

國立交通大學  
運輸科技與管理學系

碩士論文

使用車輛偵測器和自動車輛辨識之資料  
預測高速公路旅行時間  
Travel Time Prediction for Freeway Using Vehicle Detector and  
Automatic Vehicle Identification Data

研究生：朱志杰

指導教授：黃家耀 副教授

中華民國一百零二年七月

使用車輛偵測器和自動車輛辨識之資料預測高速公路旅行時間

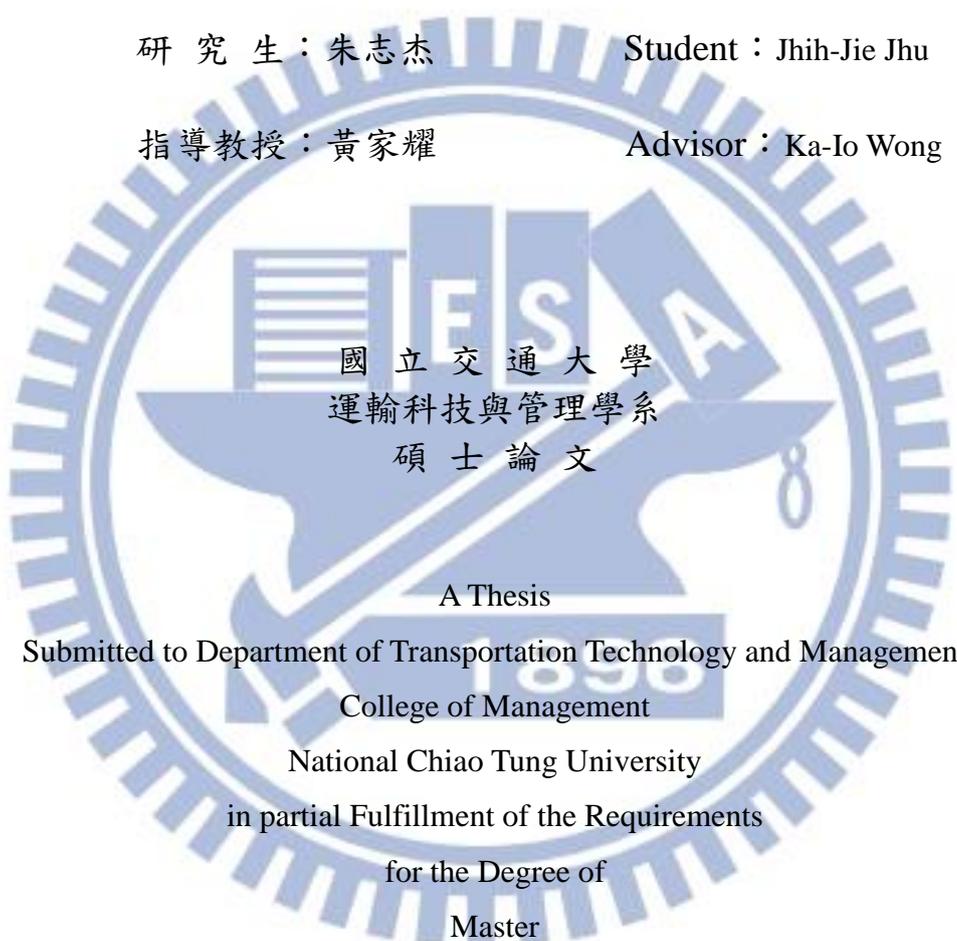
Travel Time Prediction for Freeway Using Vehicle Detector and  
Automatic Vehicle identification Data

研究生：朱志杰

Student : Jhih-Jie Jhu

指導教授：黃家耀

Advisor : Ka-IO Wong



國立交通大學  
運輸科技與管理學系  
碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation Technology and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Transportation Technology and Management

July 2013

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百零二年七月

# 使用車輛偵測器和自動車輛辨識之資料

## 預測高速公路旅行時間

學生：朱志杰

指導教授：黃家耀

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

### 摘要

台灣的運輸路網發達，部分時段交通量大造成交通擁塞，如能提供準確的交通資訊給用路人，或能幫助用路人避開擁塞時間及路段，也能降低路段的擁塞程度。高速公路上最重要的交通資訊為旅行時間，本研究的目的是利用國道高速公路的車輛偵測器(Vehicle Detector, VD)及自動車輛辨識(Automatic Vehicle Identification, AVI)作為資料來源，建立旅行時間的預測模型。使用VD具有即時集交通狀況的特性，透過模式辨認(Pattern Recognition)的方法與VD旅行時間歷史資料庫比對，找出最相符的日期與時間點，再以相對應的AVI旅行時間歷史資料進行預測。本研究使用模式辨認中的k-NN(k-Nearest Neighbor)法進行交通狀況的比對。為了增加比對的準確性，本研究在k-NN模式中將比對時間長度( $\Delta t$ )列為校估參數並且對k設定條件限制。將比對時間長度列為參數，可找出更適合路段的比對時間長度，來提升預測準確性。在偵測器不穩定時，所集的交通資訊與現實交通狀況不符合，因此對k限制同一天比對成功的筆數限制，可以避免過多的資訊來自同一天，減少偵測器不穩定所造成的誤差。最後以實際案例探討，探討加入AVI資料是改善預測準確性的情況。

**關鍵詞：**旅行時間預測、高速公路、k-NN、車輛偵測器、自動車輛辨識系統

# Travel Time Prediction for Freeway Using Vehicle Detector and Automatic Vehicle Identification Data

student : Jhih-Jie Jhu

Advisor : Ka-Io Wong

Department of Transportation Technology and Management  
National Chung Tung University

## ABSTRACT

Accurate traffic information can help road users to avoid traffic congestion and reduce delay. The objective of this study is to develop a travel time prediction model for freeway using data from Vehicle Detector (VD) and Automatic Vehicle Identification (AVI). VD data can be collected and used in forecasting real-time, but usually suffers from inaccuracy when the traffic is congested. On the other hand, accurate travel time information can be derived from AVI data, but the collection AVI data and license plate matching have a delay and cannot be used in real-time prediction. We combine the two data sources and establish a historical database. With pattern recognition technique, we can identify the most similar traffic pattern in the database using real-time VD data for prediction. Based on the k-nearest neighborhood (k-NN) method, an modified approach is proposed with additional model parameters. The results show that the prediction model with combined VD and AVI database is more accurate than the model with only VD data.

**Keywords:** Travel time prediction, freeway, k-NN, Vehicle Detector, Automatic Vehicle Identification

## 誌謝

轉眼間碩士的兩年生活即將落幕，論文也順利的完成，非常感謝在研究過程中曾經指導與幫助過我的人。最感謝的當然就是指導教授 黃家耀老師，感謝老師兩年來細心且耐心的教導，想當初剛進來交大運管系的時候，連一封e-mail都打不好，還常常被老師耐心地提醒。從老師身上除了學到專業知識，更重要的是學到了許多做人處事的道理，由於老師對於做事的專業及態度要求，讓我在面對問題的時候，能以更聰明、仔細的方式去處理。另外也相當感謝兩位口試委員 王晉元老師、黃明居老師，非常仔細的看完論文，針對研究內容以及論文撰寫邏輯上給予相當多的意見，讓我的研究能夠更加的完善。最後感謝系上所有老師的教導，讓我在這個領域上有了更深的一層認識。

KI實驗室的同學，相當感謝你們兩年來的照顧，讓我的碩士生活更加精采，一起出遊、熬夜、打混等等，都是難忘的回憶。我的私人問題算起來是實驗室中最多的，總是麻煩你們了，非常謝謝你們，特別感謝小傑、小C在我失去戀人時給予的鼓勵，讓我能很快地走出來。另外也要感謝我身邊高中時代的好朋友群，大家總是會互相照應，在低潮的時候互相拉拔，快樂時一起分享，雖然嘴巴都蠻賤的，還是很感謝你們。當然也不能忘記妳在碩士生活中的陪伴。

最後要感謝的對象就是我的父母，從小到大對我的關心及照顧，讓我能夠有今天。論文快完成時有點心浮氣躁，口氣可能比較差，對此感到非常抱歉。

完成了人生中的一個階段，接著要邁向另一個里程碑，回首過去的兩年生活，依然感到非常充實，再次感謝所有的老師、長輩、朋友們的照顧。

朱志杰  
2013年 7月  
新竹 交大

# 目錄

摘要.....	i
ABSTRACT.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	v
圖目錄.....	vii
表目錄.....	ix
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍與方法.....	2
1.4 研究流程.....	3
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 交通預測方法.....	5
2.2 旅行時間推估.....	6
2.2.1 AVI 與 ETC 資料應用於旅行時間推估.....	6
2.2.2 VD 資料應用於旅行時間推估.....	7
2.3 旅行時間預測模式.....	8
2.3.1 k-NN 法.....	9
2.3.2 回歸模式.....	11
2.3.3 類神經網路.....	11
2.3.4 卡門濾波法.....	11
2.4 小結.....	12
第三章 資料分析.....	13
3.1 AVI 資料分析.....	14
3.1.1 AVI 設備資訊.....	15
3.1.2 異常旅行時間樣本過濾.....	16
3.1.3 車種差異分析.....	17
3.1.4 AVI 辨識率.....	18
3.1.5 AVI 旅行時間樣本數.....	24
3.1.6 AVI 資料分析結論.....	29
3.2 VD 資料分析.....	29
第四章 旅行時間推估模式.....	31
4.1 AVI 旅行時間推估模式.....	32
4.2 AVI 旅行時間填補方式.....	32

4.3 VD 旅行時間推估模式.....	41
4.4 小結.....	42
第五章 旅行時間預測模式.....	43
5.1 預測模型.....	44
5.1.1 VD k-NN 模型.....	44
5.1.2 VD 及 AVI 旅行時間融合.....	48
5.2 旅行時間延遲加總.....	49
第六章 實例分析.....	51
6.1 預測地點及特性.....	51
6.2 參數校估.....	51
6.2.1 參數校估方法.....	52
6.2.2 參數校估結果.....	52
6.2.3 小結.....	54
6.3 預測案例.....	54
6.4 小結.....	80
第七章 結論與建議.....	81
7.1 結論.....	81
7.2 建議.....	82
文獻參考.....	83
附錄.....	85



## 圖目錄

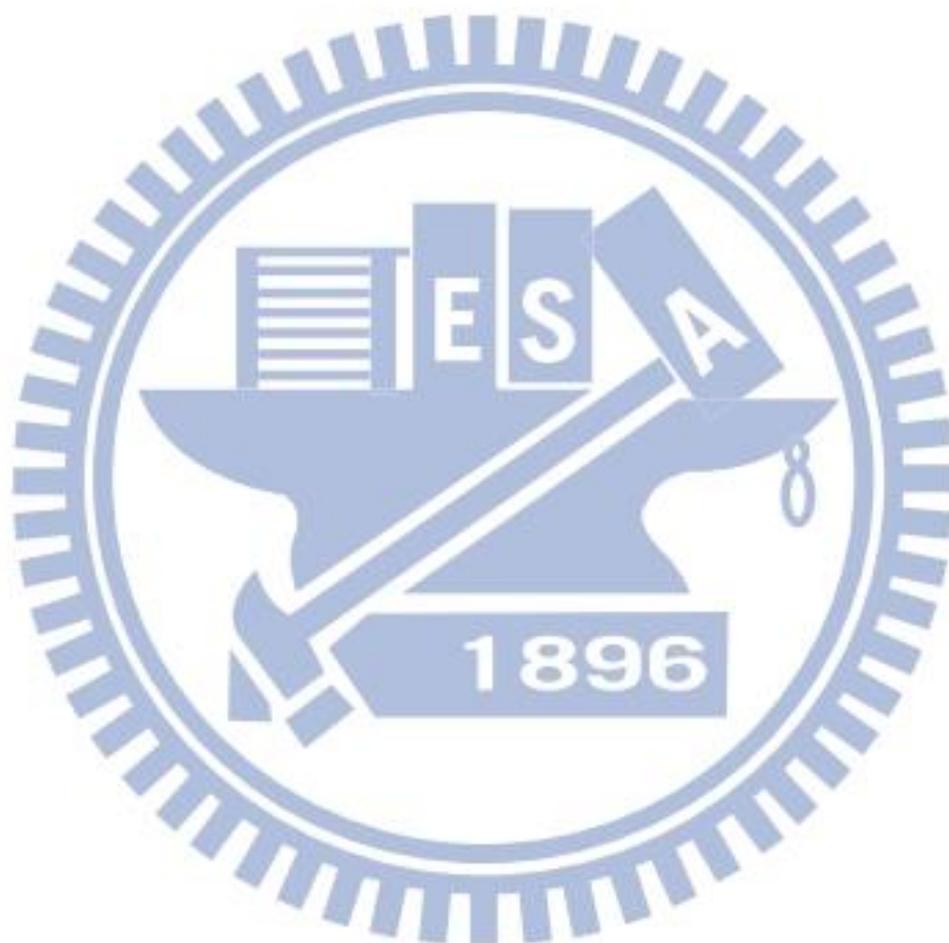
圖 1-1 VD 尖峰時段旅行時間低估案例 .....	2
圖 1-2 研究流程圖 .....	4
圖 2-1 交通預測分析骨幹 .....	5
圖 2-2 旅行時間蒐集示意圖 .....	7
圖 2-3 模式辨認 .....	9
圖 3-1 旅行時間原始分佈 .....	16
圖 3-2 旅行時間標準差過濾法 .....	17
圖 3-3 北上-大小車旅行時間差異 .....	18
圖 3-4 南下-大小車旅行時間差異 .....	18
圖 3-5 VD 車流量與 AVI 辨識量 .....	19
圖 3-11 AVI 抽樣數與樣本數需求( $E=0.05$ ) .....	26
圖 3-12 AVI 抽樣數與樣本數需求( $E=0.1$ ) .....	26
圖 3-13 AVI 抽樣數與樣本數需求( $E=0.2$ ) .....	27
圖 3-14 VD 速度-時空圖 .....	30
圖 4-1 AVI 旅行時間歷史資料填補流程 .....	33
圖 4-2 AVI 方案二旅行時間插補概念 .....	33
圖 4-3 速度-時空圖 .....	41
圖 5-1 預測模式流程 .....	43
圖 5-2 $T_1$ 、 $T_2$ 差異示意圖 .....	44
圖 5-3 旅行時間預測流程圖 .....	46
圖 5-4 k-NN 擴大比對時間差異 .....	48
圖 5-5 VD 填補 AVI 旅行時間歷史資料庫概念 .....	49
圖 5-6 延遲概念示意圖 .....	49
圖 6-1 新竹-台北參數校估與預測誤差變化 .....	52
圖 6-2 新竹-台北，七月二十七日歷史旅行時間 .....	56
圖 6-3 新竹-台北，七月二十七日預測旅行時間 .....	56
圖 6-4 新竹-台北，七月二十七日 85% 絕對百分誤差 .....	57
圖 6-5 新竹-台北，六月十五日歷史旅行時間 .....	58
圖 6-6 新竹-台北，六月十五日預測旅行時間 .....	58
圖 6-7 新竹-台北，六月十五日 85% 絕對百分誤差 .....	59
圖 6-8 台北-新竹，六月二十九日歷史旅行時間 .....	60
圖 6-9 台北-新竹，六月二十九日預測旅行時間 .....	60
圖 6-10 台北-新竹，六月二十九日絕對百分誤差 .....	61
圖 6-11 台北-新竹，七月二十日歷史旅行時間 .....	62

圖 6-12	台北-新竹，七月二十日預測旅行時間.....	62
圖 6-13	台北-新竹，七月二十日 85%絕對百分誤差.....	63
圖 6-14	新竹-台北，七月十三日歷史旅行時間.....	64
圖 6-15	新竹-台北，七月十三日預測旅行時間.....	64
圖 6-16	新竹-台北，七月十三日 85%絕對百分誤差.....	65
圖 6-17	台北-新竹，七月二十七日歷史旅行時間.....	66
圖 6-18	台北-新竹，七月二十七日預測旅行時間.....	66
圖 6-19	台北-新竹，七月二十七日 85%絕對百分誤差.....	67
圖 6-20	台北-新竹，七月十三日歷史旅行時間.....	68
圖 6-21	台北-新竹，七月十三日預測旅行時間.....	68
圖 6-22	台北-新竹，七月十三日 85%絕對百分誤差.....	69
圖 6-23	台北-新竹，七月二十日歷史旅行時間.....	70
圖 6-24	台北-新竹，七月二十日預測旅行時間.....	70
圖 6-25	台北-新竹，七月二十日 85%絕對百分誤差.....	71
圖 6-26	新竹-台中，七月十三日歷史旅行時間.....	72
圖 6-27	新竹-台中，七月十三日預測旅行時間.....	72
圖 6-28	新竹-台中，七月十三日 85%絕對百分誤差.....	73
圖 6-29	新竹-台中，七月二十日歷史旅行時間.....	74
圖 6-30	新竹-台中，七月二十日預測旅行時間.....	74
圖 6-31	新竹-台中，七月二十日 85%絕對百分誤差.....	75
圖 6-32	台中-新竹，七月十三日歷史旅行時間.....	76
圖 6-33	台中-新竹，七月十三日預測旅行時間.....	76
圖 6-34	台中-新竹，七月十三日 85%絕對百分誤差.....	77
圖 6-35	台中-新竹，七月二十日歷史旅行時間.....	78
圖 6-36	台中-新竹，七月二十日預測旅行時間.....	78
圖 6-37	台中-新竹，七月二十日 85%絕對百分誤差.....	79

## 表目錄

表 3-1 交流道里程 .....	13
表 3-2 旅行時間預測範圍對照表 .....	14
表 3-3 國道 AVI 位置及自定編號.....	15
表 3-4 AVI 資料格式.....	15
表 3-5 國道北上路段 AVI 辨識率(小客車, 1 月 6 日).....	20
表 3-6 國道北上路段 AVI 辨識率(所有車種, 1 月 6 日).....	20
表 3-7 國道南下路段 AVI 辨識率(小客車, 1 月 6 日).....	21
表 3-8 國道南下路段 AVI 辨識率(所有車種, 1 月 6 日).....	22
表 3-9 不同情況下樣本數足夠之比例 .....	28
表 4-1 名詞定義 .....	31
表 4-2 旅行時間資料缺失率-北上路段.....	35
表 4-3 旅行時間時階最大連續缺失數-北上路段.....	35
表 4-4 旅行時間插補方案-北上路段.....	36
表 4-5 旅行時間資料缺失率-南下路段.....	37
表 4-6 旅行時間時階最大連續缺失數-南下路段.....	38
表 4-7 旅行時間插補方案-南下路段.....	39
表 5-1 延遲加總邏輯 .....	50
表 6-1 預測範圍資訊.....	51
表 6-2 VD+AVI 各路段使用參數對照 .....	53
表 6-3 VD 各路段使用參數對照 .....	53
表 6-4 台北-新竹參數校估結果(7 月 20 日).....	53
表 6-5 新竹-台北參數校估結果(7 月 27 日).....	53
表 6-6 新竹-台中參數校估結果(7 月 13 日).....	54
表 6-7 台中-新竹參數校估結果(7 月 13 日).....	54
表 6-8 預測範例情境分類 .....	55
表 6-9 新竹-台北, 七月二十七日旅行時間預測結果分析.....	57
表 6-10 新竹-台北, 六月十五日旅行時間預測結果分析.....	59
表 6-11 台北-新竹, 六月二十九日旅行時間預測結果分析.....	61
表 6-12 台北-新竹, 七月二十日旅行時間預測結果分析.....	63
表 6-13 新竹-台北, 七月十三日旅行時間預測結果分析.....	65
表 6-14 台北-新竹, 七月二十七日旅行時間預測結果分析.....	67
表 6-15 台北-新竹, 七月十三日旅行時間預測結果分析.....	69
表 6-16 台北-新竹, 七月二十日旅行時間預測結果分析.....	71
表 6-17 新竹-台中, 七月十三日旅行時間預測結果分析.....	73

表 6-18 新竹-台中，七月二十日旅行時間預測結果分析.....75  
表 6-19 台中-新竹，七月十三日旅行時間預測結果分析.....77  
表 6-20 台中-新竹，七月二十日旅行時間預測結果分析.....79  
表 6-21 預測結果整理.....80



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

台灣西部交通公路系統已布置相當嚴密，用路人可依需求選擇國道高速公路或者平面替代道路，行走最合適的路線。在忙碌的現實社會中，時間就是金錢，時間的管理儼然成為一門重要的課題，若要將交通運具納入時間管理，必須將足夠的資訊提供給用路人，其中最重要且淺顯易懂的交通資訊，莫過於旅行時間。

以國道高速公路為例，目前較常見之交通資訊系統為警察廣播電台、交通服務 E 網、Google 地圖等，僅能提供簡單之路況資訊，如有無事故發生、擁塞情況等以及粗略的旅行時間公告。尚無建立完整的旅行時間預測資訊系統，當用路人在選擇適合行駛路線時，由於資料不充足，僅能用過去經驗去判斷旅行時間，當經驗與現實情況不相符，則會造成時間浪費，對個人及國家都是一大損失。為了滿足用路人需求，可藉由智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)進行交通管理，提升道路使用效率。其中以先進旅行者資訊系統(Advanced Traveler Information System, ATIS)與先進交通管理系統(Advance Transportation Management Systems, ATMS)，與用路人最為相關。ATMS 將交通路網上偵測器蒐集的資訊，經過分析、計算產生之結果，透過 ATIS 提供用路人即時交通資訊。而國道上常見的偵測器有車輛偵測器(Vehicle Detector, VD)、自動車輛辨識(Automatic Vehicle Identification, AVI)、探針車(Floating car)、電子收費(Electronic Toll Collection, ETC)等種類繁多的交通偵測系統，本研究期望透過現有國道偵測器，發展出一套旅行時間預測系統，提供給用路人使用。

目前造成台灣國道擁塞的主要原因在於，上下班時間過多的短程使用者，將國道當作免費且快速的短程公路使用。為解決台灣國道高速公路壅塞問題，台灣未來將實施國道高速公路里程收費政策，達到使用者付費的公平性原則，屆時國道高速公路必定將設置許多類似 ETC 的偵測器。此種偵測器特性為，詳細紀錄車輛通過收費偵測器的里程數及時間，並且能將高速公路上行駛的所有車輛納入分析資料來源，此資料相較於其它偵測器資料，有著偵測準確以及資料龐大的特性，對於交通管理者來說是一大福音。由於計程收費系統尚未設置完成，本研究僅能使用其它偵測器進行研究，選用資料量較少，偵測模式相似於里程收費偵測器的 AVI 資料作為研究對象，並且結合其它偵測器資料，如 VD、GVP 等國道偵測器，補足 AVI 資料無法即時蒐集的缺點，提升旅行時間預測之準確性，期望能對社會大眾有貢獻。

建置旅行時間預測模式，除了能提升交通管理的效率，改善交通擁塞狀況，也能提供用路人更為明確用路資訊，使用路人有足夠資訊進行選擇，將時間與資源做更有效分配與運用。

目前的旅行時間預測研究大多數使用 VD 作為資料來源，但 VD 在尖峰時段可能會產生旅行時間低估的狀況。AVI 簡介及旅行時間收集方式會在 2.2.1 詳述，AVI 為直接集車輛行駛時間，雖然有雜訊(辨識錯誤、用路人暫時離開國道)，但經過濾後，有相當高的準確性，可以當作旅行時間的真值比較。由於 AVI 旅行

時間需要車輛通過兩台偵測器，在台灣無法即時取得，因此 AVI 資料應用於旅行時間預測，僅能使用在建置歷史資料庫。而預測日的 AVI 旅行時間，事後收集回來後，則可以當作標竿與預測結果比較。以下為台灣 VD 偵測器的低估實際案例，圖 1-1 為 2012 年 1 月 27 日，國道一號南下路段 24~36 公里處，使用 AVI 所蒐集之平均旅行時間與使用 VD 推估之旅行時間，可由圖中看出，VD 在尖峰時段，收集的即時資料出現了旅行時間低估的狀況。因此本研究將建立一旅行時間預測模式，解決 VD 低估產生旅行時間預測誤差的狀況。

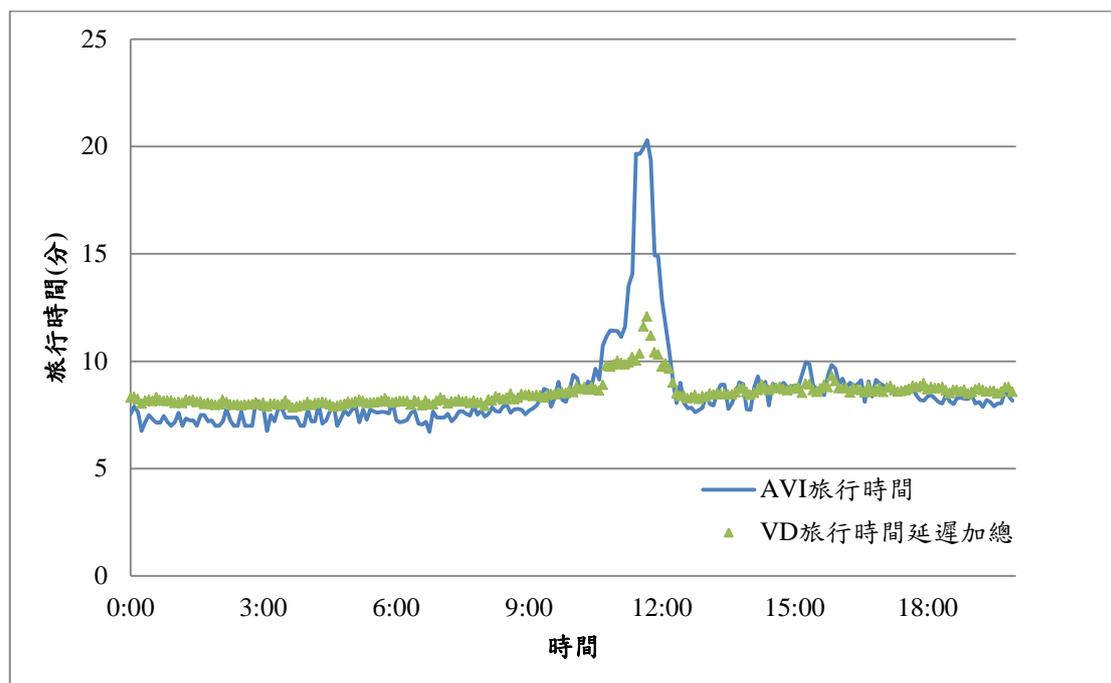


圖 1-1 VD 尖峰時段旅行時間低估案例

## 1.2 研究目的

本研究目的為建立旅行時間預測模式，解決單純使用 VD 進行旅行時間預測容易造成低估之問題。因此本研究提出將 VD 與 AVI 資料結合，透過 AVI 蒐集的旅行時間資料，提昇國道高速公路旅行時間預測的準確性。本研究將蒐集的 AVI 資料建置成 AVI 旅行時間歷史資料庫，結合 VD 具有蒐集即時資料的特性，發展出新的旅行時間預測模式。

## 1.3 研究範圍與方法

本研究所建立之旅行時間預測模式，所需的 VD 及 AVI 資料，由台灣高速公路局提供 2012 年 1 月~7 月，星期五的資料，作為研究分析材料。

資料整理後發現高速公路總局所提供之 AVI 資料妥善率以台中以北較佳，台中以南 180km 至 360km 的 AVI 資料妥善率欠佳，因此本研究所選定的研究範圍為台中交流道-台北交流道北上及南下方向，作為研究範圍，選定路段可切分為兩大主題，(1)台中交流道-新竹交流道、新竹交流道-台中交流道，流量穩定、較少塞車，(2)新竹交流道-台北交流道、台北交流道-新竹交流道，旅行時間有明顯

尖離峰變化，預測難度較高。

本研究主要方法是，利用國道高速公路總局提供之 AVI 及 VD 資料，建立 AVI 旅行時間歷史資料庫與 VD 旅行時間歷史資料庫。首先藉由 VD 可以即時收集速度、流量資料，計算出即時旅行時間的優點，透過模式辨認(Pattern Recognition)中的 k-NN(k-Nearest Neighbor)法，去與 VD 旅行時間歷史資料庫比對，找出 k 個最為相似的日期與時階，最後以對應日期與時階的 AVI 旅行時間歷史資料，做為旅行時間預測結果的依據。最後以預測日事後收集回來的 AVI 資料作為真值比較，驗證本研究提出的預測模式。

## 1.4 研究流程

本研究將前述所提出之旅行時間預測之研究範圍與方法，擬訂可行之研究流程，研究流程及研究流程圖如下圖 1-2 所示：

1. 決定研究範圍與對象  
選定在尖離峰時段壅塞變化明顯，造成旅行時間有明顯變化之路段，作為第一種預測對象，本研究選定國道一號北上方向新竹-台北、南下方向台北-新竹，第二種預測對象為流量穩定且較少塞車之路段，本研究選定國道一號北上方向台中-新竹、南下方向新竹-台中。
2. 蒐集相關文獻  
蒐集各種偵測器應用旅行時間推估模式、資料過濾與插補方法、模式辨認等相關文獻。
3. 資料蒐集與過濾  
將蒐集之偵測器數據加以過濾、填補，使得資料完整，可提供旅行時間推估及預測使用。
4. 建置 VD、AVI 旅行時間歷史資料庫
5. 建立 VD k-NN 模式
6. 預測結果分析
7. 結論與建議

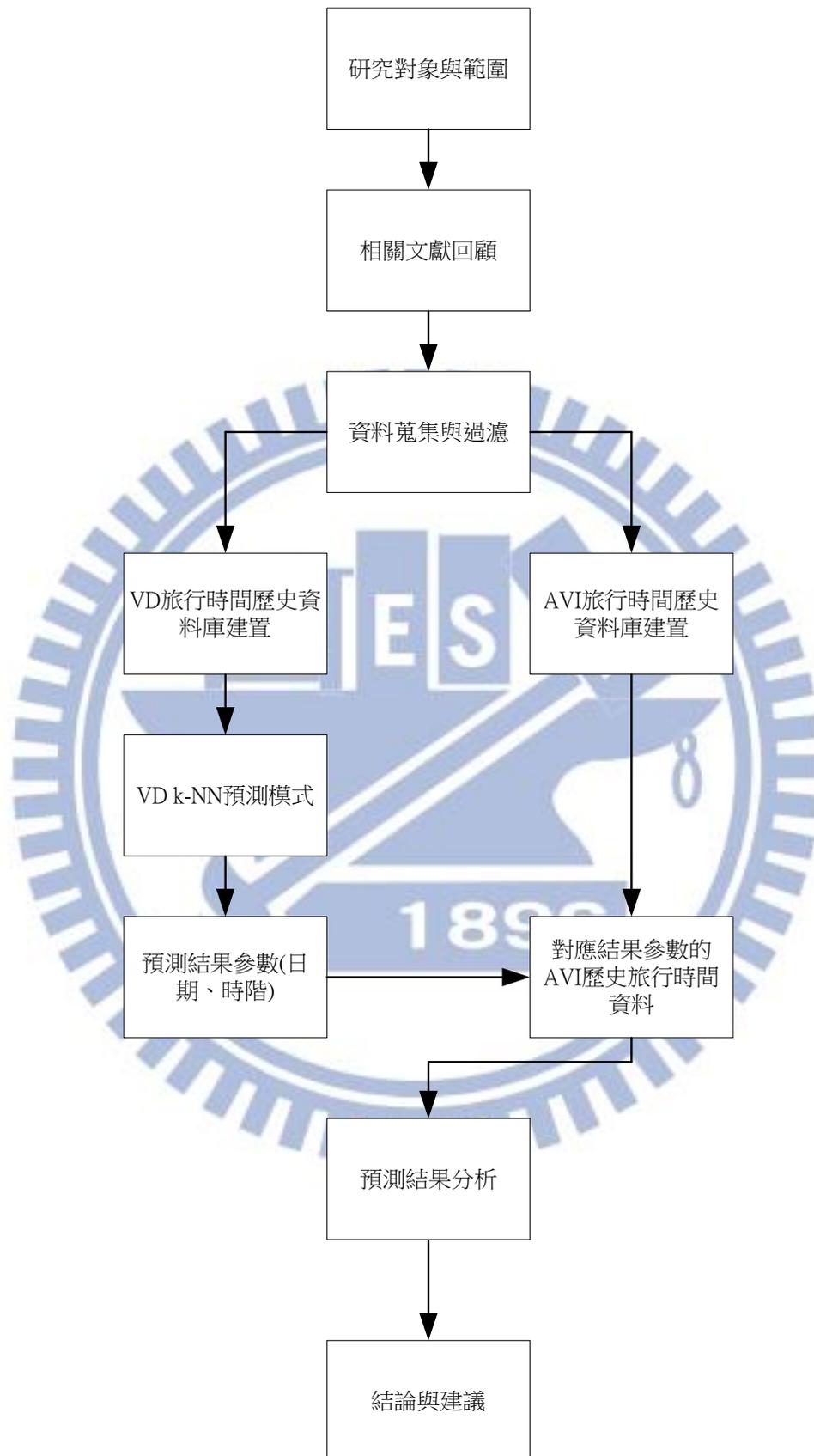


圖 1-2 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 交通預測方法

根據 Vlahogianni (2004)所提出的論文，將普遍接受的交通相關預測文獻，進行文獻的重點整理，並且將文獻中所提及的預測方法與過程做一個分類，歸類出做一個交通預測之前所需要考慮的前提條件，如選擇的道路總類、預測的有效時間範圍、使用的交通參數等等，完整的一個交通預測所需要做的準備如下圖 2-1 所示：

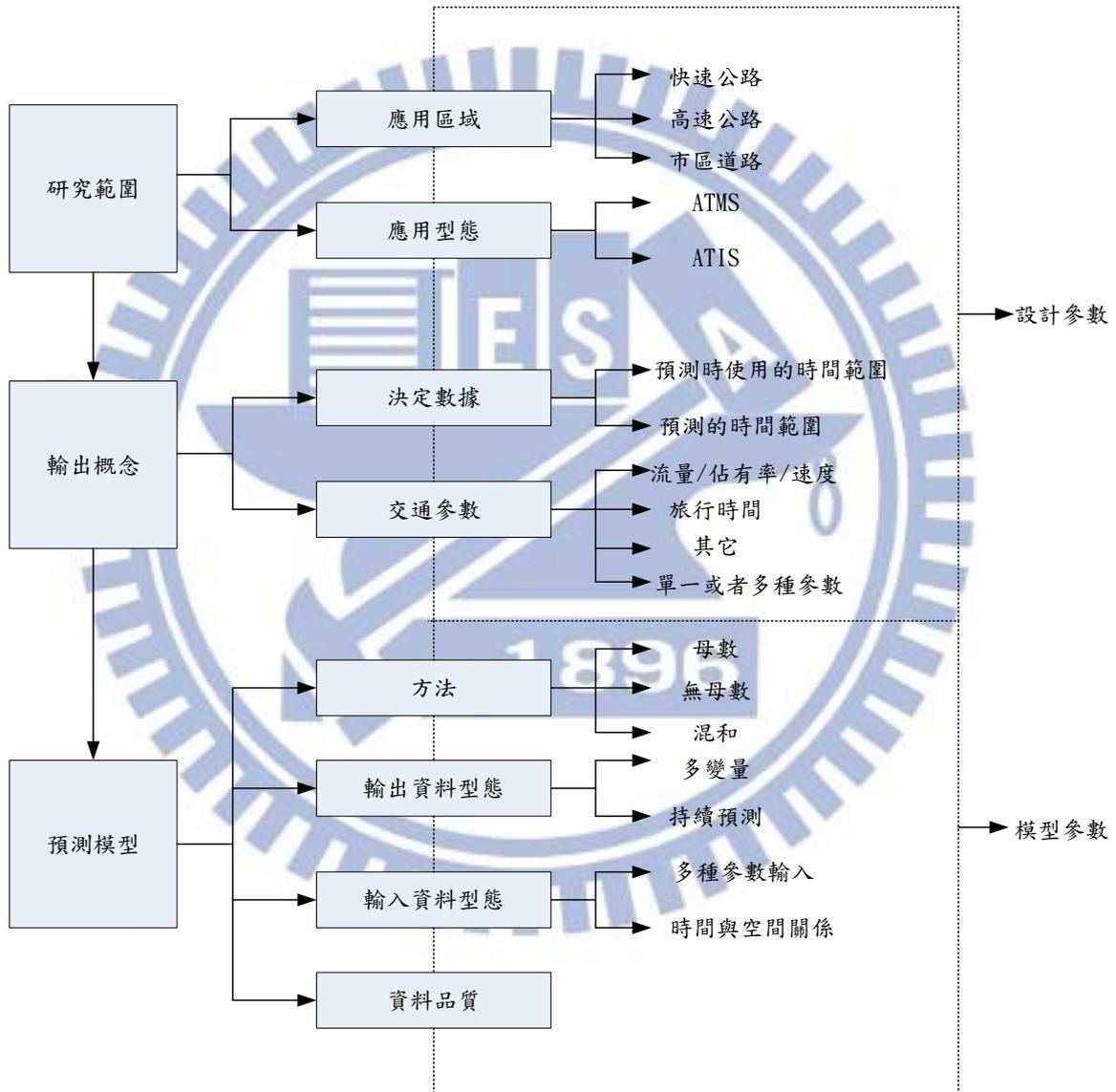


圖 2-1 交通預測分析骨幹

資料來源：(Vlahogianni, 2004)

文章中提到，做一個交通預測主要有三大步驟，(1)首先必須要界定研究的範圍，也就是研究的區域屬性以及應用的型態。區域屬性主要分成快速公路、高速公路及市區道路等，依據道路性質不同，交通預測上的差異也不相同。接著將研究最後所應用的型態做分類，屬於 ATMS 或者 ATIS 上的應用。(2)第二步則是

明確的決定研究結果要達成甚麼目標，也就是輸出概念。輸出概念則可分為數據分辨率及交通參數兩小類，數據分辨率指的是，決定使用多長的時間區間資料，去預測未來多長的時間區間資料，比如說使用蒐集到的 5 分鐘資料去預測未來 15 分鐘的交通狀況。交通的預測不是只有單一的種類，預測的種類可能為流量、佔有率、速度、旅行時間等等，必須在此先做好決定才能進行模型的設計。前兩步驟是一個明確定義、設計一個交通預測研究的必經過程，畢竟沒有對研究的對象進行特性的了解，將難以建置一個有效的模型去描述未來交通狀況。(3)第三步驟則開始進行模型的設計，選擇一個適合的方法才能達到理想的預測效果，文章中主要將方法分為三大種類，其一是使用統計上的方式如回歸、指數平滑、ARMA、卡門濾波等方式，其二是使用無母數的方法如無母數回歸、類神經等方法，或者是將前兩種方式做結合的混和方法來建置模型。當然建置一個模型還是得考慮輸入及輸出的資料以等變數，輸出的資料類型也會影響模型的選擇，如輸出的資料類型屬於多變量，方法則偏向無母數的方法。模型輸出的資料特性還須具備持續預測的能力，指的是模型不能只適用於特定的單一時間區間預測，必須要能在所有時間皆能使用，才是一個完整的交通預測模型。輸入的變數種類也會影響模型的選擇，文章中主要將輸入變數分成兩大類，分別是使用多種交通參數或者使用時空關係資料。最後影響模型的設計即是資料品質，文章中所指的資料品質是，蒐集來的數據常出現異常、遺漏等等狀況，要在可能的情況下進行過濾或者填補才能使用，否則再好的模型也無法進行準確的預測。

藉由此文章的整理，可以清楚地了解的，要完成一個交通預測，要如何循序漸進地完成，並列出需要考慮去注意的條件，對於本研究要進行旅行時間的預測，有著相當的幫助。

## 2.2 旅行時間推估

### 2.2.1 AVI 與 ETC 資料應用於旅行時間推估

自動車輛辨識簡稱AVI(Automatic Vehicle Identification)，意旨不需人工，當車輛經過時能夠自動辨識車輛身分的技術。車輛本身需要有能代表唯一身分的符號、標誌等，而車輛之身分通常為車牌、車主、車籍資料等。目前除了上述代表身分外，尚有額外加裝之電子產品能代表身分，如條碼(Bar Code)、電子車牌(Electronic Number Plate)、電子識別卡(Tag)、智慧卡(Smart Card)等、再依據不同需要蒐集AVI資料。目前AVI常使用於道路計程收費、電子收費、公路交通管理等方面。

Sano et al.(2000)等人透過，AVI偵測器的特性，可以發展出蒐集旅行時間的方式，蒐集方式如下圖2-2所示。偵測器設置於道路兩端，當具有身分之車輛經過偵測器，將車輛通過之時間紀錄，並傳回伺服器端進行儲存，車輛通過兩偵測器之時間差，即為旅行時間。

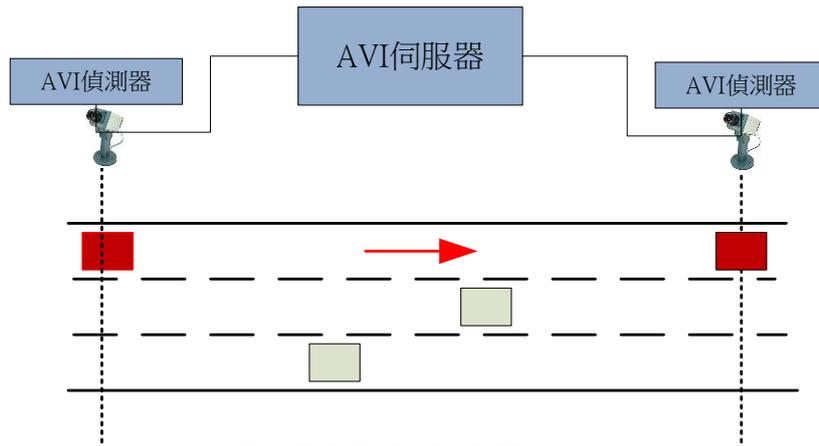


圖 2-2 旅行時間蒐集示意圖

Tam and Lam(2008)使用 AVI 資料蒐集旅行時間樣本，並建立 RTIS 系統即時計算出該時段的旅行時間。做法為將蒐集回來的旅行時間資料透過標準差過濾極端值，並加入共變異矩陣的概念，考慮歷史資料與蒐集回來的即時資料的共變異關係，來調整該時間的旅行時間值。最後以香港獅子山隧道(LRT)至過港隧道(CHT)為研究範圍，全長 6.23km，其結果說明了 RTIS 系統在尖峰時段有很好的表現。

### 2.2.2 VD 資料應用於旅行時間推估

車輛偵測器常見類型有兩種，分別是單迴圈車輛偵測器及雙迴圈車輛偵測器。台灣國道鋪設之車輛偵測器為雙迴圈，因此不考慮單迴圈偵測器之旅行時間推估模式。最常見的 VD 轉換成旅行時間推估的模式為使用點速度與距離差的關係進行轉換，其旅行時間推估模式如方程式 1 所示：

$$t_{DL} = \frac{\Delta x}{(v_u + v_d) / 2} \quad (1)$$

其中

$v_u$  為起點 VD 所偵測之平均速度。

$v_d$  為迄點 VD 所偵測之平均速度。

$\Delta x$  為路段距離

此模式為最簡單的 VD 旅行時間轉換模型，但單純使用起訖點平均點速度所計算出來的旅行時間，在車流量較高的時段則容易造成旅行時間低估的狀況。

根據 Oh et al. (2002)研究，文獻中指出直接利用平均點速度推算出旅行時間，在尖峰時段與 GVP 實地蒐集之數據產生誤差至少有 20% 以上。為避免造成旅行時間低估的狀況發生，提出使用流量守恆以及考慮兩偵測器間之密度，模式中也將匝道影響列入考慮變數中。研究過程針對 VD 與 VD 間存在測量誤差，提出調整參數  $\alpha$  修正偵測器間的誤差，以達到流量守恆。並且與上述 3 種標準推估模式進行比較，得到不錯的結果。但此模式之缺點為，若 VD 損壞的情況下，流量無法守恆，此模式則無法使用。

從  $k=q \cdot v$  與流量守恆的關係中推導出旅行時間的關係式如方程式 2 所示：

$$t_{DL} = \frac{\Delta x \cdot \{k(t+1) + k(t)\}}{(q_u(t) + q_d(t)) / 2} \quad (2)$$

其中

$q_u$  為起點 VD 所偵測之流量。

$q_d$  為迄點 VD 所偵測之流量。

$\Delta x$  為路段距離

$k(t)$  為時間  $t$  路段密度

當時間改變成  $(t+1)$  時，路段中密度的改變則可由流量守恆中推得，並將匝道進出口列入流量守恆方程式中考慮，如方程式 3 所示

$$k(t+1) = k(t) + \left[ \frac{\Delta t}{l + \Delta x} \right] \{ [l \cdot q_u(t) + l_{on} \cdot q^{on}(t)] - \alpha \cdot [l \cdot q_d(t) + l_{off} \cdot q^{off}(t)] \} \quad (3)$$

其中  $l$  為車道數

$u$  為起點

$d$  為迄點

$on$  為匝道入口

$off$  為匝道出口

$q$  為流量

此模型使用的概念為流量守恆與密度的關係，推導出旅行時間推估的模型，意味著 VD 所偵測的流量資料必須相當準確，才能維持流量守恆的原則，如 VD 所偵測的資料出現異常，則此模式無法使用。

由羅峻庭 et al. (2012)，針對台灣國道高速公路旅行時間推估之研究分析，使用 Oh et al. (2002) 所提出的模型，其分析結果顯示，台灣國道高速公路佈設的 VD 不適合使用流量守恆及密度的方式去計算旅行時間。原因在於台灣國道高速公路上佈設的 VD 時常出現儀器上的故障，導致速度及流量資料遺失，即使在無故障的路段間，起訖點 VD 所偵測到的流量變化差距過大，難以使用  $\alpha$  參數進行些微差異的修正，並不符合流量守恆原則，因此使用流量及密度關係去推估旅行時間的模型，不適合在台灣國道公速公路上使用。

### 2.3 旅行時間預測模式

所謂的交通預測，指的是能蒐集即時的交通資訊，並且預測未來的交通狀況。而常見的交通預測方式為鑑往知來，也就是蒐集即時交通資訊，並透過歷史資料所提供的交通資訊進行預測，從眾多歷史資料中尋找特徵最相似的。這種透過蒐集即時資訊的特徵，去尋找歷史資料中特徵最為相似的方式稱之為模式辨認 (Pattern Recognition)，張智星將模式辨認方法歸類出以下 6 種，如下圖 2-3 所示：

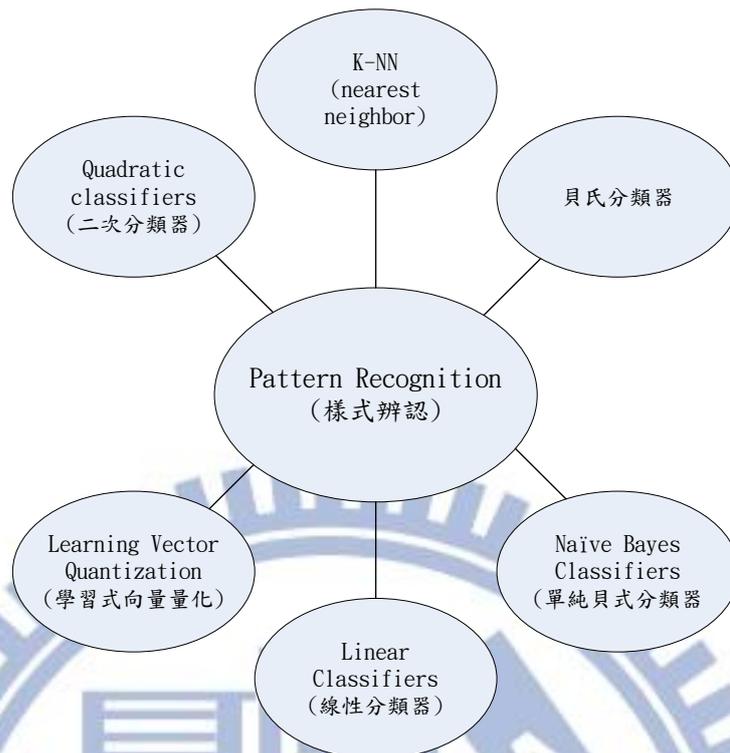


圖 2-3 模式辨認

### 2.3.1 k-NN 法

k-NN 用於交通預測上，其原理是透過歷史資料與即時資料的比較，找出最相近 k 筆歷史資料，進行交通預測的一種方法，比較的資料通常以日期、星期別等方式分群比較，因此歷史資料的周延性以及準確性，則是影響 k-NN 方法預測準確性的一大因素。

Altman (1992) 評估 k-NN 應用於交通流量預測的績效，其結果說明交通狀況是一個典型的隨機且非混亂的狀態，與季節 ARIMA 模型進行比較，結果顯示 k-NN 法應用於交通流量預測上，在有足夠大的歷史資料庫情況下，結果會比季節 ARIMA 模型來的好。

Smith and Demetsky (1997)，比較 4 種模型進行交通流量預測，歷史平均、ARIMA、BP 類神經網路(Back-Propagation)、k-NN，並將 4 種模型的優缺點列出來，歷史平均有個方便使用、快速的優點，但是無法應變突發狀況。AMRMA 的優點為使用時間序列技術，但在處理資料遺失的能力稍嫌不足。BP 類神經網路則能應用於各種複雜且非線性的環境中，訓練過程也相對較為複雜。k-NN 法在操作中則無須假設變數之間的關係，但也需要定是比較對象。4 種模型使用平均誤差進行比較，結果顯示 k-NN 的結果優於其它三者。

Clark (2003)，將 k-NN 法擴展為多元比較，使用流量、速度、佔有率等 3 個交通變數進行交通預測，並給予相對應的權重，其預測的流量、速度、佔有率分別以 MPAE 及 RMSE 進行比較，實際結果顯示，使用多元交通變數去預測交通狀況，比僅使用單個交通變數進行預測結果來的好。

Lam et al. (2006)將每年香港的交通流量統計報表進行分析(ATC)，使用 4 種方法進行交通預測，分別是 ARIMA、類神經網路、k-NN、GML(Gaussian Maximum Likelihood)，結果顯示屬於無母數模型的 k-NN 及 GML 的預測結果比其他兩種來的好。GML 應用在預測在長時間且具有穩定周期變化的交通流量，結果來的比 k-NN 預測結果佳，但若是短時間的預測，則 k-NN 預測結果來的比 GML 模式好，因此短時間的交通流量預測建議使用 k-NN 模式。

Chang et al. (2006)將旅行時間預測分為兩階段，旅行時間推估與旅行時間預測。使用偵測器及 LED 看版，蒐集美國馬里蘭快速道路資料，在旅行時間推估階段中，推估模式主要將即時蒐集回來的偵測器歷史資訊與即時資訊進行轉換，計算出旅行時間。當旅行時間計算完成，採用 k-NN，找出即時與歷史旅行時間中誤差最小之 k 筆，經過平均或者加權平均後即為旅行時間預測值。若找不足 k 筆則使用增強係數模式(Enhanced Time-Varying Coefficient Model)進行交通預測。交通路況在短行時間除非有突發狀況，否則難以有劇烈變化，因此當交通現況與過去歷史交通狀況相似時，旅行時間也不會有太大變化，應用於旅行時間預測能產生不錯的效果。

陳建旻(2009)採用探針車資料，並用 k-NN 法進行國道一號南下路段泰山-楊梅收費站旅行時間預測，與時變係數模式(TVC)進行比較。採用變化 k 值，有別於其它研究大多數使用固定 k 值解，能增加對於預測的應變能力，不會選取過多或者過少的 k 值，其研究結果顯示，k-NN 法用於高速公路旅行時間預測在尖峰時段比 TVC 模式來的準確，以 MAPE 來看 k-NN 預測結果為 3.4%，TVC 預測結果為 6.6%。使用 k-NN 法在旅行時間預測上，有著相當不錯的成果。

蔡繼光(2009)使用 VD 資料進行旅行時間預測，其 k-NN 模型考慮較長時間的交通變化，同時比較多個時階與歷史旅行時間的誤差，當誤差小於接受門檻值，才列入旅行時間預測結果，分別以短距離龍潭收費站到樹林收費站以及長距離龍潭收費站到後龍收費站做預測範圍，結果顯示短距離旅行時間誤差約 6.5%，長距離旅行時間誤差約 7.1%，結果顯示，擴大比對範圍能較低旅行時間預測誤差。

王晉元(2011)利用 VD 蒐集的速度資料，推估出台灣台北-高雄的中長程旅行時間推估資料，並建立旅行時間歷史資料庫。其一做法為以 GVP 及 ETC 資料優先使用，計算車輛實際行使所需花費之時間，接著在無 GVP 及 ETC 資料之路段採用兩兩 VD 間速度資料將其轉換成旅行時間。利用上述方法建立國道台北至高雄的旅行時間歷史資料庫建立。旅行時間預測的部分則是當即時資料經由 ATMS 蒐集至伺服器端，利用 k-NN 進行比對，找出與歷史資料中最相符之資料，作為預測之旅行時間。

綜合以上結果，k-NN 應用於交通預測上，當有足夠多的歷史資料與使用多元的交通變數進行比對，有相當不錯的成績，能有效的提升交通預測上的準確性。

### 2.3.2 回歸模式

透過兩個以上變數關係，去建立一個回歸模式，原理是以一個或多個作為自變數，透過自變數與應變數的關係，去預測應變數的一個方式，其模型可分為一個自變數與一個應變數的簡單回歸以及多個自變數與一個應變數的複回歸。

Wu et al. (2004)使用支持向量回歸(support vector regression ,SVR)，藉由 VD 資料進行高速公路旅行時間預測，藉由支持向量機器對於給定的訓練，能有相當好的概念化能力，因此 SVR 很適合使用在時間序列分析上，選擇台北-中壢、台北-台中、台北-高雄等路段進行分析，與當前旅行時間預測(Current-time Predictor)及歷史平均旅行時間預測(Historcial-mean predictor)進行比較，比較結果 RME 及 RMSE 都優於其他兩者。

張慶麟 (2003)使用模擬資料產生 AVI 數據，以 AVI 數據考慮高速公路車流。並建構簡單指數平滑法(single Exponential smoothing , SES)，Holt's 指數平滑法(Holt's Exponential smoothing , HSES)，自我迴歸移動平均整合模式(Auto-Regressive Integrated Moving Average , ARIMA)，及倒傳遞網路(Back-Propagation Network ,BPN)等 4 種旅行時間預測模式。以模擬資料測試最佳佈設 AVI 距離為 1 公里或 2.5 公里，在輸出時距 1 分鐘 AVI 辨識率須至少大於 30%，在輸出時距 3 分鐘 AVI 辨識率須至少大於 10%，在輸出時距 5 分鐘 AVI 辨識率則對預測較無影響。

### 2.3.3 類神經網路

Chen et al. (2009)提出 TP-HPSL 的類型經網路方法，使用開放式資料，例如可分享定位資料的旅行者智慧型手機，沒有固定的路段區間，能將旅行時間預測應用在無偵測器的路段，並與 SSNN(State Space Neural Networks)、SVR、當前旅行時間預測進行比較，得到了不錯的結果。

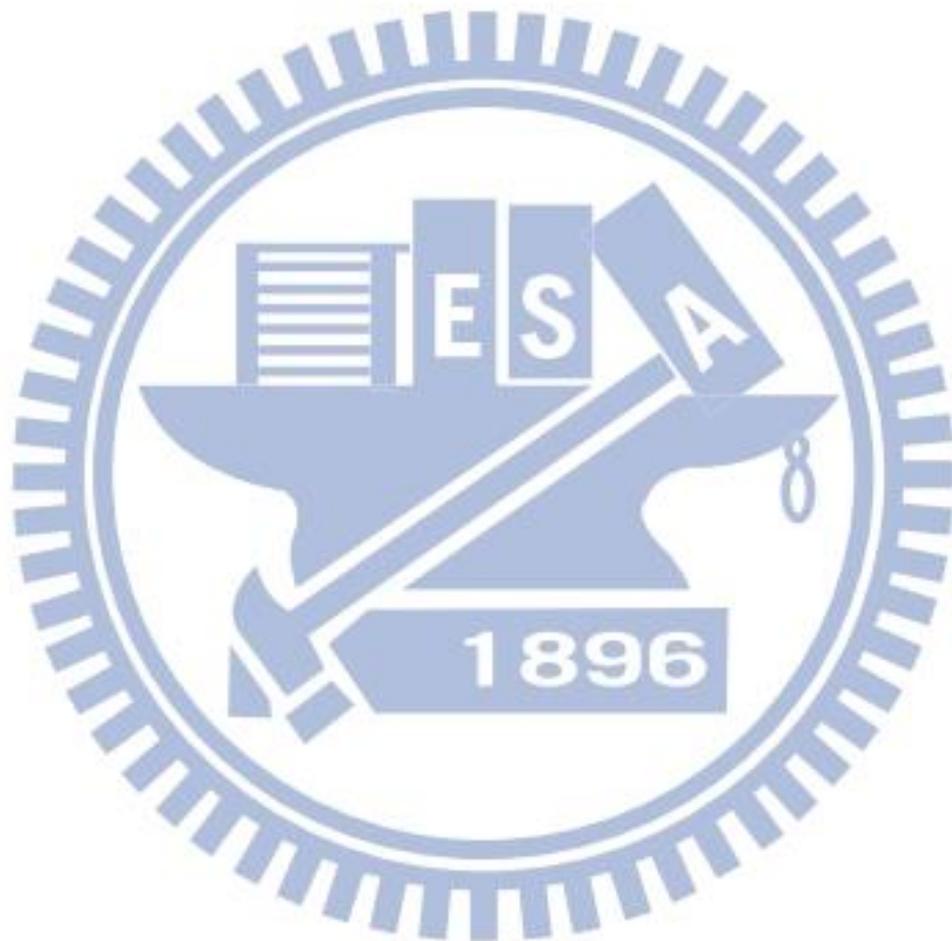
李穎(2002)以總體資料考量模式將各種資料來源做結合。運用類神經網路與真實行車資料來進行旅行時間預測，針對西螺至永康間 36 個區間進行旅行時間預測 61%的旅行時間預測 MAPE 值皆小於 12%，86%的旅行時間預測 MAPE 值小 20%。

### 2.3.4 卡門濾波法

Chien and Kuchipudi (2003)使用卡門濾波法進行旅行時間預測，利用卡門濾波能夠持續的更新觀測變量的特性進行旅行時間預測，使用 RST(road side terminals)進行數據蒐集，並比較了使用歷史路徑旅行時間與路段旅行時間進行預測的好壞，其結果顯示，當有足夠的樣本及旅行時間變異較小時，尖峰時段使用路徑旅行時間的結果較使用路段旅行時間進行預測的結果來的好。

## 2.4 小結

經由本研究對於各種交通方法的探討後，發現屬於無母數方法應用在交通預測上有著不錯的成果，其中 k-NN 法對於區分短時間內的交通預測，有著相當不錯的成果，因此本研究選用 k-NN 模型進行研究，透過輸入旅行時間變數以及擴大搜尋範圍，結合 AVI 資料進行預測，提升應用旅行時間於預測的準確性。面對未來即將上路的里程收費，可蒐集的歷史資料量大幅度提升，更適用於資料庫越大準確性越高的 k-NN 模型。



### 第三章 資料分析

本研究的資料來源為台灣國道高速公路總局所提供的 VD 及 AVI 數據，屬於沒有經過校正的原始資料，尚未透過分析、過濾、轉換等步驟，無法做為旅行時間歷史資料使用。因此本研究針對 VD 及 AVI 數據先進行分析，了解其資料特性、優點、缺點等等資訊，最後資料依照分析結果，建置成旅行時間歷史資料庫，提供給預測模型進行比對。

本研究使用的資料時間為 2012 年 1 月至 7 月 VD 及 AVI 資料，星期五，研究範圍為台北交流道-台中交流道。星期五的旅行時間除了一般的早晨尖峰，傍晚的尖峰除了下班車潮，亦包含了返鄉車潮，因此選擇星期五進行研究，可同時分析本研究在一般狀況及特殊狀況下的預測表現。下表 3-1 為研究範圍內的交流道及里程數對照表。

表 3-1 交流道里程

國道 1 號交流道里程名稱表			
交流道名稱	中心里程	交流道名稱	中心里程
汐止交流道	10	幼獅交流道	67
汐止系統	11	楊梅交流道	69
汐止端	12	楊梅端	70
東湖交流道	15	湖口交流道	83
內湖交流道	16	竹北交流道	91
圓山交流道	23	新竹交流道	95
<b>台北交流道</b>	<b>25</b>	<b>新竹系統</b>	<b>99</b>
三重交流道	27	頭份交流道	110
五股交流道	33	苗栗交流道	132
林口交流道	41	銅鑼交流道	140
桃園交流道	49	三義交流道	150
機場系統	52	后里交流道	160
內壢交流道	57	台中系統	165
中壢轉接道	59	豐原交流道	168
中壢交流道	62	大雅交流道	174
平鎮系統	65	<b>台中交流道</b>	<b>178</b>

資料來源：交通部台灣區國道高速公路局網站

旅行時間預測範圍為台北-台中，將預測路段切分為兩段，其一為台中至新竹，其二為新竹至台北。兩條預測路段特性皆不相同，台中至新竹尖離峰變化不明顯，預測此路段可評估本研究模式對於平穩路段之績效。而新竹至台北尖離峰變化較大，上下班車潮明顯，週末晚間更是有返鄉車潮的出現，車流變化劇烈，對於旅行時間預測變數甚多，實為一大挑戰，也是本研究之研究主題。研究範圍如下表 3-2 所示，明確的界定預測範圍及預測距離，並且在本章節針對範圍內所蒐集的 VD 及 AVI 資料進行分析。

表 3-2 旅行時間預測範圍對照表

研究範圍						
編號	方向	起點	里程數	迄點	里程數	預測距離
1	南下	台北交流道	24km	新竹交流道	98km	74km
2	北上	新竹交流道	100km	台北交流道	23km	77km
3	南下	新竹交流道	98km	台中交流道	177km	79km
4	北上	台中交流道	179km	新竹交流道	100km	79km

### 3.1 AVI 資料分析

AVI 蒐集的資料為車輛通過時間，因此轉成旅行時間不需經過複雜的模式轉換，準確度也較高，適合用於旅行時間推估。但有許多因素造成旅行時間推估之誤差，如以下六項：

- (1) AVI 辨識的車牌為隨機抽樣，並非固定路線的探針車，因此車輛不一定按照路線行駛於國道，駕駛人可能暫時離開國道，造成旅行時間較長。
- (2) 車牌為隨機辨識情況下，蒐集的車輛樣本目的地未知，距離過長可能導致旅行時間樣本數的不足。
- (3) 若時階內蒐集的旅行時間樣本數不足，則無法有效的代表該時階的平均旅行時間。
- (4) 台灣國道 AVI 使用影線辨識，容易光線或者天氣等等因素影響，造成辨識錯誤或者無法辨識等情況。
- (5) 儀器維護、故障等等狀況，導致資料暫時性沒有正常蒐集。
- (6) 研究對象主要針對小客車，大型車輛與小客車有性能、駕駛行為上的差異，旅行時間可能不相同，因此必須先進行大型車輛與小客車旅行時間差異分析，決定是否要將大型車輛資料剔除。

基於以上理由，AVI 資料用在平均旅行時間蒐集，雖然是一個相當好的資料來源，但在使用 AVI 進行旅行時間推估前，必須先將 AVI 資料進行分析，評估其可行性，方可將 AVI 應用於旅行時間歷史資料庫的建立。

### 3.1.1 AVI 設備資訊

本研究的研究資料由國道公道高速公路總局所提供的 AVI 資料，AVI 採用影像辨識技術，將通過 AVI 位置的車輛進行車牌辨識，並記錄通過的車牌與時間。研究範圍內的 AVI 基本資料，如 AVI 的數量、位置等等資訊，整理如下表 3-3 所示：

表 3-3 國道 AVI 位置及自定編號

國道一號北上									
AVI 編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AVI 位置(里程數)	179.77	160.99	150.86	133.76	116.52	111.45	100.446	85.4	66.6
AVI 編號	9	10	11	12	13	14	15		
AVI 位置(里程數)	66.6	54.2	43.47	34.17	23.36	13.26	0.56		
國道一號南下									
AVI 編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AVI 位置(里程數)	0	12.08	24.826	36.3	50.4	63.4	81.96	98	109.249
AVI 編號	10	11	12	13	14				
AVI 位置(里程數)	118.95	131.9	149.12	163.22	177.47				

AVI 於研究範圍內，國道北上方向，台中-台北有 15 台偵測器，因此可將路段切分為 12 條路段，本研究將 AVI 依照位置前後給定編號 1 至 15，其中以編號 1 做為台中交流道，編號 7 作為新竹交流道，編號 13 作為台北交流道。南下方向，台北-台中有 14 台偵測器，因此可將路段切分為 13 段，給定編號依照前後順序為 1 至 13，其中編號 3 為台北交流道，編號 8 為新竹交流道，編號 14 為台中交流道。

AVI 所蒐集到的資料格式，如下表 3-4 所示，表中可以看出 AVI 資料提供了設備位置、通過車輛車牌、車輛通過時間等資訊，因此可以藉由 AVI 蒐集，車牌編碼及車輛通過時間，計算出旅行時間。

表 3-4 AVI 資料格式

AVI 設備位置		偵測到車輛時間	加密的車牌號碼	工程處代碼	AVI 設備編碼
12080	3	2012/1/26 23:59	4dzE4T1453d	10	AVI-N1-S-12.080-M
36300	18	2012/1/26 23:59	4fDYyRk343d	10	AVI-N1-S-36.300-M
63400	25	2012/1/26 23:59	4ezIwR0513d	10	AVI-N1-S-63.400-M

### 3.1.2 異常旅行時間樣本過濾

國道高速公路總局所提供之 AVI 資料為原始資料，隨機辨識通過車輛之車牌，因此也包含許多不適切的樣本，例如駕駛暫時離開國道、進入休息站等等因素，造成蒐集之旅行時間值異常的情況，必須先將異常值過濾，才能進行旅行時間計算。如下圖 3-1 所示，此為國道一號北上路段於 2012 年 7 月 20 日，同時被 AVI 編號 12 與編號 13 所辨識的車輛樣本，也就是國道 34.17 公里至 23.36 公里處之旅行時間樣本，兩座 AVI 於早上 6 點至晚上 6 點所蒐集資料，未經過濾的旅行時間，含有許多高於平均旅行時間的極端值，若直接使用平均旅行時間則會產生旅行時間誤差。

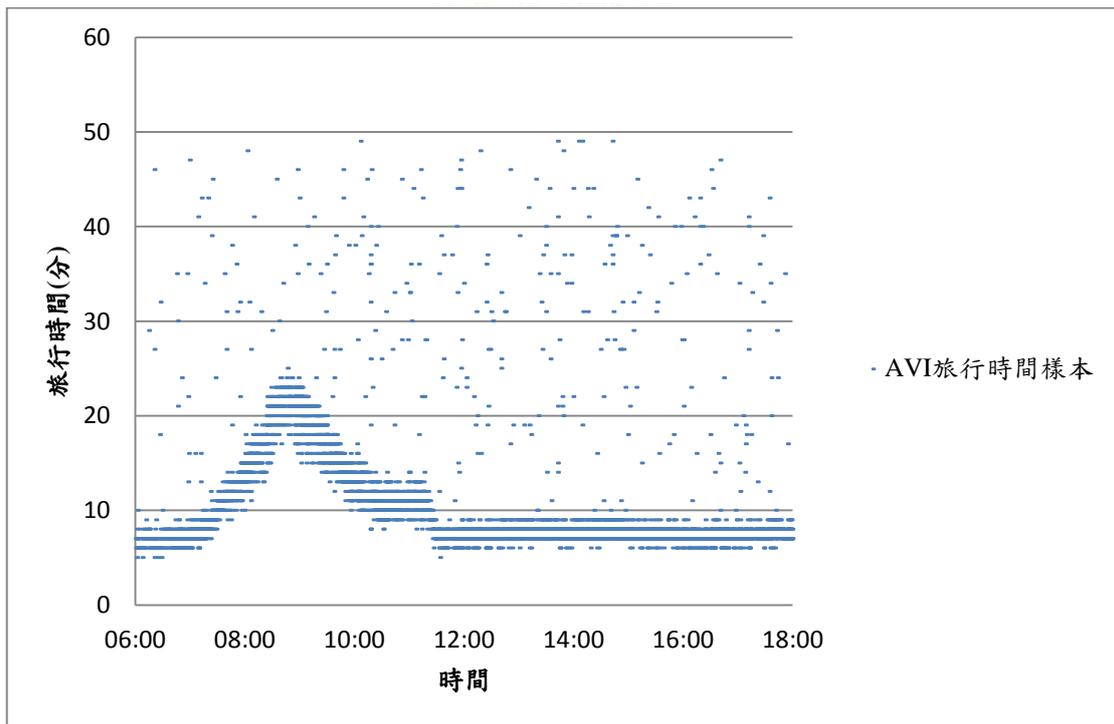


圖 3-1 旅行時間原始分佈

由於原始樣本包含許多不適切樣本，因此本研究必須發展出一套適用於過濾 AVI 旅行時間的機制。透過極端旅行時間樣本屬於少數的特性，因此本研究嘗試以平均旅行時間的標準差進行過濾，利用旅行時間樣本的平均值與標準差產生之上界與下界，將極端值加以濾除，經本研究測試後，效果以一倍標準差最為適切，其結果果如下圖 3-2 所示，若將標準差提高將會納入較多極端旅行時間，因此本研究以 1 倍標準差作為上下界，過濾極端的 AVI 旅行時間樣本。

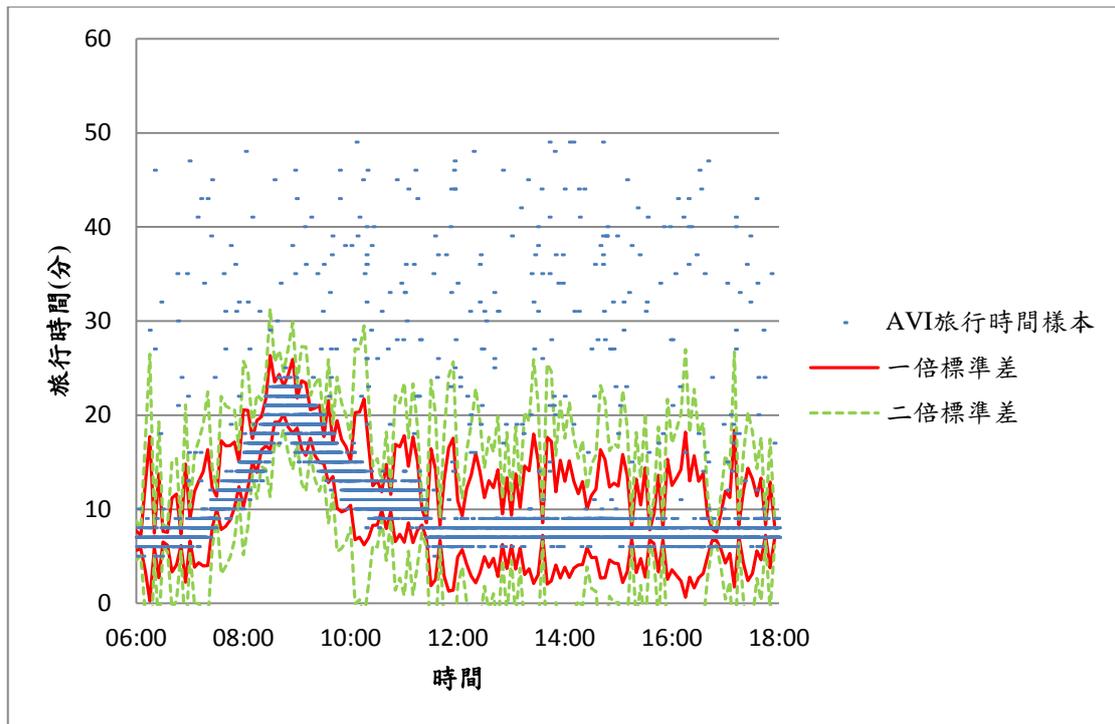


圖 3-2 旅行時間標準差過濾法

### 3.1.3 車種差異分析

本研究所建置的旅行時間預測，主要研究對象為一般大眾，使用者多為一般自用小客車。因此為了確定 AVI 資料計算出的旅行時間能有效的代表小客車旅行時間，先針對車種差異進行分析，分析大型車輛，如國道客運、貨車等等，是否會因車輛特性及駕駛行為上的差異，造成旅行時間有所差異。

AVI 資料可透過編碼方式，區分出大型車輛及小客車樣本，因此本研究將大型車輛旅行時間及小客車旅行時間分別計算，並以 5 分鐘為時階計算平均旅行時間，比較旅行時間是否有明顯的差異，結果如下圖 8，本研究以國道一號北上路段，2011 年 1 月 20 日的資料，AVI 編號 8、9、10 及 11 所產生之 3 條路段做為分析範例。其路段尖離峰車流量有明顯的差異，可藉由此路段看出尖離峰與車種間旅行時間的差異關係。大型車輛與小客車在相同的時間出發，所需要花費的平均旅行時間可由圖 3-3 中可看出，大型車輛所花費的旅行時間確實有較長的趨勢。以同樣的計算方式，檢測南下方向 1 月 20 日，AVI 編號 5、6、7 及 8 所產生之 3 條路段做為分析範例。如圖 3-4 可以看出，南下路段大型車輛與小客車的旅行時間差異較小，但仍然有些微差距。

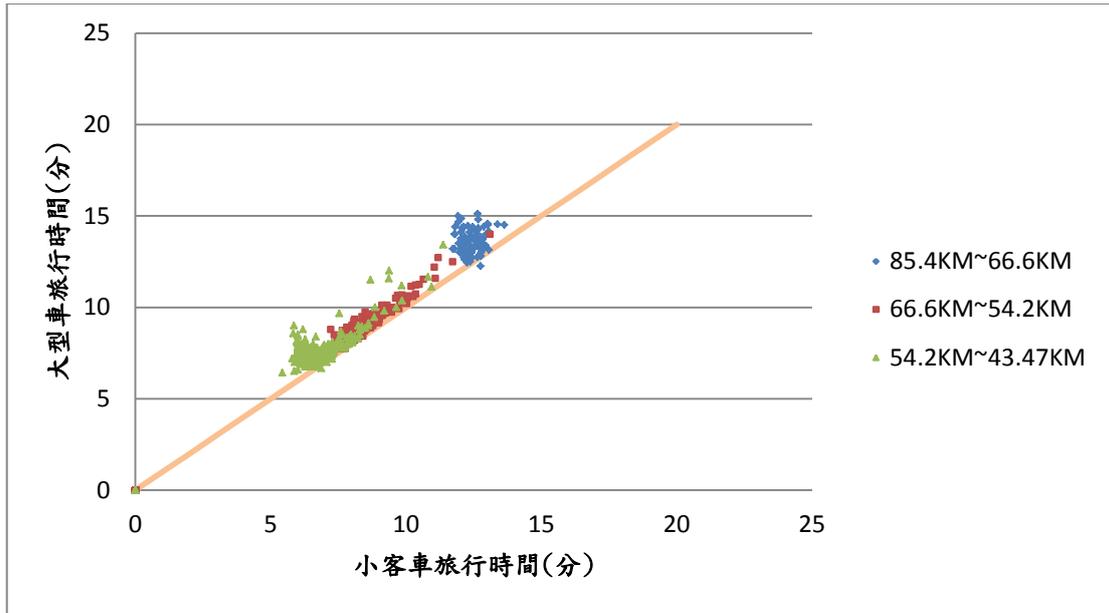


圖 3-3 北上-大小車旅行時間差異

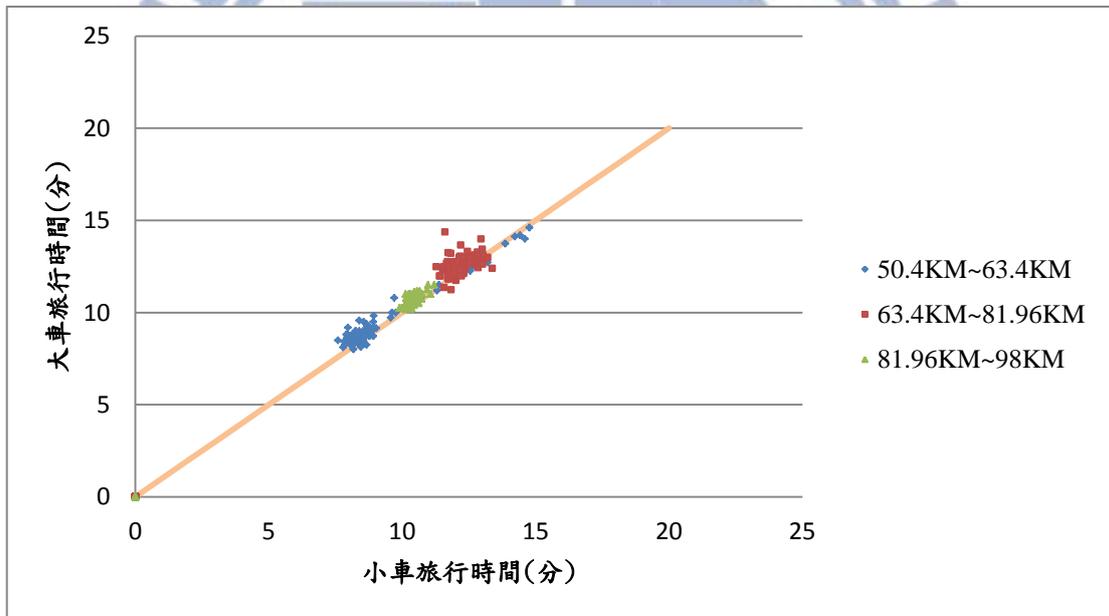


圖 3-4 南下-大小車旅行時間差異

透過以上大型車輛與小客車的旅行時間比較圖，可以看出車輛的種類不同，行駛相同的路段，花費的平均旅行時間也不同，因此本研究在旅行時間的計算上，不考慮大型車輛的 AVI 資料。

### 3.1.4 AVI 辨識率

目前台灣國道高速公路上所使用的 AVI，辨識車輛的方式採用影像辨識，使用影像辨識會產生許多問題，如車牌辨識錯誤、清晨及夜晚光線不足、下雨導致影像不清楚等等狀況，因此在將 AVI 資料建置成旅行時間歷史資料庫前，必須先針對 AVI 辨識率做檢測，若辨識率過低，則 AVI 不適合使用於旅行時間推估。辨識率的計算方式如下所示

$$\text{辨識率} = \frac{\text{時間範圍內 AVI 辨識量}}{\text{時間範圍內 VD 車流}}$$

本研究以 VD 所偵測之小客車車流量作為基準，檢視 AVI 的辨識率佔車流的比例，使用 2012 年 1 月份，星期五的 AVI 及 VD 資料進行檢測。AVI 於研究範圍內，國道北上方向有 15 座，分別檢視每座 AVI 於各時段的辨識數量，並且利用最靠近 AVI 的 VD 蒐集的小客車車流量來比較，說明 AVI 的辨識率。以下使用 2012 年 1 月 6 日國道一號北上，編號 11 之 AVI 作為範例，由下圖 3-5 可以看出 AVI 的辨識情況，由於使用影像辨識，因此較早及較晚的辨識比例較車流量低。

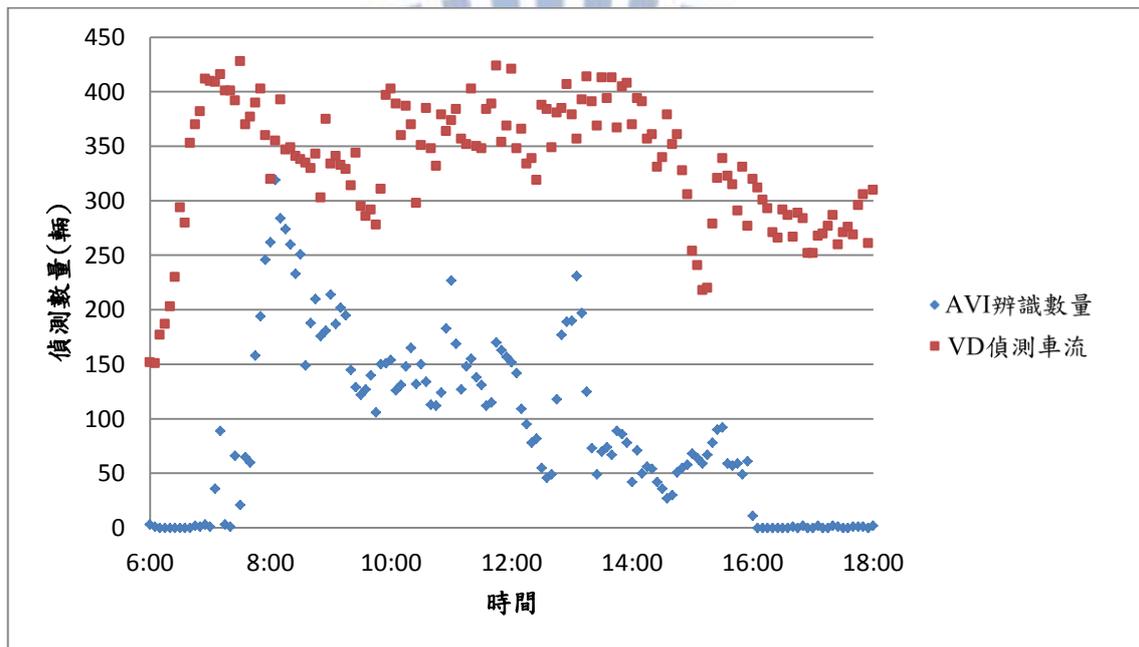


圖 3-5 VD 車流量與 AVI 辨識量

透過以最接近的 VD 偵測車流量可以看出 AVI 的辨識比率，但本研究不使用大型車輛旅行時間樣本，為了避免 VD 將車種誤判導致分析有偏差，因此本研究分別分析小客車及所有車種的辨識比率。

AVI 在尖峰及離峰的辨識比例情況，以正常的活動時間早上 6 點至晚上 10 點作為分析時間的時段去觀察 AVI 在不同時段的辨識表現，並將時間切割成 3 個時段進行分析，早上尖峰時段 6 點~11 點、離峰時段 11~16 點、晚上尖峰時段 16~22 點，針對不同性質的車流狀況去檢視 AVI 各路段的辨識比率。同樣以 1 月 6 日北上及南下路段的 AVI 做為檢測，除了檢視 AVI 的辨識率，也針對車輛通過兩兩 AVI 所產生出的旅行時間樣本與小客車車流的比例。當天的分析結果如下表 3-5、3-6、3-7 及 3-8。

表 3-5 國道北上路段 AVI 辨識率(小客車, 1月6日)

AVI編號	AVI辨識量					VD流量					辨識比率					
	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	對應VD編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它
1	40690	11895	14034	11499	3262	VD-N1-N-179.580-M-LOOP	51982	13689	14811	18710	4772	78%	87%	95%	61%	68%
2	22757	7126	9427	4581	1623	VD-N1-N-160.855-M-LOOP	28024	7229	8397	9134	3264	81%	99%	112%	50%	50%
3	8411	3117	3203	1384	707	VD-N1-N-150.410-M-LOOP	25670	6786	8029	8055	2800	33%	46%	40%	17%	25%
4	0	0	0	0	0	VD-N1-N-134.490-M-LOOP	29130	6748	8546	10386	3450	0%	0%	0%	0%	0%
5	29946	3786	4823	11055	10282	VD-N1-N-114.610-M-LOOP	28228	6600	8296	9998	3334	106%	57%	58%	111%	308%
6	15409	4225	5947	3848	1389	VD-N1-N-111.360-M-LOOP	27066	6156	7991	9669	3250	57%	69%	74%	40%	43%
7	22642	6117	6848	7355	2322	VD-N1-N-98.860-N-LOOP	29379	9594	7701	8969	3115	77%	64%	89%	82%	75%
8	18932	8321	7084	2537	990	VD-N1-N-85.010-M-LOOP	61594	15989	16765	22083	6757	31%	52%	42%	11%	15%
9	30387	3297	11709	12415	2966	VD-N1-N-66.270-M-LOOP	70947	17243	20503	25769	7432	43%	19%	57%	48%	40%
10	57962	8992	15543	25141	8286	VD-N1-N-54.400-M-RS	74525	20297	21611	21910	10707	78%	44%	72%	115%	77%
11	56532	22412	17140	10425	6555	VD-N1-N-43.300-M-LOOP	102121	27954	30048	32342	11777	55%	80%	57%	32%	56%
12	32557	12710	17928	1438	481	VD-N1-N-34.900-M-LOOP	107527	27617	30982	36658	12270	30%	46%	58%	4%	4%
13	78046	23018	24243	24373	6412	VD-N1-N-23.780-M-LOOP	100458	27868	28399	31892	12299	78%	83%	85%	76%	52%
14	0	0	0	0	0	VD-N1-N-13.400-M-RS	74231	16748	18738	27578	11167	0%	0%	0%	0%	0%
15	15626	5180	5507	3678	1261	VD-N1-N-0.590-M-LOOP	29139	6582	7223	10621	4713	54%	79%	76%	35%	27%
AVI編號	AVI旅行時間樣本數					VD流量					辨識比率					
	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	對應VD編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它
1~2	3947	1449	1958	500	40	VD-N1-N-179.580-M-LOOP	51982	13689	14811	18710	4772	8%	11%	13%	3%	1%
2~3	1676	785	677	208	6	VD-N1-N-160.855-M-LOOP	28024	7229	8397	9134	3264	6%	11%	8%	2%	0%
3~4	0	0	0	0	0	VD-N1-N-150.410-M-LOOP	25670	6786	8029	8055	2800	0%	0%	0%	0%	0%
4~5	0	0	0	0	0	VD-N1-N-134.490-M-LOOP	29130	6748	8546	10386	3450	0%	0%	0%	0%	0%
5~6	4114	1326	1783	955	50	VD-N1-N-114.610-M-LOOP	28228	6600	8296	9998	3334	15%	20%	21%	10%	1%
6~7	4928	1434	2503	936	55	VD-N1-N-111.360-M-LOOP	27066	6156	7991	9669	3250	18%	23%	31%	10%	2%
7~8	2695	1035	1332	258	70	VD-N1-N-98.860-N-LOOP	29379	9594	7701	8969	3115	9%	11%	17%	3%	2%
8~9	5818	1257	3641	799	121	VD-N1-N-85.010-M-LOOP	61594	15989	16765	22083	6757	9%	8%	22%	4%	2%
9~10	13450	733	4479	6663	1575	VD-N1-N-66.270-M-LOOP	70947	17243	20503	25769	7432	19%	4%	22%	26%	21%
10~11	10805	3160	2431	3235	1979	VD-N1-N-54.400-M-RS	74525	20297	21611	21910	10707	14%	16%	11%	15%	18%
11~12	13291	7277	5808	60	146	VD-N1-N-43.300-M-LOOP	102121	27954	30048	32342	11777	13%	26%	19%	0%	1%
12~13	8559	3006	5131	351	71	VD-N1-N-34.900-M-LOOP	107527	27617	30982	36658	12270	8%	11%	17%	1%	1%
13~14	0	0	0	0	0	VD-N1-N-23.780-M-LOOP	100458	27868	28399	31892	12299	0%	0%	0%	0%	0%
14~15	0	0	0	0	0	VD-N1-N-13.400-M-RS	74231	16748	18738	27578	11167	0%	0%	0%	0%	0%

表 3-6 國道北上路段 AVI 辨識率(所有車種, 1月6日)

	AVI辨識量					VD流量					辨識比率						
	AVI編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	對應VD編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它
	1	51106	13930	16854	14524	5798	VD-N1-N-179.580-M-LOOP	63284	16258	17830	21361	7835	81%	86%	95%	68%	74%
	2	29800	8820	12009	6053	2918	VD-N1-N-160.855-M-LOOP	38020	9386	10820	11516	6298	78%	94%	111%	53%	46%
	3	13560	4479	5051	2295	1735	VD-N1-N-150.410-M-LOOP	39228	9590	11151	12051	6436	35%	47%	45%	19%	27%
	4	0	0	0	0	0	VD-N1-N-134.490-M-LOOP	39924	9157	11235	12959	6573	0%	0%	0%	0%	0%
	5	54469	5163	6694	19024	23588	VD-N1-N-114.610-M-LOOP	38675	8979	10852	12471	6373	141%	58%	62%	153%	370%
	6	23456	5950	8164	5964	3378	VD-N1-N-111.360-M-LOOP	37661	8590	10605	12198	6268	62%	69%	77%	49%	54%
	7	26946	6904	8292	8347	3403	VD-N1-N-98.860-N-LOOP	38318	11687	9868	11061	5702	70%	59%	84%	75%	60%
	8	21124	9302	7779	2778	1265	VD-N1-N-85.010-M-LOOP	74977	19485	20263	25174	10055	28%	48%	38%	11%	13%
	9	33250	3529	13061	13412	3248	VD-N1-N-66.270-M-LOOP	85256	21173	24416	29073	10594	39%	17%	53%	46%	31%
	10	64923	10197	17719	27074	9933	VD-N1-N-54.400-M-RS	81960	22178	23547	24053	12182	79%	46%	75%	113%	82%
	11	63905	24820	19870	11694	7521	VD-N1-N-43.300-M-LOOP	120631	32651	35050	38210	14720	53%	76%	57%	31%	51%
	12	37247	14302	20691	1671	583	VD-N1-N-34.900-M-LOOP	122092	31357	34984	40529	15222	31%	46%	59%	4%	4%
	13	86216	25742	27687	25843	6944	VD-N1-N-23.780-M-LOOP	109145	30443	31271	33598	13833	79%	85%	89%	77%	50%
	14	0	0	0	0	0	VD-N1-N-13.400-M-RS	85788	19825	22689	30460	12814	0%	0%	0%	0%	0%
	15	18544	6322	6741	4128	1353	VD-N1-N-0.590-M-LOOP	33460	7887	8462	12000	5111	55%	80%	80%	34%	26%
所有車輛	AVI旅行時間樣本數					VD流量					辨識比率						
	AVI編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	對應VD編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它
	1~2	5007	1770	2540	614	40	VD-N1-N-179.580-M-LOOP	63284	16258	17830	21361	7835	8%	11%	14%	3%	1%
	2~3	2788	1125	1285	337	6	VD-N1-N-160.855-M-LOOP	38020	9386	10820	11516	6298	7%	12%	12%	3%	0%
	3~4	0	0	0	0	0	VD-N1-N-150.410-M-LOOP	39228	9590	11151	12051	6436	0%	0%	0%	0%	0%
	4~5	0	0	0	0	0	VD-N1-N-134.490-M-LOOP	39924	9157	11235	12959	6573	0%	0%	0%	0%	0%
	5~6	6028	1836	2546	1313	50	VD-N1-N-114.610-M-LOOP	38675	8979	10852	12471	6373	16%	20%	23%	11%	1%
	6~7	6702	1750	3194	1317	55	VD-N1-N-111.360-M-LOOP	37661	8590	10605	12198	6268	18%	20%	30%	11%	1%
	7~8	2926	1102	1413	287	70	VD-N1-N-98.860-N-LOOP	38318	11687	9868	11061	5702	8%	9%	14%	3%	1%
	8~9	5978	1276	3719	829	121	VD-N1-N-85.010-M-LOOP	74977	19485	20263	25174	10055	8%	7%	18%	3%	1%
	9~10	14693	773	5082	7126	1575	VD-N1-N-66.270-M-LOOP	85256	21173	24416	29073	10594	17%	4%	21%	25%	15%
	10~11	12677	3530	3035	3692	1979	VD-N1-N-54.400-M-RS	81960	22178	23547	24053	12182	15%	16%	13%	15%	16%
	11~12	15061	8007	6823	69	146	VD-N1-N-43.300-M-LOOP	120631	32651	35050	38210	14720	12%	25%	19%	0%	1%
	12~13	9512	3298	5762	377	71	VD-N1-N-34.900-M-LOOP	122092	31357	34984	40529	15222	8%	11%	16%	1%	0%
	13~14	0	0	0	0	0	VD-N1-N-23.780-M-LOOP	109145	30443	31271	33598	13833	0%	0%	0%	0%	0%
	14~15	0	0	0	0	0	VD-N1-N-13.400-M-RS	85788	19825	22689	30460	12814	0%	0%	0%	0%	0%

表 3-7 國道南下路段 AVI 辨識率(小客車，1月6日)

小車	AVI辨識量						VD流量						辨識比率					
	AVI編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	對應VD編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	
	1	12812	6708	4235	597	1272	VD-N1-S-0.008-M-LOOP	30381	8123	7857	9875	4526	42%	83%	54%	6%	28%	
2	0	0	0	0	0	VD-N1-S-12.350-M-RS	65918	21410	17823	19863	6822	0%	0%	0%	0%	0%		
3	55377	17074	20264	14800	3239	VD-N1-S-24.400-M-RS	100093	25644	28082	32839	13528	55%	67%	72%	45%	24%		
4	0	0	0	0	0	VD-N1-S-36.690-M-LOOP	106959	29136	28588	34727	14508	0%	0%	0%	0%	0%		
5	20695	17943	2480	157	115	VD-N1-S-50.010-M-LOOP	102523	27787	28600	31608	14528	20%	65%	9%	0%	1%		
6	32131	17251	4849	2309	7722	VD-N1-S-63.420-M-LOOP	72701	19871	19481	23339	10010	44%	87%	25%	10%	77%		
7	29256	10830	12599	3538	2289	VD-N1-S-81.230-M-LOOP	47509	13355	13426	14563	6165	62%	81%	94%	24%	37%		
8	16943	5172	927	6659	4185	VD-N1-S-98.645-M-RS	69721	14761	17998	27394	9568	24%	35%	5%	24%	44%		
9	0	0	0	0	0	VD-N1-S-109.250-M-LOOP	44632	8540	11683	18546	5863	0%	0%	0%	0%	0%		
10	17816	6304	7510	2930	1072	VD-N1-S-126.540-M-LOOP	33326	6183	9384	13205	4554	53%	102%	80%	22%	24%		
11	13427	4590	4645	2909	1283	VD-N1-S-131.850-M-LOOP	33247	6139	9361	13150	4597	40%	75%	50%	22%	28%		
12	9987	3921	4469	957	640	VD-N1-S-149.570-M-LOOP	33956	6502	9610	13184	4660	29%	60%	47%	7%	14%		
13	8114	2870	3565	1180	499	VD-N1-S-163.450-M-LOOP	37683	7420	10622	14790	4851	22%	39%	34%	8%	10%		
14	23005	12379	7329	2074	1223	VD-N1-S-177.490-M-LOOP	42911	11022	13309	14116	4464	54%	112%	55%	15%	27%		
	AVI旅行時間樣本數						VD流量						辨識比率					
	AVI編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	對應VD編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	
	1~2	0	0	0	0	0	VD-N1-S-0.008-M-LOOP	30381	8123	7857	9875	4526	0%	0%	0%	0%	0%	
	2~3	0	0	0	0	0	VD-N1-S-12.350-M-RS	65918	21410	17823	19863	6822	0%	0%	0%	0%	0%	
	3~4	0	0	0	0	0	VD-N1-S-24.400-M-RS	100093	25644	28082	32839	13528	0%	0%	0%	0%	0%	
	4~5	0	0	0	0	0	VD-N1-S-36.690-M-LOOP	106959	29136	28588	34727	14508	0%	0%	0%	0%	0%	
	5~6	5486	5341	127	0	18	VD-N1-S-50.010-M-LOOP	102523	27787	28600	31608	14528	5%	19%	0%	0%	0%	
	6~7	10095	6395	2219	150	1331	VD-N1-S-63.420-M-LOOP	72701	19871	19481	23339	10010	14%	32%	11%	1%	13%	
	7~8	2891	1431	254	370	836	VD-N1-S-81.230-M-LOOP	47509	13355	13426	14563	6165	6%	11%	2%	3%	14%	
	8~9	0	0	0	0	0	VD-N1-S-98.645-M-RS	69721	14761	17998	27394	9568	0%	0%	0%	0%	0%	
	9~10	0	0	0	0	0	VD-N1-S-109.250-M-LOOP	44632	8540	11683	18546	5863	0%	0%	0%	0%	0%	
	10~11	5086	3006	1899	180	1	VD-N1-S-126.540-M-LOOP	33326	6183	9384	13205	4554	15%	49%	20%	1%	0%	
	11~12	3209	2003	1177	12	17	VD-N1-S-131.850-M-LOOP	33247	6139	9361	13150	4597	10%	33%	13%	0%	0%	
	12~13	2886	1460	1426	0	0	VD-N1-S-149.570-M-LOOP	33956	6502	9610	13184	4660	8%	22%	15%	0%	0%	
	13~14	2114	1333	781	0	0	VD-N1-S-163.450-M-LOOP	37683	7420	10622	14790	4851	6%	18%	7%	0%	0%	

表 3-8 國道南下路段 AVI 辨識率(所有車種，1 月 6 日)

AVI編號	AVI辨識量					對應VD編號	VD流量					辨識比率				
	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它		全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它
1	15357	8030	5132	748	1447	VD-N1-S--0.008-M-LOOP	34668	9339	9094	11223	5012	44%	86%	56%	7%	29%
2	0	0	0	0	0	VD-N1-S-12.350-M-RS	76131	25053	20823	22203	8052	0%	0%	0%	0%	0%
3	61587	19080	22943	16093	3471	VD-N1-S-24.400-M-RS	108168	28053	30606	34991	14518	57%	68%	75%	46%	24%
4	0	0	0	0	0	VD-N1-S-36.690-M-LOOP	120073	32670	32345	38155	16903	0%	0%	0%	0%	0%
5	23536	20330	2910	164	132	VD-N1-S-50.010-M-LOOP	116143	31347	32814	34740	17242	20%	65%	9%	0%	1%
6	36711	19441	5635	2595	9040	VD-N1-S-63.420-M-LOOP	85382	22820	23285	26333	12944	43%	85%	24%	10%	70%
7	32627	12025	14440	3813	2349	VD-N1-S-81.230-M-LOOP	59310	15887	16750	17237	9436	55%	76%	86%	22%	25%
8	20476	6293	1802	7742	4639	VD-N1-S-98.645-M-RS	79856	17119	20933	29908	11896	26%	37%	9%	26%	39%
9	0	0	0	0	0	VD-N1-S-109.250-M-LOOP	53698	10478	14252	20660	8308	0%	0%	0%	0%	0%
10	24218	8090	9396	4382	2350	VD-N1-S-126.540-M-LOOP	42192	8080	11810	15285	7017	57%	100%	80%	29%	33%
11	18883	5771	6225	4415	2472	VD-N1-S-131.850-M-LOOP	42062	7993	11795	15235	7039	45%	72%	53%	29%	35%
12	11855	4683	5332	1067	773	VD-N1-S-149.570-M-LOOP	42406	8256	11959	15205	6986	28%	57%	45%	7%	11%
13	8114	2870	3565	1180	499	VD-N1-S-163.450-M-LOOP	46331	9118	13042	16936	7235	18%	31%	27%	7%	7%
14	30352	14586	9389	3832	2545	VD-N1-S-177.490-M-LOOP	47365	12093	14328	14834	6110	64%	121%	66%	26%	42%
AVI旅行時間樣本數						VD流量					辨識比率					
AVI編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	對應VD編號	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它	全天	6:00~11:00	11:00~16:00	16:00~22:00	其它
1~2	0	0	0	0	0	VD-N1-S--0.008-M-LOOP	34668	9339	9094	11223	5012	0%	0%	0%	0%	0%
2~3	0	0	0	0	0	VD-N1-S-12.350-M-RS	76131	25053	20823	22203	8052	0%	0%	0%	0%	0%
3~4	0	0	0	0	0	VD-N1-S-24.400-M-RS	108168	28053	30606	34991	14518	0%	0%	0%	0%	0%
4~5	0	0	0	0	0	VD-N1-S-36.690-M-LOOP	120073	32670	32345	38155	16903	0%	0%	0%	0%	0%
5~6	6308	6144	145	0	19	VD-N1-S-50.010-M-LOOP	116143	31347	32814	34740	17242	5%	20%	0%	0%	0%
6~7	11020	7019	2499	151	1351	VD-N1-S-63.420-M-LOOP	85382	22820	23285	26333	12944	13%	31%	11%	1%	10%
7~8	3158	1614	331	371	842	VD-N1-S-81.230-M-LOOP	59310	15887	16750	17237	9436	5%	10%	2%	2%	9%
8~9	0	0	0	0	0	VD-N1-S-98.645-M-RS	79856	17119	20933	29908	11896	0%	0%	0%	0%	0%
9~10	0	0	0	0	0	VD-N1-S-109.250-M-LOOP	53698	10478	14252	20660	8308	0%	0%	0%	0%	0%
10~11	6090	3466	2378	239	7	VD-N1-S-126.540-M-LOOP	42192	8080	11810	15285	7017	14%	43%	20%	2%	0%
11~12	3819	2278	1504	20	17	VD-N1-S-131.850-M-LOOP	42062	7993	11795	15235	7039	9%	28%	13%	0%	0%
12~13	2886	1460	1426	0	0	VD-N1-S-149.570-M-LOOP	42406	8256	11959	15205	6986	7%	18%	12%	0%	0%
13~14	2114	1333	781	0	0	VD-N1-S-163.450-M-LOOP	46331	9118	13042	16936	7235	5%	15%	6%	0%	0%

所有車輛

AVI 的辨識比率可藉由表中分析出幾項特點，如(1)出現儀器故障、維護，導致全天皆無辨識資料，辨識率為 0，(2)少數時間點會出現辨識率高於 VD 蒐集之車流量，經檢查為 AVI 部分偶爾會出現資料傳輸問題，但不影響旅行時間樣本比對，(3)AVI 於視線較差的晚間時段，辨識率普遍都偏低，原因為台灣國道的 AVI 為影像辨識，光線不足導致辨識率降低，(4)AVI 經過計算後取得的旅行時間樣本，在白天時段 6:00~16:00 皆有 10%~20%左右，晚間時段 16:00~22:00 辨識率則降至 5%左右，也就是以車流的百分之十至百分之二十旅行時間樣本作為本研究之旅行時間歷史資料庫。

由於 VD 偵測器所偵測之車流量也區分大型車輛及小客車，本研究對於 VD 判別大型車輛及小客車有所顧慮，因此使用總車流及 AVI 總辨識量再次進行分析，其結果如表所示，結果與上述結論一致，因此可以確定 AVI 的辨識率及特點如上述 4 點。

AVI 設備本身會隨著設備老舊，辨識率也跟著降低，因此在進行研究前先進進行辨識率分析，目前國道 AVI 的辨識率至少有 50~60%以上，成功取得旅行時間樣本的比率也有車流的 10%~20%，提供相當充足的旅行時間樣本，因此使用 AVI 資料推估旅行時間是可行的。

### 3.1.5 AVI 旅行時間樣本數

由 3.1.4 章節已經指出 AVI 在於辨識率的部分，在白天時間可以抽取小客車車流的 10%~20%作為旅行時間樣本，本研究以每 5 分鐘為一個時階單位，計算從該時階由起點出發至迄點所需要花費的旅行時間，因此 AVI 所蒐集的旅行時間樣本，在時階內是否都有足夠的樣本數來代表該時階出發之平均旅行時間，若有足夠的樣本數，則該時階所計算出的旅行時間方稱為有效。

在確定樣本數是否足夠時必須要有一些統計的前提假設，本研究假設駕駛者行駛於高速公路，不包含異常旅行時間的情況下，從起點至迄點所需花費的旅行時間呈現常態分配，由於樣本比例僅為車流的 10%~20%，因此母體變異數為未知，使用樣本變異數進行推估，在 95%的信心水準底下，分別測試可接受誤差為平均旅行時間的 5%、10%、20%，檢測 AVI 能否提供足夠的旅行時間樣本。本研究採用王淵海(1999)透過接受誤差與變異數關係推估需求樣本數，如方程式(4)所示：

$$n_t = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot S^2}{E^2} \quad (4)$$

$n$  為需求樣本數

$E$  為接受誤差

$\alpha = 0.05$

若 AVI 在時階  $t$  取得的旅行時間樣本數大於需求樣本數，即說明 AVI 在時階  $t$  有 95%的信心水準取得足夠的旅行時間樣本，誤差不超過  $E$ 。

本研究以 2012 年 1 月 27 日南下路段作為分析範例，分析 AVI 蒐集的旅行時間樣本數是否足夠，以 5 分鐘內的旅行時間樣本變異數及旅行時間樣本平均，使用 3.1.2 的方式進行過濾異常旅行時間，去除異常旅行時間後，計算過濾後的

旅行時間樣本變異及過濾後的旅行時間樣本平均，分別在可接受誤差為 5%、10% 及 20%，代入上式，計算出達到足夠信心水準所需要的要本數。

下圖 3-10 為範例日期內，AVI 編號 3~4 路段在各時階的旅行時間，分析結果顯示在  $E=10\%$  的情況下，AVI 於每日 288 個時階所蒐集的樣本數中，有 80.2% 是足夠的旅行時間樣本數，若扣除儀器故障或者無車輛通過等因素造成時階內無蒐集任何資料等狀況，則通過的百分比則高達 88.2%。

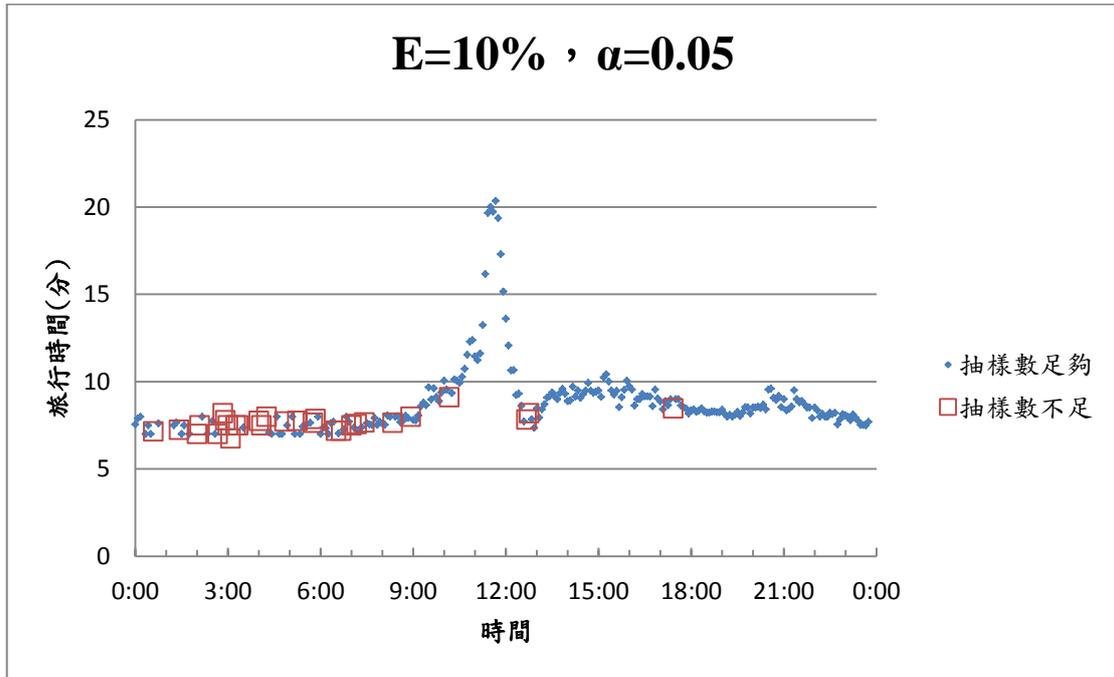


圖 3-6 AVI 編號 3-4 路段旅行時間

由以上結果顯示，使用 AVI 進行旅行時間推估，有 95% 的信心水準可以保證 80.2% 的時間內，旅行時間的誤差不超過平均旅行時間的 10%，但仍然有 19.8% 的旅行時間達不到 95% 的信心水準，其中有 8% 為無車輛行駛或者儀器故障所造成，剩下 11.8% 大多數為該時段內屬於車輛量較少的自由車流時段，車輛少且旅行時間受到駕駛者個人行為影響的比重較高，造成樣本變異較高，導致需要有更多的樣本數才能有足夠的信心水準。

以不同的接受誤差 5%、10% 及 20%，分析上述相同的路段，可以看出在不同的可接受誤差下，抽樣數與需求樣本數的變化關係圖，如下圖 15、16、17 所示：

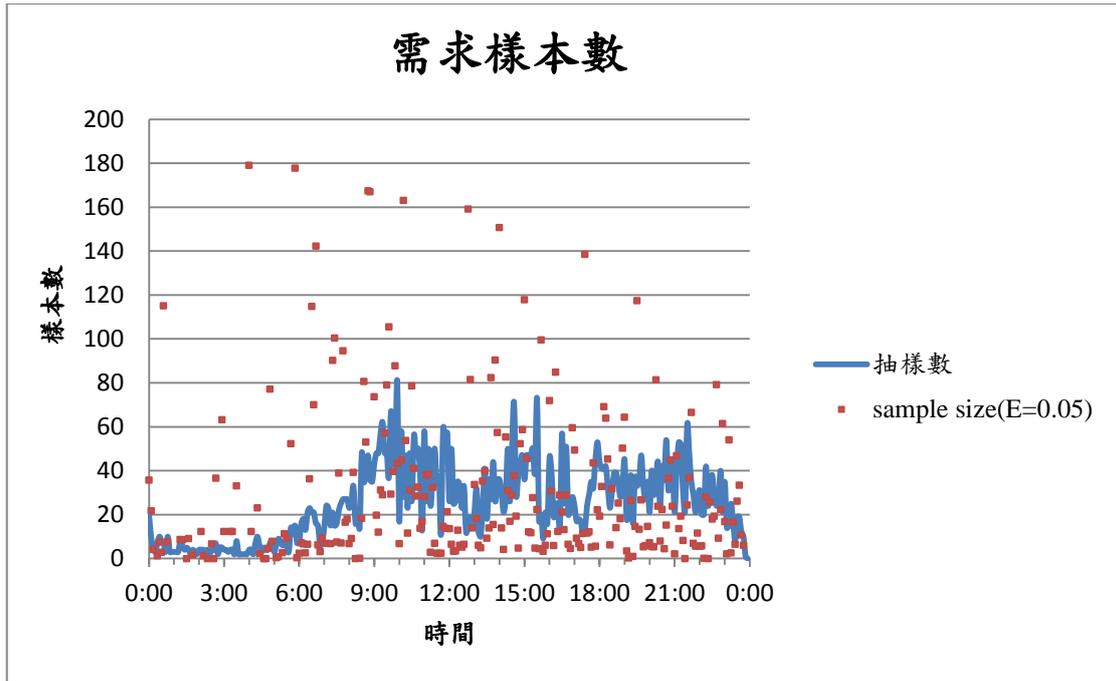


圖 3-7 AVI 抽樣數與樣本數需求(E=0.05)

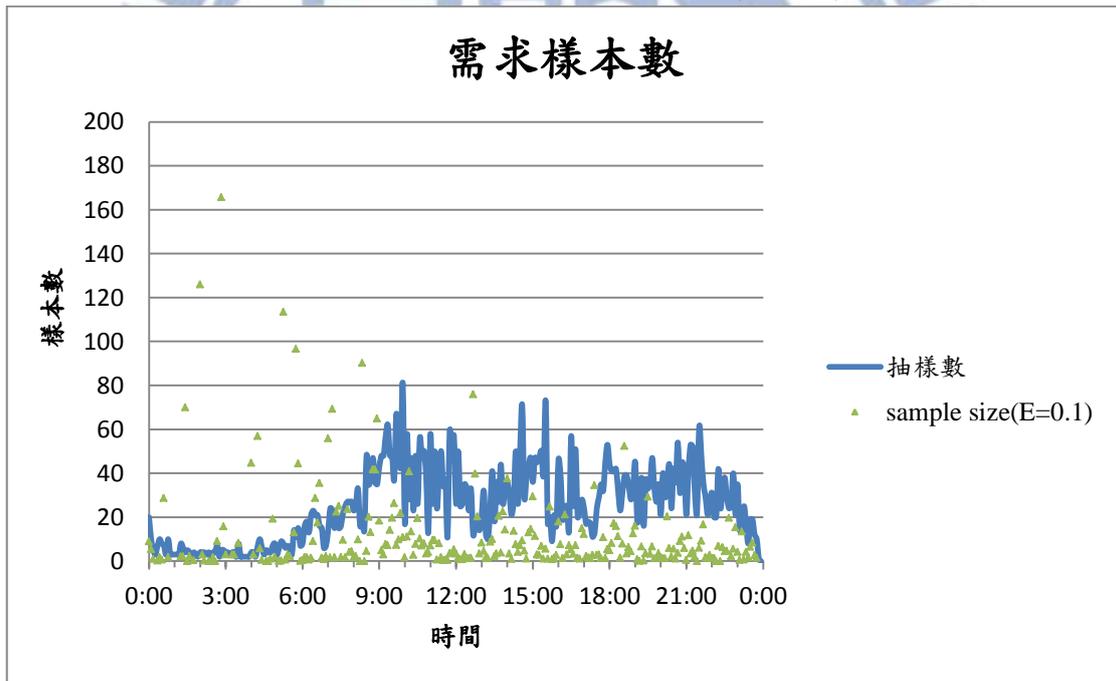


圖 3-8 AVI 抽樣數與樣本數需求(E=0.1)

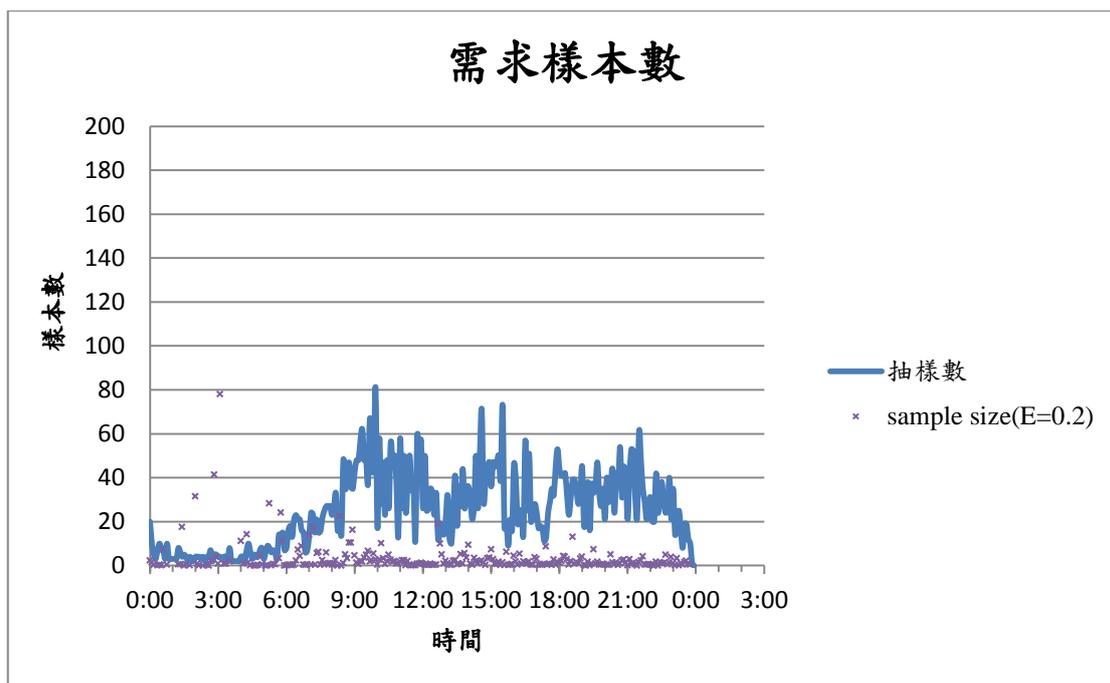


圖 3-9 AVI 抽樣數與樣本數需求(E=0.2)

由圖 3-13 可以看出，由於可接受誤差的範圍非常小，因此導致達到信心水準的需求旅行時間樣本數非常多，甚至超過 VD 所偵測的車流量，產生不合理的現象。而圖 3-14 中顯示有 80.2% 是有達到 95% 信心水準及 10% 可接受誤差的樣本數，且樣本數不足多出現於車輛較少之時段，不影響本研究對於日常上下班尖離峰旅行時間預測，將旅行時間提供給用路人，提高用路人對於道路使用的選擇與時間管理。在可接受誤差提高至 20% 時，圖 3-15 中可以看出僅有少數時階無法達到 95% 信心水準，原因在於該時階內樣本數過少，因此即使先以一個標準差濾除極端旅行時間，組內變異仍然過大，因此凌晨時段不予以使用。

針對其他路段進行檢視，在 AVI 正常進行車輛辨識時，除了儀器故障等等因素外，分析路段結果大致相同。因此可證明 AVI 正常運作的情況下，對於平均旅行時間計算有足夠的能力在 95% 信心水準下以可接受誤差小於旅行時間的百分之十，應用於旅行時間的推估具有相當好的成效。其他路段的分析情況如表所示：

表 3-9 不同情況下樣本數足夠之比例

樣本數足夠之比例(全天)													
路段編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5%	58.3%	51.4%	57.3%	32.6%	9.4%	96.5%	54.5%	86.1%	45.5%	46.2%	43.8%	2.8%	43.8%
10%	72.9%	69.4%	80.2%	41.3%	24.7%	97.9%	88.5%	89.9%	46.2%	46.5%	49.0%	6.3%	46.2%
20%	78.5%	78.1%	87.2%	46.9%	34.7%	98.3%	97.6%	90.6%	46.2%	46.5%	51.7%	31.3%	46.2%
樣本數足夠之比例(全天, 扣除儀器故障及無資料時階)													
路段編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5%	70.0%	62.7%	63.0%	67.6%	20.3%	98.2%	55.3%	94.7%	98.5%	99.3%	83.4%	6.3%	94.7%
10%	87.5%	84.7%	88.2%	85.6%	53.4%	99.6%	89.8%	98.9%	100.0%	100.0%	93.4%	14.2%	100.0%
20%	94.2%	95.3%	95.8%	97.1%	75.2%	100.0%	98.9%	99.6%	100.0%	100.0%	98.7%	70.9%	100.0%
樣本數足夠之比例(6:00~20:00)													
路段編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5%	70.8%	61.9%	65.5%	54.2%	16.1%	100.0%	57.1%	99.4%	78.0%	79.2%	73.2%	4.8%	75.0%
10%	84.5%	83.9%	89.9%	69.0%	42.3%	100.0%	93.5%	99.4%	79.2%	79.8%	82.1%	10.7%	79.2%
20%	90.5%	93.5%	98.8%	78.6%	59.5%	100.0%	100.0%	100.0%	79.2%	79.8%	86.9%	53.6%	79.2%
樣本數足夠之比例(6:00~20:00, 扣除儀器故障及無資料時階)													
路段編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5%	73.9%	64.2%	65.5%	66.9%	20.3%	100.0%	57.1%	99.4%	98.5%	99.3%	83.1%	6.3%	94.7%
10%	88.2%	87.0%	89.9%	85.3%	53.4%	100.0%	93.5%	99.4%	100.0%	100.0%	93.2%	14.2%	100.0%
20%	94.4%	96.9%	98.8%	97.1%	75.2%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	98.6%	70.9%	100.0%

接受誤差

### 3.1.6 AVI 資料分析結論

使用 AVI 進行旅行時間蒐集，必須先將非正常行駛於國道之旅行時間樣本濾除，如駕駛暫時離開國道等等因素造成。而 AVI 的辨識率大約在車流的 5 至 6 成，AVI 蒐集的旅行時間樣本也能達到車流的 1 至 2 成。對於每個時階的平均旅行時間，AVI 在 95% 信心水準下，8 成以上的時間誤差皆不會差過平均旅行時間的百分之十，因此使用 AVI 作為旅行時間推估，有著非常好的效果。

AVI 儀器使用影像辨識，因此在較早的凌晨時段及晚上時段光線不足，導致旅行時間樣本蒐集上效果較差，但在白天正常上下班時段，儀器若正常運作，則 AVI 有相當不錯的旅行時間蒐集能力。未來里程收費時，旅行時間樣本之蒐集則較少因為光線及儀器問題，導致資料缺失的狀況，應用於旅行時間樣本蒐集能有更顯著的效果。

### 3.2 VD 資料分析

VD 資料為本研究的進行旅行時間預測的另一種資料，VD 不同於 AVI 資料，VD 資料蒐集的資料能馬上使用，不需要等車輛通過定點才進行比對，因此 VD 資料具有即時蒐集的特性，對於預測系統取得即時資料有著不可或缺的特性，因此 VD 資料為的分析為本研究另外一個重點。

本研究的研究重點為 AVI 資料，VD 資料的過濾模式與方法則是參考王晉元 (2011) 建置的過濾機制。本研究主要目的在於使用 AVI 資料來解決 VD 資料於旅行時間推估上的缺陷，如尖峰時段旅行時間會低估等等，因此並未針對 VD 資料進行詳細的分析。其過濾機制簡略回顧如下所示。

VD 於台灣國道高速公路上具有以下特性：

- (1) 偵測器的間隔距離約 1~2 公里。
- (2) 回傳頻率為 1 分鐘/次，傳回資料有大車及小車平均速度、大車及小車流量。
- (3) 速度、流量資料異常或者遺漏。

本研究採用 5 分鐘平均速度。其中特性(3)可由本研究所整理的速度-時空圖發現，偵測器時常出現故障或者遺漏的情況。以國道一號 2012 年 7 月 20 日南下，102.600 公里處至 0.990 公里處，上午 0:00 至下午 2:00，VD 所蒐集之速度資料為例，結果如下圖 3-14 所示：

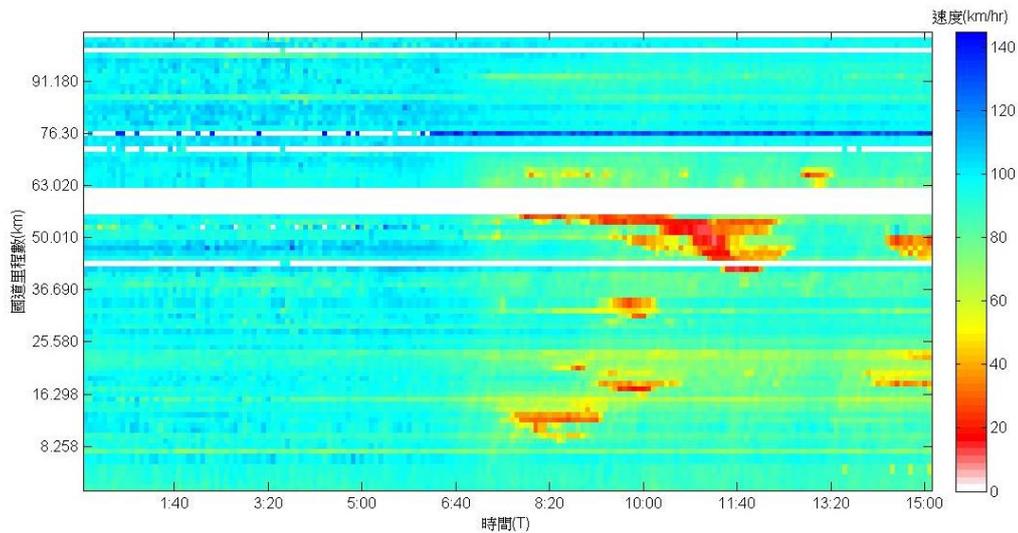


圖 3-10 VD 速度-時空圖

橫軸為時間點，每單位代表 1 個時階，每 1 個時階為 5 分鐘，縱軸為國道里程數，將 VD 所蒐集回來的速度資料，放入對應的時階及國道里程數內。可由圖中看出白色部分為無資料或者偵測器故障，其它顏色各代表不同速度。應用本研究開發的工具，整理出的速度-時空圖除了可以快速全面檢視偵測器妥善情況，也可以快速檢測偵測器所蒐集回來數據的合理性、尖離峰於時間以及空間上的分布等資訊，對於資料分析有實質上的幫助。

對於 VD 進行異常資料，過濾機制步驟如下：

- (1) 按照星期別分別計算其流量、速度、佔有率之平均數與變異數
- (2) 將平均數之 3 倍標準差以外之數據刪除

VD 會出現儀器暫時故障及蒐集資料異常的情況，導致台灣佈設的 VD 蒐集車流量不守恆，難以使用密度及佔有率推估旅行時間，單純使用速度資料推估則容易在尖峰時段造成旅行時間低估的現象。

## 第四章 旅行時間推估模式

整個旅行時間預測研究的模式主要分為兩大部分，旅行時間推估模式與旅行時間預測模式，旅行時間推估模式主要將過去的歷史資料進行旅行時間計算，當作旅行時間歷史資料庫使用，作為旅行時間預測模式比對的資料來源，沒有好的資料來源則不會有好的結果，因此旅行時間推估模式是旅行時間預測的地基。

本研究為讀者閱讀方便，特別將論文中常用的資料名詞在此作定義，讓讀者能在進入論文核心前，對論文中提及的名詞有初步的了解，定義以下名詞，如下表 4-1，使用核心功能作命名。

表 4-1 名詞定義

名詞	代表意義
AVI 旅行時間歷史資料庫	將國道高速公路總局所提供之歷史自動車輛辨識資料，製作成分路段旅行時間資料。
VD 旅行時間歷史資料庫	將國道高速公路總局所提供之歷史車輛偵測器速度資料，製作成分路段旅行時間資料，VD 與 AVI 偵測器所在位置不相同，因此路段數目與 AVI 旅行時間歷史資料庫不相同。
VD k-NN 預測模式	使用 VD 資料作為比較對象，找出即時交通資訊與歷史交通資料最相近的日期與時階。
旅行時間延遲加總	使用旅行時間歷史資料，將起點至迄點各路段的旅行時間做總和的動作，並考慮通過各路段起點的時間。
AVI 即時旅行時間延遲加總	選定驗證日的 AVI 旅行時間資料，經延遲加總後，計算起點至迄點的旅行時間，作為旅行時間預測驗證的標竿
VD 即時旅行時間延遲加總	選定驗證日的 VD 旅行時間資料，經延遲加總後，計算起點至迄點的旅行時間，用於檢視該日 VD 即時資料的品質

本研究使用兩種資料 VD 及 AVI，因此會產生兩種旅行時間推估模式，一種使用於 VD 的速度資料，一種則使用於 AVI 的通過時間資料。其推估模式如下章節介紹。

## 4.1 AVI 旅行時間推估模式

AVI 資料經過第三章資料分析後，將資料中的異常旅行時間過濾，並且可以確定 AVI 有足夠的能力蒐集旅行時間樣本，AVI 的旅行時間推估方式，可建立出以下 AVI 旅行時間推估步驟：

1. 車牌比對：將同時通過兩 AVI 之車輛紀錄，並取得該車行駛於路段的旅行時間樣本。
2. 樣本時階歸類：本研究採用每 5 分鐘切割一個時階，將旅行時間樣本以起點時間為準，歸類至對應時階。
3. 極端旅行時間過濾：計算時階內旅行時間的平均值與標準差，超過平均值一個標準差的旅行時間樣本予以刪除。
4. 無效旅行時間過濾：本研究以 95% 信心水準，檢測每個時階的旅行時間樣本數，可接受誤差為平均旅行時間的 10%，計算出該時階內所需求的樣本數，若樣本數不足，則該時階旅行時間不使用。
5. 平均旅行時間：經過過濾後，將同一時階內的旅行時間樣本平均，取得該時階之平均旅行時間，作為該時階的旅行時間推估值。

## 4.2 AVI 旅行時間填補方式

旅行時間歷史資料庫的用途為預測資料的來源，因此旅行時間歷史資料庫越完整對於旅行時間預測的準確性相對也越高。由第三章的資料分析結果可知，AVI 在資料蒐集時，會出現儀器故障、資料遺失、信心水準不足等等狀況，導致該時階無法確實的推估出旅行時間。本研究對於 AVI 資料的缺失狀況進行分析，發現 AVI 的缺失情況可分為以下兩種：

- (1) 短時間旅行時間缺失，造成原因可能為無車輛通過或者該時段旅行時間樣本變異較大，不足以達到信心水準。
- (2) 長時間旅行時間缺失，造成因素可能為儀器故障、光線不足等因素，導致資料無法正常蒐集。

面對上述兩種情況的 AVI 旅行時間資料的缺失，在對於 AVI 準確性影響不大的情況下，若可將 AVI 資料進行填補，則可使得 AVI 旅行時間歷史資料庫更為完整，因此本研究依照缺失程度來決定 AVI 的填補方式，當缺失比例大於時間範圍內的 30% 則視為機器故障，代表著 AVI 有 30% 以上的時間皆無正常地蒐集資料，將此時間範圍的資料捨棄。

若 AVI 資料缺失為狀況(1)，可能為無車輛通過等等狀況，可藉由缺失前後之時階交通狀況進行判斷，進而推估出缺失的旅行時間，將旅行時間填補進去，使得 AVI 旅行時間歷史資料庫更為完整。若 AVI 資料缺失為狀況(2)，強行將資料填補，則無法保證資料的準確性，因此應該放棄該時段之 AVI 資料，以確保旅行時間歷史資料的可靠性。

本研究的 AVI 旅行時間填補流程如圖 4-1，將一天分為 4 個時間範圍，以 6 個小時(72 筆)為時間範圍，未時間範圍內出現旅行時間歷史資料的缺失，則判斷

該時間範圍的資料是否可以使用，本研究以時間範圍的 30% 作為判斷標準，若缺失時間高於 30%，則判斷為缺失狀況(2)，直接捨去該日旅行時間歷史資料。當 AVI 資料缺失為狀況(1)時，必須先對於缺失的型態進行判別，以連續缺失時間來進行分類，本研究將情況(1)的填補方式分為以下三種：

方式(一) 較短的連續時間內資料缺失，原因可能為車流量較少導致旅行時間樣本數不足，無足夠信心代表該時間的旅行時間，由於缺失時間較短，交通變化不大，此種狀況本研究以時間內插的方式將資料填補。

方式(二) 若連續缺失時間較長，則不適合使用時間內插填補，無法使用方式(一)進行填補，本研究則以 k-NN 的方式進行歷史資料的蒐集，以缺失時間點的前後 3 個時階進行筆對，尋找其它相同星期五的 AVI 旅行時間歷史資料進行填補，其方法如圖 4-3。

方式(三) 若時間範圍內連續缺失時間過長，則將其捨棄不使用。



圖 4-1 AVI 旅行時間歷史資料填補流程

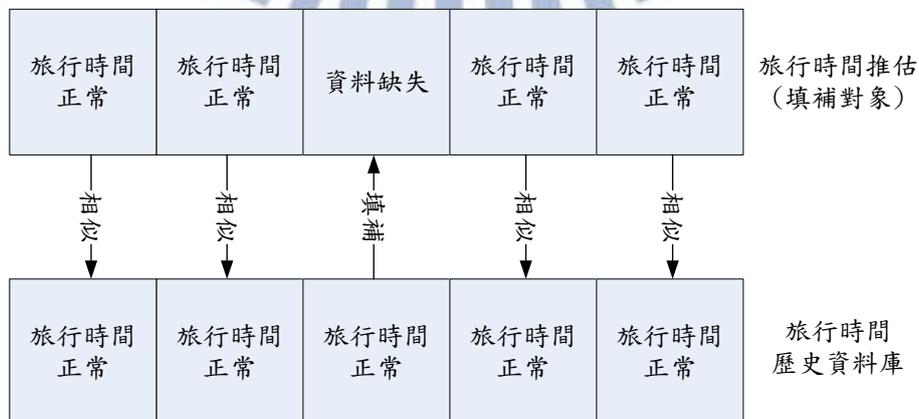


圖 4-2 AVI 方案二旅行時間插補概念

經過資料填補後所建立的 AVI 旅行時間資料庫，將提供給旅行時間預測模型使用。在此之前本研究必須先檢測 AVI 資料庫的完整程度，確定經填補後 AVI 旅行時間歷史資料庫是可以使用的。以 2012 年 3 月研究範圍內的南下及北上的 AVI 歷史資料做檢測，將該日資料分成 4 個時段，光線不足時段以及早晚間離峰資料的缺失狀況，其時段分別為時段 1(0:00~06:00)、時段 2(6:00~12:00)、時段 3(12:00~18:00)以及時段 4(18:00~24:00)，並將其可填補之狀況按照方案填補，其結果如下列表 4-2、4-3、4-4、4-5、4-6、4-7 所示：

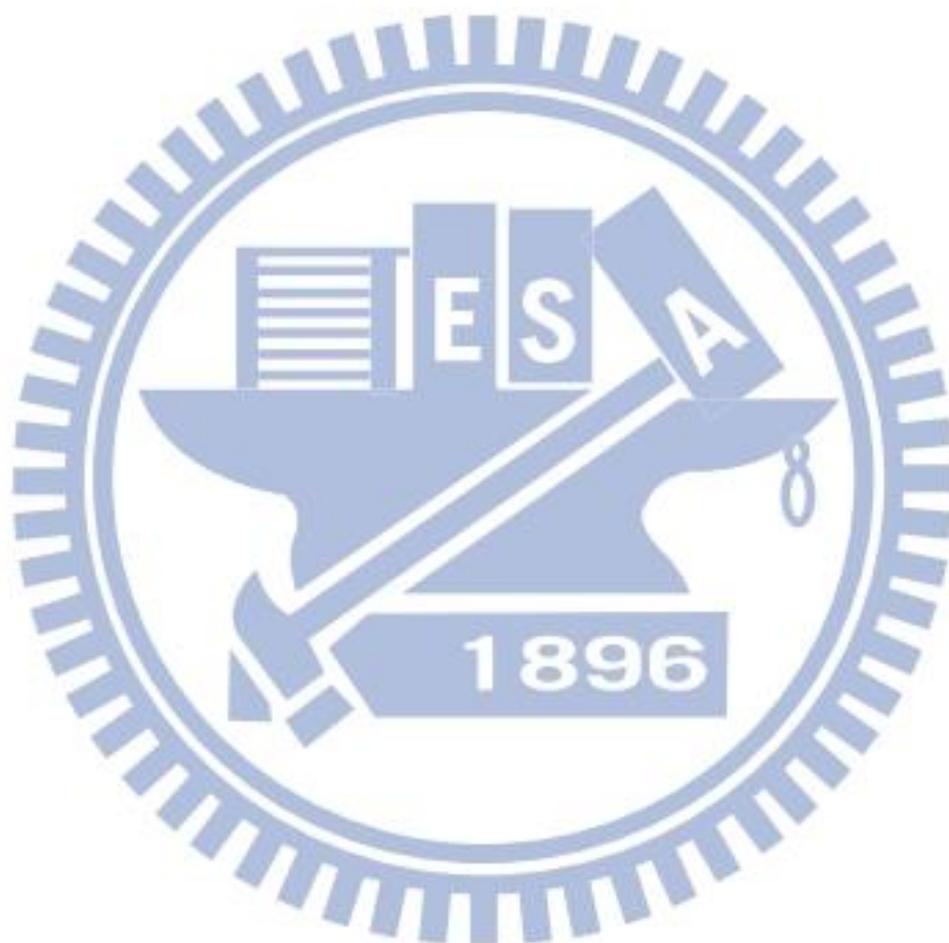


表 4-2 旅行時間資料缺失率-北上路段

	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
時段1	3月2日	90.3%	100.0%	100.0%	98.6%	98.6%	100.0%	93.1%	100.0%	100.0%	20.8%	50.0%	84.7%	81.9%	88.9%
	3月9日	91.7%	98.6%	100.0%	93.1%	95.8%	97.2%	100.0%	100.0%	100.0%	52.8%	91.7%	94.4%	91.7%	97.2%
	3月16日	88.9%	98.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	98.6%	93.1%	36.1%	37.5%	76.4%	87.5%	100.0%	100.0%
	3月23日	86.1%	97.2%	97.2%	91.7%	91.7%	93.1%	95.8%	100.0%	100.0%	9.7%	77.8%	79.2%	100.0%	100.0%
	3月30日	81.9%	94.4%	93.1%	86.1%	77.8%	86.1%	90.3%	100.0%	100.0%	9.7%	75.0%	70.8%	100.0%	100.0%
時段2	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	5.6%	22.2%	22.2%	5.6%	6.9%	6.9%	27.8%	98.6%	100.0%	0.0%	2.8%	6.9%	1.4%	13.9%
	3月9日	8.3%	20.8%	23.6%	2.8%	5.6%	6.9%	20.8%	100.0%	100.0%	0.0%	11.1%	19.4%	5.6%	20.8%
	3月16日	33.3%	43.1%	45.8%	6.9%	13.9%	12.5%	16.7%	1.4%	2.8%	0.0%	1.4%	1.4%	100.0%	100.0%
	3月23日	54.2%	55.6%	51.4%	1.4%	22.2%	19.4%	27.8%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	1.4%	100.0%	100.0%
3月30日	18.1%	31.9%	29.2%	0.0%	0.0%	11.1%	34.7%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	
時段3	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	54.2%	86.1%	84.7%	68.1%	43.1%	52.8%	25.0%	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	2.8%	11.1%	18.1%
	3月9日	1.4%	25.0%	29.2%	0.0%	0.0%	0.0%	20.8%	100.0%	100.0%	2.8%	5.6%	0.0%	1.4%	8.3%
	3月16日	59.7%	84.7%	81.9%	20.8%	1.4%	5.6%	25.0%	1.4%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
	3月23日	33.3%	45.8%	38.9%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	100.0%	100.0%	0.0%	1.4%	4.2%	100.0%	100.0%
3月30日	37.5%	66.7%	62.5%	1.4%	0.0%	0.0%	20.8%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	
時段4	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	30.6%	97.2%	93.1%	98.6%	100.0%	98.6%	61.1%	18.1%	1.4%	1.4%	1.4%	6.9%	22.2%	77.8%
	3月9日	41.7%	100.0%	100.0%	63.9%	40.3%	36.1%	93.1%	100.0%	100.0%	2.8%	15.3%	5.6%	6.9%	54.2%
	3月16日	48.6%	94.4%	95.8%	36.1%	41.7%	31.9%	55.6%	12.5%	2.8%	1.4%	4.2%	11.1%	100.0%	100.0%
	3月23日	52.8%	97.2%	98.6%	55.6%	37.5%	43.1%	81.9%	100.0%	100.0%	2.8%	66.7%	48.6%	100.0%	100.0%
3月30日	15.3%	93.1%	90.3%	12.5%	9.7%	5.6%	58.3%	100.0%	100.0%	1.4%	6.9%	2.8%	100.0%	100.0%	

表 4-3 旅行時間時階最大連續缺失數-北上路段

時段1	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	23	72	72	64	67	72	23	72	72	14	18	42	11	17
	3月9日	19	71	72	38	31	37	72	72	72	7	38	37	21	42
	3月16日	54	54	72	72	72	72	66	40	22	12	40	44	72	72
	3月23日	35	70	51	25	32	59	68	72	72	2	30	23	72	72
	3月30日	20	68	60	43	20	43	39	72	72	1	22	29	72	72
時段2	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	2	5	5	3	5	4	3	71	72	0	2	1	1	2
	3月9日	2	7	15	2	3	3	4	72	72	0	3	8	1	3
	3月16日	9	30	22	2	5	3	2	1	1	0	1	1	72	72
	3月23日	20	30	34	1	6	12	3	72	72	0	0	1	72	72
	3月30日	7	17	9	0	0	3	4	72	72	0	0	0	72	72
時段3	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	25	61	53	41	31	31	3	0	2	0	0	2	2	3
	3月9日	1	6	6	0	0	0	6	72	72	2	2	0	1	1
	3月16日	38	56	44	4	1	1	7	1	1	0	0	0	72	72
	3月23日	7	30	20	0	0	0	9	72	72	0	1	3	72	72
	3月30日	7	16	30	1	0	0	3	72	72	0	0	0	72	72
時段4	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	5	36	33	63	72	60	10	5	1	1	1	3	3	29
	3月9日	4	72	72	10	5	6	36	72	72	2	6	2	2	6
	3月16日	6	29	36	4	8	5	8	7	2	1	2	3	72	72
	3月23日	17	69	71	16	14	13	20	72	72	1	38	6	72	72
	3月30日	2	40	34	2	3	2	5	72	72	1	1	1	72	72

表 4-4 旅行時間插補方案-北上路段

時段1	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	不使用	方案二	不使用	不使用	不使用	不使用								
	3月9日	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用								
	3月16日	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用								
	3月23日	不使用	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用								
	3月30日	不使用	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用								
時段2	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	方案一	方案二	方案二	方案一	方案二	方案一	方案一	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一
	3月9日	方案一	方案二	不使用	方案一	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	方案一	方案一	方案二	方案一	方案一
	3月16日	不使用	不使用	不使用	方案一	方案二	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用
	3月23日	不使用	不使用	不使用	方案一	方案二	方案二	方案一	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用
	3月30日	方案二	不使用	方案二	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用
時段3	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一
	3月9日	方案一	方案二	方案二	方案一	方案一	方案一	方案二	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一
	3月16日	不使用	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	方案二	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用
	3月23日	不使用	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	方案二	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用
	3月30日	不使用	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用
時段4	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15
	3月2日	不使用	方案二	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	不使用						
	3月9日	不使用	方案一	方案二	方案一	方案一	不使用								
	3月16日	不使用	方案二	方案一	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用						
	3月23日	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用	不使用								
	3月30日	方案一	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用

表 4-5 旅行時間資料缺失率-南下路段

時段1	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	22.2%	52.8%	15.3%	97.2%	100.0%	100.0%	100.0%	63.9%	100.0%	100.0%	97.2%	100.0%	100.0%
	3月9日	84.7%	87.5%	26.4%	100.0%	100.0%	100.0%	98.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	3月16日	8.3%	72.2%	30.6%	95.8%	98.6%	62.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	3月23日	9.7%	61.1%	86.1%	93.1%	95.8%	20.8%	30.6%	76.4%	97.2%	97.2%	95.8%	100.0%	100.0%
	3月30日	9.7%	59.7%	13.9%	88.9%	91.7%	15.3%	19.4%	40.3%	94.4%	94.4%	93.1%	97.2%	98.6%
時段2	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	0.0%	4.2%	0.0%	0.0%	1.4%	100.0%	100.0%	0.0%	2.8%	4.2%	4.2%	23.6%	4.2%
	3月9日	23.6%	12.5%	0.0%	15.3%	100.0%	100.0%	6.9%	4.2%	6.9%	11.1%	15.3%	30.6%	18.1%
	3月16日	0.0%	2.8%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	2.8%	5.6%	6.9%	29.2%	6.9%
	3月23日	5.6%	6.9%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	13.9%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	34.7%	2.8%
	3月30日	5.6%	1.4%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	8.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	41.7%	0.0%
時段3	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	34.7%	29.2%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	44.4%	44.4%	41.7%	2.8%	18.1%	0.0%
	3月9日	100.0%	65.3%	0.0%	66.7%	100.0%	100.0%	8.3%	6.9%	8.3%	6.9%	11.1%	25.0%	2.8%
	3月16日	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	45.8%	47.2%	0.0%	0.0%	0.0%	22.2%	0.0%
	3月23日	33.3%	13.9%	0.0%	8.3%	16.7%	13.9%	11.1%	4.2%	2.8%	1.4%	0.0%	15.3%	0.0%
	3月30日	1.4%	1.4%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.6%	0.0%
時段4	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	97.2%	94.4%	2.8%	81.9%	90.3%	100.0%	100.0%	97.2%	100.0%	100.0%	40.3%	100.0%	97.2%
	3月9日	100.0%	91.7%	1.4%	97.2%	100.0%	100.0%	11.1%	31.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	3月16日	2.8%	4.2%	2.8%	76.4%	88.9%	2.8%	2.8%	1.4%	97.2%	95.8%	36.1%	100.0%	97.2%
	3月23日	73.6%	63.9%	2.8%	93.1%	100.0%	61.1%	12.5%	31.9%	100.0%	100.0%	83.3%	100.0%	98.6%
	3月30日	8.3%	6.9%	1.4%	75.0%	90.3%	2.8%	2.8%	2.8%	95.8%	94.4%	6.9%	98.6%	97.2%

表 4-6 旅行時間時階最大連續缺失數-南下路段

時段1	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	2	6	3	69	72	72	72	23	72	72	66	72	72
	3月9日	33	22	5	72	72	72	46	72	72	72	72	72	72
	3月16日	1	31	7	69	71	40	72	72	72	72	72	72	72
	3月23日	2	8	62	67	69	2	7	26	70	70	69	72	72
	3月30日	2	5	2	46	66	3	5	6	68	68	66	70	71
時段2	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	0	1	0	0	1	72	72	0	2	3	3	5	2
	3月9日	6	3	0	6	72	72	3	3	4	8	11	11	13
	3月16日	0	1	1	0	0	0	72	72	2	4	4	2	3
	3月23日	1	1	0	0	0	2	4	0	0	0	7	6	1
	3月30日	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	8	0
時段3	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	23	21	0	0	0	72	72	32	32	30	1	2	0
	3月9日	72	30	0	20	72	72	5	3	5	5	7	4	2
	3月16日	1	0	0	0	0	0	26	34	0	0	0	4	0
	3月23日	20	9	0	3	7	8	5	3	2	1	0	3	0
	3月30日	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	0
時段4	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	66	63	2	59	60	72	72	58	72	72	7	72	70
	3月9日	72	20	1	65	72	72	2	14	72	72	72	72	72
	3月16日	2	2	2	26	59	2	2	1	70	69	5	72	70
	3月23日	41	24	2	41	72	28	4	15	72	72	38	72	71
	3月30日	2	3	1	16	34	2	2	2	69	68	3	71	70

表 4-7 旅行時間插補方案-南下路段

時段1	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	方案一	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用
	3月9日	不使用	不使用	方案二	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用
	3月16日	方案一	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用							
	3月23日	方案一	不使用	不使用	不使用	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用
3月30日	方案一	不使用	方案一	不使用	不使用	方案一	方案二	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	
時段2	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	方案一	方案二	方案一
	3月9日	方案二	方案一	方案一	方案二	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	方案二	方案二	不使用	方案二
	3月16日	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一
	3月23日	方案一	方案一	方案二	不使用	方案一								
3月30日	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	不使用	方案一	
時段3	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一
	3月9日	不使用	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用	方案二	方案一	方案二	方案二	方案二	方案一	方案一
	3月16日	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一
	3月23日	不使用	方案二	方案一	方案一	方案二	方案二	方案二	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一
3月30日	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案一	方案二	方案一
時段4	AVI編號	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14
	3月2日	不使用	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用
	3月9日	不使用	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用
	3月16日	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用
	3月23日	不使用	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用	方案一	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用	不使用
3月30日	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	方案一	方案一	方案一	不使用	不使用	方案一	不使用	不使用	

經由上表列舉的 2012 年 3 月份資料，可由資料缺失率中及旅行時間時階最大連續缺失數中發現，時段 1 及時段 4 的缺失狀況普遍嚴重，原因為時段 1 及時段 4 的時間屬於視線較差的時段，使用影像辨識的 AVI 偵測器，無法辨識車牌號碼，導致旅行時間樣本數不足，因此不適合做為 AVI 旅行時間歷史資料庫及提供給旅行時間預測模型使用，因此本研究預測時段不包含時段 1 及時段 2。時段 3 及時段 4 經過方案一及方案二填補後，仍然有部分路段無法使用，無法使用的路段，則以 VD 旅行時間歷史資料庫取代。

### 4.3 VD 旅行時間推估模式

台灣國道高速公路上的 VD，由於儀器上的問題，流量偵測無法守恆，用於計算旅行時間不適合使用流量、密度計算因此本研究採用最基本的時間、速度與距離的關係，建置 VD 旅行時間歷史資料庫。

由 3.2 節所提及之 VD 資料分析可知，VD 也會出現資料遺失或偵測器故障等問題，因此使用速度計算旅行時間前，必須先將缺失的速度資料進行填補，才可進行 VD 旅行時間歷史資料之計算。計算步驟如下所示：

1. 資料填補：將缺少速度資料的時階，以空間內插方式填補。
2. 旅行時間推估：計算方程式同方程式(5)，如下所示：

$$t_{DL} = \frac{\Delta x}{(v_u + v_d) / 2} \quad (5)$$

其中

$v_u$  為起點 VD 所偵測之平均速度。

$v_d$  為迄點 VD 所偵測之平均速度。

重複步驟 1 及步驟 2 即可計算出當日各路段旅行時間，依照步驟 1 進行資料插補，若與 3.2 節使用相同範例，國道一號 2012 年 7 月 20 日南下，102.600 公里處至 0.990 公里處，上午 0:00 至下午 2:00，VD 所蒐集之速度資料為例，則速度經資料填補後的結果，以速度-時空圖所表示，結果如圖 4-3。

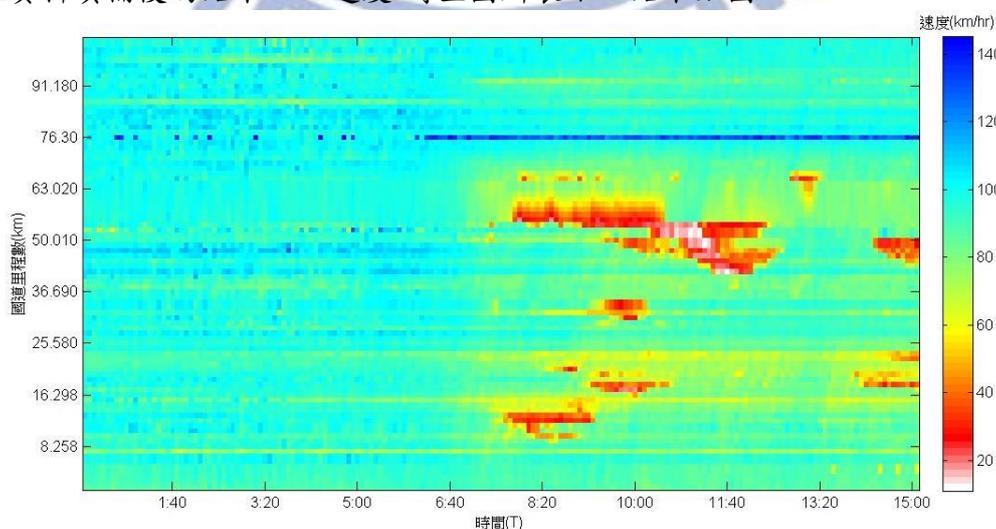
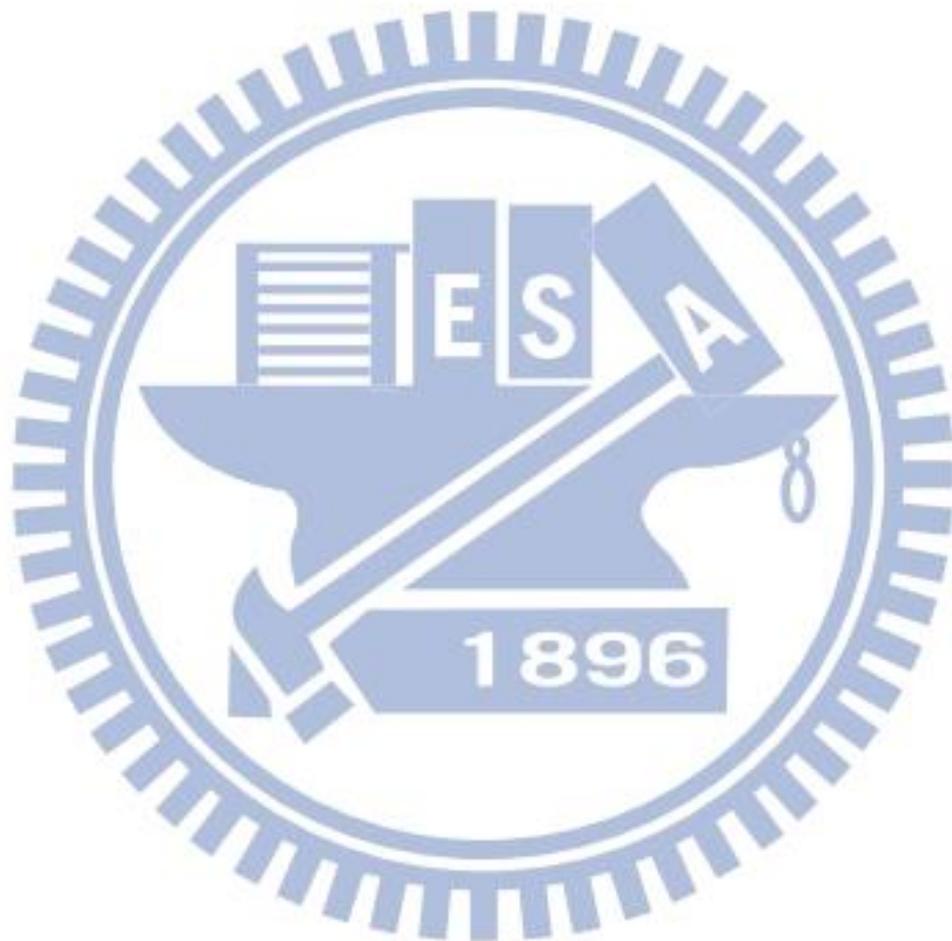


圖 4-3 速度-時空圖

#### 4.4 小結

在本研究中，旅行時間歷史資料庫為預測的資料來源，因此必須建置一個完整的旅行時間歷史資料庫，透過 k-NN 法提供給即時資料進行比對。本研究的旅行時間歷史資料庫範圍，以 2012 年 1 月~7 月研究範圍內的 VD 及 AVI 資料作為歷史資料，並透過第本章節所提出之旅行時間推估模式及填補方式，分別建立 VD 及 AVI 的資料庫，計算出所有星期五的旅行時間歷史資料，共計有 30 週。



## 第五章 旅行時間預測模式

本研究以台灣國道高速公路台中-台北交流道為預測範圍，建置一個旅行時間預測模式，目的在於提供用路人旅行時間資訊，增進交通管理及時間管理的目的。

對於偵測器資料的選用，本研究選擇 VD 以及 AVI 偵測器，其原因在於 VD 能進行即時資料蒐集，AVI 應用於旅行時間推估的準確性較高，且佈設距離較 ETC 短，較貼近系統交流道。兩種偵測器皆須要克服其本身的問題，如 VD 資料時常出現遺漏、偵測器故障等情況。AVI 偵測器有辨識正確率、辨識率、資料遺漏等狀況，皆是本研究要克服的困難點。

本章節依據預測過程，可將整個模式建構過程分成兩個部分。透過第四章建立旅行時間歷史資料庫做為比對資料，使得即時交通資料可與歷史資料進行比較，因此本章節第一個部分是(1)使用 VD-KNN 比較法來進行比較，尋找與歷史資料庫中最相近的資料，用最相近之歷史資料作為預測資料，(2)接著以計算比對出來的 k 筆旅行時間延遲加總。模式依照構建的流程，可由下流程圖 5-1 表示：

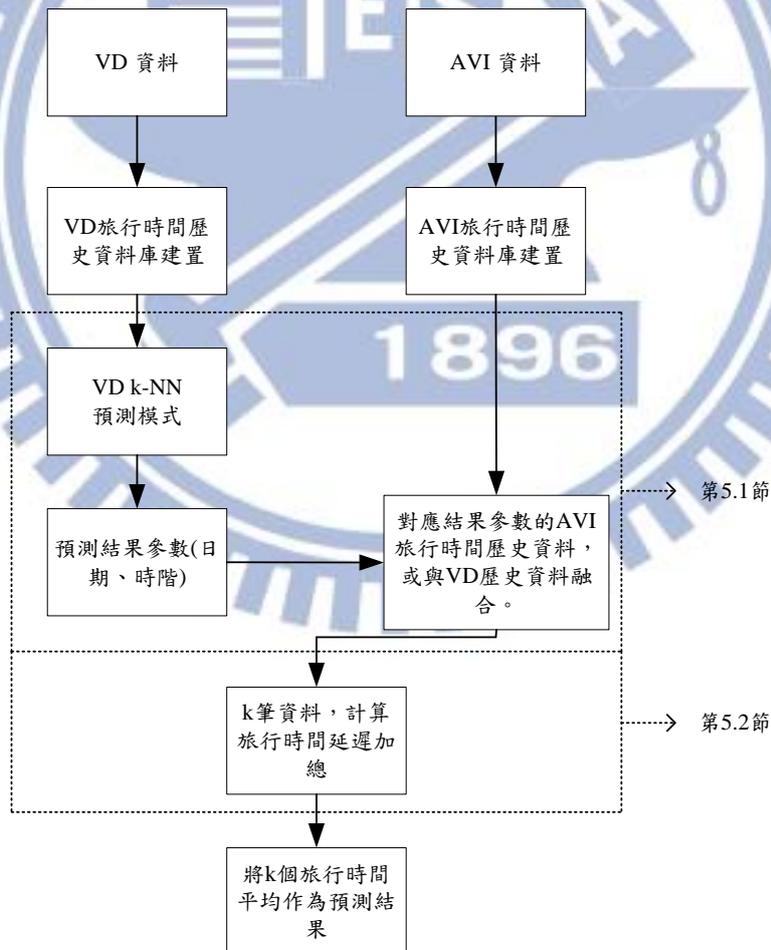


圖 5-1 預測模式流程

## 5.1 預測模型

### 5.1.1 VD k-NN 模型

k-NN 屬於模式辨認的方法之一，主要概念是在特徵向量的空間中，將 k 個幾何距離最接近的資訊分類出來，透過分類出來最相似的 k 筆已知資訊，來評估未知資訊的一種方法。k-NN 中的 k 越大越能避免極端值的影響，但也容易將結果平滑，導致準確性下降，因此 k 的筆數常列為一個需要校估的參數，尋找最適合的 k 來提高評估的準確性。

將 k-NN 的概念應用在本研究的旅行時間預測模型上，要考慮的特徵向量空間即為旅行時間，不同的路段、時階都是特徵向量空間中的一個樣本，而本研究的樣本空間為第四章所建立的旅行時間歷史資料庫。要考慮什麼參數並找出最適合的樣本來評估、預測未來的旅行時間，即是本研究的重點。

本研究是利用 VD 蒐集的即時資料透過 k-NN 法比對出最適合的旅行時間歷史資料，因此將本研究的 k-NN 法稱為 VD k-NN 模型。本研究的 VD k-NN 模型所考慮的參數有以下 6 個。

1. 選定預測起點至迄點位置，以 AVI 偵測器所在位置為基準，進行起迄點的選擇。若 AVI 偵測器不在預測起點與迄點附近，則起迄點與 AVI 位置上的差異，則使用 VD 資料進行旅行時間插補。
2. 設定歷史資料庫的搜尋範圍。例：1 個月、3 個月、6 個月。
3. 設定搜尋時間範圍  $T_1$ ，搜尋歷史資料庫中相似交通狀況的日期與時間點。例如預測上午 8:00， $T_1$  為 15 分鐘，預測模型將搜尋旅行時間歷史資料庫中 7:45~8:15 中最相似交通狀況的日期與時間點。
4. 設定比對時間長度  $T_2$ ，決定使用多長的即時 VD 資料與旅行時間歷史資料庫進行比對。例：預測上午 8:00， $T_1$  為 15 分鐘， $T_2$  為 10 分鐘，則使用 7:50~8:00 的即時 VD 資料，與旅行時間歷史資料庫中的 7:35~7:45、7:40~7:50、7:45~7:55、7:50~8:00、8:05~8:15、8:10~8:20、8:15~8:25 等 7 筆資料。如上例， $T_1$  及  $T_2$  的關係可以如下圖 5-2 所示

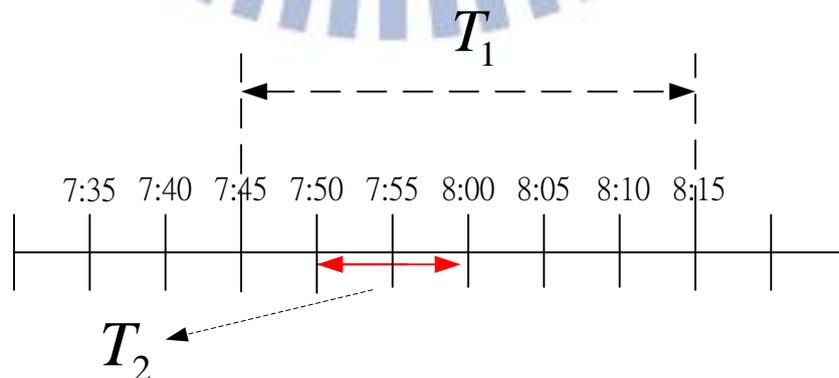


圖 5-2  $T_1$ 、 $T_2$  差異示意圖

5. 設定  $k$  值。例  $k=10$ 、 $k=20$ 、 $k=30$ 。經本研究分析後，加入同一天的  $k$  限制小於等於 3，原因將在 6.2 節參數校估結果中解釋。
6. 設定門檻值  $\varepsilon$ ，傳統  $k$ -NN 法僅比對出歷史資料庫中最相似的  $k$  筆資料，無法判別比對的  $k$  筆是否適用於預測。因此本研究在預測模型中加入門檻值，作為警示作用，當  $k$  筆最相似的旅行時間歷史資料誤差值高於門檻值，則代表預測值可能不準確。藉由門檻值的概念，提出警示時則代表有其他參數需要調整。例：旅行時間歷史資料庫不夠完整，無法比對出更有效的資料，需要增加旅行時間歷史資料庫的範圍。

依照上述所介紹之參數，本研究將針參數 4、5 進行敏感度分析，找出國道一號南下及北上預測範圍內，最合適的預測參數，來提升旅行時間預測的準確性。

本研旅行時間的預測流程由下圖 5-3 所示。將蒐集之 VD 即時資料透過  $k$ -NN 法與 VD 旅行時間歷史資料庫進行比對，從歷史資料庫中找出  $k$  筆最相似日期、時階，接著分別將  $k$  筆對應的歷史日期與時階，由旅行時間歷史資料庫中計算出  $k$  個旅行時間，最後將  $k$  筆旅行時間平均，作為旅行時間預測結果。



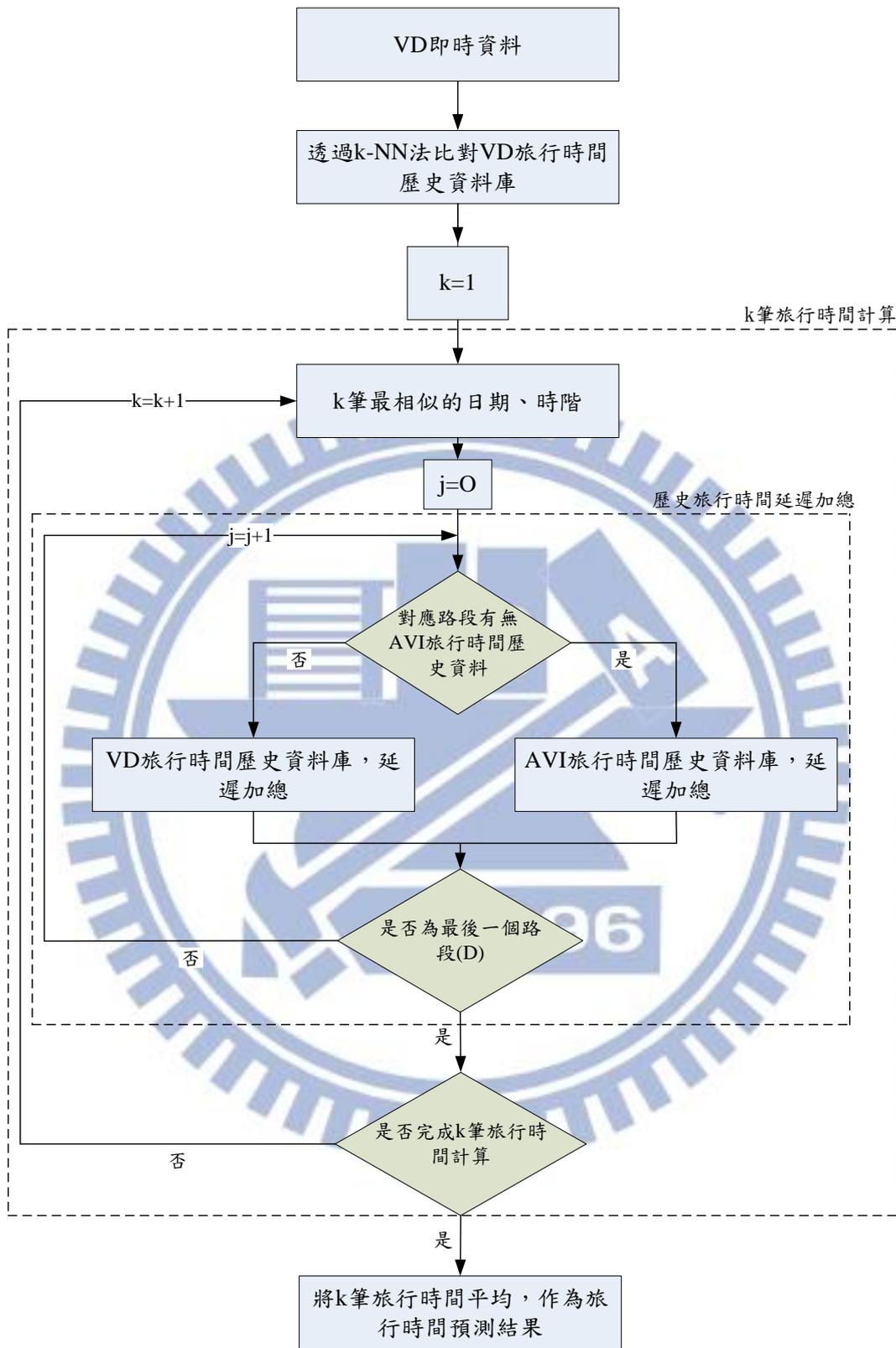


圖 5-3 旅行時間預測流程圖

目前本研究的時間窗的設定為即時資料時間點正負 6 個時階，即  $T_1=30$  分鐘，也就是 k-NN 對於每日比對的筆數包含相同時階為 13 筆，透過 VD k-NN 法，找出 k 筆與當下交通狀況最相近的歷史資料，即可利用歷史旅行時間進行旅行時間的預測，達到鑑往知來的功效。僅使用一個時階與歷史旅行時間比較，可能產生以偏概全的現象，為減少此狀況發生，加入  $T_2$  參數，盡可能的增加比對的時階數，提升 k-NN 模式尋找相近歷史旅行時間的準確性。

將 VD k-NN 模型以數學式表示，則可以將其寫成下列方程式(6)所示：

$$\sum_{i=-T_1}^{T_1} \left[ \sum_{n=1}^{T_2} \sum_{j=o}^d \left| T_j(t_{p-n}) - T'_j(t_{p+i-n}) \right| \right] / N \cdot T_2 < \varepsilon \quad (6)$$

其中

$T$  為即時交通旅行時間

$T'$  為歷史交通旅行時間

$o$  為起點路段編號

$d$  為迄點路段編號

$t_p$  為預測的時階編號

$n$  為增加比對的時階數

$N$  為起點至迄點的路段總數，相當於  $d - o + 1$

$\varepsilon$  為門檻值

若將  $T_2$  設定為 5 分鐘，也就是一個時階，則方程式將會變回最簡化的 k-NN 法，如方程式(7)所示：

$$\sum_{i=-T_1}^{T_1} \sum_{j=o}^d \left| T_j(t_p) - T'_j(t_{p+i}) \right| / N < \varepsilon \quad (7)$$

假設預測某路段( $O=1, D=4$ )的旅行時間，將  $T_1$  設為 15 分鐘即正負 3 個時階， $T_2$  設為 10 分鐘，k 設為 10，使用 VD k-NN 法進行交通狀況的比對，比對的概念如下圖 5-4 得知，從歷史資料庫中比對出最合適的 10 筆日期與時間，作為旅行時間預測的資料來源。

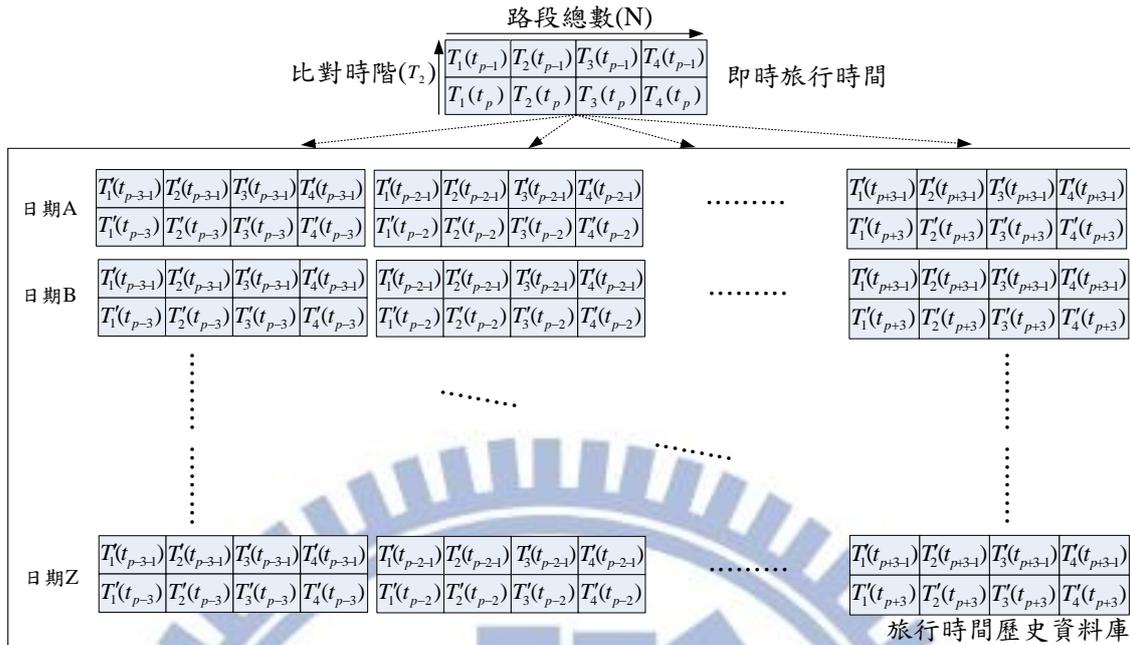


圖 5-4 k-NN 擴大比對時間差異

透過增加比對的時階數，提升歷史旅行時間資料與即時旅行時間資料的吻合程度。但也因此需要考慮比對過多的時階會造成運算上的負擔或考慮太多無關係因素影響結果。權衡利弊後，要取用多少時階  $n$  進行比較，即是一個需要測試、校正的一個參數。

本研究的 VD k-NN 模式中的增加比對時階數的概念，最早由蔡繼光 (2009) 所提出的擴大比對時間的 k-NN 模型，其研究成果顯示，擴大比對範圍能有效降低旅行時間誤差，並以每半小時做為比較範圍。本研究藉由此概念加以改良，為找出最適合的比對時階數  $T_2$ ，將其列為變動參數，進行參數的測定，找出最合適的比對時階數，並將推移單位改為最小時階單位，最後選用較鋪設密度較高，起訖點較靠近系統交流道得 AVI 資料進行旅行時間預測，提高旅行時間的應用價值。

### 5.1.2 VD 及 AVI 旅行時間融合

透過 VD k-NN 法找出旅行時間歷史資料庫中，交通狀況最相似的時階與參數，並以 AVI 資料為主要預測資料。但由於 AVI 有資料缺失的問題，相對應的路段不一定有旅行時間歷史資料，導致無法完成旅行時間預測。為了解決這方面的問題，本研究使用 VD 資料進行輔助，若該路段的 AVI 旅行時間歷史資料不存在，則改採用相對應 VD 資料進行預測。AVI 與 VD 偵測器位置不相同的問題則以 AVI 為主，VD 資料則以內插、外插等方式進行調整，使得 VD 所計算的旅行時間與 AVI 為相同路段。其概念如下圖 5-5 所示：

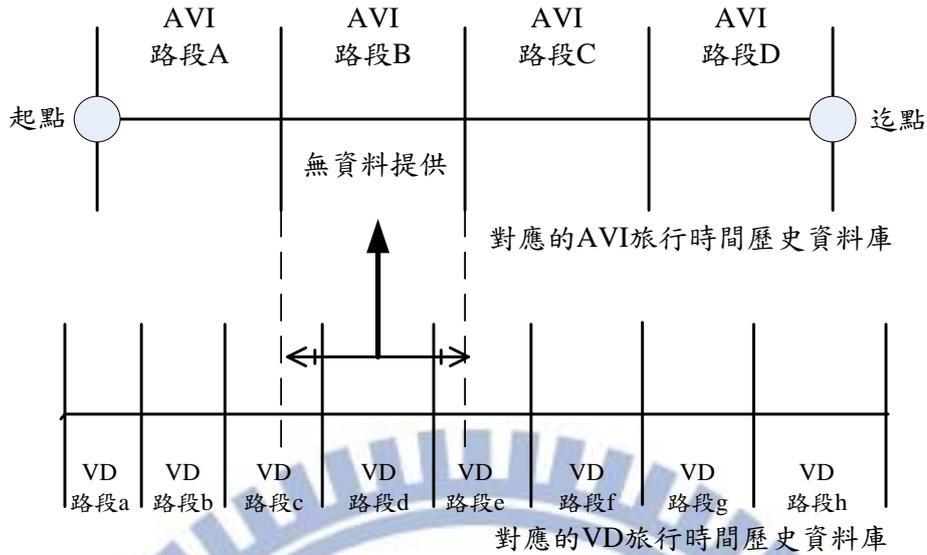


圖 5-5 VD 填補 AVI 旅行時間歷史資料庫概念

## 5.2 旅行時間延遲加總

經由 VD k-NN 法取得最相近的歷史資料，以最相近的歷史資料作為預測結果，由於起點至迄點分成許多較小的路段，車輛從起點至迄點的過程中，行駛通過各路段的起點，時階並不相同，如下圖 5-6 所示：

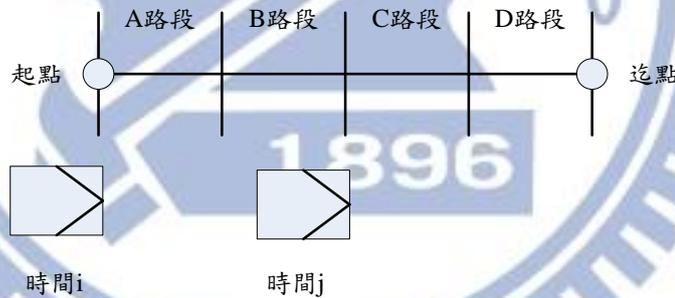


圖 5-6 延遲概念示意圖

如上圖所示，某車從起點至迄點，中間通過路段 A、B、C、D，通過 A 路段起點的時間點為  $i$ ，通過 C 路段起點的時間點為  $j$ 。因此計算總旅行時間時必須要將車輛通過各路段的時階納入考量。本研究於計算總旅行時間時，加入延遲的概念，避免將當下不合適的旅行時間納入總旅行時間中。本研究旅行時間延遲加總的計算邏輯如下表 5-1 所示：

表 5-1 延遲加總邏輯

出發時間	旅行時間(分)			
	A to B	B to C	C to D	D to E
2012/7/20 18:00	11.94	11.84	6.06	20.60
2012/7/20 18:05	11.83	11.90	6.04	21.03
2012/7/20 18:10	12.17	12.48	6.26	20.55
2012/7/20 18:15	11.62	12.57	6.04	20.37
2012/7/20 18:20	11.65	12.48	6.01	20.53
2012/7/20 18:25	11.66	12.02	6.15	20.73
2012/7/20 18:30	11.70	11.78	6.08	20.73
2012/7/20 18:35	12.02	12.16	6.11	20.77
2012/7/20 18:40	11.84	11.94	6.19	20.92
2012/7/20 18:45	11.95	11.75	5.84	20.66

本研究以每 5 分鐘做為 1 時階單位，以車輛通過該路段起點的時間點屬於的時階為基準，取用該時階內通過該路段的旅行時間，以車輛由出發點 A 至終點 E 所需花費旅行時間為例，在 2012 年 7 月 20 日 18:00 出發，車輛由 A 點到達 B 點須花費 11.94 分鐘，因此車輛約在 18:12 通過 B 點，而 18:12 分由 B 點出發至 C 點須花費 12.48 分鐘，因此車輛約在 18:24 分通過 C 點，以此類推即可得到 A 點 E 點所需花費的總旅行時間如下：

$$T_{AE} = 11.94 + 12.48 + 6.01 + 20.73 = 51.16 \text{ (分)}$$

## 第六章 實例分析

為了驗證本研究所提出的概念，結合 AVI 資料與改善預測模型，可以提升旅行時間預測的準確性，因此選定 2012 年 7 月份作為預測案例，實際進行旅行時間預測，分析本研究所提出的旅行時間預測是否具有較高的準確性。本研究與王晉元(2011)提出的 k-NN 模型進行比較，分析加入 AVI 資料後旅行時間預測的差異，驗證加入 AVI 資料是否具有較高的準確性。

驗證指標以該日蒐集之 AVI 旅行時間作為基準，AVI 旅行時間的蒐集方式為車輛通過時間差，其概念與探針車旅行時間蒐集方式差異不大，皆為通檢測點之時間差，AVI 旅行時間雖具有極端旅行時間的存在，但經過濾後即大略可以當作是旅行時間的真值，因此本研究選用 AVI 旅行時間進行預測模型準確性的驗證。

### 6.1 預測地點及特性

本研究以 2012 年 7 月 13、20、27 日(星期五)為預測日期，預測國道一號北上方向台中-新竹、新竹-台北以及國道一號南下方向台北-新竹、新竹-台中，預測此 4 個路段主要為探討旅行時間預測系統在各種情況下預測的準確性。無明顯尖離峰路段分別是北上方向為台中-新竹、南下方向為新竹-台中，有明顯尖離峰變化的路段為新竹-台北及台北-新竹，還包含不同性質的尖峰變化，早上尖離峰為上班車潮，下午尖峰包含了下班車潮及返鄉車潮。藉由以上路段的選擇及星期別的選擇有助於分析旅行時間預測模型在不同情況下，旅行時間預測的準確性。預測路段確切的起迄點及預測距離如下表 6-1 所示

表 6-1 預測範圍資訊

研究範圍						
編號	方向	起點	里程數	迄點	里程數	預測距離
1	南下	台北交流道	24km	新竹交流道	98km	74km
2	北上	新竹交流道	100km	台北交流道	23km	77km
3	南下	新竹交流道	98km	台中交流道	177km	79km
4	北上	台中交流道	179km	新竹交流道	100km	79km

### 6.2 參數校估

本研究欲證明結合 AVI 旅行時間歷史資料庫，使用 VD k-NN 法預測旅行時間的結果會比單純使用 VD 旅行時間歷史資料庫來的好，因此實際使用兩種方法進行預測，比較分析其預測結果，為確保兩種方法都是在最佳的預測結果下比較，因此必須分別對兩種方法進行參數校估。本研究每 5 分鐘預測一次旅行時間，歷史資料庫長度為 6 個月。T1 參考過去其它文獻後設定為 30 分鐘(正負 6 時階)，T1 的長度影響的是比對數量，範圍過小可能造成比對到的品質不佳，範圍過大則可能造成系統負荷較大，本研究取用舊保守的時間範圍，確保預測的品質，T1 可依需求調整。門檻值  $\epsilon$  僅為警示系統，用於警示預測系統有無特殊問題發生(交通狀況為極端值、偵測器故障)，不進行校估。針對 k 及 T2 進行參數校，傳統的

方法比對的時間長度僅使用 5 分鐘，本研究將 T2 列為考慮參數，找出路段適合的比對時間長度，則會讓預測結果更加準確。經本研究校估後，找出最合適的 k 與 T2 參數，作為該方法、路段最佳的預測參數。

對於參數的校估，本研究將分路段進行參數校估，選定 VD 無特殊問題日子，進行參數的校估，作為該路段旅行時間的預測參數。VD 無特殊問題代表的涵義包括，(1)校估日 VD 的旅行時間延遲加總無明顯的低估，代表 VD 當日蒐集的資料足以反映當天旅行時間，(2)VD k-NN 比對的過程中，平均誤差皆小於門檻值  $\epsilon$ ，預測結果不會因資料庫不足而影響。在以上前提下進行參數校估出來的結果，才足以表示該路段所適合的預測參數。

### 6.2.1 參數校估方法

以 2012 年 7 月 27 日 6:00~20:00 國道一號北上路段新竹-台北作為校估範例。首先將 T1 固定在 5、10 分鐘，k 則由 1 至 20 遞增，並分析每種參數組合。以預測結果的 MAPE 最小，作為該路段適合的預測參數。範例校估結果如下圖 6-1，可由圖中看出 VD+AVI 的預測方法在 T2=5 分鐘、k=8 筆時預測結果的 MAPE 值最小，以此做為新竹-台北路段 VD+AVI 的預測參數，以此類推可以找出 VD 預測最佳參數為 T2=5 分鐘、k=8 筆。

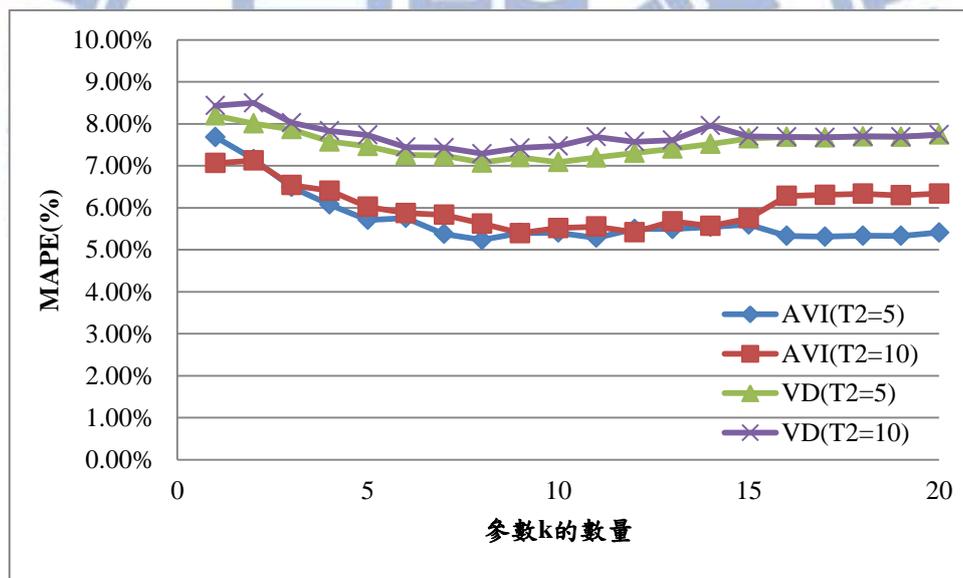


圖 6-1 新竹-台北參數校估與預測誤差變化

### 6.2.2 參數校估結果

使用符合該路段之特性資料，能使旅行時間預測有較高的準確性，依照路段特性的不同，使用不同的參數，確保加入 AVI 資料能在各種情況下皆能發揮提升準確性之功效。依照 6.2.1 的校估方式，將本研究預測的四個路段台北-新竹、新竹-台北、新竹-台中、台中-新竹進行參數校估，其結果如下表 6-3 及 6-4

表 6-2 VD+AVI 各路段使用參數對照

	國道一號南下 (台北-新竹)	國道一號北上 (新竹-台北)	國道一號南下 (新竹-台中)	國道一號北上 (台中-新竹)
搜尋時間範圍 T1	30 分鐘			
比對時間長度 T2	10 分鐘	5 分鐘	5 分鐘	10 分鐘
k 值	4 筆	8 筆	6 筆	7 筆
門檻值	10 分鐘		5 分鐘	

表 6-3 VD 各路段使用參數對照

	國道一號南下 (台北-新竹)	國道一號北上 (新竹-台北)	國道一號南下 (新竹-台中)	國道一號北上 (台中-新竹)
搜尋時間範圍 T1	30 分鐘			
比對時間長度 T2	5 分鐘	5 分鐘	5 分鐘	10 分鐘
k 值	4 筆	8 筆	2 筆	15 筆
門檻值	10 分鐘		5 分鐘	

各路段皆選一天資料作為該路段的最佳預測參數，其挑選日期的原則必須符合 6.2 所提出的兩個條件，(1)VD 無與真值比較後無明顯低估，證明該日 VD 能正確反映交通狀況，(2)比對誤差低於門檻值，確保預測誤差來源並非來自歷史資料庫不足。基於上述原則，其他路段校估日期與最佳參數結果下表 6-2、6-3、6-4、6-5。

表 6-4 台北-新竹參數校估結果(7月20日)

T1=30 分	k-NN(AVI, k=4, T2=10)		k-NN(VD, k=4, T2=5)	
	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
6:00~10:00	7.98%	7.22	9.35%	9.19
10:00~14:00	10.47%	7.71	11.46%	9.66
14:00~18:00	7.43%	8.15	9.07%	10.13
18:00~20:00	11.30%	8.47	11.35%	10.47
6:00~20:00	9.05%	8.85	10.06%	10.82

表 6-5 新竹-台北參數校估結果(7月27日)

T1=30 分	k-NN(AVI, k=8, T2=5)		k-NN(VD, k=8, T2=5)	
	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
6:00~10:00	6.42%	5.98	7.69%	6.42
10:00~14:00	3.62%	5.98	2.42%	6.42
14:00~18:00	5.91%	5.94	9.17%	6.38
18:00~20:00	4.38%	5.93	11.09%	6.36
6:00~20:00	5.24%	5.87	7.07%	6.34

表 6-6 新竹-台中參數校估結果(7月13日)

	k-NN(AVI, k=6, T2=5)		k-NN(VD, k=2, T2=5)	
T1=30 分	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
6:00~10:00	2.55%	1.92	3.00%	2.01
10:00~14:00	4.14%	3.04	5.43%	3.80
14:00~18:00	5.19%	3.10	3.10%	1.98
18:00~20:00	1.02%	0.65	3.41%	1.93
6:00~20:00	3.53%	2.50	3.78%	2.60

表 6-7 台中-新竹參數校估結果(7月13日)

	k-NN(AVI, k=7, T2=10)		k-NN(VD, k=15, T2=10)	
T1=30 分	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
6:00~10:00	1.27%	0.74	1.73%	1.11
10:00~14:00	1.68%	0.94	2.61%	1.39
14:00~18:00	1.06%	0.87	1.18%	0.69
18:00~20:00	1.15%	0.73	1.33%	0.78
6:00~20:00	1.31%	0.78	1.76%	1.06

### 6.2.3 小結

依照路段特性不同，最適合的參數也不相同，因此先針對路段進行校估，能提升該路段旅行時間預測的準確性。

本研究  $T_2$  設定為 30 分鐘，也就是一天最多可納入 13 筆，若不針對  $k$  來自同一天的筆數，則可能因 VD 偵測器不穩定導致納入過多較差的預測值，因此本研究將同一天的限制小於等於 3。

門檻值的功能僅有警示作用，僅在預測時警示能否從 VD 歷史資料庫中找到相符的歷史資料。由於新竹-台北及台北-新竹等北部路段尖離峰變化大，交通狀況較不穩定，因此本研究給予較大的門檻值。相反中部路段交通狀況較穩定，不易出現劇烈變化，因此門檻值設定較低。

### 6.3 預測案例

為了證明將 AVI 資料建立成旅行時間歷史資料庫的概念，能夠提升旅行時間預測的準確性，本研究實際使用兩種方法進行預測，比較單純使用 VD 旅行時間歷史資料庫預測及結合 AVI 旅行時間歷史資料庫預測的準確性。本研究實際進行旅行時間預測，按照預測結果可將結果分為以下 5 種情境，

- (1) 預測結果明顯改善 VD 的低估情況。
- (2) 兩種方法預測沒有顯著差異
- (3) 預測結果不理想，經分析後發現原因為資料庫不夠大。
- (4) VD 故障，蒐集的資料不能反映該日的交通狀況，導致預測誤差較大。
- (5) 在旅行時間變化較低的中部路段，兩種方法的預測結果不相上下。

本研究針對國道一號南下及北上新竹-台北、台北-新竹、新竹-台中、台中-新竹等 4 段路進行旅行時間預測，選定 2012 年 7 月 13 日、7 月 20 日、7 月 27 日等，共測試 10 個範例，並分析其旅行時間預測結果。首先將以上預測日期進行情境分類，分類結果如表 6-8

表 6-8 預測範例情境分類

編號	日期	方向	路段	情境分類
1	7 月 27 日	北上	新竹-台北	(1)
2	6 月 15 日	北上	新竹-台北	(1)
3	6 月 29 日	南下	台北-新竹	(1)
4	7 月 10 日	南下	台北-新竹	(2)
5	7 月 13 日	南下	台北-新竹	(3)
6	7 月 27 日	南下	台北-新竹	(3)
7	7 月 13 日	北上	新竹-台北	(4)
8	7 月 20 日	北上	新竹-台北	(4)
9	7 月 13 日	南下	新竹-台中	(5)
10	7 月 20 日	南下	新竹-台中	(5)
11	7 月 13 日	北上	台中-新竹	(5)
12	7 月 20 日	北上	台中-新竹	(5)

本研究以每 5 分鐘預測一次旅行時間，因此每個範例皆會產生 168 個旅行時間預測值，預測結果分別以 3 種指標來評估是否有提高旅行時間預測的準確性，分析指標分別是(1)MAPE、(2)RMSE 及(3)85%最大誤差比較，預測時難免會因隨機性產生較大誤差，在容許有較大隨機誤差情況下，將 MAPE 依照小大順序重新排列，在接受 15%的隨機誤差下，本研究比較第 85 個百分位數的 MAPE 誤差，作為兩種不同方法所會產生之最大誤差比較，評估預測結果的優劣。

案例1. 旅行時間預測案例：7月27日(北上，新竹-台北)

本案例針對國道一號北上新竹-台北路段，100公里處至23公里處，2012年7月27日上午6:00~2:00進行旅行時間預測。下圖6-2為VD與AVI於該日蒐集的旅行時間，可由圖6-2中看出，該日VD所蒐集的資料能反映真實旅行時間變化。可藉由本範例分析，VD在正常運作的情況下，結合AVI資料是否能提升旅行時間預測的準確性。

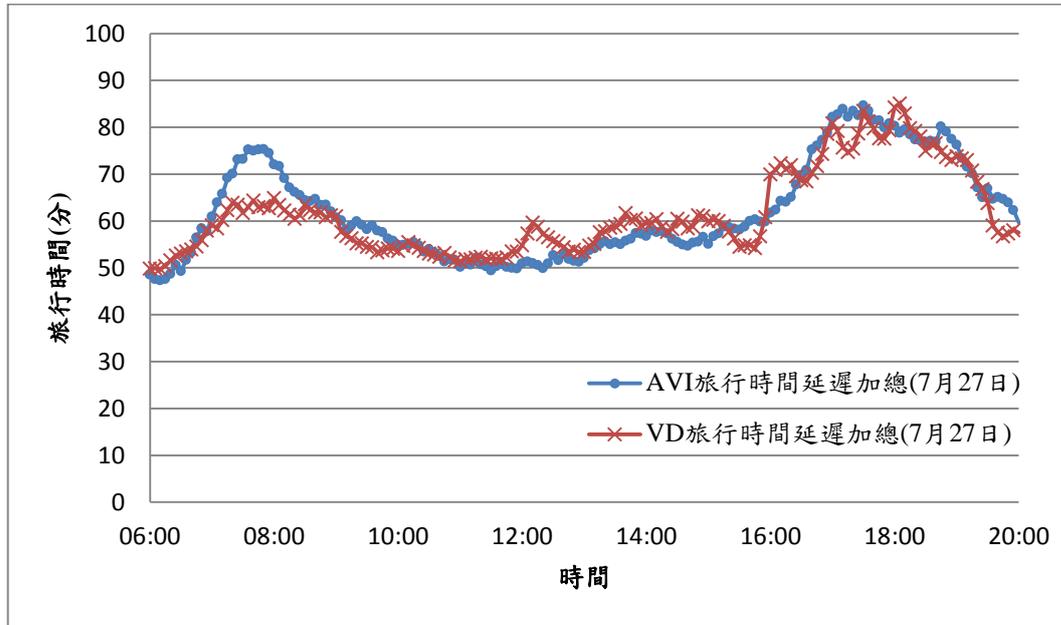


圖 6-2 新竹-台北，七月二十七日歷史旅行時間

使用本研究在6.2節校估的參數，透過k-NN法進行旅行時間預測，使用VD進行旅行預測及加入AVI進行旅行時間預測，預測結果如下圖6-3

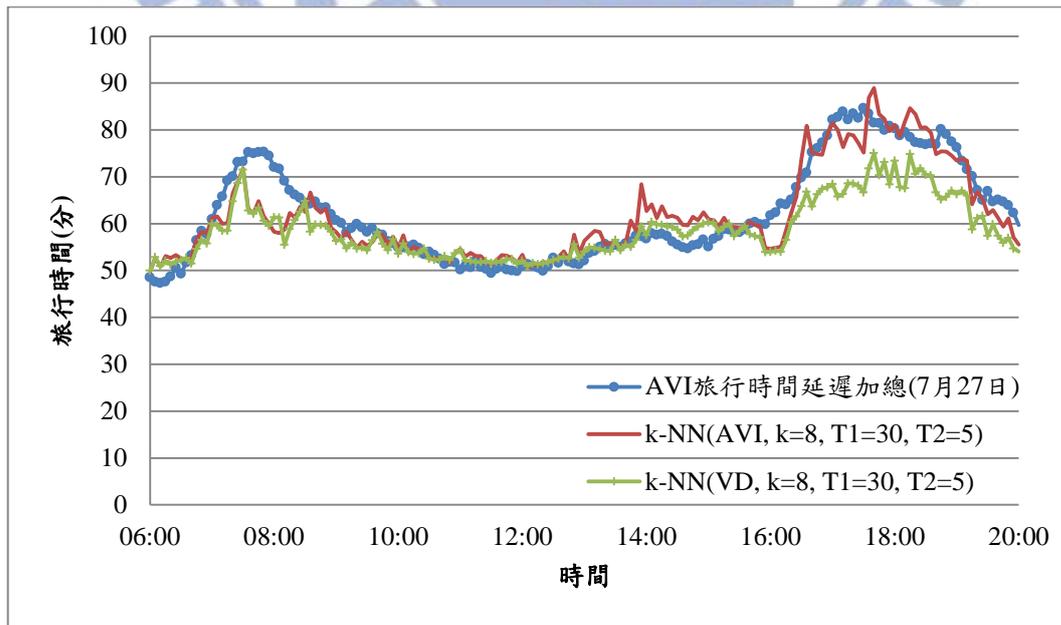


圖 6-3 新竹-台北，七月二十七日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85%最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-9 及圖 6-4。

表 6-9 新竹-台北，七月二十七日旅行時間預測結果分析

k-NN	AVI, k=8, T2=5		VD, k=8, T2=5	
	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
T1=30 分				
6:00~10:00	6.42%	5.98	7.69%	6.42
10:00~14:00	3.62%	2.74	2.42%	1.51
14:00~18:00	6.11%	5.44	9.02%	8.26
18:00~20:00	4.38%	3.64	11.09%	8.58
6:00~20:00	5.24%	4.55	7.07%	6.53

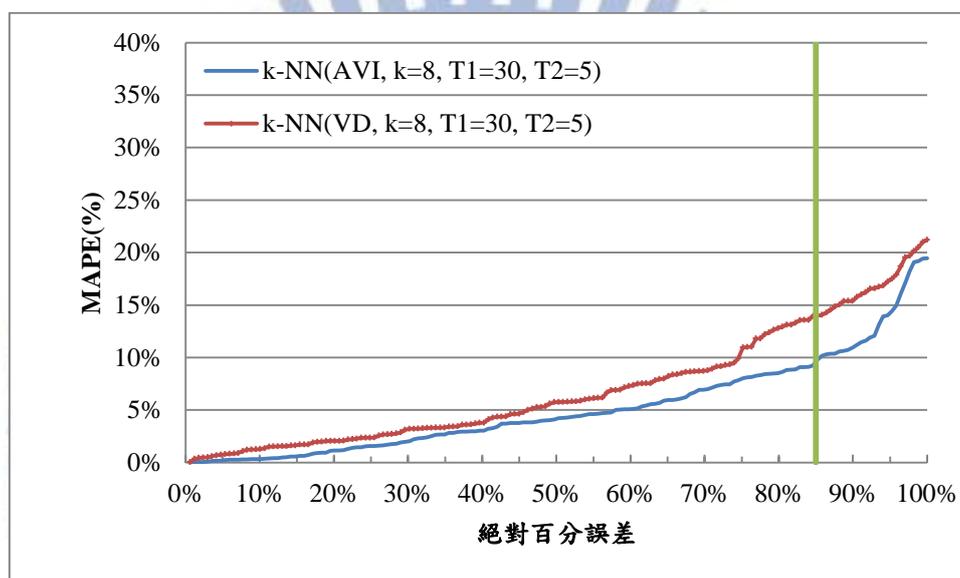


圖 6-4 新竹-台北，七月二十七日 85%絕對百分誤差

可由結果看出，VD 全天之 MAPE 為 7.07%，加入 AVI 資料後降至 5.24%，RMSE 也由 6.53 分降至 4.55 分，最大百分比誤差分析圖中可看出，加入 AVI 後，最大誤差也有明顯的降低。應此可由本案例得知，使用 AVI 資料進行旅行時間預測能提高預測的準確性。

案例2. 旅行時間預測案例：6月15日(北上，新竹-台北)

本案例針對國道一號北上新竹-台北路段，100公里處至23公里處，2012年6月15日上午6:00~2:00進行旅行時間預測。下圖6-5為VD與AVI於該日蒐集的旅行時間，可由圖中看出，該日VD所蒐集的資料能反映真實旅行時間變化。可藉由本範例分析，VD在正常運作的情況下，結合AVI資料是否能提升旅行時間預測的準確性。

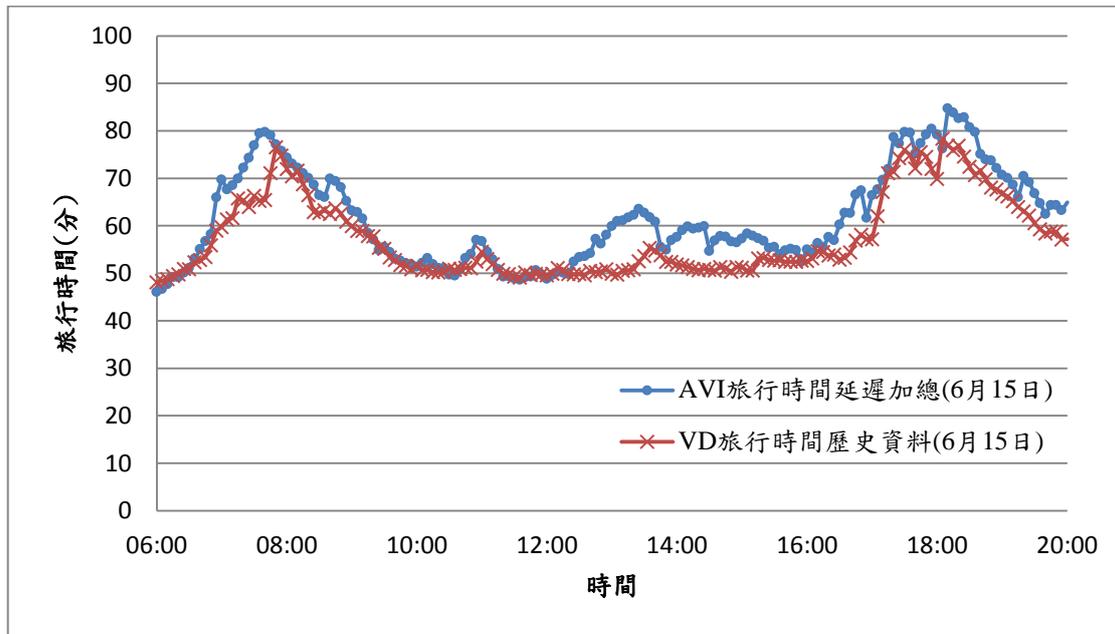


圖 6-5 新竹-台北，六月十五日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過k-NN法進行旅行時間預測，單純使用VD進行旅行預測及加入AVI進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖6-6

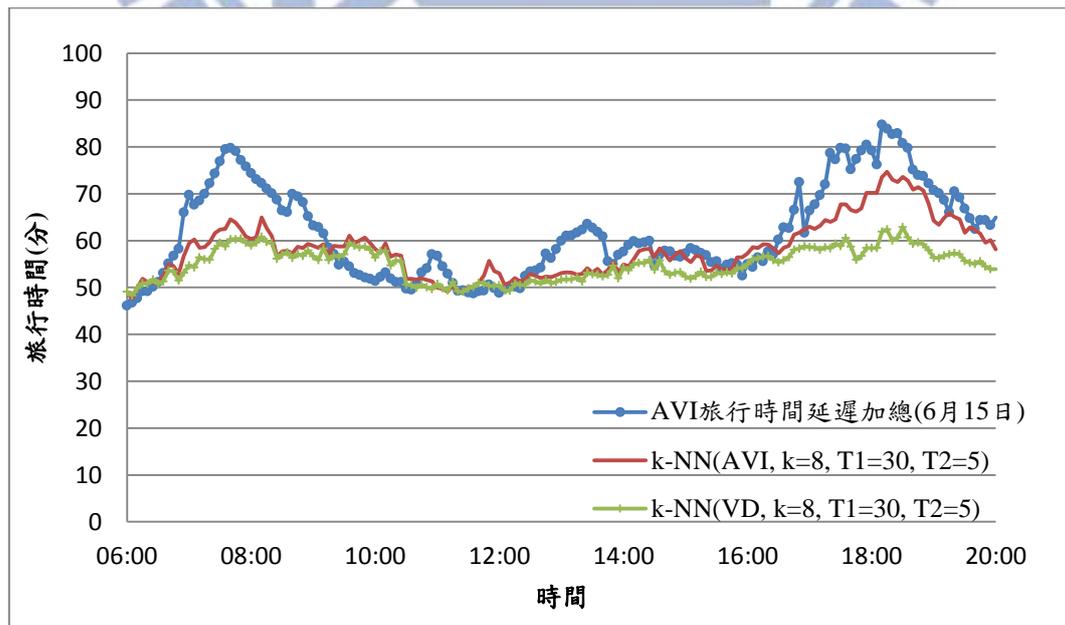


圖 6-6 新竹-台北，六月十五日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85% 最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-10 及圖 6-7。

表 6-10 新竹-台北，六月十五日旅行時間預測結果分析

k-NN T1=30 分	AVI, k=8, T2=5		VD, k=8, T2=5	
	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
6:00~10:00	11.20%	8.96	12.96%	10.66
10:00~14:00	7.15%	5.04	6.96%	5.23
14:00~18:00	6.17%	7.30	10.09%	9.65
18:00~20:00	7.28%	6.17	19.75%	15.35
6:00~20:00	8.04%	6.69	11.44%	10.06

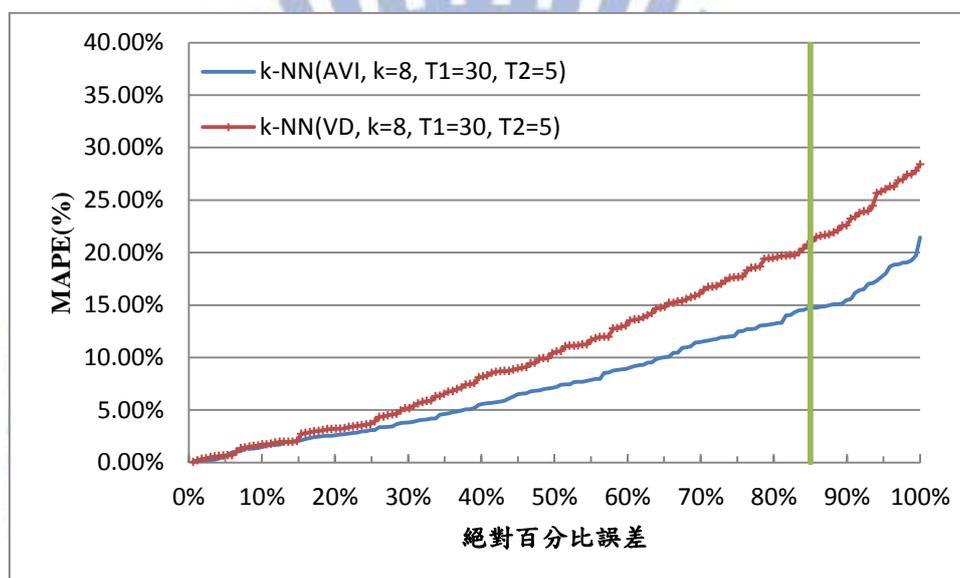


圖 6-7 新竹-台北，六月十五日 85% 絕對百分比誤差

可由結果看出，VD 全天之 MAPE 為 11.44%，加入 AVI 資料後降至 8.04%，RMSE 也由 10.06 分降至 6.69 分，最大百分比誤差分析圖中可看出，加入 AVI 後，最大誤差也有明顯的降低。應此可由本案例得知，使用 AVI 資料進行旅行時間預測能提高預測的準確性。

案例3. 旅行時間預測案例：6月29日(南下，台北-新竹)

本案例針對國道一號南下台北-新竹路段，24公里處至98公里處，2012年6月29日上午6:00~2:00進行旅行時間預測。下圖6-8為VD與AVI於該日蒐集的旅行時間，可由圖中看出，該日VD所蒐集的資料能反映真實旅行時間變化。可藉由本範例分析，VD在正常運作的情況下，結合AVI資料是否能提升旅行時間預測的準確性。

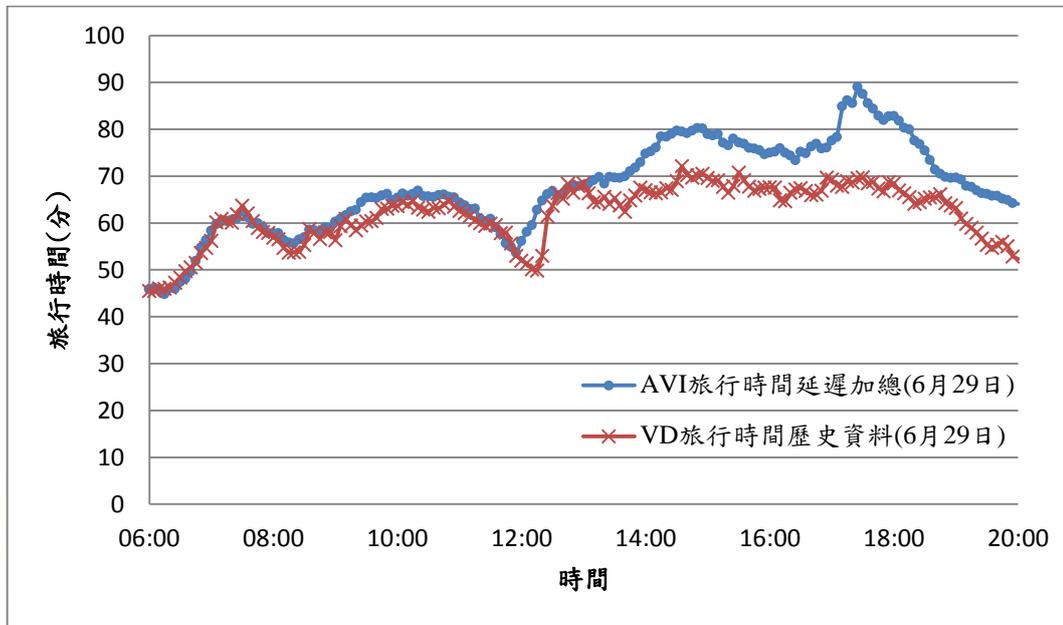


圖 6-8 台北-新竹，六月二十九日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過k-NN法進行旅行時間預測，單純使用VD進行旅行預測及加入AVI進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖6-9

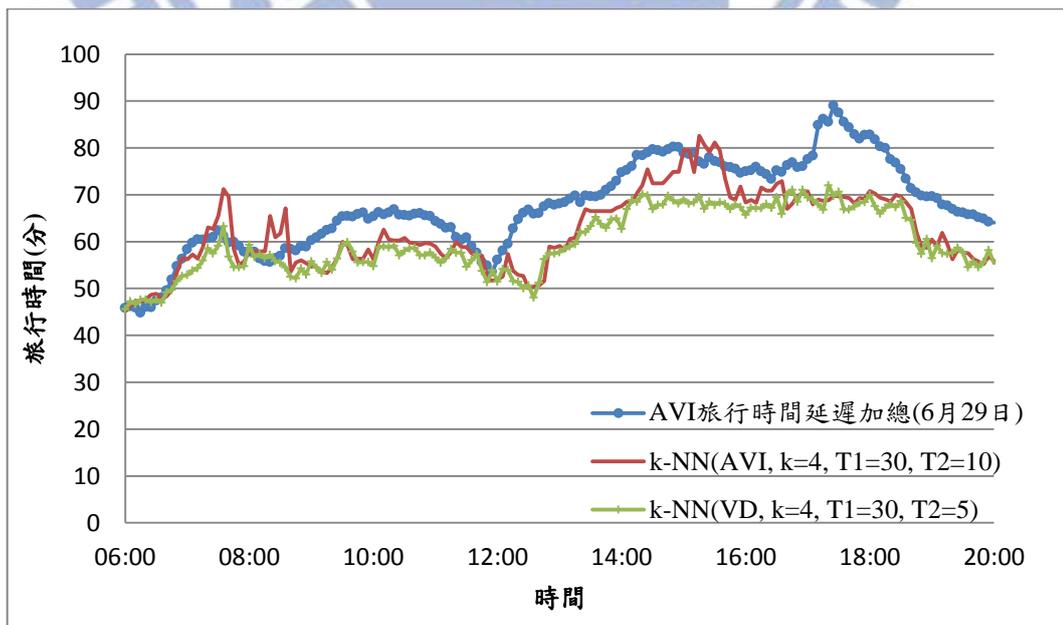


圖 6-9 台北-新竹，六月二十九日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85%最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-11 及圖 6-10。

表 6-11 台北-新竹，六月二十九日旅行時間預測結果分析

k-NN	AVI, k=4, T2=10		VD, k=4, T2=5	
T1=30 分	MAPE	RMSE(分)	T1=30 分	MAPE
6:00~10:00	6.86%	5.19	6.69%	4.93
10:00~14:00	9.66%	7.61	11.85%	8.79
14:00~18:00	7.46%	7.42	10.69%	9.15
18:00~20:00	5.84%	4.31	7.69%	5.58
6:00~20:00	7.68%	6.28	9.44%	7.53

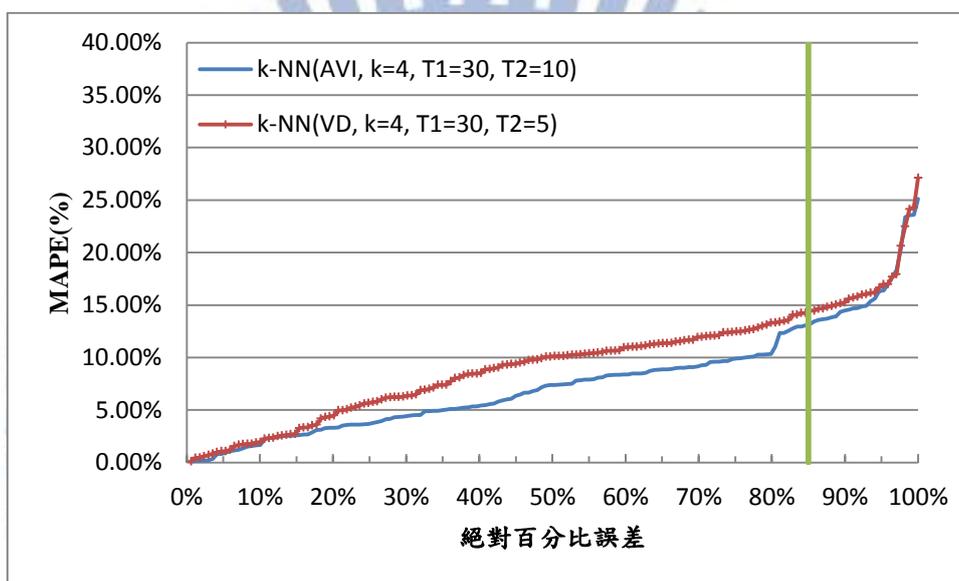


圖 6-10 台北-新竹，六月二十九日絕對百分比誤差

可由結果看出，VD 全天之 MAPE 為 9.44%，加入 AVI 資料後降至 7.68%，RMSE 也由 7.53 分降至 6.28 分。最大百分比誤差分析圖中可看出，加入 AVI 後，誤差也下降。應此可由本案例得知，使用 AVI 資料進行旅行時間預測能提高預測的準確性。但在 18:00~20:00 的旅行時間預測仍不理想，其原因為本研究的預測模型受到 VD 限制，若 VD 即時資料無法反映真實交通狀況，加入 AVI 資料後改善的成效有限。

#### 案例4. 旅行時間預測案例：7月20日(南下，台北-新竹)

本案例針對國道一號南下台北-新竹路段，24公里處至98公里處，2012年6月29日上午6:00~2:00進行旅行時間預測。下圖6-11為VD與AVI於該日蒐集的旅行時間，可由圖中看出，該日VD所蒐集的資料能反映真實旅行時間變化。可藉由本範例分析，VD在正常運作的情況下，結合AVI資料是否能提升旅行時間預測的準確性。

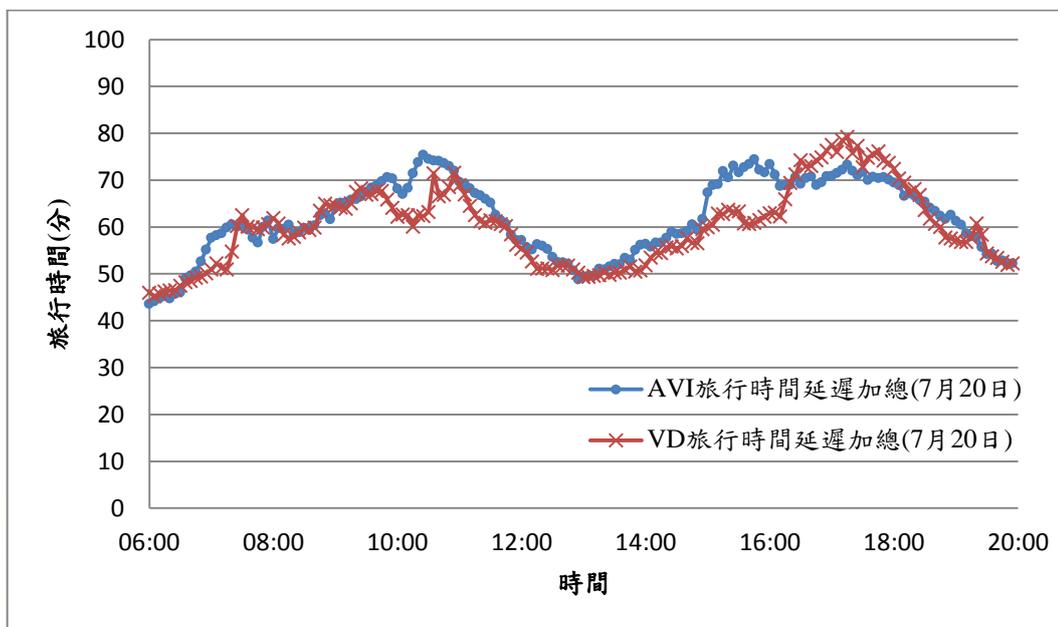


圖 6-11 台北-新竹，七月二十日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過k-NN法進行旅行時間預測，單純使用VD進行旅行預測及加入AVI進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖6-12

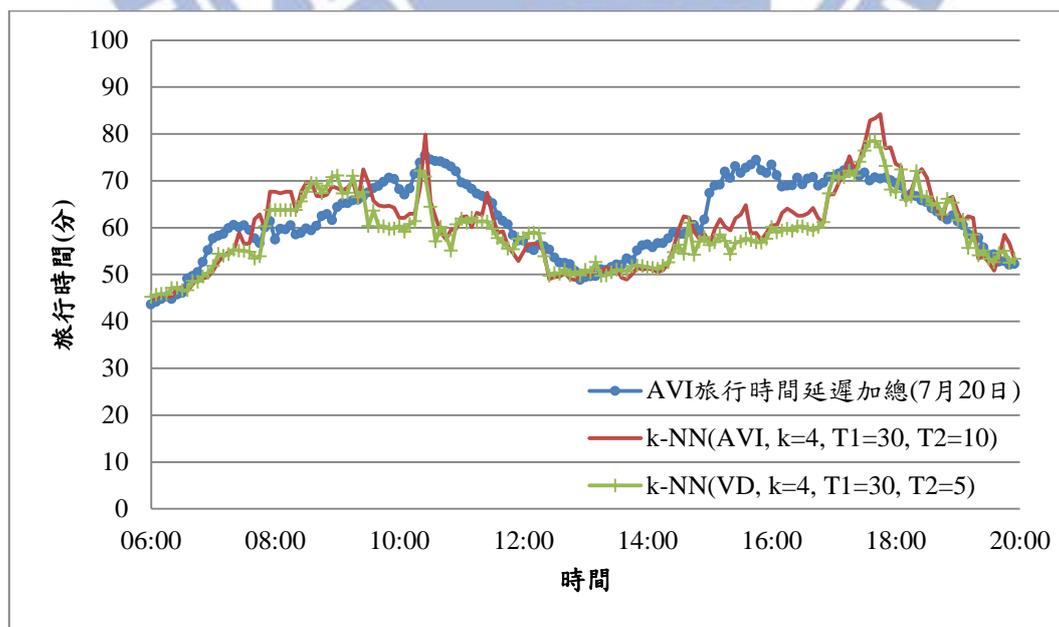


圖 6-12 台北-新竹，七月二十日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85%最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-12 及圖 6-13。

表 6-12 台北-新竹，七月二十日旅行時間預測結果分析

k-NN	AVI, k=4, T2=10		VD, k=4, T2=5	
T1=30 分	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
6:00~10:00	8.18%	7.24	8.55%	8.57
10:00~14:00	10.32%	10.22	11.06%	11.16
14:00~18:00	7.51%	9.07	9.22%	6.44
18:00~20:00	10.88%	9.54	11.57%	10.03
6:00~20:00	9.00%	8.13	9.90%	8.95

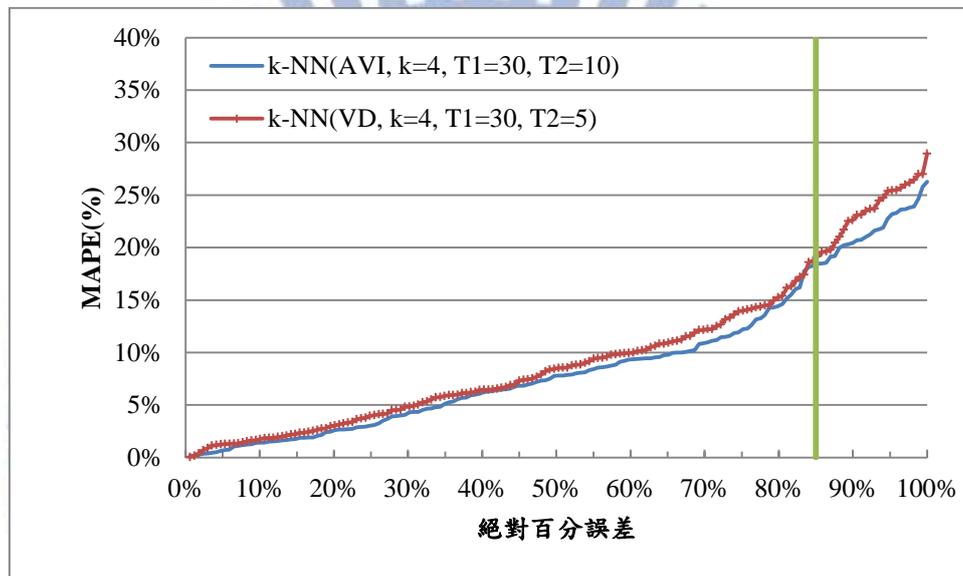


圖 6-13 台北-新竹，七月二十日 85%絕對百分誤差

可由結果看出，VD 全天之 MAPE 為 9.90%，加入 AVI 資料後降至 9.00%，RMSE 也由 8.95 分降至 8.13 分。最大百分比誤差分析圖中可看出，加入 AVI 後，誤差沒有明顯改變。即使僅使用 VD 資料預測已經有相當高的準確性，加入 AVI 資料後預測仍優於其結果，由此案例可以再次證明，加入 AVI 資料能夠提升準確性。

案例5. 旅行時間預測案例：7月13日(南下，台北-新竹)

本範例針對國道一號台北-新竹路段，24公里處至98公里處，2012年7月13日上午6:00~2:00進行旅行時間預測，並針對預測之準確性進行分析，下圖6-14為VD於該日蒐集得旅行時間歷史資料，可由圖中看出，VD所蒐集之旅行時間歷史資料，與該日評估指標差異較小，可藉由本範例分析，當VD蒐集的資料品質較佳時，加入AVI資料是否能提高預測之準確性。

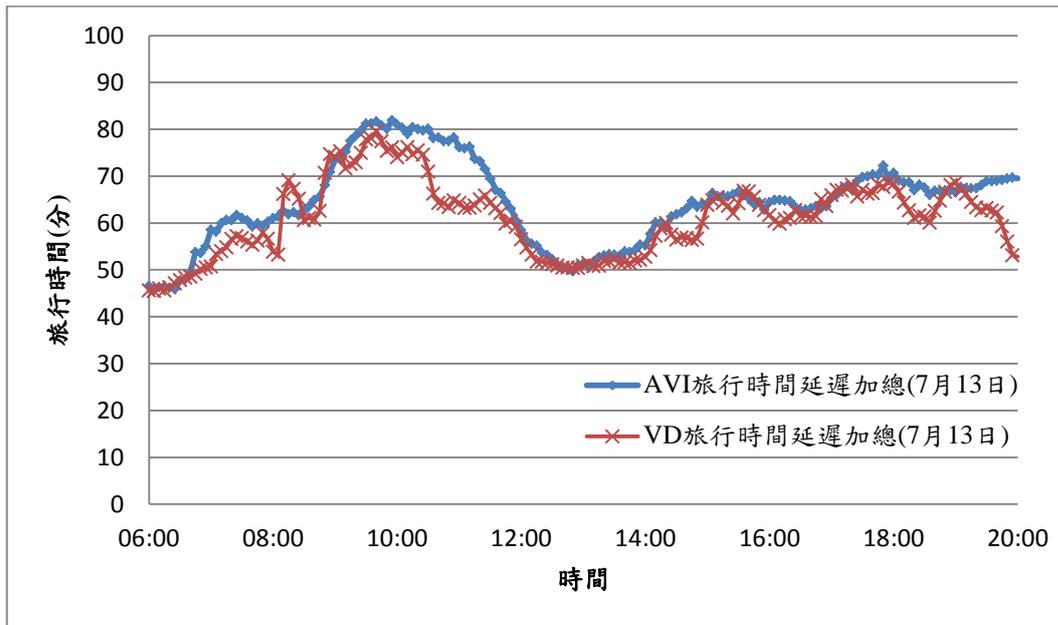


圖 6-14 新竹-台北，七月十三日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過k-NN法進行旅行時間預測，單純使用VD進行旅行預測及加入AVI進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖6-15

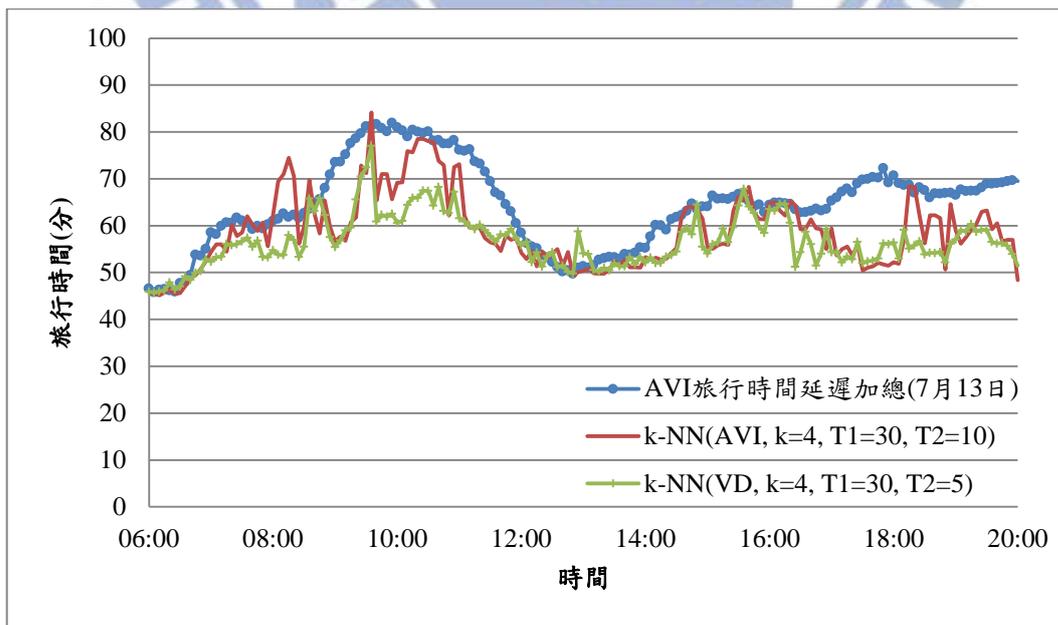


圖 6-15 新竹-台北，七月十三日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85%最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-13 及圖 6-16。

表 6-13 新竹-台北，七月十三日旅行時間預測結果分析

k-NN	AVI, k=4, T2=10		VD, k=4, T2=5	
	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
T1=30 分				
6:00~10:00	8.49%	8.05	9.85%	9.07
10:00~14:00	7.48%	7.39	10.11%	9.91
14:00~18:00	10.14%	11.90	11.99%	9.41
18:00~20:00	13.53%	10.66	17.58%	12.28
6:00~20:00	9.42%	8.52	11.68%	9.82

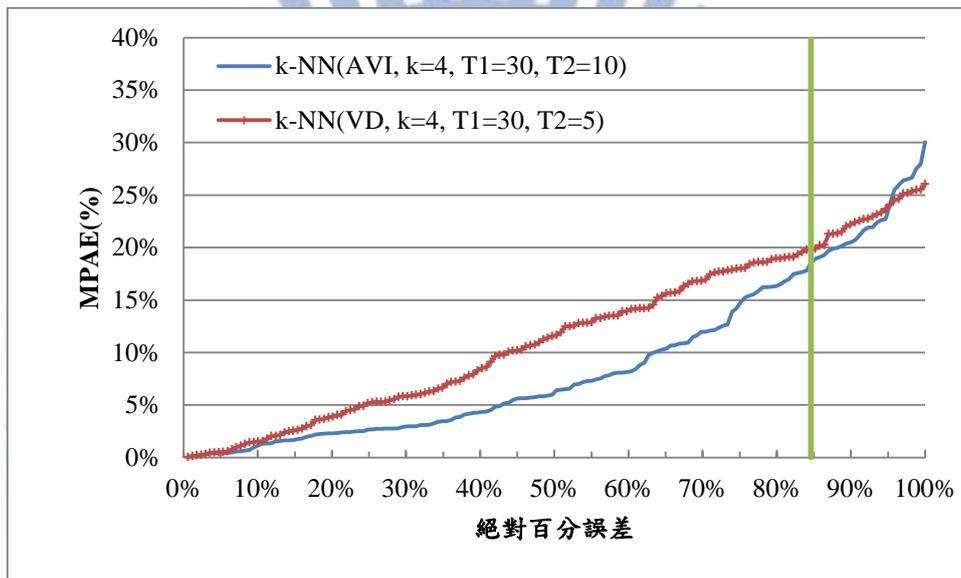


圖 6-16 新竹-台北，七月十三日 85%絕對百分誤差

可由結果看出，VD 全天之 MAPE 為 11.68%，加入 AVI 資料後降至 9.42%，RMSE 也由 9.82 分降至 8.52 分。最大百分比誤差分析圖中可看出，加入 AVI 後，誤差也下降。但在 8:00~12:00、14:00~20:00 的旅行時間預測仍不理想，該日旅交通狀況較特殊，歷史資料庫中無法找到相符的資料，因此導致旅行時間預測結果改善成效有限。VD 及 VD+AVI 旅行時間歷史資料分布情況放置於附錄 1、2。

案例6. 旅行時間預測案例：7月27日(南下，台北-新竹)

本範例針對國道一號台北-新竹路段，24公里處至98公里處，2012年7月27日上午6:00~2:00進行旅行時間預測，並針對預測之準確性進行分析，下圖6-17為VD於該日蒐集得旅行時間歷史資料，可由圖中看出，VD所蒐集之旅行時間歷史資料，與該日評估指標差異較小，可藉由本範例分析，當VD蒐集的資料品質較佳時，加入AVI資料是否能提高預測之準確性。

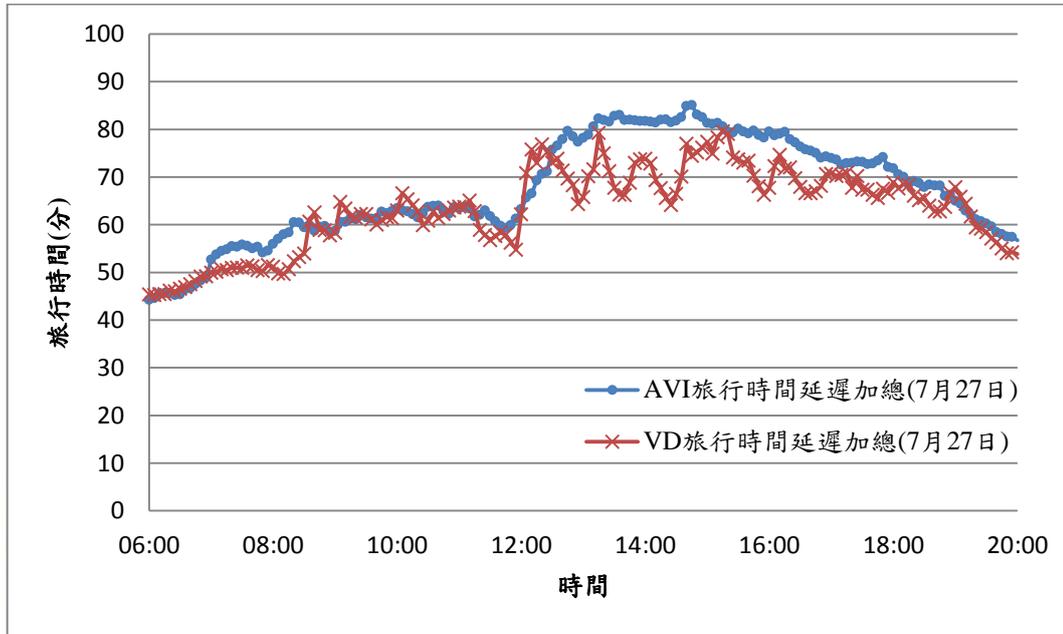


圖 6-17 台北-新竹，七月二十七日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過k-NN法進行旅行時間預測，單純使用VD進行旅行預測及加入AVI進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖6-18

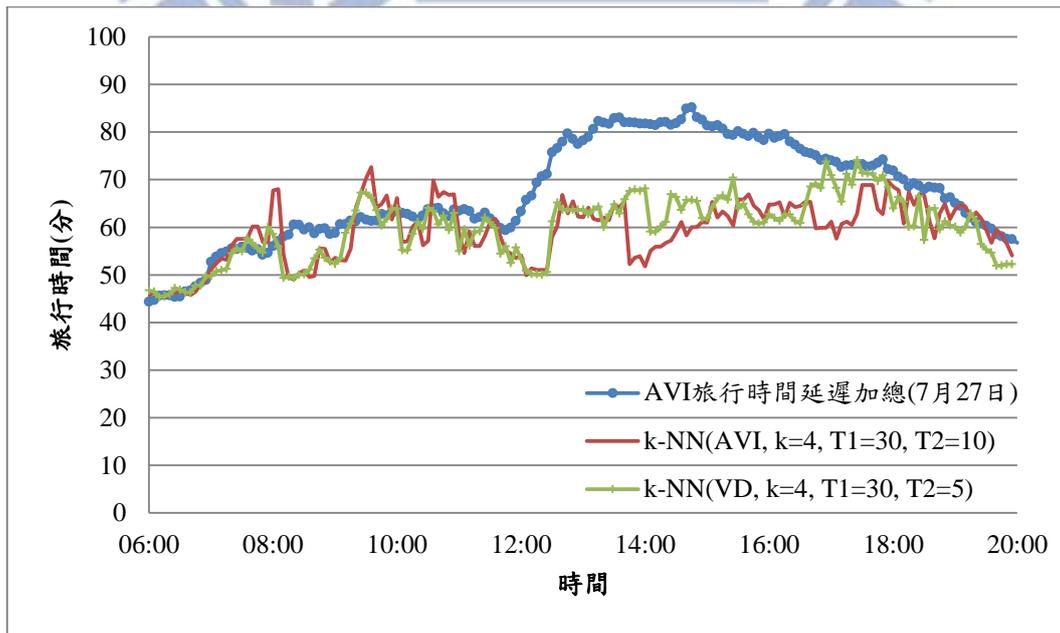


圖 6-18 台北-新竹，七月二十七日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85% 最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-14 及圖 6-19。

表 6-14 台北-新竹，七月二十七日旅行時間預測結果分析

k-NN	AVI, k=4, T2=10		VD, k=4, T2=5	
	T1=30 分	MAPE	RMSE(分)	MAPE
6:00~10:00	6.85%	5.25	5.71%	4.50
10:00~14:00	15.16%	13.68	13.29%	12.06
14:00~18:00	21.49%	17.99	15.67%	14.28
18:00~20:00	3.88%	3.35	8.19%	5.79
6:00~20:00	12.93%	12.36	11.06%	10.49

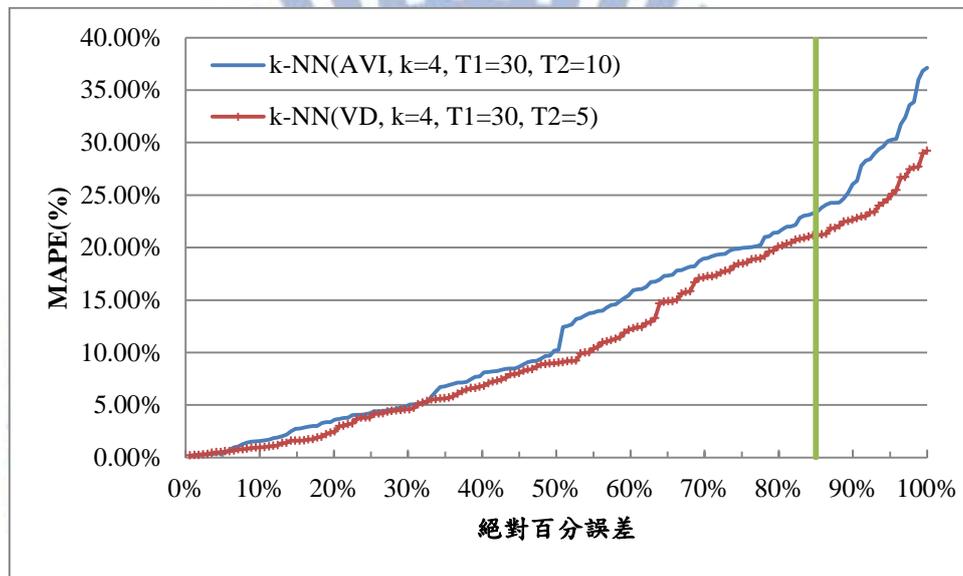


圖 6-19 台北-新竹，七月二十七日 85% 絕對百分誤差

可由結果看出。12:00~17:00 兩種預測方法皆不理想。經分析後得知，該日旅交通狀況較特殊，歷史資料庫中無法找到相符的資料，因此導致旅行時間預測結果有限。VD 及 VD+AVI 旅行時間歷史資料分布情況放置於附錄 1、2。

案例7. 旅行時間預測案例：7月13日(北上，新竹-台北)

本範例針對國道一號北上新竹-台北路段，100公里處至23公里處，2012年7月13日上午6:00~2:00進行旅行時間預測，並針對預測之準確性進行分析，下圖6-20為VD於該日蒐集得旅行時間歷史資料，可由圖中看出，VD所蒐集之旅行時間歷史資料，與該日評估指標差異相當大，可藉由本範例分析，當VD蒐集的資料品質較差時，加入AVI資料是否能提高預測之準確性。

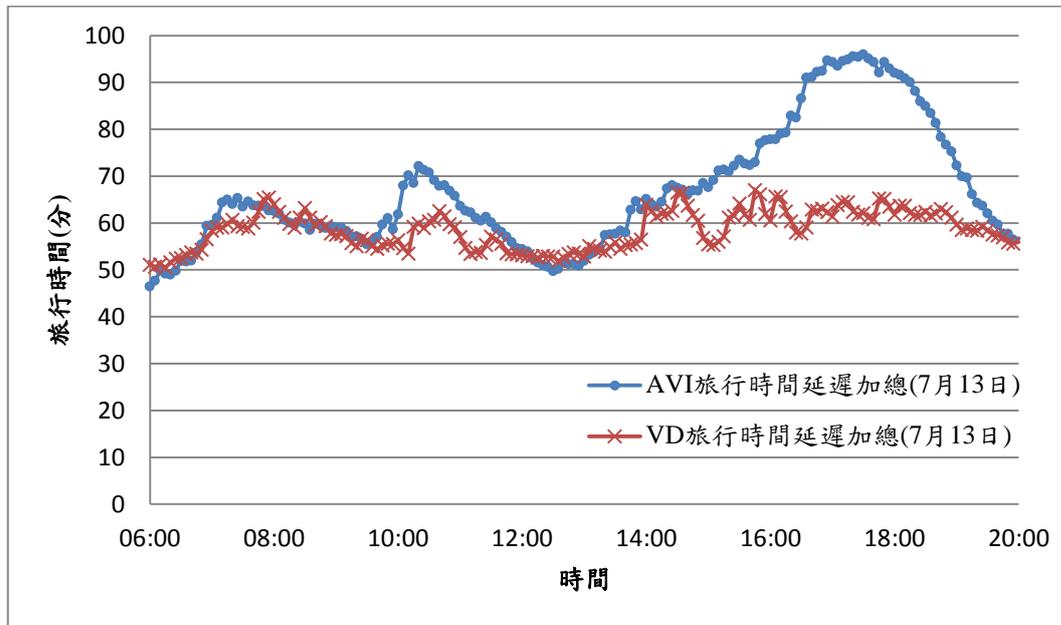


圖 6-20 台北-新竹，七月十三日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過k-NN法進行旅行時間預測，單純使用VD進行旅行預測及加入AVI進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖6-21

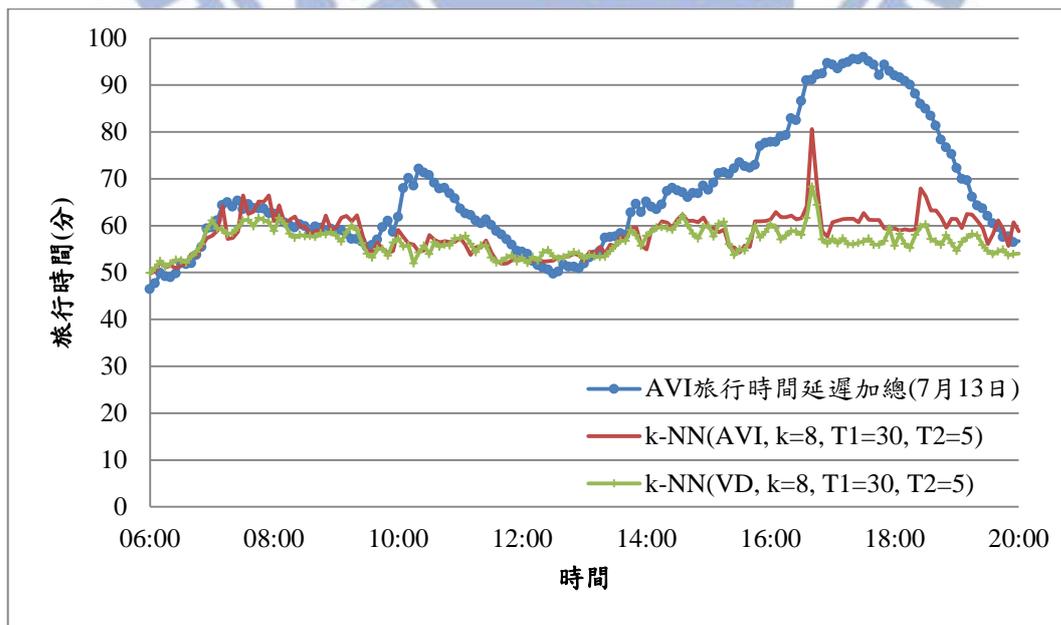


圖 6-21 台北-新竹，七月十三日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85%最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-15 及圖 6-22。

表 6-15 台北-新竹，七月十三日旅行時間預測結果分析

k-NN	AVI, k=8, T2=5		VD, k=8, T2=5	
T1=30 分	MAPE	RMSE(分)	T1=30 分	MAPE
6:00~10:00	3.75%	2.93	3.95%	2.87
10:00~14:00	8.37%	7.05	9.14%	7.56
14:00~18:00	22.45%	25.22	25.10%	24.55
18:00~20:00	16.64%	17.32	21.38%	20.54
6:00~20:00	12.28%	14.04	14.01%	15.88

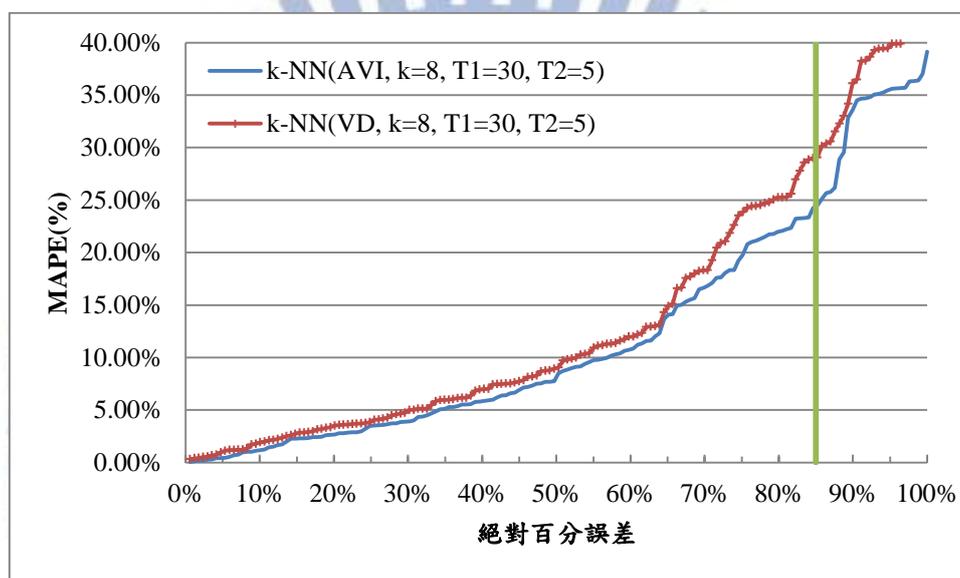


圖 6-22 台北-新竹，七月十三日 85%絕對百分誤差

可由結果看出，旅行時間預測兩種方法皆不理想，由於 VD 蒐集的即時資料與真實交通狀況差異過大。經查明原因後，該日國道 61km~80km 的 VD 發生故障，連續 13 座無資料傳回，即時資料無法反映真實交通狀況，導致預測失準。

案例8. 旅行時間預測案例：7月20日(北上，新竹-台北)

本範例針對國道一號北上新竹-台北路段，100公里處至23公里處，2012年7月20日上午6:00~2:00進行旅行時間預測，並針對預測之準確性進行分析，下圖6-23為VD於該日蒐集得旅行時間歷史資料，可由圖中看出，VD所蒐集之旅行時間歷史資料，與該日評估指標差異相當大，可藉由本範例分析，當VD蒐集的資料品質較差時，加入AVI資料是否能提高預測之準確性。

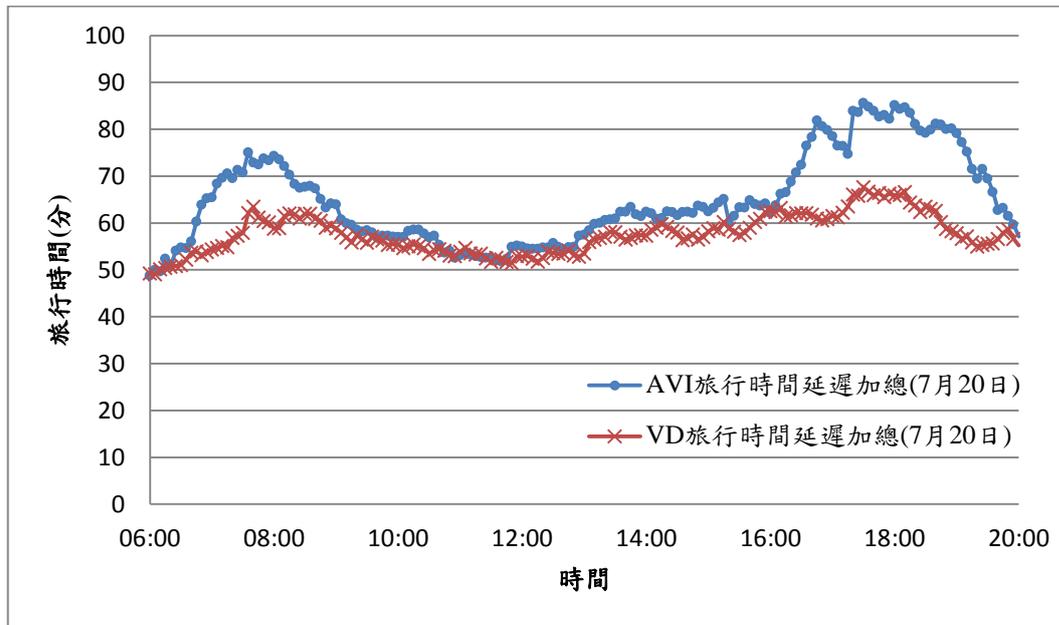


圖 6-23 台北-新竹，七月二十日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過k-NN法進行旅行時間預測，單純使用VD進行旅行預測及加入AVI進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖6-24

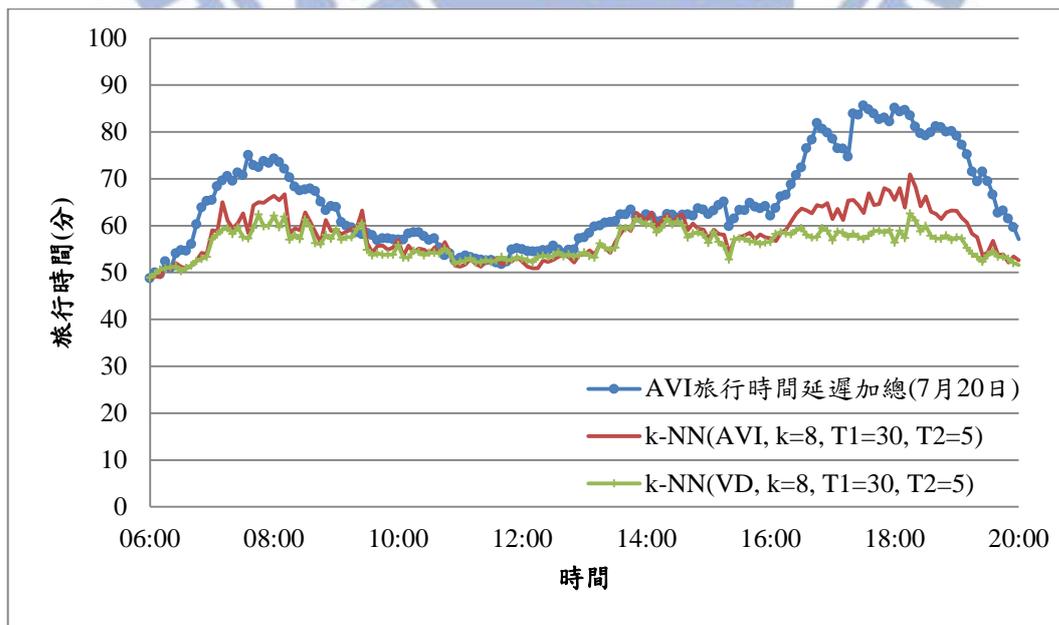


圖 6-24 台北-新竹，七月二十日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85%最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-16 及圖 6-25。

表 6-16 台北-新竹，七月二十日旅行時間預測結果分析

k-NN	AVI, k=8, T2=5		VD, k=8, T2=5	
T1=30 分	MAPE	RMSE(分)	T1=30 分	MAPE
6:00~10:00	8.41%	6.80	10.78%	8.61
10:00~14:00	4.23%	2.92	3.85%	2.88
14:00~18:00	11.67%	15.13	15.57%	14.56
18:00~20:00	18.58%	14.71	24.06%	19.46
6:00~20:00	9.65%	8.98	12.14%	11.81

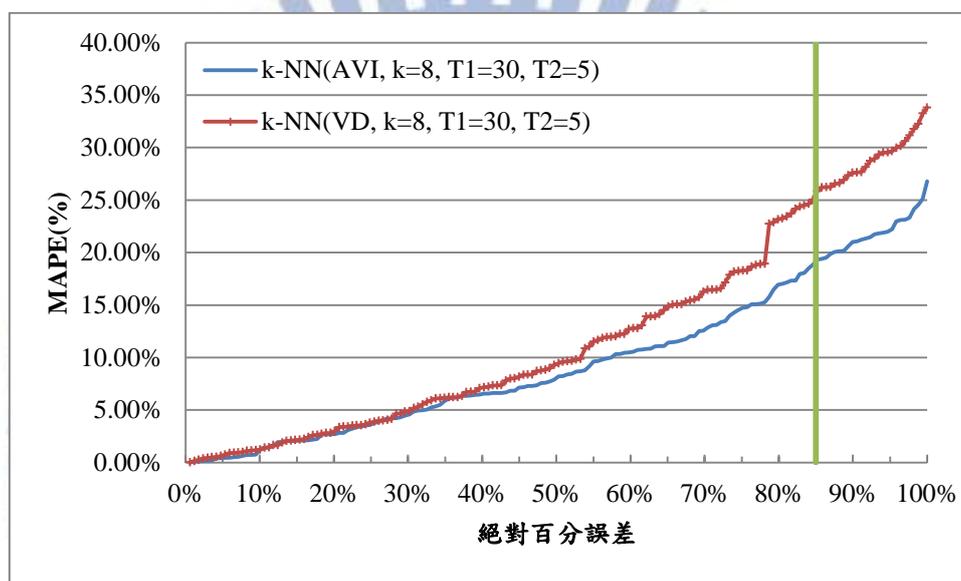


圖 6-25 台北-新竹，七月二十日 85%絕對百分誤差

可由結果看出，旅行時間預測兩種方法皆不理想，由於 VD 蒐集的即時資料與真實交通狀況差異過大。經查明原因後，該日國道 63km~70km 的 VD 發生故障，連續 6 座無資料傳回，即時資料無法反映真實交通狀況，導致預測失準。

案例9. 旅行時間預測範例：7月13日(南下，新竹-台中)

本範例針對國道一號南下新竹-台中路段，177公里處至98公里處，2012年7月13日上午6:00~2:00進行旅行時間預測，並針對預測之準確性進行分析，下圖6-26為VD於該日蒐集得旅行時間歷史資料，可由圖中看出，VD所蒐集之旅行時間歷史資料，與該日評估指標差異相當大，可藉由本範例分析，當VD蒐集的資料品質較差時，加入AVI資料是否能提高預測之準確性。

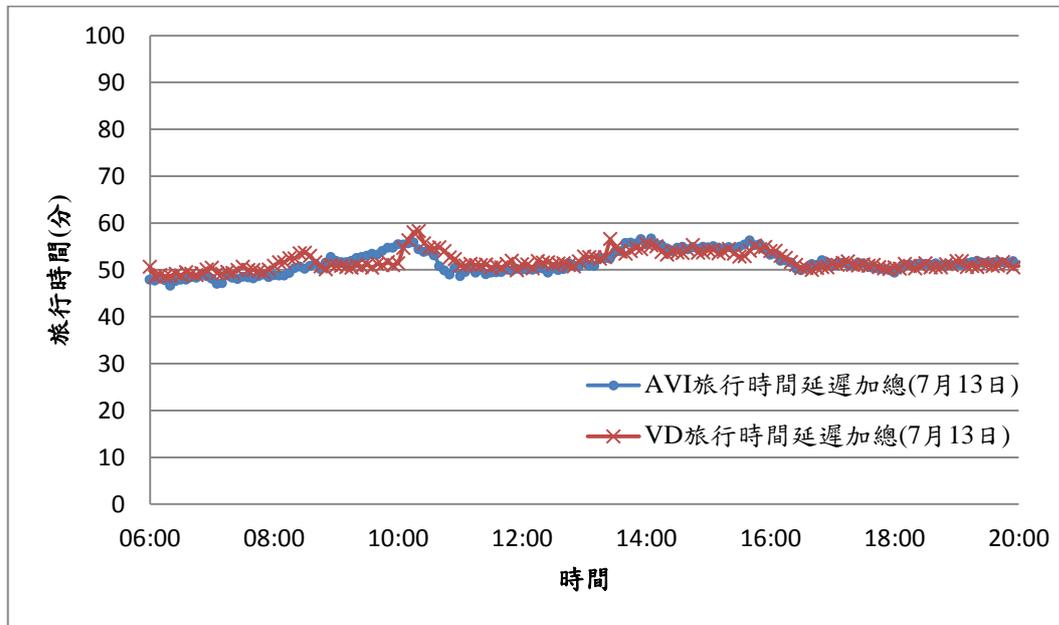


圖 6-26 新竹-台中，七月十三日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過k-NN法進行旅行時間預測，單純使用VD進行旅行預測及加入AVI進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖6-27

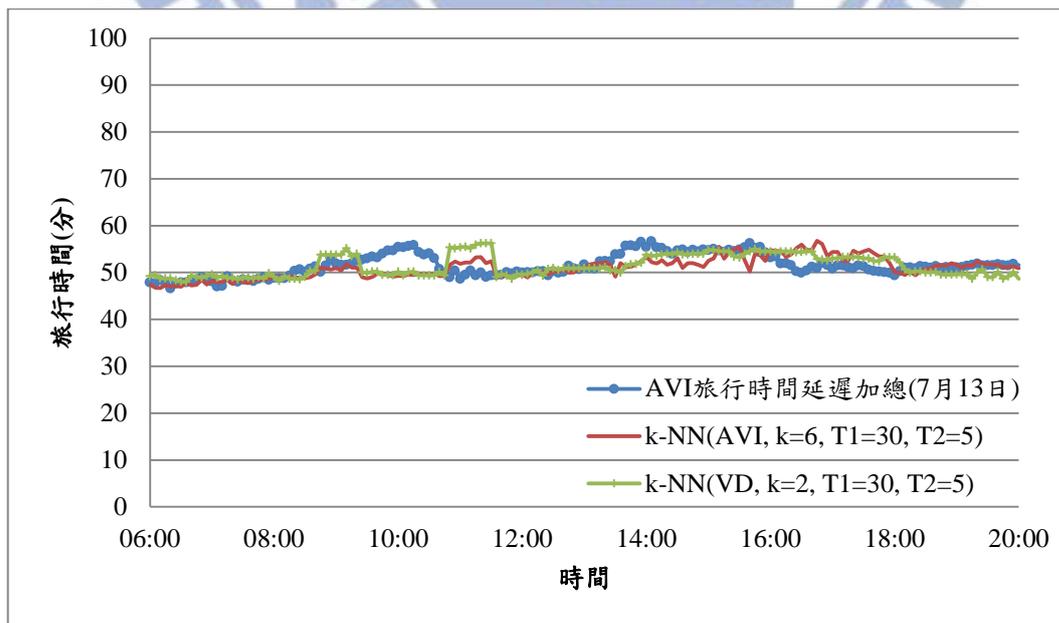


圖 6-27 新竹-台中，七月十三日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85%最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-17 及圖 6-28。

表 6-17 新竹-台中，七月十三日旅行時間預測結果分析

k-NN	AVI, k=6, T2=10		VD, k=2, T2=5	
	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
T1=30 分				
6:00~10:00	2.55%	1.92	3.00%	2.01
10:00~14:00	4.14%	3.04	5.43%	3.80
14:00~18:00	5.19%	3.10	3.10%	1.98
18:00~20:00	1.02%	0.65	3.41%	1.93
6:00~20:00	3.53%	2.50	3.78%	2.60

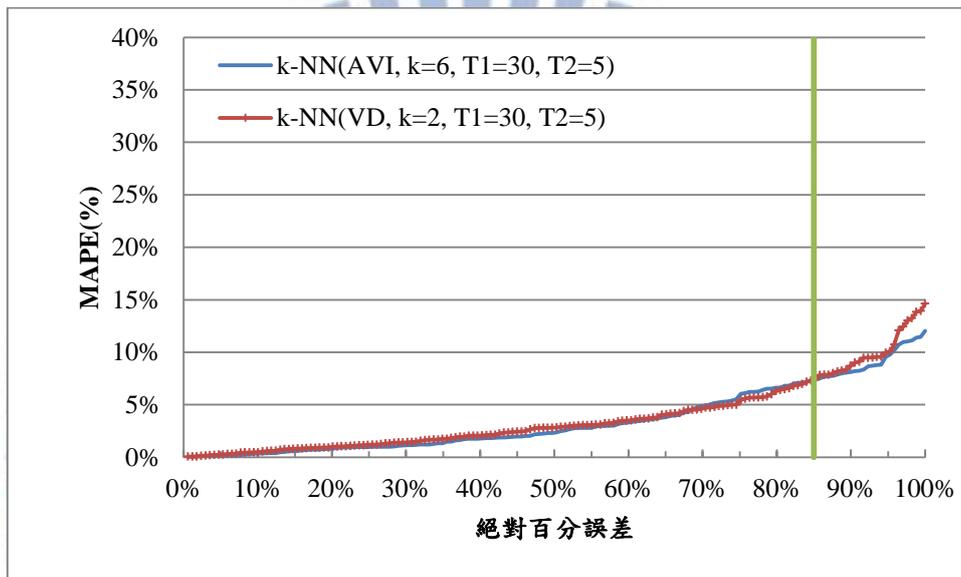


圖 6-28 新竹-台中，七月十三日 85%絕對百分誤差

案例10. 旅行時間預測範例：7月20日(南下，新竹-台中)

本範例針對國道一號南下新竹-台中路段，177公里處至98公里處，2012年7月20日上午6:00~2:00進行旅行時間預測，並針對預測之準確性進行分析，下圖6-29為VD於該日蒐集得旅行時間歷史資料，可由圖中看出，VD所蒐集之旅行時間歷史資料，與該日評估指標差異相當大，可藉由本範例分析，當VD蒐集的資料品質較差時，加入AVI資料是否能提高預測之準確性。

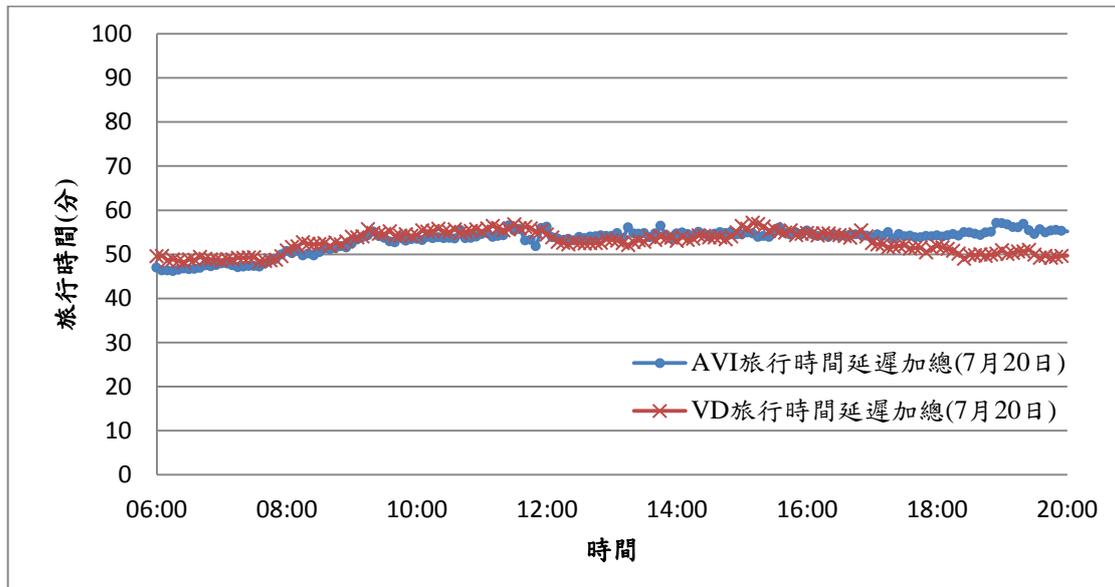


圖 6-29 新竹-台中，七月二十日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過k-NN法進行旅行時間預測，單純使用VD進行旅行預測及加入AVI進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖6-30

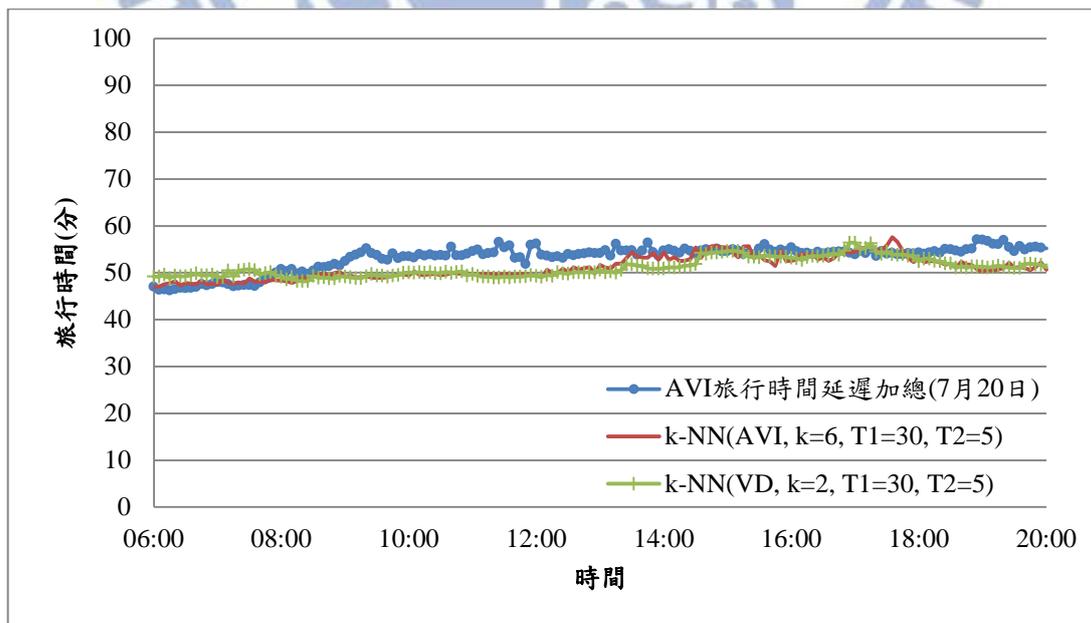


圖 6-30 新竹-台中，七月二十日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85% 最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-18 及圖 6-31。

表 6-18 新竹-台中，七月二十日旅行時間預測結果分析

k-NN	AVI, k=6, T2=5		VD, k=2, T2=5	
	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
T1=30 分				
6:00~10:00	3.60%	2.37	3.74%	2.19
10:00~14:00	7.78%	4.48	6.12%	3.54
14:00~18:00	3.24%	3.66	3.85%	2.34
18:00~20:00	6.82%	4.20	8.18%	4.94
6:00~20:00	5.16%	3.32	5.10%	3.16

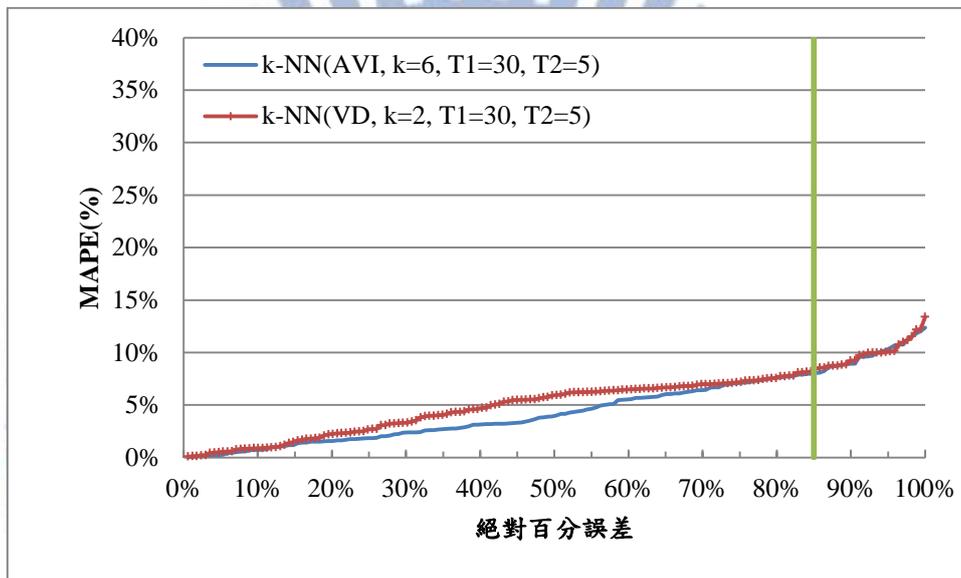


圖 6-31 新竹-台中，七月二十日 85% 絕對百分誤差

案例11. 旅行時間預測範例：7月13日(北上，台中-新竹)

本範例針對國道一號北上新竹-台中路段，179 公里處至 100 公里處，2012 年 7 月 13 日上午 6:00~2:00 進行旅行時間預測，並針對預測之準確性進行分析，下圖 6-32 為 VD 於該日蒐集得旅行時間歷史資料，可由圖中看出，VD 所蒐集之旅行時間歷史資料，與該日評估指標差異相當大，可藉由本範例分析，當 VD 蒐集的資料品質較差時，加入 AVI 資料是否能提高預測之準確性。

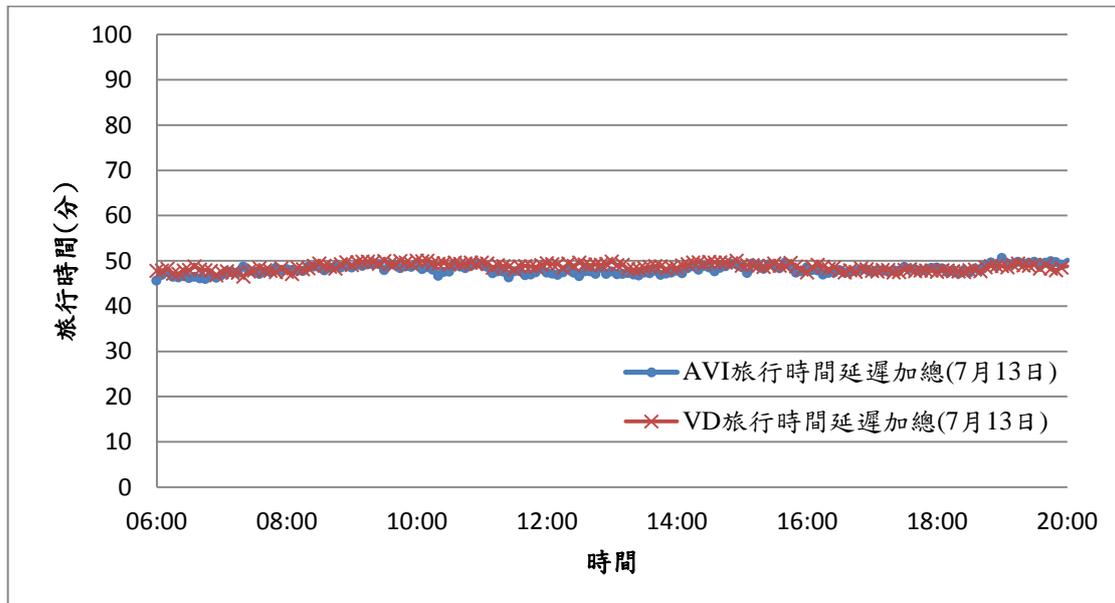


圖 6-32 台中-新竹，七月十三日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過 k-NN 法進行旅行時間預測，單純使用 VD 進行旅行預測及加入 AVI 進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖 6-33

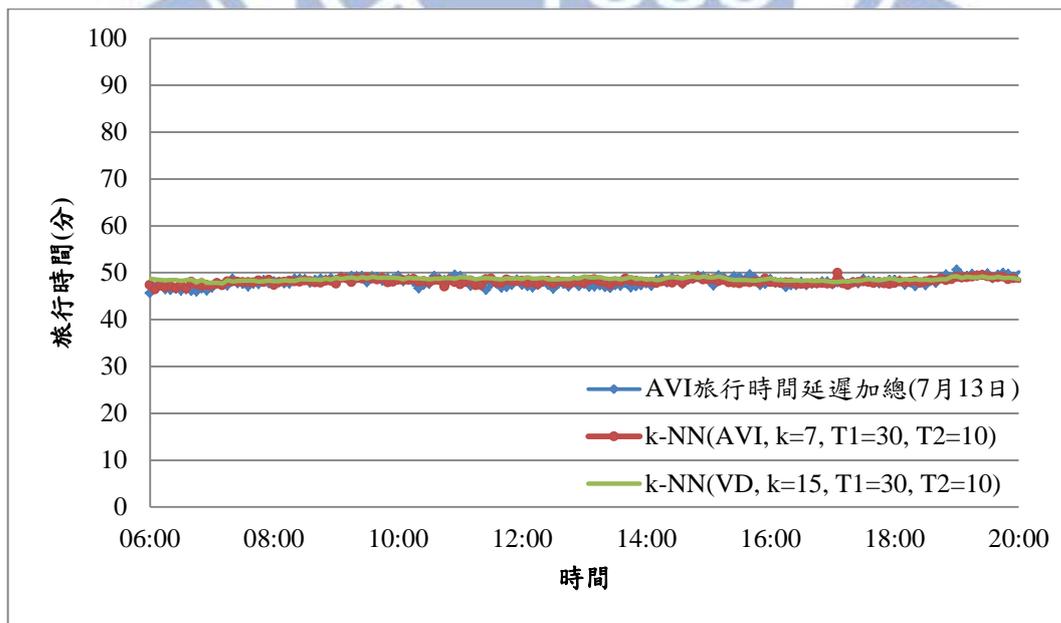


圖 6-33 台中-新竹，七月十三日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85% 最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-19 及圖 6-34。

表 6-19 台中-新竹，七月十三日旅行時間預測結果分析

k-NN T1=30 分	AVI, k=7, T2=10		VD, k=15, T2=10	
	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
6:00~10:00	1.28%	0.73	1.46%	0.94
10:00~14:00	1.38%	0.89	2.46%	1.30
14:00~18:00	1.36%	0.91	1.04%	0.64
18:00~20:00	1.14%	0.67	1.21%	0.72
6:00~20:00	1.31%	0.78	1.58%	0.96

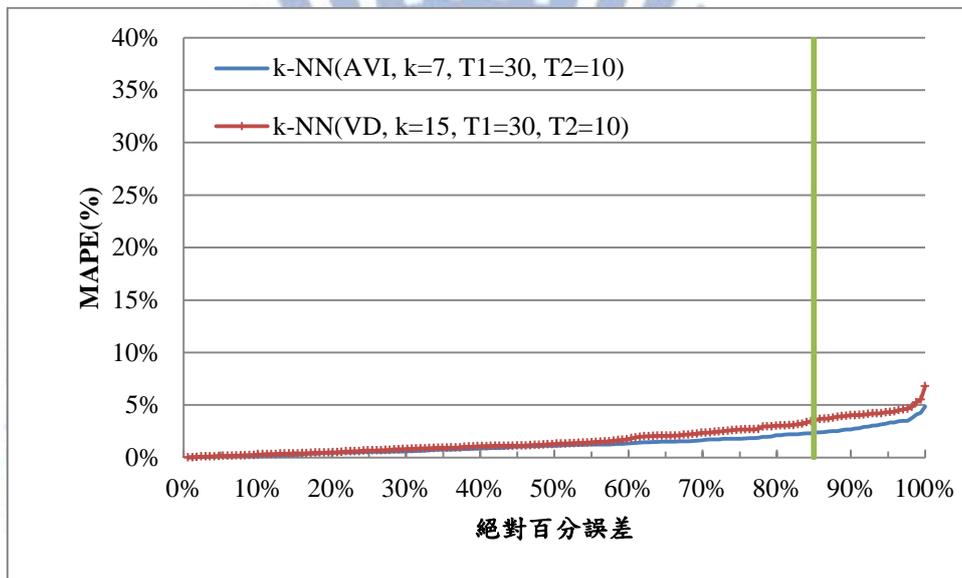


圖 6-34 台中-新竹，七月十三日 85% 絕對百分誤差

案例12. 旅行時間預測範例：7月20日(北上，台中-新竹)

本範例針對國道一號北上新竹-台中路段，179 公里處至 100 公里處，2012 年 7 月 20 日上午 6:00~2:00 進行旅行時間預測，並針對預測之準確性進行分析，下圖 6-35 為 VD 於該日蒐集得旅行時間歷史資料，可由圖中看出，VD 所蒐集之旅行時間歷史資料，與該日評估指標差異相當大，可藉由本範例分析，當 VD 蒐集的資料品質較差時，加入 AVI 資料是否能提高預測之準確性。

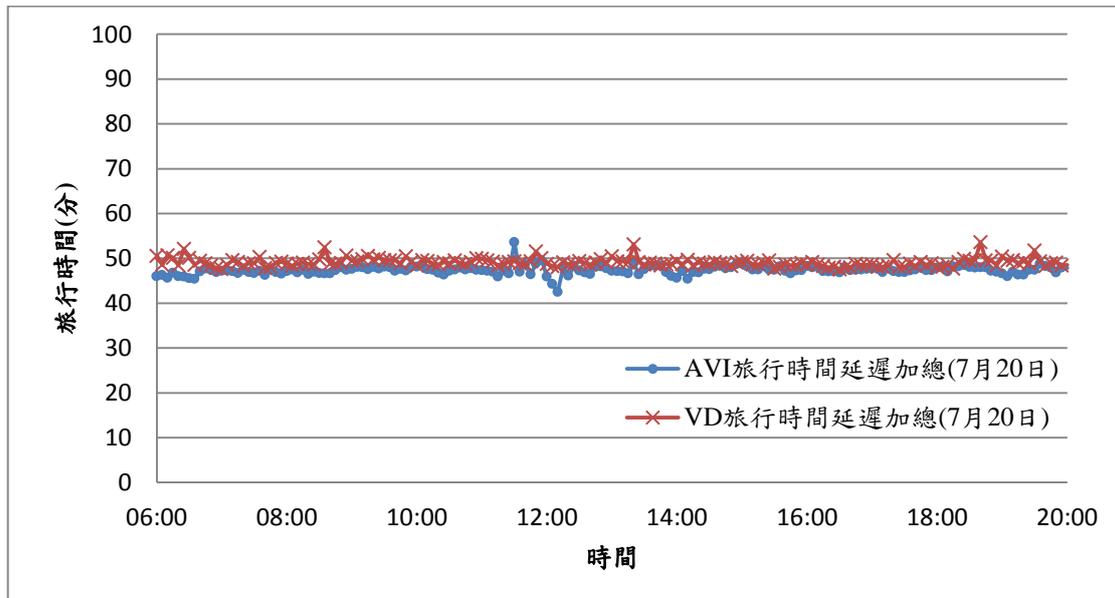


圖 6-35 台中-新竹，七月二十日歷史旅行時間

使用本研究所校估之參數，透過 k-NN 法進行旅行時間預測，單純使用 VD 進行旅行預測及加入 AVI 進行旅行時間預測所產生之預測結果如下圖 6-36

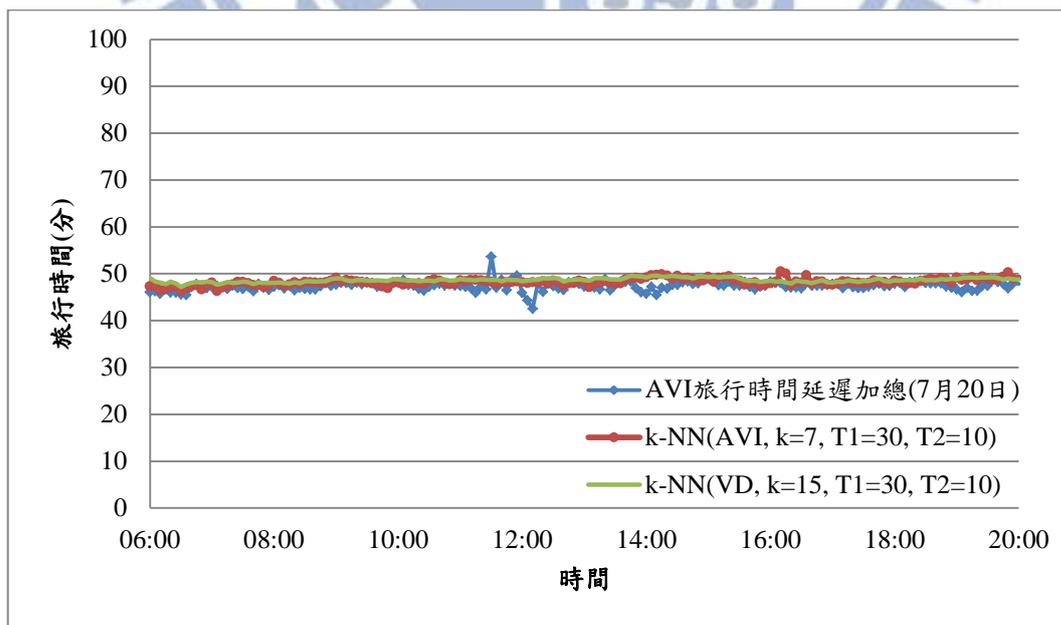


圖 6-36 台中-新竹，七月二十日預測旅行時間

透過 MAPE、RMSE 及 85%最大百分比誤差進行分析，結果如下表 6-20 及圖 6-37。

表 6-20 台中-新竹，七月二十日旅行時間預測結果分析

k-NN	AVI, k=7, T2=10		VD, k=15, T2=10	
T1=30 分	MAPE	RMSE(分)	MAPE	RMSE(分)
6:00~10:00	1.57%	0.87	2.53%	1.33
10:00~14:00	2.64%	1.71	3.48%	2.02
14:00~18:00	2.35%	1.84	2.67%	1.48
18:00~20:00	2.69%	1.56	2.82%	1.56
6:00~20:00	2.26%	1.42	2.88%	1.63

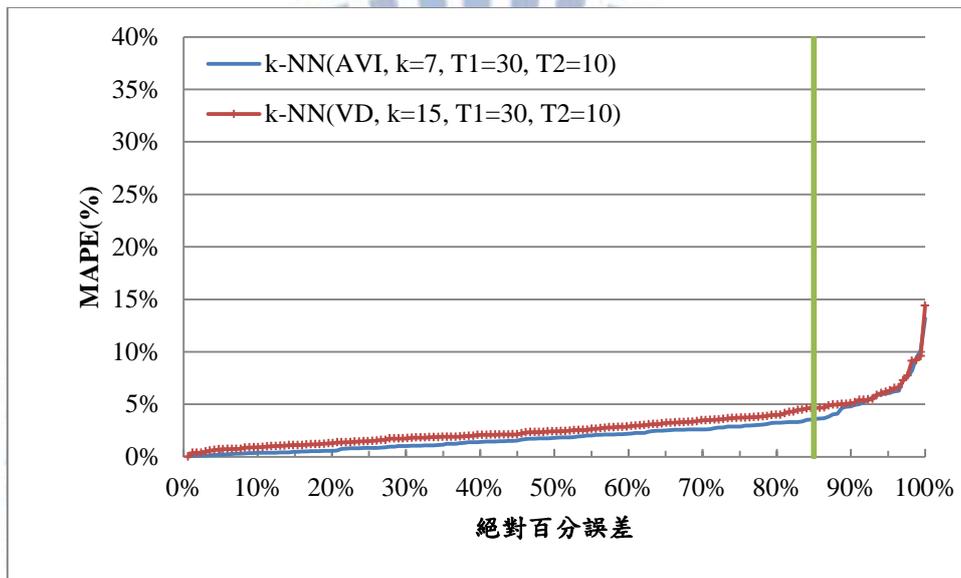


圖 6-37 台中-新竹，七月二十日 85%絕對百分誤差

## 6.4 小結

根據本研究的預測案例(1)~(4)中可以發現，結合 AVI 資料的確能提升旅行時間預測的準確性。案例(5)~(8)中可以發現，本研究的模型仍然有不適用的情況，如資料庫不夠大、VD 偵測器故障過多等等狀況，皆不適合使用預測模型。在此情況下則可以透過門檻值的方式偵測出來，提出警告。案例(9)~(12)為無明顯尖離峰變化的路段，透過案例可以發現，兩種方法在無顯著尖離峰變化的路段，旅行時間預測結果皆相當優良。

本研究以 12 個案例，分析結合 AVI 資料後的成效，並將各案例的結論整理結果如下表 6-21：

表 6-21 預測結果整理

案例編號	結果	原因
案例(1)	大幅提升預測準確性	AVI 及 VD 資料庫完整
案例(2)	大幅提升預測準確性	AVI 及 VD 資料庫完整
案例(3)	大幅提升預測準確性	AVI 及 VD 資料庫完整
案例(4)	小幅提升預測準確性	AVI 及 VD 資料庫完整
案例(5)	無提升預測準確性	該日交通狀況較特殊，為歷史資料的極端值
案例(6)	無提升預測準確性	該日交通狀況較特殊，為歷史資料的極端值
案例(7)	無提升預測準確性	VD 於國道一號北上 61~80 公里處連續故障 13 座，導致無法反映尖離峰變化
案例(8)	無提升預測準確性	VD 於國道一號北上 63~70 公里處連續故障 6 座，導致無法反映尖離峰變化
案例(9)	兩種方法無顯著差異	該路段尖離峰旅行時間無顯著變化
案例(10)	兩種方法無顯著差異	該路段尖離峰旅行時間無顯著變化
案例(11)	兩種方法無顯著差異	該路段尖離峰旅行時間無顯著變化
案例(12)	兩種方法無顯著差異	該路段尖離峰旅行時間無顯著變化

經過本研究以案例分析，將預測結果整理後，可歸納出以下發現。

1. 在 VD 無故障且交通狀況非歷史資料庫中極端值的情況下，加入 AVI 資料可以將誤差由 9%~12% 降至 5%~8%。
2. 在某些情況下，加入 AVI 資料並不會提升準確性，可能原因有以下 3 種。
  - (1) 路段本身無顯著的尖離峰變化，兩種方法皆有相當好的預測結果。
  - (2) 該日交通狀況為歷史資料庫中的極端值。
  - (3) VD 該日故障過多，無法反映即時交通狀況。

## 第七章 結論與建議

本研究主要是透過 k-NN 比對模型與結合 AVI 旅行時間歷史資料來提升高速公路旅行時間預測的準確性，並比較加入 AVI 資料前後旅行時間預測的準確性，經過實際案例分析後，證實加入 AVI 資料能夠提升高速公路旅行時間預測的準確性。

### 7.1 結論

本研究的研究結論如下：

1. 本研究提出的預測模型，修改 k-NN 模型與結合 VD 及 AVI 資料，發現加入 AVI 資料進行旅行時間預測能比只是使用 VD 資料有所改善，以 MPAE、RMSE、85% 絕對百分誤差分析，都說明了加入 AVI 資料能提更預測準確性。在挑選的案例當中，預測國道 7 月 27 日北上路段的旅行時間，早上尖峰 MAPE 由 7.69% 降至 6.42%，晚上尖峰更是由 11.09% 降至 4.38%，6:00~20:00 整體來看也由 7.07% 降至 5.04%。以上都說明了加入 AVI 資料能夠提升準確性。
2. 本研究提出 k-NN 法的修改模式，加入  $T_1$  及  $T_2$  作為比對範圍的參數。參數校估結果發現， $T_1$  在資料庫足夠的情況下頗為穩定，參考過去文獻採用 30 分鐘(6 時階)，如資料庫龐大而運算效能不足的情況下，可使用較低的值； $T_2$  按不同的路段採用 5 或 10 分鐘(1 或 2 時階)，加入後能降低 MAPE 約 0.5%。
3. 本研究的預測模式適合在即時 VD 資料無重大故障，但因佈設距離不均或路段擁塞等而造成系統性的誤差等情況，都有顯著的改善。但如當天交通狀況為資料庫極端值、或 VD 故障過多等因素，加入 AVI 資料不一定能提升準確性，但也不會變差。
4. 本研究測試 k-NN 法限制由資料庫同一天的比對的最多採納 3 筆資料，發現能降低預測值受到單一天歷史資料的影響程度，避免極端情況，有效提升旅行時間預測的準確性。
5. 本研究提出比對結果的門檻值，說明預測結果的品質及可靠程度，當發現預測問題時（如 VD 即時資料故障，或交通狀況為旅行時間歷史資料庫中的極端值），可提醒資訊發布單位是否採納預測結果或選擇不發布資訊。

## 7.2 建議

本研究的建議如下

1. 在未來國道高速公路里程費上路後，將會出現新形態的 ETC 資料，其特性與 AVI 資料相似且具有相當高的密度及準確度，更能偵測車輛的即時通過量。目前本研究的模型受制於 VD 資料，仰賴 VD 能夠即時收集速度、流量的特性，導致在 VD 出現某些狀況時，旅行時間預測不準確。新的 ETC 資料能夠解決目前本研究模型上的缺陷，未來將新的 ETC 資料應用在本研究的模型上，可望能有更好的預測結果。
2. 本研究的門檻值，雖然對於旅行時間預測結果無影響，但卻是相當有效的警示系統。實際使用在生活上，當歷史資料庫不足時，透過門檻值的警示，在預測前就可以得知，當下預測的結果沒有足夠的信心，馬上就能制定應變策略來降低用路人的時間損失，如使用 VD 的即時資料計算旅行時間等等。



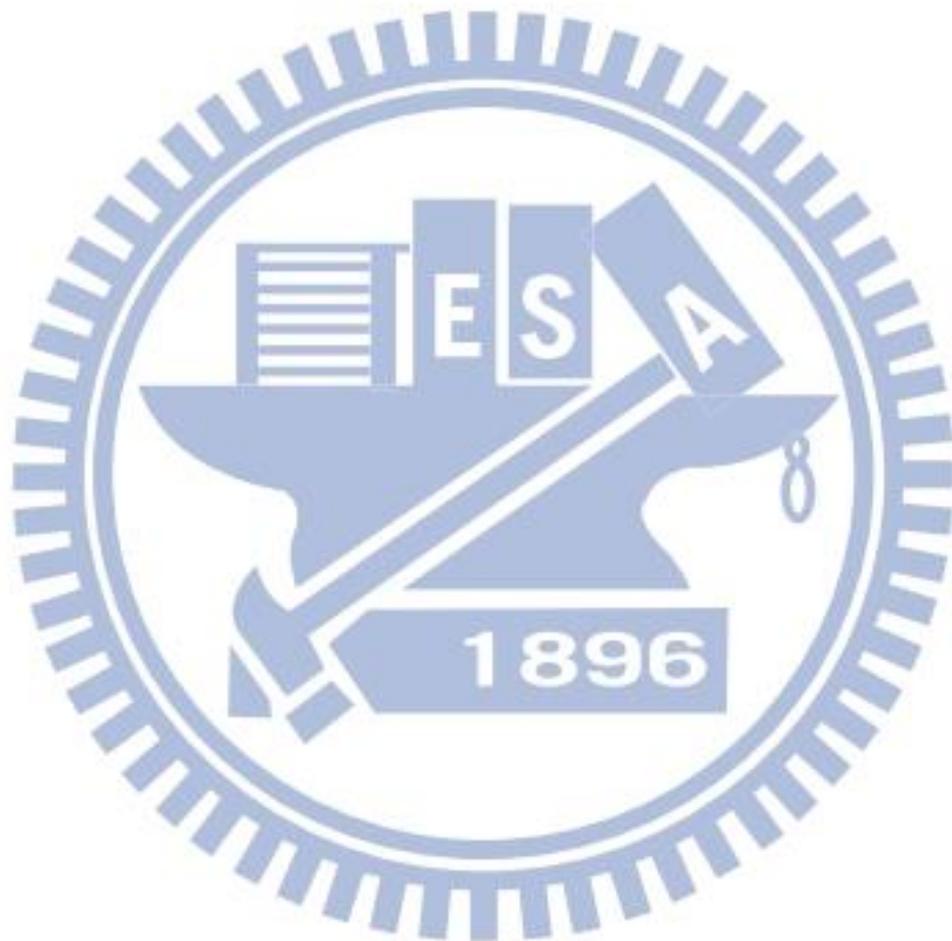
## 文獻參考

- ALTMAN, N. S. 1992. An Introduction to Kernel and Nearest-Neighbor Nonparametric Regression. *The American Statistician*, 46, 175-185.
- CHANG, G. L., ZOU, NAN, WANG, J., 2006. Development and Field Evaluation of a Real-Time Travel Time Prediction System. Maryland Department of Transportation State Highway, Final Report.
- CHEN, P., LU.ZHAO. & GU.J. 2009. Vehicle Travel Time Prediction Algorithm Based on Historical Data and Shared Location. *Fifth International Joint Conference*.
- CHIEN, S. & KUCHIPUDI, C. 2003. Dynamic Travel Time Prediction with Real-Time and Historic Data. *Journal of Transportation Engineering*, 129, 608-616.
- CLARK, S. 2003. Traffic Prediction Using Multivariate Nonparametric Regression. *Journal of Transportation Engineering*, 129, 161-168.
- LAM, W. K., TANG, Y. F., CHAN, K. S. & TAM, M.-L. 2006. Short-term Hourly Traffic Forecasts using Hong Kong Annual Traffic Census. *Transportation*, 33, 291-310.
- OH, J.-S., JAYAKRISHNAN, R. & RECKER, W. 2002. Section Travel Time Estimation from Point Detection Data. eScholarship Repository.
- SANO, Y., FURUKAWA, S., TAKAMURA, F. & YAMANE, K. 2000. Travel-time Measuring System for Efficient Traffic Information Service. *Hitachi Review* Vol. 49.
- SMITH, B. & DEMETSKY, M. 1997. Traffic Flow Forecasting: Comparison of Modeling Approaches. *Journal of Transportation Engineering*, 123, 261-266.
- TAM, M. L. & LAM, W. H. K. 2008. USING AUTOMATIC VEHICLE IDENTIFICATION DATA FOR TRAVEL TIME ESTIMATION IN HONG KONG. *Transportmetrica*, 4, 179-194.
- VLAHOGIANNI, E. I. 2004. Short-term traffic forecasting: Overview of objectives and methods. *Transport Reviews*, 24, 533.
- WU, C.-H., HO, J.-M. & LEE, D. T. 2004. Travel-time prediction with support vector regression. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 5, 276-281.
- 王晉元，2011，高速公路旅行時間預測模式之開發與調查分析，國道高速公路總局委託計畫。
- 李穎，2002，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，碩士論文，成功大學，交通管理學系。
- 張慶麟，2003，應用自動車輛辨識預測高速公路路段旅行時間，碩士論文，國立中央大學，土木工程研究所。
- 陳建旻，2009，比較k-NN模式與時變係數模式對高速公路旅行時間預測之研究，碩士論文，國立交通大學，運輸科技與管理學系。

蔡繼光，2009，*高速公路旅行時間預測-以 k-NN 法及分群方法探討*，碩士論文，國立交通大學，運輸科技與管理學系。

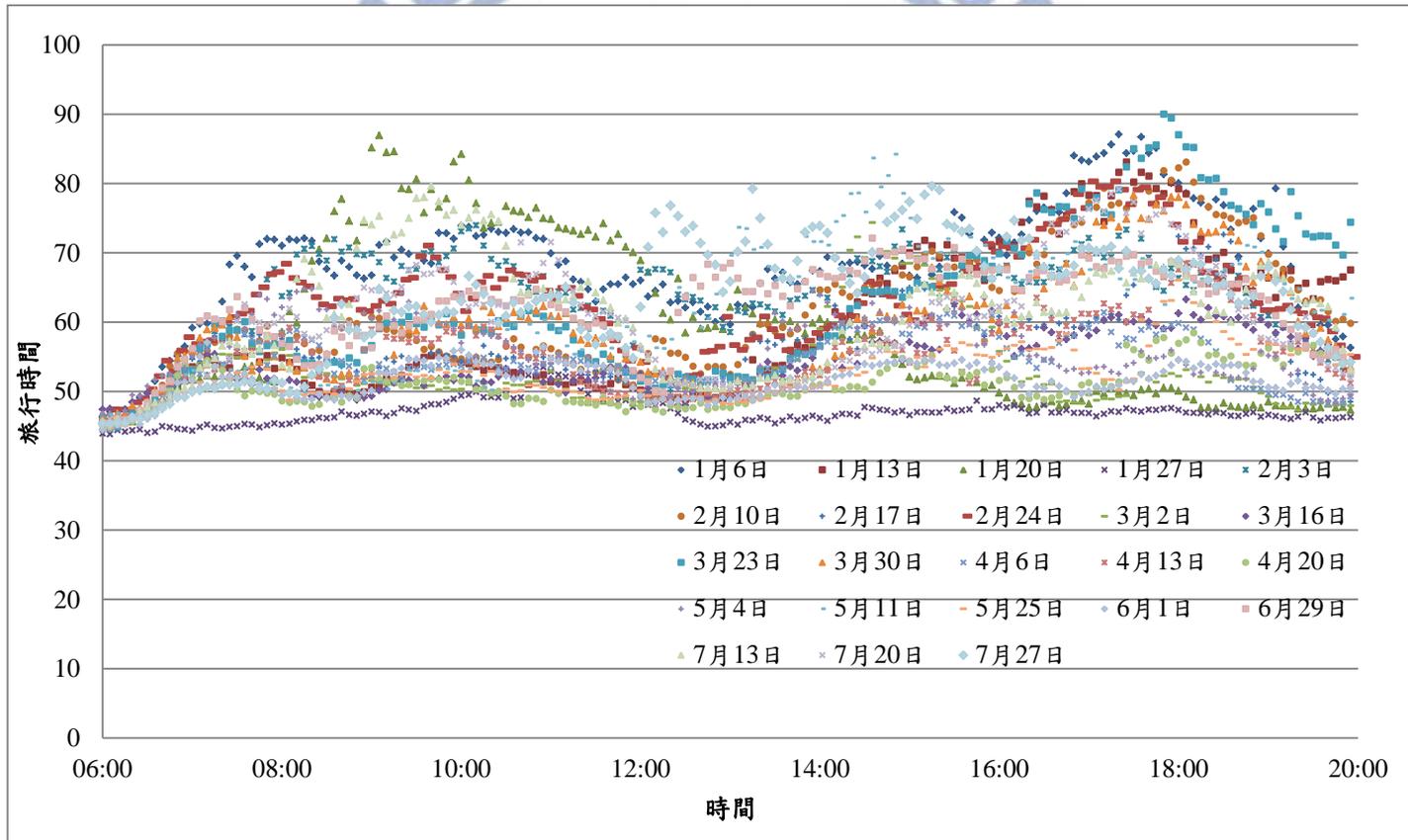
羅峻庭、余玟璇、王乃翎，2012，*高速公路旅行時間校估及分析—以國道一號北部地區為例*，畢業專題期末報告，國立交通大學，運輸科技與管理學系。  
王淵海，1999，*統計學*，王冠出版社。

張智星，2013，*資料分群與樣式辨認*，網路線上課程，可由作者之網頁 <http://www.cs.nthu.edu.tw/~jang> 連結到此線上課程，登入日期 2013 年 7 月 17 日。

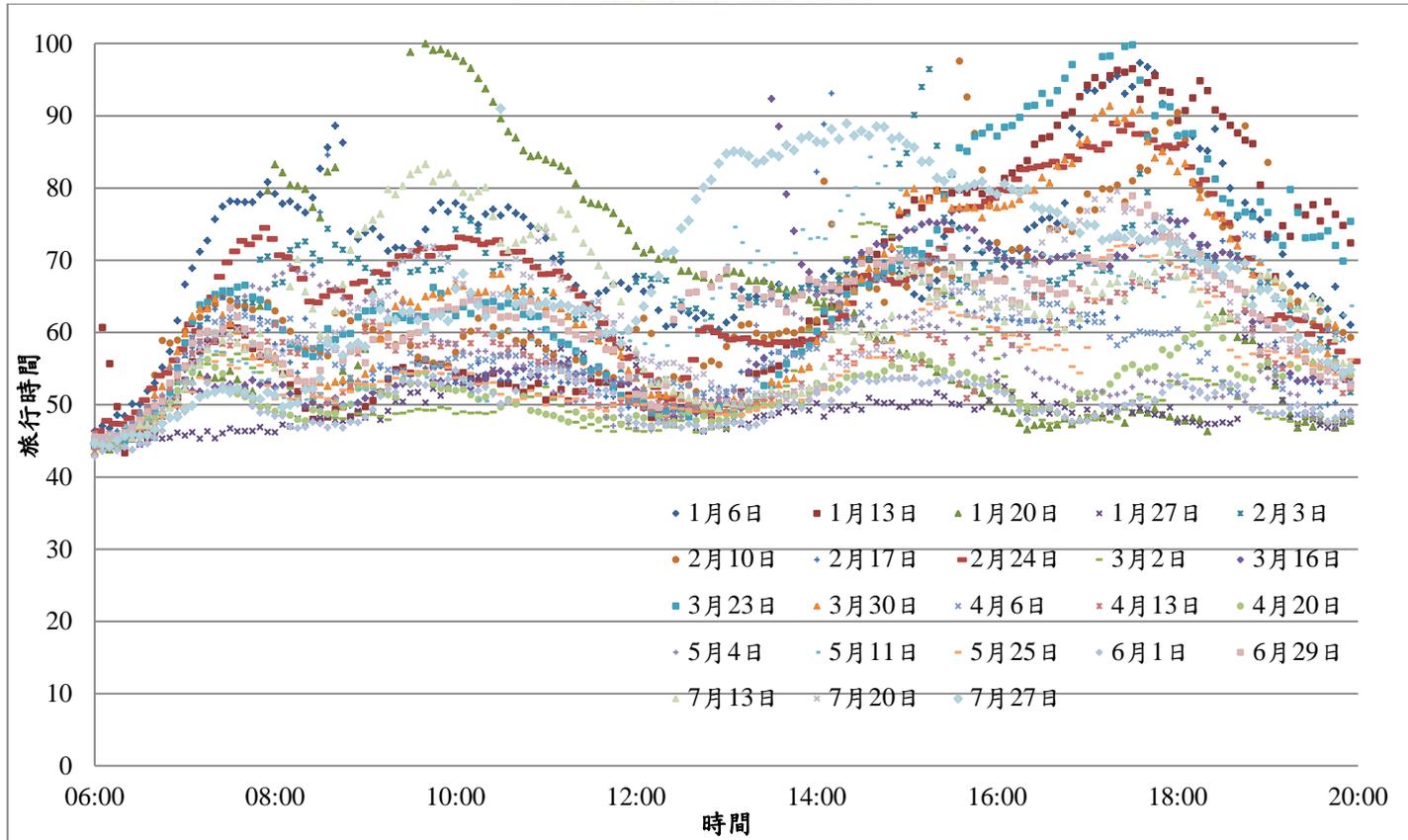


# 附錄

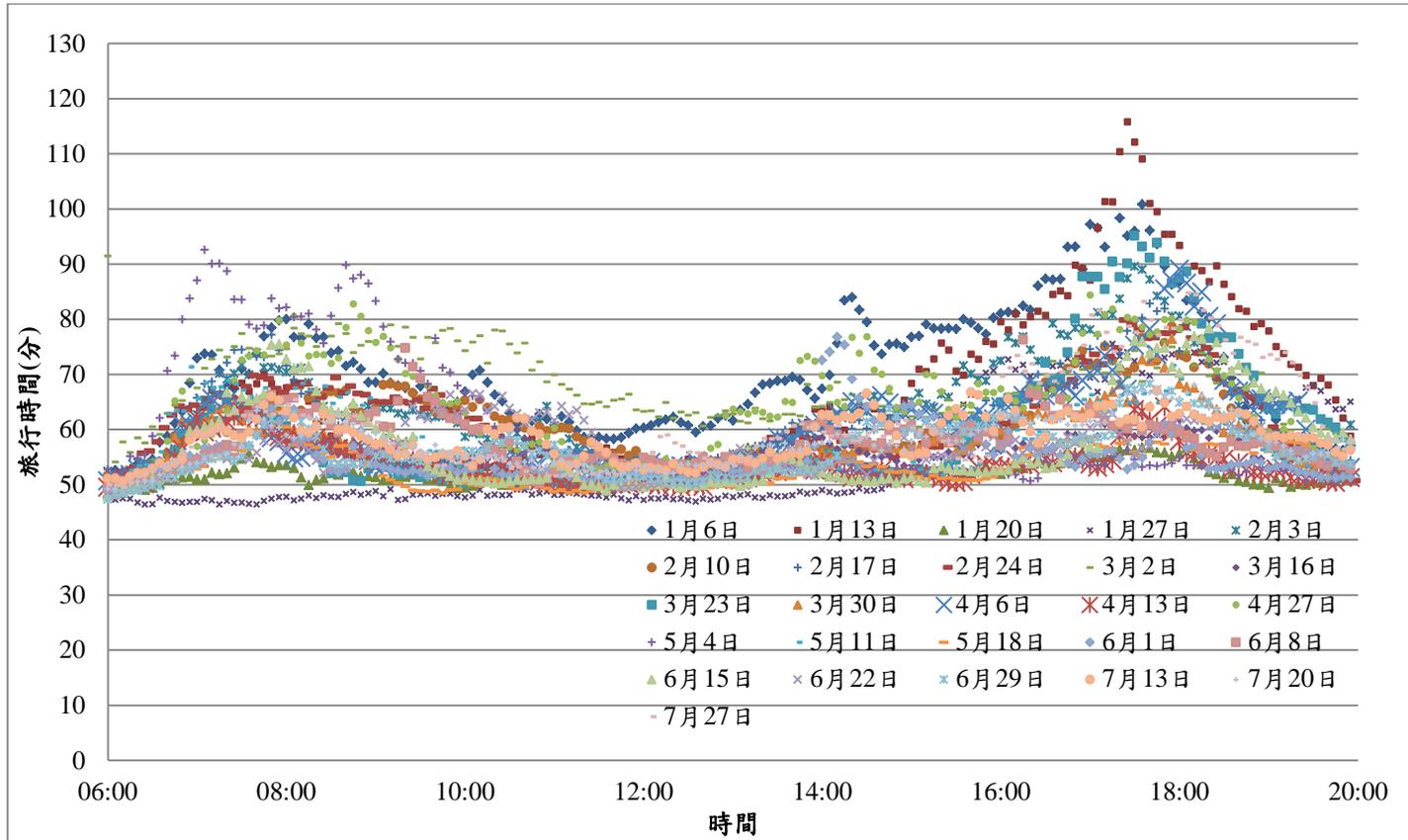
附錄 1 VD 台北-新竹延遲加總，旅行時間歷史資料分布



附錄 2VD+AVI 台北-新竹延遲加總，旅行時間歷史資料分布



附錄 3VD 新竹-台北延遲加總，旅行時間歷史資料分布



附錄 4VD+AVI 新竹-台北延遲加總，旅行時間歷史資料分布

