

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

即時交通資訊攫取技術與融合演算(3/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-002-006-

執行期間：93 年 08 月 01 日至 94 年 07 月 31 日

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

計畫主持人：張堂賢

計畫參與人員：黃琳桂 黃宏仁 許聿廷 蔡宜樺等

報告類型：完整報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 7 月 25 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

☒ 成果報告

☐ 期中進度報告

即時交通資訊攫取技術與融合演算(III)

Real-Time Traffic Data Acquisitions and Fusion Techniques (III)

計畫類別：☒ 個別型計畫 ☐ 整合型計畫

計畫編號：NSC93－2211－E002－006

執行期間：九十一年八月一日 至 九十四年七月三十一 日

計畫主持人：張堂賢 教授

共同主持人：

計畫參與人員：黃琳桂、許聿廷、賈毓虎、蔡宜樺、黃宏仁等

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：☒ 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

☐ 赴國外出差或研習心得報告一份

☐ 赴大陸地區出差或研習心得報告一份

☒ 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

☐ 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

中 華 民 國 九 十 四 年 七 月 二 十 六 日

摘要

即時之交通資料蒐集為一切運輸智慧化發展的核心與基礎，本研究為達到以點、線交通參數來進一步達到交通預測之目的，分三個單元進行研究。第一單元針對環路線圈式之佈設方式與交通估算參數進行檢討，並研究如何使環路線圈車輛偵測器發揮最大之效用，準確辨識不同車種並作計數。第二單元係運用交通探測車的觀念，利用 GPS 定位系統追蹤其所在道路區位之座標資料，進而轉換為預測道路車輛旅行時間等資料。研究之第三單元將透過主動及被動交通資訊之融合技術，發展出點線資料融合技術於旅次起迄倒推及旅行時間推估模式。本研究經由準確的交通資料蒐集、優質的分析技術與預測邏輯法則，將可有效作為交通改善之應用。

本研究第一單元之研究內容回顧環路線圈偵測器原理，並探討目前實務上的應用問題，藉由實際觀察與模式推估的方式，研擬在不同交通資料蒐集目的下，偵測器之佈設方式與於路段中之位置、大小、形狀，並分析探討如何提升資料蒐集之準確率，以滿足交通控制的參數要求。

本研究第二單元之目的為將 VD 資料與 GPS 資料在經過資料融合後，建立在相同時間間隔的基準點上，建立兩者資料的關聯性，形成關聯式資料庫，提供路段速率資料，以建立本研究第三單元路段旅行時間及動態旅次起迄推估之資料分析基礎。研究內容首先探討 VD 資料與 GPS 資料經過資料處理後的資料內容與特性，將資料內容與特性上的差異作一比較，其次針對 GPS 資料進行路段速率運算的程序，取得兩者間的一制性，藉由探討即時資料融合的架構與程序，建立路段速率的關聯式資料庫。

本研究第三單元為達到先進運輸管理系統之運作，本研究提出一即時交通資訊擷取系統，規劃以計程車車隊支援探測車系統之主體，結合路側

偵測系統，以對於都市地區路網系統進行廣泛而完整之交通資訊擷取，並研擬系統運作下之資料庫系統設計。根據此一資料系統架構之下，考量資料項目之取得，本研究分別建構「路段旅行時間預測」和「動態旅次 OD 推估」之數學模式，並以廣義最小平方法和推廣卡曼濾波器進行模式之演算，對於路網系統之車流狀態進行預測，藉以支援相關動態交通控制、管理之決策。

在模式驗證部分，本研究係透過 Paramics 軟體模擬一般化棋盤型路網系統下之交通車流，對路段旅行時間預測模式之預測結果進行分析，研究中主要藉由準確度、強健性和穩定性三個面向評估模式之預測能力。預測結果顯示，經由模式校估之過程並對於來源資料在演算前進行相關處理，可得到優良之預測結果表現。對於動態旅次 OD 推估模式則是同樣根據模擬結果進行一試算流程，將推估所得之旅次 OD 流量反應於路段流量上可得到良好之預測結果，是以評估模式之推估結果為合理

根據預測誤差，探討探測車回傳資料之於整體車流之代表性在模式預測準確度之影響，分析結果顯示，在車流中探測車佔有率達到 5% 以上，本研究提出之路段旅行時間預測模式即可反應良好之預測能力。

目錄

第 1 章 環路線圈偵測器之佈設方式

- 1.1 環路線圈偵測器應用特性說明..... 4
- 1.2 實驗設計案例..... 8
- 1.3 測試結果評量..... 16

第 2 章 交通資訊擷取系統

- 2.1 交通資訊擷取系統架構..... 22
- 2.2 交通資料分析與處理..... 26
- 2.3 即時資料融合程序..... 36
- 2.4 交通資料庫擷取系統實作..... 42

第 3 章 市區棋盤型路網環境下動態旅行時間預測與旅次 OD 推估模式之建立

- 3.1 動態旅行時間預測模式..... 51
- 3.2 動態旅次 OD 推估模式..... 56

第 4 章 模式驗證與數值分析

- 4.1 動態路段旅行時間預測模式之校估與驗證..... 63
- 4.2 動態旅次 OD 推估模式之數值演算..... 79

第 5 章 結論與建議

- 5.1 結論..... 86
- 5.2 建議..... 90

參考文獻..... 91

第 1 章 環路線圈偵測器之佈設方式

1.1 環路線圈偵測器應用特性說明

環路線圈偵測器整個系統可分成三大部分 (ITE, 1991)：控制箱內的電子單元、導入線，及埋在鋪面下之一圈或一圈以上的金屬絕緣線路，系統之示意圖如圖 1-1 所示。

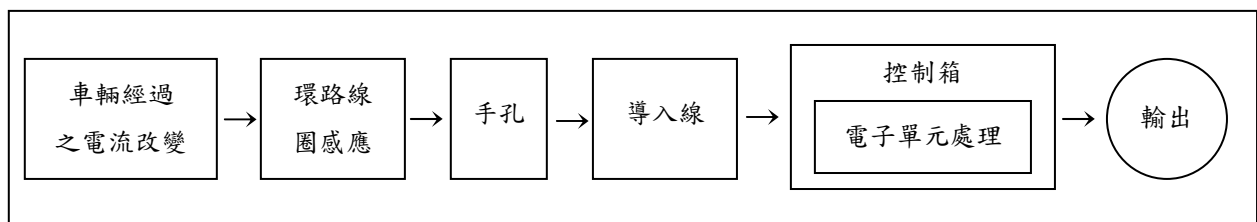


圖 1-1 環路線圈偵測系統示意圖

偵測器上的電子單位透過頻率在 10kHz 至 200kHz 內的信號供給環路系統能量 (林豐福等, 1996; ITE, 1991)。當車輛通過或停留在線圈上時，將降低其電感量，使其送出一脈衝波至控制箱，以示偵得車輛的出現或通過，之後再藉由脈衝波形的不同來辨識經過車輛的種類，同時可利用車輛通過兩組環路線圈的時間差，求得車速或車長。線圈部分的設計有幾種選擇，一為將一圈或一圈以上的金屬線，置入由封膠劑填滿鋪面的切割鋸槽中，另一為在線圈置入鋪面上的切割鋸槽前，先將線圈置入塑膠筒中。環路線圈埋設於車道下，其大小、形狀及幾何佈設方式會隨著使用目的的不同而改變，多介於 1.8 m×1.8 m 至 1.8 m×12-21 m 之間。正因其設計上之彈性，故其在偵測車輛的適用範圍最廣，加上精確度高，是目前應用最廣泛的偵測器，但受道路鋪面施工，或路基移位等影響，該類偵測器常有維護不及之困擾，導致偵測系統功能之喪失。

當偵測器成功辨識通過道路上某一點的移動車輛時，會將資料傳送到交通號誌控制器或其他交通設施，並更新車流資料。依物理變量的量測，

環路線圈來量測車輛通過感測區與否，操作上利用車輛壓過線圈時，因車體引起磁其偵測方式可分為兩種，一為通過 (passage) 偵測，即利用兩個或兩個以上的環路線圈，量測車輛通過感測區的時間，可識別車輛行進的方向與通過數。但當車流可能出現緩慢移動或停等在觸動式號誌化交叉路口的情形時，則可使用出像 (presence) 偵測，利用單一通量變化而輸出不同強度之波形訊號後，計算車輛出現的次數。

環路線圈偵測器在設置時，需先校估門檻值，而門檻值的訂定會隨區域性車輛組成的不同有所調整，即路段特性不同，偵測器的應用情形也不盡相同，應針對不同路段特性加以考量。為減少兩台以上的小型車同時壓佔同一偵測器，引起偵測時的誤差，建議將長型偵測器改為連續短線圈，且線圈長度應介於一般底盤長度(1.8 公尺)與低速時車輛所保持的最小間距之間。本研究定義車輛的低速為 20km/hr，最小車輛間距則採用實地調查的量測值

建議設置於路段的各車道皆埋設兩組偵測器，一組偵測器為單線圈偵測器，設置於停止線前，且與停止線間的距離不應大於平均車輛長度，如此可確保在車隊等候時，只有一台車輛壓佔於線圈之上；另一組偵測器則為雙線圈偵測器，建議放置於路段中之車流自由流區，避免車輛停等於偵測器上的時間過久，如此可收集得到更準確的交通資料。為減少大型車輛對鄰近車道的偵測產生影響，建議可在大型車輛較多的路段改採雙矩形線圈，如此一來中央部分之線圈將與車流方向相同，可增加對小型車輛的偵測能力，且兩側線圈的電流方向與中央方向不同，可能會產生對消現象，減少偵測得鄰近車道車輛的可能性。

若採單一線圈計算速率，需預先假設車輛長度，將增加與現實情況間的差距。故當偵測的目的在進行交通控制策略的研擬時，建議採用雙線圈偵測，可較正確量測交通資料。若欲佈設雙線圈偵測器，則在決定線圈長度時，需先將車輛平均長度納入考量。一般車道均以小客車為主，建議線圈長度應以符合小客車底盤長度為最基本的考量。雙線圈偵測器可採用兩個不同長度的線圈，以單一車輛通過兩線圈時不同之時間差，推測目前車流情形，增加交通策略研擬的彈性。兩線圈之間的距離宜小於最小車輛長度，避免有兩部以上車輛同時離開第一個線圈卻未進入第二個線圈。目前市面上最小之車輛長度為 2.5 公尺。

在交通控制應用上，時以車輛長度作為判定大型車或小型車的標準，若能提高車輛長度量測的精確度，將可輔助相關交通措施的訂定。本研究建議用車流量、速率等資料，配合佔有率與密度函數間的關係來推測車輛長度，因為車流量與佔有率資料皆為可偵測較準確的交通參數，速率則經由良好的演算邏輯校正，如此推估得的車長資料較為準確。

環路線圈偵測得到的資料在反應真實車輛數上時有差距，除了偵測器本身發生故障或環路線圈不夠靈敏外，埋設地點不佳、車輛壓佔在偵測器上的時間過久、交通參數演算時的誤差，或是車輛等候線長度超過偵測器設立位置等，都會導致偵測器回傳的交通參數被低估或高估。在討論環路線圈於道路上的佈設位置時，可從兩個方面進行討論：若欲將交通資料運用於觸動式號誌或適應性號誌控制時，可在停止線附近佈設線圈，用以偵測車輛數、停等或起動時間；另一則建議設置在路段中，以取得車輛在行進中的車流資料，如流量、速率、佔有率與車輛長度等，為了交通資料偵測的正確性，本研究建議將偵測器置於車流之自由流區較為妥適。茲將偵測器建議佈設位置如圖 1.2 所示，圖中以矩形 1、2 和 3 表示擬放置環路線圈的位置，以 $L_i (i = 1, 2, 3, 4, 5)$ 表示特定距離或線圈長度。

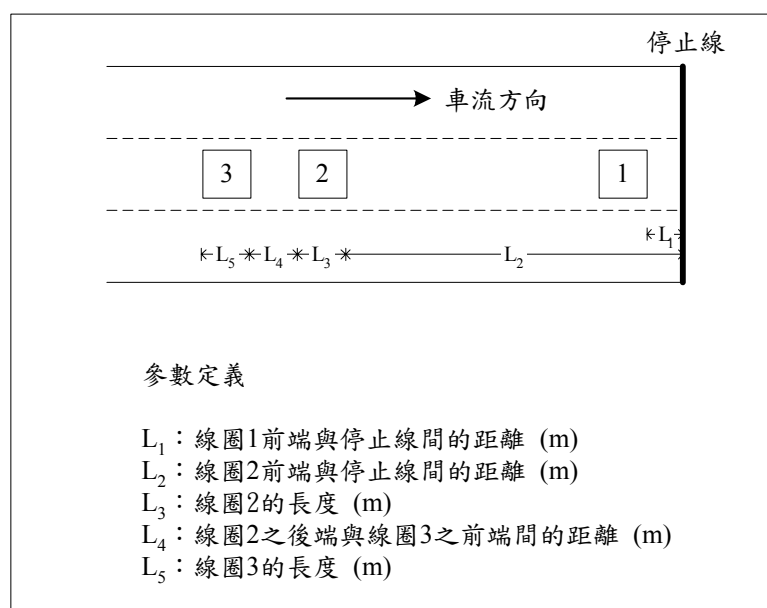


圖 1.2 環路線圈設置示意圖

L_1 、 L_3 、 L_4 與 L_5 的長度已在第三章中詳盡探討； L_1 的長度不宜超過車輛平均長度，以確保只有一部車輛壓佔在線圈上； L_3 與 L_5 則應隨著地區性車輛組成的不同妥善規劃，減少有兩部以上車輛同時壓佔的機會；而 L_4 以不超過最小車輛長度為宜。以下段落將討論決定雙線圈偵測器的佈設位置，即圖 4.1 中 L_2 之長度決定，其中考量因素應與蒐集資料的準確度與本土車流特性有關。在衡量 L_2 長度時，應將以下限制條件納入考量：

1. 線圈設置不宜離上游路口過近，應盡量位於車流之自由流區

車輛離開上游路段後多依路口長度進行車道變換，以進入下個路段，此時車流交織現象頻繁，故線圈不宜距上游路口過近。且當車輛停等時，壓佔在偵測器上的時間過久，將影響量測計算的準確性，故線圈置應設於自由流區。

2. 減少變換車道帶來的影響

車輛轉換車道時，不會連續通過兩個環路線圈，造成行進軌跡無法被完整偵測，或由於車體偏離線圈，線圈感應的電感量變化將可能低於門檻值而造成流量低估，故選擇將線圈置於變換車道次數最少的路段。

3. 不同車道可能所需的長度不同

各車道的車流特性皆不盡相同，如最內側車道由於車流組成較一致，故車流行為較穩定；越靠近外側車道的車流組成較複雜，可能受到機踏車變換車道、公車靠站、停車場出入口、加油站出入口或車輛進出巷弄等干擾而造成延滯，故應依車道別的不同來考量偵測器設置的位置。

4. 應考慮道路段長度的限制

路段長度不同，可能會使得車輛所需之起動時間、加速或煞車所需距離也不盡相同，故應納入考量。

5. 考慮號誌週期及時制長度，尤其是紅燈時間

號誌週期長度影響車輛通過路口的數量，在綠燈時相之車輛通過率小於紅燈時的車輛抵達率的情況下，將與車輛停等長度有直接的關係，故在考量線圈位置時也應考慮號誌時制週期，若號誌控制不當，則可能影響車輛之行進。

1.2 實驗設計案例

由於各路口的交通狀況迥異，因此 L_2 的決定應因地制宜。在本研究將實地進行車流觀察，測量交通資料，並以數值分析與統計迴歸的方式，決定本研究所調查路段之 L_2 。本節將詳細介紹現場調查的方式，包括調查對象的選擇、調查地點現況簡介，與資料收集方法等，其次對就所收集的資料進行統計比較，最後是分析討論的結果。

1.2.1 現場調查與資料收集方式

1. 調查對象選擇原則

(1) 號誌化交叉路口

如前所述，紅燈停等時將引起車輛等候，號誌化交叉路口的車輛受到號誌時相的控制，在路口停止線前方常有停等的現象。故在選擇號誌化路口進行調查，觀測由時制控制對車流造成的影響。

(2) 道路與車流型態完整

調查路段應與一般道路狀況相符，故不應排除路旁設施所帶來的干擾，且應包含各式車流型態，如機車、汽車與大型車之車流行為。

2. 調查時間

由於交通具有明顯的尖離峰特性，若欲使偵測器之佈設能滿足最嚴苛的交通狀況，則宜選擇一般上班日交通量較高之尖峰時段進行調查。爰此，選定以台北市辛亥路與和平東路間的新生南路北向路段為研究案例，並於民國 91 年 4 月 23 日至 25 日(星期二至星期四)的上午 7:30 至 8:30 實地觀測。

3. 調查方式

調查時於附近建築的頂樓架設攝影機拍攝車流畫面，再回實驗室以電視放映，採人工讀值的方式，進行觀測資料的取得。於高樓拍攝可減少因角度造成的誤差，但是由於樓高的限制，使得攝影畫面無法一次涵蓋較長之路段，需多部攝影機同步連續拍攝。調查前先在本路段安全島上之定點放置施工樁，以利未來在觀測時能有效確定參考位置。而在讀取資料時，應先找尋參考位置，並標記在透明投影片後，貼於電視螢幕上以進行觀測。

4. 調查資料

車流量、車道轉換次數、車輛等候線長度為一般認為最可能影響偵測器準確率的因素，故本研究選擇於觀測時記錄的交通資料有：

- (1) 車流量。
- (2) 各車道別之車輛變換車道數。
- (3) 紅燈停止時之等候線長度。

5. 調查地點簡介

(1) 路段幾何概況

本調查範圍為新生南路介於和平東路口與龍安國小前號誌之路段，總長約為 210 公尺。此路段共有四車道(在此定義最內側車道為第一車

道，最外外側車道為第四車道，餘類推)，並於距下游路口 50 公尺處增闢為五車道，此時最內側車道為左轉專用道(在此定義為左轉車道)，平均車道寬度約為 3 公尺。第二、三車道在停止線處設有機車停等區，路側共有三個巷弄出入口，(分別位於距離路口停止線 48 公尺、98 公尺、149 公尺處)，一個國小出入口(約距路口停止線 200 公尺處)，一個加油站出入口(約距路口停止線 28 公尺)，以及公車站牌等候處(約距路口停止線 68 至 82 公尺處)。本路段幾何型態如圖 1.3 所示。

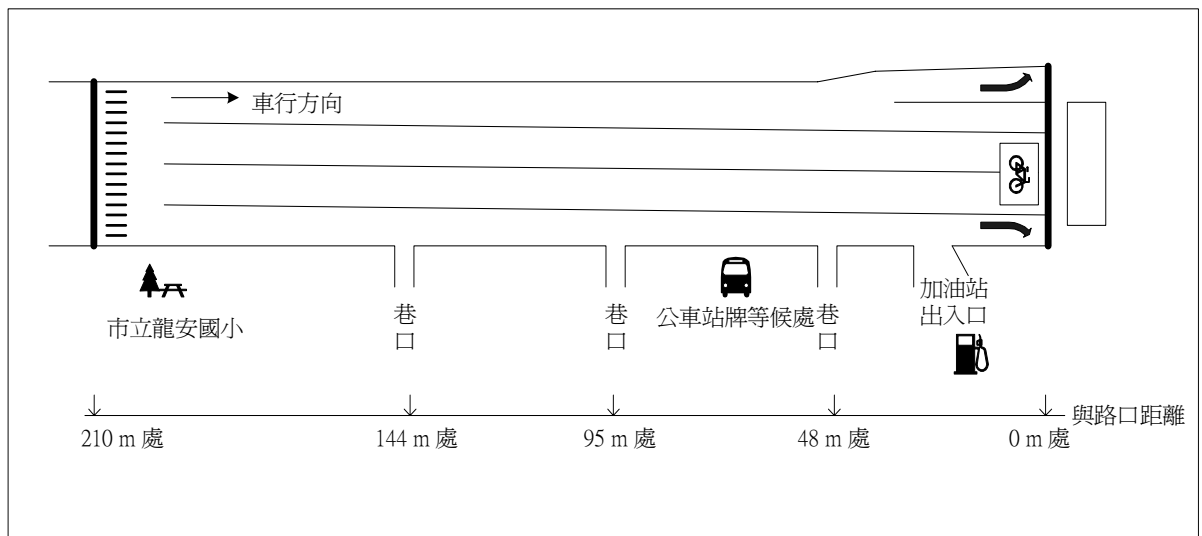


圖 1.3 路口幾何型態示意圖

(2) 號誌時制設定

在本調查時段之號誌週期長度為 200 秒，其綠燈開放時間分為兩階段：車輛直進(含右轉)時間為 75 秒(含黃燈 3 秒，全紅 2 秒)，左轉專用時相(含右轉)時間為 25 秒(含黃燈 3 秒，全紅 3 秒)。

(3) 尖峰時段的歷史交通量

本路段之歷史交通量係參考中華顧問工程司於民國九十年所進行的調查，其上午尖峰時段的車流量如表 1.1 所示。

表 1.1 尖峰時段歷史交通量

車輛行為 車種	左轉	直進	右轉
上午 7:00-8:00 之車流量			
大型車	5	74	14
小型車	272	1034	74
機車	0	2055	85

上午 8:00-9:00 之車流量			
大型車	7	73	16
小型車	359	1388	78
機車	0	4677	90

1.2.2 資料統計

1.2.1 節中提到，觀測時應量測車流量、各車道別之車輛變換車道數及紅燈停止時之車輛等候線長度。本節將介紹如何統計這些調查資料，以利進一步分析。

依個別車道之觀測，將在實驗室讀值時所記錄的資料，轉換為以下兩種參數進行資料統計，參數之定義如下所示。

1. 偵測失敗率(以 f 表示)

由於雙線圈偵測器於佈設時之長度特性，因而選擇以 10 公尺為一觀測單位，於實驗室讀值時對四個車道分別進行觀察，以每隔 10 公尺劃分一個區塊，此時各車道皆有 20 個區塊等待觀測。觀測的目的在分析了解各偵測區塊內車輛之車道變換情形。

一般而言，同一車輛需連續通過兩個線圈，其車流行為始被完整記錄，得以推算車輛速率及長度等交通資料，若由於車輛的轉換車道行為，未通過兩個線圈而有漏失偵測的情況發生，將造成電感變化量的低估，影響偵測之準確率。因此，必須考量各偵測區塊受到鄰近車道車輛之進入與離開行為，所產生偵測時的失敗。

本段所討論之偵測區塊和鄰近車道關係與應用參數如圖 1.4 所示，在求取各偵測區塊因變換車道而引起的偵測失敗率(f)時，應先取得進入區塊車輛之偵測失敗率(f')與離開區塊車輛之偵測失敗率(f'')，茲說明如下：

(1) f' 的計算：

在同一車道中，以離開偵測區塊進入鄰近車道之車輛數(n'_o 、 n''_o)，除以由前一區塊進入此偵測區塊之車輛數(N_i)求得，目的在了解已進入偵測區塊的車輛，卻未被正確偵測到的比率有多少，故在觀測時須計算通過本偵測區塊上游測量線之車輛數，與由本偵測區塊轉入其他車道之車輛數。

(2) f'' 的計算：

亦以自鄰近車道進入偵測區塊之車輛數(n'_i 、 n''_i)，除以由偵測區塊進入下一區塊之車輛數(N_o)求得，目的在評估離開本偵測區塊的車輛，卻未在區塊內被正確偵測的車輛比率，故在觀測時須計算通過本偵測區塊下游測量線之車輛數，與其他車道轉入本偵測區塊的車輛數。

得到 f' 與 f'' 值後，再求取兩者的平均值，即為欲求之 f ，偵測失敗率的公式見(式 1.1)至(式 1.3)所列。

分別計算各個調查日的 f 後，再除以調查天數，得到本路段中各分隔區塊之偵測失敗率的平均值，計算結果見表 1.2。將各個車道偵測失敗率，依區塊分隔作一比較，如圖 1.5 所示。

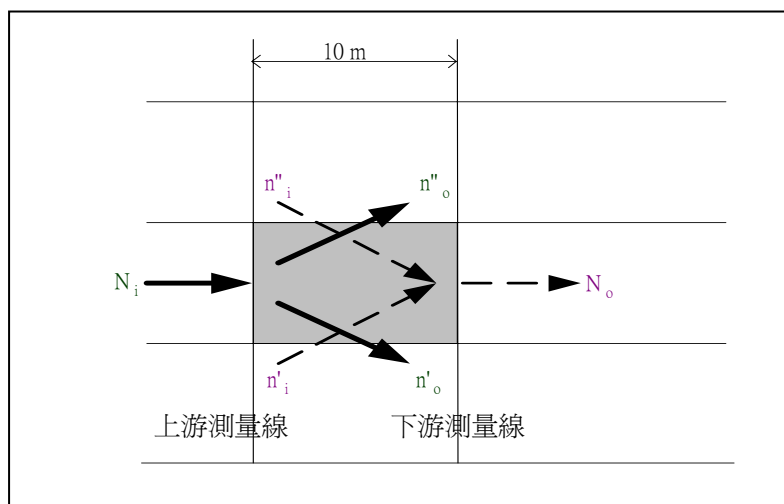


圖 1.4 偵測區塊與臨近車道關係圖

計算：

$$f' = \frac{n'_o + n''_o}{N_i} \quad (\text{式 1.1})$$

$$f'' = \frac{n'_i + n''_i}{N_o} \quad (\text{式 1.2})$$

$$\text{得 } f = \frac{f' + f''}{2} \quad (\text{式 1.3})$$

其中， f ：偵測失敗率

f' ：進入區塊車輛之偵測失敗率

f'' ：離開區塊車輛之偵測失敗率

N_i ：同一車道中，由前一區塊進入偵測區塊之車輛數

N_o ：同一車道中，由偵測區塊進入下一區塊之車輛數

n'_o 、 n''_o ：離開偵測區塊之車輛數

n'_i 、 n''_i ：進入偵測區塊之車輛數

表 1.2 偵測失敗率計算值(f)

車道 區塊分隔 (與停止線距離)	第四車道	第三車道	第二車道	第一車道
200-190 公尺	0.111	0.061	0.069	
190-180 公尺	0.039	0.048	0.058	
180-170 公尺	0.040	0.068	0.037	
170-160 公尺	0.018	0.064	0.023	
160-150 公尺	0.008	0.073	0.039	
150-140 公尺	0.026	0.031	0.007	
140-130 公尺	0.005	0.005	0.005	
130-120 公尺	0.014	0.061	0.039	
120-110 公尺	0.044	0.064	0.046	
110-100 公尺	0.048	0.040	0.030	
100-90 公尺	0.027	0.054	0.035	
90-80 公尺	0.039	0.036	0.006	
80-70 公尺	0.010	0.045	0.032	
70-60 公尺	0.075	0.109	0.047	
60-50 公尺	0.049	0.087	0.021	
50-40 公尺	0.042	0.079	0.027	
40-30 公尺	0.036	0.025	0.014	
30-20 公尺	0.017	0.039	0.018	
20-10 公尺	0.055	0.056	0.027	
10-0 公尺	0.007	0.026	0.014	

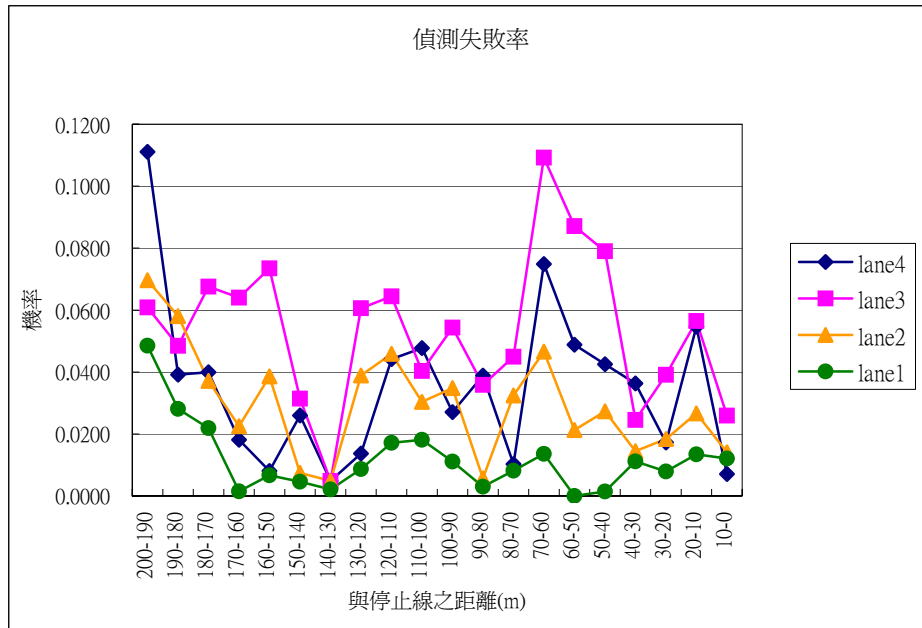


圖 1.5 各車道之偵測失敗率比較

從圖 1.4 中可以看到，各車道的偵測失敗率約有三個高峰區間，一為車輛初入調查路段時，二為距離路口停止線 130 公尺至 100 公尺處，三為距離停止線 70 公尺至 40 公尺處。而第一車道的圖形較為平緩，可能是由於多數進入內側車道的駕駛者在進入路段之時已決定行進方向，第二車道圖形的平緩度次之；雖然第四車道位於最外側，最容易受到路旁設施的干擾影響，但第三車道圖形的曲折程度較第四車道為大，可能原因是在第四車道距停止線 56 至 82 公尺處設有公車站位，當有公車停靠上下乘客時，將使得跟隨在後的車輛停等，或是被迫轉換車道，因此第三車道受到車輛變換車道的影響程度反而較第三車道來得多。

2. 車輛等候線長度

號誌化交叉路口的車輛，因受號誌分配路權和車輛起動延誤等影響，在路口停止線前方常有停等的現象，因而產生等候線長度。等候線的長短將影響路口的服務水準，若號誌控制不當，則可能影響到附近路口車輛之行進。

在本研究中所定義的車輛等候線長度意指於某號誌化交叉路口中，於紅燈時相開始後，上游還未有車輛進入本路段的時間，於某一車道上最後一部靜止車輛距離路口停止線有多遠，即定義為等候線長度。

等候線長度可用公尺或車輛數來表示，本研究以長度單位來分析。

因車輛等候線長度屬於延續性性質，舉例來說，於同一紅燈時相內，偵測之等候線長度為 155 公尺，則由停止線至 155 公尺處所涵蓋的所有區塊皆發生車輛停等之行為，此時從 160 公尺至停止線間每一區塊之車輛停等數皆計數為一次(若無車輛停等的區塊則計數為零)，如此可忠實記錄每一區塊發生車輛停等的次數。在計算上是以調查時段內，每一區塊的累計停等次數，除以總調查之紅燈週期數，即得到各偵測區塊之車輛等候發生機率。

分別計算各個調查日道的車輛等候線長度後，再轉換為發生等候現象之機率值，除以調查天數，得到本路段中各分隔區塊的等候機率平均值，計算結果如表 1.3 所示。將各個車道中，各偵測區塊的等候機率比較如圖 1.5 所示。

表 1.3 車輛等候出現機率

車道 區塊分隔 (與停止線距離)	第四車道	第三車道	第二車道	第一車道
200-190 公尺	0.000	0.000	0.000	0.000
190-180 公尺	0.000	0.000	0.000	0.039
180-170 公尺	0.000	0.000	0.020	0.078
170-160 公尺	0.000	0.039	0.118	0.157
160-150 公尺	0.000	0.118	0.176	0.275
150-140 公尺	0.039	0.118	0.216	0.392
140-130 公尺	0.098	0.157	0.333	0.490
130-120 公尺	0.176	0.176	0.529	0.667
120-110 公尺	0.314	0.294	0.647	0.765
110-100 公尺	0.431	0.471	0.745	0.804
100-90 公尺	0.608	0.784	0.843	0.824
90-80 公尺	0.706	0.843	0.961	0.961
80-70 公尺	0.922	0.961	1.000	1.000
70-60 公尺	0.941	0.980	1.000	1.000
60-50 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000
50-40 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000
40-30 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000
30-20 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000
20-10 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000
10-0 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000

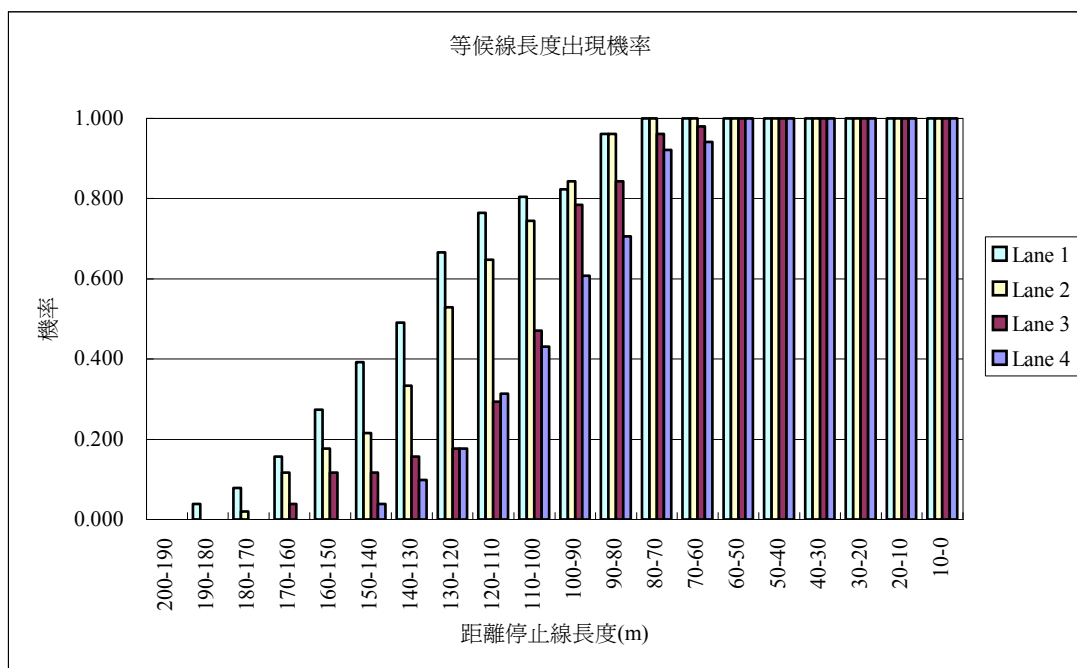


圖 1.6 車輛停等機率比較

從圖 1.6 中可見，較內側的車道之車輛等候線長度較長，較外側的車道之車輛等候線較短，這是由於已決定行進方向的駕駛者，在進入路段時會設法切入符合行進方向的车道中。在本調查路段中，左轉與直進的車輛佔所有車輛數的九成以上，如表 1.1 所示，故於第一、第二車道有較長的車輛等候線長度。

1.3 測試結果評量

為使環路線圈有較高的準確率與偵測數，在分析時首先考慮因車輛轉換車道而對偵測造成的影響，這是因為當車輛有變換車道的行為時，雙環路線圈無法完整抓取其行進軌跡，將造成偵測上的誤判；其次，在考慮偵測失敗率的同時，也應減少車輛壓佔在線圈上時間過久的發生機率，故應考慮車輛等候線長度，推估車道中最少被車輛長時間壓佔的位置。因此，在分析時依偵測器佈設時的長度特性，於各車道以每 10 公尺為一分隔區塊，計算偵測失敗機率與車輛等候出現機率，再將兩者相加得另一機率值，稱為偵測失敗指標，表現偵測誤差發生的可能性。各區塊分隔之偵測失敗指標分佈圖形，見圖 1.7 至 1.10 所示。

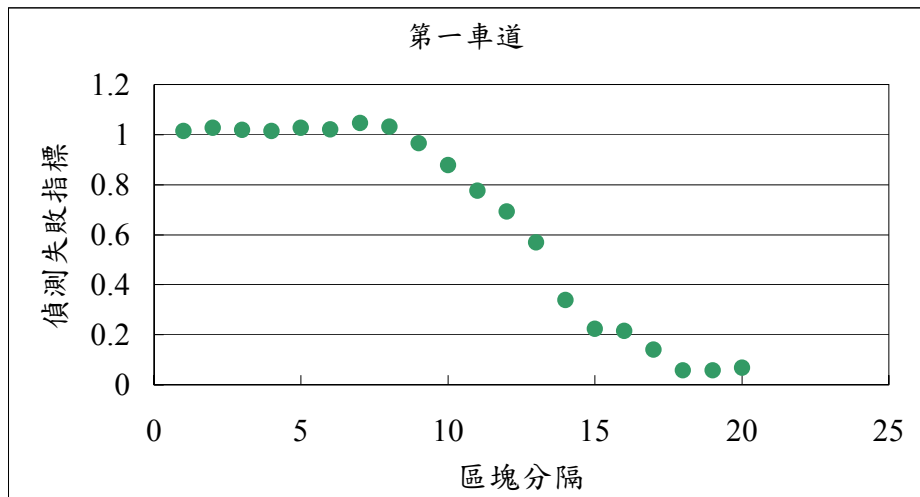


圖 1.7 第一車道之偵測失敗指標

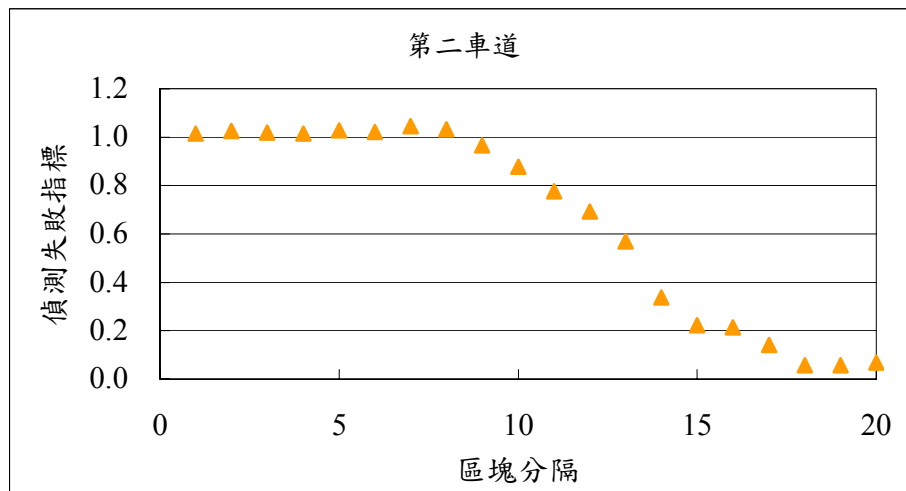


圖 1.8 第二車道之偵測失敗指標

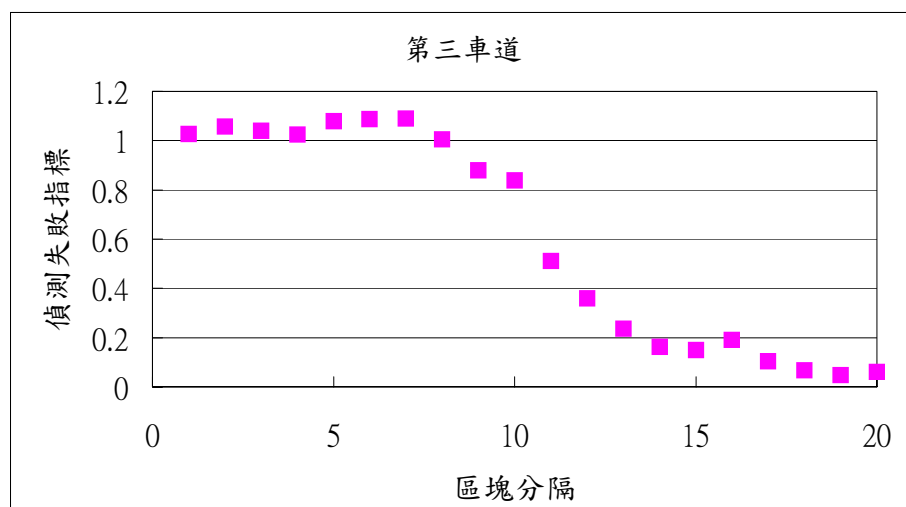


圖 1.9 第三車道之偵測失敗指標

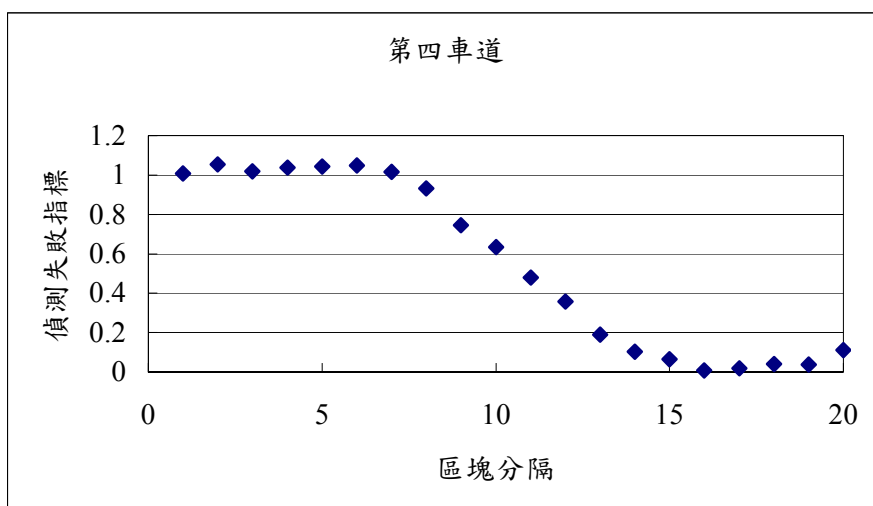


圖 1.10 第四車道之偵測失敗指標

從上列四個圖形中，可以看出第一車道的趨勢最為平緩，資料分佈情況為最小，第二車道次之，越外側車道的變動範圍越大，但第三車道又較第四車道有更多的變異性，理由如前所述，這是由於駕駛者在進入路段時會盡量靠往行進路線行駛，使得內側車道的車種組成較為一致，且不受到路側設施或機車的干擾，第三車道變異性較大的原因為第四車道設有公車等候站位，因此當公車靠站上下乘客時，跟隨在後的車輛會產生停等或變換車道的行為，故實際上第三車道的流動與轉換車輛較多。由此可以看出，在預測偵測器位置時，較內側車道的預測值將較為準確。

在了解 F 的分佈趨勢後，對調查資料進行迴歸分析，分析時將區間分隔視為 X，F 機率值作為 Y，由統計軟體 SPSS 逐步迴歸分析，找出最適迴歸方程式次數。下列各表即為各車道統計檢定的結果。

表 1.5 預測模式係數統計檢定表(第一車道)

模式	未標準化係數		t 值	$\alpha=0.05$ 臨界 t 值	f 值	$\alpha=0.05$ 臨界 f 值	調整後 R^2 值
	估計值	標準誤					
常數	0.866	0.061	14.301	2.093	224.643	3.239	0.972
X_1	1.256E-02	0.003	4.779				
X_2	-1.858E-04	0.000	-6.082				
X_3	5.071E-07	0.000	5.050				

表 2.5 為第一車道的係數統計檢定表。從表中可以看出，當 X 的指數達到三次方時， R^2 值達到 0.972，顯示模式具有不錯的解釋能力。此時各係數之 t 值皆大於 $\alpha=0.05$ (信賴區間為 95%)時之臨界 t 值，代表拒絕 H_0 假設，各變數之係數皆為顯著。

表 1.6 預測模式係數統計檢定表(第二車道)

模式	未標準化係數		t 值	$\alpha=0.05$ 臨界 t 值	f 值	$\alpha=0.05$ 臨界 f 值	調整後 R^2 值
	估計值	標準誤					
常數	0.866	0.061	14.299	2.093	224.534	3.239	0.971
X_1	1.256E-02	0.003	4.780				
X_2	-1.857E-04	0.000	-6.083				
X_3	5.073E-07	0.000	5.051				

表 1.6 為第二車道的係數統計檢定表。從表中可以看出，當 X 的指數達到三次方時， R^2 值達到 0.971，顯示模式具有不錯的解釋能力。此時各係數之 t 值皆大於 $\alpha=0.05$ (信賴區間為 95%)時之臨界 t 值，代表拒絕 H_0 假設，各自變數的係數皆為顯著。

表 1.7 預測模式係數統計檢定表(第三車道)

模式	未標準化係數		t 值	$\alpha=0.05$ 臨界 t 值	f 值	$\alpha=0.05$ 臨界 f 值	調整後 R^2 值
	估計值	標準誤					
常數	0.882	0.078	11.367	2.093	161.257	3.239	0.962
X_1	1.524E-02	0.003	4.524				
X_2	-2.582E-04	0.000	-6.596				
X_3	8.191E-07	0.000	6.363				

表 1.7 為第三車道的係數統計檢定表。從表中可以看出，當 X 的指數達到三次方時， R^2 值達到 0.718，雖然較前兩車道為小，但已在超過可接受的標準仍，具有不錯的解釋能力。此時各係數之 t 值皆大於 $\alpha=0.05$ (信賴區間為 95%)時之臨界 t 值，代表拒絕 H_0 假設，各自變數的係數皆為顯著。

表 1.8 預測模式係數統計檢定表(第四車道)

模式	未標準化係數		t 值	$\alpha=0.05$ 臨界 t 值	f 值	$\alpha=0.05$ 臨界 f 值	調整後 R^2 值
	估計值	標準誤					
常數	0.878	0.045	19.353	2.093	489.942	3.239	0.987
X_1	1.503E-02	0.002	7.631				
X_2	-2.738E-04	0.000	-11.961				
X_3	9.086E-07	0.000	12.072				

表 1.8 為第四車道的係數統計檢定表。從表中可以看出，當 X 的指數達到三次方時， R^2 值達到 0.849，顯示模式具有不錯的解釋能力。此時各係數之 t 值皆大於 $\alpha=0.05$ (信賴區間為 95%)時之臨界 t 值，代表拒絕 H_0 假設，各自變數的係數皆為顯著。

在得到各車道之迴歸式後將迴歸式微分，利用極值發生處切線斜率等於零的理論，找尋可能發生極值的區域，以評定於偵測器於路段中之最適佈設位置。故在數值分析時，選擇最接近於零的區位，數值分析結果見表 2.9。表 1.9 可看出在第一車道中，最小極值可能發生區位在距停止線 190-200 公尺之區塊；第二車道的最小值發生於距停止線 180-190 公尺處；第三車道發生於距停止線 170-180 公尺處；第四車道的發生於距停止線 170-180 公尺處。最後將建議佈設之線圈位置歸納如表 1.10。若依建議位置佈設，可由迴歸模式計算出此時第一車道的線圈偵測失敗率為 14.14%，第二車道的失敗率為 12.70%，第三車道的失敗率為 15.85%，第四車道的失敗率為 16.76%，可見越內側車道於線圈偵測時的準確率越高。

表 1.9 數值分析結果

車道 區塊分隔 (距離停止線)	第一車道	第二車道	第三車道	第四車道
200-190 公尺	0.000315	0.00379	0.007981	0.017324
190-180 公尺	-0.00205	0.001078	0.003807	0.011897
180-170 公尺	-0.00412	-0.00133	0.000125	0.007015
170-160 公尺	-0.00588	-0.00413	-0.00307	0.002678
160-150 公尺	-0.00734	-0.0059	-0.00577	-0.00111
150-140 公尺	-0.00849	-0.00736	-0.00797	-0.00436
140-130 公尺	-0.00934	-0.00852	-0.00969	-0.00706
130-120 公尺	-0.00988	-0.00938	-0.01091	-0.00922
120-110 公尺	-0.01012	-0.00993	-0.01165	-0.01083
110-100 公尺	-0.01005	-0.01019	-0.01189	-0.0119
100-90 公尺	-0.00969	-0.01014	-0.01164	-0.01242
90-80 公尺	-0.00901	-0.00978	-0.0109	-0.01239
80-70 公尺	-0.00803	-0.00913	-0.00967	-0.01182
70-60 公尺	-0.00675	-0.00817	-0.00794	-0.01071
60-50 公尺	-0.00517	-0.00691	-0.00573	-0.00905
50-40 公尺	-0.00328	-0.00535	-0.00302	-0.00684
40-30 公尺	-0.00108	-0.00348	0.000176	-0.00409
30-20 公尺	0.001418	-0.00132	0.003866	-0.0008
20-10 公尺	0.004221	0.001153	0.008047	0.003044
10-0 公尺	0.007328	0.003925	0.012719	0.007429

表 1.10 建議佈設位置

車道別	建議佈設位置(與停止線距離)	失敗率
第 1 車道	190-200 公尺處	14.14%
第 2 車道	180-190 公尺處	12.70%

第 3 車道	170-180 公尺處	15.85%
第 4 車道	160-170 公尺處	16.76%

第 2 章 交通資訊擷取系統

2.1 交通資訊擷取系統架構

本研究交通資訊擷取系統的基本架構主要分為現場的資訊擷取系統與資訊中心的營運兩個部分，對前者而言並可再分為車載電腦、GPS 定位模組、無線通訊模組為主的車載單元，以及環狀偵測器為主的路側單元，經過車載電腦簡單的邏輯演算之後，透過 GSM 或是 GPRS 的無線通訊模組將相關定位暨行車資訊回傳資訊中心；資訊中心則透過模式庫的演算進行旅行時間之預測，以及動態旅次 OD、交通流參數之推估。其實體架構圖系如圖 2.1 所示：

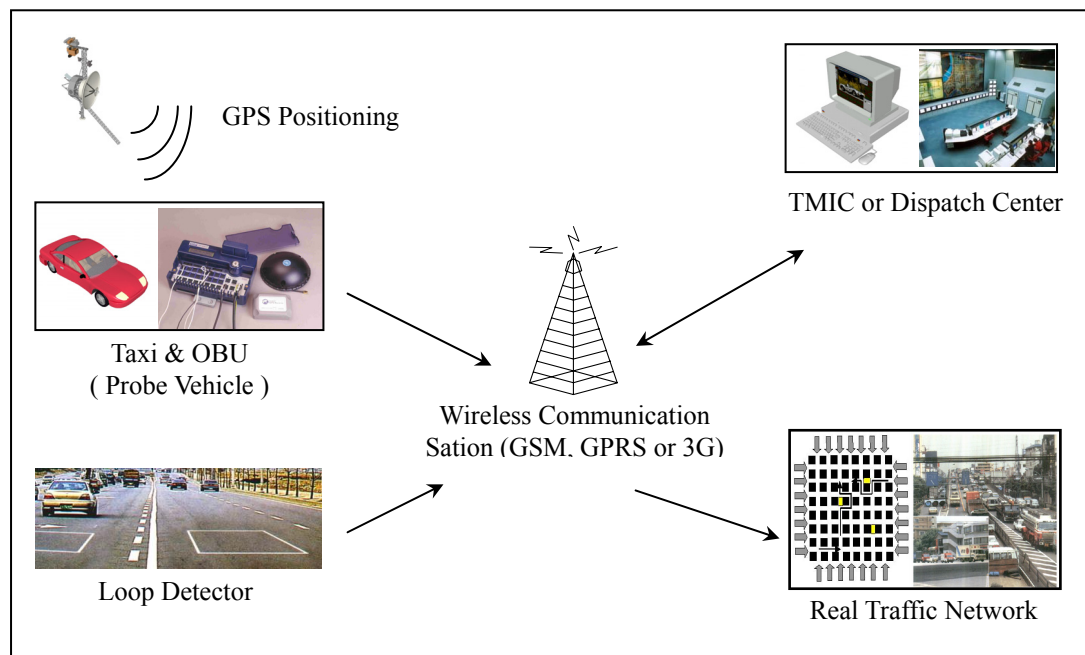


圖 2.1 系統實體架構圖

而考量現行台北市之路網系統，本研究主要將針對棋盤型 (Grid Network) 之路網形式進行模擬、測試，並以部份虛擬路網環境驗證模式之準確度與可用性。

考量系統長期營運以及穩定之資料量蒐集，本系統規劃以大眾運輸系統作

為主要之探測車輛來源，然而，以現行台北市之路網系統下，多數主要幹道皆規劃了公車專用道之佈設，兼以各站上下乘客之停等延滯、車速限制，其實際之駕駛行為與一般市區車輛相去甚鉅。因此，本系統亦將以計程車為探測車車隊之主要組成。

本研究所規劃之實體架構之中，係擬以環狀線圈偵測器對於路口車流進行主動觀測，所蒐集的資料主要有各路段交通流量，並用於路口轉向流量推估。系統中將擬透過靜態之路口車流轉向資料調查，取得路口各車道車流左右轉及直行之車流比例。運作時則以路段各車道車流量乘上此一比例以求得各路口之轉向車流量。

資料庫系統主要分為動態演算資料表和資料倉庫兩部分。動態演算資料表之內容係隨著每一時階系統所接收之即時車流資訊更新，並只保留最近一次遞迴演算所需之資料，依本研究構建之模組功能又分為「路段旅行時間預測」和「動態旅次 OD 推估」的相關所屬資料表，其欄位內容分別如圖 2.2、圖 2.3 所示

圖 2.2 資料表命名為 TraveltimePredict，第一欄 ID 為資料表中每一筆資料的索引序號；NodeA 和 NodeB 分別為路段上下游路口節點之編號，透過這樣的資料欄位表示，演算中欲取得之於路段上游節點的相鄰路段資料，以表中 AJKH-AJKM 路段為例，只需對於 NodeB 欄位搜尋欄位內容為 AJKH 的資料即可（圖中路口節點編號暫以自行定義者代替）；Time n 欄位則是記錄了各路段從前 N 個時階至當前時階所偵測探測車於各路段之平均旅行時間。

Microsoft Access - [TravelTimePredict - 資料表]

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 記錄(R) 工具(T) 視窗(W) 說明(H)

ID	NodeA	NodeB	Time 1	Time 2	Time 3	Time 4	Time 5	Time 6	Time 7
1	5	6	44.95067977905	41.14285659790	40.22346496582	43.11377334595	38.91891860962	50.34965133667	41.860466003
2	6	5	15.28662395477	52.94117736816	66.05504608154	92.30769348145	45.85987091064	38.50267410278	54.545455932
3	6	7	93.50649261475	29.87551879883	35.64356613159	33.96226501465	39.13043594360	37.5	45.569622039
4	7	6	15.28662395477	50.34965133667	36	34.44976043701	44.72049713135	40.67796707153	28.685258865
5	7	8	16	25.35211181641	28.34645652771	35.64356613159	33.96226501465	37.89473724365	39.130435943
6	8	7	16.78321647644	52.94117736816	50.34965133667	31.16883087158	52.55474472046	24.91349411011	
7	8	9	16	32.14285659790	37.11340332031	36.92307662964	27.58620643616	29.75206565857	34.782608032
8	9	8	62.06896591187	45.56962203979	36.92307662964	38.50267410278	41.61849594116	45.85987091064	51.063831329
9	9	10	63.71681594849	43.90243911743	35.12195205688	37.30569839478	23.22580718994	31.71806144714	22.222221374
10	10	9	15.28662395477	30	49.65517425537	37.11340332031	36.73469543457	45	26.865671157
11	10	11	17.69041824341	40.90909194946	43.63636398315	40.67796707153	54.13533782959	51.79856109619	41.379310607
12	11	10	16.98113250732	65.45454406738	54.13533782959	33.80281829834	20.99125289917	25.35211181641	34.951457977
13	11	12	15	50.34965133667	28.4584980011	23.15112495422	25.80645179749	21.95121955872	25.622776031
14	12	11	14.90683269501	56.69291305542	44.44444274902	37.5	63.15789413452	56.25	48.322147369
15	12	13	15	32.2869493408	38.09523773193	30.37974739075	43.90243911743	35.12195205688	37.113403320
16	13	12	15.78947353363	46.75324630737	45	46.15384674072	60	34.78260803223	
17	13	14	15	26.18181800842	37.11340332031	38.70967864990	34.61538314819	37.30569839478	35.121952056
18	14	13	24	62.60869598389	58.53658676147	64.28571319580	68.57142639160	55.81395339966	45.859870910
19	15	16	77.41935729980	63.71681594849	59.50413131714	57.59999847412	48.32214736938	61.53845977783	61.016948699
20	16	15	15	39.77900695801	60	55.81395339966	38.29787063599	42.60354995728	61.538459777
21	16	17	31.39328384399	51.95824050903	56.88385009766	53.18326950073	53.30472564697	52.86227035522	50.859550476
22	17	16	34.42990875244	51.95824050903	56.88385009766	53.18326950073	53.30472564697	52.86227035522	50.859550476
23	17	18	72.72727203369	31.85840797424	30.63829803467	27.37642669678	29.14979743958	41.37931060791	40.909091949
24	18	17	16.98113250732	37.30569839478	45.85987091064	65.45454406738	49.65517425537	45.85987091064	35.643566131
25	18	19	16	44.72049713135	42.60354995728	35.64356613159	40.90909194946	37.11340332031	39.130435943
26	19	18	16	35.12195205688	30	30.25209999084	36	29.14979743958	23.376623153
27	19	20	16	51.95824050903	56.88385009766	53.18326950073	53.30472564697	52.86227035522	50.859550476
28	20	19	32.01095581055	51.95824050903	56.88385009766	53.18326950073	53.30472564697	52.86227035522	50.859550476
29	20	21	14.00778198242	29.50819587708	18.75	20.74927902222	25.80645179749	34.61538314819	40.677967071
30	21	20	15.78947353363	77.79922866821	34.44976043701	32.14285659790	25.99278068542	22.22222137451	22.360248565

記錄: 52 之 360

資料工作表檢視

圖 2.2 路段旅行時間預測表欄位內容

Microsoft Access - [ODCount - 資料表]

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 記錄(R) 工具(T) 視窗(W) 說明(H)

ID	Section	Time 1	Time 2	Time 3	Time 4	Time 5	Time 6	Time 7	Time 8	Time 9	Time 10	Time 11
1	AB	139.5	158	158	143.5	145.5	157.5	137	158.5	156	154.5	162.5
2	BA	97.5	116.5	112.5	101.5	101	110	112.5	128	107.5	122	103
3	BC	151	129	124	117.5	125	114	106	111.5	113	108	116
4	CB	250	220.5	220.5	244	205.5	219.5	246.5	204.5	212.5	207	197.5
5	DE	105.5	86.5	116	148.5	141	140.5	153	149.5	134.5	111.5	114
6	ED	154.5	135	150.5	131	132	116	153	163	161	163.5	165
7	EF	81	98.5	127	109	111	119.5	153.5	149.5	102.5	88	114.5
8	FE	122	145.5	146	166.5	183	163.5	206.5	170.5	159.5	186.5	134
9	GH	179	166.5	128	168	134.5	131	162	150	159.5	158	145.5
10	HG	158	143.5	167	181.5	180	182	190.5	181	172.5	184.5	170
11	HI	118	108.5	106	137.5	116	111.5	126.5	146	125.5	144	123.5
12	IH	127	152	145.5	146.5	138.5	133	194	139	162	158.5	167.5
13	AD	142.5	164.5	155	135.5	167	136	132.5	154	154.5	137	139.5
14	DA	107	191.5	135.5	145	156.5	146.5	127.5	148	159.5	176.5	157
15	DG	124.5	135	120	85.5	95	98	111	126	117.5	114	97
16	GD	174.5	228	221.5	212	208.5	201.5	198	187	210.5	188	180.5
17	BE	96.5	129.5	125.5	133	120.5	134.5	131	142.5	144	149.5	168
18	EB	154	176.5	156	170	154.5	174.5	197	143	160	136.5	140.5
19	EH	109	130	108	138	138.5	137	97	91.5	109	107.5	121
20	HE	134.5	152	146.5	124	130	155	171.5	156	168	130.5	149
21	CF	139	183	120.5	143.5	144.5	171.5	136.5	167.5	156.5	126.5	129.5
22	FC	149	154	147.5	151	129	155	147.5	135	130.5	135	99.5
23	FI	79.5	90	97	102.5	98.5	118	104	104.5	117.5	107.5	118
24	IF	172	218	202	188	183.5	209.5	205.5	179	229.5	200.5	160.5

記錄: 25 之 25

資料工作表檢視

Microsoft Access - [ODPathCou...]

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 記錄(R) 工具(T) 視窗(W) 說明(H)

ID	Route	Time25
1	AB	30.129
2	ABC	38.202
3	AD	23.712
4	ABE	6.2241
5	ADE	10.597
6	ABCF	10.744
7	ADEF	16.415
8	ABEF	11.99
9	ADG	42.094
10	ABEH	2.5087
11	ADGH	5.9873
12	ADHE	7.9534
13	ABCFI	6.0237
14	ADGHI	11.457
15	ABEHI	8.1003
16	ADEFI	12.796
17	BA	24.651
18	BC	12.938
19	BAD	3.389
20	BED	8.8231
21	BE	8.1229
22	BCF	6.8834
23	BEF	10.107
24	BADG	1.9445
25	BEDG	7.3223
26	BEHG	8.055
27	BEH	3.0738

記錄: 41 之 41

資料工作表檢視

圖 2.3 旅次 OD 推估分區流量表欄位內容

(左圖為路段流量；右圖則為路徑流量)

圖 2.3 左圖資料表命名為 ODCount，其中，ID 為資料表中每一筆資料的索引序號；Section 紀錄路網下為路網下每一對交通分區車流標號；Time n 則是儲存對應時間下之交通分區車流，可透過環狀偵測器求得，圖 2.3 右圖則為預測時段之路徑車流量，如圖中所示第 6 筆資料即為由交通分區編號 A 至 F 的 OD 對中的路徑 A-B-C-F 旅次在該預測時段之車流量。各車輛所與偵測器所回傳之即時交通流資料透過中心程式之匯整即以上述之格式匯入資料表，以進行後續功能模組之遞迴演算。

相較於動態演算資料表中心接收資料覆蓋過舊有資料，資料倉庫中則是累積歷史資料之存入，俟一定的資料量累積之後，逕行較長期之分析。資料庫系統與模式演算之關係如圖 2.4 所示。

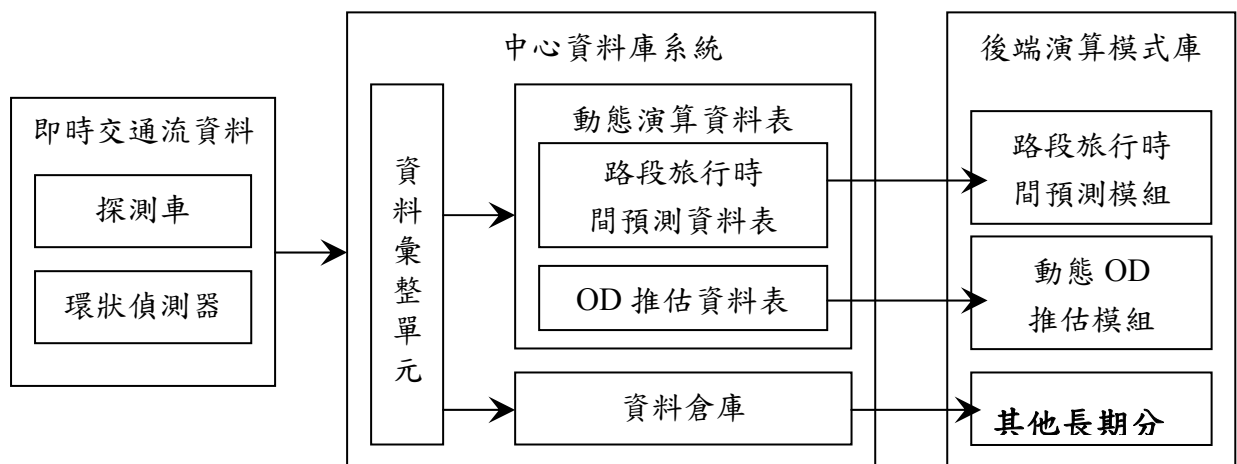


圖 2.4 資料庫系統與模式演算架構圖

2.2 交通資料分析與處理

由於資料收集的來源多元，資料形式與內容不一，造成在系統開發時將先面對的是處理各種差異性資料的問題，而在以往的研究中大多將此步驟忽略或是草率處理，若沒辦法將資料處理妥當，日後在系統開發或應用時將產生開發上的問題，例如功能開發時無法彈性新增修改，或是無法取出所要的資料，若是無法自動化的處理資料，當面對龐大的資料量湧入時，靠人工處理將花上大筆時間與人力，且較難維持系統營運的穩定性。

尤其是現今透過網際網路公開化的資料日益增多，如機器端傳回的資料經由轉換過後成大量的格式化資料，或是各種資料庫軟體的格式，故如何妥善且自動化地處理大量資料，篩選出系統所需要的資料，將是本研究探討的重點。

首先將定義 VD 資料與 GPS 資料之資料結構，並探討其資料特性與內容，以作為資料處理的準備，接續探討正規化的步驟與定義，制定出資料處理的方法與程序，並建立在相同時間間隔的基準點上，進行即時資料融合程序，建立兩者資料的關聯性，形成關聯式資料庫。

2.2.1 資料來源與資料結構

在處理資料之前必須先瞭解資料的結構，包括資料的特性、內容、記載項目、頻率與資料中出現特殊代號的意義等，而在制定 ER Model 時已經將資料的實體與屬性記載清楚，在這裡要釐清的將是資料本身賦予的意義與內涵，對於系統應用上的關連性與限制等，所以在此將討論 VD 資料與 GPS 資料的資料結構，作為資料處理與資料融合程序的準備。

和以往研究所不同的是，本研究所取得的 VD 資料是屬於格式化後的 XML 資料，並非直接由車輛偵測器之機器端傳回的資料，故在本研究中並不探討電腦化交通號誌控制系統通訊協定中的資料格式，而是探討純粹的 XML 格式。而計

程車 GPS 資料是屬於資料庫的格式，並非單純的（National Marine Electronics Association, NMEA）格式，如 NMEA-0180、0182、0183，而是關聯式資料庫（Relational Database, RDB）。故在本研究中，VD 資料是採 XML 格式，GPS 資料採關聯式資料庫之格式來進行研究的探討。

2.2.1.1 台北市交通控制中心 VD 資料結構

本研究中所探討的車輛偵測器資料，是由台北市交通控制中心所提供，透過網際網路的方式放置在「台北市交通控制中心之資料交換中心」網站上開放給使用者使用，並沒有連線權限上的限制，在資料格式上是屬於 XML 格式，在網頁上同時一次提供台北市交通控制中心所裝設之所有車輛偵測器的即時交通資料，若是與以往車輛偵測器直接接收的資料格式來看有相當大的不同，XML 提供的是一個標準化、精簡化的資料格式，伺服器同一時間更新網頁上所有車輛偵測器的資料，所以從 XML 所擷取的資料之時間點視為相同。

在資料內容上，為車輛偵測器傳回之應有的資料，其中包括資料來源、時間、路段編號、路段名稱、平均車速、平均佔有率、旅行時間與車流總量。

在資料範圍上，車輛偵測器散佈在台北市當中，故地理區域範圍在台北市區的範圍以內。

在資料更新時間上，「台北市交通控制中心之資料交換中心」網站約五分鐘更新一次網頁，所以資料更新頻率是五分鐘更新一次。

在資料數量上，台北市交通控制中心總共有提供 119 個車輛偵測器之 VD 資料，假設每五分鐘會更新一次，每一天一個車輛偵測器會有 288 筆資料，一天全部 119 個車輛偵測器共有 34272 筆資料。

台北市交通控制中心之資料交換中心之網頁所提供之資料如圖 2.5 所示。

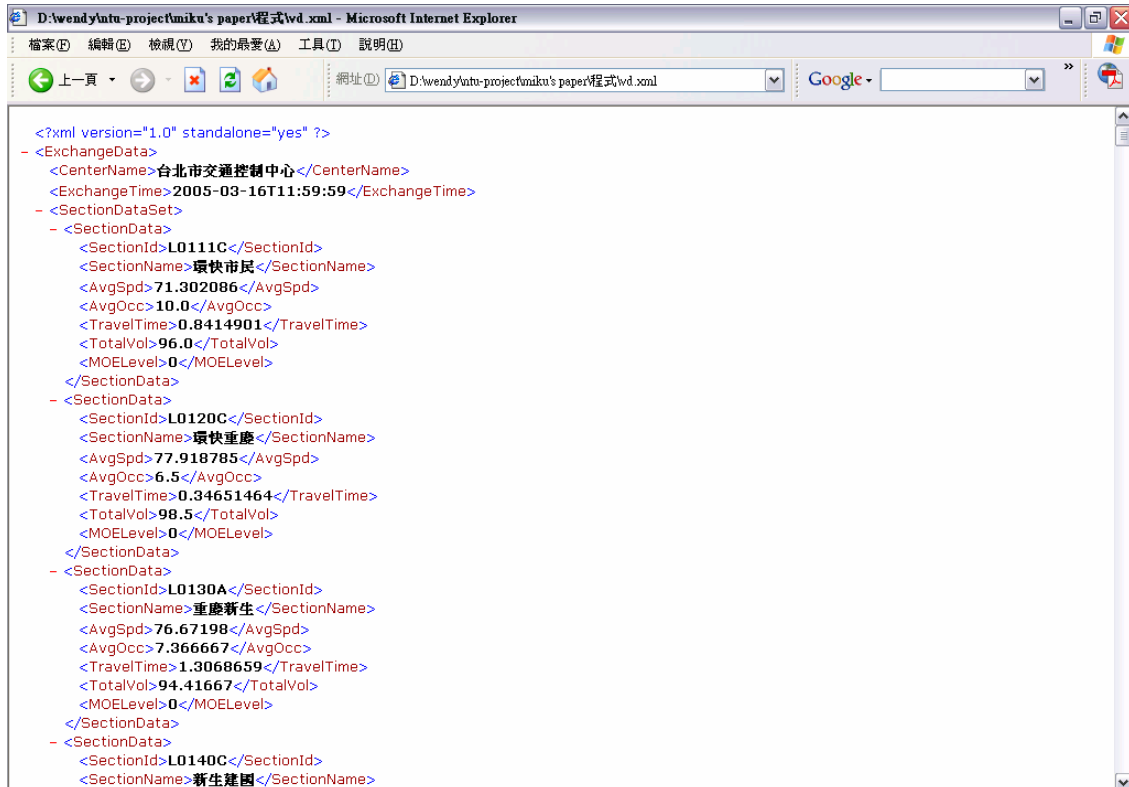


圖 2.5 台北市交通控制中心資料交換中心之 VD_XML 資料

2.2.1.2 計程車 GPS 資料結構

本研究中所探討之計程車 GPS 資料，係由衛星派遣計程車中心所提供之非公開資料，屬於有權限的資料，無法公開自由取得，透過資料庫與資料庫的連結來取得資料，故資料格式是資料庫的形式，衛星派遣中心所使用的資料庫為 Oracle Database，它與實際由 GPS 所傳回的資料有些許不同，一般 GPS 傳回的是字串格式，每次只有一筆資料，而本研究所取得的是衛星派遣計程車中心的車隊所有 GPS 資料，所以在資料格式上與資料數量上明顯與一般 GPS 有所不同。

在資料內容上，包括車輛編號、事件編號、時間、X 座標、Y 座標、任務編號。車輛編號為計程車的編號，而時間為資料存取的時間，X 座標為東經座標，Y 座標為北緯座標，而任務編號是當此計程車的客人為計程車中心所派遣的任務時，將會產生一個編號，作為派遣時所用。

在事件編號的部份，此欄位所要記載的是車輛事件的狀態，其中的事件狀態

包括有開錶、閉錶、執行中心任務、啟動引擎、熄火、跨格等六種事件狀態，將事件狀態的說明由表 2.1 所示。

表 2.1 車輛事件訊息表

事件 識別碼	事件 狀態	說明	營 業用辨 識
3230	跨格	跨越一平方公里正 格時記錄	○
3233	開錶	司機開錶時記錄	○
3234	閉錶	司機閉錶時記錄	○
3235	啟動 引擎	汽車啟動引擎時記錄	
3236	熄火	汽車熄火時記錄	
360	執行 中心任務	此任務為中心任務時 記錄	

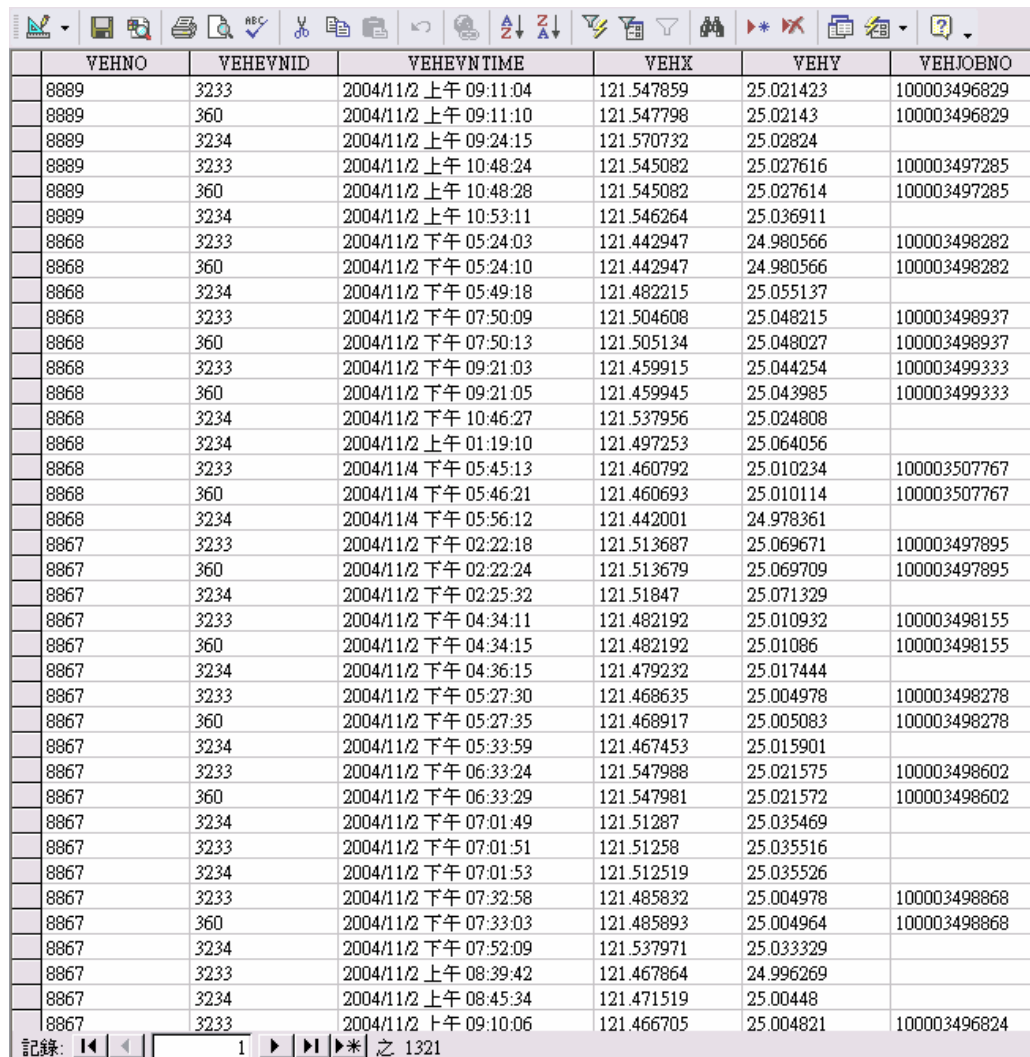
而其中對研究最重要的事件訊息就是開錶、閉錶與跨格，因為計程車司機在沒有載客的時候，將遇到一些狀況，例如會觀看路旁是否有乘客要搭車，常常會走走停停，或是接到載客的訊息將迅速前往載客處，往往速率較快，所以計程車司機在沒有營業的時候，其資料是較不穩定，比較不屬於正常的行車速率，所以研究中不採取非營業中的資料，只採用計程車營業中的資料作為我們研究的範圍。透過開錶與閉錶的記錄，兩者間的資料就是計程車營業時的資料，而跨格資料是可作為行駛軌跡的座標資料，將跨格的座標連接起來，就可視為計程車的行駛軌跡，而關於選取營業時資料的方法與程序，將在資料處理程序中做詳細的敘述。

在資料範圍上，其計程車運行的區域大約為台北縣市都會區內，故地理區域範圍在台北縣市都會區內。

在資料時間上，資料並沒有固定的更新時間，唯有當事件發生時，才會將資料傳回，所以並沒有固定的更新頻率。

在資料數量上，目前衛星派遣計程車車隊共有約 1300 台的計程車，由於沒有固定的資料更新頻率，所以沒有固定的資料量，但是經由本研究統計一天約有 150000 筆資料。

衛星派遣計程車之 GPS 資料之資料庫原始資料，如圖 2.6 所示。



VEHNO	VEHEYNID	VEHEVNTIME	VEHX	VEHY	VEHJOBNO
8889	3233	2004/11/2 上午 09:11:04	121.547859	25.021423	100003496829
8889	360	2004/11/2 上午 09:11:10	121.547798	25.02143	100003496829
8889	3234	2004/11/2 上午 09:24:15	121.570732	25.02824	
8889	3233	2004/11/2 上午 10:48:24	121.545082	25.027616	100003497285
8889	360	2004/11/2 上午 10:48:28	121.545082	25.027614	100003497285
8889	3234	2004/11/2 上午 10:53:11	121.546264	25.036911	
8868	3233	2004/11/2 下午 05:24:03	121.442947	24.980566	100003498282
8868	360	2004/11/2 下午 05:24:10	121.442947	24.980566	100003498282
8868	3234	2004/11/2 下午 05:49:18	121.482215	25.055137	
8868	3233	2004/11/2 下午 07:50:09	121.504608	25.048215	100003498937
8868	360	2004/11/2 下午 07:50:13	121.505134	25.048027	100003498937
8868	3233	2004/11/2 下午 09:21:03	121.459915	25.044254	100003499333
8868	360	2004/11/2 下午 09:21:05	121.459945	25.043985	100003499333
8868	3234	2004/11/2 下午 10:46:27	121.537956	25.024808	
8868	3234	2004/11/2 上午 01:19:10	121.497253	25.064056	
8868	3233	2004/11/4 下午 05:45:13	121.460792	25.010234	100003507767
8868	360	2004/11/4 下午 05:46:21	121.460693	25.010114	100003507767
8868	3234	2004/11/4 下午 05:56:12	121.442001	24.978361	
8867	3233	2004/11/2 下午 02:22:18	121.513687	25.069671	100003497895
8867	360	2004/11/2 下午 02:22:24	121.513679	25.069709	100003497895
8867	3234	2004/11/2 下午 02:25:32	121.51847	25.071329	
8867	3233	2004/11/2 下午 04:34:11	121.482192	25.010932	100003498155
8867	360	2004/11/2 下午 04:34:15	121.482192	25.01086	100003498155
8867	3234	2004/11/2 下午 04:36:15	121.479232	25.017444	
8867	3233	2004/11/2 下午 05:27:30	121.468635	25.004978	100003498278
8867	360	2004/11/2 下午 05:27:35	121.468917	25.005083	100003498278
8867	3234	2004/11/2 下午 05:33:59	121.467453	25.015901	
8867	3233	2004/11/2 下午 06:33:24	121.547988	25.021575	100003498602
8867	360	2004/11/2 下午 06:33:29	121.547981	25.021572	100003498602
8867	3234	2004/11/2 下午 07:01:49	121.51287	25.035469	
8867	3233	2004/11/2 下午 07:01:51	121.51258	25.035516	
8867	3234	2004/11/2 下午 07:01:53	121.512519	25.035526	
8867	3233	2004/11/2 下午 07:32:58	121.485832	25.004978	100003498868
8867	360	2004/11/2 下午 07:33:03	121.485893	25.004964	100003498868
8867	3234	2004/11/2 下午 07:52:09	121.537971	25.033329	
8867	3233	2004/11/2 上午 08:39:42	121.467864	24.996269	
8867	3234	2004/11/2 上午 08:45:34	121.471519	25.00448	
8867	3233	2004/11/2 上午 09:10:06	121.466705	25.004821	100003496824

記錄: 1 之 1321

圖 2.6 計程車 GPS 資料之資料庫畫面

2.2.2 資料處理程序 (Data Process)

由於研究的資料量龐大，VD 資料一天有 34272 筆資料，計程車 GPS 資料一天有 150000 筆資料，故資料處理程序要透過系統來協助自動化且穩定地進行。為了要篩選出需要的資料，必須透過資料處理程序，包括資料擷取、資料轉換、資料清理、資料載入等這些步驟，將遠端的資料透過擷取後，經由轉換與清理的規則程序處理後，載入資料庫當中，成為可用的資料。故此節中將針對資料結構，進行正規化的步驟，配合研究的需求，制定資料處理程序的步驟與規則，篩選出研究所要的資料。

2.2.2.1 資料正規化 (Normalization)

資料庫的目的就是儲存資料，而且前提是要能夠自由取出資料，本研究認為這是資料庫最重要的一個特性，同時目前資訊科技變動萬千，資料來源與格式豐富多元，又經常發生系統需求不斷地改變的情況。所以在架構系統之前，在上一節已經介紹過的資料結構，基於系統穩定、開發富有彈性的考量下，資料要盡量的安定，便可以設計出自由度高的系統，而要達到這種理想的方法，就是透過資料結構的正規化，使用正規化後的資料結構來儲存資料，資料取出的自由度就會提高，也比較能彈性的增加系統功能。

正規化的目的，重點就是要將資料的重複性降到最低，也就是減少資料重複的意思，而本研究的資料結構透過正規化的步驟讓資料的重複性降到最低，讓系統的穩定性提高，系統開發保有彈性。根據正規化的定義 (E. F. Codd, 1970)，在本研究中的 VD 資料與 GPS 資料，兩者分別都進行到「第三正規化」的步驟，也就是包含了第一正規化、第二正規化與第三正規化的條件，其條件如表 2.2 所示，透過正規化將實體的意義具體化，系統開發更明瞭。

表 2.2 正規化的條件列表

正規化	條件
第一正規化	欄位中沒有重複項目
第二正規化	滿足第一正規化條件，並且所有的非識別鍵從屬於識別鍵
第三正規化	滿足第二正規化條件，並且所有的非識別鍵互為獨立存在

2.2.2.2 資料處理程序

本研究的資料結構透過 ER Model 的制定以及資料正規化處理後，將針對資料來源進行資料處理程序，將資料過濾成可用的資料，而資料處理的程序按照順序為資料擷取(Data Extraction)、資料轉換(Data Transformation)、資料清理(Data Cleaning)、資料載入 (Data Load)，而資料處理程序流程如圖 2.7 所示。

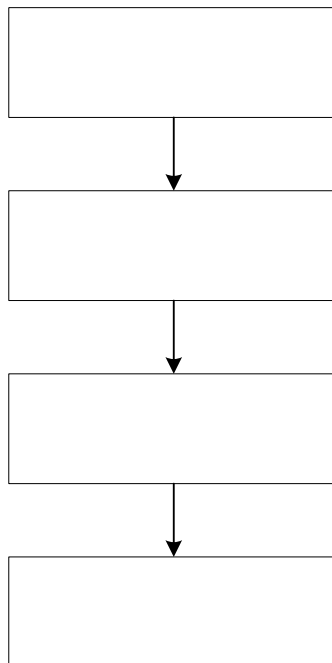


圖 2.7 資料處理程序流程圖

1. 資料擷取

資料擷取的步驟，首先確定資料更新的頻率與資料內容，透過網際網路的方式連線遠端的伺服器或資料庫，將即時資料擷取。

2. 資料轉換

此時系統將判斷是否為新的資料，若是新的資料，則存取資料，若非新的資料，則不存取資料。將資料丟入制定好的 ER Model 當中，並建立好資料庫的 DB Schema，則可以將 VD 之 XML 資料轉換為 Microsoft SQL Server 的資料，而計程車 GPS 之 Oracle 資料轉換為 Microsoft SQL Server 的資料，產生新的資料庫。

3. 資料清理

依照制定好的 DB Schema，將資料不吻合者刪除，留下吻合的資料。

就 VD 資料而言，依照 DB Schema 將內容與長度不吻合者、不該空白的欄位空白者全部都予以刪除。

就計程車資料而言，依照 DB Schema 將內容與長度不吻合、不該空白的刪除外，其次是檢查時間欄位 VEHEVNTIME 中資料是否完整，完整的資料必須為「西元年/月/日 上(下)午 時/分/秒」，更重要的是挑選出營業中的行駛資料。

而營業中的資料挑選條件，第一種是從事件編號欄位 VEHEVNID 中選擇有資料開頭有開錶訊息（事件編號為 3233）與資料結尾有閉錶訊息（事件編號為 3234），而兩者間的訊息就是營業中的資料，如圖 2.8 所示。

VEHNO	VEHEVNID	VEHEVNTIME	VEHX	VEHY	VEHJOBNO
3167	3230	2004/11/10 上午 08:44:51	121.461097	25.037094	
3167	3230	2004/11/10 上午 08:46:04	121.465858	25.027143	
3167	3230	2004/11/10 上午 08:47:33	121.472198	25.017147	
3167	3230	2004/11/10 上午 08:49:31	121.48339	25.007167	
3167	3230	2004/11/10 上午 08:50:21	121.48516	24.997089	
3167	3230	2004/11/10 上午 08:51:12	121.494674	24.993921	
3167	3230	2004/11/10 上午 08:51:58	121.504692	24.993488	
3167	3230	2004/11/10 上午 08:52:43	121.514709	24.99229	
3167	3230	2004/11/10 上午 08:58:45	121.534622	24.977195	
3167	3234	2004/11/10 上午 08:59:11	121.535491	24.976202	
3167	3233	2004/11/10 上午 09:18:19	121.54206	24.980054	100003533187
3167	3230	2004/11/10 上午 09:19:17	121.539855	24.987253	100003533187
3167	3230	2004/11/10 上午 09:20:44	121.540878	24.997211	100003533187
3167	3230	2004/11/10 上午 09:24:21	121.538658	25.007263	100003533187
3167	3230	2004/11/10 上午 09:26:46	121.531822	25.017211	100003533187
3167	3230	2004/11/10 上午 09:27:42	121.524497	25.024261	100003533187
3167	3230	2004/11/10 上午 09:31:20	121.524719	25.037229	100003533187
3167	3234	2004/11/10 上午 09:35:56	121.524635	25.045925	
3167	3234	2004/11/10 上午 09:38:06	121.523887	25.045892	
3167	3235	2004/11/10 上午 09:38:07	121.523887	25.045892	
3167	3234	2004/11/10 上午 09:38:08	121.523887	25.045892	
3167	3233	2004/11/10 上午 09:38:13	121.523887	25.045892	
3167	3236	2004/11/10 上午 09:38:15	121.523887	25.045892	
3167	3234	2004/11/10 上午 09:38:16	121.523887	25.045892	

圖 2.8 計程車營業中資料-開錶與閉錶

第二種是從備註欄位 VEHJOBNO 中選擇非空白欄位的資料，由於備註欄是紀錄由衛星派遣中心所派遣任務的任務編碼，所以當此備註欄有文字時，代表此資料為計程車正在執行派遣的任務，故屬於營業中的資料，如圖 2.9 所示。

VEHNO	VEHEVNID	VEHEVNTIME	VEHX	VEHY	VEHJOBNO
3168	3230	2004/11/3 下午 08:27:36	121.593246	25.057136	100003503796
3168	3233	2004/11/3 下午 08:32:49	121.599159	25.056602	100003503796
3168	3230	2004/11/3 下午 08:36:21	121.584564	25.052377	100003503796
3168	3230	2004/11/3 下午 08:41:10	121.574562	25.049972	100003503796
3168	3230	2004/11/3 下午 08:45:03	121.561386	25.035362	100003503796
3168	3230	2004/11/3 下午 08:48:14	121.554573	25.032478	100003503796
3168	3233	2004/11/3 下午 09:16:05	121.550697	25.037584	100003503963
3168	3230	2004/11/3 下午 09:17:19	121.544425	25.037815	100003503963
3168	3230	2004/11/3 下午 09:20:38	121.534538	25.038417	100003503963
3168	3230	2004/11/3 下午 09:25:49	121.524482	25.044433	100003503963

圖 2.9 計程車營業中資料-備註欄有文字

依照上述說明將 VD 資料與 GPS 資料作資料清理程序，清除不符合規定的資料，留下所需要的資料，而資料清理程序之流程圖如圖 2.10 所示。

4. 資料載入

依照資料轉換、資料清理的步驟後，將處理完成的資料載入資料庫當中。

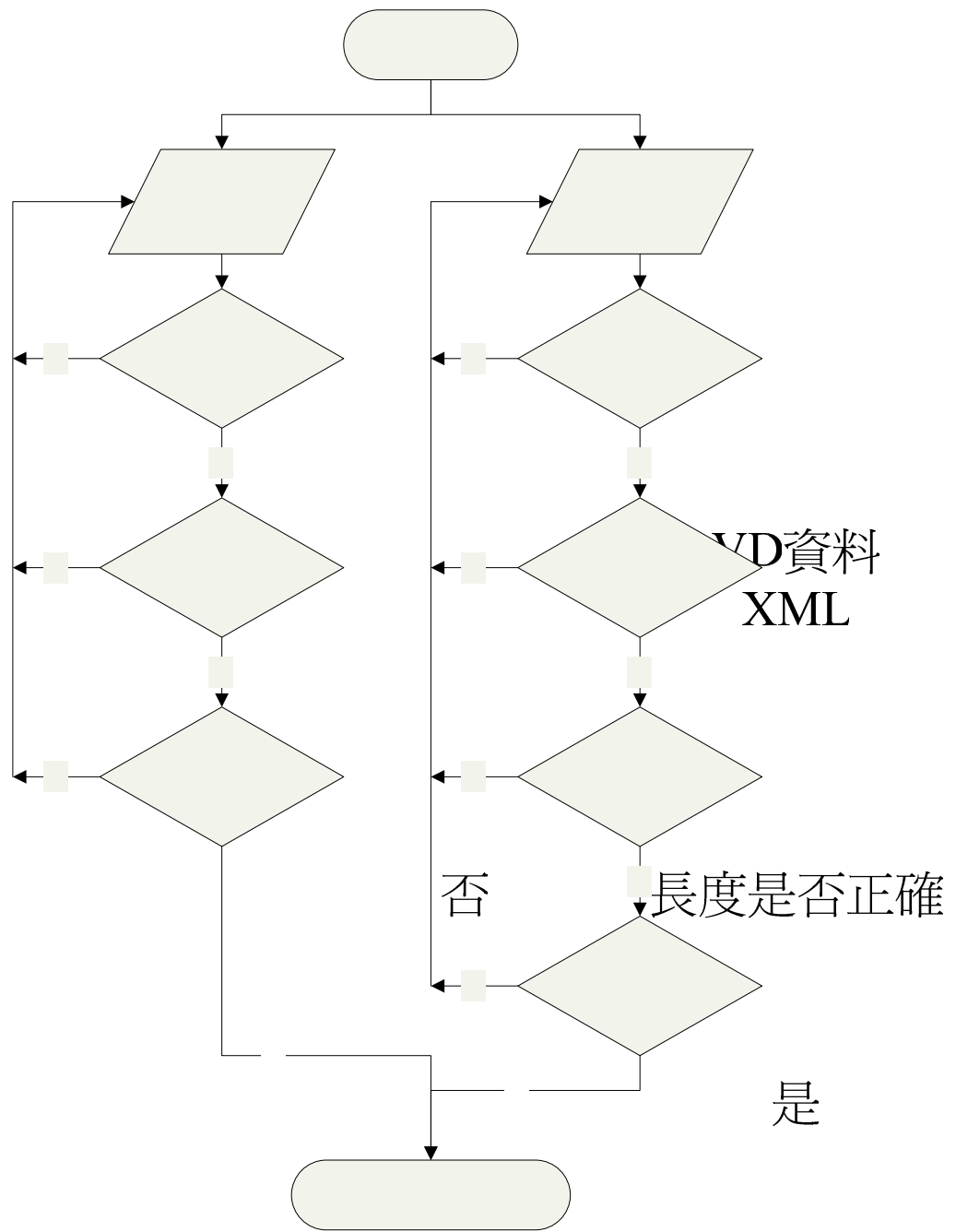


圖 2.10 資料清理流程圖

NULL是否正確

是

否

內容是否正確

2.3 即時資料融合程序

本研究的目的，試圖要讓 VD 資料與 GPS 資料在經過資料融合後，建立在相同時間間隔的基準點上，建立兩者資料的關聯性，形成關聯式資料庫，提供路段速率資料，以供未來在研究上使用。在本節內容中，第一部分將探討 VD 資料與 GPS 資料經過資料處理後的資料內容與特性，將資料內容與特性上的差異作一比較，第二部份將針對 GPS 資料進行路段速率運算的程序，來取得兩者間的一制性，最後將探討即時資料融合的架構與程序，建立路段速率的關聯式資料庫。

2.3.1 即時資料彙整與比較

根據 VD 所收集的即時資料其內容包括時間、路段名稱、車流總量、平均車速、平均佔有率，而台北市交通控制中心再透過運算模式，將該路段的總長度除以平均車速來得到旅行時間，所以在台北市交通控制中心所提供的 XML 資料除了包含車輛偵測器蒐集到的基本資料外，還有運算後的旅行時間。

衛星派遣計程車中心所提供的計程車 GPS 資料，其內容包括時間、X 座標、Y 座標，以及作為辨識用的車輛編號、事件編號、備註。為了讓兩者資料作資料融合，將兩者即時資料的特性作一彙整與比較，如表 2.3 所示。

在即時資料擷取的頻率上，雖然兩者資料的更新頻率不同，但從中心伺服器去擷取資料的時間點來看，將設定同樣為五分鐘去擷取一次資料，讓兩者資料在同一個時間點上去做資料上的更新。

在時間上，由於兩者伺服器主機端的時間有些微差異，又較難做到將兩者伺服器主機時間校正，故在本研究中將兩者伺服器主機的時間視為同步，以協助研究上的進行。

表 2.3 即時資料彙整比較表

種類	VD 資料	GPS 資料
來源	台北市交通控制中心	衛星派遣計程車中心
連線方式	Internet 連結網頁	DB to DB
格式	XML	Oracle Database
更新頻率	每五分鐘一次	無固定時間 事件發生時才更新
中心伺服器 擷取頻率	每五分鐘一次	每五分鐘一次
內容	時間 路段名稱 車流總量 平均車速 平均佔有率 旅行時間	時間 X 座標 Y 座標 車輛編號 事件編號 任務編號

2.3.2 路段速率運算程序

本研究之即時資料融合程序將處理兩種不同型態之 VD 與 GPS 資料，目的是建立共同基礎的即時資料之資料庫，而最重要的基礎就是路段速率。從 VD 資料中可以直接取得該路段的平均車速，而計程車 GPS 資料無法直接取得路段速率的資料，必須透過路段速率資料運算程序，才能計算出路段速率，而本研究將使用 PaPaPaGo! 電子地圖軟體與 PaPaGo! SDK 元件來協助進行與開發程式，將運用 GPS 資料來運算出路段速率。

1. 軟體與開發工具

為了進行 GPS 資料的路段速率運算，將透過 GIS 軟體工具來協助進行，目前市面上的 GIS 軟體眾多，例如 Mapinfo、Arcview、PaPaPaGo! 等軟體，本研

究選擇 PaPaPaGo!作為本研究使用之 GIS 軟體。

選用 PaPaPaGo!的因素，首先 PaPaPaGo!是由台灣研勤科技股份有限公司設計，全部屬中文介面，使用上較為其他外文軟體方便許多；其次是 PaPaPaGo!軟體其中包含全台灣電子地圖與汽車導航之內部元件，不需花額外的費用去購買電子地圖，以及耗費其他的時間來匯入與校正電子地圖；此外 PaPaPaGo!SDK 元件（Component），是以 PaPaPaGo!電子地圖為核心，可透過使用此開發元件以及 COM 架構的程式語言，來建構 GIS 相關的應用程式與軟體。

所以在此將使用 PaPaPaGo!V5、PaPaPaGo!V7 之 GIS 軟體，以及 PaPaPaGo!SDK 之 GIS 軟體元件（Component），來協助研究進行路段速率運算之程序，其他詳細功能說明在文獻回顧中已有介紹。

2. 路段速率運算程序

第一步驟將運用資料處理完成後的 GPS 資料載入，第二步驟為進行資料排序（Data Sorting），排序的規則第一是車號，將同一車號的資料排在一起，第二是中心任務編號，將同一任務的資料排在一起，第三是時間，依照時間順序先後排序。在此資料排序的意義，是要將所有的資料，依照車號排序以便找出同一輛車的資訊，在這輛車其中的一個任務，依照時間排序好，則完成資料排序。

第三步驟是資料選擇（Data Select），此時將進行判斷，首先是判斷是否為同一車號的資料，接著是判斷是否為同一任務的資料，依照這些判斷方式將資料選擇出來。

第四步驟是執行 PaPaPaGo!SDK。

第五步驟是 PaPaPaGo!SDK 將輸出路徑運算的資料，其中包括行駛總距離、行駛路段名稱、行駛路段距離。

第六步驟是運算路段之速率。透過輸出的資料，利用速率公式，也就是距離

除以時間等於速率，就可以求得路段速率。

第七步驟是將求得的路段速率存進資料庫當中。

路段速率運算程序如圖 2.11 所示。

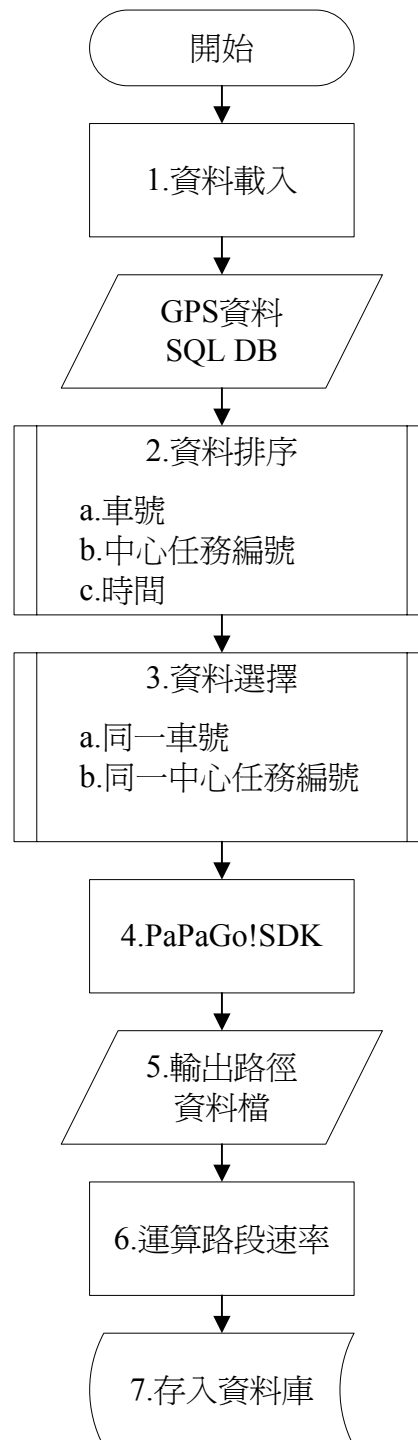


圖 2.11 路段速率運算程序流程圖

2.3.3 即時資料融合程序

本研究試圖把 VD 與 GPS 資料，建立在相同時間間隔的基準點上，進行即時資料融合程序，找出資料間的關係，形成關聯式資料庫，提供路段速率資料。

在 2.3.1 節中已經將兩種資料作一特性的分析與比較，針對交通資訊資料庫而言，可以發現到 VD 資料與 GPS 資料的相同點在於取得路段速率的資料，故在 2.3.2 節中，將計程車 GPS 資料透過路段速率運算程序，可以獲得路段速率的資料。

目前 VD 資料的路段平均車速與 GPS 資料的路段速率資料已經接近達到同一個標準，接下來將要做的第一個步驟是，取得兩者資料的相同時間間隔。根據表 3-3 即時資料彙整表中，可以發現 VD 資料的中心擷取頻率是每五分鐘一次，也就是說 VD 資料的時間間隔為五分鐘，每五分鐘就有一筆資料會送到資料庫當中，同樣的 GPS 資料也是中心伺服器每五分鐘會擷取一次資料，同理 GPS 資料的時間間隔也是五分鐘，而且中心伺服器同步擷取兩者資料，所以我們將兩者資料之時間間隔都設為五分鐘。

第二個步驟是，取得兩者的相同路段資料。根據 VD 資料而言，在台北市交通控制中心之資料交換中心 XML 網頁上所提供的車輛偵測器數量，總共有 119 個車輛偵測器，而計程車因為跑遍大街小巷，沒有固定的行經路線，所以在此為了取得相同的基準點，本研究以 VD 佈設的路段資料為基準，而 GPS 資料也以同樣的路段資料為基準，其餘行經的路線再做補充，故我們以 VD 的路段資料為基準點，將兩者的路段資料都設為相同。

第三個步驟是將兩者資料建立關聯性，將兩者之不同的資料表，形成關聯式資料庫，提供路段速率資料。

透過即時資料融合程序，建立兩者資料的相同基準點，我們取得相同時間間

隔為五分鐘，而兩者路段資料都以 VD 的路段資料為統一標準，即可將兩者的路段速率資料在相同的基準點上，建立兩者資料的關聯性，形成關聯式資料庫，提供路段速率資料，而即時資料融合程序流程圖如圖 2.12 所示。

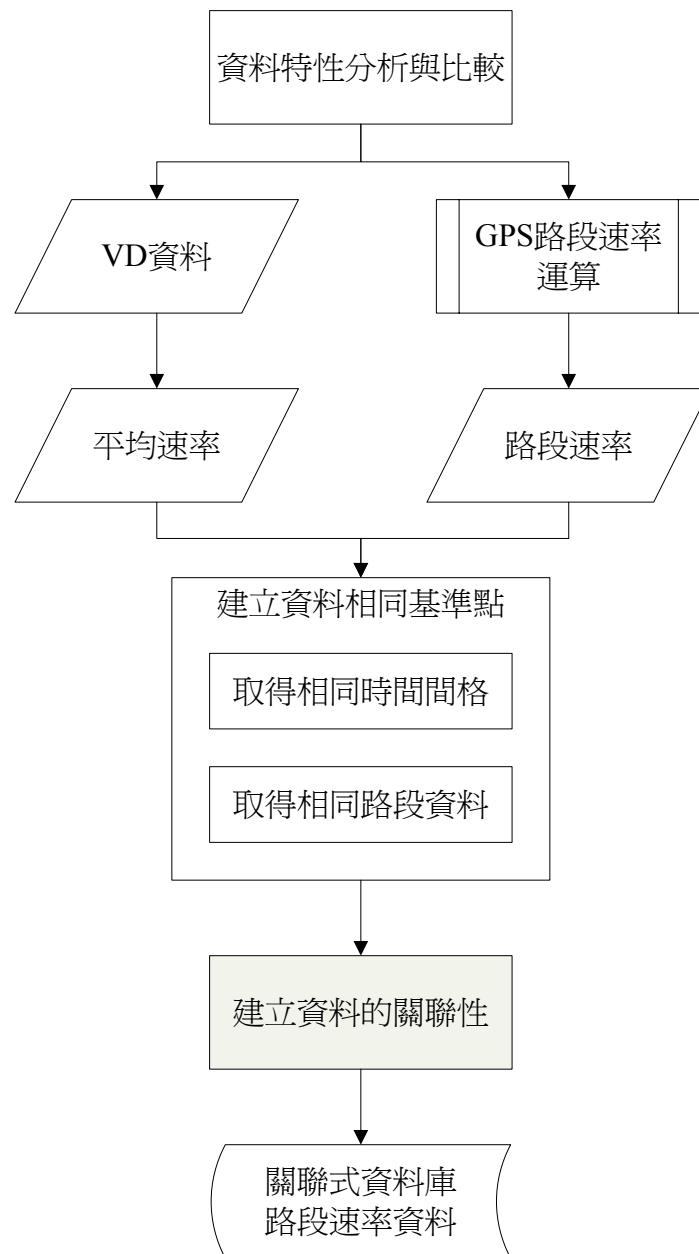


圖 2.12 即時資料融合程序流程圖

2.4 交通資料庫擷取系統實作

2.4.1 系統架構

本系統架構圖如圖 2.13 所示，從系統架構圖可以了解本系統是利用系統外部之資料來源，作為系統開發的基礎，透過管理中心伺服器來運作整個系統，並且連結系統內部所開發的系統模組以及系統資料庫。

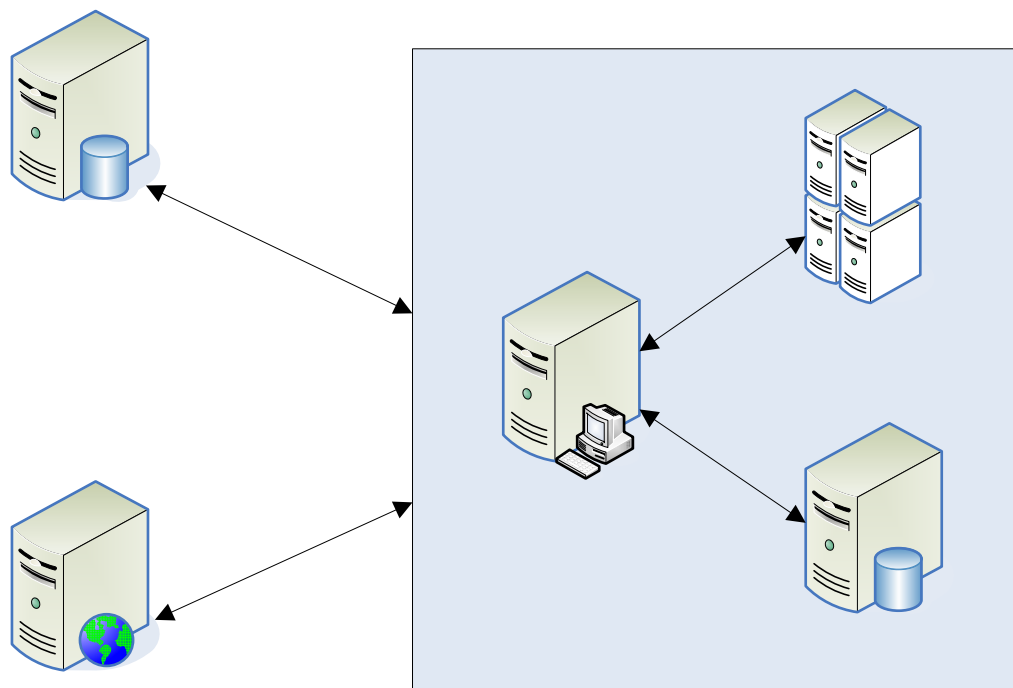


圖 2.13 系統架構圖

本系統模組架構包括資料處理模組、路段速率運算模組、即時資料融合模組，開發為 Windows 服務應用程式。圖 2.14 為系統模組架構圖，透過區塊來表示程序包含的資料、模組、資料庫，分別以圖文說明每個程序的內涵與實作成果。

衛星派遣計程車中心 GPS Oracle DB

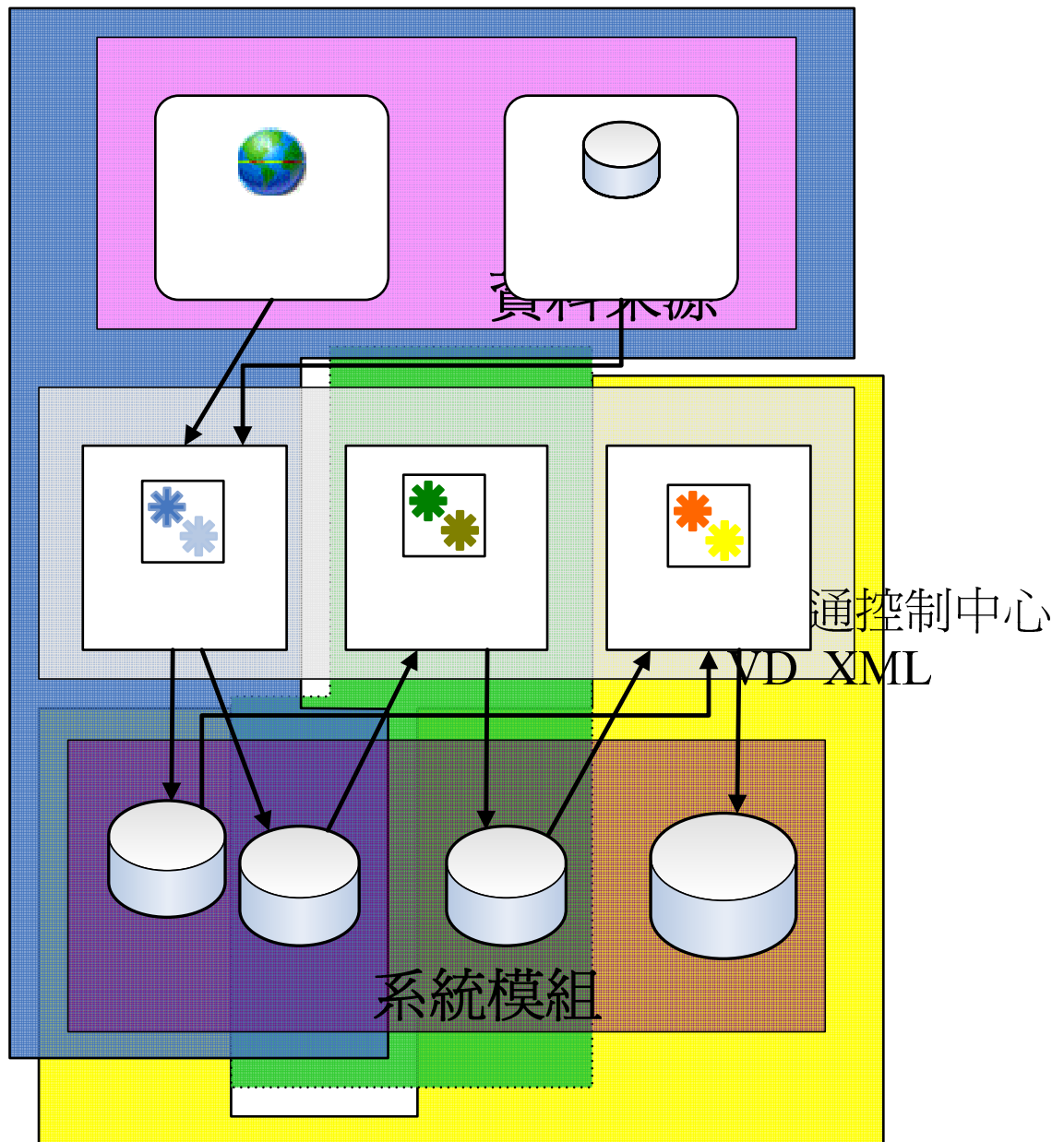


圖 2.14 系統模組架構圖

2.4.2 資料處理模組

資料處理模組將實作為 Windows 服務應用程式，系統畫面如圖 2.15 所示，當 Windows Server 系統啟動完成後，將自動化開始進行資料處理的程序。

首先將自動開始擷取遠端的資料，進行資料轉換與資料清理，接著會判斷資料是否為新的資料，若是新資料，就繼續判斷是否為同一天的資料，若是同一天的資料，就將資料寫入當天日期的資料表當中(daily.mdf)。在其中若判斷為非

資料庫

新的資料時，會在系統紀錄檔中（log.txt）寫下重複的紀錄；若判斷不是同一天的資料時，就將資料寫另一天日期的資料表當中（yyyymmdd.mdf），如此一來每天的資料將會更改檔名為當天日期的資料表，畫面如圖 2.16 所示；假如系統出現異常的狀況如系統中斷、登出、重開機等異常狀況時，會將此異常狀況寫在紀錄檔中（log.txt）畫面如圖 2.17 所示，而系統一旦又重新啟動完成時，資料處理程序又將自動開始運作。而資料處理模組實作的流程圖如圖 2.18 所示。

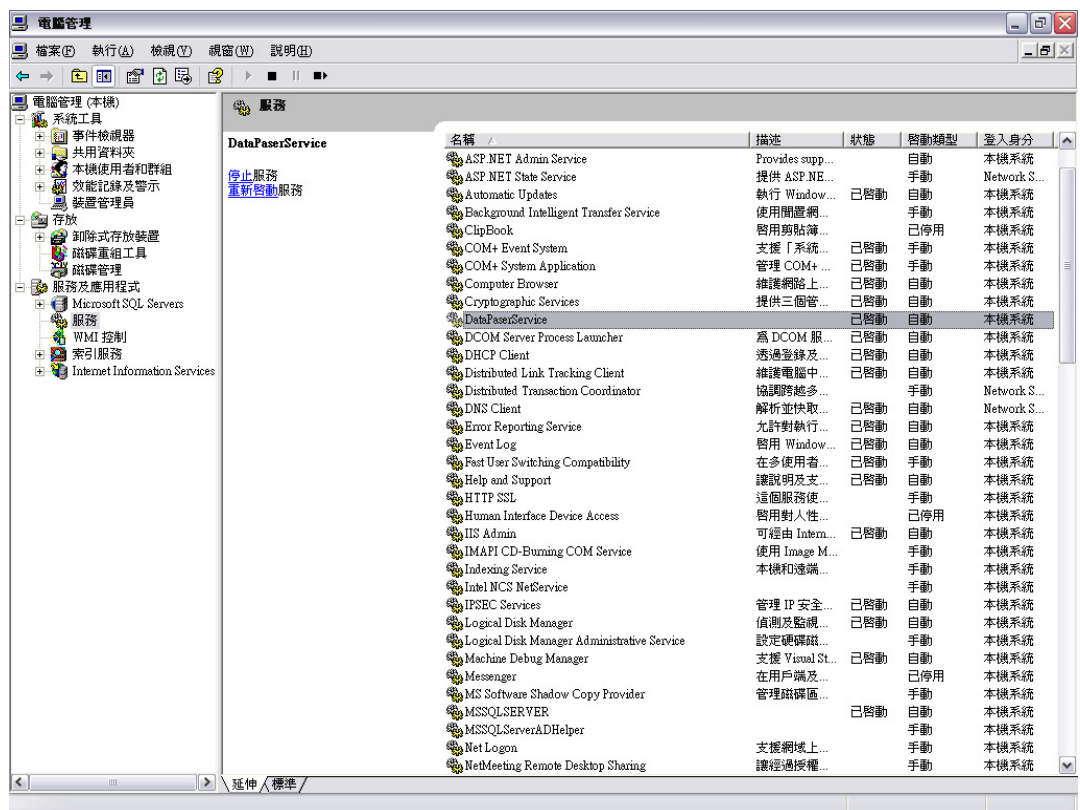


圖 2.15 資料處理模組之 Windows 服務應用程式系統畫面

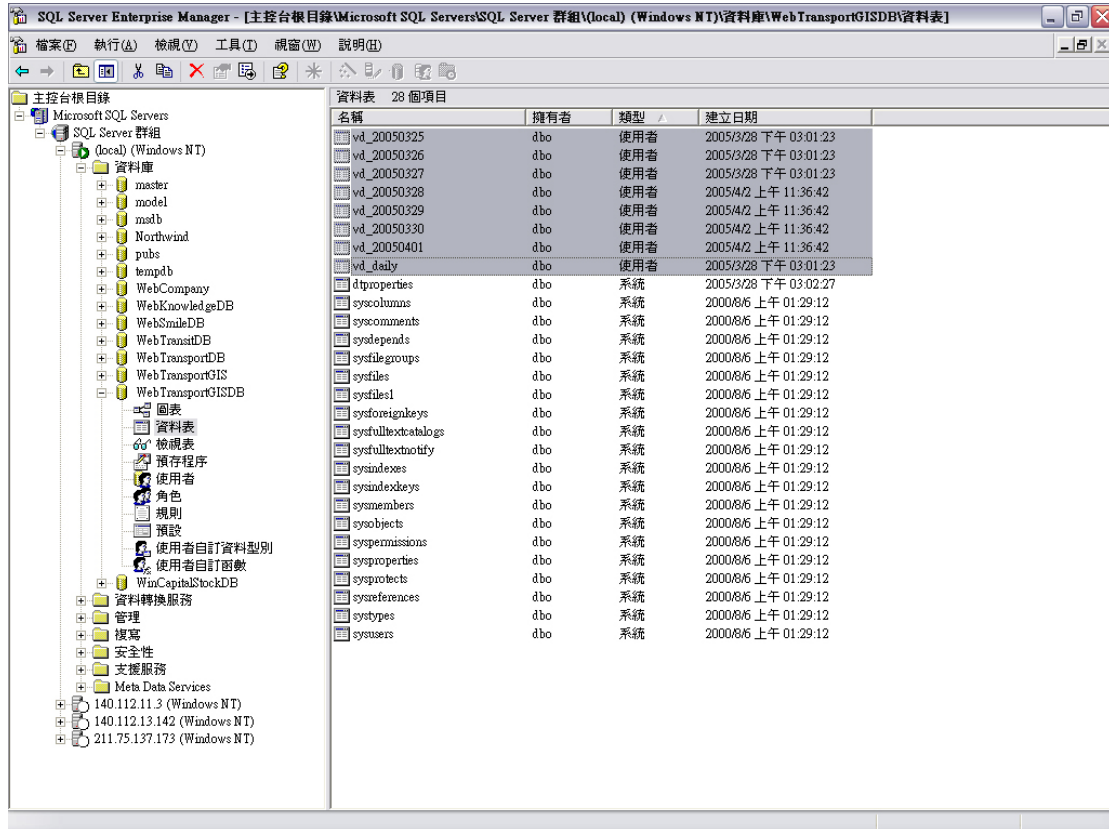


圖 2.16 資料處理模組之資料庫畫面

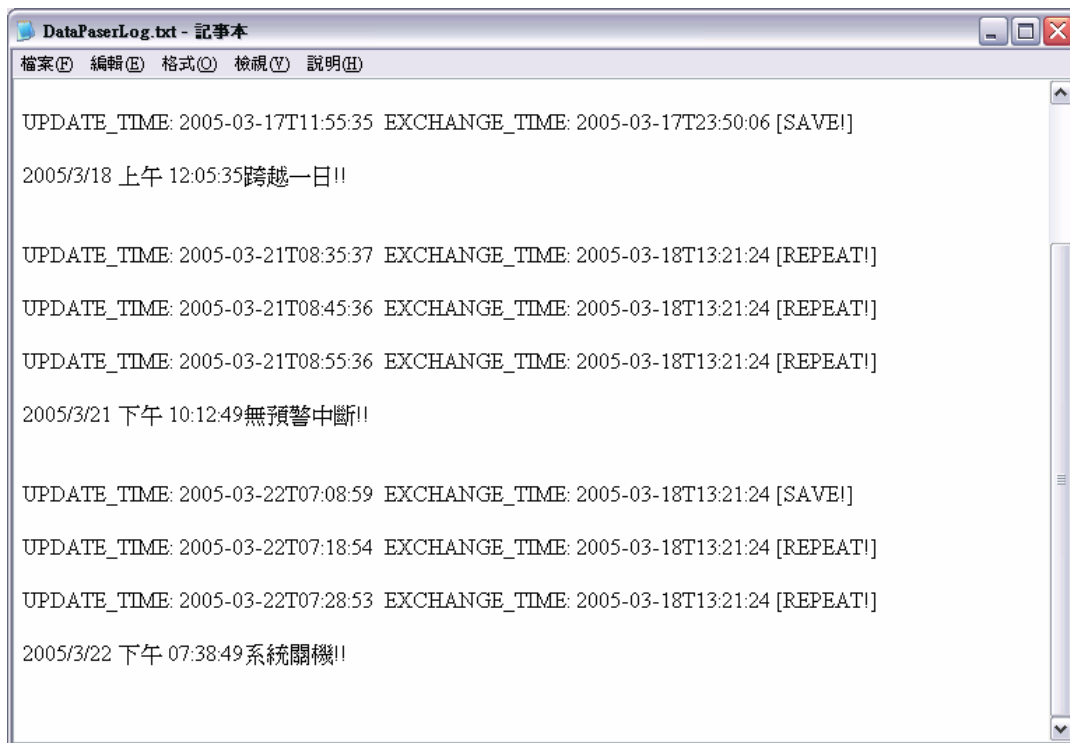


圖 2.17 系統狀況紀錄檔 log.txt 畫面

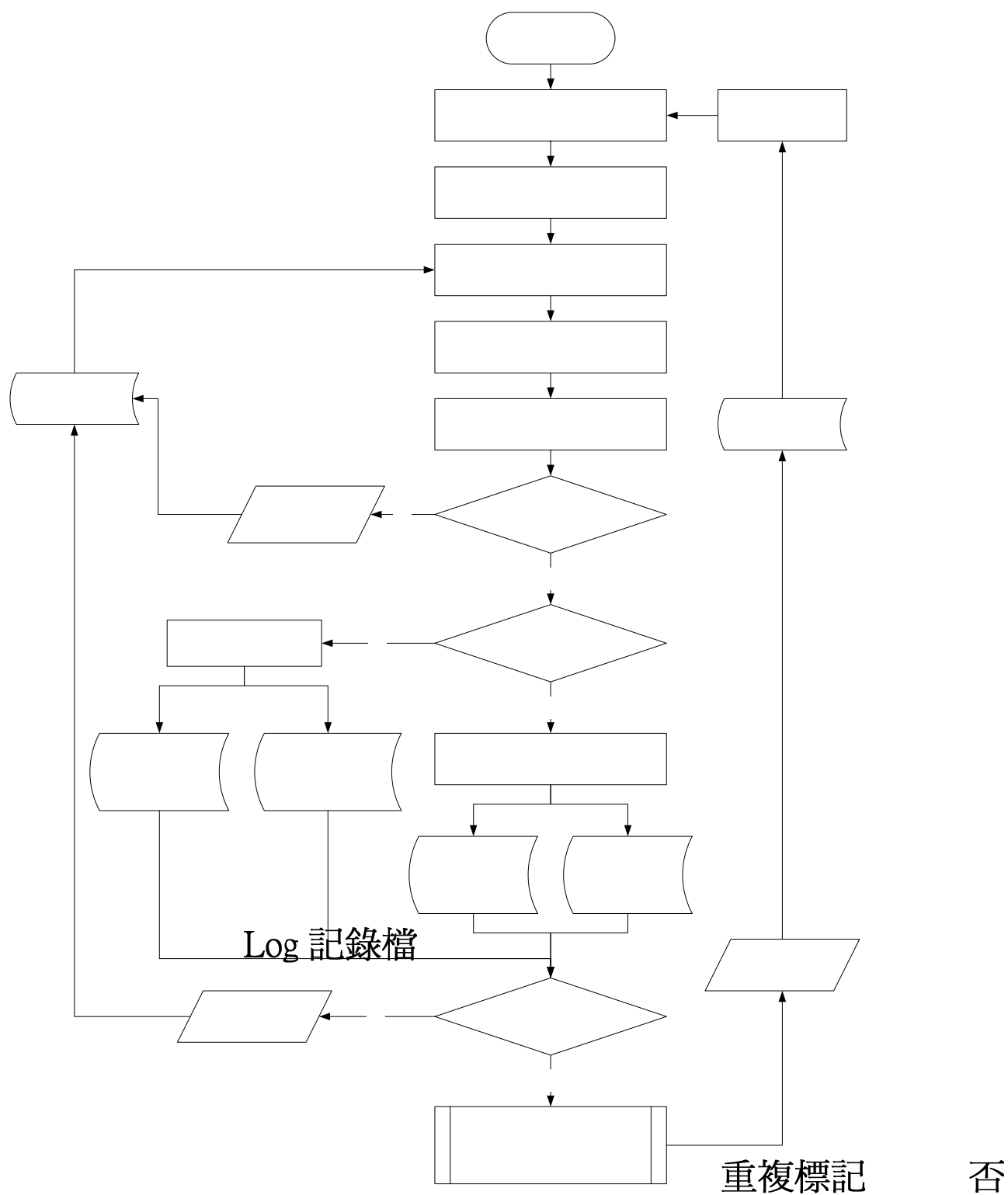


圖 2.18 資料處理模組實作流程圖

更改資料表名稱 否

2.4.3 路段速率運算模組

路段速率運算模組主要就是為了處理 GPS 的資料，將只有時間、X 座標、Y 座標等車輛的基本資料，運算出路段的速率。模組首先要先確認系統日期以及時間，其次將設定時間間隔參數，從資料表（GPS_daily.mdf）中撈出時間範圍內的資料，對此資料表作檢索。在這個過程中，會從同一車輛之同一次任務的資料中執行檢索，將連續的兩點起迄資料挑選出來，包括起點與迄點的時間、X 座標、Y 座標資料，計算出起迄兩點間的旅行時間。但是還沒辦法得知兩點之間車輛行經那個路段，以及行經路段的距離，所以本模組將 PaPaGo!SDK 元件加入當中，運用 PaPaGo!SDK 的路徑規劃元件，並且在路徑規劃參數設定為「最佳路徑：將依每條道路的屬性與參考車速，選擇一條最佳的路徑」，PaPaGo!SDK 的路徑規劃元件可以推導運算出兩點間所行徑的路段名稱以及路段長度，其結果如圖 2.19 所示。本模組經由程式上的開發，可一次運算龐大的資料，透過輸出的資料路段長度與路段旅行時間，利用速率公式，也就是距離除以時間等於速率，就可以求得路段速率。



圖 2.19 路徑規劃結果畫面

接著系統將判斷是否為同一天的資料，若是同一天的資料，就將資料存取在當天日期的資料表當中 (ROADGPS_daily.mdf)，若判斷不是同一天的資料時，就將資料寫另一天日期的資料表當中 (ROADGPS_yyyymmdd.mdf)，於是將路段資料的資料表完成，而路段速率運算模組實作的流程圖如圖 2.20 所示。

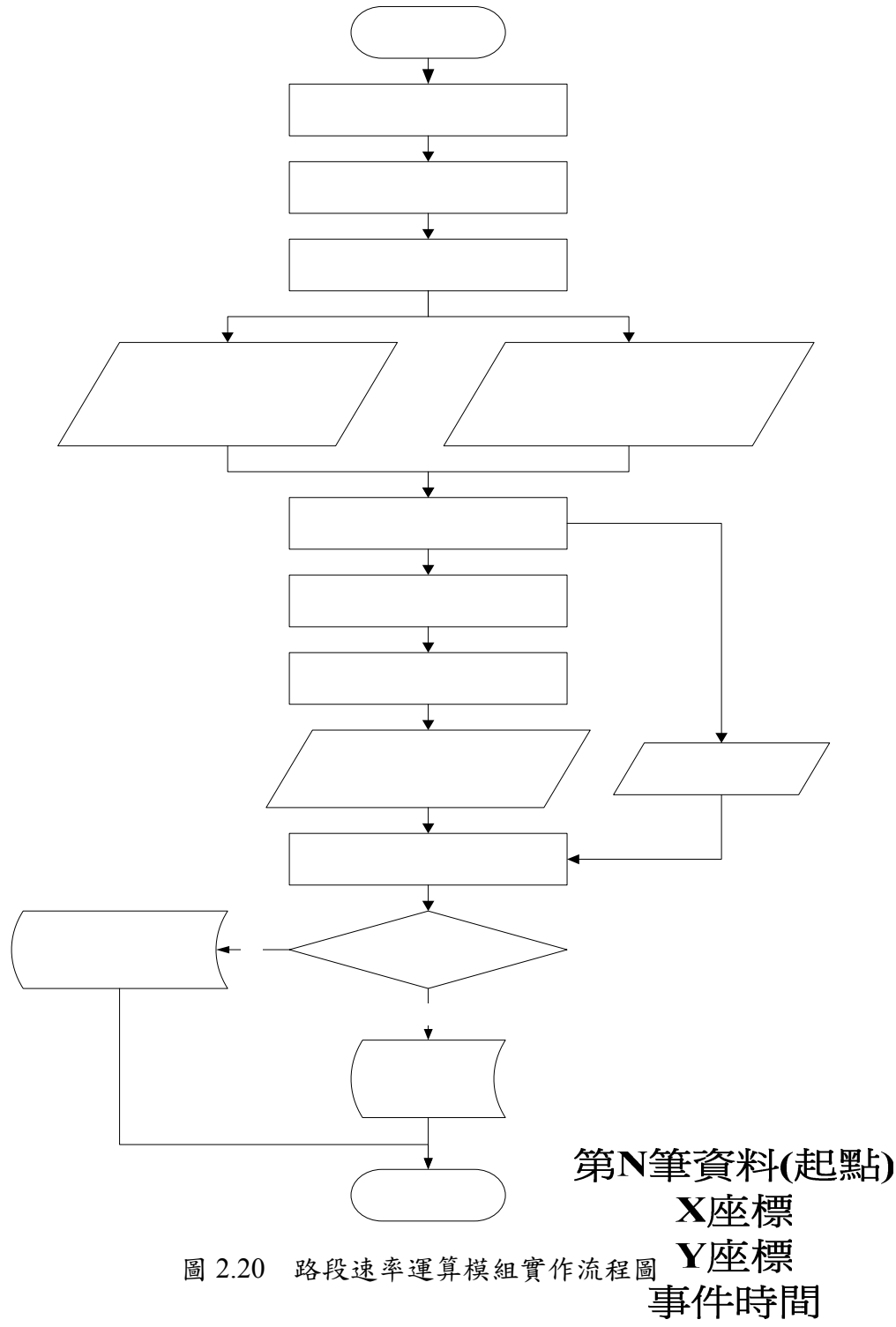


圖 2.20 路段速率運算模組實作流程圖

2.4.4 即時資料融合模組

即時資料融合模組，其目的是要尋求資料表間的關聯性，建立其資料關係，將多重資料融合進而建立出關聯式資料庫與關係代數。

首先確認系統日期與時間，確認完成後將對 VD 資料表 (VD_yyyymmdd.mdf) 與 ROADGPS 資料表 (ROADGPS_yyyymmdd.mdf) 作檢索，取出路段名稱與路段速率的資料，接著設定時間間隔參數，在本研究中設為五分鐘為時間間隔，並且建立 Section 資料表 (Section.mdf)。

新建立的 Section 資料表，是為了從 VD 資料表 (VD_yyyymmdd.mdf) 與 ROADGPS 資料表 (ROADGPS_yyyymmdd.mdf) 中透過實體關係資料模型之資料模型化方法，找出實體與實體間的關係，並且建立出關係代數，故可建立出關聯式資料庫，即時資料融合模組實作流程如圖 2.21 所示。

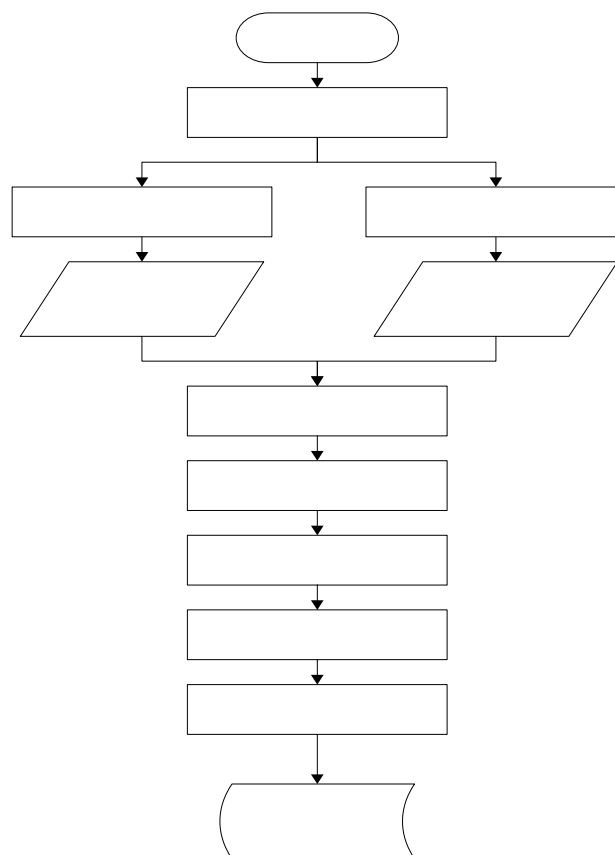
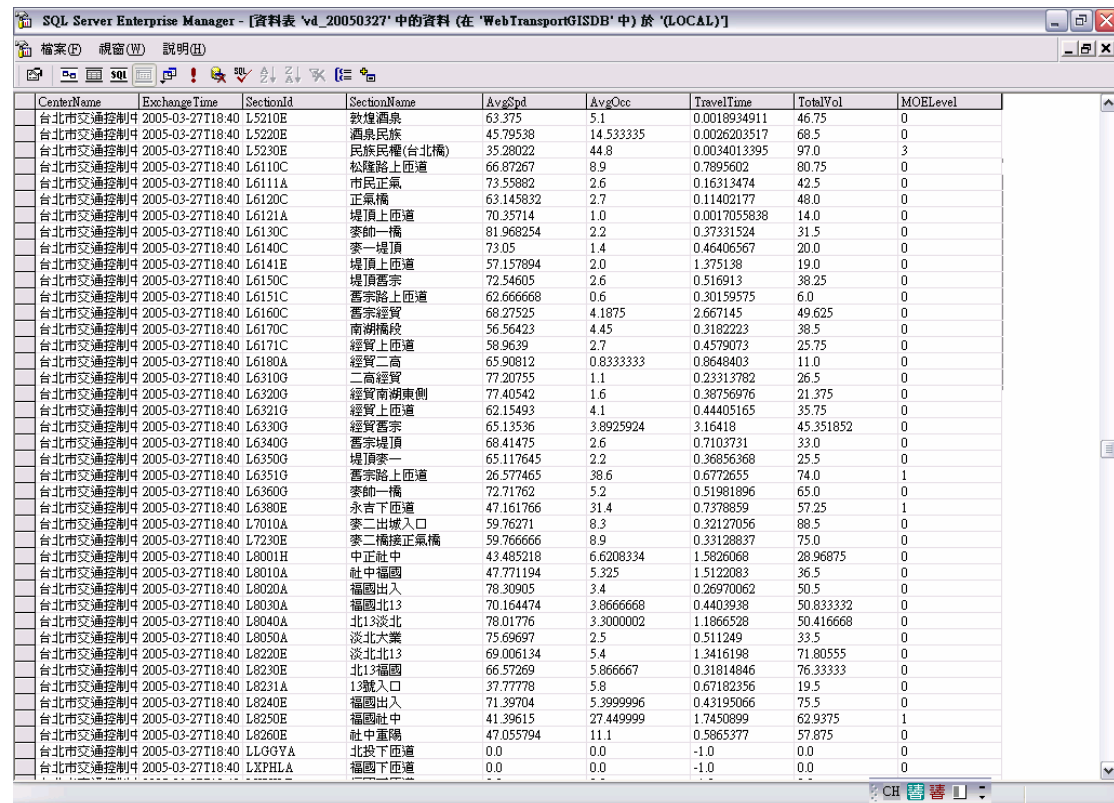


圖 2.21 即時資料融合模組實作流程圖

2.4.5 關聯式資料庫

原本沒有相關聯性的兩種資料，經過資料處理模組、路段速率運算模組以及即時資料融合模組，一連串的模組運算進行後，連接起資料間的關聯性、實體與實體間的關係，建立出能夠作為交通研究資料基礎的關聯式資料庫。呈現出透過系統模組運作後的關聯式資料庫之實作成果如圖 2.22、圖 2.23 及圖 2.24。

1. 關聯式資料庫之 VD 即時資料表 (vd_daily.mdf)



CenterName	ExchangeTime	SectionId	SectionName	AvgSpd	AvgOcc	TravelTime	TotalVol	MOELevel
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L5210E	敦化橋	63.375	5.1	0.0018934911	46.75	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L5220E	萬泰橋	45.79538	14.533335	0.0026203517	68.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L5230E	民族路(台北橋)	35.28022	44.8	0.0034013395	97.0	3
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6110C	松山橋上匝道	66.87267	8.9	0.7895602	80.75	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6111A	市民正氣	73.55862	2.6	0.16313474	42.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6120C	正氣橋	63.145832	2.7	0.11402177	48.0	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6121A	堤頂上匝道	70.35714	1.0	0.0017055838	14.0	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6130C	麥帥一橋	81.968254	2.2	0.37331524	31.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6140C	麥一堤頂	73.05	1.4	0.46406567	20.0	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6141E	堤頂上匝道	57.157894	2.0	1.375138	19.0	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6150C	堤頂橋	72.54605	2.6	0.516913	38.25	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6151C	舊泰經貿	62.666668	0.6	0.30159575	6.0	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6160C	舊泰經貿	68.27525	4.1875	2.667145	49.625	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6170C	南湖橋	56.56423	4.45	0.3182223	38.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6171C	經貿上匝道	58.9639	2.7	0.4579073	25.75	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6180A	經貿二高	65.90812	0.8333333	0.8648403	11.0	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6310G	二高經貿	77.20755	1.1	0.23313782	26.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6320G	經貿南湖東側	77.40542	1.6	0.38756976	21.375	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6321G	經貿上匝道	62.15493	4.1	0.44405165	35.75	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6330G	經貿舊泰	65.13536	3.8925924	3.16418	45.351852	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6340G	舊泰堤頂	68.41475	2.6	0.7103731	33.0	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6350G	堤頂麥一	65.117645	2.2	0.36856368	25.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6351G	舊泰路上匝道	26.577465	38.6	0.6772655	74.0	1
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6360G	麥帥一橋	72.71762	5.2	0.51981896	65.0	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L6380E	永吉下匝道	47.161766	31.4	0.7378859	57.25	1
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L7010A	麥二出入口	59.76271	8.3	0.32127056	88.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L7230E	麥二橋接正氣橋	59.766666	8.9	0.33128837	75.0	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8001H	中正社中	43.485218	6.6208334	1.5826068	28.96875	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8010A	社中福國	47.771194	5.325	1.5122083	36.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8020A	福國出入	78.30905	3.4	0.26970062	50.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8030A	福國北13	70.164474	3.8666668	0.4403938	50.833332	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8040A	北13淡北	78.01776	3.3000002	1.1866528	50.416668	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8050A	淡北大業	75.69697	2.5	0.511249	33.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8220E	淡北北13	69.006134	5.4	1.3416198	71.80555	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8230E	北13福國	66.57269	5.866667	0.31814846	76.33333	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8231A	13號入口	37.77778	5.8	0.67182356	19.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8240E	福國出入	71.39704	5.3999996	0.43195066	75.5	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8250E	福國社中	41.39615	27.449999	1.7450899	62.9375	1
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	L8260E	社中蓋陽	47.055794	11.1	0.5865377	57.875	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	LLGGYA	北投下匝道	0.0	0.0	-1.0	0.0	0
台北市交通控制中	2005-03-27T18:40	LXPHLA	福國下匝道	0.0	0.0	-1.0	0.0	0

圖 2.22 VD 即時資料表實作成果

2. 關聯式資料庫之 ROADGPS 資料表 (roadgps.mdf)

SQL Server Enterprise Manager - [資料表 'Ro' 中的資料 (在 'WebTransportGIS' 中) 於 '(LOCAL)']

ROADNAME	ROADLEN	VEHX	VEHY	DIFF	SPEED
敦化南路一段	112	121549179	25047359	13.29462	30.32806
敦化北路	1059	121549179	25047359	125.7054	30.32806
中山路一段106F	1537	121444435	25058179	120.2543	46.0125
中山路二段	710	121444435	25058179	55.55012	46.0125
民生路	207	121444435	25058179	16.1956	46.0125
民生路	207	121434593	25047143	11.2712	66.11539
中山路二段	1355	121434593	25047143	73.78011	66.11539
台麗街	348	121434593	25047143	18.94869	66.11539
台麗街	348	121427009	25037181	32.78388	38.21391
中山路二段	817	121427009	25037181	76.96675	38.21391
中山路三段	654	121427009	25037181	61.61108	38.2139
壽山路	166	121427009	25037181	15.63829	38.2139
集賢路	1428	121483306	25087224	110.9619	46.32941
其他通路	541	121483306	25087224	42.03809	46.32941
其他通路	541	121494705	25086902	28.54302	68.23384
重慶橋	691	121494705	25086902	36.45698	68.23384
重慶橋	211	121504653	25085460	23.99649	31.65463
中正路	412	121504653	25085460	46.85571	31.65462
重慶北路四段	1132	121504653	25085460	128.7395	31.65463
台北交流道	241	121504653	25085460	27.40832	31.65462
和平西路二段	444	121514549	25027893	103.4282	15.45421
和平西路一段	672	121514549	25027893	156.5399	15.45421
和平東路一段	262	121514549	25027893	61.03193	15.45421
永和路二段	975	121514595	25011054	140	25.07143
永和路二段	301	121515800	25017238	24.59217	44.06281
中正橋	951	121515800	25017238	77.69817	44.06281
重慶南路二段	14	121515800	25017238	1.143822	44.06281
福州街	215	121515800	25017238	17.56583	44.06281
福州街	215	121515853	25027219	21.98392	35.20755
重慶南路二段	959	121515853	25027219	98.05852	35.20755
重慶南路一段	211	121515853	25027219	21.57492	35.20755
重慶南路一段126巷	170	121515853	25027219	17.38264	35.20755
和平西路二段	444	121514602	25027658	66.05225	24.19903
和平西路一段	672	121514602	25027658	99.97097	24.19902
和平東路一段	262	121514602	25027658	38.97678	24.19903
環山路三段	431	121584632	25084413	41.04762	37.8
內湖路二段179巷	430	121584632	25084413	40.95238	37.8
內湖路二段	753	121584632	25084413	71.71429	37.8
金龍路	156	121584632	25084413	14.85714	37.8
金湖路	1548	121584632	25084413	147.4286	37.8
景平路	150	121524681	24990365	26.72575	20.20524

圖 2.23 ROADGPS 資料表實作成果

3. 實體關係資料模型圖 (ER Diagram)

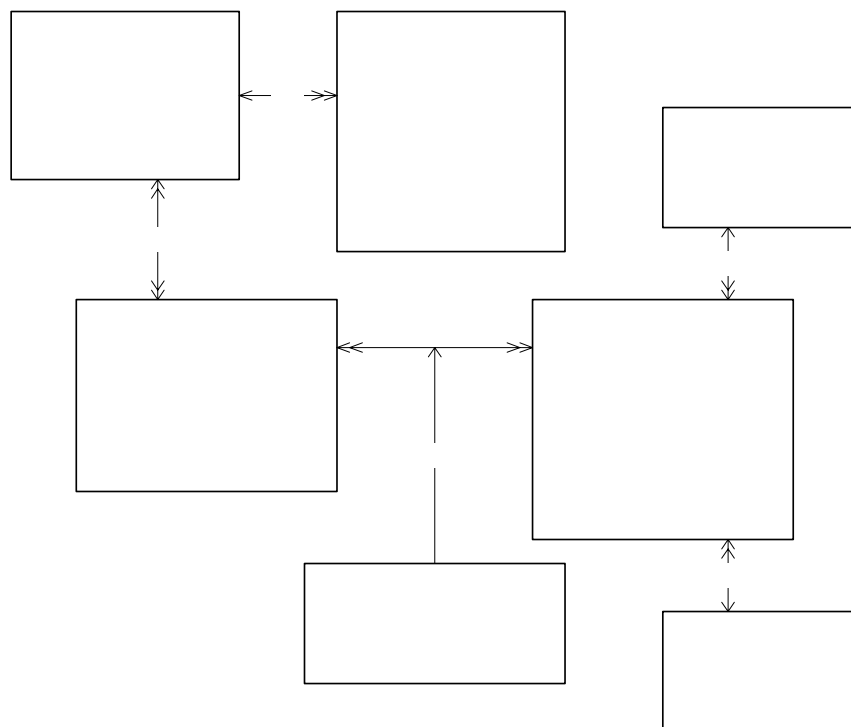


圖 2.24 實體關係資料模型圖(ER Diagram)

第 3 章 市區棋盤型路網環境下動態旅行時間預測

與旅次 OD 推估模式之建立

根據前章所規劃之資料擷取系統，基於相關資料內容，本章將擬構建一數學模式以對於此一市區棋盤型路網系統進行描述。第一小節為動態旅行時間預測模式之建構，主要係根據 Jarjees & Drane (1997) 所提出之公車旅行時間預測方法再加入路口轉向車流之考量所得，並以最小平方遞迴估測方法進行系統狀態之推估、預測車輛於各路段之旅行時間。第二小節部分，則是假設可靠之動態流量指派模式存在，並以前一小節所求得之路段旅行時間作為指派模式中指派參數之成本項，將路網下之旅次推估系統以系統狀態方程式和觀測式表示，並以卡曼濾波器對於路徑選擇參數進行推估，進而求得動態旅次 OD。

3.1 動態旅行時間預測模式

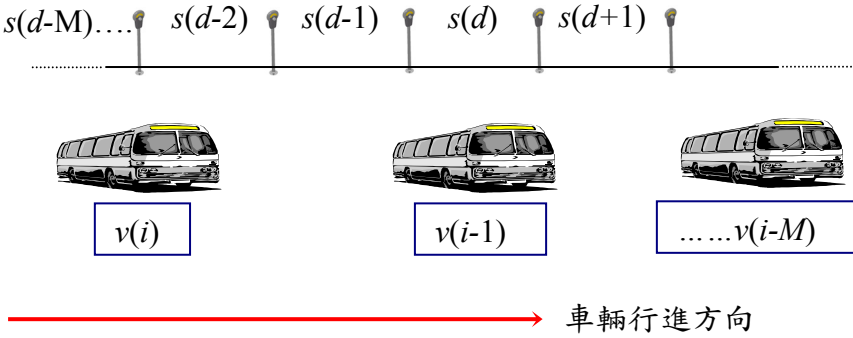
對於旅行時間的預測，在 ITS 的發展當中一直是為相當重要的研究重點，以往的研究之中，探測車技術普遍應用於高速公路系統之旅行時間預測。對於市區道路系統，相關研究則多限於單一路段或是通過數個號誌路口的單一幹道上旅行時間之預測、分析，實證測試之結果多呈現了顯著的成效。然而，對於都市地區複數道路之交織或是規模較大之路網系統則仍舊少有進一步之探討。是以，本研究將擬建構一數學模式和可行之演算流程，得以透過前一章所述資料擷取系統之資料蒐集，對於都市地區路網之下，各路段車流行為、延滯關係，進行廣泛之描述和預測。

在 Jarjee & Drane 的公車旅行時間預測模式中，主要透過時間序列與空間影響的概念，對於公車 A 在某一站距 B 之旅行時間，係以前 N 班車輛通過站距 B 之旅行時間以及公車 A 通過站距 B 之前 M 個路段的旅行時間為背景數

據，建立修正型之線性旅行時間預測模式 (式 3.1a)。

$$\hat{T}_{s(d)}^{v(i+1)} = \sum_{v=v(i-N)}^{v(i)} \alpha_{s(d)}^v \times t_{s(d)}^v + \sum_{s=s(d-M)}^{S(d-1)} \beta_s^{v(i+1)} \times t_s^{v(i+1)} + e \quad (\text{式 3.1a})$$

符號標示之內容如下表所列：

$\hat{T}_s^v$	車輛 v 通過路段 s 的旅行時間預測值；
T_s^v	車輛 v 通過路段 s 的旅行時間；
N	模式演算中所採用之時間記憶長度；
M	模式演算中所採用之影響路段個數；
α_s^v, β_s^v	模式參數；
$v, v(i)$	i 表車輛 v 之發車順序， $v(i-1)$ 表示較 $v(i)$ 先前一班發出之車輛；
$s, s(d)$	d 表公車路線上之路段編號順序；$s(d-1)$ 表示公車路線上在 $s(d)$ 的前一個路段； 
e	系統殘差項；

其中， $\sum_{v=v(i-N)}^{v(i)} \alpha_{s(d)}^v \times T_{s(d)}^v$ 係反應模式中對於所預測路段 $s(d)$ 反應在平均旅行時間之路段特性； $\sum_{s=s(d-M)}^{S(d-1)} \beta_s^{v(i+1)} \times T_s^{v(i+1)}$ 項則是反應車輛 $v(i+1)$ 之車輛行駛通過路段 $s(d)$ 至 $s(d+1)$ 之駕駛特性。

市區路網下之車流，基於車輛路徑選擇與路口轉向之隨機性，本研究對於路段旅行時間之預測係參酌 Jarjee & Drane 的預測方法，仍以前 N 個時階的路段旅行時間歷史資料為背景數據；而相對於公車行駛於固定路線之上，前 M 個站距的旅行時間的輸入因子部分則是改以路段上游路口的車流轉向分配和鄰近路段旅行時間取代，以表現為相鄰路段車流之影響值。依此，本研究所提出模式之數學意涵係同時根據「空間」、「時間」兩個向度的相關回歸。其數學表示寫成下式：

$$\bar{T}_{i+1}(l) = \sum_{j=i-N}^i a_j \times T_j(l) + \sum_{m \in M(l)} \sum_{z(l,m) \in Z(m)} b_{z(l,m)} \times \frac{T_{z(l,m)}}{\langle T_{z(l,m)} \rangle_{Z(m)}} \times p_{z(l,m)} + e \quad (\text{式 } 3.1b)$$

符號標示中，符號下標為時階（時間）關係；括弧內則是標的路段（空間）向度之關係，個別內容如下表所列：

$\bar{T}_i(l)$	車輛在第 i 時間，行駛於路段 l 的旅行時間預測值；
$T_i(l)$	車輛在第 i 時間，行駛於路段 l 的平均旅行時間值；
N	模式演算中所採用之時間記憶長度；
$a_j, b_{z(m)}$	模式參數，以最小平方估測，使誤差項最小以進行推估求得；
l	路段之標的記號，令路網中之所有路段集合為 L ，集合之內容 $L = \{l l_1 \quad l_2 \quad \cdots \quad l_L\}$ ；
$M(l), m$	l 路段上游路口鄰接路段集合， $M(l) = \{m m_1 \quad m_2 \quad \cdots \quad m_M\}$ ；
$Z(m), z(l,m)$	$Z(m)$ 表示對於相鄰路段集合 $M(l)$ ，在所量測時階內之路段旅行時間子集， $Z(m) = \{z z(l, m_1) \quad z(l, m_2) \quad \cdots \quad z(l, m_M)\}$ ；
$\langle X \rangle_Y$	Y 子集條件下 X 之期望值；
$p_{z(l,m)}$	所量測時段 z 之集合內，路段 m 對路段 l 之車流匯入比例，亦即對於路段 l 上游路口，匯入車流之轉向機率。
e	系統殘差項；

其中必須注意的，此處所謂路段旅行時間係涵蓋了車輛行駛於路段中所遭遇包含路口號誌延滯在內的所有延滯狀況。再者，路段旅行時間與號誌控制路口和鄰近路段車流的轉向行為之間存在高度相關。路段上游路口之車流轉向進入模式影響車輛進入路段之時間，間接影響車輛在路段下游受到路口號誌延滯之程度；路段下游路口之車流轉向行為則直接影響到號誌對於車輛之延滯，尤以左轉車流所受到的號誌延滯影響最為顯著。根據 Hellinga & Fu (1999) 之研究，依車輛在下游路口的直行、左轉、右轉行為（如圖 3.1 所示），可將兩號誌控制路口間之路段旅行時間分佈區分為九個群組。

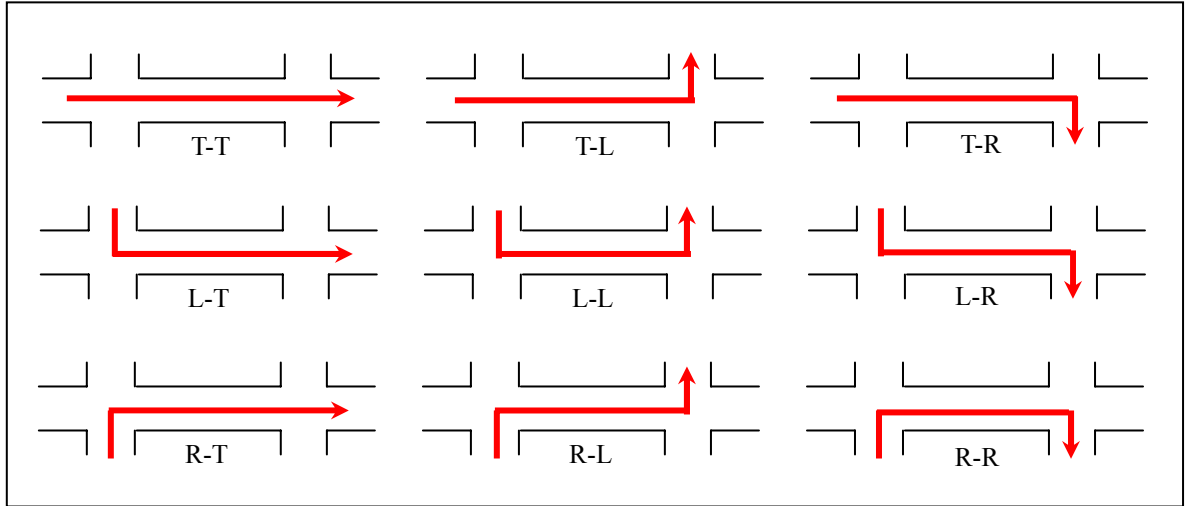


圖 3.1 九種路口轉向模式示意圖

(T 表直行通過路口；L、R 分別為左右轉通過)

因此，在上述模式中，除路段上游路口的鄰近路段影響之外，本研究並同時在變數項中考量路段下游路口的車流轉向行為，以將 Hellinga & Fu 之研究發現納入模式架構之中，以求算各段旅行時間期望值。

將模式以矩陣表示可得到 (式 3.2) 之線性方程式：

$$\mathbf{T}_{i+1} = \mathbf{T}_i \mathbf{A}_i + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (\text{式 3.2})$$

其中，個別矩陣 $\mathbf{T}_{i+1} (L \times 1)$ 、 $\mathbf{T}_i [L \times (N+1+M)]$ 、 $\mathbf{A}_i [(N+1+M) \times 1]$ 、 $\boldsymbol{\varepsilon} (L \times 1)$ ，

其內容單元，如下所列 (L 為路網中之路段總數； M 為最大相鄰路口總數)：

$$\mathbf{T}_{i+1} = [T_{i+1}(l_1) \quad T_{i+1}(l_2) \quad \cdots \quad T_{i+1}(l_L)]^T$$

$$\mathbf{A}_i = [a_{i-N} \quad \cdots \quad a_{i-1} \quad a_i \quad b_{z(m_1)} \quad \cdots \quad b_{z(m_M)}]^T$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = [e(l_1) \quad e(l_2) \quad \cdots \quad e(l_L)]^T$$

$$\mathbf{T}_i = \begin{bmatrix} T_{i-N}(l_1) & \cdots & T_{i-1}(l_1) & T_i(l_1) & p_{z(l_1, m_1)} T_{z(l_1, m_1)} & \cdots & p_{z(l_1, m_M)} T_{z(l_1, m_M)} \\ T_{i-N}(l_2) & \cdots & T_{i-1}(l_2) & T_i(l_2) & p_{z(l_2, m_1)} T_{z(l_2, m_1)} & \cdots & p_{z(l_2, m_M)} T_{z(l_2, m_M)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{i-N}(l_L) & \cdots & T_{i-1}(l_L) & T_i(l_L) & p_{z(l_L, m_1)} T_{z(l_L, m_1)} & \cdots & p_{z(l_L, m_M)} T_{z(l_L, m_M)} \end{bmatrix}$$

在旅行時間估算模式中，模式係數矩陣 $\mathbf{A}_k$ 的決定係依最小平方原理使殘差的平方和為最小以求得，其性能指標定義為：

$$\text{Min} \left\{ \sum_{l=l_1}^{l_L} e^2(l) \right\} = \boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon} \quad (\text{式 } 3.3)$$

則 $\square \mathbf{A}_i = (\mathbf{T}_i^T \mathbf{T}_i)^{-1} \mathbf{T}_i^T \mathbf{T}_{i+1}$ ，為模式參數 $\mathbf{A}_k$ 之最小平方推定子。

3.2 動態旅次 OD 推估模式

動態旅次 OD 資料推估在長短期之運輸規劃與即時交通控制皆具有相當重要的應用價值，透過即時路段車流量擷取所進行之 OD 推估演算，其實還牽涉到各組 OD 對之下的路徑選擇問題。對於都市地區路網而言，其路徑選擇型態較快速道路、高速公路系統複雜，同時，旅次產生點、終點之認定亦遠較上下閘道所定義之系統邊界複雜。然而，對於都市地區道路系統而言，過於細瑣的旅次 OD 推估，其應用上之意義不大，並且牽涉過於繁重而複雜之資料演算，在實用層面上並不切實。是以本研究擬將都市地區之道路系統先行劃分為幾個主要的交通分區，設為旅次產生點、終點，將原本的道路系統簡化為較為單純之路網型態，再行依此一路網規模構建數學模式和可行之演算流程。

3.2.1 數學模式建構

在一市區道路系統，假設對於一 OD 對旅次 r ，在路網中包含了數條路徑選擇的組合，其間的關係可表示為：

$$F_{ki} = d_{ri} \cdot \gamma_{ki} \quad (\text{式 3.4})$$

其中， d_{ri} ：OD 對 r 之旅次，在第 i 時階之內，自旅次起點進入路網之車流總量；

γ_{ki} ： d_{ri} 之總旅次流量中選擇某一路徑 k 之比例；

F_{ki} ：對於路網中某一路徑 k ，在第 i 時階之內，自旅次起點進入路網之旅次流量。

假設路網之下一共有 n 組 OD 對，每一 OD 分別包含了 $r_1, r_2, \dots, r_n$ 條路徑選擇，路網之中則包含了 $r_1 + r_2 + \dots + r_n = K$ 條路徑選擇組合，令路網中所有路徑之集合為 K_r ， $K_r = \{k | k_1, k_2, \dots, k_K\}$ 。透過旅行時間與到達率的分配，旅次流量和路段車流量之間的關係又可再寫成下式：

$$q_{lt} = \sum_{k \in K_r} \sum_{i=1}^l \tau_{lt}^{ki} F_{ki} \quad (\text{式 3.5})$$

其中， q_{lt} ：在 t 時段下，通過 l 路段的車流量；

τ_{lt}^{ki} ： F_{ki} 對於 q_{lt} 車流量之貢獻，若 k 不通過 l ，則 τ_{lt}^{ki} 為 0；反之，依旅行時間和到達率之分配， τ_{lt}^{ki} 為 0~1 的機率值。

透過上述數學式之描述，研究中將 F_{kt} 令為系統狀態變數，假設 F_{kt} 隨時間之序列變動為一階之馬可夫隨機過程 (Markovian Random Walk Process)，變動關係如 (式 3.6) 所示：

$$F_{k(i+1)} = c_{ki} F_{ki} + w_{ki} \quad (\text{式 3.6})$$

其中 w_{ki} 為一白雜訊 (White Noise) 過程之獨立事件序列，期望值 $E(w_{ki})=0$ ，協方差矩陣 $E(w_{ki}w_{ki'})=w_{ki}\delta_{ii'}$ ， $\delta_{ii'}$ 為 Kronecker Delta 函式； c_{it} 為未知參數，表示兩時階之間 F 之變化率。根據上述數學關係式，將系統內涵之動態關係透過以下之系統狀態方程式和系統觀測式表示：

$$\text{系統狀態方程式} \quad \begin{bmatrix} F_{k(i+1)} \\ c_{k(i+1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{ki}F_{ki} \\ c_{ki} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{ki} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (\text{式 3.7})$$

$$\text{系統觀測方程式} \quad q_{it} = \sum_{k \in K_r} \sum_{i=1}^t \tau_{it}^{ki} F_{ki} + g_{it} \quad (\text{式 3.8})$$

(式 3.7) 之表示係假設預測系統達到穩態狀況時參數 b 亦趨近於一穩態，即兩時階狀態值 b 之差趨近於零。(式 3.8) 中， g_{it} 亦為一白雜訊過程之獨立事件序列，期望值 $E(g_{it})=0$ ，協方差矩陣 $E(g_{it}g_{it'})=g_{it}\delta_{it'}$ 。並假設車輛抵達各路段路口之比例分配為指數分配：

$$f(x) = \lambda \exp(-\lambda x) ; 0 < x < \infty , \lambda > 0 \quad (\text{式 3.9a})$$

其中， λ 為車輛自旅次產生點出發到達路口之平均旅行時間之倒數， $f(x)$ 表示車輛自旅次產生點出發經過旅行時間 x 後抵達路口之機率函數。依此，令 $\lambda = 1/\mu_{it}^{ki}$ ，將某一 i 時階內自旅次產生點出發之路徑流量對於 t 時段路段流量之影響機率寫成：

$$\tau_{it}^{ki} = \int_{t-i}^{t-(i-1)} \frac{1}{\mu_{it}^{ki}} \exp(-x/\mu_{it}^{ki}) dx = -\exp(-x/\mu_{it}^{ki}) \Big|_{t-i}^{t-i+1} \quad (\text{式 3.9b})$$

μ_{it}^{ki} 定義為，在某一 i 時階自 k 路徑旅次起點出發之車流，於第 t 時階抵達 l 路段之平均旅行時間，此一平均旅行時間則可透過前一小節之旅行時間預測結果帶入。再者，為避免歷史資料過度累積而增加不必要之系統演算，研究中將行觀察旅次之旅行時間長度而選定一記憶時間範圍 N 。譬如， $i = 1$ 時階出發之車輛在 $i = t_1$ 時階已盡數到達旅次終點而離開路網系統，對於 $t > t_1$ 時階

之路段車流已無所貢獻，亦即， $\tau_{lt}^{ki} = 0$ 。以此，(式 3.8) 中時間項加總之標的時階可改寫為 $i = t-N$ 、 $t-(N-1)$ 、..... $t-1$ 、 t 。

將上述系統方程式重行表示為矩陣形式：

$$\text{系統狀態方程式 } \mathbf{F}(t+1) = \phi(\mathbf{F}(t), t) + \mathbf{\Gamma}(t)\mathbf{W}(t) \quad (\text{式 3.10})$$

$$\text{系統觀測方程式 } \mathbf{Q}(t) = \phi(\mathbf{F}(t), t) + \mathbf{G}(t) \quad (\text{式 3.11})$$

其中，

$$\mathbf{F}(t) = [F_{(k_1)t} \quad F_{(k_2)t} \quad \cdots \quad F_{(k_K)t} \quad c_{(k_1)t} \quad c_{(k_2)t} \quad \cdots \quad c_{(k_K)t}]^T$$

$$\phi(\mathbf{F}(t), t) = [c_{(k_1)t}F_{(k_1)t} \quad c_{(k_2)t}F_{(k_2)t} \quad \cdots \quad c_{(k_K)t}F_{(k_K)t} \quad c_{(k_1)t} \quad c_{(k_2)t} \quad \cdots \quad c_{(k_K)t}]^T$$

$$\mathbf{\Gamma}(t) = \begin{bmatrix} \mathbf{I}_K \\ \mathbf{0}_K \end{bmatrix}$$

$\mathbf{I}_K$ 為 $(K \times K)$ 之恆等矩陣； $\mathbf{0}_K$ 為 $(K \times K)$ 之零矩陣；

$$\mathbf{W}(t) = [w_{(k_1)t} \quad w_{(k_2)t} \quad \cdots \quad w_{(k_K)t}]^T$$

$$\mathbf{Q}(t) = [q_{l_1t} \quad q_{l_2t} \quad \cdots \quad q_{l_{L_t}t}]^T$$

$$\phi(\mathbf{F}(t), t) = \left[\sum_{k \in K_r} \sum_{i=t-N}^t \tau_{l_1t}^{ki} F_{ki} \quad \sum_{k \in K_r} \sum_{i=t-N}^t \tau_{l_2t}^{ki} F_{ki} \quad \cdots \quad \sum_{k \in K_r} \sum_{i=t-N}^t \tau_{l_{L_t}t}^{ki} F_{ki} \right]^T$$

$$\mathbf{G}(t) = [g_{l_1t} \quad g_{l_2t} \quad \cdots \quad g_{l_{L_t}t}]^T$$

根據上述內容，動態旅次 OD 推估系統可以圖 3.2 之結構表示：

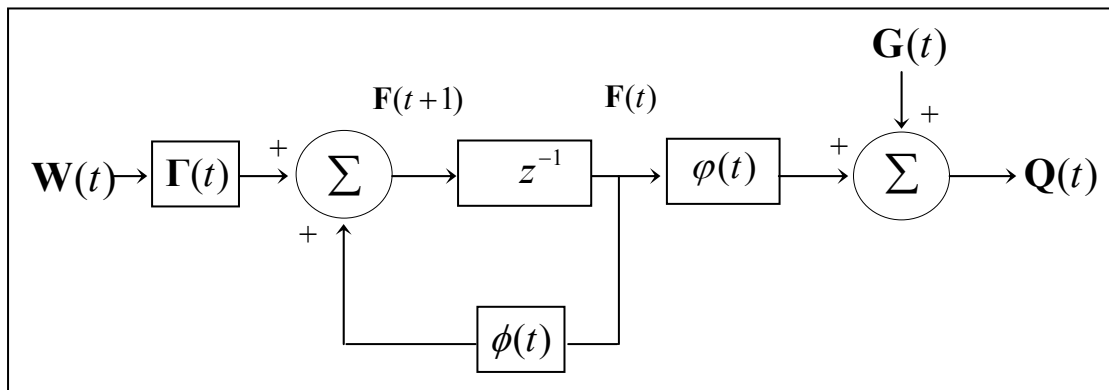


圖 3.2 動態旅次 OD 推估系統結構圖

3.2.2 系統演算流程

基於前一小節所建構之系統描述方法，本研究將擬採用卡爾曼濾波器 (Kalman Filter) 進行模式之推估演算，然而 (式 3.10) 之系統狀態方程式為一非線性之方程式結構，是以，必須透過推廣卡爾曼濾波器 (Extended Kalman Filter, EKF) 將系統先行線性化，再行建構模式之動態遞迴演算。將模型對濾波值 $\hat{\mathbf{F}}(t)$ 進行一階展開之線性化：

$$\mathbf{F}(t+1) = \phi(\hat{\mathbf{F}}(t), t) + \left. \frac{\partial \phi}{\partial \mathbf{F}} \right|_{\mathbf{F}(t) = \hat{\mathbf{F}}(t)} [\mathbf{F}(t) - \hat{\mathbf{F}}(t)] + \Gamma(t)\mathbf{W}(t) \quad (\text{式 3.12})$$

將上式表示為線性方程式：

$$\mathbf{F}(t+1) = \Phi(\hat{\mathbf{F}}(t))\mathbf{F}(t) + \Gamma(t)\mathbf{W}(t) + \mathbf{u}(t) \quad (\text{式 3.13})$$

(式 3.13) 中，

$$\Phi(\hat{\mathbf{F}}(t))\mathbf{F}(t) = \phi(\hat{\mathbf{F}}(t), t) + \left. \frac{\partial \phi}{\partial \mathbf{F}} \right|_{\mathbf{F}(t) = \hat{\mathbf{F}}(t)} [\mathbf{F}(t)] ;$$

$$\mathbf{u}(t) = - \left. \frac{\partial \phi}{\partial \mathbf{F}} \right|_{\mathbf{F}(t) = \hat{\mathbf{F}}(t)} [\hat{\mathbf{F}}(t)] ;$$

其狀態轉移矩陣 (transition matrix) $\Phi(\hat{\mathbf{F}}(t)) = \left. \frac{\partial \phi}{\partial \mathbf{F}} \right|_{\mathbf{F}(t) = \hat{\mathbf{F}}(t)}$ 為：

$$\Phi(\mathbf{F}(t)) = \begin{bmatrix} \hat{\mathcal{C}}_{(k_1)t} & 0 & \cdots & 0 & \bar{F}_{(k_1)t} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \hat{\mathcal{C}}_{(k_2)t} & \cdots & 0 & 0 & \bar{F}_{(k_2)t} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \hat{\mathcal{C}}_{(k_K)t} & 0 & 0 & \cdots & \bar{F}_{(k_K)t} \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{u}(t) = -[\hat{b}_{(k_1)t} \bar{F}_{(k_1)t} \quad \hat{b}_{(k_2)t} \bar{F}_{(k_2)t} \quad \cdots \quad \hat{b}_{(k_K)t} \bar{F}_{(k_K)t} \quad 0 \quad 0 \quad \cdots \quad 0]^T$$

而系統觀測方程式 (式 3.11) 則改寫成：

$$\mathbf{Q}(t) = \Psi(\mathbf{F}(t))\mathbf{F}(t) + \mathbf{G}(t) + \mathbf{h}(t) \quad (\text{式 3.14})$$

其中， $\Psi(\mathbf{F}(t)) = \frac{\partial \varphi}{\partial \mathbf{F}} \bigg|_{\mathbf{F}(t) = \mathbf{F}(t|t-1)}$ ，其矩陣內容如下：

$$\Psi(\mathbf{F}(t)) = \begin{bmatrix} \tau_{l_1 t}^{k_1 t} & \tau_{l_1 t}^{k_2 t} & \cdots & \tau_{l_1 t}^{k_K t} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \tau_{l_2 t}^{k_1 t} & \tau_{l_2 t}^{k_2 t} & \cdots & \tau_{l_2 t}^{k_K t} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tau_{l_L t}^{k_1 t} & \tau_{l_L t}^{k_2 t} & \cdots & \tau_{l_L t}^{k_K t} & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{h}(t) = \left[\sum_{k \in K_r} \sum_{i=t-N}^{t-1} \tau_{l_i t}^{ki} F_{ki} \quad \sum_{k \in K_r} \sum_{i=t-N}^{t-1} \tau_{l_2 t}^{ki} F_{ki} \quad \cdots \quad \sum_{k \in K_r} \sum_{i=t-N}^{t-1} \tau_{l_L t}^{ki} F_{ki} \right]^T$$

根據 EKF 之推估方法 (Saridis, 1994) 將 (式 3.13)、(式 3.14) 寫入動態旅次 OD 推估之演算流程：

$$\bar{\mathbf{F}}(t+1|t) = \phi(\bar{\mathbf{F}}(t|t), t) \quad (\text{式 3.15})$$

$$\mathbf{P}(t+1|t) = \Phi(\bar{\mathbf{F}}(t|t))\mathbf{P}(t|t)\Phi^T(\bar{\mathbf{F}}(t|t)) + \Gamma(t)\mathbf{R}_1(t)\Gamma^T(t) \quad (\text{式 3.16})$$

$$\mathbf{K}(t) = \mathbf{P}(t|t-1)\Psi^T(\bar{\mathbf{F}}(t|t-1))[\Psi(\bar{\mathbf{F}}(t|t-1))\mathbf{P}(t|t-1)\Psi^T(\bar{\mathbf{F}}(t|t-1)) + \mathbf{R}_2(t)]^{-1}$$

(式 3.17)

$$\hat{\mathbf{F}}(t|t) = \hat{\mathbf{F}}(t|t-1) + \mathbf{K}(t)[\mathbf{Q}(t) - \varphi(\hat{\mathbf{F}}(t|t-1), t)] \quad (\text{式 3.18})$$

$$\mathbf{P}(t|t) = [\mathbf{I} - \mathbf{K}(t)\Psi(\hat{\mathbf{F}}(t|t-1))]\mathbf{P}(t|t-1) \quad (\text{式 3.19})$$

其中， $\mathbf{R}_1$ 、 $\mathbf{R}_2$ 分別為 $\mathbf{W}(t)$ 和 $\mathbf{G}(t)$ 之共變異矩陣， $\mathbf{P}(0)$ 相當於 $\hat{\mathbf{F}}(0)$ 之誤差方差矩陣，給定系統初始值 $\hat{\mathbf{F}}(0)$ 和 $\mathbf{P}(0)$ ，即可依照 (式 3.15) 至 (式 3.19) 之公式進行系統之遞迴演算，其中並以 (式 3.15) 為系統預測之主要公式。一般作法上，取 $\hat{\mathbf{F}}(0) = \hat{\mathbf{F}}(0|-1) = \bar{\mathbf{F}}(0)$ ； $\mathbf{P}(0) = \mathbf{P}(0|-1)$ 。而結合旅行時間預測與動態旅次 OD 推估之系統流程係如圖 3.3 所示。演算流程中，最初透過(式 3.17)求得每增益矩陣 $\mathbf{K}(t)$ ；再由 (式 3.18) 和 (式 3.19) 推求濾波估測值 $\hat{\mathbf{F}}(t|t)$ ；最後經由時間轉移方程式 (式 3.15) 求得下一時階之系統最佳預測值 $\hat{\mathbf{F}}(t+1|t)$ 。

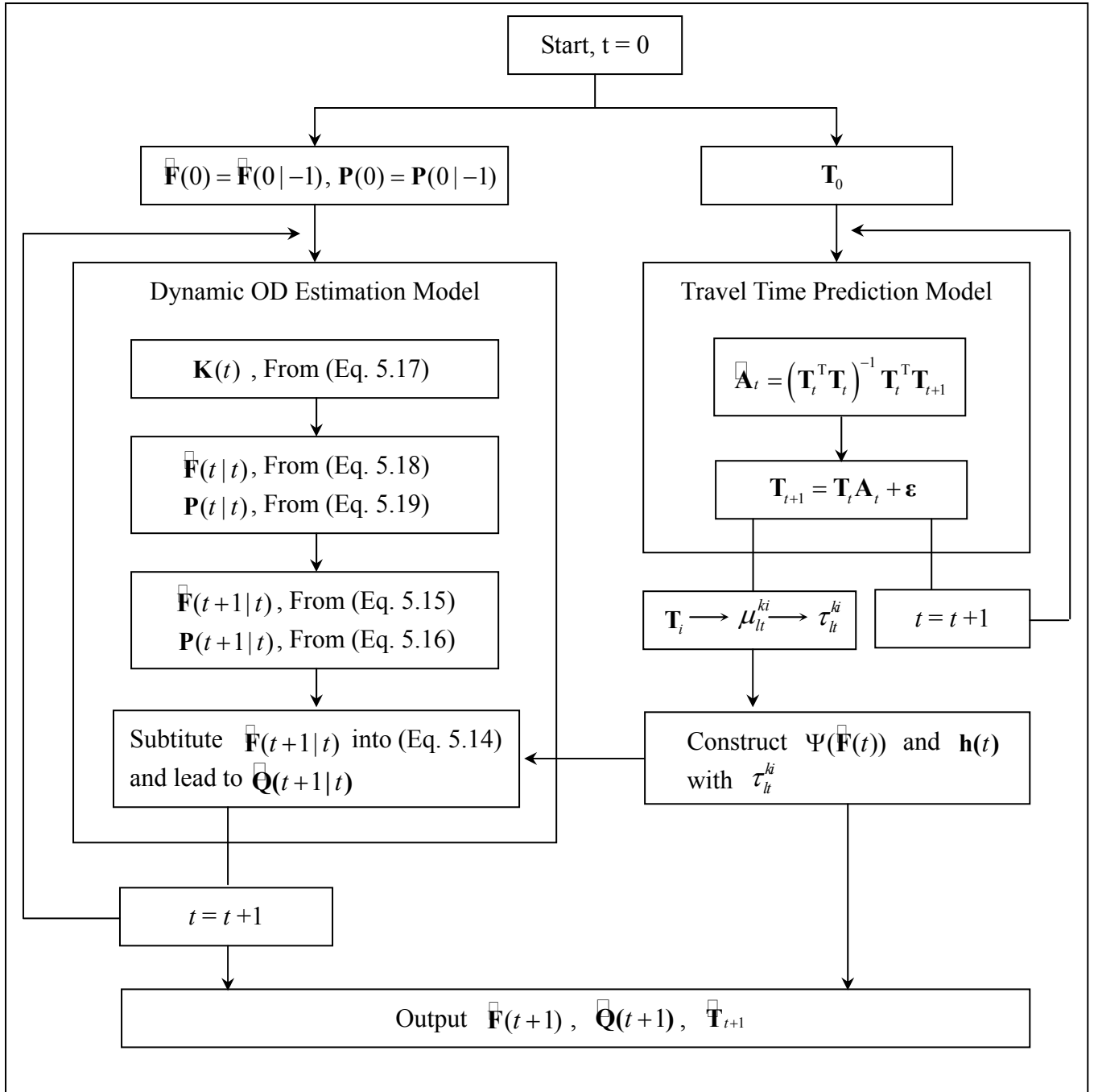


圖 3.3 旅行時間預測與動態旅次 OD 推估之系統演算流程圖

第 4 章 模式驗證與數值分析

針對前一章節所提出之預測數學模式，本研究將擬透過交通模擬軟體 Paramics V.4.0 建構一棋盤型路網以及相關之資料流系統。透過此一系統之模擬運作，蒐集相關系統動態資料，並根據所設計之演算流程進行路段旅行時間預測與旅次 OD 推估，並對於預測結果進行相關數值分析，驗證數學模式對於系統描述之準確性。

4.1 動態路段旅行時間預測模式之校估與驗證

對於預測模式之驗證，本研究將行透過 Paramics 模擬數個實驗樣本之產生，模擬所得之路段旅行時間和模式預測旅行時間進行比較，以評估預測模式。本研究模擬實驗之進行主要以 1.0D、1.2D、1.4D、1.6D 的每小時路網總需求產生進行路網車流之模擬。根據上述四種不同路網交通量需求條件下，本研究將擬個別產生五次樣本，對於每一次樣本進行連續 20 個時階的路段旅行時間預測。

4.1.1 評估指標說明

在預測準確度部分，本研究中預測結果之誤差係透過平均絕對誤差率 MAPE (Mean Absolute Percentage Error) 和平均絕對誤差值 MAE (Mean Absolute Error) 表示：

$$MAPE = \frac{1}{(Total)} \sum \sum \left| \frac{\bar{T}_i(l) - T_i(l)}{T_i(l)} \right| \quad (式 4.1a)$$

$$MAE = \frac{1}{(Total)} \sum \sum \left| \bar{T}_i(l) - T_i(l) \right| \quad (式 4.1b)$$

(Total)為預測資料總筆數。一般而言，MAPE 以相對誤差比率值作為預測準確度之評估準則，在分析判斷上較為客觀；MAE 為實際誤差秒數之平均，屬於直截之感受，較易於反應為駕駛人對於預測旅行時間誤差之主觀認知、理解。

除透過 MAPE 和 MAE 進行模式準確性之評估，本研究並擬檢視模式在強健性及穩定性之特性呈現，其定義和表現方式分別如下所示：

- ◆ 強健性 (Robustness, R)：主要在於檢視模式中之最大預測誤差。

$$R = \max \{|e_i(l)|\} \quad (\text{式 } 4.2)$$

- ◆ 穩定性 (Stability, S)：主要在於檢視各筆資料之間，模式預測準確度是否變動過於劇烈。

$$S = \frac{1}{(Total)} \sum \sum |e_i(l) - e_{i-1}(l)| \quad (\text{式 } 4.3)$$

$e_i(l) = \hat{T}_i(l) - T_i(l)$ ，為路段 l 在第 j 時刻之預測誤差。

4.1.2 模式校估與演算

對於路段旅行時間預測模式(式 3.1b)，

$$\hat{T}_{i+1}(l) = \sum_{j=i-N}^i a_j \times T_j(l) + \sum_{m \in M(l)} \sum_{z(l,m) \in Z(m)} b_{z(l,m)} \times \frac{T_{z(l,m)}}{\langle T_{z(l,m)} \rangle_{Z(m)}} \times p_{z(l,m)} + e$$

在模式校估過程中，針對相鄰路段和路口車流轉向影響之不同考量，本研究將行分為 Mode 1 和 Mode 2 兩種類型分別進行演算、探討。而後則再行針對模式演算中不同資料時間記憶長度 (N) 所得之預測結果進行比較、分析。

◆ Mode 1

模式校估之初步先擬參照 Jarjees & Drane 之模式原型，在相鄰路口影響部分僅考慮路段上游路口之相鄰路段轉向車流；亦即在 $M(l)$ 中，對於每一路段 l_{AB} ，其路段旅行時間影響變因中暫僅考慮與 A 路口接臨路段之影響。取 $N = 10$ ， Z 為一個時階之觀測結果，以最小平方方法依模擬系統中每一時階之推移進

行遞迴演算預測。所得每一實驗樣本、每一時階下 360 個路段、一共 7200 筆的模式預測結果分別如下列圖 4.1、4.2、4.3 所示。

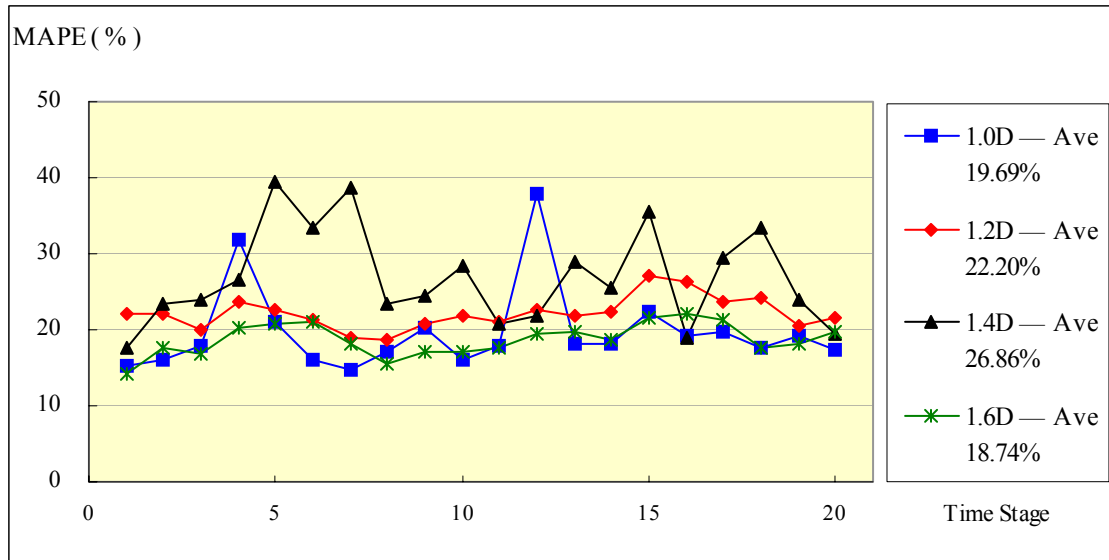


圖 4.1 模式預測 MAPE 值 (Mode 1)

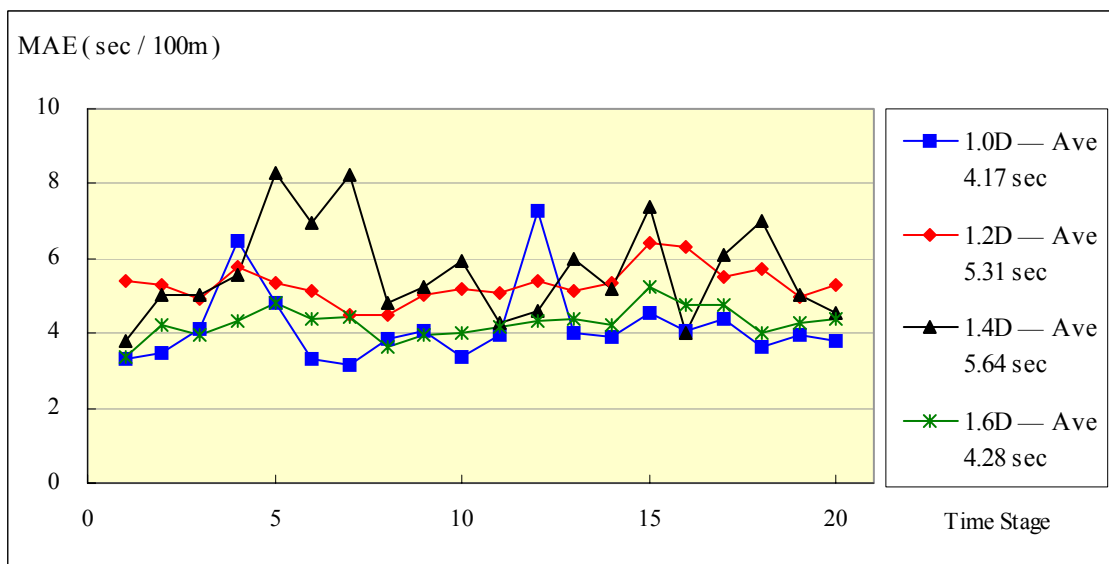


圖 4.2 模式預測 MAE 值 (Mode 1)

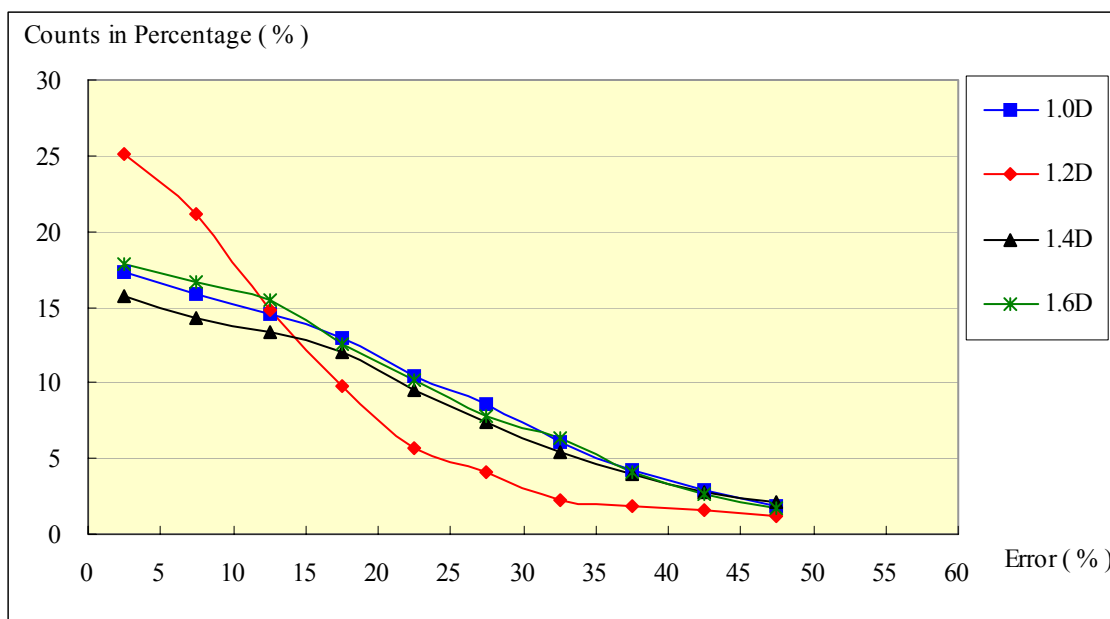


圖 4.3 預測誤差分佈 (Mode 1)

上列圖示中，圖 4.1、4.2 中所描繪之資料點分別為每一時階下所有路段 Mode 1 預測結果之平均絕對誤差率 MAPE 和平均絕對誤差時間 MAE。依圖中資料線形所示，不同路網交通量總需求產生之下，預測模式之準確度並無顯著之變化趨勢；亦即，路網交通量總需求之變動與預測準確度之間並無明顯之相關，唯圖中所示，隨演算時階之推移，預測結果 MAPE 值和 MAE 值之變動大致相符合。

圖 4.3 中所描繪之資料點為不同路網交通量總需求產生下，其預測結果在每個預測誤差區間所佔之數量百分比，其線形所顯示即為個別之預測結果誤差分佈情形。若是再依 Lewis 對 MAPE 之評估準則，以 20%、50%之預測誤差為分界，將預測結果整理於表 4.1：

表 4.1 (0%-20%-50%) 預測誤差分佈 (Mode 1)

Error (%)	1.0D	1.2D	1.4D	1.6D
0~20	60.72	70.71	55.39	62.58
20~50	34.10	16.57	31.19	32.82
>50	5.18	12.71	13.43	4.60

綜合圖 4.3、表 4.1 所示，依圖 4.3 之資料線形所示，在 1.2D 之路網交通

量總需求下，預測結果呈現較佳之分佈表現（即以誤差小之預測結果佔較高比例），然而，由表 6.1 中，其預測結果誤差超過 50% 之比例亦偏高，是以，其整體之 MAPE 表現以 1.0D、1.6D 之路網交通量總需求下所得預測結果較佳。

◆ Mode 2

由於 Mode 1 之預測結果普遍仍未臻理想（預測誤差大於 20% 者仍佔了三至四成多之比例），本研究再行將離開預測路段車流之路口轉向行為再行納入預測模式之考量，亦即在 M_{Ad} 中對於每一路段 l_{AB} ，其路段旅行時間影響變因中同時包含所有與 A 、 B 路口接臨路段之影響。仍取 $N = 10$ 、 Z 為一個時階之觀測結果，以相同之實驗樣本進行演算，所得預測結果如圖 4.4、4.5、4.6 所示。

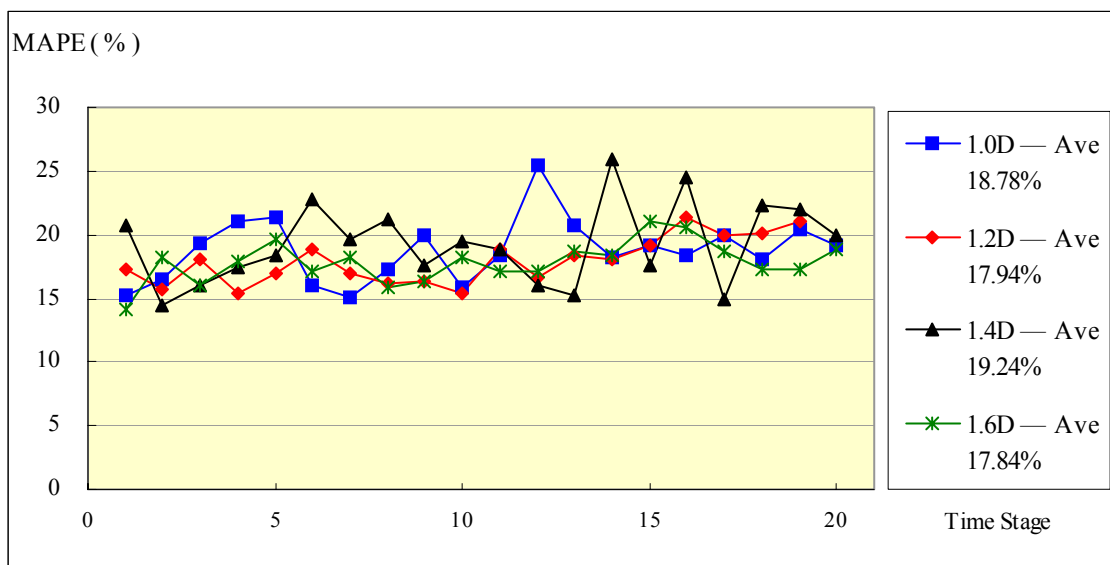


圖 4.4 模式預測 MAPE 值 (Mode 2)

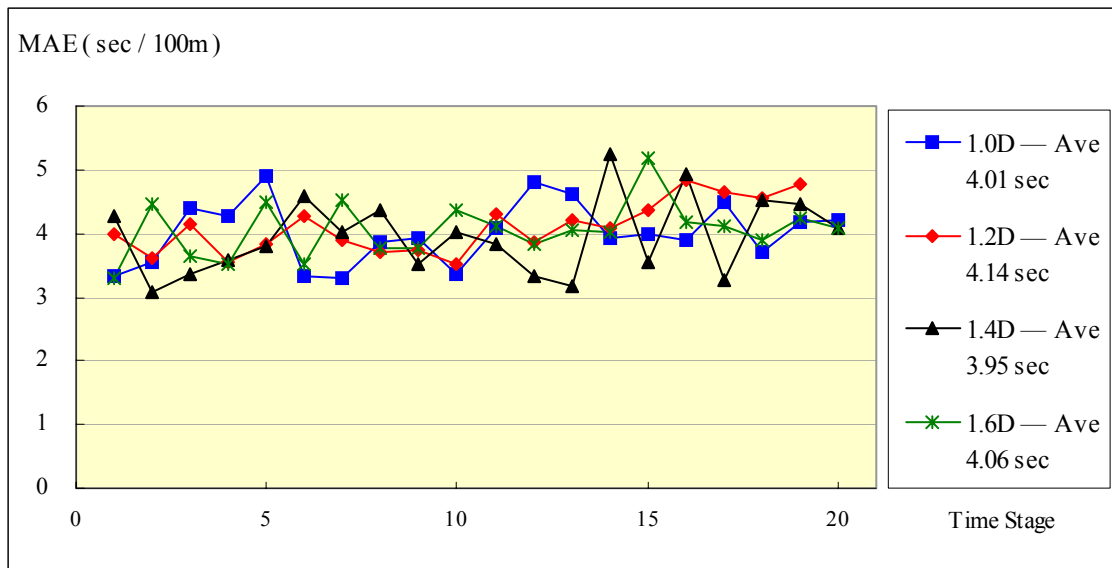


圖 4.5 模式預測 MAE 值 (Mode 2)

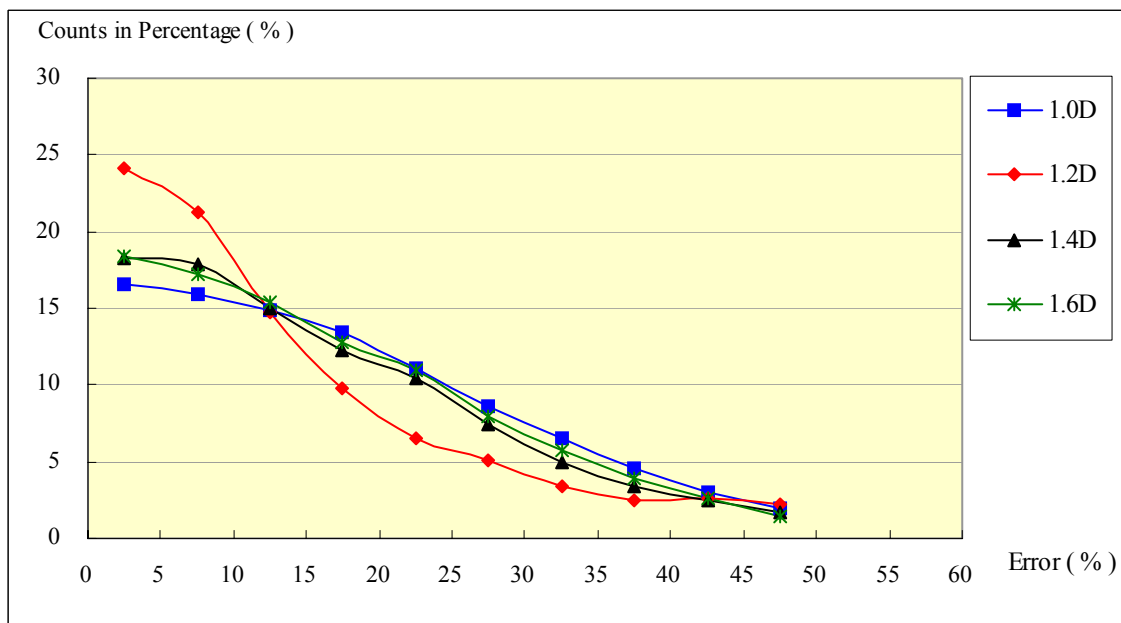


圖 4.6 預測誤差分佈 (Mode 2)

在預測模式中同時納入路段上下游路口相鄰路段車流及轉向之影響，比較圖 4.1、4.2 與 4.4、4.5，證實模式準確度在 MAPE 值和 MAE 值之表現皆有所提昇，特別對於路網總需求 1.2D 和 1.4D 之模擬案例，其 MAPE 值更由 22.20% 和 26.86% 降至 20% 以下，亦即對於不同路網總需求之模擬案例，模式預測結果皆可達到 Lewis 所標定之優良預測水準。圖 4.6 所示之資料線形與圖 4.3 差

異不大，仍是以 1.2D 之線形分佈表現最佳。同樣將預測誤差分佈整理成 (0%-20%-50%) 之表格形式，如表 4.2 所示：

表 6.2 (0%-20%-50%) 預測誤差分佈 (Mode 2)

Error (%)	1.0D	1.2D	1.4D	1.6D
0~20	60.82	69.93	63.26	63.74
20~50	35.82	22.13	30.36	32.69
>50	3.36	7.94	6.38	3.57

對於不同路網總需求之模擬案例，所得預測誤差大於 50% 之比例皆有明顯下降 (皆降至 10% 以下)。將預測模式 Mode 1 和 Mode 2 在準確度、強健性和穩定性之表現加以計算，得到表 4.3：

表 4.3 模式 Mode 1 對 Mode 2 比較

Total Demand	Mode	MAPE (%)	MAE (sec / 100m)	R (sec / 100m)	S (sec)
1.0D	Mode 1	19.69	4.17	31.03	6.31
	Mode 2	18.78	4.01	44.06	5.63
1.2D	Mode 1	22.20	5.31	60.05	4.56
	Mode 2	17.94	4.14	24.38	3.57
1.4D	Mode 1	26.86	5.64	54.46	7.52
	Mode 2	19.24	3.95	23.39	5.15
1.6D	Mode 1	18.74	4.28	44.28	5.43
	Mode 2	17.84	4.06	26.67	5.14

表 4.3 中，除路網總需求 1.0D 在預測模式 Mode 2 之強健性表現上略差於 Mode 1 之外，其餘各項比較結果皆以 Mode 2 優於 Mode 1。

◆ 資料時間記憶長度 (N) 之影響

除了路段上下游路口車流與鄰近路段影響之考量，本研究並擬調整時間記憶長度 N ，由 $N=5$ 至 $N=15$ ，以 1 為級距，重行進行系統預測，以研選模式較適之時間記憶長度。演算過程中，係選取路網總需求 1.2D 之實驗樣本進行上述之調變測試，以預測模式 Mode 1 進行演算，其預測結果如圖 4.7 所示。

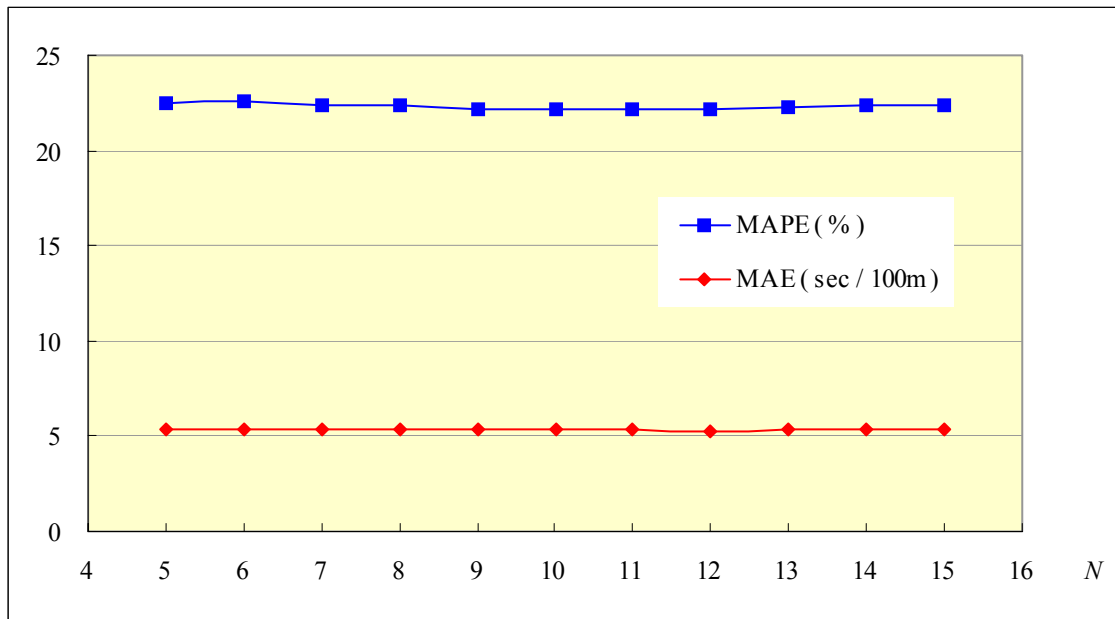


圖 4.7 預測誤差對模式演算資料時間記憶長度 (N) (1.2D)

圖 4.7 中，對於不同之資料時間記憶長度 N 值，預測模式在 MAPE 和 MAE 之表現並無顯著之變化，相互間之差異僅只 0.5% 之內。是以，推論在預測模式中，透過最小平方法之參數校估過程，路網系統下各路段旅行時間之歷史時間記憶長度對於預測結果並無顯著影響。

4.1.3 背景資料處理與分析

除針對模式內容進行修正之外，本研究並針對探測車回傳資料部分進行檢視，期以透過相關資料處理方法以提昇所擷取車流資料之品質，對於預測準確度進行分析。

預測模式中主要係透過探測車回傳之路段旅行時間資料對於模式參數進行動態校估，因此，若是探測車回傳資料相對於路網實際車流狀況之代表性不足時，預測結果即可能產生相當大的誤差。模式所得之預測結果為下一時階內車輛通過預測路段之旅行時間期望值，以探測車在路網中之路徑選擇行為隨機過程，在預設探測車比例為 6% 之條件下，假設對於某一路段在某一時階下僅取得一輛探測車之回傳資料，而該探測車由於左轉之車流行為在號誌路口受到相當嚴重的延滯，則所回傳之資料將與整體車流通過該路段之旅行時間產生大幅的落差。根據模擬樣本中，所有探測車所回傳之旅行時間資料呈現圖 4.8 之分佈。

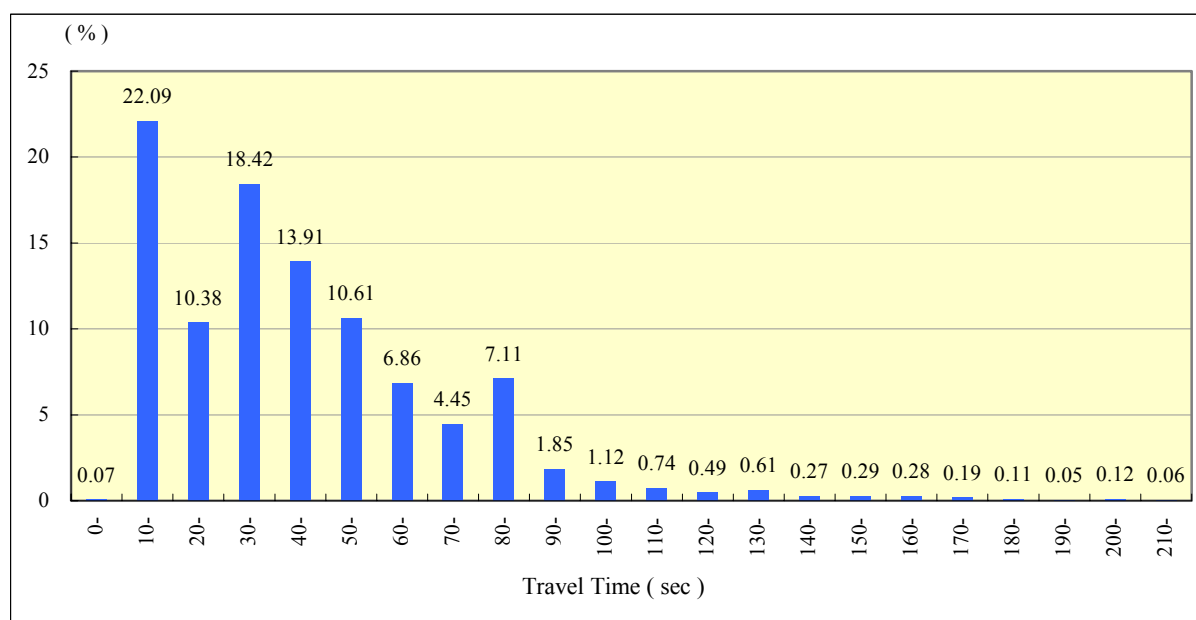


圖 4.8 探測車回傳路段旅行時間分佈

在原先的作法中，當預測路段在某一時段內無探測車通過，亦即無路段旅

行時間資料回傳，則系統中即以該路段之歷史資料取平均值帶入演算。為避免探測車回傳資料與整體車流狀況差異甚鉅者，本研究就回傳資料中偏異較大者 (Outlier) 進行表列之處理過程：

表 4.4 Outlier 資料處理方法

回傳資料 $T_i'(l)$	資料處理方式
$T_i'(l) > 180 \text{ sec}$	$T_i'(l)$ 不計入演算資料
$84.60 \text{ sec} < T_i'(l) < 180 \text{ sec}$	$T_i(l) = 0.1 \times T_i'(l) + 0.9 \times \bar{T}_i(l)$
$56.71 \text{ sec} < T_i'(l) < 84.60 \text{ sec}$	$T_i(l) = 0.2 \times T_i'(l) + 0.8 \times \bar{T}_i(l)$

其中 $T_i'(l)$ 為探測車回傳之平均路段旅行時間； $\bar{T}_i(l)$ 為路段旅行時間之歷史平均值； $T_i(l)$ 為最後帶入模式演算之數據。一般對於 Outlier 檢查方式係透過資料分佈型態之假設，以某一項賴區間水準外之資料為 Outlier。圖 6-12 所示，本研究模擬之探測車回傳資料並無一明顯之機率分佈型態。根據圖 6-12，研究中透過內插法求得 90% 和 80% 的資料單尾分佈臨界 84.60 sec、56.71 sec，令回傳資料落在 80% 資料分佈區間之外者為 Outlier，並以其中再依偏異程度之不同進行表 6.4 所示之資料處理，對於偏異較大者 ($> 180 \text{ sec}$) 即予以剔除；餘者，則依資料偏異程度（對於資料之信賴程度）分別與歷史資料平均值乘上權重加總，一定程度上仍反應資料之特性，唯將其偏異程度加以調和。

將探測車回傳資料經過上述處理之後，以前一小節預測模式 mode 2 進行演算，預測結果如圖 4.9、4.10、4.11 所示。

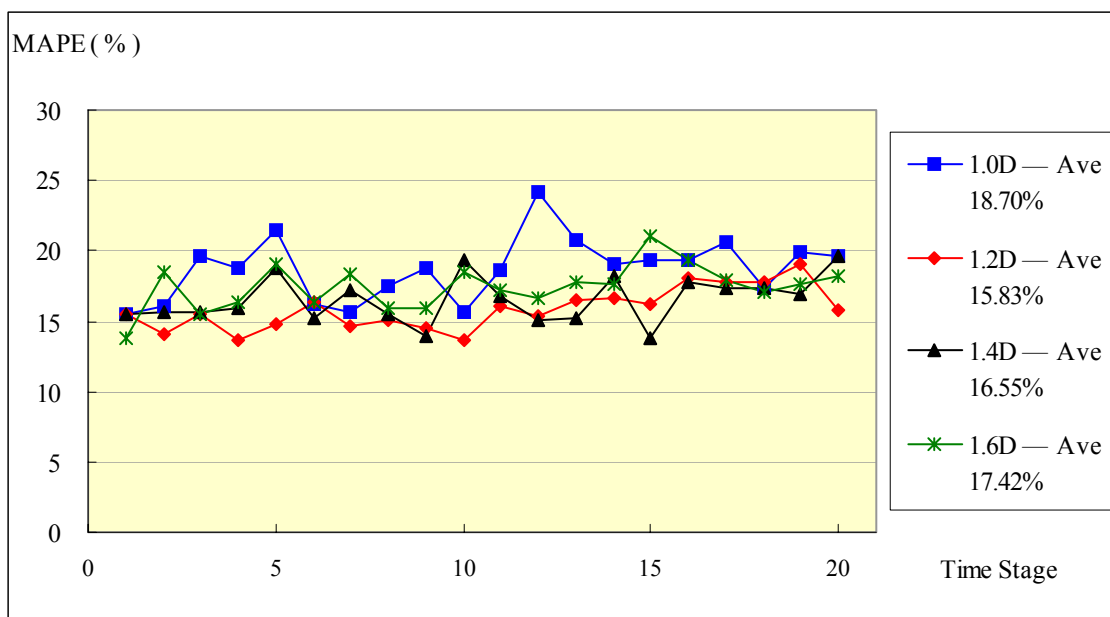


圖 4.9 模式預測 MAPE 值 (Outlier 處理後)

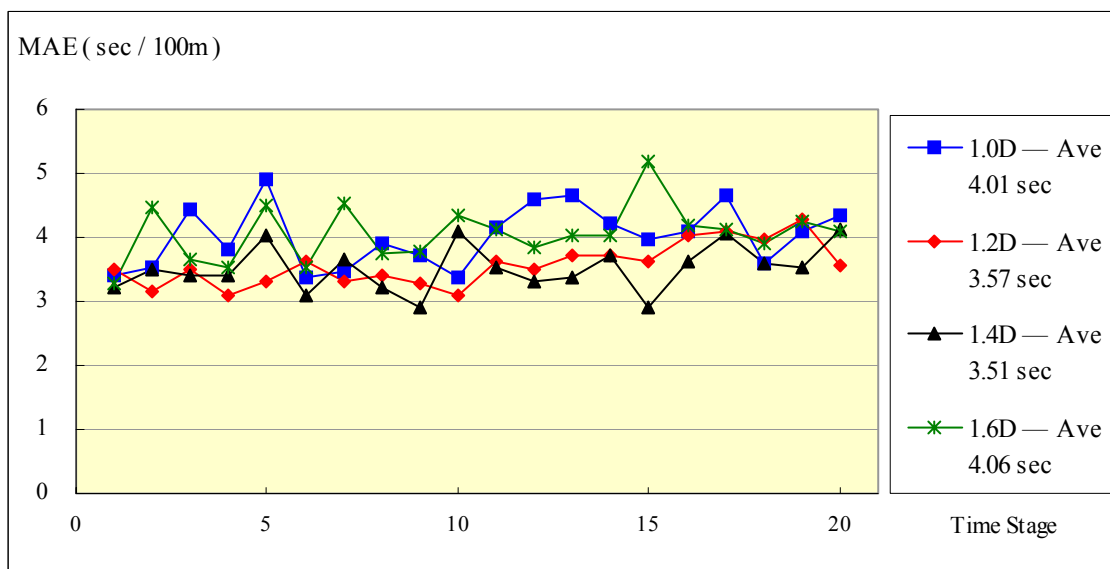


圖 4.10 模式預測 MAE 值 (Outlier 處理後)

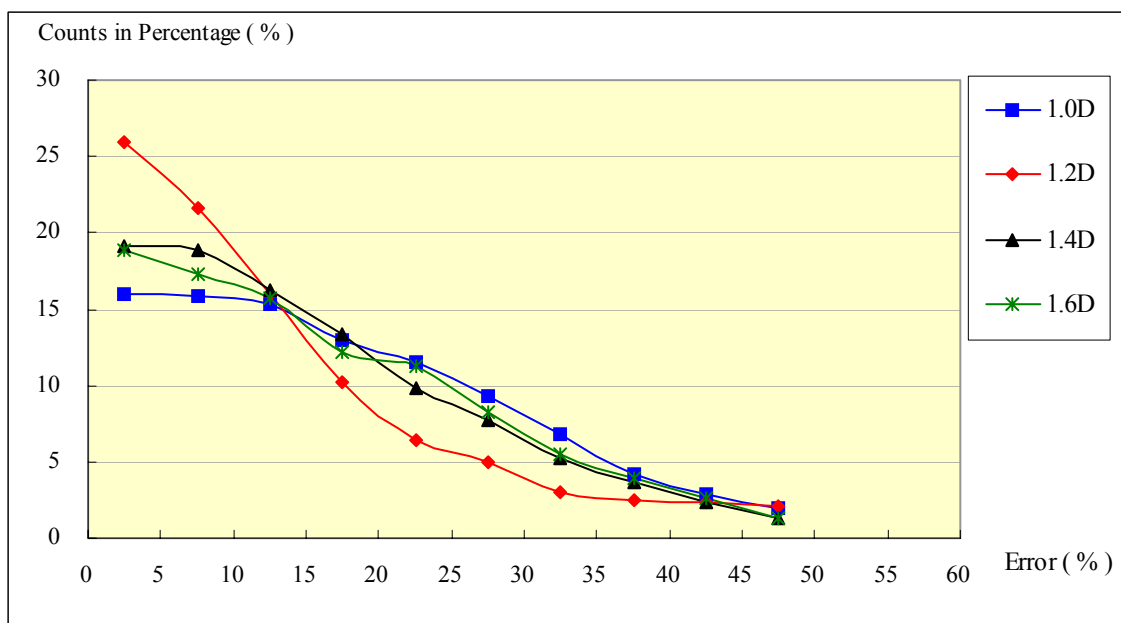


圖 4.11 預測誤差分佈 (Outlier 處理後)

依圖 4.9 所示，對於路網總需求 1.2D、1.4D，經過資料處理後，預測結果之 MAPE 值有較顯著之改善，分別再提昇至 15.83%、16.55%。圖 4.11 之預測誤差分佈與圖 4.3、4.6 之資料線形差異不大，將其表示以 (0%-20%-50%) 之資料分佈區間，得到表 6.5：

表 4.5 (0%-20%-50%) 預測誤差分佈 (Outlier 處理後)

Error (%)	1.0D	1.2D	1.4D	1.6D
0~20	60.21	73.79	67.65	64.13
20~50	36.65	21.45	30.10	32.78
>50	3.14	4.77	2.25	3.10

相較於表 4.2，對於不同路網總需求之模擬案例，所得預測誤差大於 50%之比例皆更行下降至 5%。預測誤差在優良預測範圍內 (0%~20%) 之比例亦有所提昇。將資料處理前 (w / DP) 後 (w / o DP) 之預測表現加以總整，得到表 4.6：

表 4.6 資料處理前後模式預測結果比較

Total Demand	Mode	MAPE (%)	MAE (sec / 100m)	R (sec / 100m)	S (sec)
1.0D	w/ DP	18.78	4.01	44.06	5.63
	w/o DP	18.70	4.01	26.99	5.61
1.2D	w/ DP	17.94	4.14	24.38	3.57
	w/o DP	15.83	3.57	19.27	3.36
1.4D	w/ DP	19.24	3.95	23.39	5.14
	w/o DP	16.55	3.51	33.89	4.68
1.6D	w/ DP	17.84	4.06	26.67	5.13
	w/o DP	17.42	4.06	43.42	4.89

來源資料經過上述之資料處理程序，所得之模式預測結果在各個特性面的呈現上皆較未經處理之資料來源為佳，唯針對路網總需求 1.4D 和 1.6D 之模擬案例中，在模式穩健性方面，其預測最大誤差反有較大之跳昇。

4.1.4 敏感度分析與探測車佔有率之探討

為檢視探測車回傳資料與整體車流狀態之間差異對於模式預測準確度之影響，本研究將模擬案例中，整體車流通過各路段平均旅行時間帶入預測模式中進行驗證，對於路網總需求 1.0D、1.2D、1.4D、1.6D 所得預測結果 MAPE 值分別為 7.32%、4.68%、5.32%、5.94%，依 Lewis 之評估準則皆為高精準預測範圍之內。是以，推論預測模式本身之預測能力良好，然而基於探測車回傳資料之於整體車流資料之代表性有所限制，由回傳資料於實際車流資料間之差異，相當程度地影響預測結果之準確度。將探測車回傳資料與軟體模擬整體車流資料間之誤差表示為 E_{prob} ，

$$\text{MAPE} = \frac{1}{(\text{Total})} \sum \sum \left| \frac{T'_i(l) - T_i(l)}{T_i(l)} \right| \quad (\text{式 } 4.4)$$

其中 $T'_i(l)$ 為探測車所回傳平均路段旅行時間； $T_i(l)$ 為系統模擬下整體車流通過路段之平均旅行時間； $(Total)$ 為每次預測資料總筆數。將各模擬案例中，預測結果誤差 MAPE 之 E_{prob} 描繪於圖 4.12，以三次方曲線對資料點進行回歸，得到圖中所示之曲線方程式。在圖示 E_{prob} 範圍內，約略可將曲線之線形劃分為兩個斜率區間，依圖中所示，其斜率變化之分界點約略在 $E_{prob} = 46\%$ ，即暗示對於預測模式，當探測車回傳資料與實際車流資料誤差大於 46%，預測準確度即可能以較快的速度發散；而對於 $E_{prob} < 46\%$ 之演算資料（可能是經過資料處理後所得），模式預測準確度將會隨 E_{prob} 之下降呈一平緩之提昇。

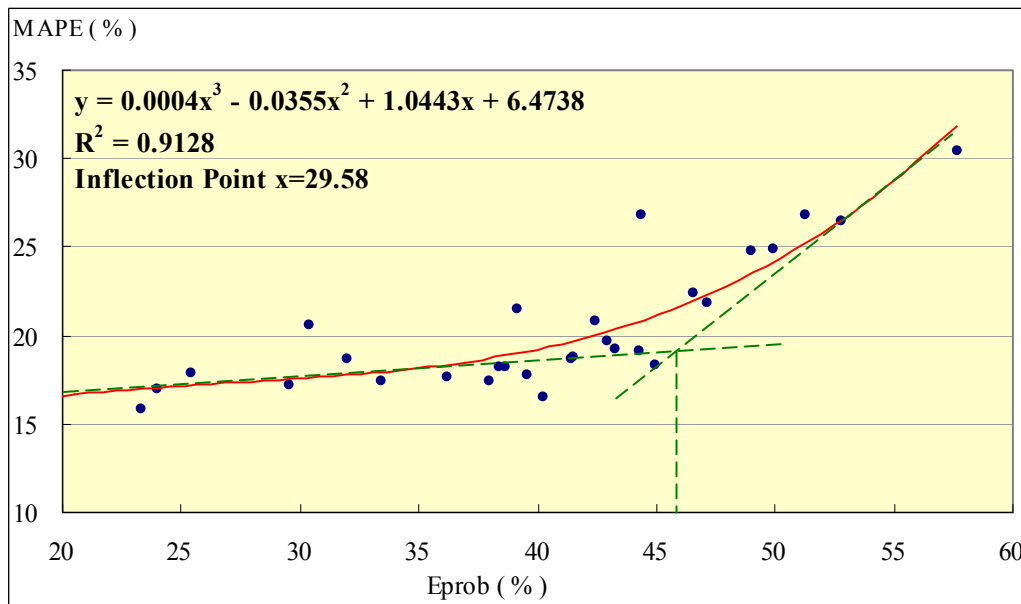


圖 4.12 MAPE 對 Eprob 分佈圖

根據上述，本研究以路網總需求 1.2D 之模擬案例進行探測車在整體車流佔有率 P_{prob} 之敏感度分析，由 1%-15%，以 1% 為級距進行調動，得到個別資料在資料處理前後所對應之 E_{prob} 和 MAPE 值，如圖 4.13、4.14 所示。

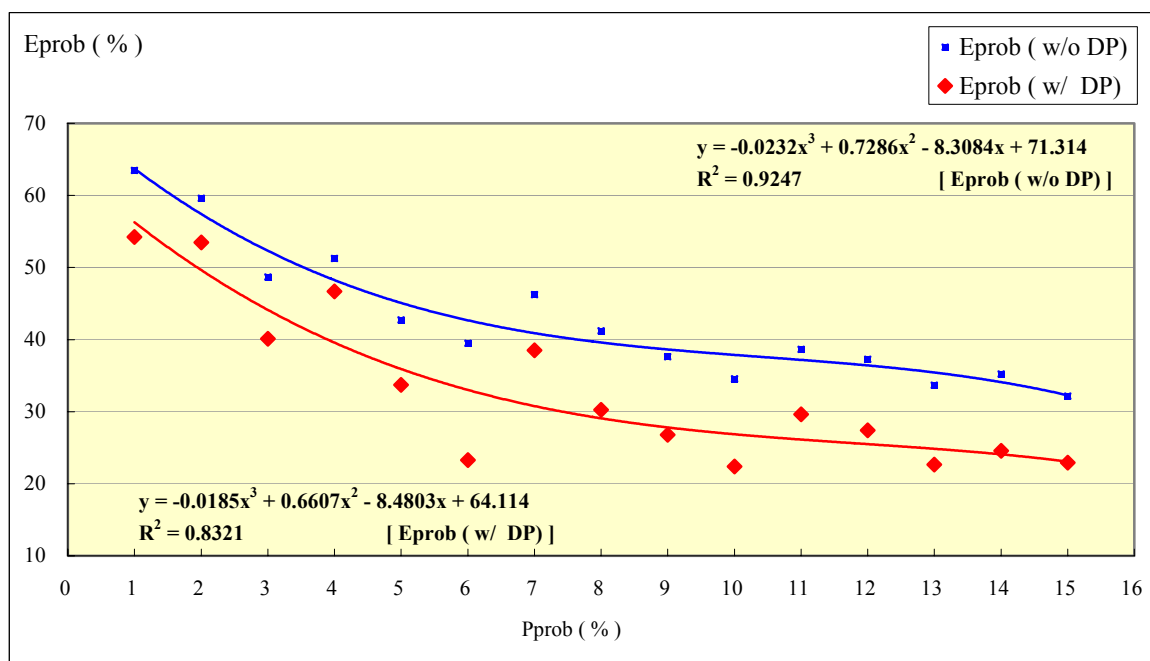


圖 4.13 資料處理前後 E_{prob} 對 P_{prob} 之分佈圖

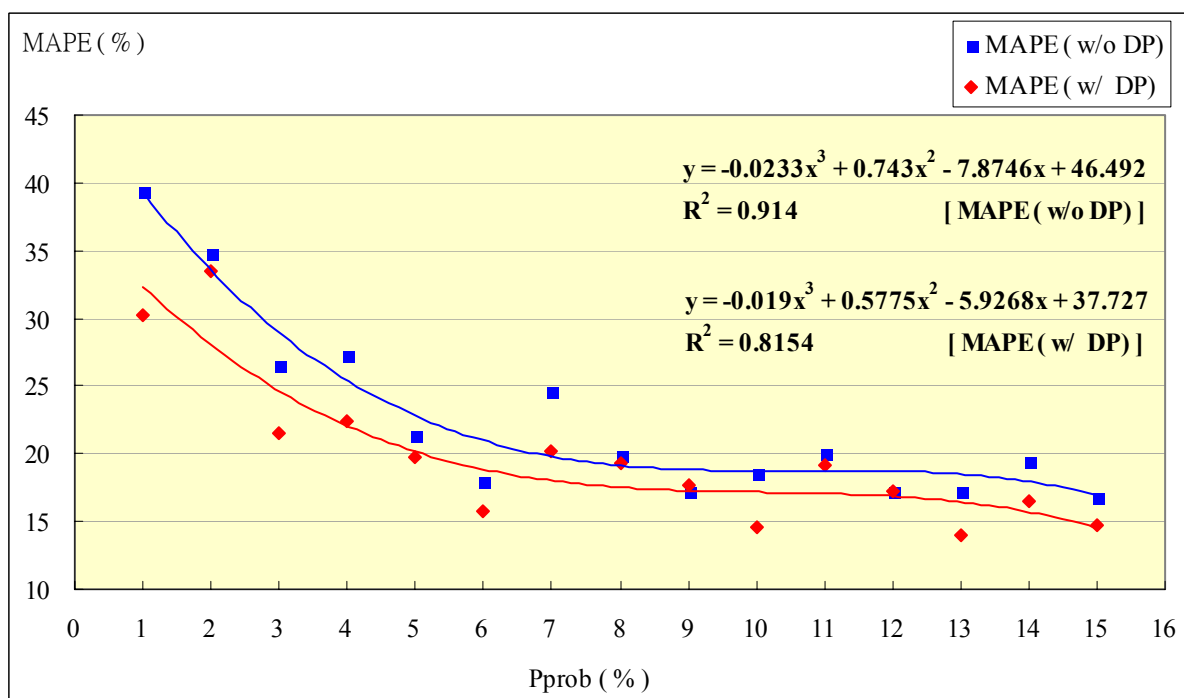


圖 4.14 資料處理前後預測 MAPE 值對 P_{prob} 之分佈圖

圖 4.13、4.14 所示， E_{prob} 和 MAPE 之於 P_{prob} 皆可透過三次曲線回歸求得之間相關性。 $P_{prob} \geq 5\%$ 之後，未經處理之回傳資料 E_{prob} 值即已小於 46%、MAPE

略高於 20%；並且，在 $P_{\text{prob}} \geq 6\%$ 之模擬案例中，預測結果 MAPE 會趨向一穩態，隨 P_{prob} 值之增加，再難有更為顯著之準確度提昇，此係由於探測車之資料回傳本身具有高度之隨機性。當資料 P_{prob} 值低於 6 時回傳資料量不足，資料品質容易受到部分過度偏異資料所影響；資料 P_{prob} 值大於等於 6，隨著 P_{prob} 值之提昇，應可預期較能代表整體車流之探測車回傳資料，然而依本研究所提出之資料系統作法，對於無探測車通過之路段系直接以歷史資料平均值帶入，由於 P_{prob} 值提昇，原先無探測車通過之路段探測車通過之機率提高，若是以一輛探測車通過該預測路段，並受到較嚴重之延滯，反而較原本之歷史資料平均值對於預測準確度造成不利之影響，消長之間，是以準確度難有顯著之提昇，須以探測車之佔有率再行提昇至某一水準，方得以對於整體車流具有較佳之代表性。

此一結果與 Sen, A. (1997) 之研究結果大致符合，其係謂一固定時間內，對於探測車行經路段之平均旅行時間變異數並不會隨著探測車輛的佔有比例和樣本數的增加而趨近於零，其變異可寫成 $a + (b / n)$ ， n 為系統中探測車數量， a 、 b 則是路段之特定參數，一般狀況下 a 不為零。是以，隨著 n 之增加路段平均旅行時間之變異數會減小但不會趨近於零。Sen, A. 等人之研究結果係針對個別路段觀測所得，在整體路網下，若是將處理前資料以此一關係式進行回歸分析則可得到回歸式如下：

$$E_{\text{prob}} = 35.281 + 33.952 / P_{\text{prob}} \quad (\text{式 } 4.4)$$

回歸式中 $R^2 = 0.788$ 、自由度為 13、F 值為 48.25。顯示本研究之模式預測結果並與 Sen, A. 等人研究之結論相符合。

4.2 動態旅次 OD 推估模式之數值演算

4.2.1 路網下旅次 OD 系統與路徑流系統

在所建構之路網之下，東西、南北向各十條幹道之交錯形成 100 個路口節點，若是將每一節點皆視為旅次之起訖點進行動態 OD 推估演算，即有 100×99 組旅次 OD 對，加以每一組 OD 對之下的路徑選擇，其演算資料量過於繁複而龐大，勢必有所不可能；並且，如此細緻之 OD 旅次矩陣推估在實務上並無太大意義，或反造成應用上之困擾。是以本研究擬將依所設計之路網型態和旅次產生點佈設，將路網系統劃分為 9 個交通分區（圖 4.15 所示，白線 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 所區隔），以進行各交通分區間旅次分佈型態之動態推估。

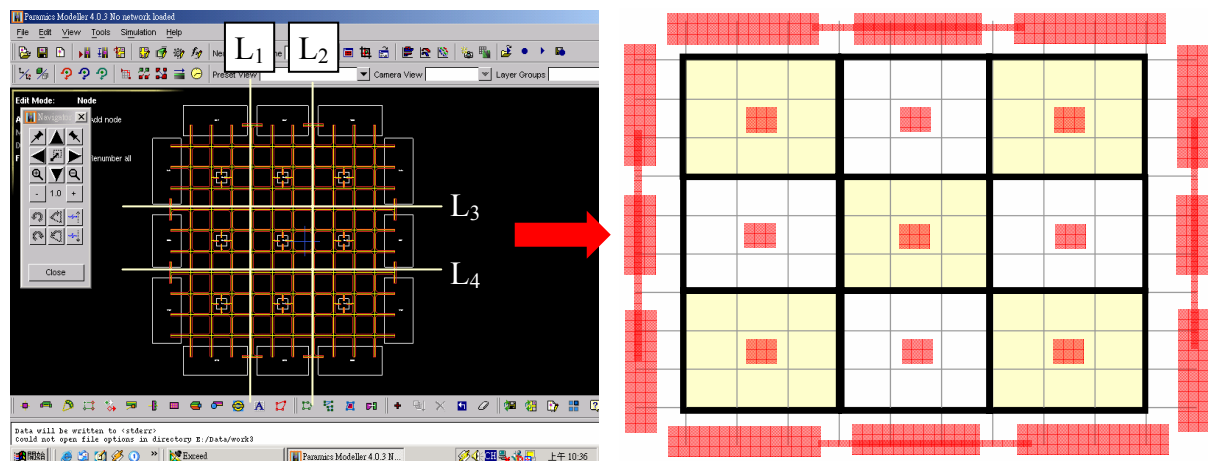


圖 4.15 路網系統交通分區示意圖之 1 (轉換為右圖中黑色粗框線所區分出之區域，右圖中陰影部分則為元系統中所設定旅次產生區域)

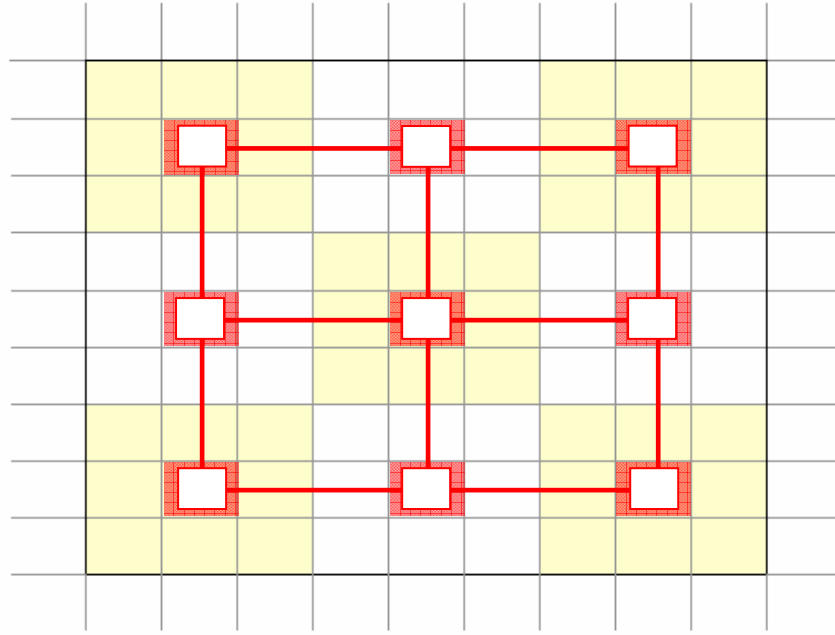


圖 4.16 路網系統交通分區示意圖之 2(a)

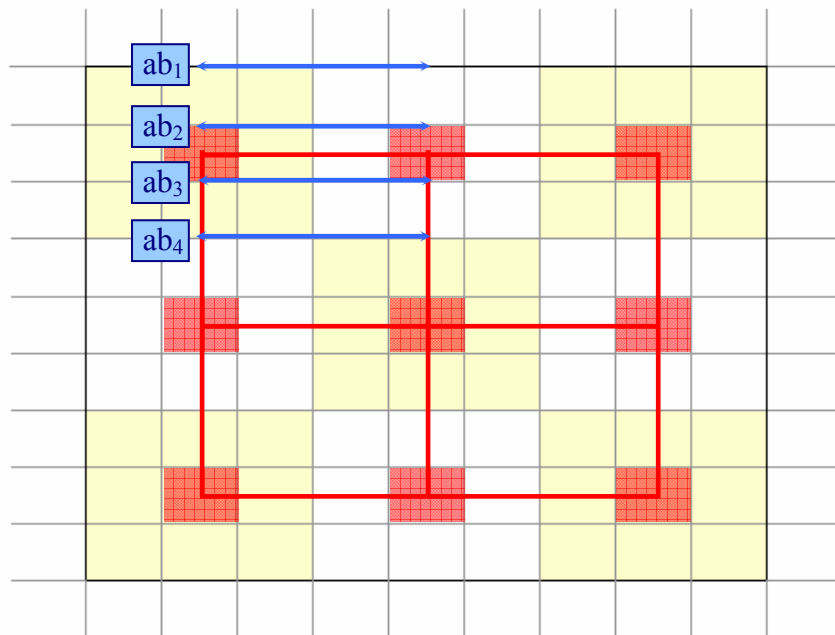


圖 4.17 路網系統交通分區示意圖之 2(b)

再行假設交通分區之旅次產生點於分區中心 (centroid)，即如圖 4.16 所示。依此，9 個交通分區，A、B、C、D、E、F、G、H、I，則有 $9 \times 8 = 72$ 組旅次 OD 對。在旅次路徑選擇部分，根據 Bonsall et al. (1997) 之研究，一般而

言，以 3、4 條路徑即可含括一 OD pair 下絕大部分的路徑選擇可能，至多，6、7 條路徑。本研究，在簡化為 9 個交通分區之後，即如圖中紅線所示，可將系統視為一「田」字型之簡單路網，包含雙向 24 條路段。假設系統中駕駛人對於路徑之選擇僅考慮捷徑（即不包含繞道行為），並且以簡單路網下轉向行為小於三次，依此，可將路網系統中所有的旅次 OD 和路徑選擇型態歸納於表 6.7，依表中所列，此依路網系統下，72 組旅次 OD 對中又包含了 132 種的路徑選擇。

表 4.7 各旅次產生點對應之路徑選擇型態

Origin A	Origin B	Origin C	Origin D	Origin E	Origin F	Origin G	Origin H	Origin I
AB	BA	CBA	DA	EBA	FCBA	GDA	HEBA	IFCBA
ABC	BC	CB	DAB	EDA	FEBA	GDAB	HEDA	IFEDA
AD	BAD	CBAD	DEB	EB	FEDA	GDEB	HGDA	IHEBA
ABE	BED	CBED	DABC	EBC	FCB	GHEB	HEB	IHGDA
ADE	BE	CFED	DEBC	EFC	FEB	GDABC	HEBC	IFCB
ABCF	BCF	CBE	DEFC	ED	FC	GDEFC	HEFC	IFEB
ABEF	BEF	CFE	DE	EF	FED	GHEBC	HIFC	IHEB
ADEF	BADG	CF	DEF	EDG	FE	GHIFC	HED	IFC
ADG	BEDG	CBADG	DG	EHG	FEDG	GD	HGD	IFED
ABEH	BEHG	CBEHG	DEH	EH	FEHG	GDE	HE	IHED
ADEH	BEH	CFEDG	DGH	EFI	FIHG	GHE	HEF	IHGD
ADGH	BCFI	CFIHG	DEFI	EH	FEH	GDEF	HIF	IFE
ABCFI	BEFI	CBEH	DEHI		FIH	GHEF	HG	IHE
ADGHI	BEHI	CFEH	DGHI		FI	GHIF	HI	IF
ABEHI		CFIH				GH		IHG
ADEFI		CFI				GHI		IH

此外，在各交通分區間之旅行時間則是依 4.1 小節所求得路段旅行時間，取交通分區中心點間平均路段旅行時間，如圖 4.17 所示，交通分區 A 至 B 之

旅行時間即取 4.1 小節計算所得路段 ab_1 、 ab_2 、 ab_3 、 ab_4 之平均旅行時間代入演算。在 A、B 間之車流量則是為通過其交通分區邊界 (Cordonline) 各路段之車流量加總。

4.2.2 案例演算

依上述條件，以 3.2 小節所建立之動態旅次 OD 推估模式和卡爾曼濾波器之遞迴演算流程進行案例之演算。依圖 3.3 所示，演算流程先由 (式 3.17) 求得增益矩陣 $\mathbf{K}$ ，再行求算(式 3.18)、(式 3.19)，最後透過 (式 3.15) 預測下一時段各路徑車流量。案例演算中仍舊以 15 分鐘為時階長度，先行以預設一時階內之路網總需求平均分配至各路徑選擇， c_{kt} 項則全數以 1 帶入，以為初始條件 $\bar{\mathbf{F}}(0|-1) = \bar{\mathbf{F}}(0)$ ，矩陣大小為(264×1)之系統狀態矩陣； $\mathbf{P}(0|-1)$ 則是以 (132×132) 之單位矩陣 $\mathbf{I}_{132}$ 帶入。 $\Psi^T(\bar{\mathbf{F}}(t|t-1))$ 之矩陣大小為 (24×264)，其中個別元素 τ_{li}^{ki} 則必須透過表 3.9 所有路徑對於個別路段之到達率分配以 (式 3.9b) 計算求得。譬如，對於路徑 CBEHG 即需計算其對於路段 CB、BE、EH、HG 之個別到達率，其中由於 4.1 小節所得之路段旅行時間即已包含路口號誌延滯，是以對於路徑 CBEHG 之路徑旅行時間即以路段 CB、BE、EH、HG 之平均旅行時間加總即可，。依此完成 132 條路徑之計算即可求得，

$$\Psi(\bar{\mathbf{F}}(t)) = \begin{bmatrix} \tau_{l_1 t}^{k_1 t} & \tau_{l_1 t}^{k_2 t} & \cdots & \tau_{l_1 t}^{k_K t} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \tau_{l_2 t}^{k_1 t} & \tau_{l_2 t}^{k_2 t} & \cdots & \tau_{l_2 t}^{k_K t} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tau_{l_L t}^{k_1 t} & \tau_{l_L t}^{k_2 t} & \cdots & \tau_{l_L t}^{k_K t} & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

根據計算所得結果，每一時階下出發之路徑車流，至多對於該時階及下一時階之路段流量有所貢獻，及至第三時階，路徑車流對於各路段之到達率皆已

小於 0.1%，系統中即以忽略不計。 $\Phi(\mathbf{F}(t|t))$ 為一 (264×264) 之矩陣，其內容則依 (式 3.13) 將個別元素值帶入。

$$\Phi(\mathbf{F}(t)) = \begin{bmatrix} \hat{c}_{(k_1)t} & 0 & \cdots & 0 & \bar{F}_{(k_1)t} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \hat{c}_{(k_2)t} & \cdots & 0 & 0 & \bar{F}_{(k_2)t} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \hat{c}_{(k_K)t} & 0 & 0 & \cdots & \bar{F}_{(k_K)t} \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

此外，演算過程中系統殘差和觀測殘差皆假設為 5%，以此計算 $\mathbf{R}_1$ 、 $\mathbf{R}_2$ 。

根據上述之演算流程，本研究在動態旅次 OD 推估案例演算部分同樣針對路網總需求 1.0D、1.2D、1.4D、1.6D 之模擬過程進行 20 個時階的試算。由於演算過程中，模式主要係透過路段流量對於路徑車流量進行最佳化之分配，對於一組 OD 對而言，若是其中出現路徑車流量為負而 OD 流量不為負之狀況，即仍以演算所得為推估結果；若是所得 OD 流量為負，該一組 OD 對流量推估結果則以 0 計。如表 6.8 所示，對於 OD 對 AF，依表 4.9 所示，其係包含了 ABCF、ABEF、ADEF 三種路徑選擇，若是其路徑流量分別為 10veh、-3veh、5veh，OD 對 AF 在推估時段之車流量仍是以 12veh 計。若是以 OD 對 AB，系統中假設僅存在單一路徑 AB，若是推估所得路徑流量為負，則 OD 旅次量計為 0。

表 6.8 OD 旅次量與路徑流量計算例

OD	AF	Traffic Counts (veh)	OD	AB	Traffic Counts (veh)
Route	ABCF	10	Route	AB	-1.32
	ABEF	-3			
	ADEF	5			
Total Counts		12	Total Counts		0

4.2.3 演算結果分析

Paramics V.4.0 內部對於旅次 OD 之分配主要係由軟體操作者設定路網系統下每一小時之 OD Table，軟體逕行透過其內部之演算邏輯分配此一小時內每一組 OD 對之旅次產生。本研究之目的在於透過動態旅次 OD 推估模式之建立，得以經由可行之演算流程推估系統旅次 OD 分佈之動態變動，進而應用於交通參數之預測和動態控制，強調模式基於資料擷取系統對於系統狀態之描述能力，並不一定符合於模擬軟體內部之演算邏輯。是以，針對動態旅次 OD 推估部分，本研究僅針對模擬案例進行一試算之過程，而非透過模擬軟體所呈現之內部旅次 OD 分配結果對推估模式進行驗證。

對於演算結果之分析，本研究則是將每一時階下所預測之系統狀態矩陣帶入 $Q(t) = \varphi(F(t), t) + V(t)$ (式 3.11) 以求得每一時階之路段流量預測，再與所偵測之路段流量進行比對，以對於推估模式在系統的描述能力進行評估。根據本研究之試算結果，由所推估之旅次 OD 計算求得之路段流量與量測值之間存在誤差如圖 4.18、4.19 所示。圖 4.18 中之資料點代表每一時階下各路段預測車流量之平均誤差；圖 4.18 中資料點所示則是每一時階下 24 個路段（亦即鄰接交通分區間之車流量）預測車流量誤差之加總。圖中所示，對於路段車流量預測之誤差，隨時階之推移並無明顯之變動趨勢或規則，唯其 MAPE 值皆控制於 15% 之內，表示本研究所提出之動態旅次 OD 推估模式，具備良好之系統描述能力。

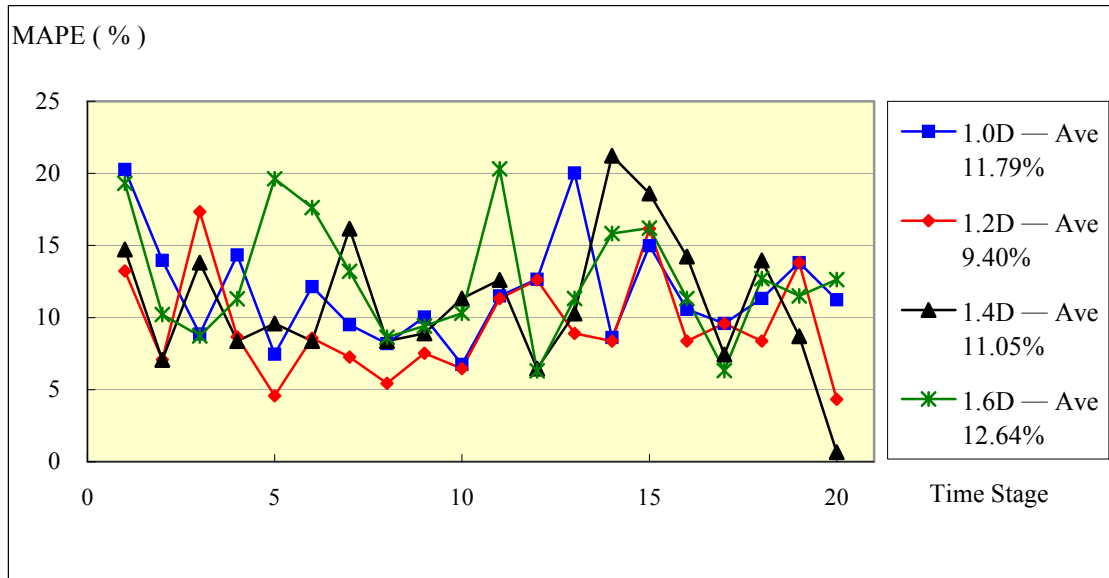


圖 4.18 推估旅次 OD 反應於路段流量之 MAPE 值

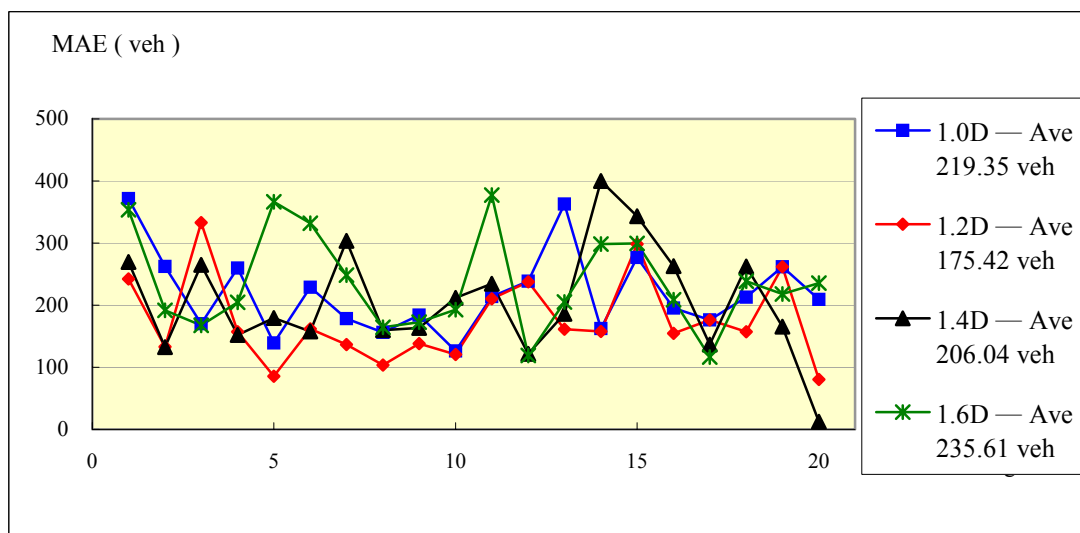


圖 4.19 推估旅次 OD 反應於路段流量之 MAE 值

第 5 章 結論與建議

5.1 結論

總整本研究之內容，分別以資料擷取系統架構、數學模式構建、驗證分析和未來應用四個層面進行重要結論之闡述。

◆ 資料擷取系統架構

1. 本研究所提出交通資訊擷取系統主要係針對市區路網系統下之動態交通資訊擷取，其核心概念即在於結合主動式和被動式之資料擷取機制，以廣泛而完整地反應市區路網下交通流狀態之動態變化。主動式交通資料擷取系統以探測車為主，藉以取得交通流資料「動線」之表現；被動式交通資料擷取系統則以路測偵測器為主，藉以偵測交通流在各「定點」之狀態呈現。
2. 對於探測車為主之主動式交通資料擷取系統，本研究規劃以計程車作為探測車車隊之主要來源，於車輛上安裝車機、GPS 定位儀、無線通訊系統等車載單元，藉由其準大眾運輸系統之特性，長期而穩定地回傳即時交通資料至一交通資訊中心 (TMIC)。
3. 探測車主要之回傳資料為車輛行經各路段之路段旅行時間，並且以空車之計程車，基於其尋客之駕駛行為較異於一般車輛，是以系統中僅考慮以載客之計程車回傳資料為有效。
4. 本研究中所考慮被動式交通資料擷取系統係以環狀線圈為主，進行路段車流量之偵測，並透過路口車流量資訊支援轉向分配之相關估測。

◆ 數學模式構建

1. 本研究主要提出路段旅行時間預測和動態旅次 OD 推估兩個數學模式，

係根據資料擷取系統所取得之資料來源，進行市區棋盤型路網下大規模交通流參數之演算。

2. 路段旅行時間預測模式主要係參酌 Jarjees & Drane 的公車旅行時間預測模式，透過路段旅行時間歷史資料和鄰接路段影響，構建時間與空間關係上之線性方程式，並透過最小平方法進行遞迴求解。
3. 預測所得之路段旅行時間即涵蓋車量通過預測路段所有延滯因素，包含路口號誌延滯。
4. 本研究所提出之動態旅次 OD 推估模式並不根據可靠動態交通量指派模式之假設，而是直接考慮各 OD 旅次下涵蓋之所有路徑選擇，透過路徑旅行時間進行路徑車流對於路段到達率之分配。唯市區路網下可選擇路徑繁多，為避免過於繁複之資料演算量，可將複雜之路網形式以交通分區之概念呈現，以求可行之模式演算流程。
5. 動態旅次 OD 推估模式中係以路徑車流量為系統狀態變數，並以其所反應之路段車流分別建立非線性之系統狀態方程式和系統觀測試，以推廣卡爾曼濾波器進行遞迴演算。

◆ 驗證分析

1. 本研究透過模擬軟體 Paramics V4.0 對於四種不同路網總需求下之案例，進行模式之校估和驗證，模擬系統本身並不強調與真實交通系統全然符合，而是期以透過驗證過程檢視模式對於系統狀態之描述能力。
2. 在路段旅行時間預測模式中，透過準確性、強健性和穩定性之評估顯示，路段旅行時間歷史資料之時間記憶長度在現行模式之回歸校估過程中，對於模式準確度並無顯著影響；在空間之回歸關係上，同時考慮路段上下游路口之鄰接路段則明顯較單考慮路段上游路口部分有較佳之預測表現。
3. 由於探測車回傳資料本身具有相當程度之隨機性，由演算過程中顯示，

將回傳資料中大於一個路口號誌週期者予以剔除；偏異較高者並與歷史平均資料以不同權重比例進行調和，可使預測結果得到較為準確之表現。

4. 經過資料處理，針對不同路網總需求下進行系統預測，最後所得之路段旅行時間預測結果其 MAPE 值介於 15~19%之間，根據 Lewis 之評估準則，本研究對於模式預測結果表示滿意；每 100 公尺 MAE 值介於 3.5~4.1 秒之間；預測結果誤差超過 50%之資料筆數在 5%之內；60%以上之預測結果皆在優良預測之範圍內。
5. 根據演算結果顯示，探測車回傳資料之於模擬車流整體之代表性與預測準確度間呈現正向之相關，之差異程度與預測誤差呈正向相關，當回傳資料對實際車流之差異超過 46%，預測結果之 MAPE 值會快速地發散。因此，研究中對於路段旅行時間預測模式，以路網系統中之探測車佔有率進行敏感度分析，結果顯示，在探測車佔有率到達 5%以上，回傳資料對實際車流之差異即會縮減在 46%以下；並且在佔有率達到 6%以上，預測誤差之於探測車佔有率提昇之變動會漸趨平緩。
6. 對於動態旅次 OD 推估模式，本研究主要係根據模擬結果進行案例之試算，並透過所推估旅次 OD 反應在路段流量之推估值檢視模式之合理性，試算結果顯示，根據旅次 OD 推估所得之路段流量預測誤差 MAPE 值在 15%之內，是以評估模式之推估結果為合理。

◆ 未來應用

1. 本研究所提出之預測模式主要係針對都市地區棋盤型路網，然而，由於模式之基本概念為空間、時間向度之動態回歸過程，應不受限於特定之路網型態。透過資料庫與資料演算矩陣之調整，應仍可適用於不同之路網型式。
2. 配合目前日益普遍之計程車即時派遣系統，本研究期以透過既有之系統平台，結合本研究所提出之交通資訊擷取系統，以建立一交通資訊中心，

並透過預測模式之演算，支援 ITS 系統下 ATMS、ATIS 系統之運作。

5.2 建議

1. 本研究之模式構建係假設路網中所有路段皆裝置有環狀偵測器，並且每一時階下路段流量皆為可得，然而，考慮偵測器佈設、維護之成本，大規模路網下遍及每一路段之普遍佈設勢必有所難處。在實作應用上可於資料庫系統中重行規劃路段節點，將數個直線連接路段劃歸為同一路段，俾使系統之運算仍符合於模式之假設，唯重行規劃後之單一路段中若包含若干號誌控制路口，其所之於路段旅行時間影響必須再行進一步評估。
2. 車流在市區路網所遭遇延滯來源中以路口號誌控制最為主要，並且對於車輛通過路段之平均旅行時間有最大影響，接續之研究工作中，可將探測車回傳資料依車輛通過路段上下游路口轉向模式（參見圖 5-1 所示）先行分層處理，預測各種轉向模式下之路段旅行時間，再透過各別車流量之分配進行權重加總，應可更進一步提昇模式預測之準確度。此外，研究中模擬案例皆為垂直相交、雙時相之簡單路口，在較複雜之時相變化下，其所影響之車輛路口延滯應仍可反應於回傳資料之中，唯對於圓環等更為複雜之路口型式，應進行更進一步之分析。
3. 一般而論，都市地區路網系統下之車流資料會依每日晨峰、昏峰特性，一定程度上呈現某一週期之變化，以及期間若干之擾動過程。本研究中，限於模擬軟體之最長模擬時間為 24 小時，並且模擬過程中係以固定之路網需求進行模擬，此一長期之資料變動趨勢不易取得。建議在接續之研究工作中可透過模擬程式之改良或從實測資料中進行分析，以結合長期資料變動趨勢於即時動態預測系統之中，或可再行提昇預測準確度。

參考文獻

中文部分

1. 中華顧問工程司，車輛偵測器，2001。
2. 交通大學運輸研究中心，以匝道收費系統為基礎之整合性動態交通量預測及收費策略，交通部國道新建工程局，2001。
- 3.
4. 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學系碩士班碩士論文，2001。
5. 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，台灣大學土木工程學研究所交通工程組博士論文，1996。
6. 李穎，類神經網路應用於國道客運班車旅行時間預測模式之研究，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，2002。
7. 明寰資訊，Visual Basic 6.0 中文版學習手冊，基峰資訊股份有限公司，1999。
8. 林士傑，高速公路旅行時間預測模式之研究-類神經網路之應用，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，2001。
9. 胡守任，智慧型運輸系統基礎理論系列研究（一）－濾波理論應用於流量倒推旅次起訖量及車流密度之推估，交通部運輸研究所，2001。
10. 郭中天，公車到站時間暨複和路線旅行時間預估模式之研究，台灣大學土木工程學研究所交通工程組碩士論文，2003。
11. 曾國雄等，動態流量推估動態 O-D 方法之研究，運輸計劃季刊，第二十六卷，第四期，頁 615-638，1997。
12. 張修榕，高速公路旅行時間之研究，中央大學土木工程學研究所碩士論文，2001。
13. 張智星，Matlab 程式設計與應用，清蔚科技股份有限公司，2000。

14. 韓曾晉，適應控制系統，科技圖書股份有限公司，44-57 頁，1992。

英文部分

1. Chang, G. L. and Wu, J.F., “Estimation of Time-Varying Origin-Destination Distributions with Dynamic Screenline Flows”, Transportation Research Part B, Vol.30B, No. 4, pp.277-290, 1996.
2. Chang, G. L. and Wu, J.F., “Recursive Estimation of Time-Varying Origin-Destination Flows from Traffic Counts in Freeway Corridors”, Transportation Research Part B, Vol.28B, No. 2, pp.141-160, 1994.
3. Chang, G. L. and Tao, X.D., “An Integrated Model for Estimating Time Varying Network Origin-Destination Distributions”, Transportation Research Part A, Vol. 33, No. 5, pp. 381-399, 1999.
4. Chang, T. H. and Li, Z. Y., “Optimization of Mainline Traffic via An Adaptive Co-ordinated Ramp-Metering Control Model with Dynamic OD Estimation”, Transportation Research Part C, Vol. 10, No. 2, pp. 99-120, 2002.
5. Dipl.-Ing. Frank Offermann Heusch and Boesefeldt GmbH, Aachen, “Fusion of Local Traffic Data and Floating Car Data for Travel Speed Estimation by A Neuro Fuzzy Approach”, 8th World Congress on ITS 30, 2001.
6. Fu, L. and Rilett L. R., “Expected Shortest Paths in Dynamic and Stochastic Traffic Networks”, Transportation Research Part B, Vol.32, No. 7, pp.499-516, 1998.
7. Hamerslag, R. and Immers, B. H., “Estimation of Trip Matrices: Shortcomings and Possibilities for Improvement”, Transportation Research Record 1203, pp. 27-39, 1988.
8. Han, J. and Kamber, M., “Data Mining Concepts and Techniques”, Morgan Kaufmann, 2001.

9. Hazelton, J.L., "Estimation of Origin-Destination Matrices from Link Flows on Uncongested Networks", *Transportation Research Part B*, Vol.34, No. 7, pp.549-566, 2000.
10. Hellinga, B. and Fu, L.P., "Assessing Expected Accuracy of Probe Vehicle Travel Time Reports", *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 125, No. 6, pp. 524-530, 1999.
11. Hellinga, B. and Fu, L.P., "Reducing Biased in Probe-based Arterial link Travel Time Estimates", *Transportation Research Part C*, Vol. 10, No. 4, pp. 257-273, 2002.
12. Institute of Transportation Engineers, *Traffic Detector Handbook*, 2nd edition, 1991.
13. Ivan, J.N. and Sethi, V., "Data Fusion of Fixed Detector and Probe Vehicle Data for Incident Detection", *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 13, No. 5, pp. 329-337, 1998.
14. Jarjees, F. G. and Drane, C., "Methods for Predicting Bus Travel Times Using a Signpost Positioning System", *4th World Congress on ITS Proceeding*, pp.21-24, 1997
15. Jarjees, F. G., "Prediction of Vehicle Travel Times and Traffic Conditions", a doctoral dissertation of technology of Sydney, pp. 199-230, 2002.
16. Lewis, C. D., "Industrial and Business Forecasting Method", 華泰書局, pp. 38-41, 1982.
17. Quadstone Limited, "Quadstone Paramics V4.0 Modeller User Guide", 2002.
18. Sen, A. et al., "Frequency of Probe Reports and Variance of Travel Time Estimates", *Journal of Transportation Engineering*, pp. 290-297, 1997.
19. Zhang, X.Y. and Rice, J.A., "Short-term Travel Time Prediction", *Transportation Research Part C*, Vol. 11, No. 3-4, pp. 187-210, 2003.