

交通部臺灣區國道高速公路局

高速公路中長程旅行時間
預測模式之建立與應用

國 立 交 通 大 學

中華民國 102 年 5 月

目錄

第 1 章	緒論	9
1.1	計畫背景分析	9
1.2	研究範圍與對象	9
1.3	研究內容與工作項目	10
第 2 章	研究方法	13
2.1	旅行時間預測相關文獻回顧	14
2.2	資料蒐集與過濾	24
2.3	資料插補	32
2.4	資料結構分析設計	34
2.5	發佈系統建置	37
第 3 章	旅行時間預測模式	41
3.1	旅行時間推估模組	42
3.2	旅行時間預測模組	44
3.3	模式驗證方法	51
3.4	模式參數調校	62
第 4 章	實際應用與測試	64
4.1	都會區間旅行時間	64
4.2	兩兩系統交流道旅行時間	88
4.3	發布格式說明	120
第 5 章	結論與建議	122
5.1	結論	122
5.2	建議	123
「高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應用」技術服務 案期中報告審查會議紀錄		124
期中建議事項回覆		130
「高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應用」技術服務 案期末報告審查會議紀錄		143

期末建議事項回覆	147
高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應用期末報告審查 高公局交通管理組書面意見	156
高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應用期末報告審查 高公局交通管理組書面意見回覆	158
高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應用期末報告修訂 版審查意見回覆.....	169
參考文獻	171

表目錄

表 1-1 五大都會區間旅行時間預測	12
表 2-1 比例插補法資料表	21
表 2.2- 1 大小車迴歸參數	27
表 2.2- 2 大小車迴歸參數	31
表 2.3-1 比例與插補之精準度範例	34
表 2.4-1 VD 資料庫結構	35
表 2.4-2 AVI 訊號資料表單	36
表 2.4-3 客運車輛 GPS 訊號資料表單	36
表 2.4-4 ETC 資料表	36
表 3.1-1 歷史資料庫資料結構範例	44
表 3.3-1 AVI 原始資料表	52
表 3.2-2 AVI 延遲加總旅行時間計算	55
表 3.3-3 實測時間、路段分配表（國道一號）	56
表 3.3-4 實測時間、路段分配表（國道三號）	57
表 3.3-5 彰化至新竹通過實測檢測點時間	58
表 3.3-6 國一北上彰化新竹段數據統計結果	60
表 3.3-7 檢測點間旅行時間統計結果	60
表 3.3-8 完整路段旅行時間之統計結果	61
表 4-1 都會區旅行時間南下路段資料表	64
表 4-2 都會區旅行時間北上路段資料表	65
表 4-3 國一南下台北-新竹路段資料庫時間長度比較	66
表 4-4 資料庫時間長度與 AVI 資料庫比較表	68
表 4-6 兩兩數列比較表（K 設定值）	72
表 4-7 預估旅行時間所需資料庫時間長度表（國一都會區 間）	74
表 4-9 都會區旅行時間預測結果比較	85
表 4-10 國一南下旅行時間預測相鄰系統交流道列表	88

表 4-11 國一北上旅行時間預測相鄰系統交流道列表	88
表 4-12 國三南下旅行時間預測相鄰系統交流道列表	88
表 4-13 國三北下旅行時間預測相鄰系統交流道列表	89
表 4-14 國三北上所需資料庫長度與 k 值表.....	90
表 4-15 國三南下所需資料庫長度與 k 值表.....	90
表 4-16 系統交流道之間旅行時間預測結果比較.....	91
圖 4.2-17 國三南下南港系統到鶯歌系統旅行時間預測 .	104

圖目錄

圖 2-1 計畫執行流程圖.....	13
圖 2.2-1 速率異常情形.....	24
圖 2.2- 3 速率異常分佈圖(長時間偏低).....	25
圖 2.2- 4 流量異常分佈圖(長時間偏高).....	25
圖 2.2- 5 流量資料遺失圖.....	26
圖 2.2- 6 異常資料過濾模式建立流程圖	26
圖 2.2- 7 GPS 座標漂移	28
圖 2.2- 8 探針車資料過濾模式	29
圖 2.2- 9 旅行時間異常分佈圖	30
圖 2.2- 10 ETC 資料過濾模式	31
圖 2.3-1 遺漏資料處理流程圖	33
圖 3.1 模式流程圖	41
圖 3.2 旅行時間推估模組	43
圖 3.2-1 旅行時間預估模組	46
圖 3.2- 2 旅行時間預估模組	48
圖 3.2- 3 推估概念示意圖	50
圖 3.2- 4 迴歸模式架構圖	51
圖 3.3-1 AVI 資料過濾	53
圖 3.3-2 AVI 旅行時間	54
圖 4.1-2 國一南下台北到台中旅行時間預測.....	75
圖 4.1-3 國一南下台北到台南旅行時間預測.....	75
圖 4.1-4 國一南下台北到高雄旅行時間預測.....	76
圖 4.1-5 國一南下新竹到台中旅行時間預測.....	76
圖 4.1-6 國一南下新竹到台南旅行時間預測.....	77
圖 4.1-7 國一南下新竹到高雄旅行時間預測.....	77
圖 4.1-8 國一南下台中到台南旅行時間預測.....	78
圖 4.1-9 國一南下台中到高雄旅行時間預測.....	78

圖 4.1-10 國一南下台南到高雄旅行時間預測.....	79
圖 4.1-11 國一北上高雄到台南旅行時間預測.....	79
圖 4.1-12 國一北上高雄到台中旅行時間預測.....	80
圖 4.1-13 國一北上高雄到新竹旅行時間預測.....	80
圖 4.1-14 國一北上高雄到台北旅行時間預測.....	81
圖 4.1-15 國一北上台南到台中旅行時間預測.....	81
圖 4.1-16 國一北上台南到新竹旅行時間預測.....	82
圖 4.1-17 國一北上台南到台北旅行時間預測.....	82
圖 4.1-18 國一北上台中到新竹旅行時間預測.....	83
圖 4.1-19 國一北上台中到台北旅行時間預測.....	83
圖 4.1-20 國一北上新竹到台北旅行時間預測.....	84
圖 4.2-1 國一南下汐止系統到機場系統旅行時間預測	96
圖 4.2-2 國一南下機場系統到新竹系統旅行時間預測	96
圖 4.2-4 國一南下台中系統到彰化系統旅行時間預測	97
圖 4.2-5 國一南下彰化系統到雲林系統旅行時間預測	98
圖 4.2-6 國一南下雲林系統到嘉義系統旅行時間預測	98
圖 4.2-7 國一南下嘉義系統到台南系統旅行時間預測	99
圖 4.2-8 國一南下台南系統到鼎金系統旅行時間預測	99
圖 4.2-9 國一北上鼎金系統到仁德系統旅行時間預測 ...	100
圖 4.2-10 國一北上仁德系統到嘉義系統旅行時間預測 .	100
圖 4.2-11 國一北上嘉義系統到雲林系統旅行時間預測 .	101
圖 4.2-12 國一北上雲林系統到埔鹽系統旅行時間預測 .	101
圖 4.2-13 國一北上彰化系統到台中系統旅行時間預測 .	102
圖 4.2-14 國一北上台中系統到新竹系統旅行時間預測 .	102
圖 4.2-15 國一北上機場系統到汐止系統旅行時間預測 .	103
圖 4.2-16 國三南下汐止系統到南港系統旅行時間預測 .	103
圖 4.2-18 國三南下汐止系統至鶯歌系統旅行時間預測 .	104
圖 4.2-19 國三南下鶯歌系統到新竹系統旅行時間預測\	105

圖 4.2-20	國三南下新竹系統到中港系統旅行時間預測	.105
圖 4.2-21	國三南下中港系統到彰化系統旅行時間預測	.106
圖 4.2-22	國三南下彰化系統到霧峰系統旅行時間預測	.106
圖 4.2-23	國三南下霧峰系統到中興系統旅行時間預測	.107
圖 4.2-24	國三南下中興系統到古坑系統旅行時間預測	.107
圖 4.2-25	國三南下彰化系統到古坑系統旅行時間預測	.108
圖 4.2-26	國三南下古坑系統到水上系統旅行時間預測	.108
圖 4.2-27	國三南下水上系統到官田系統旅行時間預測	.109
圖 4.2-28	國三南下官田系統到新化系統旅行時間預測	.109
圖 4.2-29	國三南下古坑系統到新化系統旅行時間預測	.110
圖 4.2-30	國三南下新化系統到燕巢系統旅行時間預測	.110
圖 4.2-31	國三南下燕巢系統到竹田系統旅行時間預測	.111
圖 4.2-32	國三北上南港系統到汐止系統旅行時間預測	.111
圖 4.2-33	國三北上鶯歌系統到南港系統旅行時間預測	.112
圖 4.2-34	國三北上鶯歌系統到汐止系統旅行時間預測	.112
圖 4.2-35	國三北上新竹系統到鶯歌系統旅行時間預測	.113
圖 4.2-36	國三北上中港系統到新竹系統旅行時間預測	.113
圖 4.2-37	國三北上彰化系統到中港系統旅行時間預測	.114
圖 4.2-38	國三北上霧峰系統到彰化系統旅行時間預測	.114
圖 4.2-39	國三北上中興系統到霧峰系統旅行時間預測	.115
圖 4.2-40	國三北上中興系統到彰化系統旅行時間預測	.115
圖 4.2-41	國三北上古坑系統到中興系統旅行時間預測	.116
圖 4.2-42	國三北上水上系統到古坑系統旅行時間預測	.116
圖 4.2-43	國三北上官田系統到水上系統旅行時間預測	.117
圖 4.2-44	國三北上新化系統到官田系統旅行時間預測	.117
圖 4.2-45	國三北上新化系統到古坑系統旅行時間預測	.118
圖 4.2-46	國三北上燕巢系統到新化系統旅行時間預測	.118
圖 4.2-47	國三北上竹田系統到燕巢系統旅行時間預測	.119

第1章 緒論

1.1 計畫背景分析

運輸走廊多由單個或數個主要幹道組成，由於其相對於次要幹道、市區道路等具有設計容量較高之優勢，因此城際間運輸旅次之交通量多集中於運輸走廊上。目前台灣地區高速公路路網儼然成型，此類運輸走廊越來越多，如從台北至新竹，有國道一號與國道三號可供用路人選擇。而一般用路者在選擇路徑或是決定出發時間時，多是憑經驗來決定，但是一旦有突發事件或是當天道路狀況與平常經驗不符時，則容易導致旅行績效不彰。

所謂智慧型運輸走廊是利用先進感測設施、具人工智慧交通分析系統及多重管道資訊傳播系統，提供用路人相關交通資訊，如旅行時間等，以協助用路人進行相關決策，包括何時出發、行駛哪條路徑等，如此可增進用路人之旅行績效，亦間接地節省能源的消耗與降低空氣的汙染，因此對於整體社會有著正面之貢獻。

在所有交通資訊中，對用路者最有用的莫過於旅行時間。且所有的交通資訊，如速度、流量等，最後都會反應在旅行時間上面。但是提供當下的旅行時間給用路者可能會與實際上路時有所差異，其差異會隨著運輸走廊的距離增加而增大。因此提供的旅行時間必須要具備有「預測」的功能。

1.2 研究範圍與對象

本計畫之工作範圍係針對高速公路相鄰系統交流道間與都會區間之路段，利用先進之運輸、通訊與資訊等科技，發展配套之旅行時間預測模式，提供用路人相關路況資訊，使用路人能夠藉由調整出發時間、主動變更行駛路線之方式，以節省旅行時間與避免行程延誤。

本計畫的主要研究項目為：

- (1) 文獻回顧、研究方法評析
- (2) 歷史資料庫資料結構分析、設計
- (3) 資料過濾模式建立
- (4) 歷史資料庫建置
- (5) 全路段(系統交流道間)旅行時間預測模式之建立與應用
- (6) 都會區間旅行時間預測模式之建立與應用

(7) 模式調校、驗證

(8) 發布系統建置

1.3 研究內容與工作項目

本計畫的工作項目如下：

(一) 文獻回顧、研究方法評析

(1) 旅行時間預測模式相關文獻回顧

(2) 資料過濾模式之文獻回顧

(3) 分析不同的方法之優缺點，最後提出最適旅行時間預測推估模式

(二) 歷史資料庫資料結構分析、設計

(1) 資料結構分析

(2) 資料庫開發及設計

(三) 資料過濾模式建立

(1) 異常資料過濾模式

(2) 遺漏資料基本差補模式

(四) 歷史資料庫建置

建立實體資料庫系統

(五) 全路段（系統交流道間）旅行時間預測模式之建立

(1) 國一南下

- 汐止系統-機場系統
- 機場系統-新竹系統
- 新竹系統-臺中系統
- 臺中系統-彰化系統
- 彰化系統-雲林系統
- 雲林系統-嘉義系統
- 嘉義系統-臺南系統
- 臺南系統-鼎金系統

(2) 國一北上

- 鼎金系統-仁德系統
- 仁德系統-嘉義系統
- 嘉義系統-雲林系統
- 雲林系統-埔鹽系統

- 彰化系統-臺中系統
- 臺中系統-新竹系統
- 機場系統-汐止系統

(3) 國三南下

- 汐止系統-鶯歌系統
- 鶯歌系統-新竹系統
- 新竹系統-中港系統
- 中港系統-彰化系統
- 彰化系統-古坑系統
- 古坑系統-新化系統
- 新化系統-燕巢系統
- 燕巢系統-竹田系統

(4) 國三北上

- 竹田系統-燕巢系統
- 燕巢系統-新化系統
- 新化系統-古坑系統
- 古坑系統-中興系統
- 中興系統-彰化系統
- 彰化系統-中港系統
- 中港系統-新竹系統
- 鶯歌系統-汐止系統

挑選交流道之方式主要係依據高公局沿路路徑導引系統（RGS）所設置位置為主要考量。以國一南下 RGS-N1-S-8.800-M 的設備為例，該設備設置於國一南下 8.8K 的主線上(於汐止系統交流道前)，目的為顯示至鶯歌系統及機場系統所需之旅行時間，因此本案進行國一南下汐止系統交流道-機場系統與國三汐止系統交流道-鶯歌系統間旅行時間之預測。

(六) 都會區間旅行時間預測模式之建立與應用

建立臺北、新竹、臺中、臺南及高雄等都會區之間，兩兩都會區間的旅行時間預測，其中台北都會區的代表交流道為台北交流道，新竹都會區的代表交流道為新竹交流道，台中都會區的代表交流道為台中交流道，台南都會區的代

表交流道為台南交流道，高雄都會區的代表交流道為高雄交流道，可如表 1-1 所示。

表 1-1 五大都會區間旅行時間預測

	臺北	新竹	臺中	臺南	高雄
臺北					
新竹					
臺中					
臺南					
高雄					

(七) 模式調校、驗證

(1) 對上述系統交流道間旅行時間預測模式進行調校與驗證

(2) 對上述都會區間旅行時間預測模式進行調校

(八) 發布系統建置

(1) 與高速公路局交控系統間之 XML 資訊交換作業

(2) 建置基本查詢軟體，並完成與高速公路局網際網路發布系統間之 XML 資訊交換作業

第2章 研究方法

本計畫之研究流程如圖 2-1 計畫執行流程圖所示，逐步完成各項工作之內容，以下會分別針對每一流程的具體內容加以詳述。其中「資料過濾與插補模式」，係沿用前期計畫之研究成果，因此敘述略微精簡。另外，在第三章會對本研究所發展之旅行時間預測模式、參數校估、以及模式驗證的部份予以詳細說明。

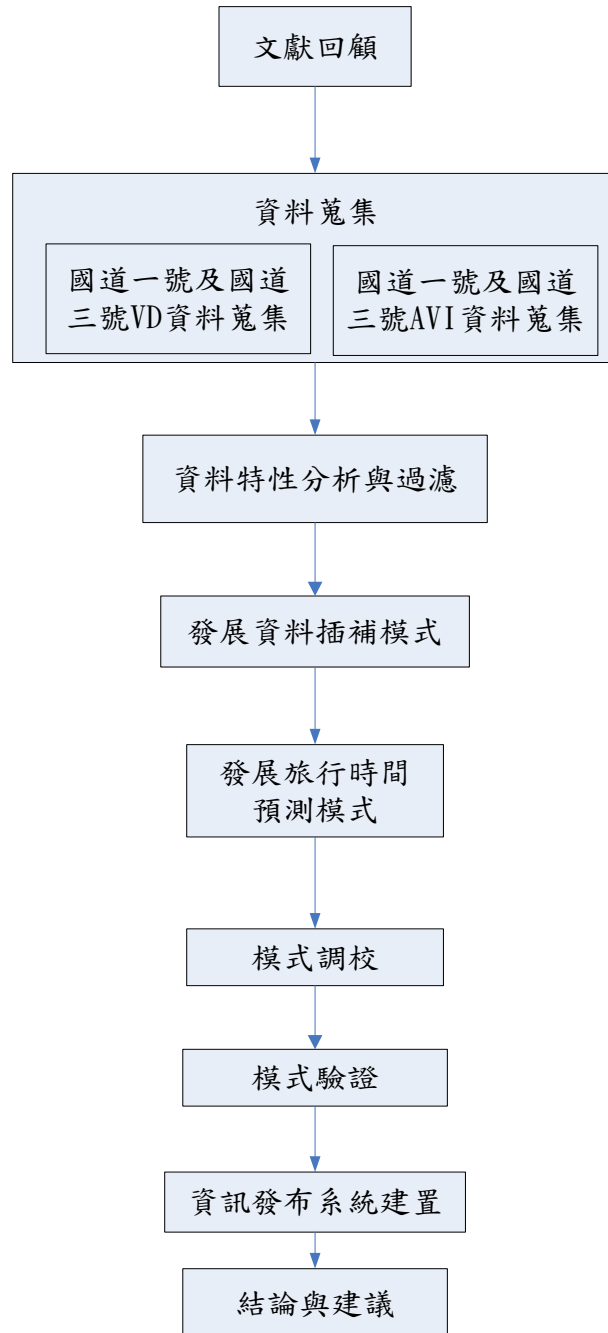


圖 2-1 計畫執行流程圖

2.1 旅行時間預測相關文獻回顧

2.1.1 時間序列分析

Hellinga 等人(1999)以等候理論為基礎，得到平均延滯的抽樣估計以及車輛到達時間的分配，發現抽樣偏差及調查比例會造成旅行時間計算結果的誤差。該研究假設路徑旅行時間為各路段之旅行時間和，旅行時間預測方法採用時間序列方式，資料來源以速度、流量、佔有率等為主。該研究結果顯示在擁擠車流的情況下，會產生較差的預測結果。

Yang 等人 (2006)把時間序列模式應用在幹道的旅行時間預測研究上。透過實際安裝有 GPS 系統的探針車，於美國明尼蘇達州 I94 號州際公路進行實際研究。其方法是將蒐收所得資料視為時間序列，以 ARIMA 模式進行旅行時間預測，其結果顯示此方法能夠有效預測短期內的旅行時間。

Ichiro 等人 (1998)所提出的旅行時間預測包括延滯時間，且預測結果可以定期由時間序列模式中獲得。該研究建立一含有歷史交通流量與先前旅行時間的序列資料庫，希望能透過與相近的資料的比對與計算，以預測目標路徑的旅行時間。該研究所使用的資料來源主要為 AVI。

Nagaoka 等人(1999)根據相關統計方法，提出了兩種旅行時間的預測方法。第一個方法主要是透過相關係數的修正，可以由平均速率估計隨時段改變而變化的速率函數，再由該速率函數預測速率即求出預測的旅行時間。第二種方法主要是利用相關的統計方法，透過平均的旅行時間導出旅行時間的函數，再由該函數預測旅行時間。

2.1.2 車輛辨識方法

車輛辨識方法包括透過自動車輛辨識 (automatic vehicle identification, AVI) 以及影像處理等技術，獲得車輛通過兩個已知固定點間所需時間，來進行旅行時間的推估 (Chung 等人, 2003; Bakata and Takeuchi, 2004; Yang, 2005)。

Chen 等人(2001)指出利用 AVI 技術所蒐集的資訊為基礎，雖然會對旅行時間的預測有較佳的效果，但因所辨識出車輛數量的不足，可能導致結果正確性的不足。該研究以卡門濾波法為理論基礎，利用路徑或是路徑中各路段 AVI 所提供的行時間資料，預測下一時段的路徑旅行時間。測試結果發現在一般車流情況下，旅行時間的預測較

為精準；而在車流狀況接近飽和的擁擠情形下，如果所辨識的車輛數量比例過低，預測效果會受影響。

Yamane 等人(1999)利用汽車牌照辨識之 AVI 及 UVD 收集旅行時間所需資料，以提供用路人即時之旅行時間資訊。Bae 等人(1995)針對使用自動車輛定位(AVL)技術的公車，建立一套模型來估計旅行時間，透過此套模型發展出公車到站時間的預測模型。

除了透過上述方法來辨識車輛外，亦可只透過迴圈偵測器或路側偵測器來進行車輛或車隊辨識進而推估旅行時間，Sun 等人(1999)透過比對車隊的波形(Waveform)來判斷同一個車隊經過上下游偵測器間的旅行時間，但此波形要透過另外一套獨立的速度偵測設備來加以標準化。Coifman(1999)透過比對車隊的長度來辨識車隊，但也需要另一套設備來測量速度。Karric Kwong 等人(2008)，則利用偵測器來辨識車輛以求得旅行時間分佈。

Ndoye 等人(2008)與 Oh 等人(2002)也利用迴圈偵測器來辨識車輛或車隊，進而推估其旅行時間。但在將速度標準化的過程中，必須假設速度為一常數，因此只要車輛在兩偵測器間的速度有變化，亦即加速或減速，則此假設就不成立，且其只有展示離峰時段的旅行時間推估結果。

2.1.3 迴歸分析

Kwon 等人(2000)使用 I880 州際高速公路的資料庫，建立一個以迴歸分析技術為基礎的旅行時間預測模式。該研究所建置的資料庫中包含單一線圈所偵測到的佔有率以及流量資訊，及安裝有 GPS 的探針車所得到的旅行時間。模式中將偵測到的流量、佔有率、及當時的星期別及日期都視為一個集合，並對探針車得到的實際旅行時間做線性迴歸，最後以 MSPE 來評量預測績效。

Rice 等人(2004)使用線性迴歸、主成分(principal component)及鄰域(nearest neighborhood)三種方法，應用在 PeMS 計劃中預測旅行時間。其中迴歸方式是先以上下游透過單一線圈所得到的流量與佔有率的資料，再藉由 Jia 等人(2001)所提出的方法，先求出 g-factor 以及速度後，再據以推估相關的旅行時間，以建立歷史資料庫。利用迴歸模式，可對進行旅行時間的預測，此迴歸式以時間別及星期別做為 pattern 的區分，最後預測結果以 root MSE 來檢定預測績效。

You 等人(2000)以無母數迴歸(non-parametric regression)統計方法作為核心的演算工具，並結合地理資訊系統(GIS)，發展出一套混合(hybrid)車輛旅行時間預估模型。

Sen 等人(1997)引用美國芝加哥的 ADVANCE 計劃所收集到的路段旅行時間資料，探討如何利用不完整的車輛偵測器資訊推估旅行時間。該研究探討各迴歸式的參數是否具有顯著性，並估算其參數值。該研究假設依照在某路段上有無佈設偵測器的兩種情況，採用不同方式來進行旅行時間預估。在都市幹道的網路上，受到號誌系統控制與環境因素之影響下，路段旅行時間之不確定性較高速公路系統來的高。

支持向量迴歸(support vector regression, SVR)是由 Vapnik's (1995, 1997, 2003)所提出，並應用於與時間序列有關的各種預測上。Wu(2004)嘗試將其運用在旅行時間預測上，用中研院的 ITWS 計劃在中山高速公路部份路段上，以單一迴圈偵測到的速度資訊，使用支持向量迴歸法、當前旅行時間預測法(current travel time prediction method)、歷史平均旅行時間預測法(historical mean prediction method)來預測旅行時間，並以 RME 和 RMSE 來評估績效，並提出該 SVR 有較佳預測結果的結論。

2.1.4 k-NN 法

k 最近鄰法(k -Nearest Neighbor, k -NN)，是一種利用歷史資料的特性來推估未來資料特性的方法。是由 Benedetti(1977)、Stone(1977)及 Tukey(1977)等人提出了近鄰法(nearest neighbor)的概念為基礎，進而引申出最近鄰法的概念。 k -NN 方法由於簡單易於執行，再加上實際測試效果良好，因此有不少研究都是以 k -NN 方法來進行旅行時間的預測。

Altman(1992)以最近鄰點法為基礎，將單一屬性的相似度量測，擴大成多屬性的相似度量測(multivariate location estimators)，並且提出了 k -NN 法。 k -NN 方法將目前的輸入資料與歷史資料庫進行比對，找出最接近的 k 筆歷史資料，將這 k 筆資料的輸出值進行平均或加權平均後，即為以目前輸入資料為基礎的預測值。Smith 及 Demetsky(1997)對 k -NN 法進行績效評估，同時比較四種不同的預測方法，分別為歷史平均法、時間序列法、類神經網路法、與 k -NN 法。根據該研究的測試結果顯示，發現當歷史資料量夠大時， k -NN 法所預測的誤差結果比其他三種方法所得到的結果誤差來得小，足以證明 k -NN 為一個有效的預測方法。

Clark(2003)除了進行流量的預測外，也試著利用 k -NN 法對其他交通資訊進行預測，如速度和佔有率，也逐一進行分析和交叉分析。該研究的結果顯示，當同時利用流量、佔有率和速率這三項屬性進行

比對時，所得到的預測值會比採用單一屬性來進行比對所得到的預測值來得準確，也就是說採用越多屬性來加以比對，可以得到更精確的結果。

Rice 及 Zwet(2004)則是利用兩種特徵（屬性）來計算 k-NN 之距離，一種為偵測器所測得的速度值，另一種為旅行時間。特徵向量除了包含當下時間 t 的資料外，還加入前幾個時間($t-1$ 、 $t-2$ 、...、 $t-w$)的資料，即是利用一個固定時間窗範圍內的資料來計算資料之間的距離，最後再取最接近的 k 筆資料來預測旅行時間。

Robinson 及 Polak(2005)提出了四點建立 k-NN 模型時應該要注意的條件，包括特徵向量該包含哪些屬性、建立適當的距離數值(distance metric)量測方式、決定每次取最近鄰的數量(也就是 k 值的設定)、利以及如何利用加權法來減少 k-NN 模式的誤差。

Chang(2006)將旅行時間預測分為兩個階段，旅行時間推估(estimation)與旅行時間預測(prediction)。在旅行時間推估階段中，該模式採用線性迴歸與以速度軌跡為基礎的混和模式，藉此將偵測器所偵測到的即時交通資訊轉換為路段的旅行時間，以建立歷史旅行時間資料庫。在預測的階段，則收集即時的資訊，並與歷史資料庫進行 k-NN 方法的比對，以產生即時的旅行時間預測。

2.1.5 類神經網路

一般而言，在做靜態的旅行時間預測，大多以統計的方法，如無母數迴歸或是時間序列分析等來做預測。但於動態預測方面，這些統計方法於捕捉動態號誌控制系統下的車流資訊顯的相當不足。Palachara 等人(1999)提出了以模糊系統及類神經網路的方法來進行這類型的研究。Yoshikazu 等人(1998)利用架設在路段的 AVI 系統蒐集車輛資料，應用混合式類神經網路方法解釋每個路段的旅行時間與整個路徑的旅行時間之間的關係。Fu 等人(1999)以人工類神經網路(ANN)的方式來模擬路網中的車輛旅行時間，並運用於車輛定線派遣問題。

張修榕等人(2001)透過類神經網路模式，進行雙階段高速公路旅行時間之預測。該研究首先針對感應線圈偵測器可蒐集車流速度及流量的特性，利用模擬的方式產生所需之交通資料並加以驗證，然後利用倒傳遞(feed-forward back propagation)類神經網路模式來建立不同車流型態下之旅行時間預測模式。黃裕文等人(2003)以微觀的角度探討國內高速公路施工路段的車流變化，同樣以類神經網路方法建立旅行時間預測模式。

溫志元等人(2002)係針對高速公路進口匝道匯流路段之變換車道行為與加速車道變換車道匯入主線行為動機與條件進行界定，透過類神經網路進行旅行時間預測。此外，路段線形(Road Profile)亦可能造成旅行時間之推算誤差，林士傑等人(2001)以中華顧問工程司交通千里眼(e-traffic)所提供之即時交通播報資訊，再加上高速公路幾何、交通量調查與客運車輛 GPS 等資料，運用類神經網路準確預測高速公路旅行時間，來供用路人參考以降低不確定性。

鑒於國內偵測器普遍設置不足，吳佳峰等人(2001)透過安裝有 GPS 之探針車輛的歷史旅行資料來預估車輛旅行時間。為了能夠正確預估車輛旅行時間，該研究設定了車輛運行路線分段以及車輛歷史旅行資料劃分時段之準則，並透過同時考量歷史資料庫與即時資料的方式，並將前車運行的狀況納入考量，設計出一套具體可行的旅行時間預估方式。

由於交通資料的來源具有多元的特性，因此近年來有許多研究提出資料融合的模式，來整合不同來源的異質資料，藉以提升旅行時間推算之準確率，如李穎等人(2002)融合國道客運班車 GPS 資料、車輛偵測器資料、事件資料等真實資料，以類神經網路法尋找各項資料來源其參數與旅行時間之關係。張慶麟等人(2002)以 AVI 方式針對高速公路平常日之車流情形，先行應用車流模擬方式考量不同資料輸出時距、偵測器佈設間距及 AVI 辨識率等產生相關資料，配合簡單指數平滑法、Holt's 指數平滑法、ARIMA 模式及倒傳遞神經網路構建四種旅行時間預測模式，分別進行預測績效分析。黃文鑑等人(2007)則是利用車輛偵測器與探針車類神經於中正機場至台北之間有探針車輛的路段使用類神經進行旅行時間預測。

2.1.6 模糊理論

Li 等人(2002)發展一套利用單一探針車作旅行時間估計的方法。首次引入了駕駛行為變數，分別為快速、中等以及慢速，駕駛行為的分類是透過探針車的測量值與平均旅行時間，經模糊理論比較所得。當探針車的測量值經比較後被歸類後，若被判定為中等速度的車輛，其測量值就被視為該路段實際旅行時間，否則實際的旅行時間需要由探針車測量值乘以系數作調整後求得。經實際驗證，在非擁擠的情況下得出足夠準確的結果，而在擁擠情況下表現則未如理想，仍有待改善。

2.1.7 其它推估方法

Choi 等人(1998)利用衛星定位系統(GPS)及電子地圖來計算及蒐集市區路段之動態旅行時間。該研究提到為最常用的方法是以浮動車輛法(floating car method) 來得到路段旅行時間,缺點在於需要有足夠數量的浮動車(或稱探針車),以收集到每個車道、每個方向、各個時段的各種交通參數資料等。Yoshikazu 等人(1998)研究高速公路線上(on-line)之旅行時間預測模式,提出必須在某些特條件因素被滿足時,才能在車輛偵測器無法提供完整資訊的情況下,預測高速公路的旅行時間。

李俊賢等人(1996)研究隨機性動態旅行時間,以 Fu 等人(1999)所提出之動態隨機最短路徑問題(DSSPP)為基礎,建立隨機性動態旅行時間(SDTT)模式。卓訓榮等人(2003)以參考擬最鄰近法(pseudo-nearest-neighbor)的概念,以最鄰近參考數列之對應數值進行不完整資料之差補,並應用灰關連度函數作為衡量兩完整數列間之鄰近程度,以彌補交通資料集合必須符合 Gaussian 隨機分配之限制,再透過模糊類神經網路之倒傳遞網路學習機制推估旅行時間。

目前國內高速公路採用之旅行時間預測模式係直接利用 VD 偵測到的速度去計算路段的旅行時間,並直接加總。在短程且交通狀況變化不大的時段,或許可以用此類的方式直接加總,經過實證分析,通常也有不錯的表現。但是一旦當預測的距離變長或是交通狀況變化較大的路段,此類方法的準確度則有待評估。k-NN 方法可以考量時間延遲的課題,再加上該方法簡單易於操作,無需購買任何軟體即可獨立運作,因此本研究將以 k-NN 方法為基礎,發展相關的高速公路旅行時間預測模式。

2.1.8 資料過濾模式

資料過濾模式之主要功能為去除因為異常因素導致的資料異常,但因為實務上並無法即時的知道異常狀況的發生,故必須藉由統計的手法針對資料本身判定。

許程詠(2011)在利用灰色理論做為車輛偵測器差補方法的研究中,利用統計學原理中的中央極限定理;在獨立隨機的大樣本(通常大於 30 筆即視為大樣本)中其樣本平均數符合常態分配。將落在平均數距離正負三倍標準差之外的值視為離群值(Outliner),並將其過濾。

另外許程詠(2011)也利用連續三筆資料 V_{t-1}, V_t, V_{t+1} ，以第一及第三資料檢視第二筆資料值的變化是否皆超過 15%，如過變化皆超過 15% 即視為異常值，並將其過濾。

2.1.9 資料遺漏差補模式

資料遺漏的定義可以解釋為，在現實生活中確實存在這筆資料，但可能在蒐集或傳輸的過程中，因為通訊網路或是設備的故障，而導致一筆或多筆連續或不連續資料的遺失，此現象為遺漏資料值 (Missing Value) (Plye, 1999)。

Little and Rubin (1987) 將遺漏資料值分成三種：

(1) 完全隨機遺漏 (Missing Completely at Random, MCAR)

完全隨機遺漏是指資料的遺漏是完全隨機的，與其他變數無關。此種類型的遺漏值無法透過對其他資料的評估來加插補。

(2) 隨機遺漏 (Missing at Random, MAR)

隨機遺漏是指資料是否遺漏與資料中其餘被觀察到的變數具有相關性，而與遺漏部份的變數則無關。

(3) 不可忽略的缺失 (Nonignorable Nonresponse)

不可忽略的缺失是指當是否遺漏與資料中所有變數均相關時，則視此時遺漏值的發生為不可忽略的。我們可以藉助模型的幫忙，但資料的遺漏與遺漏的變數有關，因此此時所建立的模型並無法完全地呈現遺漏值的情況。

處理遺漏值的方式有很多種，但一般大多透過統計學的相關技術來進行遺失資料的插補法，大致上可分為以下兩類：

(1) 單一插補法

單一插補法包括包括平均數插補與迴歸插補。當給定觀察資料，插補值是固定的，Rubin(1987)提到單一插補法(single imputation)主要有兩個優點，第一為插補資料後便有一組完整的資料來分析，第二個優點為插補的方法可以結合資料收集者的訊息。相對的，單一插補法也有缺失主要為無法反應抽樣的變異，也就是會增加參數估計量過多的變異，造成信賴

區間過於寬闊。且也忽略了完整資料與遺漏資料的多對一關係。

(2) 多重插補法

Rubin於1978提出了多重插補(multiple imputation)的概念，主張應用各種插補方法和估計的數值，應該不限於一組。反之研究者對於某一特定變項之遺漏值的處置，可以插補(或估計)一系列的數值。由於每一個遺漏值皆有相對應的許多插補值或估計值，因此研究者可以比較不同處置方法的差異，甚至估計插補的誤差，然後進一步模擬估計值的分佈。可是在實用的角度來看，由於多重插補必須產生許多的插補值，然後重複模型分析，自然也就會增加資料處理與分析的複雜性和成本。

一般來說常用的插補法有Random Hot-Deck 插補法、平均值插補法 (Mean Imputation)、迴歸插補法 (Regression Imputation) 以及比例插補法 (Ratio Imputation)、組內插補法(interpolation imputation)、組外插補法(extrapolation imputation)等。以下分別說明之：

(1) 比例插補法

比例插補法係利用兩個變數間所存在的比例關係進行插補，其中一個變數為具有缺失值的變數，也就是待差補的變數，其值為 y_i ，它在某些調查單位上是缺失的，缺失的部份記為 y_i^* ；另一變數為輔助變數，其值為 z_i ，它的資料在樣本中是完整而無缺失的，如表 2-1比例插補法資料表所示。

表 2-1 比例插補法資料表

i	1	2	3	4
y_i	3	y_2^*	9	6
z_i	15	20	45	30

比例插補法係利用 y_i 與 z_i 的比例進行插補，所以

$$y_2^* = \frac{3}{15} * 20 = 4。$$

(2) 平均數插補法

平均數插補法就是利用同一屬性(X)中的平均值來取代其該屬性原有的遺漏值。此方法最明顯的缺點是它無法用在非數值的資料，且可能扭曲X變項在樣本中的分配。

(3) 組內插補法(interpolation imputation)

與平均數插補不同處在於其作法為將各遺漏值以其前後各幾個未遺漏的資料求其平均值替代之，為平均數插補法的變形。這種方法最大的困難在於如何決定要取幾個來平均呢？且有遺漏資料不見得與其前後資料有相關，一旦沒有任何關係的話，可能造成更大的偏差。

(4) 組外插補法(extrapolation imputation)

利用遺漏值之前幾個或後幾個未遺漏資料的平均值替代之，為平均數插補法的變形，其可能產生的問題與組內插補法相同。

(5) 熱卡插補法(hot-deck imputation)

熱卡插補法的基本精神，就是按照輔助變項的不同條件，將未出現遺漏值的觀察體分類成為若干的「插補空格」(imputation cell)，最後，每一個出現遺漏值的觀察體，依據其輔助變項的條件，從相對應的「插補空格」中找尋一個觀察體，以其觀測所得的變項數值代替其遺漏值。

Fellegi及Holt(1976)認為使用熱卡插補後的資料比平均數插補後的資料更能代表原始的母體分配行為；也就是說這些插補過後的值更具有代表性。主要是因為平均插補法在同一屬性中加入了相當大量的平均值，使得樣本分配的形狀受到不小的影響。

(6) 冷卡插補法(Cold-deck imputation)

相對於熱卡插補法，若是區分或比較的對象是以前舊有的資料時，則稱為冷卡插補法。

(7) 替代插補法(substitution imputation)

觀察變數間的相關性，對於高度相關的變數，其間之部分變數若存在著不完整資料，則可以利用相關變數(完整資料)之值推導出遺漏值的部分。

(8)迴歸插補法(Regression imputation)

迴歸插補法是一般插補法中較常用的方法，其迴歸模式通常表示如下：

$$\begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W \\ X \end{bmatrix} \beta + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{bmatrix}$$

其中， Y 為已知值， Z 為遺漏值， X, W 分別為 Y, Z 的解釋變數， β 為估計的參數， ε_1 與 ε_2 分別為誤差項。利用已知的數據建立模型： $y = x\beta + \varepsilon_1$ ，利用最小平方法(LSE)估計出 $\hat{\beta}$ ，再把代入遺漏值模式： $z = w\hat{\beta} + \hat{\varepsilon}_2$ 則可得到一組插補值。這裡有關 $\hat{\varepsilon}_2$ 方面，若 $\hat{\varepsilon}_2 = 0$ ，則稱為確定迴歸插補法，否則稱隨機的迴歸插補法。迴歸插補法是用來預測某一屬性的遺漏值，其作法為藉由與其他屬性間建立關係。這是在統計上常用的方法，一般來說，預測遺漏值的效果還不錯，不過如果資料分佈太過分散，則其建立的關係可能就較差，而預測出的遺漏值也較不準確，另外還有一點值得注意的就是迴歸法在處理大量資料時的執行效率。

2.1.10 小結

目前國內高速公路採用之旅行時間預測模式係直接利用 VD 偵測到的速度去計算路段的旅行時間，並直接加總。在短程且交通狀況變化不大的時段，或許可以此類的方式直接加總，經過實證分析，通常也有不錯的表現。但是一旦當預測的距離變長或是交通狀況變化較大的路段，此類方法的準確度則有待評估。k-NN 方法可以考量時間延遲的課題，再加上該方法簡單易於操作，因此本研究將以 k-NN 方法為基礎，作為高速公路旅行時間預測模式。

此外本研究針對高速公路進行資料過濾，因此會先分析高速公路交通資訊的特性，接著針對不同交通資料來源的特性建立不同資料過濾模式；當過濾完異常資料後，異常資料即被刪除而造成資料遺漏。或者是偵測器設備、通訊問題而發生資料遺漏之情形，因此需要資料插模式插補遺漏之資料。依據上述文獻回顧結果，可發現多數方法皆需要完整的資料來源，本研究所使用 k-NN 法不同於其他方法在資料遺失時仍能有效運作。

2.2 資料蒐集與過濾

本研究利用高速公路上的交通資訊蒐集設備包括車輛偵測器 (Vehicle detector, VD)、探針車(Probe vehicle)、電子收費系統(ETC) 與自動車輛辨識系統(AVI)。以下分別說明各種資料來源之特性與資料前處理：

(1) 車輛偵測器 (VD)

高速公路的車輛偵測器具有以下特性：

- A. 佈設位置與密度視路段交通狀況而定，偵測器間約間隔 1~2 公里。
- B. 車輛偵測器回傳頻率為 1 分鐘/次，回傳的資訊有偵測器編號、1 分鐘內各車種的平均速度、一分鐘內各車種的流量、回傳時間等
- C. 偵測器傳回的為點位資料，非路段資料。
- D. 偵測器有可能因為通訊或是設備問題，導致遺失資料。

車輛偵測器在蒐集資料的過程中可能發生下列問題：

- A. 速率、流量突然增加或降低(如圖 2.2-1、圖 2.2-2)
- B. 長時間速率偏低或偏高(如圖 2.2-3)
- C. 長時間流量偏低或偏高(如圖 2.2-4)
- D. 資料缺漏(如圖 2.2-5)

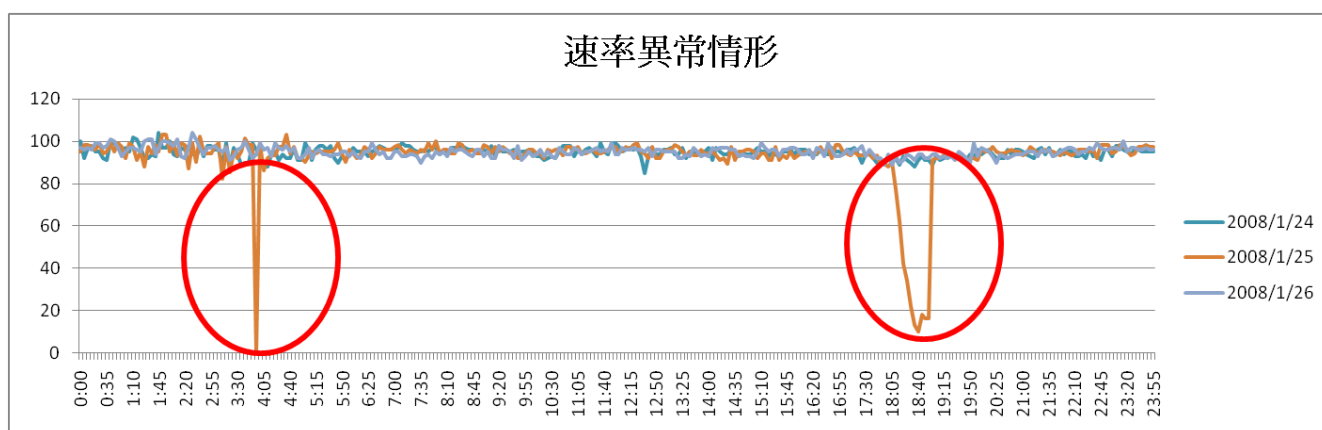
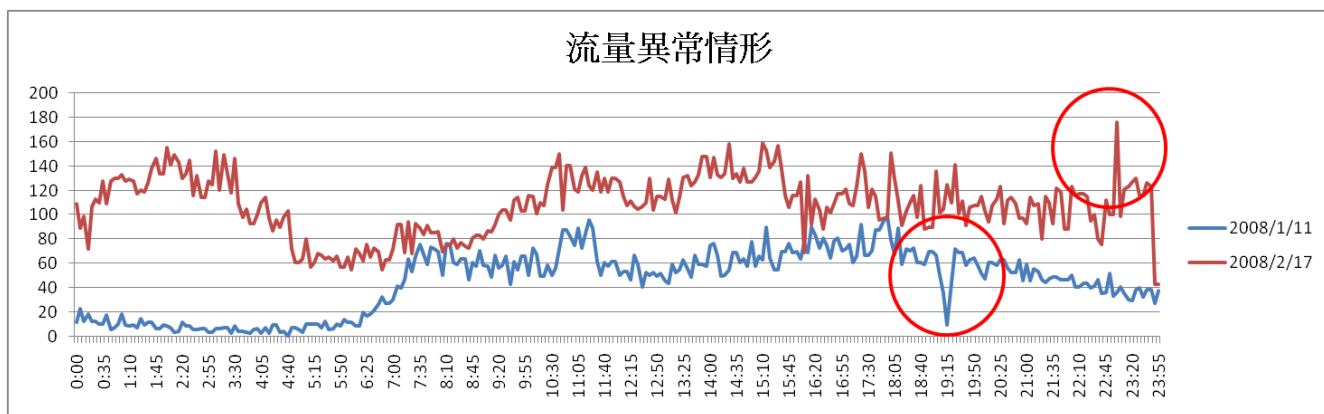
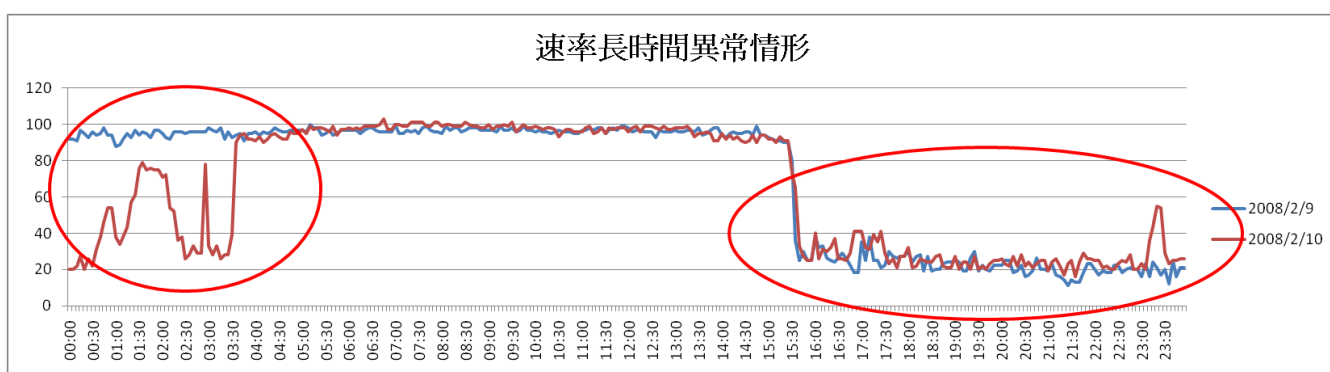


圖 2.2-1 速率異常情形



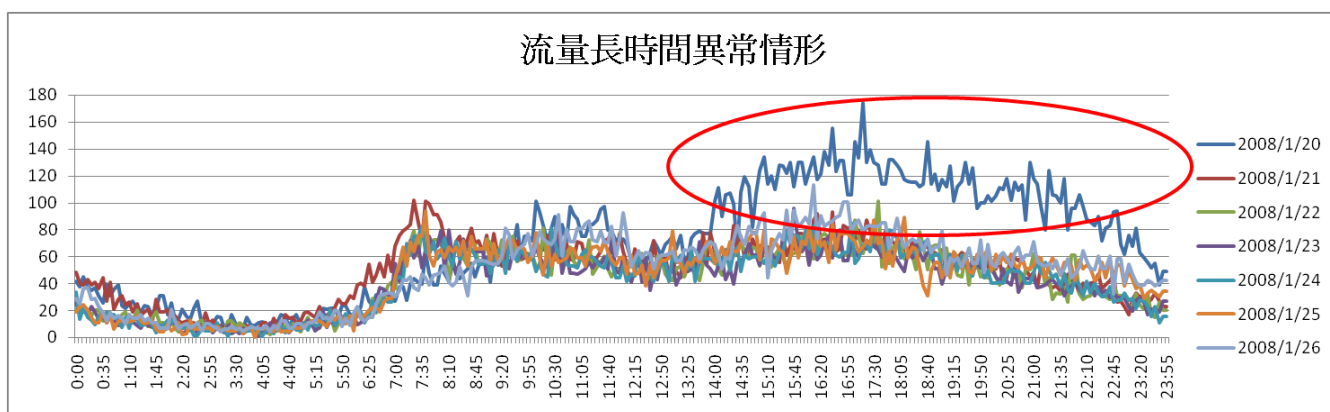
[資料來源：本研究整理]

圖 2.2- 2 流量異常分佈圖



[資料來源：本研究整理]

圖 2.2- 3 速率異常分佈圖(長時間偏低)



[資料來源：本研究整理]

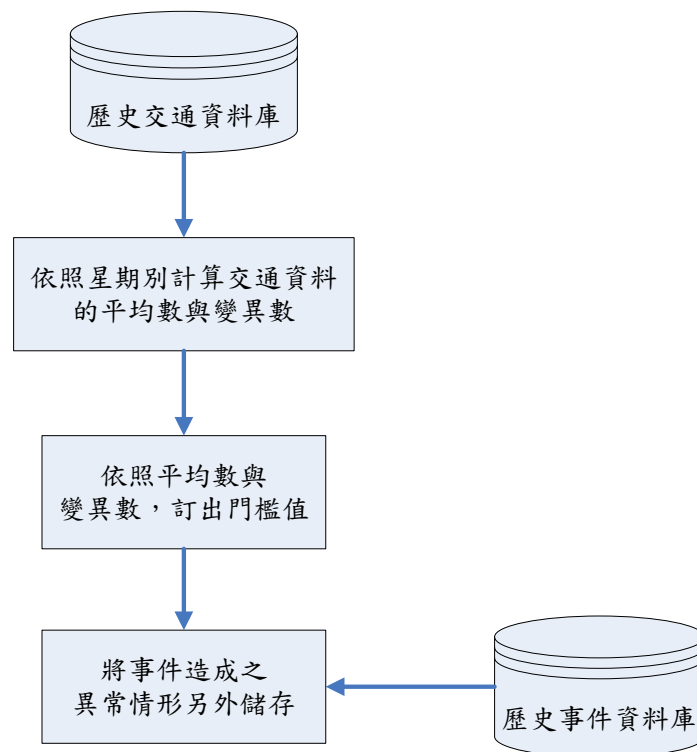
圖 2.2- 4 流量異常分佈圖(長時間偏高)



[資料來源：本研究整理]

圖 2.2- 5 流量資料遺失圖

本研究將依照下列流程建立異常資料過濾模式，流程圖如下圖所示：



[資料來源：本研究整理]

圖 2.2- 6 異常資料過濾模式建立流程圖

步驟一：

將流量、速度與佔有率分別依照星期別分別計算不同時段與不同路段之平均數與變異數

步驟二：制定門檻值

計算上述不同時間不同路段的平均數與標準差後，刪除在三倍標準差以外的資料，以三倍標準差當作門檻值。

本研究所蒐集資料屬於大樣本性質，依照統計學原理當樣本數大於 30 時，參數估計式抽樣分配趨近常態分配。而常態分配中大部分之觀測值，會落在距離平均數正負三倍標準差的範圍內。因此落在三倍標準差外的值可判定為離群值（Outliers）。由於前後時段之數值不可能相差過大，因此可將這些離群值視為錯誤資料，並予以刪除。

步驟三：蒐集事件資料，並將由於事件造成之異常分開儲存

上述幾種可能的異常資料發生原因中，除了事件造成的異常外，其餘原因造成之異常才是本模式過濾之目標，因此蒐集事件資料有助於界定由於事件所造成之異常有哪些。當即時資料進來時，本研究將先比對全國路況資料庫，看看當時是否有發生事件，若有事件發生，則直接將資料存入事件資料庫，若無，即可依照此門檻值過濾資料。

(2) 探針車(Probe vehicle)

本研究所採用之探針車資料主要來源為國道客運，主要因為目前所能獲得的探針車資訊中以國道客運作為來源的資料量最為豐沛穩定。由於客運車輛行駛國道時，有車道限制，不能行駛最內側車道，且速限較一般小客車低。因此利用簡單迴歸方式修正旅行時間推估模式，透過其迴歸參數將大客車平均速度轉換成小客車平均速度。以利後續旅行時間推估模組使用，其模式如下：

$$(\text{小客車平均速度}) = \alpha + \beta (\text{大客車平均速度})$$

表 2.2- 1 大小車迴歸參數

北上	α	β	南下	α	β
平日尖峰	88.0489	0.135855	平日尖峰	90.40584	0.097041
平日離峰	104.9501	-0.01207	平日離峰	101.115	-0.00255
假日尖峰	89.86883	0.088273	假日尖峰	108.5274	-0.1181
假日離峰	100.3914	0.003374	假日離峰	97.77981	0.025441

探針車之資料具有以下特性：

- A. 探針車資訊回傳頻率為 30 秒/次。回傳的資訊有車機編號、座標、速度、方位、回傳時間等。
- B. 探針車回傳之資料為點位資料，非路段資料。
- C. 探針車回傳之位置或速度資料可能會產生漂移的現象。
- D. 探針車主要以國道客運車輛為主，由於客運車輛行駛國道時，有車道限制，不能行駛最內側車道，且速限較一般小客車低。
- E. 同時段出發之探針車之旅行時間會有差異
- F. 起迄點可能與目標路徑不同
- G. 探針車可能會於目標路徑中下匝道載客後再上匝道

探針車在蒐集資料的過程中可能發生 GPS 漂移的現象，如圖 2.2-7。



[資料來源：本研究整理]

圖 2.2- 7 GPS 座標漂移

因應上述特性，本研究發展探針車的過濾模式，採用運研所提供「99年版交通路網數值地圖」的點位資料，所要過濾範圍為國道三號新竹系統至汐止系統間，因此刪除國道客運所回傳 GPS 點位不在範圍內的資料。此外在設定刪除與高速公路垂直距離大於 100 公尺的座標點的過濾條件，讓所有 GPS 資料都落在主線道的範圍內。

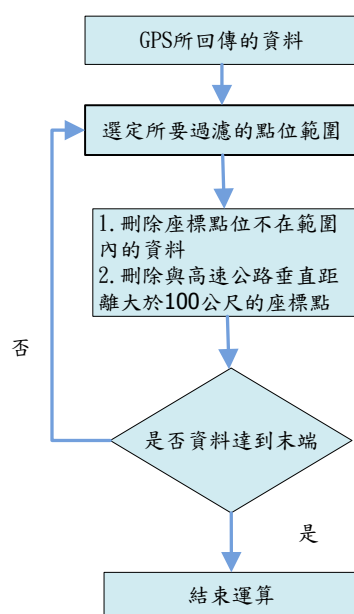


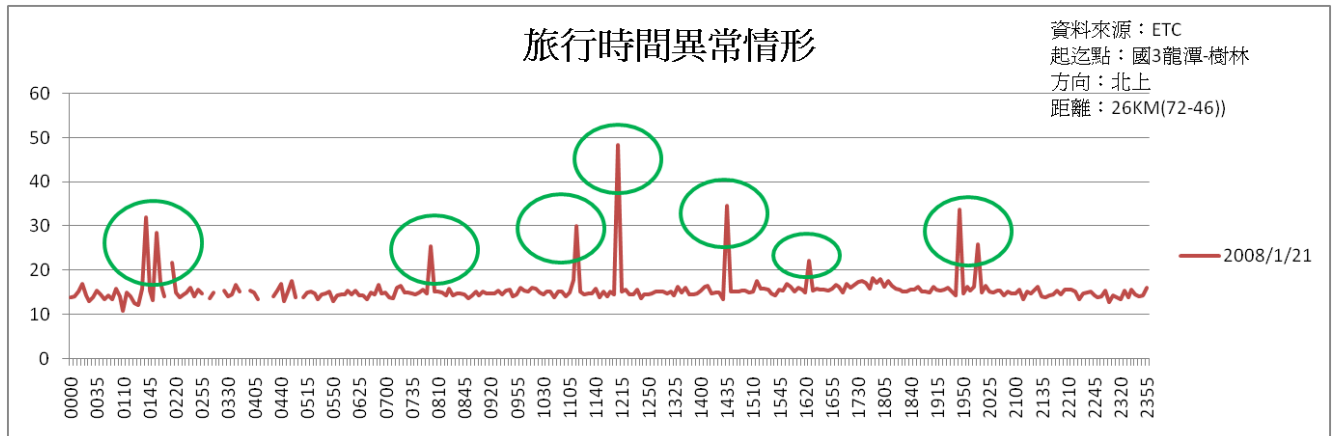
圖 2.2- 8 探針車資料過濾模式

(3) 電子收費系統(ETC)

ETC 之資料具有以下特性：

- A. 由於通過收費站的速度較快、時間較短，因此會低估整體車流的旅行時間。
- B. ETC 蒐集到之旅行時間與目標路徑可能不同。
- C. ETC 蒐集到之旅行時間可能會包含下匝道之後再上匝道或是有進入休息站之車輛之旅行時間。

ETC 在蒐集資料的過程中可能發生旅行時間過高的問題(如圖 2.2-9)。



[資料來源：本研究整理]

圖 2.2- 9 旅行時間異常分佈圖

因應上述特性，ETC 之前處理項目如下：

取得 ETC 資料之方式，並非以即時抓取的方式來取得，而是取得其歷史資料後匯入本研究之資料庫當中，取得方式除了透過光碟燒錄的方式、也透過遠通電收內部的 FTP 擷取資料。本研究以非即時的方式，將這樣的 ETC 資料抓入資料庫當中進行旅行時間的推估與校正。但 ETC 即時資料與歷史資料具有時間延遲，故需要發展資料過濾模式，其說明如下（圖 2.2- 10）：

- A. 與前一段時間（如五分鐘）的平均旅行時間比較，旅行時間不可能有劇烈變化
- B. 刪除正負 15% 以外的資料(遠通電收建議)

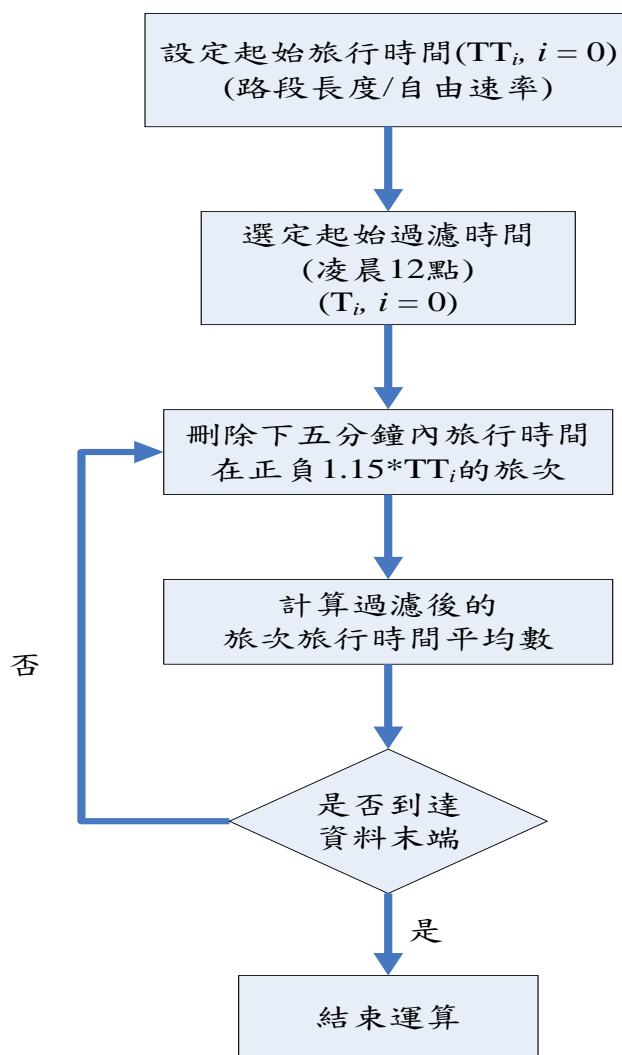


圖 2.2- 10 ETC 資料過濾模式

因國道客運有車道限制，不能行駛最內側車道，且速限較一般小客車低。而本研究所發佈對象為小客車，因此利用簡單迴歸方式修正旅行時間推估模式，透過其迴歸參數將大客車平均速度轉換成小客車平均速度。以利後續旅行時間推估模組使用，其模式如下：

$$(\text{小客車平均速度}) = \alpha + \beta (\text{大客車平均速度})$$

表 2.2- 2 大小車迴歸參數

北上	α	β	南下	α	β
平日尖峰	88.0489	0.135855	平日尖峰	90.40584	0.097041
平日離峰	104.9501	-0.01207	平日離峰	101.115	-0.00255
假日尖峰	89.86883	0.088273	假日尖峰	108.5274	-0.1181
假日離峰	100.3914	0.003374	假日離峰	97.77981	0.025441

(4) 自動車輛辨識系統(AVI)

AVI 之資料具有以下特性：

- A. 取得路徑旅行時間之頻率不固定。
- B. 同一時段比對到之旅行時間會有差異。
- C. 若 AVI 架設於匝道與平面道路連接處，則旅行時間包含行駛匝道的時間，資料仍需進行修改。
- D. AVI 蒐集到之旅行時間可能會包含下匝道之後再上匝道或是有進入休息站之車輛之旅行時間。

因應上述特性，AVI 之前處理項目如下：

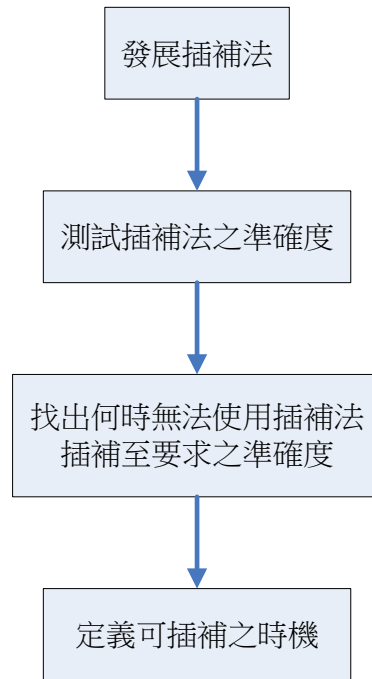
- A. 依照出發時段分類資料
- B. 計算同一時段中旅行時間之平均數、變異數、最大值與最小值
- C. 刪除極端值：刪除旅行時間超過平均數一個標準差以外之資料，這些資料很可能是因為車輛於服務區休息，或是上下某個途中的交流道所造成。

2.3 資料插補

需要遺漏資料插補模式的原因有二：

- (1) 當進行資料過濾工作時，異常資料會被刪除，因此需要利用資料插補模式補回被刪除之資料。
- (2) 偵測器之資料可能會因為偵測器本身故障或是通訊系統不良而發生資料遺漏之情形，因此也需要一模式來補回所遺漏之資料。

本研究將依照下列流程建立遺漏資料插補模式，流程圖如圖 2.3-1 遺漏資料處理流程圖所示：



[資料來源：本研究整理]

圖 2.3-1 遺漏資料處理流程圖

步驟一：發展插補法

如前所述，差補方法分成單一差補法與多重差補法這兩類，本研究係利用多重插補法來進行差補。由於本研究所採用的資料差補方法與前期計畫相同，因此不針對這部份加以詳述。

步驟二：測試插補法之準確度

本研究將依照下列步驟測試插補法之準確度：

步驟 2.1：將達到資料精確度與資料可用性要求之 VD 與歷史旅行時間資料依照不同交通需求與不同路段加以分類，分成平日離峰、平日尖峰、假日離峰、假日尖峰。

步驟 2.2：為了得知在不同資料遺漏比例下插補法之準確度，可分別移除不同比例之資料，並且在不同之遺漏比例下分別測試插補法之準確度，例如可以分別移除 20%、40%、60%、80%、100%之資料來測試。

步驟 2.3：由與採用多重差補方法，因此必須測試在不同插補運算次數與不同資料遺漏比例下，插補之資料與原始資料的絕對誤差。

步驟 2.4：分別利用插補過後之資料集與原始資料集推估路徑旅行時間，並計算兩者之間之最大絕對誤差與平均絕對誤差。

步驟三：找出不同資料遺失比例下，插補法插補之準確度

依據上述步驟可以得知資料遺漏比率與插補資料絕對誤差之關係，可以知道不同路段與不同交通型態下，資料遺漏比例與插補後資料精確度之關係。

發展旅行時間預測模式時，可分析不同資料精確度與旅行時間預測精確度之間之關係，如此便能得知遺失資料程度大於多少時，無法滿足旅行時間預測精確度之要求，此時便停止發佈預測之旅行時間。根據前期計畫的研究成果，資料遺漏比例與插補之精準度如表 2.3-1。

表 2.3-1 比例與插補之精準度範例

遺漏比例 (百分比)	精準度 (百分比)
20	90
40	85
60	60
80	20
100	0

假設模式對於速率的精準度要求為 90%，從上表中可知當遺漏比例為 20%時，插補之後資料精準度可達要求的 90%，但當遺漏比例再往上升時，插補之後的資料即無法達到精準度之要求，因此當遺漏比例超過 20%時，則停止預測旅行時間。

2.4 資料結構分析設計

在本研究中，蒐集之交通資料來源有 VD 與 AVI 這兩大類，其中 VD 可分為即時資料與歷史資料兩部份，而其中歷史資料又可依照事件的發生與否，區分為一般歷史資料與事件歷史資料。

本研究建議對於收集到的 VD 資料，可以依照如表 2-3 所示的表格來加以儲存，每個欄位的意義如「欄位說明」中所述。各類型資料蒐集頻率如下：

- ✓ VD：5 分鐘/次
- ✓ 探針車：30 秒/次
- ✓ ETC：1 分鐘/次
- ✓ AVI：1 分鐘/次

表 2.4-1 VD 資料庫結構

編號	欄位	型態	長度	欄位說明
1	Fdatetime	nvarchar	50	收集日期
2	Ftime	nvarchar	50	收集時間
3	Vdid	nvarchar	50	VD 編號
4	Ftspd	nvarchar	50	平均速度
5	Favol	nvarchar	50	平均流量
6	UseTime	datetime	8	時間
7	source	nvarchar	50	資料來源

本研究建議對於收集到的 AVI 資料，可以依照如表 2.4-2 表格來加以儲存，每個欄位的意義如「欄位說明」中所述。

表 2.4-2 AVI 訊號資料表單

編號	欄位型態	型態	長度	欄位說明
1	id	Integer	4	編號
2	Startdatetime	datetime	8	經過起點的日期
3	Direct	nvarchar	50	方向
4	CarNum	nvarchar	50	車牌序號
5	FThroughPt	nvarchar	50	經過點 A 的名稱
6	TThroughPt	nvarchar	50	經過點 B 的名稱
7	TroughATime	datetime	8	經過 A 點的時間
8	TroughBTime	datetime	8	經過 B 點的時間
9	DiffTime	datetime	8	時間差

表 2.4-3 客運車輛 GPS 訊號資料表單

編號	欄位	型態	長度	欄位說明
1	liGPSID	char	10	GPS 編號
2	iVehicleID	char	10	車輛編號
3	iDriverID	int	10	駕駛編號
4	iOriginalDriverID	int	10	原始駕駛編號
5	dtTime	datetime	8	時間
6	fLatitude	real	50	緯度
7	fLongitude	real	50	經度
8	iHeading	int	10	方向(度)
9	ucVelocity	int	10	速度(KPH)

表 2.4-4 ETC 資料表

編號	欄位	型態	長度	欄位說明
1	DetectionDatetime	datetime	8	日期時間
2	Start_TollNo	int	10	收費站起點代碼
3	End_TollNo	int	10	收費站迄點代碼

4	Dir	int	10	方向
5	Cartype	int	10	車種
6	Weekday	int	10	星期別

2.5 發佈系統建置

當模式通過驗證之後，將建立預測旅行時間與高速公路局交控系統間之 XML 資訊交換作業，並且建置基本查詢軟體，並完成與高速公路局網際網路發布系統間之 XML 資訊交換作業。

本模式每五分鐘自動與高速公路局網際網路發布系統之 XML 資訊連線以得到最新之國道 VD 資訊，並且每五分鐘於系統所在 IP 位置發佈 XML 格式之預測結果以供高速公路局網際網路發布系統之用。

2.5.1 相關軟硬體設施

本研究之硬體設施如下：

1. 伺服器乙台，規格如下：

中央處理器：Intel E5300 以上

主機板：MSI X58M 以上

記憶體：DDR2 2G 以上

硬碟：320G 以上

電源供應器：400W 以上

螢幕：15 吋以上

2. 本研究之軟體清單如下：

SQL Server 乙套

Microsoft Visual Studio 2005 乙套

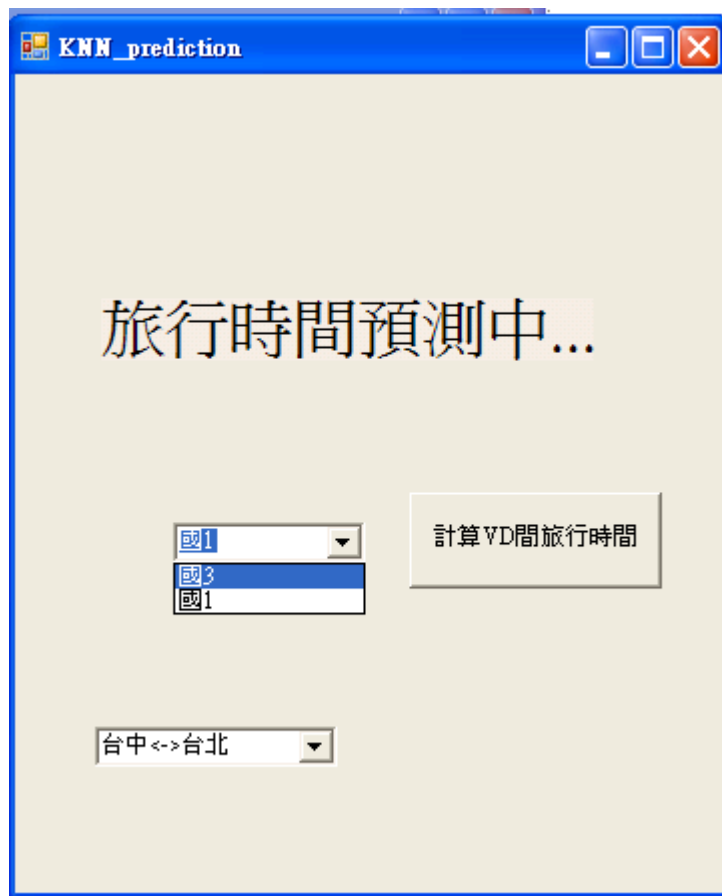
OS: Windows XP

2.5.2 起訖設定界面說明

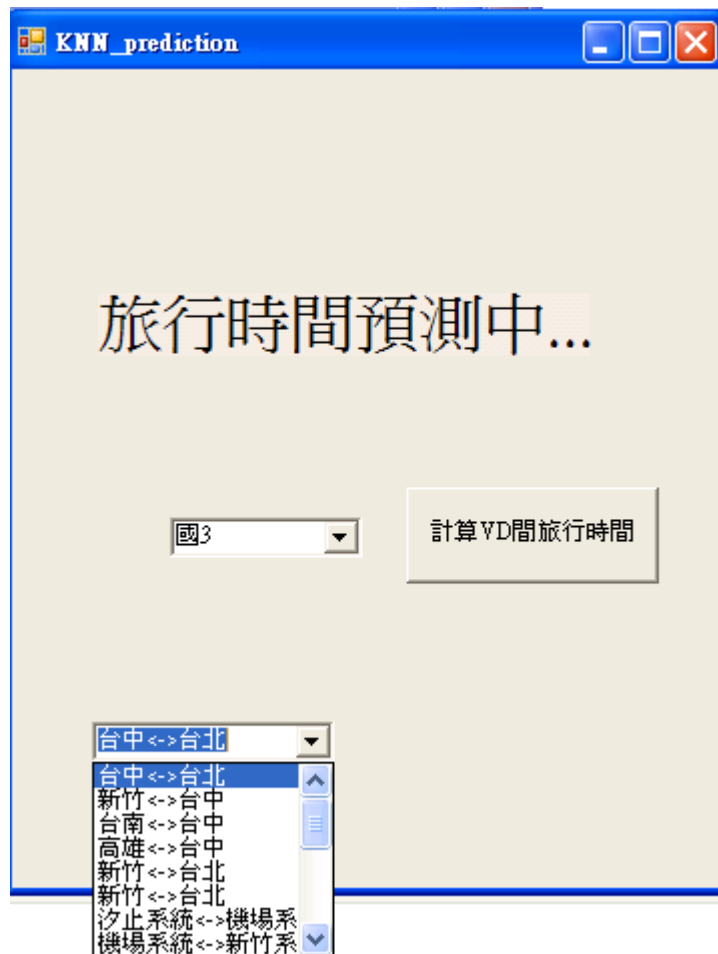
為了方便本系統的操作，我們建立了一個簡便的操作介面提

供使用者，啟動程式之後按照以下步驟操作即可完成設定：

(1) 利用下拉式選單選擇要使用的國道。



(2) 利用下拉式選單選擇所要預測的路段起迄，須要留意的是國道三號沒有提供都會區間的預測功能，因此在選取國道三號的條件下如果選擇都會區的預測功能則會出現錯誤訊息。



- (3) 按下”計算 VD 間旅行時間”按鈕即可開始預測
- (4) 如欲在同一台伺服器上同時預測多個路段只需同時執行多個預測程式並選擇不同路段即可，然而在同一台伺服器同時預測多個路段會造成運算過慢而無法在五分鐘之內完成預測，建議至多同時預測三個系統交流道之間、兩個相鄰都會區間或是一個長距離都會區間。

2.5.3 發佈資料格式說明

針對設定完成的起迄路段的旅行時間預測結果發布，目前系統設定的查詢有以下兩種方式：

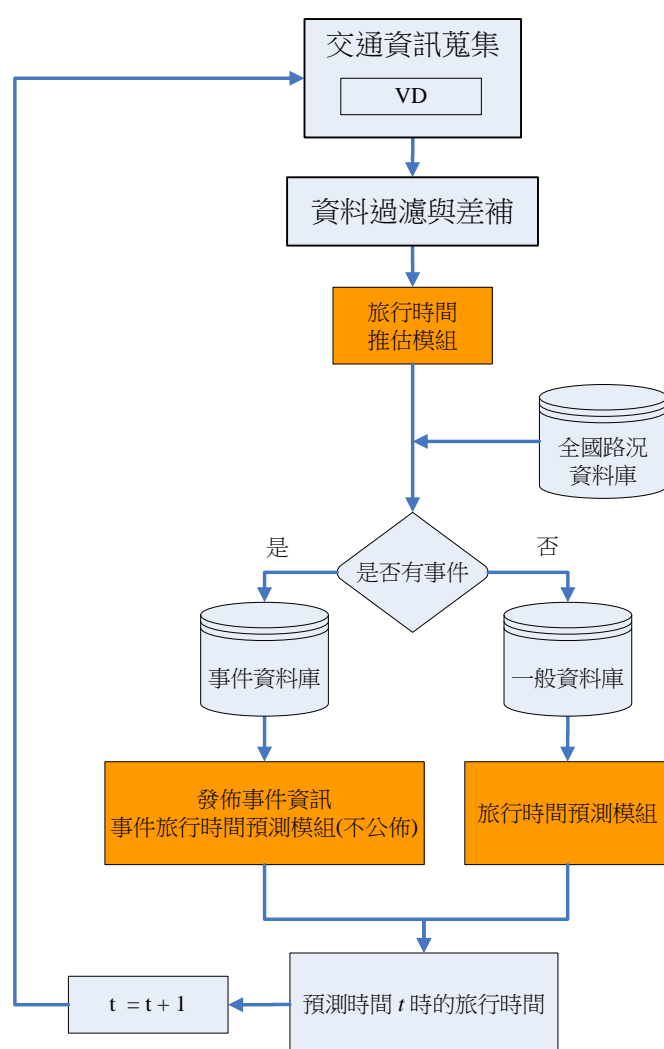
- (1) 資料庫發佈:預測結果可以利用對於伺服器所在 IP 的 SQL Server 連線並利用 Query 查詢最新旅行時間預測結果。
- (2) Xml 發佈:系統會即時更新在伺服器上以 xml 格式發布的最新旅行時間預測結果。

以資料庫查詢方式較利用 xml 的方式來的直接快速並且不會受到更新 xml 速度拖延的影響，可以得到最即時的資訊，故建議使用資料庫查詢的方法。

第3章 旅行時間預測模式

本研究所開發的旅行時間預測模式，主要是延續上期之模式開發成果，基本上可分為兩大模組，分別為旅行時間推估模組以及旅行時間預測模組。在旅行時間預測模組部分，又可分為一般情境之預測模組以及事件情境之預測模組。

首先過濾與處理收集自車輛偵測器與 AVI 的交通資料，接著利用處理後之 VD 資料推估路徑旅行時間（於 3.1 小節中說明），然後透過與全國路況資料的連線，確認並建立歷史旅行時間資料庫。最後透過本研究所發展之旅行時間預測模組來預測旅行時間。整體流程如圖 3.1 所示。



[資料來源：本研究整理]

圖 3.1 模式流程圖

3.1 旅行時間推估模組

旅行時間推估模組如圖 3.2 所示，重要流程說明如下：

(1) 蒐集偵測器之資料

即時蒐集偵測器速度、流量與占有率等資料，並將其之資料寫入資料庫中。當資料過濾之後遺漏比例超過 20% 時，則停止預測旅行時間。本研究所採用之 k-NN 模式在資料遺失情況下仍能有效的進行旅行時間預測，因此在實際應用中並未採用插補方法。

(2) 旅行時間推估模式

本研究利用偵測器所取得之小客車平均速度資料推估兩偵測器間的旅行時間，計算方式如（式 3-1 所示）。主要是取上下游偵測器的速度，加以平均當成是兩 VD 之間的平均速度，再透過與路段長度的比值，即可得出該兩個 VD 之間的旅行時間。

$$T_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{(V_{i+1} + V_i)/2} \quad (\text{式 3-1})$$

其中，

T_i ：偵測器 i 到偵測器 $i+1$ 間的旅行時間

x_i ：偵測器 i 的位置

V_i ：偵測器 i 偵測到的速度

(3) 建立歷史旅行時間資料庫

歷史資料庫用於儲存旅行時間推估模組演算的結果，也就是會儲存每一組相鄰 VD 與 VD 之間每五分鐘的平均旅行時間，以供後續預測模組之用。歷史資料庫的詳細資料架構請見下表 3.1-1 歷史資料庫資料結構範例於 2012 年 12 月 30 日上午五點五十分時由南下 101.51 公里處至南下

105.985 公里處：

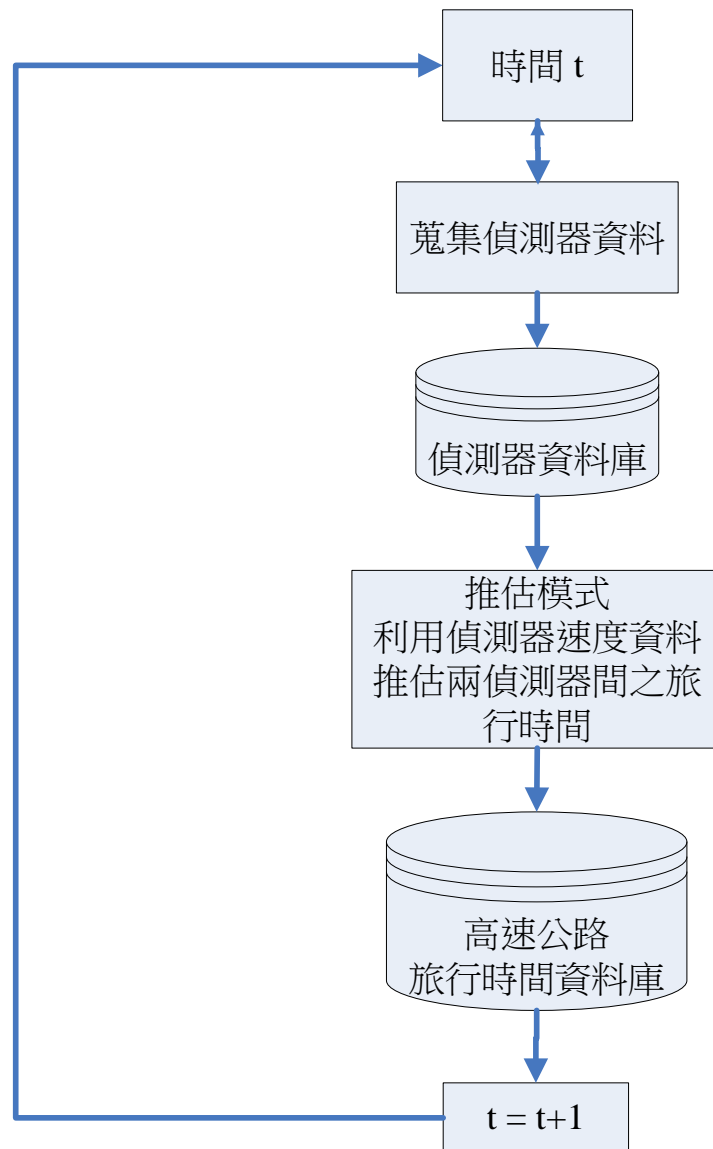


圖 3.2 旅行時間推估模組

表 3.1-1 歷史資料庫資料結構範例

上游 VD 名稱	下游 VD 名稱	旅行時間(秒)	資料時間	上游速度(km/hr)	下游速度(km/hr)	方向
VD-N1-S-101.510-M-LOOP	VD-N1-S-102.600-M-LOOP	40.59431	2011/1 2/30 05:50	96.66346	96.66346	S
VD-N1-S-102.600-M-LOOP	VD-N1-S-103.670-M-LOOP	39.84959	2011/1 2/30 05:50	96.66346	96.66346	S
VD-N1-S-103.670-M-LOOP	VD-N1-S-104.890-M-LOOP	45.43603	2011/1 2/30 05:50	96.66346	96.66346	S
VD-N1-S-104.890-M-LOOP	VD-N1-S-105.985-M-LOOP	40.78071	2011/1 2/30 05:50	96.66346	96.66346	S

將所計算出來的兩 VD 之間的旅行時間，除了依照上述資料庫結構建立歷史旅行時間資料庫。此時會與全國路況中心資料庫比對，若該時段有事件發生，則儲存到事件歷史資料庫中；若該時段沒有事件發生，則儲存到一般資料庫中。

3.2 旅行時間預測模組

一般旅行時間預測模組與事件旅行時間預測模組基本概念與方法是類似的，因此本小節將一般及事件旅行時間預測模組合併說明。唯透過事件旅行時間預測模組預測出之旅行時間，由於事件資料庫的規模仍不足，基於準確度之考量，僅供內部參考之用，不建議發佈給用路人。

旅行時間預測模組的目的，在於利用即時的交通資訊（稱為現況資料），預測由該時間點從起點出發至訖點的旅行時間。利用在同星期前後半小時的歷史資料中 k-NN 比對出 k 筆最近之歷史資料，透過每筆歷史資料各自起始時間得到每筆歷史資料預計可以抵達第一個偵測器所需的旅行時間後加總平均，再將出發時間加上該平均後旅行時間即得到抵達第一個偵測器的時間。而後將各歷史資料出發時間加上該旅行時間得到各歷史資料抵達第一筆偵測器的時間，再利用各筆歷史資料由第一個偵測器至第二個偵測器之旅行時間加總平均，得到由第一個偵測器抵達第二個偵測器所需的旅行時間。

間，再將第一個偵測器出發時間加上該旅行時間得到抵達第二個偵測器的時間，依此類推即得到起訖路段的旅行時間。

經過 k-NN 法可求得即時資訊的旅行時間解，然而道路上之交通情況多變，由於本研究使用之 k-NN 法為加入門檻值改良後的 k-NN 法，此方法精準度較高，但缺點為不一定可以比對的到資料。因此本研究為能持續得到旅行時間預測值，將加入迴歸模式進行預測。當所有的距離量度皆在門檻值外之時，系統便利用事先校估完成之迴歸模式進行旅行時間預測。迴歸模式所使用之參數唯在有重大工程變故時要重新校估，參數校估需要重新蒐集重大工程變故之後為期一年之歷史資料並且針對不同的起迄路段分別校估。

本研究所提出之旅行時間預測流程大致可以分為三個步驟：

- (1) 選定比對範圍：在歷史資料庫中撈取與現況資料同星期別，且在現況資料時間之前後半小時內的資料，作為 k-NN 的比對範圍。例如所要預測的現況資料為 2012/7/20 星期五 18:00，即在歷史資料庫中搜尋過去每個星期五從 17:30 至 18:30 之所有兩兩 VD 間旅行時間。
- (2) 以 k-NN 法比對：以 k-NN 在上述比對範圍中，比對與現況資料相似度在容許範圍內，最相似之 K 筆歷史資料。本研究以這兩筆資料旅行時間的平方差作為相似度的量測的方式，相似度的計算方式如下：

$$tss = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^T [w_q (T_{rij} - T_{mij})^2] \quad (\text{式 3.2-1}), \text{ 其中}$$

tss : 歷史資料與現況資料的相似度

L : 比對範圍的路段數量，以偵測器劃分路段。

T : 比對的時間個數。

T_{rij} : 即時各時間(i)、各偵測器間(j)之旅行時間。

T_{mij} : 歷史各時間(i)、各偵測器間(j)之旅行時間。

w_q : 權重。

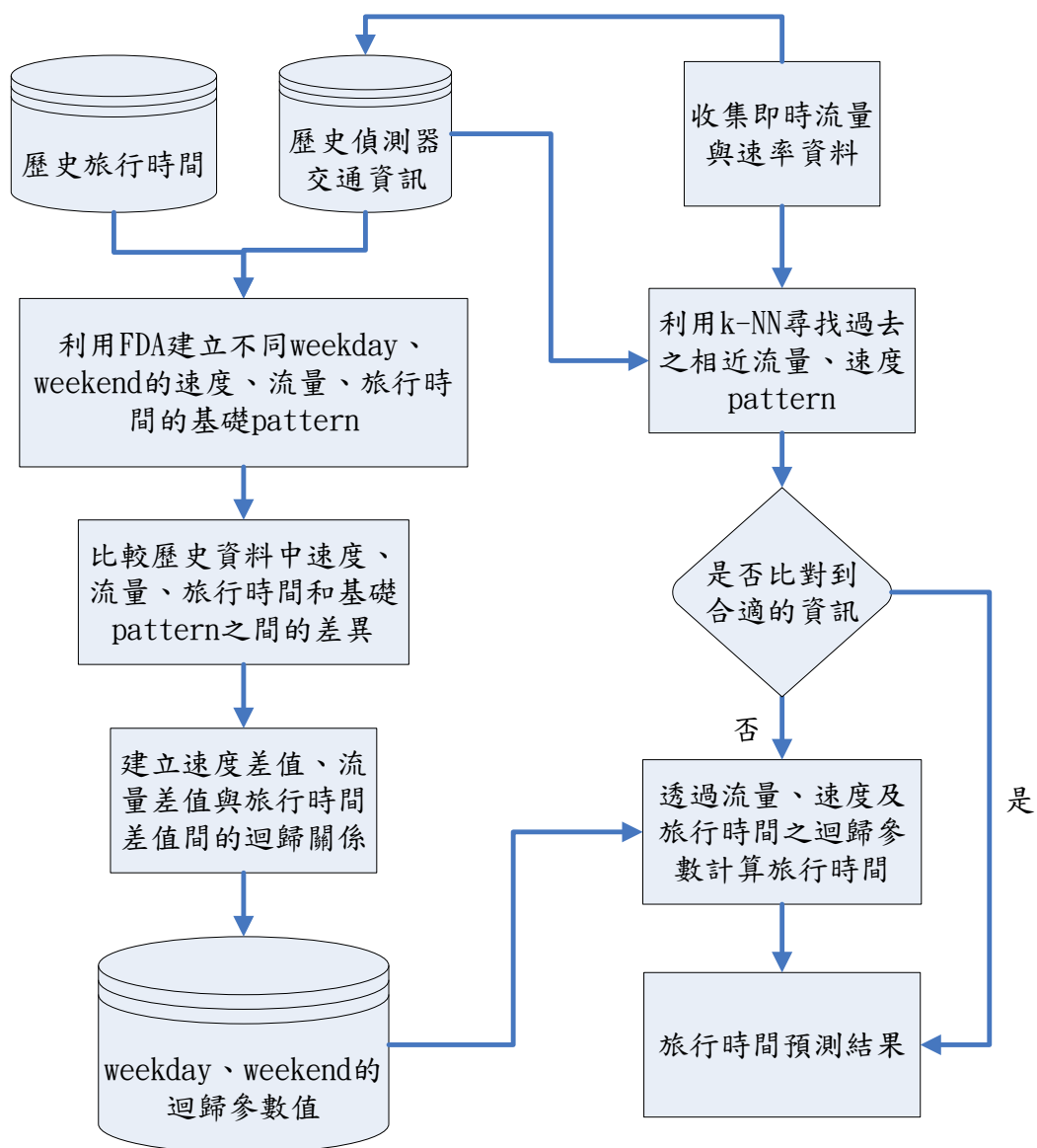
- (3) 進行延遲加總平均：由於 VD 將起點至迄點的路徑切割成許多路段，車輛通過每路段的出發時間點為前一路段的出發時間加上前一路段所需的旅行時間，此即為延遲加總的觀念。本研究透過此一延遲加總的原則，可利用上述比對出來最相似的 K 筆資料，計算出從起點到訖點所需的旅行時間。

例如某筆歷史資料由出發點 A 至終點 E，在 2012 年 1 月 6 日星期五 18:00 出發，由 A 點到達 B 點須花費 11.94 分鐘，因此約在 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：

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

完成每筆歷史資料之延遲加總後，再將各筆所得之旅行時間平均即為所預測的旅行時間結果。

本研究的完整預測模組流程如下圖所示：



[資料來源：本研究整理]

圖 3.2-1 旅行時間預估模組

關於 k -NN 以及迴歸模式之詳細敘述如下:

一、 k -NN 模式

由於不同的交通狀況會對應不同的旅行時間，利用本模式利用加入門檻值後之 k -NN 模式，找出與即時交通狀況類似的歷史資訊，再由該歷史資訊的旅行時間預測目前的旅行時間為何，以下將介紹 k -NN 模式。

學者 Robinson 和 Polak(2005)提出如果要建立一個準確的 k -NN 模式，首先要先決定以下這四個要素：1、決定模式中的特徵向量。2、決定判斷分群的樣本數量。3、利用加權法減少 k -NN 模式的誤差。4、設定距離量度(distance metric)。以下將針對這四點進一步說明。

決定模式中的特徵向量。

k -NN 的目標是在找尋最接近即時資訊的歷史資訊，本研究利用偵測器即時可收集到的資訊(流量、速率)做為特徵向量，由這些特徵進行比對，找出與即時資訊相類似的歷史資訊。

利用加權法減少 k -NN 模式的誤差。

由於本研究將同時比對流量與速率資訊的差異，由於這兩個變數的單位不一致，所以需要再設定權重以減少因單位差異而造成的誤差。本研究希望在尖鋒時刻下仍具有相當的準確率，因此以尖鋒時刻通過各偵測器之平均流量與平均速率做為權重設定的判斷方式。

設定距離量度(distance metric)及門檻值。

將即時資訊與各分群資訊的差異加總，即可得到樣本與各分群的特徵差異距離，而距離量度為判斷即時資料與那一組特徵資料相類似的一種判斷指標，當距離量度小於某一個門檻值，則判斷該即時資訊與某一組歷史資料類似，也正如此，可能會造成所有的距離量度皆在門檻值外，造成比對不到資料的情況。然而距離量度的判斷目前並沒有一個很好的準則來對各種資料進行距離量度的判斷，在面對不一樣的環境條件，分析人員必須自行建立一套準則來做處理，因此隨著不同的特徵分群，將會採用不同的距離量度以判斷即時資料與那一個歷史資料類似。

決定判斷類似樣本的數量。

本研究將比對每半個小時下每五分鐘通過各偵測器的流量變化和平均速度變化，再與歷史資料進行比對，比對出該半小時的交通狀況較近似於那些歷史資料，再從這些歷史資料中挑選最接近的 k 筆資料進行旅行時間預測。

在分類及分群之後，本研究目標將即時資訊和歷史資訊相比對，找尋即時資訊和那一些歷史資訊相類似，而找尋方式為找尋歷史與即時資訊的平方差加總在距離量度內時，則判斷該分群的歷史資訊與即時資訊類似，因此可以該天的歷史資訊來預測交通狀況，而判斷的模式建立如下：

$$tss = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^T [w_q (T_{rij} - T_{mij})^2] \quad (3.2-2)$$

T ：VD 間之旅行時間

L ：比對範圍的路段數量，以偵測器劃分路段。

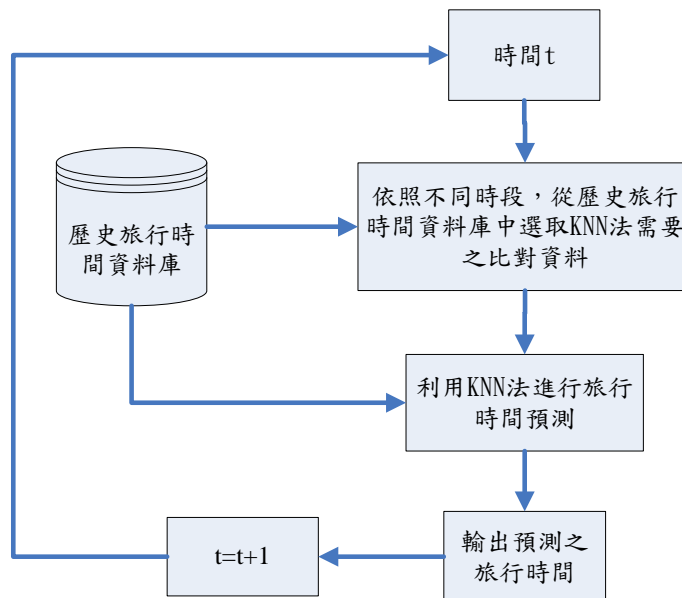
T ：比對的時間長度，本研究將比對一個小時的交通變化。

rij ：即時各時間(i)、各偵測器間(j)之交通資訊。

mij ：歷史各時間(i)、各偵測器間(j)之交通資訊。

w_q ：權重。

在找到類似的分群特徵後，本研究將收集歷史資料中滿足該特徵下實際日期，並代入歷史時間資料庫後，得到這些日期的歷史旅行時間平均值，即可預測各時間點之旅行時間。如圖 3.2-2 所示



[資料來源：本研究整理]

圖 3.2- 2 旅行時間預估模組

二、迴歸模式構建

當所有的距離量度皆在門檻值外之時，系統便利用事先校估完成之迴歸模式進行旅行時間預測。迴歸模式所使用之參數唯在有重大工程變故時要重新校估，參數校估需要重新蒐集重大工程變故之後為期一年之歷史資料並且針對不同的起迄路段分別校估。

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

簡單線性迴歸模式中僅包含兩個變數 (Variables)，且此兩變數間呈現線性之關係，其模式型態如下：

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (3.2-3)$$

Y 為依變數 (Dependent variable)。

X 為自變數 (Independent variable)。

α 為迴歸參數 (Regression parameters)，表示截距

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

ε 為誤差項。

線性迴歸模式通常可用最小平方法 (Method of Least Squares) 來進行線性迴歸分析，得到 α 與 β 之迴歸參數校估數值，畫出一條符合觀察資料的直線。

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

多元線性迴歸又稱為複迴歸，其主要是延伸簡單線性迴歸之觀念，但是在自變數的部分，為探討兩個以上的自變數與應變數間之關係，其模式型態如下式所示：

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (3.2-4)$$

其變數與簡單線性模式大同小異，只是自變數的數目由 1 個變成 n 個。多元迴歸分析目的是確認有關變數之間的關係，利用最小平方法建立多元線性迴歸方程，其主要有如下用途：

較容易測得的應變數 X_i 來推算較難預測的因變數 Y。

描述某一現象時，考慮與某些因素的數量關係。在此用來建立模式來探討各變數之影響力。

多重線性迴歸分析除了求取參數係數值外，還必須確定所得到的參數係數值是否「有效」，在求解迴歸方程前，線性迴歸模型只是

一種假設，因此還要進行統計檢定，以確保所得之參數及該迴歸式是否具有說明價值。

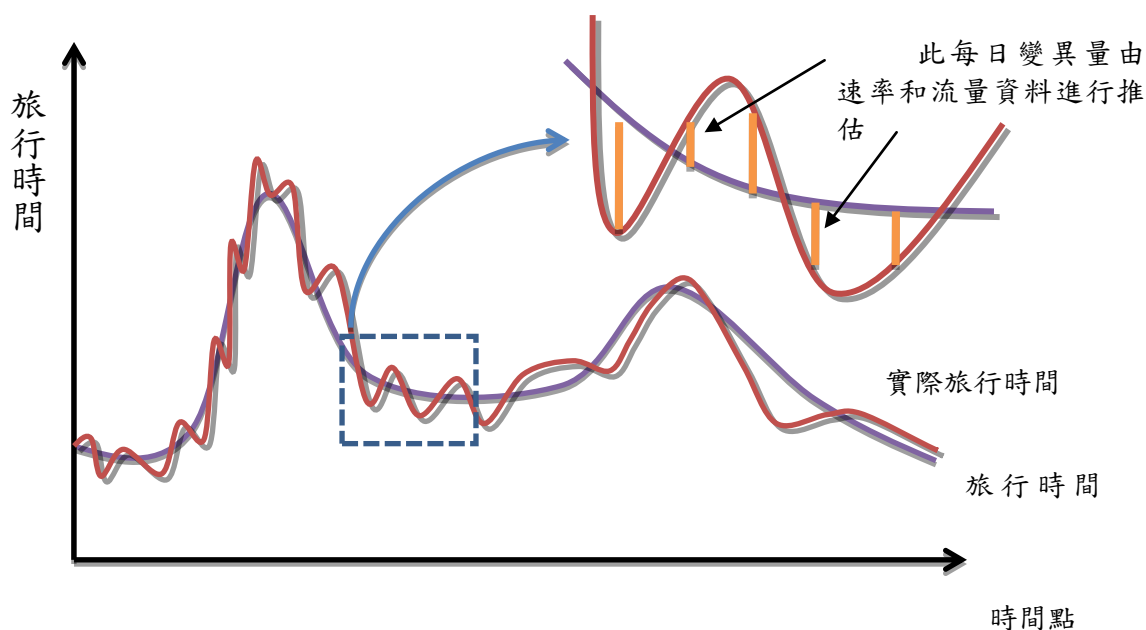
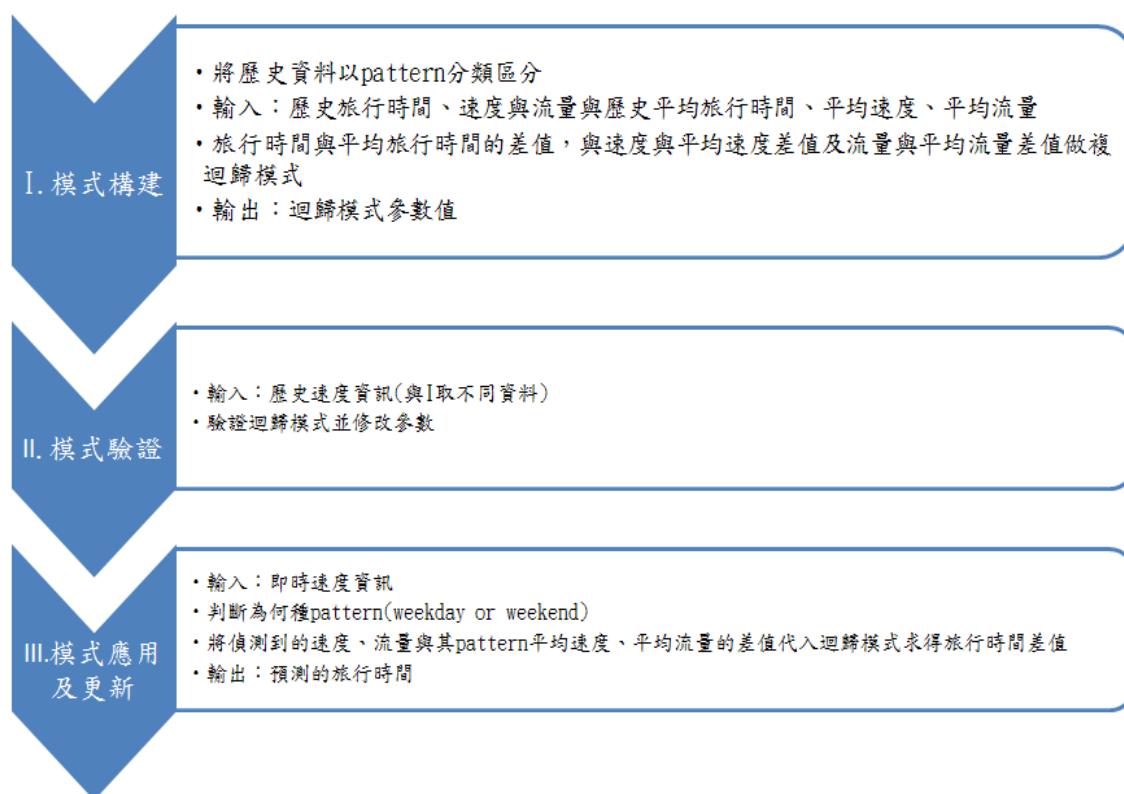


圖 3.2-3 推估概念示意圖

$$\Delta T^p = \sum_{i=1}^n \alpha_i^p \Delta v_i^p + \sum_{i=1}^n \beta_i^p \Delta f_i^p \quad (3.2-5)$$

其中 ΔT^p 為旅行時間與旅行時間基底值的差異量， Δv_i^p 為速度與速度基底值的差異量， Δf 為流量與流量基底值的差異量， i 為此模式所建構的收費站間的偵測器編號， n 為其間的偵測器數量， p 為分群數量。

流程圖如下圖所示



[資料來源：本研究整理]

圖 3.2- 4 迴歸模式架構圖

3.3 模式驗證方法

為了驗證本研究所提出的旅行時間預測方法的正確性，必須有一個實際的旅行時間（稱為真值）來與預測結果進行比較，才能夠客觀地來加以判斷。

本研究採用的真值來源有二，第一個為由高公局所提供的 AVI 資料，由於 AVI 的樣本數通常足夠，也代表了車輛「實際」的旅行

時間，因此可視為「真值」。第二個來源為實地調查，本研究派遣浮動車輛(floating car)，實際於高速公路行駛以調查所需的時間，由於全程以 GPS 定位並提供影像資料，因此也可視為「真值」。

本節首先分析這兩種「真值」的特性，並提出相關的資料處理方式以過濾掉無效資料。此外，考量實測資料的取樣有限，勢必無法提供大規模的模式驗證所需。因此在本研究透過相關的統計檢定方式，證明 AVI 資料與實測資料並沒有存在顯著差異，因此可使用 AVI 資料作為全面模式驗證之所需。

3.3.1 AVI 軌跡說明

自動車輛辨識(Automatic Vehicle Identification ,AVI)的主要功能是將車輛通過的時間與車牌紀錄下來，相同車牌車輛通過兩個 AVI 點的時間差值，即是該車通過這兩點的旅行時間。由於不須經過複雜模式轉換，再加上樣本數通常足夠，因此本研建議將其應用於預測結果的比較基準，其詳細處理過程如下：

步驟 1:原始數據

AVI 偵測器所蒐集之數據格式如下表所示，其包含資訊內容分別為 AVI 偵測器所在位置、偵測到車輛的時間、加密過的車牌號碼、以及工程處代碼。AVI 設備編碼內容包含所在道路類型、方向、位置等資訊。例如在表 3.3-1 AVI 原始資料表中，以 AVI-N1-S-12.080-M 為例，其編碼說明這座 AVI 為設置於國道一號南下路段 12.080 公里處之 AVI 偵測器。

本研究僅使用加密過的車牌號碼、偵測到車輛的時間及 AVI 設備編碼來進行旅行時間計算。

表 3.3-1 AVI 原始資料表

AVI設備設置位置		偵測到車輛的時間	加密過的車牌號碼	工程處代碼	AVI設備編碼
0	1	2011/11/29 23:59	4eTM3NV5a48	10	AVI-N1-S-0.000-M
0	2	2011/11/29 23:59	4dDcxN04532	10	AVI-N1-S-0.000-M
0	3	2011/11/29 23:59	4fTIyOF5655	10	AVI-N1-S-0.000-M
0	4	2011/11/29 23:59	4ejMxMF5253	10	AVI-N1-S-0.000-M
12080	1	2011/11/29 23:59	4eTM3NI4648	10	AVI-N1-S-12.080-M
12080	2	2011/11/29 23:59	52zQwN16767	10	AVI-N1-S-12.080-M
12080	3	2011/11/29 23:59	4fTk5NU6461	10	AVI-N1-S-12.080-M
12080	4	2011/11/29 23:59	51UY00T4167	10	AVI-N1-S-12.080-M
12080	5	2011/11/29 23:59	4fTg4NU3031	10	AVI-N1-S-12.080-M
12080	6	2011/11/29 23:59	4ejAzM15a49	10	AVI-N1-S-12.080-M
12080	7	2011/11/29 23:59	4dTc5SI553d	10	AVI-N1-S-12.080-M
12080	8	2011/11/29 23:59	4fTYyMk744e	10	AVI-N1-S-12.080-M

步驟 2:車牌比對

偵測器設置於路段兩端，車牌經辨識後，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。本研究以最鄰近兩台 AVI 做為切分點，將國道成 $n-1$ 個路段，使用兩兩 AVI 偵測器所蒐集之車牌互相比對，取得各路段旅行時間及軌跡。

步驟 3:資料過濾

由於車輛有可能在途中上下同一個交流道，也可能進入服務區休息，因此對於這些無法代表真正旅行時間的樣本，應該予以濾除。本研究以 5 分鐘為一個時間區間，計算出時間區間內之平均旅行時間及標準差，然後將超出 1 個標準差之外的樣本予以刪除。

以下以國道一號 2012 年 7 月 20 日 34.17 公里處以及 23.36 公里處作為過濾範例，如圖 3.4 所示，1 倍標準差具有較 2 倍標準差更好的過濾效果，從圖中可以清楚看出，2 倍標準差的過濾方式很有可能納入過多無法真正代表實際旅行時間的樣本。

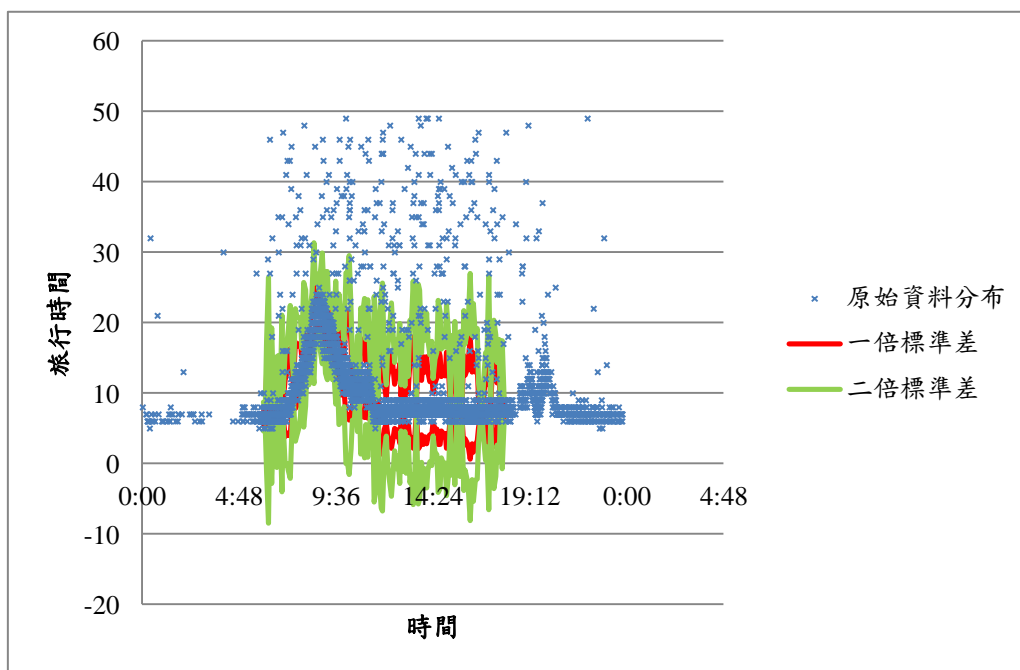


圖 3.3-1 AVI 資料過濾

步驟 4:平均旅行時間

本研究將時間以每 5 分鐘切割為一個時間區間，將兩兩 AVI 所蒐集之樣本，經步驟 3 過濾無效樣本後，將有效樣本的旅行時間計算

其平均值，即為該路段在該時間區間內的平均旅行時間，結果圖 3.3-2 所示。

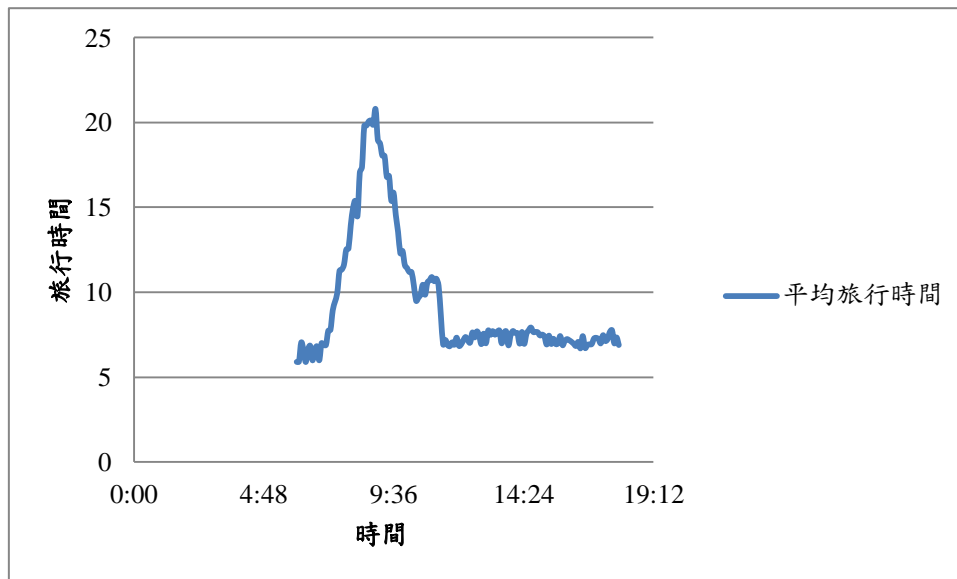


圖 3.3-2 AVI 旅行時間

步驟 5:旅行時間延遲加總

重複步驟 1~4 即可得到其它路段之旅行時間資料，在總旅行時間計算方面，由於 AVI 偵測器將起點至迄點分成許多較小的路段，車輛通過每一小路段的出發時間點應納入考慮，因此計算旅行時間須加入延遲的概念。例如某車輛由出發點 A 至終點 E，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：

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

上述的計算邏輯可如表 3.2-2 AVI 延遲加總旅行時間計算所示。

表 3.2-2 AVI 延遲加總旅行時間計算

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

AVI 偵測器所產生之旅行時間屬於過去資料，因此無法作為預測時間當下的現況資料，僅能作為建立歷史資料庫之用，或作為預測結果驗證之用。

3.3.2 實測資料說明

為了評估所預測的旅行時間的正確性，故本研究特別進行實際車輛測試，並收集完整的沿途資料，以作為後續評估之用。測試日期為民國一〇一年七月二十日及七月二十七日共兩天，測試時間分別為上午尖峰七時至九時及上午離峰九時至十一時，以每小時為單位共四個單位進行測試。實測所選擇之日期皆為週五，因為週五尖離峰時間之旅行時間變化最為劇烈且廣泛，能夠在有限的實測資源下包含國道可能發生之旅行時間。

測試路段分為國道一號南北向及國道三號南北向，國道一號北上部份為：高雄到嘉義系統、嘉義系統到彰化系統、彰化系統到新竹系統、新竹系統到汐止系統；國道一號南下部份為：汐止系統到新竹系統、新竹系統到彰化系統、彰化系統到嘉義系統、嘉義系統到高雄；國道三號北上部份為：竹田系統到水上系統、水上系統到彰化系統、彰化系統到新竹系統、新竹系統到汐止系統；國道三號南下部份為：

汐止系統到新竹系統、新竹系統到彰化系統、彰化系統到水上系統、水上系統到竹田系統等，共 4 個部份，實測日期、時間、與路段分配表如下所示：

表 3.3-3 實測時間、路段分配表（國道一號）

國道一號		南下		北上	
		汐止系統	新竹系統	彰化系統	新竹系統
		新竹系統	彰化系統	新竹系統	汐止系統
尖峰	07~08	7 月 20 日	7 月 20 日	7 月 20 日	7 月 20 日
	08~09	7 月 20 日	7 月 20 日	7 月 20 日	7 月 20 日
離峰	09~10	7 月 20 日	7 月 20 日	7 月 20 日	7 月 20 日
	10~11	7 月 20 日	7 月 20 日	7 月 20 日	7 月 20 日
國道一號		南下		北上	
		彰化系統	嘉義系統	鼎金系統	嘉義系統
		嘉義系統	鼎金系統	嘉義系統	彰化系統
尖峰	07~08	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日
	08~09	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日
離峰	09~10	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日
	10~11	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日

表 3.3-4 實測時間、路段分配表（國道三號）

國道三號		南下		北上	
		汐止系統	新竹系統	彰化系統	新竹系統
		新竹系統	彰化系統	新竹系統	汐止系統
尖峰	07~08	7 月 20 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 20 日
	08~09	7 月 20 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 20 日
離峰	09~10	7 月 20 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 20 日
	10~11	7 月 20 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 20 日
國道三號		南下		北上	
		彰化系統	水上系統	竹田系統	水上系統
		水上系統	竹田系統	水上系統	彰化系統
尖峰	07~08	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日
	08~09	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日
離峰	09~10	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日
	10~11	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日	7 月 27 日

實測資料的收集方式為駕駛車輛，在指定的起迄點中，實際行駛於道路中，全程收集所有的 GPS 定位訊號，並全程透過行車記錄器收集沿途的影像。同時在途中，設置若干控制點，以便後續可以計算兩兩控制點間所需的旅行時間。

3.3.3 實測值與 AVI 資料

因為取得足夠數量的實測資料在實務上有所困難，因此在本小節中，嘗試分析實測資料與 AVI 資料差異性，若無法驗證這兩種資料來源存在顯著差異，則建議以 AVI 資料當成驗證所預測旅行時間的「真值」，如此則可以展開大規模的測試。

測試的方法主要是比較同時出發的 AVI 車輛，與實測車輛通過實測檢測點的時間，假如兩者通過實測檢測點的時間無明顯的差異，則本研究認為 AVI 所提供的資訊和實測所提供的旅行時間資訊沒有顯著差異。

因為 VD 及 AVI 位置不同，以 VD 為比較基準，將 AVI 區段旅行時間，按比例差補至 VD 位置上，使得 VD 與 AVI 比較距離相等。

在這裡透過以下範例，說明如何透過 AVI 以及實測車輛通過檢測點的時間，來比較兩者所提供的旅行時間資訊是否有顯著差異，以及相關的統計假設與檢定。

下表 3.3-5 彰化至新竹通過實測檢測點時間為 2012 年 7 月 20 日國道一號由彰化出發至新竹路途，各實測車輛經過實測檢測點的時間以及相對應的 AVI 數據。

表 3.3-5 彰化至新竹通過實測檢測點時間

實測 1	國一	彰化-新竹						總起訖旅行 時間
	實測檢測點里程(km)	179. 77	160. 99	150. 86	116. 52	111. 45	100. 45	
	AVI 通過時間	0.30	0.30	0.31	0.32	0.32	0.33	
	實測通過時間	0.29	0.30	0.30	0.32	0.32	0.33	
	檢測點距離差(km)		18.7 8	10.1 3	34.3 4	5.07	11.0 0	
	檢測點間 AVI 平均旅行速度(km/hr)		97.4 7	99.6 4	101. 85	104. 18	108. 59	
	檢測點間實測平均旅行速度(km/hr)		98.8 3	109. 76	106. 07	109. 85	108. 33	
	AVI 旅行時間(minutes)		11.5 6	6.10	20.2 3	2.92	6.08	46.89
	實測旅行時間(minutes)		11.4 0	5.54	19.4 3	2.77	6.09	45.23
實測 2	國一	彰化-新竹						總起訖旅行 時間
	實測檢測點里程(km)	179. 77	160. 99	150. 86	116. 52	111. 45	100. 45	
	AVI 通過時間	0.34	0.35	0.35	0.36	0.37	0.37	
	實測通過時間	0.34	0.35	0.35	0.37	0.37	0.37	

	檢測點距離差(km)		18.7 8	10.1 3	34.3 4	5.07	11.0 0	
	檢測點間 AVI 平均旅行速度(km/hr)		91.3 1	101. 47	99.9 2	102. 77	112. 67	
	檢測點間實測平均旅行速度(km/hr)		88.2 4	85.7 1	101. 05	96.7 0	87.0 2	
	AVI 旅行時間(minutes)		12.3 4	5.99	20.6 2	2.96	5.86	47.77
	實測旅行時間(minutes)		12.7 7	7.09	20.3 9	3.15	7.59	50.98
實測 3	國一	彰化-新竹						總起訖旅行 時間
	實測檢測點里程(km)	179. 77	160. 99	150. 86	116. 52	111. 45	100. 45	
	AVI 通過時間	0.39	0.40	0.40	0.42	0.42	0.42	
	實測通過時間	0.39	0.40	0.40	0.41	0.41	0.42	
	檢測點距離差(km)		18.7 8	10.1 3	34.3 4	5.07	11.0 0	
	檢測點間 AVI 平均旅行速度(km/hr)		89.2 9	97.7 2	98.6 8	101. 74	108. 77	
	檢測點間實測平均旅行速度(km/hr)		96.6 2	104. 05	108. 21	108. 49	100. 80	
	AVI 旅行時間(minutes)		12.6 2	6.22	20.8 8	2.99	6.07	48.78
	實測旅行時間(minutes)		11.6 6	5.84	19.0 4	2.80	6.55	45.90
實測 4	國一	彰化-新竹						總起訖旅行 時間
	實測檢測點里程(km)	179. 77	160. 99	150. 86	116. 52	111. 45	100. 45	
	AVI 通過時間	0.46	0.47	0.47	0.48	0.49	0.49	
	實測通過時間	0.46	0.47	0.47	0.48	0.49	0.49	
	檢測點距離差(km)		18.7 8	10.1 3	34.3 4	5.07	11.0 0	
	檢測點間 AVI 平均旅行速		93.1	100.	104.	103.	114.	

	度(km/hr)		2	30	32	82	63	
	檢測點間實測平均旅行速度(km/hr)		87.29	87.95	103.50	99.12	88.57	
	AVI 旅行時間(minutes)		12.10	6.06	19.75	2.93	5.76	46.60
	實測旅行時間(minutes)		12.91	6.91	19.91	3.07	7.45	50.25

將所有 AVI 所得到的檢測點間旅行時間，以及實測所得到的相同檢測點間旅行時間，可進行成對數據統計分析，如表 3.3-6 國一北上彰化新竹段數據統計結果所示為國一北上彰化到新竹間的路段的比較。根據檢定結果，可以發現在顯著水準為 95% 下，兩者在檢測點間的旅行時間沒有顯著的差異。

表 3.3-6 國一北上彰化新竹段數據統計結果

國一北上	MAPE (%)	RMSE(mins)	n	T	P-value
彰化新竹	7.75	0.85	20	-0.13	0.55

利用相同的方式，可以其餘檢測點間，AVI 資料與實測資料的比較，檢定的結果彙整如表 3.3-7 檢測點間旅行時間統計結果所示：

表 3.3-7 檢測點間旅行時間統計結果

國一北上	MAPE (%)	RMSE(mins)	n	T	P-value
新竹汐止	12.56	2.16	15	-0.27403	0.306507
彰化新竹	7.75	0.85	20	-0.13759	0.555775
國一南下					
汐止新竹	10.95	2.11	24	-0.30412	0.149837
新竹彰化	4.64	0.57	20	-0.07345	0.746138
彰化嘉義	3.72	0.43	8	-0.38906	0.307541
嘉義高雄	5.72	0.74	16	0.188791	0.177388
國三北上					
新竹汐止	9.16	1.26	16	-0.0515	0.839551
彰化新竹	4.58	0.62	4	-0.20269	0.712375

竹田嘉義	12.01	1.99	12	-0.29331	0.331438
嘉義彰化	11.16	1.07	20	-0.32955	0.156913
國三南下					
汐止新竹	12.48	1.77	16	-0.28522	0.271814
新竹彰化	6.76	2.51	8	-0.41028	0.283914
彰化嘉義	2.63	0.45	6	-0.97682	0.062179
嘉義竹田	3.014	0.67	6	0.339359	0.443701

由上表可發現對於本研究所關心的起迄路段，AVI 和實測車輛在檢測點間的旅行時間沒有顯著的差距。也就是，可以將 AVI 資料當成「真值」，作為後續正確性的驗證之用。表 3.3-8 完整路段旅行時間之統計結果表示對於所有路段的旅行時間之統計結果。

表 3.3-8 完整路段旅行時間之統計結果

	p-value	MAPE(%)	RMSD(minutes)
國一北上			
新竹汐止	0.750987	5.88	2.94
彰化新竹	0.190624	4.38	3.64
國一南下			
汐止新竹	0.24266	2.90	2.64
新竹彰化	0.782717	2.81	1.25
彰化嘉義	0.488697	2.53	0.80
嘉義高雄	0.264856	2.74	1.64
國三北上			
新竹汐止	0.304979	5.12	3.01
彰化新竹	0.712375	4.58	0.62
竹田嘉義	0.383776	9.40	3.45
嘉義彰化	0.264721	5.61	2.77
國三南下			
汐止新竹	0.381475	7.67	3.95
新竹彰化	0.062597	3.84	2.35
彰化嘉義	0.17069	2.61	0.80
嘉義竹田	0.102359	1.11	0.52

3.4 模式參數調校

在 k-NN 預測模式中主要的參數為 k 值。本研究比對的是每小時中每五分鐘通過各偵測器的流量變化和平均速度變化，比對出該小時的交通狀況較近似於哪些歷史資料，再從這些歷史資料中挑選最接近的 K 筆資料進行旅行時間預測。

本研究以 AVI 作為校估 k 值時的比較依據。因此我們會透過 k-NN 預測結果與 AVI 旅行時間的比較，來校估最合適的 k 值，以求得預測結果的正確。

為了縮短所需之預測時間同時又能確保預測之準確性不受影響，本研究在模式調校中，針對所需之 k 值大小進行了參數校估。為排除歷史資料庫之大小對預測結果所產生之影響，本研究在校估 k 值之前首先使用 3 個月、6 個月、9 個月及 12 個月 4 種大小的歷史資料庫，計算出預測旅行時間，再分別以 4 種預測結果與 AVI 之旅行時間進行統計檢定。以檢定結果顯示為「無顯著差異」者中規模最小的歷史資料庫，作為 k 值校估所使用之歷史資料庫大小。

本研究以 k 值等於 20 為起始，每次增減 10 單位進行 k-NN 旅行時間預測，將預測之結果與延遲加總之資料進行統計檢定，找出在該大小之歷史資料庫下最佳之 k 值。整體模式調校流程如圖 3.4-1 所示。根據以上所提出的方法的實驗校估結果，會在下一章中予以詳述。

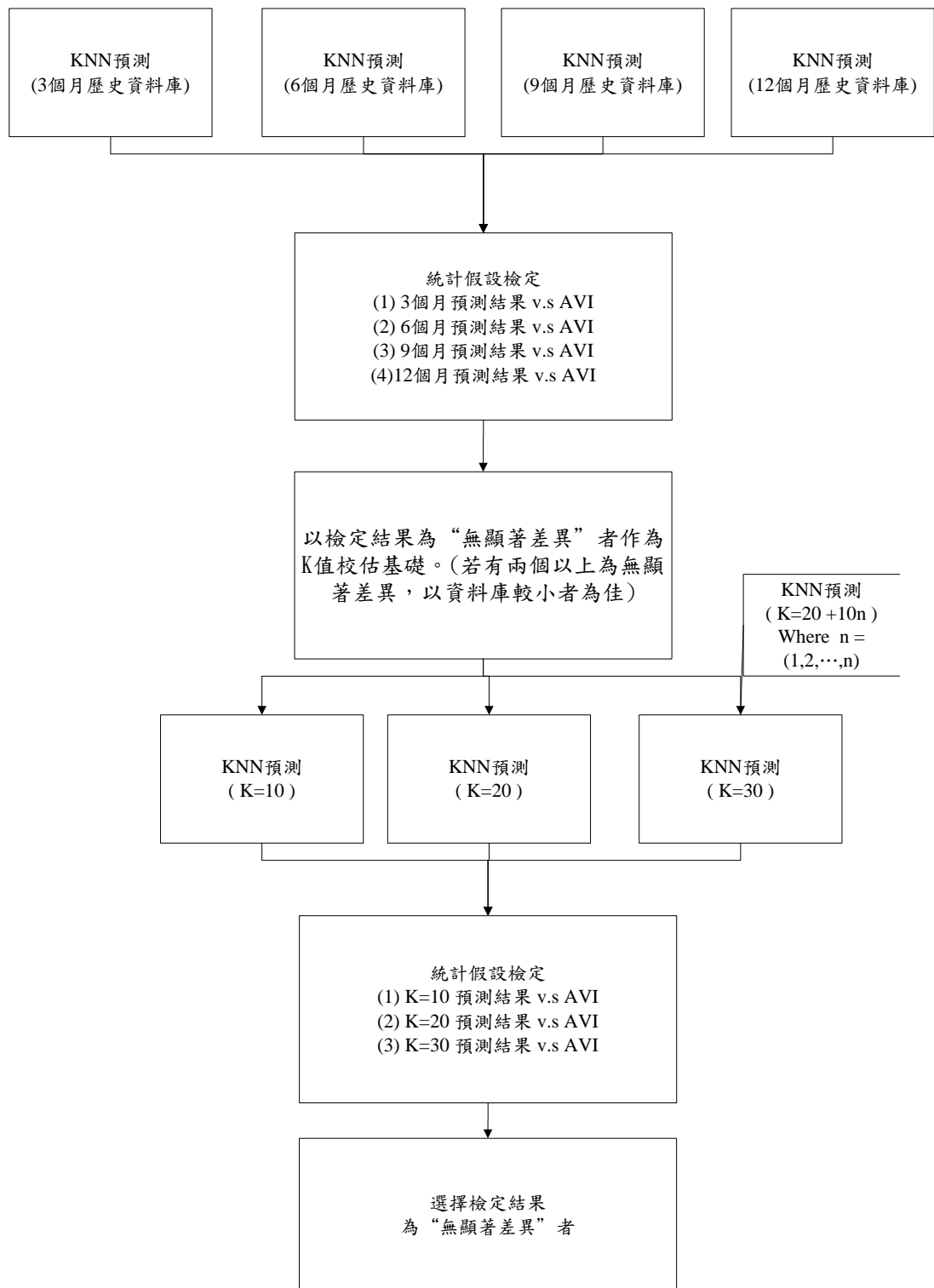


圖 3.4-1 模式調校流程

第4章 實際應用與測試

4.1 都會區間旅行時間

本研究所預測都會區旅行時間範圍如下，表 4-1 都會區旅行時間南下路段資料表所示的為南下路段的列表，表 4-2 都會區旅行時間北上路段資料表所示的為北上路段的列表，路段資料表之目的為提供都會區之代表交流道以及都會區間的距離資訊。

表 4-1 都會區旅行時間南下路段資料表

路段	起點交流道	迄點交流道	路段長度(公里)	交流道數
台北都會區→ 新竹都會區	台北交流道	新竹交流道	70	12
台北都會區→ 台中都會區	台北交流道	台中交流道	153	20
台北都會區→ 台南都會區	台北交流道	台南交流道	302	42
台北都會區→ 高雄都會區	台北交流道	高雄交流道	342	48
新竹都會區→ 台中都會區	新竹交流道	台中交流道	83	8
新竹都會區→ 台南都會區	新竹交流道	台南交流道	232	30
新竹都會區→ 高雄都會區	新竹交流道	高雄交流道	272	36
台中都會區→ 台南都會區	台中交流道	台南交流道	149	22
台中都會區→ 高雄都會區	台中交流道	高雄交流道	189	28
台南都會區→ 高雄都會區	台南交流道	高雄交流道	40	6

表 4-2 都會區旅行時間北上路段資料表

路段	起點交流道	迄點交流道	路 段 長 度 (公里)	交流道數
新竹都會區→ 台北都會區	新竹交流道	台北交流道	70	12
台中都會區→ 台北都會區	台中交流道	台北交流道	153	20
台南都會區→ 台北都會區	台南交流道	台北交流道	302	42
高雄都會區→ 台北都會區	高雄交流道	台北交流道	342	48
台中都會區→ 新竹都會區	台中交流道	新竹交流道	83	8
台南都會區→ 新竹都會區	台南交流道	新竹交流道	232	30
高雄都會區→ 新竹都會區	高雄交流道	新竹交流道	272	36
台南都會區→ 台中都會區	台南交流道	台中交流道	149	22
高雄都會區→ 台中都會區	高雄交流道	台中交流道	189	28
高雄都會區→ 台南都會區	高雄交流道	台南交流道	40	6

4.1.1 模式調校參數

由於在不同時間長度的資料庫以及 k 值的條件下，透過 k-NN 所預估出來的準確率皆會有所不同，故本研究希望透過不同資料庫長度及不同的 k 值設定方式，來了解資料庫與 k 值對於實際值的反應情況，並根據研究結果提出預測各路段所需的資料庫時間長度與 k 值大小。這些參數是針對所調校路段的長度以及先天道路特性，並沒有隨著時間變化而重新調校的需要，與時間變化相關因子已在歷史資料庫隨著時間的更新中被含括在內。

在都會區旅行時間部分，本研究假設若沒有特殊的情況發生(如事故或道路施工等)，在相同起訖時間與地點的旅行時間模式應會大致呈現相同的情況。唯在有重大工程變故時要重新校估，參數校估需要重新蒐集重大工程變故之後為期一年之歷史資料並且針對不同的起迄路段分別校估。

首先必須決定所使用資料庫與 k 值的大小。本研究利用 3 個月、6 個月、9 個月及 12 個月的資料庫時間長度進行測試。由於 k 值的設定會反應過去資料與現況相似資料的筆數，若 k 值的設定過小將容易出現極值也可能會以偏概全，無法確切的根據過去資料來反應現況；若 k 值的設定過大則容易將與現況不相似的歷史資料納入計算，因此本研究將 k 值的設定為 10、20、30 等 3 個設定值來進行測試。

在以上各種不同情境的計算結果，將與 AVI 資料進行比較，之後透過檢定方式來進行驗證，並根據結果將預測各路段旅行時間所需要的資料庫時間長度以及 k 值訂定出來，作為往後旅行時間測試之參考。

範例測試分為兩個部份，第一個部份先測試資料庫時間長度；第二部份則根據合適的資料庫時間長度來測試 K 的設定值。對於第一部分資料庫時間長度的設定，以國道一號南下台北到新竹為例，整理後旅行時間如表 4-3 國一南下台北-新竹路段資料庫時間長度比較所示。

表 4-3 國一南下台北-新竹路段資料庫時間長度比較

國一南下台北到新竹		資料庫時間長度			
預測時間	AVI 資料庫	3month	6month	9month	12month
06:00	44.75	42.14	42.19	41.94	42.04
	45.66	42.44	42.21	42.17	42.31
	45.48	42.6	42.54	42.65	42.63

	46.12	43.34	43.53	43.66	43.50
	45.43	43.36	43.49	43.33	43.35
	45.34	43.57	43.29	43.51	43.54
06:30	45.96	44.07	43.79	43.92	44.00
	46.70	44.69	44.2	44.47	44.58
	47.51	45.01	45.01	44.61	44.81
	48.06	45.84	45.72	45.64	45.74
	48.94	46.73	47.15	47.14	46.94
	52.73	47.14	47.59	47.52	47.33
07:00	53.62	47.76	48.15	48.55	48.16
	54.33	47.84	48.17	48.34	48.09
	54.39	47.83	48.04	48.5	48.17
	54.85	47.59	48.1	48.78	48.19
	54.14	47.77	48.68	49.45	48.61
	54.71	48.57	47.83	48.09	48.33
07:30	54.98	48.97	48.15	48.59	48.78
	54.91	49.64	48.45	48.45	49.05
	54.82	50.18	50.71	50.01	50.10
	54.15	49.73	54.57	53.95	51.84
	54.25	48.98	57.19	57.12	53.05
	55.96	46.86	56.81	56.76	51.81
08:00	56.62	46.49	55.76	56.75	51.62
	57.80	45.46	55.07	55.9	50.68
	58.44	45.78	54.33	55.18	50.48
	60.14	46	54.37	55.51	50.76
	60.89	46.03	56.86	57.09	51.56
	59.62	47.62	58.21	59.34	53.48
08:30	59.39	46.41	49.83	54.09	50.25
	58.98	46.52	49.29	53.43	49.98
	59.79	47.07	49.02	53.44	50.26
	59.03	48.42	50.08	53.2	50.81
	58.12	50.88	55.64	57.65	54.27
	58.60	51.42	52.75	56.47	53.95
09:00	60.18	51.82	52.57	57.51	54.67
	60.31	51.97	54.33	57.83	54.90
	61.10	53.39	59.9	60.06	56.73
	61.36	53.66	62.89	63.84	58.75

	61.42	54.2	62.8	63.38	58.79
	61.50	54.85	63.25	63.29	59.07
09:30	61.34	55.58	61.4	62.46	59.02
	61.47	56.34	63.8	63.75	60.05
	62.33	57.07	61.61	62.07	59.57
	62.40	57.64	60.9	61.39	59.52
	62.70	56.85	61.75	62.79	59.82
	62.62	57.95	62.99	63.05	60.50

以上的預測時間為 7/20 上午 6 點至 10 點，比較對象以 AVI 資料庫所得之旅行時間為基準，並與資料庫時間長度 3 個月、6 個月、9 個月及 12 個月所預估出的旅行時間作為測試比較，經整理後測試兩兩比較表格如表 4-4 資料庫時間長度與 AVI 資料庫比較表所示。

表 4-4 資料庫時間長度與 AVI 資料庫比較表

MAE1	MAE2	MAE3	MAE4	diff(1&2)	diff(1&3)	diff(2&3)	diff(3&4)
2.61	2.56	2.81	2.71	0.05	-0.20	-0.25	-0.10
3.22	3.45	3.49	3.36	-0.23	-0.27	-0.04	-0.13
2.88	2.94	2.83	2.86	-0.06	0.05	0.11	0.02
2.78	2.59	2.46	2.62	0.19	0.32	0.13	0.16
2.07	1.94	2.10	2.09	0.13	-0.03	-0.16	-0.02
1.77	2.05	1.83	1.80	-0.28	-0.06	0.22	-0.03
1.89	2.17	2.04	1.97	-0.28	-0.15	0.13	-0.08
2.01	2.50	2.23	2.12	-0.49	-0.22	0.27	-0.11
2.50	2.50	2.90	2.70	0.00	-0.40	-0.40	-0.20
2.22	2.34	2.42	2.32	-0.12	-0.20	-0.08	-0.10
2.21	1.79	1.80	2.00	0.42	0.41	-0.01	0.20
5.59	5.14	5.21	5.40	0.45	0.38	-0.07	0.19
5.86	5.47	5.07	5.46	0.39	0.79	0.40	0.39
6.49	6.16	5.99	6.24	0.33	0.50	0.17	0.25
6.56	6.35	5.89	6.23	0.21	0.67	0.46	0.34
7.26	6.75	6.07	6.66	0.51	1.19	0.68	0.59
6.37	5.46	4.69	5.53	0.91	1.68	0.77	0.84
6.14	6.88	6.62	6.38	-0.74	-0.48	0.26	-0.24
6.01	6.83	6.39	6.20	-0.82	-0.38	0.44	-0.19
5.27	6.46	6.46	5.86	-1.19	-1.19	0.00	-0.59
4.64	4.11	4.81	4.73	0.53	-0.17	-0.70	-0.09

	4.42	0.42	0.20	2.31	4.00	4.22	0.22	2.11
	5.27	2.94	2.87	1.20	2.33	2.40	0.07	-1.67
	9.10	0.85	0.80	4.15	8.24	8.29	0.05	3.34
	10.13	0.86	0.13	5.00	9.27	10.00	0.73	4.87
	12.34	2.73	1.90	7.12	9.61	10.44	0.83	5.22
	12.66	4.11	3.26	7.96	8.55	9.40	0.85	4.70
	14.14	5.77	4.63	9.38	8.37	9.51	1.14	4.76
	14.86	4.03	3.80	9.33	10.83	11.06	0.23	5.53
	12.00	1.41	0.28	6.14	10.59	11.72	1.13	5.86
	12.98	9.56	5.30	9.14	3.42	7.68	4.26	3.84
	12.46	9.69	5.55	9.00	2.77	6.91	4.14	3.46
	12.72	10.77	6.35	9.54	1.95	6.37	4.42	3.19
	10.61	8.95	5.83	8.22	1.66	4.78	3.12	2.39
	7.24	2.48	0.47	3.86	4.76	6.77	2.01	3.39
	7.18	5.85	2.13	4.66	1.33	5.05	3.72	2.53
	8.36	7.61	2.67	5.52	0.75	5.69	4.94	2.85
	8.34	5.98	2.48	5.41	2.36	5.86	3.50	2.93
	7.71	1.20	1.04	4.37	6.51	6.67	0.16	3.34
	7.70	1.53	2.48	2.61	6.17	5.22	-0.95	0.13
	7.22	1.38	1.96	2.63	5.84	5.26	-0.58	0.67
	6.65	1.75	1.79	2.43	4.90	4.86	-0.04	0.64
	5.76	0.06	1.12	2.32	5.70	4.64	-1.06	1.20
	5.13	2.33	2.28	1.43	2.81	2.86	0.05	-0.85
	5.26	0.72	0.26	2.76	4.54	5.00	0.46	2.50
	4.76	1.50	1.01	2.88	3.26	3.75	0.49	1.88
	5.85	0.95	0.09	2.88	4.90	5.76	0.86	2.79
	4.67	0.37	0.43	2.12	4.30	4.24	-0.06	1.69
mean	6.71	3.80	3.03	4.57	2.91	3.68	0.77	1.55
std	3.59	2.76	2.03	2.44	3.42	3.72	1.47	1.94
95%	1.44	1.10	0.81	0.98	0.54	0.60	0.09	0.12

MAE 表示資料庫時間長度與 AVI 資料庫的平均絕對誤差，數字 1 到 4 則為 3 到 6 個月的代表數字；diff 則是兩資料庫時間長度數列的差值，mean 為數列的平均值，std 則為數列的標準差，95% 表示在 95% 信賴區間的一半寬度(half width of confidence interval)，其中 MAE 的 95% 信賴區間是從 Z 檢定 $Z = 1.96 \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ 計算而得，diff 的 95% 信賴區

間是從 $z = \sqrt{2 \times (1 - \rho)} \times 1.96 \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ 所計算出來。檢定的方式為當兩資料庫時間長度數列(diff)所計算出的 95% 值小於其平均值(mean)，則觀察 MAE 的平均值，以 MAE 平均值較小的數列為表現較佳的數列；相反地，若 diff 計算出的 95% 值大於其平均值，則無法判斷兩數列的差異。

以上述範例而言，diff(1&2)的 95% 值為 0.54，小於其平均 2.91 又 MAE2 的平均值 3.80 小於 MAE1 的平均值 6.71，因此可以說明數列 2 表現較數列 1 來的好，亦即是 6 個月的資料庫時間長度較於 3 個月資料庫時間長度為佳。而整體而言，以 6 個月的資料庫時間長度大小為較佳。

第二部份為 k 值的設定，在相同資料庫大小的情況下，透過不同 k 值所預測的旅行時間與 AVI 資料庫的旅行時間作為比較。以國道一號南下台北到新竹路段為例，經整理後如表 4-5 台北到新竹路段 k 值設定與 AVI 資料庫資料表所示。

表 4-5 台北到新竹路段 k 值設定與 AVI 資料庫資料表

k 設定值		K=10 之 預測值	K=20 之 預測值	K=30 之 預測值
預測時間	AVI 資料庫所得旅行時間			
06:00	44.75	42.35	42.19	42.25
	45.66	42.35	42.21	42.41
	45.48	42.72	42.54	42.8
	46.12	43.29	43.53	43.32
	45.43	43.31	43.49	43.6
	45.34	43.45	43.29	43.96
06:30	45.96	43.47	43.79	44.46
	46.70	44.04	44.2	45.06
	47.51	44.38	45.01	45.75
	48.06	45.31	45.72	46.46
	48.94	46.99	47.15	47.25
	52.73	47.45	47.59	47.58
07:00	53.62	48.07	48.15	47.89
	54.33	47.67	48.17	48.19
	54.39	47.74	48.04	48.23
	54.85	47.52	48.1	47.83
	54.14	48.11	48.68	48.39

	54.71	47.14	47.83	48.93
07:30	54.98	48.11	48.15	49.81
	54.91	47.93	48.45	49.44
	54.82	50.39	50.71	49.24
	54.15	50.67	54.57	49.09
	54.25	50.11	57.19	48.97
	55.96	46.32	56.81	48.46
08:00	56.62	45.18	55.76	48.57
	57.80	45.07	55.07	48.55
	58.44	45.69	54.33	48.5
	60.14	46.17	54.37	48.23
	60.89	46.67	56.86	47.43
	59.62	47.63	58.21	47.52
08:30	59.39	46.72	49.83	47.5
	58.98	47.38	49.29	47.75
	59.79	47.67	49.02	48.44
	59.03	49.56	50.08	49.05
	58.12	52.12	55.64	50.08
	58.60	54.77	52.75	50.72
09:00	60.18	52.53	52.57	50.78
	60.31	52.58	54.33	50.95
	61.10	54.06	59.9	52.06
	61.36	56.43	62.89	52.53
	61.42	57.58	62.8	52.99
	61.50	58.16	63.25	53.7
09:30	61.34	57.38	61.4	53.55
	61.47	59.83	63.8	54.73
	62.33	60.03	61.61	54.89
	62.40	61.37	60.9	55.26
	62.70	61.53	61.75	55.26
	62.62	61.7	62.99	55.27

根據上述資料，可以整理如表 4-6 兩兩數列比較表(K 設定值) 所示之內容。表格中 MAE1、MAE2、與 MAE3 分別代表當 k 值 10、20、30 時的 MAE 值，然後再取兩兩間的差值，如表中最後三欄所示。

從結果可發現，當 k 值數列差值(diff 1 & 2)95%的值為 0.53 小於其平均值 2.19，又 k 值為 20 與 AVI 資料庫的平均絕對誤差(MAE)較小(K=10 平均誤差為 5.98，K=20 平均誤差為 3.80)，所以 k 值為 20 的表現較 k 值為 10 佳，其餘依此類推。整體而言，k 值為 20 為在此情境下較合適的設定值。

表 4-6 兩兩數列比較表（K 設定值）

MAE1	MAE2	MAE3	diff(1&2)	diff(1&3)	diff(2&3)
2.40	2.56	2.50	-0.16	0.10	-0.06
3.31	3.45	3.25	-0.14	-0.06	-0.20
2.76	2.94	2.68	-0.18	-0.08	-0.26
2.83	2.59	2.80	0.24	-0.03	0.21
2.12	1.94	1.83	0.18	-0.29	-0.11
1.89	2.05	1.38	-0.16	-0.51	-0.67
2.49	2.17	1.50	0.32	-0.99	-0.67
2.66	2.50	1.64	0.16	-1.02	-0.86
3.13	2.50	1.76	0.63	-1.37	-0.74
2.75	2.34	1.60	0.41	-1.15	-0.74
1.95	1.79	1.69	0.16	-0.26	-0.10
5.28	5.14	5.15	0.14	-0.13	0.01
5.55	5.47	5.73	0.08	0.18	0.26
6.66	6.16	6.14	0.50	-0.52	-0.02
6.65	6.35	6.16	0.30	-0.49	-0.19
7.33	6.75	7.02	0.58	-0.31	0.27
6.03	5.46	5.75	0.57	-0.28	0.29
7.57	6.88	5.78	0.69	-1.79	-1.10
6.87	6.83	5.17	0.04	-1.70	-1.66
6.98	6.46	5.47	0.52	-1.51	-0.99
4.43	4.11	5.58	0.32	1.15	1.47
3.48	0.42	5.06	3.06	1.58	4.64
4.14	2.94	5.28	1.20	1.14	2.34
9.64	0.85	7.50	8.78	-2.14	6.64
11.44	0.86	8.05	10.58	-3.39	7.19
12.73	2.73	9.25	10.00	-3.48	6.52
12.75	4.11	9.94	8.64	-2.81	5.83
13.97	5.77	11.91	8.20	-2.06	6.14

	14.22	4.03	13.46	10.19	-0.76	9.43
	11.99	1.41	12.10	10.58	0.11	10.69
	12.67	9.56	11.89	3.11	-0.78	2.33
	11.60	9.69	11.23	1.91	-0.37	1.54
	12.12	10.77	11.35	1.35	-0.77	0.58
	9.47	8.95	9.98	0.52	0.51	1.03
	6.00	2.48	8.04	3.52	2.04	5.56
	3.83	5.85	7.88	-2.02	4.05	2.03
	7.65	7.61	9.40	0.04	1.75	1.79
	7.73	5.98	9.36	1.75	1.63	3.38
	7.04	1.20	9.04	5.84	2.00	7.84
	4.93	1.53	8.83	3.40	3.90	7.30
	3.84	1.38	8.43	2.46	4.59	7.05
	3.34	1.75	7.80	1.59	4.46	6.05
	3.96	0.06	7.79	3.90	3.83	7.73
	1.64	2.33	6.74	-0.68	5.10	4.42
	2.30	0.72	7.44	1.58	5.14	6.72
	1.03	1.50	7.14	-0.47	6.11	5.64
	1.17	0.95	7.44	0.22	6.27	6.49
	0.92	0.37	7.35	0.55	6.43	6.98
mean	5.98	3.80	6.67	2.19	0.69	2.88
std	3.89	2.76	3.24	3.39	2.57	3.45
95%	1.56	1.10	1.30	0.53	0.23	0.47

根據上述的測試範例，可發現在國道一號台北到新竹路段，若要進行旅行時間預測，以資料庫時間長度為 9 個月並將 k 值設定為 20 較為合適。但若考慮整體的系統運作效率，由於 6 個月資料庫時間長度的計算速度較 9 個月資料庫時間長度快，且結果表現相差不到 1 分鐘，因此建議以 6 個月為資料庫時間長度為最佳。

根據所提出的測試方式，本研究將國道一號南北雙向都會區間進行資料庫時間長度與 k 值的測試，比較在不同都會區間的旅行時間預估上所需要的使用到的資料庫時間長度與 k 值，經整理後如

表 4-7 預估旅行時間所需資料庫時間長度表（國一都會區間）
與表 4-8 預估旅行時間所需 K 設定值表（國一都會區間）所示。

表 4-7 預估旅行時間所需資料庫時間長度表（國一都會區間）

起點 訖點	台北	新竹	台中	台南	高雄
台北		6 個月	6 個月	6 個月	6 個月
新竹			3 個月	6 個月	6 個月
台中	6 個月	3 個月		3 個月	6 個月
台南	6 個月	6 個月	3 個月		
高雄	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	

表 4-8 預估旅行時間所需 K 設定值表（國一都會區間）

起點 訖點	台北	新竹	台中	台南	高雄
台北		20	20	20	30
新竹	20		20	20	20
台中	20	20		20	20
台南	20	20	20		20
高雄	30	20	20	20	

4.1.2 旅行時間預測結果

本研究根據前述的參數調校之結果，對國道一號北上及南下兩個方向進行了全路段兩兩都會區間之旅行時間預測，並與 AVI 資料進行比較，以驗證預測結果的準確性。以 2012/7/27 上午 6 時至 12 時為例，其預測與比較結果如下所示。

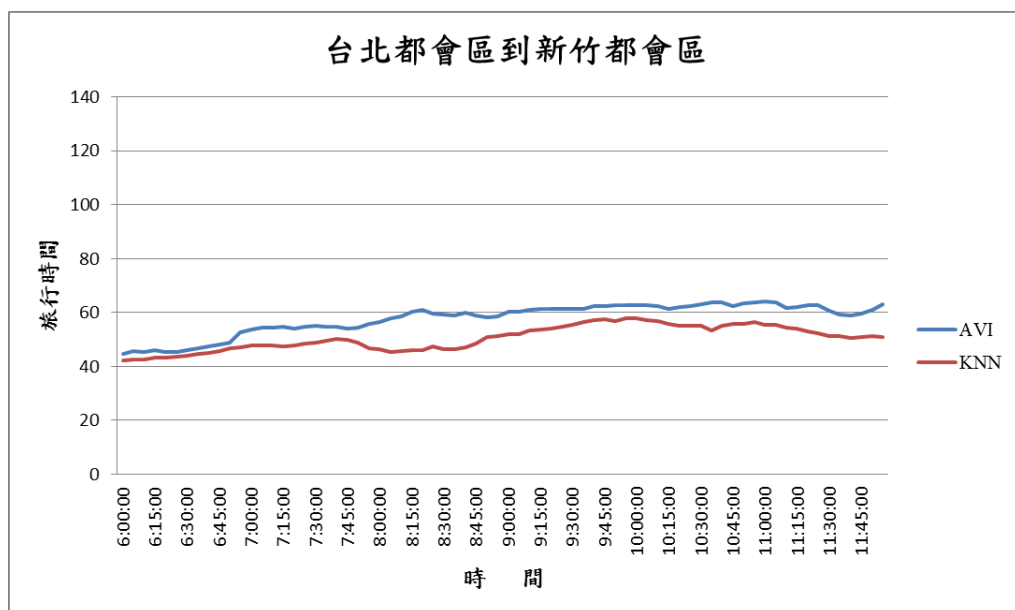


圖 4.1-1 國一南下台北到新竹旅行時間預測

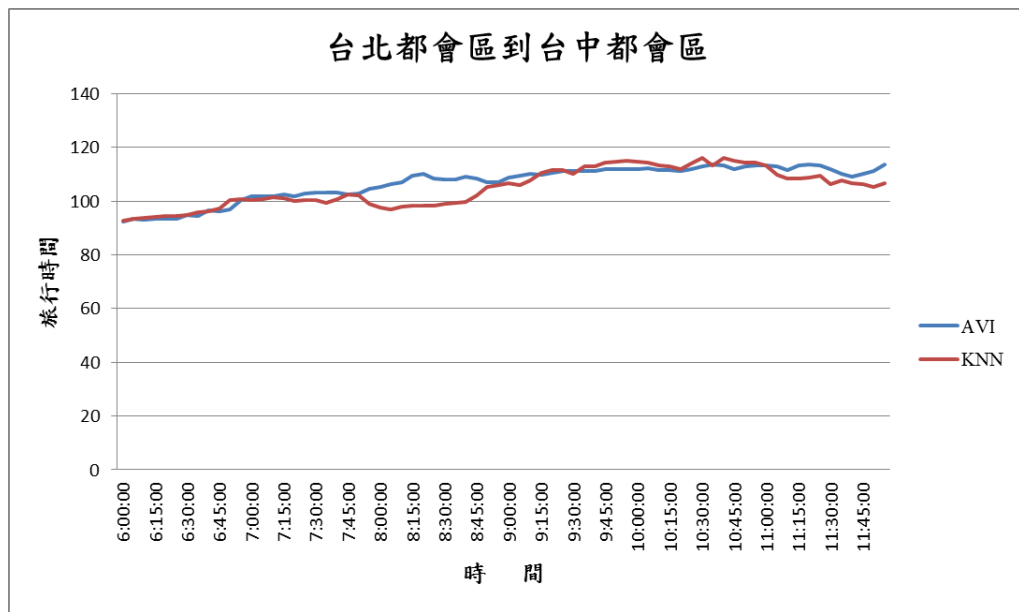


圖 4.1-2 國一南下台北到台中旅行時間預測

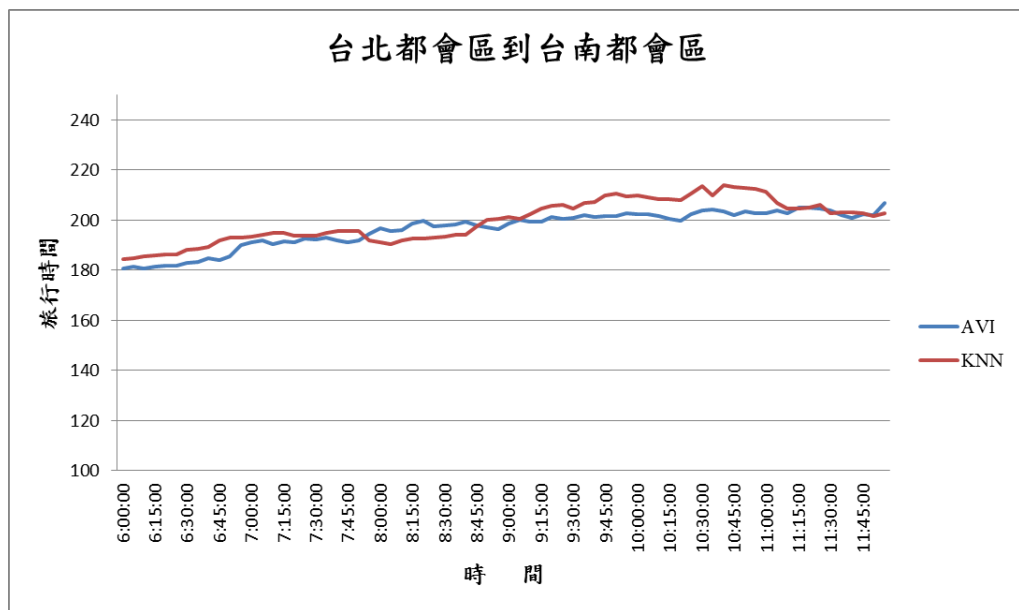


圖 4.1-3 國一南下台北到台南旅行時間預測

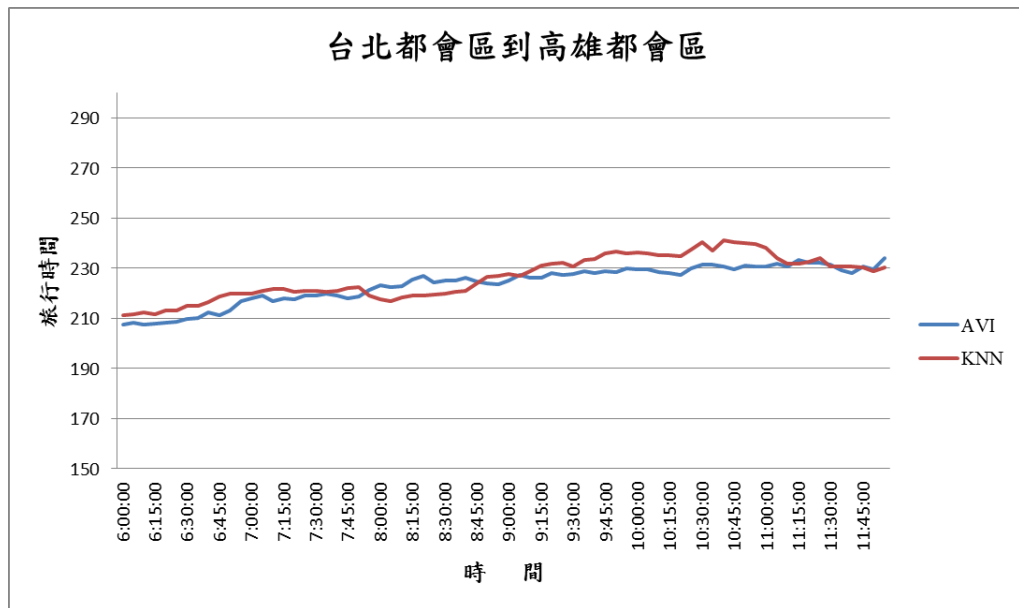


圖 4.1-4 國一南下台北到高雄旅行時間預測

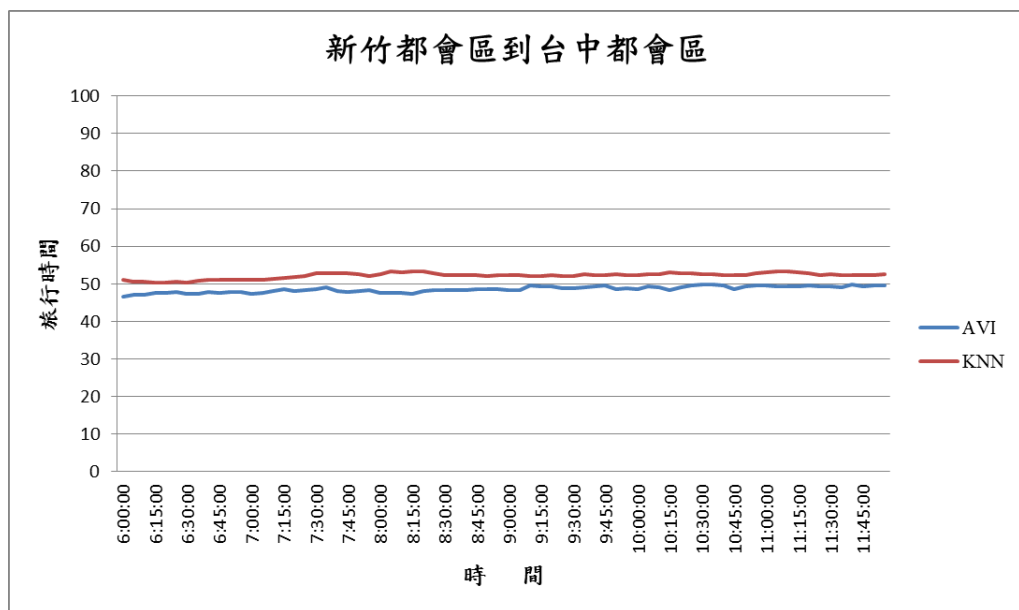


圖 4.1-5 國一南下新竹到台中旅行時間預測

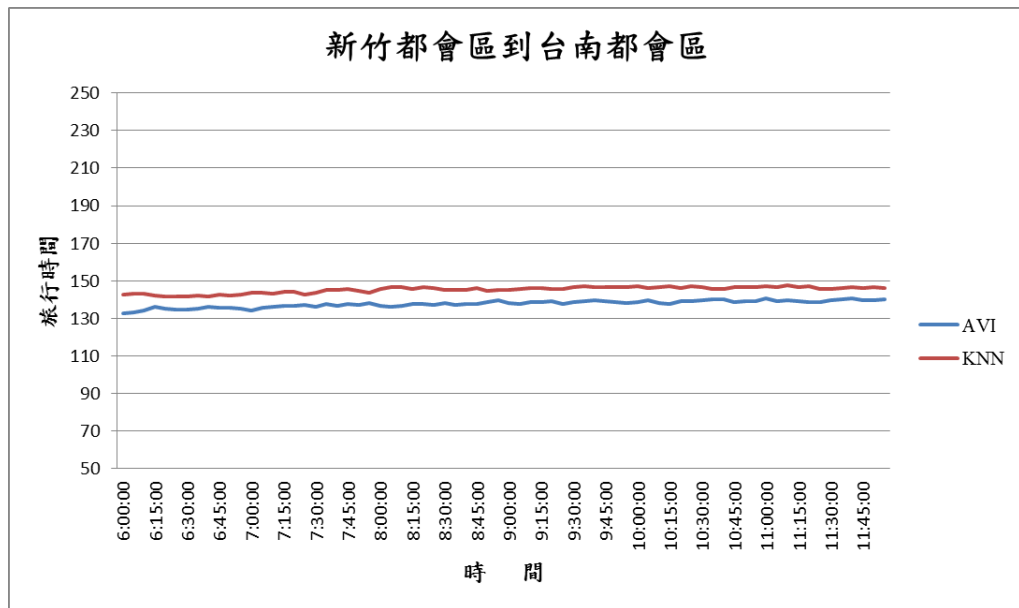


圖 4.1-6 國一南下新竹到台南旅行時間預測

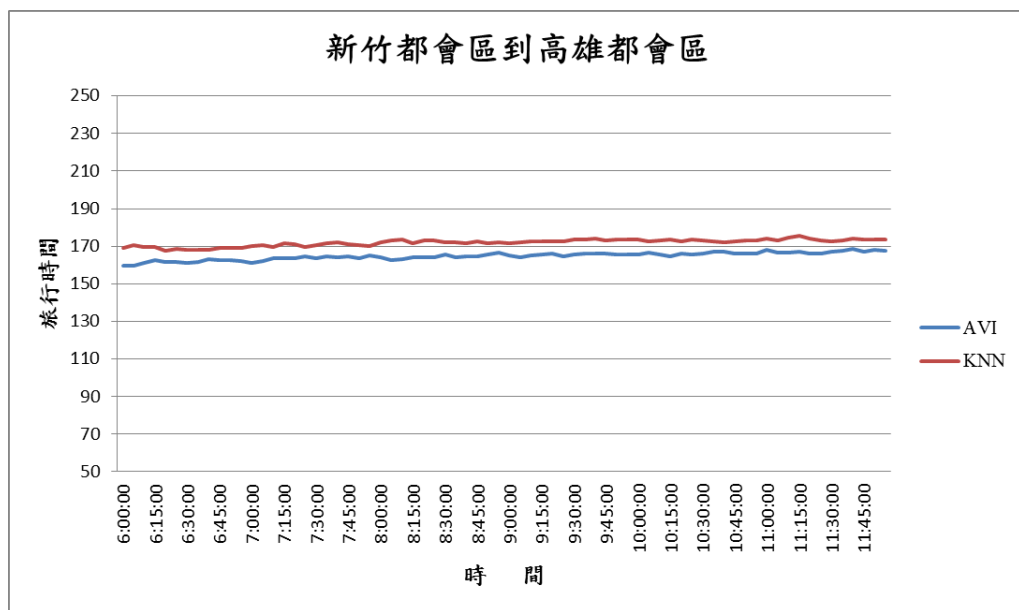


圖 4.1-7 國一南下新竹到高雄旅行時間預測

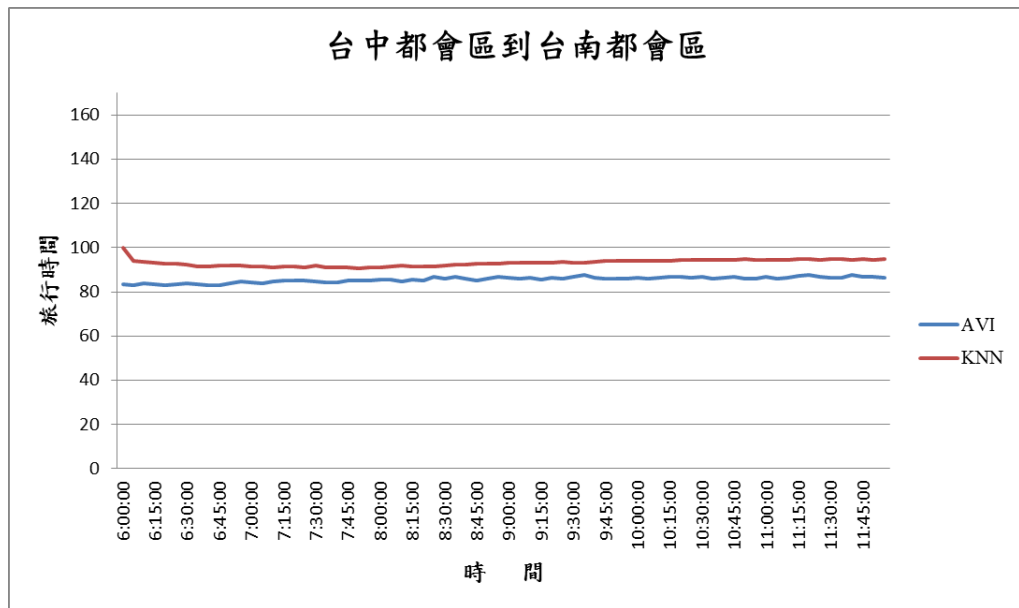


圖 4.1-8 國一南下台中到台南旅行時間預測

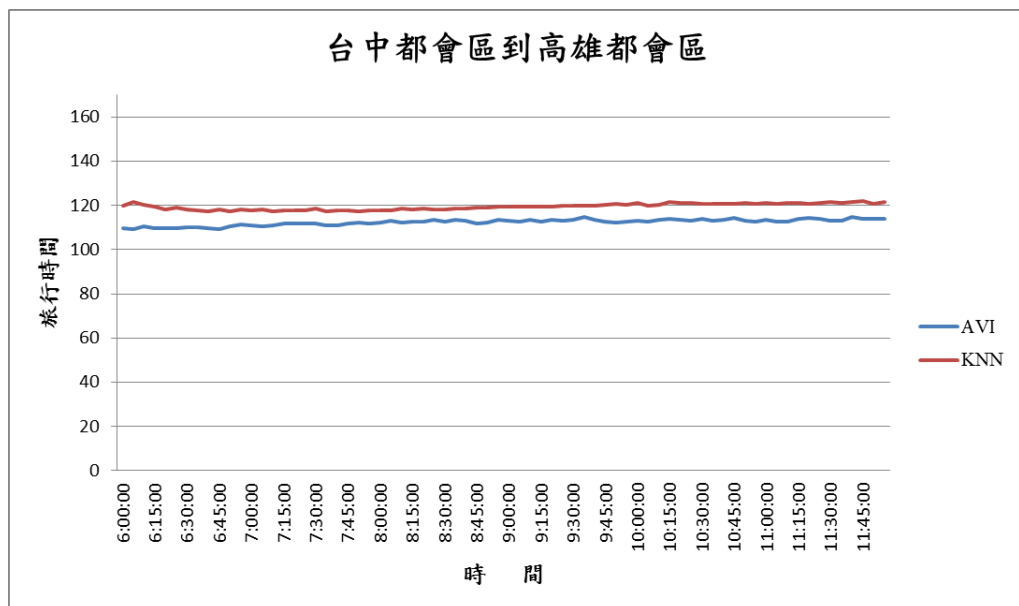


圖 4.1-9 國一南下台中到高雄旅行時間預測

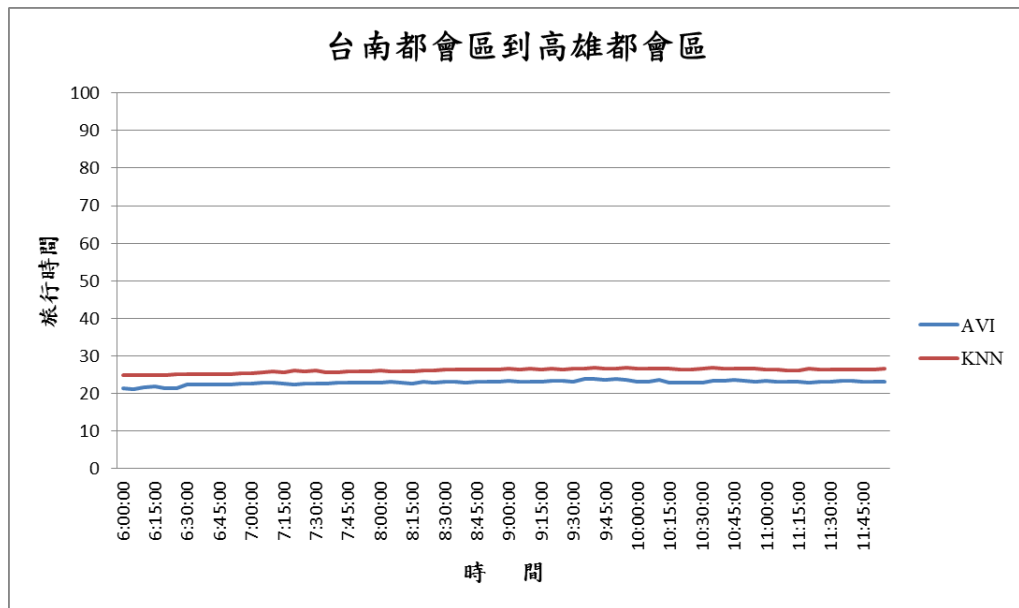


圖 4.1-10 國一南下台南到高雄旅行時間預測

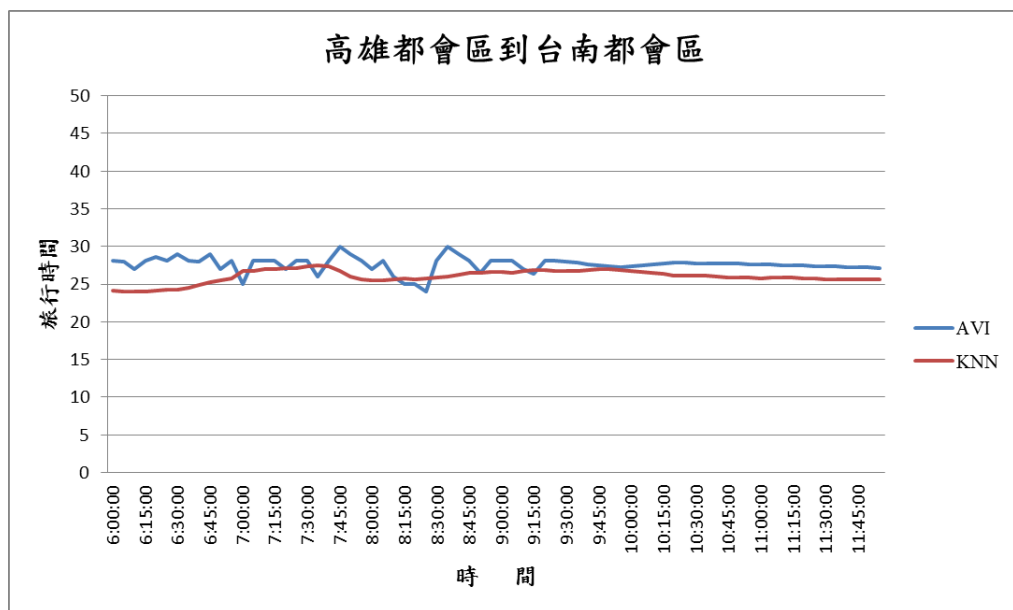


圖 4.1-11 國一北上高雄到台南旅行時間預測

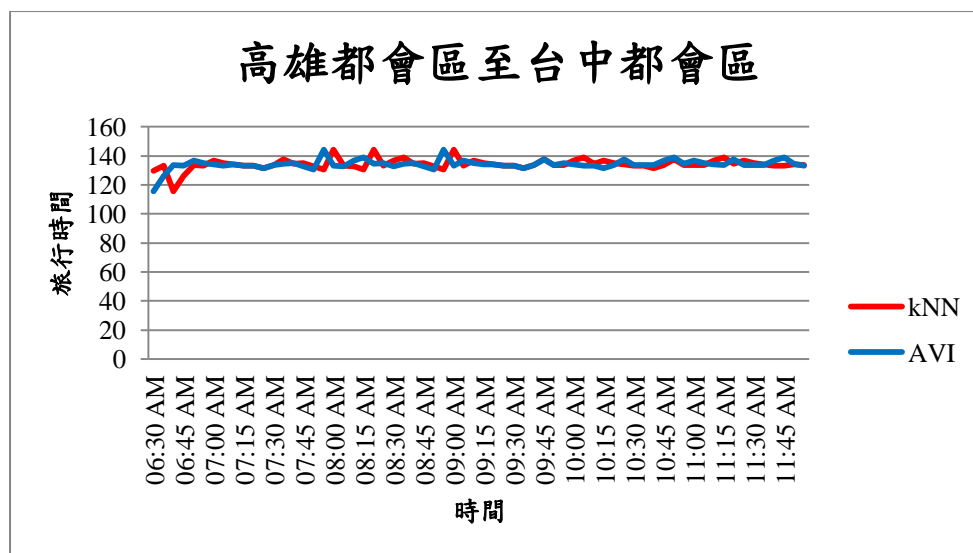


圖 4.1-12 國一北上高雄到台中旅行時間預測

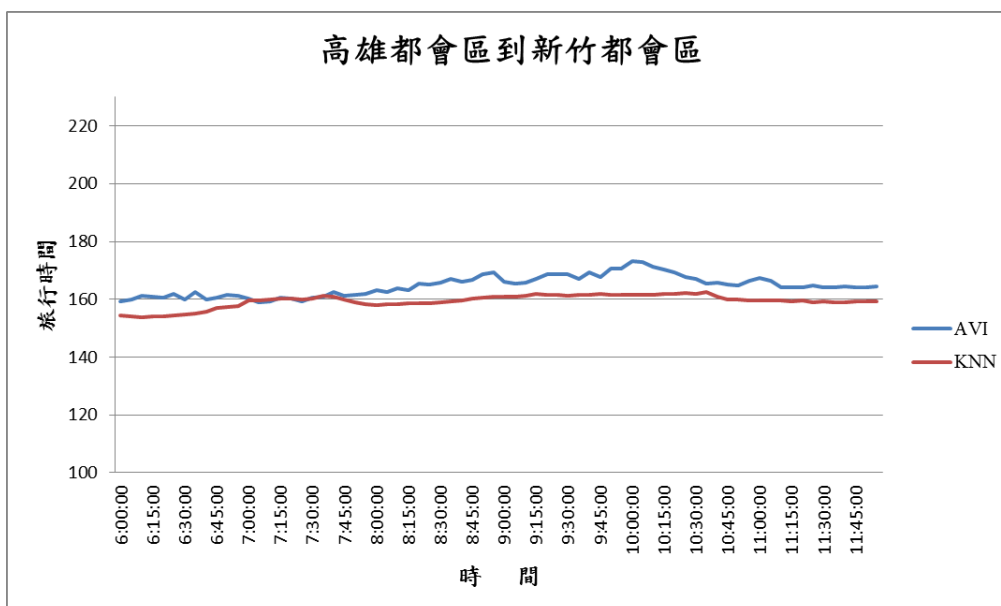


圖 4.1-13 國一北上高雄到新竹旅行時間預測

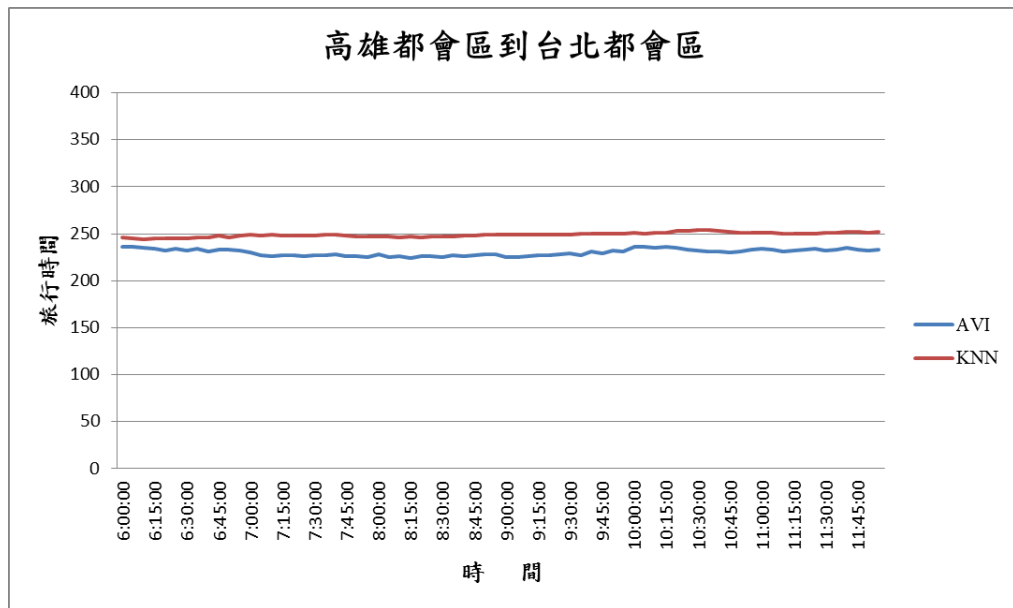


圖 4.1-14 國一北上高雄到台北旅行時間預測

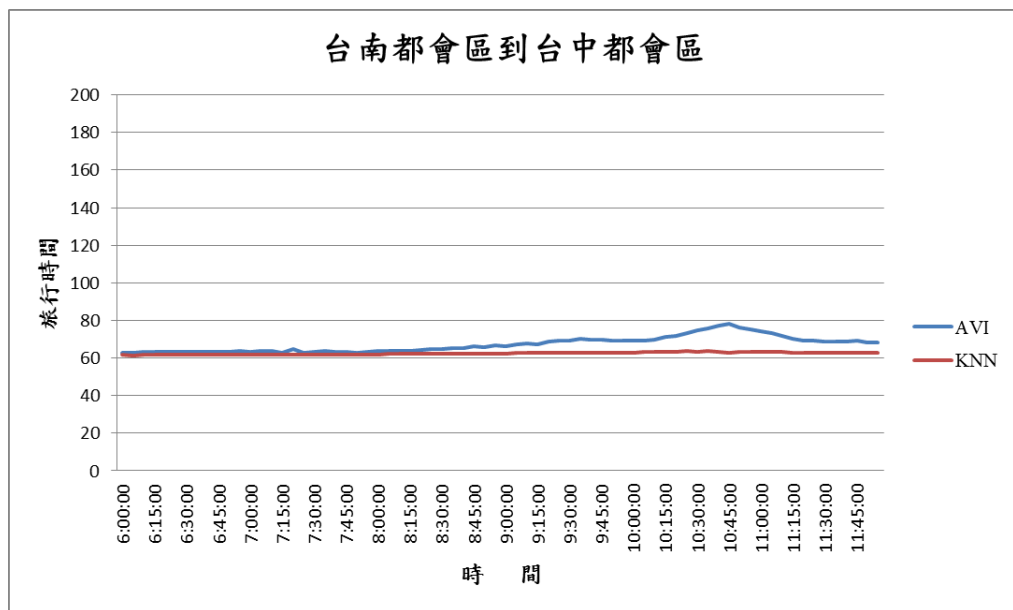


圖 4.1-15 國一北上台南到台中旅行時間預測

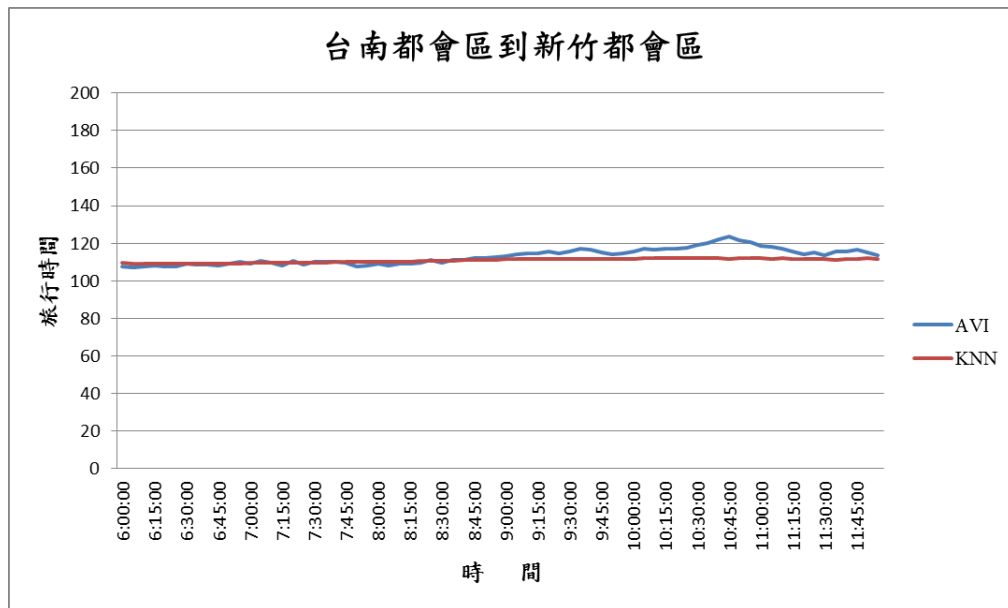


圖 4.1-16 國一北上台南到新竹旅行時間預測

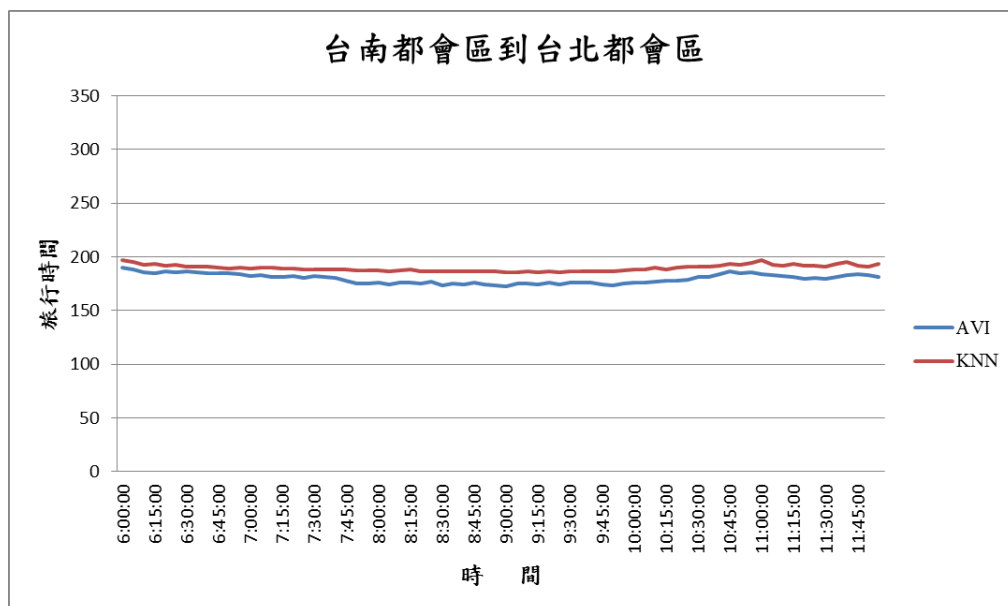


圖 4.1-17 國一北上台南到台北旅行時間預測

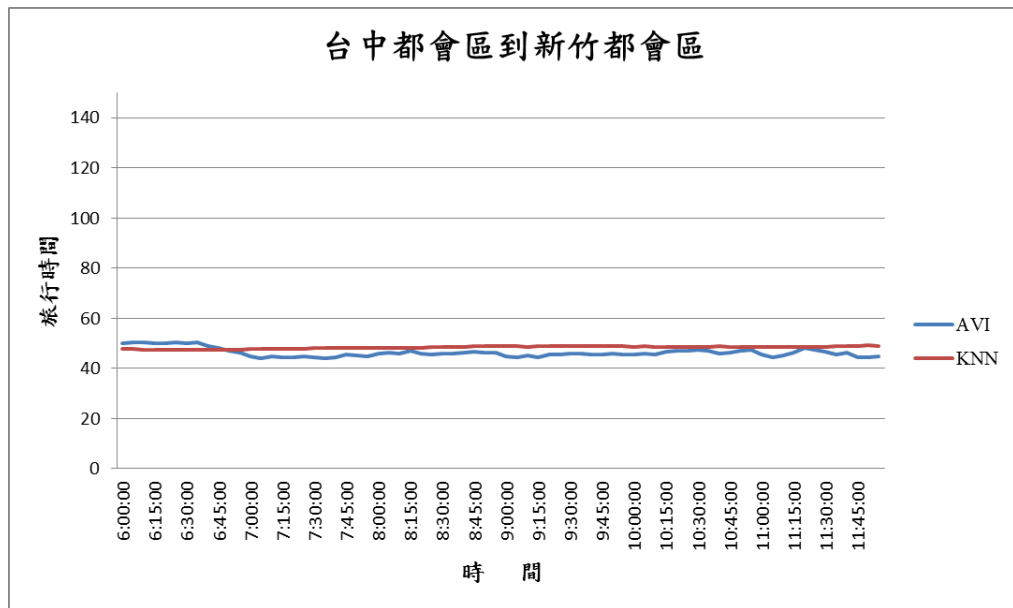


圖 4.1-18 國一北上台中到新竹旅行時間預測

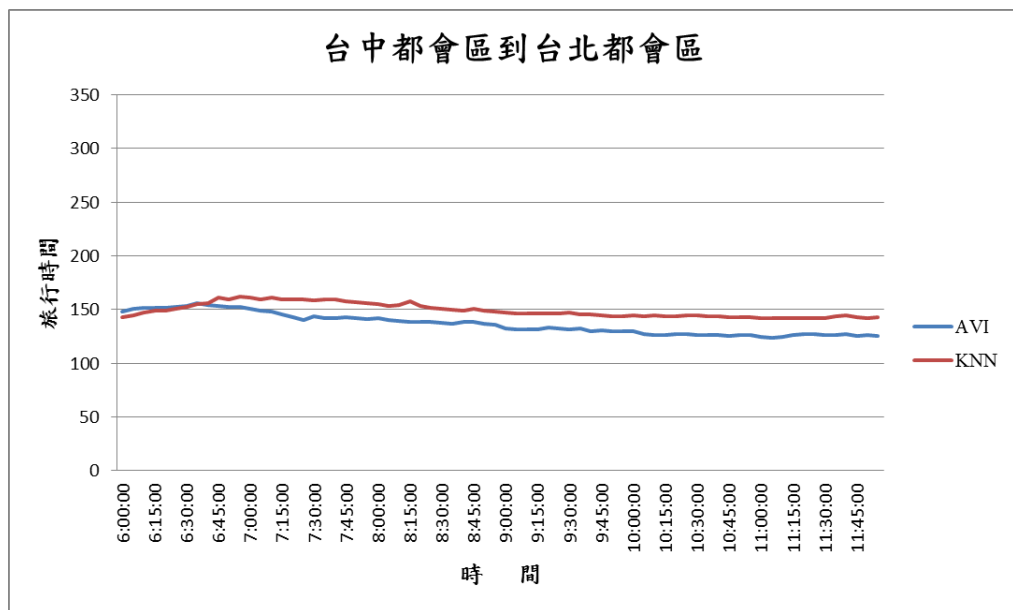


圖 4.1-19 國一北上台中到台北旅行時間預測

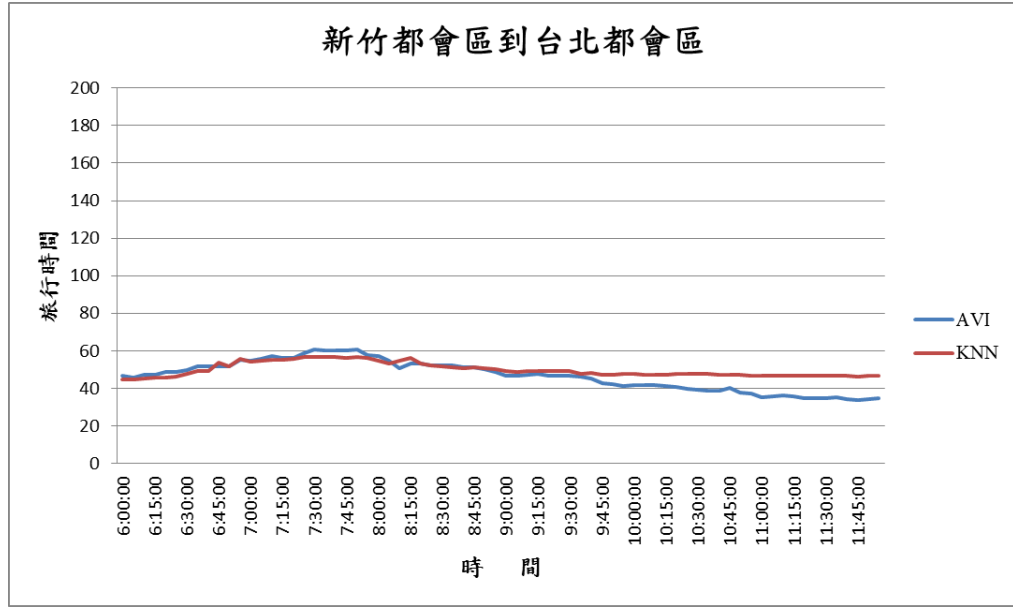


圖 4.1-20 國一北上新竹到台北旅行時間預測

根據相同的流程，本研究整理五個都會區之間的旅行時間預測正確性比較如表 4-9 所示，包含有上下午尖峰、離峰、以及夜間時段。在該表格中，採用了 MAPE 以及 RMSE 這兩項指標來評估 k-NN 預測值與 AVI 真值之間的差距。

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

其中，

n: 所有資料筆數

A_t : 第 t 筆實際值資料，在本研究中即為 AVI 旅行時間。

F_t : 第 t 筆預測資料，在本研究中即為 k-NN 所預測之旅行時間。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}}$$

其中

n: 所有資料筆數

A_t : 第 t 筆實際值資料，在本研究中即為 AVI 旅行時間。

F_t : 第 t 筆預測資料，在本研究中即為 k-NN 所預測之旅行時間。

根據針對所有路段、所有方向、與所有時段的統計檢定，均無法發現這兩者之間存在顯著差異。

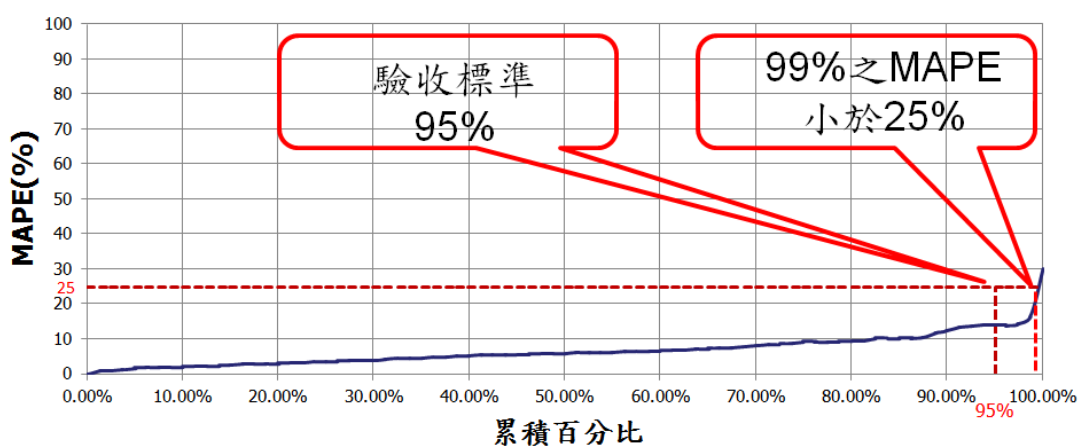
表 4-9 都會區旅行時間預測結果比較

南下				
區段	時段	MAPE(%)	RMSE(分鐘)	差異是否顯著
台北新竹	6:00~10:00	7.85	4.49	否
	10:00~14:00	16.47	10.18	否
	14:00~18:00	10.39	6.54	否
	18:00~22:00	14.19	8.93	否
台北台中	6:00~10:00	1.20	1.48	否
	10:00~14:00	5.54	7.10	否
	14:00~18:00	1.78	2.20	否
	18:00~22:00	2.96	3.83	否
台北台南	6:00~10:00	2.19	4.40	否
	10:00~14:00	2.02	4.30	否
	14:00~18:00	2.97	6.44	否
	18:00~22:00	2.05	5.73	否
台北高雄	6:00~10:00	1.86	4.23	否
	10:00~14:00	1.69	4.26	否
	14:00~18:00	2.40	5.91	否
	18:00~22:00	1.77	5.53	否
新竹台中	6:00~10:00	7.12	3.43	否
	10:00~14:00	9.21	4.49	否
	14:00~18:00	6.86	3.41	否
	18:00~22:00	6.46	3.22	否
新竹台南	6:00~10:00	5.49	7.52	否
	10:00~14:00	5.73	7.98	否
	14:00~18:00	5.58	7.77	否
	18:00~22:00	4.86	6.84	否
新竹高雄	6:00~10:00	4.50	7.43	否
	10:00~14:00	4.51	7.55	否
	14:00~18:00	4.47	7.43	否
	18:00~22:00	3.83	6.47	否
台中台南	6:00~10:00	10.20	8.85	否
	10:00~14:00	7.36	6.33	否
	14:00~18:00	8.53	7.40	否
	18:00~22:00	9.25	8.03	否
台中高雄	6:00~10:00	7.16	8.07	否
	10:00~14:00	5.23	5.93	否

	14:00~18:00	6.14	6.99	否
	18:00~22:00	6.59	7.51	否
台南高雄	6:00~10:00	13.98	3.12	否
	10:00~14:00	13.63	3.14	否
	14:00~18:00	14.05	3.29	否
	18:00~22:00	13.89	3.24	否

北上				
區段	時段	MAPE(%)	RMSE(分鐘)	差異是否顯著
高雄台南	6:00~10:00	9.25	2.96	否
	10:00~14:00	6.19	2.03	否
	14:00~18:00	3.70	1.13	否
	18:00~22:00	6.16	1.70	否
高雄台中	6:00~10:00	2.32	4.61	否
	10:00~14:00	2.88	5.40	否
	14:00~18:00	4.26	7.53	否
	18:00~22:00	3.17	5.34	否
高雄新竹	6:00~10:00	10.20	8.85	否
	10:00~14:00	7.36	6.33	否
	14:00~18:00	8.53	7.40	否
	18:00~22:00	9.25	8.03	否
高雄台北	6:00~10:00	6.73	16.22	否
	10:00~14:00	9.37	21.24	否
	14:00~18:00	8.63	20.10	否
	18:00~22:00	8.08	18.88	否
台南台中	6:00~10:00	2.70	1.77	否
	10:00~14:00	3.67	2.56	否
	14:00~18:00	9.55	6.90	否
	18:00~22:00	12.26	9.50	否
台南新竹	6:00~10:00	0.83	1.08	否
	10:00~14:00	0.83	1.13	否
	14:00~18:00	3.52	4.28	否
	18:00~22:00	4.78	6.37	否
台南台北	6:00~10:00	3.58	6.70	否
	10:00~14:00	6.20	11.04	否
	14:00~18:00	6.59	11.63	否

	18:00~22:00	5.51	10.25	否
台中新竹	6:00~10:00	5.45	2.75	否
	10:00~14:00	5.92	2.80	否
	14:00~18:00	6.60	3.12	否
	18:00~22:00	5.89	2.94	否
台中台北	6:00~10:00	5.30	9.55	否
	10:00~14:00	10.17	14.35	否
	14:00~18:00	11.80	15.38	否
	18:00~22:00	13.25	16.73	否
新竹台北	6:00~10:00	3.12	1.88	否
	10:00~14:00	3.80	2.57	否
	14:00~18:00	10.31	4.90	否
	18:00~22:00	13.16	10.90	否



都會區間旅行時間之平均誤差：

MAPE: 6.74%

RMSE: 6.62 分鐘

都會區間旅行時間最大誤差：

MAPE: 16.47%

RMSE: 21.24 分鐘

都會區間旅行時間符合 95% 小於 25% 誤差之驗收標準。

4.2 兩兩系統交流道旅行時間

本研究的所預測相鄰系統交流道間旅行時間路段範圍及特性如表 4-10、表 4-11、表 4-12、以及表 4-13 所示。

表 4-10 國一南下旅行時間預測相鄰系統交流道列表

起點交流道	起點里程	迄點交流道	迄點里程	路段長度(公里數)
汐止系統	11	機場系統	52	41
機場系統	52	新竹系統	99	47
新竹系統	99	台中系統	165	66
台中系統	165	彰化系統	192	27
彰化系統	192	雲林系統	243	51
雲林系統	243	嘉義系統	272	29
嘉義系統	272	台南系統	315	43
台南系統	315	鼎金系統	362	47

表 4-11 國一北上旅行時間預測相鄰系統交流道列表

起點交流道	起點里程	迄點交流道	迄點里程	路段長度(公里數)
鼎金系統	362	仁德系統	330	32
仁德系統	330	嘉義系統	272	58
嘉義系統	272	雲林系統	243	29
雲林系統	243	埔鹽系統	207	36
彰化系統	192	台中系統	165	27
台中系統	165	新竹系統	99	66
機場系統	52	汐止系統	11	41

表 4-12 國三南下旅行時間預測相鄰系統交流道列表

起點交流道	起點里程	迄點交流道	迄點里程	路段長度(公里數)
汐止系統	10	鶯歌系統	54	44
鶯歌系統	54	新竹系統	100	46
新竹系統	100	中港系統	169	69
中港系統	169	彰化系統	196	27
彰化系統	196	古坑系統	269	73
古坑系統	269	新化系統	346	77
新化系統	346	燕巢系統	383	37
燕巢系統	383	竹田系統	415	32

表 4-13 國三北下旅行時間預測相鄰系統交流道列表

起點交流道	起點里程	迄點交流道	迄點里程	路段長度(公里數)
竹田系統	415	燕巢系統	383	32
燕巢系統	383	新化系統	346	37
新化系統	346	古坑系統	269	77
古坑系統	369	中興系統	222	147
中興系統	222	彰化系統	196	26
彰化系統	196	中港系統	169	27
中港系統	169	新竹系統	100	69
鶯歌系統	100	汐止系統	10	90

4.2.1 模式調校參數

在兩兩系統交流道的旅行時間預估上，由於不同的資料庫長度大小與 k 值的條件，皆會影響預估的準確性以及所需的計算時間，因此需要透過不同的資料庫時間長度與 k 值的搭配，才能針對不同組合的兩兩系統交流道提出合適的資料庫大小與 k 值。

由於在國道一號上兩個相鄰系統交流道必定包含在五個都會區之間，因此參數的設定者可直接採用在五個都會區之間(取最小區間)所校估出來的參數。例如在設定中港系統到新竹系統間的參數時，由於這路段包含於台中都會區到新竹都會區之間，因此直接採用台中都會區到新竹都會區的設定值即可。

因此本節中僅需針對在國道三號上相鄰系統交流道的參數進行校估即可。所使用參數調校方式與都會區之間所使用的方式相同，皆以資料庫時間長度 3 個月、6 個月、9 個月與 12 個月進行測試，而 k 值設定也同樣為 10、20、30 作為測試。

在與實際資料的比對方面，以 AVI 旅行時間比對各參數組合之預測結果提出各路段所需的資料庫時間長度大小與 k 值作為往後預測旅行時間之參考。

經調校後對於兩兩系統交流道間的資料庫大小以及 k 值設定結果如表 4-14 與表 4-15 所示。

表 4-14 國三北上所需資料庫長度與 k 值表

國道三號 北上	竹田系統	燕巢系統	新化系統	官田系統	水上系統	古坑系統	中興系統
	燕巢系統	新化系統	官田系統	水上系統	古坑系統	中興系統	霧峰系統
資料庫	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月
k 值	20	20	20	20	20	20	20
國道三號 北上	霧峰系統	彰化系統	中港系統	新竹系統	鶯歌系統	南港系統	
	彰化系統	中港系統	新竹系統	鶯歌系統	南港系統	汐止系統	
資料庫	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	
k 值	20	20	20	20	20	20	

表 4-15 國三南下所需資料庫長度與 k 值表

國道三號 南下	汐止系統	南港系統	鶯歌系統	新竹系統	中港系統	彰化系統	霧峰系統
	南港系統	鶯歌系統	新竹系統	中港系統	彰化系統	霧峰系統	中興系統
資料庫	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月
k 值	20	20	20	20	20	20	20
國道三號 南下	中興系統	古坑系統	水上系統	官田系統	新化系統	燕巢系統	
	古坑系統	水上系統	官田系統	新化系統	燕巢系統	竹田系統	
資料庫	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	6 個月	
k 值	20	20	20	20	20	20	

4.2.2 旅行時間預測結果

本研究根據參數調校之結果，採用 6 個月大小之歷史資料庫，在 K=20 的條件下，對國道一號及國道三號南北雙向進行了全路段兩兩相鄰系統交流道間之旅行時間預測。

根據如五個都會區之間旅行時間預測相同的流程，本研究整理相同系統交流道之間的旅行時間預測正確性比較如表 4-16 所示。對每個路段，總共測試 4 個時段，包含有上下午尖峰、離峰、以及夜間時段。在該表格中，採用了 MAPE 以及 RMSE 這兩項指標來評估 k-NN 預測值與 AVI 真值之間的差距，根據針對所有路段、所有方向、與所有時段的統計檢定，均無法發現這兩者之間存在顯著差異。

表 4-16 系統交流道之間旅行時間預測結果比較

國一南下				
區段	時段	MAPE(%)	RMSE(分鐘)	差異是否顯著
汐止--機場	6:00~10:00	14.79	11.73	否
	10:00~14:00	5.44	7.74	否
	14:00~18:00	5.97	11.88	否
	18:00~22:00	12.18	9.82	否
機場--新竹	6:00~10:00	17.44	5.70	否
	10:00~14:00	12.44	4.55	否
	14:00~18:00	11.73	6.33	否
	18:00~22:00	10.26	6.24	否
新竹--台中	6:00~10:00	2.04	3.94	否
	10:00~14:00	2.55	2.28	否
	14:00~18:00	2.12	3.07	否
	18:00~22:00	2.52	2.37	否
台中--彰化	6:00~10:00	11.09	1.94	否
	10:00~14:00	13.88	0.73	否
	14:00~18:00	12.80	3.95	否
	18:00~22:00	13.40	2.37	否
彰化--雲林	6:00~10:00	2.22	0.52	否
	10:00~14:00	2.09	0.20	否
	14:00~18:00	1.28	0.11	否
	18:00~22:00	1.07	0.09	否
雲林--嘉義	6:00~10:00	2.63	0.96	否
	10:00~14:00	1.86	1.20	否
	14:00~18:00	1.34	0.16	否
	18:00~22:00	1.04	0.13	否
嘉義--台南	6:00~10:00	2.13	0.79	否
	10:00~14:00	2.77	0.20	否
	14:00~18:00	1.39	0.14	否
	18:00~22:00	1.07	0.42	否
台南--鼎金	6:00~10:00	5.97	9.88	否
	10:00~14:00	6.18	3.82	否
	14:00~18:00	12.44	5.64	否
	18:00~22:00	14.23	4.55	否

國一北上				
區段	時段	MAPE(%)	RMSE(分鐘)	差異是否顯著
機場--汐止	6:00~10:00	11.79	7.15	否
	10:00~14:00	4.38	8.74	否
	14:00~18:00	9.74	12.88	否
	18:00~22:00	14.34	6.73	否
台中--新竹	6:00~10:00	1.44	5.66	否
	10:00~14:00	2.42	2.58	否
	14:00~18:00	2.14	3.32	否
	18:00~22:00	1.64	4.86	否
彰化--台中	6:00~10:00	1.94	2.43	否
	10:00~14:00	1.22	2.28	否
	14:00~18:00	2.32	3.53	否
	18:00~22:00	2.09	1.34	否
雲林--埔鹽	6:00~10:00	1.91	1.59	否
	10:00~14:00	3.88	1.90	否
	14:00~18:00	1.76	2.92	否
	18:00~22:00	1.04	2.67	否
嘉義--雲林	6:00~10:00	2.13	0.57	否
	10:00~14:00	2.86	1.00	否
	14:00~18:00	1.70	2.16	否
	18:00~22:00	2.74	0.09	否
仁德--嘉義	6:00~10:00	2.56	0.98	否
	10:00~14:00	1.34	0.20	否
	14:00~18:00	1.34	1.64	否
	18:00~22:00	3.59	0.30	否
鼎金--仁德	6:00~10:00	8.26	3.79	否
	10:00~14:00	8.77	5.00	否
	14:00~18:00	9.39	4.14	否
	18:00~22:00	11.07	7.42	否

國三南下				
區段	時段	MAPE(%)	RMSE(分鐘)	差異是否顯著
汐止--南港	6:00~10:00	7.45	0.26	否
	10:00~14:00	25.16	1.91	否

	14:00~18:00	7.77	0.27	否
	18:00~22:00	10.69	0.34	否
南港--鶯歌	6:00~10:00	21.27	7.22	否
	10:00~14:00	19.60	6.10	否
	14:00~18:00	23.78	8.18	否
	18:00~22:00	4.633	12.68	否
鶯歌--新竹	6:00~10:00	13.64	3.44	否
	10:00~14:00	13.64	3.55	否
	14:00~18:00	13.51	3.57	否
	18:00~22:00	13.52	3.55	否
新竹--中港	6:00~10:00	8.32	3.79	否
	10:00~14:00	11.34	5.13	否
	14:00~18:00	11.03	5.06	否
	18:00~22:00	9.54	4.36	否
中港--彰化	6:00~10:00	2.81	0.49	否
	10:00~14:00	3.77	0.62	否
	14:00~18:00	3.36	0.59	否
	18:00~22:00	2.56	0.52	否
彰化--霧峰	6:00~10:00	25.02	1.02	否
	10:00~14:00	25.49	0.91	否
	14:00~18:00	24.90	0.90	否
	18:00~22:00	24.51	0.89	否
霧峰--中興	6:00~10:00	24.14	0.85	否
	10:00~14:00	23.12	0.82	否
	14:00~18:00	25.37	0.90	否
	18:00~22:00	24.26	0.86	否
中興--古坑	6:00~10:00	24.44	3.55	否
	10:00~14:00	22.73	3.33	否
	14:00~18:00	21.93	3.24	否
	18:00~22:00	22.56	3.32	否
古坑--水上	6:00~10:00	5.11	0.92	否
	10:00~14:00	2.90	0.58	否
	14:00~18:00	1.49	0.30	否
	18:00~22:00	1.46	0.31	否
水上--官田	6:00~10:00	4.26	0.92	否
	10:00~14:00	1.82	0.47	否
	14:00~18:00	2.23	0.50	否

	18:00~22:00	2.85	0.66	否
官田--新化	6:00~10:00	9.36	0.76	否
	10:00~14:00	10.44	0.87	否
	14:00~18:00	12.77	1.07	否
	18:00~22:00	12.74	1.07	否
新化燕巢	6:00~10:00	2.66	0.66	否
	10:00~14:00	3.28	0.77	否
	14:00~18:00	3.10	0.73	否
	18:00~22:00	2.73	0.65	否
燕巢竹田	6:00~10:00	2.45	4.10	否
	10:00~14:00	1.68	3.76	否
	14:00~18:00	3.71	3.56	否
	18:00~22:00	1.15	3.61	否

國三北上				
區段	時段	MAPE(%)	RMSE(分鐘)	差異是否顯著
南港--汐止	6:00~10:00	4.86	0.13	否
	10:00~14:00	1.81	0.06	否
	14:00~18:00	5.80	0.18	否
	18:00~22:00	10.53	0.24	否
鶯歌--南港	6:00~10:00	6.26	2.37	否
	10:00~14:00	28.36	7.36	否
	14:00~18:00	16.13	4.21	否
	18:00~22:00	17.59	3.91	否
新竹--鶯歌	6:00~10:00	2.04	0.94	否
	10:00~14:00	2.55	1.28	否
	14:00~18:00	2.12	1.07	否
	18:00~22:00	2.52	1.37	否
中港--新竹	6:00~10:00	13.91	1.88	否
	10:00~14:00	11.44	1.60	否
	14:00~18:00	10.57	1.53	否
	18:00~22:00	12.34	1.74	否
彰化--中港	6:00~10:00	4.79	0.73	否
	10:00~14:00	5.44	0.74	否
	14:00~18:00	5.97	0.88	否
	18:00~22:00	6.18	0.82	否
霧峰--彰化	6:00~10:00	21.02	1.02	否

	10:00~14:00	25.49	0.91	否
	14:00~18:00	24.90	0.90	否
	18:00~22:00	22.51	0.89	否
中興--霧峰	6:00~10:00	17.58	5.77	否
	10:00~14:00	17.85	5.85	否
	14:00~18:00	17.99	5.93	否
	18:00~22:00	17.44	5.70	否
古坑--中興	6:00~10:00	24.44	3.55	否
	10:00~14:00	22.73	3.33	否
	14:00~18:00	21.93	3.24	否
	18:00~22:00	22.56	3.32	否
水上--古坑	6:00~10:00	3.94	0.87	否
	10:00~14:00	2.86	0.78	否
	14:00~18:00	2.24	0.54	否
	18:00~22:00	2.22	0.52	否
官田水上	6:00~10:00	2.09	0.20	否
	10:00~14:00	1.28	0.11	否
	14:00~18:00	1.07	0.09	否
	18:00~22:00	1.07	0.10	否
新化--官田	6:00~10:00	1.34	0.32	否
	10:00~14:00	1.19	0.31	否
	14:00~18:00	0.30	0.08	否
	18:00~22:00	1.02	0.23	否
燕巢--新化	6:00~10:00	3.55	0.70	否
	10:00~14:00	3.20	0.65	否
	14:00~18:00	2.39	0.47	否
	18:00~22:00	3.61	0.69	否
竹田--燕巢	6:00~10:00	0.83	1.08	否
	10:00~14:00	0.83	1.13	否
	14:00~18:00	1.17	0.67	否
	18:00~22:00	3.78	0.79	否

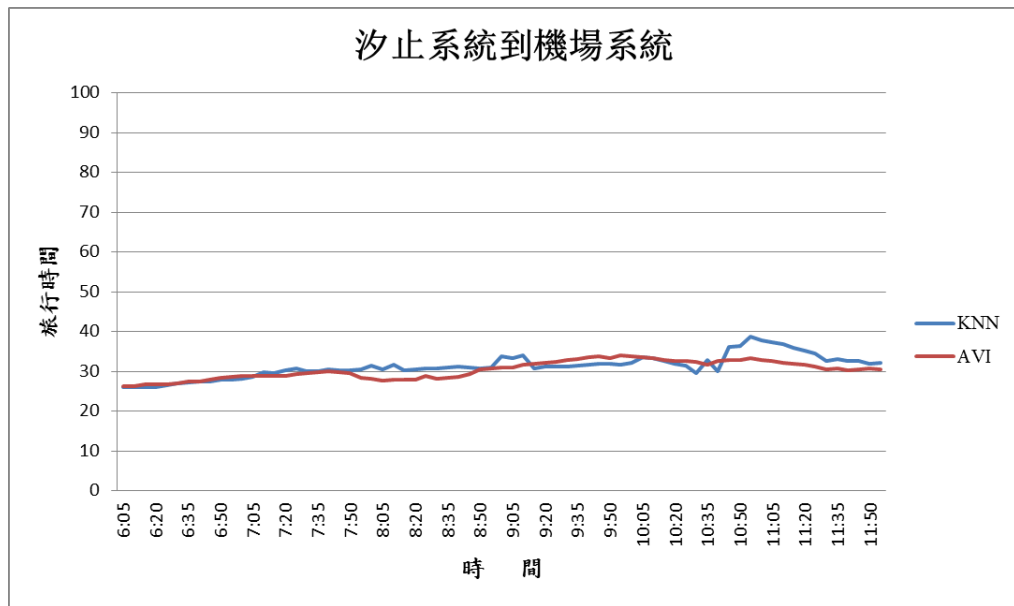


圖 4.2-1 國一南下汐止系統到機場系統旅行時間預測

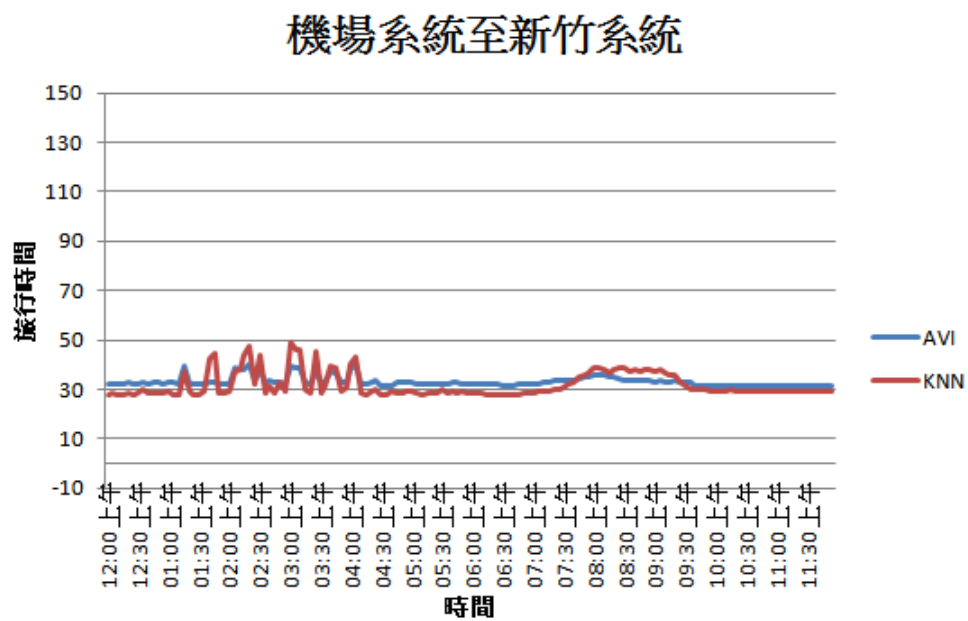


圖 4.2-2 國一南下機場系統到新竹系統旅行時間預測

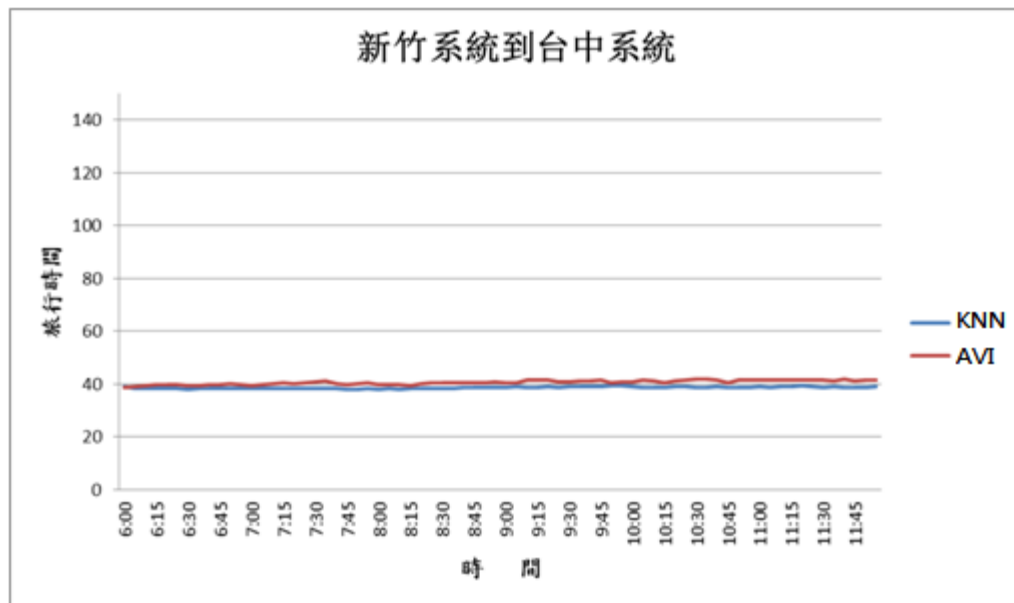


圖 4.2-3 國一南下新竹系統到台中系統旅行時間預測

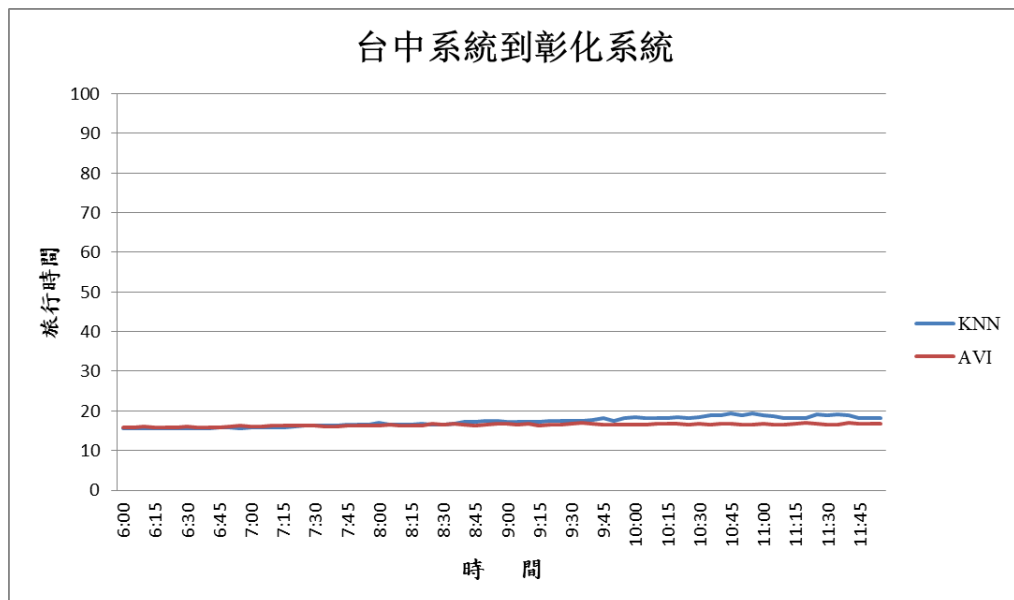


圖 4.2-4 國一南下台中系統到彰化系統旅行時間預測

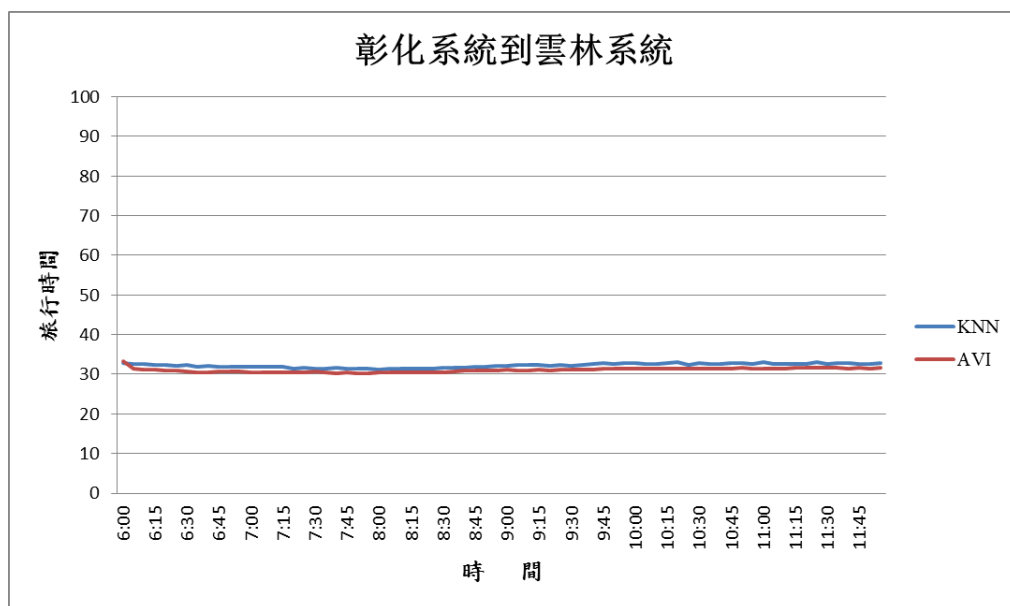


圖 4.2-5 國一南下彰化系統到雲林系統旅行時間預測

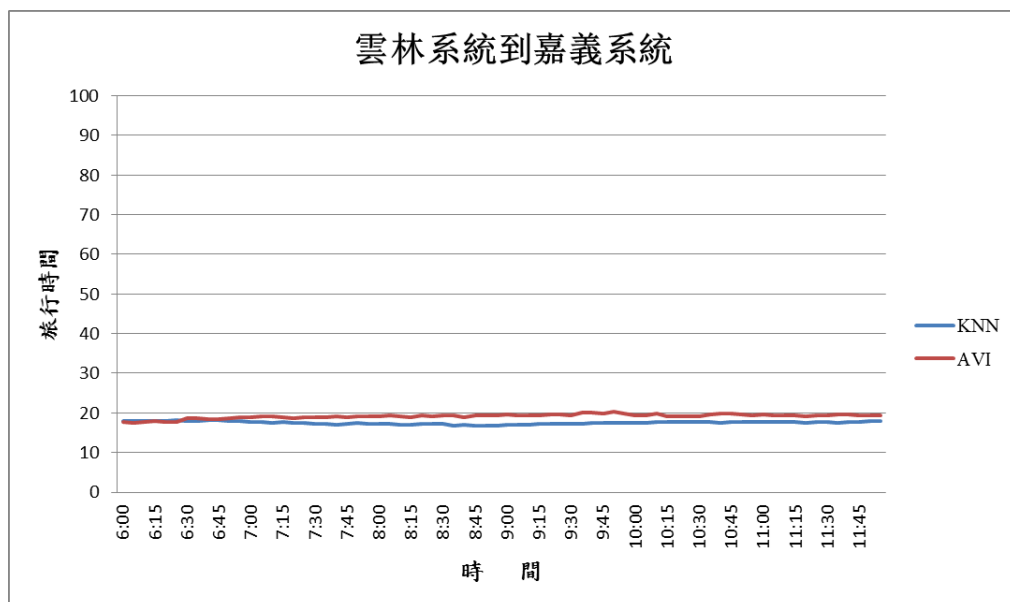


圖 4.2-6 國一南下雲林系統到嘉義系統旅行時間預測

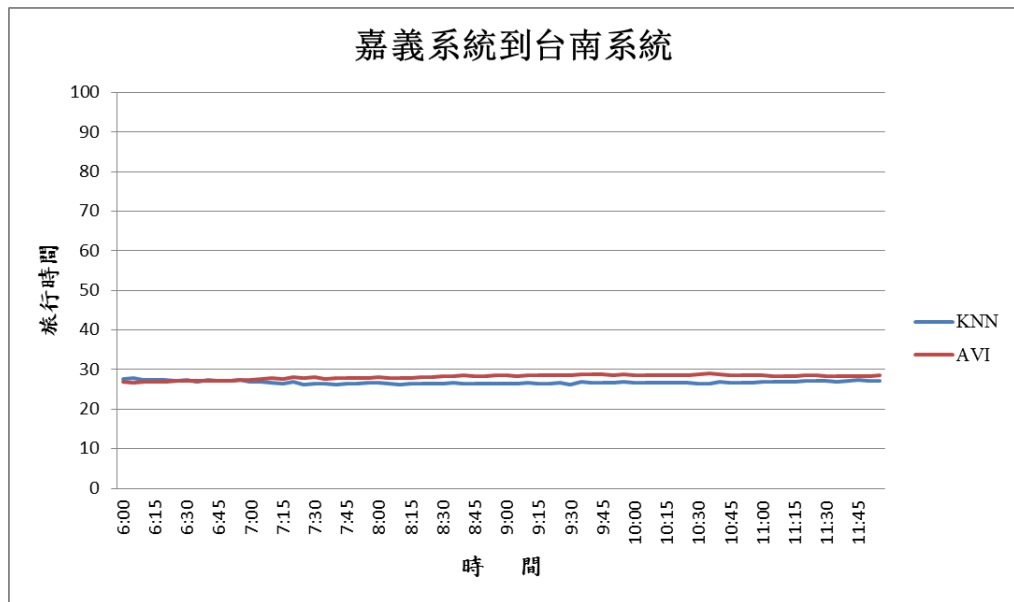


圖 4.2-7 國一南下嘉義系統到台南系統旅行時間預測

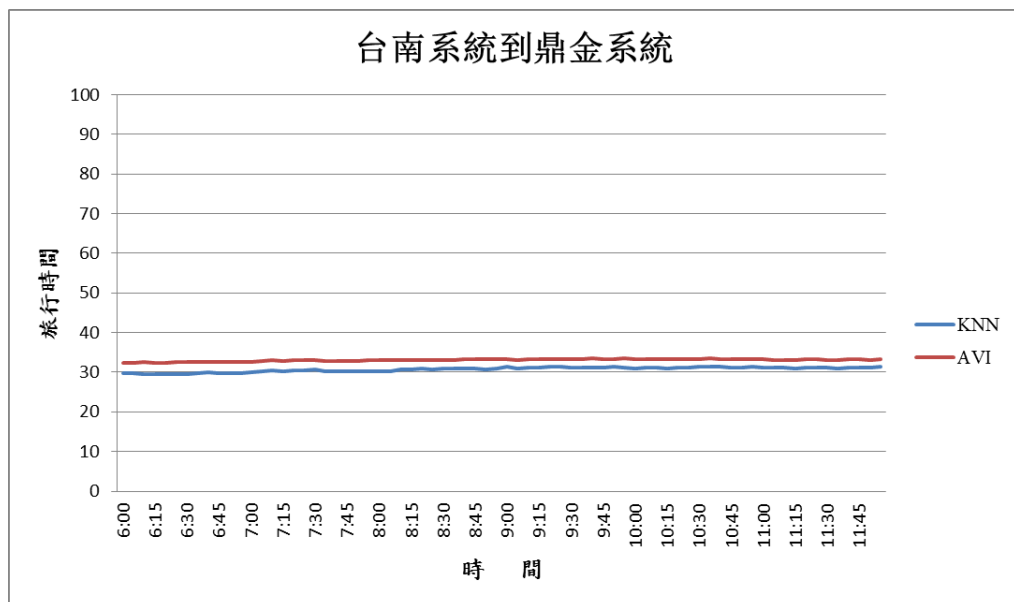


圖 4.2-8 國一南下台南系統到鼎金系統旅行時間預測

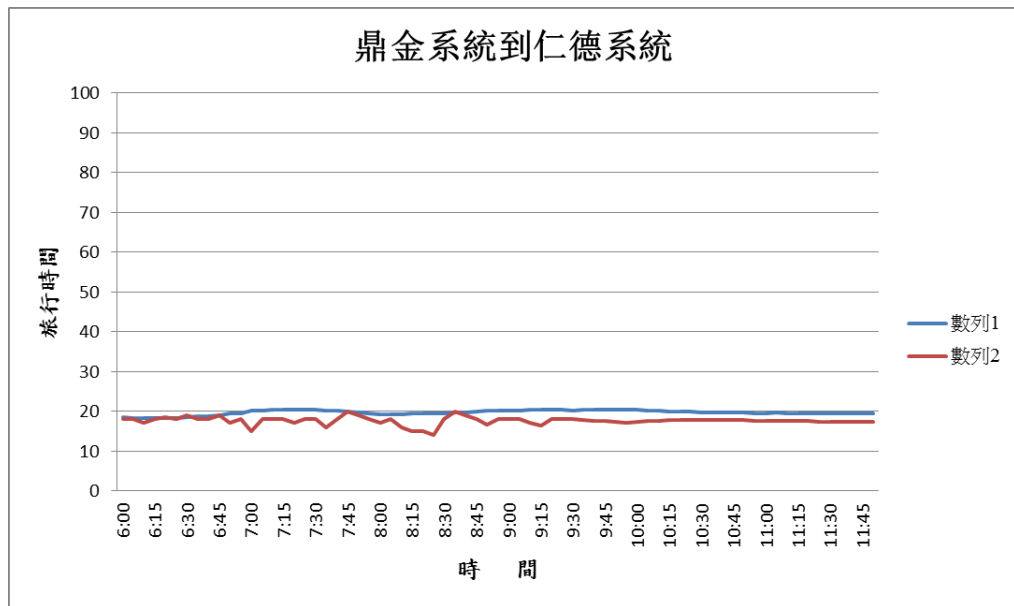


圖 4.2-9 國一北上鼎金系統到仁德系統旅行時間預測

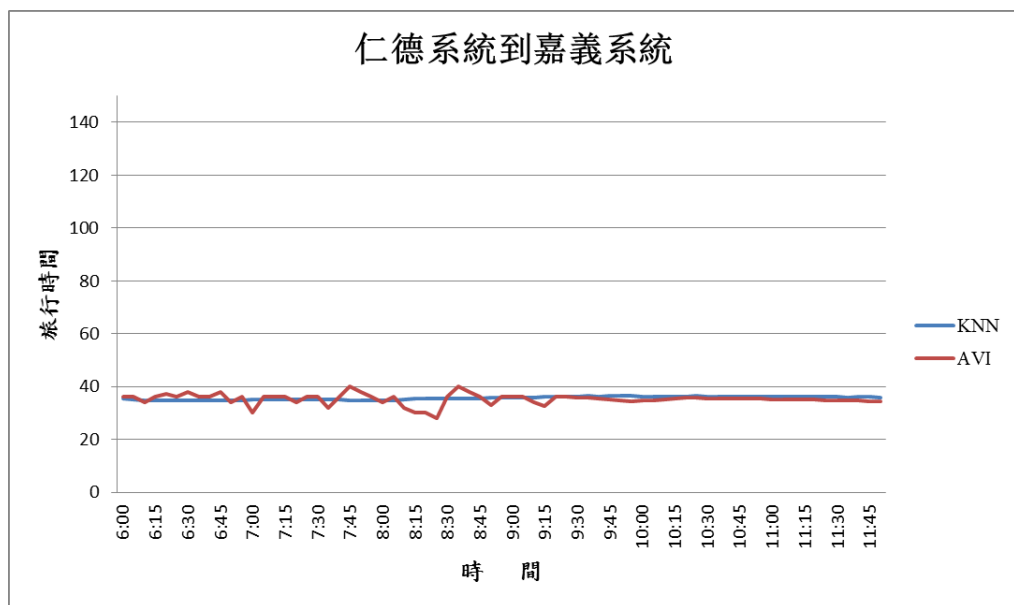


圖 4.2-10 國一北上仁德系統到嘉義系統旅行時間預測

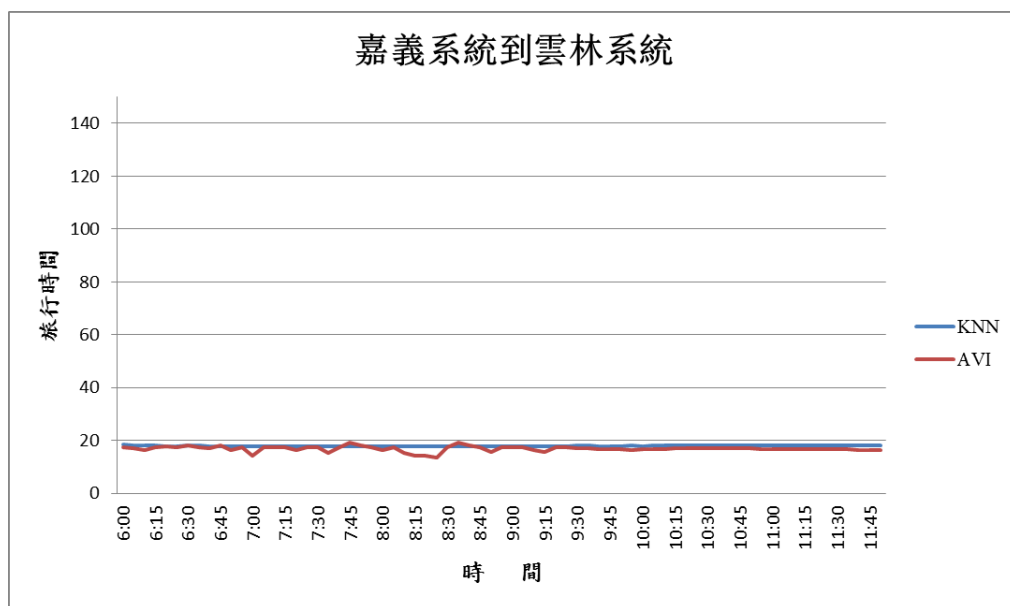


圖 4.2-11 國一北上嘉義系統到雲林系統旅行時間預測

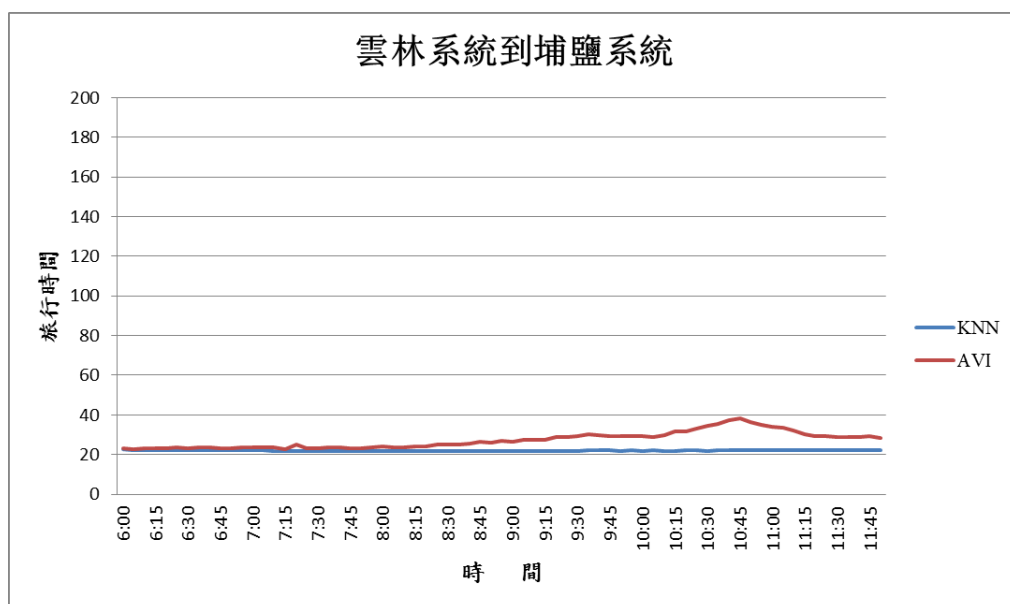


圖 4.2-12 國一北上雲林系統到埔鹽系統旅行時間預測

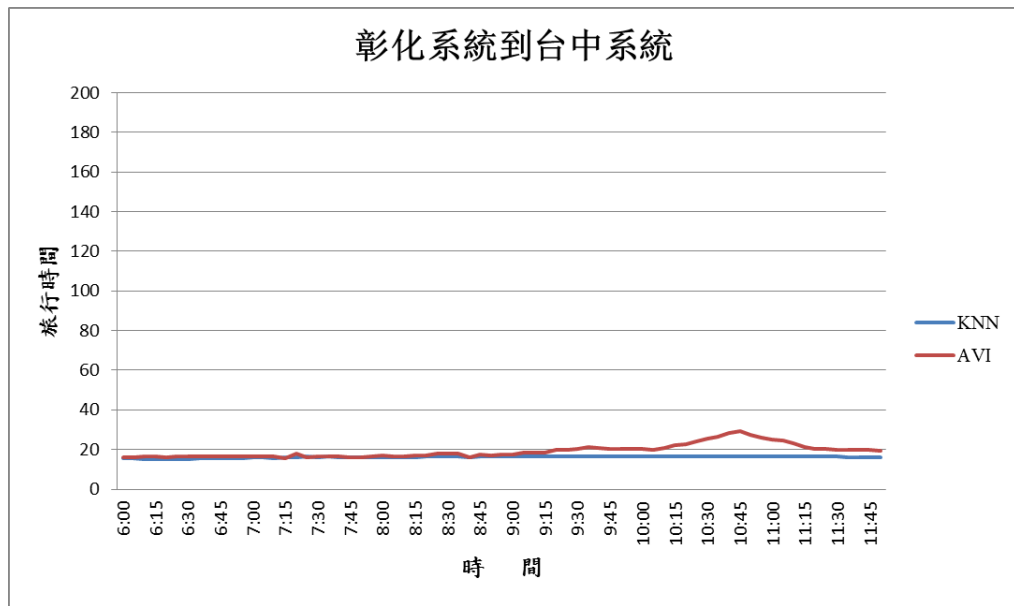


圖 4.2-13 國一北上彰化系統到台中系統旅行時間預測

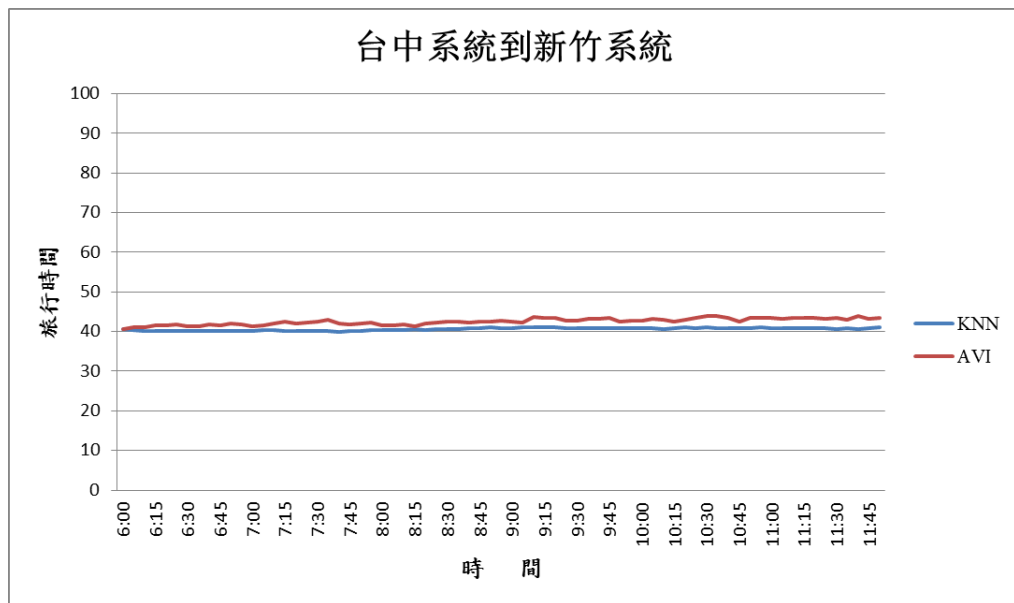


圖 4.2-14 國一北上台中系統到新竹系統旅行時間預測

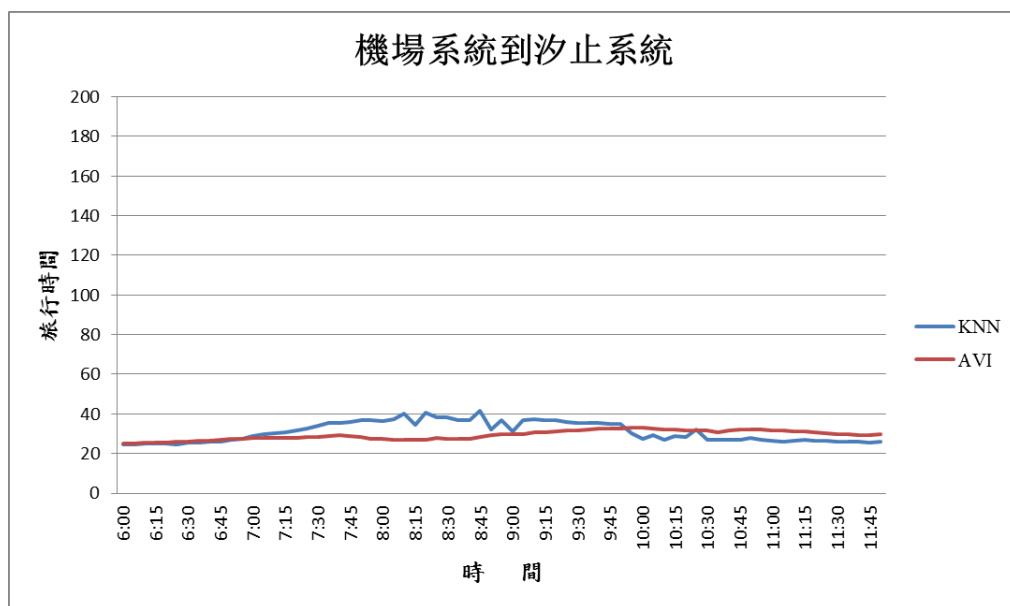


圖 4.2-15 國一北上機場系統到汐止系統旅行時間預測

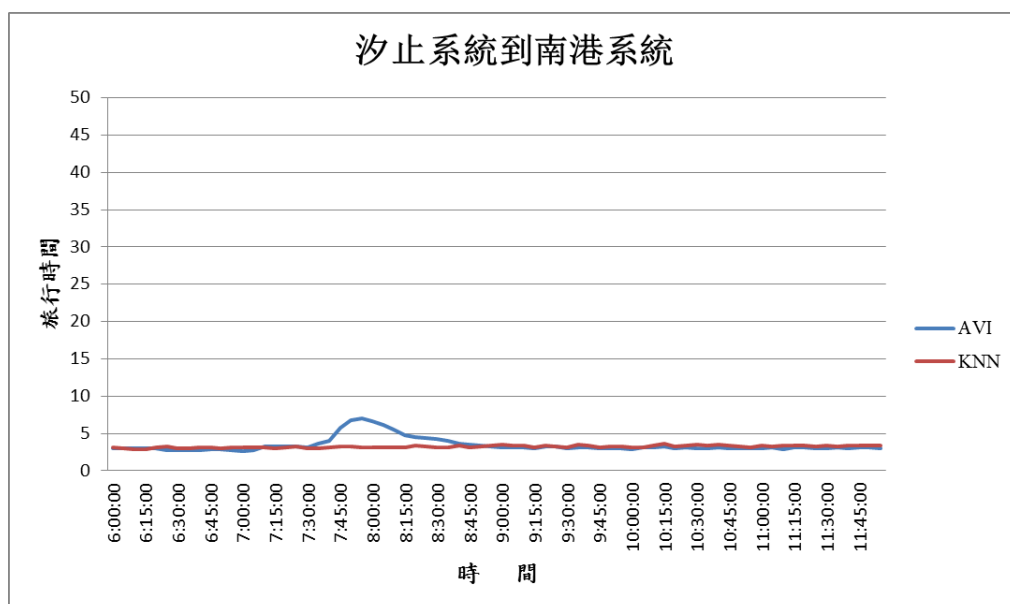


圖 4.2-16 國三南下汐止系統到南港系統旅行時間預測

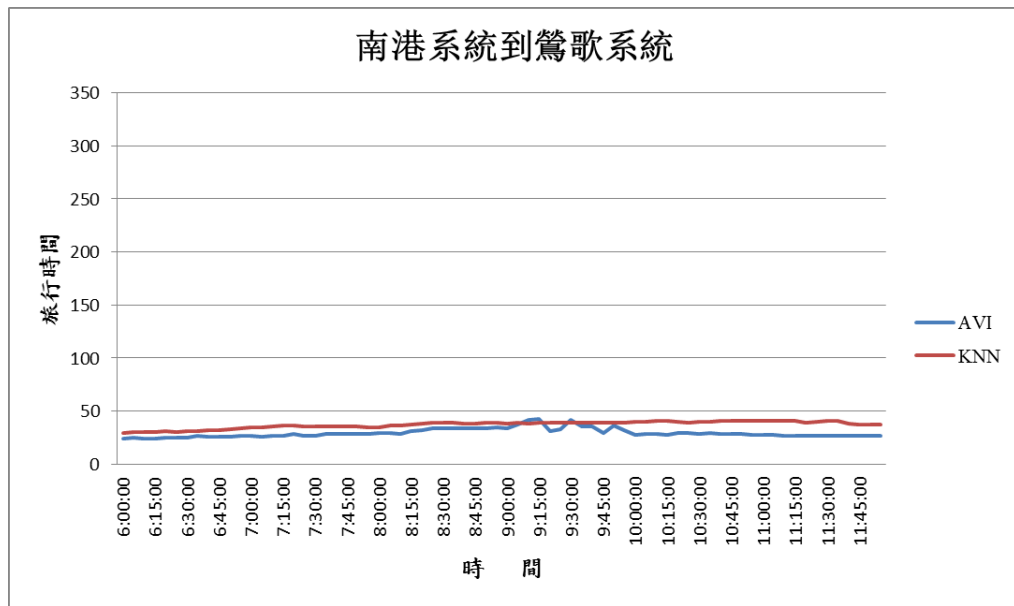


圖 4.2-17 國三南下南港系統到鶯歌系統旅行時間預測

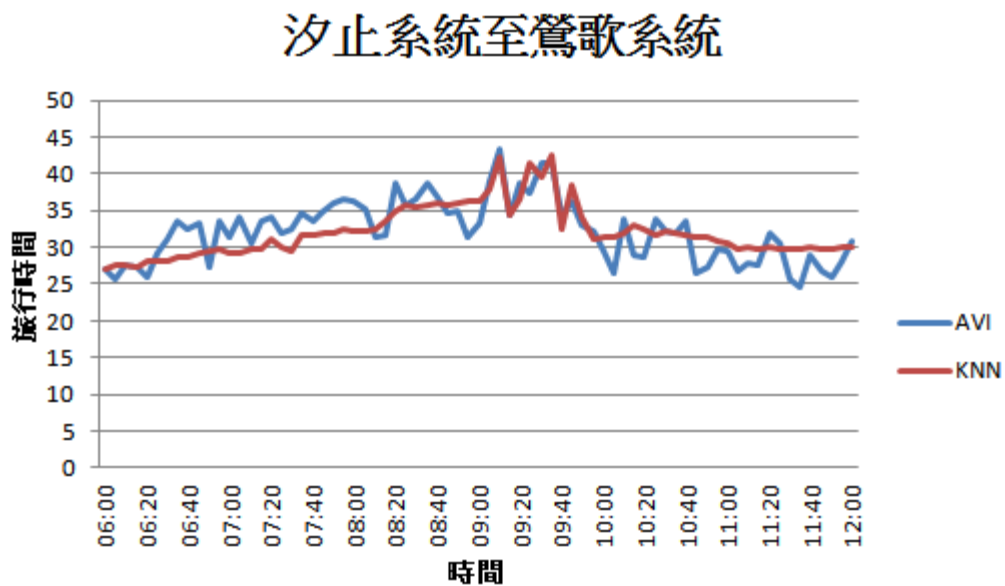


圖 4.2-18 國三南下汐止系統至鶯歌系統旅行時間預測

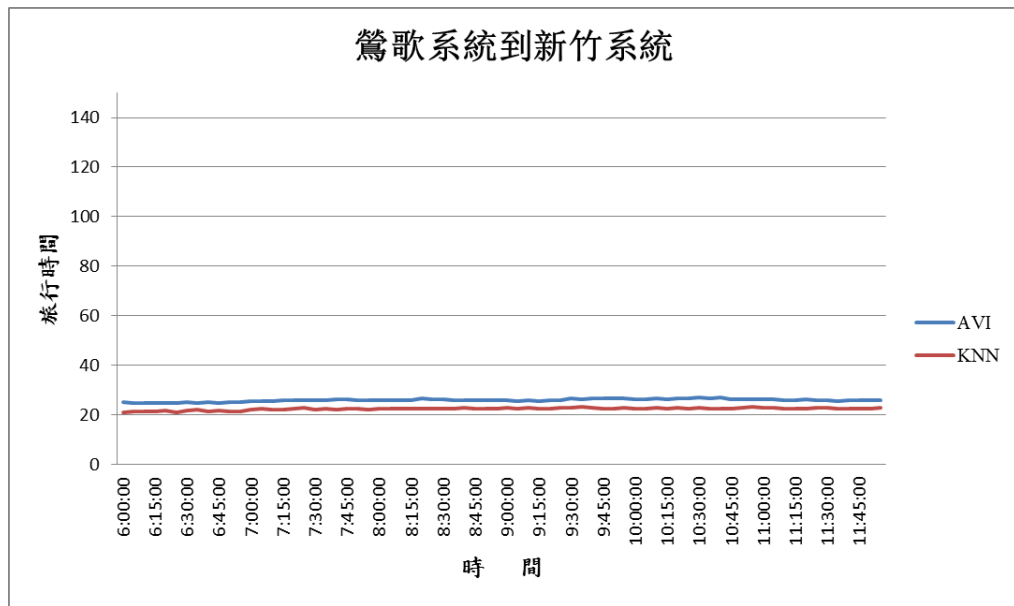


圖 4.2-19 國三南下鶯歌系統到新竹系統旅行時間預測\

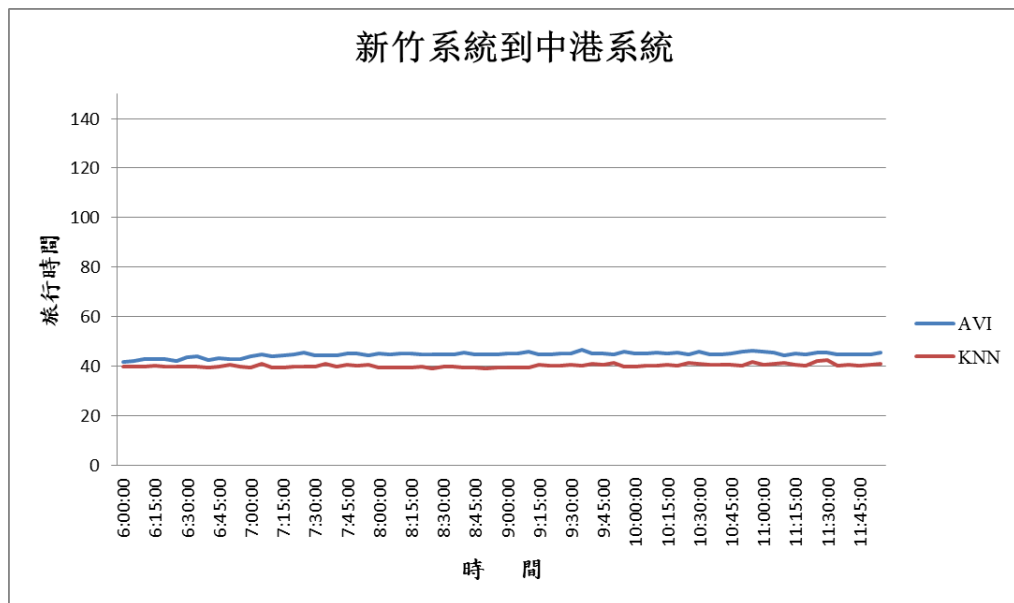


圖 4.2-20 國三南下新竹系統到中港系統旅行時間預測

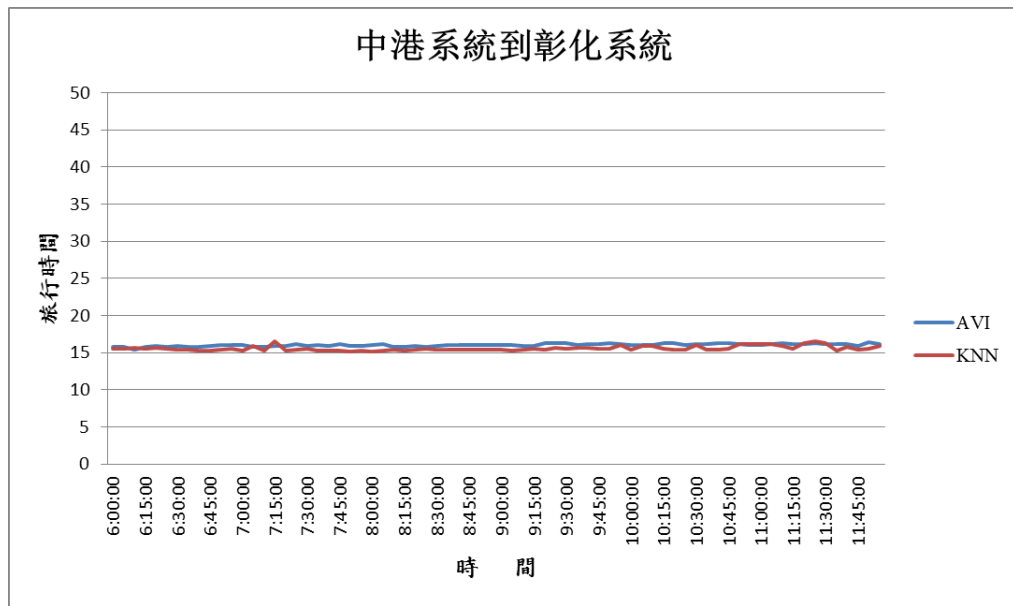


圖 4.2-21 國三南下中港系統到彰化系統旅行時間預測

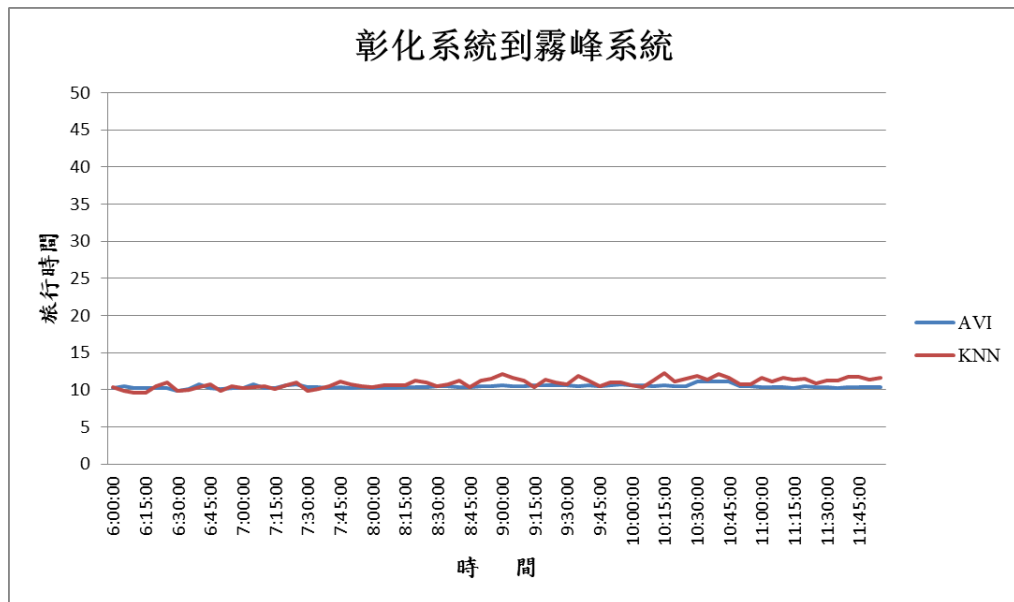


圖 4.2-22 國三南下彰化系統到霧峰系統旅行時間預測

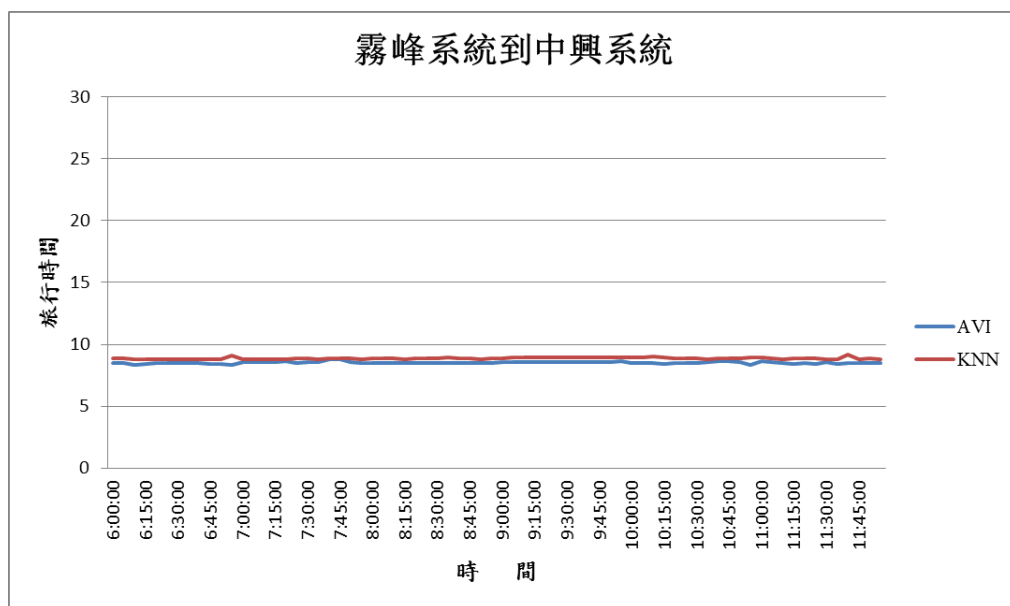


圖 4.2-23 國三南下霧峰系統到中興系統旅行時間預測

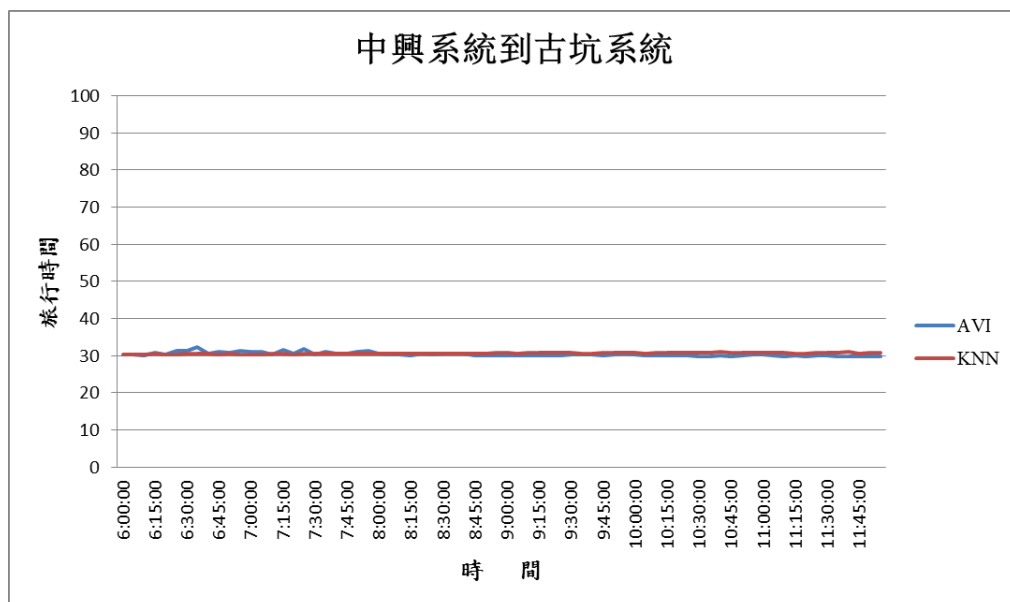


圖 4.2-24 國三南下中興系統到古坑系統旅行時間預測

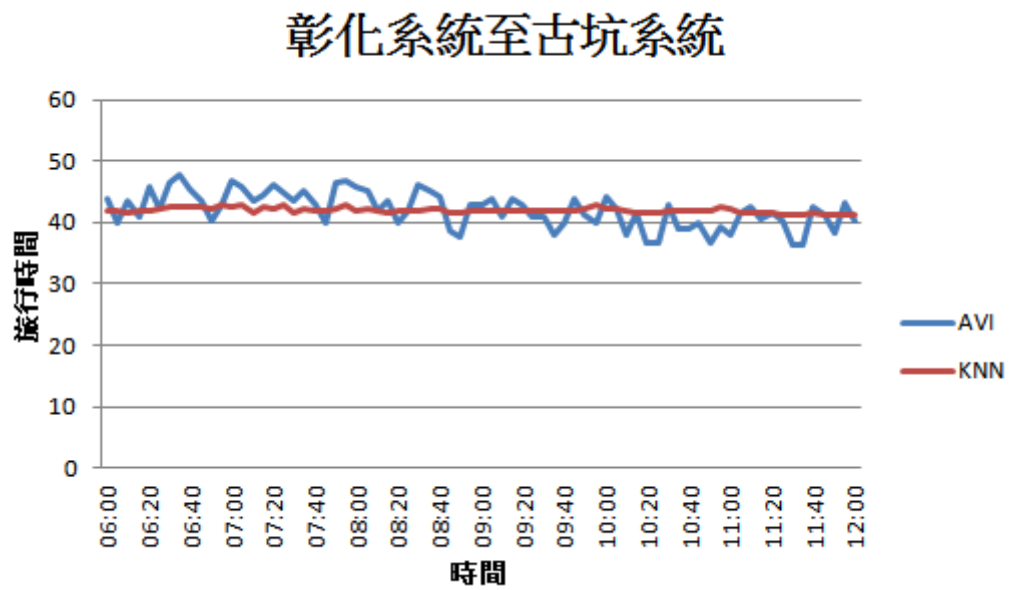


圖 4.2-25 國三南下彰化系統到古坑系統旅行時間預測

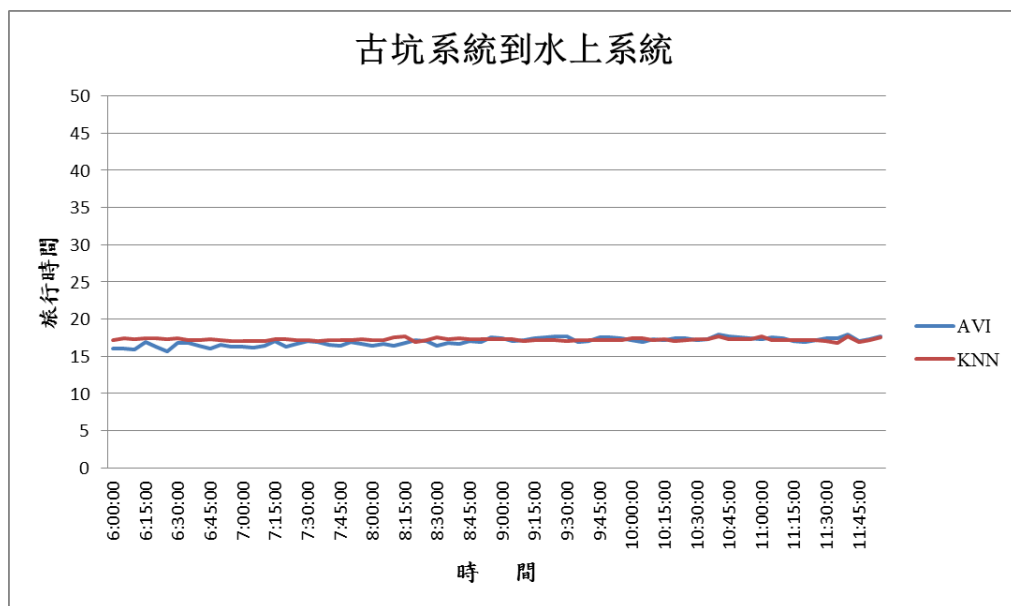


圖 4.2-26 國三南下古坑系統到水上系統旅行時間預測

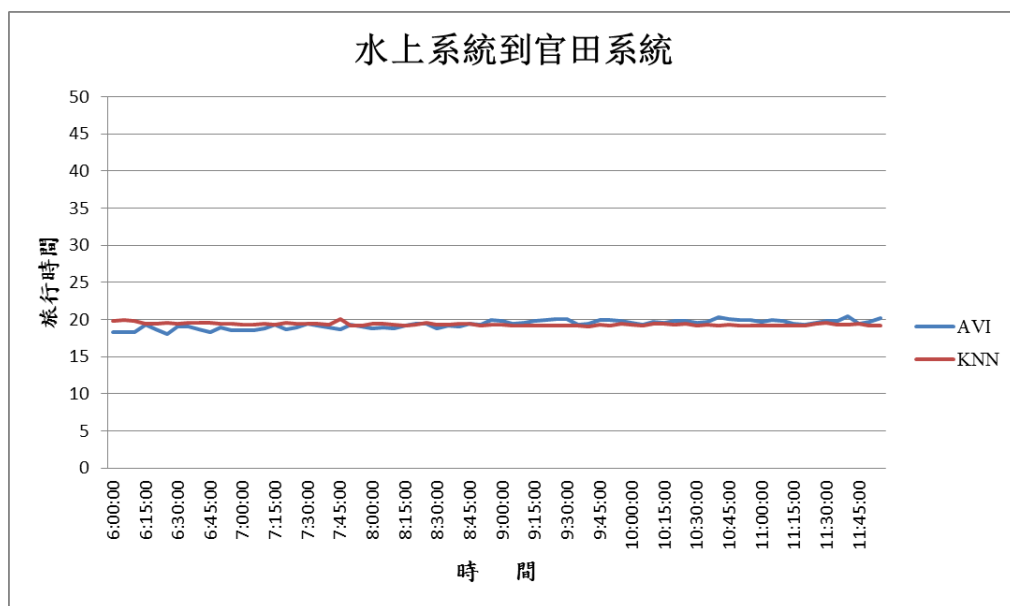


圖 4.2-27 國三南下水上系統到官田系統旅行時間預測

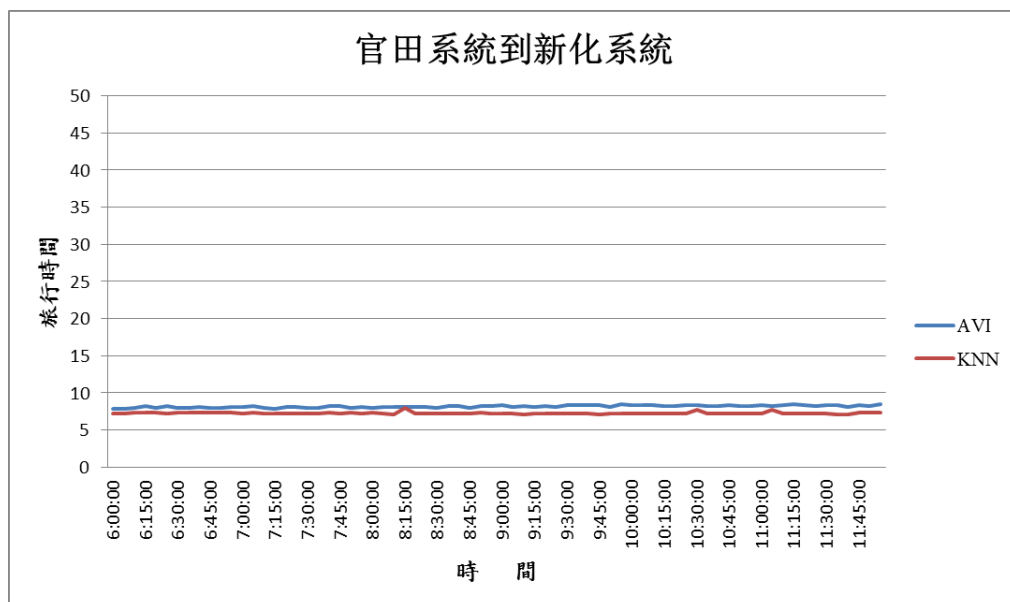


圖 4.2-28 國三南下官田系統到新化系統旅行時間預測

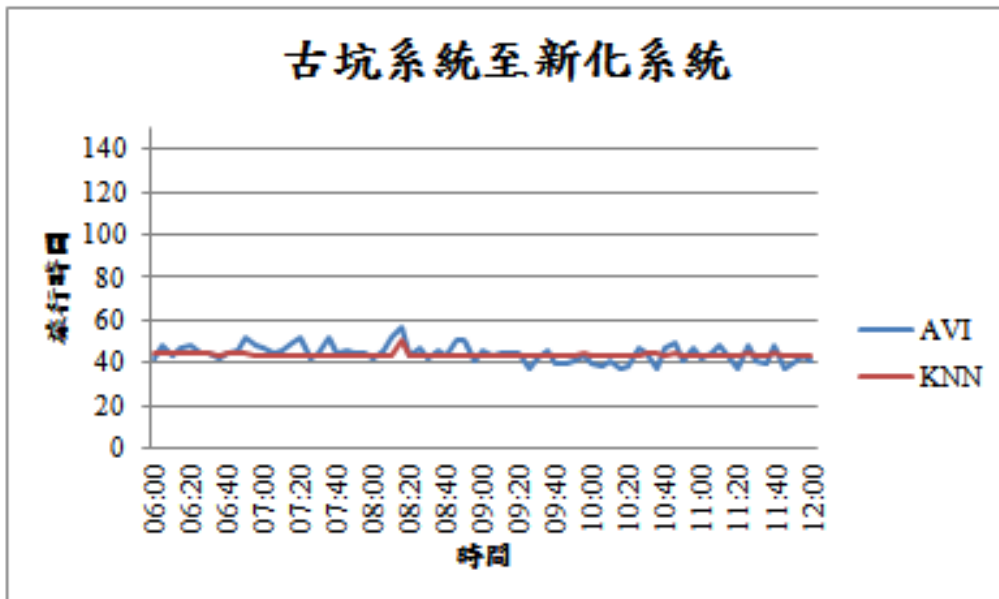


圖 4.2-29 國三南下古坑系統到新化系統旅行時間預測

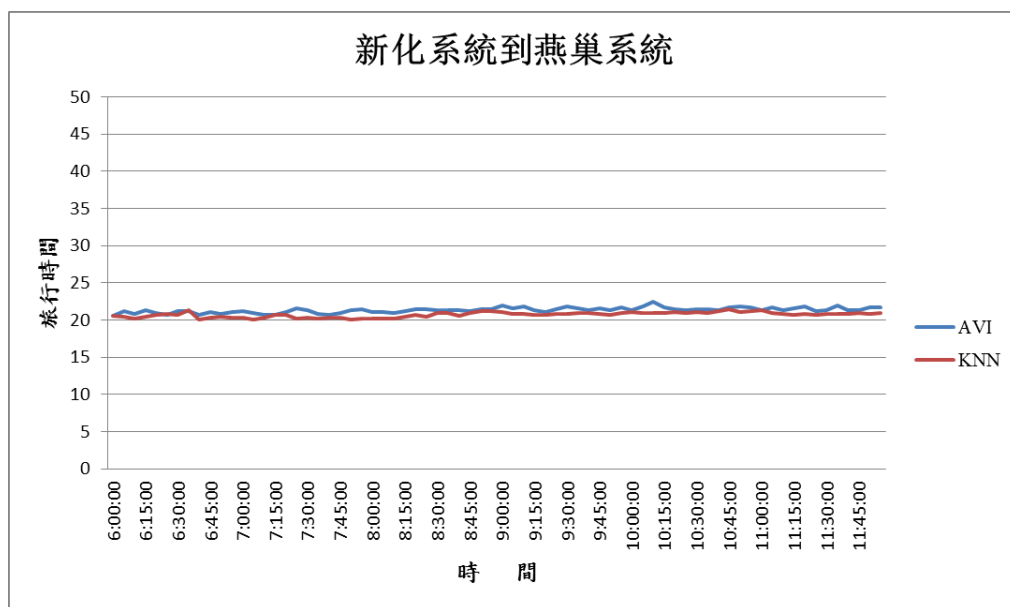


圖 4.2-6 國三南下新化系統到燕巢系統旅行時間預測

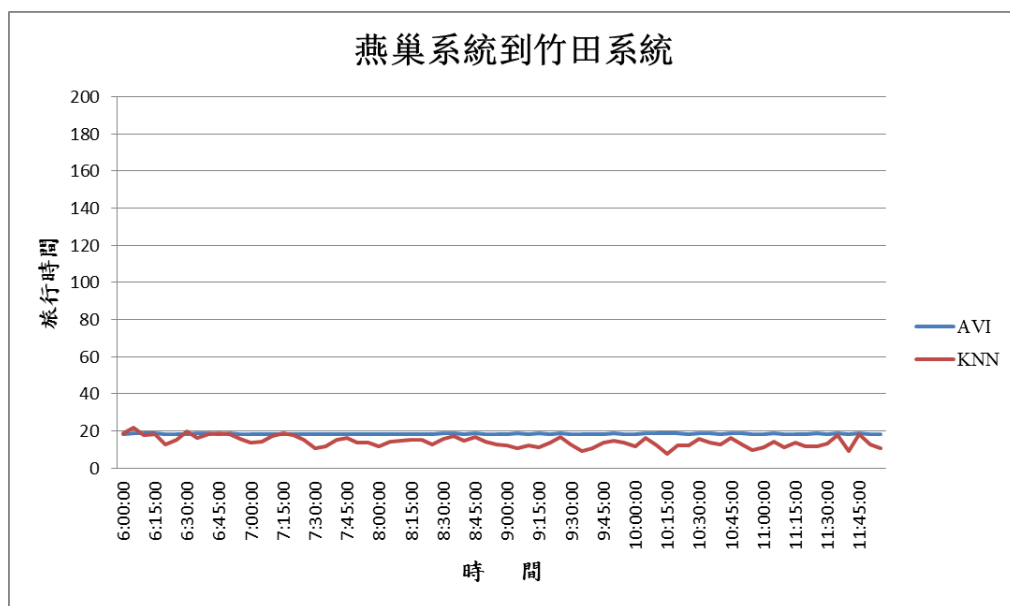


圖 4.2-7 國三南下燕巢系統到竹田系統旅行時間預測

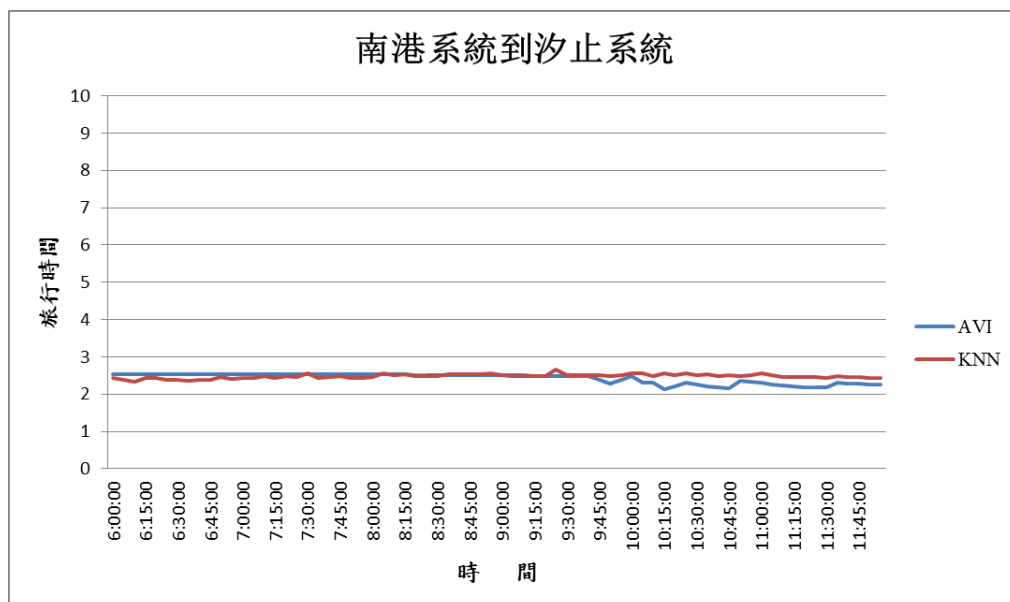


圖 4.2-8 國三北上南港系統到汐止系統旅行時間預測

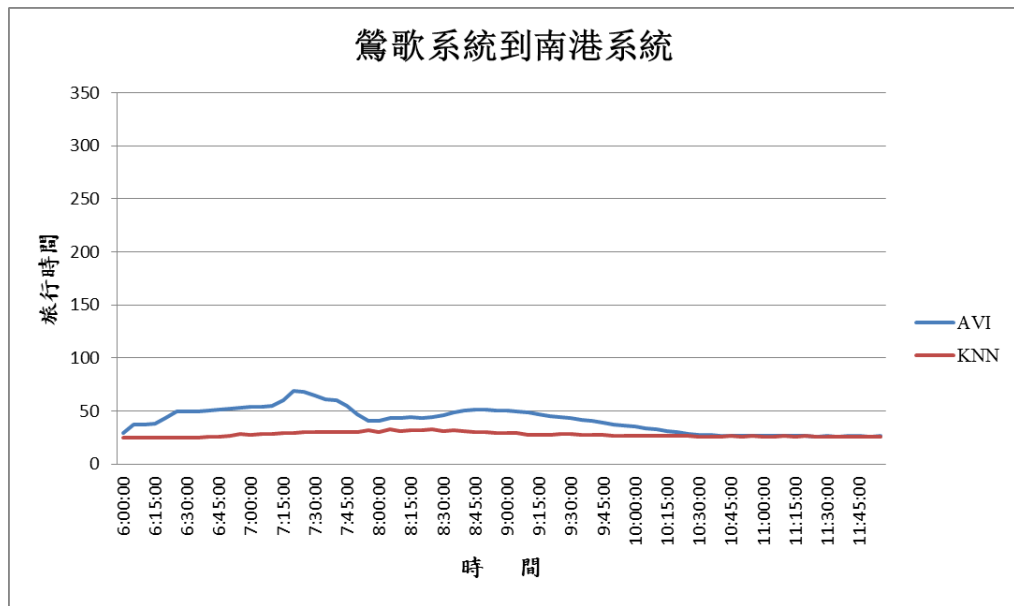


圖 4.2-9 國三北上鶯歌系統到南港系統旅行時間預測

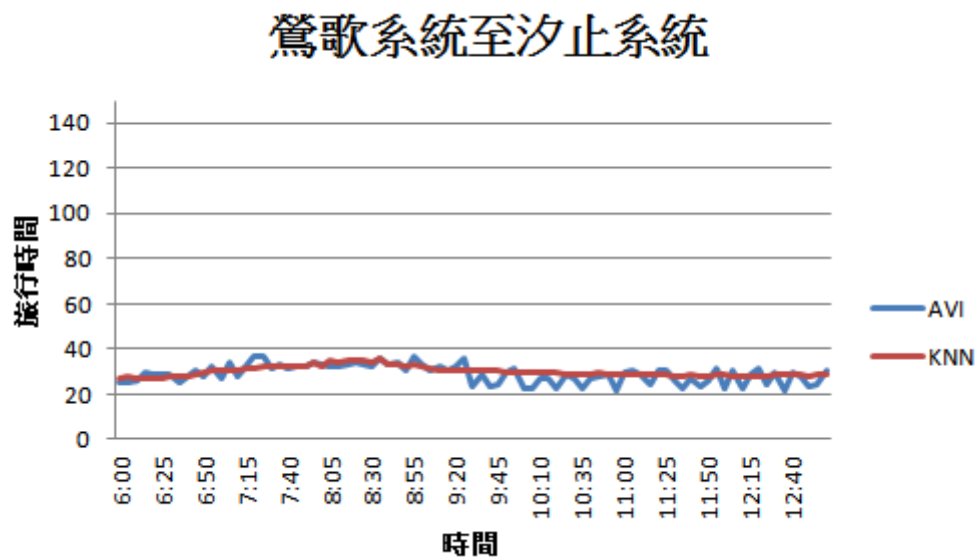


圖 4.2-10 國三北上鶯歌系統到汐止系統旅行時間預測

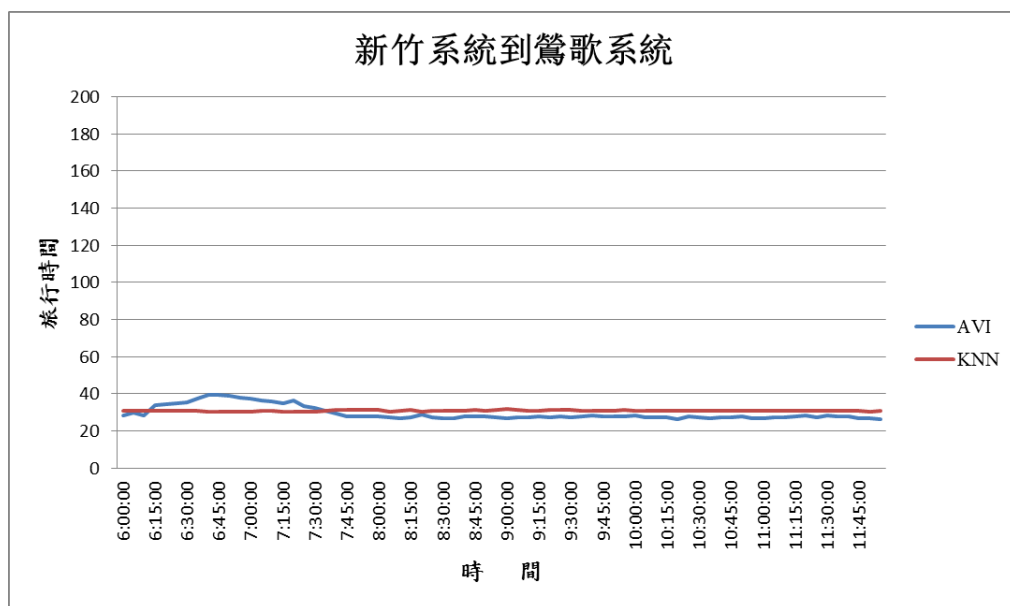


圖 4.2-11 國三北上新竹系統到鶯歌系統旅行時間預測

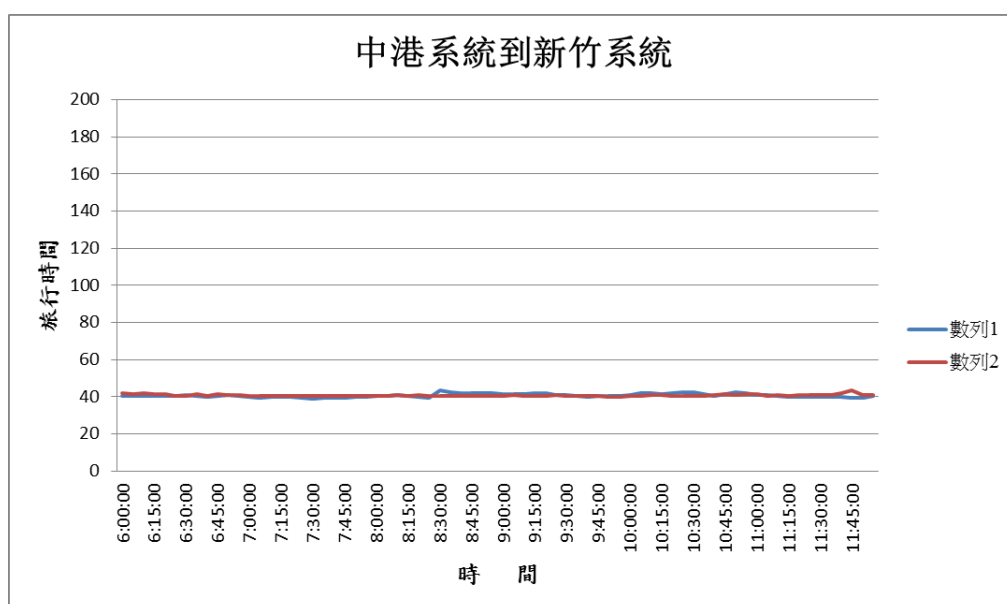


圖 4.2-12 國三北上中港系統到新竹系統旅行時間預測

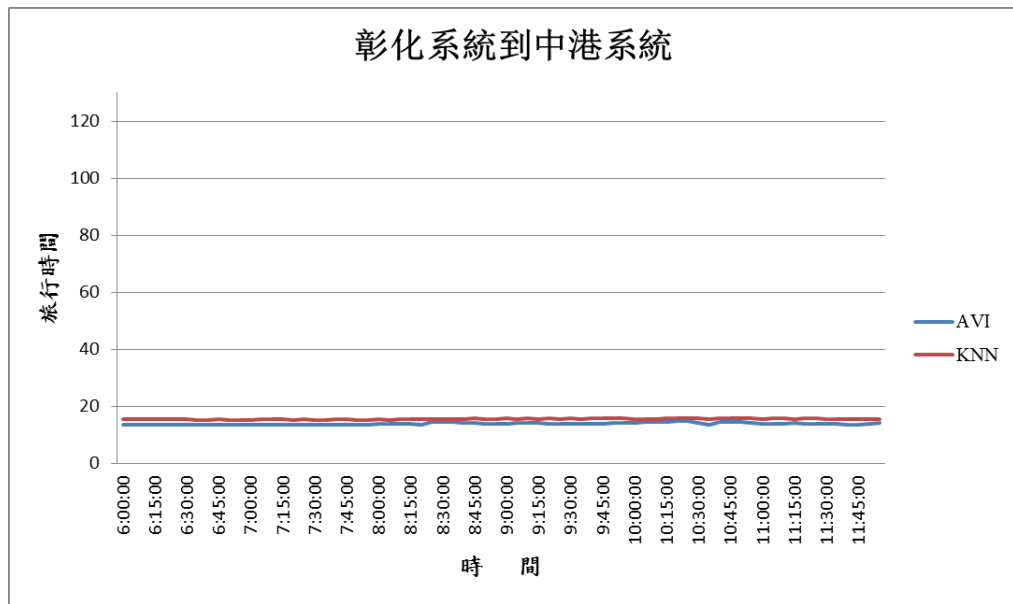


圖 4.2-13 國三北上彰化系統到中港系統旅行時間預測

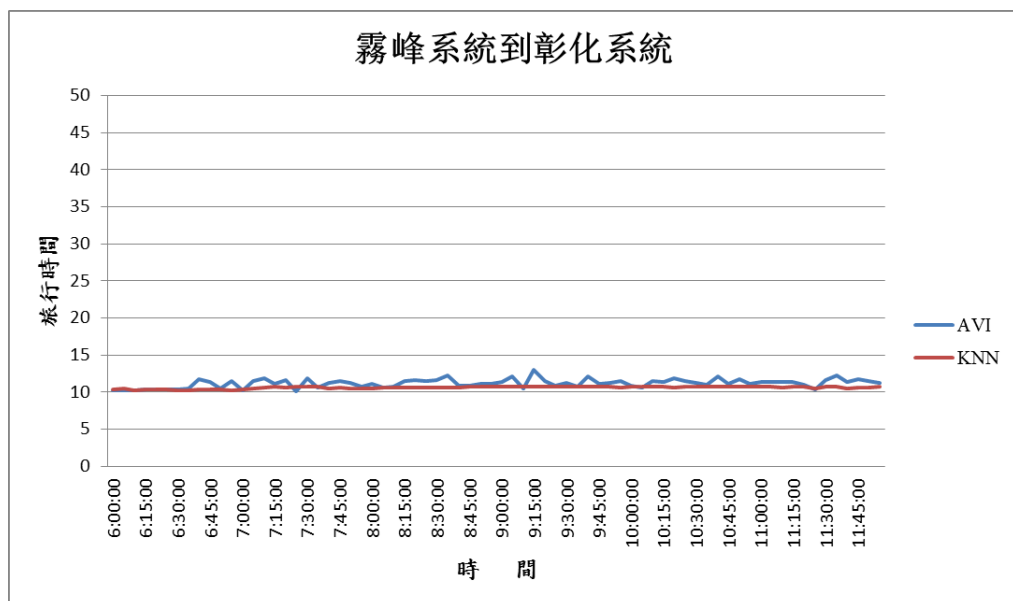


圖 4.2-14 國三北上霧峰系統到彰化系統旅行時間預測

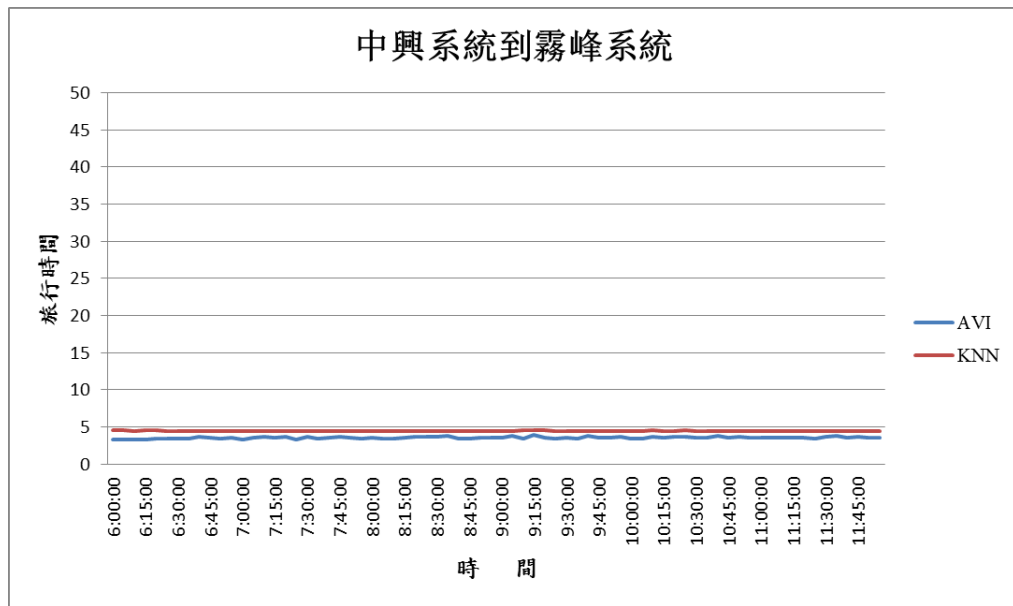


圖 4.2-15 國三北上中興系統到霧峰系統旅行時間預測

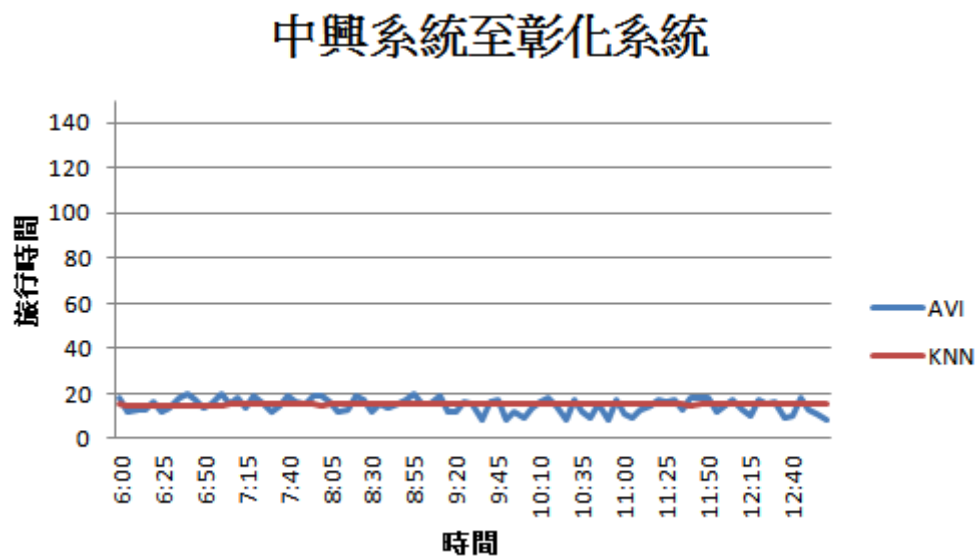


圖 4.2-16 國三北上中興系統到彰化系統旅行時間預測

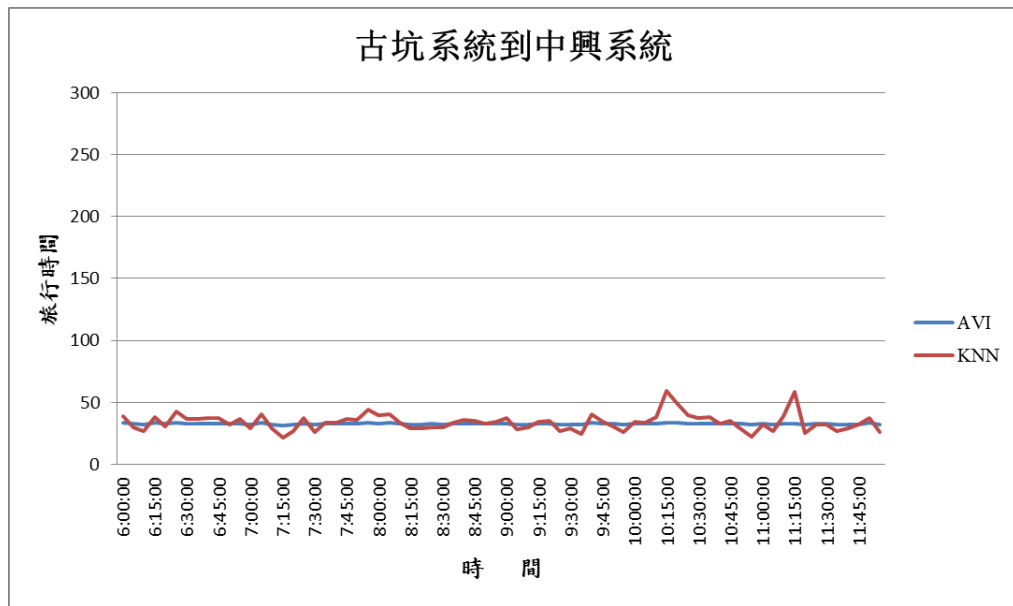


圖 4.2-17 國三北上古坑系統到中興系統旅行時間預測

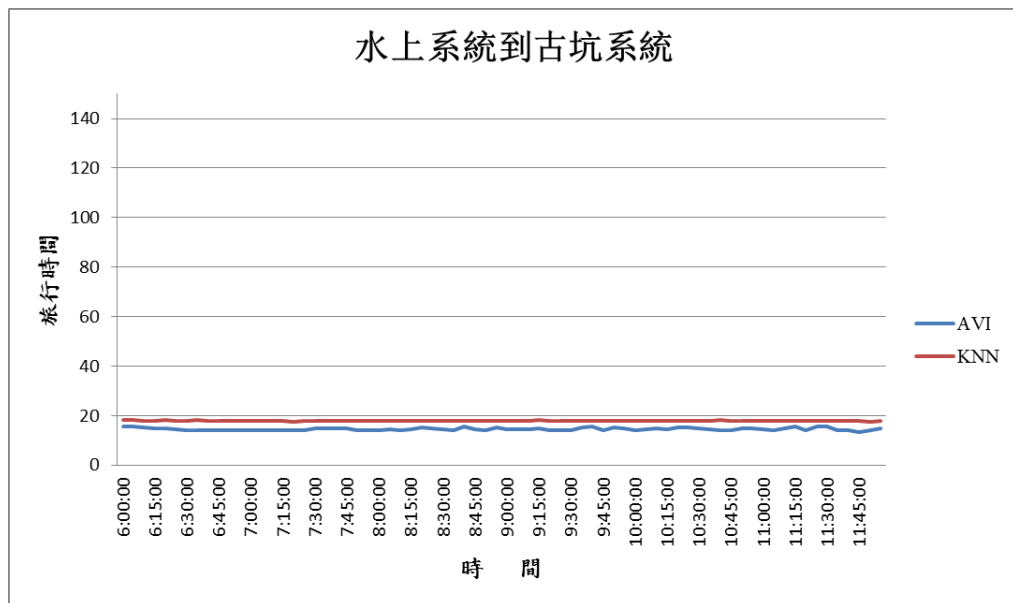


圖 4.2-18 國三北上水上系統到古坑系統旅行時間預測

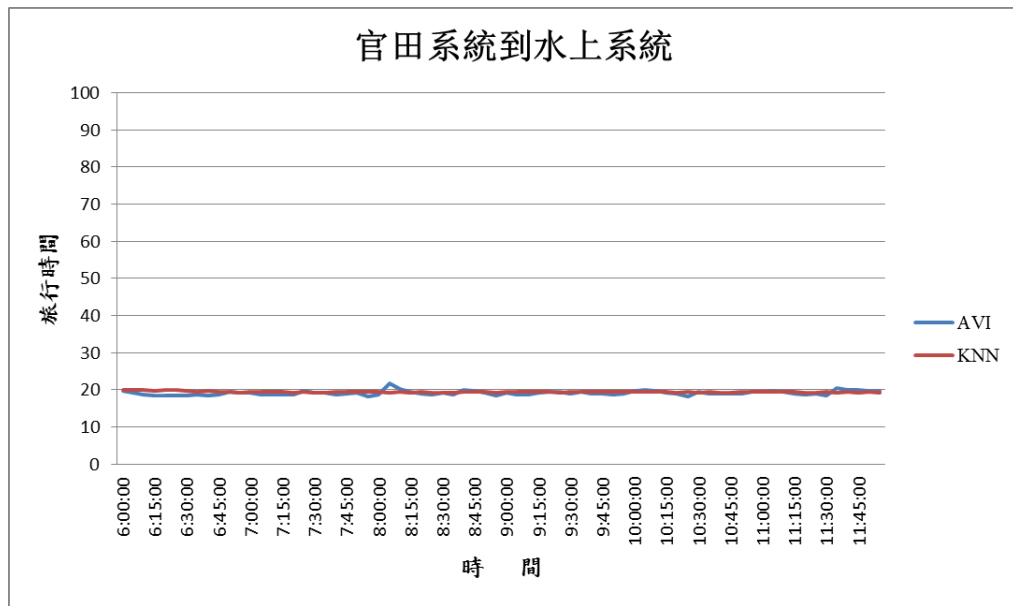


圖 4.2-19 國三北上官田系統到水上系統旅行時間預測

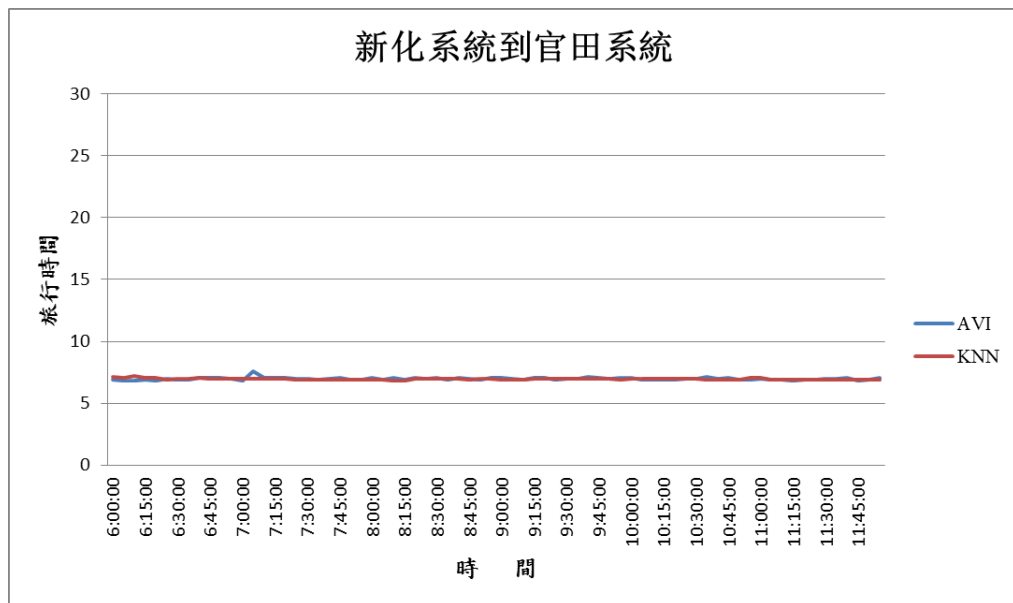


圖 4.2-20 國三北上新化系統到官田系統旅行時間預測

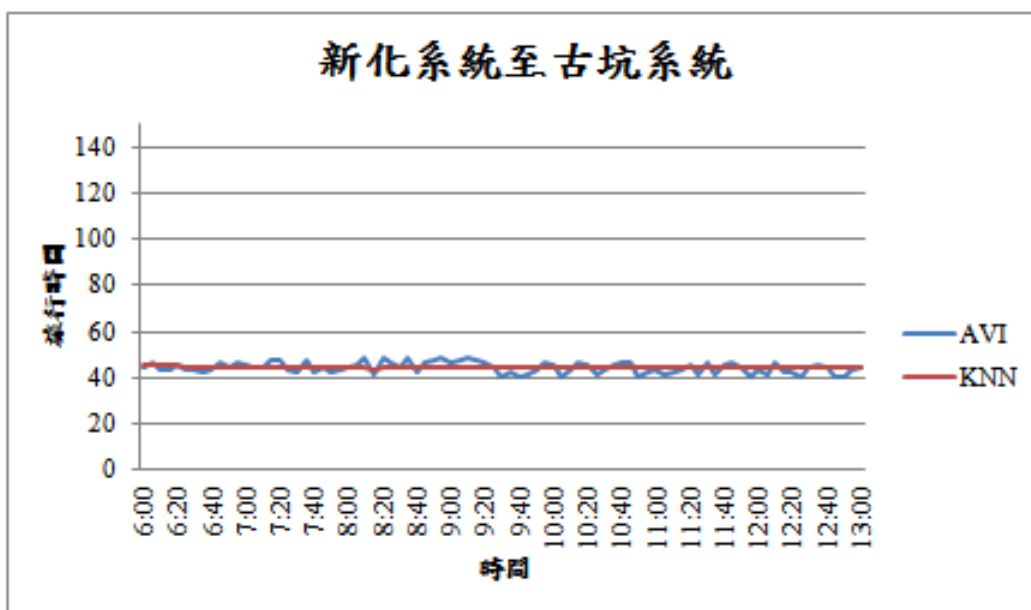


圖 4.2-21 國三北上新化系統到古坑系統旅行時間預測

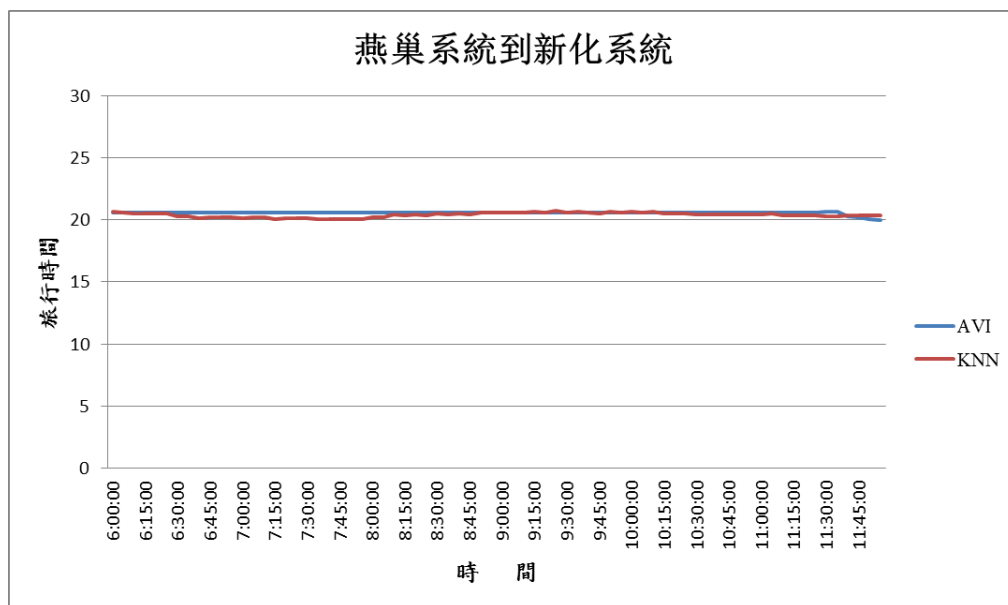


圖 4.2-22 國三北上燕巢系統到新化系統旅行時間預測

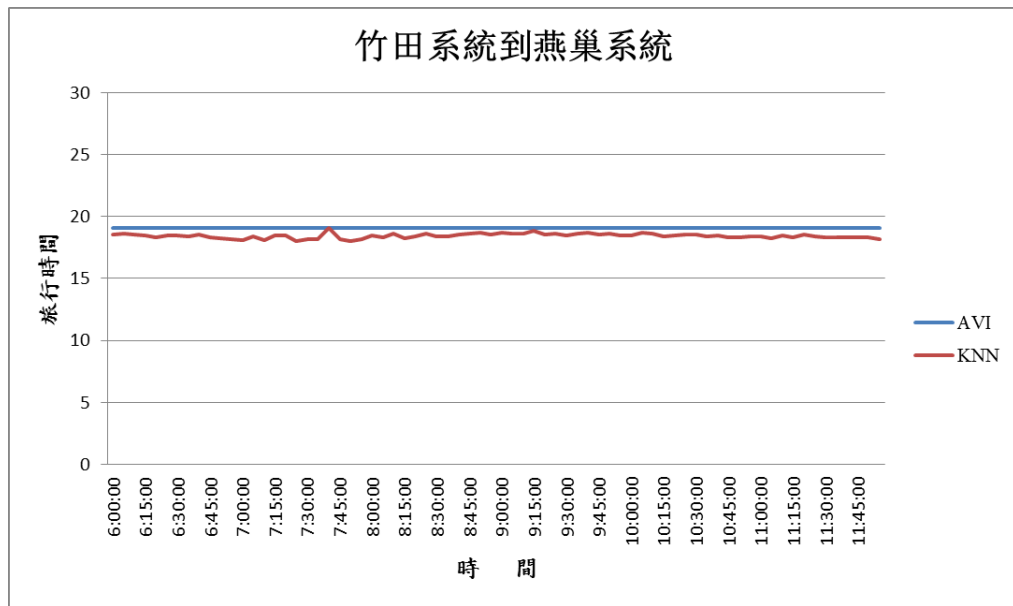
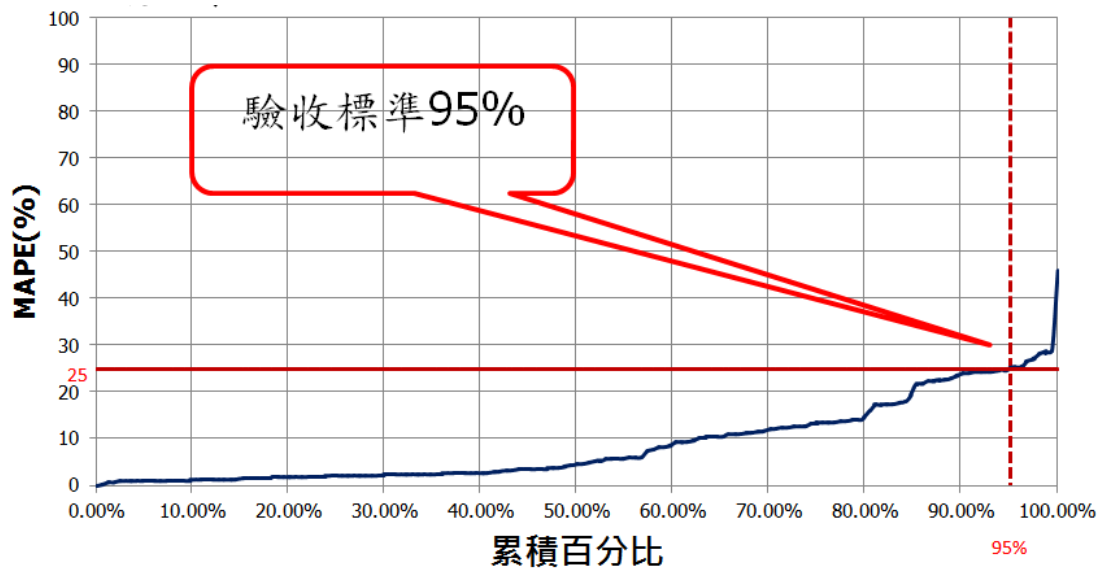


圖 4.2-23 國三北上竹田系統到燕巢系統旅行時間預測



系統交流道間旅行時間之平均誤差：

MAPE: 8.04%

RMSE: 2.52 分鐘

系統交流道間旅行時間最大誤差：

MAPE: 25.49%

RMSE: 12.88 分鐘

兩系統交流道間旅行時間符合 95% 小於 25% 誤差之驗收標準。

4.3 發布格式說明

預測結果每五分鐘發佈一次，以 xml 格式發布。Xml 資料說明如下：

<xml>		
	<prediction>	
		path=路徑名稱
		data_time=預測時間
		update_time= 資料更新時間
		traval_time=旅行時間
		vd_up=上游 VD
		vd_down=下游 VD
		direction=方向
	</>	
</xml>		

本系統發佈結果提供任何使用者透過網路 xml 連線方式查詢。

第5章 結論與建議

5.1 結論

（一）高速公路旅行時間預測模式開發

本研究開發一套有系統的模式，可以用來預測高速公路的旅行時間，此模式分成旅行時間預估（estimation）與旅行時間預測（prediction）兩部分。在第一階段先建立旅行時間的歷史資料庫，然後在第二階段利用即時收到的車輛偵測器資料進行 k-NN 比對，並計算出所預測的旅行時間

（二）針對不同路段分別校估所需參數

本研究針對國一以及國三高速公路，分別校估所需的參數數值，根據本研究的分析結果，歷史資料庫僅需收集 6 個月的資料應該就已足夠。此外，大部分的區段 k 值的設定以 20 為宜，只有少部分的區段需要較高的 k 值。

（三）驗證 AVI 資料的正確性

本研究為了獲得可供比較的真值，選定數天實際派遣浮動車輛在目標路段實際收集真實資料。對於這些實測的資料，本研究與高公局所提供的 AVI 資料進行統計分析，發現這兩種資料之間，並沒有證據顯示存在有顯著差異。因此本研究建議以 AVI 資料當成真值，作為模式驗證之用。

（四）實地進行五個都會區之間旅行時間的預測

對於台北、新竹、台中、台南、與高雄這幾個用路人比較關心的都會區域，以本研究所提出的模式實地預測旅行時間，並與 AVI 所代表的真值進行比較。根據統計分析結果，本研究在這五個都會區之間的旅行時間預測，無論距離長短，也無論尖離峰，所得到的預測結果均與 AVI 所代表的真值沒有顯著差異，足以證明本研究所完成的預測系統具有足夠的正確性與可行性。

（五）實地進行相鄰系統交流道之間旅行時間的預測

對於國一與國三高速公路上，本研究範圍內的相鄰系統交流道，以本研究所提出的模式實地預測旅行時間，並與 AVI 所代表的真值進行比較。根據統計分析結果，本研究在這些相鄰系統交流道之間的旅行時間預測，無論距離長短，也無論尖離峰，所得到的預測結果均與

AVI 所代表的真值沒有顯著差異，足以證明本研究所完成的預測系統具有足夠的正確性與可行性。

5.2 建議

（一）可考量使用 AVI 建立歷史資料庫

由於 VD 只能夠測量點速率，無法得知兩 VD 之間的實際速率變化，因此容易在尖峰時段產生旅行時間推估的誤差。AVI 資料相較於 VD 資料有較高的準確性，即使在尖峰時段也能有效反應出旅行時間，但由於 AVI 資料須等車輛通過兩偵測器方能產生旅行時間值，再加上 AVI 偵測點之間的距離通常比較長，因此不適用於 k-NN 法做即時交通的預測。

使用 AVI 歷史資料做預測，可先由 VD 資料所建立的歷史資料庫，經 k-NN 法得知與歷史資料相符的日期與時間，再轉由 AVI 歷史資料進行預測旅行時間的計算，如此對於尖峰旅行時間預測應該可以比較好的效果。

然而 AVI 資料常出現不規則遺漏，有時由於缺失時間過長，難以用填補方式將資料補齊，因此建議 AVI 偵測器先經過調整檢修後，再進行歷史資料庫之建立，才能發揮較好之預測效果。面對往後即將上路的計程收費，AVI 偵測器之鋪設密度提高，使用 AVI 歷史資料庫進行預測，能有更好的結果。

（二）未來使用計程收費資料可能性建議

未來高速公路將全面改採用計程收費，在任兩個相鄰交流道之間，將會建置門架來進行收費。因此等計程收費全面實施之後，將如同在高速公路有許多中短距離的 AVI，可以利用這些資料來進行旅行時間的預測，屆時也無須在高速公路上另行建置 AVI 系統。

「高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應用」技術服務案期中報告審查會議紀錄

一、時間：101 年 7 月 23 日(星期一)上午 9 時 30 分

二、地點：本局第一辦公室會議室

三、主席：連副局長錫卿

記 錄：賴建宇

四、出(列)席單位

單 位	職 稱	姓 名
陳委員一昌		陳一昌
曹委員瑞和		曹瑞和
朱委員松偉		朱松偉
連委員錫卿		連錫卿
吳委員木富		吳木富
康委員志福		康志福
交通管理組		賴建宇
國立交通大學		王晉元 楊承勳 朱志杰 蕭志穎

五、主席致詞：(略)

六、主辦單位說明：(略)

七、廠商期中報告簡報：(略)

八、討論(發言紀錄)：

(一) 交通部運輸研究所-陳委員一昌

1. 期中報告書 P1 提及「...偵測突發事件之發生...」，本案是否包含突發事件的預測?建議檢視契約規定。
2. 目前國外預測旅行時間的最遠距離僅約 50 英哩，本案卻嘗試預測高達 340 公里的旅行時間，請問以 k-NN 方式預測旅行時間是否有里程上的限制?
3. 建議加強補述表 2.3-1 資料遺漏比例與插補之精準度。
4. 建議於報告書中說明旅行時間推估模組與預測模組的差異，以及可否因應不同情境而有不同應用。
5. 期中報告書 P31 公式 2.5-1 為所有車種平均速度，建議進一步以車種限縮，避免預測出的旅行時間產生爭議。
6. 期中報告書 3.2 節各圖橫軸為以 5 分鐘為單位的時段，建議修改為以小時表示，以利閱讀。
7. 目前高公局沿路 CMS 所顯示的旅行時間其背後的預測模式可能與本案研究預測方法略有差異，建議說明本案較為精進之處。

(二) 交通部運輸研究所-曹委員瑞和

1. 簡報中以平均值代表 6-10 時的速度或旅行時間，因包含尖離峰不同現象，是否適合，建議瞭解平均值背後的意義。另建議將調查時段 6-10 時切割更細的時段與 AVI 進行比較。
2. 建議區分車種來進行分析，惟未來高公局對外發表可

能僅以 1 個數值代表，若發現不同車種所預測的旅行時間存在差異，請問如何調整？

3. 請問探針車調查的日期均為星期五，是否有特別考量？
4. 資料越多所得誤差越小，惟處理效率也應考量，請問資料量多大時處理效率會遇到瓶頸？
5. 未來如 ETC 採計程收費後，所取得計程收費的資料，對於後續高公局的運用及分析上有何不同？
6. 建議於報告書內詳細說明相關假設及統計上的定義，如 AVI 資料的篩選為何取 1.3 倍。

(三) 清雲科技大學-朱委員松偉

1. 建議修正報告書的編排。
2. 期中報告書 P6 圖 2-1 計畫執行流程圖建議將期中及期末的各自範圍標示出。
3. 期中報告書 P30 有關事件旅行時間預測模組將比對全國路況資料庫且不公布旅行時間的部分，請說明目前的想法。
4. 期中報告書 P46，表 3.1-2 為北上路段，惟表中臺北都會區→新竹都會區為南下，建議修正。
5. 於簡報中有 k-NN 及 AVI 旅行時間的比較圖，建議於期中報告書中加入。
6. 建議於報告書中模式驗證部分(P44)，以數字、圖表詳述相關樣本數及結果。另請說明如驗證結果發現 VD、AVI、ETC 等資料結果有差異，其後續處理方式。
7. 簡報中 P13，建議說明那些路段為 VD 推估出之旅行時間來填補。
8. 有關實測驗證部分，是否於調查時段由南下北上同時

派車對開，而此作法將導致調查成本增加，建議說明實測的內容。

(四) 高公局連副局長錫卿

1. 本案對於事件及事故的取得主要來自全國路況中心，而每個人對於事件的定義不同，請主辦單位與研究團隊對此討論後續處理方式。
2. 建議充實期中報告書內容。
3. 未來 ETC 進入計程階段後，對於所取得的計程收費資料將如何處理，亦請主辦單位與研究團隊協商。
4. 對於旅行時間的預測，請主辦單位與研究團隊針對 CCTV 所取得路況資訊與全國路況中心的事件資料討論不同情境可能造成的影響。
5. 請主辦單位思考未來將如何於網頁呈現旅行時間預測結果給用路人。
6. 建議詳細說明報告書內各項數據所呈現結果其背後所代表的背景、定義及意義。
7. 建議說明在何種電腦軟硬體設備規模下，可達到期望的旅行時間預測精準度。

(五) 高公局吳總工程司木富

1. k-NN 預測模式主要依賴資料庫完整性進行相關預測，因此當資料庫內有各種情況(天候、事件)下的資料，亦即資料庫完整性足夠，k-NN 亦可預測事件的發生，惟本案不個別針對事件的預測進行研究。
2. 報告書中文字上過於精簡，如都會區旅行時間的預測，應對於所挑選代表的交流道原因予以說明。
3. 報告書 3.2 節為何挑選調查時段為 6~10 時，請說明原

因。是否將針對不同時段進行調查，如下午尖峰。

4. 圖 3.2-1~圖 3.2-20 的橫軸時段為以 5 分鐘為單位的資料比數，建議修改為以小時表示，以利閱讀。
5. 簡報 P18 有 3 種速度及旅行時間，k-NN、高公局網站、AVI，建議說明如何計算。另表內前 2 列為行經南部路段、後 2 列為行經北部路段，以 k-NN 模式而言，似乎行經北部路段速度較快，行經南部速度較慢，不曉得為模式上或資料庫上的問題，建議檢視。
6. 有無可能透過其他方式，如利用車隊的 GPS 資料，調查旅行時間，惟車隊在選取時，須考量是否為客運有中途至停靠站上下車的情況。

(六) 高公局康組長志福

1. 期中報告書 P3-P4 有關係統交流道似乎有缺漏，建議查明。
2. 期中報告書對於旅行時間預測目前僅提出都會區的部分，對於系統交流道間旅行時間預測的部分則未見，是否已完成契約規定工作內容，請查明。
3. 建議將簡報內容納入期中報告書中。
4. 因為凌晨天色黑暗且車種組成與日間有差異，請考量於凌晨 2~3 時所調查的速度當作 free flow 是否恰當？
5. VD 所調查的速度不超過速限，可能與夜間以 AVI 所測得數據不同，亦請考量。
6. 建議區分出壅塞與非壅塞路段，集中調查塞車路段，因非壅塞路段所調查出之數據差異應不大。
7. 於實際調查前，建議調閱 CCTV 以觀測調查路段的路況，俾利與 VD 測得數據比較。

(七) 高公局交通管理組

1. 有關合約書提及須有探針車過濾模式，惟於報告書中未見，請補充說明。
2. 就契約執行面，於工作項目中規定應包含系統交流道間旅行時間預測模式，惟報告書中未見，建議補充說明。

九、結論：

1. 期中報告仍有滿多須改善空間。建議主辦單位與研究團隊詳細討論，如都會區交流道的挑選原因。
2. 建議說明模式上的限制條件、參數設定等等，以因應未來環境上的變遷，導致原模式需進行若干的調整，亦即請考量主辦單位後續維護的能力。
3. 本期中報告內容大致符合契約規定，僅缺少系統交流道間旅行時間預測模式部分之說明，建議成果報告詳加說明現有敘述較不足之內容並依據各委員、單位之意見修正提送修正稿後，再送各委員確認完成後再依契約規定辦理後續事宜。爰本期中報告經各委員同意後通過。

十、臨時動議：(無)

十一、散會時間：12 時 00 分

期中建議事項回覆

(一) 交通部運輸研究所-陳委員一昌

1. 期中報告書 P1 提及「...偵測突發事件之發生...」，本案是否包含突發事件的預測?建議檢視契約規定。

意見回覆:

本研究中之事件資料庫即為發生突發事件時之旅行時間預測之用，但因突發事件之種類繁多本研究不建議將事件旅行時間作為用路人參考，故僅預測但不發布。詳細內容請見第三章。

2. 目前國外預測旅行時間的最遠距離僅約 50 英哩，本案卻嘗試預測高達 340 公里的旅行時間，請問以 k-NN 方式預測旅行時間是否有里程上的限制?

意見回覆:

本研究對於長距離的旅行時間預測，例如台北都會區與高雄都會區之間之旅行時間預測亦有進行測試且獲得良好之預測結果，最大 MAPE 小於 10%，相關詳細內容請見本報告書之 4.1.2。

3. 建議加強補述表 2.3-1 資料遺漏比例與插補之精準度。

意見回覆:

該表為表述資料遺失比例以及預測準確度之間關係之示意表，相關說明已經補強，

4. 建議於報告書中說明旅行時間推估模組與預測模組的差異，以及可否因應不同情境而有不同應用。

意見回覆:

推估模組之運算結果(偵測器間旅行時間)為後續預測模組之用，依照本研究理論架構而言兩者皆須同時運作。

5. 期中報告書 P31 公式 2.5-1 為所有車種平均速度，建議進一步以車種限縮，避免預測出的旅行時間產生爭議。

意見回覆:

本研究之研究對象針對小客車作為旅行時間預測的目標，已在期末報告書中補充說明。

6. 期中報告書 3.2 節各圖橫軸為以 5 分鐘為單位的時段，建議修改為以小時表示，以利閱讀。

意見回覆:

已修正，本研究期末報告圖表皆加強考量易讀性，依照資料範圍繪製簡單明瞭的圖表。

7. 目前高公局沿路 CMS 所顯示的旅行時間其背後的預測模式可能與本案研究預測方法略有差異，建議說明本案較為精進之處。

意見說明:

本研究所使用之方法能夠充分利用過去的歷史資料作為現在旅行時間預測的依據，且本研究所計算的旅行時間結果預測過程充分考量因為車輛行進所產生之旅行時間延遲加總。與過去僅利用現況加總之旅行時間在準確度上有大幅的改善。

(二) 交通部運輸研究所-曹委員瑞和

1. 簡報中以平均值代表 6-10 時的速度或旅行時間，因包含尖離峰不同現象，是否適合，建議瞭解平均值背後

的意義。另建議將調查時段 6-10 時切割更細的時段與 AVI 進行比較。

意見回覆：

建議事項已在期末報告中執行，本期末報告所示之旅行時間預測結果跨越尖離峰(6~22 時)並且以 AVI 旅行時間與之比較。

2. 建議區分車種來進行分析，惟未來高公局對外發表可能僅以 1 個數值代表，若發現不同車種所預測的旅行時間存在差異，請問如何調整？

意見回覆：

本研究所發布之旅行時間預測結果以小客車為研究對象，不同車種之間的差異建議參考使用本研究之不同車種之間車速轉換之迴歸式。利用簡單迴歸方式修正旅行時間推估模式，透過其迴歸參數將大客車平均速度轉換成小客車平均速度。以利後續旅行時間推估模組使用，其模式如下：

$$(\text{小客車平均速度}) = \alpha + \beta (\text{大客車平均速度})$$

表 3.2- 2 大小車迴歸參數

北上	A	β	南下	α	β
平日尖峰	88.0489	0.135855	平日尖峰	90.40584	0.097041
平日離峰	104.9501	-0.01207	平日離峰	101.115	-0.00255
假日尖峰	89.86883	0.088273	假日尖峰	108.5274	-0.1181
假日離峰	100.3914	0.003374	假日離峰	97.77981	0.025441

3. 請問探針車調查的日期均為星期五，是否有特別考量？

意見回覆：

探針車之調查日期並無特殊考量。

4. 資料越多所得誤差越小，惟處理效率也應考量，請問

資料量多大時處理效率會遇到瓶頸？

意見回覆：

隨著歷史資料庫的增加本研究系統之運算速度隨之下降，因此本期末報告已針對合適之資料庫大小測試，且完成不同路段所對應之資料庫大小建議。相關內容請見期末報告之 4.1.1 及 4.2.1。

5. 未來如 ETC 採計程收費後，所取得計程收費的資料，對於後續高公局的運用及分析上有何不同？

意見回覆：

高速公路全面改採用計程收費，在任兩個相鄰交流道之間，將會建置門架來進行收費。因此等計程收費全面實施之後，將如同在高速公路有許多中短距離的 AVI，可以利用這些資料來進行旅行時間的預測(用於建立歷史資料庫)，屆時也無須在高速公路上另行建置 AVI 系統。

6. 建議於報告書內詳細說明相關假設及統計上的定義，如 AVI 資料的篩選為何取 1.3 倍。

意見回覆：

本研究於期末報告中已將 AVI 之刪除標準改為一倍標準差，因為採用一倍標準差在實際測試中獲得最佳資料過濾成果，詳細校估過程請參考期末報告書中 3.3.1 之步驟三。

(三) 清雲科技大學-朱委員松偉

1. 建議修正報告書的編排。

意見回覆：

遵照辦理。

2. 期中報告書 P6 圖 2-1 計畫執行流程圖建議將期中及期末的各自範圍標示出。

意見回覆:

遵照辦理。

3. 期中報告書 P30 有關事件旅行時間預測模組將比對全國路況資料庫且不公布旅行時間的部分，請說明目前的想法。

意見回覆:

本研究中之事件資料庫即為發生突發事件時之旅行時間預測之用，但因突發事件之種類繁多本研究不建議將事件旅行時間作為用路人參考，故僅預測但不發布。詳細內容請見第三章。

4. 期中報告書 P46，表 3.1-2 為北上路段，惟表中臺北都會區→新竹都會區為南下，建議修正。

意見回覆:

遵照辦理。

5. 於簡報中有 k-NN 及 AVI 旅行時間的比較圖，建議於期中報告書中加入。

意見回覆:

建議事項已在期末報告書中完成，詳細內容請見期末報告書之 4.1.2 及 4.2.2。

6. 建議於報告書中模式驗證部分(P44)，以數字、圖表詳述相關樣本數及結果。另請說明如驗證結果發現 VD、AVI、ETC 等資料結果有差異，其後續處理方式。

意見回覆:

所建議事項已在期末報告書中改善且充分說明，每個

起訖路段皆有六個小時之每五分鐘旅行時間預測結果驗證(各有 72 筆與 AVI 驗證比較結果)，相關內容請見 4.1.2 及 4.2.2。本研究利用 AVI 作為驗證本研究提出方法之驗證並沒有發現有顯著差異。

7. 簡報中 P13，建議說明那些路段為 VD 推估出之旅行時間來填補。

意見回覆:

遵照辦理。

8. 有關實測驗證部分，是否於調查時段由南下北上同時派車對開，而此作法將導致調查成本增加，建議說明實測的內容。

意見回覆:

測試日期為民國一〇一年七月二十日及七月二十七日共兩天，測試時間分別為上午尖峰 7 時至 9 時及上午離峰 9 時至 11 時，以每小時為單位共 4 個單位進行測試。實測所選擇之日期皆為週五，因為週五尖離峰時間之旅行時間變化最為劇烈且廣泛，能夠在有限的實測資源下包含國道可能發生之旅行時間。

測試路段分為國道一號南北向及國道三號南北向，國道一號北上部份為：高雄到嘉義系統、嘉義系統到彰化系統、彰化系統到新竹系統、新竹系統到汐止系統；國道一號南下部份為：汐止系統到新竹系統、新竹系統到彰化系統、彰化系統到嘉義系統、嘉義系統到高雄；國道三號北上部份為：竹田系統到水上系統、水上系統到彰化系統、彰化系統到新竹系統、新竹系統到汐止系統；國道一號南下部份為：汐止系統到新竹

系統、新竹系統到彰化系統、彰化系統到水上系統、水上系統到竹田系統等，共 4 個部份。相關詳細內容請見章節 3.3.3。

(四) 高公局連副局長錫卿

1. 本案對於事件及事故的取得主要來自全國路況中心，而每個人對於事件的定義不同，請主辦單位與研究團隊對此討論後續處理方式。

意見回覆：

遵照辦理。本研究中之事件資料庫即為發生突發事件時之旅行時間預測之用，但因突發事件之種類繁多本研究不建議將事件旅行時間作為用路人參考，故僅預測但不發布。詳細內容請見第三章。

2. 建議充實期中報告書內容。

意見回覆：

遵照辦理。

3. 未來 ETC 進入計程階段後，對於所取得的計程收費資料將如何處理，亦請主辦單位與研究團隊協商。

意見回覆：

高速公路全面改採用計程收費，在任兩個相鄰交流道之間，將會建置門架來進行收費。因此等計程收費全面實施之後，將如同在高速公路有許多中短距離的 AVI，可以利用這些資料來進行旅行時間的預測(用於建立歷史資料庫)，屆時也無須在高速公路上另行建置 AVI 系統。

4. 對於旅行時間的預測，請主辦單位與研究團隊針對 CCTV 所取得路況資訊與全國路況中心的事件資料討

論不同情境可能造成的影響。

意見回覆：

本研究中之事件資料庫即為發生突發事件時之旅行時間預測之用，但因突發事件之種類繁多本研究不建議將事件旅行時間作為用路人參考，故僅預測但不發布。詳細內容請見第三章。

5. 請主辦單位思考未來將如何於網頁呈現旅行時間預測結果給用路人。

意見回覆：

遵照辦理。

6. 建議詳細說明報告書內各項數據所呈現結果其背後所代表的背景、定義及意義。

意見回覆：

建議事項已逾期末報告中針對所使用之評估指標 MAPE 及 RMSE 增加說明，相關詳細內容請見期末報告章節 4.1.2。

7. 建議說明在何種電腦軟硬體設備規模下，可達到期望的旅行時間預測精準度。

意見回覆：

本研究之硬體設施如下：

1. 伺服器乙台，規格如下：

中央處理器：Intel E5300 以上

主機板：MSI X58M 以上

記憶體：DDR2 2G 以上

硬碟：320G 以上

電源供應器：400W 以上

螢幕：15 吋以上

2. 本研究之軟體清單如下：

SQL Server 乙套

Microsoft Visual Studio 2005 乙套

OS: Windows XP

(五) 高公局吳總工程司本富

1. k-NN 預測模式主要依賴資料庫完整性進行相關預測，因此當資料庫內有各種情況(天候、事件)下的資料，亦即資料庫完整性足夠，k-NN 亦可預測事件的發生，惟本案不個別針對事件的預測進行研究。

意見回覆：

本研究中之事件資料庫即為發生突發事件時之旅行時間預測之用，但因突發事件之種類繁多本研究不建議將事件旅行時間作為用路人參考，故僅預測但不發布。詳細內容請見第三章。

2. 報告書中文字上過於精簡，如都會區旅行時間的預測，應對於所挑選代表的交流道原因予以說明。

意見回覆：

已在期末報告中對於本研究之內容及結果改善說明的詳細程度，所挑選的交流道依照與高速公路局合約之規定。

3. 報告書 3.2 節為何挑選調查時段為 6~10 時，請說明原

因。是否將針對不同時段進行調查，如下午尖峰。

意見回覆:

在有限實測成本之下，期末報告中已將測試及調查時間延伸為 6~22 時，用意為此時段能夠包含尖離峰的交通狀況。

4. 圖 3.2-1~圖 3.2-20 的橫軸時段為以 5 分鐘為單位的資料比數，建議修改為以小時表示，以利閱讀。

意見回覆:

已修正，本研究期末報告圖表皆加強考量易讀性，依照資料範圍繪製簡單明瞭的圖表。

5. 簡報 P18 有 3 種速度及旅行時間，k-NN、高公局網站、AVI，建議說明如何計算。另表內前 2 列為行經南部路段、後 2 列為行經北部路段，以 k-NN 模式而言，似乎行經北部路段速度較快，行經南部速度較慢，不曉得為模式上或資料庫上的問題，建議檢視。

意見回覆:

k-NN 以及 AVI 之計算方法已在期末報告中有諸多敘述，關於 k-NN 請見 3.1 章旅行時間推估模組及 3.2 章旅行時間預測模組，關於 AVI 請見 3.3 模式驗證方法。所提出南北部速度差異問題經過調查並無模式或系統運算上之任何異常。

6. 有無可能透過其他方式，如利用車隊的 GPS 資料，調查旅行時間，惟車隊在選取時，須考量是否為客運有中途至停靠站上下車的情況。

意見回覆:

探針車資料如果因為停靠站或是任何原因偏離預定行

程時，該筆資料即會在過濾模式中被剔除。關於探針車資料的詳細說明請見期末報告書中章節 2.2 及 2.3。

(六) 高公局康組長志福

1. 期中報告書 P3-P4 有關係統交流道似乎有缺漏，建議查明。

意見回覆：

所列之系統交流道皆依照合約中之規定。

2. 期中報告書對於旅行時間預測目前僅提出都會區的部分，對於系統交流道間旅行時間預測的部分則未見，是否已完成契約規定工作內容，請查明。

意見回覆：

已在期末報告書中將兩兩系統交流道之間旅行時間預測部分完成。

3. 建議將簡報內容納入期中報告書中。

意見回覆：

已在期末報告中遵照辦理。

4. 因為凌晨天色黑暗且車種組成與日間有差異，請考量於凌晨 2~3 時所調查的速度當作 free flow 是否恰當？

意見回覆：

該速度僅作為參考建議之基準，不影響後續之驗證。本研究驗證所採用之時段為 6~22 時，用意為包含尖離峰時間，並且利用 AVI 資料作為驗證對象。

5. VD 所調查的速度不超過速限，可能與夜間以 AVI 所測得數據不同，亦請考量。

意見回覆：

會充分考量所提之意見，在期末報告結果驗證中與

AVI 比較並沒有發現因為 VD 資料速限所造成的影響。

6. 建議區分出壅塞與非壅塞路段，集中調查塞車路段，因非壅塞路段所調查出之數據差異應不大。

意見回覆：

會充分考量所提之意見，然因都會區間距離較長會包含壅塞與非壅塞路段。

7. 於實際調查前，建議調閱 CCTV 以觀測調查路段的路況，俾利與 VD 測得數據比較。

意見回覆：

遵照辦理。

(七) 高公局交通管理組

1. 有關合約書提及須有探針車過濾模式，惟於報告書中未見，請補充說明。

意見回覆：

已在期末報告中補強相關內容，請見期末報告 2.2 資料蒐集、2.3 資料特性與分析及 2.4 資料差補。

2. 就契約執行面，於工作項目中規定應包含系統交流道間旅行時間預測模式，惟報告書中未見，建議補充說明。

意見回覆：

已在期中報告修正版以及期末報告補足相關內容，請見期末報告章節 4.2 兩兩系統交流道旅行時間。

高速公路中長程旅行時間預測計畫期中建議事項回覆		
	建議事項	回覆
	模式預測精準度與預測距	因為預測精準度除了受到預測

	離關係建立	距離影響外，更容易受到個別路段的自身特性影響，例如台北--新竹與新竹--台中距離類似但是兩者的旅行時間精準度差異大(因為新竹--台中無明顯的尖離峰)，精準度和預測距離並無明顯直接的關係。本研究已將所有路段的預測精準度及誤差列於期末報告中第四章旅行時間預測結果部份以供參考。
	與其他旅行時間預測模式特點比較	本模式在有部分 VD 資料遺失的情形下能持續維持正常運作。其他研究與本研究所使用方法之特點已在期末報告書中的第二章文獻回顧部分敘述。
	k-NN 預測合適使用情境建立(與 VD 快照、AVI、ETAG 使用時機)	AVI 及 ETAG 無法用於即時旅行時間推估之用，只能在後續研究中做為歷史資料庫使用。
	後續維護(包含起迄更改以及歷史資料庫重新建立方式)	遵照辦理。系統提供起迄更改介面，系統會自行更新歷史資料庫中的資料，故沒有重新建立歷史資料庫的需求。
	實測路段選擇，應以容易壅塞速度變動較大路段優先	遵照辦理。已在期末報告書第三章實測資料說明中說明本研究所利用之實測路段及時間，其中皆包含尖離峰時間及壅塞速度變動大之路段。

「高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應用」技術服務案期末報告審查會議紀錄

一、時間：102 年 1 月 17 日(星期四)下午 2 時

二、地點：本局第一辦公室會議室

三、主席：連副局長錫卿

記 錄：賴建宇

四、出(列)席單位

單 位	職 稱	姓 名
陳委員一昌		陳一昌
曹委員瑞和		曹瑞和
朱委員松偉		(請假)
連委員錫卿		連委員錫卿
吳委員木富		(公出)
呂委員文玉		呂委員文玉
交通管理組		姜宇峰 賴建宇

國立交通大學		王晉元 黃家耀 楊承勳 洪從恕 朱志杰
--------	--	---------------------------------

五、主席致詞：(略)

六、主辦單位說明：(略)

七、廠商期末報告簡報：(略)

八、討論(發言紀錄)：

(一) 交通部運輸研究所-曹委員瑞和

1. 本案預測最長距離所需時間約多久?所預測出來的旅行時間誤差約多大?
2. 未來計程收費後，若採用 ETC 的資料，對於真值有無影響?對於後續預測旅行時間的影響為何?
3. 關於資料庫大小及 K 值的選擇對於實質應用上的意義為何?
4. 本案採用 VD 進行預測旅行時間，惟 VD 不易維持，後續將如何因應?
5. 建議於本案報告書中詳述採用何種研究方法及理論。
6. 香港以 $MAPE=25\%$ 作為預測旅行時間的驗收標準，請問該值如何訂定?

(二) 交通部運輸研究所-陳委員一昌

1. 簡報中提到利用 VD 延遲加總與 KNN 所預測的旅行時間誤差小，請說明對 KNN 的推廣造成的影響。
2. 可否利用歷史資料庫預測明天、3 天或數日後的旅行時間以作為類似氣象預報的功能?

3. 本案 VD 遺漏資料比例達到多少時將導致 KNN 無法使用？
4. 報告書中第 35 頁 3.2 節第二段提到「.....，透過延遲加總可以得到每筆資料之旅行時間，再將每筆資料平均，即可得.....」，請說明為何需要將每筆資料平均。
5. 有關資料過濾部分，AVI 與 VD 分別使用 1 個及 3 個標準差過濾資料，請說明其差異。
6. 歷史資料庫收集的資料是否須將特殊節日(如春節、連續假期)剔除？
7. 是否可透過建立事故資料庫，並以 KNN 方法預測發生事故時的旅行時間？
8. 請問可否以 AVI 代替 VD 預測旅行時間？

(三) 健行科技大學-朱委員松偉(請假)

(四) 高公局連副局長錫卿

1. 簡報中提及香港目前亦進行旅行時間的預測，請問其預測的距離。
2. 有關陳委員提及「VD 遺漏資料比例達到多少時將導致 KNN 無法使用」1 項，建議於報告書中詳細說明。
3. 未來本案結案後，該如何運作才能進行預測旅行時間？
4. 建議建立不同情境的歷史資料庫，如平日、例假日、連續假期等，以分別預測不同情境下的旅行時間。
5. 建議建立類似系統操作維護手冊，以利本局後續維護。
6. 未來如以 ETC 資料取代 AVI，請問後續本局在無 AVI 資料的情況下該如何維護使用本系統？
7. 建議於報告書中說明各專有名詞的定義。

8. 請於各章節結束前提出小結，針對該章節內容說明處理過程。

(五) 高公局吳總工程司木富(公出)

(六) 高公局呂組長文玉

1. 報告書第 33 頁有關推估模式主要以小客車平均速度推估，惟國道上的重車比例很高，請說明預測結果是否適用。
2. 本期末報告書中出現亂碼、錯字部分請修正。
3. 報告書第 33-34 頁，有關表 3-2 歷史資料庫資料結構範例之數據請再檢視其正確性。
4. 建議報告書中詳細說明本案預測旅行時間的處理過程、細節、邏輯架構及範例。
5. 報告書第 61 頁，請說明 MAPE 及 RMSE 的意義及合理性。
6. 建議報告書中應針對預測旅行時間有詳盡範例，而非僅以 MAPE 或 RMSE 代表。
7. 請說明對於預測 30 分鐘內的旅行時間是否可行。
8. 對於本案所開發的預測旅行時間系統，建議辦理教育訓練俾利本局瞭解整體運作，以進行後續系統操作維護。

(七) 高公局交通管理組

1. 報告書第 24 頁步驟一表示依照星期別分別計算不同時段與路段之流量、速率與佔有率的平均數與標準差，請說明資料庫的建立是否可依不同型態分別建立。
2. 本案於期中報告時曾建立迴歸模式，用以補足當無法利用 KNN 模式比對到合適的資訊時，用來預測旅行

時間。請說明期末報告未將該模式納入的原因。

3. 報告書內主要為抽樣驗證所預測的旅行時間是否合理，請說明是否可利用軟體長期監控。
4. 有關會議上討論本案是否可預測 30 分鐘內或數日後的旅行時間 1 項，本案研究成果主要將用於高速公路沿線的 RGS 上，因此為即時性的預測，不進行未來旅行時間的預測。
5. 其他請詳見承辦單位書面意見，亦請逐一回復。

九、結論：

- (一) 本期末報告請再次檢視報告書內容是否符合契約規定項目，並請強化補充各章節較不足之內容。
- (二) 請參酌各委員、單位之意見修正並提送審查意見答復表及期末報告修正版。
- (三) 本期末報告後續授權由承辦單位審查同意後通過。

十、臨時動議：(無)

十一、散會時間：17 時 00 分

期末建議事項回覆

(一) 交通部運輸研究所-曹委員瑞和

1. 本案預測最長距離所需時間約多久?所預測出來的旅行時間誤差約多大?

意見回覆：

最長距離為台北-高雄都會區之間 342km，所需時間約為兩分鐘(視同時於伺服器上執行之預測路段而定)，最大誤差為 9.34%。

2. 未來計程收費後，若採用 ETC 的資料，對於真值有無影響？對於後續預測旅行時間的影響為何？

意見回覆：

計程收費 ETC 資料類似本期末報告中 AVI 之作用，可以進一步提升用於驗證之真值的樣本數，建議未來可以採用計程收費建立歷史資料庫。

3. 關於資料庫大小及 k 值的選擇對於實質應用上的意義為何？

意見回覆：

資料庫大小越大理論上會有越多的歷史資料可以提升預測的準確度，但會犧牲系統的運算效率，本研究在期末報告 4.1.1 及 4.2.1 參數校估部分皆對資料庫大小有測試及建議。k 值過大則會納入過多歷史資料平均，恐會導致預測不準確，反之亦然，本研究在期末報告 4.1.1 及 4.2.1 參數校估部分皆對 k 值大小亦有測試及建議

4. 本案採用 VD 進行預測旅行時間，惟 VD 不易維持，後續將如何因應？

意見回覆：

本研究已建立資料過濾以及插補機制，在遺失比例低於 20% 以下皆可以正常運作，後續會與高公局密切配合以維護設備的運作正常。

5. 建議於本案報告書中詳述採用何種研究方法及理論。

意見回覆：

遵照辦理，相關內容已加強於第三章。

6. 香港以 $MAPE=25\%$ 作為預測旅行時間的驗收標準，請

問該值如何訂定？

意見回覆：

相關研究中並未明定驗收標準，此為人為經驗中一般可以忍受的最大誤差。

(二) 交通部運輸研究所-陳委員一昌

1. 簡報中提到利用 VD 延遲加總與 k-NN 所預測的旅行時間誤差小，請說明對 k-NN 的推廣造成的影響。

意見回覆：

延遲加總為本研究 k-NN 模式在比對完成之後將段落旅行時間依照時間推移加總的步驟，相關詳細內容以說明於章節 3.2。

2. 可否利用歷史資料庫預測明天、3 天或數日後的旅行時間以作為類似氣象預報的功能？

意見回覆：

本研究對象為即時預測，對於未來交通旅行時間的預測需要更進一步的研究。

3. 本案 VD 遺漏資料比例達到多少時將導致 k-NN 無法使用？

意見回覆：

本研究已建立資料過濾以及插補機制，在遺失比例低於 20% 以下皆可以正常運作，後續會與高公局密切配合以維護設備的運作正常。

4. 報告書中第 35 頁 3.2 節第二段提到「.....，透過延遲加總可以得到每筆資料之旅行時間，再將每筆資料平均，即可得.....」，請說明為何需要將每筆資料平均。

意見回覆：

利用範例說明：

例如某筆歷史資料由出發點 A 至終點 E，在 2012 年 1 月 6 日星期五 18:00 出發，由 A 點到達 B 點須花費 11.94 分鐘，因此約在 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：

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

完成每筆歷史資料之延遲加總後，再將各筆所得之旅行時間平均即為所預測的旅行時間結果。

5. 有關資料過濾部分，AVI 與 VD 分別使用 1 個及 3 個標準差過濾資料，請說明其差異。

意見回覆：

此為經過實際測試不同過濾比例得到最佳過濾效果之標準差範圍，相關詳細測試過程請見期末報告 3.3.1 AVI 軌跡說明。

6. 歷史資料庫收集的資料是否須將特殊節日(如春節、連續假期)剔除？

意見回覆：

目前本研究系統並未將特殊節日剔除。

7. 是否可透過建立事故資料庫，並以 k-NN 方法預測發生事故時的旅行時間？

意見回覆：

本研究中之事件資料庫即為發生突發事件時之旅行時間預測之用，但因突發事件之種類繁多本研究不建議將事件旅行時間作為用路人參考，故僅預測但不發布。詳細內容請見第三章。

8. 請問可否以 AVI 代替 VD 預測旅行時間？

意見回覆：

未來可以使用 ETC 計程收費之資料或 AVI 取代 VD 資料作為歷史資料庫，前提為資料來源穩定且充沛。

(三) 健行科技大學-朱委員松偉(請假)

(四) 高公局連副局長錫卿

1. 簡報中提及香港目前亦進行旅行時間的預測，請問其預測的距離。

意見回覆：

香港相關研究的最長預測距離不超過 15km，該系統將每個路落(共十個路段)的旅行時間提供給使用者自行判斷。

2. 有關陳委員提及「VD 遺漏資料比例達到多少時將導致 k-NN 無法使用」1 項，建議於報告書中詳細說明。

意見回覆：

遵照辦理。本研究已建立資料過濾以及插補機制，在遺失比例低於 20% 以下皆可以正常運作，後續會與高公局密切配合以維護設備的運作正常。相關詳細內容以補充於期末報告章節 2.2 資料蒐集、2.3 資料特性分析與過濾、2.4 資料差補中。

3. 未來本案結案後，該如何運作才能進行預測旅行時間？

意見回覆：

未來請依照本期末報告中所建議之參數設定以及模式架構運行本系統，並且與高公局密切配合維持系統運作正常。

4. 建議建立不同情境的歷史資料庫，如平日、例假日、

連續假期等，以分別預測不同情境下的旅行時間。

意見回覆：

本研究依照星期小時別之分類系統已經充分考慮到平日、例假日、連續假期等不同型態的資料。

5. 建議建立類似系統操作維護手冊，以利本局後續維護。

意見回覆：

與高公局密且合作辦理。

6. 未來如以 ETC 資料取代 AVI，請問後續本局在無 AVI 資料的情況下該如何維護使用本系統？

意見回覆：

未來可以使用 ETC 計程收費之資料或 AVI 取代 VD 資料作為歷史資料庫，後續如有重大工程變更亦可利用計程收費資料取代 AVI 作為參數校估之用。

7. 建議於報告書中說明各專有名詞的定義。

意見回覆：

遵照辦理。

8. 請於各章節結束前提出小結，針對該章節內容說明處理過程。

意見回覆：

修正後之期末報告已針對各個內容較為繁複之章節節委提出說明，希望可以使本研究成果更易於理解。

(五) 高公局吳總工程司木富(公出)

(六) 高公局呂組長文玉

1. 報告書第 33 頁有關推估模式主要以小客車平均速度推估，惟國道上的重車比例很高，請說明預測結果是

否適用。

意見回覆：

本研究所發布之旅行時間預測結果以小客車為研究對象，不同車種之間的差異建議參考使用本研究之不同車種之間車速轉換之迴歸式。利用簡單迴歸方式修正旅行時間推估模式，透過其迴歸參數將大客車平均速度轉換成小客車平均速度。以利後續旅行時間推估模組使用，其模式如下：

$$(\text{小客車平均速度}) = \alpha + \beta (\text{大客車平均速度})$$

表 3.2- 3 大小車迴歸參數

北上	α	β	南下	α	β
平日尖峰	88.0489	0.135855	平日尖峰	90.40584	0.097041
平日離峰	104.9501	-0.01207	平日離峰	101.115	-0.00255
假日尖峰	89.86883	0.088273	假日尖峰	108.5274	-0.1181
假日離峰	100.3914	0.003374	假日離峰	97.77981	0.025441

2. 本期末報告書中出現亂碼、錯字部分請修正。

意見回覆：

遵照辦理。

3. 報告書第 33-34 頁，有關表 3-2 歷史資料庫資料結構範例之數據請再檢視其正確性。

意見回覆：

遵照辦理。

4. 建議報告書中詳細說明本案預測旅行時間的處理過程、細節、邏輯架構及範例。

意見回覆：

遵照辦理。針對運算流程、細節以及流程架構的說明

已在第三章之旅行時間推估及旅行時間預測補強，範例結果則列於 4.1.2 及 4.2.2。

5. 報告書第 61 頁，請說明 MAPE 及 RMSE 的意義及合理性。

意見回覆：

相關說明已補充於章節 4.1.2。

6. 建議報告書中應針對預測旅行時間有詳盡範例，而非僅以 MAPE 或 RMSE 代表。

意見回覆：

相關範例列於章節 4.1.2。

7. 請說明對於預測 30 分鐘內的旅行時間是否可行。

意見回覆：

本研究以即時旅行時間預測為研究目標，對於未來時間之旅行時間預測仍需要進一步的研究。

8. 對於本案所開發的預測旅行時間系統，建議辦理教育訓練俾利本局瞭解整體運作，以進行後續系統操作維護。

意見回覆：

與高公局密切配合辦理。

(七) 高公局交通管理組

1. 報告書第 24 頁步驟一表示依照星期別分別計算不同時段與路段之流量、速率與佔有率的平均數與標準差，請說明資料庫的建立是否可依不同型態分別建立。

意見回覆：

本研究所採用依照星期小時別之分類方式已充分包含不同型態的資料。

2. 本案於期中報告時曾建立迴歸模式，用以補足當無法利用 k-NN 模式比對到合適的資訊時，用來預測旅行時間。請說明期末報告未將該模式納入的原因。

意見回覆:

已將與迴歸模式之相關說明補充於章節 3.2。

3. 報告書內主要為抽樣驗證所預測的旅行時間是否合理，請說明是否可利用軟體長期監控。

意見說明:

本研究驗證時所抽樣之時間為周五 6~22 時，已包含間離峰時間。本研究旅行時間預測結果皆儲存於資料庫中以供後續利用。

4. 有關會議上討論本案是否可預測 30 分鐘內或數日後的旅行時間 1 項，本案研究成果主要將用於高速公路沿線的 RGS 上，因此為即時性的預測，不進行未來旅行時間的預測。

5. 其他請詳見承辦單位書面意見，亦請逐一回復。

高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應

用期末報告審查高公局交通管理組書面意見

1. 建議於 2.1 節文獻回顧部份加上小結，說明本案採用何種理論與方法。另似乎缺少資料過濾模式之文獻回顧。
2. P19，2.2 節資料蒐集，本局目前對外提供的資料頻率為 1 分鐘 1 筆，建議修正文中提及每五分鐘回傳 1 筆資料。另有關本局 VD 布設密度足夠，無須另外使用探針車資料 1 項，因 2 種資料特性及型態不相同，建議詳細說明為何可以 VD 代替探針車，另如何證明 VD 密度足夠。
3. P20，刪除超過平均數 1 個標準差以外的 AVI 資料，與 VD 刪除 3 個標準差外的資料不同，請說明。另 VD 過濾模式建立過程似乎較 AVI 較為詳細，請問 AVI 為何無詳盡的建立模式過程？
4. P26，步驟 2.3 有關測試在不同差補運算次數與不同資料遺漏比例下...，請問是否差補運算次數與精準度的關係？
5. 契約規定須針對 ETC、AVI、VD 及 Probe Vehicles 建立資料過濾及插補模式，為期末報告中未見 ETC 及 Probe Vehicles 之過濾及插補模式，建請詳細說明。另未見針對資料過濾方式進行文獻回顧。
6. P34，有關表 3-2 歷史資料庫資料結構範例之數據請再檢視，旅行時間似乎有誤。並請說明該表及附上數據單位(如秒、分、公里/小時)。
7. P35，3.2 旅行時間預測模組出現亂碼部分請修正。
8. 系統交流道間及都會區間的里程與 VD 或 AVI 位置里程大多無相對應，請問如何計算旅行時間？
9. P41，3.3.2 實測資料說明 1 節，僅有週五資料，建議增加週一~週四、週六、週日等不同型態。
10. P50，請問表 4-1 放入交流道數的意義？
11. P53，請問模式調教參數需多久調教參數 1 次？調教參數是否需人工進行？可否利用電腦自動調教？如需人工進行，請針對預測旅行時間之整體流程辦理教育訓練。
12. 本案採用 MAPE 及 RMSE 評估 k-NN 預測值與 AVI 真值間的差距，惟文中未針對該兩項指標說明其代表意義及如何使用以判斷預測值與真值間無差異，建議於文中詳細說明。
13. P64，表 4-10 及表 4-11 有關新竹系統位於國一的里程應為 99K，請修正。

14. 本期末報告未將期中報告審查意見納入。
15. 本案於期中報告時曾建立迴歸模式，用以補足當無法利用 k-NN 模式比對到合適的資訊時，用來預測旅行時間。請說明期末報告未將該模式納入的原因。
16. 本案第一年期有許多資料未納入第二年期中，如文獻回顧的小結、各類資料蒐集頻率、本案軟硬體規格等，建議參考第一年期的研究成果，適度將 2 年內的研究成果整合。
17. 依契約規定須提出系統交流道間及都會區間旅行時間預測模式的平均誤差及最大誤差，建請說明本案預測結果是否符合廠商自行提出之預測精準度。
18. 有關交換 XML 資料 1 項，於期末報告中未見說明。
19. 本報告書中相關錯字及編排格式請修正。
20. 期中報告曾提及”本期研究針對 VD 資料擬只過濾而不插補，若當……，也可隨時加入資料插補模組”1 項，請問期末為何不見相關說明？
21. 是否建置基本查詢軟體？該軟體提供查詢介面為網路或單機查詢？

高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應用

期末報告審查高公局交通管理組書面意見回覆

受審核單位	國立交通大學	審核日期	102 年 1 月 17 日
審核單位	高速公路局	回復日期	102 年 2 月 6 日
審核項目	期末報告書		
項次	審查意見	意見回覆	頁碼
1	加上小結，說明本案採用何種理論方法	遵照辦理，相關內容於章節 2.1.10 補充。	2.1 文獻回顧部分 p. 21
2	資料過濾模式文獻回顧	遵照辦理，相關內容於 2.1.8 補充。	2.1 文獻回顧部分 p. 17
3	本局對外提供資料為一分鐘一筆，修正文中之五分鐘一筆內容	高公局發布資料除一分鐘一筆外，亦有五分鐘一筆的即時資料。因為本研究為五分鐘發布一次運算結果故採用五分鐘一筆之即時資料，相關內容於 2.2 說明。	2.2 資料蒐集 p. 21
4	如何證明 VD 密度足夠	遵照辦理，相關內容於 2.2 補充。	2.2 資料蒐集 p. 21
5	為何可以 VD 取代探針車, ETC	遵照辦理，相關內容於 2.2 補充。	2.2 資料蒐集 p. 21

6	刪除平均數一個標準差以外的 AVI，與刪除三個標準差外的資料不同，請說明。	請參考圖 3.4 AVI 資料過濾及章節 3.3.1，由實際測試發現對於 AVI 資料一倍標準差俱有較佳的過濾效果。	p42
7	請說明 AVI 過濾模式建立過程	過程請參考章節 3.3.1 AVI 軌跡說明。	p42
8	插補運算次數與精準度關係	k-NN 模式在資料遺失情況下仍能有效的進行旅行時間預測，因此在實際應用中並未採用插補方法。相關說明請見章節 3.1。	p37
9	未見 ETC 插補及過濾模式，請詳細說明	ETC 為前期實證校估之用，本期以使用 AVI 作為實證校估依據，故 ETC 相關模式不納入本報告之內容	
10	未見 probe vehicle 插補及過濾模式，請詳細說明	因 probe vehicle 資料數量不易具有統計上之代表性且來源不穩定，而國道佈設之 VD 已足夠作為預測系統之用，相關內容於 2.2 說明。	p. 21
11	資料範例數據檢視，並附上數據單位	遵照辦理。	p38 表 3.2 歷史資料庫

12	亂碼修正	遵照辦理。	p40
13	VD 及 AVI 位置不同，如何計算旅行時間	以 VD 為比較基準，將 AVI 區段旅行時間，按比例差補至 VD 位置上，使得 VD 與 AVI 比較距離相等。相關內容以補充於章節 3.3.3。	p. 48
14	僅有周五實測資料，建議增加不同星期型態資料(周一周二周三周四周六周日)	因週五尖峰時間之旅行時間變化最為劇烈，能夠在有限的實測資源下包含國道可能發生之旅行時間，相關說明已補充於 3.3.2。	p45, 3.3.2 實測資料說明第一節
15	請解釋該表的意義？	路段資料表之目的為提供都會區之代表交流道以及都會區間的距離資訊，相關說明已補充於 4.1。	p55, 表 4-1
16	模式參數多久需要調教一次	參數調校是針對所調校路段的長度以及先天道路特性，並沒有隨著時間變化而重新調校的需，與時間變化相關因子已在歷史資料庫隨著時間的更新中被含括在內。相關說明已補充於 4.1.1。	p57

17	調教是否需要人工?可否自動調教?如需人工調教，請針對旅行時間之整體流程辦理教育訓練。	參數調校是針對所調校路段的長度以及先天道路特性，並沒有隨著時間變化而重新調校的需，與時間變化相關因子已在歷史資料庫隨著時間的更新中被含括在內。相關說明已補充於4.1.1。	p57
18	請說明 MAPE, RMSE	遵照辦理，相關說明已補充於4.1.2。	p. 74
19	新竹系統交流道位置應為 99	遵照修改。	p78 表 4-10
20	期中審查意見表納入	遵照辦理。	
21	說明未將迴歸模式納入原因	遵照辦理，相關說明已補充於3.2之預估模組流程圖。	p. 41
22	須整合第一期之文獻回顧小節、各類資料蒐集頻率、本軟硬體規格，建議適度整合兩年之研究成果	遵照辦理。文獻小節以補充於2.1.10，資料蒐集頻率於章節2.2及章節2.5皆有敘述，軟硬體規格以補充於章節2.6.1。	p. 21, p. 30, p. 32
23	需提出系統交流道間及都會區間之平均及最大誤差，並說明是否符合廠商提出之預測精準度	遵照辦理，相關說明已分別補充於4.1.2 的最後及4.4.2 的最後。	p. 78, p. 107

24	xml 交換格式說明	遵照辦理，發布格式已於 4.3 補充。	p. 107
25	關於期中報告提到 "本其研究針對 VD 資料擬只過濾而不差補，若當…，也可隨時加入資料插補模組"，為何不見期末說明	預測方法 (k-NN) 於 VD 資料不齊全時仍可預測，因此本期研究針對 VD 資料擬只過濾而不插補	
26	是否建置基本查詢軟體？該軟體為網路或單機查詢？	本系統發佈結果提供任何使用者透過網路 xml 連線方式查詢，而所欲進行之起訖路段選擇則須於單機上選擇，已補充說明於 4.3。	p. 107
27	本案預測最長距離所需時間約多久？所預測出來的旅行時間誤差約多大？	最長距離為台北都會區-高雄都會區及高雄都會區-台北都會區 342km，需時約一至二分鐘（視其餘同時運算路段對於電腦負擔而定）。誤差相關說明請見章節 4.1.2。	p. 78, p. 107
28	未來計程收費後，若採用 ETC 的資料，對於真值有無影響？對於後續預測旅行時間的影響為何？	對真值不會有影響。建議後續研究可以採用 eTag 作為資料來源。	

29	關於資料庫大小及 k 值的選擇對於實質應用上的意義為何？	資料庫大小代表了所可能找到的歷史資料範圍，k 值則代表所採用最近歷史資料的比數。經過參數調校大部分建議資料庫大小為六個月 k 值為 20。	
30	本案採用 VD 進行預測旅行時間，惟 VD 不易維持，後續將如何因應？	本模式在部份資料遺失情況下仍能有效的進行旅行時間預測，建議後續研究可以採用 eTag 作為資料來源。	
31	建議於本案報告書中詳述採用何種研究方法及理論。	遵照辦理。相關說明以補充於 2.1.10。	p. 21
32	香港以 MAPE=25%作為預測旅行時間的驗收標準，請問該值如何訂定？	相關研究並未有明確的定義標準，此為人為經驗中可以容忍的誤差。	
33	簡報中提到利用 VD 延遲加總與 k-NN 所預測的旅行時間誤差小，請說明對 k-NN 的推廣造成的影響。	延遲加總使得系統得以隨著預測時間的進行找尋所對應的歷史資料，使得 k-NN 能在更有效的歷史資料範圍內進行搜尋，相關說明請見章節 3.2。	p. 39

34	可否利用歷史資料庫預測明天、3 天或數日後的旅行時間以作為類似氣象預報的功能？	非本研究之研究範圍，為未來研究方向。	
35	本案 VD 遺漏資料比例達到多少時將導致 k-NN 無法使用？	超過 20%時即停止預測，相關說明請見章節 3.1。	p. 37
36	報告書中第 35 頁 3.2 節第二段提到「……，透過延遲加總可以得到每筆資料之旅行時間，再將每筆資料平均，即可得……」，請說明為何需要將每筆資料平均。	遵照修改。此為文字敘述不佳，平均之目的為將所得到的 k 筆歷史資料偵測器間旅行時間得以進行延遲加總，相關說明請見章節 3.2。	p. 39
37	有關資料過濾部分，AVI 與 VD 分別使用 1 個及 3 個標準差過濾資料，請說明其差異。	請參考圖 3.4 AVI 資料過濾及章節 3.3.1，由實際測試發現對於 AVI 資料一倍標準差俱有較佳的過濾效果。VD 則是根據統計理論視三倍標準差以外之值為 outlier，請見章節 2.1.8。	p. 42, p. 17
38	歷史資料庫收集的資料是否須將特殊節日(如春節、連續假期)剔除？	目前沒有發現將特殊日去除的需求。	

39	是否可透過建立事故資料庫，並以 k-NN 方法預測發生事故時的旅行時間？	事故預測實務上因為過多無法預測因素，因此事故預測旅行時間的準確度不佳。	
40	請問可否以 AVI 代替 VD 預測旅行時間？	建議未來研究可以利用 AVI 或 eTag 建立歷史資料庫。	
41	簡報中提及香港目前亦進行旅行時間的預測，請問其預測的距離。	共分為十條路段，其最長路段距離不超過 15km。	
42	有關「VD 遺漏資料比例達到多少時將導致 k-NN 無法使用」1 項，建議於報告書中詳細說明。	超過 20%時即停止預測，相關說明請見章節 3.1。	p. 37
43	未來本案結案後，該如何運作才能進行預測旅行時間？	與高公局密切配合監控系統運作。	
44	建議建立不同情境的歷史資料庫，如平日、例假日、連續假期等，以分別預測不同情境下的旅行時間。	依照日期分類並無實際上的優點，目前不考慮。	
45	建議建立類似系統操作維護手冊，以利本局後續維護。	與主辦單位協調辦理。	
46	未來如以 ETC 資料取代 AVI，請問後續本局在無 AVI 資料的情況下該如何維	AVI 資料僅限系統架設階段調校使用，後續並無使用的需求。	

	護使用本系統?		
47	建議於報告書中說明各專有名詞的定義。	遵照辦理。	
48	請於各章節結束前提出小結，針對該章節內容說明處理過程。	遵照辦理。	
49	報告書第 33 頁有關推估模式主要以小客車平均速度推估，惟國道上的重車比例很高，請說明預測結果是否適用。	本研究設定對象為小客車駕駛人。	
50	本期末報告書中出現亂碼、錯字部分請修正。	遵照辦理。	
51	報告書第 33-34 頁，有關表 3-2 歷史資料庫資料結構範例之數據請再檢視其正確性。	遵照辦理。	
52	建議報告書中詳細說明本案預測旅行時間的處理過程、細節、邏輯架構及範例。	遵照辦理。	
53	報告書第 61 頁，請說明 MAPE 及 RMSE 的意義及合理性。	遵照辦理，相關說明已補充於章節 4.1.2。	p. 74

54	建議報告書中應針對預測旅行時間有詳盡範例，而非僅以 MAPE 或 RMSE 代表。	遵照辦理。以補充於 4.1.2 及 4.2.2 節	p. 65, p. 81
55	請說明對於預測 30 分鐘內的旅行時間是否可行。	非本研究之研究範圍，為未來研究方向。	
56	對於本案所開發的預測旅行時間系統，建議辦理教育訓練俾利本局瞭解整體運作，以進行後續系統操作維護。	與主辦單位協調辦理。	
57	報告書第 24 頁步驟一表示依照星期別分別計算不同時段與路段之流量、速率與佔有率的平均數與標準差，請說明資料庫的建立是否可依不同型態分別建立。	依交通資訊分類並無實際上的優點，目前不考慮。	
58	本案於期中報告時曾建立迴歸模式，用以補足當無法利用 k-NN 模式比對到合適的資訊時，用來預測旅行時間。請說明期末報告未將該模式納入的原因。	遵照辦理，相關說明已補充於 3.2 之預估模組流程圖。	p. 39

59	報告書內主要為抽樣驗證所預測的旅行時間是否合理，請說明是否可利用軟體長期監控。	所預測之旅行時間皆會紀錄於資料庫中，可以利用資料庫查詢得到過去所有的預測結果。	
60	有關會議上討論本案是否可預測30分鐘內或數日後的旅行時間1項，本案研究成果主要將用於高速公路沿線的RGS上，因此為即時性的預測，不進行未來旅行時間的預測。	遵照辦理。	

高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應

用期末報告修訂版審查意見回覆

1. 資料過濾及插補模式仍缺少 ETC 及 Probe Vehicle 之相關說明。

意見回覆：

相關說明已補充於期末報告書之第 26 頁。

2. 建議說明是否採用客運車輛 GPS 作為探針車資料來源。

意見回覆：

本研究所採用之探針車資料主要來源為國道客運，主要原因為目前所能獲得的探針車資訊中以國道客運作為來源的資料量最為豐沛穩定。由於客運車輛行駛國道時，有車道限制，不能行駛最內側車道，且速限較一般小客車低。因此利用簡單迴歸方式修正旅行時間推估模式，透過其迴歸參數將大客車平均速度轉換成小客車平均速度。以利後續旅行時間推估模組使用，其模式如下：

$$(\text{小客車平均速度}) = \alpha + \beta (\text{大客車平均速度})$$

表 3.2-4 大小車迴歸參數

北上	α	β	南下	α	β
平日尖峰	88.0489	0.135855	平日尖峰	90.40584	0.097041
平日離峰	104.9501	-0.01207	平日離峰	101.115	-0.00255
假日尖峰	89.86883	0.088273	假日尖峰	108.5274	-0.1181
假日離峰	100.3914	0.003374	假日離峰	97.77981	0.025441

3. 建議詳細說明迴歸模式。

意見回覆：

相關說明已補充於期末報告書之第 26 頁及第 51 頁。

4. 第 66 頁以北高雙向圖例仍缺少台中至高雄雙向。

意見回覆：

以補充圖例。

5. 第 79 頁都會區間旅行時間最大誤差與表 4-9 有異，國一新竹系統里程應為 99。

意見回覆：

遵照修改。

6. 第 85 頁彰化至古坑之 mape 皆超過 20%，請檢視是否正確。

意見回覆：

因為彰化至古坑之間系統交流道之間距離極小，因此些許的差異

即會導致 mape 急遽上升，但是實際誤差時間皆於容許範圍之內，對於距離較小之起訖請參考 RMSE。

7. 建議於文中說明未來是否需要針對 K 值及資料庫大小重新校估。

意見回覆：

本研究假設若沒有特殊的情況發生(如事故或道路施工等)，在相同起訖時間與地點的旅行時間模式應會大致呈現相同的情況。唯在有重大工程變故時要重新校估，參數校估需要重新蒐集重大工程變故之後為期一年之歷史資料並且針對不同的起迄路段分別校估。以補充內容於 4.1.1。

8. 建議文中圖例以全日表示。

意見回覆：

文中圖例已包含尖離峰時間，惟因 AVI 資料設備之全日妥善率較低，固以有良好妥善率之時段與比較本研究旅行時間結果比較，方能得到較為精準的範例。

9. 專有名詞統一，錯別字檢視。

意見回覆：

遵照辦理。

10. 期中期末審查意見請再針對委員意見對應回答。

意見回覆：

遵照辦理。

參考文獻

1. Ashish, S., T. Piyushimita, X.Q. Zhu., and A. Karr, "Frequency of Probe Reports and Variance of Travel Time Estimates", Journal of Transportation Engineering, Vol. 123, No. 4, pp. 290-297, 1997.
2. Bae, S., and P. Kachroo, "Proactive Travel Time Predictions Under Interrupted Flow Condition", Proceedings on Vehicle Navigation and Information Systems Conference, pp.179-186, 1995.
3. Bruce, P.E., and L. Fu, "Assessing Expected Accuracy of Probe Vehicle Travel Time Reports", Journal of Transportation Engineering, 1999.
4. Chang, G.L., T. Junchaya, and A.J. Santiago.: "A real-Time Network Traffic Simulation Model For ATMS Applications: Part I – Simulation Methodologies", Journal of Intelligent Transportation Systems, pp. 227-241, 1994.
5. Chang, G.L., Zou, Nan, Wang, Jianwei: "Development and Field Evaluation of a Real-Time Travel Time Prediction System", Maryland Department of Transportation State Highway Administration, Draft Final Report, 2006.
6. Chen, M., and I.J. Chien, "Dynamic Freeway Travel Time Prediction Using Probe Vehicle Data: Link-based vs. Path-based", Transportation Research Board 80th Annual Meeting, 2001.
7. Chen, M., and I.J. Steven, "Dynamic Freeway Travel Time Prediction Using Probe Vehicle Data : Link-based vs. Path-based", TRB Paper No. 01-2887, 80th Annual Meeting, 2001.
8. Coifman, B, "Vehicle Re-Identification and Travel Time Measurement in Real-Time on Freeways Using Existing Loop Detector Infrastructure", Transportation Research Record, pp.181-191, 1998.
9. David, L.H., and L. James, "An Introduction to Multisensor Data Fusion", IEEE, 1997.
10. Deng, J, "The Control Problems of Grey System", System & Control Letters, No.5, pp.288-294, 1982.
11. Hall, D. L, "Mathematical Techniques in Multi-sensor Data Fusion." Boston, MA: Artech House, 1992.
12. Hall. D.L., and J. Llinas, "A Challenge For The Data Fusion Community I: Research Imperatives For Improved Processing," in

- Proc. 7th Natl. Symp. on Sensor Fusion, Albuquerque, NM, Mar, 1994.
13. Hellinga, B., and G. Knapp, "Automatic Freeway Incident Detection using Travel Time Data from AVI Equipped Vehicles", 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, Toronto, Canada, 1999.
 14. Hsung-Jung Cho, Ming-Te Tseng, "Shockwave Detection for Electronic Vehicle Detectors", Computational Science – ICCS pp. 273.4-282, 2007.
 15. Ichiro, K.Y., F. Takumi, F. Masataka., O.T. Yutaka., T. Oda., and K. Hashiba, "Travel Time Prediction Based On Pattern Extraction from Database," 5th ITS World Congress, 1998.
 16. Johnston, C.M., and A.T. Chronopoulos, "The parallelization of a Highway Traffic Flow Simulation", Frontiers of Massively Parallel Computation, pp.192-199, 1999.
 17. Jun-Seok Oh, R. Jayakrishnan, and Will Recker, "Section Travel Time Estimation from Point Detection Data". Center for Traffic Simulation Studies, August 1, 2002.
 18. Kachani, S., G. Perakis, "Second-Order Fluid Dynamics Models for Travel Travel Times in Dynamic Transportation Networks," Proceedings on IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, pp. 251-256, 2001.
 19. Kiesling, T., J., Luthi, "Towards Time-Parallel Road Traffic Simulation," Principles of Advanced and Distributed Simulation, pp. 7-15, 2005.
 20. Klein, L.A, "Sensor and Data Fusion Concepts and Applications, SPIE Opt", Engineering Press, Tutorial Texts, Vol. 14, 1993.
 21. Li, B. and B.D. Moor, "Dynamic Identification of Origin-Destination Matrices in the Presence of Incomplete Observations", Transportation Research Part B, Vol. 36(1), pp.37-57.
 22. Li, Y., and M. McDonald, "Link Travel Time Estimation Using Single GPS Equipped Probe Vehicle", IEEE 5th Conference on Intelligent Transportation System, 2002.
 23. Liu, Y., N. Zou, and G.L. Chang, "An Integrated Emergency Evacuation System For Real-Time Operations- A Case Study of Ocean City", Maryland under hurricane attacks, IEEE Intelligent Transportation Systems, pp. 464-469, 2005.
 24. Llinas, J., and E. Waltz, "Multisensor Data Fusion.", Artech House Inc, 1990.

- 25.Oda, T, "An Algorithm for Prediction of Travel Time Using Vehicle Sensor Data", Road Traffic Control, Third International Conference, .pp.40-44, 1990.
- 26.Palacharla, P.V., and P.C. Nelson, "Application of Fuzzy Logic and Neural Networks for Dynamic Travel Time Estimation", International Transactions in Operational Research 6, pp. 143.4-160, 1999.
- 27.Pattanamekar, P., D. Park, L.R. Rilett, J. Lee, and C. Lee:"Dynamic and Stochastic Shortest Path in Transportation Networks with Two Components of Travel Time Uncertainty", Transportation Research Part C, Issue 11, pp. 331-354, 2003.
- 28.Rice, J., and E.V. Zwet:"A Simple and Effective Method for Predicting Travel Time on Freeways", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 5, No. 3, 2004.
- 29.Ruey Long Cheu, Der-Hong Lee, and Chi Xie, "An Arterial Speed Estimation Model Fusing Data from Stationary and Mobile Sensors", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, August 23.4-29, 2001
- 30.Richard T.,"Database Support to Data Fusion Automation", Proceedings of the IEEE, pp. 39-53, 1997.
- 31.Sano:"Development of Travel Time Estimation System Combining License Plate Recognition AVI and Ultrasonic Vehicle Detectors", 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, Toronto,Canada, 1999.
- 32.Shin, C.H. and Kim S.H, "Development of Low-Cost AVI System and a Travel Time Estimation Algorithm for the Olympic Expressway Traffic Management System in Seoul", 5th ITS World Congress, 1998.
- 33.Turner, S.M., and D.J., Holdener:"Probe Vehicle Sample Sizes for Real-Time Information: The Houston Experience", Proceedings on Vehicle Navigation and Information Systems Conference, pp. 3-10, 1995.
- 34.Varchney P, "Multisensor Data Fusion", Electronics & Communication Engineering Journal, pp.243.4-253, 1997.
- 35.Waltz, E, "Data Fusion For C3I: A Tutorial," Command, Control, Communications Intelligence (C3I) Handbook. Palo Alto, CA: EW Communications, pp. 217–226, 1986.
- 36.Yamane, K., S. Ichiro, F. Yutaka, and F. Masataka, "Development of Travel Time Estimation System Combining License Plate Recognition

- AVI and Ultrasonic Vehicle Detectors”, Presented at 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, Toronto, Canada, 1999.
37. Yang, D.B, ”Application of The ARIMA Models to Urban Roadway Travel Time Prediction”, Systems, Man and Cybernetics, SMC IEEE International Conference, pp.2529-2534, 2006.
 38. Yoshikazu, O., K. Toshihiro., and S. Shigehito, ” Online-Learning Type of Traveling Time Prediction Model in Expressway”, Intelligent Transportation System, ITSC IEEE Conference, pp. 350-355, 1998.
 39. Yoshimi, T., and F. Nishimura, ”Multi-route Travel-Time Data Provision Systems Operating in Osaka”, Vehicle Navigation and System Conference, pp. 351-356, 1994.
 40. You, J., and T.J. Kim, ”Development and Evaluation of A Hybrid Travel Time Forecasting Model”, Transportation Research Part C, Issue 8, pp. 231-256, 2000.
 41. Zhang, X. Y., and J.A. Rice, “Short-Term Travel Time Prediction.” Transportation Research Part C, Vol.11, pp.187-210, 2003.
 42. 王晉元、林國顯、陳彥佑，「應用偵測器推估公路車流量之研究」，中華民國第二十屆運輸學會研討會論文集，2005。
 43. 吳佳峰，「有 GPS 資訊提供下之車輛旅行時間預估模式之研究」，交通大學運輸工程與管理系碩士論文，2001。
 44. 李季森，「應用探測車法預測高速公路旅行時間」，中央大學土木工程研究所碩士論文，2001。
 45. 李俊賢，「在靜態模型中運用傅立葉轉換分析隨機性動態旅行時間之研究」，國立台灣大學土木工程學研究所博士論文，2001。
 46. 李穎，「國道客運班車旅行時間預測模式之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，2002。
 47. 亞聯工程顧問，「公路行車時間資訊管理系統之規劃研究—重要省道部分」，交通部委託研究，2005。
 48. 卓訓榮、林國顯、張瓊文、藍健綸，「小型車高速公路旅行時間預測模式--應用灰色理論」，中華民國運輸學會 96 年學術論文國際研討會，2007。
 49. 卓訓榮、溫裕弘、李祖添，「旅行時間預估之不完整資料處理與資料融合研究」，中華民國第十八屆運輸學會研討會論文集，2003。

- 50.卓訓榮、藍健綸、林春馨、林國顯、楊幼文、蔡瑞鉉，「灰色理論於高速公路旅行時間之應用」，中華民國運輸學會第20屆論文研討會，2005。
- 51.林士傑，「高速公路旅行時間預測模式之研究-類神經網路之應用」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，2001。
- 52.張修榕，「高速公路旅行時間之研究」，國立中央大學土木工程研究所，碩士論文，2001。
- 53.張慶麟，「應用自動車輛辨識預測高速公路路段旅行時間」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，2002。
- 54.許程詠，「利用灰色理論於偵測器遺失資料差補之研究」，國立交通大學運輸科技與管理學研究所碩士論文，2011。
- 55.莊忠儒，「為提供先進旅行者資訊下之偵測器最佳佈設位置研究」，國立交通大學運輸科技與管理學研究所碩士論文，2005。
- 56.黃琳桂，「環路線圈車輛偵測器之最佳佈設方式研究」，國立台灣大學土木工程學系碩士論文，2001。
- 57.黃裕文，「高速公路施工路段旅行時間預測之研究」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，2003。
- 58.溫志元，「高速公路進口匝道匯流路段旅行時間研究」，中央大學土木工程研究所碩士論文，2002。
- 59.魏健宏、楊雨青，「智慧型運輸系統交通參數資料融合方法之研究應用類神經網路」，第一屆台灣ITS國際研討會，pp. B1-26-B1-41，1999。
- 60.交通部運輸研究所，「智慧型路況通報系統擴充暨路況資訊廣播接收示範系統建置（二）」期末報告初稿，民國94年11月。
- 61.交通部運輸研究所，「國道替代道路路況資訊擴充之研究與實作」期末報告初稿，民國94年11月。
- 62.交通部運輸研究所，「智慧型交通資訊蒐集系統建置」，民國94年4月。
- 63.黃守琮，「運用探針車與偵測器資料融合估計車輛旅行時間之研究」，淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士論文，民國94年。
- 64.交通部運輸研究所，「智慧型路況通報系統擴充暨路況資訊廣播接收示範系統建置（一）」，民國94年5月。

- 65.交通部運輸研究所，「全國路況資訊中心擴充與維運（一）」期末報告初稿，民國 95 年 12 月。
- 66.交通部運輸研究所，「全國路況資訊中心擴充與維運（二）」期末報告初稿，民國 96 年 12 月。
- 67.胡守任、張勝雄、劉士仙等人，「智慧型交通資訊蒐集、處理、傳播與旅行者行為之系列研究—號誌化道路路況資訊偵測方法與格式訂定(二)」，交通部，2005
- 68.黃文鑑、黃惠隆、林富泰等人，「智慧型運輸走廊路況動態即時資訊系統之開發與建置(二)：臺北都會區至中正機場智慧運輸走廊交通資訊與控制示範系統建置」，交通部，2005
- 69.胡守任、張勝雄、劉士仙等人，「智慧型交通資訊蒐集、處理、傳播與旅行者行為之系列研究—號誌化道路路況資訊偵測方法與省道路段固定式偵測器佈設規劃」，交通部，2006
- 70.黃文鑑、黃惠隆、林富泰等人，「智慧型運輸走廊路況動態即時資訊系統之開發與建置(三)：臺北都會區至中正機場智慧運輸走廊交通資訊與控制示範系統建置」，交通部，2006
- 71.黃文鑑、黃惠隆、林富泰等人，「智慧型運輸走廊路況動態即時資訊系統之開發與建置(四)：臺北都會區至中正機場智慧運輸走廊交通資訊與控制示範系統建置」，交通部，2007
- 72.全國路況資訊中心，<http://e-traffic.iot.gov.tw>。
- 73.臺北市即時交通資訊網，<http://its.taipei.gov.tw/>。
- 74.桃園縣交通資訊中心，<http://61.60.10.66/tyc/roadInfo/>。
- 75.臺中市即時交通資訊網，<http://e-traffic.tccg.gov.tw/>。
- 76.臺北縣即時交通資訊網，<http://61.60.64.100/>。
- 77.竹塹交通資訊網，<http://hisatisfy.hccg.gov.tw/v2/>。
- 78.臺南市交通整合資訊網，<http://tntcc.tncg.gov.tw/>。
- 79.高雄市即時交通資訊網（<http://kctrffic.tbkc.gov.tw>）。
- 80.嘉義市即時交通資訊網（<http://61.60.38.53/>）。
- 81.嘉義縣即時交通資訊網（<http://61.60.42.131/>）。
- 82.國道高速公路交通資訊系統，<http://1968.nfreeway.gov.tw/>。
- 83.臺北市交通控制中心，<http://tms.bote.taipei.gov.tw/ttc/index1.aspx>。

84.TMC (Traffic Message Channel) , <http://www.tmcforum.com/en> ◦

85.VICS , <http://www.vics.or.jp/english/> ◦

86.“RDS Forum”, <http://www.rds.org.uk/rds98/rds98.htm> ◦