

國立成功大學
交通管理科學研究所
碩士論文

以即時影像偵測出口匝道壅塞預估旅行時間

**Using Off-Ramp Congested Data by Real-Time Video
to Predict Freeway Travel Time**

研 究 生：黃旭康

指導教授：林佐鼎

中華民國一百零八年六月

國立成功大學

碩士在職專班論文

以即時影像偵測出口匝道壅塞預估旅行時間
Using Off-Ramp Congested Data by Real-Time
Video to Predict Freeway Travel Time

研究生：黃旭康

本論文業經審查及口試合格特此證明

論文考試委員：

林佑鼎

蔡東峰

周大福

指導教授：

林佑鼎

系(所)主管：

陳勁甫

中華民國 108 年 6 月 19 日

摘要

人們隨著經濟與科技的發展和進步，因工作地點及大眾運輸工具不便利，往往藉由車輛代步，導致交通壅塞問題日趨嚴重。交通壅塞問題不只直指市區其中高速公路也包含在內，高速公路與都會區交流道相接，經常於上(下)午尖峰時間造成交通壅塞現象，其中一種交通壅塞現象為出口匝道車流回堵停等壅塞，然而對於車輛將駛離出口匝道之旅行時間資訊發布，即為用路人所需重要資訊之一。

當上(下)午尖峰時間出口匝道停等車輛需求量增加的時候，若無法即時紓解停等車流，將使出口等候車流逐漸變長，假若出口匝道上游主線可即時發布駛離出口匝道之旅行時間，使用路人有更多選擇出口匝道駛離選項，一旦出口匝道停等車輛數超過減速車道可儲存車輛空間，將使車輛回堵至上游主線並佔據主線外側車道，不僅間接影響主線直進車輛的運行及安全，往往造成欲往出口駛離之車輛插隊，車輛易發生肇事，同時對於停車輛造成等候焦躁不安情緒上升。

本研究將藉由智慧型交通運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)技術，利用電腦視覺與視訊處理這兩方面技術，取得以即時影像偵測出口匝道壅塞資料，透過即時影像偵測出口匝道壅塞資料設計一套預估旅行時間模擬軟體，同時利用平面幹道號誌時制週期表及平面道路回堵車流至主線減速車道之距離將可計算出車輛駛離所需之旅行時間，提供用路人多方面選擇可排隊停等或往下個匝道出口駛離，本研究將以國道一號南下大灣交流道為研究案例。

關鍵字：旅行時間、交通壅塞現象、號誌時制、電腦視覺、視訊處理。

Using Off-Ramp Congested Data by Real-Time Video to Predict Freeway Travel Time

Hsu-Kang Huang

Tzuoo-Ding Lin

Department of Transportation and Communication Management Science, College of Management

SUMMARY

As economic development and technological advancement, people usually rely on private vehicles as major means of transport due to the underdeveloped public transport systems to their workplace. As a result, congestion problems, which occur not only in urban area but on highway, become more and more severe. Highway connected to metropolitan area via interchanges where are usually congested, and even spillback happened, during morning and afternoon peak hour. Travel time of off-ramp traffic is the important information for users.

When demand of off-ramp traffic increases and not discharges in time, the queue becomes longer. If the off-ramp travel information is disseminated at the upstream in time, there are more options for users to leaving highway. Once off-ramp traffic queue length exceed storage space, the spillback traffic will occupy space and affect the traffic on main lane of highway. The leaving vehicles usually cut in traffic line which cause accidents; meanwhile, users in queue line feel anxious because of congestion.

This study will design a simulation software using intelligent transportation systems technology including computer vision and video processing. The software using signal timing plan on the plane road and the distance between spillback traffic and plane road can calculate the travel time of off-ramp traffic. The result provide users multiple options which are keeping queue or leaving at the next ramp. This study will be based on the case of the National Highway No. 1 Dawan South-bound Interchange.

Keywords: travel time, traffic congestion, signal timing plan, computer vision, video processing.

INTRODUCTION

With the development and progress of economy and technology, people often rely on vehicles to travel, resulting in traffic congestion problems. The interchange of the expressway is connected with the important plane roads, often causing congestion at the peak time of the upper (lower) afternoon. One of the congestion phenomena is the return of the exit ramps, etc. When the passers-by vehicles are getting on (off) the expressway, it is very important to get sufficient information. These information, including travel time, congestion and accidents, etc., will be displayed through the Changeable Message Sign (CMS) on the main lane of expressway or the road. The message conveys that the passers-by will be able to avoid traffic congestion, accidents and other issues. Therefore, this study utilizes vehicle images to detect vehicle congestion data, and uses these data to determine whether the exit ramp is congested and then estimates the travel time. The passerby is fully informed of the relevant information and decides to stay in queue or move to the next exit ramp. It allows traffic managers to immediately identify and relieve traffic flow.

MATERIALS AND METHODS

This study will utilize the real-time image data to design the estimated travel time simulation software interface. This paper defined the off-ramp travel time as travel time from the off-ramp deceleration lane (National Road No. 1 south 322+500km) to the first traffic controller on the plane road (the National Road No. 1 south 324+200km). The travel time is released on the Changeable Message Sign (CMS, National Highway No. 1 south 321+800km). In addition, it must be calculate the travel time between the Changeable Message Sign and the off-ramp deceleration lane.

RESULTS AND DISCUSSION

This study completed the estimated travel time simulation software, vehicle congestion processing and the software interface development with Java programming and development platform. The software performs detection and recognition traffic flow in the certain monitoring range via the real-time images. Once the detected traffic flow reaches the specific spatial density (%), accuracy (%) and congestion rate (%) thresholds, the software transmits the data to the system and the vehicle congestion processing interface. The system estimates travel time and send the information to the Changeable Message Sign (CMS). If the detected traffic flow does not reach the threshold value, the system would not estimate the travel time of leaving vehicles.

CONCLUSION

When completing the estimated travel time simulation software, it was found that the estimated travel time had errors and mis-releases during the initial calculation process. After comparing the image-related data, the travel time information mis-lease as a result of congestion images identification errors. The main reasons of the identification errors are the noise barrier and tree shadows in the daytime and the head light interference in the nighttime. In order to correct the identification errors, it could change the detection direction to reduce misdetection. On the other hand, it is suggested to set an addition detection camera at 500 meters from the off-ramp, owing to the difference of length of the deceleration lane, to estimate travel time in sections.

誌謝

成功大學兩年多在職研究生生涯即將結束，首先誠摯感謝指導教授林佐鼎教授悉心的教導，提供一個良好的環境及廣大思考空間，讓我可以專心投入在研究上，不時的討論並指點我正確的研究方向，使我在這二年多中獲益匪淺。回想在研究所期間，老師一開始教導我們研究所應持有的研究所精神，或者是每當在研究過程中遭遇到的瓶頸與困難，老師總是不厭其煩地耐心指導、討論以及給予適時的鼓勵，而老師對學問的嚴謹更是我輩學習的典範。

同時系上的老師們以及同學們也給予我許多幫助，每當有課程、知識方面的問題請教系所老師時，老師皆能不吝嗇的給予指導。除此之外，還要特別感謝口試委員胡大瀛教授與蔡東峻教授對本論文所提供之寶貴意見，使本論文更加完善。

感謝班上同學的共同砥礪，你/妳們陪伴讓兩年多的研究生活變得絢麗多彩，感謝同學們不厭其煩的指導我研究中缺失，且能在我迷惘時為我解惑。同時，本論文完成另外亦得感謝友視達科技股份有限公司賴文忠工程師的協助，因為有你的教導及幫忙，使得論文能夠更完整而嚴謹，使我順利完成本論文。

最後謹以此文獻給我摯愛的家人，因為你們的支持，讓我可以全力以赴、順利的完成學業。最後，以此論文和所有照顧及曾經幫助過我的人一同分享這份喜悅。

目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	2
1.3 研究目的	5
1.4 研究範圍與對象	6
1.5 研究流程	6
1.6 研究方法	8
1.7 論文架構	8
第二章 文獻回顧	9
2.1 高速公路出口匝道車流回堵現象主因	9
2.1.1 改善出口匝道車流回堵壅塞解決方案	9
2.2 視訊處理之即時偵測人流、車流與交通監測技術	10
2.3 高速公路旅行時間	11
2.4 小結	13
第三章 研究方法	14
3.1 旅行時間	14
3.2 旅行時間定義	15
3.3 旅行時間計算原理	16
3.4 顯示旅行時間設備圖例及說明	16
3.5 系統架構設計與流程	19
3.6 車輛壅塞處理介面架構	20
3.7 預估旅行時間介面架構	21
第四章 預估旅行時間模擬軟體設計與實現	24
4.1 預估旅行時間模擬軟體實現	24
4.1.1 預估旅行時間軟體介面功能	25
4.2 車輛壅塞處理介面實現	27
4.2.1 車輛壅塞處理介面介面功能	27
4.2.2 參數設定	29

第五章 結論與建議	34
5.1 結論	34
5.2 建議	35
中文文獻	36
英文文獻	38
附錄 視訊處理技術	41
一、移動目標偵測	41
1.1 背景相減法	41
1.2 相鄰影像差法	42
1.3 光流法	42
二、物體追蹤	44
2.1 基於3D模型的追蹤(3D Model based tracking)	44
2.2 基於區域的追蹤(Region based tracking)	45
2.3 基於活動輪廓的追蹤(Active contour based tracking)	46
2.4 基於特徵的追蹤(Feature based tracking)	47
三、系統架構設計與流程	48
3.1 影像擷取及前置影像處理單元架構	50
3.2 影像追蹤法則系統架構	51
3.3 背景相減法架構	53
3.4 創建背景模型	54
3.5 移動區域偵測	54
3.6 影像增強	55
3.7 雜訊濾除	56
四、偵測壅塞分析器軟體實現	57

圖目錄

圖1-1 高速公路出口匝道壅塞示意圖	1
圖1-2 106年7月10日國道1號南向323公里600公尺A1交通事故	3
圖1-3 106年7月10日國道1號南向323公里600公尺A1交通事故	3
圖1-4 107年1月8日國道10號西向3公里700公尺A1交通事故	4
圖1-5 107年1月8日國道10號西向3公里700公尺A1交通事故	4
圖1-6 研究流程圖	7
圖3-1 高速公路計算旅行時間方式與資料來源	14
圖3-2 預估旅行時間起迄點示意圖	15
圖3-3 資訊可變標誌(CMS)	16
圖3-4 路徑導引標誌(RGS)	17
圖3-5 旅行時間標誌(TTS)	17
圖3-6 路徑比較旅行時間標誌(RTS)	18
圖3-7 預估旅行時間系統架構圖	19
圖3-8 車輛壅塞處理介面初步架構圖	20
圖3-9 預估旅行時間模擬軟體介面初步架構圖	21
圖3-10國道1號大灣交流道南下出口匝道平面道路第1座號誌時制表	23
圖3-11國道1號南下大灣交流道壅塞示意圖	23
圖4-1 預估旅行時間模擬軟體介面	24
圖4-2 國道1號南下大灣交流道預估旅行時間起迄點示意圖	25
圖4-3 108年3月20日壅塞事件產生之旅行時間發布	26
圖4-4 108年4月23日壅塞事件產生之旅行時間發布	26
圖4-5 車輛壅塞處理介面	27
圖4-6 軟體操作介面運作狀態	28
圖4-7 壅塞處理軟體介面參數設定	28
圖4-8 繪製交通資料(VDID)或主線交通資料(QLDID)趨勢圖	29
圖4-9 參數設定介面中建立5個欄位(cont)	30
圖4-10資料查詢欄位	30
圖4-11設備每日各時段壅塞趨勢圖	31

圖4-12設備屬性資料	31
圖4-13設備設定介面	32
圖4-14設定現場設備端空間密度介面	32
圖4-15門檻值設定操作介面	32
圖4-16可調整設定中心空間密度介面	33
圖4-17可調整設定壅塞比例門檻值介面	33



附錄 圖目錄

圖1-1 背景相減示意圖	41
圖1-2 相鄰影像差示意圖	42
圖1-3 光流影像示意圖	43
圖2-1 利用2D的影片資訊求得3D 的運動模型	45
圖2-2 將人體表示為數個小團塊 (blob)	46
圖2-3 卡爾曼濾波為基礎之手部輪廓追蹤影像	46
圖3-1 偵測壅塞分析器軟體系統流程圖	49
圖3-2 偵測壅塞分析器設備架設示意圖	50
圖3-3 影像擷取及即時前置影像處理單元系統架構	51
圖3-4 基於活動輪廓的原理架構	52
圖3-5 背景相減法偵測流程圖	53
圖3-6 可視監視範圍中偵測區內之影像空間密度(%)示意圖	54
圖3-7 型態運算處理示意圖	56
圖4-1 可視監視範圍中偵測區內之影像空間密度(%)示意圖	57

名詞解釋

1. 智慧型交通運輸系統：Intelligent Transportation Systems，ITS
2. 資訊顯示標誌：Changeable Message Sign, CMS
3. 路徑導引標誌：Route Guide Sign, RGS
4. 車輛偵測器：Vehicle Detector，VD
5. 自動車輛辨識系統：Automatic Vehicle Identification，AVI
6. 電子收費系統：Electronic Toll Collection，ETC
7. k最近鄰法：k-Nearest Neighbor，k-NN
8. 數位訊號處理器（Digital Signal Processor，DSP）：其主要功能為可將類比及數位訊號透過轉換器(ADC)運算，最終輸出的訊號為類比訊號的資料。
9. 感光耦合元件(Charge Coupled Device，CCD)：為攝影機中可記錄光線變化的半導體，通常以百萬像素(megapixel)為單位。攝影機規格中所指有多少百萬像素，所指的就是CCD的解析度，也表示攝影機的CCD上有多少感光元件。
10. 時間車距(Headway)：兩車車頭通過道路某一點之時間間隔。單位：秒。

第一章 緒論

1.1 研究背景

人們隨著經濟與科技的發展和進步，因工作地點及大眾運輸工具不便利下，往往藉由車輛代步，導致交通壅塞問題日趨嚴重。高速公路都會區交流道與重要平面幹道相接，經常於上(下)午尖峰時間造成壅塞現象，其中一種壅塞現象為出口匝道車流回堵停等，如圖 1-1 所示，對於車輛將駛離出口匝道之旅行時間資訊發布，即為用路人所需重要資訊之一，然而交通壅塞問題不僅造成運輸機動性低落，同時交通服務水準也隨之降低。

台灣地區公路容量手冊(2011)高速公路係指車輛進出受到完全管制之多車道分隔道路。所謂完全管制及指無平面交叉之路口，並且只能經由匝道進出。在高速公路與都會區相接，然而這些都會區交流道於上(下)午尖峰時間容易發生交通壅塞現象，在有限增建出口匝道或拓寬的狀況下，藉以智慧型交通運輸系統(ITS)技術運作，解決交通壅塞等問題。

然而如能將預估出口匝道旅行時間等資訊發布於主線上游處(約 3km)資訊顯示標誌(CMS)或路徑導引標誌(RGS)，可使用路人在駛離出口匝道前充分掌握相關資訊，用路人將可自行決策是否停等或往下一個出口匝道駛離，同時交通管理者人員能立即掌握相關資訊加以判斷並抒解壅塞車流。

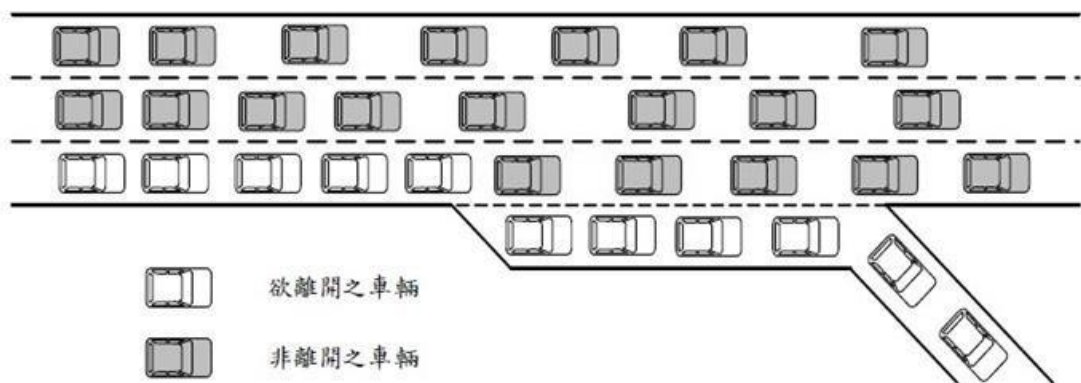


圖 1-1 高速公路出口匝道壅塞示意圖

1.2 研究動機

近幾十年來隨著科技的發展與演進，智慧型交通運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS) 則是被學術界與業界大量研發探討及運用，因為它結合了通訊、控制、電子、與資訊等相關技術，透過這些技術可應用於交通領域上，其中智慧型交通運輸系統之電腦視覺與視訊處理技術可解決交通壅塞問題，除即時交通參數資訊(例如：車流量、車速、車輛大小等)外，更進一步利用影像辨識技術，獲取其他使用(例如：車輛壅塞、散落物、火燒車、交通事故、逆向車輛等)。

當用路人車輛在高速公路上(下)匝道時，是否能獲取充分資訊就顯得相當重要，然而這些資訊方面則透過高速公路主線或平面道路之資訊顯示標誌(CMS)等設備顯示，將相關資訊內容(例如：旅行時間、壅塞及事故等訊息)傳達給用路人將可避開交通壅塞、事故路段等問題。

目前高速公路計算旅行時間方式與資料來源，計算旅行時間共有三種分別為車輛偵測器(VD)、自動車輛辨識系統(AVI)及電子收費系統(ETC)，其中車輛偵測器(VD) 資料最常應用推估旅行時間，但車輛偵測器(VD) 資料純粹以起訖兩點平均速度所計算之旅行時間，如果上(下)午尖峰時間在車流量較高時段，則旅行時間容易造成低估現象產生，另一方面車輛偵測器(VD)常受到路面損壞需柏油刨除鋪設或資料異常等因素影響，在設備損壞或資料異常期間無法推估旅行時間，而維護成本相對提高許多，故本研究採用以影像方式來預估旅行時間，則不受上述原因影響，在維護費用方面也可大幅減低許多。

因此本研究藉由以即時影像偵測車輛壅塞資料，利用這些資料來判斷出口匝道是否壅塞進而預估旅行時間，使用路人充分掌握相關資訊並自行決策停等或往下一個出口匝道駛離，同時可讓交通管理者人員能立即判斷並抒解車流。

另本研究同時取得高速公路局南區養護工程分局資料，資料顯示於 106 年 7 月 10 日國道 1 號南向 323 公里 600 公尺及 107 年 1 月 8 日國道 10 號西向 3 公里 700 公尺之兩起 A1 交通事故，如圖 1-2、圖 1-3、圖 1-4 及圖 1-5，由這 2 份交通事故檢討報告中得知，兩起交通事故中皆係因出口匝道減速車道車輛壅塞，用路人未注意前方狀況且未保持安全距離及速度造成事故發生。

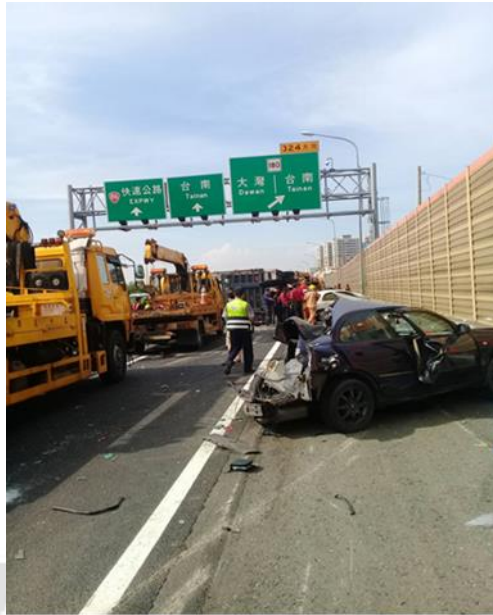


圖 1-2 106 年 7 月 10 日國道 1 號南向 323 公里 600 公尺 A1 交通事故



圖 1-3 106 年 7 月 10 日國道 1 號南向 323 公里 600 公尺 A1 交通事故



圖 1-4 107 年 1 月 8 日國道 10 號西向 3 公里 700 公尺 A1 交通事故



圖 1-5 107 年 1 月 8 日國道 10 號西向 3 公里 700 公尺 A1 交通事故

1.3 研究目的

由 1.1 及 1.2 小節得知，高速公路於都會區交流道上(下)午尖峰時間容易發生交通壅塞現象，一旦在出口減速車道發生車輛壅塞，車輛又未注意前方狀況並未保持安全距離及速度就容易造成事故發生，當高速公路於都會區交流道交會則有多個鄰近出口匝道，讓用路人充分掌握旅行時間、壅塞及事故等資訊就顯得相當重要。

本研究主要目的是取得即時影像偵測車輛壅塞資料，藉由資料判別當即時影像空間密度(%)、壅塞率(%)達到門檻值時，則啟動預估旅行時間運算。

另即時影像偵測車輛壅塞資料則是以每秒傳送提供即時之空間密度(%)資料，當該筆空間密度(%)資料 $>60\%$ 時即該筆資料為壅塞，當壅塞率(%)連續 3 分鐘達 70% 時，經預估旅行時間模擬軟體運算發布車輛駛離所需旅行時間，如壅塞率(%)未達連續 3 分鐘達 70% ，本系統則無發布車輛駛離所需旅行時間，本研究主要目的如下：

- (1) 獲取攝影機即時影像偵測車輛壅塞資料，藉由資料判別出口匝道是否壅塞。
- (2) 取得台南市政府交通局提供之國道 1 號南下大灣交流道平面道路第 1 座交通號誌時制週期表，計算預估車輛駛離之旅行時間。
- (3) 開發設計與實現預估旅行時間模擬軟體及相關介面整合。
- (4) 發布車輛駛離出口匝道預估旅行時間內容顯示於主線上游處資訊顯示標誌(CMS)提供用路人，讓用路人駛離出口匝道前可自行決策是否排隊停等或往下一出口匝道駛離。
- (5) 提供交通管理者人員即時掌握資訊，當車輛駛離超過原定比例旅行時間，將啟動相關抒解壅塞車流之決策。

1.4 研究範圍與對象

本研究希望可以用即時影像偵測車輛壅塞資料實現一套預估旅行時間模擬軟體，由於目前國道 1 號南下大灣交流道的上(下)午尖峰時間車流量較大，交通壅塞發生的機會較大，希望可以利用即時影像偵測車輛壅塞資料來預估減速車道至平面道路第 1 座交通號誌，該路段距離旅行時間為何。

由於目前高速公路閉路電視影像設置約每公里設置 1 處，除易肇事路段或彎道路段以每 500 公尺設置 1 處，故本研究利用出口匝道標誌門架設置 2 組攝影機，藉由即時影像收集的資訊，隨時偵測車輛壅塞資料，結合台南市政府交通局所提供國道 1 號南下大灣交流道平面道路第 1 座交通號誌時制週期表，對於預估旅行時間模擬軟體為本研究的研究範圍；研究預估旅行時間路段為減速車道(322+500km)至出口匝道平面道路第 1 座交通號誌(324+200km)為主；研究對象為所有用路人駛離出口匝道的車輛。

1.5 研究流程

最後本研究茲將研究步驟及研究流程整理如下：

- (1) 收集既有高速公路出口匝道車流回堵相關文獻，透過相關文獻中找出解決高速公路出口匝道車流回堵之研究方法。
- (2) 收集既有關高速公路旅行時間相關文獻，透過相關文獻了解旅行時間原理、定義、演算法及計算旅行時間相關設備，以了解如何設計開發旅行時間模擬軟體。
- (3) 對完成之預估旅行時間模擬軟體進行驗證與數據分析，確保所設計之模擬軟體符合相關應用之要求。

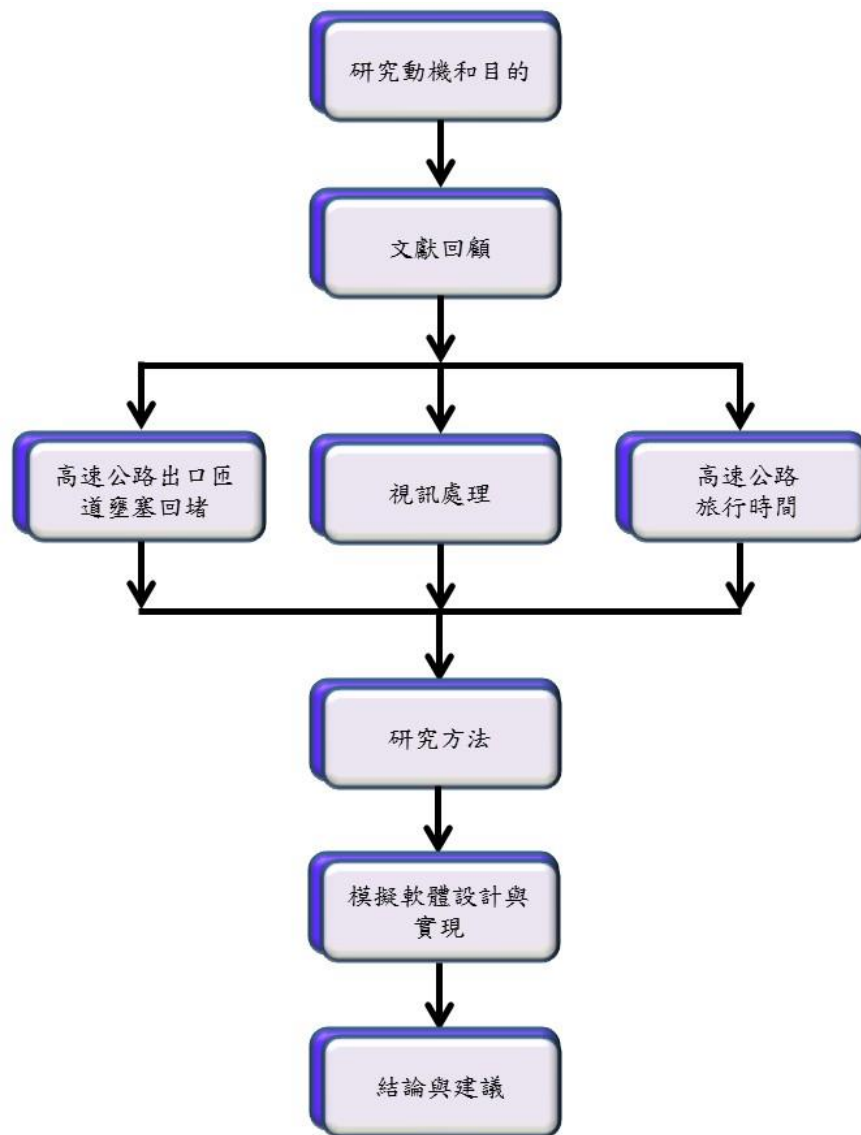


圖 1-6 研究流程圖

1.6 研究方法

本研究藉由即時影像偵測車輛壅塞資料，開發設計與實現預估旅行時間模擬軟體及相關介面整合，當即時影像偵測區域偵測到車輛壅塞時，將壅塞訊號傳送至本研究模擬軟體，並透過本研究開發之軟體運算預估旅行時間。本研究其模擬軟體設計與實現步驟整理如下所示：

- (1) 國道 1 號南下大灣交流道減速車道上方可架設地點，架設之攝影機為 2 組，其中 1 組攝影機擷取即時影像計算偵測區域中之空間密度，而另 1 組攝影機則觀察車輛壅塞訊號是否有誤動作狀況。
- (2) 計算出國道 1 號南下大灣交流道出口匝道之減速車道(322+500km)至出口匝道平面道路第 1 座交通號誌(324+200km)兩點之間總距離，以小型車車身長(約 5 公尺)計算出總距離中之車輛數。
- (3) 取得台南市政府交通局提供之國道 1 號南下大灣交流道平面道路第 1 座交通號誌時制週期表，藉由時制週期表中之 4 個時段分別如下，計算出 4 個時段可通過之車輛數之綠燈週期，推估車輛從主線之減速車道駛離至平面道路所需旅行時間之模式。
 1. 上午 07 時 00 分
 2. 上午 08 時 45 分
 3. 下午 16 時 00 分
 4. 下午 18 時 45 分
- (4) 國道 1 號南下大灣交流道出口匝道上游處(321+800km)之資訊可變標誌(CMS)設備發布車輛駛離之預估旅行時間。

1.7 論文架構

本論文共分為五個章節架構，並含中、英文獻及附錄。

第一章 緒論

第二章 文獻回顧

第三章 研究方法

第四章 預估旅行時間模擬軟體設計與實現

第五章 結論與建議

第二章 文獻回顧

目前學術界當中許多學者各別針對以高速公路出口匝道對主線車流影響、區段容量與服務水準評估方法及視訊處理之即時偵測人流、車流與交通監測主題進行探討研究。

學術界中每年針對以高速公路出口匝道對主線車流影響及視訊處理領域中各自發表論文，另外在產業界中，業者雖然擁有許多電腦視覺及視訊處理的研發與技術，但主要皆應用於即時偵測人流、車流與交通監測這些方面上，但以即時影像應用在交通壅塞監測這方面卻無太多著墨。

2.1 高速公路出口匝道車流回堵現象主因

藉由回顧有關於過往高速公路出口匝道車流回堵相關文獻中，分別以卓楷霖(2012)出口匝道對主線車流影響、唐文斌(1997)區段容量與服務水準評估方法及交通部運輸研究所(1999)區域車流特性資料收集與分析進行探討研究，張劭卿等人(2010)然而造成高速公路出口匝道車流回堵現象形成主因有兩大類型，第一類型現象為道路幾何問題，第二類型為高速公路出口匝道車流量交會之地方道路車流同時增加，地方道路號誌未即時調整或分配不當時產生形成。以現今來說最被常用來改善出口匝道車流回堵壅塞的策略總共有 3 種方式，分別在以下小節說明。

2.1.1 改善出口匝道車流回堵壅塞解決方案

(一)動態關閉出口匝道

本策略主要係指高速公路出口匝道車流回堵現象形成時，在固定的時間內來管控可駛離出口匝道之車輛，更進一步做法是封閉出口匝道，使車輛選擇於該出口匝道之上下游處之出口匝道駛離 van 等人(2006)。雖然可大幅度改善壅塞車輛，並將車輛分散於其他出口匝道駛離，但若非靠近於都會區交流道，往往因出口匝道距離過長，造成用路人的旅運成本過高時，往往用路人不會選擇改變出口匝道，對於整體路網而言，未必可達到最佳化。

(二)結合地方替代道路

本策略主要係指高速公路出口匝道車流回堵現象形成時，藉以高速公路主線上之資訊可變標誌設備(CMS)或路徑導引標誌設備(RGS)宣導用路人以地方替代道路方式駛離高速公路 Liu 等人(2011)。透過該方法可將車輛在高速公路主線車流分散至地方替代道路，以減少出口匝道車輛之流量與壅塞。

(三)平面幹道號誌時制最佳化

倘若出口匝道與地方道路之車流量超過地方道路車容量，此時可藉以改變鄰近地方道路號誌時制，進行號誌時間重新分配，依據方向之車流量重新分配綠燈時間，另種方式藉以號誌時制系統績效方式，進行時制最佳化(例如：最小化系統總延滯，最大化系統總通過量)，以減緩出口匝道壅塞情形。

Tian 等人(2002)及 Li 等人(2008)透過藉由不同設備及方式進行探討研究出口匝道等候車隊之車輛延滯時間，並提出對於平面幹道號誌時制最佳化相關發表。

2.2 視訊處理之即時偵測人流、車流與交通監測技術

本章節回顧過去關於視訊處理文獻中，大多數文獻各別以陳志賢(2006)即時偵測人流、林裕峰(2007)即時偵測車流與蔡立武(2011)即時偵測交通監測進行探討研究，在近年來監視系統不只是單純僅有監視及錄影儲存功能，而是越來越多學術界及業界透過電腦視覺及視訊處理技術進行探討研究，應用於智慧型交通運輸系統。

陳志賢(2006)在相關文獻中得知視訊處理技術共分為二部分，一為移動目標偵測，二為物體追蹤；然而移動目標偵測目前是被大量使用於移動物體為目標的偵測演算法當中，其演算法主要可分為三類，分別是背景相減法、相鄰影像差法及光流法；蔡立武(2011)另外物體追蹤目前應用於自動交通資訊擷取，其中追蹤演算法主要分以下四大類，分別是基於 3D 模型的追蹤、基於區域的追蹤、基於活動輪廓的追蹤及基於特徵的追蹤。

本研究之預估旅行時間模擬軟體，係藉由即時影像偵測車輛壅塞資料，透過資料判別出口匝道是否壅塞預估旅行時間，因車輛壅塞回堵軟體非本研究開發撰寫，故上述移動目標偵測、物體追蹤相關演算法及系統架構本研究將另於附錄中敘明。

2.3 高速公路旅行時間

藉由回顧高速公路旅行時間相關文獻中，可分為二大類來論述，第一類係以高速公路主線來預測旅行時間，第二類則是出口匝道其中發現吳金杰(2005)、蔡繼光(2009)、朱志杰(2013)及國立交通大學(2013)文獻中得知，相關預測高速公路旅行時間所使用之資料數據分析來源、演算法及預測旅行時間計算方式，本研究彙整相關資料如下。

(一) 蔡繼光(2009)、朱志杰(2013)、國立交通大學(2013)資料數據來源

1. 車輛偵測器(Vehicle Detector, VD)
2. 自動車輛辨識系統(Automatic Vehicle Identification, AVI)
3. 電子收費系統(Electronic Toll Collection, ETC)

(二) 蔡繼光(2009)、朱志杰(2013)、國立交通大學(2013)演算法

1. k 最近鄰法(k-Nearest Neighbor, k-NN)

k 最近鄰法此方法是一種利用歷史資料的特性來推估未來資料特性的方法。由於簡單易於執行，再加上實際測試效果良好，因此有不少研究都是以 k-NN 方法來進行旅行時間的預測。

2. 吳金杰(2005)、國立交通大學(2013)類神經網路(倒傳遞類神經網路)
一般而言，在做靜態的旅行時間預測，大多以統計的方法，如無母數迴歸或是時間序列分析等來做預測。但於動態預測方面，這些統計方法於捕捉動態號誌控制系統下的車流資訊顯的相當不足。Palachara 等人(1999)提出了以模糊系統及類神經網路的方法來進行這類型的研究。Yoshikazu 等人(1998) 利用架設在路段的 AVI 系統蒐集車輛資料，應用混合式類神經網絡方法解釋每個路段的旅行時間與整個路徑的旅行時間之間的關係。以人工類神經網路(ANN)的方式來模擬路網中的車輛旅行時間，並運用於車輛定線派遣問題。

(三) 國立交通大學(2013)預測旅行時間計算方式

1. 車輛偵測器(VD)

主要是利用交通部高速公路局轄區於主線上所布設之車輛偵測器(VD)設備，將偵測到的車輛即時收集車輛行駛速度、流量等資料去計算路段的旅行時間，並直接加總，計算出即時旅行時間。

車輛偵測器具有以下特性：

- (1) 佈設位置以主線及出入口匝道為主，然而佈設密度約間隔 1~2 公里。
- (2) 高速公路車輛偵測器資料回傳頻率為 1 分鐘/次，回傳的資訊有偵測器編號、1 分鐘內各車種的平均速度、一分鐘內各車種的流量、回傳時間等。

2. 自動車輛辨識系統(AVI)

自動車輛辨識(Automatic Vehicle Identification, AVI)的主要功能是將車輛通過的時間與車牌紀錄下來，相同車牌車輛通過兩個 AVI 點的時間差值，即是該車通過這兩點的旅行時間。

AVI 之資料具有以下特性：

- (1) 高速公路動車輛辨識系統(AVI)資料回傳頻率為 1 分鐘/次，回傳的資訊內容分別為 AVI 偵測器所在位置、偵測到車輛的時間、加密過的車牌號碼等。
- (2) 同一時段比對到之旅行時間會有差異。
- (3) 若 AVI 架設於匝道與平面道路連接處，則旅行時間包含行駛匝道的時間，資料仍需進行修改。
- (4) AVI 蒐集到之旅行時間可能會包含下匝道之後再上匝道或是有進入休息站之車輛之旅行時間。

3. 電子收費系統(Electronic Toll Collection, ETC)

取得 ETC 資料之方式，並非以即時抓取的方式來取得，而是取得其歷史資料，做為旅行時間的推估。

ETC 之資料具有以下特性：

- (1) 由於通過收費門架的速度較快、時間較短，因此會低估整體車流的旅行時間。

(2)蒐集到之旅行時間與目標路徑可能不同。

(3)蒐集到之旅行時間可能會包含下匝道之後再上匝道或是有進入休息站之車輛之旅行時間。

藉由上述資料可知，高速公路旅行時間相關研究中皆以高速公路主線設備(例如：車輛偵測器(VD)、自動車輛辨識系統(AVI)及電子收費系統(ETC)數據資料來預測旅行時間，而使用的演算法大多數以分類演算法(k-NN)為主。

2.4 小結

本章節回顧所有相關文獻中，發現相關文獻中各別針對高速公路出口匝道對主線車流影響、區段容量與服務水準評估方法及視訊處理之即時偵測人流、車流與交通監測兩大主題各自發表，並無結合兩大主題相關文獻發表，故本論文提出藉以即時影像偵測出口匝道車輛壅塞資料來預估車輛駛離旅行時間是新的研究，沒有前人的標準可循，故本研究首要工作是了解旅行時間運算原理及設備為何，進而設計本研究之預估旅行時間模擬軟體相關介面及演算法。

本研究之目的在於藉由即時影像偵測車輛壅塞資料，設計與實現一套預估旅行時間模擬軟體，主要應用於高速公路出口匝道上，並針對高速公路出口匝道車流發生壅塞回堵時，車輛從主線出口匝道減速車道駛離至平面道路所需旅行時間之模式。

因此，本研究在第三章節中將介紹旅行時間運算原理、可運算旅行時間之設備及本研究所使用之設備，另提出本研究所開發模擬軟體架構及介面設計一一敘明，另影像處理之偵測車輛壅塞部分，係因非本研究所開發，故影像視覺技術、演算法種類及系統架構相關資料將於附錄中敘明。

第三章 研究方法

本章節藉由上述文獻回顧章節中提及高速公路旅行時間，將一一介紹敘明相關原理與應用，最後提出本研究將提出預估旅行時間模擬軟體應用及整體系統架構。

3.1 旅行時間

目前高速公路計算旅行時間方式與資料來源，計算旅行時間共有四種分別為車輛偵測器(VD)、自動車輛辨識系統(AVI)、電子收費系統(ETC)及歷史旅行時間數據，如圖 3-1 所示。

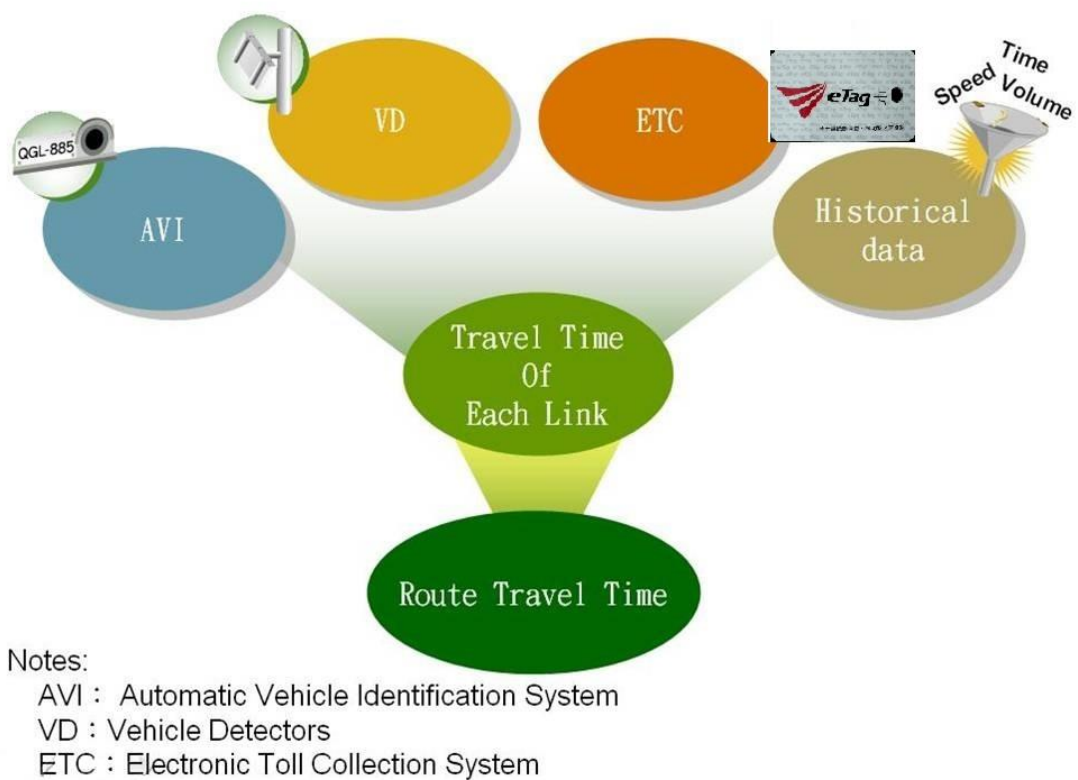


圖 3-1 高速公路計算旅行時間方式與資料來源

3.3 旅行時間計算原理

目前計算旅行時間主要為距離與速度的關係，最常見方式如方程式 1 所示：

$$T = (D_b - D_a) / S \quad (1)$$

其中

T：旅行時間

D：起迄點總距離

D_a：起點里程

D_b：迄點里程

S：速度

目前依高速公路局智慧型運輸系統所發布之旅行時間，係由車輛偵測器(VD)、電子收費系統旅行時間與歷史旅行時間資料等進行資料融合所得，主要以現行交通狀況及正常駕駛行為下，計算起點交流道至迄點交流道間距離，各路段以車輛平均速度計算其所需行駛之平均時間的總合。

3.4 顯示旅行時間設備圖例及說明

目前在高速公路局發布之旅行時間顯示設備，共有下列四種顯示設備：資訊可變標誌(CMS)、路徑導引標誌(RGS)、旅行時間標誌(TTS)與路徑比較旅行時間標誌(RTS)，如圖 3-3、圖 3-4、圖 3-5 及圖 3-6 所示。

(一) 資訊可變標誌(CMS)

資訊可變標誌(CMS)：表示當用路人看到標誌時，在正常駕駛行為下，行駛至新營交流道(非新營市區)需平均時間約 16 分鐘，行駛至嘉義系統需平均時間約 25 分鐘。



圖 3-3 資訊可變標誌(CMS)

(二)路徑導引標誌(RGS)

路徑導引標誌(RGS)：表示當用路人看到標誌時，在正常駕駛行為下，經由國3行駛至竹田系統交流道約20分鐘。



圖 3-4 路徑導引標誌(RGS)

(三)旅行時間標誌(TTS)

旅行時間標誌(TTS)：表示當用路人看到標誌時，在正常駕駛行為下，行駛至梅山交流道需平均時間約17分鐘，至斗六交流道則約需28分鐘。以上均計算至交流道為止。



圖 3-5 旅行時間標誌(TTS)

(四)路徑比較旅行時間標誌(RTS)

路徑比較旅行時間標誌(RTS)：表示當用路人看到標誌時，在正常駕駛行為下，經由高架路段行駛至汐止系統交流道需平均時間約 21 分鐘，經由平面道路則約需 23 分鐘。

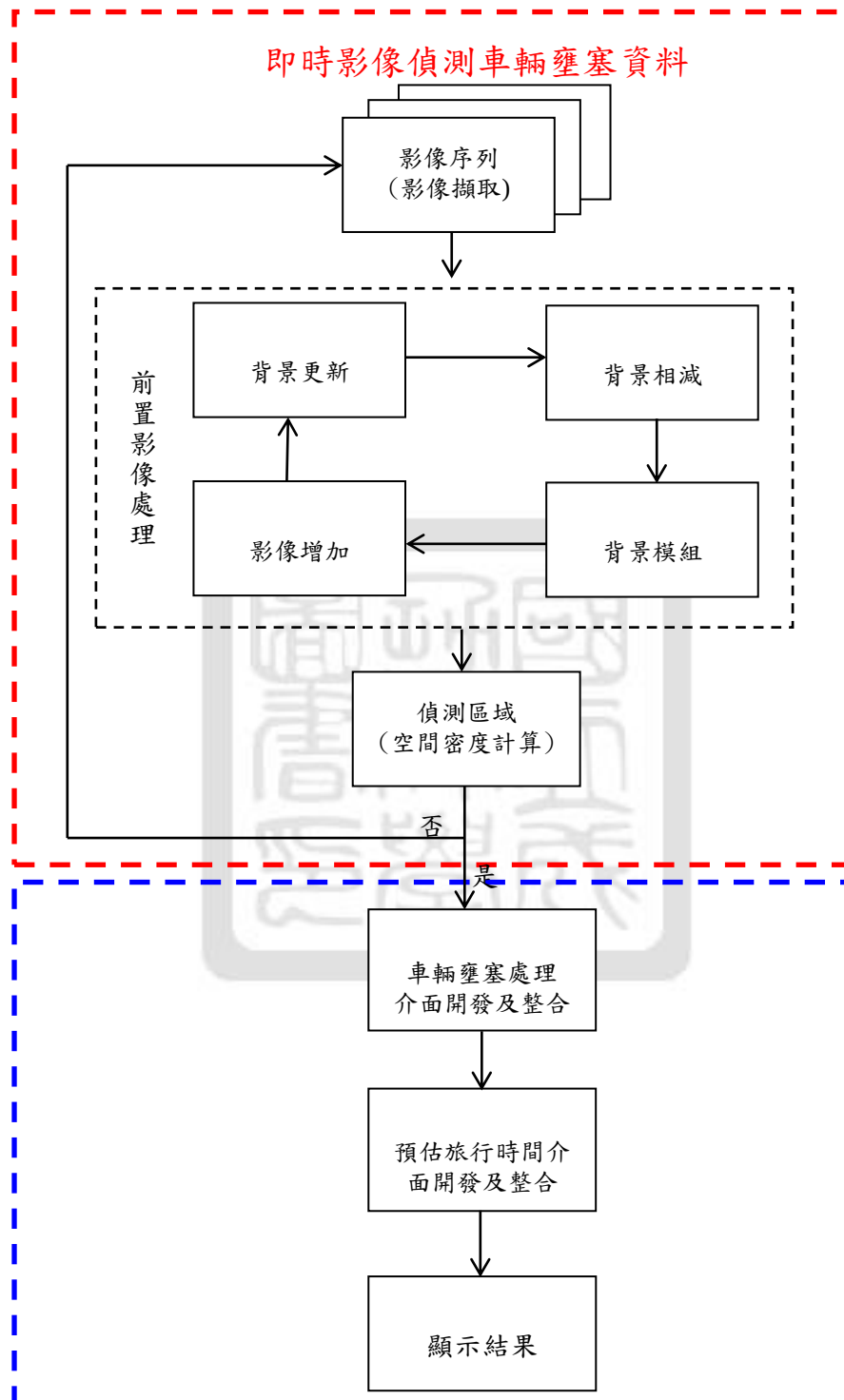


圖 3-6 路徑比較旅行時間標誌(RTS)



3.5 系統架構設計與流程

本論文所提出預估旅行時間模擬軟體，系統架構如圖 3-7 所示。



備註：藍色框為本論文開發設計及介面整合

圖 3-7 預估旅行時間系統架構圖

3.6 車輛壅塞處理介面架構

本研究在車輛壅塞處理介面開發中主要包含下列七個部份，分別為：篩選條件、出口交流道列表、參數設定、交通資料(VDID)、CCTV 影像、CMS 顯示狀態及主線交通資料(QLDID)，車輛壅塞處理介面初步開發設計如圖 3-8 所示。

本研究開發車輛壅塞處理介面主要目的為了高速公路與其他都會區交流道相接使用，日後如建置本研究相關設備時便於整合相關設備里程等資訊。

車輛壅塞處理介面主要開發語言採用 Java 撰寫相關程式，因為在 Java 程式語言中，對於開發 Web 應用程式中較淺顯易懂，但需遵循 Servlet、JSP 等標準完成，Servlet、JSP 必須運行於 Web 容器 (Container)，簡單來說 Web 容器，就是用 Java 寫的應用程式，但從 Servlet、JSP 的角度來看，就是它們唯一認得的 Web 平台，也就是說，只要你能提供 Web 容器作為 Servlet、JSP 運行的平台，Web 應用程式就不用理會底層實際的 HTTP 伺服器。

Servlet、JSP 標準來開放 Web 應用程式，但需遵守實體資源架構，像是編譯出來的.class 檔案，必須放置在 Web 應用程式目錄中的/WEB-INF/classes/目錄，JAR 檔案必須放置在/WEB-INF/lib/目錄，可直接被 HTTP 客戶端請求的資源(像是 HTML、JavaScript、JSP 等原始碼)，則可放置在/WEB-INF/以外的其他目錄。

篩選條件				
出口交流道列表				
路線	方向	里程	交流道	出口壅塞事件

參數設定			
交流道	中心空間密度門檻	現場空間密度門檻	壅塞比例門檻

查詢 下載

交通資料(VDID)			
時間	五分鐘佔有率	五分鐘流量	壅塞評估

繪製趨勢圖

CMS顯示狀態		
CMS	顯示內容	執行模式

修改顯示內容

主線交通資料(QLDID)		
時間	壅塞比例	壅塞評估

繪製趨勢圖

圖 3-8 車輛壅塞處理介面初步架構圖

3.7 預估旅行時間介面架構

本研究在預估旅行時間模擬軟體開發中主要包含下列十個部份，分別為：項次、設備里程、設備狀態、偵測路況、顯示壅塞門檻值、資訊可變標誌設備里程、資訊可變標誌設備狀態、資訊可變標誌設備顯示狀態、資訊可變標誌執行模式及旅行時間顯示，預估旅行時間模擬軟體介面初步開發設計，如圖 3-9 所示，另平面道路第 1 座號誌時制表及國道 1 號南下大灣交流道壅塞示意圖，如圖 3-10 及圖 3-11。

本研究開發預估旅行時間模擬軟體主要目的為了高速公路與其他都會區交流道相接使用，日後如建置本研究相關設備時便於整合相關資訊。

預估旅行時間模擬軟體主要開發語言採用 Java 撰寫相關程式，因為在 Java 程式語言中，對於開發 Web 應用程式中較淺顯易懂，但需遵循 Servlet、JSP 等標準完成，Servlet、JSP 必須運行於 Web 容器 (Container)，簡單來說 Web 容器，就是用 Java 寫的應用程式，但從 Servlet、JSP 的角度來看，就是它們唯一認得的 Web 平台，也就是說，只要你能提供 Web 容器作為 Servlet、JSP 運行的平台，Web 應用程式就不用理會底層實際的 HTTP 伺服器。

Servlet、JSP 標準來開放 Web 應用程式，但需遵守實體資源架構，像是編譯出來的.class 檔案，必須放置在 Web 應用程式目錄中的/WEB-INF/classes/目錄，JAR 檔案必須放置在/WEB-INF/lib/目錄，可直接被 HTTP 客戶端請求的資源(像是 HTML、JavaScript、JSP 等原始碼)，則可放置在/WEB-INF/以外的其他目錄。

項次	設備里程	設備狀態	偵測路況	顯示壅塞門檻值	資訊可變標誌設備里程	資訊可變標誌設備狀態	資訊可變標誌顯示狀態	資訊可變標誌執行模式	旅行時間顯示

圖 3-9 預估旅行時間模擬軟體介面初步架構圖

預估旅行時間計算如方程式 2 所示：

$$T = \left(\frac{C}{G_{sc}}\right) * TLP + t_1 \quad (2)$$

其中

車道總數計算如方程式 3 所示：

$$Car = D/L \quad (3)$$

平面道路第 1 座交通號誌綠燈秒數可通過車輛數計算如方程式 4 所示：

$$G_{sc} = G_s/h \quad (4)$$

起迄點總距離計算如方程式 5 所示：

$$D = D_b - D_a \quad (5)$$

T：旅行時間。單位：分

D：起迄點總距離。單位：公尺

D_a：起點里程。單位：公尺

D_b：迄點里程。單位：公尺

Car：車輛總數。單位：輛

TLP：交通號誌時制時段週期總秒數。單位：秒

L：車輛長度。單位：公尺

h：時間車距。單位：秒

G_s：交通號誌時制週期分配綠燈秒數。單位：秒

G_{sc}：綠燈秒數可通過車輛數。單位：輛

t₁：資訊顯示標誌位置(321+800km)至減速車道位置(322+500km)距離旅行時間。單位：分

備註：t₁取高速公路 VD 計算之旅行時間

報表名稱:中心時刻計畫

設備:[Ljava.lang.String;@1c7bf8c

報表日期:107-11-2 14:27:5

大灣交流道南下匝道出口

號誌編號	時刻	週期	時差	基準方向	時相	分相號	時比	綠燈	黃燈	全紅	行閃	行紅	最長綠	最短綠	
S430801	07:00	21	90	50	0	00	1	48	42	3	3	5	0	255	5
S430801		21	90	50	0	00	2	42	36	3	3	5	0	255	5
S430801	06:00	22	90	50	0	00	1	48	42	3	3	5	0	255	5
S430801		22	90	50	0	00	2	42	36	3	3	5	0	255	5
S430801	07:00	23	120	10	0	00	1	60	54	3	3	5	0	255	5
S430801		23	120	10	0	00	2	60	54	3	3	5	0	255	5
S430801	08:45	24	120	10	0	00	1	65	59	3	3	5	0	255	5
S430801		24	120	10	0	00	2	55	49	3	3	5	0	255	5
S430801	16:00	25	130	10	0	00	1	69	63	3	3	5	0	255	5
S430801		25	130	10	0	00	2	61	55	3	3	5	0	255	5
S430801	18:45	26	120	10	0	00	1	66	60	3	3	5	0	255	5
S430801		26	120	10	0	00	2	54	48	3	3	5	0	255	5
S430801	21:00	27	120	10	0	00	1	66	60	3	3	5	0	255	5
S430801		27	120	10	0	00	2	54	48	3	3	5	0	255	5
S430801	22:15	28	100	45	0	00	1	54	48	3	3	5	0	255	5
S430801		28	100	45	0	00	2	46	40	3	3	5	0	255	5

圖 3-10 國道 1 號大灣交流道南下出口匝道平面道路第 1 座號誌時制表

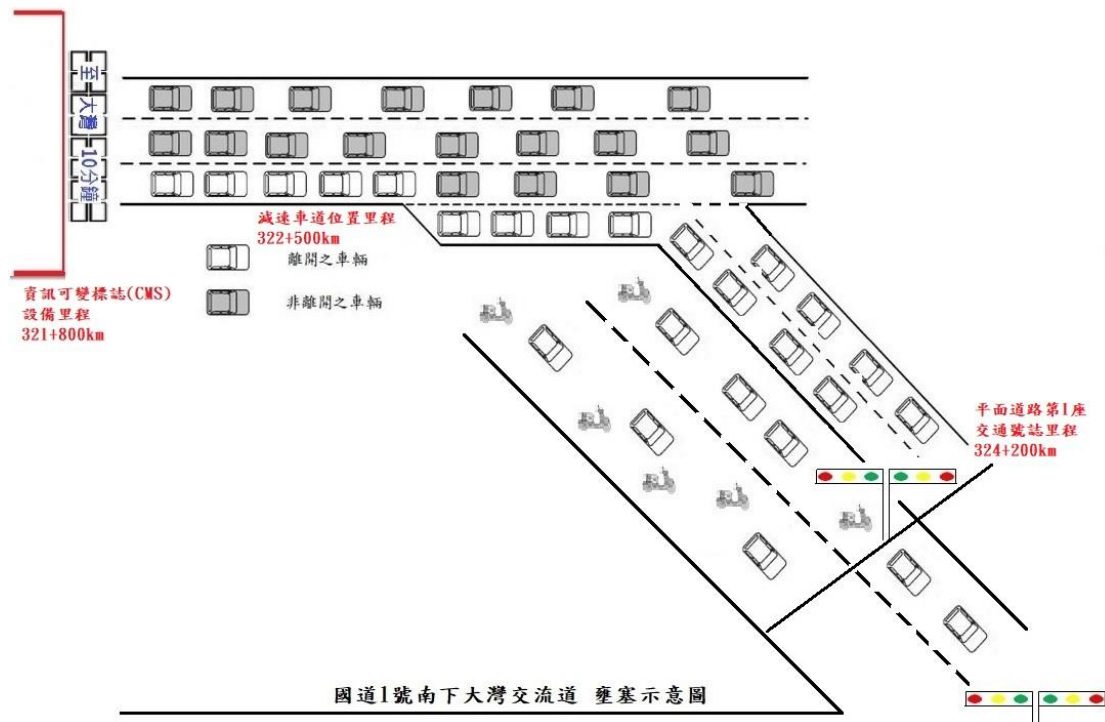


圖 3-11 國道 1 號南下大灣交流道壅塞示意圖

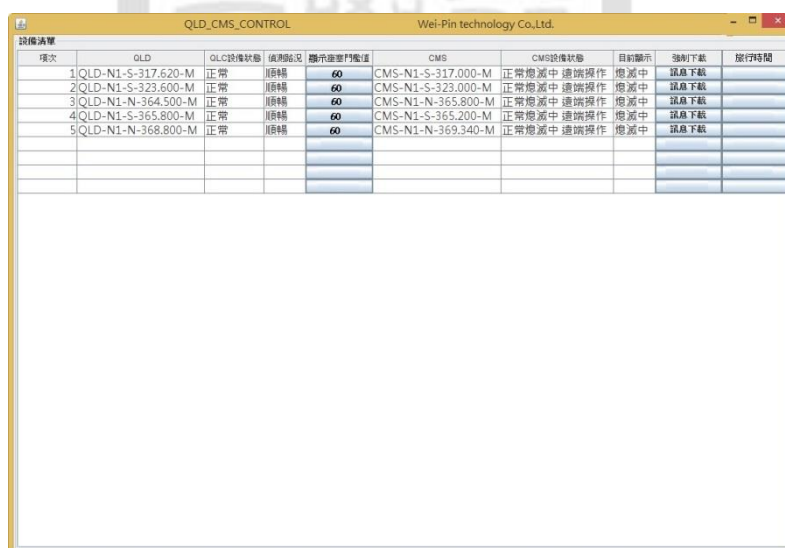
第四章 預估旅行時間模擬軟體設計與實現

在本章節中透過 Java 程式語言及 Java 程式開發平台撰寫預估旅行時間模擬軟體及車輛壅塞處理介面功能。介面實現分別於 4-1 及 4-2 小節敘明。

4.1 預估旅行時間模擬軟體實現

本研究以 Java 程式語言及開發平台完成了預估旅行時間模擬軟體及介面，如圖 4-1，圖 4-2 為國道 1 號南下大灣交流道預估旅行時間起迄點示意圖。

本系統藉由即時影像所設定監視範圍中開始執行偵測識別，於偵測區域內即時運算車輛壅塞情形，當達到設定之空間密度(%)、空間密度之準確率(%)及壅塞率(%)門檻值時，同時將資料傳送至本系統及車輛壅塞處理介面，本系統藉由預估旅行時間方程式(1)運算旅行時間，運算完成發布至資訊可變標誌(CMS)顯示，如即時影像偵測車輛壅塞資料未達門檻值時，本系統則無需運算車輛駛離旅行時間。



序次	QLD	QLC設備狀態	偵測結果	壅塞率門檻值	CMS	CMS設備狀態	目前顯示	強制下載	旅行時間
1	QLD-N1-S-317.620-M	正常	正常	60	CMS-N1-S-317.000-M	正常燈滅中 遠端操作	燈滅中	訊息下載	
2	QLD-N1-S-323.600-M	正常	正常	60	CMS-N1-S-323.000-M	正常燈滅中 遠端操作	燈滅中	訊息下載	
3	QLD-N1-N-364.500-M	正常	正常	60	CMS-N1-N-365.800-M	正常燈滅中 遠端操作	燈滅中	訊息下載	
4	QLD-N1-S-365.800-M	正常	正常	60	CMS-N1-S-365.200-M	正常燈滅中 遠端操作	燈滅中	訊息下載	
5	QLD-N1-N-368.800-M	正常	正常	60	CMS-N1-N-369.340-M	正常燈滅中 遠端操作	燈滅中	訊息下載	

圖 4-1 預估旅行時間模擬軟體介面

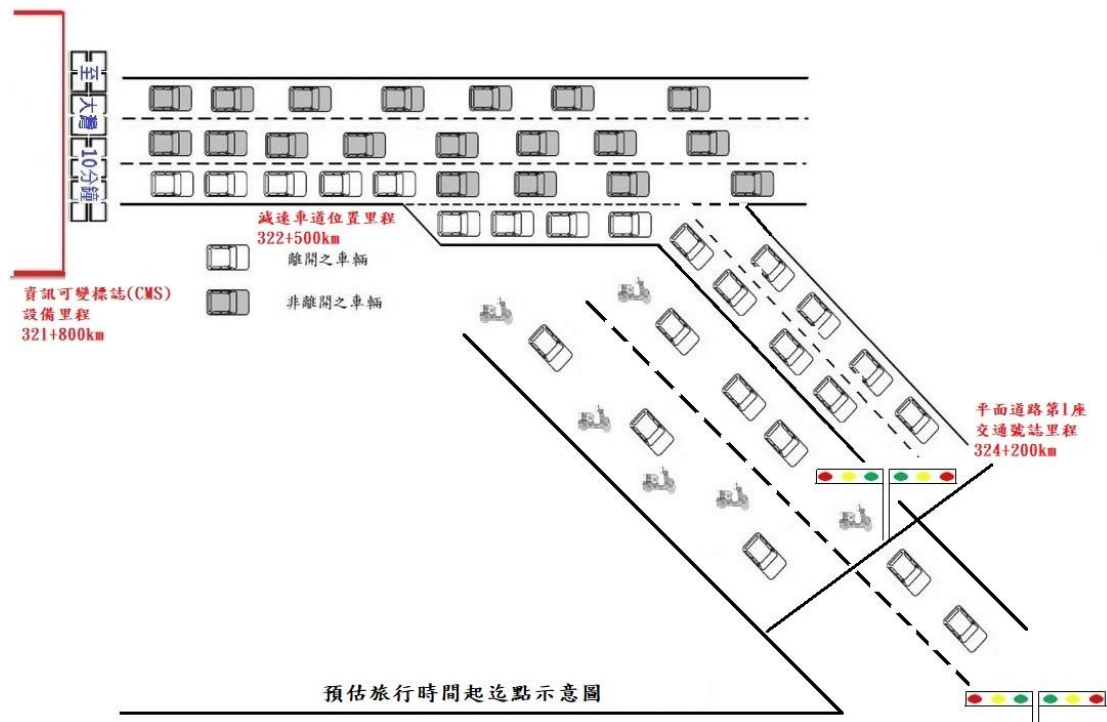


圖 4-2 國道 1 號南下大灣交流道預估旅行時間起迄點示意圖

4.1.1 預估旅行時間軟體介面功能

本研究在本小節依據介面架構建立 10 個欄位(cont)，分別為 1.項次 2.QLD 設備里程 3. QLD 設備狀態 4.偵測路況 5.設定壅塞門檻值 6.CMS 設備里程 7.CMS 設備狀態 8.CMS 顯示狀態 9. CMS 目前執行模式 10.旅行時間顯示，提供使用者設定，各個欄位(cont)功能將於下列一一敘明。另圖 4-3 及圖 4-4 為本系統於 108 年 3 月 20 日及 108 年 4 月 23 日所運算預估旅行時間。

1. 項次：該欄位功能為將所有建置之偵測車輛壅塞回堵設備依序排列。
2. QLD 設備里程：該欄位功能為呈現將所建立之偵測車輛壅塞回堵設備位置。
3. QLD 設備狀態：該欄位功能為呈現所建立之偵測車輛壅塞回堵設備是否發生故障。
4. 偵測路況：該欄位功能為建立之偵測車輛壅塞回堵設備位置，目前該路段是否發生壅塞。
5. 顯示壅塞門檻值：該欄位功能為顯示所建立之偵測車輛壅塞回堵設備目前所設定壅塞門檻值。

6. CMS 設備里程：該欄位功能用途主要為呈現主線上游處之資訊可變標誌設備位置。
7. CMS 設備狀態：該欄位功能用途主要為呈現主線上游處之資訊可變標誌設備是否發生故障。
8. CMS 顯示狀態：該欄位功能用途主要呈主線上游處之資訊可變標誌目前所顯示資訊內容。
9. CMS 目前執行模式：該欄位功能用途主要為主線上游處之資訊可變標誌將顯示資訊內容，可強制執行下載顯示或清除顯示內容。
10. 旅行時間顯示：該欄位功能用途主要呈現為當壅塞事件產生時所運算出之旅行時間發布。

序次	QLD	QLD設備狀態	設備位置	顯示設備門牌	CMS	CMS設備狀態	目前顯示	強制下載	旅行時間
1	QLD-N1-S-317.620-M	正常	路側	60	CMS-N1-S-317.000-M	正常	常態中 遠端操作	常態中	23分鐘
2	QLD-N1-S-323.600-M	正常	路側	60	CMS-N1-S-323.000-M	正常	常態中 遠端操作	常態中	
3	QLD-N1-N-364.500-M	正常	路側	60	CMS-N1-N-365.800-M	正常	常態中 遠端操作	常態中	
4	QLD-N1-S-365.800-M	正常	路側	60	CMS-N1-S-365.200-M	正常	常態中 遠端操作	常態中	
5	QLD-N1-N-368.800-M	正常	路側	60	CMS-N1-N-369.340-M	正常	常態中 遠端操作	常態中	

圖 4-3 108 年 3 月 20 日壅塞事件產生之旅行時間發布

序次	QLD	QLD設備狀態	設備位置	顯示設備門牌	CMS	CMS設備狀態	目前顯示	強制下載	旅行時間
1	QLD-N1-S-317.620-M	正常	路側	60	CMS-N1-S-317.000-M	正常	常態中 遠端操作	常態中	25分鐘
2	QLD-N1-S-323.600-M	正常	路側	60	CMS-N1-S-323.000-M	正常	常態中 遠端操作	常態中	
3	QLD-N1-N-364.500-M	正常	路側	60	CMS-N1-N-365.800-M	正常	常態中 遠端操作	常態中	
4	QLD-N1-S-365.800-M	正常	路側	60	CMS-N1-S-365.200-M	正常	常態中 遠端操作	常態中	
5	QLD-N1-N-368.800-M	正常	路側	60	CMS-N1-N-369.340-M	正常	常態中 遠端操作	常態中	

圖 4-4 108 年 4 月 23 日壅塞事件產生之旅行時間發布

4.2 車輛壅塞處理介面實現

本研究以 Java 程式語言及開發平台完成了車輛壅塞處理介面，如圖 4-1。藉由即時影像偵測出口匝道壅塞資料傳送至本介面，介面將依偵測壅塞分析器資料，將資料分別置入 7 大區塊中，如圖 4-5 所示。

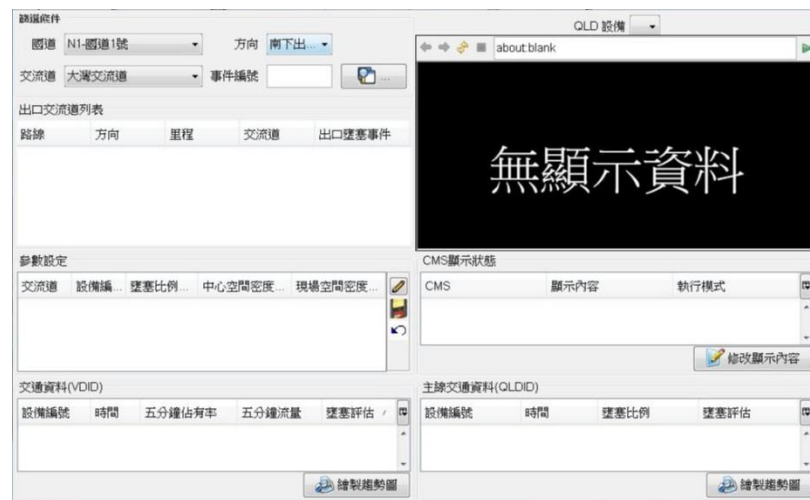


圖 4-5 車輛壅塞處理介面

4.2.1 車輛壅塞處理介面功能

本研究在本小節依據介面架構建立 7 大區塊，分別為 1.篩選條件 2.CCTV 影像 3.參數設定 4.CMS 顯示狀態 5.交通資料(VOID)6.主線交通資料(QLDID)7.繪製趨勢圖，提供使用者設定，各區塊功能將於下列一一敘明，其軟體操作介面運作狀態，如圖 4-6 所示。

1. 篩選條件：在此區塊功能，可依國道別、方向及交流道來選擇所建立之偵測車輛壅塞回堵設備位置。
2. CCTV 影像：在此區塊中，呈現所建立之偵測車輛壅塞回堵設備影像。
3. 參數設定：在此區塊功能中裡再建立 5 個欄位(cont)，分別為(1)資料查詢(2)查詢統計資料(3)事件查詢(4)設備設定(5)門檻值設定，提供使用者資料查詢或設定，如圖 4-7 所示，在 4.2.3 小節敘明各欄位功能。
4. CMS 顯示狀態：在此區塊功能中為主線上游處之資訊可變標誌，呈現目前所顯示資訊內容或壅塞事件產生時所發布之旅行時間。

5. 交通資料(VDID)：在此區塊功能中，呈現上游處及出口匝道 VD 設備五分鐘佔有率、車流量資料及壅塞評估。
6. 主線交通資料(QLDID)：在此區塊功能中，呈現所建立之偵測車輛壅塞回堵設備位置，目前壅塞比例及評估。
7. 繪製趨勢圖：在此區塊功能中可分別針對交通資料(VDID)或主線交通資料(QLDID) 繪製趨勢圖，如圖 4-8 所示。



圖 4-6 軟體操作介面運作狀態



圖 4-7 壅塞處理軟體介面參數設定

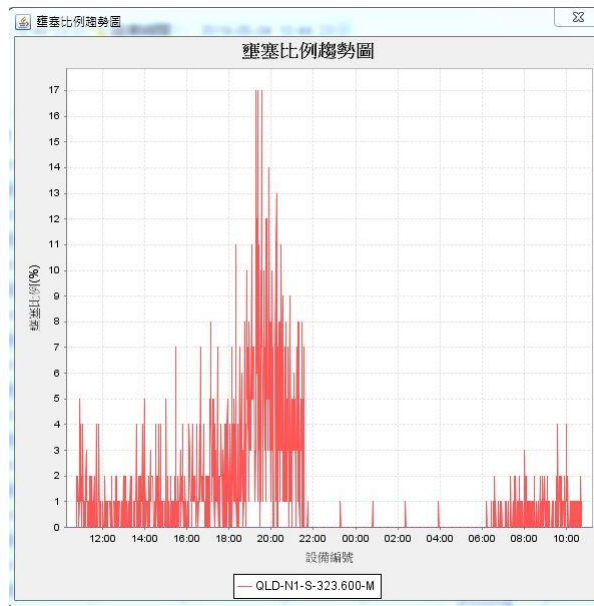


圖 4-8 繪製交通資料(VDID)或主線交通資料(QLDID)趨勢圖

4.2.2 參數設定

在壅塞處理軟體操作介面構建立 7 大區塊，其中一個區塊為參數設定將在本小節說明，在此區塊功能中裡再建立 5 個欄位(cont)，提供使用者資料查詢或設定，如圖 4-9 所示。各個欄位(cont)功能將於下列一一敘明。

1. 資料查詢：該欄位功能為可查詢所建立之偵測車輛壅塞回堵設備，設定任一起始時間及結束時間，並查詢或勾選只顯示欲查詢屬性資料 (例如：設備編號、資料時間、分析器編號、壅塞比例(%）、平均佔有率及資料筆數)及繪製趨勢圖，如圖 4-10 及圖 4-11 所示。
2. 查詢統計資料：該欄位功能為可查詢所建立之偵測車輛壅塞回堵設備，設定任一起始時間及結束時間，查詢該設備區段時間內所收集之每筆屬性資料(例如：設備編號、資料時間、分析器編號、壅塞比例(%）、平均佔有率及資料筆數)，如圖 4-12 所示。
3. 事件查詢：該欄位功能為可查詢所建立之偵測車輛壅塞回堵設備啟動壅塞事件統計。
4. 設備設定：該欄位功能為可設定所建立之偵測車輛壅塞回堵設備，可分別有查詢及設定功能，在查詢功能部分(例如：硬體設備狀態、韌體版本、現場操作模式、通訊迴路測試、硬體傳輸週期、設備時間及空間密度組態)，如圖 4-13 所示，另在設定功能部分，可透過遠端傳輸設定現場設備空間密度，如圖 4-14 所示。

5. 門檻值設定：該欄位功能為可分別設定壅塞比例門檻值、中心端空間密度(車輛數/公里)及現場空間密度(車輛數/公里)，如圖 4-15、圖 4-16 及圖 4-17。

圖 4-9 參數設定介面中建立 5 個欄位(cont)

資料時間	分析器	壅塞比	平均佔	資料筆數
1 M 2019-05-05 14:44:00	0	1	✓	設備編號
2 M 2019-05-05 14:45:00	0	0	✓	資料時間
3 M 2019-05-05 14:46:00	0	0	✓	分析器編號
4 M 2019-05-05 14:47:00	0	1	✓	壅塞比例(%)
5 M 2019-05-05 14:48:00	0	1	✓	平均佔有率(%)
6 M 2019-05-05 14:49:00	0	1	✓	資料筆數
7 M 2019-05-05 14:50:00	0	1	✓	Horizontal Scroll
8 M 2019-05-05 14:51:00	0	0		Pack All Columns
9 M 2019-05-05 14:52:00	0	0		Pack Selected Column
10 M 2019-05-05 14:53:00	0	0	9	70
11 M 2019-05-05 14:54:00	0	1	11	67
12 M 2019-05-05 14:55:00	0	1	13	67
13 M 2019-05-05 14:56:00	0	1	11	69
14 M 2019-05-05 14:57:00	0	0	9	69
15 M 2019-05-05 14:58:00	0	0	12	69
16 M 2019-05-05 14:59:00	0	1	8	68
17 M 2019-05-05 15:00:00	0	2	13	70
18 M 2019-05-05 15:01:00	0	1	13	69
19 M 2019-05-05 15:02:00	0	0	11	69
20 M 2019-05-05 15:03:00	0	0	8	67
21 M 2019-05-05 15:04:00	0	0	8	67
22 M 2019-05-05 15:05:00	0	1	13	70
23 M 2019-05-05 15:06:00	0	0	8	69
24 M 2019-05-05 15:07:00	0	1	14	69
25 M 2019-05-05 15:08:00	0	1	8	66
26 M 2019-05-05 15:09:00	0	0	10	66

圖 4-10 資料查詢欄位

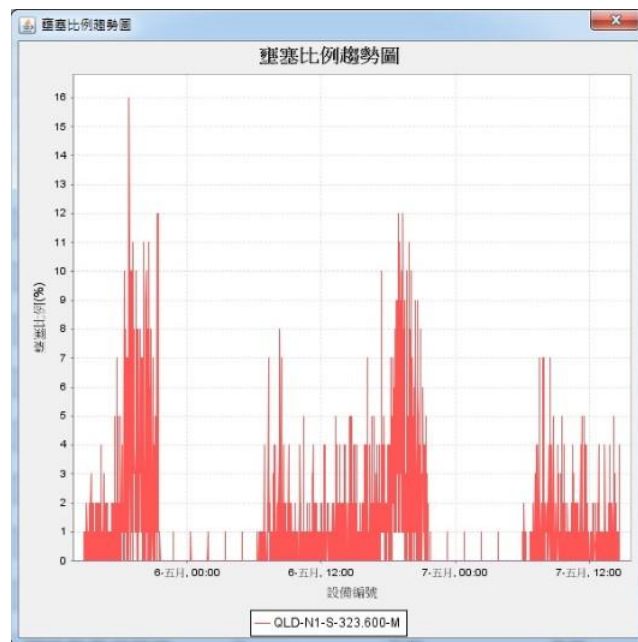


圖 4-11 設備每日各時段壅塞趨勢圖

資料查詢
查詢統計資料
事件查詢
設備設定
門簾值設定

查詢條件

編號:
N1-S-323.600-M
種類:
一分鐘交通資料

開始時間:
2019-05-05 14:43:01
快速查詢:

結束時間:
2019-05-07 14:43:01
查詢

查詢結果						
	設備編號	時間	分析器總數	壅塞比例(%)	平均佔有率(%)	資料筆數
1	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:44:00	1	1.00	8.00	68.00
2	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:45:00	1	0.00	7.00	67.00
3	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:46:00	1	0.00	13.00	69.00
4	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:47:00	1	1.00	9.00	69.00
5	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:48:00	1	1.00	9.00	69.00
6	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:49:00	1	1.00	13.00	68.00
7	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:50:00	1	1.00	9.00	67.00
8	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:51:00	1	0.00	9.00	69.00
9	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:52:00	1	0.00	12.00	69.00
10	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:53:00	1	0.00	9.00	70.00
11	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:54:00	1	1.00	11.00	67.00
12	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:55:00	1	1.00	13.00	67.00
13	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:56:00	1	1.00	11.00	69.00
14	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:57:00	1	0.00	9.00	69.00
15	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:58:00	1	0.00	12.00	69.00
16	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 14:59:00	1	1.00	6.00	68.00
17	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 15:00:00	1	2.00	13.00	70.00
18	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 15:01:00	1	1.00	13.00	69.00
19	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 15:02:00	1	0.00	11.00	69.00
20	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 15:03:00	1	0.00	8.00	67.00
21	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 15:04:00	1	0.00	8.00	67.00
22	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 15:05:00	1	1.00	13.00	70.00
23	QLD-N1-S-323.600-M	2019-05-05 15:06:00	1	0.00	8.00	69.00

圖 4-12 設備屬性資料



圖 4-13 設備設定介面



圖 4-14 設定現場設備端空間密度介面



圖 4-15 門檻值設定操作介面

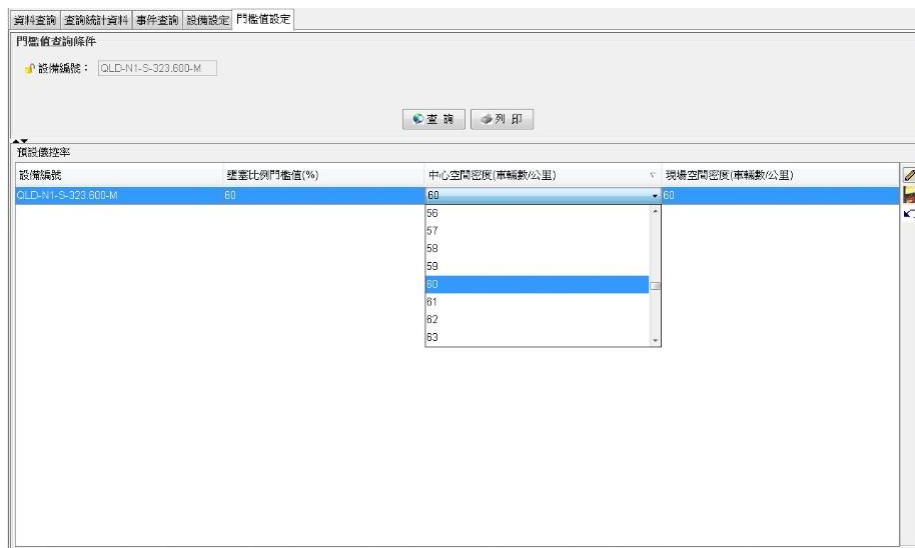


圖 4-16 可調整設定中心空間密度介面

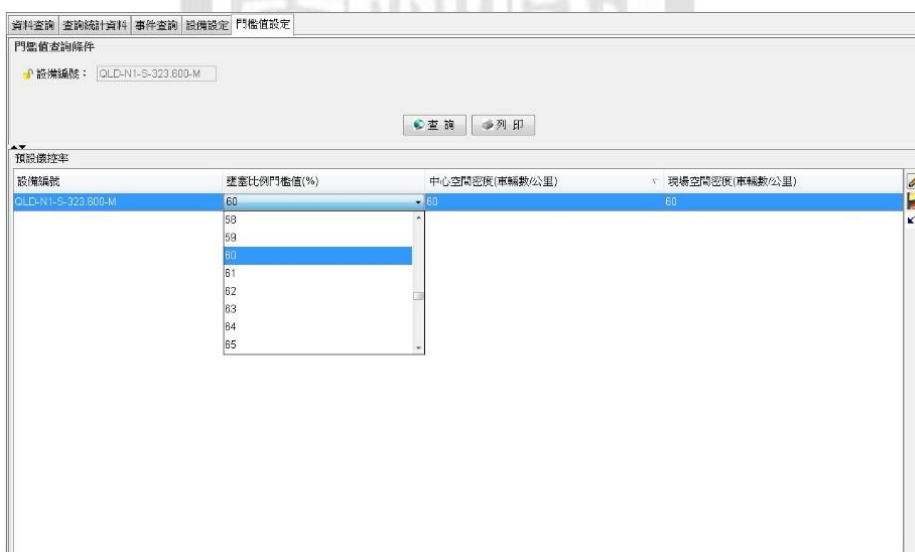


圖 4-17 可調整設定壅塞比例門檻值介面

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究完成預估旅行時間模擬軟體後，對於在視訊處理演算法及偵測到物體完整性程式撰寫好壞，將影響後續判斷及精準度就相當地重要，然而目前硬體設備及偵測壅塞分析器已架設於國道 1 號南下大灣交流道出口匝道，軟體部分設置於高速公路局南區養護工程分局交控中心進行偵測並其觀察其結果。

在期初偵測過程中，觀察所獲取相關影像偵測資料得知，由友視達科技股份有限公司賴文忠工程師所撰寫之即時影像處理單元中在壅塞事件觸動時間點與高速公路局南區養護工程分局交控設備(VD)壅塞事件所觸動時間點兩者有所落差，在比對檢視所有偵測影像資料得知，在偵測過程中發生了車輛壅塞影像誤判，進而影響旅行時間訊息發布的誤動作，其探討主要原因係為攝影機所偵測區域之影像辨識所造成的原因，分別受日、夜間時段影響，然而在日、夜間時段影響因素皆不同，在日間時段所受之因素為主線旁所立隔音牆與樹木陰影，而在夜間時段所受之因素為車輛開啟大燈受光源影響。

本研究附錄章節視訊處理技術已有提及，上述原因無法完全克服，且將會影響偵測軟體造成誤判，但這並不符合本論文研究方向與精神，故本研究將針對上述原因再進行探討及改善。

在與友視達科技股份有限公司賴文忠工程師討論後，發現軟體程式演算法撰寫無誤，但為了解決軟體影像偵測所造成結果之誤判，將改變相關設備架設方式，減少影像誤判次數，如下說明。

一、 改變即時影像擷取(攝影機 IP CAM)設備架設方向：

將原先設置即時影像擷取(攝影機 IP CAM)原先面向車輛前方進而偵測，進而轉向 180 度將攝影機鏡頭面向車輛後方偵測，此做法可改善影像車輛車燈光源所受之面積影響。

二、 重新設定靜態背景當成參考影像。

三、 縮減擷取車道之影像空間密度(%)面積：

原設定為一車道(3.75 米)之標準寬度，縮減約為 3 米，此做法可提升壅塞單元辨識壅塞正確率。

經上述改善硬體設備架設方式後，本研究發現誤判次數確有顯著下降，對於在日間時段所受主線旁所立隔音牆與樹木陰影及夜間時段車輛大燈光源影響不再那麼顯著，因此證明本研究提改善設備架設及偵測區域縮減這兩種改善方式是可以改善偵測壅塞分析器軟體誤判主因，避免預估旅行時間模擬軟體接收到錯誤壅塞資料運算車輛駛離出口匝道之旅行時間，避免資訊發布錯誤，造成用路人誤解。

5.2 建議

在本研究中仍發現尚有許多不足及改進地方，主要為設備數量不足及現況地形影響。因此後續研究可針對即時影像擷取(攝影機 IP CAM)設備之畫像素、數量、架設距離及現況地形進行探討，因此本研究建議如下：

- (1)交流道出口匝道減速車道長度不一，以距離 500 公尺增設 1 處偵測車輛壅塞攝影機設備，以區段方式計算預估旅行時間。
- (2)提升攝影機影像之畫像素，可以使影像更清晰、辨別。
- (3)設備受限現況地形影響，且攝影機設備需架設車道正上方，才不影響影像偵測之準確率，如若設備架設於路側端恐影響影像偵測之準確率，但因高速公路門架過少，如若設置門架，恐受設置經費影響，應多加利用現有之標誌門架。

最後本研究中雖然完成預估旅行時間模擬軟體，可藉由影像偵測判斷車輛是否壅塞資料即時運算後發佈旅行時間，但是用路人往往只注意了旅行時間卻疏忽前方路況狀況，進而造成了往出口匝道車輛在排隊停等時，因未注意前方車輛進而發生追撞等事故，如在本研究預估旅行時間模擬軟體除可發佈即時旅行時間，如若能出口匝道上游處發布前方壅塞減速慢行之訊息，提醒用路人前方壅塞減速慢行，必可大幅減少 A1 交通事故發生。

中文文獻

1. 交通部運輸研究所(1999)「高速公路出口匝道區域車流特性資料收集與分析」，民國 88 年。
2. 交通部運輸研究所(2011)「2011 台灣地區公路容量手冊」，民國 100 年 10 月。
3. 朱志杰(2013)。使用車輛偵測器和自動車輛辨識之資料預測高速公路旅行時間。國立交通大學運輸與物流管理學系碩士論文，新竹市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/99gggz>
4. 吳金杰(2005)。融合偵測器與探測車資料預測高速公路旅行時間之研究。國立中央大學土木工程研究所碩士論文，桃園縣。取自 <https://hdl.handle.net/11296/9974pg>
5. 林裕峰(2007)。基於視訊處理之即時車流分析暨計數系統之研究。國立高雄應用科技大學電子與資訊工程研究所碩士班碩士論文，高雄市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/8augah>
6. 卓楷霖(2012)。構建高速公路出口匝道車流回堵對主線車流影響模式。國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文，新竹市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/j5qs48>
7. 唐文斌(1997)。高速公路出口匝道區段容量與服務水準評估方法之研究。國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，新竹市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/3hh32d>
8. 陳志賢(2006)。基於視訊處理的即時人流計數系統之研究。國立高雄應用科技大學電子與資訊工程研究所碩士班碩士論文，高雄市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/p8u96q>
9. 陳惠國等人(2017)。「交通工程」，五南圖書出版股份有限公司，台北市大安區和平東路二段 339 號 4 樓，頁別 44-46。
10. 張劭卿等人(2010)「公路路網交控及資訊系統架構設計與建置準則」，交通部運輸研究所，民國 99 年 7 月。
11. 蔡立武(2011)。交通監控影片中日夜車流壅塞之分析及評估。國立交通大學資訊科學與工程研究所碩士論文，新竹市。取自

<https://hdl.handle.net/11296/s3ta38>

12. 蔡繼光(2009)。高速公路旅行時間預測-以 k-NN 法及分群方法探討。國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文，新竹市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/6d4u66>
13. 國立交通大學(2013)「高速公路中長程旅行時間預測模式之建立與應用」，國立交通大學，民國 102 年 5 月。



英文文獻

1. Beymer, D., McLauchlan, P., Coifman, B., & Malik, J. (1997). A real-time computer vision Systems for measuring traffic parameters. In Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 495-501). IEEE.
2. Collins, R., Lipton, A., Kanade, T., Fujiyoshi, H., Duggins, D., Tsin, Y., ... & Wixson, L. (2000). A Systems for video surveillance and monitoring: VSAM final report. Robotics Inst., CMU-RI-TR-00-12.
3. GaliC, S., & LonCariC, S. (2000). Spatio-temporal image segmentation using optical flow and clustering algorithm. In IWISPA 2000. Proceedings of the First International Workshop on Image and Signal Processing and Analysis. in conjunction with 22nd International Conference on Information Technology Interfaces.(IEEE (pp. 63-68)). IEEE.
4. Gutchess, D., Trajkovics, M., Cohen-Solal, E., Lyons, D., & Jain, A. K. (2001). A background model initialization algorithm for video surveillance. In Proceedings Eighth IEEE International Conference on Computer Vision. ICCV 2001 (Vol. 1, pp. 733-740). IEEE.
5. Kenneth R. Castleman, Digital Image Processing, Prentice Hall Press,1996.
6. Lee, D. S., Hull, J. J., & Erol, B. (2003). A Bayesian framework for Gaussian mixture background modeling. In Proceedings 2003 International Conference on Image Processing (Cat. No. 03CH37429) (Vol. 3, pp. III-973). IEEE.
7. Li, Z., Chang, G. L., & Natarajan, S. (2009). Integrated off-ramp control model for freeway traffic management (No. 09-1457).
8. Lipton, A. J., Fujiyoshi, H., & Patil, R. S. (1998). Moving target classification and tracking from real-time video. In Proceedings Fourth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision. WACV'98 (Cat. No. 98EX201) (pp. 8-14). IEEE.
9. Liu, Y., Chang, G. L., & Yu, J. (2011). An integrated control model for freeway corridor under nonrecurrent congestion. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 60(4), 1404-1418.
10. McKenna, S. J., Jabri, S., Duric, Z., Rosenfeld, A., & Wechsler, H. (2000).

Tracking groups of people. *Computer vision and image understanding*, 80(1), 42-56.

11. Ohra, Y., Koyama, T., & Shimada, S. (1997). Online-learning type of traveling time prediction model in expressway. In *Proceedings of Conference on Intelligent Transportation Systems* (pp. 350-355). IEEE.
12. Palacharla, P. V., & Nelson, P. C. (1999). Application of fuzzy logic and neural networks for dynamic travel time estimation. *International Transactions in Operational Research*, 6(1), 145-160.
13. Peterfreund, N. (1999). Robust tracking of position and velocity with Kalman snakes. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 21(6), 564-569.
14. Ridder, C., Munkelt, O., & Kirchner, H. (1995). Adaptive background estimation and foreground detection using kalman-filtering. In *Proceedings of International Conference on recent Advances in Mechatronics* (pp. 193-199). Citeseer.
15. Sidenbladh, H., Black, M. J., & Fleet, D. J. (2000). Stochastic tracking of 3D human figures using 2D image motion. In *European conference on computer vision* (pp. 702-718). Springer, Berlin, Heidelberg.
16. Stauffer, C., & Grimson, W. E. L. (1999). Adaptive background mixture models for real-time tracking. In *Proceedings. 1999 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (Cat. No PR00149) (Vol. 2, pp. 246-252). IEEE.
17. Tian, Z. Z., Balke, K., Engelbrecht, R., & Rilett, L. (2002). Integrated control strategies for surface street and freeway Systems. *Transportation Research Record*, 1811(1), 92-99.
18. van den Berg, M., De Schutter, B., & Hellendoorn, H. (2006). Effects of on-ramp and off-ramp metering on queue forming in urban traffic networks. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(12), 130-135.
19. Wren, C. R., Azarbayejani, A., Darrell, T., & Pentland, A. P. (1997). Pfunder Real-time tracking of the human body. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 19(7), 780-785.
20. Wu, B. F., Lin, S. P., & Chen, Y. H. (2005). A real-time multiple-vehicle detection and tracking Systems with prior occlusion detection and resolution. In *Proceedings of the Fifth IEEE International Symposium on*

- Signal Processing and Information Technology, 2005. (pp. 311-316). IEEE.
21. Yoshikazu, O., K. Toshihiro., and S. Shigehito,(1998). ” Online-Learning Type of Traveling Time Prediction Model in Expressway”, Intelligent Transportation Systems, ITSC IEEE Conference, pp. 350-355.
 22. Zhang, C., & Siyal, M. Y. (2000). A new segmentation technique for classification of moving vehicles. In VTC2000-Spring. 2000 IEEE 51st Vehicular Technology Conference Proceedings (Cat. No. 00CH37026) (Vol. 1, pp. 323-326). IEEE.



附錄 視訊處理技術

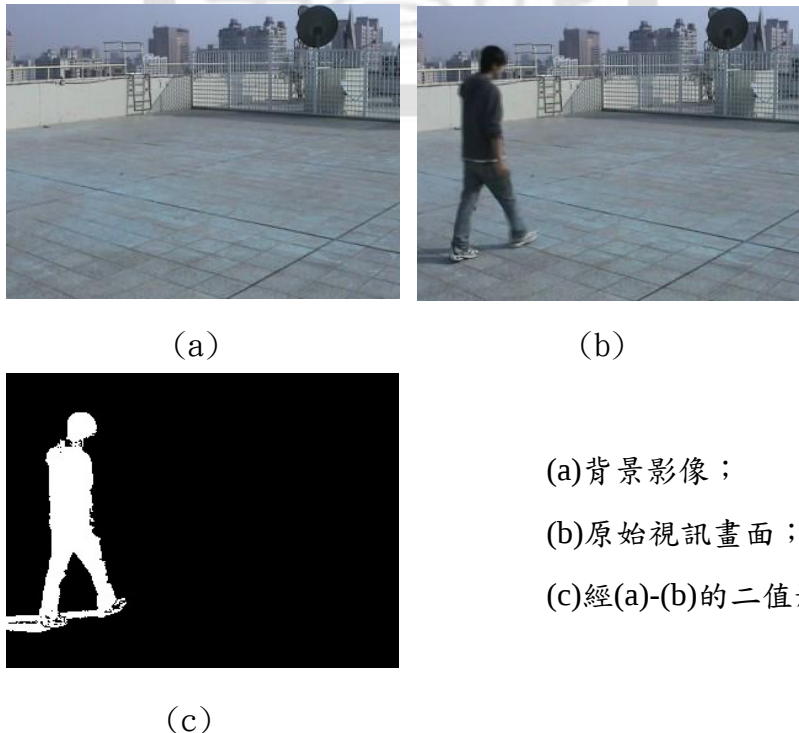
一、移動目標偵測

在視訊處理的演算法與應用中，期初的步驟是將影像中所要的區域擷取出來，亦即是將影像分割成兩部份：一為移動物體區域二為剩餘影像區域，便於後續對影像資料的分析與統計，達到預期的功能(例如人、物體及車牌辨識與車流分析等等，其重點將所擷取出之影像中的人、物體、車牌及車輛與背景做切割，後續將可做影像分析處理。因此視訊處理的演算法好壞與否和其所偵測到物體的完整性，將影響後續視訊處理演算法的判斷及精準度。

以現今來說最常被用來偵測移動物體為目標的偵測演算法，主要可分為三類陳志賢(2006)：分別是背景相減法、相鄰影像差法以及光流法。

1.1 背景相減法

此方法是利用一張無移動之影像為背景和目前擷取之影像作差值運算，將差值結果以二值化方式求得移動目標區域，如圖 1-1 所示。但是對於背景中光源改變、雜訊影響、陰影變化與攝影機的晃動等卻不能有效的克服。



- (a)背景影像；
- (b)原始視訊畫面；
- (c)經(a)-(b)的二值影像。

圖 1-1 背景相減示意圖

1.2 相鄰影像差法

本方法說明視訊來自於連續影像所組成，所以在相鄰的影像中，影像內容具有非常高的重複性，僅有移動部份具有範圍較大的變化；此方法利用這樣的影像特性，利用兩張連續的影像做差值運算後取二值化，如圖 1-2 所示。用此方法求得移動目標之輪廓後，後續再利用影像處理方法以最近相鄰內插法將區域內空洞填補起來，以便得到完整移動區域。此方法對於環境的變化有良好的強健性，但是其缺點就是不能夠偵測出移動物體暫時性停止的情況。

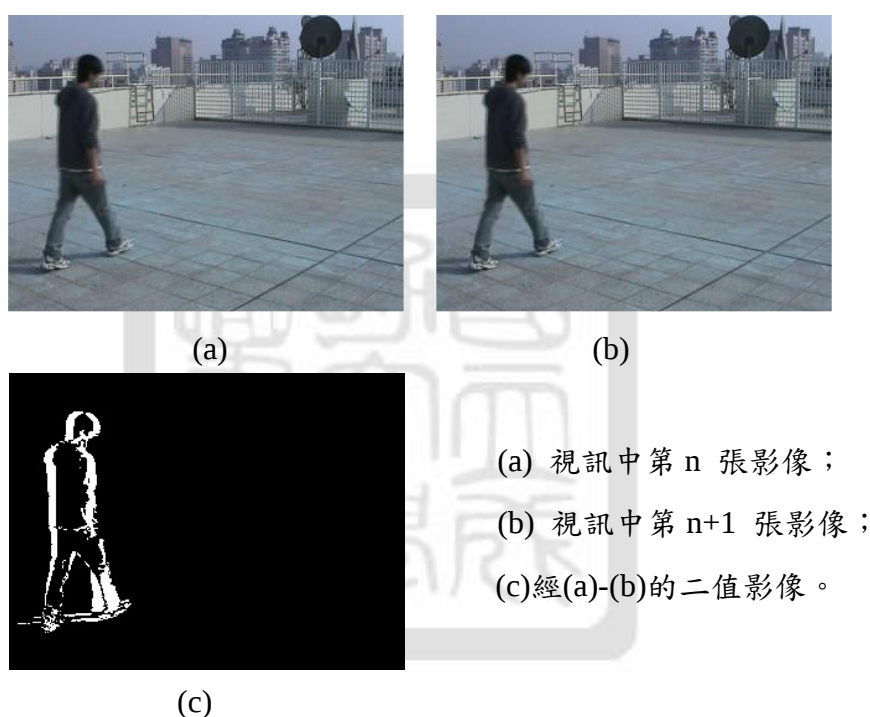
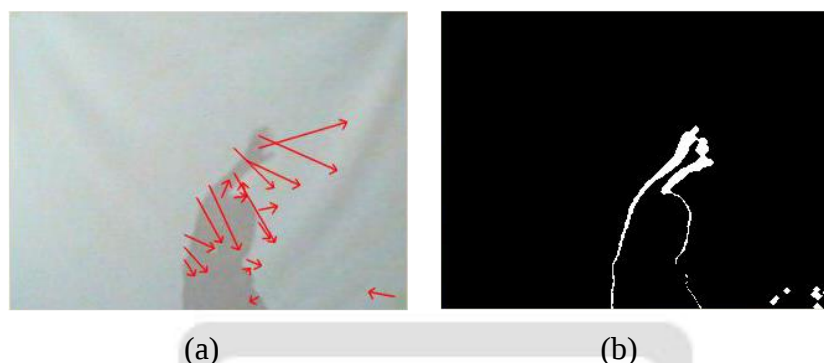


圖 1-2 相鄰影像差示意圖

1.3 光流法

主要是偵測視訊中像素的亮度變化來求得像素的移動向量，用以代表物體之像素在時間上的移動速度，最後再將移動的像素群視為移動偵測之區域，如圖 1-3 所示。此方法在不需預先建立背景影像的情況下便能偵測出移動物體或進行追蹤，且可應用於攝影機移動的情形。但是對於無法偵測到的運動(unobservable motion)及假運動(fake motion)均無法作有效的判斷和處理。所謂無法偵測到的運動是指運動物體的內部表現的很均勻，沒有明顯的亮度改變，使得

光流法在運算上沒有辦法找到真實的運動情形；假運動則是指一個不運動的物體因為外在的光源突然改變，造成了取像時物體的色彩資訊有所改變，這個時候光流法就會估測到一個錯誤的運動向量，使得對靜止的物體誤判成為移動的物體。光流法在執行的過程是針對每個像素進行數學分析，因此需要非常大的運算量，且對於影像中的雜訊與光影變化非常敏感，所以並不適合應用在室外易受光源影響的即時處理的系統。



(a) 利用光流法求出之運動向量；(b)運動向量對應之前景輪廓。

圖 1-3 光流影像示意圖

在背景相減法文獻中，Wren 等人(1997)提出的 Pfinder 是將背景模組對每個影像畫素建立一個高斯模型，經過初始化後可實現於室內環境中對單人的移動偵測和追蹤；為了適應戶外的環境變化，Stauffer(1999)及 Lee(2003)等人提出由兩個以上的高斯混和模型來表示每個背景影像畫素的顏色分佈，藉由顏色分佈來區分影像畫素是否受光源或雜訊等影響，建立一個可以適應多種干擾的背景模組。並即時更新每個高斯模型中所使用到的參數，以防止光害、訊號雜訊及複雜背景運動等干擾。Rider(1995)使用 Kalman-Filter 方法使得背景影像能夠因應視場中的變化而能適應性更新，使系統對於光源、天氣、陰影的變化能夠加以克服。

Lipton(1998)在相鄰影像差的文獻中，利用了相鄰影像差的方法從視訊中偵測移動目標，進而完成追蹤與分類；Zhang(2000)則提出了改善，選擇三張相鄰影像以其中兩張影像間的差值，最後再結合所得到之差值影像，可以得到較完整的切割結果。VSAM(2000)結合適應性背景相減與三張相鄰影像差的方法，實現能夠快速而有效的從輸入的影像中偵測出移動物體。

Galic(2000)在光流法偵測移動物體的文獻中，利用光流法偵測並計算出影像的光流場，並以群聚的方式對光流場中的向量分群，最後再依照分群過後的向量對物體做切割，以得到較佳的切割效果。Gutchess(2001)等人將背景影像建立的

模式引導入光流場的計算，將由移動物體的像素中，把長時間處於穩定狀態的像素丟掉，即可避免在背景影像更新的時間週期內，因移動物體停留時間稍長而導致移動物體也被建立於背景影像中，而得到較為正確的背景影像。但光流場的計算增加了演算法的複雜性與運算量。

二、物體追蹤

物體的追蹤方法主要可分為二大類，分別為二維影像座標系與三維空間座標系追蹤。追蹤的主要意義是在一序列影像中對兩兩相鄰影像內的移動物體，找出其對應的關係，且在這一連串的影像序列中持續維持著這個對應關係。達到物體在影像中的連續性。

從移動物體檢測中所擷取之移動物體影像，在追蹤前，必需建立移動物體模型，因此模型建立的對象是包含整個物體形狀、位置、顏色等等，這些都可以當成模型建立所需的資訊。將移動偵測所得到的前景資訊對應所建立的模型，再以當前影像與建立之模型比對，即可獲得移動物體資訊，完成追蹤程序。Beymer (1997)目前應用於自動交通資訊擷取的追蹤演算法主要分以下四大類：

2.1 基於 3D 模型的追蹤(3D Model based tracking)

此方法是利用座標系統中的原點定位於物體的中心點，目的是在利用該模型來對移動物體的行進作三維的描述。使用 3D 模型來追蹤物體其精準度高，最大缺點在於必須在比對樣板中有詳細的物體幾何形狀資訊，然而在現實中，行使於道路上的車輛，其車體大小、外觀形狀不一，且車輛不斷行進，要取得道路上所有行駛車輛的幾何形狀資料有一定的困難度存在。

Sidenbladh(2000)等人文獻中提到，利用機率與統計的方法，從 2D 的影片資訊中建立 3D 的運動模型，如圖 2-1 所示。

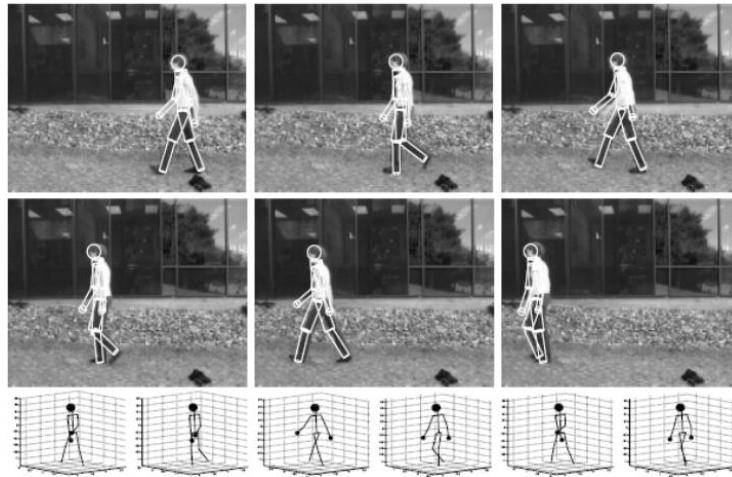
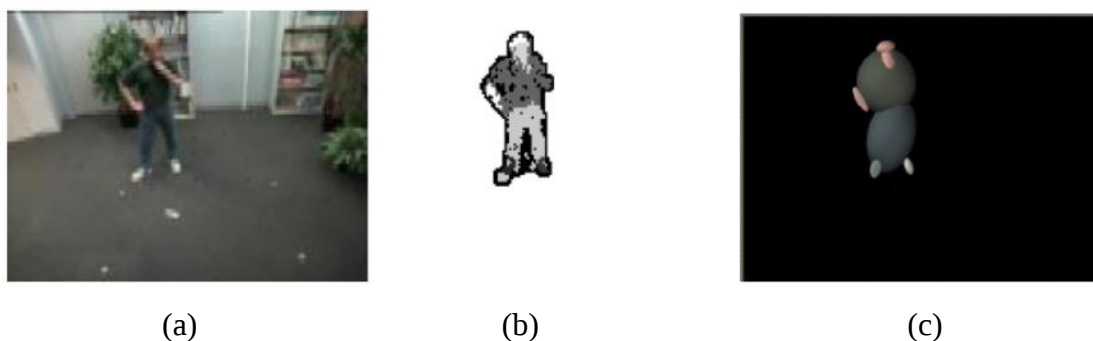


圖 2-1 利用 2D 的影片資訊求得 3D 的運動模型

2.2 基於區域的追蹤(Region based tracking)

此方法是將影像中變動的區域視為有移動物體的存在，藉著偵測這些變動區域的位置，達到追蹤的目標。其追蹤層級由小而大可分為三個層次：區塊(block)、區域(region)以及群(groups)，每一個層次都可以進行合併或分解，由區塊色彩和特徵的特性來設計這些區塊合併或分解的條件，來達到追蹤單人或多人的效果，也可克服人形物體交錯(occlusion)所造成的追蹤困擾。這個方法運用在一般流量的車道上，其追蹤車輛能有不錯的效果，但是在車流量大的情形之下，會使得無法分離出不同的車輛。

Wren(1997) 所提的中，將移動的區域用一些小團塊(blob)來表示人體的頭部、軀幹和四肢，不同團塊的亮度都有不同的分佈，藉由偵測影像中團塊的亮度分佈特性，來判定團塊的位置，用於追蹤室內環境下的人形物體，如果加上團塊之間的位置關係，甚至可以作行為辨識，如圖 2-2 所示。



- (a)原始影像；
- (b)切割後的影像前景；
- (c)根據前景亮度的分佈特性以不同團塊表示。

圖 2-2 將人體表示為數個小團塊 (blob)

2.3 基於活動輪廓的追蹤(Active contour based tracking)

本論文研究採用此方法做為出口匝道車流回堵停等壅塞系統開發之一，這類的方法是將移動物體以輪廓線(contour)來表示，並賦予輪廓線影像空間的特性，如影像邊緣、形狀及面積等，再利用每張影像的資訊作輪廓的更新，用以追蹤移動物體。由於此方法只關心物體的輪廓而不理會其餘的特徵資訊，因此在運算複雜度上並不會帶給系統上過多的負載，此外，本方法抗雜訊的能力也較強。利用輪廓追蹤的方法計算出影像中物體的真實位置可以解決影像中的物體可能因為過於靠進而造成的追蹤誤判。

Peterfreund(2000) 所提的中，採用卡爾曼濾波 (Kalman Filter) 原理來追蹤移動物件的活動輪廓，如圖 2-3 所示。



圖 2-3 卡爾曼濾波為基礎之手部輪廓追蹤影像

2.4 基於特徵的追蹤(Feature based tracking)

以物體特徵為基礎的追蹤方法，是擷取影像中形成目標物體的各種成分因子，再將這些成分因子透過統計或分析的過程，集合成較高階的特徵資訊，再藉由比對連續影像間的特徵資訊來追蹤目標物。根據特徵構成元素的差異性，可粗分為：整體性特徵 (global feature-based)，如重心、色彩、面積等；局部性特徵 (local feature-based)，如線段、頂點等；相依圖形特徵(dependence-graph-based)，如特徵間的結構變化等。然而特徵選取的多寡將會影響到整個追蹤系統的效能，同時也會產生了如何將特徵分群的問題，也就是如何判別出哪些特徵屬於哪個物體。



三、系統架構設計與流程

偵測壅塞分析器軟體，其設計主要共分為三大主題，其系統架構設計流程如圖 3-1 所示。第一為影像序列(影像擷取)，第二為前置影像處理單元，第三為偵測區域(空間密度計算)單元。顧名思義本軟體即時擷取路況影像，判定高速公路出口匝道是否壅塞回堵。

本文所提出的預估旅行時間模擬軟體的主要目的是應用於高速公路出口匝道。因此在攝影機的架設上是以模擬現行高速公路出口匝道監視攝影機的架設方式取得車輛影像，並在影像畫面之減速車道中設定區域虛擬檢測線(Base-line)，用來偵測出口匝道車輛壅塞的擷取。圖 3-2 為本論文偵測壅塞分析器設備架設示意圖。



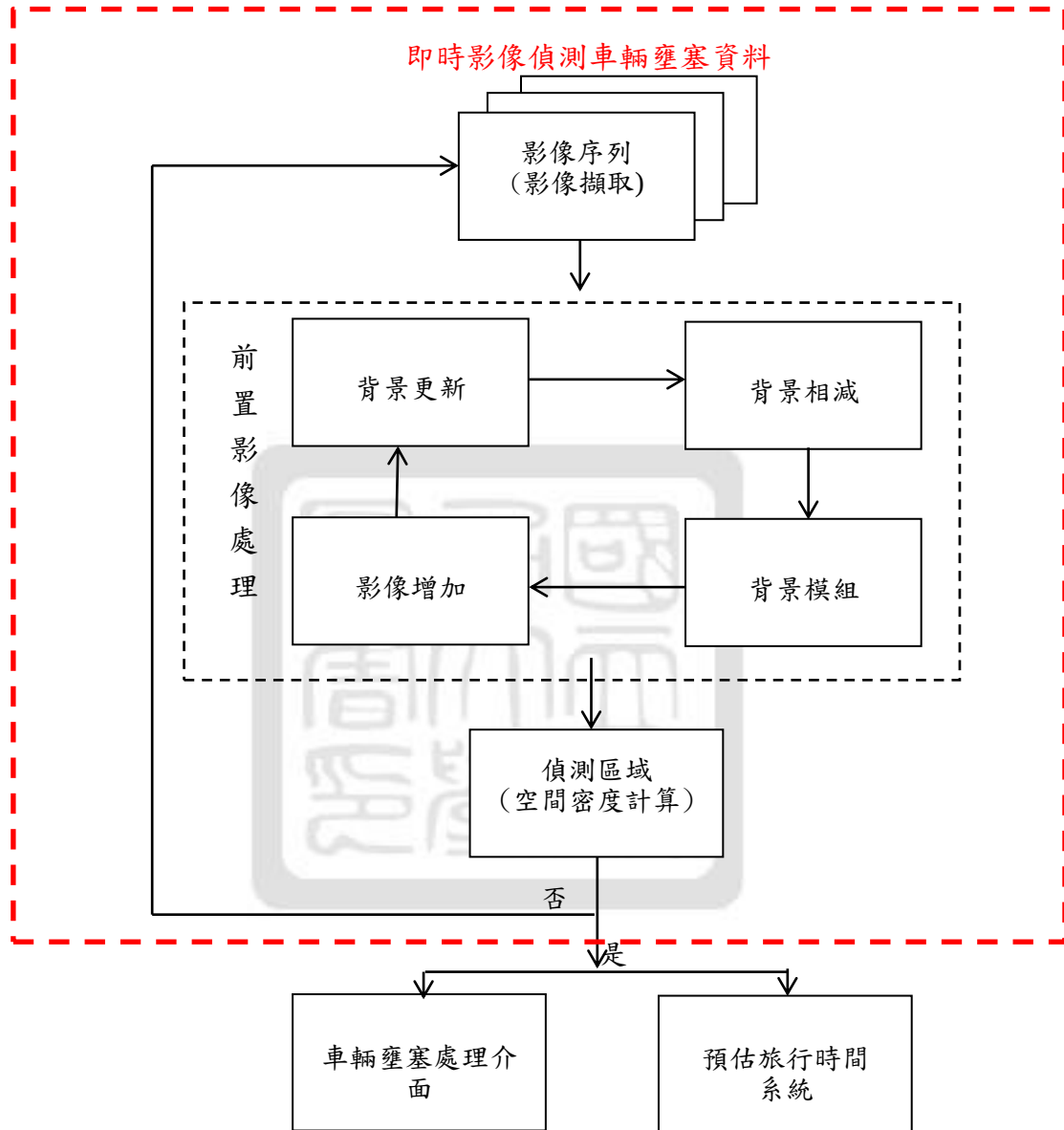


圖 3-1 偵測壅塞分析器軟體系統流程圖

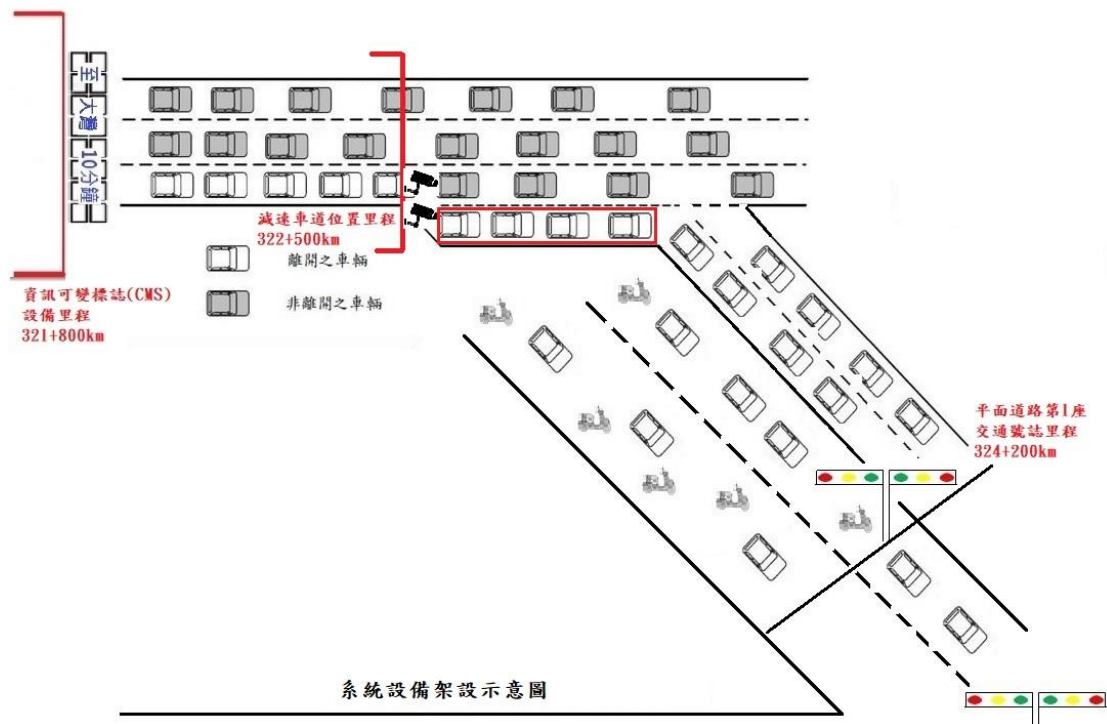


圖 3-2 偵測壅塞分析器設備架設示意圖

3.1 影像擷取及前置影像處理單元架構

本論文主要目的在於可以即時計算出影像之空間密度，因此在系統設計必需考量即時性的問題，故在本單元設計時提升系統即時性的效能就成為重點考量，然而影像追蹤系統，其主要設計核心為影像追蹤演算法。為了能設計出一套即時影像追蹤系統，系統架構如圖 3-3 所示。其中主要包含四個部份：工業級電腦、即時影像擷取(攝影機 IP CAM)、影像處理模組(影像前置處理卡)及輸出影像(電腦)，工業級電腦其主要功能為處理影像擷取及影像前置處理相關運算部份；攝影機 IP CAM 其主要功能為收集即時影像收存；影像前置處理卡其主要功能為影像前置處理(例如：邊緣、雜訊及背景移除等處理)、輸出影像(電腦) 其主要功能為控制、設定、操作介面及儲存。

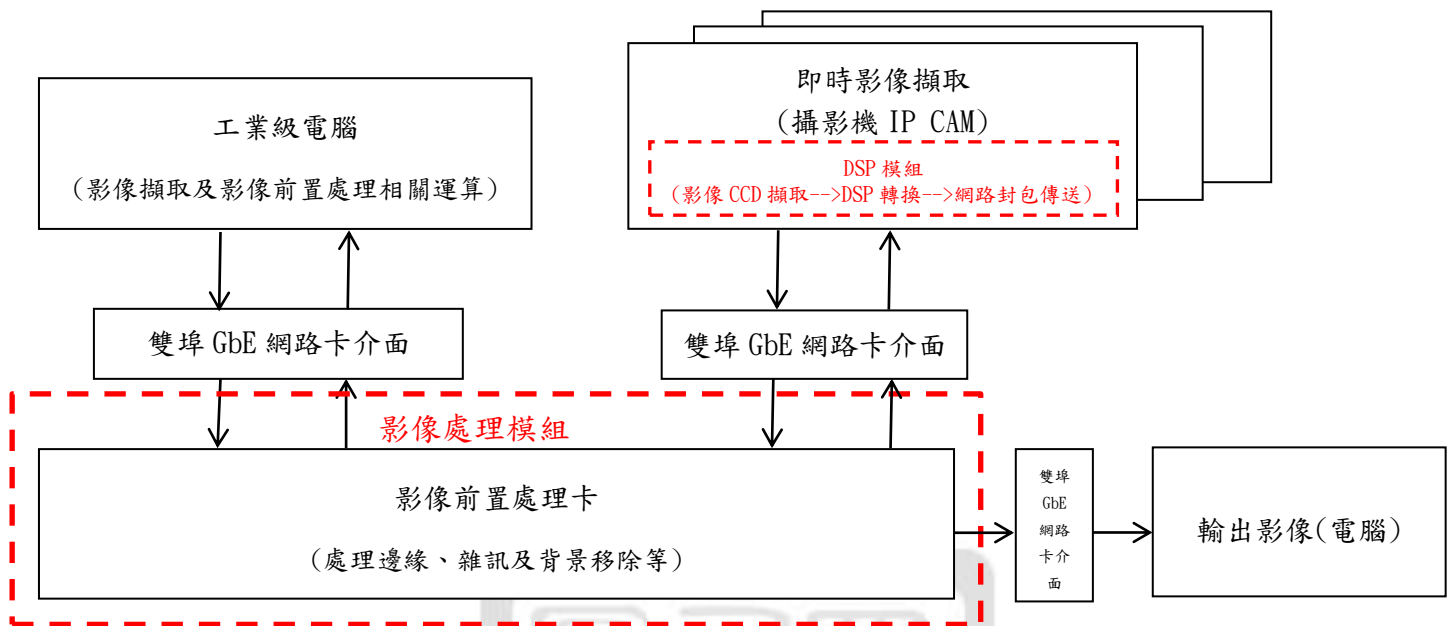


圖 3-3 影像擷取及即時前置影像處理單元系統架構

3.2 基於活動輪廓的原理

為了解移動車輛在連續影像中所在位置，我們採用以物體追蹤之基於活動輪廓的原理計算出影像的輪廓線影像空間特性(例如影像邊緣、形狀等點)，再利用每張影像的資訊作輪廓的更新，運算偵測區域範圍中空間密度。由於此方法只關心每張影像的資訊作輪廓的更新而不理會其餘的特徵資訊，因此在運算複雜度上並不會帶給系統上過多的負載。圖 3-4 為本系統所提出基於活動輪廓的原理架構圖。

物體追蹤之基於活動輪廓原理

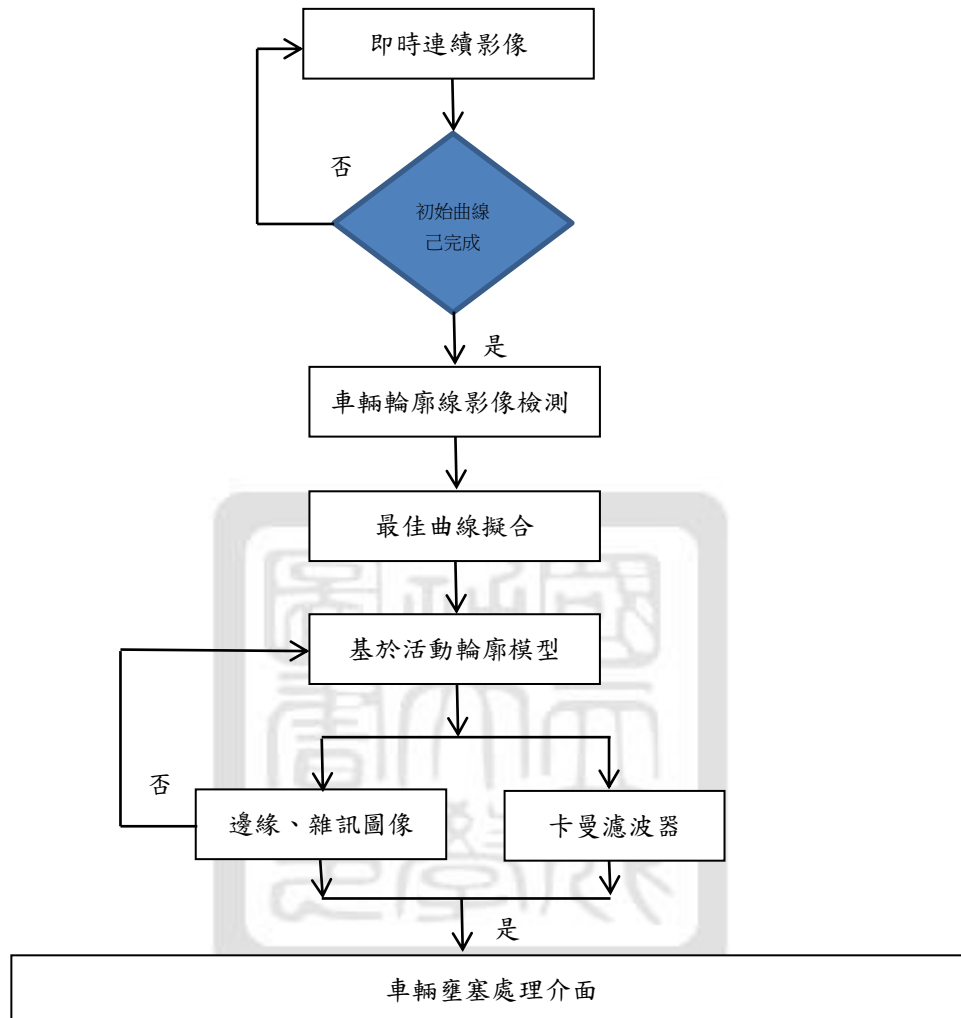


圖 3-4 基於活動輪廓的原理架構

3.3 背景相減法架構

本系統其目的是觀察可視範圍中之移動車輛，通常我們所視範圍稱為前景區域(foreground object)。在我們可視範圍中移動車輛可以提供車輛位置以及其他相關資訊。然而在系統中我們最主要目標即是將所視範圍區域中的停等車輛偵測出來，以利系統後續處理。

系統在偵測的過程中常常因受到當下環境外在因素之影響，且隨著環境因外在因素改變而有所不同，相對視訊處理上的狀況也不盡都相同。目前移動區域的偵測方法主要分為：(1)背景相減法；(2)相鄰影像差法；(3)光流法。

本研究中對於移動目標偵測則是以背景相減法做為本系統基礎，主要原因以背景相減法中，影像可以獲取較完整的外觀，不過對於背景中如光源與雜訊的干擾則比較敏感，次因考慮監視區域之移動車輛影像變化不大，背景畫面變動量較小與需要即時處理影像的情形下，其偵測流程圖如圖 3-5 所示。

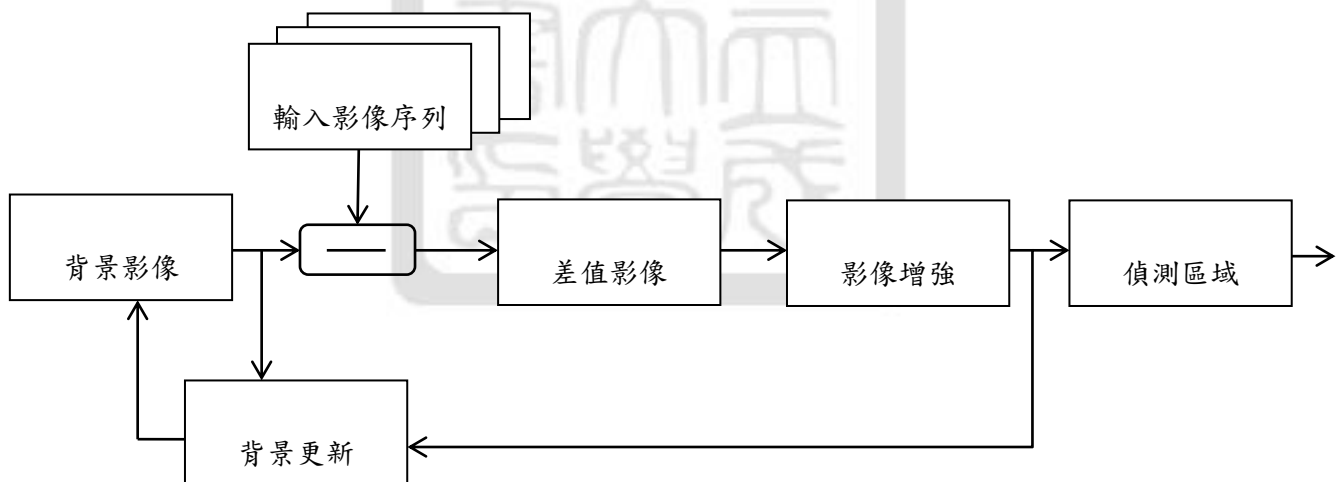


圖 3-5 背景相減法偵測流程圖

3.4 創建背景模型

在背景尚未被建立之前，一些初始化的工作是必須的。首先設定一張可視範圍中做為靜態背景當成參考影像，再設定偵測區域矩陣主要是以 4 個點所構成，分別為 $A = (X_1, Y_1)$ 、 $B = (X_2, Y_2)$ 、 $C = (X_3, Y_3)$ 及 $D = (X_4, Y_4)$ ，如圖 3-6 所示，偵測區域矩陣於現場實際長度約為 70 公尺，寬度約為 3 公尺。



(a) 設定靜態背景及設定偵測區域；(b) 偵測區域內之影像空間密度(%)

圖 3-6 可視監視範圍中偵測區內之影像空間密度(%)示意圖

3.5 移動區域偵測

當在可視範圍中即時影像背景模組建立出來後，可依據背景相減法則來偵測移動區域。所謂的背景相減法，則是以可視範圍中靜態背景當成參考影像，再與當前即時影像與相減，即可獲取一張差值影像，繼而經過了二值化處理後即可得出移動車輛區域，其數學表示式如式 3.1 所示。在系統程式中，我們是以灰階影像來完成移動區域的偵測。因此，我們將原始影像由 RGB 色彩空間轉換成 HSI 色彩空間的強度影像，其轉換公式如式 3.2 所示。

$$D(x, y, t) = \begin{cases} 255, & \text{if } |f_i(x, y, t) - B_i(x, y, t)| > \beta \sigma(x, y, t) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.1)$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (3.2)$$

β 表示臨界值的比例參數，範圍介於 1~ 5 間之整數。當 β 值愈高，則抗雜訊的能力較高，但是相對的前景遺失的像素也相對提高；而 β 值低時，雖然可以保留較完整的前景區域，但雜訊點也會隨之被保留下來。根據柴比雪夫定理 (Chebyshev's theorem)，不管我們資料呈現何種分佈情形，我們可以保證與其平均值之間的差異在 3 倍標準差內的所有資料，可以保留近 90% 的資訊。因此，我們一般將 β 設為 3，根據內容差異不同，再做適當調整。

3.6 影像增強

在上述 3.4 節中介紹背景相減法則，雖然結果可以得到不錯的效果，但雜訊仍然無法移除，而在偵測區域的內部也會因背景顏色強度相似，造成移動區域部份邊緣破碎與影像空洞的情形產生。倘若問題沒有獲得解決，對於後續處理之物體追蹤即會嚴重影響。在此針對上述之問題提出解決方式。

我們發現到運用形態運算可解決上述問題，影像形態運算 (Castleman, 1996) 是一個基於二值化影像以數學集合論發展出來的方法。雖然運算簡單，但以形態學為基礎之影像處理只要結合幾種不同的方式，便能達到不同變化的效果。同時更可兼具雜訊去除的功能，因此常被用來修飾移動目標偵測後之移動區域，以得到更精確的物體目標。影像可經由膨脹作用可以將原來影像內部的雜訊給剔除，換句話說在影像外的雜訊也同時被放大；另外影像透過侵蝕作用後，雖然可以將影像外部的雜訊剔除，但是相對的在影像內部中之空洞也跟隨之變大。如圖 3-7 所示，在膨脹與侵蝕的處理上，處理的順序不同，所生成的結果也會不同。

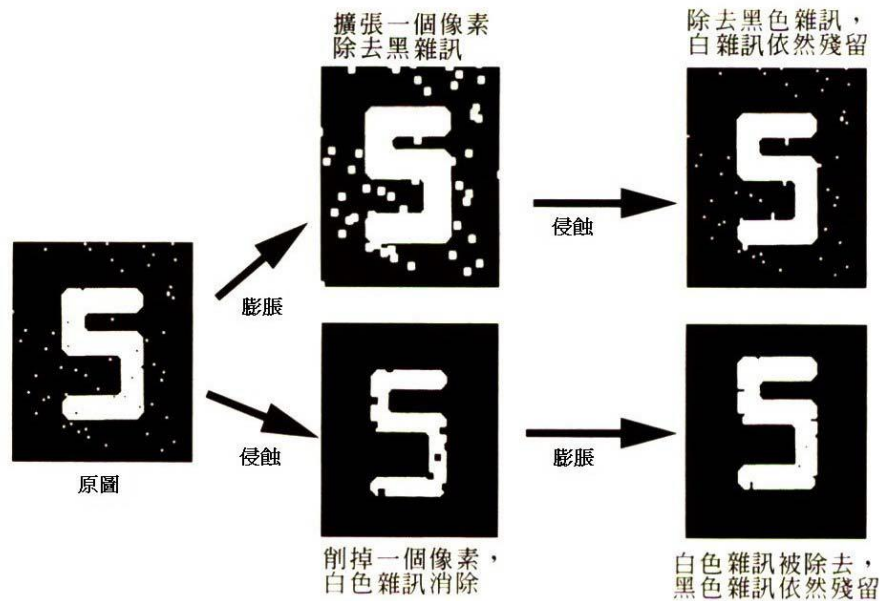


圖 3-7 型態運算處理示意圖

在本系統中，移動車輛處理過後的二值化影像做 1 次連續的膨脹處理之後在做 2 次的侵蝕處理來恢復物體外觀。其目的是為了將目標區域中的破碎邊緣和物體中間破碎的區塊連接起來，接著以侵蝕處理將變大的移動車輛恢復原貌。同時改善了移動區域部份邊緣破碎與影像空洞的情形產生。

3.7 雜訊濾除

通常影像易受到外在因素影響導致影像產生雜訊，造成雜訊產生原因有下列幾項原因：光害、陰影、感測器元件故障及電子元件接觸不良而產生雜訊，有關任何影像處理研究當中，雜訊濾除是在研究中必要之方法，故所以在本系統做法為增強影像訊號前，先移除影像中雜訊。通常在影像處理當中，最常被用來剔除影像雜訊的方法即為中值濾波。所謂中值濾波，是以一個 $n \times n$ 的遮罩，在影像中游移，求得某個像素周圍區域的像素，將其排序後，以排序後的中間值取代原影像中遮罩的中間值的過程。

四、偵測壅塞分析器軟體實現

期先初始化的工作完成後，設定一張可視範圍中做為靜態背景當成參考影像時，以設定完成偵測區域矩陣 4 個點所構成，分別為 $A = (X_1, Y_1)$ 、 $B = (X_2, Y_2)$ 、 $C = (X_3, Y_3)$ 及 $D = (X_4, Y_4)$ 。

本系統藉由物體追蹤之基於活動輪廓的追蹤法，將移動物體以輪廓線 (contour) 來表示，並賦予輪廓線影像空間的特性，如影像邊緣、形狀及面積等，再利用每張影像的資訊作輪廓的更新，運算在偵測區域空間密度。由於此方法只關心物體的輪廓而不理會其餘的特徵資訊，因此在運算複雜度上並不會帶給系統上過多的負載。

攝影機將透過監視影像中開始執行所設定之偵測區域範圍進行識別，如圖 4-1 所示，偵測區域範圍進行判別，如空間密度之準確率達到 85%，壅塞率(%) 在每分鐘達 70%，連續達 3 分鐘，即將壅塞資料傳送至車輛壅塞處理介面，同時傳送至預估旅行時間模擬軟體，運算出口匝道車輛駛離所需之旅行時間預估及資訊發布。



(a) 設定靜態背景及設定偵測區域；(b) 偵測區域內之影像空間密度(%)

圖 4-1 可視監視範圍中偵測區內之影像空間密度(%)示意圖