主要可分為下面幾種類型：

- (1) 車流因素：流量密度關係，車種組成等需求面課題。
- (2) 幾何型態：道路之路型、速限、車道數等供給面課題。
- (3) 號誌控制之影響。
- (4) 其他：事件因素、行人、路邊停車等。

依據文獻回顧及上述幾項干擾因素檢討後，可發現流量等級與號誌控制是最主要影響都市幹道旅行時間推估之兩大因素。路口延滯對於路段（徑）旅行時間推估之影響範圍與層面為市區幹道中旅行時間推估中相當重要的一部份，過去國內以路口延滯為主題之相關文獻大多用於交通控制之需求，或事件影響方面，以用路人資訊為需求之研究較少見。但當旅行時間推估模式無法反應路口延滯的影響時，即需增加其他方式來描述路口延滯所造成之影響，以求模式的精確性。但是當模式本身具備描述複雜狀態的運作時，則可適時考量如何將延滯的現象以單一模式來描述，以利模式操作之簡易性。

3. 偵測器佈設準則

關於交通偵測設施佈設準則部分，由於交通偵測設施種類繁多且成本高昂，依據不同交通管理與應用需求，將有不同之選擇與佈設要求。目前國內原則上沒有以都市幹道旅行時間為探究對象之偵測器佈設議題相關研究，國外文獻關於此類的研究大多使用模擬作為研究方式，並以敏感度分析作為研究方法。由文獻回顧發現，雖然有部分的佈設方案建議，但是都是因時、因地制宜，仍無法有通則性的解答，因此本研究希冀能考慮台灣地區都市幹道特性，與駕駛人行為等特性，找出可能的建議，作為實務上應用之參考。

第三章 問題描述與現況探討

本章首先針對本研究所欲探討之主題進行問題描述與界定，由於本研究對象為都市幹道，而都市幹道本質上與高快速公路有其不同，故先將台灣地區都市幹道環境與都市幹道與高快速公路之差別作一定義。其次，說明國內發展先進用路人系統之現況，以及交通偵測器應用於旅行時間議題之方式，與目前偵測器佈設現況，並針對未來可能之發展加以說明，作為後續研究之基礎。

3.1 問題描述

3.1.1 都市幹道旅行時間議題

針對都市幹道旅行時間推估議題，本研究首要考慮之處在於對象之不同，鑒於過去國內進行旅行時間議題探討時，大多以高、快速公路系統為主，針對都市幹道旅行時間推估議題之研究相當少見，故本研究主要以都市幹道作為主要研究對象，針對該研究課題希望提供初步的成果。而都市幹道系統與一般公路系統在各方面之特性均不同，同時相關特性對於本研究主題影響層面的深度與廣度均有其特殊性，因此需進行詳細的處理。

鑒於都市道路系統與一般公路系統在定義與特性皆不盡相同，而本研究之對象為都市幹道，故先說明都市幹道之性質如下：

1. 定義：根據內政部營建署「市區道路工程規劃及設計規範之研究」【2】中指出，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圍重要市鄉鎮間連絡之道路，並兼供穿越城市交通使用；或連絡都市內各分區間之幹線道路。
2. 特性：由於都市道路與一般公路系統有許多不同點，主管機關、法源依據與實體架構均多有不同，本研究將其不同處整理如表 3.1-1 所示。由於市區幹道為市區中之主要道路，道路實體架構與車流行為均與一般公路系統多有不同。市區道路中各項干擾車流行為的因素亦是眾多，因此以市區幹道為研究對象必須適度考量各項干擾因素的影響層面與範圍。

表 3.1-1 市區道路與公路系統差異表

項目	市區道路	公路系統
中央主管機關	內政部	交通部
法源依據	依據市區道路條例第二條，市區道路的範圍包含 2 直轄市(台北市及高雄市)、5 市(基隆市、新竹市、台中市、嘉義市、台南市)及全國 446 個都市計畫區內所有道路均屬之。	依據公路法，公路之範圍則為國道、省道、縣道、鄉道及專用公路等。
設計規範	較公路系統略為寬鬆，但限制條件通常亦較多。	設計標準較為嚴格。
人行設施	因行人旅次高，一般皆包含二側人行道設施。	公路系統視其公路等級或行經區段，並不一定會佈設人行道。
路口間距	路口間距通常較短。	路口間距通常較長。
車種組成	市區道路之車種組成複雜且多元，包含機動性及非機動性車輛，如大小型汽車、機車、特種車（垃圾車、消防車、……）、自行車等。	公路系統車種組成較為單純，且主要為機動性車輛。
管線種類	市區道路下方或路側，通常埋設有各種不同之管線，工程協調較為繁複。	公路系統相較於市區道路，管線種類通常較少。

資料來源：本研究整理

由表 3.1-1 可發現，都市幹道特性中，對於旅行時間推估議題影響最大者為其實體特性對車流之影響。由於駕駛人行駛至交叉路口時，其車流變化下所產生之現象來看，都市幹道中旅行時間主要受到交織、路口延滯與車流速率的不穩定等因素影響。當街廓距離較長時，能有較多的車輛停儲空間，尤其是在號誌化道路中，車輛受到號誌化影響而停止，等候線逐漸增長時，長的街廓距離較不會因為車輛回堵至上游而產生對上游路口的干擾。而市區內街廓較短，因此，當街廓過短時，車輛遇到交叉路口的機率增加，遭遇號誌影響及路口車流交織使得車流的干擾增加。由於台灣地區之都市大多以高度開發，幹道系統的實體特性短時間

不容易改變，因此市區內必然會有車流受到干擾而使旅行時間受到影響較為明顯的情形。本研究依據一般交通工程理論將其定義如下：

1. 交織（weaving）：當車輛因變化車道或於路口轉向之行為而產生與他車之交錯情形，此情形會影響後車之運行。
2. 路口延滯：因號誌化等因素之影響而使車流受到阻斷之情形。
3. 車流速率不穩定：當街廓過短而使駕駛人看見下個號誌之時相狀態，而產生之改變車速的行為，積極型駕駛人可能加快車速或有超車行為；保守型駕駛人則可能過早放慢車速，這些都會造成車流的不穩定。

由於台灣地區地小人稠，因此都市地區之交通系統相對於國外複雜，而因應都市幹道特性所產生之特性對於旅行時間推估議題的影響亦多。故本研究將影響因素歸納為四種類型：

1. 車流因素：流量密度關係，車種組成等需求面的課題。
2. 幾何型態：道路之路型、速限、車道數等供給面的課題。
3. 號誌控制之影響。
4. 其他：事件因素、行人、路邊停車等。

3.1.2 交通偵測器佈設策略議題

先進的交通資訊系統及交通管理與控制系統均需要藉由收集各項交通資料（Traffic Data）來作為發佈資訊或管理應用的依據，一般而言，交通系統因應不同需求利用各項交通偵測設備蒐集交通資料，並將這些資料回饋至控制系統，控制系統根據所蒐集之資料提出最佳化決策，同時利用顯示單元提供不同的功能回饋至運輸系統中，其運作流程如圖 3.1 所示：

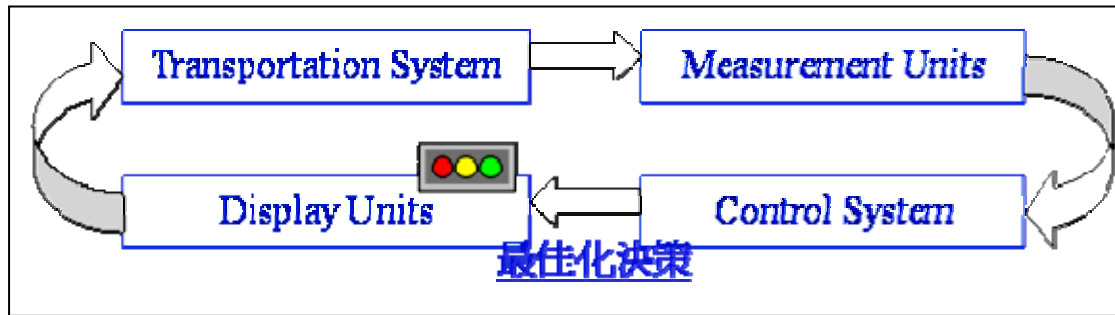


圖 3.1 交通管理與控制系統流程圖

資料來源：【39】

由於本研究預計資料來源為車輛偵測器，而不同之車輛偵測器可以偵測不同之資料變數，且在不同交通應用與需求下有不同的佈設策略考量，過去傳統感應式迴圈偵測器之佈設策略，大多探討其佈設之縱向位置於路段整體之代表性；或是不同車道位置之代表性與多組偵測器之績效。

過去相關研究結果顯示偵測器佈設位置對於旅行時間推估議題有相當程度之影響，但是，由於交通偵測設施成本十分高昂，實務上不可能無止盡的佈設偵測器，依據實務面與理論研究之需求，本研究所探討之偵測器佈設策略主要以用路人資訊需求為前題，而非探討交通控制需求下之交通偵測設施佈設策略。

此外，根據台北市交通控制中心資料顯示，以交通控制（號誌時制控制）需求為出發點時，實務上交通偵測設施佈設策略與用路人資訊之提供並無直接關係。換句話說：交通偵測設施的佈設位置不影響以交通控制為目的之需求。故本研究探討交通偵測設施是以用路人資訊系統之需求為出發點，而佈設策略探討方向，則是分別指偵測設施最佳的佈設位置，分別以縱向、橫向，以及佈設密度等三種向度加以分析。

3.1.3 小結

根據上述說明，因應都市幹道特性以及研究主題之內容，可定義本研究擬探討之課題與問題界定如圖 3.2 所示。

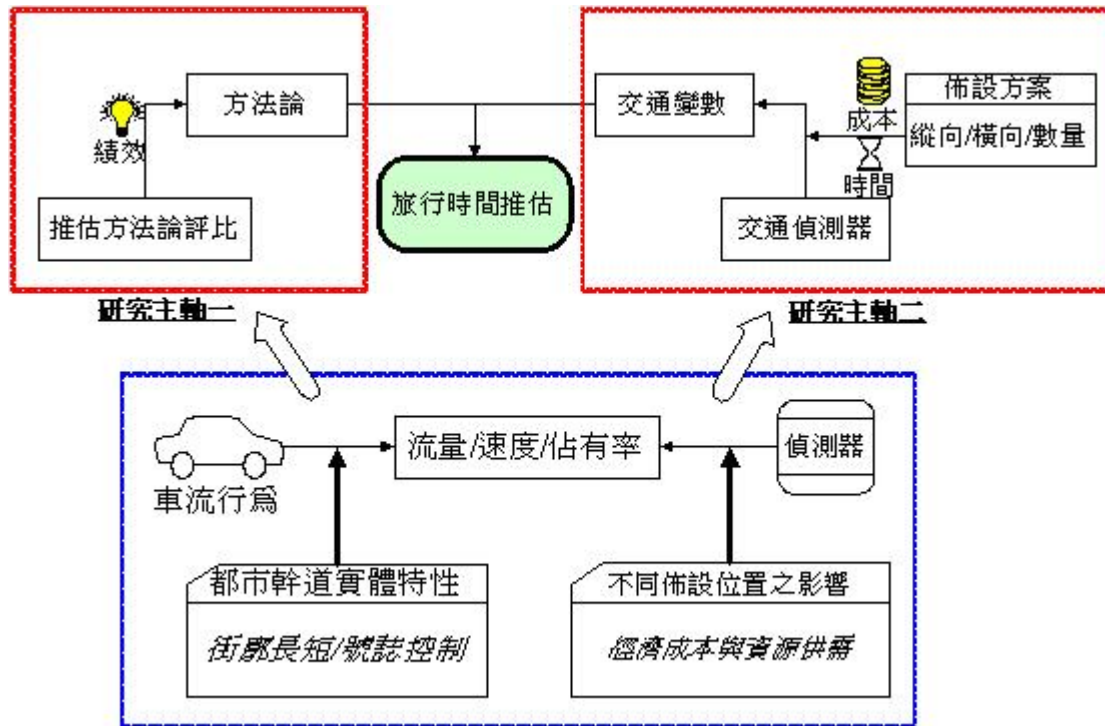


圖 3.2 研究問題界定圖

3.2 現況探討

3.2.1 國內旅行時間資訊提供現況

國內近年來積極發展智慧型運輸系統，在先進用路人資訊子系統方面亦初具規模，根據交通部委託研究案「智慧型交通資訊蒐集、處理、傳播與旅行者行為之系列研究—號誌化道路路況資訊偵測方法與格式訂定(二)」彙整【6】，國內提供較為完整之交通資訊網站如表 3.2-1 所示。

表 3.2-1 國內交通資訊網站彙整比較表

	台北市交通管制工程處	交通部台灣區國道高速公路局
網址	tms.bote.taipei.gov.tw /web/index.htm	211.79.135.93/FreewayWeb/
資訊顯示範圍	快速道路	高速公路、東西向快速道路
路網壅塞圖壅塞等級	紅色：壅塞 黃色：車多 綠色：順暢 灰色：無資料	紅色：0~40 公里/小時 橘色：41~60 公里/小時 黃色：61~80 公里/小時 綠色：80 公里/小時以上 白色：無資料 灰色：無偵測設備
路段旅行時間/速度	×	✓
路況訊息來源	偵測器、CCTV	偵測器
意外事故資訊	✓	✓
道路施工資訊	×	✓
CCTV 資訊	✓	建置中
歷史路況	×	✓
路況資訊 e-mail	×	無資料
路網壅塞圖更新週期	無資料	五分鐘
其他資訊提供方式	無資料	電話語音查詢（1968 智慧型國道即時路況語音查詢專線）
其他特色	EMS	提供起迄點旅行時間查詢（註：旅行時間計算目前只針對裝有車速偵測儀器之國道開放計算，其餘國道仍在建置中。）

註：✓表示有該項功能；×表示無該項功能

資料來源：【6】

表 3.2-1 國內交通資訊網站彙整比較表（續）

	資策會及警廣之全國交通資訊中心	中華顧問工程司交通千里眼	台北市政府交通局EZGO 市民交通旅遊網
網址	203.67.46.25/NTIC/	www.e-traffic.com.tw/	ezgo.taipei-elif.net/homepage/chinese.asp
路況訊息來源	用路人通報、高公局事件資訊	CCTV、警廣路況廣播、國道客運 GPS 系統	CCTV、警廣路況廣播、國道客運 GPS 系統
提供資訊	意外事故資訊、道路施工資訊	交通路況、交通資訊、觀光資訊等	即時路況（含影像）、突發事故、道路施工、停車資訊、拖吊資訊、大眾運輸查詢、旅遊資訊
建置單位	資策會及警廣	中華顧問工程司	中華顧問工程司
網站特色	整合多種交通工具資訊。（公路路況、航班、捷運、臺鐵）	整合道路即時路況及各種交通資訊。	結合交通局旅遊資訊資訊相當豐富且完整。
其他資訊提供方式	無資料	WAP	WAP

資料來源：【6】

由眾多網站之陸續建置可發現，以用路人資訊需求為出發點來推估旅行時間已經是未來不可或缺的交通資訊需求項目之一，相關的技術與演算法也是陸續發展中。國內陸續已有利用不同的資料來源、不同的科學方法來進行推估旅行時間的研究，但目前仍僅著重於高、快速道路的部分，究其原因，由於高快速道路干擾較少，車流組成單純且資料取得較為容易，因此國內以用路人資訊為需求之都市幹道旅行時間議題之相關研究仍較少見。

3.2.2 國內偵測器之佈設現況

國內各縣市均積極進行交通智慧化之相關工作，其中相當重要之工作項目之一在於提供即時、迅速且具一定有效程度之交通資訊，因此，除了某些特殊交通影響路況，針對自動化且持續提供具一定可信度之交通資料之蒐集，如流量、佔有率與速度等，則僅能仰賴交通偵測器。國內目前除國道高速公路有較密集偵測器佈設之外，一般縣市道路，與城際間省道公路系統之交通偵測器正積極研擬佈

設機制與策略中。一方面是因為經費限制，另一方面則是受限偵測器硬體技術發展之成熟與相關成果的引進。

在城際省道公路系統方面，公路總局於民國 91 年底起陸續建置省道之交通偵測設施，至民國 94 年初之現況如表 3.2-2 所示。

表 3.2-2 城際省道車輛偵測器佈設現況表

地區	影像監視暨車輛偵測器(組)	車輛偵測器(組)	行車時間偵測器(組)	總數(組)	交通監視中心
北部	3	10	2	15	一區工程處(樹林)
中部	9	11	2	22	二區工程處(台中)
南部	1	10	2	13	五區工程處(嘉義)
總計	13	31	6	50	—

資料來源：【6】與本研究整理

在都市幹道部分，以台北市之各項交通設施建設較為完全，由於一般市區內交通資訊的提供與相關設施的建設均是由地方交通主管機關負責，並作為交通控制中心管理之依據。目前已有車輛偵測系統與交通控制中心之縣市包括台北市、桃園市、新竹市、台中市、台南市與高雄市等。其中根據各縣市交通資訊網站發現，規劃內容與現有資訊最為完整者為台北市、台中市、台南市與高雄市，而台中市、台南市與高雄市已經與交通部運輸研究所全國路況中心網站連結。

但是各縣市目前之資料來源仍以警廣之民眾主動提供路況資訊為主，而各縣市的偵測器仍在規劃與建置中，台北市歷年之偵測器佈設內容如表 3.2-3 所示。

表 3.2-3 台北市車輛偵測器佈設數量與種類現況表

期數	超音波(處)	環路線圈(處)
第一期	25	131
第二期	5	132
第三期	99	95
第四期	63	58
總計	495	416

資料來源：【3】

3.2.3 交通資料定義與車輛偵測器蒐集資料

本研究主要目的在於推估都市幹道之旅行時間，由於旅行時間對用路人而言是最為直觀的交通資訊；此外，對交通主管機關而言，亦可利用旅行時間資訊進一步推估道路的擁擠程度與服務水準等，進而提供運輸規劃者在未來改善現有交通系統時之規劃參考。由於旅行時間推估的方法眾多，相關技術也不盡相同，主要可分為直接或間接兩種方式，由於各項電子、電機與通訊技術的發達，目前可利用 GPS 與 GIS 等技術的結合，透過探針車或車牌辨識之影像技術直接量測旅行時間；間接則可透過各種車輛偵測器等偵測設備，蒐集流量、速度與佔有率等各項交通資料，再將這些交通資料透過各種演算法進一步推估旅行時間。

考量實務上之應用，長期以探針車提供資訊與或採用大規模之車牌辨識系統，鑒於隱私權保護及系統技術推廣較一般交通偵測器較為不普及。因此，本研究考量未來實務應用之可行性，預計所採用之方式為透過車輛偵測器所蒐集之交通資料以推估都市幹道旅行時間，由於旅行時間推估模式之需求，茲將各項交通資料定義如下：

1. 流量 (Volume)：係指一定時間通過道路某定點之車輛數，其時間單位可為年、日、小時或其他大小之時間單位。
2. 總旅行速率 (Overall travel time)：係指路線總長度除以總旅行時間之比值，分為空間平均速率 (Space mean speed) 與時間平均速率 (Time mean speed)，其單位為公里／小時 (kph) 或哩／小時 (mph)。
3. 行駛速率 (Running speed)：係指路線總長度除以扣除延滯後之實際行駛時間稱為行駛速率。
4. 現點速率 (Spot speed)：於特定地點之車輛瞬時速度稱為現點速率。
5. 密度 (Density)：指某一時段內，在單一車道或車道群中單位長度上的平均車輛數，其單位為輛／公里 (vpk) 或輛／哩 (vpm)。
6. 佔有率 (Occupancy)：於特定時段內，道路上某一點被車輛佔有的時間百分比。

根據交通部委託研究案「智慧型交通資訊蒐集、處理傳播與旅行者行為系列

之研究—號誌化道路路況資訊偵測方法與格式訂定（一）」【3】之研究，所彙整之各項偵測器可量測資料比較表，如表 3.2-4 所示。由該表中可發現，現有之交通偵測器可輸出之交通資料主要以流量、佔有率與平均車速三者為主。故未來挑選應用之模式將以輸入項為流量、佔有率與平均車速之模式為優先考量。



表 3.2-4 各偵測器安裝方式、可量測資料及偵測能力比較表

偵測器 種類	安裝方式	可量測之資料							偵測能力					
		車輛數	車輛出現	車輛佔有率	車輛速率	瞬時交通密度	等候線長度	車輛轉向	流量	佔有率	單一車輛車速	平均車速	車種判別	車輛停止偵測
環路 線圈	每一車道 單組線圈	◎	◎	◎	◎		◎		●	●	○			
	每一車道 雙組線圈	◎	◎	◎	◎		◎		●	●	●	●	●	●
超音波	每一車道 單組感測圈	◎	◎	◎	◎				●	●	○			●
	每一車道 雙組感測圈	◎	◎	◎	◎				●	●	●	○	●	●
微波式 (時間差 式)	路側安裝	◎	◎	◎	◎				●	●	○			●
	道路正上 方安裝	◎	◎	◎	◎				●	●	●	●	●	●
微波式 (都卜勒 式)	道路正上 方安裝	◎	◎	◎	◎				●	○	●	●		
影像式	路側安裝	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	●	●	●	●	●	●
主動式紅 外線 (非影像 處理)	路側安裝	◎	◎	◎	◎				●	●	●	●	●	●
被動式紅 外線 (非影像 處理)	路側安裝	◎	◎	◎	◎				●	●				●

註：◎表示有此能力，●表示具有該偵測功能，○表示具有該偵測功能，但準確度較差

資料來源：【3】

第四章 理論模式

本研究第一個研究主軸在於探討適合應用於台灣地區都市幹道旅行時間推估模式，並以此模式作為研擬交通偵測設施佈設策略之基礎。過去國內、外相關研究有關旅行時間推估議題所提出的方法論相當多，本研究依據第二章文獻回顧小節之定性評估表結論，認為以車流理論為基礎之模式在應用上較為簡易，輸入項單純，理論基礎清晰，立論完整，為優先考慮之模式。其次，目前國內、外之相關研究成果顯示，類神經網路模式與卡門濾波模式在大部分的研究中均有良好的績效表現，故本研究亦選用類神經網路模式與卡門濾波模式作為應用的方法之一。

4.1 迴歸分析方法

由於在 Sisiopiku【29、30】等人之系列研究中，可發現以交通偵測器資料探討旅行時間議題時，交通偵測器所輸出之交通變數，含流量、速度與佔有率等變數皆與「旅行時間」變數有一定程度之關係存在。鑒於過去國內以都市幹道為研究對象者並未有類似之分析，故本研究首先以迴歸分析法來探討各個變數間之關係。

迴歸分析（Regression Analysis）為計量經濟理論中常見之分析方法，其主要在於探討變數間彼此互動之因果關係，透過迴歸分析可以得到應變數與自變數之間關聯的強度與關聯的方向。而最為常見之迴歸模式為簡單線性迴歸模式（Simple Linear Regression Model），其他還有多元線性迴歸模式（Multiple Linear Regression Model）與非線性迴歸模式（Nonlinear Regression Model）等。以下將分別介紹各模式之特性與應用方式。

1. 簡單線性迴歸模式（Simple Linear Regression Model）

簡單線性迴歸模式中僅包含兩個變數（Variables），且此兩變數間呈現線性

之關係，其模式型態如式 4.1 所示。

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (\text{式 4.1})$$

式中，

Y 為應變數 (Dependent variable)。

X 為自變數 (Independent variable)。

α 為迴歸參數 (Regression parameters)，表示截距(Intercept，即迴歸直線與 y 軸交點的縱座標)。

β 為迴歸參數 (Regression parameters)，表示直線斜率。

ε 為誤差項。

線性迴歸模式通常可用最小平方法 (Method of Least Squares) 來進行線性迴歸分析，得到 α 與 β 之迴歸參數校估數值，畫出一條符合觀察資料的直線。如此一來即可分析應變數是如何受自變數所影響，一般而言簡單線性迴歸模式配適情形如圖 4.1 所示。

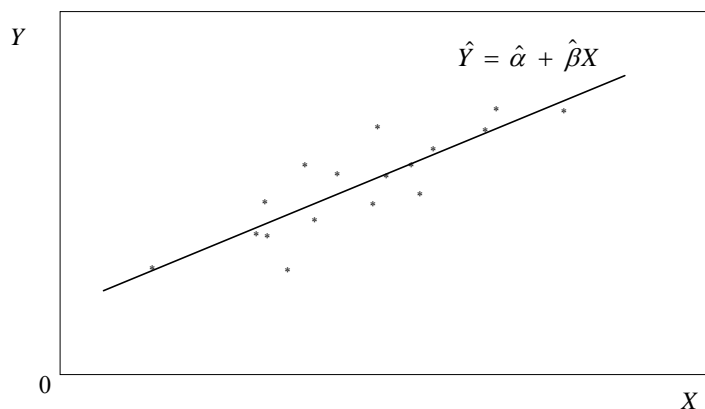


圖 4.1 簡單線性迴歸示意圖

2. 多元線性迴歸模式 (Multiple Linear Regression Model)

多元線性迴歸分析 (Multiple Linear Regression Analysis) 又稱為複迴歸分析，其主要是延伸簡單線性迴歸之觀念，但是在自變數的部分，為探討兩個以上的自變數與應變數間之關係，其模式型態如式 4.2 所示。

$$Y = \alpha + \beta_i X_i + \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{式 4.2})$$

式中，

Y 為應變數 (Dependent variable)。

X_i 為代表不同意義之自變數 (Independent variable)。

α 與 β_i 為迴歸參數 (Regression parameters)。

i 為自變數的數目

ε 為誤差項

多元線性迴歸可以描述或解決簡單線性迴歸無法反應之狀態，或是得到更具解釋能力之模式。

3. 非線性迴歸模式 (Nonlinear Regression Model)

非線性迴歸模式是指變數之間需以非線性之關係來描述，由於在現實世界中，違反線性關係的現象不勝枚舉，因此非線性迴歸模式可說具有一定程度務實的特性。然而，當考慮到現實可能的各種關聯情形時，非線性迴歸模式也將有許多不同的可能情形，而使得非線性迴歸模式的執行上有較高的繁複性。通常非線性迴歸模式的第一個步驟是進行非線性的估計，也就是探討變數之間的關係是以何種模式存在，然後再以適當的方法將資料進行數學轉換，以符合線性關係的基本要件，進而執行傳統的線性迴歸分析。一般而言，非線性迴歸模式的型態可能包含下面幾項：

(1) 二次方程式 (Quadratic Equation)： $Y = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon$

(2) 半對數轉換 (Semi-Log Transformation)： $Y = \alpha + \beta \ln X + \varepsilon$

(3) 雙對數轉換 (Double-Log Transformation)： $Y = e^\alpha X^\beta + \varepsilon$

4.2 以巨觀車流理論推估旅行時間

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，通常可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。由於交

通偵測器所輸出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，再來求得旅行時間。

Oh 等人【5】以成對之偵測器蒐集流量、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，本研究主要以該研究作為應用車流理論推估旅行時間的研究方法。根據文獻回顧，一般而言都市幹道之旅行時間主要為行駛時間與延滯時間之總和。然而 Oh 等人之研究是以高速公路為對象所發展而成，但本研究則以都市幹道為對象，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，故本研究考慮以其他方式加入延滯部分的計算，以使得模式能適當的反應真實車流的狀態。

以下將簡述 Oh 等人所發展之旅行時間推估模式（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 4.3 所示。

$$TT = \frac{\Delta x}{U} = \frac{\Delta x \cdot K}{Q} \quad (\text{式 4.3})$$

式中，

TT 為路段旅行時間

Δx 為路段長度

Q 為流量

K 為密度

U 為空間平均速率

2. 模式型態：Oh 模式型態如式 4.4 所示。

$$tt_{SD} = \frac{\Delta x * \{k(t+1) + k(t)\}}{\{q_u(t) + q_d(t)\}} \quad (\text{式 4.4})$$

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. 求解步驟：

- （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。
- （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。
- （3）根據前兩步驟所得之佔有率並利用式 4.5 求路段起始密度 $K(t)$

$$K(t) = \frac{Occ\% \times L}{g} \quad (\text{式 4.5})$$

式中，

L 為路段密度之單位長度（10）

g 為有效車長加上偵測器長度（本研究中偵測器長度為零）

- （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 4.6 所示。

$$\alpha(t) = \frac{\sum q_u(t)}{\sum q_d(t)} \quad (\text{式 4.6})$$

(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 4.7 所示。

$$K(t+1) = K(t) + \left(\frac{\Delta t}{\Delta x \times l} \right) (q_u(t) - \alpha(t) q_d(t)) \quad (\text{式 4.7})$$

式中，

Δt ：時階長度

Δx ：兩偵測器間之距離

l ：車道數

(6) 利用上述所求之資料帶入式 4.4，以求得兩組偵測器間之路段旅行時間。

4. 求解範例：因為 Oh 模式是以高（快）速公路為對象所發展之模式，本研究為瞭解該模式是否相同適用於都市幹道之環境，茲以交通委託研究案「智慧型交通資訊蒐集、處理、傳播與旅行者行為之系列研究—號誌化道路路況資訊偵測方法與格式訂定(二)」【6】中實地調查台北市大度路之交通資料進行 Oh 模式之求解示範。

(1) 資料來源：「智慧型交通資訊蒐集、處理、傳播與旅行者行為之系列研究—號誌化道路路況資訊偵測方法與格式訂定(二)」【6】中以 SmartSensor 微波雷達式車輛偵測器所調查之交通資料。

(2) 時階長度：2.5 分鐘。

(3) 調查時間：上午 11 點 15 分起至 12 點。

(4) 真實旅行時間：車牌辨識法，以錄影方式取得。

(5) 求解結果：各時階之求解結果如表 4.2-1 所示，樣本數為 16，平均絕對百分誤差值 (MAPE) 為 62.23，均方根誤差 (RMSE) 為 64.49。誤差相當大，歸納其原因，乃是因為研究路段大度路為號誌化路口，Oh 模式僅計算出自由車流部分，無法反應系統整體績效，尤其是遭遇延滯之情形，故誤差相當大。因此，未來於應用 Oh 模式於都市幹道旅行時間推估時，必須先去除延滯部分

才能代表 Oh 模式真正之績效。

表 4.2-1 大度路之 Oh 模式評估結果

樣本編號	開始時間	時階長度 (秒)	OH 估計旅行時間(秒)	真實旅行 時間(秒)	誤差百分比
1	11:15:20	150	61.26	132.18	-53.66
2	11:17:50	150	114.06	170.87	-33.25
3	11:20:20	150	38.56	158.12	-75.61
4	11:22:50	150	32.49	172.30	-81.14
5	11:25:20	150	59.82	181.07	-66.97
6	11:27:50	150	130.78	182.96	-28.52
7	11:30:20	150	45.24	153.31	-70.49
8	11:32:50	150	59.16	165.28	-64.21
9	11:35:20	150	46.89	195.80	-76.05
10	11:37:50	150	64.56	181.40	-64.41
11	11:40:20	150	47.21	168.60	-72.00
12	11:42:50	150	77.28	160.84	-51.95
13	11:45:20	150	67.10	177.04	-62.10
14	11:47:50	150	77.39	147.22	-47.44
15	11:50:20	150	26.83	163.07	-83.55
16	11:52:50	150	64.38	180.54	-64.34
平均			63.31	168.16	-62.23

(6) 以延滯公式改良 OH 模式：鑒於都市幹道之旅行時間應是行駛時間與延滯時間之總和，本研究以 Webster 延滯公式來計算延滯時間。Webster 延滯公式係假設車流抵達型態為卜瓦松分配(poisson distribution)，對應的延滯公式如式 4.8 所示：

$$d_t = \frac{C[1-(g/C)]^2}{2[1-(g/C)X]} + \frac{X^2}{2q(1-X)} - 0.65(C/q^2)^{1/3} X^{2+5(g/C)} \quad (\text{式 4.8})$$

式中，

d_t ：臨近路段的每車平均總延滯(秒/車)

C ：週期長度(秒)

g ：有效綠燈(秒)，故 g/C 為有效綠燈佔週期之比例

$$(X = \frac{q/s}{g/C})$$

X ：飽和度，即每週期之平均到達率與每週期最大疏解率之比

q ：流量(車/秒)

上式右邊第一部分為均勻延滯： $d_u = \frac{C[1-(g/C)]^2}{2[1-(g/C)X]}$ (Uniform Delay, UD)，

表示當路口號誌為定時時制控制、且假設車輛均勻到達時，臨近路段的平均延滯，可由定性的等候理論加以推導；第二部分為考慮車輛隨機到達所產生的隨機

延滯： $d_r = \frac{X^2}{2q(1-X)}$ (Random Delay, RD)；第三部分則為經驗調整項：

$d_e = -0.65(C/q^2)^{1/3} X^{2+5(g/C)}$ (Adjustment)，係經由模擬和實際量測所獲得，主要是使 UD 和 RD 之總和能更符合實際的延滯值。

茲將 Webster 加上延滯公式後之估計結果說明如表 4.2-2 與圖 4.2 所示，可發現加上延滯公式後，其平均絕對百分誤差值 (MAPE) 為 52.49，均方根誤差 (RMSE) 為 54.64，模式績效改善，但是改善幅度不大，歸納其因為傳統延滯公式對於真實路口的解釋能力仍不足，特別是以台灣地區都市幹道之車流特性與駕駛人行為而言，延滯公式無法貼切描述真實路況的情形，因此本研究在應用 Oh 模式時需考慮排除延滯的影響後，再行評估模式之績效表現。

表 4.2-2 Oh+Webster 模式估計結果

樣本編號	開始時間	時階長度(秒)	OH 估計旅行時間(秒)	OH+WEBSTERS 估計旅行時間(秒)	真實旅行時間(秒)	誤差百分比
1	11:15:20	150	61.26	78.05	132.18	-40.95
2	11:17:50	150	114.06	129.16	170.87	-24.41
3	11:20:20	150	38.56	54.94	158.12	-65.26
4	11:22:50	150	32.49	49.54	172.30	-71.25
5	11:25:20	150	59.82	76.69	181.07	-57.65
6	11:27:50	150	130.78	145.98	182.96	-20.21
7	11:30:20	150	45.24	61.82	153.31	-59.68
8	11:32:50	150	59.16	74.58	165.28	-54.88
9	11:35:20	150	46.89	63.85	195.80	-67.39
10	11:37:50	150	64.56	80.93	181.40	-55.38
11	11:40:20	150	47.21	63.83	168.60	-62.14
12	11:42:50	150	77.28	92.96	160.84	-42.20
13	11:45:20	150	67.10	82.97	177.04	-53.14
14	11:47:50	150	77.39	93.14	147.22	-36.74
15	11:50:20	150	26.83	43.66	163.07	-73.22
16	11:52:50	150	64.38	80.55	180.54	-55.38
平均			63.31	79.54	168.16	-52.49

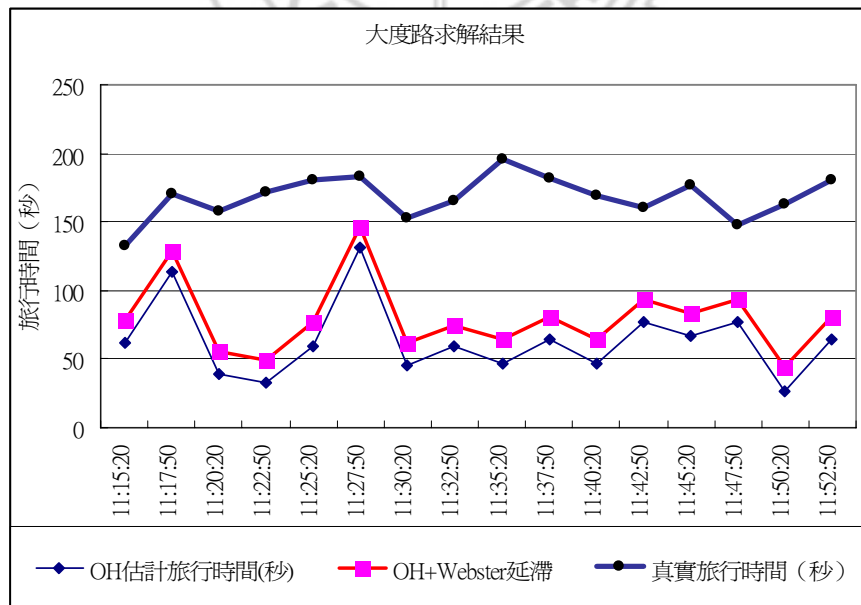


圖 4.2 大度路求解結果評估比較圖

5. Oh 模式應用限制

(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，由於實務上的需求，在考慮成本及實務限制下，單一路段往往無法同時架設兩組偵測器。此外，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，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。

本研究考慮 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

應用 Oh 模式於估計旅行時間之過程中，須先行推導路段密度（ K ），如式 4.5 所示，由式 4.5 顯示，平均車長變數為主要影響變數之一，本研究之處理方式為採用車種比例來推算有效車長近似值。

4.3 類神經網路模式

由於國內、外之相關研究指出，類神經網路模式均有良好之表現，因此本研究擬採用類神經網路模式作為應用之方法論之一，以下分別介紹類神經網路模式之特性及應用方式。

4.3.1 類神經網路概說

類神經網路是一種模仿生物神經系統的資訊系統，其內部各元件經由適當方式連接，視為網路架構，並根據各種連結強度及資訊性質而形成多類型的類神經網路模式。各模式之不同處，在於採用不同學習策略，有的係根據模式期望輸出值與實際計算值相比較，希望兩者差距減至最小，依此原則逐步求出並調整網路上的連結權重值，此種學習策略稱為監督式學習網路（Supervised Learning Network），近似於判別分析（Discriminant Analysis）；有的僅根據輸入變數值，由網路本身逐步不斷的調整連結權重值，此種學習策略稱為非監督式學習網路（Unsupervised Learning Network），近似於群族分析（Cluster Analysis）；有的係根據狀態變數值，由網路本身學習內在的記憶規則，此種學習策略稱為聯想式學習網路（Associate Learning Network）；而除了『學習』外還有最適化之應用，此種網路稱為最適化應用網路（Optimization Application Network）【39】。

4.3.2.類神經網路之功能

依據類神網路的應用，可將其功能分類如下所述：

1. 分類功能：類神經網路可將輸入之圖形，根據先前學習過之圖形資料對比找出是否相關，再加以指認輸入之圖形類別，如影像信號分類。
2. 歸類功能：類神經網路可將輸入之資料，根據其各自具有之特性加以歸類，如手寫字之辨認。
3. 關連功能：可將輸入之不完整圖形，根據先前訓練過之完整圖形對比，如同拼圖一樣，而將不完整之圖形指認其正確之圖形。
4. 推理功能：類神經網路可根據推理訓練，將物體之形狀加以適當延伸改變。如將三角形、四角形等之左側邊加寬，而新輸入的多邊形亦會加寬。
5. 預測與最佳化功能：利用網路連結與權重值之變化，可代替傳統統計方法與作業研究方式，求得預測值與最佳解。

4.3.3.類神經網路之限制

雖然類神經網路在應用上可以具有強大的績效表現，經過良好訓練的類神經

網路模式可以有良好的模式輸出結果，且能夠以不同方向切入問題進行分析探討，使綜合的結果優於其他單一方面較強的方法。但是類神經網路模式亦有其使用上的限制與缺點，對於資料來源部分，類神經網路之運作績效需要依賴正確且充分的相關數據資料，以便進行網路的學習、訓練過程與績效評估等工作。通常在構建類神經網路模式可能會遭遇下列幾項問題：

1. 系統中輸入項與輸出項間必須確實存有某種關係，才能建立模型，當不確定其間的關係時，任何技術均無法建立準確的系統模型。
2. 建立模型必須有良好的範例作為原料，沒有好的原料，則無法建立出好的模型。好的範例有三要件：
 - (1) 範例數目充足。
 - (2) 範例分佈均勻。
 - (3) 範例數據正確。
3. 範例要作適當的表現與處理。
4. 網路參數的設定對網路誤差之影響頗大。
5. 問題的尺度受現有的軟、硬體設備記憶容量和計算速度的限制。
6. 類神經網路因為具有大量的可調參數（連結加權值與門限值），容易發生過度學習現象（overlearning），即網路對訓練範例（Learn Data）的誤差很小，對測試範例（Test Data）的誤差卻很大的現象。這種現象在訓練範例數目少時更是嚴重。因此評估類神經網路模式績效的可靠度時，仍要以測試範例的誤差為準，才不至於低估類神經網路模式的誤差。

4.3.4.類神經網路模式分類

類神經網路的模式眾多，基本上可分為監督式學習網路、非監督式學習網路、聯想式學習網路與最適化應用網路等四種，類神經網路在旅行時間預測上的適用程度，目前較常見之模式為倒傳遞網路架構(Back-Propagation Neural Network, BPN)，其為監督式之網路的一種，監督式網路的主要應用在於分類與預測之功能，在應用上最重要的是對於研究課題選則較相關的輸入變數，以有效推導出系統內各因子間之關係。

4.3.5.類神經網路模式構建

依據過去交通運輸領域方面，特別是旅行時間推估議題方面之研究，均採用倒傳遞網路模型，且倒傳遞網路是目前類神經網路學習模式中最具代表性，應用最普遍的網路模式，故本研究擬以倒傳遞網路模式作為應用之模式。

倒傳遞網路為監督式學習網路中一種，該網路具有一輸入層，一輸出層及零到無限多的隱藏層。學習過程中必須給定期望輸出值，藉以調整網路內的連結鍵值，以及隱藏層中各處理單元的輸出值，此模式適合應用在分類、決策及預測等分析。倒傳遞類神經網路架構如同一般類神經網路模式，其架構包含輸入層、隱藏層及輸出層三個部分，如圖 4.3 所示。

(1) 輸入層：表示輸入之變數，處理單元數依問題而定。

(2) 隱藏層：表示輸入變數間的交互影響，其主要作用為連接反應前一層與後一層的互動關係，處理單元數目以多少為佳或需幾層隱藏層較為合適，目前尚無一準則可依循，一般依問題之特性與試驗法來決定最佳處理單元數與何種非線性轉換函數。

(3) 輸出層：表示輸出變數，處理單元數依問題而定。

(4) 連結方式：為一完全連結 (Full - Connection) 前向式架構，每一層只接受前一層的輸出作為輸入、無回饋 (Unfreeback) 運作。

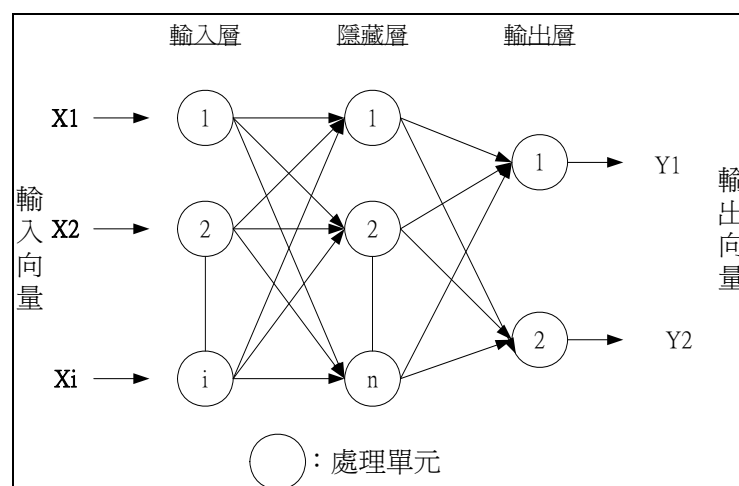


圖 4.3 類神經網路架構示意圖

本研究根據 Dia 【12】之研究，將類神經網路模式之輸入變數設定為偵測器

所蒐集到之流量與速度，而輸出變數則以車牌辨識法所調查而得之真實旅行時間，透過類神經網路模式之訓練學習，建立能有效推估都市幹道行時間之網路模式。

此外，由於都市幹道中延滯時間的計算不易，在實務上無法即時得知，為適度反應都市幹道之特性，本研究除以流量與速度作為輸入項之模式外，再增加流量、速度與延滯時間三個輸入項之模式，並分析評估不同輸入項之類神經網路模式績效，以獲得一能有效反應系統狀態之模式。

4.3.6.倒傳遞類神經網路模式之基本參數

一般而言，可定義到傳遞網路之基本參數如下列數項【39】：

(1) 隱藏層層數：由於沒有隱藏層則不能反映問題輸入變數的交互作用，而過多的層數反而會造成網路收斂結果較差，通常隱藏層個數為一至二層效果最佳，越多的隱藏層反而促使網路過於複雜，造成局部最小值過多，網路加權值容易掉於一個誤差函數的局部最小值，無法收斂。根據經驗，一般問題可取一層隱藏層，較複雜的問題則取兩層隱藏層。

(2) 隱藏層處理單元：通常隱藏層個數越多，網路的收斂速度越慢，但可達到更小之誤差，特別是「訓練範例」之誤差程度。但是若超過一定數目後，所增加之隱藏層處理單元則對於降低「測試範例」誤差幾乎沒有幫助，徒然增加網路執行時間。這可解釋成隱藏層處理單元數目過少，不足以反映變數間之交互作用，造成誤差較大；而數目越多，雖然可使誤差值達到更小，但卻因網路複雜度提高，收斂過慢。隱藏層處理單元個數取決原則為：

a.隱藏層單元個數 = (輸入層單元數 + 輸出層單元數) / 2

b.隱藏層單元個數 = (輸入層單元數 * 輸出層單元數) / 2

若問題雜訊過高，隱藏層單元數目宜少；若問題複雜性高，隱藏層單元個數宜多。此外，測試範例誤差遠高於訓練範例誤差，隱藏層單元個數宜減少。

(3) 學習速率：通常學習速率過大或過小對於網路的收斂均有不利的影響，過

大的學習速率會有較大的網路加權值修正，造成修正可能過量，難以達到收斂的目的。

(4) 轉換函數：由於更新權重時必須使用微分的概念以尋找權重的方向，因此必須使用連續性的函數。倒傳遞網路最常使用的轉換函數為雙曲線函數中的

S(sigmoid)函數，其具有在 x 趨近於正負無窮大時， $f(x)$ 會趨近於0或1之間的特性。

(5) 學習次數：學習次數是經過多次測試，視模式的收斂情形後所決定的，以期網路模式能夠順利收斂。

4.4 以卡門濾波模式推估旅行時間

卡門濾波模式(Kalman Filtering Model)係以遞迴方式推估下一時階之推估結果，國外相關研究【22、23、24】曾利用卡門濾波模式進行旅行時間之推估，相關實證分析結果亦顯示該模式在旅行時間推估上績效相當良好。因此，本研究亦利用卡門濾波模式進行都市幹道旅行時間之推估，希冀瞭解該模式應用於台灣地區都市幹道之適用情形。茲先介紹卡門濾波模式之特性、模式型態與求解方法如下。

4.4.1 系統描述

卡門濾波模式可分為系統狀態方程式(System State Equation)以及量測方程式(Measurement Equation)兩部分，其中系統狀態方程式又稱為轉移方程式(Transition Equation)，主要用以說明系統狀態變數自我隨機演進關係，一般多假設為自我迴歸模式(Autoregressive Model, AR)；而量測方程式則用以描述觀測值與系統狀態變數(State Variable)間相互關係，模式通常為簡單線性關係。

在考慮一時間離散、有限向度之動態隨機系統中，其數學模式如式 4.9 與式 4.10 所示：

$$x(t+1) = F(t) \cdot x(t) + w(t) \quad (\text{式 4.9})$$

$$z(t) = A(t)^T \cdot x(t) + v(t) \quad (\text{式 4.10})$$

式中，

$x(t)$ ：時階 t 之系統狀態向量

$F(t)$ ：時階由 t 至 $(t+1)$ 時階系統狀態變數向量間的轉移矩陣

$z(t)$ ：時階 t 之觀測值向量

$A(t)$ ：時階 t 之量測參數矩陣

$w(t)$ 、 $v(t)$ ：誤差項

相關變數間之關係如圖 4.4 所示。

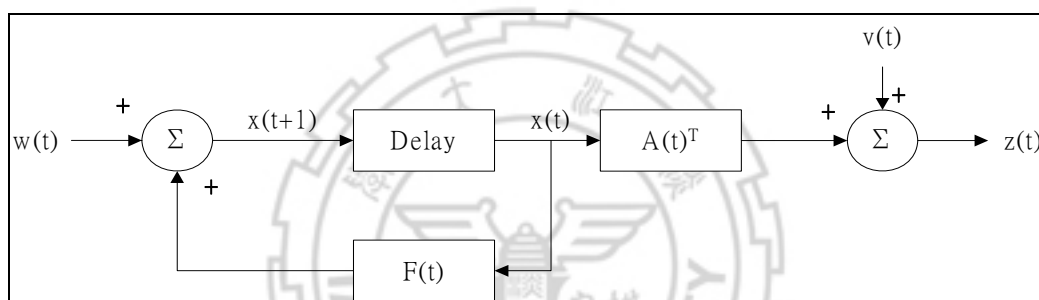


圖 4.4 系統基本關係圖

簡言之，卡門濾波模式係以不偏估計及推估誤差期望值最小為目標下，透過遞迴(recursive)之方式，進行系統狀態之推估。

4.4.2 卡門濾波模式求解方法

卡門濾波模式中有數項假設來簡化求解過程，其動態模式假設如下所示：

(1) $w(t)$ 、 $v(t)$ 皆屬 white noise，即：

$$E[w(t)w(l)] = 0$$

$$E[v(t)v(l)] = 0$$

(2) $w(t)$ 、 $v(t)$ 皆是以零為平均數，固定值變異數矩陣之高斯隨機過程：

$$E[w(t)] = 0, \quad E[w(t)w(l)^T] = Q(t)\delta(t, l)$$

$$E[v(t)] = 0, \quad E[v(t)v(l)^T] = R(t)\delta(t, l)$$

(3) $w(t)$ 、 $v(t)$ 為彼此獨立之隨機過程：

$$E[w(t)v(t)] = E[w(t)]E[v(t)] = 0$$

(4) 系統變數初始狀態亦為已知平均數與變異數矩陣之高斯隨機變數，即：

$$E[x(0)] = \bar{x}(0)$$

$$E[(x(0) - \bar{x}(0))(x(0) - \bar{x}(0))^T] = P(0)$$

當假設時階 t 之誤差項為 $\tilde{x}(t) = \hat{x}(t) - x(t)$ 平均數等於零之高斯馬可夫數列，可導出誤差項共變異矩陣為： $P(t) = E[\tilde{x}(t)\tilde{x}(t)^T]$ ，由系統狀態估計值 $\hat{x}(t)$ 依系統狀態演進可得式 4.11 表系統狀態變數演進過程：

$$\hat{x}(t+1) = f(t) \cdot \hat{x}(t) \quad (\text{式 4.11})$$

由於前述假設 $\tilde{x}(t)$ 為一高斯馬可夫隨機過程，則透過系統狀態方程式所進行推估所產生之誤差 $\tilde{x}(t+1)$ 亦為一不偏誤差，由前式可得：

$$\tilde{x}(t+1) = f(t) \cdot \tilde{x}(t) + w(t) \quad (\text{式 4.12})$$

對式 4.12 取期望值得：

$$E[\tilde{x}(t+1)] = f(t) \cdot E[\tilde{x}(t)] + E[w(t)] = 0 \quad (\text{式 4.13})$$

又，

$$\begin{aligned} P(t+1) &= E[\tilde{x}(t+1)\tilde{x}(t+1)^T] \\ &= E[(f(t)\tilde{x}(t) + w(t))(f(t)\tilde{x}(t) + w(t))^T] \\ &= f(t)\tilde{x}(t)\tilde{x}(t)^T f(t)^T + f(t)\tilde{x}(t)w(t)^T + w(t)\tilde{x}(t)^T f(t)^T + w(t)w(t)^T \end{aligned}$$

對上式取期望值得推估誤差共變異矩陣演進過程如式 4.14：

$$P(t+1) = f(t)P(t)f(t)^T + Q(t) \quad (\text{式 4.14})$$

引入卡門增益項(Kalman Gain Matrix)：

$$K(t) = P(t)^- A(t)^T [A(t)P(t)^- + R(t)]^{-1} \quad (\text{式 4.15})$$

假設更新後之系統狀態推估值與觀測值為一線性關係：

$$\hat{x}(t)^+ = K(t)^T \hat{x}(t)^- + K(t)z(t) \quad (\text{式 4.16})$$

由式 4.10 與式 4.16 可得：

$$\tilde{x}(t)^+ = [K(t)^T + K(t)A(t) - I]x(t) + K(t)^T \tilde{x}(t)^- + K(t)v(t) \quad (\text{式 4.17})$$

由於前述假設下，可將式 4.17 簡化為：

$$K(t)^T = I - K(t)A(t) \quad (\text{式 4.18})$$

將式 4.18 帶入式 4.16 得系統狀態變數更新過程如式 4.19：

$$\begin{aligned} \hat{x}(t)^+ &= [I - K(t)A(t)]\hat{x}(t)^- + K(t)z(t) \\ &= \hat{x}(t)^- + K(t)[z(t) - A(t)\hat{x}(t)^-] \end{aligned} \quad (\text{式 4.19})$$

由 $\tilde{x}(t)^+ = \hat{x}(t)^+ - x(t)$ 、 $\tilde{x}(t)^- = \hat{x}(t)^- - x(t)$ 與式 4.19 可得：

$$\hat{x}(t)^+ = [I - K(t)A(t)]\hat{x}(t)^- + K(t)v(t) \quad (\text{式 4.20})$$

當獲得觀測值後，誤差項共變異矩陣可更新為：

$$P(t)^+ = E[\tilde{x}(t)^+ \tilde{x}(t)^{+T}] \quad (\text{式 4.21})$$

由式 4.20 及式 4.21 可得：

$$P(t)^+ = E \left[\begin{aligned} &[I - K(t)A(t)]\tilde{x}(t)^- [\tilde{x}(t)^-]^T (I + K(t)A(t))^T + v(t)^T K(t)^T \\ &+ K(t)v(t) [\tilde{x}(t)^-]^T (I + K(t)A(t))^T + v(t)^T K(t)^T \end{aligned} \right] \quad (\text{式 4.22})$$

若系統狀態推估誤差與觀測誤差無關，則：

$$E[\tilde{x}(t)^- v(t)] = E[v(t)\tilde{x}(t)^{-T}] = 0 \quad (\text{式 4.23})$$

又式 4.23 可將式 4.22 簡化為：

$$P(t)^+ = [I - K(t)A(t)]P(t)^- [I - K(t)A(t)]^T + K(t)R(t)K(t)^T \quad (\text{式 4.24})$$

將式 4.15 代入上式，可得推估誤差共變異矩陣之更新過程如式 4.25 所示：

$$P(t)^+ = [I - K(t)A(t)]P(t)^- = P(t)^- - K(t)A(t)P(t)^- \quad (\text{式 4.25})$$

卡門濾波模式在給定起始值 $\hat{x}(0)^+$ 以及 $P(0)^+$ 後，即可求解，其求解步驟可用下列

遞迴方程式表示，而求解流程如圖 4.5 所示。

$$\hat{x}(t)^- = f(t-1)\hat{x}(t-1)^+ \quad (\text{式 4.26})$$

$$P(t)^- = f(t-1)P(t-1)^+ f(t-1)^T + Q(t-1)$$

$$K(t) = P(t)^- A(t)^T [A(t)P(t)^- A(t)^T + R(t)]^{-1}$$

$$\hat{x}(t)^+ = \hat{x}(t)^- + K(t)[z(t) - A(t)\hat{x}(t)^-]$$

$$P(t)^+ = P(t)^- - K(t)A(t)P(t)^-$$



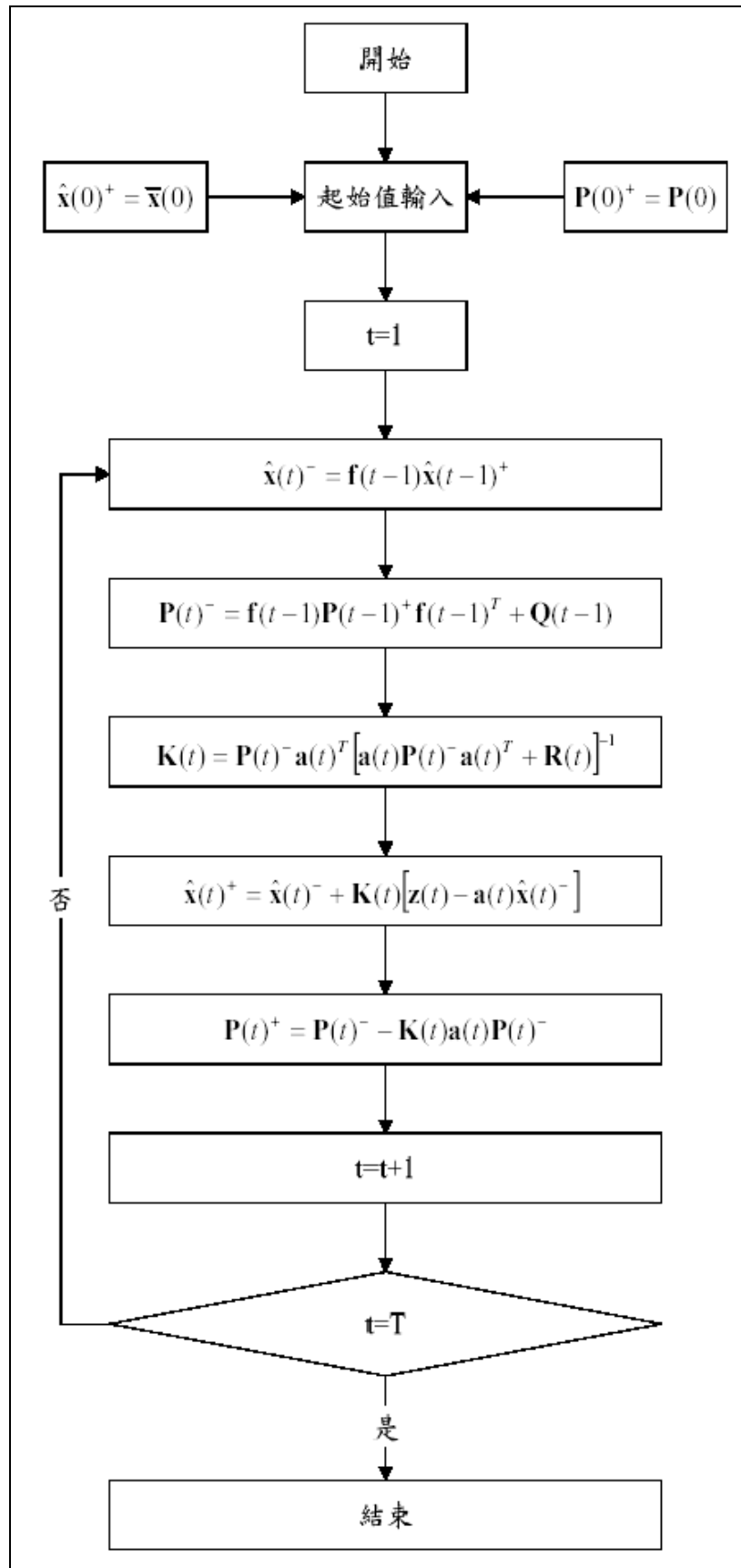


圖 4.5 卡門濾波模式求解流程圖

4.4.3 旅行時間推估模式構建

本研究之目的在於推估都市幹道旅行時間，利用偵測器所傳回之速度資料作為觀測值，歷史旅行時間資料校估系統方程式，藉由以上資料構建卡門濾波模式。茲將模式型態說明如下：

系統狀態方程式為

$$x(t) = \phi(t-1) \cdot x(t-1) + w(t-1)$$

而量測方程式為

$$z(t) = A(t)x(t) + v(t)$$

式中，

$x(t)$ ：時階 t 之系統狀態(旅行時間)

$\phi(t-1)$ ：時階 $(t-1)$ 之系統參數矩陣

$z(t)$ ：時階 t 時，由偵測器所量測的速度轉換為路段之空間平均速度

$A(t)$ ：量測方程式之參數矩陣

$w(t-1), v(t)$ ：誤差項

由於本研究以交通偵測器所蒐集的速度變數作為量測方程式中觀測值之資料來源，而系統方程式則是利用歷史旅行時間資料以時間序列模式來校估系統狀態參數與誤差項起始值。

系統方程式係以描述系統變數之演進結果，理論上，一般時間序列模式(Time Series Models)皆適用於系統狀態方程式之構建，而量測方程式之觀測值則採用路段速度，因此本研究之系統方程式係以路段旅行時間的倒數之自我迴歸模式加以構建。

量測方程式方面則採路段平均速度觀測值，因此以路段速度與旅行時間之關係建構方程式，透過其對應關係，以路段長度為量測方程式之參數矩陣。此外，應用線性卡門濾波模式進行旅行時間推估問題之求解，必須給定系統初始狀態 $X(0)$ 以及 $P(0)$ ，並藉由下列遞迴方程式進行求解：

$$\hat{x}(0)^+ = \bar{x}(0)$$

$$P(0)^+ = P(0)$$

$$\hat{x}(t)^- = \phi(t-1)\hat{x}(t-1)^+$$

$$P(t)^- = \phi(t-1)P(t-1)^+ \phi(t-1)^T + Q(t-1)$$

$$K(t) = P(t)^- A(t)^T [A(t)P(t)^- A(t)^T + R(t)]^{-1}$$

$$\hat{x}(t)^+ = \hat{x}(t)^- + K(t)[z(t) - A(t)\hat{x}(t)^-]$$

$$P(t)^+ = P(t)^- - K(t)A(t)P(t)^-$$

最後，所推估之 $X(t)$ 為旅行時間之倒數，需加以換算後，才是所需之路段旅行時間推估值。



第五章 實驗設計與資料分析

本研究以 Oh 模式【5】與類神經網路模式推估都市幹道旅行時間，並以真實交通路況調查資料來作為模式實證分析之基礎，以評估不同模式之績效表現。此外，針對交通偵測器佈設策略研擬的部分，擬將以績效較佳之模式為依據，將實際調查所得之各項交通參、變數代入模式中，並分別以縱向、橫向與數量等三個角度設計不同情境加以分析，來獲得較佳之交通偵測器佈設策略。分別說明實驗設計與分析結果如下。

5.1 實驗設計

5.1.1 實驗路徑基本資料

由於都市幹道相對於高（快）速公路之複雜性明顯增加，而且影響車流行為之因子亦較多，故本研究於挑選實測地點時，考慮資料取得性、路型種類、車種組成與其他種種因素下，擬定兩處實驗路徑。本研究所擬定之實驗路徑分為兩處，其最主要之差異為車種組成與路段長度，是否有機車之干擾。都市幹道中，不論是供給面或需求面，影響車流行為的因素均相當的多，供給面之影響，如：路段長度、車道數與號誌化與否等等，在需求面方面，機車有無、車流量之多寡亦是影響都市幹道車流行為的主要原因。因此本研究擬定台北市堤頂大道與舊宗路兩處作為調查實驗地點，實測路段範圍如圖 5.1 所示。以下將分別敘述兩處調查地點之基本資料。



圖 5.1 實測調查路段範圍圖

一、堤頂大道

堤頂大道之調查地點為堤頂大道與民權東路之交叉口為起點，堤頂大道與舊宗路交叉口為迄點，其調查範圍如圖 5.1 所示。本實驗路徑為一個路段與一個路口之路徑組合，調查地點如圖 5.2 所示。

1. 調查範圍長度：路段長度為 840 公尺，含路口則總長度為 870 公尺。
2. 車道數：雙向八車道，本研究僅探討北上單向之車流行為。

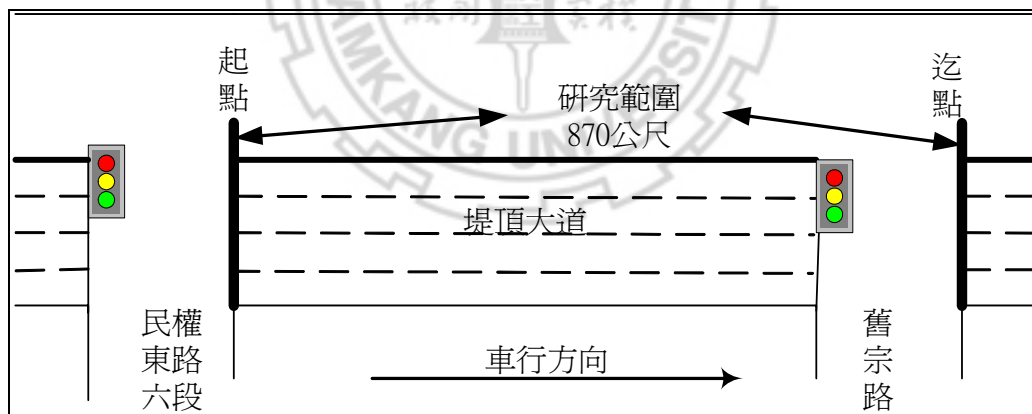


圖 5.2 堤頂大道調查範圍圖

二、舊宗路

舊宗路之調查地點為舊宗路二段與無名巷弄之交叉口為起點，舊宗路二段與中山高速公路匝道之交叉路口為迄點，其調查範圍如圖 5.3 所示。本實驗路徑為兩個路段與兩個路口之路徑組合，調查地點如圖 5.3 所示。

1. 調查範圍長度：路段長度為 346 公尺，含路口則總長度為 362 公尺。
2. 車道數：雙向六車道，本研究僅探討北上單向三車道之車流行為。

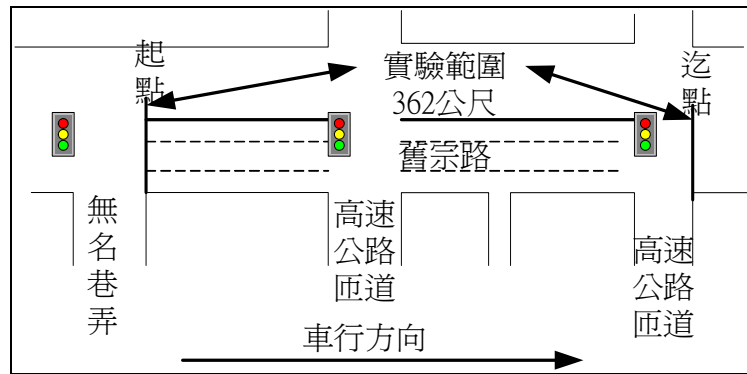


圖 5.3 舊宗路調查範圍圖

5.1.2 實驗設計

一、實驗調查項目

本研究欲調查的資料項目包括車牌辨識總旅行時間調查、停等延滯調查、路口轉向流量調查、路段流量調查等四項調查工作，其中車牌辨識總旅行時間之調查目的為模式計算後的績效評估比較基準；而路段流量調查的目的在於與偵測器偵測值進行比對，以驗證偵測器之可信度；停等延滯調查目的則是做為路口延滯比較基準，路口轉向流量調查目的為瞭解系統流入與流出之變動情形，亦可作為偵測器輸出比對輔助之用，各項調查工作說明如下：

1. 車牌辨識旅行時間調查：為得到研究範圍之都市幹道總旅行時間，利用車牌抄錄法，比對研究路段起迄點之車輛所花費的時間，以獲得每個時階之平均旅行時間真值。

(1)調查地點：堤頂大道之調查地點如圖 5.4a；舊宗路之調查配置如圖 5.4b 所示。

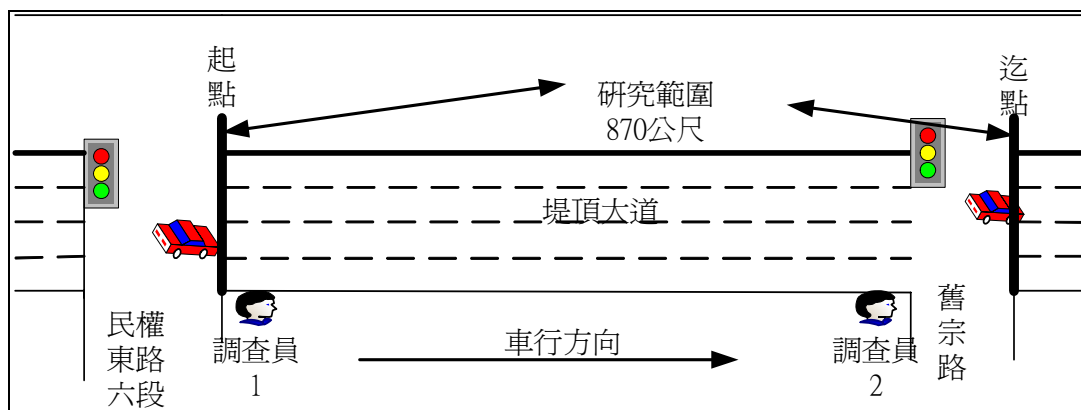


圖 5.4a 堤頂大道車牌辨識旅行時間調查位置

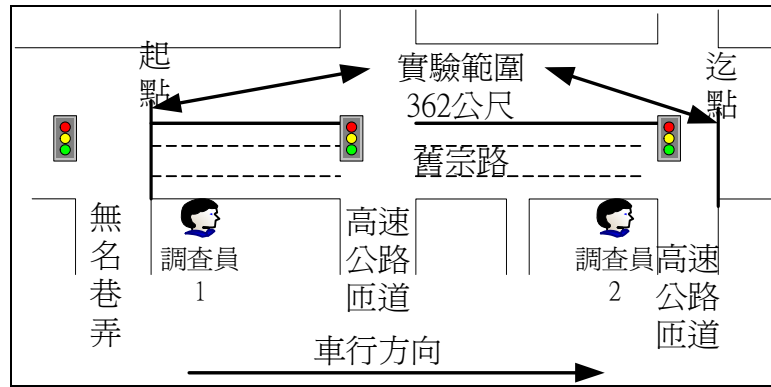


圖 5.4b 舊宗路車牌辨識旅行時間調查位置

(2)調查方式：

- A. 車牌調查員於調查點 1 與調查點 2 採隨機抽樣方式，分別將通過起迄點之車輛車牌抄錄至車牌調查登記表。
- B. 抄錄員需一併記錄車輛通過起迄點之時間，含時、分、秒。
- C. 調查時間內需完整抄錄通過之車輛車牌號碼為原則。

2. 停等延滯調查：藉由調查研究範圍內之停等延滯情形，以紀錄幹道真實延滯之情形，作為績效比對之依據。

(1)調查地點：堤頂大道之調查地點如圖 5.5a；舊宗路之調查配置如圖 5.5b 所示。

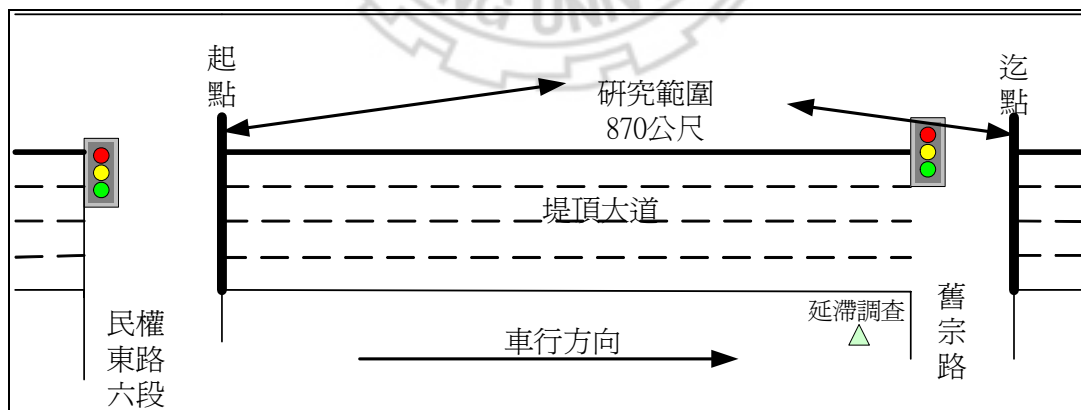


圖 5.5a 堤頂大道停等延滯調查範圍

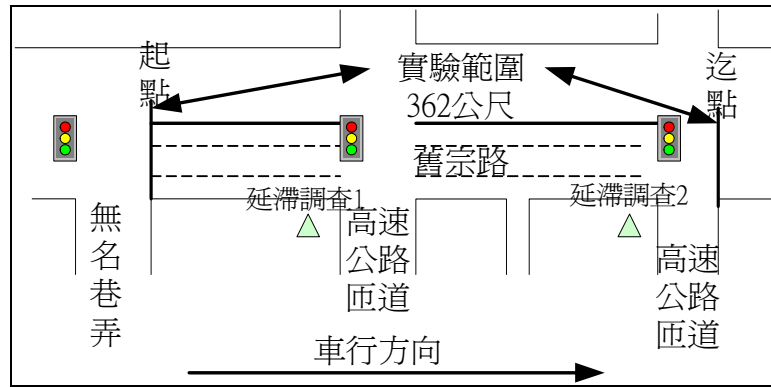


圖 5.5b 舊宗路停等延滯調查範圍

(2)調查方式：

A.於接近路口處進行停等延滯調查，調查員甲負責計時與報時，調查員乙於 0 秒、15 秒、30 秒、45 秒紀錄停止車輛。

B.以時階長度為基礎，求出每時階內路口之總延滯，其計算方式：總延滯（輛一秒）：調查時間內每 0 秒、15 秒、30 秒、45 秒，紀錄該路口內總停車數乘 15 秒所得值，再運用總延滯時間來求出平均每車停等延滯時間。

3. 路口轉向流量調查：為瞭解系統流進流出運作情形之變化，並作為偵測器流量變化與可信度評估參考之輔助。

(1)調查地點：堤頂大道之調查地點如圖 5.6a；舊宗路之調查配置如圖 5.6b 所示。

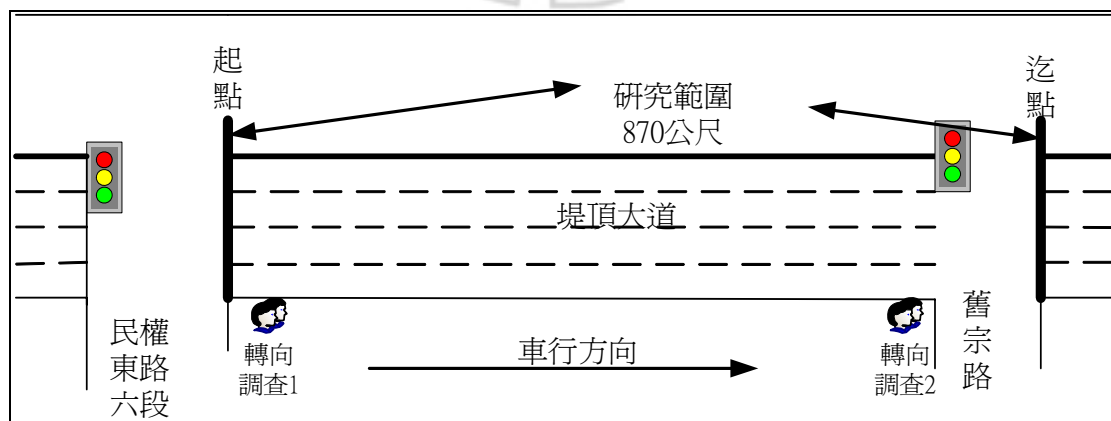


圖 5.6a 堤頂大道轉向調查範圍

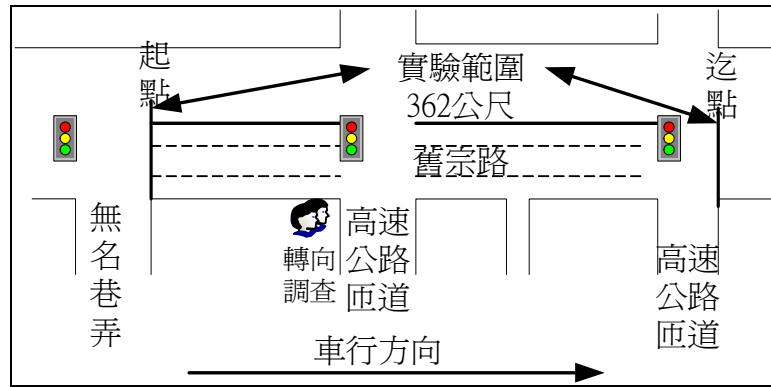


圖 5.6b 舊宗路轉向調查範圍

(2)調查方式：

A.於轉向調查點之路口進行車輛轉向調查，調查員一至兩名，分別調查所屬車道轉向情形，每五分鐘登記轉向車數，並分不同車種加以記錄。

B.車種分為大車、小車與機車三種。

4. 路段流量調查暨車輛偵測器資料蒐集調查：藉由先進交通偵測設施蒐集車流資料，並以所蒐集之資料（包含：流量、速度、佔有率）來推估市區幹道旅行時間。並輔以人工於特定偵測器位置進行流量調查，以驗證偵測器之可信度。

(1)調查地點：堤頂大道之調查地點如圖 5.7a；舊宗路之調查配置如圖 5.7b 所示。

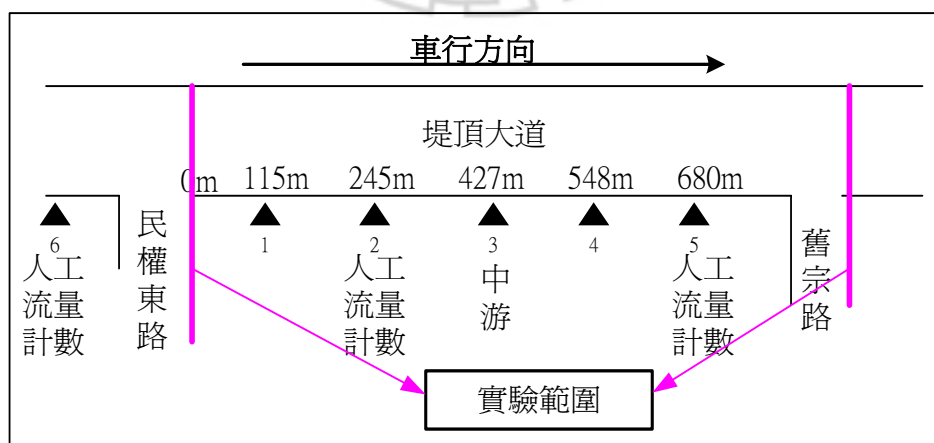


圖 5.7a 堤頂大道流量調查範圍示意圖

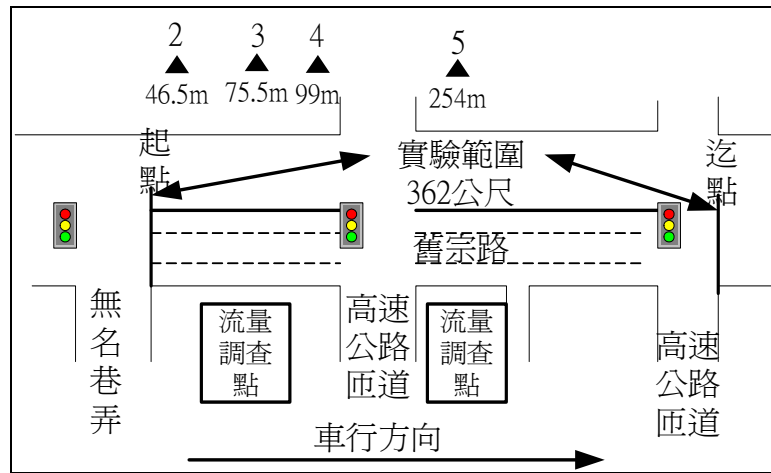


圖 5.7b 舊宗路流量調查示意圖

(2)調查方式：

- A. 車輛偵測器採用固定式架設，架設於路側之路燈柱上，其架設方式如圖 5.8 與圖 5.9 所示。
- B. 在堤頂大道部分，約間距每 100 公尺佈設一具車輛偵測器，因為採固定式架設，需考慮架設地點是否有合適之路燈柱，故最後架設配置如圖 5.7a 所示，在實驗範圍內共佈設五組車輛偵測器，另多佈設一組於上游路段，以觀測進入系統之流量。並於點 2 與點 5 的位置進行人工流量調查，由調查員分別調查各車道之車輛數，並將車種分為大車、小車、機車等三種，每五分鐘登記於流量調查表上。
- C. 在舊宗路部分，由於其街廓較短，故僅佈四組偵測器，亦是採用固定式架設，由於路況之限制，本地點是採用架設於對向路側，其架設配置如圖 5.7b 所示。人工流量計數部分配置於點 3 與點 5 兩處，調查方式與堤頂大道相同。
- D. 需隨時注意偵測器電源連結情形。

(3)偵測器資料收集方式：由於本研究採用微波雷達式車輛偵測器 SmartSensor 來作為調查工具，其輸出資料有兩種設定，一種是以固定時間間隔（Time based）來輸出資料，另一種則是以車輛單元（Vehicle based）為基礎來蒐集資料，本研究因應旅行時間推估模式之需求，故採用固定時間間隔輸出方式。

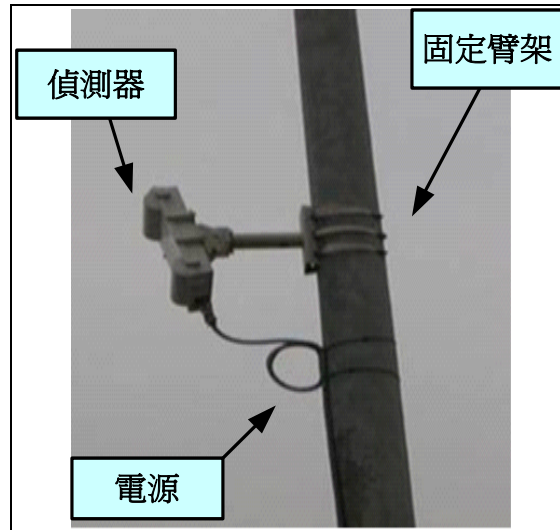


圖 5.8 偵測器架設方式



圖 5.9 偵測器架設於路燈柱示意圖

5.1.3 評估準則

為瞭解模式之績效表現，我們採用某些評估準則來評比模式輸出值(推估值)與真實調查值的差距。當樣本數為 N 時，常用之評估準則有下列數種：

1. 平均誤差(Mean Error)

$$ME = \frac{\sum_{t=1}^N (\text{估計值}_t - \text{實際值}_t)}{N}$$

2. 平均百分誤差(Mean Persent Error)

$$MPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{(\text{估計值}_t - \text{實際值}_t)}{\text{實際值}_t} \times 100\%$$

3. 平均誤差平方和(Mean Square Error)

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^N (\text{估計值}_t - \text{實際值}_t)^2}{N}$$

4. 平均絕對誤差(Mean Absolute Error)

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^N |\text{估計值}_t - \text{實際值}_t|}{N}$$

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

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{|\text{估計值}_t - \text{實際值}_t|}{\text{實際值}_t} \times 100\%$$

6. 根均方誤差(RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (\text{估計值}_t - \text{實際值}_t)^2}$$

本研究預計採用平均絕對百分誤差、與根均方誤差此兩項評估準則，作為評估實驗結果分析之用。而主要評比誤差是以 MAPE 指標為主，其模式評估能力如表 5.1-1 所示。

表 5.1-1 模式推估能力評估準則

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

資料來源：【28】

由於目前旅行時間推估模式的績效指標並沒有公認的評比標準，本研究整理國內、外相關研究之績效分析如表 5.1-2 所示。由表 5.1-2 可發現過去相關研究中，不同的旅行時間推估模式所達到之績效。

表 5.1-2 相關研究績效結果

方法論	作者	績效
車流理論	Oh 等人【5】	MAPE < 3%
	Peterson 與 Geoffrose【7】	MPE : 2.2%
類神經網路	Dia【12】	MAPE < 10%
	林士傑【14】	MAPE 5% ~50%
	張修榕【15】	RMSE < 10%
卡門濾波模式	Dailey【22】	RMS : 0.07
	Lee 與 Choi【24】	MSE < 14

資料來源：本研究整理

5.1.4 實驗流程

本研究將實測調查所得之偵測器資料先以迴歸分析法驗證變數間之關係後，應用車流理論模式與類神經網路模式來推估旅行時間，並評估出績效較佳之模式。其次，再將不同情境設計之偵測器佈設策略，包括縱向策略分析、橫向策略分析與數量策略分析等情境設計，並以模式分析結果來獲得表現最佳之偵測器佈設策略，其實驗流程如圖 5.10 所示。

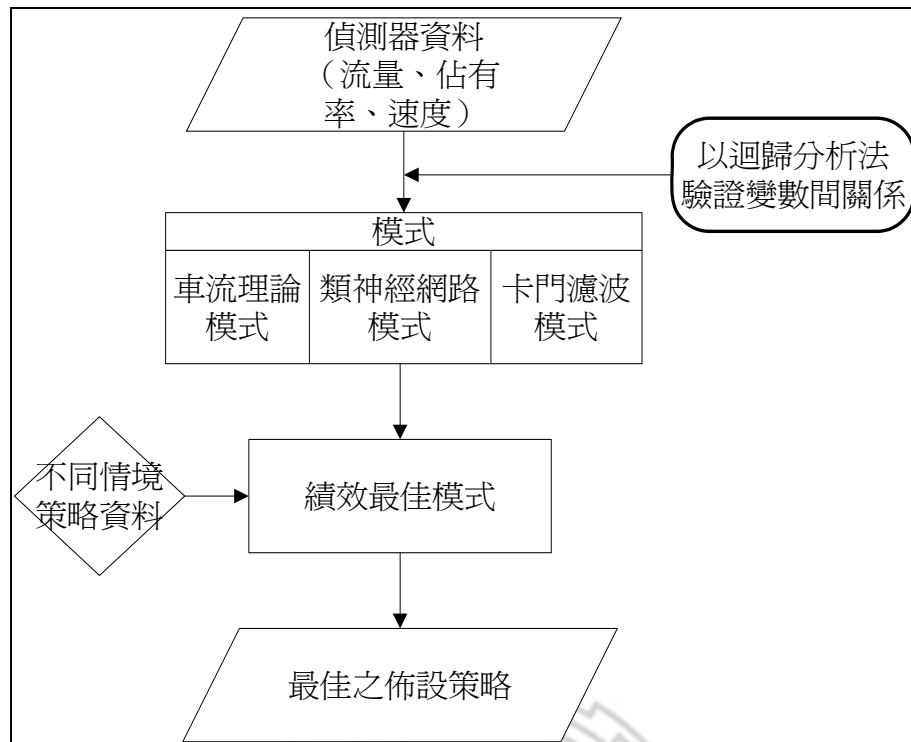


圖 5.10 實驗流程圖

5.2 資料分析

1. 資料來源：本研究以 SmartSensor 微波雷達式交通偵測器蒐集相關交通變數資料，並以車牌登錄法紀錄實驗範圍內之真實旅行時間值。
2. 實驗地點：
 - A. 台北市內湖區堤頂大道
 - B. 台北市內湖區舊宗路
3. 簡單線性迴歸：本研究分別以流量、速度、佔有率與密度四個不同變數作為模式之自變數，應變數則假設為旅行時間。
 - A. 台北市內湖區堤頂大道：樣本數為 100 筆資料。

(1) 流量與旅行時間

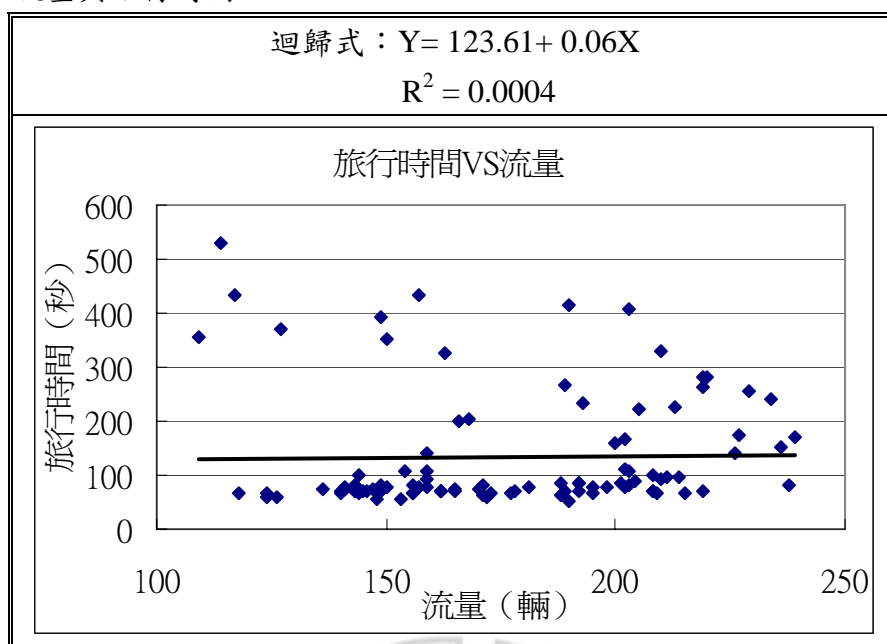


表 5.2-1 堤頂大道之流量 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	1	416.62	416.62	0.035	0.85
殘差	99	1181655	11935.91		
總和	100	1182072			

表 5.2-2 堤頂大道之流量 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	123.61	59.90	2.06	0.041
β	0.06	0.34	0.19	0.852

依據流量與旅行時間之散佈圖與簡單迴歸分析發現，流量與旅行時間的線性相關度很低，其 R-square 值僅 0.0004，也就是說流量與旅行時間無法以線性關係加以描述。另外根據 β 之 T 檢定值，可發現其 T 值僅 0.19，表示 β 之顯著性相當低，也就是流量變數無法有效解釋旅行時間的變動。

(2) 速度與旅行時間

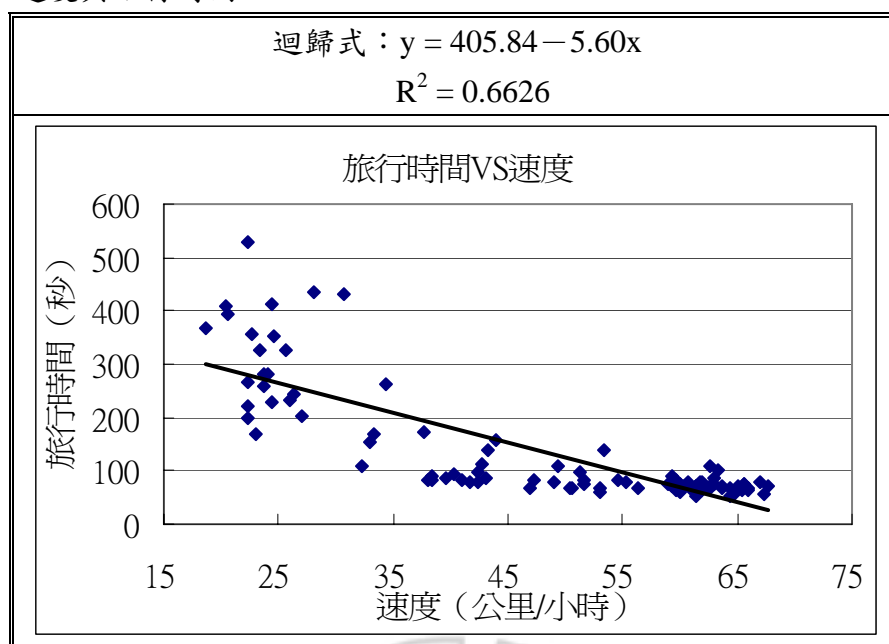


表 5.2-3 堤頂大道之速度 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	1	783271.7	783271.7	194.443	4.28E-25
殘差	99	398800.2	4028.285		
總和	100	1182072			

表 5.2-4 堤頂大道之速度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	405.84	20.45	19.85	2.7916E-36
β	-5.60	0.40	-13.94	4.283E-25

依據速度與旅行時間之散佈圖與簡單迴歸分析發現，速度與旅行時間的配適度尚佳，其 R-square 值大於 0.6，也就是說速度與旅行時間有一定程度之線性關聯性，由 F 檢定結果也表示此迴歸式有一定的解釋能力，此項結果亦符合先驗知識，當路段長度不變的情況，車流之速度與通過路段所花費之時間應具有一定的關係存在，且此關係應呈現負相關的情形。根據 β 之參數估計結果發現 β 為負數，表示速度與旅行時間是呈現負相關的情形，此外速度之 P-值很低，代表「速度」變數對於旅行時間的解釋能力顯著。

(3) 佔有率與旅行時間

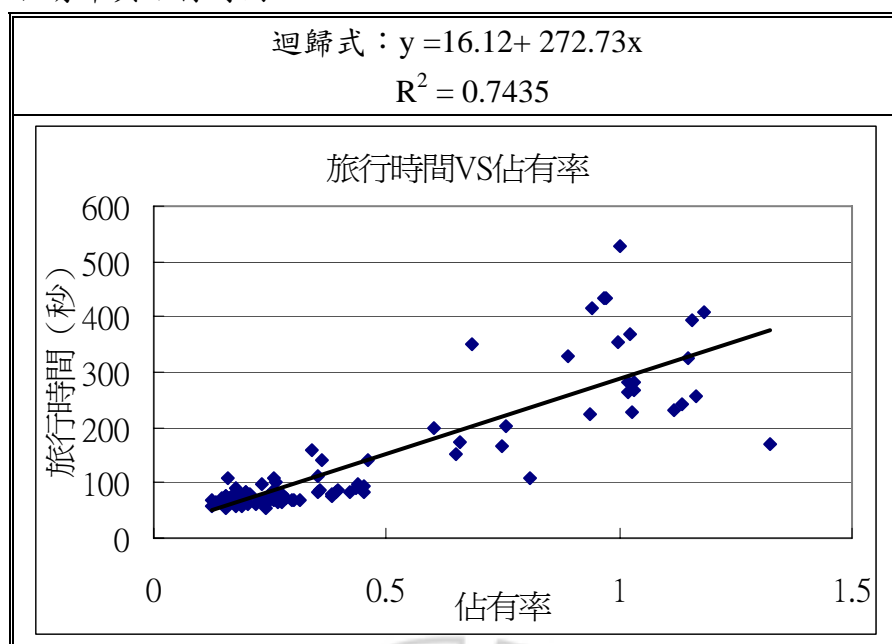


表 5.2-5 堤頂大道之佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	1	878892.1	878892.1	286.99	5.18E-31
殘差	99	303179.8	3062.42		
總和	100	1182072			

表 5.2-6 堤頂大道之佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	16.12	8.90	1.81	0.073
β	272.73	16.10	16.94	5.18E-31

依據佔有率與旅行時間之散佈圖與簡單迴歸分析發現，佔有率與旅行時間的配適度佳，其 R-square 值大於 0.7，也就是說佔有率與旅行時間之線性關聯性高，由 F 檢定結果也表示此迴歸式之解釋能力良好。而根據 β 之參數估計結果發現 β 大於零，表示佔有率與旅行時間是呈現正相關的情形，又佔有率之 P-值很低，代表「佔有率」此變數對於旅行時間的解釋能力顯著。

(4) 密度與旅行時間

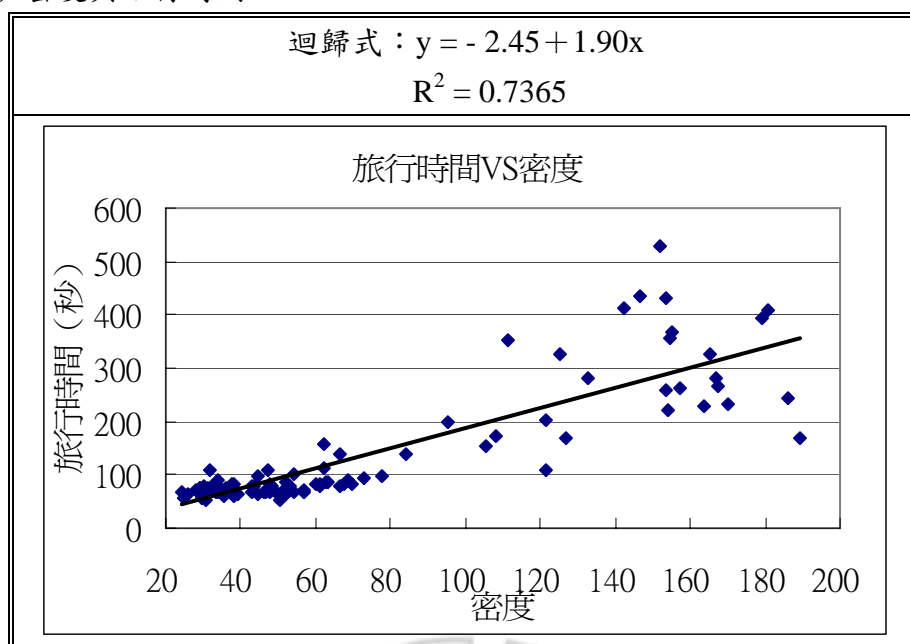


表 5.2-7 堤頂大道之密度 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	1	870628.4	870628.4	276.75	1.97E-30
殘差	99	311443.5	3145.89		
總和	100	1182072			

表 5.2-8 堤頂大道之密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	-2.45	9.95	-0.25	0.81
β	1.90	0.11	16.64	1.97E-30

由於偵測器本身無法輸出密度資料，而密度在巨觀車流理論中為相當重要的變數，故本研究根據車流公式將佔有率轉換為密度後，將密度與旅行時間進行簡單迴歸分析，分析結果顯示類似於佔有率的結果，即迴歸模式仍具顯著性，其 R-square 值也大於 0.7，也就是說密度與旅行時間之關係相類似於佔有率與旅行時間之關聯性，此項結果亦符合先驗知識。

B. 台北市內湖區舊宗路：樣本數為 117 筆資料。

(1) 流量與旅行時間

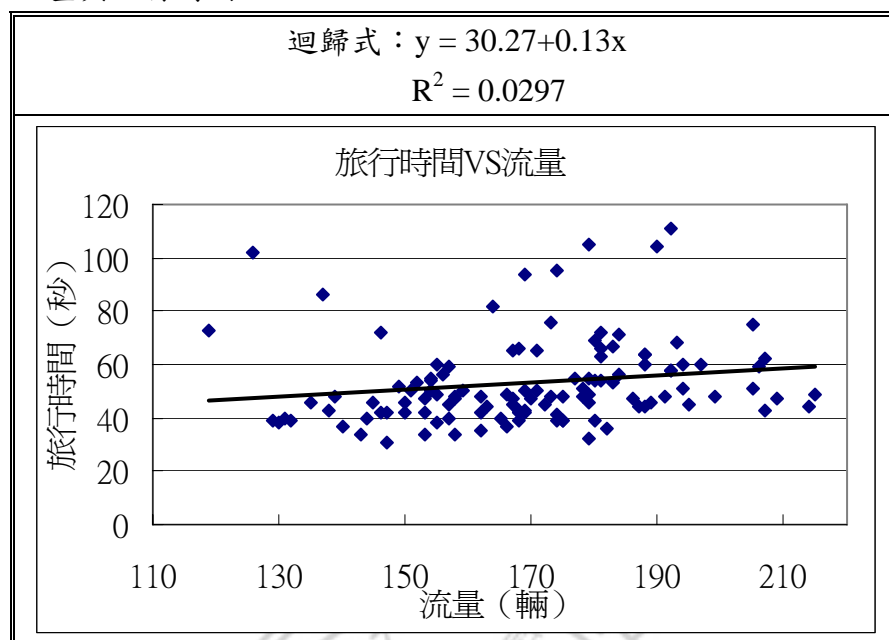


表 5.2-9 舊宗路之流量 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	1	871.24	871.24	3.55	0.062
殘差	116	28500.7	245.70		
總和	117	29371.94			

表 5.2-10 舊宗路之流量 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	30.27	12.07	2.51	0.013
β	0.13	0.07	1.88	0.062

在舊宗路的部分，依據流量與旅行時間之散佈圖與簡單迴歸分析發現，流量與旅行時間的相關度很低，其 R-square 值僅 0.02，也就是說流量與旅行時間無法以線性關係加以描述。另外根據 β 之 T 檢定值，可發現其 T 值 1.88，表示 β 之顯著性相當低，也就是流量變數無法有效解釋旅行時間的變動，此結論與堤頂大道之結論相符合。

(2) 速度與旅行時間

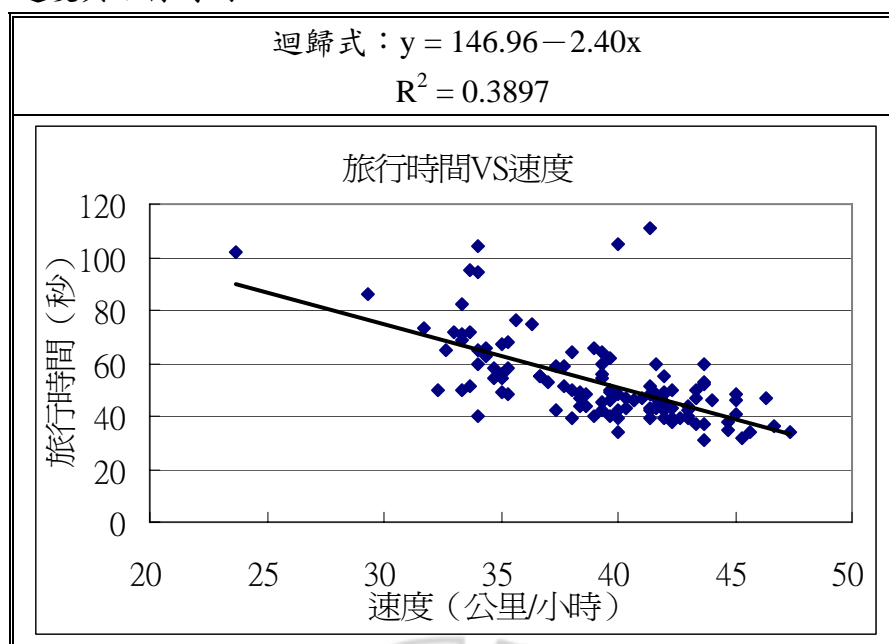


表 5.2-11 舊宗路之速度 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	1	11447.02	11447.02	74.08	4.25E-14
殘差	116	17924.92	154.52		
總和	117	29371.94			

表 5.2-12 舊宗路之速度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	146.96	10.995	13.37	3.12E-25
β	-2.40	0.279	-8.61	4.25E-14

由速度與旅行時間之散佈圖與簡單迴歸分析發現，其結論與堤頂大道相符合，也就是速度與旅行時間的配適度亦佳，雖然其 R-square 值較低，且由 F 檢定結果表示該迴歸式有一定的解釋能力，且根據 β 之參數估計結果發現 β 為負數，表示速度與旅行時間是呈現負相關的情形，此結果符合速度與旅行時間之關係。此外速度變數之 P-值很低，代表「速度」變數對於旅行時間的解釋能力顯著。

(3) 佔有率與旅行時間

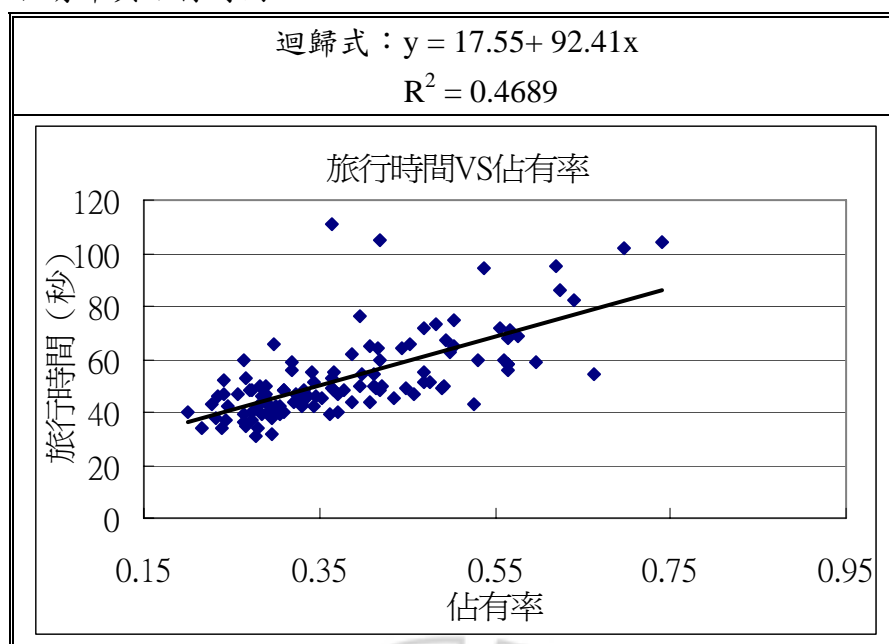


表 5.2-13 舊宗路之佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	1	13772.02	13772.02	102.41	1.23E-17
殘差	116	15599.92	134.48		
總和	117	29371.94			

表 5.2-14 舊宗路之佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	17.55	3.65	4.81	4.55E-06
β	92.41	9.13	10.12	1.23E-17

而依據佔有率與旅行時間之散佈圖與簡單迴歸分析發現，佔有率與旅行時間的配適度尚佳，其 R-square 值大於 0.4，由 F 檢定結果也表示此迴歸式之解釋能力良好，而舊宗路之 R-square 值普遍低於堤頂大道的現象，可認為舊宗路的迴歸關係比較適合以非線性的關係來描述。但根據 β 之參數估計結果發現，佔有率之 P-值很低，代表「佔有率」變數對於旅行時間仍有顯著之解釋能力。

(4) 密度與旅行時間

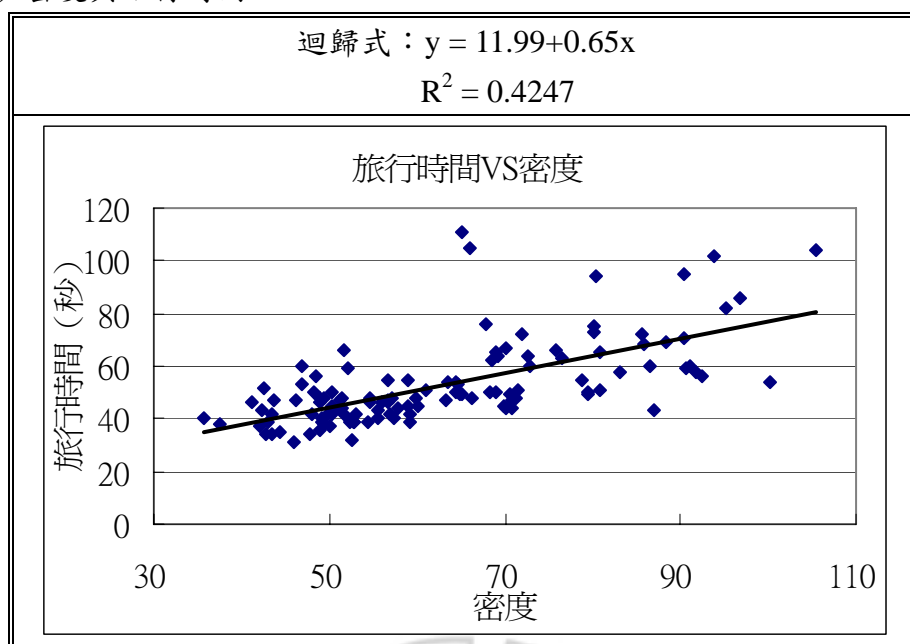


表 5.2-15 舊宗路之密度 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	1	12473.28	12473.28	85.62	1.33E-15
殘差	116	16898.66	145.68		
總和	117	29371.94			

表 5.2-16 舊宗路之密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	11.99	4.55	2.63	0.0096
β	0.65	0.07	9.25	1.33E-15

由於密度為透過佔有率轉換而得，因此其模式之解釋能力，與參數之顯著性與佔有率和旅行時間關係之結果類似。在舊宗路的部分，模式配適度尚佳，迴歸係數皆顯著。

- 多元線性迴歸：本研究之應變數為旅行時間，再分別以流量、速度、佔有率與密度四個不同變數作為模式之自變數，以逐步方式進行多元迴歸分析。由於逐步多元迴歸法，是因為多個變數不同的影響能力，為釐清變數間交互影響關係與對於應變數的解釋能力，鑒於佔有率與密度呈現高度相關與共線性，所以在變數組合上，暫不考慮同時採用佔有率與密度，因此本研究分別將其多元迴歸模式根據自變數的不同，定義六種多元迴歸模式，各項模式型

態定義如下。

(1) 以流量、速度為自變數：模式型態如式 5.1 所示。

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \quad (\text{式 5.1})$$

式中，

Y 為旅行時間。

X_1 代表流量。

X_2 代表速度。

α 、 β_1 與 β_2 迴歸參數。

ε 為誤差項。

(2) 以流量、佔有率為自變數：模式型態如式 5.2 所示。

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \quad (\text{式 5.2})$$

式中，

Y 為旅行時間。

X_1 代表流量。

X_3 代表佔有率。

α 、 β_1 與 β_3 迴歸參數。

ε 為誤差項。

(3) 以流量、密度為自變數：模式型態如式 5.3 所示。

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_4 X_4 + \varepsilon \quad (\text{式 5.3})$$

式中，

Y 為旅行時間。

X_1 代表流量。

X_4 代表密度。

α 、 β_1 與 β_4 迴歸參數 (Regression parameters)。

ε 為誤差項。

(4) 以速度、佔有率為自變數：模式型態如式 5.4 所示。

$$Y = \alpha + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \quad (\text{式 5.4})$$

式中，

Y 為旅行時間。

X_2 代表速度。

X_3 代表佔有率。

α 、 β_2 與 β_3 迴歸參數。

ε 為誤差項。

(5) 以速度、密度為自變數：模式型態如式 5.5 所示。

$$Y = \alpha + \beta_2 X_2 + \beta_4 X_4 + \varepsilon \quad (\text{式 5.5})$$

式中，

Y 為旅行時間。

X_2 代表速度。

X_4 代表密度。

α 、 β_2 與 β_4 迴歸參數。

ε 為誤差項。

(6) 以流量、速度、佔有率為自變數：模式型態如式 5.6 所示。

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \quad (\text{式 5.6})$$

式中，

Y 為旅行時間。

X_1 代表流量。

X_2 代表速度。

X_3 代表佔有率。

α 、 β_1 、 β_2 與 β_3 迴歸參數。

ε 為誤差項。

A. 台北市內湖區堤頂大道

(1) 以流量、速度為自變數

經模式校估結果，其迴歸式： $Y=604.58-0.95X_1-6.26X_2$ ，此模式之 R-square 值為 0.73，也就是模式以流量和速度兩個變數所建構之多元迴歸模式的解釋能力相較於簡單線性迴歸模式佳，增加一個自變數後，模式的配適度顯著增加。而依據參數估計表顯示，流量和速度的係數均顯著。分別參考表 5.2-2 與表 5.2-5 之結果，流量的係數由正轉負，而速度之係數仍維持負值，可見流量與旅行時間為非線性關係，而速度則為良好的解釋變數。

表 5.2-17 堤頂大道之流量、速度 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	868540.1	434270.1	135.74	5.73E-29
殘差	98	313531.8	3199.30		
總和	100	1182072			

表 5.2-18 堤頂大道之流量、速度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	604.58	42.59	14.19	1.65E-25
β_1	-0.95	0.18	-5.16	1.28E-06
β_2	-6.26	0.38	-16.47	5.45E-30

(2) 以流量、佔有率為自變數

迴歸式： $Y=188.19-1.07X_1+307.86X_3$ ，此模式之 R-square 值為 0.83，也就是說以流量和佔有率兩個變數所建構之多元迴歸模式的解釋能力相較於簡單線性迴歸模式佳，增加一個自變數後，模式的配適度顯著增加。而依據參數估計表顯示，流量和佔有率的係數均顯著。

表 5.2-19 堤頂大道之流量、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	985030.3	492515.1	244.96	7.48E-39
殘差	98	197041.7	2010.63		
總和	100	1182072			

表 5.2-20 堤頂大道之流量、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	188.19	24.75615	7.601615	1.78E-11
β_1	-1.07	0.147166	-7.26557	9.02E-11
β_3	307.86	13.91209	22.12926	6.69E-40

(3) 以流量、密度為自變數

迴歸式： $Y=174.43-1.12X_1+2.16X_4$ ，此模式之 R-square 值為 0.83，也就是說以流量和密度兩個變數所建構之多元迴歸模式的解釋能力相較於簡單線性迴歸模式佳，而流量和密度與流量和佔有率為輸入變數之迴歸模式解釋程度一致，此項結果顯示佔有率與密度有高度的共線性，基於模式的精簡原則，佔有率與密度變數擇一即可使模式的配適度增加。而依據參數估計表顯示，流量和密度的係數均顯著。

表 5.2-21 堤頂大道之流量、密度 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	985776.4	492888.2	246.07	6.21E-39
殘差	98	196295.5	2003.02		
總和	100	1182072			

表 5.2-22 堤頂大道之流量、密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	174.43	24.64	7.078	2.21E-10
β_1	-1.12	0.15	-7.58	1.96E-11
β_4	2.16	0.097	22.18	5.55E-40

(4) 速度、佔有率為自變數

迴歸式： $Y=64.88-0.73X_2+241.69X_3$ ，此模式之 R-square 值為 0.74，也就

是說以速度和佔有率兩個變數所建構之多元迴歸模式的解釋能力尚佳，增加一個自變數後，模式的配適度顯著增加。但是依據參數估計表顯示，此迴歸模式有關速度的係數校估值並不顯著，故同時以速度和佔有率進行迴歸較不合適，但係數正負號符合先驗知識。

表 5.2-23 堤頂大道之速度、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	880763.8	440381.9	143.2336	8.17E-30
殘差	98	301308.1	3074.572		
總和	100	1182072			

表 5.2-24 堤頂大道之速度、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	64.88	63.13	1.028	0.31
β_2	-0.73	0.93	-0.78	0.44
β_3	241.69	42.92	5.63	1.71E-07

(5) 速度、密度為自變數

迴歸式： $Y=75.9-1.12X_2+1.57X_4$ ，此模式之 R-square 值為 0.74，也就是說以速度和密度兩個變數所建構之多元迴歸模式的解釋能力尚佳，由 R-square 值可發現，以速度加上佔有率或密度之模式解釋能力呈現相同的強度。而依據參數估計表顯示，此迴歸模式中密度之係數顯著，但是速度之係數則不顯著，故同時以速度和密度建構迴歸模式較不合適，但係數校估結果符合先驗知識。

表 5.2-25 堤頂大道之速度、密度 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	875531	437765.5	139.952	1.9E-29
殘差	98	306541	3127.969		
總和	100	1182072			

表 5.2-26 堤頂大道之速度、密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	75.90	63.37	1.20	0.233888
β_2	-1.12	0.90	-1.25	0.213575
β_4	1.57	0.29	5.43	4.08E-07

(6) 流量、速度、佔有率為自變數

迴歸式： $Y=250.41-1.06 X_1-0.92X_2+269.08X_3$ ，此模式之 R-square 值為 0.83，也就是說以流量、速度和佔有率三個變數建構之多元迴歸模式的解釋能力佳，將自變數增加為三個後，模式的配適度雖有增加，但是並沒有提高至較以流量、佔有率兩個自變數之水準高，且此迴歸模式中速度的係數亦不顯著，因此根據堤頂大道之測試資料顯示以及考慮模式精簡原則，並不需要以三個自變數來構建迴歸模式。

表 5.2-27 堤頂大道之流量、速度、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	3	987980.6	329326.9	164.59	6.39E-38
殘差	97	194091.3	2000.94		
總和	100	1182072			

表 5.2-28 堤頂大道之流量、速度、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準誤	T 檢定	P-值
α	250.41	56.89	4.40	2.76E-05
β_1	-1.06	0.15	-7.32	7.25E-11
β_2	-0.92	0.75	-1.21	0.227589
β_3	269.08	34.83	7.72	1.02E-11

B. 台北市內湖區舊宗路

(1) 以流量、速度為自變數

其迴歸式： $Y=127.58+0.11X_1-2.37X_2$ ，此模式之 R-square 值為 0.4，也就是說以流量和速度兩個變數所建構之多元迴歸模式的解釋能力並沒有優於簡

單線性迴歸模式。而依據參數估計表顯示，流量和速度的係數均顯著。

表 5.2-29 舊宗路之流量、速度 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	12015.49	6007.75	39.81	7.29E-14
殘差	115	17356.45	150.93		
總和	117	29371.94			

表 5.2-30 舊宗路之流量、速度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	127.58	14.76	8.65	3.67E-14
β_1	0.11	0.06	1.94	0.054735
β_2	-2.37	0.28	-8.60	4.83E-14

(2) 以流量、佔有率為自變數

迴歸式： $Y=32-0.1X_1+99.7X_3$ ，此模式之 R-square 值為 0.48，也就是說以流量和佔有率兩個變數所建構之多元迴歸模式的解釋能力相較於其他簡單線性迴歸模式佳，增加一個自變數後，模式的配適度略微增加，但是依據參數估計表顯示，流量的係數並不顯著。

表 5.2-31 舊宗路之流量、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	14194.3	7097.15	53.77	3.26E-17
殘差	115	15177.64	131.98		
總和	117	29371.94			

表 5.2-32 舊宗路之流量、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	32.00	8.85	3.62	0.000446
β_1	-0.10	0.06	-1.79	0.076289
β_3	99.70	9.92	10.05	1.98E-17

(3) 以流量、密度為自變數

迴歸式： $Y=31.22-0.15X_1-0.74X_4$ ，此模式之 R-square 值為 0.45，也就是說以流量和密度兩個變數所建構之多元迴歸模式的解釋能力沒有比以流量和佔有率為自變數之迴歸模式佳，但兩者差距不大，而且依據參數估計表顯示，流量和密度的係數均顯著，所以此迴歸模式優於以流量和佔有率為自變數之迴歸模式。

表 5.2-33 舊宗路之流量、密度 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	13292.8	6646.4	47.53588	8.99E-16
殘差	115	16079.14	139.8186		
總和	117	29371.94			

表 5.2-34 舊宗路之流量、密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	31.22	9.11	3.43	0.000846
β_1	-0.15	0.06	-2.42	0.017041
β_4	0.74	0.08	9.43	5.65E-16

(4) 速度、佔有率為自變數

迴歸式： $Y=63.03-0.92X_2+67.61X_3$ ，此模式之 R-square 值為 0.49，也就是說以速度和佔有率兩個變數所建構之多元迴歸模式的解釋能力佳，增加一個自變數後，模式的配適度增加。且依據參數估計表顯示，此迴歸模式中係數校估結果皆顯著，故同時以速度和佔有率進行迴歸分析原則上合適。

表 5.2-35 舊宗路之速度、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	14455.99	7227.994	55.72687	1.2E-17
殘差	115	14915.95	129.7039		
總和	117	29371.94			

表 5.2-36 舊宗路之速度、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	63.03	20.13	3.13	0.002206
β_2	-0.92	0.40	-2.30	0.023466
β_3	67.61	14.04	4.82	4.49E-06

(5) 速度、密度為自變數

迴歸式： $Y=74.3-1.22X_2+0.42X_4$ ，此模式之 R-square 值為 0.47，由 R-square 值可發現，以速度加上佔有率或密度之模式解釋能力呈現同樣的強度，也就是說以速度和密度兩個變數所建構之多元迴歸模式的解釋能力與以速度和佔有率所建構之迴歸模式相近。而依據參數估計表顯示，此迴歸模式中之係數較顯著，故密度比佔有率適合於和速度同組來建構迴歸模式。

表 5.2-37 舊宗路之速度、密度 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	13834.94	6917.47	51.20	1.25E-16
殘差	115	15537	135.10		
總和	117	29371.94			

表 5.2-38 舊宗路之速度、密度 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	74.30	20.11	3.69	0.000339
β_2	-1.22	0.39	-3.17	0.001925
β_4	0.42	0.10	4.20	5.21E-05

(6) 流量、速度、佔有率為自變數

迴歸式： $Y=62.13-0.05X_1-0.74X_2+76.21X_3$ ，此模式之 R-square 值為 0.49，也就是說以流量、速度和佔有率三個變數建構之多元迴歸模式的解釋能力為最佳之迴歸模式，但是此迴歸模式中流量和速度的係數均不顯著，因此根據舊宗路之測試資料顯示且考慮模式精簡原則，仍不適合以三個自變數來構建迴歸模式。

表 5.2-39 舊宗路之流量、速度、佔有率 VS 旅行時間 ANOVA 表

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	3	14551.97	4850.655	37.31	7.09E-17
殘差	114	14819.98	129.999		
總和	117	29371.94			

表 5.2-40 舊宗路之流量、速度、佔有率 VS 旅行時間迴歸模式參數估計表

	係數	標準差	T 檢定	P-值
α	62.13	20.18	3.079	0.002601
β_1	-0.05	0.06	-0.859	0.392015
β_2	-0.74	0.45	-1.659	0.099927
β_3	76.21	17.25	4.417	2.29E-05

5. 小結

透過上述之分析可以發現，以多個變數所建構迴歸模式，雖然其 R-square 值大多會提高，但是相對而言模式係數的顯著性卻也有可能降低，歸納其因，從散佈圖可發現，變數間的趨勢多呈現非線性的關係，因此以線性迴歸方式建構旅行時間模式，較無法全面性的描述真實世界的車流情形。

藉由此項分析，本研究發現以流量+速度或流量+佔有率來構建線性迴歸模式，其模式的解釋能力較強，然而速度與佔有率（或密度）結果亦不錯，但係數正負號較不合理。

而本研究與 Sisiopiku 等人之研究結果相較，在流量 VS 旅行時間與佔有率 VS 旅行時間之迴歸關係式，有相類似的結論，也就是流量和旅行時間沒有明顯的相關，佔有率則和旅行時間有正向且線性之關係存在。本研究除分析流量、佔有率兩項變數和旅行時間之關係，更進一步考慮速度、密度與旅行時間之關係，並分析多元迴歸模式之情形，而以上結論對於後續進行類神經模式之輸入項挑選有相當程度之幫助。

第六章 實證分析

6.1 Oh 模式分析結果

6.1.1 Oh 模式分析流程

由於 Oh 模式之推估能力主要在於自由車流旅行時間的估計，而此模式無法反應路口延滯時間，但是本研究仍希冀能進行模式方法論的比較，為使比較基準建立在相同的基礎之上，以客觀評估模式真實的推估能力，故本研究依據 Oh 模式特性，設計分析流程如圖 6.1 所示。

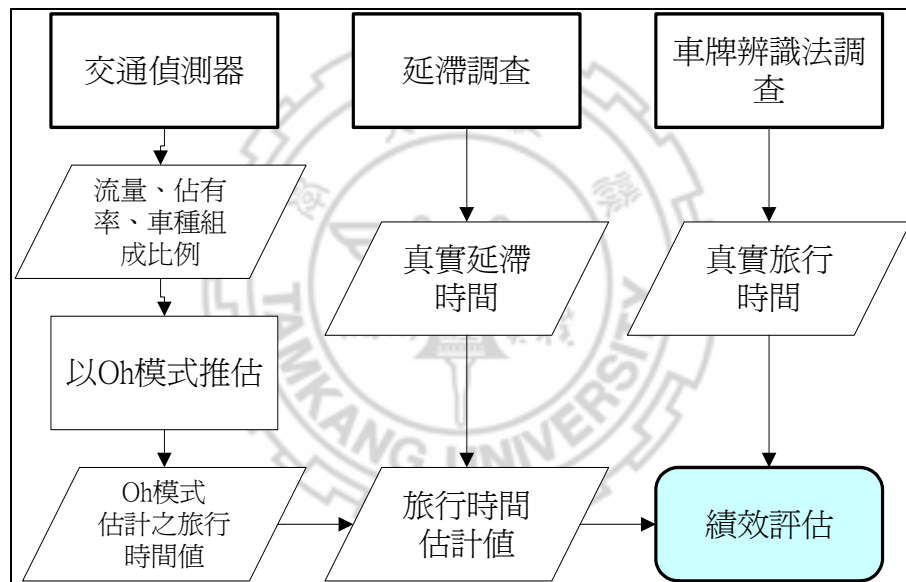


圖 6.1 Oh 模式分析流程圖

6.1.2 堤頂大道分析結果

堤頂大道共有兩天調查資料，分別為 4 月 1 號下午 2 點 45 分起至 5 點 50 分止與 4 月 8 號上午 9 點 30 分起至中午 12 點 30 分止，每五分鐘為一個樣本，共有 73 個樣本，茲將各時階之旅行時間分析結果如表 6.1-1、表 6.1-2 與圖 6.2 所示。

表 6.1-1 堤頂大道旅行時間估計值基本資料分析

統計分析	OH 估計旅行 時間(秒)	調查延滯時間 (秒)	旅行時間 估計值(秒)	真實旅行時間 (秒)
平均數	62	16	77	79
標準誤	2	1	3	2
中間值	60	14	74	74
標準差	16	10	25	20
變異數	242	106	614	411
最小值	46	3	53	53
最大值	124	63	179	174

表 6.1-2 堤頂大道各時階旅行時間相關比較表

調查 日期	編 號	開始 時間	OH 模式旅 行時間(秒)	調查延滯 時間(秒)	旅行時間 估計值(秒)	真實旅行 時間 (秒)	平均誤差 百分比
4 月 1 號	1	14:45:00	80.90	21.48	102.37	95.00	7.76
	2	14:50:00	72.84	24.69	97.52	99.00	-1.49
	3	14:55:00	84.75	10.37	95.12	97.00	-1.94
	4	15:00:00	69.31	18.19	87.50	109.00	-19.72
	5	15:05:00	76.56	26.00	102.56	91.00	12.71
	6	15:10:00	75.36	12.03	87.39	67.00	30.43
	7	15:15:00	76.27	15.01	91.28	85.00	7.39
	8	15:20:00	63.70	17.98	81.68	75.00	8.91
	9	15:25:00	72.35	16.49	88.83	112.00	-20.69
	10	15:30:00	66.84	19.81	86.64	59.00	46.85
	11	15:35:00	80.48	23.13	103.61	83.00	24.83
	12	15:40:00	75.09	20.23	95.33	83.00	14.85
	13	15:45:00	72.80	19.61	92.41	88.00	5.02
	14	15:50:00	62.77	18.99	81.76	83.00	-1.50
	15	15:55:00	82.27	17.11	99.38	84.00	18.31
	16	16:00:00	71.64	23.12	94.76	79.00	19.95
	17	16:05:00	75.81	29.12	104.93	84.00	24.92
	18	16:10:00	75.22	21.39	96.61	69.00	40.02
	19	16:15:00	76.69	20.15	96.84	78.00	24.16
	20	16:20:00	69.18	18.90	88.08	69.00	27.65
	21	16:25:00	72.36	14.02	86.37	77.00	12.17
	22	16:30:00	60.65	13.62	74.28	63.00	17.90
	23	16:35:00	62.29	13.23	75.52	65.00	16.18

表 6.1-2 堤頂大道各時階旅行時間相關比較表（續）

調查日期	編號	開始時間	OH 模式旅行時間(秒)	調查延滯時間(秒)	旅行時間估計值(秒)	真實旅行時間(秒)	平均誤差百分比
4月1號	24	16:40:00	63.49	12.00	75.49	77.00	-1.96
	25	16:45:00	61.68	15.24	76.92	66.00	16.54
	26	16:50:00	61.89	18.47	80.37	53.00	51.63
	27	16:55:00	64.01	12.04	76.05	72.00	5.63
	28	17:00:00	62.06	13.92	75.98	70.00	8.55
	29	17:05:00	63.87	15.79	79.66	72.00	10.64
	30	17:10:00	64.32	12.75	77.07	67.00	15.02
	31	17:15:00	60.62	15.45	76.07	86.00	-11.55
	32	17:20:00	58.17	18.15	76.32	69.00	10.61
	33	17:25:00	60.85	15.58	76.43	101.00	-24.33
	34	17:30:00	63.11	35.48	98.59	79.00	24.79
	35	17:35:00	123.64	55.38	179.02	140.00	27.87
	36	17:40:00	104.60	46.84	151.44	152.00	-0.37
	37	17:45:00	111.20	63.08	174.27	174.00	0.16
4月8號	38	09:30:00	48.99	5.66	54.65	63.00	-13.25
	39	09:35:00	59.86	6.80	66.66	69.00	-3.40
	40	09:40:00	51.82	3.40	55.22	59.00	-6.41
	41	09:45:00	52.29	4.38	56.68	66.00	-14.13
	42	09:50:00	48.06	5.36	53.43	69.00	-22.57
	43	09:55:00	58.79	8.70	67.49	82.00	-17.70
	44	10:00:00	51.39	9.56	60.96	82.00	-25.66
	45	10:05:00	47.69	11.08	58.77	75.00	-21.64
	46	10:10:00	47.29	12.60	59.90	74.00	-19.06
	47	10:15:00	50.71	14.55	65.26	75.00	-12.99
	48	10:20:00	55.94	10.03	65.97	77.00	-14.32
	49	10:25:00	48.61	9.89	58.50	72.00	-18.76
	50	10:30:00	48.32	9.75	58.07	67.00	-13.33
	51	10:35:00	48.81	9.62	58.43	80.00	-26.96
	52	10:40:00	47.16	9.93	57.09	57.00	0.16
	53	10:45:00	50.96	9.03	59.99	71.00	-15.50
	54	10:50:00	46.75	8.14	54.89	54.00	1.64
	55	10:55:00	47.95	13.94	61.89	67.00	-7.63
	56	11:00:00	48.43	9.44	57.87	74.00	-21.79
	57	11:05:00	47.74	10.18	57.92	73.00	-20.66

表 6.1-2 堤頂大道各時階旅行時間相關比較表（續）

調查日期	編號	開始時間	OH 模式旅行時間(秒)	調查延滯時間(秒)	旅行時間估計值(秒)	真實旅行時間(秒)	平均誤差百分比
4月8號	58	11:10:00	49.68	10.92	60.59	75.00	-19.21
	59	11:15:00	50.44	14.04	64.49	77.00	-16.25
	60	11:20:00	50.74	6.10	56.84	76.00	-25.21
	61	11:25:00	50.06	13.66	63.72	71.00	-10.25
	62	11:30:00	50.14	21.23	71.37	91.00	-21.57
	63	11:35:00	46.61	12.21	58.82	71.00	-17.15
	64	11:40:00	49.77	9.46	59.23	72.00	-17.74
	65	11:45:00	49.50	7.99	57.50	65.00	-11.54
	66	11:50:00	48.15	6.53	54.67	109.00	-49.84
	67	11:55:00	48.79	9.56	58.34	65.00	-10.24
	68	12:00:00	50.03	6.44	56.47	67.00	-15.72
	69	12:05:00	46.42	7.28	53.70	58.00	-7.41
	70	12:10:00	46.95	8.13	55.08	67.00	-17.80
	71	12:15:00	50.10	14.78	64.88	74.00	-12.33
	72	12:20:00	48.43	9.79	58.21	73.00	-20.25
	73	12:25:00	47.12	10.61	57.73	72.00	-19.82

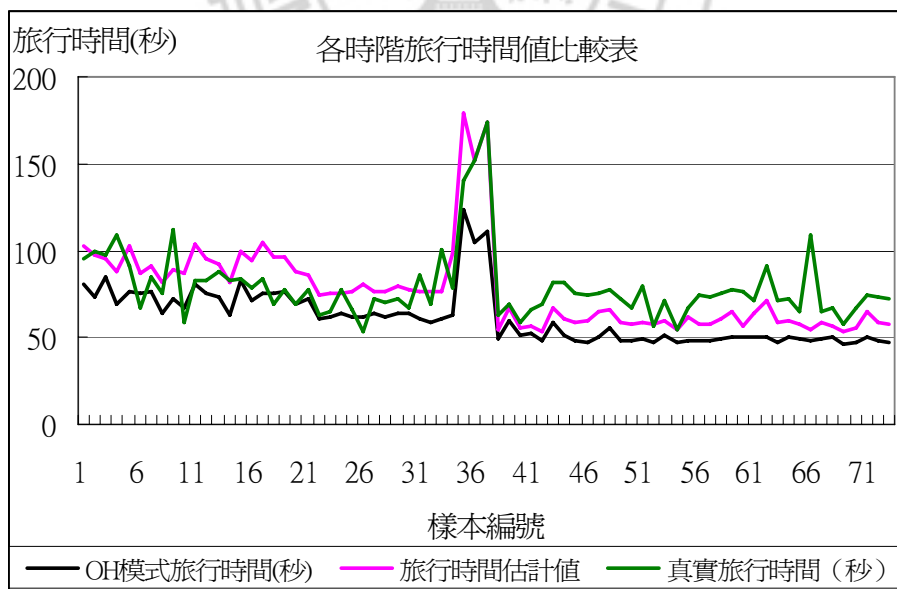


圖 6.2 堤頂大道各時階旅行時間值比較圖

本研究以堤頂大道交通調查中，藉由偵測器所蒐集之各時階內車輛數、佔有率及車種比例之資料，分別代入模式中輸入項進行求解，由於本研究應用 Oh 模式推估路段旅行時間時，係假設以單偵測器推估某路段長度 (ΔX) 的自由車流

旅行時間，而自由車流佔總旅行時間之比例，是隨機且動態的依交通狀態的變化而變化，然而此部分在模式中可依據模式變數中之路段長度變數（ ΔX ）加以調整，因此本研究以敏感度分析方式求得其最適用之路段長度值，其求解結果如表 6.1-3 所示。Oh 模式應用於堤頂大道路型之最佳績效，MAPE 值為 16.51，RMSE 值為 19.63。根據 MAPE 評估準則，10%~20%可視為有良好的績效。

表 6.1-3 堤頂大道 Oh 模式績效

ΔX (公尺)	MAPE	RMSE
830	16.84	20.65
780	16.51	19.63
730	17.08	19.94
680	18.35	21.51
630	20.73	24.11
580	24.00	27.44
530	28.06	31.27

6.1.3 舊宗路分析結果

舊宗路一共調查兩天，分別為 4 月 14 日與 4 月 15 日下午兩點至七點，時階長度為五分鐘，每個時階視為一筆樣本資料，共有 116 筆樣本。將調查所得之交通變數資料代入模式後，推估比較結果如表 6.1-4、表 6.1-5、表 6.1-6 與圖 6.3 所示。

表 6.1-4 舊宗路旅行時間估計值基本資料分析

統計分析	OH 估計旅行時間(秒)	調查延滯時間(秒)	旅行時間估計值(秒)	真實旅行時間(秒)
平均數	35	19	54	52
標準誤	1	1	2	1
中間值	33	15	47	48
標準差	8	11	17	15
變異數	59	123	280	231
最小值	24	6	34	31
最大值	63	64	118	111

表 6.1-5 舊宗路各時階旅行時間相關資料比較表（4 月 14 日）

編號	開始時間	OH 模式旅行時間(秒)	調查延滯時間(秒)	旅行時間估計值(秒)	真實旅行時間(秒)	平均誤差百分比
1	14:20:00	28.49	10.08	38.58	46.00	-16.13
2	14:25:00	29.63	8.06	37.69	47.00	-19.81
3	14:30:00	30.69	10.85	41.54	42.00	-1.09
4	14:35:00	33.28	9.12	42.41	48.00	-11.65
5	14:40:00	28.70	9.09	37.80	47.00	-19.58
6	14:45:00	28.48	5.63	34.11	35.00	-2.55
7	14:50:00	31.37	14.03	45.40	60.00	-24.33
8	14:55:00	30.02	10.60	40.62	38.00	6.90
9	15:00:00	35.32	7.16	42.48	47.00	-9.61
10	15:05:00	31.55	11.35	42.89	50.00	-14.22
11	15:10:00	32.23	9.06	41.29	56.00	-26.27
12	15:15:00	36.66	8.35	45.01	40.00	12.53
13	15:20:00	30.98	7.99	38.97	40.00	-2.58
14	15:25:00	34.64	10.01	44.64	34.00	31.30
15	15:30:00	43.08	11.97	55.05	46.00	19.67
16	15:35:00	31.32	10.51	41.83	39.00	7.26
17	15:40:00	34.43	10.77	45.21	59.00	-23.38
18	15:45:00	31.71	7.68	39.38	46.00	-14.38
19	15:50:00	38.42	5.64	44.06	48.00	-8.21
20	15:55:00	38.59	8.63	47.22	39.00	21.08
21	16:00:00	35.60	5.61	41.20	51.00	-19.21
22	16:10:00	28.54	9.22	37.75	34.00	11.04
23	16:15:00	32.86	9.59	42.45	55.00	-22.82
24	16:20:00	28.97	9.49	38.46	34.00	13.12
25	16:25:00	29.66	7.13	36.78	52.00	-29.26
26	16:30:00	42.04	10.33	52.38	42.00	24.71
27	16:35:00	32.49	12.43	44.92	31.00	44.91
28	16:40:00	39.74	14.53	54.27	55.00	-1.33
29	16:45:00	33.19	16.53	49.72	45.00	10.49
30	16:50:00	40.76	12.76	53.52	76.00	-29.57
31	16:55:00	31.11	12.40	43.51	46.00	-5.42
32	17:00:00	35.33	12.22	47.55	39.00	21.93
33	17:05:00	27.86	14.83	42.68	36.00	18.57
34	17:10:00	36.28	16.43	52.70	45.00	17.12

表 6.1-5 舊宗路各時階旅行時間相關資料比較表（4 月 14 日）（續）

編號	開始時間	OH 模式旅行時間(秒)	調查延滯時間(秒)	旅行時間估計值(秒)	真實旅行時間(秒)	平均誤差百分比
35	17:15:00	32.03	18.65	50.68	44.00	15.19
36	17:20:00	37.12	19.90	57.02	54.00	5.60
37	17:25:00	37.17	24.70	61.88	48.00	28.91
38	17:30:00	36.63	13.92	50.55	53.00	-4.62
39	17:35:00	43.67	21.65	65.32	43.00	51.90
40	17:40:00	37.15	14.03	51.18	45.00	13.73
41	17:45:00	43.25	31.91	75.16	51.00	47.37
42	17:50:00	44.96	25.15	70.12	58.00	20.89
43	17:55:00	40.20	27.20	67.40	60.00	12.34
44	18:00:00	46.21	23.12	69.33	55.00	26.06
45	18:05:00	45.61	41.28	86.89	59.00	47.27
46	18:10:00	50.23	26.25	76.48	65.00	17.67
47	18:15:00	48.85	21.29	70.14	50.00	40.27
48	18:20:00	57.51	16.32	73.82	54.00	36.71
49	18:25:00	45.62	29.95	75.57	60.00	25.95
50	18:30:00	49.30	20.55	69.85	94.00	-25.69
51	18:35:00	35.17	30.04	65.20	111.00	-41.26
52	18:40:00	49.13	25.89	75.01	72.00	4.19
53	18:45:00	51.08	33.21	84.28	72.00	17.06
54	18:50:00	43.87	36.77	80.65	63.00	28.01
55	18:55:00	34.50	59.96	94.46	50.00	88.93
56	19:00:00	53.88	64.31	118.19	95.00	24.41

表 6.1-6 舊宗路各時階旅行時間相關資料比較表（4 月 15 日）

編號	開始時間	OH 模式旅行時間(秒)	調查延滯時間(秒)	旅行時間估計值(秒)	真實旅行時間(秒)	平均誤差百分比
58	14:05:00	29.59	14.73	44.32	47.00	-5.71
59	14:10:00	29.90	12.96	42.86	42.00	2.04
60	14:15:00	27.86	10.87	38.73	42.00	-7.78
61	14:20:00	25.11	8.79	33.90	48.00	-29.38
62	14:25:00	29.93	14.43	44.36	46.00	-3.56
63	14:30:00	28.07	17.46	45.53	44.00	3.47
64	14:35:00	29.22	13.51	42.74	43.00	-0.61
65	14:40:00	26.86	9.57	36.43	39.00	-6.59

表 6.1-6 舊宗路各時階旅行時間相關資料比較表（4 月 15 日）（續）

編號	開始時間	oh 模式旅行時間(秒)	調查延滯時間(秒)	旅行時間估計值(秒)	真實旅行時間(秒)	平均誤差百分比
66	14:45:00	31.18	10.86	42.04	48.00	-12.41
67	14:50:00	27.02	12.10	39.12	43.00	-9.02
68	14:55:00	28.82	10.01	38.83	47.00	-17.39
69	15:00:00	33.41	7.92	41.33	44.00	-6.08
70	15:05:00	27.26	8.72	35.98	66.00	-45.48
71	15:10:00	27.19	7.80	34.99	43.00	-18.63
72	15:15:00	28.03	10.64	38.67	48.00	-19.44
73	15:20:00	28.29	13.48	41.76	38.00	9.91
74	15:25:00	27.31	11.22	38.54	42.00	-8.24
75	15:30:00	28.94	13.93	42.88	48.00	-10.67
76	15:35:00	29.55	14.52	44.08	39.00	13.02
77	15:40:00	35.34	13.11	48.45	40.00	21.13
78	15:45:00	26.82	12.50	39.32	49.00	-19.76
79	15:50:00	29.12	13.02	42.15	44.00	-4.21
80	15:55:00	24.24	15.24	39.48	40.00	-1.29
81	16:00:00	26.52	11.67	38.19	42.00	-9.07
82	16:05:00	26.09	13.38	39.47	32.00	23.36
83	16:10:00	31.35	15.78	47.13	45.00	4.74
84	16:15:00	27.85	13.86	41.71	39.00	6.95
85	16:20:00	26.56	11.93	38.49	39.00	-1.30
86	16:25:00	30.84	11.97	42.81	48.00	-10.81
87	16:30:00	33.41	16.77	50.17	50.00	0.35
88	16:35:00	26.69	16.94	43.63	37.00	17.92
89	16:40:00	27.35	17.12	44.47	53.00	-16.09
90	16:45:00	26.83	15.27	42.10	37.00	13.79
91	16:50:00	31.39	20.75	52.14	42.00	24.14
92	16:55:00	36.62	20.14	56.76	54.00	5.11
93	17:00:00	39.83	19.52	59.35	50.00	18.70
94	17:05:00	39.37	18.91	58.28	50.00	16.57
95	17:10:00	35.83	22.37	58.19	65.00	-10.47
96	17:15:00	34.77	19.70	54.47	49.00	11.17
97	17:20:00	44.61	17.04	61.65	56.00	10.09
98	17:25:00	29.41	17.28	46.69	62.00	-24.69
99	17:30:00	42.45	27.18	69.63	58.00	20.05

表 6.1-6 舊宗路各時階旅行時間相關資料比較表（4 月 15 日）（續）

編號	開始時間	OH 模式旅行時間(秒)	調查延滯時間(秒)	旅行時間估計值(秒)	真實旅行時間(秒)	平均誤差百分比
100	17:35:00	39.37	27.06	66.42	49.00	35.56
101	17:40:00	34.35	26.94	61.28	64.00	-4.25
102	17:45:00	30.05	24.72	54.77	47.00	16.53
103	17:50:00	32.72	23.38	56.10	64.00	-12.35
104	17:55:00	34.74	32.46	67.21	75.00	-10.39
105	18:00:00	33.97	41.55	75.52	67.00	12.71
106	18:05:00	40.41	34.26	74.68	49.00	52.40
107	18:10:00	49.29	25.91	75.20	104.00	-27.69
108	18:15:00	39.53	30.80	70.33	68.00	3.43
109	18:20:00	51.56	35.69	87.26	82.00	6.41
110	18:25:00	30.93	29.14	60.07	51.00	17.78
111	18:30:00	41.70	32.05	73.74	60.00	22.91
112	18:35:00	32.76	40.32	73.07	105.00	-30.41
113	18:40:00	62.68	48.59	111.26	86.00	29.38
114	18:45:00	43.63	29.71	73.34	69.00	6.29
115	18:50:00	43.61	36.47	80.08	71.00	12.79
116	18:55:00	37.16	43.02	80.18	66.00	21.49

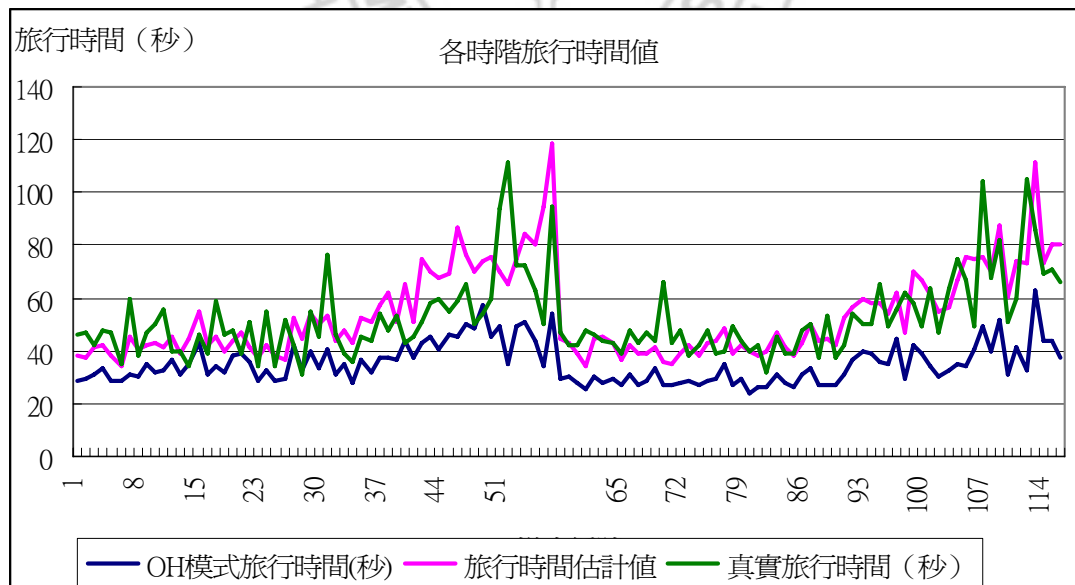


圖 6.3 舊宗路各時階旅行時間值比較圖

舊宗路之分析方式與堤頂大道相同，以敏感度分析方式求得其最適用之路段長度值，其求解結果如表 6.1-7 所示，本研究得到結果為 Oh 模式應用於舊宗路

路型之最佳績效為採用路段長度為 296 公尺者，其 MAPE 值為 17.5，RMSE 值為 22.13。根據 MAPE 評估準則，表示應用 Oh 模式於該路段之旅行時間推估結果具有良好的績效。

表 6.1-7 舊宗路 Oh 模式績效

ΔX (公尺)	MAPE	RMSE
346	19.41	24.31
296	17.50	22.13
246	18.01	22.67
196	24.63	28.98

6.1.4 小結

由以上數值分析結果發現 Oh 模式於都市幹道旅行時間的應用上，其適用之路段長度，原則上當推估之路徑範圍包含路口時，建議自下游路口減少 100 公尺，為模式應用上之最佳路段長度值。而此項結果適用對象為台灣地區某些特定路型，如台北市的堤頂大道與舊宗路。而延滯的影響，因本研究係以調查所得之延滯時間予以加入模式估計值，故延滯的情況不影響模式的績效評估。由上述之分析結果可歸納，Oh 模式在台灣地區特定的都市幹道系統，可有良好的模式表現，其 MAPE 值皆在 20% 以下。

6.2 類神經網路模式分析結果

6.2.1 類神經網路模式分析流程

本研究依據 Dia 【12】 等人之作法，以流量、速度為輸入項。此外，為瞭解延滯對模式績效的影響，同樣將延滯時間加入模式內處理，建構出以流量、速度與延滯時間為輸入項之模式型態，並以此兩種模式分別評估其績效表現。茲將其分析流程說明如圖 6.4 所示。

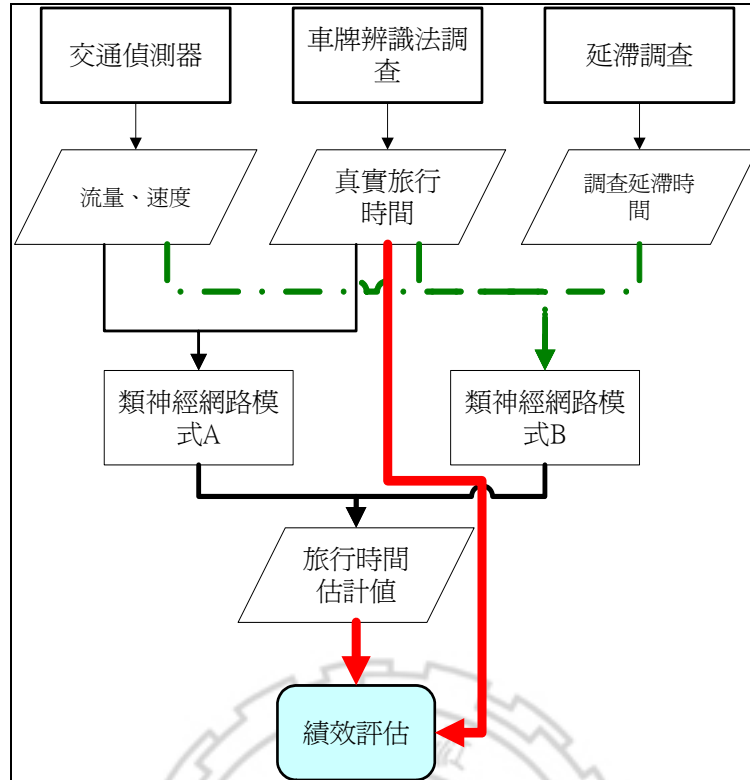


圖 6.4 類神經網路模式分析流程圖

6.2.2 堤頂大道分析結果

1. 類神經網路模式 A：輸入項為流量、速度兩者，輸出項為旅行時間，使用的轉換函數為雙曲線函數中的 S(sigmoid)函數。扣除無法使用的樣本後，共有 68 筆樣本，其中以 46 筆樣本進行模式訓練，而績效評估之樣本數為 23 筆。由推估結果可發現，當隱藏層 2 層至隱藏層 3 層時模式推估值趨近於均值，並無任何改善效果，茲將模式 A 所推估之結果與績效評估結果如表 6.2-1 與圖 6.5 所示。

表 6.2-1 堤頂大道模式 A 輸出結果評估表

樣本數	真實旅行時間(秒)	類神經網路模式推估旅行時間值(秒)		
		隱藏層 1 層	隱藏層 2 層	隱藏層 3 層
1	67	75.39	74.39	74.38
2	59	83.23	74.48	74.38
3	65	73.96	74.38	74.38
4	58	72.56	74.37	74.38
5	74	77.27	74.42	74.38
6	65	72.25	74.37	74.38
7	72	70.39	74.36	74.38
8	75	82.43	74.48	74.38
9	77	76.02	74.41	74.38
10	73	72.38	74.38	74.38
11	83	80.38	74.46	74.38
12	86	66.64	74.36	74.38
13	78	81.85	74.52	74.38
14	83	83.94	74.55	74.38
15	88	83.10	74.54	74.38
16	72	67.69	74.38	74.38
17	101	65.86	74.36	74.38
18	66	70.10	74.41	74.38
19	91	83.26	74.54	74.38
20	95	82.12	74.53	74.38
21	97	80.57	74.51	74.38
22	66	64.90	74.35	74.38
23	69	65.76	74.36	74.38
平均	77	75.31	74.43	74.38
MAPE		11.38	12.93	13.00
RMSE		16.60	16.10	16.17

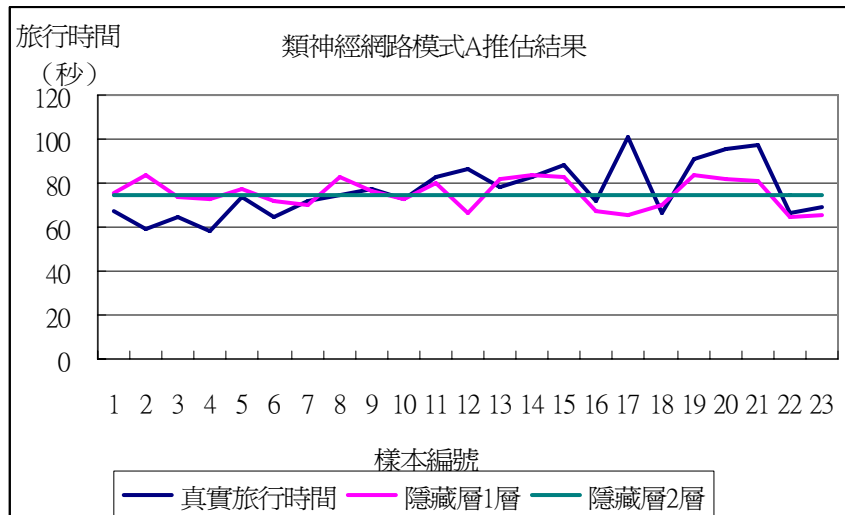


圖 6.5 堤頂大道模式 A 輸出結果評估圖

2. 類神經網路模式 B：輸入項為流量、速度及延滯時間，輸出項為旅行時間，樣本數與模式 A 相同。藉由增加延滯時間值作為輸入項，推估結果發現模式績效提昇，不論隱藏層數為何，模式 B 之 MAPE 值均較模式 A 為低，但是當隱藏層增加至 3 層時模式推估值將會是趨近於均值，並無任何改善效果，茲將模式 B 所推估之結果與績效評估結果表示如表 6.2-2 與圖 6.6 所示。

表 6.2-2 堤頂大道模式 B 輸出結果評估表

樣本數	真實旅行時間(秒)	類神經網路模式推估旅行時間值 (秒)		
		隱藏層 1 層	隱藏層 2 層	隱藏層 3 層
1	67	75	74	74
2	59	84	84	74
3	65	73	73	74
4	58	71	71	74
5	74	78	78	74
6	65	71	71	74
7	72	70	71	74
8	75	83	83	74
9	77	76	76	74
10	73	72	72	74
11	83	81	82	74
12	86	68	70	74
13	78	82	83	74
14	83	85	85	74
15	88	83	83	74
16	72	68	70	74
17	101	67	69	74
18	66	68	69	74
19	91	85	85	74
20	95	83	83	74
21	97	78	77	74
22	66	66	69	74
23	69	68	70	74
平均	77	76	76	74
MAPE		10.68	10.52	12.98
RMSE		15.90	15.29	16.15

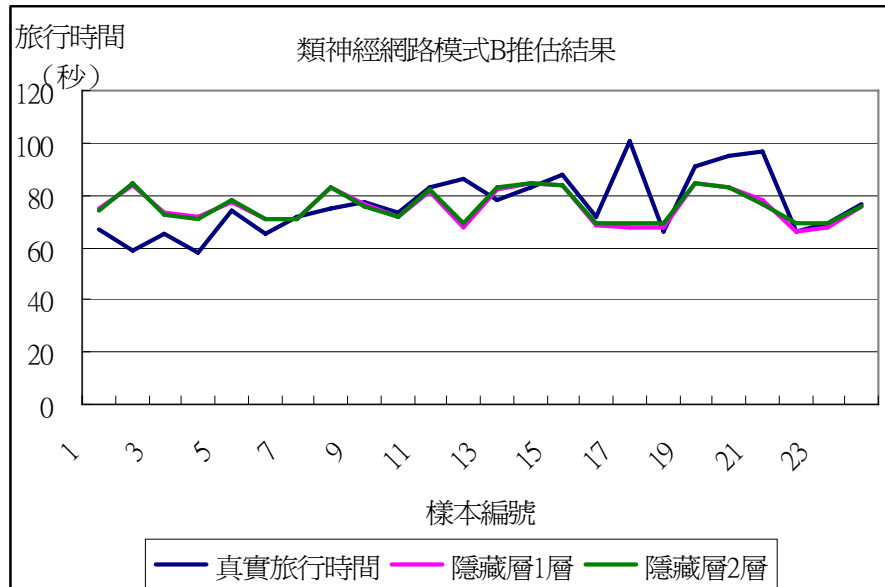


圖 6.6 堤頂大道模式 B 輸出結果評估圖

6.2.3 舊宗路分析結果

1. 類神經網路模式 A：輸入項為流量、速度兩者，輸出項為旅行時間。扣除無法使用的樣本後，共有 110 筆樣本，其中以 84 筆樣本進行模式訓練，而績效評估之樣本數為 26 筆。由推估結果可發現當隱藏層 3 層時模式推估值將會是均值，並無任何改善效果，績效最佳者為隱藏層 1 層者，茲將模式 A 所推估之結果與績效評估結果表示如表 6.2-3 與圖 6.7 所示。

表 6.2-3 舊宗路模式 A 輸出結果評估表

樣本數	真實旅行時間(秒)	類神經網路模式推估旅行時間值 (秒)		
		隱藏層 1 層	隱藏層 2 層	隱藏層 3 層
1	51.00	55.78	58.19	51.56
2	60.00	65.77	64.02	51.56
3	45.00	45.81	47.05	51.56
4	60.00	51.47	53.99	51.56
5	48.00	62.82	62.94	51.56
6	75.00	60.54	61.95	51.56
7	51.00	67.17	64.58	51.56
8	59.00	57.74	60.24	51.56
9	43.00	46.95	48.94	51.56
10	62.00	51.33	54.35	51.56
11	47.00	49.86	52.72	51.56
12	44.00	45.11	46.83	51.56
13	49.00	46.76	49.04	51.56
14	39.00	42.78	42.91	51.56
15	38.00	43.11	43.13	51.56
16	40.00	42.56	42.79	51.56
17	39.00	50.23	49.37	51.56
18	46.00	45.25	44.80	51.56
19	86.00	71.11	65.12	51.56
20	43.00	44.46	44.22	51.56
21	48.00	49.92	49.36	51.56
22	37.00	42.50	42.84	51.56
23	34.00	46.71	46.30	51.56
24	40.00	62.23	61.11	51.56
25	46.00	47.42	47.06	51.56
26	42.00	44.76	44.63	51.56
平均	48.92	51.54	51.86	51.56
MAPE		12.13	12.19	18.94
RMSE		15.39	15.41	23.39

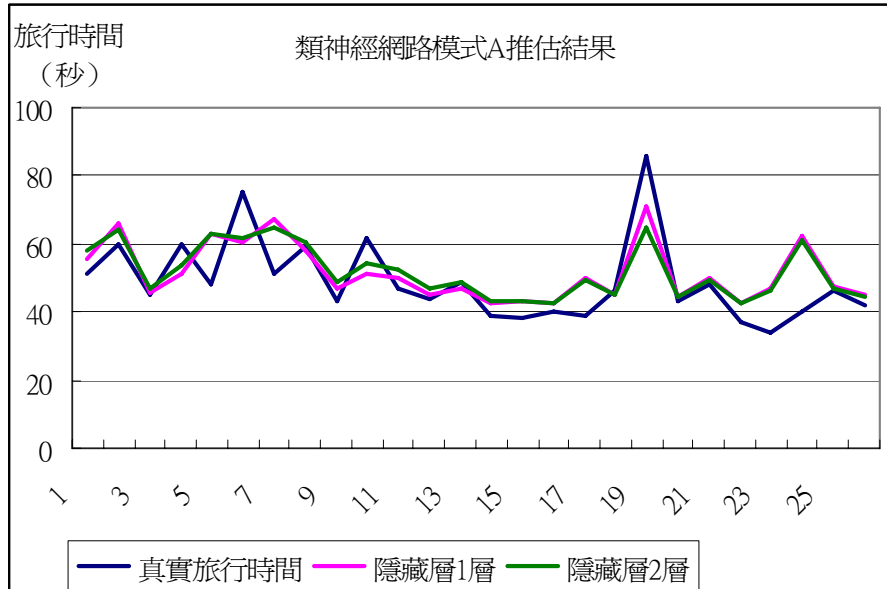


圖 6.7 舊宗路模式 A 輸出結果評估圖

2. 類神經網路模式 B：輸入項為流量、速度及延滯時間，輸出項為旅行時間，樣本數與模式 A 相同。藉由增加延滯時間值為輸入項，評估結果發現，舊宗路之求解結果與堤頂大道相仿，增加輸入項後，模式績效提昇，不論隱藏層數為何，模式 B 之 MAPE 值均較模式 A 為低，歸納其因乃延滯時間的確為都市幹道旅行時間重要組成因素之一，故將延滯時間納入模式後，模式績效會改善。茲將模式 B 所推估之結果與績效評估結果表示如表 6.2-4 與圖 6.8 所示。

表 6.2-4 舊宗路模式 B 輸出結果評估表

樣本數	真實旅行時間(秒)	類神經網路模式推估旅行時間值 (秒)		
		隱藏層 1 層	隱藏層 2 層	隱藏層 3 層
1	51.00	58.86	60.58	50.93
2	60.00	66.63	65.97	50.94
3	45.00	46.33	46.17	50.91
4	60.00	54.74	56.30	50.93
5	48.00	63.13	64.01	50.93
6	75.00	63.05	64.12	50.94
7	51.00	67.46	66.44	50.94
8	59.00	62.74	64.02	50.95
9	43.00	48.90	49.35	50.92
10	62.00	52.18	53.35	50.92
11	47.00	52.43	53.84	50.92
12	44.00	45.85	46.03	50.91
13	49.00	47.38	47.67	50.91
14	39.00	42.64	42.95	50.89
15	38.00	42.65	42.96	50.89
16	40.00	42.50	42.90	50.89
17	39.00	47.90	46.39	50.89
18	46.00	44.62	44.01	50.89
19	86.00	71.54	67.62	50.94
20	43.00	43.60	43.45	50.89
21	48.00	48.18	46.80	50.89
22	37.00	42.65	43.01	50.89
23	34.00	45.66	44.79	50.89
24	40.00	58.66	58.63	50.90
25	46.00	46.88	45.80	50.90
26	42.00	44.19	43.85	50.89
平均	51.00	58.86	60.58	50.93
MAPE		11.46	11.58	18.08
RMSE		14.23	14.42	23.03

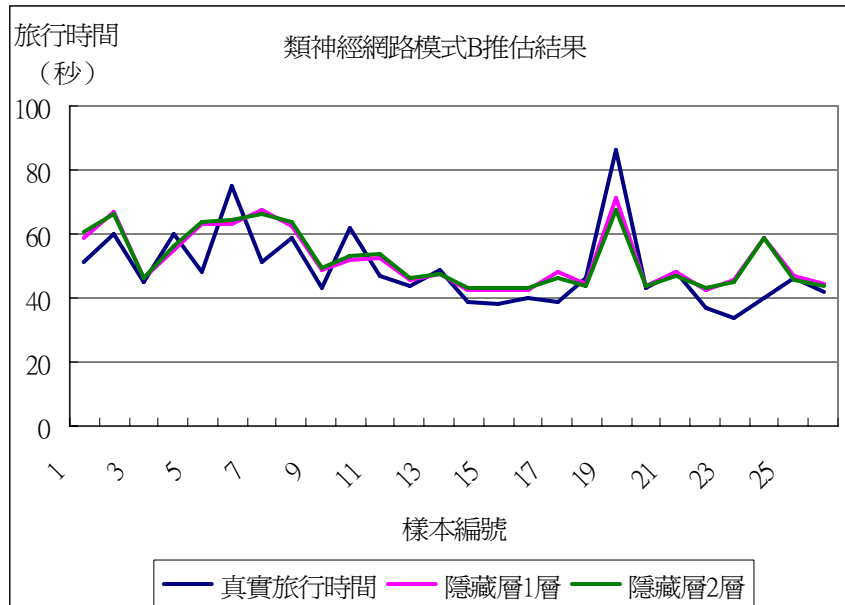


圖 6.8 舊宗路模式 B 輸出結果評估圖

6.2.4 小結

彙整堤頂大道與舊宗路兩處之分析結果，可發現將延滯時間加入模式，可改善模式績效，使類神經網路模式旅行時間推估值更接近真實車流環境之結果。如表 6.2-5 與圖 6.9 所示，類神經網路模式之 MAPE 值均低於 15%，可說是有相當良好的績效表現。而在隱藏層數目的部分，堤頂大道以兩個隱藏層表現較佳，舊宗路則為一個隱藏層，而此兩處實驗地點均不需要使用三層（含）以上，其訓練出模式推估值會趨近均值，而沒有意義。

表 6.2-5 類神經網路模式績效比較表

調查地點	輸入項	隱藏層數目	MAPE	RMSE
堤頂大道	流量/速度	1	11.38	16.60
	流量/速度	2	12.93	16.10
	流量/速度	3	13.00	16.17
	流量/速度/延滯	1	10.68	15.90
	流量/速度/延滯	2	10.52	15.29
	流量/速度/延滯	3	12.98	16.15
舊宗路	流量/速度	1	12.13	15.39
	流量/速度	2	12.19	15.41
	流量/速度	3	18.94	23.39
	流量/速度/延滯	1	11.46	14.23
	流量/速度/延滯	2	11.58	14.42
	流量/速度/延滯	3	18.08	23.03

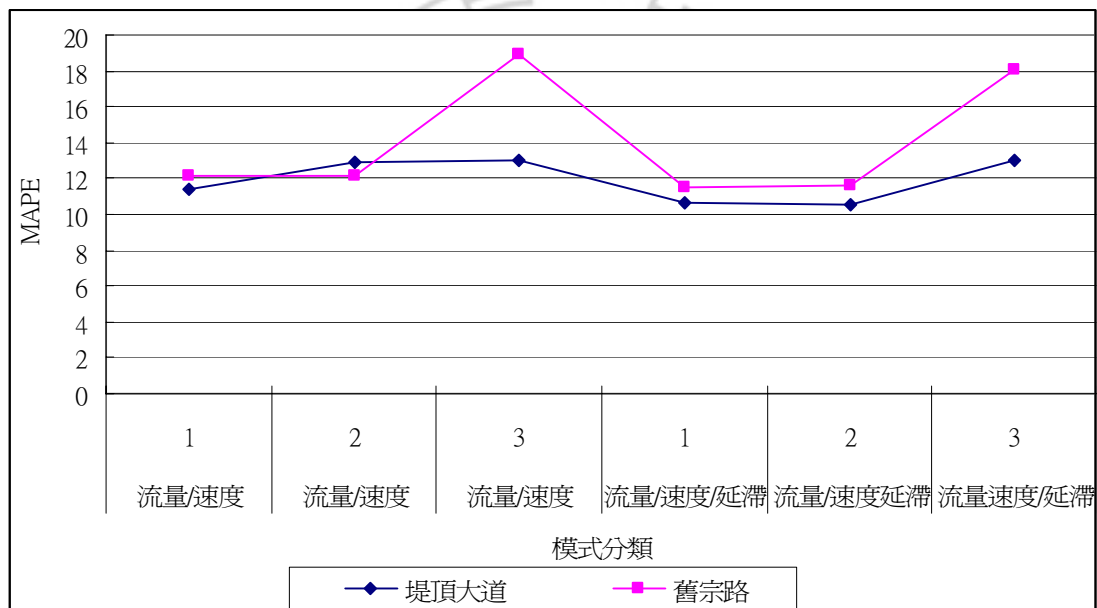


圖 6.9 兩實測路段類神經網路模式績效評估圖

6.3 卡門濾波模式分析結果

6.3.1 堤頂大道分析結果

在堤頂大道部分，扣除不可用之樣本後，共有 71 個樣本可應用於卡門濾波模式之績效分析，推估結果顯示，卡門濾波模式績效良好，其模式績效 MAPE 值約 13%，分析結果如圖 6.10 所示：

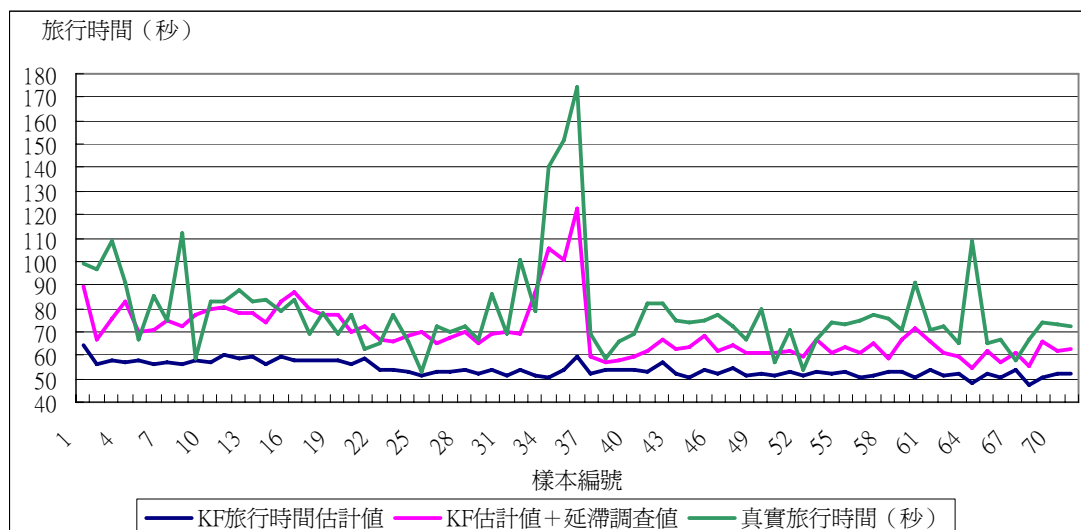


圖 6.10 堤頂大道卡門濾波模式績效分析

6.3.2 舊宗路分析結果

在舊宗路方面，共有 114 個樣本可供評估，卡門濾波模式的績效如圖 6.11 所示。根據圖 6.11 顯示，卡門濾波模式可反應真實系統變化，依據各個時階動態修正其推估值。模式績效 MAPE 約在 14%。

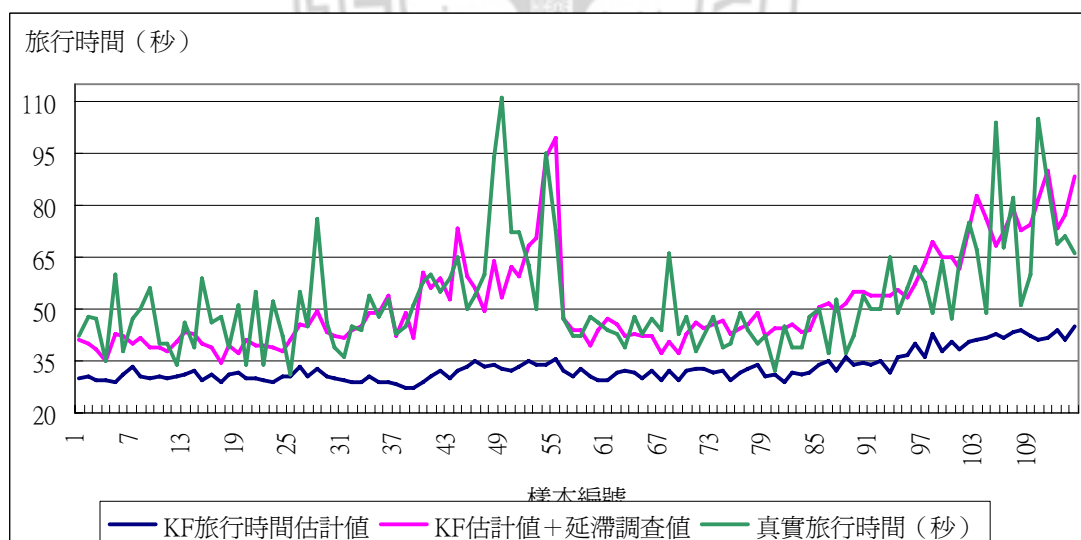


圖 6.11 舊宗路卡門濾波模式績效分析

6.3.3 小結

本研究之模式觀測值為偵測器所得之變數，故無法反應延滯的部分，因此延滯之處理與其他模式相同，採用延滯調查值加以修正。分析結果顯示，卡門濾波模式仍可有效反應真實路段之車流變化行為，其績效評估如表 6.3-1 所示。

表 6.3-1 卡門濾波模式績效評估表

調查地點	模式	MAPE	RMSE
堤頂大道	KF	28.54	31.28
	KF + Delay	13.85	17.03
舊宗路	KF	33.79	36.51
	KF + Delay	14.88	19.62

6.4 交通偵測器佈設準則分析

根據前述三節之分析，以類神經網路模式之績效較佳，故本研究將以類神經網路模式為基準，進行不同情境之交通偵測器佈設準則分析。由於交通偵測器之佈設方案分析一般考慮包括：縱向的佈設，也就是指推估範圍路段內之佈設位置；橫向的佈設，也就是不同車道的考量；佈設數量的探討，也就是當不考慮外在條件時，是否越多偵測器資料作為模式輸入項時，模式之績效是否也會隨之增加。本研究擬以此三種方向，系統性的考慮交通偵測器之佈設方案，茲將分析結果說明如下。

6.4.1 縱向佈設準則評估

縱向之佈設準則分析在於探討路段中某位置佈設偵測器所蒐集到的交通資料，應用於旅行時間推估模式時，可使模式之績效表現最佳，評估的準則在於旅行時間推估模式之績效最佳。茲將分析結果說明如下。

1. 堤頂大道分析結果

堤頂大道共佈設五處偵測器，自上游起約間隔 100 至 200 公尺即佈設一組偵測器，將偵測器所蒐集之流量、速度等交通變數與延滯調查而得知調查延滯時間，分別輸入類神經網路模式，其分析結果如表 6.4-1 與圖 6.12 所示。由表 6.4-1 中可發現，堤頂大道最佳之偵測器佈設位置為 4 號偵測器，依據 5.1 節之實驗設計，4 號偵測器佈設於距路段起點 548 公尺處。

由於堤頂大道路段長度較長，且無機車之干擾，故路段整體之車流特性相

仿。此外，根據現場調查觀測可發現，該路段延滯之等候長度與尖離峰流量有密切關係，尖峰時段延滯情形可達上游路口；離峰時段則幾乎無等候的情形產生。綜合判斷，當偵測器位於中游路段時，應是最能反映整個路段變化情形，而本研究結果發現，縱向分析偵測器之佈設準則，模式績效以 4 號偵測器位置表現最佳。



表 6.4-1 堤頂大道偵測器縱向佈設評估比較表

偵測器編號	輸入項	隱藏層數	MAPE	RMSE
1	流量/速度	1	12.37	14.81
1	流量/速度	2	12.35	14.80
1	流量/速度	3	12.25	14.79
1	流量/速度/延滯	1	12.63	17.60
1	流量/速度/延滯	2	12.51	16.73
1	流量/速度/延滯	3	12.12	16.38
2	流量/速度	1	12.87	15.76
2	流量/速度	2	11.39	13.77
2	流量/速度	3	10.68	12.93
2	流量/速度/延滯	1	11.88	14.70
2	流量/速度/延滯	2	11.56	14.57
2	流量/速度/延滯	3	10.71	13.01
3	流量/速度	1	19.09	31.70
3	流量/速度	2	19.08	31.63
3	流量/速度	3	19.08	31.89
3	流量/速度/延滯	1	11.99	15.25
3	流量/速度/延滯	2	14.80	14.80
3	流量/速度/延滯	3	11.50	14.78
4	流量/速度	1	14.05	20.56
4	流量/速度	2	14.08	20.63
4	流量/速度	3	14.38	20.72
4	流量/速度/延滯	1	8.35	11.63
4	流量/速度/延滯	2	8.29	11.84
4	流量/速度/延滯	3	8.19	11.71
5	流量/速度	1	11.38	16.60
5	流量/速度	2	12.93	16.10
5	流量/速度	3	13.00	16.17
5	流量/速度/延滯	1	10.68	15.90
5	流量/速度/延滯	2	10.52	15.29
5	流量/速度/延滯	3	12.98	16.15

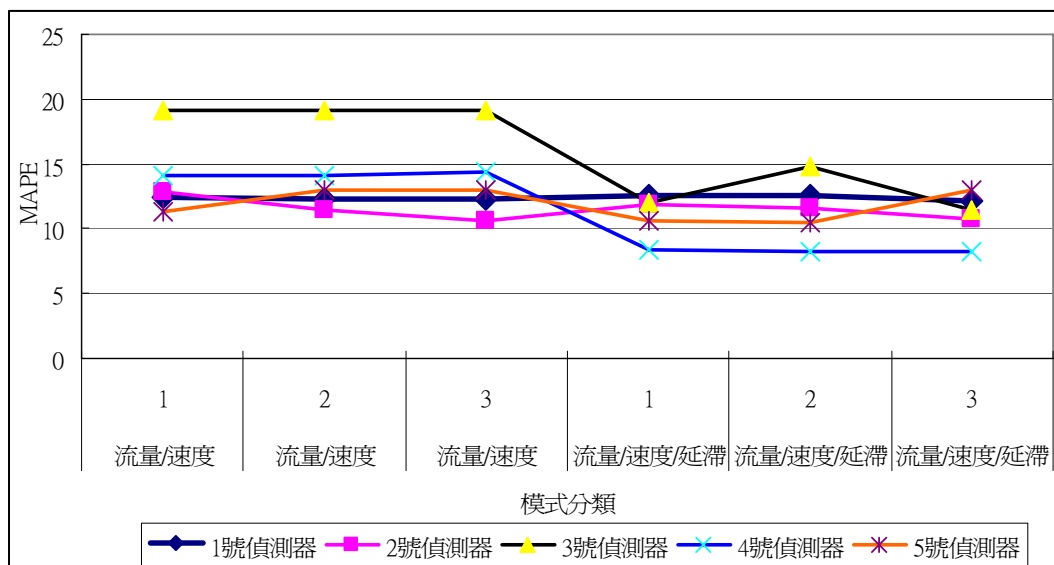


圖 6.12 縱向偵測器佈設分析圖（堤頂大道）

2. 舊宗路分析結果

舊宗路共佈設四處偵測器，由於調查路段舊宗路為雙十字之路徑，為兩個路段與兩個路口之組合，且路段長度均相當短，路徑總長度僅 362 公尺，故偵測器間距皆相當短，2 號至 4 號間隔約 30 公尺佈設，4 號與 5 號因相隔中游路口，故佈設距離較長，約間隔 115 公尺。茲將舊宗路之縱向佈設準則分析如表 6.4-2 與圖 6.13 所示。

依據分析結果顯示，舊宗路縱向最佳之佈設位置為 3 號偵測器，此處距路段起點約 75 公尺，為第一個路段中游處，歸納其原因乃是車輛進入路段後，約在 3 號偵測器處，車流轉為穩定，即無變換車道、明顯之車速變化，故該處為最能代表路段整體情形的佈設位置。鑒於該路段之實體特性影響，且有機車干擾的情況下，當車輛到達路口時，其交織、延滯情形顯著，而根據現場調查觀察發現，5 號偵測器因設置於過中游路口處，車輛跨越車道情形嚴重，對於偵測器較有影響。

表 6.4-2 舊宗路偵測器縱向佈設評估比較表

偵測器編號	輸入項	隱藏層數	MAPE	RMSE
2	流量/速度	1	10.95	14.99
2	流量/速度	2	10.86	14.88
2	流量/速度	3	10.88	14.82
2	流量/速度/延滯	1	10.62	13.99
2	流量/速度/延滯	2	10.62	13.99
2	流量/速度/延滯	3	10.55	13.80
3	流量/速度	1	11.55	13.97
3	流量/速度	2	11.50	13.92
3	流量/速度	3	11.78	14.16
3	流量/速度/延滯	1	10.49	12.95
3	流量/速度/延滯	2	10.58	13.09
3	流量/速度/延滯	3	10.51	13.00
4	流量/速度	1	15.03	17.41
4	流量/速度	2	17.67	21.38
4	流量/速度	3	23.55	30.32
4	流量/速度/延滯	1	13.78	16.22
4	流量/速度/延滯	2	13.41	16.23
4	流量/速度/延滯	3	23.41	30.05
5	流量/速度	1	12.13	15.39
5	流量/速度	2	12.19	15.41
5	流量/速度	3	18.94	23.39
5	流量/速度/延滯	1	11.46	14.23
5	流量/速度/延滯	2	11.58	14.42
5	流量/速度/延滯	3	18.08	23.02

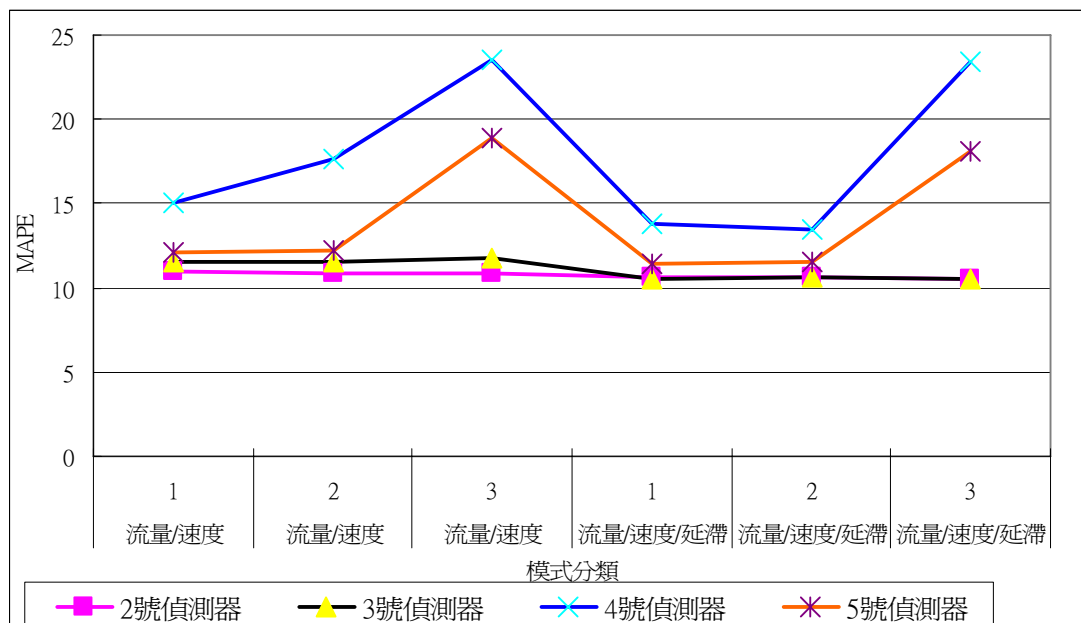


圖 6.13 縱向偵測器佈設分析圖（舊宗路）

6.4.2 橫向佈設準則評估

經由上節之分析，本研究以績效最佳位置之偵測器，以橫向之觀點來分析其最佳之佈設車道。由於傳統之感應式迴圈偵測器，為侵入式安裝，且每個偵測器通常僅能偵測單一車道，而目前常見微波雷達式偵測器，如採用側向式安裝，大多可同時偵測多車道之資料。

本研究之資料來源為微波雷達式偵測器，故可同時取得各車道之資料，而依據上節之結論，堤頂大道以 4 號偵測器為對象；舊宗路以 3 號偵測器為對象，分別以不同車道為區分，將各項交通變數代入類神經網路模式，觀測其對於模式績效之影響，茲將分析結果說明如表 6.4-3、圖 6.14 與圖 6.15 所示。

依據分析結果顯示，堤頂大道之橫向佈設分析結果以佈設在第三車道之績效最佳；舊宗路則以佈設於第一車道者最佳。

表 6.4-3 橫向分析偵測器佈設準則評比表

調查地點	車道編號	輸入項	隱藏層數	MAPE	RMSE
堤頂大道	1	流量/速度	1	19.80	26.42
		流量/速度	2	19.75	26.28
		流量/速度	3	20.04	26.29
		流量/速度/延滯	1	13.74	19.10
		流量/速度/延滯	2	14.15	19.36
		流量/速度/延滯	3	14.35	19.76
	2	流量/速度	1	12.83	15.96
		流量/速度	2	12.79	15.91
		流量/速度	3	12.82	15.67
		流量/速度/延滯	1	10.44	14.03
		流量/速度/延滯	2	10.72	13.80
		流量/速度/延滯	3	10.42	13.49
	3	流量/速度	1	10.07	14.75
		流量/速度	2	9.92	14.67
		流量/速度	3	10.05	14.94
		流量/速度/延滯	1	7.80	11.09
		流量/速度/延滯	2	7.64	10.57
		流量/速度/延滯	3	10.42	10.49

註：第 1~3 車道分別表示由最內至最外側車道。

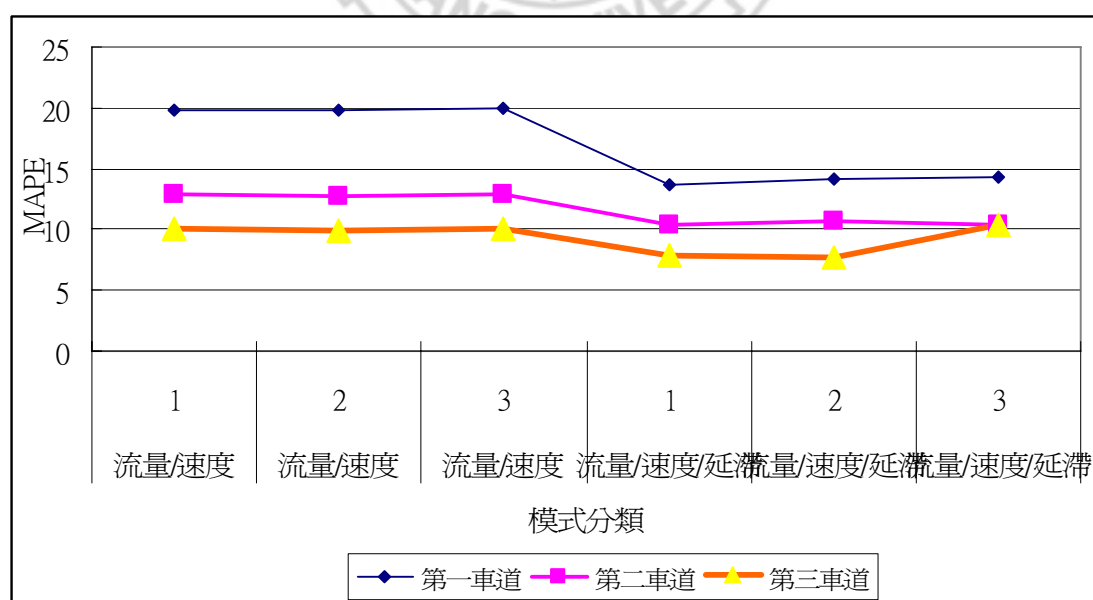


圖 6.14 橫向偵測器佈設分析圖（堤頂大道）

表 6.4-3 橫向分析偵測器佈設準則評比表(續)

調查地點	車道編號	輸入項	隱藏層數	MAPE	RMSE
舊宗路	1	流量/速度	1	14.65	21.06
		流量/速度	2	14.85	21.45
		流量/速度	3	15.06	21.32
		流量/速度/延滯	1	13.25	20.94
		流量/速度/延滯	2	13.49	20.85
		流量/速度/延滯	3	13.35	20.63
	2	流量/速度	1	17.16	21.07
		流量/速度	2	17.17	21.06
		流量/速度	3	17.17	21.06
		流量/速度/延滯	1	15.57	19.97
		流量/速度/延滯	2	15.41	19.72
		流量/速度/延滯	3	15.39	19.65
	3	流量/速度	1	16.40	21.64
		流量/速度	2	16.31	21.42
		流量/速度	3	16.31	21.70
		流量/速度/延滯	1	16.13	21.15
		流量/速度/延滯	2	15.97	20.87
		流量/速度/延滯	3	15.64	20.40

註：第 1~3 車道分別表示由最內至最外側車道。

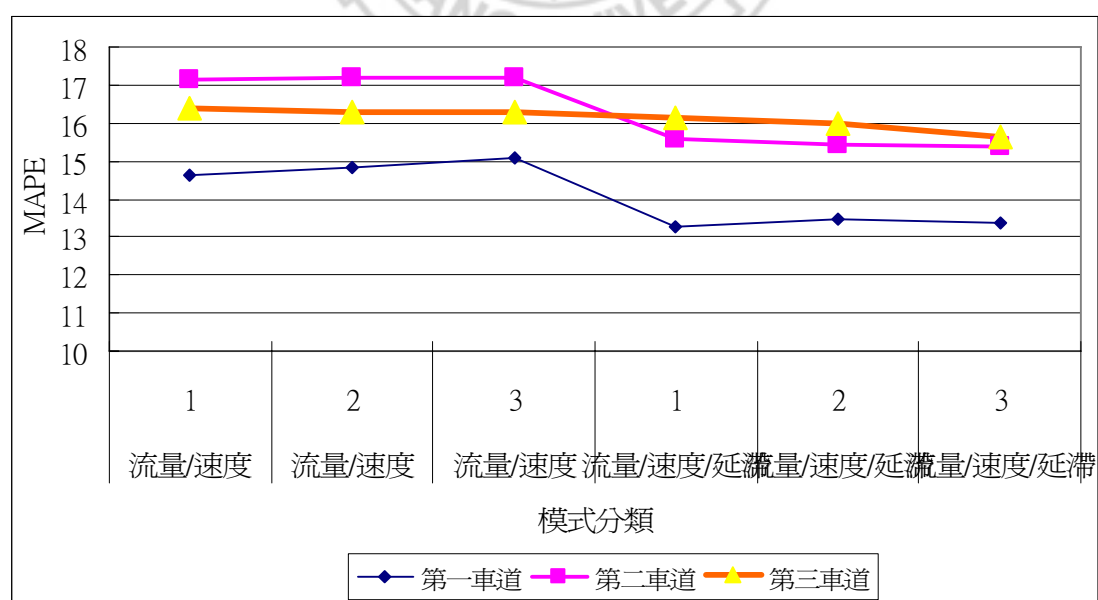


圖 6.15 橫向偵測器佈設分析圖 (舊宗路)

6.3.3 成對佈設評估

由於旅行時間推估模式是利用點的資訊（偵測器所蒐集之交通變數）來推導線的資訊（路段旅行時間），因此當資源充分且不受限時，越多偵測器所提供的資訊代入模式後，是否可以改善模式的績效，為偵測器佈設數量議題擬探討的重點。

本研究擬以成對的偵測器佈設方式進行數量的評估，輸入項則依據成對佈設原則，將輸入項增加為上游流量、上游速度、下游流量、下游速度等四個輸入項，另加上延滯時間值作為增加之輸入項。依觀察而得之模式績效並以單一偵測器之績效互相評比。分析結果顯示，堤頂大道若以成對方式佈設，績效最佳之組合為3號與5號偵測器，分別是距路段起點427公尺處與680公尺處之偵測器，MAPE僅約8%；舊宗路最佳之佈設組合則是2號與5號偵測器，分別為路段上游與下游處之偵測器，績效亦較單一偵測器為佳，茲將分析結果表示如表6.4-4、圖6.16與圖6.17所示。

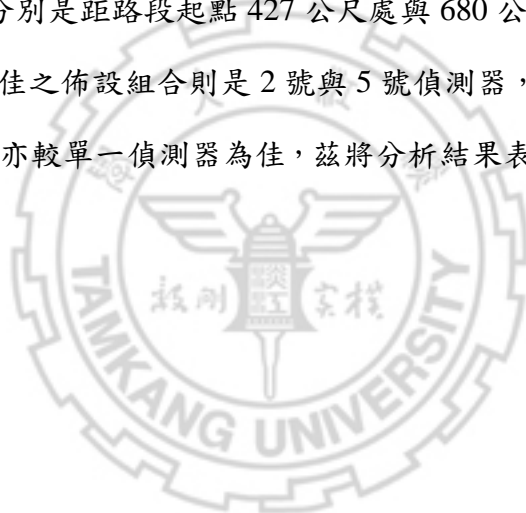


表 6.4-4 成對佈設策略評估表

調查地點	編號	偵測器組合	隱藏層數	MAPE	RMSE
堤頂大道	1	1-2	1	12.90	17.79
	2	1-2	2	12.88	17.95
	3	1-3	1	12.43	17.16
	4	1-3	2	12.38	17.25
	5	1-4	1	12.00	17.68
	6	1-4	2	11.98	17.67
	7	1-5	1	12.63	18.98
	8	1-5	2	12.62	18.95
	9	2-3	1	11.35	14.13
	10	2-3	2	11.90	14.97
	11	2-4	1	11.86	14.79
	12	2-4	2	11.90	14.91
	13	2-5	1	10.52	12.65
	14	2-5	2	10.55	12.73
	15	3-4	1	10.11	12.19
	16	3-4	2	10.97	12.83
	17	3-5	1	8.42	10.54
	18	3-5	2	8.64	10.68
	19	4-5	1	10.91	15.01
	20	4-5	2	11.32	15.11
舊宗路	1	2-3	1	10.97	14.25
	2	2-3	2	10.98	14.20
	3	2-4	1	10.95	14.30
	4	2-4	2	10.81	14.12
	5	2-5	1	10.42	13.56
	6	2-5	2	10.33	13.50
	7	3-4	1	10.80	13.15
	8	3-4	2	10.78	13.12
	9	3-5	1	11.86	13.83
	10	3-5	2	11.75	13.71
	11	4-5	1	10.91	15.01
	12	4-5	2	11.32	11.32

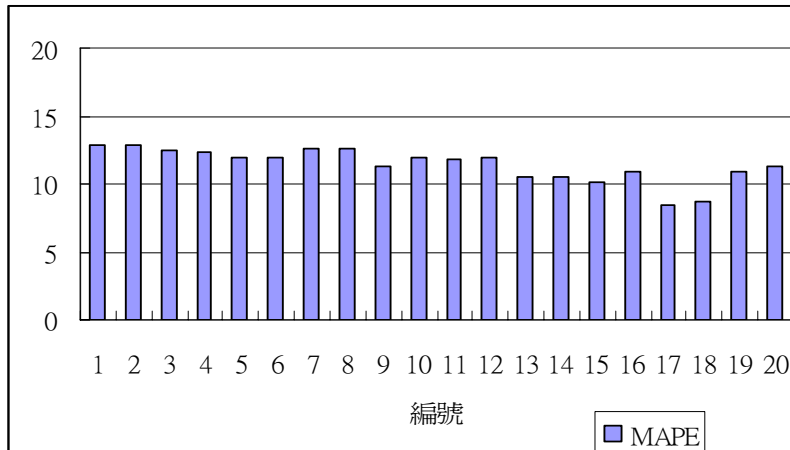


圖 6.16 成對偵測器佈設策略分析圖（堤頂大道）

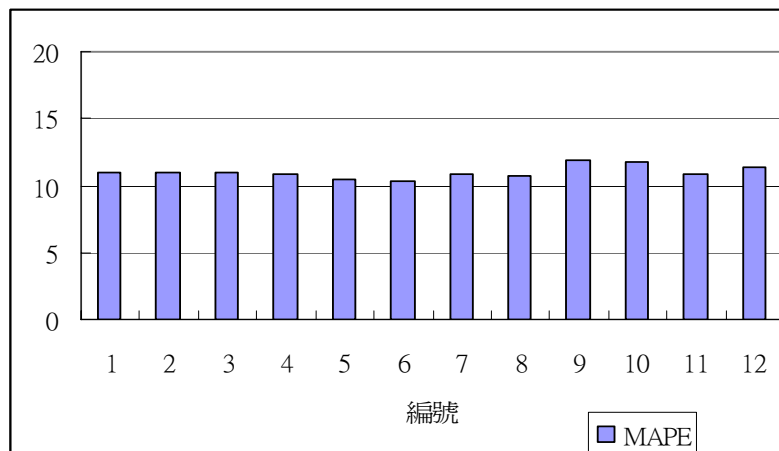


圖 6.17 成對偵測器佈設策略分析圖（舊宗路）

6.5 小結

1. 旅行時間方法論比較：針對旅行時間推估模式進行方法論之評比，研究結果顯示，類神經網路模式之績效普遍較佳，模式能貼近現實的反應；然而實務應用上，由於類神經網路模式需要大量的車流資料作為訓練之用，為其主要限制，而 Oh 模式則無此限制條件。因此在實際應用上，應兼顧模式績效表現與應用上之限制。
2. 偵測器佈設準則分析部分：本研究以縱向、橫向與密度等觀點探討交通偵測器佈設準則，研究結果顯示，成對偵測器佈設方式不一定會提高模式之準確性，於舊宗路部分，成對策略可使得模式績效提高，但是提高之幅度不高，是否值得在同一路段上佈設兩組偵測器，由於偵測器之成本支出上相當高，在成本效益的考量下，原則上每一路段以佈設一組車輛偵測器為宜，佈設分

析如表 6.5-1 所示。

表 6.5-1 佈設分析績效評比表

調查地點	分析方式	MAPE	RMSE
堤頂大道	縱向(4 號偵測器)	8.19	11.71
	橫向(第三車道)	7.64	10.57
	成對(3 號-5 號)	8.42	10.54
舊宗路	縱向(3 號偵測器)	10.49	12.95
	橫向(第一車道)	13.25	20.94
	成對(2 號-5 號)	10.33	13.50

3. 本研究分別調查台北市大度路、堤頂大道與舊宗路三處地點，利用交通偵測器所蒐集之交通變數資料代入模式，由分析結果發現，在不同道路與車流特性下，模式表現大致相仿，如表 6.5-2 所示。除大度路因資料不足無法構建類神經網路模式故不予討論外，在堤頂大道與舊宗路的研究結果顯示，Oh 模式與類神經網路模式應用於都市幹道之績效良好，而機車車流的有無與路段長度對模式績效影響不大。

表 6.5-2 實測地點特性與模式評估比較表

項目	特性	大度路	堤頂大道	舊宗路
道路特性	路段長度	1440 公尺	870 公尺	362 公尺
	車道數	3	4	3
	中央實體分隔	有	有	有
	機車專用道	有	禁行機車	無
	號誌時制計畫 (綠燈/黃燈/紅燈)	(87/3/60) (秒)	(51/4/45) (秒)	(95/3/51) (秒)
車流特性	是否為混合車流	否	否	是
	車種比例	以小型車為主	以小型車為主	小型車和機車為主
	尖峰小時流量	資料不足	2965 輛 (17:30~18:30)	1924 輛 (17:30~18:30)
績效表現	Oh 模式	約 50% (未處理延滯)	約 16%	約 17%
	類經網路模式	資料不足	約 10%	約 11%
	卡門濾波模式	資料不足	約 13%	約 14%

資料來源：本研究整理

第七章 結論與建議

本研究分別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都市幹道旅行時間，並先以迴歸分析法驗證交通變數彼此間之關係與確認模式輸入項之顯著性，經由實證分析獲得適合國內特定都市幹道類型之旅行時間推估模式。其次，以績效最佳之旅行時間推估模式為基礎，探討交通偵測器佈設策略議題，分別以縱向、橫向及佈設數量等三個向度，全面性的考慮交通偵測器在都市幹道的佈設準則。針對本研究相關內容與實證分析結果，歸納整理提出以下結論與建議。

7.1 結論

本研究針對旅行時間推估議題與交通偵測器佈設準則兩大研究主軸，提出結論如下：

1. 經由文獻探討得知，國內、外針對旅行時間推估進行探討的研究，大多以高（快）速道路為對象，以都市幹道為對象者較為少見，而國內針對都市幹道為對象，以用路人資訊需求為出發點來探討旅行時間推估議題者，可說相當缺乏。此外，旅行時間推估之方法論眾多，但是應用在都市幹道是否會有應用上的限制或不同的模式的績效表現則是相當重要的研究課題。因此，本研究希冀探討以都市幹道為對象來推估路段旅行時間之方法論，以及其績效表現之評估。本研究分別以巨觀車流模式、類神經網路模式，以及卡門濾波模式進行都市幹道旅行時間之推估，經實證分析結果顯示，不同模式之績效表現以 MAPE 平均值為例，類神經網路模式約為 10%；卡門濾波模式約為 13%，而 Oh 模式約為 15%，整體而言，上述三類模式皆適合應用於推估都市幹道旅行時間。
2. 都市幹道旅行時間可定義為自由車流旅行時間與延滯時間之總和，由實地調查與資料分析結果發現，由於都市幹道尖、離峰特性之影響，進行演算法之績效評估時應根據模式特性，先行加入延滯時間部分之處理，使得模式之比

較基準具一致性。然而不同模式在處理自由車流旅行時間與延滯時間的能力亦有差異，以前述三類模式為例，基本上類神經網路模式具有同時處理自由車流旅行時間與延滯時間的能力，而巨觀車流模式與卡門濾波模式則視研究路段的空間範圍，基本上較適於評估自由車流旅行時間。

3. 根據交通變數迴歸分析結果顯示，基本上與先驗知識相符，資料分析結果顯示，流量、速度、佔有率及密度等交通變數與路段（徑）旅行時間具相當程度之關係存在，其中流量與旅行時間之迴歸模式較不顯著，而速度與佔有率之模式顯著性較高。以多元迴歸方式探討時，兩者對旅行時間的描述能力較強。
4. Oh 模式應用於旅行時間推估議題，應用上較為簡單、操作相對容易，且不需大量資料進行模式參數校估與驗證工作，但是其模式績效誤差相對類神經網路模式與卡門濾波模式來得大，經由統計之卡方檢定顯示，Oh 模式與前述兩項模式之績效有顯著之差異，雖然類神經網路的績效表現較佳，惟該方法並不具地區轉移性，同時需要大量的資料作為網路模式訓練之用，在實務應用上仍有限制。因此，實務應用須兼顧模式之績效表現與實務應用上之限制。
5. 交通偵測器佈設準則評估結果顯示，在堤頂大道部分，有關縱向之分析以 4 號偵測器之績效最佳，距下游路口 322 公尺，類神經網路模式之 MAPE 約 8 %，模式之輸入項為流量、速度及延滯時間。橫向分析以第三車道之績效最佳，最能代表路段整體之情形，歸納其原因主要因堤頂大道無機車干擾且第三車道流量所佔比例最大，故以第三車道之資料最能代表整體系統的表現。
6. 在舊宗路的交通偵測器佈設準則評估結果顯示，縱向分析方面以 3 號偵測器之績效最佳，距下游路口 287 公尺，類神經網路模式之 MAPE 約 10%，模式之輸入項為流量、速度及延滯時間。橫向分析以第一車道之績效最佳，最能代表路段整體之情形，歸納其原因主要為舊宗路之特性為一般都市幹道之混合車流，機車干擾影響下第三車道之偵測準確度較低，而第一車道所受的干擾最少，因此以第一車道的資料最能代表系統整體的狀態。
7. 本研究結果顯示，成對偵測器佈設策略可提高模式之準確性，使得模式績效提高，但是提高之幅度不大，是否值得在同一路段上佈設兩組偵測器，由於偵測器之成本相當高，在成本效益的考量下，原則上每一路段以佈設一組車輛偵測器為宜。

7.2 建議

1. 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，不同種類之車輛偵測器之輸出差異，可能影響模式推估之結果或使模式應用受到限制。因此，未來研究可考慮不同資料來源，或多資料來源之推估模式分析。
2. 旅行時間推估時階長度之不同，對於動態旅行時間推估之方面可能有不同的影響效果，而本研究並未探討不同時階長短對於模式推估能力之影響，該一問題值得後續研究進一步加以探討。
3. 現有之先進式交通偵測器，大多可同時偵測多車道之車流資料，故未來可考慮多個不同車道位置之橫向佈設策略，以利用多車道之資料同時應用於模式中加以分析。
4. 類神經網路模式之輸入項可因應問題本質加以彈性選擇，而本研究主要採用流量、速度與延滯時間為輸入項，並未應用其他交通變數，如車種混和比例、道路實體型態與道路流量及容量（V/C）之關係等，未來研究可考慮不同交通變數對旅行時間推估模式之影響。
5. 現有之延滯公式大多無法有效反應國內都市幹道在飽和狀態時之車流行為，各種延滯分析多呈現低估的情形，本研究經由模式求解範例發現，都市幹道之延滯公式無法反應現實的情形，且目前國內相關延滯公式並無進一步針對國內環境進行參數之校估，因此未來研究可以考慮藉由發展解析式數學模型或相關軟硬體之配合據以有效進行路口延滯時間之求解，以擴展相關模式在實務上的應用對象。
6. 本研究乃以線的觀點來探討車輛偵測器佈設準則，為微觀角度之分析，由於目前實務應用上交通偵測器因為成本的考量，並無法於短路段中密集佈設，故未來研究可進一步根據路網層級範圍，擴大分析其佈設準則。
7. 台北市的都市幹道以 3~4 車道最為常見，本研究於台北市內湖區堤頂大道與舊宗路兩處進行實測調查，該兩處實測地點符合大多數都市幹道的屬性，但是本研究成果仍僅為該特定路型之車流行為，而非通則性的標準，在偵測器佈設準則議題方面，實務應用上須先確定研究對象之道路特性，才能以本研究之結果加以應用。未來研究可以針對都市幹道不同路型與車流條件，進一步探討相關方法論之績效表現與對應的車輛偵測器佈設準則。

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. 董啟崇等人，「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。
4. 飯田恭敬編著，「交通工學」（日文），國民科學社，1992 年。
5. Oh, J. S., Jayakrishnan, R., and Recker, W. "Section Travel Time Estimation from Point Detection Data", presentation at the 82th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D. C., U.S.A., 2002.
6. 胡守任等人，「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。
7. Paterson, D. and Geoff, R., "Dynamic Travel Time Estimation on Instrumented Freeways", presented at the 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, Toronto, Canada, 1999.
8. Coifman, B., "Vehicle reidentification and travel time measure in real-time on freeways using the existing loop detector infrastructure", Transportation Research Record 1643, Transportation Research Board, 181-191, 1998.
9. Coifman, B., "Estimating Travel Times and Vehicle Trajectories on Freeways Using Dual Loop Detector", Transportation Research 36A, 2002, pp. 351-364.
10. Coifman, B., Dhoorjaty, S., and Lee, Z. H., "Estimating Median Velocity Instead of Mean Velocity at Single Loop Detectors", Transportation Research 11C, 2003, pp. 211-222.
11. Dharia, A. and Adeli, H., "Neural Network Model for Rapid Forecasting of Freeway Link Travel Time", Engineering Application of Artificial Intelligence 16, 2003, pp. 607-613.
12. Dia, H., "An object-oriented neural network approach to short-term traffic forecasting.", European Journal of Operational Research 131, 253-261, 2001.
13. 魏健宏、林士傑、李穎，「高速公路客運車輛旅行時間預測之實證評析」，運輸計劃季刊，第三十二卷第四期，頁 651-680，民國九十二年。
14. 林士傑，「高速公路旅行時間預測模式之研究-類神經網路之應用」，成功大學研究所碩士論文，民國九十年。
15. 張修榕，「高速公路旅行時間之研究」，中央大學研究所碩士論文，民國九十年。
16. 李穎，「類神經網路應用於國道客運班車旅行時間預測模式之研究」，成功大

- 學研究所碩士論文，民國九十一年。
17. 李季森，「應用探測車法預測高速公路旅行時間」，中央大學研究所碩士論文，民國九十一年。
 18. 溫志元，「高速公路進口匝道匯流路段旅行時間研究」，中央大學研究所碩士論文，民國九十二年。
 19. Abe, A., Shimizu, M., and Daito, T. "Evaluation of Route Comparison Information Boards on HANSHIN Expressway", presented at the 5th World Congress on Intelligent Transport Systems, Seoul, Korea, 1998.
 20. Matsumura, S., Yamashita, H., Iwaki, S., and Sugimura, H. "Experimental Verification of Travel Time Prediction Method", presented at the 5th World Congress on Intelligent Transport Systems, October 12-16, Seoul, Korea, 1998.
 21. Arem, B. V., Vlist, M. J. M., Muste, M., and Smulders, S.A., "Travel Time Estimation in GERDIEN Project", International Journal of Forecasting 13, 1997, pp. 73-85.
 22. 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.
 23. Chen, M. and Chien, S. I. J., "Dynamic Freeway Travel Time Prediction Using Probe Vehicle Data: Link-Based vs. Path-Based," 80th Annual Meeting of Transportation Research Board, 2001.
 24. Lee, Y. I. and Choi, C. Y., "Development of a Link Travel Time Prediction Algorithm for Urban Expressway", presented at the 5th World Congress on Intelligent Transport Systems, Seoul, Korea, 1998.
 25. Huisken G. and Berkum, E.V. "Short-Term Travel Time Prediction Using Data from Induction Loops", presented at the 9th World Congress on Intelligent Transport Systems, Chicago, U.S.A., 2002.
 26. Kim, Y., Kim, D., Kim, D.G. "Estimation of Link Travel Time Using Vehicular Detection Devices in TRACS (Traffic Adaptive Control System).", Presented at the 5th World Congress on Intelligent Transport Systems, October 12-16, 1998, Seoul, Korea.
 27. Palacharla, P.V. and Nelson, P.C. "Application of Fuzzy Logic and Neural Network for Dynamic Travel Time Estimation." , International Transactions in Operational Research 6,145-160,1999.
 28. 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。
 29. Sisiopiku, V.P., and Roupail, N.M., "Toward the Use of Detector Output for Arterial Link Travel Time Estimation: A Literature Review." Transportation Research Board 1457(1994):158-165.

30. Sisiopiku, V.P., Roupail, N.M. and Santiago, A., "Analysis of correlation between arterial travel time and detector data from simulation and field studies" Transportation Research Board 1457(1994):166-173
31. May, A.D., Traffic Flow Fundamentals, Prentice Hall, New Jersey, 1990.
32. McShane W.R., Roess, R.P., and Prassas, E.S., Traffic Engineering, 2nd edition, Prentice Hall, New Jersey, 1998.
33. Lin, W. H., Kulkarni, A., and Mirchandani, P., "Short-Term Arterial Travel Time Prediction for Advanced Traveler Information Systems", Intelligent Transportation Systems, 8:143-145, 2004.
34. 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.
35. Oh, S., Ran, B., and Choi, K., "Optimal Detector Location for Estimating Link Travel Speed in Urban Arterial Roads, " presented at 83th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D. C., U.S.A., 2003.
36. Chan, K. S. and Lam, W. H. K., "Optimal Speed Detector Density for the Network with Travel Time Information", Transportation Research 36A, 2001, pp. 203-223.
37. 黃琳桂,「環路線圈車輛偵測器之最佳佈設方式研究」,國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文,民國九十一年。
38. 葉怡成,類神經網路模式應用與實作,第八版,儒林圖書公司,民國九十二年。
39. 林茂文,時間數列分析與預測,初版,華泰書局,1992年。
40. 吳柏林,時間數列分析導論,初版,華泰書局,1995年。
41. 葉小蓁,時間數列分析與應用,初版,台北市,1998年。
42. 馮正民與邱裕鈞,研究分析方法,建都文化事業有限出版公司,民國九十三年。
43. 陳建旭,「交叉路口間距對幹道車流抒解影響之研究」,國立交通大學交通運輸研究所碩士論文,民國八十七年。
44. 陳齊邦,「高速公路動態旅行時間推估與旅次起迄推估之研究」,江大學運輸科學研究所碩士論文,民國九十三年。
45. 交通部運研所,交通資料偵測與蒐集,民國八十五年。
46. 李博志,應用計量經濟學,五南文化事業,民國八十九年。

附錄一

一、推估旅行時間相關文獻

作者年代	方法論	輸入	輸出	成果	其他
Oh, et al. (2002)	車流理論(流量守恆觀念)利用車流的時空關係推倒,利用上、下游回路線圈估算路段旅行時間。	1.車流 2.密度	路段旅行時間	討論 I-405 freeway in Irvine 包含一個出口匝道之路網,誤差在 3% 以內。	採用雙迴圈偵測器
Dailey (1997)	時空圖模式,並利用統計方法求解。	1. 流量 2. 平均車長 3. 點速率	路段平均速率	—	單迴路偵測器
Huisken and van Berkum (2002)	分別評估下列三種旅行時間預測方法 1. STTE 靜態旅行時間推估模式。 2. DTTE 動態旅行時間推估模式。 3.類神經網路模式。	1. 流量 2. 佔有率 3. 平均速率 4. 路段長度 5. 抒解率	旅行時間	以類神經網路模式表現最好,ANN 模式有 $r^2=0.96$ 的表現。	僅看單一方向之快速道路,總長 11.4Km,有五組上下匝道。
Satoshi, et al. (1998)	透過歷史資料與現在旅行時間之差異,調整歷史旅行時間資料之模式。	1.速度 2.流量 3.歷史旅行時間資料 4. 即時旅行時間資料	預測時間點 t 往前 n 個時間點的預測旅行時間: $X_p(t, n)$	平均誤差率 11.4%。	Osaka-Takatsuki 間快速道路,直線距離約 20 公里,其中有 8 條替選路徑。
Kim, et al. (1998)	利用 Fuzzy system 及 Neural network 分別預估旅行時間。	1. 流量 2. 佔有率	1. 速度 2. 旅行時間	類神經網路模式之 MSE 可達 8.7%	研究範圍為 Samsungro 單一路線中 61 個交叉路口。

作者年代	方法論	輸入	輸出	成果	其他
van Arem et al. (1997)	考慮擁擠狀態下，應用 ARMA 模式推估旅行時間	1. 流量 2. 自由車流下之速率 3. 佔有率 4. 延滯時間	路段旅行時間	以誤報率作為評估依據。	實測之路段長度可能超過 10 公里，不一定有上、下匝道，採用迴圈偵測器。
Lee and Young (1998)	利用 Kalman Filer 方法進行速度與旅行時間預測。	1. 流量 2. 佔有率 3. 點速度	路段旅行時間與平均速度	1. Mean Absolute Relative Error < 0.03 2. MSE < 14.0 3. EC > 0.976	Olympic Expressway 選取部分路段，採用影像式偵測器。
魏健宏等人 (2003)	採用類神經網路模式中之倒傳遞網路 (Back Propagation Network, BPN) 模式。	1. GPS 資料 2. VD 速率 3. 事件資料 4. 時間 5. 幾何資料速率	路段旅行時間	平均每車誤差 20 % ~ (-30%)	國道一號新竹往台北路段
李穎 (2002)	以類神經網路模式建構旅行時間預測模式，近似資料融合觀點運作。	1. GPS 資料 2. VD 速率、流量 3. 事件資料 4. 時間	客運之旅行時間	實證研究中，西螺至永康間分成 36 個區間之旅行時間預測，其模式績效能把握住 61% 的區間其旅行時間 MAPE 誤差低於 12%。	車輛偵測器資料內容為每 5 分鐘收集後的平滑值。

作者年代	方法論	輸入	輸出	成果	其他
張修容 (2001)	以三層、完全連結及前向式網路架構，配合倒傳遞演算法來建立不同交通車流型態下之旅行時間預測模式。	以速度作為預測之輸入變數，並考慮以目前時刻往前推算第 (t-1)、第 (t-2)、...、第 (t-n) 共前 n 個時刻之歷史速度資料，作為輸入變數。	預測下一個五分鐘由一匝道至下一匝道所需之平均旅行時間資料。	如：預測結果誤差比例在 0.05 以上時，各種流量型態均有 95% 以上之精確度。	以模擬方式作為資料產生方式。
張慶麟 (2003)	分別採用簡單指數平滑法、Holt's 指數平滑法、自我迴歸移動平均整合模式及倒傳遞神經網路等四種方式建構旅行時間預測模式，並分析其績效表現。	以類神經網路為例		以 Holt's 指數平滑法之預測績效最差，其餘三者預測效果差異無多，但以倒傳遞網路易獲得較佳之預測績效。	以模擬方式產生實驗資料。
		(t-1) 時刻速度、(t-2) 時刻速度...至 (t-n) 時刻之歷史旅行時間。	下一期進入路段之所有車輛平均旅行時間。		
溫志元 (2003)	以類神經網路模式進行旅行時間預測。	1. (t-1) 時刻速度、(t-2) 時刻速度...至 (t-n) 時刻速度。 2. (t-1) 時刻速度、(t-2) 時刻速度...至 (t-n) 時刻之流量。	下一五分鐘之旅行時間。	此研究之旅行時間預測模式之輸入層數目愈多時，預測績效愈佳。	利用車流模擬方式蒐集相關交通參數資料，針對高速公路各主線流量與進口匝道流量組合型態，以及不同偵測器佈設間距等兩項因素作為模式主要影響因子。

二、偵測器相關文獻

作者年代	方法論	輸入	輸出	成果	其他
Thomas (2000)	利用 CORSIM 模擬真實路網，得到路段資料後，再利用 Regression 進行演算，驗證最佳結果。	1.車流量 2.佔有率	路段旅行時間	以號誌化市區道路為研究對象，僅可提出研究對象之最佳佈設策略，無法有不論路型之通用結論。	採用雙迴圈偵測器。
Oh, et al. (2003)	以模擬方式實驗，模擬參數採用真實路網資料建構，並以敏感度分析方式分析。	1.綠燈長度 2.速限 3.流量 4.車道數	最佳之偵測器佈設位置	無法提出不論條件之通用結果，僅能表示特定條件下之最佳佈設位置。	使用 CORSIM 模擬路網，每五十英尺佈設一個偵測器。
Chan and Lam (2001)	以旅行時間量測誤差和偵測器所需的社會成本作為求取密度最佳化的兩個限制條件，使用雙層模式求解。	1.O-D pairs 2.速度 3.流量 4.社會成本	1.旅行時間 2.偵測器密度	提出市區道路之偵測器密度大於高速公路之佈設密度。	實驗路網含三個交通分區(Zone)與十條路段(Link)。
張堂賢與黃琳桂 (2003)	探討環路線圈佈設參數與佈設位置之影響，以統計方式分析。	量測到的車輛數	偵測失敗率	以偵測失敗率作為評估指標。	以新生南路(辛亥路至和平東路間)北向路段為例。

三、延滯公式相關文獻

作者年代	方法論	延滯公式議題	成果	其他
Lin, et al. (2004)	考慮車輛到達路口時遭遇延滯之機率值，結合現有之延滯公式，計算可能之延滯時間。	如何校估機率模式之轉置矩陣中各項參數。	以模擬資料進行驗證，不論實驗環境之條件，其模式預測值均低於模擬所得之延滯時間。	預測市區幹道旅行時間之關鍵在於路口延滯，其主要影響因子為： 1.流量等級。 2.車流組成。 3.號誌連鎖等級。
Thakuriah (1996)	考慮號誌週期之影響，以等候理論推算可能之等候長度進而導出可能之延滯時間，作為旅行時間推估模式之用。	號誌週期與流量為重要變因，延滯為模式中之部分變項。	預測模式以探針車資料為真值時，在正負時十秒內之誤差約達 76%。	假設旅行時間和進入路段之時間有某種關係，透過號誌週期之關連導出模式，並校估參數。
Sen et al. (1996)	比較不同資料蒐集基礎下之路段旅行時間之推估方法。	路段旅行時間由路段行駛時間與停等延滯組成，路段之旅行時間與路段之延滯時間具一定關係之方程式。	分別校估出偵測器、探針車、指派模式之模式參數。	實測路段為 ADVANCE 專案之路網，為含十二個路段 (Link) 之市區路徑。
林聖章 (2003)	以動態隨機方程式求解當事故發生時，可即時應變事故擁塞溢流之交通號誌控制模式。	1.May(1990)均勻到達延滯公式。 2.Webster(1958)同時考慮車輛的均勻到達與隨機到達型態的延滯公式。 3.HCM(2000)延滯公式。 4.車隊到達延滯。	可得到不同流量與事故情境下，號誌控制系統之績效。	此研究自行建構「即時反應事故車流號誌控制模擬系統」，模擬事故車流於號誌控制狀況下之車流情況，以產生本研究所需車流資料。

作者年代	方法論	延滯公式議題	成果	其他
陳建旭 (1998)	探討不同到達分佈型態下延滯模式及有效綠燈時間延滯模式之計算分析，以積分方式求解。	依據不同車流之到達型態，建構模式，並以積分方式求解。	此研究所構建之延滯型態模式，適用於交叉路口自產生累積停等至累積停等消失期間之延滯現象，而實例計算時，僅取延滯發生中之部份時段，且依不同停儲空間長度(路口間距)計算停等延滯時間及有效綠燈時間延滯。	考慮之因素包括：何時開始累積停等、何時結束累積停等、停等最多車輛數、停等延滯值、何時開始溢流、何時結束溢流、溢流最多車輛數、有效綠燈時間延滯值等。



附錄二：Oh 模式數值分析流程

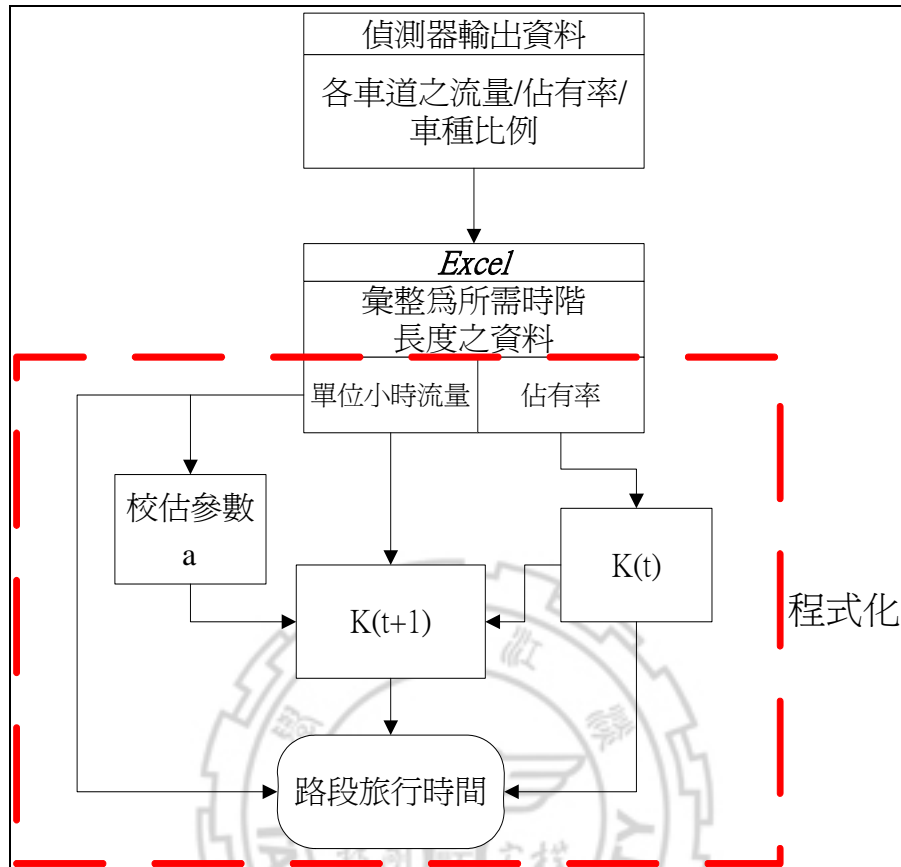


圖 Oh 模式操作流程

- (1) 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。
- (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。
- (3) 根據前兩步驟所得之佔有率並利用式一求路段起始密度 $K(t)$

$$K(t) = \frac{Occ\% \times L}{g} \quad (\text{式一})$$

式中，

L 為路段密度之單位長度 (10)

g 為有效車長加上偵測器長度 (本研究中偵測器長度為零)

(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 ，其公式如式二所示。

$$\alpha(t) = \frac{\sum q_u(t)}{\sum q_d(t)} \quad (\text{式二})$$

(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，如式三所示。

$$K(t+1) = K(t) + \left(\frac{\Delta t}{\Delta x \times l} \right) (q_u(t) - \alpha(t) q_d(t)) \quad (\text{式三})$$

式中，

Δt ：時階長度

Δx ：兩偵測器間之距離

l ：車道數

(6) 利用上述所求之資料帶入式四，以求得兩組偵測器間之路段旅行時間。

$$tt_{SD} = \frac{\Delta x * \{k(t+1) + k(t)\}}{\{q_u(t) + q_d(t)\}} \quad (\text{式四})$$

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）

附錄三：類神經網路模式數值分析流程

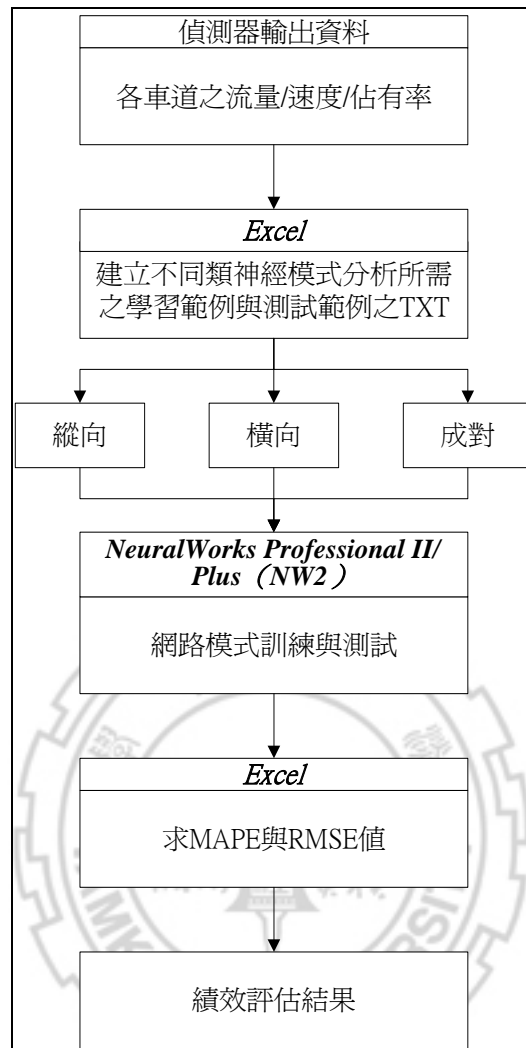


圖 類神經網路分析流程

1. 步驟一：偵測器所輸出之資料分類，並依觀測時間排序，以建立模式輸入項資料。選定輸出入資料後，將資料依觀測時間、固定比例隨機分為訓練範例和測試範例。訓練範例和測試範例數量的比例約為 2:1。
2. 步驟二：進行相關參數設定，以倒傳遞網路學習法選擇 Delta—Rule，轉換函數則選擇 Sigmoid 和 TanH。其餘參數採用內建值。
3. 步驟三：設定績效評估指標。
4. 步驟四：網路訓練。設定類神經網路訓練次數，採用內建值 50000 次，即學習達 50000 次後即停止。

5. 步驟五：網路測試。網路訓練完成後，進行網路測試步驟以決定該網路訓練成效。
6. 步驟六：藉由網路輸出變數與實際觀測值的比較以決定接不接受這個網路，若不接受則重複上述步驟一至五，調整網路架構或其他網路參數值直至網路測試結果被接受為止。
7. 粗斜體為所使用之軟體。

