

第四章 模擬實驗路網之構建及資料蒐集

本章節延續研究架構及模式，主要說明模擬路網之構建與資料產生。針對PARAMIS 構建實驗路網之過程詳細說明，從相關資料之蒐集、整理、分析至估計車輛旅行時間。

4.1 車流模擬系統(PARAMICS)背景介紹

Paramics是Parallel Microscopic Simulation 的縮寫，早自1992年初，以Quadstone交通模擬有限公司為首之軟體研發小組便針對微觀交通模擬器完成了一系列的研發計劃，PARAMICS模擬器即是在其執行完成多個研發計劃後所發展出來的綜合成果。該模擬器係由英國蘇格蘭一群具有高度交通素養的專家與電腦工程師共同研發成功的微觀交通模擬器，可供模擬ITS 交通系統環境的先進微觀車流模擬器。其主體是由一群以C語言為程式語言所構成的模組，依功能而言，模組可分為網路構建與編輯模組、網路模擬模組、模擬屬性資料存取模組、以及輸出資料統計模組等四大類。其在交通控制、運輸規劃及交通工程等方面極佳的執行績效，改變了傳統模式的觀念，而PARAMICS主要的功能與特性如下所示：

1. 於模擬過程中，其模擬實體如車輛、道路幾何特性、號誌和線圈偵測器等均可藉由「圖示用者界面」所提供的功能，將之立體化呈現，使模擬情境更趨逼真。
2. 在模擬網路構建與模擬結果輸出，乃至圖示的功能上，均提供讓使用者容易接受的操作環境，故提高該模擬器於使用上之方便性。
3. 可藉由不同的執行平台，如英文版視窗95、NT，乃至UNIX、SUN 工作站及HP等，進行模擬，故較傳統模擬器，更具實用性。
4. 模擬網路之規模，理論上並無一定限制，故使用者可依需要，自行決定其構建的網路規模。
5. Paramics於模擬網路之規模限制如表4.1-1所示，相較於其他模擬器，可以構建較大之網路規模。

表4.1-1 PARAMICS與NETSIM模擬網路之規模限制

特性	Paramics	Paramics (GUI)	Netsim (市區道路)
節點	1百萬	-	250
路段	4百萬	-	500
車輛	無限制	5百萬	10,000
公車車輛	無限制	5百萬	256
公車停靠站	2百萬	-	99
公車路線	255	-	100
車道數	32	8	7

資料來源【31】

而PARAMICS 模擬器之操作介面主要分為四個子模式，即Modeller、

Analysers、Processors和Programmers等四個模式。Modeller模式主要提供使用者進行都市路網模式的構建，並且可以2D/3D的視覺效果進行模擬展示與路網除錯；Analysers模式是以資料的蒐集分析與展示為主，使用者可以藉由滑鼠箭頭的指向，容易且清楚的了解特定路段或路口之運作績效；Processors模式則是以友善的(friendly)視窗化介面，展示參數之預設值，並依使用者的需求進行修改與資料蒐集；Programmers模式提供使用者能夠針對PARAMICS模擬軟體缺乏之功能，自行開發、撰寫程式外掛於PARAMICS上，以增加該軟體之延展性。彙整如表4.1-2所述。

表4.1-2 PARAMICS微觀車流模擬軟體子模式說明表

子模式	功能說明
Modeller	1. 構建模擬路網 2. 參數設定 3. 以2D 或3D 效果呈現模擬過程，供使用者除錯或展示用 4. 即時交通資料展示 5. 輸出模擬結果
Analysers	1. 輸出模擬結果 2. 模擬結果呈現於路網上，供使用者快速的導覽或展示 3. 配合PARAMICS 附加的Excel 巨集程式，圖形化呈現輸出結果
Processors	1. 輸出模擬結果至文字檔 2. 路網基本參數設定 3. 模擬參數設定
Programmers	開放使用者外掛程式

資料來源【34】

PARAMICS之路網構建與編輯模組具有下列四種功能，使得PARAMICS模擬交通行為更具彈性化：

1. 模擬過程中，可自路網任一物件讀取或寫入資訊。
2. 傳入使用者自訂之路網設定參數。
3. 可以微調駕駛行為以反映不同地區之駕駛行為特性。
4. 具車輛標籤功能，可鎖定車輛在模擬過程中於路網運行之過程，以進一步了解其相關細節及資訊。

4.1.1 PARAMICS 模擬器各項參數

PARAMICS在各項參數上，模擬器除具有傳統微觀車流模擬器之功能及特性外，對於基本交通系統所構成的要件，包括人、車、路等，均提供完善的參數設定界面與相關模擬模式，讓使用者僅需透過適當的參數設定及校估，即可模擬近似實境之交通系統，例如跟車模式及變換車道行為，即可利用模擬器所產生的立

體模擬視覺效果，進一步作參數的校估與驗證，提高系統模擬績效。同時，PARAMICS模擬器所提供之各項相關模式及界面，也成為在測試與評估即時性交通管理與控制策略上之一大利器。除PARAMICS主要模組外，Quadstone交通模擬有限公司另研發PARAMICS之使用者界面軟體 - PARAMICS Programmer，供使用者外掛PARAMICS模組以外之模式（如使用者自行研發之模式）於PARAMICS中進行模擬。此一界面最主要的功能即使PARAMICS之模組結構更趨彈性化。換言之，使用者可依其研究需要，將各自發展之相關模式（Model）或演譯式（Algorithm）併入PARAMICS 模擬器中，以提高模擬器之系統績效。大致而言，PARAMICS模組之系統參數特性與功能，可依以下幾個層面加以說明，而這些系統特性與功能，皆可藉由幾個主要選單底下之功能表加以點選並作相關之參數設定：

1. 模擬視覺效果

PARAMICS 較之於傳統模擬器之一大特色，即在於其模擬過程中，可將模擬網路所構成之物件，如車輛、道路幾何特性、號誌等，以立畫面呈現出來。此一功能，主要係藉由選單「VIEW」一項中加以選取。其功能選單底下之選項，主要包括：

- 車輛（Vehicles）。
- 車流量（flow）、速率（Speed）及密度（Density）。
- 一般路徑（Route）及公車行駛路徑（Bus Route）。
- 道路與交叉路口之幾何特性與名稱。
- 線圈偵測器（Loops）。

2. 駕駛者行為模式

PARAMICS 模擬器之駕駛者行為模式，主要係由兩項重要的參數決定：冒險性(Aggression)和警覺性(Awareness)。此二項參數主要影響車輛行駛時之跟車行為與變換車道行為，其範圍均界於整數 0 至 8 之間；參數 Aggression 之設定值愈高，表示該類駕駛者趨向較易接受小車行車間距(Headway)且容易產生變換車道之行為；參數 Awareness 之設定值愈高，表示該類駕駛者於模擬之駕駛行為中，較趨保守，故跟車行為較明顯，且行駛時所保持之行車間距較大，另有一參數為熟悉度(Familiarity)，具有影響駕駛者最短路徑之選擇行為，其值界於 0 與 100 之間，預設值為 85。而根據運研所研究顯示，在車輛行為參數方面，由前述可知干擾度代表駕駛者受非交通因素干擾之程度；路網熟悉度則代表駕駛者對於整體路網之熟悉程度。由於國內過去鮮少有此方面之研究可資參考，且此非量化之人因因素亦難以輕易進行實地量測；惟根據該研究對此兩參數之了解，認為 PARAMICS 之預設值尚屬合理，亦即干擾度訂為 5(%)，而路網熟悉度訂為 85(%)。由於現實情況中，非交通因素對於駕駛者之影響程度應只佔了小部分比例，而居住或工作於台北市之駕駛者對於台北市路網之熟悉度應具有相當之程度，且根據其他 PARAMICS 之相關研究其調整亦指出，除非擁有不同的實際研究結果，否則不建議更改此兩參數之設定值。其調整介面如下圖 4.1.1 所示：

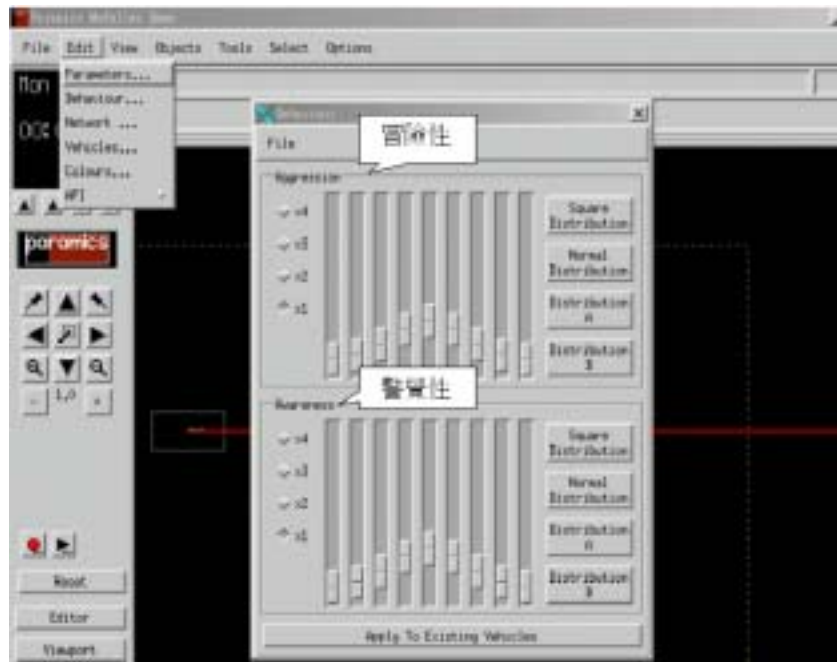


圖4.1.1 冒險性(Aggression)和警覺性(Awareness)參數調整介面

3. 車輛行為模式

- **平均間距(Mean Headway)：**車間距係影響駕駛行為的主要因素之一；於PARAMICS 模擬器中，其影響性是藉由參數「平均車間距」之設定加以控制。在PARAMICS 模擬過程中，每當一單位車輛被釋放出之後，模擬器便根據其參數值及隨機分布，產生一屬於該單位車輛及駕駛者所可接受之車間距，而將此參數值再進一步應用於該車輛之模擬行為中，直至該車到達目的地且消失於模擬網路中，而預設值為1秒。
- **平均反應時間(Mean Reaction Time)：**反應時間亦如車間距一般，同為影響駕駛行為的主要因素之一；在PARAMICS 模擬器中，主要藉由「平均反應時間」此一參數設定而控制單位車輛之模擬駕駛行為。於單位車輛產生時，所謂該駕駛者之個人反應時間隨即根據平均反應時間及隨機分布而產生，爾後此一個人反應時間便應用於該車駕駛者之模擬行為，直至該車到達目的地且消失於模擬網路中，而預設值為1秒。
- **跟車模式(Car-Following Models)：**PARAMICS 模擬器中之跟車模式，主要係根據傳統之跟車模式，用以處理單位車輛之加、減速行為，模擬器中共包括四個相關模式，分別是：
 - 線性加速模式(Linear Acceleration Functions)用於處理正常駕駛情況下之加、減行為。
 - 巡行模式(Cruising Modes)用於當發現前車正以固定之車速行駛時，後車之基本加速值，直行駛至所預期之車間距。
 - 煞車模式(Braking Mode)用於處理當前車煞車之情形時，緊鄰

之後車的加、減速情形。

- 最大加速度模式(Maximum Acceleration Mode)用於處理若後車發現緊鄰之前車以極高之加速度行駛，且此一加速度大於後車加速度，而此時兩車之車間距又大於安全煞車距離，則後車將以最大加速度模式處理其加速行為。
- 變換車道模式(Lane-changing Models)PARAMICS 所模擬之車輛變換車道行為，主要取決於兩項要素：(1)可接受車間距決定法則 (Gap-Acceptance Policy) 主要與跟車模式相關連；其法則中係針對兩種狀況加以考量。首先，檢測鄰近車道之車速與車間距，若某車輛於某車道之行駛過程中發現鄰近車道之平均車速維持於某一定值，且其車間距大於該車駕駛者所可接受之跟車車間距，則該車即可依需要而變換車道；其次，若該車輛進而發現所行駛之車道與鄰近之車道間之車速存在一定的落差，則該車於變換車道後，調整車速至與其鄰近之車道的平均車速相近所需之時間，亦將納入其車間距決定法則中加以考量。(2)模擬過程中合適車間距之考量。

4. 網路幾何構建界面

PARAMICS 所提供之便捷網路構建功能選單，已成為該模擬器有別於其他傳統模擬器的一大特色，因為一般傳統模擬器，如 NETSIM、INTRAS 等，所提供之網路幾何構建方式，均需依據其內設之輸入資料格式，將網路之屬性資料數值化，爾後再一一輸入於其資料檔之特定欄位當中；反觀 PARAMICS 模擬器，使用者僅需從主選單 EDIT 底下的幾個次選單，點取相關之幾何類型，透過圖形使用界面設定參數即可。目前 PARAMICS 3.0 版主選單 EDIT 底下，共包括以下 11 項幾何類型次選單：

- 結點(Node)：係網路中連接不同路段之幾何部分，如交叉路口、圓環、匝道等。
- 路段(Link)：係網路中一般路段部分，如平面市區街道、高速公路基本路段等。
- 交通分區(Zone)：係網路中車輛產生或最終到達之區域。
- 停車場(Car Parks)：即一般停車場站。
- 道路緣石(Kerb)：係道路之邊緣石。
- 停止線(Stop Line)：即道路交叉路口之停等線。
- 曲線路段(Curve)：係道路路段非直線部分，如高速公路之匝道路段。
- 匝道(Ramp)：即高速公路之匝道部分之幾何屬性，包括車道數、加減速路段之長度等。
- 號誌(Signal)：如交叉路口之號誌設置、高速公路之匝道儀控等。
- 公車行駛路徑(Bus Route)：即公車行駛之路線佈設規劃。
- 其他註解(Annotation)：主要包括街道名稱、城市名稱等。

4.1.2 PARAMICS 模擬器相關功能說明

PARAMICS 軟體功能方面區分為人、車、路、號誌、輸出與偵測器等相關項目，以下進行詳細探討：

1. **人**：此部分主要對象乃指駕駛者行為模式。於 PARAMICS 中，並非以駕駛者分群方式作駕駛行為控制，而是給定整體模擬路網中駕駛者駕駛特性參數（冒險性與警覺性）之分配情況與模擬所採用之車種相互結合；在駕駛者路徑選擇方式，屬於隨機型態，但整體車流運作乃依據 O-D 矩陣方式控制，此 O-D 給定方式是根據流量資料指派（單位：pcu）；另有一參數為熟悉度（familiarity），具有影響駕駛者最短路徑之選擇行為，其值界於 0 與 100 之間，預設值為 85，且根據運研所之研究顯示，此參數不建議修改。茲將此部分之參數彙整成表如表 4.1-3 所示：

表 4.1-3 PARAMICS 模擬器駕駛者相關參數說明

駕駛者相關參數	相關說明
駕駛者行為模式	由冒險性、警覺性兩參數之分配模式作調整
路網熟悉度	設定值為 85（不建議修改）
駕駛者分群	僅能以巨觀整體路網給定駕駛者駕駛型態
駕駛者路徑選擇方式	利用 O-D 控制車輛運作（單位：pcu）

2. **車**：PARAMICS 中主要將車種區分為以下七種，如表 4.1-4 所示，而軟體內根據車輛尺寸及其加減速度已內建完成 15 種車輛型式，使用者可根據研究範圍所需，對內建之車種形式及其相關參數自行調整。就車輛跟車模式中，PARAMICS 主要結合(1)線性加速模式、(2)巡行模式、(3)煞車模式、(4)最大加速度模式與(5)變換車道模式進行車輛跟車情況。在模擬時，車輛產生方式主要以釋放率控制流量，配合 O-D 使車輛產生運行動作。

表 4.1-4 PARAMICS 模擬器各車種特性之預設值表

車種	車長 (m)	車高 (m)	車寬 (m)	車重 (kg)	最高速度 (km/h)	加速度 (mpss)	減速度 (mpss)	代表顏色
Car	4.0	1.5	1.6	0.8	158.4	2.5	4.5	灰
Lgv	6.0	2.6	2.3	2.5	126.0	1.8	3.9	綠
Ogv1	8.0	3.6	2.4	15.0	104.4	1.1	3.2	藍
Ogv2	11.0	4.0	2.5	38.0	118.8	1.4	3.7	紅
Coach	10.0	3.0	2.5	12.0	126.0	1.2	3.7	粉紅
Minibus	6.0	4.0	2.5	8.0	61.2	1.1	3.2	白
Bus	10.0	4.0	2.5	12.0	61.2	0.9	3.2	黃

3. **路**：PARAMICS車流模擬模式在定義道路網方面極易理解與處理，且其模式成功之處在於能精確描述出道路屬性與幾何特性。它不同於一般傳統的模式，使用者並不需要估計路段的旅行時間、平均速率，或是假設狀況來推測路段或是路口的容量；使用者只需於路網構建時，定義道路網的實際特徵，並選取道路等級。如：

- 車道寬；
- 車道排列方式，包括轉向車道；
- 停止線與邊線的位置；
- 公車站的區位；
- 進入限制；
- 路邊停車會干擾到車輛運作的地區；
- 路口號誌時制；
- 行人穿越道的位置。

對於公路幾何的分佈，包括：坡度、彎道、高架、路口型態等相關選項，均可於構建路網時依研究需要加以定義，故可對於細部之公路幾何情況做更精確之模擬。

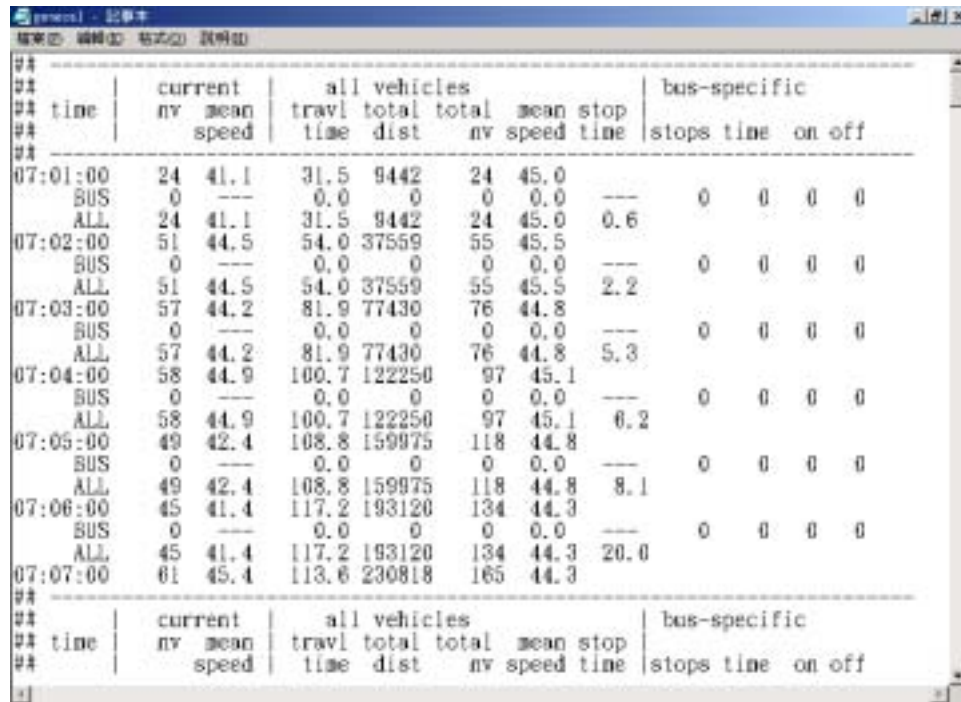
4. **號誌**：PAPAMICS 中，對於號誌控制方面主要採用手動調整方式進行時制計畫設計，其號誌設計相關參數包括：(1)行駛優先權設定、(2)週期（包括紅燈時間與綠燈時間）(3)時相、(4)時差、(5)指派車輛對於下一路段之車道選擇或限制（next lane）等。其中，關於指派車輛對於通過路口後下一路段之車道選擇或限制時，可對某些車輛之行駛方向甚至於專用車道限制行駛時，均可利用號誌進行控制，但公車專用道則於路網構建時需另行配合公車行駛路線與停靠站位置。於模擬過程時，PAPAMICS 允許使用者進行號誌時制調整動作，但對於求得路口最佳時制計畫方面，則仍須透過外部求解方式方可帶入 PAPAMICS 中。

5. **輸出**：PAPAMICS 在執行完模擬後，該路網會產生一資料夾，其中一個檔案名稱為 "General"，此檔案會產生基本之交通資料，包括車輛數、平均速度、旅行時間、行駛距離等。如圖 4.1.2 所示。

於輸出形式上，可選擇路口輸出資料、路段輸出資料、交通區輸出資料、整體路網資料四種形式。研究中主要需要之形式乃為路段出資料，故條列路段資料項目如下：

- 路段密度
- 延滯百分率
- 路段延滯值
- 路段速度
- 路段停止時間
- 路段車輛數
- 路段車流

在模擬進行時，PAPAMICS 提供動態資訊給使用者，該資訊包括：。且 PAPAMICS 亦提供顏色顯示列之方式（例如：紅色代表路段擁擠、藍色代表路段順暢等）讓使用者更容易瞭解模擬進行時之路段情況。



#	#	#	current		all vehicles					bus-specific			
			nv	mean speed	travl	total	total	mean	stop	stops	time	on	off
#	time				time	dist	nv	speed	time				
07:01:00			24	41.1	31.5	9442	24	45.0					
BUS			0	---	0.0	0	0	0.0	---	0	0	0	0
ALL			24	41.1	31.5	9442	24	45.0	0.6				
07:02:00			51	44.5	54.0	37559	55	45.5					
BUS			0	---	0.0	0	0	0.0	---	0	0	0	0
ALL			51	44.5	54.0	37559	55	45.5	2.2				
07:03:00			57	44.2	81.9	77430	76	44.8					
BUS			0	---	0.0	0	0	0.0	---	0	0	0	0
ALL			57	44.2	81.9	77430	76	44.8	5.3				
07:04:00			58	44.9	100.7	122250	97	45.1					
BUS			0	---	0.0	0	0	0.0	---	0	0	0	0
ALL			58	44.9	100.7	122250	97	45.1	6.2				
07:05:00			49	42.4	108.8	159975	118	44.8					
BUS			0	---	0.0	0	0	0.0	---	0	0	0	0
ALL			49	42.4	108.8	159975	118	44.8	8.1				
07:06:00			45	41.4	117.2	193120	134	44.3					
BUS			0	---	0.0	0	0	0.0	---	0	0	0	0
ALL			45	41.4	117.2	193120	134	44.3	20.0				
07:07:00			61	45.4	113.6	230818	165	44.3					

圖 4.1.2 整體路網輸出形式

6. 偵測器：於 PARAMICS 中，佈設線圈偵測器（簡稱偵測器）為蒐集所需相關交通資訊之方法。以下將偵測器之相關說明茲列如下：

- 偵測器種類：PARAMICS 內建之種類僅環路偵測器一種。
- 偵測器佈設位置：可依研究所需於該路段(Link)上自行調整佈設位置。
- 偵測器佈設數量：無數量限制。
- 偵測器佈設形式：全車道佈設方式，而每一車道均會顯示其及時相關資訊。
- 偵測器資料蒐集種類：進行模擬時，偵測器僅會將所需資訊及時顯示於圖示介面，而無法將及時資料完全記錄，若需獲得及時資訊，則需回推輸出資料方可獲得。而 PARAMICS 於偵測器部分則設定下列交通資訊項目供使用者選取，此交通資訊均可於顯示列中顯示，如圖 4.1.3 所示：
 - Occupancy：佔有率
 - Gap：車輛間無佔有偵測器之時間
 - Headway：連續車輛邊緣之間的時間
 - Flow：瞬間通過偵測器之流量
 - Speed：通過偵測器之車速
 - Count：通過各車道偵測器之車輛數總和

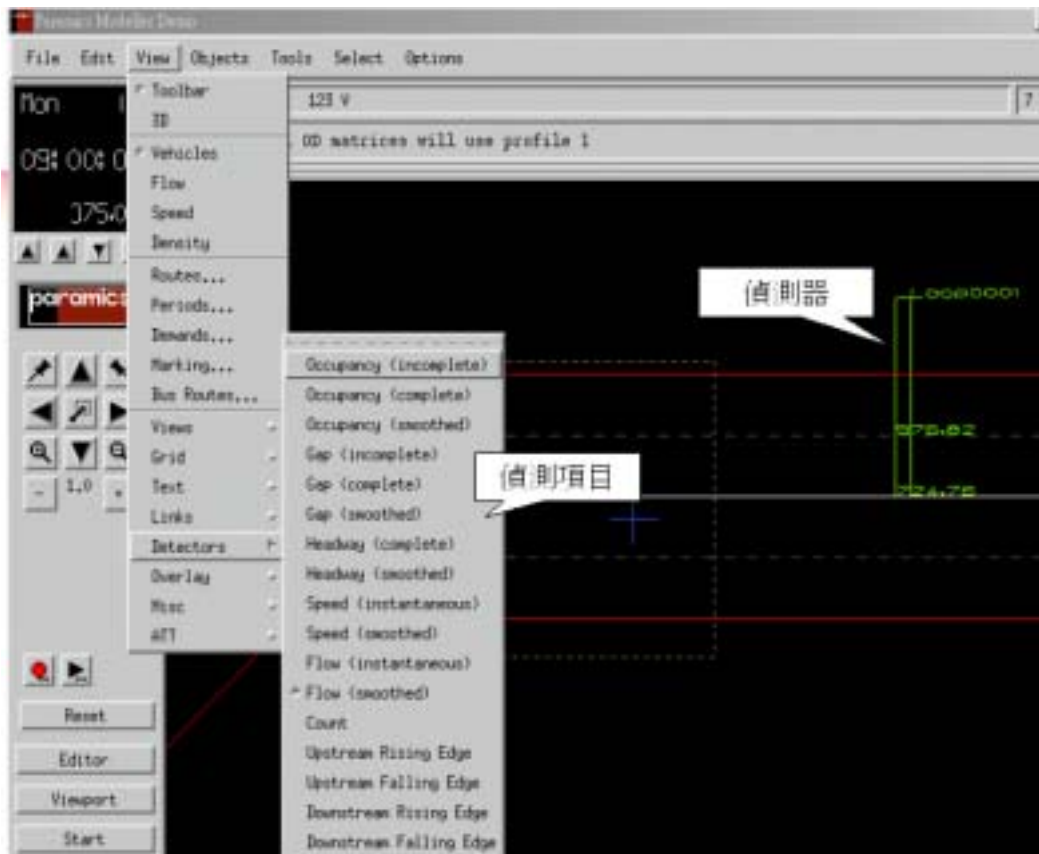


圖 4.1.3 偵測器偵測項目選單

另外，於設定偵測器偵測時間間格 (interval) 時，依使用者需求作設定，一般而言，最小時間間格為每一分鐘進行一次資料蒐集動作，如圖 4.1.4 偵測器輸出檔案形式所示。

time	flow (v/h)	speed (kph)	headway (s)	occupancy (s)	acceleration (m/s²)
00:29	0	144.89	0.15	0.15	-0.001
00:31	2425	126.26	1.40	0.17	0.000
00:32	2466	127.67	1.35	0.17	0.000
00:33	3280	127.67	1.12	0.22	0.000
00:34	3795	127.67	0.97	0.17	0.000
00:36	2225	130.98	1.62	0.17	0.000
00:39	1629	129.47	3.50	0.17	0.000
00:44	736	131.22	4.89	0.16	0.000
00:49	812	121.25	4.44	0.18	0.000
00:50	3471	121.25	1.04	0.18	0.000
00:52	2461	121.25	1.75	0.18	0.000
00:55	1852	121.25	3.42	0.18	0.000
00:57	2268	121.25	1.59	0.18	0.000
01:05	405	100.86	0.28	0.21	0.002
01:06	3586	100.87	1.09	0.21	-0.005
01:08	1592	101.28	2.26	0.21	0.000
01:11	1183	101.28	3.04	0.21	0.000
01:14	1145	101.28	3.14	0.21	0.000
01:15	3426	100.25	1.05	0.20	-2.349
01:21	857	94.75	5.40	0.20	-0.000
01:22	2591	94.87	1.39	0.23	-0.011
01:24	2466	94.24	1.46	0.26	-0.007
01:25	7681	94.42	0.47	0.23	-0.105
01:26	2422	95.82	1.49	0.23	-0.392
01:28	2453	97.13	1.47	0.22	-2.624

圖 4.1.4 偵測器輸出形式

7. 其他：PAPAMICS 多種功能中，其中最具彈性之功能即為應用程式介面功能 (Application Programming Interface, API)，此功能主要如下：

- (一) 提供額外的整個路網之組態參數。
- (二) 讀取或寫入任何從網路中的物件，包括：
 - 1. 節點：名稱、索引、連接資訊、週期時間和號誌資訊；
 - 2. 路段：名稱、索引、連接資訊、速限、車道數、附加設施；
 - 3. 號誌：時比和時差、車輛觸動資訊；
 - 4. 偵測器：車間距、佔有率、速度、流量、車輛數；
 - 5. 交通分區：旅次離開線段、OD資訊；
 - 6. 車輛：位置、速度、加速度、車種、目的地、駕駛行為；
- (三) 增加路徑選擇與指派演算法的複雜度。
- (四) 調整駕駛人與車輛的模型和參數以表達地區性差別的行為。
- (五) 使用車輛標籤來追蹤模擬過程以增加量測許多更詳細的模擬數據。

4.2 模擬實驗路網之構建

由於交通資料與參數不易取得，本研究將採用系統模擬方式，運用 PARAMICS 模擬軟體產生固定式偵測器相關交通資料以及其模擬軟體提供軌跡(Trace)車輛方式，將軌跡車輛產生之相關資料轉換成探針車所需之資料，並將模擬資料進行估計旅行時間模式運用。待分別估計車輛旅行時間後，將兩種不同型態之車輛旅行時間進行資料融合(Data Fusion)模式。

4.2.1 實驗路網構建

由於當前國內高速公路偵測器佈設位置並無全面性佈設，僅在重要路段佈設較為密集，且佈設距離並無一致，根據相關文獻指出偵測器佈設距離為 500 公尺，所估計之車輛旅行時間較準確。故本研究偵測器佈設距離皆為 500 公尺，以一完整之路網型態建置，再採取實驗設計方式，進行偵測器與探針車資料融合模式之測試與分析。

本研究所構建之虛擬實驗路網全長為 4.5 公里之單一方向高速公路路段，其實驗路網圖，如圖 4.2.1 所示，其中高速公路採以三線道方式建置，在全長 4.5 公里上佈設 8 組固定式迴路線圈偵測器，共分為 7 個可偵測之路段，每個偵測之路段為 500 公尺。路網中各路段資料設定及偵測器佈設位置如表 4.2-1 表 4.2-2 所示，而探針車輛(軌跡車輛)給予方式採隨機指定車輛。

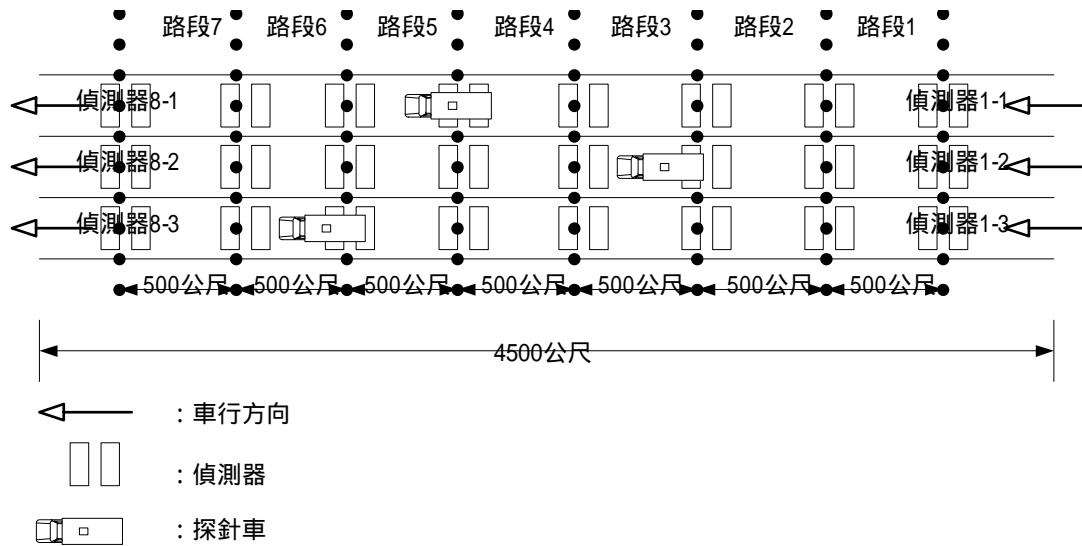


圖 4.2.1 實驗路網圖

表 4.2-1 實驗路網路段設定表

路段	路段長度 (公尺)	車道數	車道容量 (veh/hr/lane)	自由流率 (km/hr)
路段 1	500	3	2000	120
路段 2	500	3	2000	120
路段 3	500	3	2000	120
路段 4	500	3	2000	120
路段 5	500	3	2000	120
路段 6	500	3	2000	120
路段 7	500	3	2000	120

表 4.2-2 偵測器佈設位置

佈設位置(里程數)	偵測器間距(公尺)
4.0	-
3.5	500
3.0	500
2.5	500
2.0	500
1.5	500
1.0	500
0.5	500

4.2.2 實驗設計

本研究主要在探討國內高速公路在偵測器佈設較密集之路段上，當偵測器發生故障時；以及在偵測器佈設較不密集之路段上，運用交通資料融合模式，將探針車估計路段旅行時間與偵測器估計路段旅行時間兩者資料，進行資料融合。

當上述兩種情況發生時，雖然運用傳統單一種車輛偵測器仍可藉由故障外之偵測器估計車輛旅行時間，但因距離較長，所估計之誤差相對提高，故可透過探針車與偵測器資料融合估計車輛旅行時間方式，補足各路段交通資料庫之完整性，並提昇估計之準確度。

本研究以低流量之交通需求型態進行不同方案之模式分析，主要原因於當低流量時之交通狀況較為穩定，所影響估計之誤差較小，故探討路段於低密度(Low Density)之模式表現，其交通需求狀況為密度 10-16(pc/mi/ln)之間，視為道路服務水準 B 級為基準。而在交通資料取得方面採用下述兩個方案進行模式資料之取得，方案給予之條件如下所述：

◆ 交通資料：

- 方案 1：低流量(Low Density)交通需求型態下，偵測器無故障之情形且偵測器佈設密集。主要探討當路網之偵測器呈現完整性時，交通資料融合之代表性。
- 方案 2：進出流量如同方案 1，但偵測器出現故障之情形，僅留前後端之偵測器資料，亦可視為當偵測器佈設距離較長之情形下，交通資料融合之有效性。

在交通狀態估計方面，本研究以偵測器資料估計旅行時間、探針車資料估計旅行時間及偵測器與探針車資料融合估計旅行時間三種情境作為情境設計之探討，主要目的在於觀察偵測器估計旅行時間、探針車估計旅行時間以及資料融合估計旅行時間三種情境下，各別與模擬軟體所輸出之旅行時間模擬真值進行差異比較，以驗證資料融合能降低估計旅行時間之誤差。根據上述之情境設置如下所示：

◆ 交通狀態估計：

- 情境 1：偵測器資料估計旅行時間。
- 情境 2：探針車資料估計旅行時間。
- 情境 3：偵測器與探針車資料融合估計旅行時間。

由於執行估計旅行時間之模式，皆必須透過歷史資料以進行估計，故本研究假設每一時階長度為 5 分鐘。車流模擬時間訂為模擬 120 分鐘之車流狀況，因此觀測時皆為 24 個時階。

◆ 探針車數量：

由於探針車數量設置多寡，亦將會產生準確度之誤差，本研究以模擬軟體 PARAMICS 提供軌跡車輛(Trace)功能，透過資料處理轉換為探針車之所需相關資料。由於軌跡車輛給予方式係採在模擬車流過程中，手動指定，軟體限制一次最多給予 3 部車輛，待車輛行駛完路徑時，方能再給下一批車輛，故本研究模擬時間為 120 分鐘，共給予 150(3%)輛軌跡車輛。為探討探針車數量影響準確度方面，則將所給予之車輛分為 50(1%)輛，100(2%)輛及 150(3%)輛，分別討論各估計值與模擬真值之誤差差異。

4.3 實驗路網交通資料蒐集

本研究由於實驗路網採以 3 線道方式進行路段旅行時間之估計，故在該路段上之偵測器亦有三組偵測器，方進行資料之蒐集，而由 PARAMICS 模擬軟體之偵測器產生之資料為車輛經過亦產生一資料，故必須先將資料依時間間隔(5 分鐘)進行資料篩選處理成所需估計旅行時間之時間平均速率(輸入值)，並經過車道比例流量換成估計旅行時間所需之空間平均速率。

在探針車方面，由 PARAMICS 模擬軟體之軌跡車輛產生之資料為車輛連續之位置及速度，故亦將資料依時間間隔(5 分鐘)進行資料篩選處理成所經過該路段之行駛時間，並進行探針車加權平均方式獲得該路段之平均車輛旅行時間。

4.3.1 偵測器交通資料蒐集篩選模組

在 PRARMICS 模擬軟體偵測器所產生之各偵測器資料為時間、流量、速度、間距、佔有時間等，必須先進行偵測器資料蒐集篩選模組，以獲得最後偵測器估計旅行時間之輸入值，其偵測器資料篩選處理流程圖，如圖 4.3.1 所示。

偵測器估計路段旅行時間方式，則為先將偵測器各時階所輸出之資料，進行資料篩選以及轉換換算成該路段之時間平均速率，再由偵測器路段旅行時間估計演算模組，獲得路徑旅行時間。

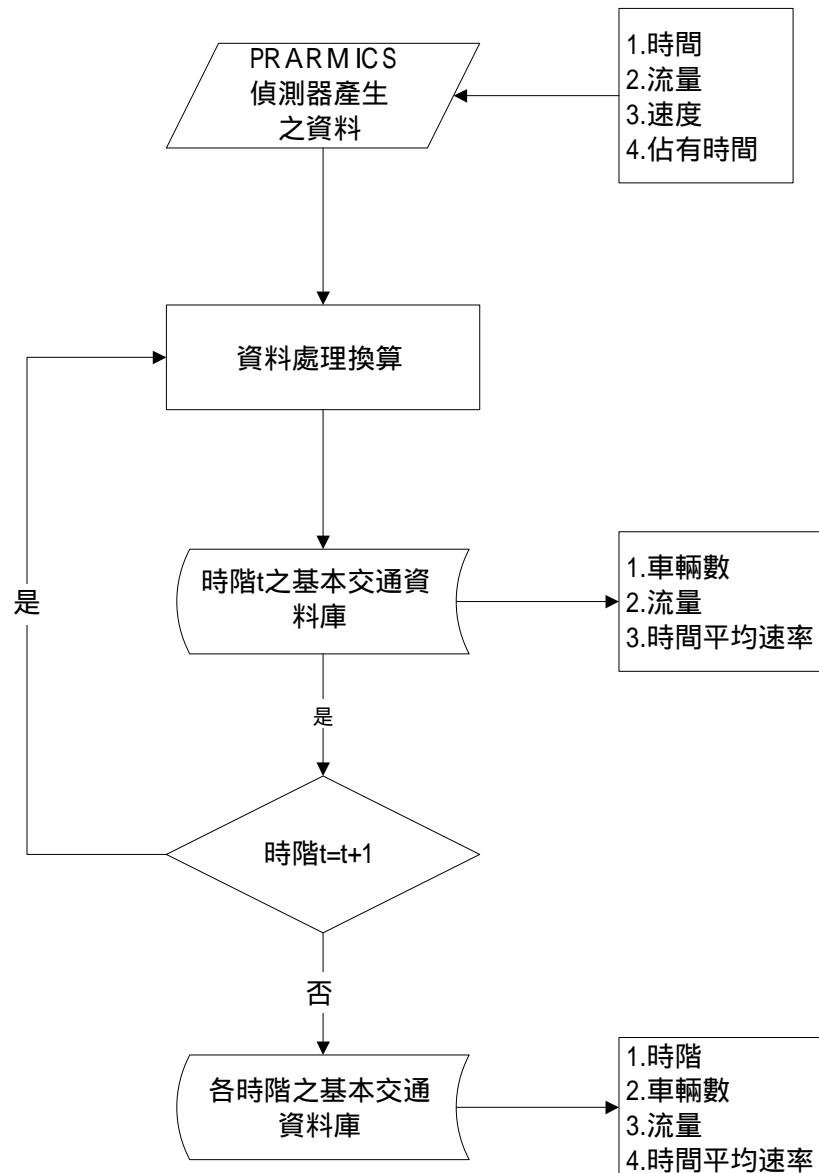


圖 4.3.1 偵測器資料篩選處理流程圖

4.3.2 探針車交通資料蒐集篩選模組

在 PRARMICS 模擬軟體所產生之軌跡車輛資料為編號車輛、距離位置、速度、加減速等，必須先處理轉換成為所需之探針車資料，方能以進行進行探針車交通資料蒐集篩選模組，以獲得各探針車行駛該路段之旅行時間，探針車資料蒐集篩選流程圖，如圖 4.3.2 所示。

探針車估計路段旅行時間方式，則為先將各軌跡車輛所輸出之資料，進行資料篩選以及轉換換算成該路段之行駛時間與進出該路段之時間，再由各時階取得各路段之探針車行駛時間，最後由探針車路段旅行時間估計演算模組，獲得路徑旅行時間。

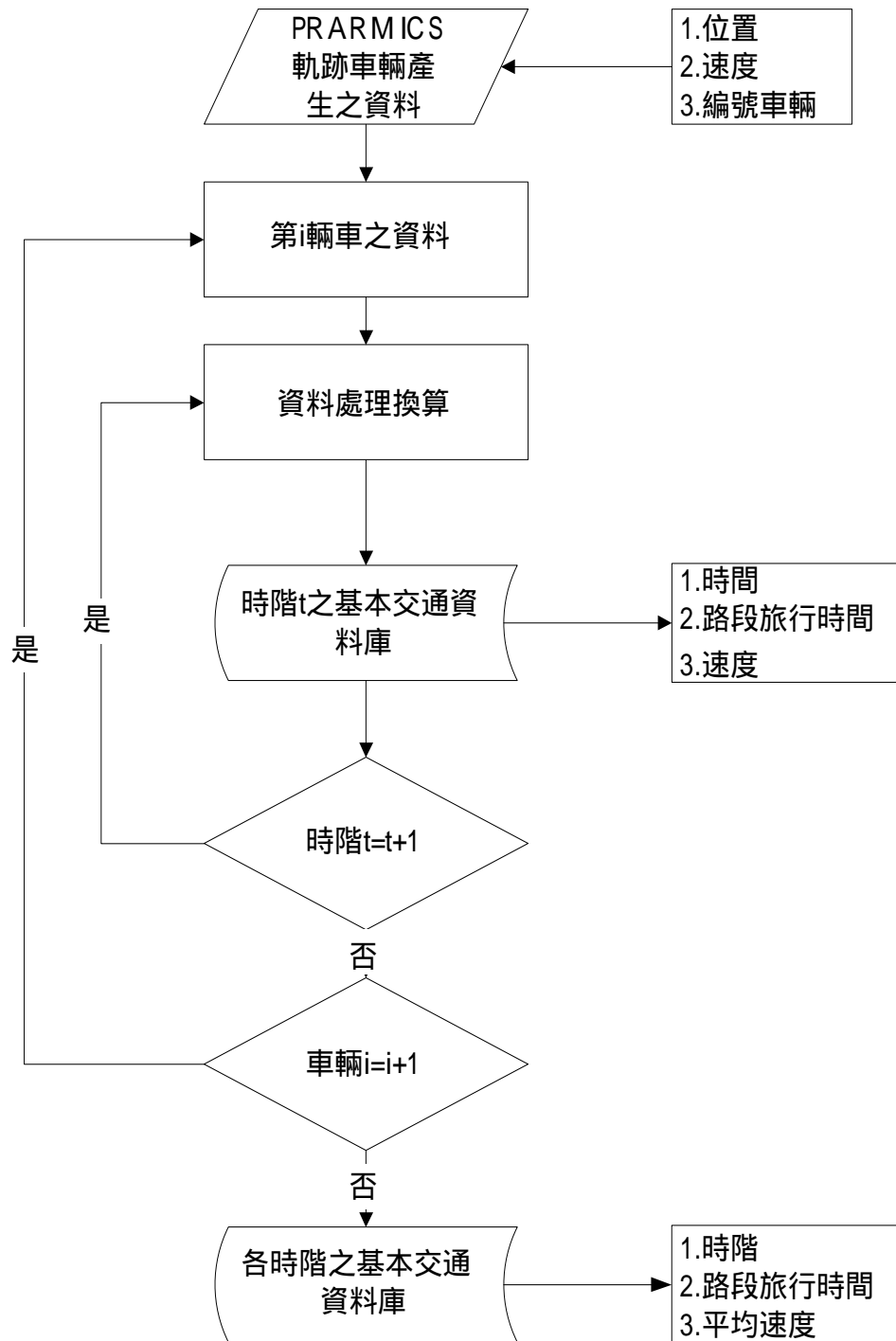


圖 4.3.2 探針車資料篩選處理流程圖

4.4 評估準則方法

為探討模式之有效性與適用性，以及與其他模式互相比較，需有評估指標以進行模式評估。本研究係採以平均誤差百分比(Mean Absolute Percent Error, MAPE)及均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)作為評估之依據，其公式與所代表涵義說明如下所述：

- 平均誤差百分比(Mean Absolute Percent Error ,MAPE)

平均誤差百分比，可以顯示估計之準確度，其百分比越小亦可代表其精準度越高，通常 MAPE 值<10%，代表其高精準度估計；MAPE 值介於 10~20%，代表有良好之估計；MAPE 值介於 20~50%，代表合理之估計；MAPE 值>50%，代表不準確之估計。MAPE 計算公式如下：

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^N \left| \frac{P_i - \hat{P}_i}{P_i} \right|}{N} \times 100\% \quad (5.1)$$

其中，

P_i ：表示第 N 時階之實際值；

\hat{P}_i ：表示第 N 時階之估計值；

N 表示評估時階數。

- 均方根誤差(Root Mean Square Error ,RMSE)

均方根誤差為各次估計誤差平方和的平均值方根，可以顯示模式估計之可靠性，均方根誤差越小，表示估計之可靠性越高；反之，均方根誤差越大，表示模式估計之可靠性越低。RMSE 計算公式如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [Z_i - \hat{Z}_i]^2}{N}} \quad (5.2)$$

其中，

Z_i ：表示第 N 時階之實際值；

\hat{Z}_i ：表示第 N 時階之估計值；

N ：表示評估時階數。