

國立交通大學

運輸科技與管理學系

碩士論文

應用有限偵測器推估公路車流量之研究

Estimation of Traffic Flow from Limited

Vehicle Detectors

研究生：陳彥佑

指導教授：王晉元

中華民國九十四年六月

應用有限偵測器推估公路車流量之研究
Estimation of Traffic Flow from Limited Vehicle Detectors

研究生：陳彥佑

Student：Yen-Yu Chen

指導教授：王晉元

Advisor：Jin-Yuan Wang

國立交通大學
運輸科技與管理學系
碩士論文



Submitted to Department of Transportation Technology and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

In

Transportation Technology and Management

June 2005

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年六月

應用有限偵測器推估公路車流量之研究

學生：陳彥佑

指導教授：王晉元

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

摘 要

在先進用路人資訊系統(Advanced Traveler Information Systems, ATIS)中，為了要給予用路人準確的資訊，以作為路徑、運具選擇之依據，路徑旅行時間的推估是一項重要的課題。但是由於預算的限制，在大部分的都市交通路網中，並不是每一個路段皆有設置偵測器。

本研究以省道為研究對象，利用路口週遭路段流量間的關係，以及流量守恆來建立一個可以利用設置在省道上少數的偵測器所偵測到的流量、佔有率等資訊推算此路徑中其他沒有偵測器之路段流量的模式。本模式中的假設個路段的轉向比以及偵測器的佈設位置為已知。

本研究以新竹市路網為測試對象，同時假設不同的偵測器數量與安裝地點。測試的結果顯示出本研究所提出的方法具體可行，同時對所推估的結果具有一定的正確性。

關鍵字：車流量；先進用路人資訊系統；偵測器

Estimation of Traffic Flow from Limited Vehicle Detectors

Student : Yen-Yu Chen

Advisor : Jin-Yuan Wang

Department of Transportation Technology and Management

National Chiao Tung University

Abstract

Advanced Traveler Information Systems (ATIS) is one of the Intelligent Transportation System's (ITS) subsystems. Travel time estimation is a very important and basic issue of ATIS. Travelers need estimated travel time to plan trips effectively.

In order to estimate accurate travel speed, we need sufficient data sources as input. The most common data sources are from the vehicle detectors (VD). However, installing sufficient number of VDs costs tremendous amount of budget, and that is almost impossible in practice. Thus, the issue we concern most is how to estimate traffic flows of each road segment of the network from limited number of VDs. If we have traffic flows of all road segments, we can further estimate travel time.

This core of this research is to propose a flow conservation based method to estimate traffic flows with limited VD sources. We assume the locations of installed VDs and the rates of turning right/left are known a priori.

We verify this method by numerical tests using the real network of Hsinchu city. The testing results show that the proposed method is technically sound.

Keyword: Traffic Flow, ATIS, Vehicle Detector

誌 謝

本論文得以順利完成，首先要感謝恩師 王晉元老師的指導和鼓勵，無論是在學業亦或生活的待人處世上，學生都受益良多。尤其是當論文的研究過程遇到瓶頸時，恩師總是不厭其煩地給予學生指導和幫助，使學生能一次又一次的突破瓶頸往前邁進。師恩浩蕩，在此僅致上學生最誠摯的敬意與謝意。

感謝中華大學運輸科技與物流管理學系張靖老師與系上卓訓榮老師在論文口試時惠賜卓見及不吝指正，使本論文更臻完備。在論文的資料收集方面，要特別感謝運研所的東凌學長與毓芬學姊，有了學長姊的幫忙，論文也才能順利完成。

研究所兩年的時間轉眼即逝，在這段時間內非常高興可以與研究室的成員相處。感謝大師兄、小松、宏勳以及嘉龍、猴子、欣潔、治維、建名等學長姊在我遇到疑惑時，總是能給予適切的解答與幫助。感謝 hoho 總是給我在電腦、研究與生活方面的幫助，感謝怡君總是能提醒我什麼時候該做什麼事情、該交哪些東西，也感謝衍儒能幫我們處理一些諸如工作費等繁瑣的工作。另外也感謝健綸、小寶、思文、瑞豐、小翔、dozo、嘉英能在研究之餘帶給我歡樂，特別是瑞豐、小翔那種犧牲小我的精神，真是令我敬佩啊!

最後要感謝一直在背後默默陪伴我的家人以及貽婷，每當我遇到挫折時，他們總是能鼓勵、支持我，並且能讓我在求學過程中無後顧之憂。

這篇論文可以順利完成，要感謝的人實在是太多了，希望能在此與你們共同分享這份喜悅，謝謝大家!

陳彥佑

新竹交大

2005/07/07

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii

	頁次
第一章 緒 論	1
1.1 研究動機與背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	2
1.4 研究流程	3
第二章 文獻回顧	5
2.1 以偵測器作為資料來源	5
2.2 小結	11
第三章 車流量推估模式之構建	12
3.1 依路口型態決定關係式	16
3.1.1 三叉路口	16
3.1.2 十字路口	18
3.1.3 五叉路口	21
3.1.4 六叉路口	24
3.1.6 決定關係式	27
3.2 取各關係式的交集	27
3.3 收斂與否	31
3.4 說明範例	32
第四章 數值測試	36
4.1 測試路網	36
4.2 測試方法	36
4.3 不同偵測器佈設位置	39
4.3.1 位置 1	40
4.3.2 位置 2	42
4.3.3 位置 3	45

4.3.4 位置 4	48
4.3.5 每隔 10 個路段	50
4.3.6 小結	53
4.4 不同偵測器數量(第一組正確流量值)	55
4.4.1 每隔 10 個路段	55
4.4.2 每隔 20 個路段	57
4.4.3 每隔 30 個路段	60
4.4.4 每隔 40 個路段	63
4.4.5 小結	66
4.5 不同偵測器數量(第二組正確流量值)	67
4.5.1 每隔 10 個路段	67
4.5.2 每隔 20 個路段	69
4.5.3 每隔 30 個路段	72
4.4.4 每隔 40 個路段	75
4.5.5 小結	78
第五章 結論與建議	79
5.1 結論	79
5.2 建議	80
參考文獻	81



表目錄

表 2.1	訓練時間	8
表 2.2	平均誤差	8
表 3.1	各路段轉向比	33
表 4.1	流量範圍結果(起點至迄點).....	40
表 4.2	線條顏色意義表	40
表 4.3	流量範圍結果(迄點至起點).....	41
表 4.4	流量範圍結果(起點至迄點).....	43
表 4.5	流量範圍結果(迄點至起點).....	44
表 4.6	流量範圍結果(起點至迄點).....	45
表 4.7	流量範圍結果(迄點至起點).....	46
表 4.8	流量範圍結果(起點至迄點).....	48
表 4.9	流量範圍結果(迄點至起點).....	49
表 4.10	流量範圍結果(起點至迄點).....	51
表 4.11	流量範圍結果(迄點至起點).....	52
表 4.12	各路段轉向比表	54
表 4.13	流量範圍結果(起點至迄點).....	55
表 4.14	流量範圍結果(迄點至起點).....	56
表 4.15	流量範圍結果(起點至迄點).....	58
表 4.16	流量範圍結果(迄點至起點).....	59
表 4.17	流量範圍結果(起點至迄點).....	60
表 4.18	流量範圍結果(迄點至起點).....	61
表 4.19	流量範圍結果(起點至迄點).....	63
表 4.20	流量範圍結果(迄點至起點).....	64
表 4.21	綜合比較表	66
表 4.22	流量範圍結果(起點至迄點).....	67
表 4.23	流量範圍結果(迄點至起點).....	68
表 4.24	流量範圍結果(起點至迄點).....	70
表 4.25	流量範圍結果(迄點至起點).....	71
表 4.26	流量範圍結果(起點至迄點).....	72
表 4.27	流量範圍結果(迄點至起點).....	73
表 4.28	流量範圍結果(起點至迄點).....	75
表 4.29	流量範圍結果(迄點至起點).....	76
表 4.30	綜合比較表	78

圖目錄

圖 1.1 研究流程圖	4
圖 3.1 路網圖.....	13
圖 3.2 模式流程圖	15
圖 3.3 三叉路口	16
圖 3.4 十字路口	18
圖 3.5 五叉路口	21
圖 3.6 六叉路口	24
圖 3.7 路網圖.....	27
圖 3.8 路網圖.....	32
圖 4.1 路段示意圖	36
圖 4.2 新竹市路網圖	39
圖 4.3 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	41
圖 4.4 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	42
圖 4.5 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	43
圖 4.6 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	44
圖 4.7 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	46
圖 4.8 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	47
圖 4.9 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	49
圖 4.10 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	50
圖 4.11 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	51
圖 4.12 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	52
圖 4.13 交叉路口圖	53
圖 4.14 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	56
圖 4.15 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	57
圖 4.16 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	58
圖 4.17 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	59
圖 4.18 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	61
圖 4.19 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	62
圖 4.20 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	64
圖 4.21 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	65
圖 4.22 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	68
圖 4.23 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	69
圖 4.24 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	70
圖 4.25 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	71
圖 4.26 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	73

圖 4.27 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	74
圖 4.28 流量範圍分布圖(起點至迄點).....	76
圖 4.29 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點).....	77



第一章 緒 論

1.1 研究動機與背景

隨著科技的日新月異，人們對於各方面課題皆逐漸朝向智慧化的方向演進，交通方面的課題也不例外。智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)即為應用先進的電子，通信，資訊與感測等技術，以整合人，路，車的管理策略，提供即時(real-time)的資訊而增進運輸系統的安全，效率及舒適性，同時也減少交通對環境的衝擊。

ITS 所包含之一子系統：先進旅行者資訊系統(Advanced Traveler Information System, ATIS)，係藉由先進資訊、通訊及其他相關技術，提供旅行者必要之資訊，使其能於車內、家裡、辦公室、車站等地點方便地取得所需之資訊，作為旅次產生、運具與路線選擇之決策參考，以順利到達目的地。並可以避免因資訊不足所產生之煩躁與焦慮。

旅行時間的推估不僅在ATIS中是一項重要且基本的課題，在先進交通管理系統(Advanced Traffic Management Systems, ATMS)以及先進公共運輸系統 (Advanced Public Transportation Systems, APTS)中也實屬重要。有了準確的旅行時間推估能使大眾運輸業者更快速、準確地管理其車輛以及車隊，並及早對延誤班次作調度的工作，並且也可以提供交通管理當局作為交通管理之依據。

現今國外多數的高速公路，利用鋪設在路面上的感應線圈取得車流量、佔有率等資訊，再依這些資訊來推估旅行時間。但是反觀目前大多數國家的一般道路之硬體偵測設施皆不足，因此本研究考慮透過有限的車輛偵測器(Vehicle detector, VD)從有佈設偵測器的路段車流量來推估未佈設偵測器路段之車流量。有了車流量的資訊後，便可以更進一步的利用以發展出的模式來推估旅行時間。

1.2 研究目的

本論文之研究目的為利用路網中有限的車輛偵測器所偵測到的車流量，透過路段之間的關係，推估出路網中其他沒有佈設車輛偵測器路段的車流量，以期能提供足夠的資訊來作為推估旅行時間之用。

1.3 研究範圍

本研究針對尚未完全佈設偵測器的路網為對象，發展同時適用於基本類型道路的車流量推估模式，基本類型的路口包括：三叉路口、十字路口、五叉路口以及六叉路口。

本研究模式的假設如下：

- (1)路網中車輛偵測器的佈設位置已知
- (2)各路段的轉向比皆為已知
- (3)路網中每一個路段的容量為已知

1.4 研究流程

本研究流程如圖 1.1 所示，各階段說明如下：

確認研究問題

本階段主要工作為分析研究目的，並了解外在限制與可用資源，已清楚描述研究問題。

相關文獻回顧

本階段主要工作為回顧國內外相關之文獻，已分析過去研究之優缺點，作為本研究模式建構之基礎。

推估模式構建

本階段主要工作為建立可行之車流量推估模式

實作應用與結果分析

本階段主要工作為將車流量推估模式實際應用至路網，以驗證此模式是否適用於現實狀況，並分析結果以作為修正模式之依據。

結論與建議

對本研究之過程與結果作一結論與建議



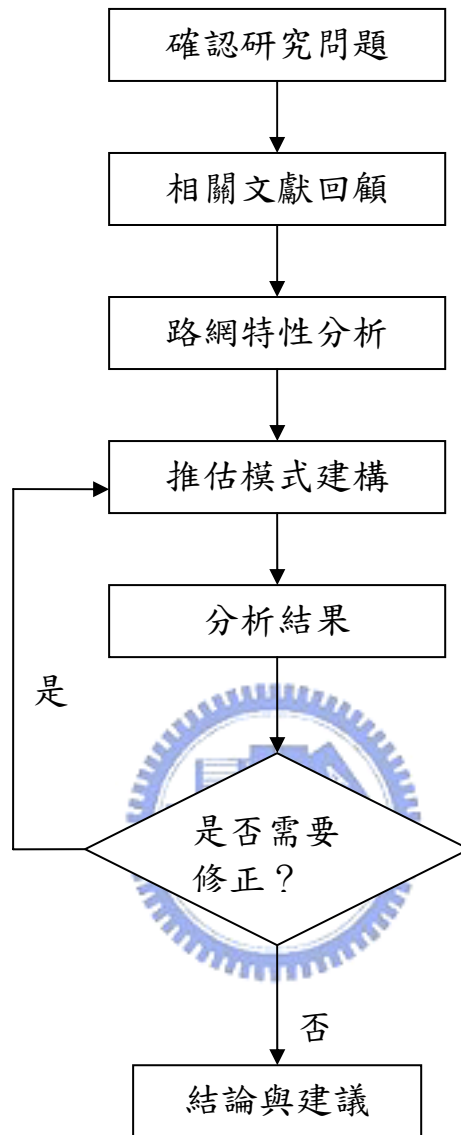


圖 1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

旅行時間推估與預測是許多 ITS 子系統的中心，如：ATIS、APTS 等，預測旅行時間有許多種方式，其中之一便是利用埋在路上的偵測器偵測車流狀況，進一步的推估並預測旅行時間。

2.1 以偵測器作為資料來源

Karl [4]認為高速公路上面的單迴圈偵測器並無法直接偵測車輛的速度，通常都是利用車長、佔有率等資料，並以流量、密度、速度三者之間的關係做一個轉換，以得出目前高速公路上的車輛速度。因此他提出了一個模式，可以直接由偵測器偵測到佔有率以及流量，利用直觀的車流統計模式，直接推估出路段的旅行時間。首先他假設在一個給定的時間間隔內，車輛的旅行時間在統計上會呈現一個分佈，接著再去預測此統計分佈的型態，因而可以推估出路段的旅行時間。

在測試方面，本研究採用 I-880 公路所蒐集到的資料作為測試範例。結果發現，當給定的時間間隔小於 300 秒時，可以預測出旅行時間的分佈型態，但是當時間間隔漸漸變大時，便會漸漸失去追蹤旅行時間分佈型態的準確度。

A. T. Venmuri [3]利用在高路公路上的一組偵測器偵測目前車流的速度，再利用時間序列的方法預測未來的旅行時間。在偵測車流速度方面，因為車輛會先通過上游的偵測器再通過下游的偵測器，因此利用上下游偵測器累積到同一車輛數的時間差來推估目前車流的速度，有了車流速度且路段長度已知，即可求出路段的旅行時間。接著再將預估旅行時間的問題當做時間序列問題來求解。

Zhang [18]認為目前的旅行時間與未來的旅行時間中存在著線性關係，因此他們利用此線性關係建立預測模式利用目前高速公路的旅行時間來預測未來的旅行時間。並且使用平均絕對預測誤差百分比(mean absolute percentage prediction error, MAPPE)來衡量此模式的預測結果。此模式適用於每個路段皆有佈設車輛偵測器的高速公路。

此研究的測試範例有二：

(1) I-880

此測試資料來自一段在加州海沃長 6 英哩的高速公路，在這段高速公路上，每隔三分之一英哩就有一個雙迴圈車輛偵測器，因此全路段總共有 35 個偵測器。而此測試範例是蒐集北邊車道早上 5 點至早上 10 點的偵測器資料。

(2) I-405

此測試資料來自位於加州的 I-405 公路，此研究採用早

上 5 點至早上 10 點的資料。資料規模較上一個測試範例大。

測試結果方面，在以 I-880 的資料測試下，依照時間的遠近誤差約在 5% 至 10%。而在以 I-405 的資料測試下，依照時間的遠近誤差約在 8% 至 13%。由於此模式的精確度會隨著預估時間的遠近以及輸入資料量的多寡而有所不同，因此適用於短距離的公路上。

Benjamin Coifman [6,12,13,16]利用上游偵測器偵測到的車輛有效車長來辨認此車輛何時通過下游的偵測器，以同一車輛通過兩偵測器的時間差，便可以計算出目前上下游偵測器間的旅行時間。

此方法應用在未壅塞的高速公路上，可以辨識出 65% 的車輛。而在擁擠的高速公路上，則可以辨識出 71% 的車輛。

另外也將高速公路的旅行時間由短至長分成 4 個範圍，若是利用此方法偵測出目前高速公路的旅行時間落在第一個時間範圍內，就表示目前高速公路的服務等級為 A 或 B。若是落在最後一個時間範圍內，則表示目前高速公路已出現壅塞的情形。

Abhijit [17]利用反傳遞類神經網路(counter propagation neural network, CPN)預測高速公路未來 5 至 30 分鐘之旅行時間並與倒傳遞類神經網路作比較。與倒傳遞類神經網路(back propagation neural network)相比，反傳遞類神經網路的運算速度比較快，因此適用於需要即時反應的 ATIS 上。

在訓練範例方面，此研究採用模擬的方式先產生 120 分鐘內的旅行時間，在此 120 分鐘的旅行時間中，分別以每 3 分鐘、5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘取一筆資料，因此產生 A、B、C、D 四組旅行時間訓練範例。訓練到誤差小於 0.005% 的時間表 2.1 所示：

表 2.1 訓練時間 單位：秒

訓練範例	倒傳遞網路	反傳遞網路
A	9.6	8.9
B	11.5	10.9
C	14.3	16.1
D	21.0	20.6

在測試範例方面，也是採用同樣的方式產生了 4 組的範例，測試結果如表 2.2 所示：

表 2.2 平均誤差 單位：%

測試範例	倒傳遞網路	反傳遞網路
A	398.3	4.1
B	312.7	3.8
C	276.4	3.4
D	212.8	2.9

Van Grol [10] 在歐洲建置的 DACCORD 系統也是利用埋設在道路上偵測器所求得的資料進行旅行時間的推估，並利用交通模式對未來的旅行時間作預估。在旅行時間推估方面，本研究採用以下兩種方式來推估：

1. 以車行速度來推估，此為利用車輛位於路段的起點及迄點之速度，由路段的長度除以車速來計算路段內的旅行時間。
2. 以車流量平衡來推估，此為利用路段起點與迄點之車流平衡來計算路段中因為壅塞而延滯的車輛數。當路段中有滯留之車輛數，則使用車輛消散率計算滯留車輛的消散時間，將此消散時間加上此路段自由車流狀況下的旅行時間，則為此路段的旅行時間。

在路網旅行時間推估方面，Van Grol 採用以下兩種方式來推估：

1. 瞬時之路網旅行時間，此為直接加總路網中各區段之旅行時間。
2. 加權之瞬時路網旅行時間，此為視各路段之道路使用率來決定權重加總各路段之旅行時間。

在旅行時間預測方面，則是採用統計交通模式以及交通行為模式來預測路段的旅行時間。在路網部分，則是採用動態之路網旅行時間預測以及瞬時之路網旅行時間預測兩種方式。

在測試方面，其利用平均平方誤差百分比平方根比較各種方法之準確度，結果發現，以行車速度推估的方式有較佳的績效，誤差約為 18%。

Jasperse [8]在荷蘭實行 ASTRIVAL 計劃，此計畫之目標為透過高速公路上每隔近五公里設置感應線圈之監控系統(名為 MoniCa)所偵測之車流量以及車流速度，利用演算法求得旅行時間及道路之車隊長度，並與實際資料比較其準確性。結果發現，當路段長度不長時，不論是否有量測匝道進出之車流量皆可以有合理的推估結果，但是當路段長度較長時，若無量測匝道進出之車流量則較難準確的推估其旅行時間。

Rose [9]利用在高速公路沿途每五百公尺裝設感應線圈，以測得車流量、車流速度、以及道路的使用資料。但是經過測試，發現簡單的距離除以速度所算得的旅行時間僅能反應瞬時的車輛資料，無法預測道路上車隊之累積或消散情況，使得旅行時間計算之結果準確性不足。因此，為了彌補簡單計算模式之不足，此計畫發展了一路段遞迴消散模式(Recursive Cell Processing Model, RCP Modal)改善之。路段遞迴消散模式與利用車輛瞬時速度的預估模式相比消散模式的平均絕對誤差百分比約 8%，而車輛瞬時速度的預估模式則有 16%。

2.2 小結

在本章文獻回顧可以發現，國外之旅行時間預估系統或模式主要多針對城際間之高速公路。且若預估旅行時間之資料來源為偵測器時，國外之研究皆依賴大範圍且密集之偵測器佈設，以取得各路段之車流量、佔有率等資料，再經由此資料來推估預測旅行時間。然而礙於預算，要在市區路網中鋪設足夠的偵測器以獲得足夠之輸入資料實屬不易。

因此在硬體設施可行性的考量下，本研究從路段之間的關係建構一個可以從有限偵測器資料下推估出全路網車流量的模式，並可應用於各種道路上。



第三章 車流量推估模式之構建

在路網中，每一個路口都要遵守流量守恆定律。在除了偵測器外沒有其他額外的資料下，可以藉由流量守恆定律，從路網中已知流量的路段(有佈設偵測器路段)推估出未佈設偵測器路段的流量。因此本研究利用流量守恆推導出一個路口的週遭路段之間的關係式，再利用路口週遭路段之間的關係式，建立在有限偵測器資源下可以推估出路網中所有路段車流量的模式。依照路口型態的不同，會有不同的關係式，不過概念是一樣的。

由於在一個路網中，偵測器的數量可能非常稀少，無法推估出準確的流量，因此本模式先依據路段容量給予未佈設偵測器的路段一個流量的初始範圍，0 至路段容量，配合上有佈設偵測器的路段流量經過模式反覆運算之後，此範圍將會逐漸收斂，因此模式最後輸出的是路段流量的可能範圍。若是路網中的偵測器越多或佈設位置越佳則求出的流量範圍越小；反之，若偵測器過少或者佈設位置不佳，推估出的路段流量範圍則越大。

由於在路網中存在著多個的偵測器，因此無論由路網中何處開始起算，在經過一次的運算後皆只能將各個偵測器鄰近的路段流量可能範圍推算出來，但是經由運算次數的增加可以慢慢的將距離偵測器較遠的路段流量可能範圍推估出來，最後則可推算出所有路段流量的可

能範圍，因此無論從路網的何處作為運算的起始路段，皆需要反覆的運算。另外，由於路網資料格式是依照路段的編號順序排序，因此若是直接依照路段編號為運算順序，可以簡化整個計算的流程。基於上述兩個理由，本研究依照路段編號的順序依序計算，並且需要多次反覆運算才可收斂。舉例說明如下：

假設有一路網如圖 3.1 所示，路段旁的數字為路段之編號。

路段 12 雙向分皆分別有佈設偵測器。

運算第一次時，只有路段 9、10、11 會受路段 12 偵測器的影響而縮小其流量範圍。

運算第二次時，由於路段 6、7、8 皆與路段 9 相接，因此會受路段 9 之影響而縮小其流量範圍。

運算第三次時，則路段 4、5 因為與路段 6 相接，因此會受路段 6 之影響而所小其流量範圍。

運算第四次時，路段 1、2、3 因為與路段 4 相接，因此會受路段 4 之影響而所小其流量範圍。

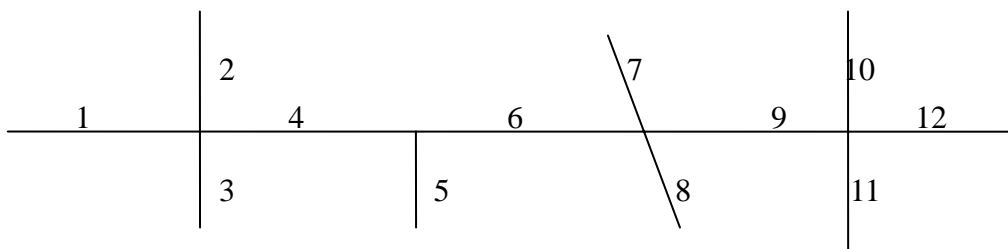


圖 3.1 路網圖

由上述可知，反覆運算可使偵測器的影響範圍漸漸往外擴展，不過影響程度會因為路段距離偵測器的遠近而有所不同，這也正是本模式運算過程需要反覆運算的原因。

車流推估模式的運算流程如圖 3.2 所示：



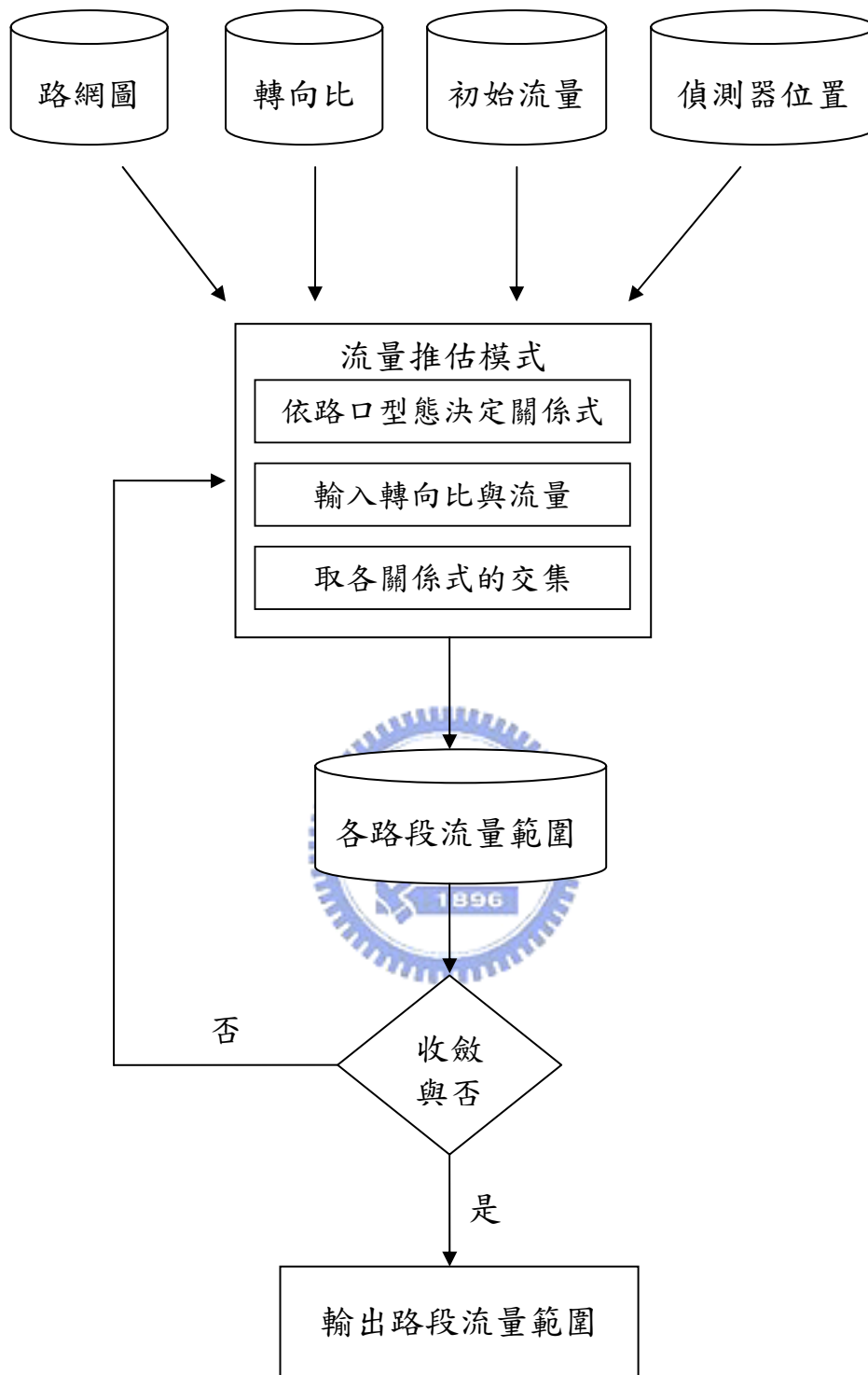


圖 3.2 模式流程圖

首先，輸入路網、路段轉向比、偵測器位置、初始流量等資料。有偵測器的路段，初始流量為一定值，在無偵測器的路段，初始流量範圍為 0 至路段容量。初始流量只有在第一次運算會被用到，之後反覆運算時的流量皆是以上一次運算所得出的流量範圍來計算。

接著將所有數值輸入至模式中開始運算求出每個路段的流量範圍，如果流量範圍收斂則停止運算。詳述如下：

3.1 依路口型態決定關係式

本研究利用路段之間的關係建立模式，不同的路口型態關係也會不同，茲分述如下：

3.1.1 三叉路口

假設有一個路網如圖 3.3 所示，我們欲求路段六的流量 X_6 ，則我們可以從此路段的前後路口週遭的路段來推估 X_6 ：

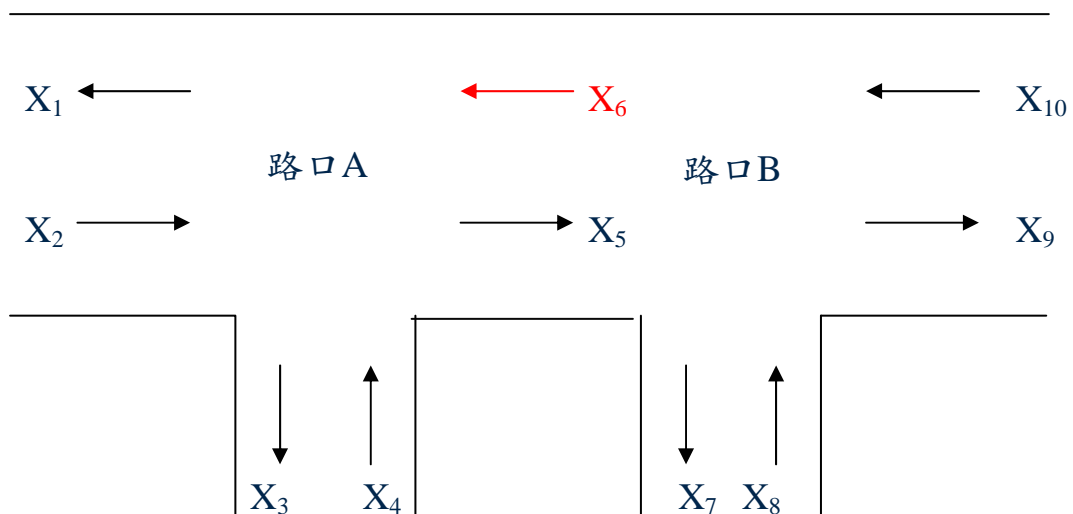


圖 3.3 三叉路口

(1)路口 A

路口 A 週遭路段流量間的關係，如式 3-1、式 3-2、式 3-3 所示。

$$X_1 = X_4 L_4 + X_6 T_6 \quad (3-1)$$

$$X_3 = X_2 R_2 + X_6 L_6 \quad (3-2)$$

$$X_5 = X_2 T_2 + X_4 R_4 \quad (3-3)$$

X_i ：路段 i 的車流量

R_i ：路段 i 的右轉比例

T_i ：路段 i 的直行比例

L_i ：路段 i 的左轉比例

其中與 X_6 有關之關係式為式 3-1 與式 3-2，分別可轉換為

式 3-4 與式 3-5。

$$X_6 = \frac{X_1 - X_4 L_4}{T_6} \quad (3-4)$$

$$X_6 = \frac{X_3 - X_2 R_2}{L_6} \quad (3-5)$$

因此，

$$X_6 = \frac{X_1 - X_4 L_4}{T_6} = \frac{X_3 - X_2 R_2}{L_6} \quad (3-6)$$

(2)路口 B

路口 B 週遭路段流量間的關係，如式 3-7、式 3-8、式 3-9 所示。

$$X_6 = X_8L_8 + X_{10}T_{10} \quad (3-7)$$

$$X_7 = X_5R_5 + X_{10}L_{10} \quad (3-8)$$

$$X_9 = X_5T_5 + X_8R_8 \quad (3-9)$$

X_i : 路段*i*的車流量

R_i : 路段*i*的右轉比例

T_i : 路段*i*的直行比例

L_i : 路段*i*的左轉比例

其中與 X_6 有關之關係式為式 3-7。

3.1.2 十字路口

假設有一個路網如圖 3.4 所示，我們欲求路段六的流量 X_6 ，則我們可以從此路段的前後路口週遭的路段來推估 X_6 ：

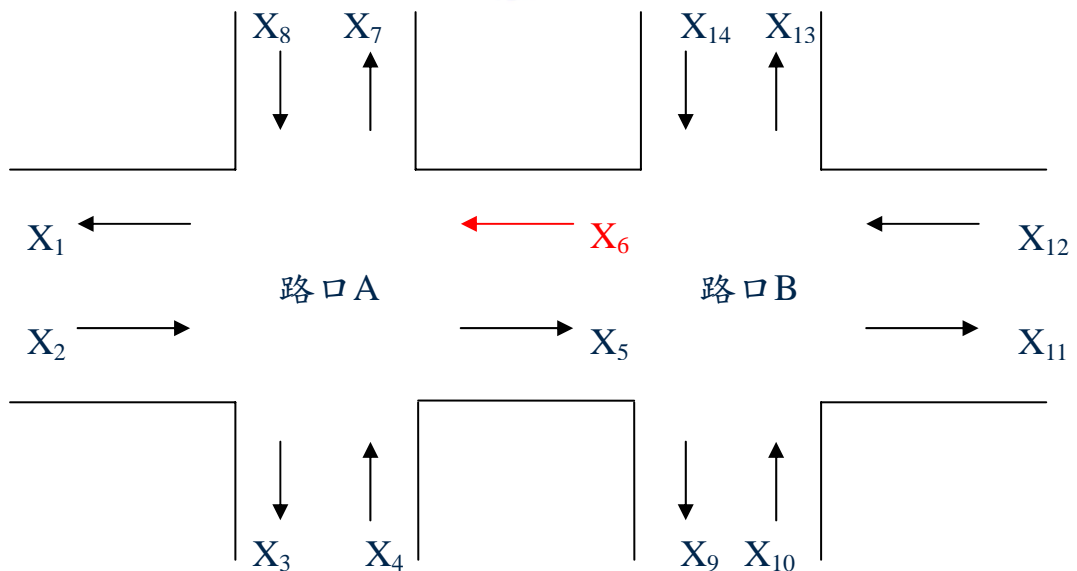


圖 3.4 十字路口

(1)路口 A

路口 A 週遭路段流量間的關係，如式 3-10、式 3-11、式 3-12、式 3-13 所示。

$$X_1 = X_4 L_4 + X_6 T_6 + X_8 R_8 \quad (3-10)$$

$$X_3 = X_2 R_2 + X_6 L_6 + X_8 T_8 \quad (3-11)$$

$$X_5 = X_2 T_2 + X_4 R_4 + X_8 L_8 \quad (3-12)$$

$$X_7 = X_2 L_2 + X_4 T_4 + X_6 R_6 \quad (3-13)$$

X_i ：路段 i 的車流量

R_i ：路段 i 的右轉比例

T_i ：路段 i 的直行比例

L_i ：路段 i 的左轉比例

其中與 X_6 有關之關係式為式 3-10、式 3-11 與式 3-13，分別可轉換為式 3-14、式 3-15 與式 3-16。

$$X_6 = \frac{X_1 - X_4 L_4 - X_8 R_8}{T_6} \quad (3-14)$$

$$X_6 = \frac{X_3 - X_2 R_2 - X_8 T_8}{L_6} \quad (3-15)$$

$$X_6 = \frac{X_7 - X_2 L_2 - X_4 T_4}{R_6} \quad (3-16)$$

因此，

$$X_6 = \frac{X_1 - X_4 L_4 - X_8 R_8}{T_6} = \frac{X_3 - X_2 R_2 - X_8 T_8}{L_6} = \frac{X_7 - X_2 L_2 - X_4 T_4}{R_6} \quad (3-17)$$

(2)路口 B

路口 B 週遭路段流量間的關係，如式 3-18、式 3-19、式 3-20

與式 3-21 所示。

$$X_6 = X_8L_8 + X_{10}T_{10} + X_{14}R_{14} \quad (3-18)$$

$$X_7 = X_5R_5 + X_{10}L_{10} + X_{14}T_{14} \quad (3-19)$$

$$X_9 = X_5T_5 + X_8R_8 + X_{14}L_{14} \quad (3-20)$$

$$X_{13} = X_5L_5 + X_{10}T_{10} + X_{12}R_{12} \quad (3-21)$$

X_i ：路段 i 的車流量

R_i ：路段 i 的右轉比例

T_i ：路段 i 的直行比例

L_i ：路段 i 的左轉比例

其中與 X_6 有關之關係式為式 3-18。

3.1.3 五叉路口

假設有一個路網如圖 3.5 所示，我們欲求路段六的流量 X_6 ，則我們可以從此路段的前後路口週遭的路段來推估 X_6 ：

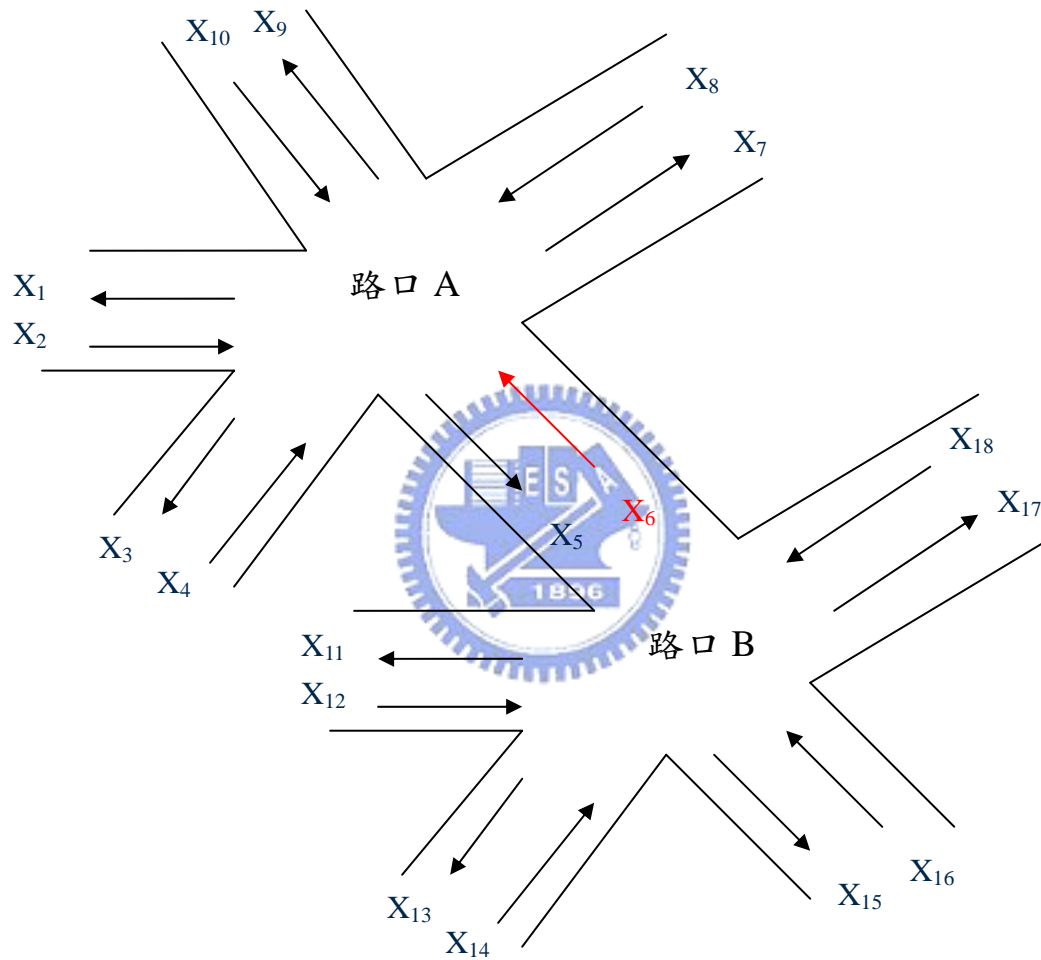


圖 3.5 五叉路口

(1)路口 A

路口 A 週遭路段流量間的關係，如式 3-22、式 3-23、式 3-24、式 3-25、式 3-26 所示。

$$X_1 = X_6 R_1^6 + X_4 R_1^4 + X_8 R_1^8 + X_{10} R_1^{10} \quad (3-22)$$

$$X_3 = X_6 R_3^6 + X_2 R_3^2 + X_8 R_3^8 + X_{10} R_3^{10} \quad (3-23)$$

$$X_5 = X_2 R_5^{10} + X_4 R_5^{10} + X_8 R_5^{10} + X_{10} R_5^{10} \quad (3-24)$$

$$X_9 = X_6 R_9^6 + X_2 R_9^2 + X_4 R_9^4 + X_8 R_9^8 \quad (3-25)$$

$$X_7 = X_6 R_7^6 + X_2 R_7^2 + X_4 R_7^4 + X_{10} R_7^{10} \quad (3-26)$$

X_i : 路段 i 的車流量

R_j^i : 路段 i 轉向路段 j 的轉向比例

其中與 X_6 有關之關係式為式 3-22、式 3-23、式 3-25 與式 3-26，

分別可轉換為式 3-27、式 3-28、式 3-29 與式 3-30。

$$X_6 = \frac{X_1 - X_4 R_1^4 - X_8 R_1^8 - X_{10} R_1^{10}}{R_1^6} \quad (3-27)$$

$$X_6 = \frac{X_3 - X_2 R_3^2 - X_8 R_3^8 - X_{10} R_3^{10}}{R_3^6} \quad (3-28)$$

$$X_6 = \frac{X_7 - X_2 R_7^2 - X_4 R_7^4 - X_{10} R_7^{10}}{R_7^6} \quad (3-29)$$

$$X_6 = \frac{X_9 - X_2 R_9^2 - X_4 R_9^4 - X_8 R_9^8}{R_9^6} \quad (3-30)$$

因此，

$$\begin{aligned} X_6 &= \frac{X_1 - X_4 R_1^4 - X_8 R_1^8 - X_{10} R_1^{10}}{R_1^6} = \frac{X_3 - X_2 R_3^2 - X_8 R_3^8 - X_{10} R_3^{10}}{R_3^6} \\ &= \frac{X_7 - X_2 R_7^2 - X_4 R_7^4 - X_{10} R_7^{10}}{R_7^6} = \frac{X_9 - X_2 R_9^2 - X_4 R_9^4 - X_8 R_9^8}{R_9^6} \end{aligned} \quad (3-31)$$

(2)路口 B

路口 B 週遭路段流量間的關係，如式 3-32、式 3-33、式 3-34、式 3-35、式 3-36 所示。

$$X_6 = X_{12}R_6^{12} + X_{14}R_6^{14} + X_{16}R_6^{16} + X_{18}R_6^{18} \quad (3-32)$$

$$X_{11} = X_5R_{12}^5 + X_{14}R_{12}^{14} + X_{16}R_{12}^{16} + X_{18}R_{12}^{18} \quad (3-33)$$

$$X_{13} = X_5R_{13}^5 + X_{12}R_{13}^{12} + X_{16}R_{13}^{16} + X_{18}R_{13}^{18} \quad (3-34)$$

$$X_{15} = X_5R_{15}^5 + X_{12}R_{15}^{12} + X_{14}R_{15}^{14} + X_{18}R_{15}^{18} \quad (3-35)$$

$$X_{17} = X_5R_{17}^5 + X_{12}R_{17}^{12} + X_{14}R_{17}^{14} + X_{16}R_{17}^{16} \quad (3-36)$$

X_i ：路段 i 的車流量

R_j^i ：路段 i 轉向路段 j 的轉向比例

其中與 X_6 有關之關係式為式 3-32。

3.1.4 六叉路口

假設有一個路網如圖 3.6 所示，我們欲求路段六的流量 X_6 ，則我們可以從此路段的前後路口週遭的路段來推估 X_6 ：

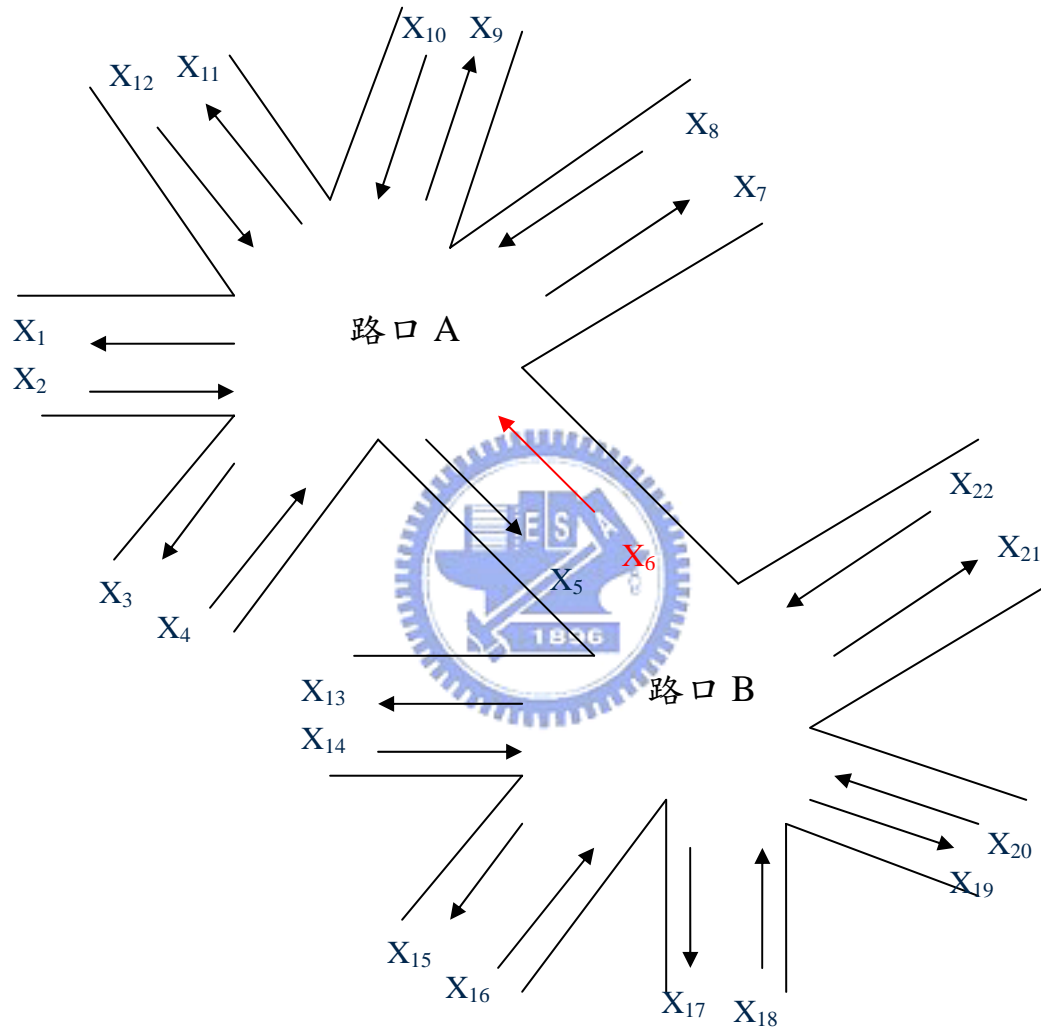


圖 3.6 六叉路口

(1)路口 A

路口 A 週遭路段流量間的關係，如式 3-37、式 3-38、式 3-39、式 3-40、式 3-41 與式 3-42 所示。

$$X_1 = X_4 R_1^4 + X_6 R_1^6 + X_8 R_1^8 + X_{10} R_1^{10} + X_{12} R_1^{12} \quad (3-37)$$

$$X_3 = X_2 R_3^2 + X_6 R_3^6 + X_8 R_3^8 + X_{10} R_3^{10} + X_{12} R_3^{12} \quad (3-38)$$

$$X_5 = X_2 R_5^{10} + X_4 R_5^{10} + X_8 R_5^{10} + X_{10} R_5^{10} + X_{12} R_5^{12} \quad (3-39)$$

$$X_9 = X_2 R_9^2 + X_4 R_9^4 + X_6 R_9^6 + X_8 R_9^8 + X_{12} R_9^{12} \quad (3-40)$$

$$X_7 = X_2 R_7^2 + X_4 R_7^4 + X_6 R_7^6 + X_{10} R_7^{10} + X_{12} R_7^{12} \quad (3-41)$$

$$X_{11} = X_2 R_{11}^2 + X_4 R_{11}^4 + X_6 R_{11}^6 + X_8 R_{11}^8 + X_{10} R_{11}^{10} \quad (3-42)$$

X_i : 路段 i 的車流量

R_j^i : 路段 i 轉向路段 j 的轉向比例

其中與 X_6 有關之關係式為式 3-37、式 3-38、式 3-40、式 3-41 與式 3-42，分別可轉換為式 3-43、式 3-44、式 3-45、式 3-46 與式 3-47。

$$X_6 = \frac{X_1 - X_4 R_1^4 - X_8 R_1^8 - X_{10} R_1^{10} - X_{12} R_1^{12}}{R_1^6} \quad (3-43)$$

$$X_6 = \frac{X_3 - X_2 R_3^2 - X_8 R_3^8 - X_{10} R_3^{10} - X_{12} R_3^{12}}{R_3^6} \quad (3-44)$$

$$X_6 = \frac{X_7 - X_2 R_7^2 - X_4 R_7^4 - X_{10} R_7^{10} - X_{12} R_7^{12}}{R_7^6} \quad (3-45)$$

$$X_6 = \frac{X_9 - X_2 R_9^2 - X_4 R_9^4 - X_8 R_9^8 - X_{12} R_9^{12}}{R_9^6} \quad (3-46)$$

$$X_6 = \frac{X_{11} - X_2 R_{11}^2 - X_4 R_{11}^4 - X_8 R_{11}^8 - X_{10} R_{11}^{10}}{R_{11}^6} \quad (3-47)$$

因此，

$$\begin{aligned}
 X_6 &= \frac{X_1 - X_4 R_1^4 - X_8 R_1^8 - X_{10} R_1^{10} - X_{12} R_1^{12}}{R_1^6} \\
 &= \frac{X_3 - X_2 R_3^2 - X_8 R_3^8 - X_{10} R_3^{10} - X_{12} R_3^{12}}{R_3^6} \\
 &= \frac{X_7 - X_2 R_7^2 - X_4 R_7^4 - X_{10} R_7^{10} - X_{12} R_7^{12}}{R_7^6} \\
 &= \frac{X_9 - X_2 R_9^2 - X_4 R_9^4 - X_8 R_9^8 - X_{12} R_9^{12}}{R_9^6} \\
 &= \frac{X_{11} - X_2 R_{11}^2 - X_4 R_{11}^4 - X_8 R_{11}^8 - X_{10} R_{11}^{10}}{R_{11}^6}
 \end{aligned} \tag{3-48}$$

(2)路口 B

路口 B 週遭路段流量間的關係，如式 3-49、式 3-50、式 3-51、式 3-52、式 3-53 與式 3-54 所示。

$$X_6 = X_{14} R_6^{14} + X_{16} R_6^{16} + X_{18} R_6^{18} + X_{20} R_6^{20} + X_{22} R_6^{22} \tag{3-49}$$

$$X_{13} = X_5 R_{13}^5 + X_{16} R_{13}^{16} + X_{18} R_{13}^{18} + X_{20} R_{13}^{20} + X_{22} R_{13}^{22} \tag{3-50}$$

$$X_{15} = X_5 R_{15}^5 + X_{14} R_{15}^{14} + X_{18} R_{15}^{18} + X_{20} R_{15}^{20} + X_{22} R_{15}^{22} \tag{3-51}$$

$$X_{17} = X_5 R_{17}^5 + X_{14} R_{17}^{14} + X_{16} R_{17}^{16} + X_{20} R_{17}^{20} + X_{22} R_{17}^{22} \tag{3-52}$$

$$X_{19} = X_5 R_{19}^5 + X_{14} R_{19}^{14} + X_{16} R_{19}^{16} + X_{18} R_{19}^{18} + X_{22} R_{19}^{22} \tag{3-53}$$

$$X_{21} = X_5 R_{21}^5 + X_{14} R_{21}^{14} + X_{16} R_{21}^{16} + X_{18} R_{21}^{18} + X_{20} R_{21}^{20} \tag{3-54}$$

X_i ：路段 i 的車流量

R_j^i ：路段 i 轉向路段 j 的轉向比例

其中與 X_6 有關之關係式為式 3-49。

3.1.6 決定關係式

有了路網、路段轉向比、偵測器位置、初始流量後，先依據欲求路段前後的路口型態決定關係式，例如：有一個路網如圖 3.7 所示。

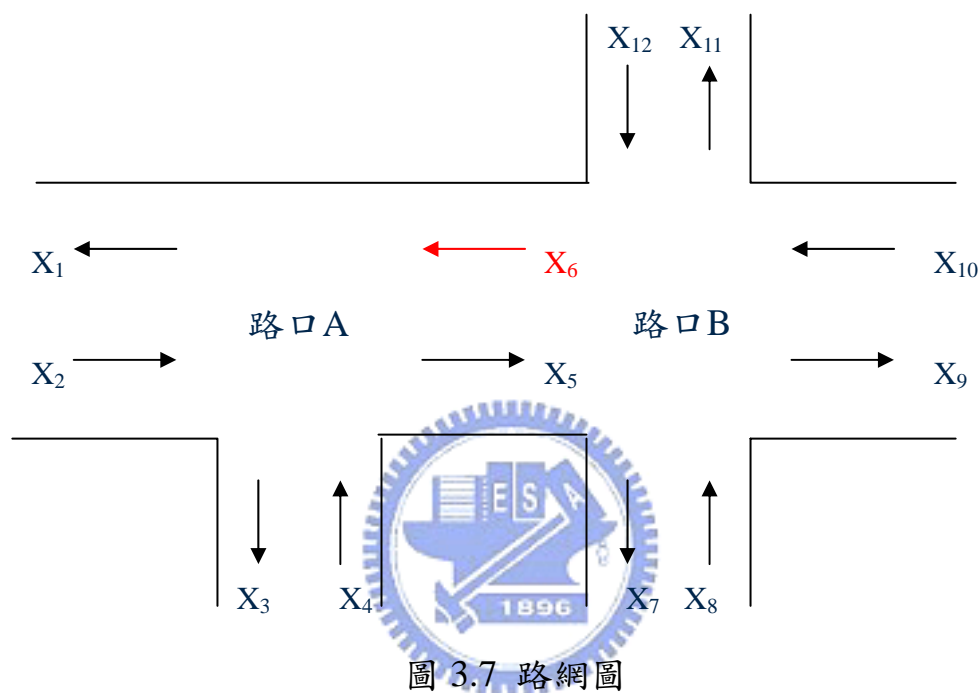


圖 3.7 路網圖

我們欲求路段 6 的流量 X_6 ，則依據路段 6 前後的路口之型態來決定關係式，路口 A 為三叉路口因此採用式 3-4 與式 3-5，而路口 B 為十字路口因此採用式 3-18。

3.2 取各關係式的交集

針對關係式，輸入相關之路段流量與轉向比。有佈設偵測器的路段，其流量為一個定值，未佈設偵測器的路段，分別輸入其流量範圍的下限與上限。另外如為第一次運算則流量輸入初始流量，若非第一次運算則輸入上次運算的結果。依據每一個關係

式，求出欲求流量的下限與上限。承上例，選定關係式

$$X_6 = \frac{X_1 - X_4 L_4}{T_6} \text{、} X_6 = \frac{X_3 - X_2 R_2}{L_6} \text{、} X_6 = X_8 L_8 + X_{10} T_{10} + X_{12} R_{12} \text{後，便}$$

求出每一個關係式流量的下限與上限。為了使流量範圍能包含所有可能的流量，因此推估流量範圍的概念如以下說明：

以圖 3.7 的路口 A 來看，有兩個關係式與 X_6 有關，分別為

$$X_6 = \frac{X_1 - X_4 L_4}{T_6} \text{ 以及 } X_6 = \frac{X_3 - X_2 R_2}{L_6} \text{。其中 } X_6 = \frac{X_1 - X_4 L_4}{T_6} \text{ 則是由式}$$

3-1 轉換而得，式 3-1 表示 X_1 是由 X_4 的左轉部分流量加上 X_6 的直行部分流量而來，由於路段 1 的流量與路段 4 的流量可能落在一個流量範圍內，在此流量範圍中的任一流量皆有可能為正確之流量，分別以 X_1^1 與 X_1^2 表示路段 1 的流量可能範圍下限與流量可能範圍上限，以 X_4^1 與 X_4^2 表示路段 4 的流量可能範圍下限與流量可能範圍上限。由於路段 1 以及路段 4 有多個可能的流量，因此推估出的路段 6 流量也將會有多個可能的流量，而在這麼多個可能流量之中，最小的流量為當 X_1 為路段 1 路段流量範圍下限以及 X_4 為路段 4 路段流量範圍上限時，因此我們便以此一最小流量為 X_6 的流量範圍下限，以 X_6^1 表示之。而在這麼多個可能流量下，最大的流量為當 X_1 為路段 1 路段流量範圍上限以及 X_4 為路段 4 路段流量範圍下限時，因此我們便以此一最大可能流量為 X_6 的流量範圍上限，以 X_6^2 表示之。

若是以路口 B 來看，則只有一關係式與 X_6 有關，

$X_6 = X_8 L_8 + X_{10} T_{10} + X_{12} R_{12}$ 。在此關係式中路段 8、10、12 的流量也皆可能為一個範圍，在此範圍內的流量皆有可能為正確的流量，因此依照此範圍所推估出路段 6 的流量也將會是一個範圍，亦即有路段 6 也會有多個可能的流量，在這些流量之中，最小的一個為當關係式中路段 8、10、12 的流量均為最小時，亦即為流量範圍的下限。最大的一個則是當關係式中路段 8、10、12 的流量均為最大時，亦即為流量範圍的上限。

其餘的關係式也皆遵循此一概念，以確保模式所推估出的路段流量可能範圍能包括正確的路段流量，因此將個別關係式分別輸入流量的上下限與轉向比得出 X_6 的下限：

$$X_6^1 = \frac{X_1^1 - X_4^2 L_4}{T_6} \quad (3-55)$$

$$X_6^1 = \frac{X_3^1 - X_2^2 R_2}{L_6} \quad (3-56)$$

$$X_6 = X_8^1 L_8 + X_{10}^1 T_{10} + X_{12}^1 R_{12} \quad (3-57)$$

與上限：

$$X_6^2 = \frac{X_1^2 - X_4^1 L_4}{T_6} \quad (3-58)$$

$$X_6^2 = \frac{X_3^2 - X_2^1 R_2}{L_6} \quad (3-59)$$

$$X_6 = X_8^2 L_8 + X_{10}^2 T_{10} + X_{12}^2 R_{12} \quad (3-60)$$

X_i^1 ：路段 i 的流量下限

X_i^2 : 路段*i*的流量上限

R_i : 路段*i*的右轉比例

T_i : 路段*i*的直行比例

L_i : 路段*i*的左轉比例

接下來將求出的數個流量範圍取其交集，延續上例，在求出各關係式的範圍後，取其交集如下：

$$\text{Max} \left[\begin{array}{l} 0, \\ \frac{X_1^1 - X_4^2 L_4}{T_6}, \\ \frac{X_3^1 - X_2^2 R_2}{L_6}, \\ X_8^1 L_8 + X_{10}^1 T_{10} + X_{12}^1 R_{12} \end{array} \right] \leq X_6 \leq \min \left[\begin{array}{l} \frac{X_1^2 - X_4^1 L_4}{T_6}, \\ \frac{X_3^2 - X_2^1 R_2}{L_6}, \\ X_8^2 L_8 + X_{10}^2 T_{10} + X_{12}^1 R_{12} \end{array} \right] \quad (3-61)$$

X_i^1 : 路段*i*的流量下限

X_i^2 : 路段*i*的流量上限

R_i : 路段*i*的右轉比例

T_i : 路段*i*的直行比例

L_i : 路段*i*的左轉比例

3.3 收斂與否

在所有路段依照路段順序全部計算一次之後，會將每一個路段的流量範圍輸出，並且將本次運算的結果與上次運算的結果相比較，若全部未佈設偵測器的路段，其流量範圍縮減程度皆小於 1 pcu/hr，則停止運算。若有一未佈設偵測器的路段，其流量範圍縮減程度與上一次運算相比大於 1 pcu/hr 則將此次運算的結果重新輸入模式中繼續運算，直到收斂為止。



3.4 說明範例

本節將針對流量推估模式舉例說明，並反覆運算兩次以說明收斂的狀況。假設有一個路網如圖 3.8 所示，欲求路段 2 與路段 6 的流量 X_2 與 X_6 。在此路網中，路段 1 與路段 8 佈設有偵測器，偵測到之流量分別為 1000 pcu/hr 與 800 pcu/hr，其餘路段的容量皆為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0~2000 pcu/hr。各路段的轉向比如表 3.1 所示。

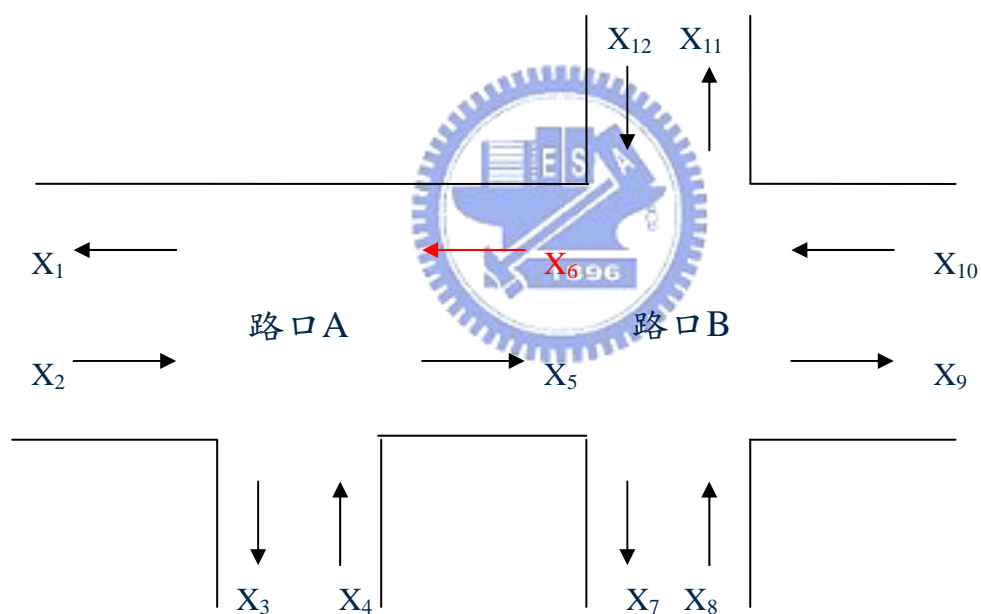


圖 3.8 路網圖

表 3.1 各路段轉向比

路段	左轉比例	直行比例	右轉比例
1	0.2	0.4	0.4
2	--	0.5	0.5
3	0.4	0.3	0.3
4	0.4	--	0.6
5	0.3	0.4	0.3
6	0.5	0.5	--
7	0.2	0.5	0.3
8	0.1	0.8	0.1
9	0.3	0.5	0.2
10	0.2	0.6	0.2
11	0.1	0.3	0.6
12	0.2	0.6	0.2

步驟一：

首先先依照路段編號大小的順序計算第一次：

路段 2

先計算路段 2 的流量範圍，依照式 3-61，路段 2 的流量

範圍為

$$\text{Max} \begin{bmatrix} 0, \\ \frac{0 - 2000 * 0.5}{0.5}, \\ \frac{0 - 2000 * 0.6}{0.5}, \end{bmatrix} \leq X_2 \leq \text{min} \begin{bmatrix} \frac{2000 - 0 * 0.5}{0.5}, \\ \frac{2000 - 0 * 0.6}{0.5}, \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \text{Max} \begin{bmatrix} 0, \\ -2000, \\ -2400, \end{bmatrix} \leq X_2 \leq \text{min} \begin{bmatrix} 4000, \\ 4000, \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow 0 \leq X_2 \leq 4000$$

亦即，路段 2 的流量可能範圍為 0 pcu/hr 到 4000

pcu/hr。

此時可能的流量範圍比初始流量範圍 0 pcu/hr 到 2000 pcu/hr 大，是因為路段 3 以及路段 5 的流量可能範圍均為 0 pcu/hr 到 2000 pcu/hr，又加上路段 2 的左右轉比例均小於 1，因此造成運算之後的流量上限大於初始的流量範圍上限 2000 pcu/hr。

路段 6

依照式 3-61，路段 6 的流量範圍為

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \begin{bmatrix} 0, \\ \frac{1000 - 2000 * 0.4}{0.5}, \\ \frac{0 - 4000 * 0.5}{0.5}, \\ 800 * 0.1 + 0 * 0.6 + 0 * 0.2 \end{bmatrix} \leq X_6 \leq \text{min} \begin{bmatrix} \frac{1000 - 0 * 0.4}{0.5}, \\ \frac{2000 - 0 * 0.5}{0.5}, \\ 800 * 0.1 + 2000 * 0.6 + 2000 * 0.2 \end{bmatrix} \\
 \Rightarrow & \text{Max} \begin{bmatrix} 0, \\ 400, \\ -4000, \\ 80 \end{bmatrix} \leq X_6 \leq \text{min} \begin{bmatrix} 2000, \\ 4000, \\ 1680 \end{bmatrix} \\
 \Rightarrow & 400 \leq X_6 \leq 1680
 \end{aligned}$$

亦即，路段六的流量範圍為 400 pcu/hr 到 1680 pcu/hr。

步驟二

進行第二次的運算

路段 2

先計算路段 2 的流量範圍，依照式 3-61，路段 2 的流量範圍為

$$\text{Max} \begin{bmatrix} 0, \\ \frac{0 - 1680 * 0.5}{0.5}, \\ \frac{0 - 2000 * 0.6}{0.5}, \end{bmatrix} \leq X_2 \leq \text{min} \begin{bmatrix} \frac{2000 - 400 * 0.5}{0.5}, \\ \frac{2000 - 0 * 0.6}{0.5}, \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \text{Max} \begin{bmatrix} 0, \\ -1680, \\ -2400, \end{bmatrix} \leq X_2 \leq \text{min} \begin{bmatrix} 3600, \\ 4000, \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow 0 \leq X_6 \leq 3600$$

亦即，路段 2 的流量可能範圍為 0 pcu/hr 到 3600

pcu/hr。

此時可能的流量範圍從第一次運算的流量可能範圍 0

pcu/hr 到 4000 pcu/hr 縮減至 0 pcu/hr 到 3600 pcu/hr。

路段 6



依照式 3-61，路段 6 的流量範圍為

$$\text{Max} \begin{bmatrix} 0, \\ \frac{1000 - 2000 * 0.4}{0.5}, \\ \frac{0 - 3600 * 0.5}{0.5}, \\ 800 * 0.1 + 0 * 0.6 + 0 * 0.2 \end{bmatrix} \leq X_6 \leq \text{min} \begin{bmatrix} \frac{1000 - 0 * 0.4}{0.5}, \\ \frac{2000 - 0 * 0.5}{0.5}, \\ 800 * 0.1 + 2000 * 0.6 + 2000 * 0.2 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \text{Max} \begin{bmatrix} 0, \\ 400, \\ -3600, \\ 80 \end{bmatrix} \leq X_6 \leq \text{min} \begin{bmatrix} 2000, \\ 4000, \\ 1680 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow 400 \leq X_6 \leq 1680$$

亦即，路段六的流量可能範圍為 400 pcu/hr 到 1680 pcu/hr，

與第一次運算結果一樣。

第四章 數值測試

根據前章所建構之車流量推估模式，本章將以新竹市路網為測試對象，測試在不同偵測器佈設位置以及不同偵測器數量下，模式推估之準確度與流量範圍大小。

4.1 測試路網

本章以新竹市路網為測試範例，此路網共有 4852 條路段，3646 個路口，假設每一條路段皆為雙向，因此可以依照路段的起點至迄點方向，以及迄點至起點方向分為兩部分，此起迄點係依照運研所數值地圖中對每個路段所定義的起點與迄點。如圖 4.1 所示，同一路段可分為起點至迄點方向與迄點至起點方向兩方向的流量，也就是 X_1 與 X_2 ：

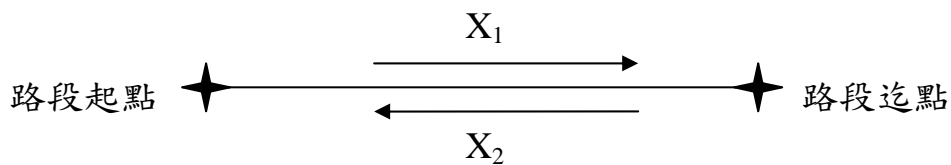


圖 4.1 路段示意圖

4.2 測試方法

本研究將以偵測器擺設位置的不同、擺設數量的不同來測試本模式推估出的流量範圍之差異與正確性。在正確性方面，本研究首先以模擬的方式產生兩組全部路段的正確流量值，步驟如下：

1. 將所有路段的初始流量分別訂為 500 pcu/hr 以及 1000pcu/hr。
2. 路網中每個路段的轉向比依照路段週遭路段的個數以及路段編號順序給予假設之轉向比。
3. 由於在第一個步驟中的流量值一定不會遵守流量守恆，因此接著便依照路段的編號順序利用 3.1 節中各路口型態的關係式與假設之轉向比依序計算更新每一個路段的流量。
4. 先更新的路段流量與後更新的路段流量間亦有可能無法遵守流量守恆，因此需要反覆運算。
5. 當前一次運算的模擬流量正確值與此次運算的模擬流量正確值差值小於 0.1 pcu/hr 時，便停止運算，並輸出每一個路段的流量正確值。
6. 此時有兩組正確的流量值，第一組為以初始流量 500pcu/hr 反覆運算得出的，第二組為以初始流量 1000pcu/hr 反覆運算得出的。

有了每個路段的流量正確值後，便將無偵測器位置的正確值拿掉，並且輸入運算正確值時給予每一個路段之轉向比，接著利用本研究模式去推估，並將輸出的流量範圍與正確值做比較，看看是否正確值皆落在推估出的流量範圍內。

此外，最後輸出的流量可能範圍大小有可能會大於 2000 pcu/hr，

這是因為轉向比的關係，除了 3.4 節的情形之外，尚有另一種情形會導致流量可能範圍大於 2000 pcu/hr 說明如下：

若有一路口如圖 3.8 所示，如果路段 12 的右轉比例、路段 10 的直行比例與路段 8 的左轉比例分別為 0.5、0.6、0.3。且這些路段的流量可能範圍皆為 0 pcu/hr 至 2000 pcu/hr，則路段 6 的流量可能範圍以路口 B 來看則為 $0 \times (0.5 + 0.6 + 0.3) = 0$ pcu/hr 至 $2000 \times (0.5 + 0.6 + 0.3) = 2800$ pcu/hr，亦即 0 pcu/hr 至 2800 pcu/hr，

因此流量範圍大小為 2800 pcu/hr，大於 2000 pcu/hr。

由於上述理由，因此推估出的流量範圍大小可能會大於 2000 pcu/hr。



4.3 不同偵測器佈設位置

本小節將在新竹市路網中選定 4 個不同的位置集中佈設偵測器，如圖 4.2 所示，及分散佈設偵測器，以比較其差異，並以第一組正確流量值來檢驗其正確性。

另外，由於假設所有路段皆為雙向，因此一個路段會有兩個流量範圍，但是無法在同一個圖中顯示，因此為了表示的方便，運算結果可以分為兩部分，如圖 4.1 所示：

(1) 起點至迄點方向

(2) 迄點至起點方向



圖 4.2 新竹市路網圖

4.3.1 位置 1

在圖 4.2 位置 1 的路段集中選取 485 個路段雙向皆佈設偵測器，這 485 個路段的流量值是取自第一組正確流量值之中，除了這 485 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

(1) 起點至迄點方向

如表 4.1 所示，路段流量範圍大小為路段流量範圍之上限減去路段流量範圍之下限。除了原本有佈設偵測器的路段之外，尚有 48 個路段的流量範圍大小介於 0~500 pcu/hr 之間。流量範圍大小分佈圖如圖 4.3 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.1 流量範圍結果(起點至迄點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	533	10.985
500~1000	23	0.474
1000~1500	37	0.763
1500~2000	2355	48.537
2000~	1904	39.241
總計	4852	100

表 4.2 線條顏色意義表

線條顏色	流量範圍大小(pcu/ht)
黑色	0~500
綠色	501~1000
藍色	1001~1500

黃色	1501~2000
紅色	2001~

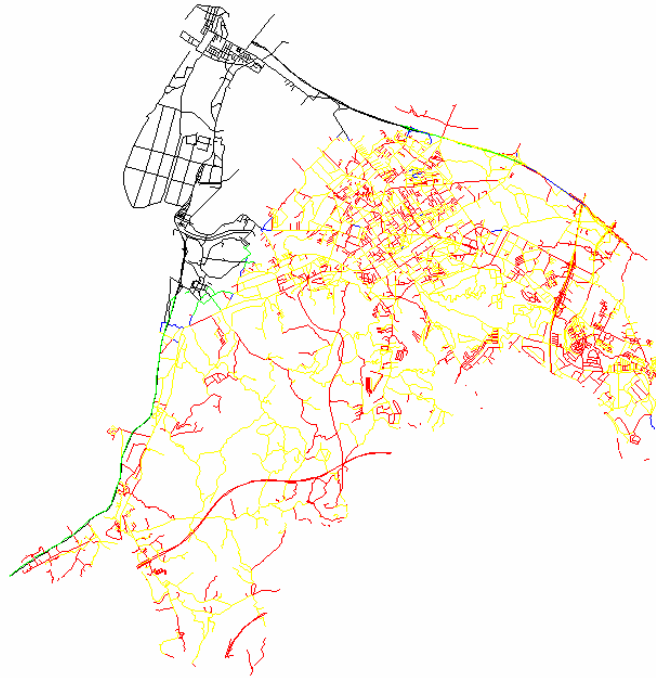


圖 4.3 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向



如表 4.3 所示，路段流量範圍大小為路段流量範圍之上限減去路段流量範圍之下限。除了原本有佈設偵測器的路段之外，尚有 39 個路段的流量範圍大小介於 0~500 pcu/hr 之間。流量範圍大小分佈圖如圖 4.4 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.3 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	524	10.800
500~1000	19	0.392
1000~1500	51	1.051
1500~2000	2471	50.927

2000~	1787	36.830
總計	4852	100

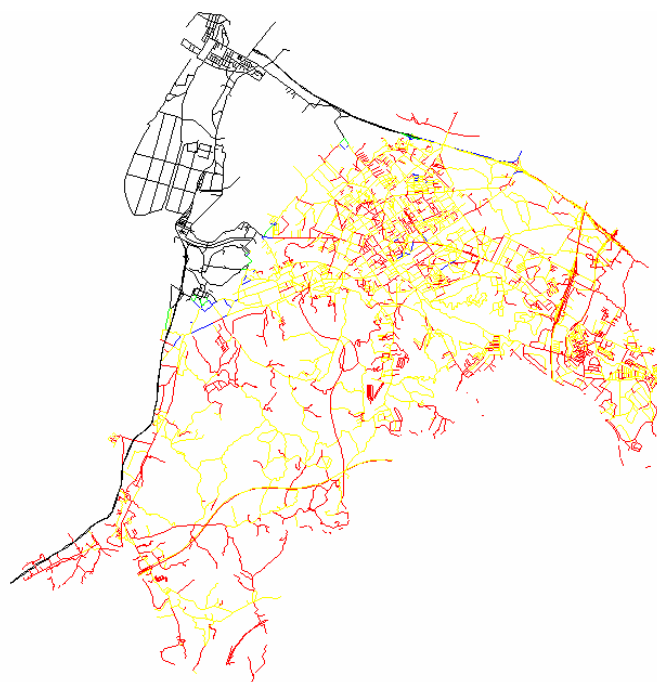


圖 4.4 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。

4.3.2 位置 2

在圖 4.2 位置 2 的路段集中選取 485 個路段雙向皆佈設偵測器，這 485 個路段的流量值是取自第一組正確流量值之中，除了這 485 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.4 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.5 所示，各顏色代

表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.4 流量範圍結果(起點至迄點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	522	10.758
500~1000	25	0.515
1000~1500	35	0.721
1500~2000	2320	47.815
2000~	1950	40.191
總計	4852	100

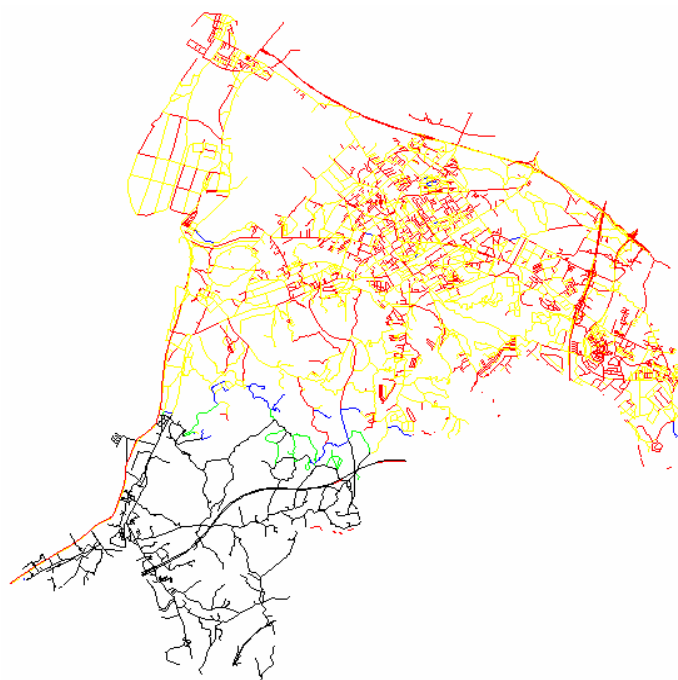


圖 4.5 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.5 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.6 所示，各顏色代

表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.5 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	524	10.800
500~1000	24	0.495
1000~1500	31	0.639
1500~2000	2498	51.484
2000~	1775	36.582
總計	4852	100

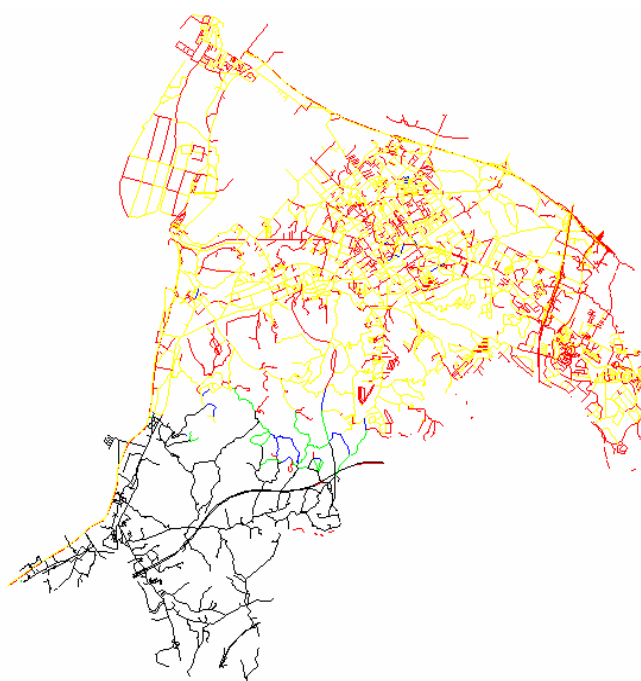


圖 4.6 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。

4.3.3 位置 3

在圖 4.2 位置 3 的路段集中選取 485 個路段雙向皆佈設偵測器，這 485 個路段的流量值是取自第一組正確流量值之中，除了這 485 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.6 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.7 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.6 流量範圍結果(起點至迄點)



路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	512	10.552
500~1000	44	0.907
1000~1500	77	1.587
1500~2000	2406	49.588
2000~	1813	37.366
總計	4852	100

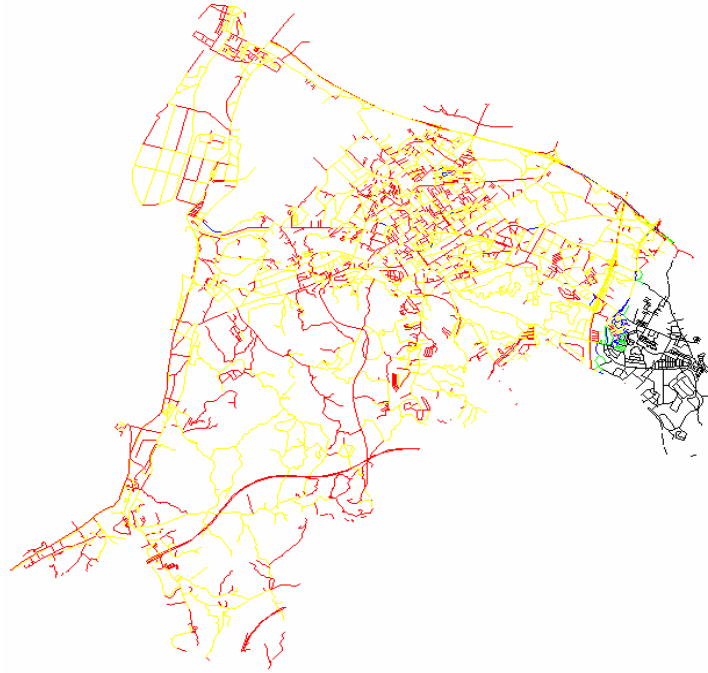


圖 4.7 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.7 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.8 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.7 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	533	10.985
500~1000	33	0.680
1000~1500	90	1.855
1500~2000	2486	51.267
2000~	1710	35.240
總計	4852	100

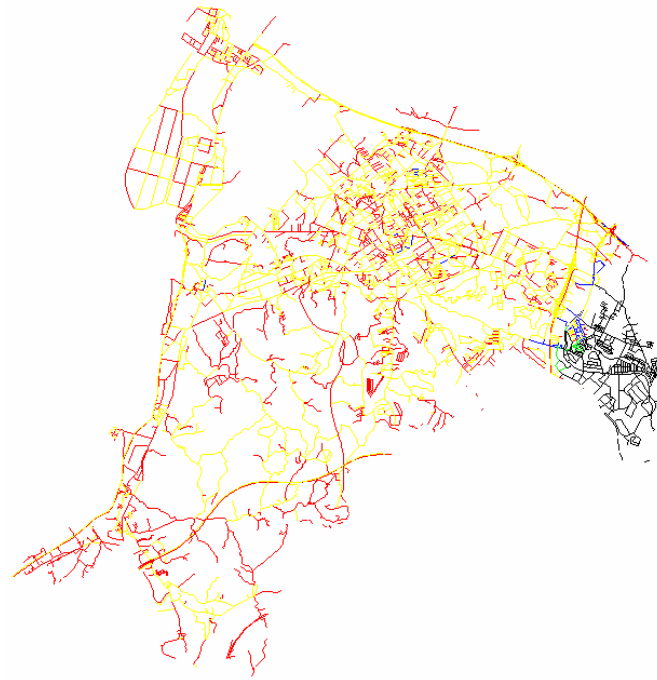


圖 4.8 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。



4.3.4 位置 4

在圖 4.2 位置 4 的路段集中選取 485 個路段雙向皆佈設偵測器，這 485 個路段的流量值是取自第一組正確流量值之中，除了這 485 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.8 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.9 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.8 流量範圍結果(起點至迄點)



路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	576	11.871
500~1000	55	1.134
1000~1500	137	2.824
1500~2000	2330	48.021
2000~	1754	36.150
總計	4852	100



圖 4.9 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.9 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.10 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.9 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	586	12.077
500~1000	68	1.402
1000~1500	159	3.277
1500~2000	2359	48.619
2000~	1680	34.625
總計	4852	100

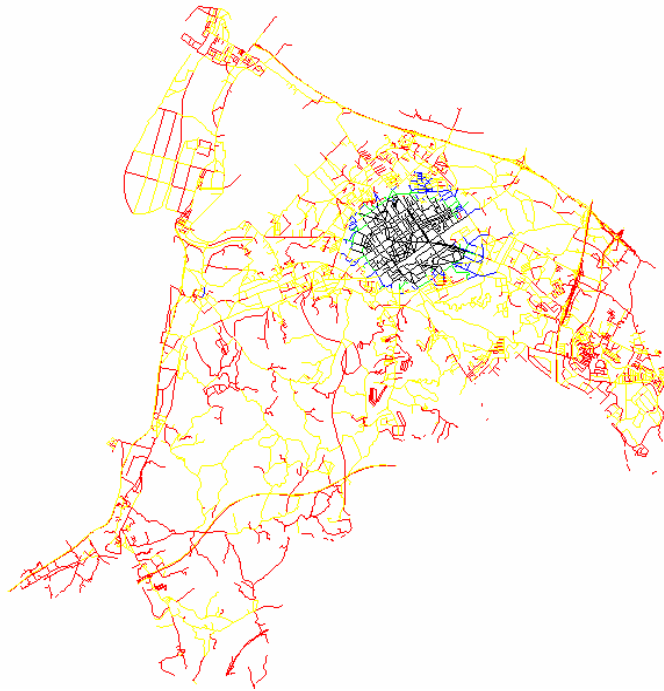


圖 4.10 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。



4.3.5 每隔 10 個路段

在圖 4.2 的路段依據路段編號由 1 開始，每隔 10 個編號選取 1 個路段雙向皆佈設偵測器，因此共有 485 個路段有佈設偵測器。這 485 個路段的流量值是取自第一組正確流量值之中除了這 485 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.10 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.11 所示，各顏色

代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.10 流量範圍結果(起點至迄點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	2849	58.718
500~1000	949	19.559
1000~1500	529	10.903
1500~2000	262	5.400
2000~	263	5.420
總計	4852	100

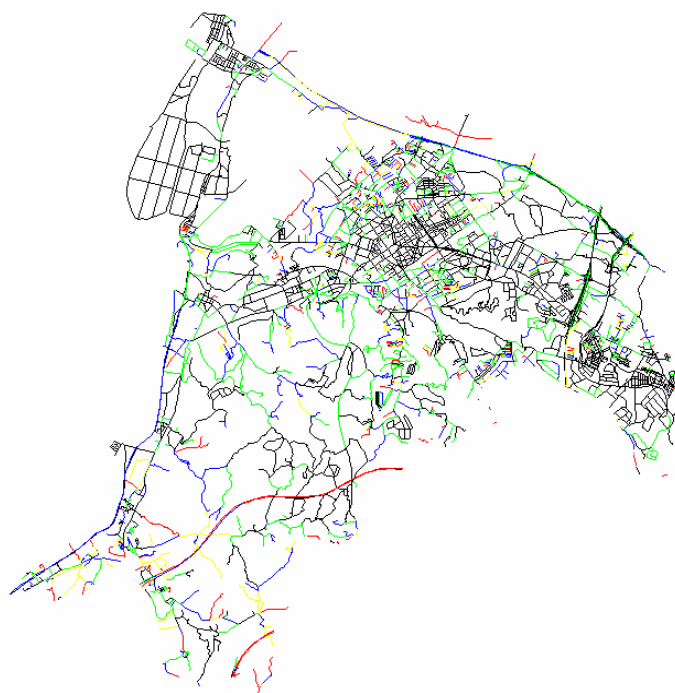


圖 4.11 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.11 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.12 所示，各顏色

代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.11 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	2888	59.522
500~1000	956	19.703
1000~1500	509	10.491
1500~2000	220	4.534
2000~	279	5.750
總計	4852	100



圖 4.12 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。

4.3.6 小結

由上述結果可知，對於未佈設偵測器的路段來說，路段流量之正確值皆落在本模式推估出之流量範圍內。另外，由上述結果可以得知，若將偵測器集中佈設，則所推估出之流量範圍大小位於 500 pcu/hr 以內的不超過 12%。但是相同數量的偵測器，若是分開佈設則所推估出之流量範圍大小位於 500 pcu/hr 以內約為 59%。因此若有一批數量的偵測器需要佈設，則以不集中佈設為原則。

另外，有一些路段雖然遠離偵測器集中佈設的區域，但是其求出的流量範圍卻明顯比週遭的其他道路小。這是因為假設轉向比的關係，亦即其他路段轉入此路段的比例較小。如圖 4.13 所示，假設欲求 X_6 ，且所有路段的流量範圍皆為 0~2000 pcu/hr，各路段的轉向比如表 4.12 所示。

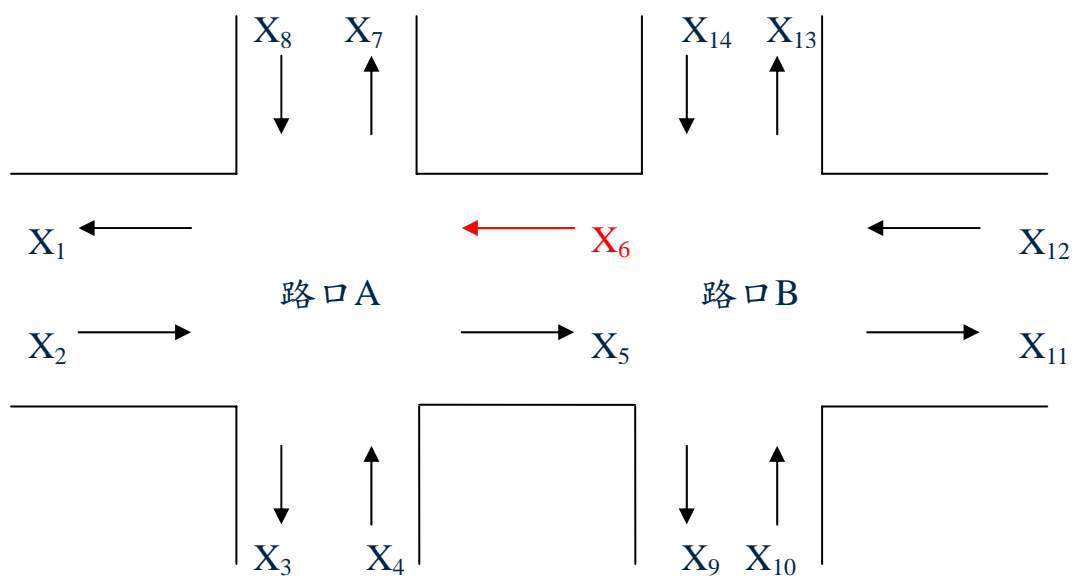


圖 4.13 交叉路口圖

表 4.12 各路段轉向比表

路段	左轉比例	直行比例	右轉比例
1	0.2	0.4	0.4
2	0.4	0.1	0.5
3	0.4	0.3	0.3
4	0.4	0.4	0.2
5	0.3	0.4	0.3
6	0.5	0.3	0.2
7	0.2	0.5	0.3
8	0.1	0.8	0.1
9	0.3	0.5	0.2
10	0.2	0.6	0.2
11	0.1	0.3	0.6
12	0.4	0.2	0.4
13	0.3	0.4	0.3
14	0.4	0.5	0.1

由表 4.12 可知，由路口B來推估 X_6 時，路段 10、12、14 轉入路段 6 的轉向比總共為 $0.2+0.2+0.1=0.5$ ，因此可由式 3-18 求出 X_6 是介於 0~1000 pcu/hr。因此當週遭路段流量範圍皆為較大的情況下，只要週遭路段轉入欲求路段的比例小，欲求路段所求出的流量範圍也會隨之縮小。

4.4 不同偵測器數量(第一組正確流量值)

由前一小節得知，偵測器佈設以不集中佈設為原則，因此本節將分別以每間隔 10 個、20 個、30 個、40 個路段編號佈設一組偵測器，有偵測器的路段流量，皆是取自於第一組正確流量值。而推估出未佈設偵測器的路段流量也會與第一組正確流量值做比較，並將不同數量的偵測器所推估出之路段流量做一比較。

4.4.1 每隔 10 個路段

在圖 4.2 的路段依據路段編號由 1 開始，每隔 10 個編號選取 1 個路段雙向皆佈設偵測器，因此共有 485 個路段有佈設偵測器。除了這 485 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。



運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.13 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.14 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.13 流量範圍結果(起點至迄點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	2849	58.718
500~1000	949	19.559
1000~1500	529	10.903

1500~2000	262	5.400
2000~	263	5.420
總計	4852	100



圖 4.14 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.14 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.15 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.14 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	2888	59.522
500~1000	956	19.703
1000~1500	509	10.491
1500~2000	220	4.534
2000~	279	5.750
總計	4852	100

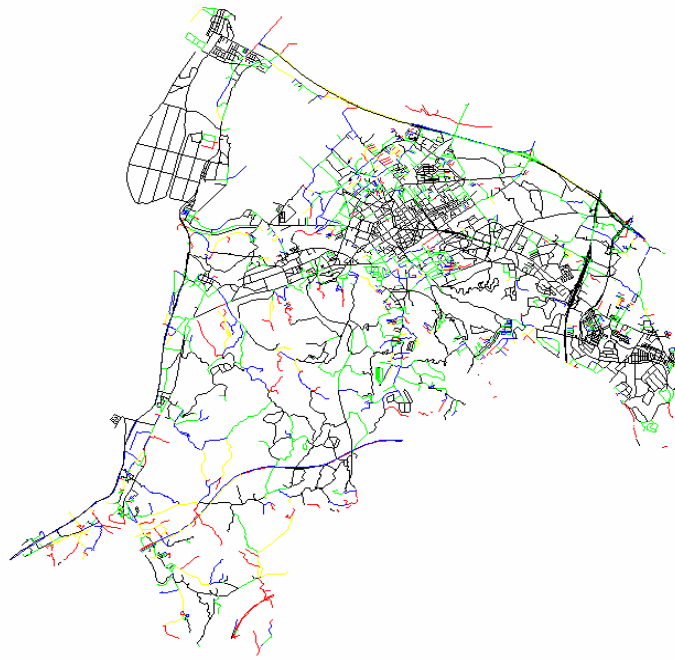


圖 4.15 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。



4.4.2 每隔 20 個路段

在圖 4.2 的路段依據路段編號由 1 開始，每隔 20 個編號選取 1 個路段雙向皆佈設偵測器，因此共有 242 個路段有佈設偵測器。除了這 242 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.15 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.16 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.15 流量範圍結果(起點至迄點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	1020	21.022
500~1000	1198	24.692
1000~1500	1174	24.196
1500~2000	899	18.528
2000~	561	11.562
總計	4852	100

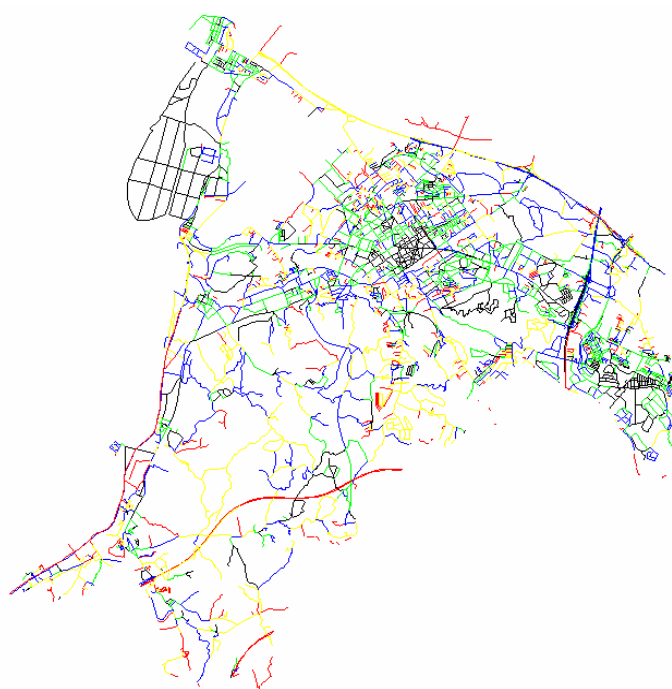


圖 4.16 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.16 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.17 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.16 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	1045	21.538
500~1000	1179	24.299
1000~1500	1291	26.608
1500~2000	801	16.509
2000~	536	11.046
總計	4852	100

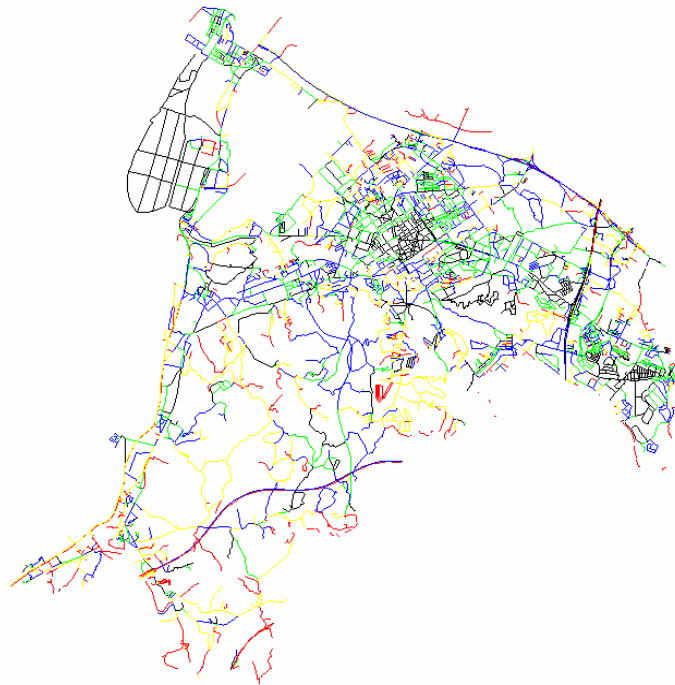


圖 4.17 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。

4.4.3 每隔 30 個路段

在圖 4.2 的路段依據路段編號由 1 開始，每隔 30 個編號選取 1 個路段雙向皆佈設偵測器，因此共有 161 個路段有佈設偵測器。除了這 161 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.17 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.18 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.17 流量範圍結果(起點至迄點)



路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	605	12.469
500~1000	892	18.384
1000~1500	1236	25.474
1500~2000	1426	29.390
2000~	693	14.283
總計	4852	100

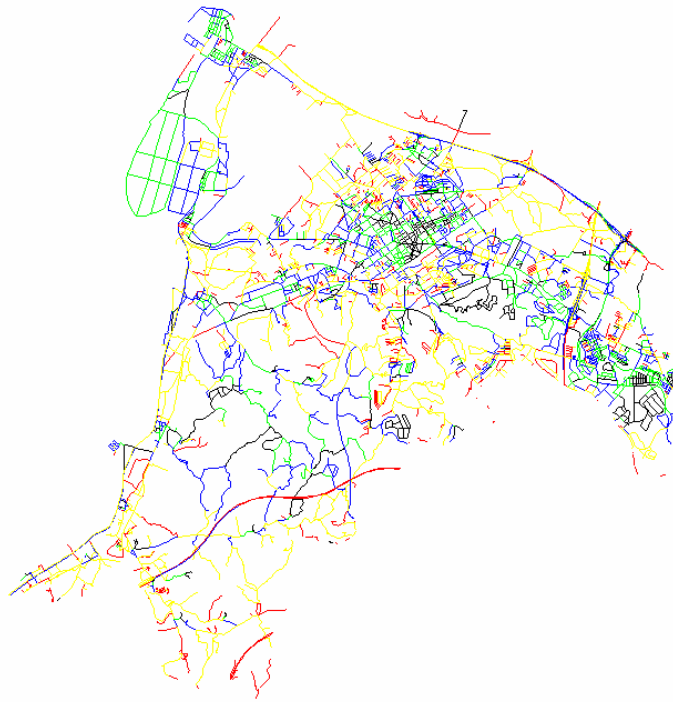


圖 4.18 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.18 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.19 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.18 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	640	13.190
500~1000	908	18.714
1000~1500	1291	26.608
1500~2000	1336	27.535
2000~	677	13.953
總計	4852	100

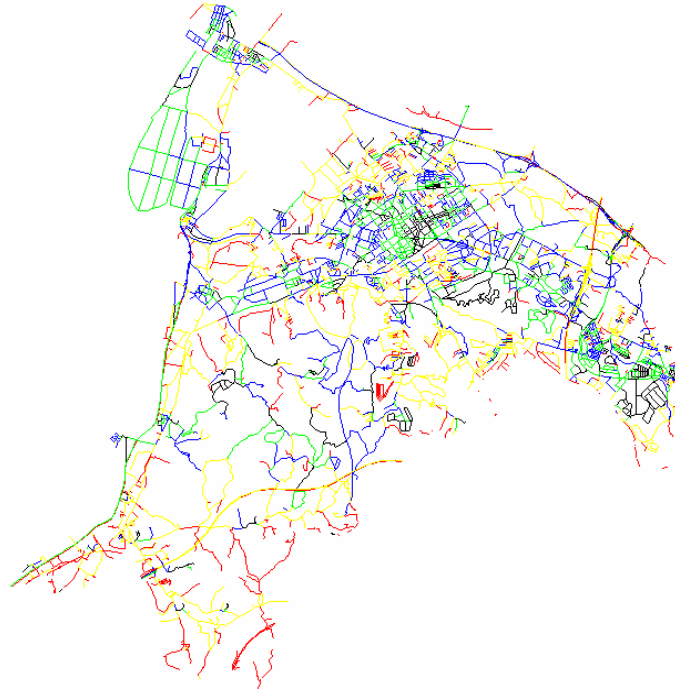


圖 4.19 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。



4.4.4 每隔 40 個路段

在圖 4.2 的路段依據路段編號由 1 開始，每隔 40 個編號選取 1 個路段雙向皆佈設偵測器，因此共有 121 個路段有佈設偵測器。除了這 121 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.19 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.20 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.19 流量範圍結果(起點至迄點)



路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	413	8.512
500~1000	684	14.097
1000~1500	1160	23.908
1500~2000	1817	37.448
2000~	778	16.035
總計	4852	100

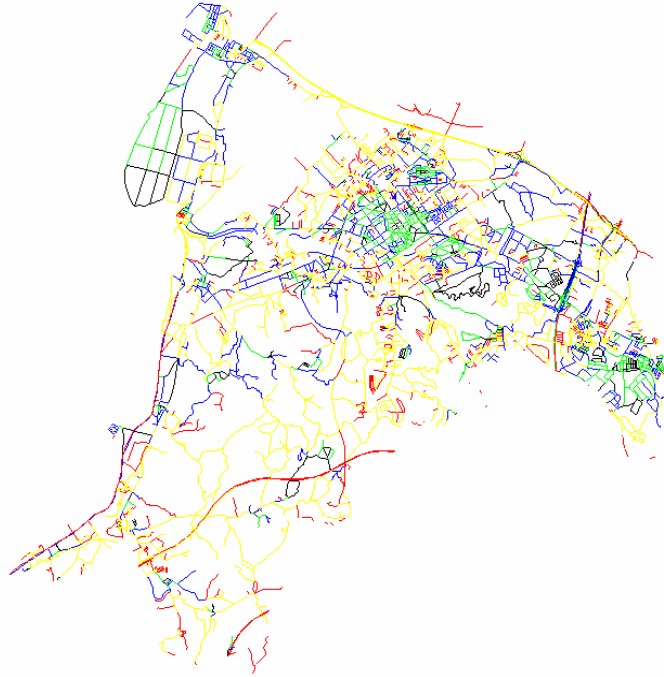


圖 4.20 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.20 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.21 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.20 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	395	8.141
500~1000	685	14.118
1000~1500	1223	25.206
1500~2000	1821	37.531
2000~	728	15.004
總計	4852	100

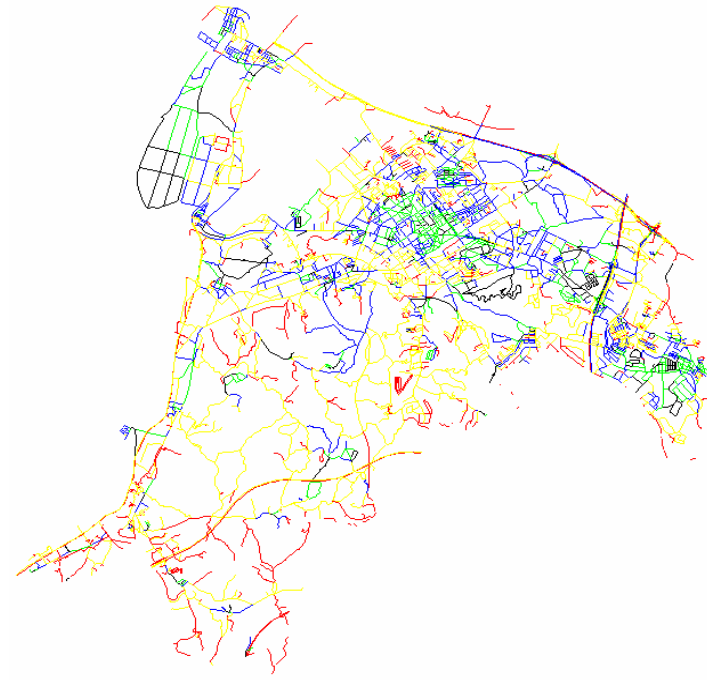


圖 4.21 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。



4.4.5 小結

將上述每一種數量偵測器的測試結果平均可得表 4.21。

表 4.21 綜合比較表

單位：百分比

偵測器數目 \ 流量範圍大小	0~500 (pcu/hr)	501~1000 (pcu/hr)	1001~1500 (pcu/hr)	1501~2000 (pcu/hr)	2000 以上 (pcu/hr)
485	59.12	19.631	10.697	4.967	5.585
242	21.28	24.4955	25.402	17.5185	11.304
161	12.8295	18.549	26.041	28.4625	14.118
121	8.3265	14.1075	24.557	37.4895	15.5195

由上表可知，當路網中佈設的偵測器由 485 個減少至 121 個時，所推估出的流量範圍大小在 2000 pcu/hr 以上的路段由 5.585% 提升至 15.5195%。因此當路網中偵測器越多時，則本模式所推估出的流量範圍小的路段則越多；反之，若路網中的偵測器越少，則本模式所推估出的流量範圍小的路段則越少。

4.5 不同偵測器數量(第二組正確流量值)

本節將分別以每間隔 10 個、20 個、30 個、40 個路段編號佈設一組偵測器，但是與上一小節不同的是有偵測器的路段流量，皆是取自於第二組正確流量值。而推估出未佈設偵測器的路段流量也會與第二組正確流量值做比較，並將不同數量的偵測器所推估出之路段流量做一比較。

4.5.1 每隔 10 個路段

在圖 4.2 的路段依據路段編號由 1 開始，每隔 10 個編號選取 1 個路段雙向皆佈設偵測器，因此共有 485 個路段有佈設偵測器。除了這 485 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。



運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.22 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.22 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.22 流量範圍結果(起點至迄點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	2364	48.722
500~1000	968	19.950
1000~1500	731	15.066

1500~2000	360	7.420
2000~	429	8.842
總計	4852	100

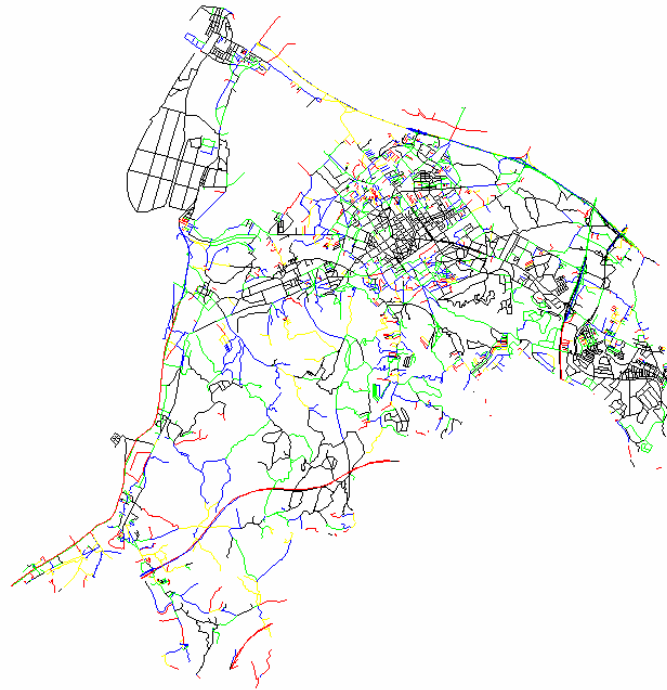


圖 4.22 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.23 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.23 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.23 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	2376	48.970
500~1000	1018	20.981
1000~1500	714	14.716
1500~2000	318	6.554
2000~	426	8.779
總計	4852	100

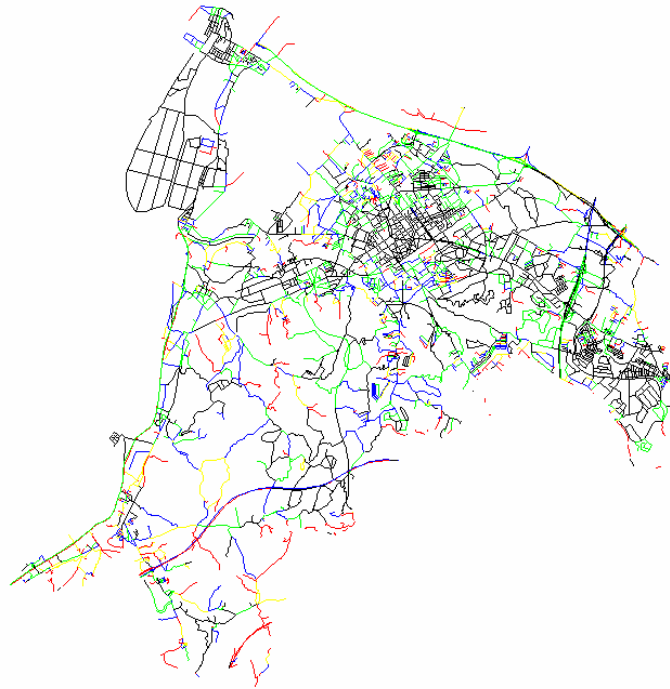


圖 4.23 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。



4.5.2 每隔 20 個路段

在圖 4.2 的路段依據路段編號由 1 開始，每隔 20 個編號選取 1 個路段雙向皆佈設偵測器，因此共有 242 個路段有佈設偵測器。除了這 242 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.24 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.24 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.24 流量範圍結果(起點至迄點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	706	14.550
500~1000	941	19.394
1000~1500	1370	28.236
1500~2000	1196	24.650
2000~	639	13.170
總計	4852	100

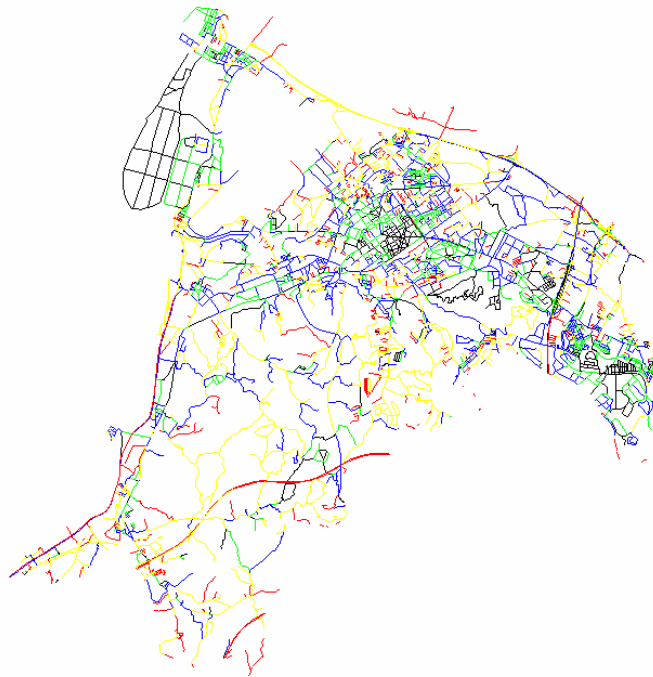


圖 4.24 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.25 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.25 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.25 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	736	15.169
500~1000	957	19.724
1000~1500	1427	29.411
1500~2000	1094	22.547
2000~	638	13.149
總計	4852	100

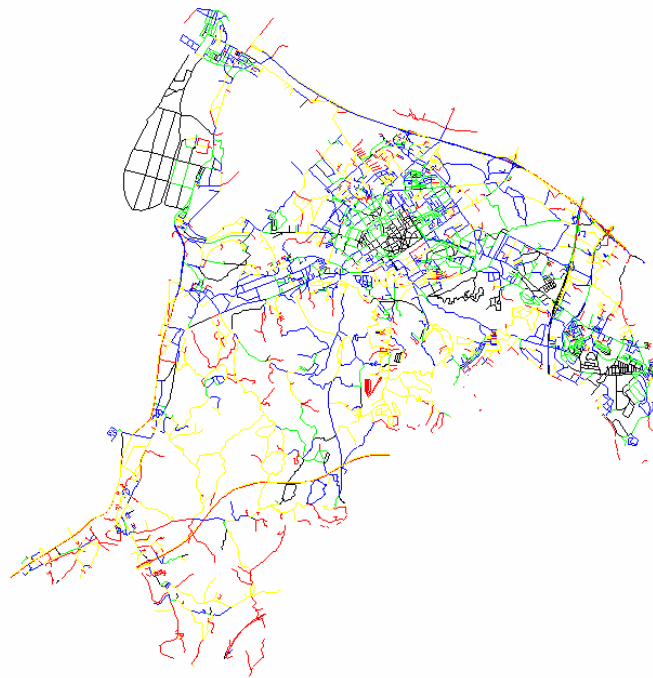


圖 4.25 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。

4.5.3 每隔 30 個路段

在圖 4.2 的路段依據路段編號由 1 開始，每隔 30 個編號選取 1 個路段雙向皆佈設偵測器，因此共有 161 個路段有佈設偵測器。除了這 161 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.26 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.26 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.26 流量範圍結果(起點至迄點)



路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	353	7.275
500~1000	670	13.809
1000~1500	1323	27.267
1500~2000	1738	35.820
2000~	768	15.829
總計	4852	100

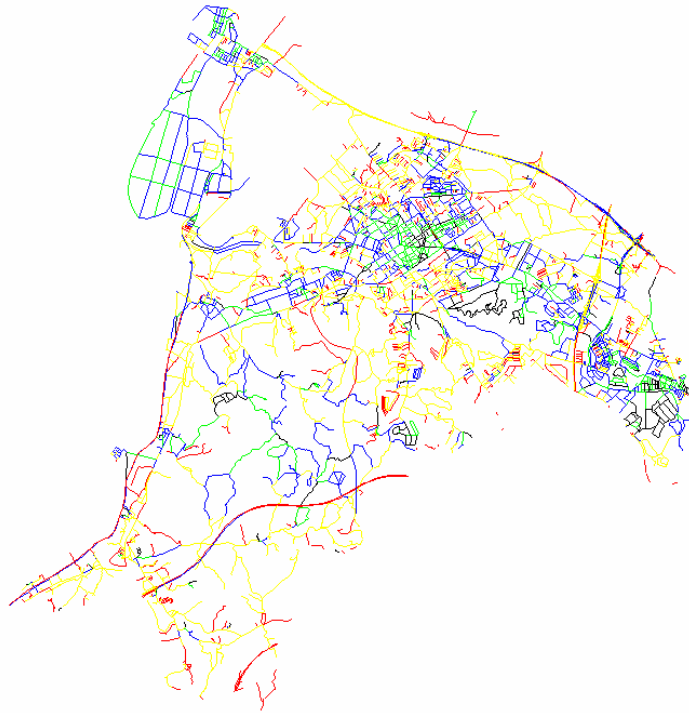


圖 4.26 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.27 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.27 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.27 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	363	7.481
500~1000	735	15.148
1000~1500	1348	27.782
1500~2000	1659	34.192
2000~	747	15.397
總計	4852	100

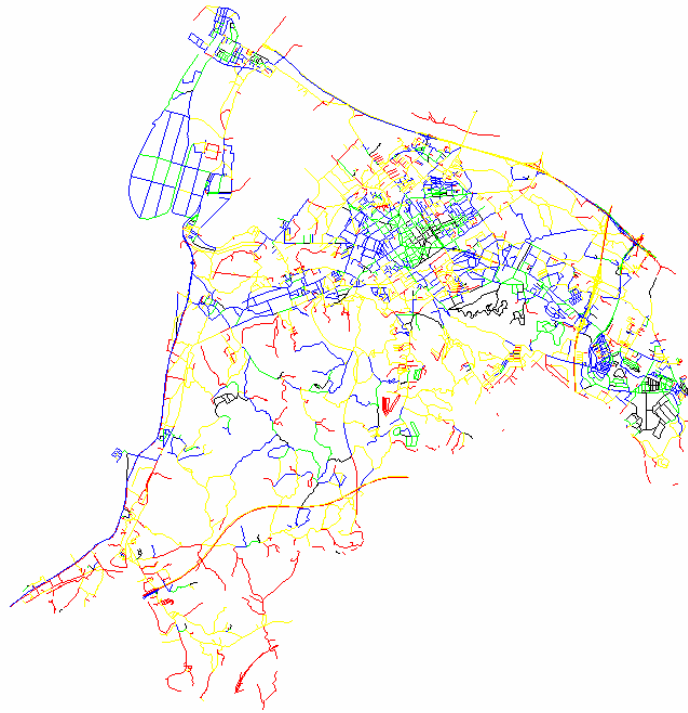


圖 4.27 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。



4.4.4 每隔 40 個路段

在圖 4.2 的路段依據路段編號由 1 開始，每隔 40 個編號選取 1 個路段雙向皆佈設偵測器，因此共有 121 個路段有佈設偵測器。除了這 121 的路段之外的路段容量皆假設為 2000 pcu/hr，亦即初始流量範圍為 0 至 2000 pcu/hr。

運算結果可以分為兩部分：

(1) 起點至迄點方向

如表 4.28 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.28 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.28 流量範圍結果(起點至迄點)



路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	238	4.905
500~1000	516	10.635
1000~1500	1069	22.032
1500~2000	2183	65.602
2000~	846	17.436
總計	4852	100



圖 4.28 流量範圍分布圖(起點至迄點)

(2) 迄點至起點方向

如表 4.29 所示。流量範圍大小分佈圖如圖 4.29 所示，各顏色代表流量範圍大小如表 4.2 所示：

表 4.29 流量範圍結果(迄點至起點)

路段流量範圍大小 (pcu/hr)	路段個數	百分比
0~500	226	4.658
500~1000	518	10.676
1000~1500	1134	23.372
1500~2000	2173	44.786
2000~	801	16.508
總計	4852	100



圖 4.29 流量範圍大小分佈圖(迄點至起點)

另外，此路網中未佈設偵測器路段的正確流量皆落在推估出的流量範圍內。



4.5.5 小結

將上述每一種數量偵測器的測試結果平均可得表 4.30。

表 4.30 綜合比較表

單位：百分比

偵測器數目 \ 流量範圍大小	0~500 (pcu/hr)	501~1000 (pcu/hr)	1001~1500 (pcu/hr)	1501~2000 (pcu/hr)	2000 以上 (pcu/hr)
485	48.846	20.4655	14.891	6.987	8.8105
242	14.8595	19.559	28.8235	23.5985	13.1595
161	7.378	14.4785	27.5245	35.006	15.613
121	4.7815	10.6555	22.702	55.194	16.972

由上表可知，當路網中佈設的偵測器由 485 個減少至 121 個時，所推估出的流量範圍大小在 2000 pcu/hr 以上的路段由 8.8105% 提升至 16.972%。因此當路網中偵測器越多時，則本模式所推估出的流量範圍小的路段則越多；反之，若路網中的偵測器越少，則本模式所推估出的流量範圍小的路段則越少。

另外，若與表 4.21 相比較，流量範圍 0 至 500pcu/hr 的路段比例較少，這是因為此測試是利用第二組正確流量之關係。第二組正確流量是以 1000pcu/hr 作為初始值，經過反覆運算而得，因此此組的正確流量多在 1000pcu/hr 左右，這也造成了此組測試結果與表 4.21 之差異。

第五章 結論與建議

由於礙於經費限制，因此要在一般道路上每個路段皆佈設偵測器來蒐集資訊實屬不易。本研究對於車流量之推估，是在有限的車輛偵測器條件下，利用路段流量間之關係，推估出路網中每個路段的車流量範圍。經過實例測試，證實本研究模式推估之正確性。

5.1 結論

本研究之結論如下：

1. 在路網中，不需要在每個路段皆佈設偵測器，即可利用本研究所構建的模式推估求出未佈設偵測器路段之流量。
2. 本模式推估出的路段車流量範圍大小與路網中偵測器佈設的位置與密度有極大的關係。如果路網中，偵測器佈設密度低，則所推估出流量範圍大的路段占較大之百分比；反之，當路網中偵測器的佈設密度高時，則所推估出流量範圍小的路段則占較大之百分比，亦即所推估出的流量較為準確。
3. 從測試的結果發現，在路網中佈設偵測器時，以分散佈設為原則，不要集中佈設在某個特定的區域。否則會造成只能得到路網中某特定區域的車流量範圍，其他區域的則無法較準確的推估出來。

5.2 建議

本研究之建議如下：

1. 目前僅以路段流量間之關係，從已設偵測器之路段推估未佈設偵測器路段之流量，未來如能在推估的階段加入一些模式，應能增加推估之準確性。
2. 目前僅以偵測器之資料作為資料來源，如能加入其他的資料來源，如：計程車、公車等探針車的話，應能在同樣的偵測器數量下增加推估之精度。



參考文獻

1. Sanghoon Bae and Kachroo P., "Proactive Travel Time Predictions under Interrupted Flow Condition," Vehicle Navigation and Information Systems Conference, 1995.
2. Sen, Ashish, Thakuriah, Piyushimita, Zhu, Xia-Quon, and Karr, Alan, "Frequency of Probe Reports and Variance of Travel time Estimates," Journal of Transportation Engineering, Vol. 123, No. 4, 1997, pp. 290-297.
3. A. T. Vemuri and M. M. Polycarpou, "Short-Term Forecasting of Traffic Delays in Highway Construction Zones Using On-Line Approximators," Journal of Mathematical and Computer Modeling, vol. 27, 1998, pp. 311-322.
4. Karl F. Petty, "Accurate Estimation of Travel Times from Single-Loop Detectors," Transportation Research Part A, Vol. 32, 1998, pp.7-17.
5. J. You and T. Y. Kim., "Toward developing an expert GIS-based travel time forecasting model with congestion pattern analysis," Technical report, University of Illinois at Urbana-Champaign & Seoul National University, 1998
6. Benjamin Coifman , "Identifying the Onset of Congestion Rapidly with Existing Traffic Detectors," Transportation Research Part A, Vol. 37, 1999, pp. 277-291
7. Helinga, B., Fu, L., "Assessing Expected Accuracy of Probe Vehicle Travel Time Reports." Journal of Transportation Engineering, 125(6), 1999, pp. 524-530.
8. Jasperse, Diana, van Toorenburg, Jaap, "Real-Time Estimation of Travel-Time and Queue-Lengths - A Practice Study", Presented at 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, 1999.
9. Rose, Geoff, Paterson, Darryn, "Dynamic Travel Time Estimation on Instrumented Freeways", Presented at 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, 1999.
10. van Grol, Rik, Lindveld, Karel, Manfredi, Simonetta, Danech-Pajouh, Mehdi, "DACCORD: On-Line Travel Time Estimation/Prediction Result", Presented at 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, 1999.

11. Yamane, Ken'ichiro, Sano, Yutaka, Furuta, Masataka, Fushiki, Takumi, "Development of Travel Time Estimation System Combining License Plate Recognition AVI and Ultrasonic Vehicle Detectors", Presented at 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, 1999.
12. Benjamin Coifman , "Vehicle Reidentification and Travel Time Measurement, Part II: Uncongested Freeways and the Onset of Congestion," IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, 2001
13. Benjamin Coifman , "Vehicle Reidentification and Travel Time Measurement, Part I: Congested Freeways," IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, 2001.
14. Mei Chen and Steven I.J. Chien, "Dynamic Freeway Travel Time Prediction Using Probe Vehicle Data: Link-based vs. Path-based," Proceedings of the 80th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC, January 7-11, 2001.
15. Bruce R. Hellinga and Liping Fu, "Reducing bias in probe-based arterial link travel time estimates," Transportation Research Part C, Vol. 10, 2002, pp. 257-273.
16. Benjamin Coifman, Michael Cassidy , "Vehicle Reidentification and Travel Time Measurement On Congested Freeways," Transportation Research Part A, Vol. 36, 2002, pp. 899-917.
17. Abhijit Dharia, Hojjat Adeli , "Neural network model for rapid forecasting of freeway link travel time," Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 16, 2003, pp. 607-613.
18. Zhang, Xiaoyan, Rice, John A , "Short-term travel time prediction," Transportation Research Part C , Vol. 11, 2003, pp. 187-210
19. Sivaraman Krishmanurthy, Benjamin Coifman , "Measuring Freeway Travel Times Using Existing Detector Infrastructure," IEEE, Oct 3-6, 2004, pp. 58-63.
20. 王文麟 (民 87), 「交通工程學理論與實用(修正版)」
21. 張惠汶, 「有 GPS 資訊提供下車輛之旅行時間預估模式之研究」, 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文, 民國 90 年
22. 吳佳峰, 「有 GPS 資訊提供下之車輛旅行時間預估模式之研究」, 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文, 民國 89 年

23. 陳建名，「有 GPS 資訊提供下之公車旅行時間之研究」，國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文，民國 93 年

