

109-109-5485
MOTC-IOT-108-IEB011

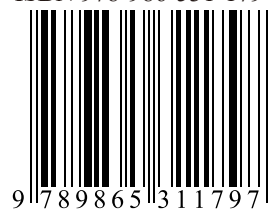
應用人工智慧(AI)影像辨識技術 進行交通數據蒐集與分析之研究



交通部運輸研究所

中華民國 109 年 8 月

ISBN 978-986-531-179-7



GPN : 1010901102

定價 280 元

109-109-5485

MOTC-IOT-108-IEB011

應用人工智慧(AI)影像辨識技術 進行交通數據蒐集與分析之研究

著者：林良泰、蘇昭銘、曾明德、劉 霈、王晉元、吳沛儒、
黃啟倡、郭松庭、莊智仁、倪文哲、卓奕志、陳怡君、
沈志弘、呂宗翰、林孟潔、郭思漢、蕭昱書、白家綾、
林冠融、張國彬、呂治國、康哲源、林彥宇、鍾俊魁、
吳奇峰、吳東凌、樓軒宇

交通部運輸研究所

中華民國 109 年 8 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

應用人工智慧(AI)影像辨識技術進行交通數據蒐集
與分析之研究 / 林良泰等著. -- 初版. -- 臺北
市：交通部運研所，民 109.8
面；公分
ISBN 978-986-531-179-7 (平裝)

1. 交通管理 2. 人工智慧

557

109011323

應用人工智慧(AI)影像辨識技術進行交通數據蒐集與分析之研究

著者：林良泰、蘇昭銘、曾明德、劉 霈、王晉元、吳沛儒、黃啟倡、
郭松庭、莊智仁、倪文哲、卓奕志、陳怡君、沈志弘、呂宗翰、
林孟潔、郭思漢、蕭昱書、白家綾、林冠融、張國彬、呂治國、
康哲源、林彥宇、鍾俊魁、吳奇峰、吳東凌、樓軒宇

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>數位典藏>本所出版品)

電 話：(02)2349-6789

出版年月：中華民國 109 年 8 月

印 刷 者：承亞興圖文印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 53 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：280 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市區中山路 6 號・電話：(04)2226-0330

GPN：1010901102 ISBN：978-986-531-179-7 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所
書面授權。

交通部運輸研究所合作研究出版品摘要表

出版品名稱：應用人工智慧(AI)影像辨識技術進行交通數據蒐集與分析之研究			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-179-7 (平裝)	政府出版品統一編號 1010901102	運輸研究所出版品編號 109-109-5485	計畫編號 108-IEB011
本所主辦單位：運輸資訊組 主管：吳東凌 計畫主持人：吳東凌 研究人員：樓軒宇 聯絡電話：(02)23496883 傳真號碼：(02)25450426	合作研究單位：逢甲大學 計畫主持人：林良泰 研究人員：蘇昭銘、曾明德、劉 霈、王晉元 吳沛儒、黃啟倡、郭松庭、莊智仁 倪文哲、卓奕志、陳怡君、沈志弘 呂宗翰、林孟潔、郭思漢、蕭昱書 白家綾、林冠融、張國彬、呂治國 康哲源、林彥宇、鍾俊魁、吳奇峰 地址：臺中市西屯區文華路 100 號 聯絡電話：(04)24517250#6642		研究期間 自 108 年 5 月 至 109 年 3 月
關鍵詞：AI 影像偵測技術；觸動號誌控制；交通資訊整合系統			
摘要： 都市蓬勃發展，連帶影響都市交通惡化，為有效改善都市交通問題，則須有效蒐集都市交通數據資料。若採用傳統車輛偵測設備蒐集資料，難以即時反映道路即時之細部運作狀況，並且須以人工方式進行比對，才能針對交通狀況進行處理，緩不濟急。AI 影像辨識技術逐漸成熟，透過深度學習之影像辨識方法，相較傳統偵測設備可蒐集更多交通特性資料外，亦可以運用所蒐集之資料，以人工智慧進行智慧交通管理。 本研究首先依據常態性、臨時性車流調查作業狀況，研擬路口與路段之 AI 影像辨識技術及設備，以有效地蒐集道路交通特性資料；進而，嘗試將 AI 影像辨識數據進行號誌化路口動態控制，以期車流運行更有效率；最後，導入資訊儀表板設計規劃，提供交通主管機關掌握路口、路段交通特性資料及號誌調整前後績效，以使交通主管機關對於交通改善更能對症下藥；此外，本研究亦針對桃園機場研擬航廈週邊車輛違停及旅客通過安檢通道之時間偵測，偵測數據可提供管理單位參考。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
109 年 8 月	236	280	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
備註：1. 本研究之結論與建議不代表交通部之意見。 2. 本研究係使用交通部經費辦理。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: The Study of Applying the AI Image Recognition Technology in Traffic Data Collection and Analysis			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-531-179-7(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010901102	IOT SERIAL NUMBER 109-109-5485	PROJECT NUMBER 108-IEB011
DIVISION: Information Systems Division DIVISION DIRECTOR: Tong-Lin Wu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tong-Lin Wu PROJECT STAFF: Shiuan-Yu Lou PHONE: 886-2-23496883 FAX: 886-2-25450426			PROJECT PERIOD FROM May 2019 TO March 2020
RESEARCH AGENCY: Feng Chia University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Liang-Tay Lin PROJECT STAFF: Jau-Ming Su, Ming-Te Tseng, Pei Liu, Jin-Yuan Wang, Pei-Ju Wu, Chi-Chang Huang, Sung-Ting Kuo, Chih-jen Chuang, Wen-Che Ni, Yi-Chih Cho, Yi-Chun Chen, Chih-Hung Shen, Zong-Han Lyu, Meng-Chieh Lin, Tzu-Han Kuo, Yu-Shu Hsiao, Chia-Ling Pai, Kuan-Jung Lin, Chang Timothy, Lu Mark, Kang Jerry, Lin Steven, Jung Jk, Wu Wesley ADDRESS: No. 100, Wenhwa Rd., Seatwen, Taichung, Taiwan 40724, R.O.C. PHONE: (04)24517250#6642			
KEY WORDS: AI Image Detection Technology; Actuated Signal Control; Traffic Information Integration System			
ABSTRACT: The vigorous development of the city will affect the deterioration of city traffic. In order to effectively improve the city traffic problem, it is necessary to effectively collect city traffic data. If the traditional vehicle detection equipment is used to collect data, it is difficult to reflect the real-time detailed operation status of the road immediately, and it must be compared manually to deal with the traffic situation, slow actions often cannot solve a critical situation. AI image recognition technology is gradually mature, not only it can collect more traffic characteristics data than the traditional detection equipment, it can also use the collected data to perform intelligent traffic management with artificial intelligence through the image recognition method of deep learning. This Study is first to investigate and plan for the AI image recognition technology and equipment for intersections and road sections based on the normal and temporary traffic flow survey operation conditions, to effectively collect the road traffic characteristics data; and then attempt to conduct traffic signal dynamic control at the intersections with the AI image recognition data, expecting the traffic flow can be more efficiently; finally, introduce the information dashboard design and planning to provide the traffic competent authorities to control the traffic characteristics at the intersections and road sections as well as the performance before and after the signal adjustment, so that the traffic competent authorities can take the correct actions to solve the problem on traffic improvement; in addition, this Study also aims at Taoyuan Airport to investigate the plan for detection of vehicle parking violations around the terminal and time detection of passengers passing through the security check points. The detection data can provide the references for the Management Units			
DATE OF PUBLICATION August 2020		NUMBER OF PAGES 236	PRICE 280
1. The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications. 2. The budget of this research project is contributed by MOTC.			

目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景與重要性.....	1
1.2 研究目的	1
1.3 研究範圍與對象	2
1.4 研究內容與工作項目	2
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 AI 影像偵測技術	5
2.2 AI 影像技術在交通管理之應用	12
2.3 AI 與高速運算(HPC)技術未來於交通領域之探討	16
2.4 觸動號誌控制	20
2.4.1 即時性交通控制模式	20
2.4.2 平衡路徑紓解時間模式	21
2.5 綜合探討	26
第三章 AI 影像偵測設備之設計與測試.....	29
3.1 AI 影像偵測技術	29
3.1.1 AI 影像偵測技術應用於交通參數偵測邏輯建構	29
3.1.2 AI 影像偵測技術應用於交通參數偵測成果	33
3.1.3 AI 影像偵測設備規格說明與架設建議	42
3.2 臨時性偵測設備	49
3.2.1 設計構想	49
3.2.2 設備建置成果.....	51
3.2.3 設備使用教學.....	57
3.3 車輛偵測設備綜合比較.....	57
第四章 AI 影像辨識數據於路口號誌設計之應用	59

4.1 場域與執行歷程說明.....	59
4.2 交通特性資料調查計畫.....	62
4.2.1 設備偵測布設規劃.....	62
4.2.2 交通數據偵測規劃.....	70
4.3 區域動態控制測試規劃.....	72
4.3.1 測試目標.....	72
4.3.2 測試範圍規劃.....	72
4.3.3 號誌控制模式評估說明.....	75
4.3.4 測試程序說明.....	76
4.4 區域動態控制.....	81
4.4.1 區域路網問題分析.....	81
4.4.2 動態控制設計(優規於半觸動控制).....	82
4.4.2.2 路網時制設計評估.....	83
4.4.2.3 偵測設備應用規劃及汰換號誌控制器.....	94
4.4.2.4 動態控制策略.....	96
4.4.2.5 動態號誌控制門檻值設計邏輯.....	99
4.4.3 動態控制系統.....	100
4.4.4 號誌動態控制系統實測.....	103
4.4.5 績效評估.....	108
4.4.5.1 評估方法.....	108
4.4.5.2 改善前後績效分析.....	109
4.4.5.3 小結.....	114
4.4.6 偵測器通訊協定規劃.....	115
4.5 儀表板規劃.....	120
第五章 AI 影像辨識數據於桃園機場之應用.....	137
5.1 桃園機場偵測規劃與執行歷程說明.....	137

5.1.1 桃園機場第二航廈入境臨停區偵測規劃	140
5.1.2 桃園機場第二航廈安檢區偵測規劃	141
5.2 資料調查計畫	141
5.2.1 設備偵測架設規劃	141
5.2.2 數據偵測規劃	144
5.2.3 設備安裝與測試	145
5.3 桃園機場監控平臺	145
5.3.1 儀錶板(首頁)	145
5.3.2 報表輸出	152
5.3.3 系統管理	153
第六章 其他工作項目	155
6.1 伺服器建置規劃	155
6.2 教育訓練及成果推廣活動	157
6.2.1 教育訓練規劃	157
6.2.2 推廣行銷規劃	157
6.3 重要成果資料	159
第七章 結論與建議	163
7.1 結論	163
7.2 建議	164
參考資料	167
附錄一、期中審查意見回復表	173
附錄二、期末審查意見回復表	197
附錄三、出國報告	213
附錄四、權利宣告	229

圖目錄

圖 2.1.1 卷積神經網路示意圖(Krizhevsky et al., 2012).....	6
圖 2.1.2 整流線性函數示意圖(Kaggle, 2018).....	6
圖 2.1.3 R-CNN 結構示意圖(Girshick et al., 2016).....	8
圖 2.1.4 支援向量機(SVM)示意圖(Java crumbs, 2016).....	9
圖 2.1.5 SSD 結構示意圖(Liu et al., 2016).....	10
圖 2.1.6 SSD 技術偵測判斷說明圖(Liu et al., 2016)	11
圖 2.1.7 物件影像像素遮罩示意圖(He et al., 2017)	11
圖 2.1.8 Mask-RCNN 網路結構示意圖(He et al., 2017)	12
圖 2.2.1 交通事件之影像辨識模式.....	16
圖 2.3.1 HPC 之示意圖(TechNews, 2019).....	17
圖 2.3.2 運算之演進(TechNews, 2019)	17
圖 2.3.3 HPC 叢集上執行 AI 的架構(Intel, 2019).....	18
圖 2.3.4 視覺化之交通模擬 (Janczykowski et al., 2019).....	19
圖 2.4.1 觸動控制路網圖(林一平等, 2014).....	20
圖 2.4.2 偵測器偵測車輛停等狀況示意圖(林一平等, 2014).....	21
圖 2.4.3 車輛狀態與衝擊波之關係示意圖(林一平等, 2014).....	22
圖 2.4.4 群組路口偵測衝擊波示意圖(林一平等, 2014)	22
圖 2.4.5 群組路口偵測衝擊波示意圖(林一平等, 2014)	23
圖 2.4.6 藉由衝擊波計算所需綠燈增減時間示意圖(林一平等, 2014).	25
圖 3.1.1 路段交通量及佔有率偵測區示意圖	29
圖 3.1.2 路口轉向交通量偵測區示意圖	30
圖 3.1.3 轉向交通量示意圖	30
圖 3.1.4 穿越路口行人流量偵測區示意圖	31
圖 3.1.5 車輛停等長度、停等百分比、平均停等延滯偵測區示意圖.....	32
圖 3.1.6 特種車輛嵌入式分類器辨識示意圖(蘇昭銘, 2019)	32

圖 3.1.7 轉向交通量偵測劃設規劃.....	34
圖 3.1.8 車輛搶快左轉遭大型車遮蔽致使無法判別.....	34
圖 3.1.9 追蹤偵測模式車輛追蹤連續畫面圖	36
圖 3.1.10 追蹤偵測模式偵測實景圖	36
圖 3.1.11 追蹤偵測模式偵測範圍圖	37
圖 3.1.12 機踏車遭大型車遮蔽現象.....	38
圖 3.1.13 偵測設備正向偵測路段車流量	38
圖 3.1.14 偵測線劃設方式	39
圖 3.1.15 車速偵測異常探討	40
圖 3.1.16 車速偵測畫面	40
圖 3.1.17 情境 1-燈光明亮但人流少之偵測狀況	42
圖 3.1.18 情境 2-燈光明亮但人流擁擠之偵測畫面	42
圖 3.1.19 情境 3-燈光昏暗偵測畫面	42
圖 3.1.20 本研究偵測設備連接架構.....	45
圖 3.1.21 本研究偵測設備箱體內裝置狀況	46
圖 3.1.22 攝影機建議裝設位置與拍攝狀況	47
圖 3.1.23 攝影機未於建議位置裝設圖及拍攝狀況.....	47
圖 3.1.24 攝影機拍攝路口時之可能偵測範圍(實際仍視現場狀況).....	48
圖 3.1.25 攝影機拍攝路段之可能偵測範圍(實際仍視現場狀況).....	49
圖 3.2.1 臨時性設備規劃	50
圖 3.2.2 臨時性設備平面圖	51
圖 3.2.3 臨時性偵測設備規格	51
圖 3.2.4 臨時性設備實體外觀	53
圖 3.2.5 臨時性設備攝影機固定桿裝卸操作	54
圖 3.2.6 臨時性設備隨機螢幕畫面顯示	55
圖 3.2.7 臨時性設備人流偵測即時影像輸出	56

圖 3.2.8 臨時性設備現場展示成果.....	56
圖 3.2.9 臨時性設備教學照片紀錄.....	57
圖 4.2.1 台 74 線太平匝道下午尖峰時段回堵情形.....	63
圖 4.2.2 太平匝道周邊 AI 影像辨識偵測設備偵測項目與布設規劃	63
圖 4.2.3 樂業路與喬城三街口(紅 1)偵測設備架設位置與畫面.....	64
圖 4.2.4 環中東路四段與樂業路口(紅 2、3、5、7) 偵測設備架設位置與畫面	64
圖 4.2.5 環中東路四段與東平橋路口(紅 4、6)偵測設備架設位置與畫面	65
圖 4.2.6 東平橋與祥順路口(藍 1、3)偵測設備架設位置與畫面.....	65
圖 4.2.7 太平匝道出口與平面道路匯流處(藍 2)偵測設備架設位置與畫面	65
圖 4.2.8 東平橋與祥順路口(藍 4、5、6)偵測設備架設位置與畫面	66
圖 4.2.9 環中東路四段與祥順路口(綠 1、2)偵測設備架設位置與畫面	66
圖 4.2.10 東平路與東平路 777 巷路口(紫 1~4)偵測設備架設位置與畫面	67
圖 4.2.11 東平路與東平路 777 巷路口(橘 1~4)偵測設備架設位置與畫面	68
圖 4.2.12 台 74 線西向太平匝道前沿線(黑 1、2)偵測設備架設位置與畫面	69
圖 4.2.13 應用 e-Tag 於旅行時間偵測說明	69
圖 4.3.1 動態控制路網圖	72
圖 4.3.2 路網控制規劃	73
圖 4.3.3 「樂業-環中」上下午尖峰轉向資料.....	74
圖 4.3.4 「東平-祥順」上下午尖峰轉向資料.....	74
圖 4.3.5 範圍路網路段長度統整.....	75
圖 4.3.6 測試計畫運作流程圖	76
圖 4.3.7 關鍵路徑設計圖	78
圖 4.3.8 時空圖示意	79
圖 4.3.9 動態策略示意圖	80

圖 4.4.1 下匝道壅塞情形(改善前).....	81
圖 4.4.2 關鍵路徑.....	82
圖 4.4.3 時制計畫設計流程圖	83
圖 4.4.4 「樂業-環中」上下午尖峰轉向量.....	84
圖 4.4.5 「東平-祥順」上下午尖峰轉向量.....	84
圖 4.4.6 現況時制時空圖	85
圖 4.4.7 時相調整後時空圖	86
圖 4.4.8 PaSO 東平橋路網	86
圖 4.4.9 TSIS 東平橋路網.....	87
圖 4.4.10 東平橋路網空拍下匝道壅塞回堵	87
圖 4.4.11 PaSO 績效空間定義	88
圖 4.4.12 動態時制計畫時空圖示意.....	92
圖 4.4.13 TSIS 績效空間範圍	93
圖 4.4.14 偵測器應用規劃	95
圖 4.4.15 號誌控制器更新位置圖.....	95
圖 4.4.16 關鍵路徑壅塞區域	96
圖 4.4.17 控制策略-匝道壅塞	97
圖 4.4.18 控制策略-匝道車多	98
圖 4.4.19 控制策略-基礎時制	98
圖 4.4.20 控制策略-平面車多	98
圖 4.4.21 控制策略-平面壅塞	98
圖 4.4.22 旅行時間門檻設計示意圖.....	99
圖 4.4.23 平均延滯.....	100
圖 4.4.24 整體系統架構圖	101
圖 4.4.25 動態控制運作儀表板	102
圖 4.4.26 動態控制實作流程	103

圖 4.4.27 儲車容量設計	104
圖 4.4.28 瓶頸路口溢流	105
圖 4.4.29 尖峰關鍵路徑壅塞情形	105
圖 4.4.30 關鍵路徑時比調整示意圖	106
圖 4.4.31 下游車輛溢流狀況	106
圖 4.4.32 旅行時間(週四晨峰)-下匝道路徑	110
圖 4.4.33 旅行時間(週一昏峰)-下匝道路徑	110
圖 4.4.34 旅行時間(週二昏峰)-下匝道路徑	111
圖 4.4.35 旅行時間(週五昏峰)-下匝道路徑	111
圖 4.4.36 平均速度(平日)-下匝道路徑	112
圖 4.4.37 車流紓解情形(週五)-平面道路	113
圖 4.4.38 東平路往市區總延滯(週二)-平面道路	113
圖 4.4.39 偵測設備位置調整	114
圖 4.5.1 AI 交通管理儀表板系統_功能架構圖	121
圖 4.5.2 AI 交通管理儀表板系統_登入畫面	121
圖 4.5.3 AI 交通管理儀表板系統_進入「帳號管理」頁面	122
圖 4.5.4 AI 交通管理儀表板系統_帳號管理_初始畫面	122
圖 4.5.5 AI 交通管理儀表板系統_帳號管理_新增帳號	123
圖 4.5.6 AI 交通管理儀表板系統_帳號管理_新增帳號(2)	123
圖 4.5.7 AI 交通管理儀表板系統_帳號管理_編輯帳號	124
圖 4.5.8 AI 交通管理儀表板系統_帳號管理_刪除帳號	124
圖 4.5.9 AI 交通管理儀表板系統_進版預設畫面	125
圖 4.5.10 AI 交通管理儀表板系統_偵測後產出事件警示資訊	125
圖 4.5.11 AI 交通管理儀表板_現行設備監控畫面初始畫面	127
圖 4.5.12 AI 交通管理儀表板_現行設備監控畫面_選定某一設備	128
圖 4.5.13 AI 交通管理儀表板_即時流量速度變化_地圖顯示	128

圖 4.5.14 AI 交通管理儀表板_即時流量速度變化_列表顯示	129
圖 4.5.15 AI 交通管理儀表板_系統運作妥善率_條件選取	131
圖 4.5.16 AI 交通管理儀表板_系統運作妥善率_列表顯示	131
圖 4.5.17 AI 交通管理儀表板_系統運作妥善率_地圖顯示	132
圖 4.5.18 AI 交通管理儀表板_事件列表_列表顯示	133
圖 4.5.19 AI 交通管理儀表板_事件列表_地圖顯示	133
圖 4.5.20 AI 交通管理儀表板_事件列表_路口溢流偵測照片(白天)	134
圖 4.5.21 AI 交通管理儀表板_事件列表_路口溢流偵測照片(晚上)	134
圖 4.5.22 AI 交通管理儀表板_系統相關統計報表_初始畫面	135
圖 4.5.23 AI 交通管理儀表板_系統相關統計報表_平均車速績效表	135
圖 4.5.24 AI 交通管理儀表板_系統相關統計報表_旅行時間績效表	136
圖 5.1.1 桃園機場第二航廈臨停區 AI 影像偵測設備裝設示意圖	141
圖 5.2.1 入境臨停區 AI 影像辨識偵測設備布設規劃(1)	142
圖 5.2.2 入境臨停區 AI 影像辨識偵測設備布設規劃(2)	142
圖 5.2.3 入境臨停區 AI 影像辨識偵測設備偵測畫面	143
圖 5.2.4 安檢區 AI 影像辨識偵測設備偵測畫面	144
圖 5.3.1 桃園機場監控平臺系統架構圖	145
圖 5.3.2 桃園機場入境臨停區儀錶板	146
圖 5.3.3 桃園機場安檢區儀錶板	146
圖 5.3.4 機場儀錶板入境臨停區即時事件數量	147
圖 5.3.5 機場儀錶板入境臨停區即時違規告警	148
圖 5.3.6 機場儀錶板入境臨停區即時黑名單告警	148
圖 5.3.7 機場儀錶板入境臨停區最近一小時違規數量比較	148
圖 5.3.8 機場儀錶板入境臨停區每日違規曲線圖	149
圖 5.3.9 機場儀錶板入境臨停區違規類型統計	149
圖 5.3.10 機場儀錶板入境臨停區出入口違規數	150

圖 5.3.11 機場儀錶板安檢區各通道即時進度.....	150
圖 5.3.12 機場儀錶板安檢區各通道安檢時間及人數統計	151
圖 5.3.13 機場儀錶板安檢區安檢時間分佈	151
圖 5.3.14 機場儀錶板安檢區通道比較.....	152
圖 5.3.15 機場儀錶板入境臨停區報表輸出介面	152
圖 5.3.16 機場儀錶板安檢區報表輸出介面	153
圖 5.3.17 桃園機場儀錶板帳號管理介面	154
圖 5.3.18 桃園機場儀錶板黑名單管理介面	154
圖 6.1.1 伺服器現場施工與設定.....	155
圖 6.3.1 新加坡參展海報.....	160
圖 6.3.2 新加坡參展攤位照片圖.....	160
圖 6.3.3 策勵營成果展示海報.....	161
圖 7.2.1 偵測設備位置調整.....	165
圖 1 參展海報.....	213
圖 2 現場攤位照片圖.....	214
圖 3 參展團隊合照.....	215
圖 4 參展解說紀錄.....	216
圖 5 日本 DENSO 辨識邏輯	217
圖 6 加拿大 Brisk Synergies 辨識畫面	218
圖 7 影像片段以可見方式追蹤高風險互動	220
圖 8 繪製數量和速度分佈圖，以分析衝突區域。	220
圖 9 通過數據類型（例如：數量、風險級別和速度）可視化熱點。 ..	221
圖 10 加拿大 Brisk Synergies 簡介	221
圖 11 新加坡 TUM CREATE Ltd.現場照片 1(來自官網)	222
圖 12 新加坡 TUM CREATE Ltd.現場照片 2.....	222
圖 13 日本 NEC 移動物件影像辨識流程.....	223

圖 14 日本 NEC 影像辨識種類(NEC 官方網站).....	224
圖 15 日本 NEC 交通參數辨識流程(NEC 官方網站).....	224
圖 16 日本 NEC 影像辨識流程(NEC 官方網站).....	225
圖 17 新加坡 SkyLab 現場照片	226
圖 18 華為機場儀表板照片	227
圖 19 奧地利 Intelematics Australia 照片	228
圖 20 奧地利 CISCO 儀表板照片	228

表目錄

表 3.1-1 各車種辨識邏輯說明表	33
表 3.1-2 轉向判斷依據.....	33
表 3.1-3 轉向交通量準確率驗證	34
表 3.1-4 追蹤偵測模式應用範疇	35
表 3.1-5 斜向拍攝之車種車流量準確率驗證	38
表 3.1-6 人流偵測模式說明	40
表 3.1-7 各情境偵測準確率與說明表.....	41
表 3.1-8 本研究所採用之 AI 影像偵測設備硬體規格表	43
表 3.1-9 本研究所採用之攝影機規格表.....	44
表 3.1-10 偵測設備架構說明	45
表 3.1-11 裝設位置與可偵測之交通參數關聯表	48
表 3.2-1 機殼與電池規格表	53
表 3.3-1 主要偵測設備比較表	58
表 4.1-1 太平匝道周邊道路偵測與控制規劃執行歷程	59
表 4.2-1 偵測設備細部布設及偵測規劃表.....	71
表 4.4-1 PaSO 擬定時制計畫內容(樂業-環中).....	88
表 4.4-2 PaSO 擬定時制計畫內容(東平-祥順).....	88
表 4.4-3 PaSO 擬定時制績效結果- Residual Queue	89
表 4.4-4 PaSO 擬定時制績效結果- OverflowDelay(左轉).....	89
表 4.4-5 PaSO 擬定時制績效結果- OverflowDelay(直行).....	89
表 4.4-6 PaSO 擬定時制績效結果- OverflowDelay(右轉).....	90
表 4.4-7 PaSO 擬定時制績效結果- OverflowDelay(左直右加總).....	90
表 4.4-8 動態上限時制計畫內容(樂業-環中).....	91
表 4.4-9 動態上限時制計畫內容(東平-祥順).....	91
表 4.4-10 TSIS 事前事後(PaSO 時制)績效模擬評估	93

表 4.4-11 TSIS 事前事後(動態上限時制)績效模擬評估	94
表 4.4-12 動態控制策略	97
表 4.4-13 停等週期推估彙整表	99
表 4.4-14 時制計畫彙整表	107
表 4.4-15 事前事後績效蒐集時程規劃	109
表 4.4-16 事前事後績效彙整表	114
表 4.4-17 協定擴充列表	115
表 4.4-18 協定擴充-車輛偵測器訊息內容[6F H+4F H].....	115
表 4.4-19 協定擴充-車輛偵測器訊息內容[6F H+7F H].....	116
表 4.4-20 協定擴充-車輛偵測器訊息內容[6F H+F0 H].....	117
表 4.4-21 協定擴充-車輛偵測器訊息內容[6F H+05 H].....	118
表 4.4-22 協定擴充-車輛偵測器訊息內容[6F H+07 H].....	119
表 4.5.1 現行設備監控列表	126
表 4.5.2 22-HzXsE 環中東路四段與祥順路一段(東向)偵測速度紀錄(部分)	129
表 4.5.3 22-HzXsE 環中東路四段與祥順路一段(東向)偵測車速異常疑慮紀錄.....	129
表 5.1-1 桃園機場偵測規劃執行歷程	138
表 5.1-2 桃園機場公司交通特性資料蒐集需求彙整表	140
表 5.3-1 桃園機場監控平臺規劃權限表	153
表 6.1-1 系統硬體(伺服器)規格表	156
表 6.1-2 系統硬體(伺服器)設備劃分規劃	156
表 6.2-1 相關單位教學說明歷程	157
表 6.2-2 「AI 影像辨識技術」應用說明會議程	159
表 6.2-3 「實際應用案例臺中太平匝道周邊交通改善」成果發表會議程	159
表 6.2-4 「臨時性設備原理與使用」應用說明會議程	159

第一章 緒論

1.1 研究背景與重要性

隨著巨量資料時代來臨，資料分析所產生之成果已為諸多服務、技術帶來更好的創新；近年來隨著城市蓬勃發展，都市交通問題漸趨惡化，若能掌握交通之關鍵資料，將能做出更好的交通控制與管理措施，進而提升道路績效、降低交通壅塞對於我國經濟發展所產生之外部成本。為利掌握道路狀況以利即時應變提升交通順暢度，政府機關已於各主要道路路口、路段布設諸多車輛偵測器(Vehicle Detector, VD)，以利掌握車流量、佔有率以及車種與時間平均速率等。然而，僅蒐集上述資料並無法即時反應道路即時之細部狀況，如偵測器掌握道路段速率明顯下降，仍需再透過人工方式即時比對 CCTV 判別發生原因，這也使得道路狀況應變不夠即時，且徒增人力成本。

AI 影像辨識技術逐漸成熟，透過深度學習之影像辨識方法，除了可蒐集傳統的交通特性資料外，甚至可蒐集交通衝突、車輛轉向、特殊車種以及車輛延滯等相關資料；此外，運用影像辨識技術協助交通管理亦為世界趨勢，如加拿大公司 Miovision 即利用影像辨識技術協助政府進行交通管理；因此，無論做為我國交通管理、交通控制績效提升，亦或是使我國智慧運輸發展跟上世界潮流，均有十足之重要性。

1.2 研究目的

- 1.針對國外 AI 與高速運算(HPC)技術應用於交通領域之相關研究進行評析，探討未來 AI 在交通領域之發展研究趨勢，並針對我國道路交通特性資料調查技術進行優劣分析，探討未來發展趨勢。
- 2.應用 AI 影像辨識技術進行道路即時交通資訊蒐集，包含交通流量、行人流量、佔有率及延滯…等，並與路口號誌時制進行彙整，加以評估，進行動態控制，以使號誌時制符合實際需求，進而提升道路績效。
- 3.本研究計畫成果可做為未來交通主管機關推動 AI 智慧化路口之示範，除可做為交通主管機關將 AI 技術應用在交通數據蒐集與分析，並嘗試導入動態號誌控制以提升路口績效，預期除提升整體交通管理效能之外，更可做為我國未來 AI 技術研究開發之基礎。

1.3 研究範圍與對象

- 1.道路績效探討種類繁多，本研究以臺中市台 74 線太平匝道及其周邊道路做為主要研究範疇，探討雙十字型號誌化路口(含路段)，研提應用 AI 影像辨識進行交通特性資料調查計畫，並評估導入相關動態號誌調適，以提升道路績效，改善交通問題。
- 2.AI 偵測應用面向甚廣，本研究除應用 AI 影像辨識進行交通特性資料調查計畫外，亦將評估導入 AI 影像辨識，嘗試解決桃園機場面臨之問題，包含入境臨停區車輛違規停車與白牌車違規載客問題、安檢區人流偵測課題等。

1.4 研究內容與工作項目

本研究主要研究內容與工作項目可歸納為下列六大項：

- 1.文獻回顧與未來應用探討。
 - (1)國外 AI 與高速運算(HPC)文獻資料蒐集與回顧：針對國外 AI 與高速運算(HPC)技術應用於交通領域之相關文獻進行蒐集與評析，並針對我國現有道路交通特性資料調查技術進行優缺點比較分析與未來發展趨勢探討。
 - (2)AI 與高速運算(HPC)技術未來於交通領域應用之探討：將依據國內外相關案例回顧之綜整評析，結合本研究計畫之實驗成果，初步規劃 AI 影像偵測設備設置準則、經費預估，並評估 AI 與高速運算(HPC)技術應用於都市交通控制系統之可行性，研提後續應用技術於整體交通規劃管理之建議。
- 2.AI 影像辨識技術與相關設備。
 - (1)依據我國道路交通特性、天候評估並提出 AI 影像辨識技術與其相關設備，以利掌握各種情境，包含日、夜、雨天及起霧等各種情境下，辨識行人及各種車輛。
 - (2)以 AI 影像辨識技術與相關設備，針對路口或路段進行辨識與運算，並提供交控中心管理所需資料。
- 3.AI 影像辨識技術應用於道路交通特性資料蒐集與效益評估。
 - (1)常態性調查：於選定之雙十字型號誌化路口(含路段)，研提應用 AI 影像辨識進行交通特性資料調查計畫，進行所有路段與路口之交通特性資料蒐集與分析，並依據調查資料特性與管理需求，訂定路側設備(RSU)

與交通控制中心間的資料傳輸協定；最終，針對所有蒐集之資料進行基本統計分析，並以儀表板方式呈現，以利掌握調查區域之交通特性。

(2)臨時性調查：研擬於非常態調查之路口(或路段)進行臨時性交通數據蒐集、分析與視覺化呈現之規劃，使 AI 影像偵測設備可用於臨時性使用，並可快速裝卸、方便設定與調整，且可具備 12 小時獨立運作之電力。

4.應用 AI 影像辨識數據進行號誌化路口半觸動控制測試與效益評估：於選定之雙十字型號誌化路口進行號誌半觸動控制，並探討試驗前後之績效。

5.辦理教育訓練及成果推廣活動。

(1)針對計畫重要成果或執行過程，製作可供展示之海報或影片電子檔。

(2)依據工作項目研究實作內容，進行教育說明，包含 AI 技術講習、儀表板使用與臨時性調查作業等，使相關單位掌握原理與操作方式。

(3)辦理至少 2 場成果推廣活動，推展本研究計畫成果，以期激盪出更多想法。

(4)將本期研究成果投稿運輸計劃季刊、國內外學術討會。

(5)提供相關行政支援與技術服務經驗諮詢。

6.參加 2019 智慧運輸世界年會(新加坡)展示計畫研究成果。

第二章 文獻回顧

2.1 AI 影像偵測技術

AI 影像偵測技術常使用深度學習(Deep learning Neural Network, DNN)方法，深度學習本質為類神經網路架構，主要包含三大分析步驟(李宏毅, 2016)：

1. 建構類神經網路連結方式之函數集，在影像處理上，卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)的結構可獲得不錯的效果(李宏毅, 2016)。
2. 分析類神經網路之函數分析效果，此步驟強調須提供機器學習優劣的的衡量標準(李宏毅, 2016)。機器學習則可分為監督式(Unsupervised Learning)與非監督式(Supervised learning)機器學習，機器學習通常會將資料分成訓練資料、測試資料，同時考量整體正確學習效果(Wu et al., 2017)。
3. 探究最適宜之類神經網路函數，本步驟強調如何在函數集中找出最佳的參數組合，常見的學習方法包括「梯度下降法」(gradient descent)、「反向傳遞法」(backpropagation)等演算法(李宏毅, 2016)。

卷積神經網路是由一個或多個卷積層(convolutional layer)和最末端的全連接層(fully connected layer)所組成，同時也包括池化層(pooling layer)、激活函數層(activation function layer)和歸一化函數層(Softmax Layer)。

Krizhevsky et al.(2012)發表 CNN 模型只接受單一尺寸之圖片，影像資料預處理方式是預先將所有圖片裁切延伸為 256×256 像素圖片，透過輸入層轉置為矩陣資料再進行卷積，論文中指出其訓練資料為 1500 萬筆正確標記、劃分 22000 項類別之 ImageNet 數據圖庫，因數據資料過於龐大，Krizhevsky et al. (2012)採用兩張輝達(Nvidia)GTX 580 圖形顯示卡，並透過 SLI 技術串流進行平行運算。該篇論文在 ImageNet LSVRC-2012 視覺辨識大賽中以 top-5 error 僅有 15.3%佳績榮獲第一名(Krizhevsky et al., 2012)。卷積神經網路模型架構如圖 2.1.1 所示，主要包含輸入層、卷積層、激活函數層、池化層、全連接層、損失函數層，茲依序闡述如後。

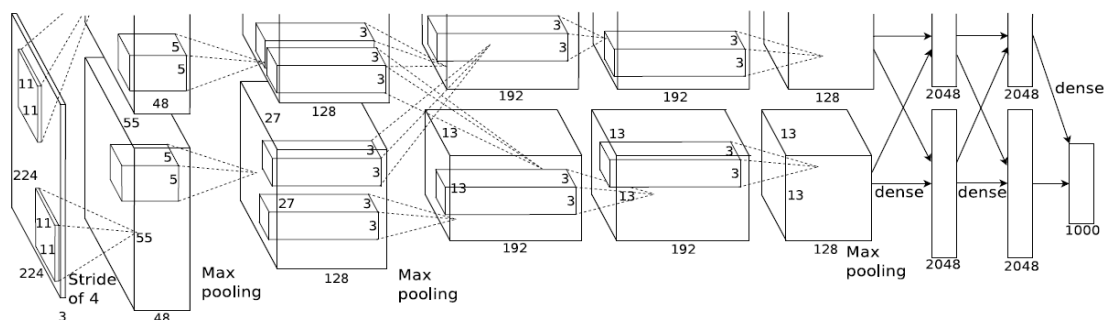


圖 2.1.1 卷積神經網路示意圖(Krizhevsky et al., 2012)

1.輸入層(Input layer)：輸入層為整個神經網路第一層，從輸入層開始，CNN 會將訓練資料以多維矩陣結構、多種通道方式(例如:灰階為單通道，RGB 彩色為三通道) 呈現，透過下層一系列卷積層掃描圖項特徵，並透過激活函數逐步收斂直到最後降為單維度之全連接層。

(1)卷積層(Convolutional layer)：卷積層為 CNN 中最重要之結構，亦可稱為過濾器(filter)，卷積層可將目前輸入資料中的特徵子節點轉化為下一層神經網路上的單位節點矩陣。過濾器大小(scale)及數量需透過超參數設定，通常為 3*3 單位節點或 5*5 單位節點，而過濾器權重則為機器隨機產生。經過卷積後之節點矩陣能更加深入分析特徵點，得到更高維度特徵，卷積層運算後矩陣大小收斂但深度增加，為避免網路過度依賴訓練權重，模型採用拋棄(DropOut)方式進行訓練。

(2)激活函數層(activation function layer)：CNN 慣於使用整流線性函數(Rectified Linear Units, ReLU)做為該神經網路之激活函數(activation function)，函數式為 $f(x)=\max(0,x)$ ，其示意如圖 2.1.2 所示，能夠消除特徵點雜訊(noise)、增強模型非線性特徵判定和加速神經網路收斂速度，可在不影響模型準確度前提下，提升神經網路之訓練速度(Kaggle, 2018)。

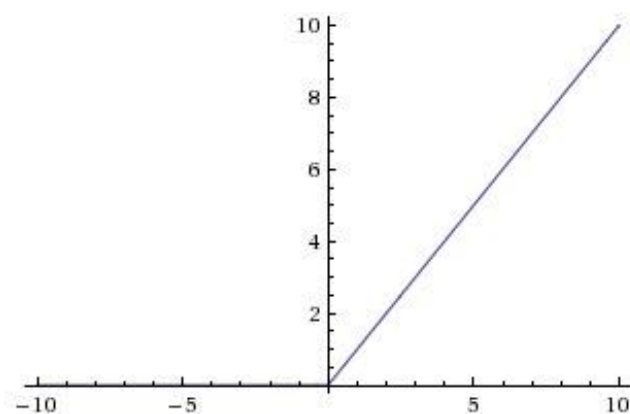


圖 2.1.2 整流線性函數示意圖(Kaggle, 2018)

(3)池化層(Pooling Layer)：池化(Pooling)為 CNN 之重要概念之一，卷積層之間會周期性地插入池化層，池化層會對每個輸入特徵分別作用，亦會不斷壓縮矩陣數據大小，在保留特徵同時降低卷積層矩陣計算量，提高網路運算效率。

(4)全連接層(Fully Connected Layer)：特徵經過卷積池化處理後，CNN 慣於末端置入全連接層將矩陣輸出，轉換為一維陣列，再輸入至損失函數層(Cost Function Layer)進行分類。

(5)損失函數層(Cost Function Layer)：損失函數層慣於運用交叉熵函數(Cross Entropy)與歸一化函數(Softmax)計算模型之預測值($\hat{y}$)和實際值(y)之差距，模型透過反向傳遞方式(Back Propagation)和隨機梯度下降法(Stochastic gradient descent)修正特徵點權重，提升準確率。不同損失函數適用不同導向，例如：K 項類別中各選出對應 y 值(K-means)，或多獨立群體之分類(Classification)問題。

卷積神經網路對於僅包含單一物件之輸入影像分類迅速且具高度準確度。然而對於具多項物件之輸入影像，CNN 亦能辨識出圖片中物體，最直觀的作法是運用 Sliding Windows 之概念，即以多種不同大小的過濾器，逐步檢測整張圖片，由於物體大小不可預知，過濾器需由小而大、由左至右、由上至下進行全圖偵測，僅僅針對單一項物件標記時，模型即需重複掃描及運算多次，若針對所有物件、類別進行辨識，將耗費大量運算資源、空間、訓練時間，無法做為實時影像辨識模型(Andrew Ng, 2017)。

以區域為基礎下之卷積神經網路(Region-based Convolutional Neural Network, CNN)是 CNN 延伸概念，其主要概念為避免 CNN 對所有區域重複進行運算，選擇性搜索演算法(Selective Search)，於影像中選擇性地提取出 2000 個可能包含物件、不同大小之區域，將其稱為候選區域(Region Proposal)，針對候選區域進行 CNN 運算，找出其包含物件，加速模型運行，其網路結構如圖 2.1.3(Girshick et al., 2016)。R-CNN 主要結構包含選定候選區域、卷積神經網路、支援向量機、候選區域回歸校正，茲就相關內容依序闡述如後。

R-CNN: Region-based Convolutional Network

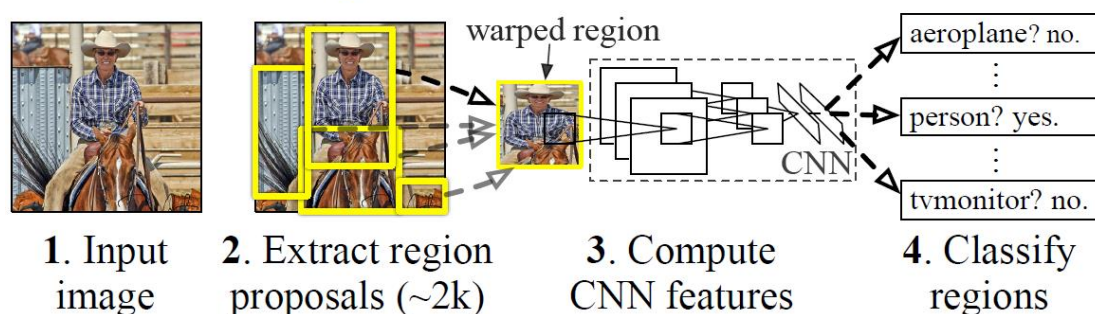


圖 2.1.3 R-CNN 結構示意圖(Girshick et al., 2016)

- (1)選定候選區域(Region proposal):候選區域(Region proposal)是透過選擇性搜索演算法(Selective Search)將單幀影像分割為約 2000 個可能包含物之不同大小之候選區域，所有透過演算法分割之區域，即稱為候選區域。
- (2)卷積神經網路:R-CNN 運用之 CNN 模型可透過輸入模型、演算法、結構進行搭建，例如:AlexNet、VGG、ResNet、GoogleNet 等，依據不同模型超參數輸入，模型運算速度及平均精度均值(Mean Average Precision, MAP)也略微不同，而模型僅針對 2000 塊候選區域進行特徵圖像，大幅地降低模型運算時間及耗費資源。
- (3)支援向量機(Support Vector Machine, SVM):支援向量機理論由 Hearst et al.於 1998 年提出，而 Girshick et al.表述其於 R-CNN 模型中作用為分化各維度之特徵點，將其特徵圖像映射至更高維度之空間進行運算，透過 SVM 進行物件與背景判別，將特徵資料與背景分割，單一特徵點維度為 4096，物件類別數目為 n 項，歸納而言 SVM 之運算維度為 $4096 \times n$ 維度，雖判別所需時間不容小覷，然而其預處理結果將做為後續候選框校正之輸入資料，可大幅度提升候選框準確率，SVM 示意如圖 2.1.4。

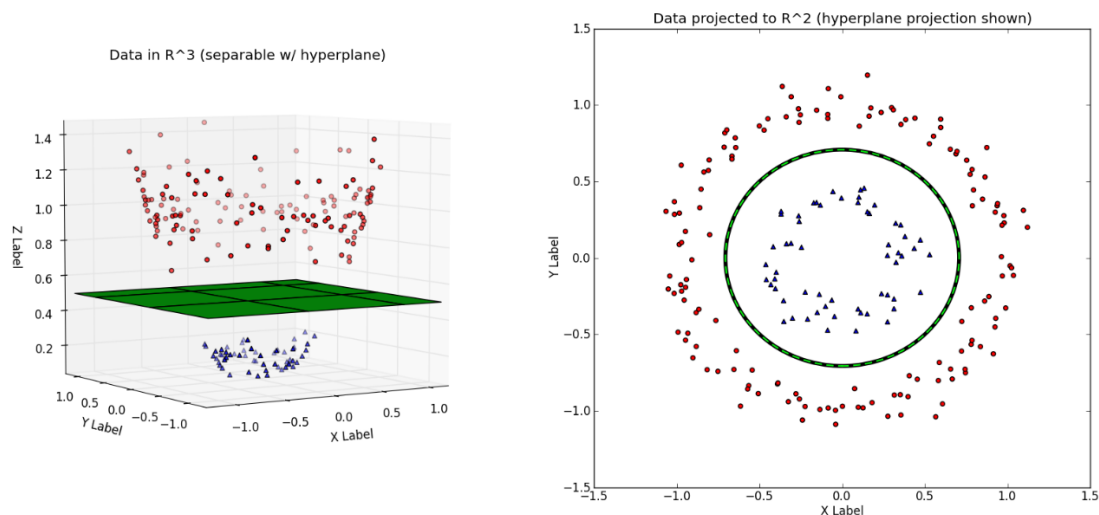


圖 2.1.4 支援向量機(SVM)示意圖(Java crumbs, 2016)

(4)候選區域回歸校正(Region Regression):即為使用線性回歸模型微調修正候選區域邊界框(bounding box)位置，其概念為分化候選區域為正樣本及負樣本，正樣本僅保留框選範圍內物件佔據大於 50%之區域，而負樣本則為框選範圍內物件小於 30%之區域做為背景樣本。如上述所言，回歸模型將會針對保留之正樣本區域進行合併或排除，若相鄰正樣本重疊，則根據其交錯比(Intersection-over-Union, IoU)為依據，每次合併相似度最高的兩個區域，直到整幀影像中單一物件僅有單一框選區域為止，例如:若交錯比(IoU)大於 0.5 時則將兩候選區域合併;若交錯比(IoU)小於 0.5 則將物件佔據程度較小之候選區域排除，其概念亦可稱為非極大值抑制(Non-Maximum Suppression, NMS)，為 Neubeck and Gool 於 2006 發表，而 Rothe et al.於 2015 提出透過單幀影像中多項候選區域窗格之間彼此傳遞訊息來進行物件偵測之非極大值抑制，加速模型運行。

R-CNN 在運作上缺點，主要包括：

- (1)訓練 R-CNN 模型仍需耗費大量時間，必須先為每幀影像選擇性分割出 2000 個候選區域，針對所有候選區域進行特徵提取，換言之，所有候選區域皆需經過 CNN 演算，至少需 2000 次。
- (2)由於每幀測試影像約需要 10 秒至 53 秒進行辨識，其辨識速度主要取決所用之圖像處理器(GPUs)及 CNN 模型，R-CNN 無法實行實時偵測(Real-time detection)。

(3)R-CNN 模型架構分三大部份，分別為特徵提取 CNN 模型、物件、背景判支援向量機(SVM)，及校正候選區域邊界框(bounding box)之線性回歸模型，較為不容易訓練。

(4)選擇性搜索算法(Selective Search)為固定式演算法，無法透過模型產生之權重及參數進行學習及調整，可能導致候選區域分割時，產生不良候選區域亦或雜訊(noise)。

單發多盒探測器(Single Shot MultiBox Detector, SSD)採用單一深度學習神經網路模型同時實現目標偵測和影像辨識，其模型架構圖如圖 2.1.5，該方法綜合「更快的 R-CNN(Faster R-CNN)」中「定錨盒(anchor box)」與「你只需要看一次(You Only Look Once, YOLO)」視覺辨識模型之單神經網路偵測模型理念，結合 Faster R-CNN 之辨識準確率及 YOLO 之辨識速度，以高準確率基礎下實現實時(Real-time)偵測(Liu et al., 2016)。

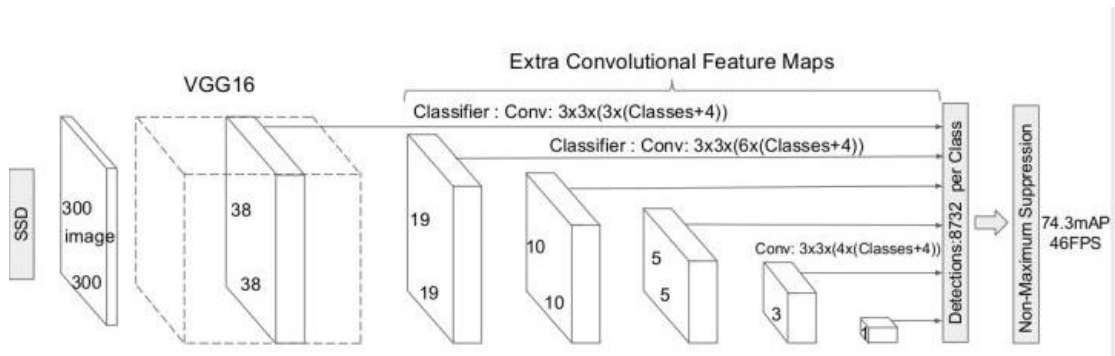


圖 2.1.5 SSD 結構示意圖(Liu et al., 2016)

在 300*300 之影像分辨率下，SSD 模型以 Pascal VOC2007 影像數據庫進行訓練偵測，取得 74.3%mAP、59 幀每秒(frame per second, fps)之佳績；而在 512*512 之影像分辨率下，使用相同數據庫進行訓練後取得成果為 80%mAP、19 幀每秒(frame per second, fps)，成功超越 Fast R-CNN，而與其他單一神經網路偵測器相比，對於小分辨率之輸入影像偵測準確率大幅上升(Liu et al., 2016)。

SSD 僅以單一 CNN 模型偵測圖象中所有物件，其中 CNN 採用網路結構為 VGG 網路(分為 16 層與 19 層兩種)，然而 Liu et al.(2016)僅採用其中 5 層網路做為 SSD 之主要卷積層，最後將 VGG 末端兩層全連接層改為兩層卷積層，並採用多種尺寸之特徵圖，包含 38×38、19×19、10×10、5×5、3×3、1×1 共 5 種特徵尺寸，因模型各層分辨率不同，SSD 透過統一使用相同大小(3×3)卷積核產生不同感受，於上層卷積層辨識小物件，依序辨識至末端卷積層，感受依序由大物件至小物件，如圖 2.1.6 所示(Liu et al., 2016)。

SSD 模型於每層卷積層特徵圖中，分別產生 8732 個預設框(default box)，預設框繼承 Faster R-CNN(Ren et al., 2015)定錨盒(anchor box)理論，卷積層產生不同大小(scale)、比例(aspect ratio)共 8732 個默認框(default box)，於最末端卷積層取出可能包含物件之框框，稱為先驗框(prior box)，最末端卷積層使用兩種卷積核，第一種生成默認框(default box)之四項坐標值(x, y, w, h)，(x, y)為默認框(default box)左上角座標點，(w, h)則為其寬度和高度;第二種卷積核計算先驗框(prior box)中 21 類別置信度(confidence)，用於輸出物件正確位置及類別(Liu et al., 2016)，Liu et al.將先驗框(prior box)和正確標記框(ground truth box，如圖 2.1.6 之(a))，依據 IOU(JaccardOverlap)進行匹配，產生正樣本(positive example)及負樣本(negative example)，而後針對正樣本(positive example)進行非極大值抑制(NMS) (Liu et al., 2016)。

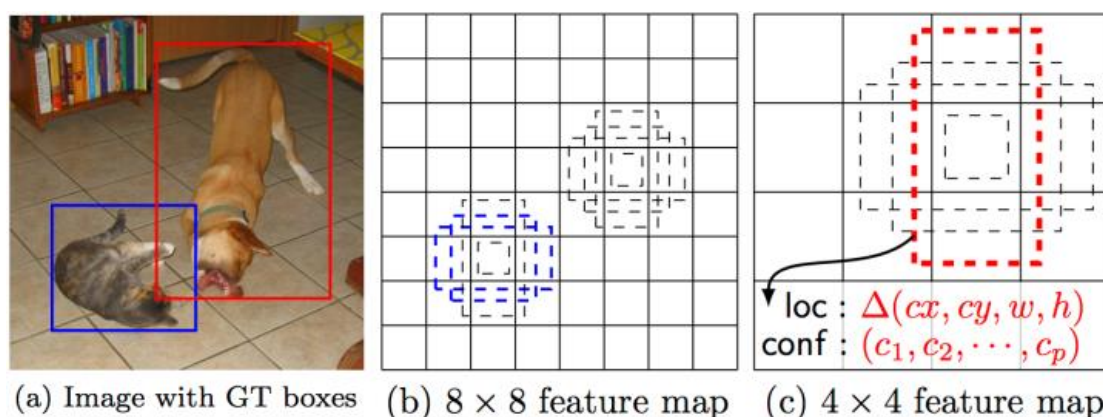


圖 2.1.6 SSD 技術偵測判斷說明圖(Liu et al., 2016)

前述幾項影像辨識模型皆用於尋找物件外圍之邊界框(bounding box)，其邊界框(bounding box)基本上皆為矩形，Mask R-CNN 則透過邊界框(bounding box)，以及色彩對物件像素進行遮罩，亦稱為影像分割 (Image segmentation)，如圖 2.1.7 所示(He et al., 2017)。



圖 2.1.7 物件影像像素遮罩示意圖(He et al., 2017)

有別於 CNN 網路，Mask R-CNN 使用全連接卷積神經網路(Fully Convolutional Network, FCN)，取代原有全連接神經網路，Mask R-CNN 主要概念源自於 Faster R-CNN，其改進原有運用臨近元素插值法之 RoIPooling 技術，提出使用雙線性差值法之 RoIAlign 技術取得 Region proposals，改善因色彩遮罩產生之偏移現象達到像素遮罩等級(Pixel-level)，再者全連接卷積神經網路(FCN)相較於 CNN 網路僅接受固定大小之輸入圖像之劣勢，能夠接受任何大小輸入圖片，其網路結構如圖 2.1.8 所示(He et al., 2017)。

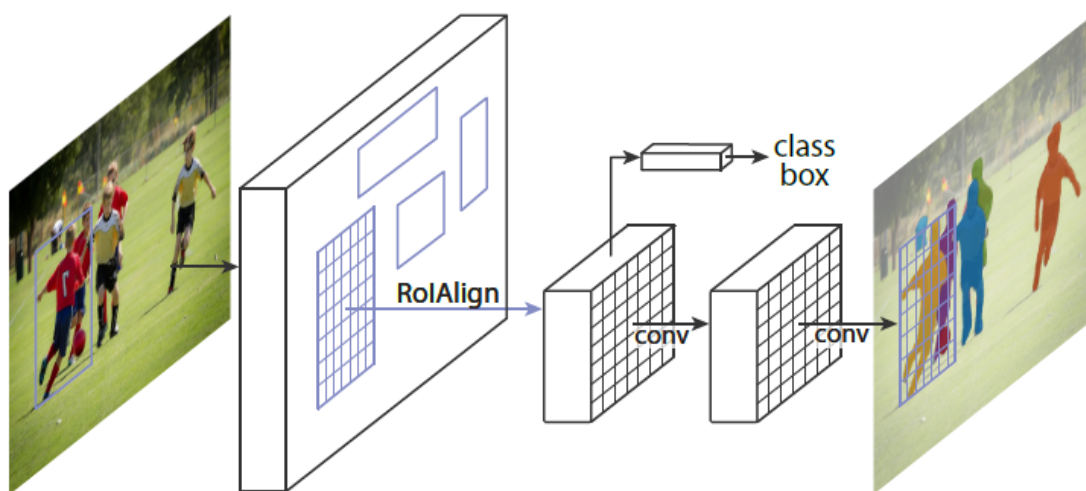


圖 2.1.8 Mask-RCNN 網路結構示意圖(He et al., 2017)

2.2 AI 影像技術在交通管理之應用

AI 影像技術在交通管理之應用方面，Son et al.(2015)指出隨著社會的發展、車輛數量增加，路況變得更加複雜，亦增加了事故的風險，迫切需要提供安全的車輛控制和各種類型的信息給駕駛員的服務。該研究設計並實施智能駕駛輔助系統的即時交通資訊系統和智能攝影設備。該研究團隊自行組裝了智能駕駛輔助系統所需之硬體設備，所選擇之智能駕駛輔助系統的商用設備，並應用電腦視覺演算法進行圖像識別。Son et al(2015)使用動態模糊法來執行處理動態區域。此外，該研究設計交通擁擠校估方法，根據車輛彼此間距、車速、鄰近車輛數等交通資訊預測交通壅塞，提出之方法可使用真實道路環境圖像進行評估(Son and Baek, 2015)。

Gindele(2016)在 datatonic 平臺中發表預測英國倫敦交通壅塞之文章，該研究蒐集倫敦 12,000 個車輛偵測設備中的 300 個設備資料，以 TensorFlow 平臺具長短期記憶(Long Short-Term Memory, LSTM)結構的遞迴神經網路(Recurrent Neural Network, RNN)進行倫敦市區交通量的預測，經利用 Tableau 視覺化軟體進行各向車流參數的呈現，發現具有良好的預

測效果。

GPU 大廠輝達 (NVIDIA) 開發者平臺 (Nvidia Developer) 中，Mohammad(2017)指出美國愛荷華州立大學(Iowa State University)運用深度學習技術協助愛荷華州交通局建構大數據創新之交通事故管理系統 (TIMELI, Traffic Incident Management Enabled by Large-data Innovations)進行交通事故的偵測和事故管理的決策，以降低事故所產生之交通衝擊，該研究係以輝達公司的 TITAN X GPUs 和 Google 公司發展的 TensorFlow 平臺為深度學習之基礎，該系統已大幅縮短事故之應變時間，對於交通安全之提升有明顯之幫助。

詹富翔等人(2017)透過行車紀錄器偵測交通事件，主要是分析不同碰撞事故。以動態空間注意力 (DSA) 循環神經網絡 (RNN) 架構分析行車紀錄影片中的事故，以 DSA-RNN 學習動態地將軟注意 (soft-attention) 分發到候選物件。影像分為三類:快速移動(綠色圖層中路面標線)、中速移動(紅色圖層中道路場景)及標記之車輛(紅框為車輛標記，黃框為警示之車輛標記)，模擬提示出所有的時間相依性，以強健性地預測事故，研究以手動方式標記事故的時間位置，透過監督式學習來訓練和評估方法手動標記之 678 個行車紀錄事故影片中的碰撞影像(皆為高畫質 720p 分辨率)中有 58 部影片僅用於訓練物件偵測，剩下的 620 部影片中，分成 620 有事故的片段和 1130 個無事故的片段(其中每個片段由 100 幀組成，有事故的片段最後 10 幀含有事故，無事故之片段不包含任何意外)。宣告變數 X_t 為第 t 幀的觀測值，其中 t 為影片中的總幀數以變數 Y_j 為事故之標籤， Y_j 標籤內容為有事故、無事故兩項(詹富翔等人，2017)。

Xu 等人(2017a)研究中擴展了低空無人機用於汽車偵測的更快的 R-CNN 架構通過號誌交叉路口拍攝的圖像。更快的 R-CNN 可以實現更準確的汽車偵測，對光照變化和汽車的平面內旋轉非常穩定。另外，Faster R-CNN 的檢測速度對檢測負載，即一幀檢測到的車輛數量不敏感，因此，每幀的檢測速度幾乎是恆定的(Xu et al., 2017b)。

Waycare (2017)一家以色列創新公司，提供人工智慧(AI)技術整合與分析資料改善城市交通之諮詢，資訊內容包含：聯網車回傳資訊、道路感測器、監視器及交通號誌等，(Waycare, 2017)提出新一代自駕車每日產生資料量為 1 - 4TB，而交通管理中心每日僅能處理 20 - 50GB 的資料量，(Waycare, 2017)目前正在和 Las Vegas 高速公路巡警合作設置「Traffic Calming」，透過可變標誌系統警示駕駛人即將接近之危險(Waycare, 2017)。

一家英國城市設計諮詢公司利用電腦視覺技術打造一段智能人行道 - Smart Crossing，可以精準偵測周遭情境，並根據行人位置標記出人行道位置，並以動態變化的 LED 路面警示用路人，可以容納更多人潮，有效降低因行人穿越馬路造成的碰撞事故(Umbrellium, 2017)。

NVIDIA 在 Computex 2018 展公佈一系列與科技部的合作計畫，並在製造、醫療、安全、智慧運輸等領域進行投資(NVIDIA, 2017)。桃園市政府擬運用 NVIDIA DGX Station 超級電腦工作站進行模型訓練、透過 NVIDIA DRIVE PX 2 車用電腦進行演算，研發自動駕駛公車，改善交通事故與碳排放，目前已累積超過 3,000 人的運輸量，+十年內達到三成以上固定路線自駕公車佔有率(桃園市政府，2017)。

中國貴州省貴陽市的「天網」系統將臉孔登入嫌疑犯資料庫後，公安在人海中僅 7 分鐘就將其尋獲(Sudworth, 2017)。貴陽市市長陳晏表示貴陽在全市公共場所，架設了兩萬多個「天眼」，該公司聯合創辦人袁培江表示系統可繪製人在城市的移動軌跡，與大眾運輸系統的配合下可有效提升交通安全(科技新報，2018)。

USA Texas Austin 即德州先進計算中心(Texas Advanced Computing Center)、德州大學交通研究中心(The University of Texas Center for Transportation Research)，和奧斯汀(Austin)市政府於 2017 年底合作，利用 AI 技術分析監視器錄製之影像，對行人、車輛與交通號誌進行偵測辨識，並分析其行為模式，目的是開發高效率的系統，提供交通管理同仁分析工作方面協助(知識譜記, 2018)。

阿里雲利用實時城市數據資源對城市公共資源進行最佳化，即時修正城市運輸或大眾設備運轉缺陷，目前服務範圍在杭州主城區、杭州蕭山區及蘇州，主要是利用物連網技術及電腦視覺技術偵測路面車輛之車速、車流量及交通事件，可針對事故或是車流派遣交通執法人員前往處理或即時調整號誌系統，疏濬車流(阿里雲 ET，2018)。阿里雲 ET 城市大腦的三大人工智能產品為：天曜、天鷹、天機，其中天曜為「全時全域自動巡邏報警系統」具體為全方面替代人力巡邏，主要利用雲端計算、深度學習、電腦視覺等技術使城市中沒有具備 AI 分析功能的監視器具備了對城市交通事件、事故全方位的實時感知、通報的能力；天鷹為「漸進式視頻搜尋引擎」擁有 96%行人識別準確率，目前準確度排名世界第一，使用技術為通用圖像搜索、電商圖像搜索和城市大規模視覺搜索，透過電腦視覺與深度學習快速實現對特定對象的定位，比如查找失蹤人口，追蹤肇事逃逸車輛；

天機為「實時車流、人流預測系統」，可以通過場域內的歷史影像數據，預測未來的車流輛、行人流量，合理派遣警員、接駁車等，疏導交通，避免交通擁堵及安全問題(AIQ, 2018)。

Luo 等人(2018)利用高速公路、市區道路上監控攝影機拍攝的影像，辨識特定圖像可能性，提出不同卷積神經網絡模型(Convolutional Neural Network, CNN)，及利用特徵點(Feature Point)和支援向量回歸法(Support Vector Regression, SVR)來分割出不同類別交通圖像：道路、汽車、背景，和預測交通密度(Luo et al., 2018)。此外，該研究還提出一個程式，用以轉移任何新的交通場景至這些機器學習到的模型，輸出 CNN 模型：車輛密度計算 CNN 模型、Local CNN 模型-持續性影像監控、Local CNN 模型-幀圖片影像監控(Luo et al., 2018)。

交通部運輸研究所之「交通事件資訊整合服務與精進計畫(1/2)」研究案指出交通事件之確認與通報為交通管理之重要議題，往往耗費人力資源以及相互溝通確認時間。該研究發展之交通事件影像辨識模式(如圖 2.2.1 所示)，綜合 Faster R-CNN 的 anchor box 和 YOLO 單個神經網絡檢測方式，同時具備 Faster R-CNN 的準確率與 YOLO 的檢測速度，可以實現高準確率之交通事件即時偵測(蘇昭銘等人, 2018)。目前經典深度學習模型有各自的優缺點，有些著重於運算速度，例如：SSD、YOLO；有些著重於物件分類及定位的精度，例如：Faster-RCNN。該研究參考上述經典深度學習模型，並根據問題特性所需的精度及速度後進行適當組合，該研究以 SSD 為基礎，將神經網路模式的主幹進行輕量化，輕量化主要是將原 SSD 之 AI 模式主幹(Feature Extractor)所採用較複雜的 VGG-16 深層捲積特徵擷取網絡，更改為深度較淺且多尺度捲積並聯的 GoogLeNet 架構，此輕量化具有增加運算速度的優點；另為了彌補特徵擷取網絡在大的特徵圖上深度不夠的缺點，該研究引入 RetinaNet 中所使用的 Feature Pyramid Network 結構補強大特徵圖的語意豐富度，以上作法使得運算速度大幅增加，同時也讓精度得到一定保證。為了測試方法之效果，該研究以高雄市一個交叉路口做為實測場域，實測分析結果顯示，該研究案提出之交通事件單次多重目標檢測器模式可以成功地偵測交通事件，並可同時偵測車速與車輛數。再者該研究案示範如何將人工智慧為基礎之交通事件影像偵測技術應用於實體交通環境上。本開創性研究提供清楚的指引，讓交通管理單位可以透過人工智慧技術去偵測交通事件，對於交通管理具有高價值貢獻(蘇昭銘等人, 2018)。

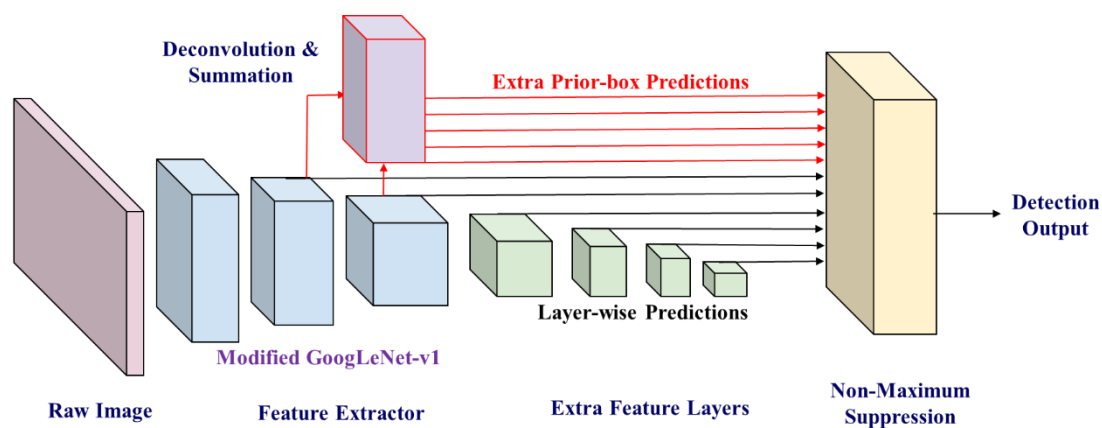


圖 2.2.1 交通事件之影像辨識模式

Brad Hem(2018)表示加拿大 Miovision 公司於加拿大安大略省運用深度學習技術打造 SmartSense 傳感器，用以偵測車輛，行人和自行車騎士之位置與移動方向，並利用此數據改善交通壅塞和安全性，Miovision 公司於安大略省米爾頓鎮已部署 Miovision TrafficLink，透過對市中心尖離峰時間號誌時相進行調整，顯著改善駕駛及用路人體驗(Brad Hem, 2018)。

Bharadwaj(2019)表示卡內基梅隆大學開發之 Rapid Flow Technologies 已於 2012 年 6 月在匹茲堡 East Liberty 社區安裝了 Surtrac 系統，該系統針對賓夕法尼亞大道，賓夕法尼亞大道和高地大道等三條主要道路中之九個交通路段號誌進行調整。Rapid Flow 聲稱，運用 Surtrac 調整後平均減少 25 %之旅運時間，並於試驗過程中發現等待時間平均下降了 40%，在項目試驗後，目前 Rapid Flow 已與匹茲堡當地政府合作將此技術擴展至該市約 50 個交通號誌區(Bharadwaj, 2019)。

印度喀拉拉邦(kerala)的交通警隊中之機動車部門正在利用人工智能 (AI) 來逮捕該州的交通違規用路人，為確保違規者無法逃逸，該部門使用與 AI 速度檢測攝影機進行偵測並記錄，此外，這些攝影機可以檢測機車騎士是否未依法律規定配戴安全帽抑或汽車駕駛是否依法律於行車時繫繫安全帶，該項技術目前已應用於 Walayar、Wadakkanchery 及 Kozhikode 等三個城市中大部分之道路攝影機(Abraham, 2019)。

2.3 AI 與高速運算(HPC)技術未來於交通領域之探討

高速運算(High-Performance Computing, HPC)為藉由應用程式平行化之運作方式，可迅速有效地執行運算作業，如圖 2.3.1 與圖 2.3.2 所示(TechNews, 2019)。鴻海致力於發展人工智慧，並以 HPC 之超級電腦快速

計算，其目前 HPC 電腦運算效能達到 6 PFLOPS（每秒浮點運算次數 Floating-point operations per second，簡稱 FLOPS），約為 540 萬臺 iPhone X 的運算效能(黃亦筠, 2017)。



圖 2.3.1 HPC 之示意圖(TechNews, 2019)

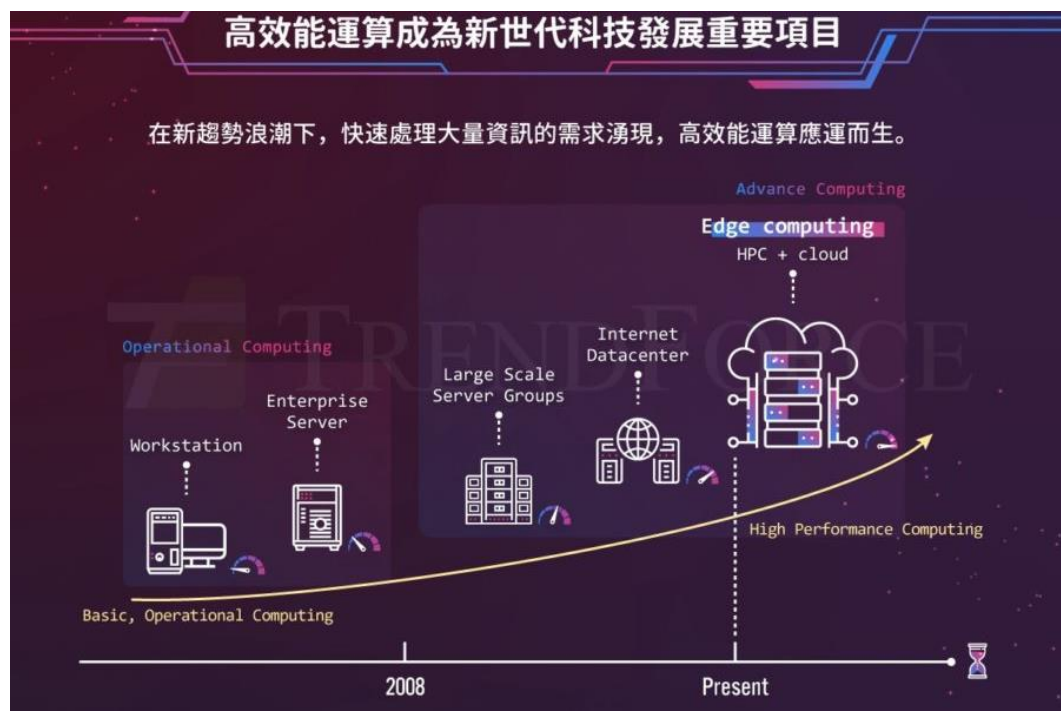


圖 2.3.2 運算之演進(TechNews, 2019)

Intel (2019) 提出在 HPC 叢集上執行 AI 的架構 (如圖 2.3.3 所示)，主要包含分析、人工智慧、模擬與模型化、多網域資源管理、裸機佈建、SDI 虛擬化佈建、儲存抽象層、網路，藉由價值鏈的整合，以最佳化 HPC 之效果。

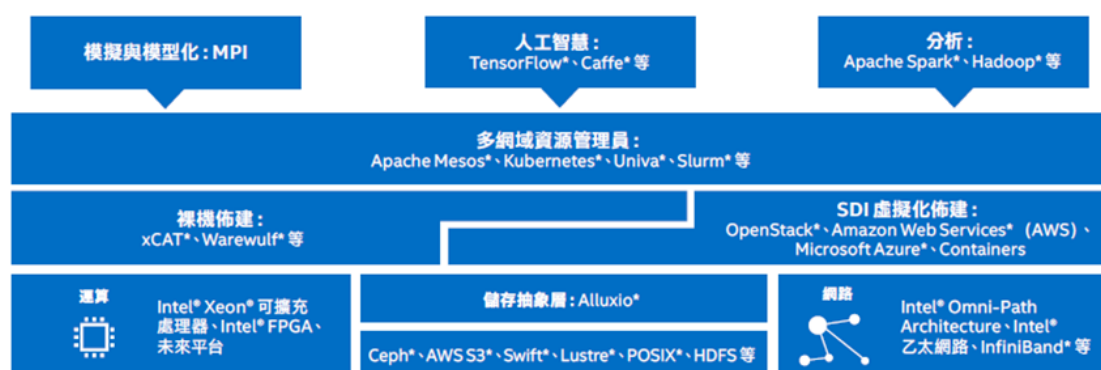


圖 2.3.3 HPC 叢集上執行 AI 的架構(Intel, 2019)

在人工智慧之蓬勃發展下，除了企業應建立 AI 的思維外，AI 需進行資料的訓練與學習，如何提升運算速度為成功之關鍵，因此 HPC 為推動 AI 之重要工具(遠見雜誌整合傳播部, 2018)。發展人工智慧之產業，需要軟硬體整合、商業模式、前瞻研究之相互輔助，進而透過 HPC 進行高效能運算(洪士灝, 2018)。AI 要讓機器可透過機器學習蒐集並擷取所需之資料，並學習人類進行決策與行動，因此高速運算之需求因應而生(涂志豪, 2018)。AI 結合 HPC 可有效地促進智慧應用之發展，包括無人車的自動化駕駛、人臉辨識技術皆需要 HPC 支援以發揮效能(IT 大嘴巴, 2019)。自駕車快速發展以及機器學習演算法的執行，皆需要使用 AI 以及 HPC 晶片(溫怡玲, 2018)。

在人工智慧之實際運籌上，由於終端數量及資料量增加，易造成雲端運算導致之網路穩定性與延遲性、頻寬問題、資料隱私性...等問題，因此 AI 運算正積極地從雲端轉移至終端之邊緣運算(Edge Computing)(紀昭吟等人, 2019)。

AI 邊緣運算之應用多元，自動駕駛車一天約可產生 4,000 GB 資料量，雲端運算易發生問題，故 AI 邊緣運算有其必要性，例如 Tesla 自行發展自駕車 AI 晶片；3D 視覺無人機或機器人，需要即時快速的移動與互動過程，亦有 AI 邊緣運算之需求；公共場域之攝影機需同時擷取與運算大量之影像資料且具有隱私的問題，更是需要邊緣運算進行人工智慧的運行(紀昭吟等人, 2019)。

NVIDIA 與科技部合作，在桃園市藉由 NVIDIA DGX Station 超級電

腦工作站進行 AI 模型的訓練，進而以 NVIDIA DRIVE PX2 車用電腦進行推論，希冀讓公車具有自動駕駛的功能，以降低減少碳排放與交通事故 (TechNews, 2018)。

宏碁成立安圖斯 ALTOS，將 AI 結合超級電腦 HPC，因應巨量資料之運算需求(王郁倫, 2018)。在交通應用上，宏碁智通 AI 平臺可處理雪隧車流量預測、停車之車牌辨識與繳費、臺灣大車隊之需求預測與熱點分析等人工智慧之交通(王郁倫, 2018)。

Gora and Pardel (2015)首先利用基因演算法找出路網交通號誌的適宜設定方式，進而透過高速運算技術加速模擬大型交通路網上的計算速度。

交通現象不易在大規模路網上模擬，因此 Janczykowski 等人(2019)藉由高速運算技術執行大規模都市路網之交通模擬(如圖 2.3.4 所示)，結果顯示運作方式具有高度效率與規模性。

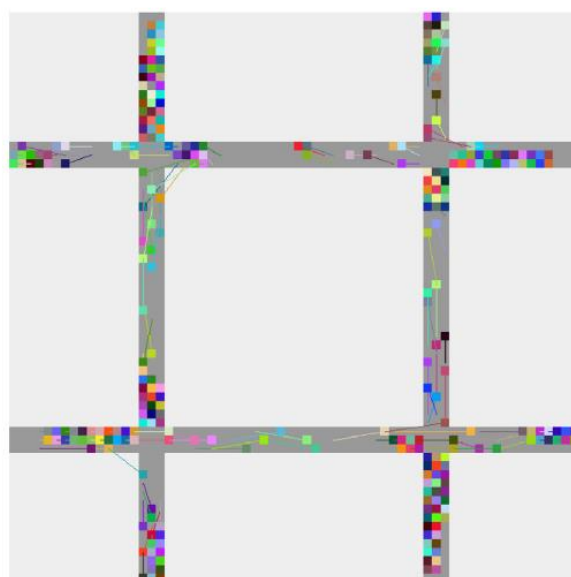


圖 2.3.4 視覺化之交通模擬 (Janczykowski et al., 2019)

Himpea 等人(2019) 應用高速運算技術於動態交通指派(Dynamic Traffic Assignment)問題，結果顯示此技術可以有效地讓交通管理者即時處理大規模路網的交通問題。

綜上所述，國內外正積極整合 AI 與 HPC，但鮮少研究針對智慧型交通控制進行分析。因此，本研究採取邊緣運算之影像偵測設備，將邊緣運算結合 AI 技術進行即時之交通參數偵測，並於後端結合 HPC，即時進行大量數據運算，進行交通控制策略之即時研擬，以達到改善交通壅塞問題。本研究 AI 影像偵測設備設置參考建議與成本將於第 3.1.3 節進行說明，AI

結合 HPC 應用於整體交通規劃管理案例請參閱第四章。

2.4 觸動號誌控制

2.4.1 即時性交通控制模式

本研究所採用之觸動模式，乃是參考觸動及全觸動理論進行改良，主要係因全觸動模式原目的為控制單一路口，並於該路口各方向裝設偵測器，透過車流偵測資料計算各方向所需綠燈秒數，因此，若欲控制路徑上多個路口時，則須於該路徑方向所經所有路口布設偵測器，建置成本相當高。

因此，將一般觸動號誌控制概念（控制邏輯為偵測各車道或方向尚有紓解車流之需求，若有則適當延長至分相之最大綠燈時間秒數；反之，則提早結束綠燈時間，但不小於最小綠，如下圖所示）引入全觸動理論中，即將所求得各路徑均衡綠燈時間做為最大綠燈秒數，當有偵測車輛通過時則延長綠燈秒數，若無則提早結束燈時間做為最大綠燈秒數，當有偵測車輛通過時則延長綠燈秒數，若無則提早結束該時相(但不小於最小綠燈時間)（林一平等，2014）。

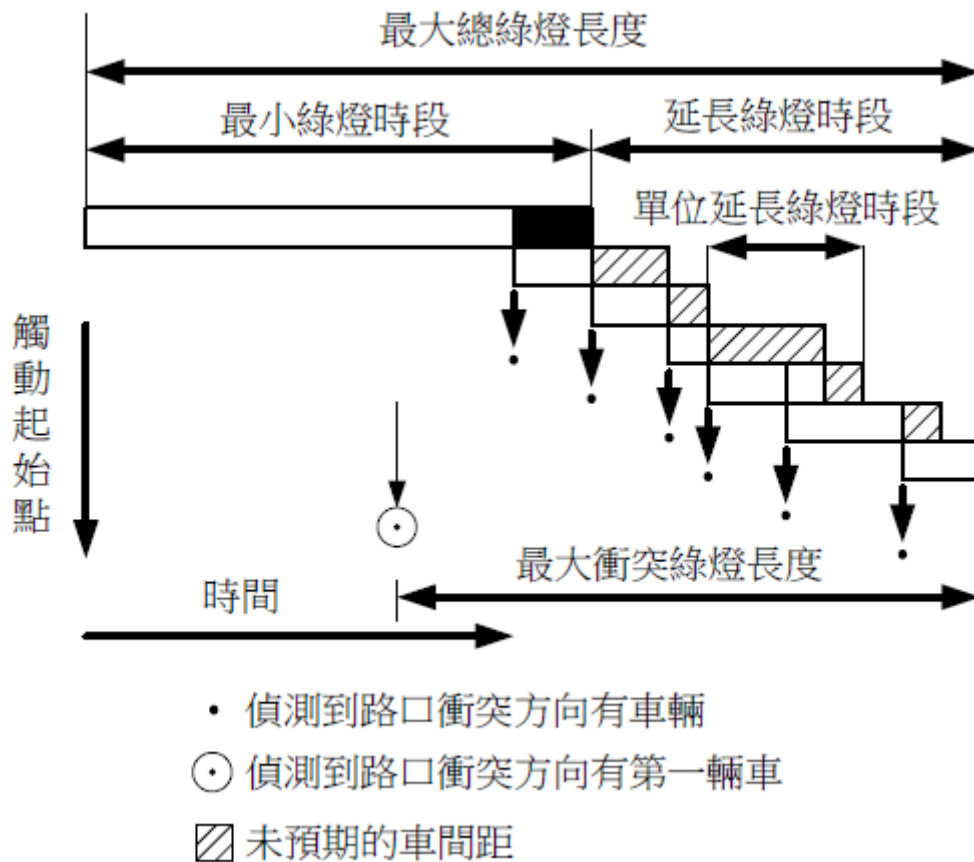


圖 2.4.1 觸動控制路網圖(林一平等，2014)

2.4.2 平衡路徑紓解時間模式

平衡路徑紓解時間模式為一種群組路口即時交通號誌控制方法及紓解路口車流所需綠燈時間的預測方法，其係將群組內各路口之車流方向，依行車路線，合併視為單一路徑車流來做規劃，主要優點除可有效簡化交通號制邏輯分析複雜度外，其係能夠快速且動態的應變交通車流的瞬時變化，即時做出最合理的交通號制控制決策，大幅提升交通號制控制系統整體運作效能，此外，其僅使用最簡單的車輛有無交通參數(presence)即可進行即時號誌控制，減少使用偵測器的每一支成本，且在配合路徑控制方法後，亦能夠減少偵測器布設數量，將大幅降低交通號制控制系統整體建置成本。

主要係利用偵測器所測得之交通參數，來判定路口前後車運動狀態改變(如無車或車輛移動或車輛停止)狀況，並利用其流量與密度關係及衝擊波關係，進一步推估車流狀況。

(1) 模式參數定義

在本研究之應用中，主要是依據偵測器每秒所測得之車輛有無交通參數(presence)進行回堵、紓解及到達等衝擊波之推估。因此，對於偵測器測得之車輛有無交通參數如何轉換為模式應用參數，如下圖所示，當偵測區回報無車，則代表「空車」狀態；當偵測區回報有車，且車速大於零，則代表「車輛移動」狀態；當偵測區回報有車，但車速等於零，則代表「車輛停等」狀態，透過路段偵測器所測得有無車訊息，重新定義「空車」、「車輛移動」、「車輛停等」等狀態，並以「車輛停等」狀態下之時間長短，做為各衝擊波推導基礎。透過偵測區回報之資訊判斷車輛狀態，如下圖所示(林一平等人，2014)。

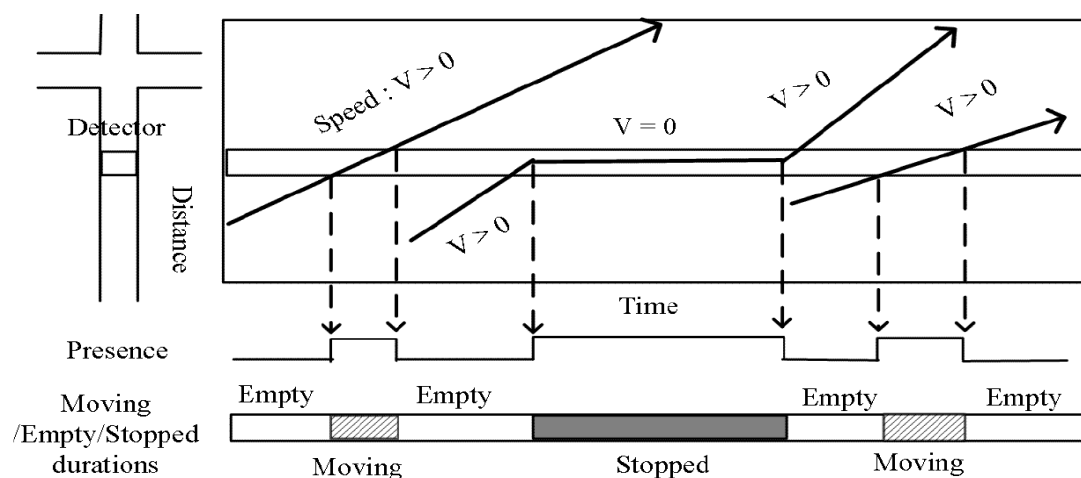


圖 2.4.2 偵測器偵測車輛停等狀況示意圖(林一平等人，2014)

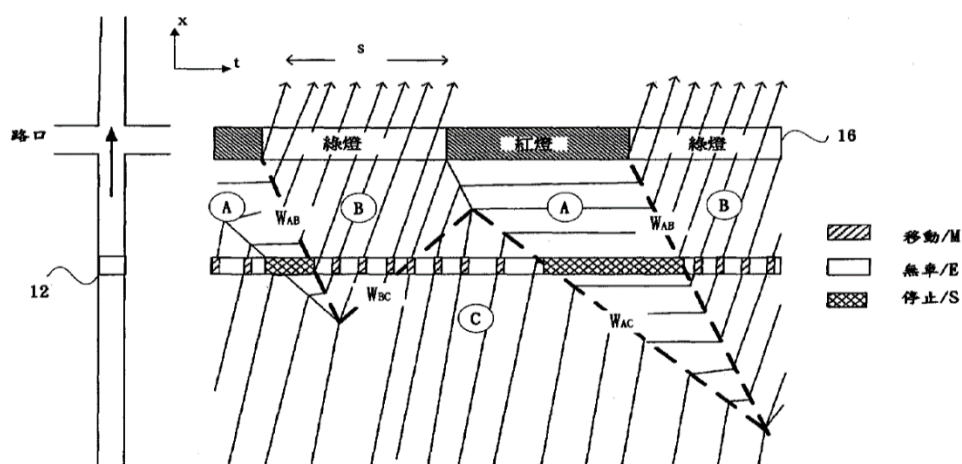


圖 2.4.3 車輛狀態與衝擊波之關係示意圖(林一平等，2014)

(2) 模式推導

依據上述，透過車輛偵測器的多個偵測區(至少 2 個)位置獲得車輛停等狀態，可得知如圖 2.4.4 中 A1 座標為(t_1, d_1)；B1 座標為(t_2, d_1)；A2 座標為(t_2, d_2)；B2 座標為(t_3, d_2)；An 座標為(t_n, d_n)；Bn 座標為(t_{n+1}, d_n)，並依據各點座標值計算回堵衝擊波 W_{30} 及紓解衝擊波 W_{10} 之斜率及直線方程式。而依據車流理論中的流量密度關係(即 Q-K 圖)，則可再求得到達衝擊波 W_{31} 等於回堵衝擊波 W_{30} 減去紓解衝擊波 W_{10} ($W_{31} = W_{30} - W_{10}$) (林一平等，2014)。

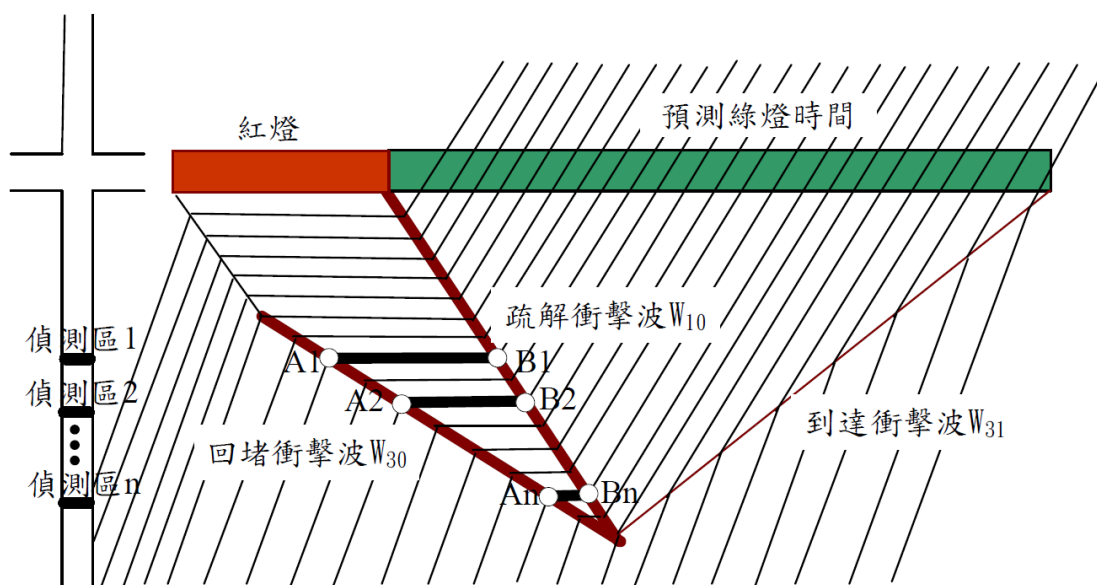


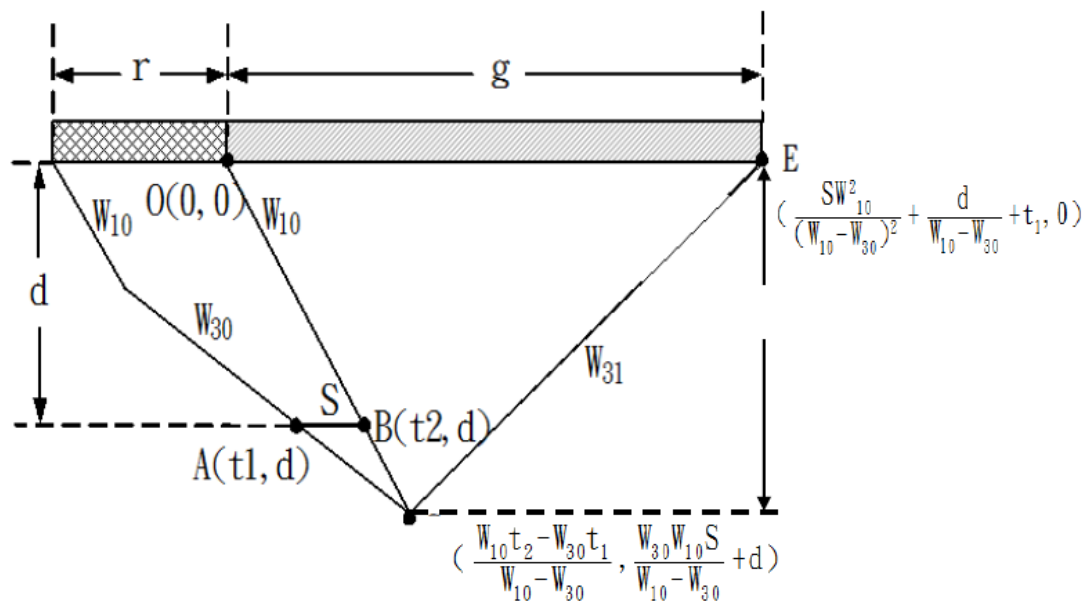
圖 2.4.4 群組路口偵測衝擊波示意圖(林一平等，2014)

本研究即藉由衝擊波原理計算車隊停等長度(L)及所需紓解綠燈時間(g)，如圖 2.4.5 所示意。車輛偵測器設置於離群組路口 d 長度，當車輛偵測器於 t_1 時間點偵測到車輛開始出現停等狀態，即可得知 A 點座標為

(t1,d)，當於 t2 時間點偵測到車輛結束停等狀態開始移動時，即可得知 B 點座標(t2,d)；知道 A、B 兩點座標後，即可知車輛停等時間 S；再透過衝擊波斜率及歐式幾何，可求出 C 點及 E 點座標，而車隊停等長度 L 即為 C 點的 y 軸分量，所需綠燈時間長 g 即為 E 點的 x 軸分量，如下列式 (2-1)(2-2)所示：

$$L = \frac{W_{30} - W_{10}S}{W_{10} - W_{30}} + d \quad (2-1)$$

$$g = \frac{S(W_{10})^2}{(W_{10} - W_{30})^2} + \frac{d}{W_{10} - W_{30}} + t_1 \quad (2-2)$$



0：座標原點	r：紅燈時間
g：紓解所需綠燈時間	S：車輛停等時間
W ₁₀ ：紓解衝擊波	W ₃₀ ：回堵衝擊波
W ₃₁ ：到達衝擊波	
t1：為車輛偵測器偵測車輛開始停車之時間點	
t2：車輛偵測器偵測車輛結束停車開始移動之時間點	
d：車輛偵測器設置位置至群組路口的距離	

圖 2.4.5 群組路口偵測衝擊波示意圖(林一平等, 2014)

藉由前述衝擊波原理，主要路徑每個週期車隊紓解所需綠燈時間可以單獨透過前述公式計算求得。但考量路徑車流壅塞狀況會隨時變化，車流停等時間會在連續週期時間內有所增減，因此，透過連續兩週期，在偵測區上，車輛停等時間的變化量，可推算出該兩週期所需綠燈的增減值。

先將偵測器在第一週期內測得之車輛停等時間 S 做為初值，並計算所對應的紓解綠燈時間需求 g ，透過比對前後兩週期的停等時間增減值 ΔS ，再利用下列方法求得增減綠燈差異值 Δg 。

如圖 2.4.6 所示，一般車流狀況在連續兩週期內通常變化不大，故假設第二週期的流量與第一週期流量相等，則前後兩週期的衝擊波斜率會相同，即呈現在圖上的回堵衝擊波 W_{30} 、到達衝擊波 W_{31} 各有兩條平行線。

當車輛偵測器偵測布設在離群組路口距離 d 的位置，且第一週期偵測到車輛停滯在偵測區的停等時間長是 S ，若第二週期偵測器所偵測到的停滯時間增加 ΔS （圖上 W_{30} 衝擊波直線往左平移），則透過歐式幾何座標方式及 ΔS 、 Δg 之關係，可求得本週期新增的所需綠燈時間 Δg ，如下列式(2-3)所示。

$$\Delta g = \left[\left(\frac{W_{10}}{W_{30}} \right)^2 - 1 \right] \times \Delta S \quad (2-3)$$

而此關係式，於停等時間 Δg 減少時，亦可同樣求得減少的所需綠燈時間 Δg 。該公式之意義，是車輛偵測器偵測到的停等時間增加，則所需綠燈時間亦增加，偵測器偵測到的停等時間減少，則所需綠燈時間亦減少，增減關係為線性，成一定比值(林一平等，2014)。

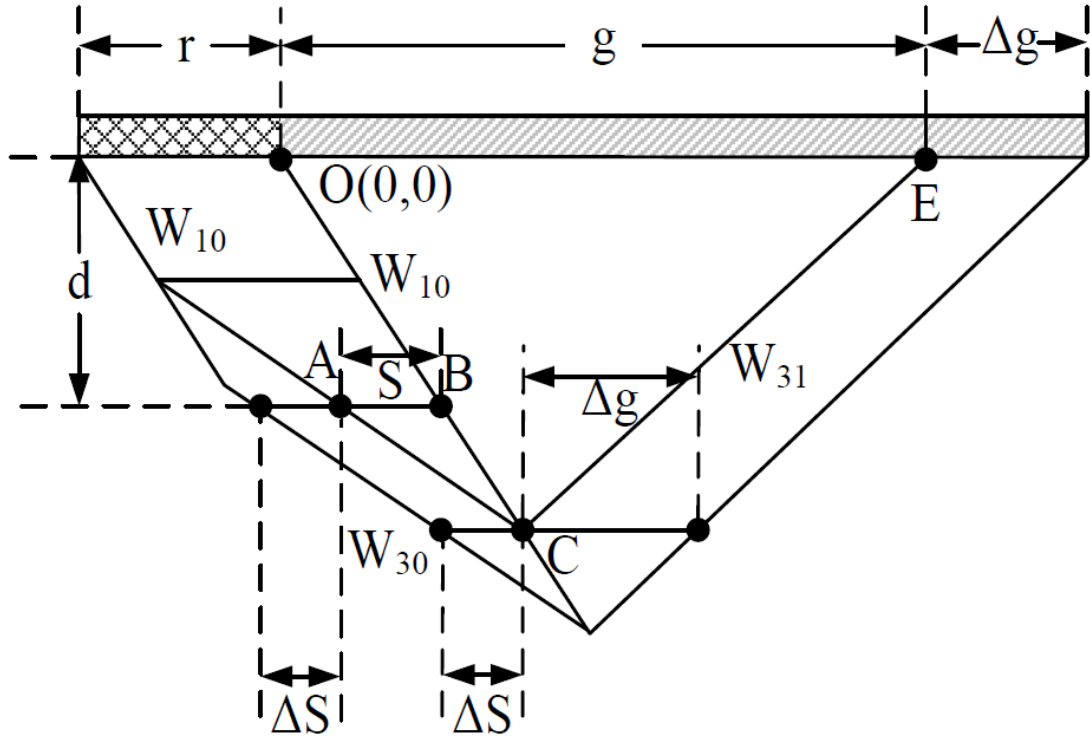


圖 2.4.6 藉由衝擊波計算所需綠燈增減時間示意圖(林一平等，2014)

預測出紓解所需綠燈時間後，最後，進行綠燈時間分配，利用最佳化原理計算出主要路徑之均衡綠燈時間，此均衡綠燈時間如下列式(2-4)所示。

$$\text{目標式 } \min \left| \frac{G_1}{\sum G} - \frac{g_1}{\sum g} \right| + \left| \frac{G_2}{\sum G} - \frac{g_2}{\sum g} \right| + \dots + \left| \frac{G_n}{\sum G} - \frac{g_n}{\sum g} \right| \quad (2-4)$$

$$\text{限制式 } \sum G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n$$

$$\sum G \leq \text{MaxPathCycle}$$

$$\sum g = g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_n$$

$$\text{Min}G_i \leq G_i \leq \text{Max}G_i, \quad 1 \leq i \leq n$$

G_i ：為第 i 個主要車流路徑之均衡綠燈時間

$\sum G$ ：為所有主要車流路徑均衡綠燈時間的總和

g_i ：為預測的第 i 個主要車流路徑之未紓解車流所需綠燈時間

$\sum g$ ：為所有預測的主要車流路徑之未紓解車流所需綠燈時間的總和

$\text{Max}G_i$ ：為第 i 個主要車流路徑的最大均衡綠燈時間限制

MinGi：為第 i 個主要車流路徑最小均衡綠燈時間限制

MaxPathCycle：是所有主要車流路徑均衡時間總和的最大限制值

n ：為最大主要車流路徑數

2.5 綜合探討

- 1.綜觀 AI 影像偵測技術以及 AI 影像技術在交通管理應用之相關文獻，AI 影像偵測技術近年來蓬勃發展，AI 讓機器學習人類之思維以及行為模式，協助人類處理交通上的問題，並彌補人力資源不足之困境。若能將 AI 影像辨識技術應用於交通數據的蒐集中，可有效地蒐集車種、車輛數量、車輛轉向資料、交通衝突資料、特殊車種以及車輛延滯等交通參數。交通部運輸研究所「交通事件資訊整合服務與精進計畫(1/2)」研究案中，以高雄市民族一路與大中一路路口上下游進行實例分析，發現傳統人工智慧模式難以直接引用於智慧交通，透過模式調整與改進，提供實務運籌上珍貴的人工智慧交通影像辨識專業知識，研究成果可做為其他場域在交通事件人工智慧自動偵測與辨識之參考依據。
- 2.過去研究發現在 AI 機器學習的過程中較缺乏機車、特殊車輛、雨中情景等的影像，易造成人工智慧影像辨識模式發生誤判，本研究擬加強訓練上述易誤判物件之影像。再者，過去研究大多以單一路口進行實例分析，本研究擬擴展至不同路口或路段，探究人工智慧影像辨識模式在不同場域下之差異。交通部運輸研究所「交通事件資訊整合服務與精進計畫(1/2)」研究案中，在車流量方面，白天大車、小車及機車之準確率分別為 84%、94%及 97%；夜間大車、小車及機車之準確率分別為 95%、98%及 83%；雨天大車、小車及機車之準確率分別為 89%、95%及 92%；在速率方面，AI 模式之整體準確率可達 94%。
- 3.交通部運輸研究所「交通事件資訊整合服務與精進計畫(1/2)」研究案中分析不同類型之 AI 模式，發現 YOLO 中的 Anchor box 的概念類似於 SSD 中的 Default box，其為於每個網格上預先設置的固定長寬比及大小的圖框，預測輸出是對應到哪個實際圖框以進行模型權重訓練。YOLO 之運作機制類似本研究使用的 SSD 模式，主要係直接由網格中同時輸出(1)前景/背景，(2)物件類別，(3)圖框位置大小；然而，Faster-RCNN 則分成兩階段(1) RP(Region Proposal)：預測對象為前景/背景及圖框大致位置，(2)決定前景確切類別及更詳細的圖框位置，因而 YOLO 與 SSD 模式偵測速度較 Faster-RCNN 模式快。YOLO 與 SSD 模式之主要運作機制差異，在於 SSD 模式係從不同層次的特徵圖中進行預測，因此較能適

應各種不同大小的物件偵測。再者，VGG-16 為原本 SSD 中所使用的特徵擷取網絡，雖然可以藉由深層類神經網路結構擷取出語意豐富的特徵，但最大的缺點在於深度過深導致模型偵測速度緩慢，不適用於即時交通事件偵測問題。綜合以上考量，該計畫參考各種深度學習類神經網路模式，並根據問題特性所需的精度及速度後，建構 SSD 之交通事件類神經網路模式。

- 4.HPC 為推動 AI 之重要工具，包含無人車的自動駕駛及人臉辨識技術均需要 HPC 之高速運算支援以發揮效能，且由於終端機數量與資料量之增加，易使雲端運算具有不穩定之問題，而 AI 運算輔以 HPC，其可助於 AI 運算從雲端轉移至邊緣端運算，且可降低隱私問題。未來整體交通規劃管理則可妥善運用 AI 所蒐集之相關資料，透過於關鍵節點布設 AI 影像偵測設備，並結合動態號誌控制機制，利用 HPC 即時分析交通資料並即時研擬相關策略，下達號誌控制器，達到交通改善之效果。
- 5.過去交通參數的調查如路口轉向交通量、路口平均停等延滯、停等百分比、停等長度等參數值，多需透過相當的人力投入才可取得，不僅成本高，且可能因調查員素質差異而產生數據的誤差，也無法長期調查取得交通參數值，來研擬合適控制邏輯及評估後續效益。觸動號誌的控制演算邏輯常受限於偵測技術，多僅考量偵測區域內的車輛數，來決定綠燈秒數，無法進一步辨識車種及行人，未來可透過 AI 技術的導入，可將停等資料及等候區內的車種數量納入考量，可研擬更符合實地運作的邏輯，例如可偵測是否有行人來決定最小綠燈時間；可偵測是否有大車於左轉區，來決定左轉的綠燈時間。

第三章 AI 影像偵測設備之設計與測試

3.1 AI 影像偵測技術

3.1.1 AI 影像偵測技術應用於交通參數偵測邏輯建構

本研究應用影像辨識技術在交通參數偵測過程中，必須透過定義偵測物件，例如：大車、小車、行人、自行車，以及定義偵測區塊、車輛行駛軌跡、佔有時間來得出相關參數值，各項偵測參數說明如下：

1.路段交通量及佔有率與車流密度：於路段上的各車道劃設偵測區(如圖 3.1.1 所示)，計數經過偵測區之車種數量及偵測區在單位時間內被佔有的比例。

(1)車種：小客車、大客車、聯結車、機車、自行車。

(2)數量：各車種之數量。

(3)位置：各車種辨識之位置。

(4)佔有率：單位時間內，被各車輛總共佔有的時間比例。並透過以下公式得出佔有率：佔有率=偵測器偵測到車輛的時間加總/單位時間。

(5)密度：將透過以下公式，得出密度：密度=佔有率/(車長+偵測區長度)。

(6)統計頻率：規劃為每 1 分鐘統計一次，頻率可依實際需求進行調整。

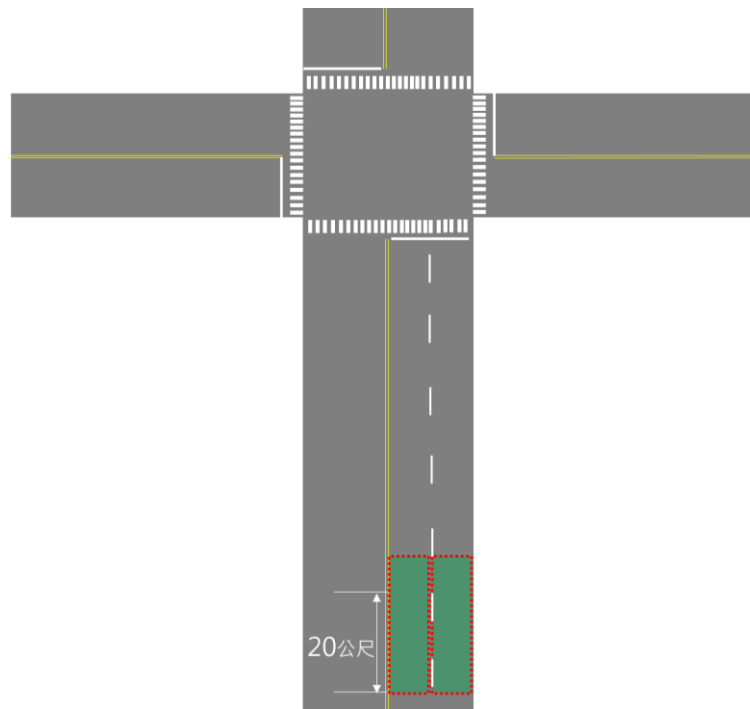


圖 3.1.1 路段交通量及佔有率偵測區示意圖

2.路口轉向交通量：於路口劃設偵測區(如圖 3.1.2 所示)，偵測不同車種之軌跡，記錄各車輛之直行、左轉、右轉之數量。

(1)車種：小客車、大客車、聯結車、機車、自行車。

(2)數量：各車種之數量。

(3)位置：各車種的軌跡行駛方向，主要分為直行、左轉、右轉。

(4)統計頻率：規劃為每 5 分鐘統計一次，頻率可依實際需求進行調整。

(5)產製轉向交通量圖：產製單位小時車輛各行駛方向之數量，如圖 3.1.3 所示。

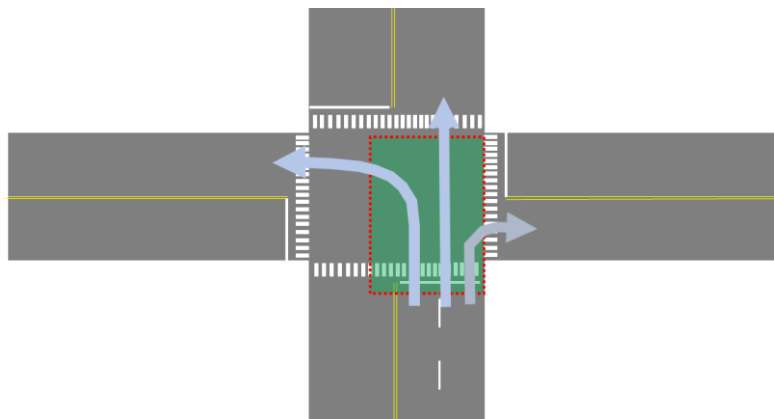


圖 3.1.2 路口轉向交通量偵測區示意圖

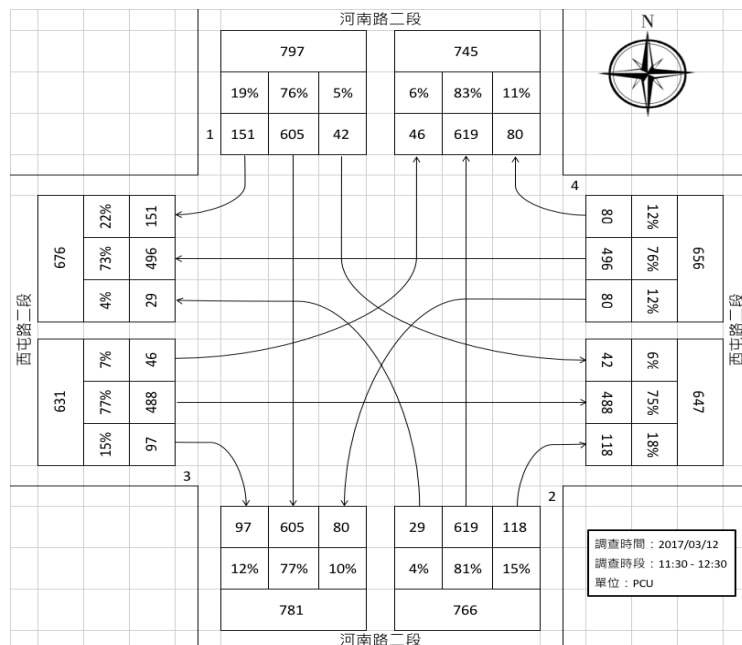


圖 3.1.3 轉向交通量示意圖

3.穿越路口行人流量：於路口的行穿線周遭劃設偵測區(如圖 3.1.4 所示)，計數經過偵測區之行人數量。

(1)數量：辨識行人通過路口之數量的數量。

(2)方向：東向、西向、南向、北向。

(3)統計頻率：規劃為每 5 分鐘統計一次，頻率可依實際需求進行調整。

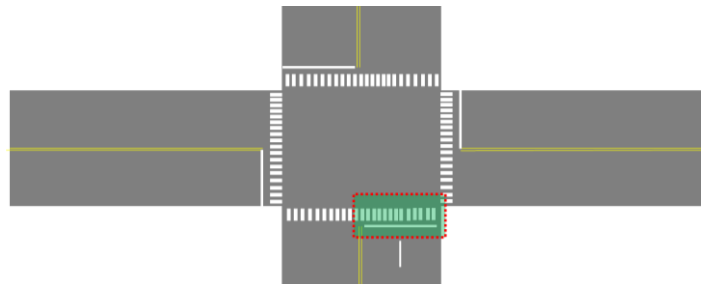


圖 3.1.4 穿越路口行人流量偵測區示意圖

4.車輛停等長度、停等百分比、平均停等延滯：於路段上的各車道劃設偵測區(如圖 3.1.5 所示)，計算相關資料。

(1)車輛靜止時間：於路段上劃設偵測區，針對偵測區不同車種之車輛偵測其平均車速，當平均車速小於 3km/hr(時間大於 3km/hr 之旅行時間)接近靜止時，開始計算車輛此狀態的時間 T。

(2)車輛靜止數量：計數不同車種接近靜止時的數量 S。

(3)通過偵測區數量：計算不同車種通過偵測區的數量 Q。

(4)停等長度：針對車輛接近靜止時，偵測排隊長度。

(5)統計頻率：每 15 秒計數一次，頻率可依實際需求進行調整。

(6)停等百分比：公式為 $S/Q \times 100\%$ ，每 15 分鐘統計一次，單位為%。

(7)平均停等延滯： T/Q ，單位為秒。

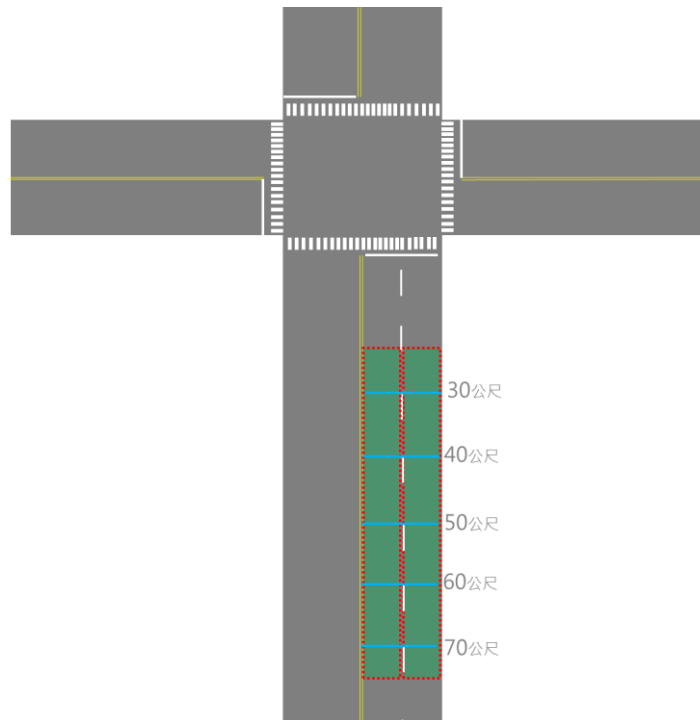


圖 3.1.5 車輛停等長度、停等百分比、平均停等延滯偵測區示意圖

5.特殊車種辨識：本研究相關辨識邏輯已於交通事件資訊整合服務與精進計畫(2/2)完成建立並進行驗證，本研究所使用之辨識邏輯與該案相同，均為 SSD 模型之 dataset，類別包含：行人、自行車、機車、小汽車、中型車、大型巴士、大型卡車等七類，AI 影像辨識邏輯將於第一層先行判別其為七大類車種之哪一類型，並於第二層偵測並追蹤異常停留之車輛是否為特殊車種，整體判別邏輯如下圖所示：

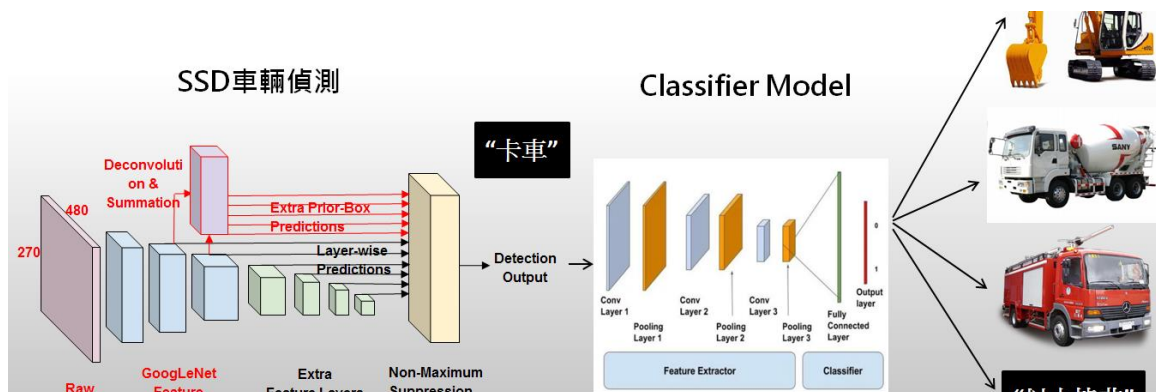


圖 3.1.6 特種車輛嵌入式分類器辨識示意圖(蘇昭銘，2019)

表 3.1-1 各車種辨識邏輯說明表

第一層辨識型別 (劃分為七大類)	第二層辨識型別 (特殊車種辨識)
行人	無第二層辨識型別
自行車	無第二層辨識型別
機車	無第二層辨識型別
小汽車	再加以辨識計程車、小貨車、警車、救護車
中型車	無第二層辨識型別
大型巴士(大客車)	無第二層辨識型別
大型卡車	再加以辨識聯結車與大型消防車

3.1.2 AI 影像偵測技術應用於交通參數偵測成果

本研究已於臺中太平匝道周邊以及 2020 年臺灣燈會布設諸多偵測器，蒐集相關資料並以 AI 判別之數值與利用人工重新查看影片所獲得之數值進行比對，驗證其模式之可靠度，各項交通參數偵測成果說明如下：

1.路口轉向量偵測成果：

路口轉向量偵測方式係於路口劃設數條偵測線，並以車量所通過之兩條偵測線做為轉向判別。本研究轉向量偵測配合動態控制需求，架設於台 74 太平匝道(往太原方向)出口處，即祥順路與東平橋路口處，並偵測匝道出口處之車輛轉向量，以供動態控制策略研擬，而整體路口與偵測線劃設如圖 3.1.7 所示。於此路口中，偵測線分別劃設於匝道出口處之停止線、左轉與右轉及直行則依據現場車行情況劃設，其轉向判別邏輯如表 3.1-2 所示。在轉向量驗證部分(如表 3.1-3)，整體偵測準確率均達一定水準，惟因該處為快速公路匝道處，僅大於 250CC 以上之重型機車可行駛，故機踏車數量較少。在各轉向量準確率而言，此路口左轉車輛常會因有車輛違規跨越槽化線左轉且遭大型車遮蔽(如圖 3.1.8 所示)，導致影像難以判別，目前已依據路口線形逐步調整偵測線劃設，如原先 0 號偵測線其長度約等同於該處停止線長度，目前已將其延伸到整個路口，使違規跨越槽化線但未被車輛遮蔽之車輛仍可被偵測。

表 3.1-2 轉向判斷依據

轉向	左轉	直行	右轉
判別方式	依序通過 偵測線 0 與 1	依序通過 偵測線 0 與 2	依序通過 偵測線 0 與 3

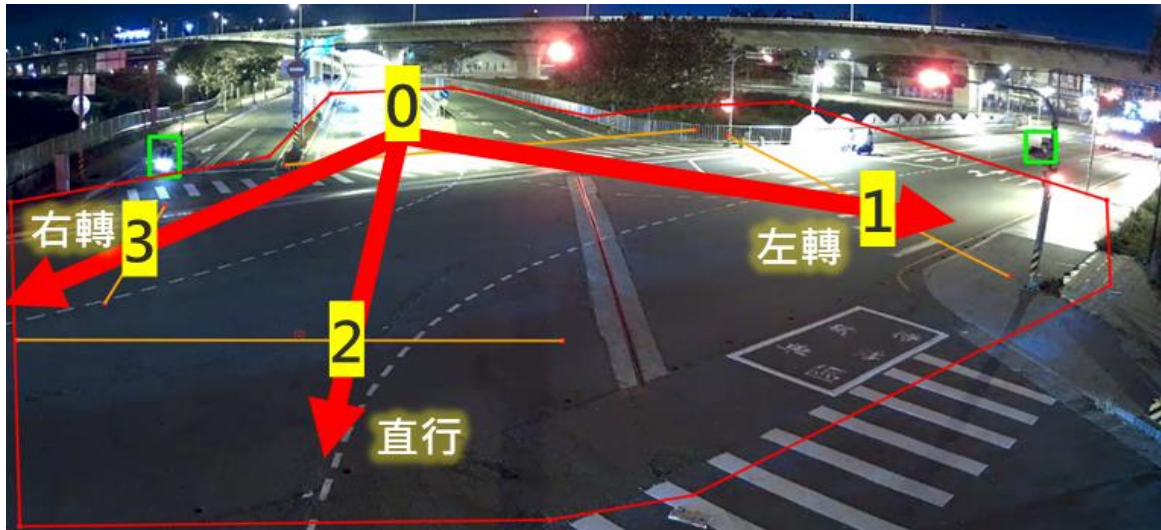


圖 3.1.7 轉向交通量偵測劃設規劃



圖 3.1.8 車輛搶快左轉遭大型車遮蔽致使無法判別

表 3.1-3 轉向交通量準確率驗證

車種	機踏車			小型車			中大型卡車			不分車種		
方向	左	直	右	左	直	右	左	直	右	左	直	右
人工	0	2	0	368	279	238	32	39	30	400	320	268
AI	0	2	0	364	275	228	40	55	25	404	332	253
準確率	-	100%	-	99%	99%	96%	80%	71%	83%	99%	96%	94%
驗證時間：109 年 1 月 17 日，上下午尖峰各取 15 分鐘。												

2. 追蹤偵測模式應用於等候線長度、延滯以及旅行時間偵測成果：

本計畫因號誌控制策略需求，於臺中太平匝道場域多數設備均需要掌握等候線長度與延滯，而本計畫針對此二交通參數蒐集則是運用追蹤偵測模式來加以偵測，其偵測模式為於影像內劃定偵測區域，通常於停止線劃設到後方路口處，惟受限於影像解析度與現場道路環境影響，倘若偵測區域影像不清楚，如遇到遮蔽物或是線型彎曲或偵測區域劃設較長(約 50 米以上)時，則容易將行進中之車輛判定為已經停等之情況，故針對各偵測設備偵測範圍需要因地進行些微調整。此模式中，偵測設備可自動辨識偵測區域內車輛停等狀況，其辨識邏輯為，當車輛進入偵測區域後，其平均車速小於 3km/hr(時間大於 3km/hr 之旅行時間)接近靜止時，開始計算車輛此狀態的時間；此外，偵測設備針對每一部車均是以追蹤方式(圖 3.1.9)，故可掌握各車輛之路段旅行軌跡，並以此資料做為延滯計算基準，而此模式所蒐集之資料尚可轉換為諸多參數，說明如表 3.1-4。

本計畫針對臺中太平匝道周邊之偵測設備依據道路環境進行微調，目前均可準確辨識偵測區域內平均車速小於 3km/hr 之時間，整體準確率(驗證時間：109 年 1 月 17 日，上下午尖峰各取 15 分鐘)在晨峰為 87%，昏峰為 91%；目前模式已有良好之準確率，故相關參數可透過此模式產生準確數值。

表 3.1-4 追蹤偵測模式應用範疇

交通參數	說明
等候車隊數/ 等候線長度	追蹤偵測模式可辨識偵測區域內之車輛數，並可區分車種，而當偵測區域劃設距離達到上游路口處時，即可偵測等候車隊數，並可以此轉換為等候線長度。
延滯	追蹤偵測模式將會偵測進入偵測區域內所停留之車輛數，故其亦可掌握路段之車流量，此外，因其掌握車輛進入偵測區域平均速率小於 3km/hr 之停等時間，亦可轉換為延滯。



圖 3.1.9 追蹤偵測模式車輛追蹤連續畫面圖

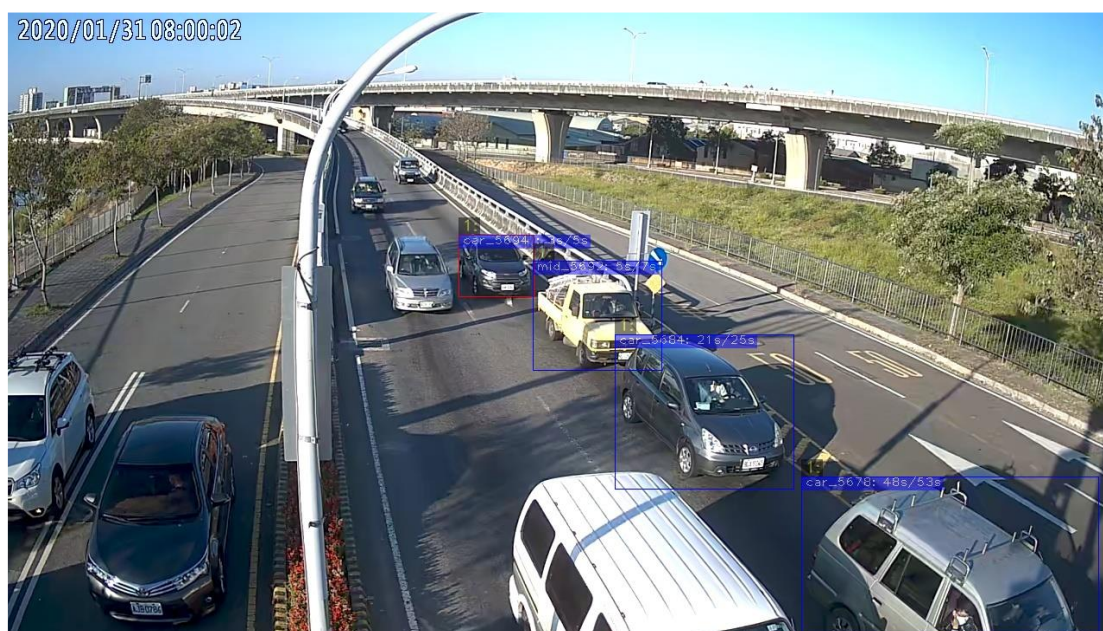


圖 3.1.10 追蹤偵測模式偵測實景圖

2020/01/31 15:54:37

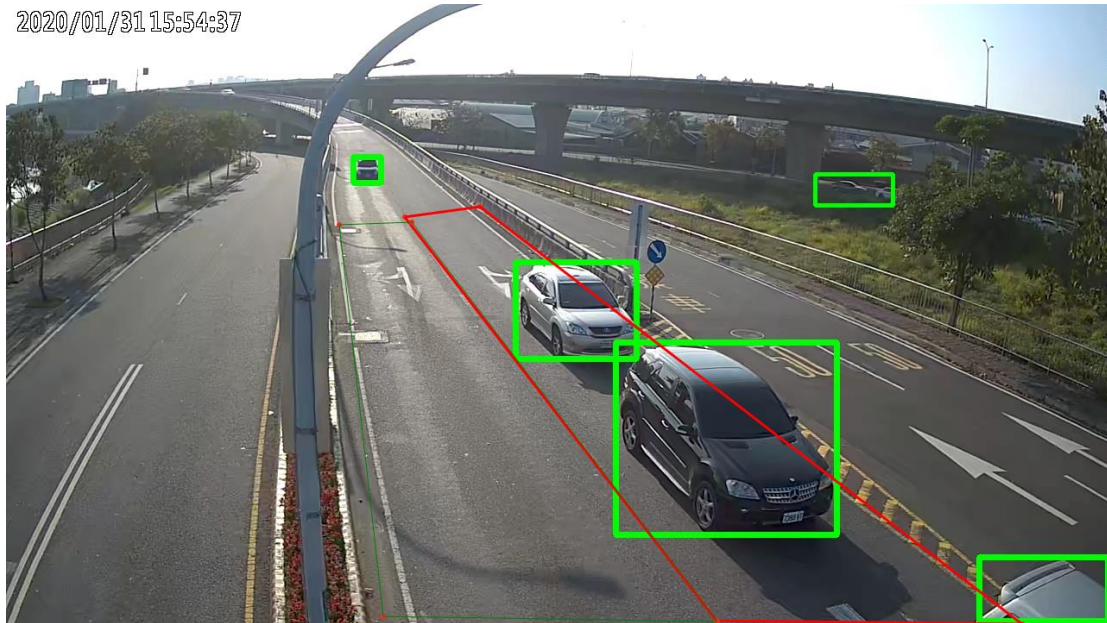


圖 3.1.11 追蹤偵測模式偵測範圍圖

3.路段車流量偵測成果：

路段車流量偵測其偵測邏輯為，劃定一偵測區域(通常劃定一車道為一偵測區域)，並於偵測區域內劃設一辨識線，當車輛進入偵測區域後，偵測設備將開始辨識該車種，待通過辨識線後則計入資料庫藉此得到路段各車種車流量。

本研究本次於樂業路與環中東路口架設一偵測設備，其原定欲偵測往環中東路方向之等候線長度，惟因樹木茂盛致使無法偵測，故調整為偵測往十甲東路之車流量，受限於架設角度，其為斜向拍攝，致使若機踏車於通過偵測線時遭到大型車遮蔽(如圖 3.1.12)，容易無法判別。本次試驗之車流量偵測準確率，除機踏車較不理想外，其餘車種偵測均有一定水準，而此案例亦凸顯攝影機拍攝方向之重要性，建議未來攝影機照射方式仍需維持正面拍攝，應可大幅降低此錯誤。本研究針對此部分亦再針對研究場域內屬於正向拍攝車道之偵測設備臨時調整調整一處之偵測模式，其拍攝影像如圖 3.1.13 所示，偵測準確率在機踏車判別部份則較斜向拍攝準確率提升為 93%，其餘車種準確率並無太大差異，而機車則大幅提升，此結果亦驗證上述論點，顯見拍攝方向與車輛是否遭遮蔽的重要性。



圖 3.1.12 機踏車遭大型車遮蔽現象

表 3.1-5 斜向拍攝之車種車流量準確率驗證

		機踏車	小型車	大客車	中大型車	不分車種
晨峰	人工	367	172	1	24	564
	AI	289	166	1	30	486
	準確率	79%	97%	100%	80%	86%
昏峰	人工	268	197	1	24	490
	AI	174	199	1	20	394
	準確率	65%	99%	100%	83%	80%



圖 3.1.13 偵測設備正向偵測路段車流量

4.路段車速與佔有率偵測成果：

車速偵測與佔有率偵測均是於路段中劃設一偵測區域，並於區域內劃設兩條偵測線，於車速模式下，兩條偵測線通常劃設於一組車道線前後(如圖 3.1.14 所示)，因一組車道線依規定須為 10 公尺，故此車道線可有效做為距離之判別，使偵測電腦可直接依據車輛通過一組車道線之時間與 10 公尺之定值運算每部車通過車速，並計算平均旅行速度；佔有率則依據劃設區域被佔有時間進行每分鐘佔有率計算。

本研究本次於快速公路及祥順路一段與環中東路口之一彎道進行平均速度偵測，於速度偵測方面本模式準確率介於 87%~100%，平均約為 97%，而速率誤判主要原因經研判與車量重疊有關，通常發生於多部機車同時經過時發生，倘若在無遮蔽或重疊狀況，其準確率則較為穩定，目前已透過資料學習逐步改善，佔有率準確率為 78%。



圖 3.1.14 偵測線劃設方式



圖 3.1.15 車速偵測異常探討

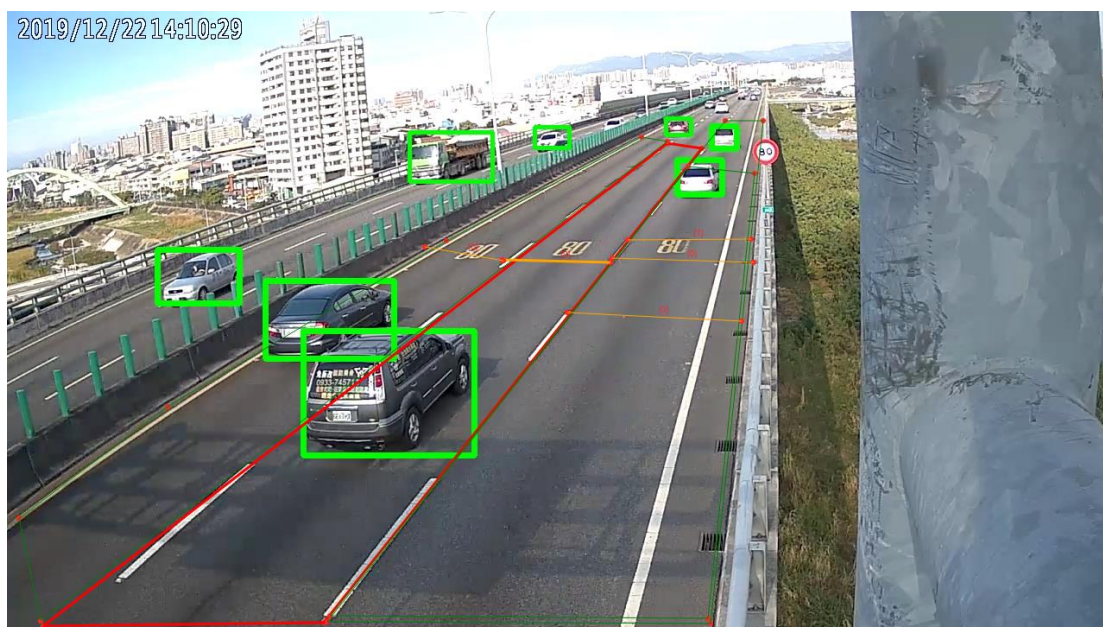


圖 3.1.16 車速偵測畫面

5. 人流偵測成果：

人流偵測模式可偵測劃定區域內之人數或是人流量(依方向)，其偵測邏輯說明如下表：

表 3.1-6 人流偵測模式說明

模式	說明
區域內人數統計	劃設一偵測區域，定時偵測區域內總人數，並寫入資料庫。

模式	說明
人流量統計	劃設一偵測區域及一偵測線，將會自動判別多少人員通過該偵測線，並依據通過方式(如由左至右或由右至左)進行各方向人流統計，以此可加以應用掌握進出園區之人流量。

本研究選定台灣燈會接駁站進行人流偵測統計，而辨識情境可概分為三情境，說明如后，各情境偵測成果如表 3.1-7。

(1)燈光明亮，但人流較少。

(2)燈光明亮，但人流較擁擠。

(3)燈光昏暗。

表 3.1-7 各情境偵測準確率與說明表

情境	方向	準確率	說明
情境 1	前往燈區	85%	本處燈光明亮，且高度亦為三情境中較高，惟當有兩位以上民眾在通過判定基準線過於緊貼時，則容易誤判為僅有一人。
	離開燈區	88%	
情境 2	前往燈區	96%	民眾通常靠右行走，前往燈區民眾於偵測畫面中則位於畫面中下方，較無被遮蔽現象，故辨識準確率較離開燈區高。
	離開燈區	68%	民眾通常靠右行走，離開燈區民眾則位於畫面中上方，容易被前往燈區民眾遮蔽，此外，因人群龐大，加上部分民眾均身著暗色衣服，容易造成重疊使得多人誤判為一人，目前將嘗試透過 AI 學習方式，提升準確率。
情境 3	往南	83%	民眾通常靠右行走，而也造成往南民眾會行走於畫面中左方，即燈光十分昏暗處，在民眾穿著暗色衣服下，更容易無法偵測到。
	往北	90%	經確認遭誤判多數均是行走於畫面黑暗處。



圖 3.1.17 情境 1-燈光明亮但人流少之偵測狀況



圖 3.1.18 情境 2-燈光明亮但人流擁擠之偵測畫面

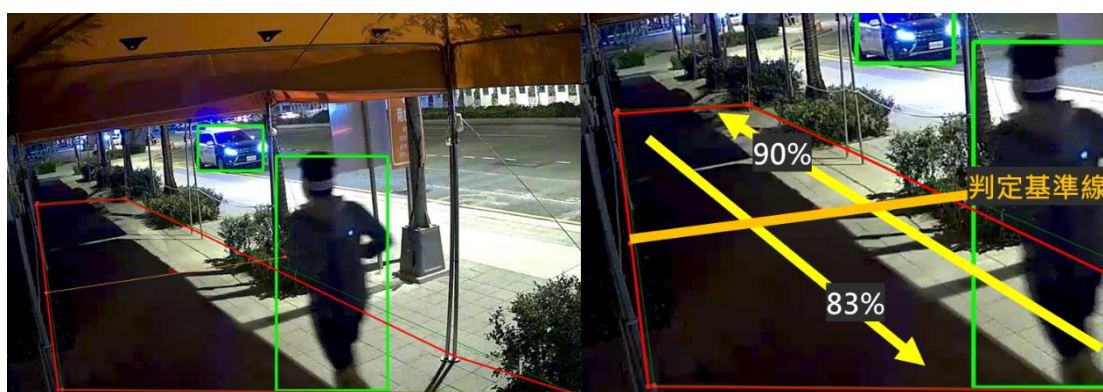


圖 3.1.19 情境 3-燈光昏暗偵測畫面

3.1.3 AI 影像偵測設備規格說明與架設建議

本研究所使用之 AI 影像偵測設備其偵測電腦硬體規格說明如表 3.1-8 所示，攝影機規格如表 3.1-9 所示，本研究應用 AI 影像偵測設備進行交通

數據之蒐集，因相關交通數據已於路側端即 AI 影像偵測設備進行運算，故後端之控制中心僅需蒐集資料較無運算需求，除減輕中心伺服器負擔外，亦可避免路側端設備因網路延滯問題導致影像資料無法即時回傳中心。AI 影像偵測設備可僅回傳交通數據，如車速、延滯等文字資料，減輕網路延遲帶來之影響；此外，透過最新影像編碼 H.265 編碼格式，目前 AI 影像偵測設備其每 10 分鐘之尖峰時段高畫質影片已有效壓縮，可達到保存 30 天以上之能量，顯見其除可有效辨識並即時回傳交通數據外，未來發生事件時，亦可利用本設備調閱相關高畫質影像，藉以釐清事件。

表 3.1-8 本研究所採用之 AI 影像偵測設備硬體規格表

SPEC	
CPU	NVIDIA Jetson Nano
OS	Linux 4.9/Ubuntu 18.04
Memory	4GB LPDDR4
eMMC	16GB eMMC
I/O	GBE x 1, 10/100M Ethernet x 1 USB 2.0 Micro-AB x 1 USB 3.0 Type A x 1 Micro HDMI x 1 GPIO(DO) x 2 Key x 3: Power. Reset. Recovery Power LED x 1 Dimming (0~10V) x 1 PCIE SSD(M.2) x 1 DC-in 19V ----- Debug UART(Internal) x 1
Dimension	90(W) x 118(D) x 69(H) mm
Temperature	-20 ~ 60 °C (Operation)

表 3.1-9 本研究所採用之攝影機規格表

Technical Specifications	
Model	IB9360-H
System Information	
CPU	Multimedia SoC (System-on-Chip)
Flash	128MB
RAM	256MB
Camera Features	
Image Sensor	1/2.9" Progressive CMOS
Max. Resolution	1920x1080 (2MP)
Lens Type	Fixed-focal
Focal Length	f = 3.6 mm
Aperture	F2.0
Iris type	Fixed-iris
Field of View	81° (Horizontal) 44° (Vertical) 95° (Diagonal)
Shutter Time	1/5 sec. to 1/32,000 sec.
WDR Technology	WDR Pro
Day/Night	Yes
Removable IR-cut filter	Yes
IR Illuminators	Built-in IR Illuminators up to 30 meters with Smart IR, IR LED*2
Minimum Illumination	0.065 lux @ F2.0 (Color) <0.005 lux @ F2.0 (B/W) 0 Lux with IR illumination on
Tilt Range	90°
Rotation Range	180°
Pan/Tilt/Zoom Functionalities	ePTZ: 48x digital zoom (4x on IE plug-in, 12x built-in)
On-board Storage	Slot type: MicroSD/SDHC/SDXC card slot Seamless Recording
Video	
Compression	H.265, H.264, MJPEG
Maximum Frame Rate	30 fps @ 1920x1080
Maximum Streams	3 simultaneous streams
S/N Ratio	68 dB
Dynamic Range	120 dB
Video Streaming	Adjustable resolution, quality and bitrate, Smart Stream III
Image Settings	Time stamp, text overlay, flip & mirror; Configurable brightness, contrast, saturation, sharpness, white balance, exposure control, gain, backlight compensation, privacy masks; Scheduled profile settings, HLC, defog, 3DNR, video rotation
Network	
Users	Live viewing for up to 10 clients
Protocols	802.1X, ARP, CIFS/SMB, CoS, DDNS, DHCP, DNS, FTP, HTTP, HTTPS, ICMP, IGMP, IPv4, IPv6, NTP, PPPoE, QoS, RTSP/RTP/RTCP, SMTP, SNMP, SSL, TCP/IP, TLS, UDP, UPnP
Interface	10 Base-T/100 Base-TX Ethernet (RJ-45) *It is highly recommended to use standard CAT5e & CAT6 cables which are compliant with the 3P/ETL standard.
ONVIF	Supported, specification available at www.onvif.org
Intelligent Video	
Video Motion Detection	Five-window video motion detection
VADP Package	Trend Micro IoT Security, Stratocast
Alarm and Event	
Alarm Triggers	Motion detection, periodical trigger, system boot, recording notification, camera tampering detection, manual trigger, SD card life expectancy, cybersecurity events (brute force attack event, cyberattack event, quarantine event)
Alarm Events	Event notification via email, HTTP, FTP, NAS server, SD card File upload via email, HTTP, FTP, NAS server, SD card
General	
Connectors	RJ-45 cable connector for Network 10/100 Mbps PoE connection*1
LED Indicator	System power and status indicator
Power Input	IEEE 802.3af PoE Class 2
Power Consumption	Max. 6.49 W (IR on) Max. 3.6 W (IR off)
Dimensions	Ø 91.1 x 176.8 mm
Weight	530 g
Casing	IP66, IK10(Housing)
Safety Certifications	CE, FCC Class B, UL, LVD, VCCI, C-Tick
Operating Temperature	Starting Temperature: -10°C ~ 60°C (14°F ~ 140°F) Working Temperature: -30°C ~ 60°C (-22°F ~ 140°F)
Humidity	90%
Warranty	24 months
System Requirements	

本研究所採用之 AI 影像偵測設備其裝設於路側端時將需要考量 AI 電腦主機、POE 供電器、通訊模組及攝影機之安裝位置，整體架構如圖 3.1.20 所示，本研究建議之安裝位置為將 AI 電腦主機、POE 供電器與通訊模組放置於路側端方便維護之位置，如號誌控制箱內或另行裝設一箱體安置，攝影機則架設於車道上方，使攝影機可正向拍攝車輛。

本研究因單一路口裝設設備較多，號誌控制箱內已無空間可一次容納數臺設備，故多數係以另行打造箱體放置為主(如圖 3.1.21 所示)，而於箱體內應確保通風與線路穩定，並建議一箱體以一組 AI 偵測設備主機為主(在箱體空間有限的情況下，箱體空間如圖 3.1.22 之右方)。

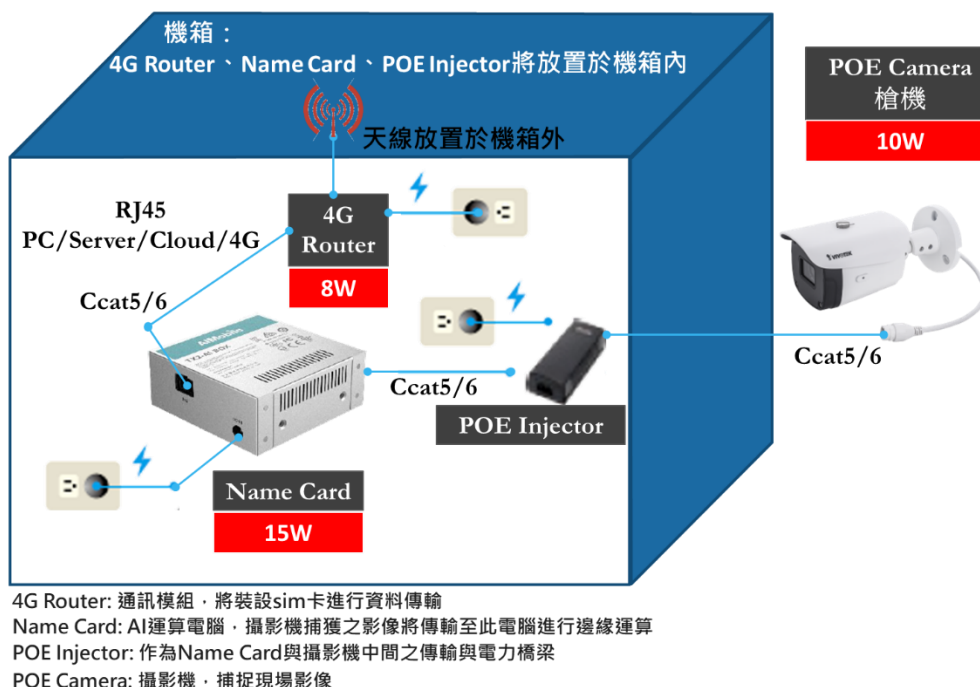


圖 3.1.20 本研究偵測設備連接架構

表 3.1-10 偵測設備架構說明

元件	說明
AI 偵測電腦(Name Card)	負責接收影像並進行運算及傳送運算後之資料至中心端。
POE 供電器(POE Injector)	用以提供攝影機電力與傳送資料至 AI 偵測電腦。
攝影機	負責拍攝畫面並傳送至偵測電腦。
4G 通訊模組	提供 AI 偵測電腦與中心端之通訊，若該處已有 RJ45 之網路線可直接連接，則不需要額外裝設通訊模組。
中心端	中心端若僅作資料呈現，則其伺服器效能可較低，若尚須運用此資料進行策略研擬，則須依需求進行調整，本案後端伺服器規格可參考表 6.1-1 與 6.1-2。
附註：每一組偵測設備僅包含 AI 偵測電腦、POE 供電器與攝影機，通訊模組(需為 RJ45 接孔)需要由各單位自行購置。	

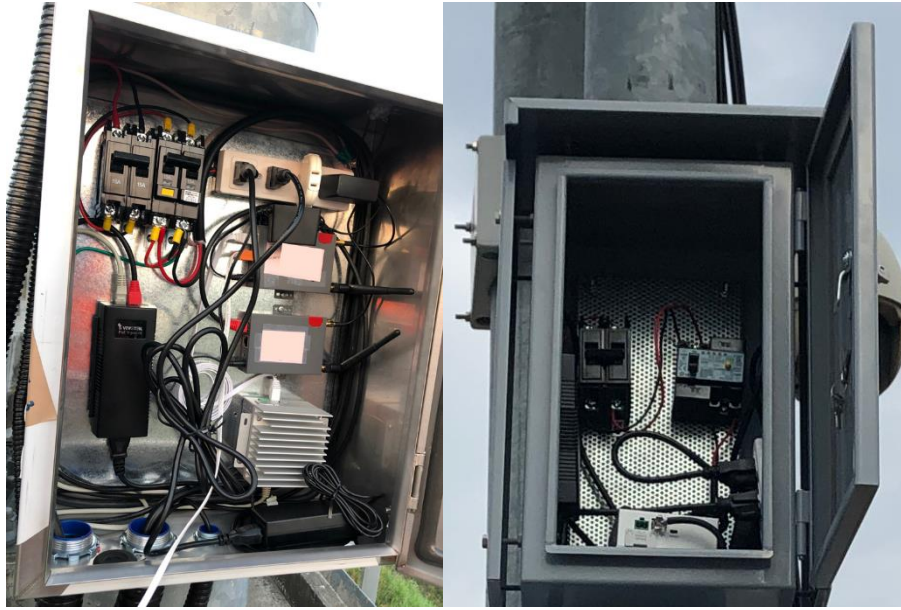


圖 3.1.21 本研究偵測設備箱體內裝置狀況

在攝影機裝設位置，應避免畫面遭遮蔽，且正向拍攝，其效果將較佳。因設施裝設若裝設於非交通局處所轄管之設施上，容易衍伸跨單位協調事宜，造成工程時間延長，故本研究建議以交通主管單位可直接管轄之號誌桿燈箱旁為主要架設地點。號誌桿燈箱旁其離地高度約等於號誌桿設置高度規定，介於 4.6 公尺至 5.6 公尺間，此外，又因其高度已受規範規定，可使相關架設方式一體適用，較毋須因個案須針對攝影機角度進行大幅調整。

本研究攝影機架設位置雖係以號誌桿燈箱旁或分隔(向)島為原則，但在實際裝設時常遭遇多數燈箱旁已附掛路名標誌牌且無法遷移或是並無分隔(向)島或因車道上方之位置後續維護困難，而有因地調整部分裝設位置，但根據後續交通數據蒐集結果，雖未於上述裝設位置裝設，其辨識結果並無明太大落差，但容易有車輛遭到大型車遮蔽致使無法辨識，而這也是使用影像辨識設備需要關注之課題。本研究經過相關試驗後，歸納號誌桿上燈箱旁或中央分隔(向)島上應為最佳之攝影機裝設位置，圖 3.1.22 與 3.1.23 為本案兩情境之裝設狀況。

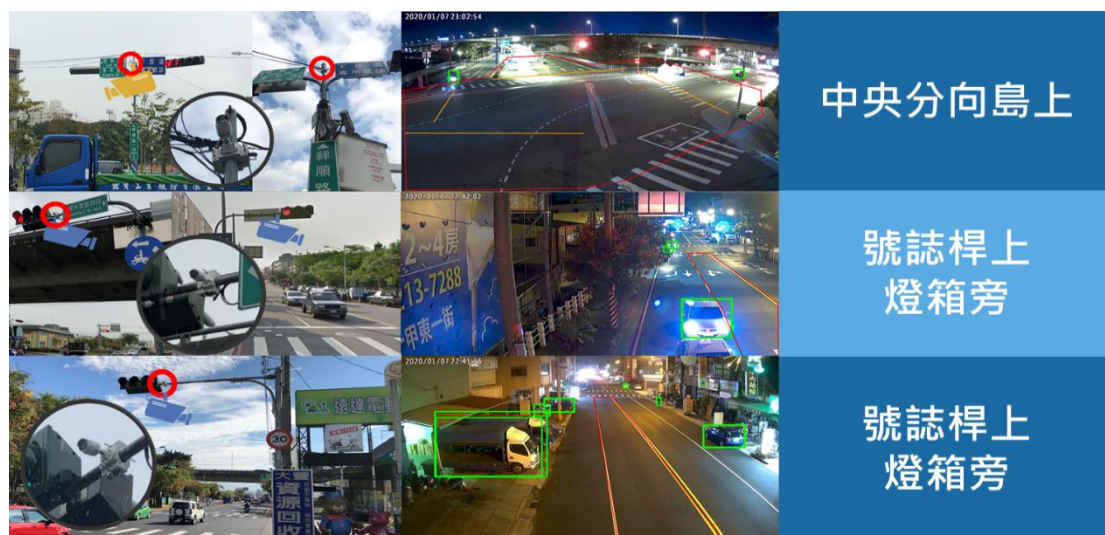


圖 3.1.22 攝影機建議裝設位置與拍攝狀況



圖 3.1.23 攝影機未於建議位置裝設圖及拍攝狀況

AI 影像偵測設備受限於是透過影像來加以偵測，故裝設位置將關聯偵測之交通參數，下表與圖 3.1.24 及圖 3.1.25 說明本研究目前歸納之各位置可偵測項目與偵測範圍。

表 3.1-11 裝設位置與可偵測之交通參數關聯表

拍攝位置	拍攝路口	拍攝路段
交通參數	1. 路口轉向交通量 2. 路口行人流量 3. 路口溢流 4. 等候線長度* 5. 延滯* 6. 車流密度*	1. 路段交通量與行人量 2. 等候線長度 3. 延滯 4. 車速 5. 佔有率 6. 車流密度 7. 路口溢流*
附註：標註*之項目，因攝影機有效範圍長度約為 30~50 公尺，寬度約為 20 公尺，因此需視現場攝影機有效可視範圍是否可拍攝到下一個路段或下一個路口處，此與街區長度及路口大小均有關聯。		

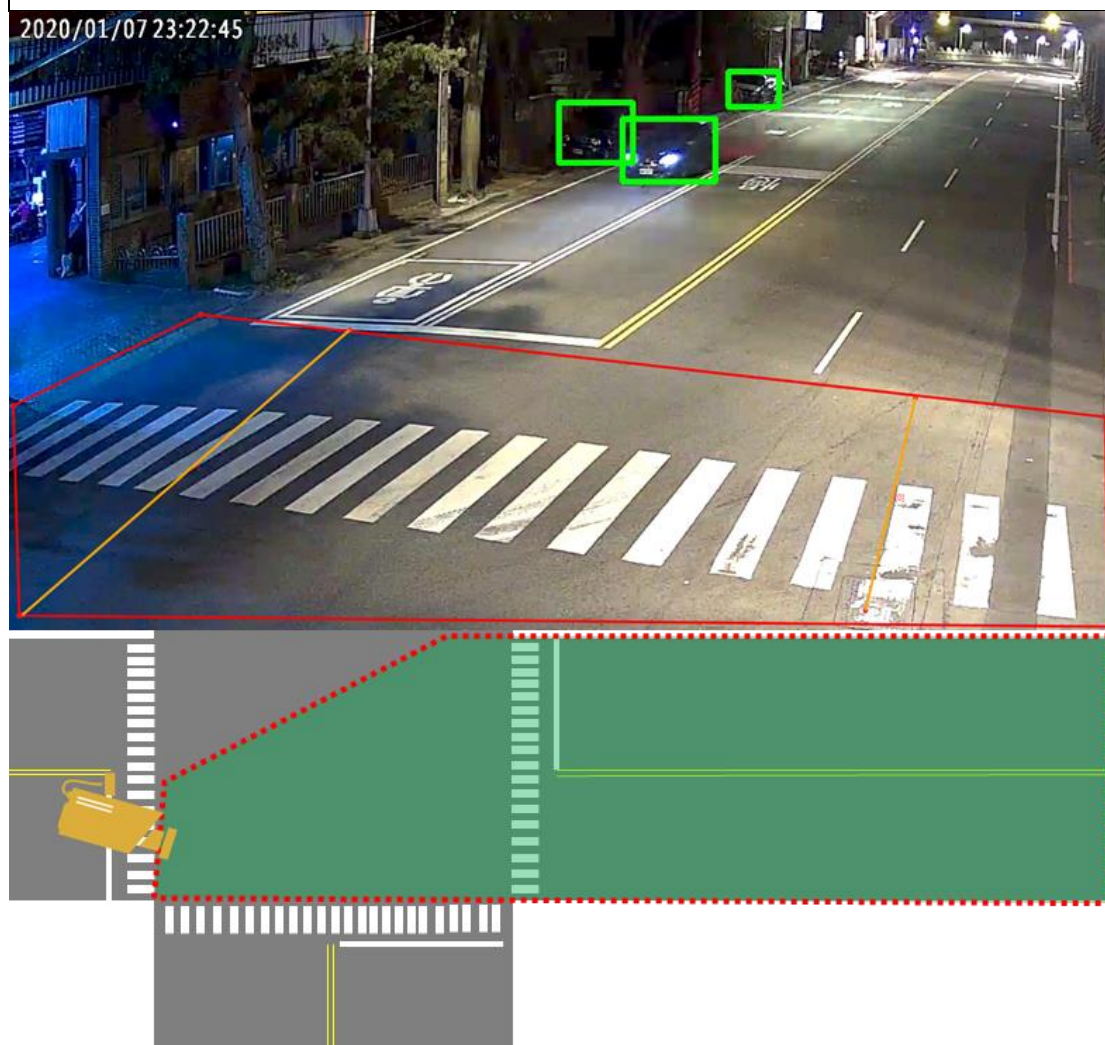


圖 3.1.24 攝影機拍攝路口時之可能偵測範圍(實際仍視現場狀況)

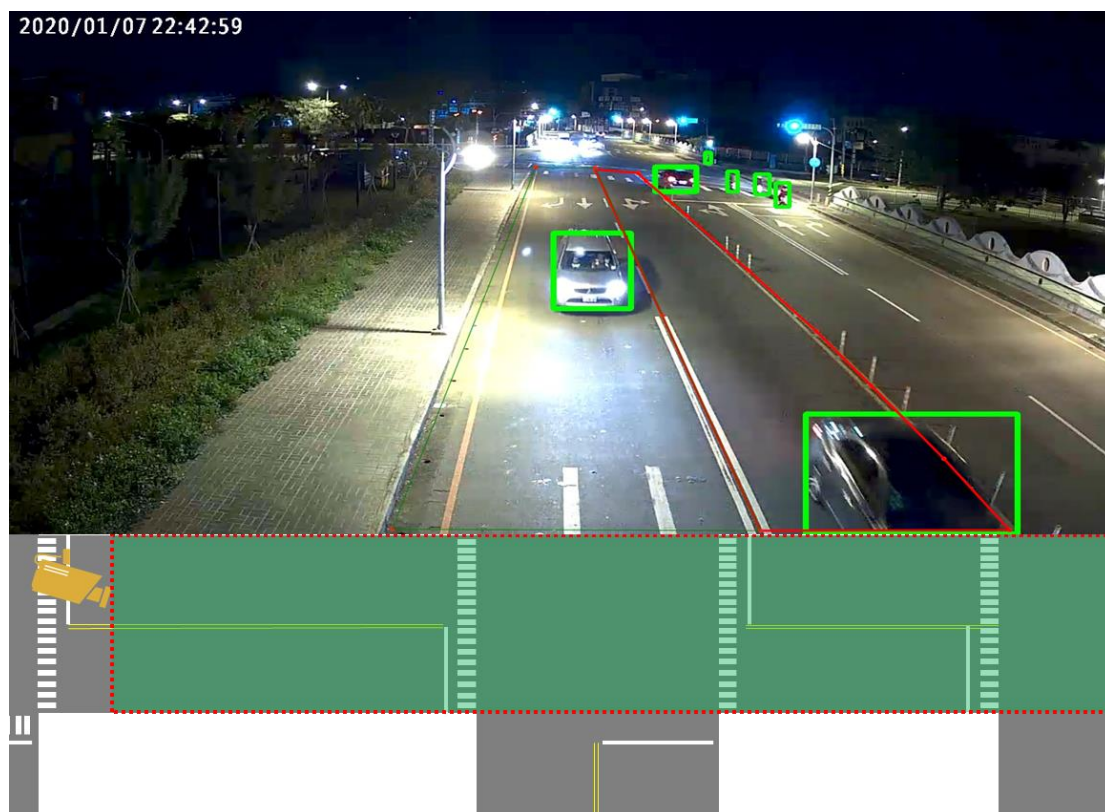


圖 3.1.25 攝影機拍攝路段之可能偵測範圍(實際仍視現場狀況)

3.2 臨時性偵測設備

交通參數之調查往往會因特殊事件而需要進行臨時性之參數蒐集，如場站開發之交通量調查、大型活動之即時交通情況蒐集及施工期間交通情況掌握等。過往實務上多採用人員調查並即時回報，或裝設車輛偵測設備進行交通偵測；然而，以人員調查往往需聘用多名人力，徒增成本，且每個調查員對於壅塞定義亦不盡相同，此外，此方式尚須透過回報方式，無法即時掌握交通情況；而車輛偵測設備雖可具備即時資訊掌握，但其前置施工安裝及事件結束後之設備拆卸之施工成本均十分高昂且浪費。為因應此臨時性之交通數據調查需求，臨時性偵測設備之規劃勢在必行，其除可提供準確之交通資料調查，並且可節省人力與不必要之施工成本。

3.2.1 設計構想

為因應臨時性之交通參數調查，本研究嘗試結合固定式偵測設備之辨識單元，規劃臨時性偵測設備以因應。臨時性調查之設備應須具備常態性偵測設備之偵測能力，使其不需要針對每一場域再進行訓練即可進行偵測，且應具備容易移動、操作方便、防水耐熱及續航力長之特點。本研究依循以上特點規劃臨時性偵測設備，並設計一具有滾輪可方便移動之箱體，其箱體內包含電池、AI BOX、攝影機及支架，攝影機與支架在需要使用時，

可由箱體內取出並架設，並可依據現場需求，架設所需要之支架數量，以使攝影機可因應不同需求，架設於不同高度；於非使用情況，亦可收納於箱體內方便移動。其相關架設構想與採用偵測設備規格如圖 3.2.1 至圖 3.2.4 所示，其與長期性偵測設備之主要差異為需要考量設備之供電及移動便利性，主要之重點特色如下：

- 1.利用 AI 演算法，提供臨時性偵測模式。
- 2.臨時性偵測架構可於室外臨時性偵測 1-2 天。
- 3.可於 PC/Tablet 中進行動態功能調整。
- 4.係以 IP55 之規範打造，並以-20 度~60 度之溫度環境規劃。

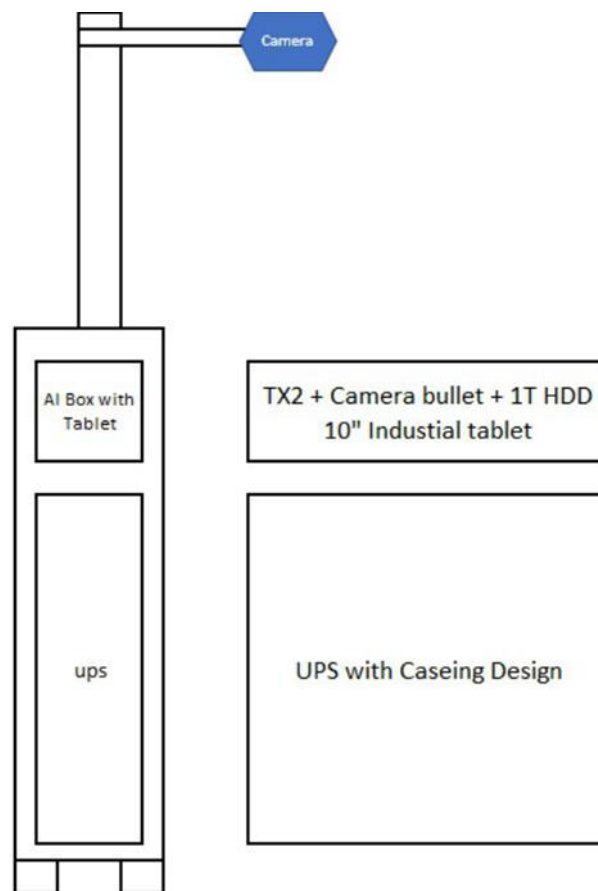


圖 3.2.1 臨時性設備規劃

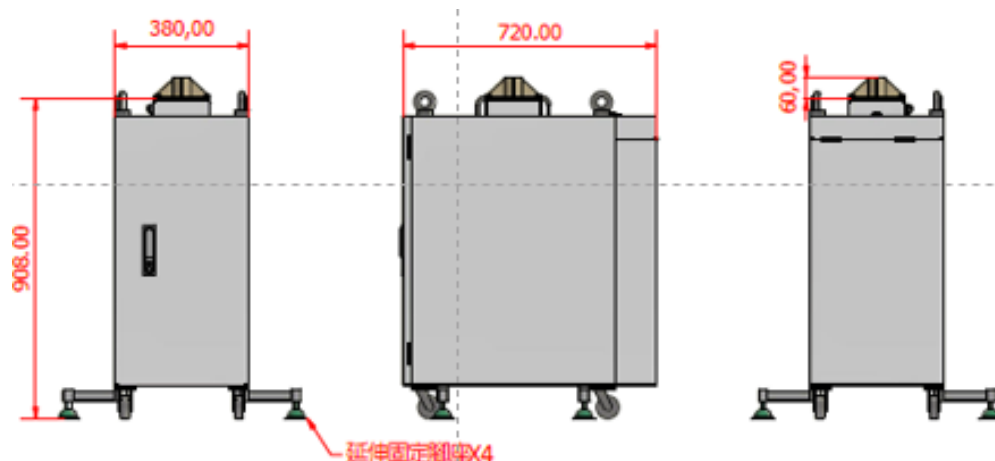


圖 3.2.2 臨時性設備平面圖

Specification

Processor	CPU	NVIDIA Jetson Tegra X2
	Memory	8GB LPDDR4
	eMMC	32GB eMMC
Wireless	WLAN	802.11 a/b/g/n/ac (2x2)
	BT	BT 4.0
	Antenna	2 x Antenna
Ethernet	RJ45	1 x GigaBit Ethernet
Camera	POE	2 x 802.3af (PSE Power Max 15.4W Out) with GigaBit Ethernet
I/O	I/O	4 x USB 3.0 Type-A
		1 x USB 2.0 Micro-AB
		1 x HDMI x 1
		1 x Audio Jack
		1 x RS232 pin header
		1 x DI/DO Header (5V x6)
	LED	1 x Power on/off Status
	Button/Key	1 x Reset button 1 x Recovery button
Expansion	Storage	1 x mSATA Slot (2.5" HDD/SSD 1TB, Optional)
Enviornment	Temperature	Operation: -20 ~ 60°C
Mechanical	Dimension	204(W) x 137.9(D) x 67(H) mm
	Weight	2.159kg
OS	Linux	Linux 4.4/ Ubuntu 16.04
Power	Input	1 x DC-In 19V adaptor

圖 3.2.3 臨時性偵測設備規格

3.2.2 設備建置成果

本研究所規劃之臨時性設備所使用之辨識單元整體而言與固定式偵測設備相同，惟須針對相關偵測設備打造出合適之存放空間與穩定的供電環境；因此，本研究與機殼打造商及電池廠商共同溝通與討論，規劃符合本研究需求之外殼與電力設備，最終產出之機殼與電池規格如表 3.2-1 所示，相關實體照片如圖 3.2.4 至圖 3.2.6 所示，臨時性偵測設備其整體特點說明如下：

- 1.機殼特色：選用不鏽鋼為機殼主要原料，結合烤漆，並以 IP55 規範規劃，使其除可於-20 度~60 度環境運行與不同天候環境運行外，亦兼顧美觀、堅固並耐腐蝕。
- 2.高度機動性：機殼底布設有四顆滾輪與固定支架，方便移動與固定。
- 3.預留固定栓：所打造之設備其本身重量（含電池）已達近百公斤，且其重心位於底部，機殼底端亦規劃有固定桿增強穩定度，但仍保留四個固定栓，可搭配重物加強固定，使其可承受更高的風壓。
- 4.攝影機桿件可活動調整：為使攝影機拍攝高度可因應不同環境進行調整，規劃六支延伸桿附掛於機殼中，延伸桿可隨設備機動移動。延伸桿每一支長度約為 0.7 公尺，亦即加上臨時性設備高度後，其可提供攝影機之拍攝高度範圍約為 1.7~5.1 公尺之間；現行號誌桿建設置高度為 4.6~5.6 公尺，本研究所規劃之交通參數偵測其最適當之拍攝範圍亦是以號誌桿件設置高度為基準進行調校，故臨時性設備之彈性調整範圍已可滿足絕大多數之照射環境，且可讓使用者依據現場環境與偵測項目選擇裝設之高度。此外，延伸桿採用旋轉方式，方便使用者於現場組裝。
- 5.即時資訊掌握：隨機配有一平板，可即時掌握設備偵測狀況；此外，亦可結合無線通訊，使設備可即時將資訊回傳中心，並由中心進行控制。
- 6.高效續航力：本設備規劃採用防爆鋰鐵電池做為臨時性設備之供電原料，其可支應偵測設備偵測至高 2 天之連續偵測。
- 7.高度擴充性：目前本研究規劃為一臨時性設備配備一組攝影機進行偵測，惟所採用之辨識系統其具備兩部攝影機同時偵測，未來可視情況再行提升其效能。
- 8.基本防盜功能：由於交通偵測往往需將設備放置於公共空間數小時以上，其設備安全性至關重要，本研究所規劃之機殼將所有重要硬體放置於機殼內，並有一鎖確保基本安全，然仍難防止宵小直接竊取整部設備，目前已研擬未來可再增加一攝影機照射下方並有保全警報系統，即時與交控中心進行連線，降低竊盜率。

表 3.2-1 機殼與電池規格表

名稱	重量	材質	備註
機殼	約 70 公斤	不鏽鋼+烤漆	含 6 支設備架設桿。
電池	約 35 公斤	防爆鋰鐵電池	容量： $72A \times 8 \times 3.3V = 1900.8W$
總重	約 110 公斤		含機殼、電池、AI 電腦、攝影機、平板及相關零組件。



圖 3.2.4 臨時性設備實體外觀



圖 3.2.5 臨時性設備攝影機固定桿裝卸操作

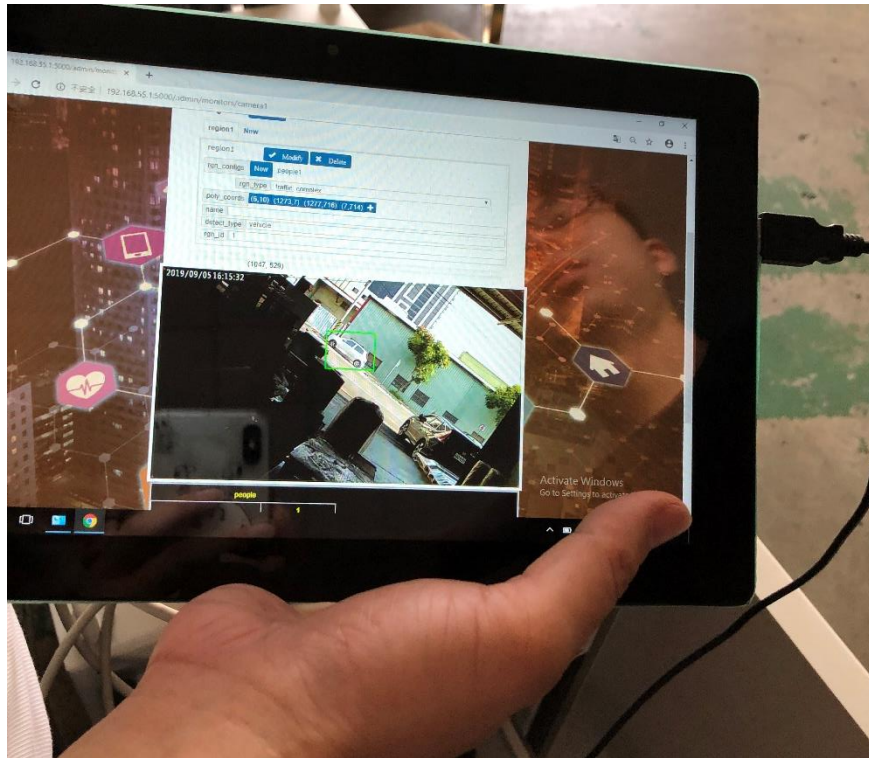


圖 3.2.6 臨時性設備隨機螢幕畫面顯示

本次研究亦赴新加坡 ITS 世界大會展示本臨時性設備，由於現場並無車輛可進行偵測，遂將偵測模式調整為人流偵測，而於現場中，並不需要進行過多額外之調整，僅需將攝影鏡頭調整符合預期之偵測範圍，即可偵測絕大多數之偵測範圍內所有人數，如圖 3.2.7 所示，而偵測設備架設高度亦可隨現場攤位高度進行調整，符合現場需求，整體展覽狀況如圖 3.2.8 所示。

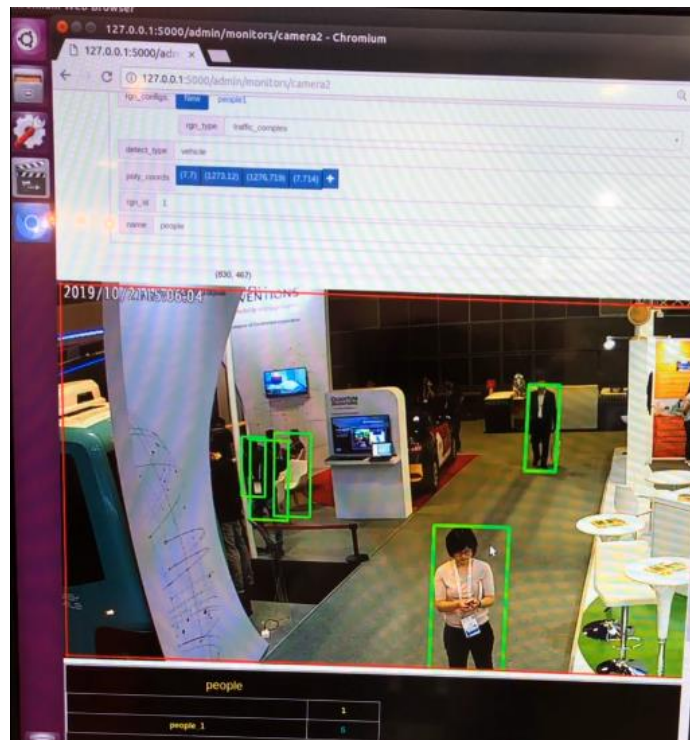


圖 3.2.7 臨時性設備人流偵測即時影像輸出



圖 3.2.8 臨時性設備現場展示成果

3.2.3 設備使用教學

本研究針對未來潛在使用本設備之先進於 109 年 2 月 10 日下午進行臨時性設備使用教學，教學項目包含臨時性設備背後之運算邏輯、臨時性設備架設方式、偵測線現場畫設說明與資料呈現等，現場與會先進均對本設備有高度讚許，而因本設備有一致之偵測邏輯且方便移動，亦有可能解決道路績效評估人工調查所產生之誤差。



圖 3.2.9 臨時性設備教學照片紀錄

3.3 車輛偵測設備綜合比較

車輛偵測設備種類十分多元，目前我國主要使用之主流車輛偵測器包含環路線圈式車輛偵測器、雙雷達微波式車輛偵測器與 AI 影像式車輛偵測器，下表整理各類型車輛偵測器特點。

表 3.3-1 主要偵測設備比較表

類型	原理	可偵測項目	成本
環路線圈式	於道路路面下埋設金屬環路線圈，當車輛通過時，環路線圈將會偵測其電磁場之變化並以此測得該車道之流量及佔有率。此外，利用車輛通過兩組環路線圈的時間差，亦可求得車輛之長度與速度，進而判斷車輛種類。 ● 優點：線圈埋設於車道下，其設置不影響美觀。 ● 缺點：施工維修須長時間封閉車道。	1. 車流量 (含車種) 2. 佔有率 3. 速度	硬體： 約 12 萬/一車道 (含終端模組) 施工： 平面約 2 萬 高快速公路約 6 萬
雙雷達微波式	通常於路側高架方式偵測道路之車流資訊，藉由架設於道路側邊的感測器，傳入車道中的交通狀態，從而分析車況並將資料傳回交控中心或是現場的控制設備。根據該資料，交控中心能夠掌握路段的狀況並據此進行各種消息發佈與號誌控制。	1. 車流量 (含車種) 2. 佔有率 3. 速度	約 22 萬/每座 (含終端模組) (含施工費用)
AI 影像式	藉由攝影機拍攝影像傳輸至 AI 辨識電腦進行辨識，AI 辨識電腦可傳輸辨識後之資料 (包含純數據、數據+圖片、數據與影像) 至中心，並可有效使中心端掌握數據與影像狀況，有效下達策略。	1. 車流量 (含車種) 2. 轉向量 (含車種) 3. 佔有率 4. 速度 5. 延滯 6. 事件	10 萬/1 組 (含終端模組與基本攝影槍機)

第四章 AI 影像辨識數據於路口號誌設計之應用

4.1 場域與執行歷程說明

為利使 AI 影像辨識數據可與路口號誌進行結合，且能有良好之改善幅度，本研究先行針對臺中市台 74 線沿線之匝道出口與平面道路匯流處進行評析，並與臺中市政府交通局共同討論，最終決議以臺中市太平匝道周邊做為研究場域，期望導入 AI 影像偵測設備掌握太平匝道周邊交通數據，並輔以號誌控制策略解決下匝道車流與平面道路壅塞課題。

由於太平匝道周邊場域整體偵測規劃涉及設備裝設、設備通訊與設備電力課題，且道路權屬橫跨臺中市政府與公路總局，故市府僅能協助市府所管轄之道路設備裝設，並無權協助快速公路設備施工與電力提供，快速公路設備裝設與電力，經跨單位協調，其設備裝設仍需由研究團隊自行擔負，故研究團隊另行尋找可依循公路總局施工標準之團隊進行設備裝設與施工，整體執行歷程說明如下表。

表 4.1-1 太平匝道周邊道路偵測與控制規劃執行歷程

日期	主題	說明
108.06.14	偵測規劃討論	研究團隊與臺中市政府交通局交通規劃科針對偵測規劃進行討論，徵詢市府期望透過 AI 偵測設備結合號誌控制改善之場域，最終決議由研究團隊依循市府需求評估合適區位，再進行最終場域選定。
108.06.27	確認偵測規劃	研究團隊與臺中市政府交通局交通規劃科再次針對偵測規劃進行討論，由於台 74 線沿線匝道與平面道路匯流處多為嚴重交通問題之節點，又目前潭子以東較無相關偵測設備，其中又以太原與太平兩匝道有極高之改善需求，經討論後決議先針對太平匝道周邊進行整體偵測規劃，結合偵測設備與號誌控制，解決太平匝道周邊交通問題。
108.07.11	太平匝道周邊場勘	研究團隊與臺中市政府交通局交通規劃科、交通工程科赴現場進行場勘，並請交通局協助提供周邊各路口時制計畫，以利評析並擬定策略。
108.07.24	確認交通控制器連線事宜	研究團隊與交通局交通工程科針對太平匝道周邊路口交通控制器更換為具 V3 協

日期	主題	說明
		定之控制器進行初步討論，因涉及契約與經費問題，交通局需再召開會議進行討論。
108.07.25	確認台 74 線用電問題	與公路總局二工處確認台 74 線用電問題，並請交通局協助函文二工處確認。
108.08.23	時制計畫變更及控制器更換議題討論	與交通局交通工程科針對祥順路與環中路四段路口新設一右轉專用道、時制計畫變更與號誌控制器更換進行可行性討論，除右轉專用道因用地問題無法配合，其餘項目獲初步同意。
108.08.28	確認偵測規劃、時制計畫異動與控制器更換議題	與交通局交通規劃科及交通工程科針對整體偵測規劃、儀表板規劃、未來號誌控制暫時不整合至交控中心、時制計畫異動與控制器更換為具 V3 協定之機種等議題進行討論，交通局初步認同所有規劃。
108.09.02	偵測設備 API 介接課題討論	與交通局交通規劃科及 TOPIS 維運廠商針對未來偵測設備納入 TOPIS 之連線方式進行討論，以利未來設備納入 TOPIS。
108.09.19	號誌控制器測試	與交通局確認先行借用一號誌控制器進行研究連線測試。
108.09.20	旅行時間偵測議題討論	因下匝道車輛其旅行時間將為太平匝道周邊號誌控制策略績效之重要指標，然而旅行時間之掌握需掌握車輛之車牌或 e-Tag 資訊，研究所採用之攝影機並不具備清楚辨識高速行駛下之車輛車牌，故與交通局商討裝設 e-Tag 掌握車輛由太平匝道開始等候再到離開匝道，並行駛到平面道路通過路口之時間，交通局同意裝設至少兩組偵測器，做為車輛旅行時間監控使用，並可使號誌控制策略可準確。
108.10.02	交通局協助事項確認	交通局告知台 74 線施工因交通局並無管轄該處道路，無法於該處架設設備，須由研究團隊自行尋找施工廠商進行施工，研究團隊隨即委請施工廠商進行場勘與估價。
108.10.05	偵測設備送達交通局	太平匝道周邊偵測規劃所使用之 25 套偵測設備送達交通局。
108.10.14	通訊與連線架構討論	與交通局針對設備通訊與連線架構進行討論，確認於研究期間，相關設備含偵測

日期	主題	說明
		設備及控制器暫不進 TOPIS，然相關設備仍處於臺中 VPN 網域下，又因研究團隊其伺服器將建置於逢甲資訊中心，故需再建置一 GSN VPN 至逢甲伺服器端，以利偵測設備與號誌控制器連線。
108.10.28	台 74 線設備裝設與電力使用場勘	與交通局、高公局及員林工務段針對台 74 線設備裝設及電力使用進行討論，並請未來研究團隊於設備裝設依循相關施工規定，電力請交通局再行向二工處申請介接。
108.11.07	控制策略衍生事故權利義務探討	因控制策略未來於研究期間將由研究單位實施，而因控制失誤衍生之事故亦將由研究團隊承擔，故交通局敦請研究團隊投保相關保險。
108.11.08	交通局 GSN VPN 建置完成	中華電信完成交通局 GSN VPN 專線連接至逢甲伺服器。
108.11.19	台 74 線施工報價	團隊委託之施工廠商完成台 74 線偵測設備布設初步規劃與報價，確認無誤後委請廠商持續規劃交維計畫與細部設計。
108.11.22	平面道路偵測設備裝設	市府施工廠商進場施工，開始裝設太平匝道周邊平面路段偵測設備。
108.11.26	控制器完成更換	太平匝道周邊關鍵四路口控制器完成更換，符合 V3 通訊協定。
108.12.13	提送交維計畫	依據員林工務段建議進行修正，並由交通局正式提送交維計畫書。
108.12.16	提送施工通報單	交通局傳真施工通報單予員林工務段。
108.12.19 至 108.12.20	台 74 線主線偵測設備架設	團隊委託之施工廠商進場施工，19 日完成 74 線上游偵測設備與 e-Tag 設備裝設，惟裝設當日測試 e-Tag 設備故障，並已於 20 日排除；20 日同時完成匝道出口處前之偵測設備裝設。
108.12.20	平面偵測設備通訊模組設定	與施工廠商針對太平匝道周邊平面路段之偵測設備進行通訊模組安裝與設定（當日因通訊模組零件不足，東平路 741 與 777 巷口之偵測設備通訊模組並未裝設）。
108.12.25	時制計畫調整討論	與交通局交通規劃科與交通工程科針對時制計畫調整操作進行討論，交通局將先行測試並做好施作前測試，以利使研究團隊規劃可實際於路口操作。

日期	主題	說明
108.12.27	平面偵測設備 通訊模組設定 與 e-Tag 設定	與施工廠商針對東平路 741 與 777 巷口之偵測設備進行通訊模組安裝與設定，並針對太平匝道出口端 e-Tag 進行現場連線設定與測試，惟交通局於出口端所裝設之 e-Tag 與快速公路所使用之 e-Tag 廠牌不同，且資料傳輸方式不相容，故與交通局討論將再更換為同廠牌或同傳輸協定之 e-Tag。
109.01.03	裝設號誌控制器 通訊模組	裝設號誌控制器通訊模組，惟疑似號誌控制器電力供應不足，致使通訊模組無法正常運作。
109.01.07	更換太平匝道 出口端 e-Tag	更換太平匝道出口端之 e-Tag，惟更換後現場測試該模組故障，並經重刷韌體後，於 1 月 8 日重新裝設後正常運作。
109.01.08	裝設號誌控制器 通訊模組	通訊模組廠商赴現場確認通訊問題，最終改使用號誌控制器 110V 維修電源轉變壓器供電方式供電，惟後續仍不間斷地發生通訊模組通訊中斷事宜。
109.01.13	新時制實施	交通局完成太平匝道周邊七路口時制計畫調整，並於當日晚尖峰後採取新時制計畫。
109.01.14 至 109.01.19	新時制測試	現場觀察新時制之車流，並進行時制計畫微調與動態控制；新時制運行約一週後，於 1 月 19 日調整回舊有時制蒐集事前資料，及避免農曆春節期間突發狀況發生。

4.2 交通特性資料調查計畫

本研究研擬於太平匝道周邊布設 AI 影像辨識偵測器，並進行即時交通數據資料蒐集，所蒐集之資料除用以驗證 AI 影像辨識偵測器其可取代人工調查方式，更將運用其即時資料蒐集之特性，進行區域動態控制測試規劃，期望能提升太平匝道周邊之交通績效，解決交通問題。

4.2.1 設備偵測布設規劃

本研究經與臺中市政府交通局針對太平匝道周邊交通問題進行討論，並進行現勘，由於該區域路廊回堵與台 74 線主線車流輻有密切關聯，且於尖峰時段，往往由太平匝道出口處回堵主線約一公里(如圖 4.2.1 所示)，故經討論後，決議同步於台 74 線太平匝道前之主線布設偵測設備，期望能獲取更完整之數據資料；由於影像偵測設備受限於本研究所使用之影像鏡頭

並無法於車輛高速行駛時精準掌握車牌資訊，進而無法掌握各車輛之路段旅行時間，經與交通局細部討論後，決議再架設兩組 e-Tag 偵測器於台 74 線匝道出口前以及匝道出口與平面道路交會處，藉此掌握車輛回堵時之旅行時間，以使控制策略更為精準。

本研究經與交通局討論後規劃於太平匝道周邊道路（含台 74 線快速公路上）裝設 25 組 AI 影像辨識偵測設備及兩組 e-Tag 偵測設備，即時偵測交通狀況，以利未來動態控制測試能更具全面，相關布設規劃如圖 4.2.2 所示，實際布設位置及偵測設備偵測畫面如圖 4.2.3 至 4.2.12 所示，旅行時間偵測如圖 4.2.13 所示。



圖 4.2.1 台 74 線太平匝道下午尖峰時段回堵情形



圖 4.2.2 太平匝道周邊 AI 影像辨識偵測設備偵測項目與布設規劃



圖 4.2.3 樂業路與喬城三街口(紅 1)偵測設備架設位置與畫面



圖 4.2.4 環中東路四段與樂業路口(紅 2、3、5、7) 偵測設備架設位置與畫面



圖 4.2.5 環中東路四段與東平橋路口(紅 4、6)偵測設備架設位置與畫面



圖 4.2.6 東平橋與祥順路口(藍 1、3)偵測設備架設位置與畫面



圖 4.2.7 太平匝道出口與平面道路匯流處(藍 2)偵測設備架設位置與畫面



圖 4.2.8 東平橋與祥順路口(藍 4、5、6)偵測設備架設位置與畫面



圖 4.2.9 環中東路四段與祥順路口(綠 1、2)偵測設備架設位置與畫面



圖 4.2.10 東平路與東平路 777 巷路口(紫 1~4)偵測設備架設位置與畫面



圖 4.2.11 東平路與東平路 777 巷路口(橋 1~4)偵測設備架設位置與畫面

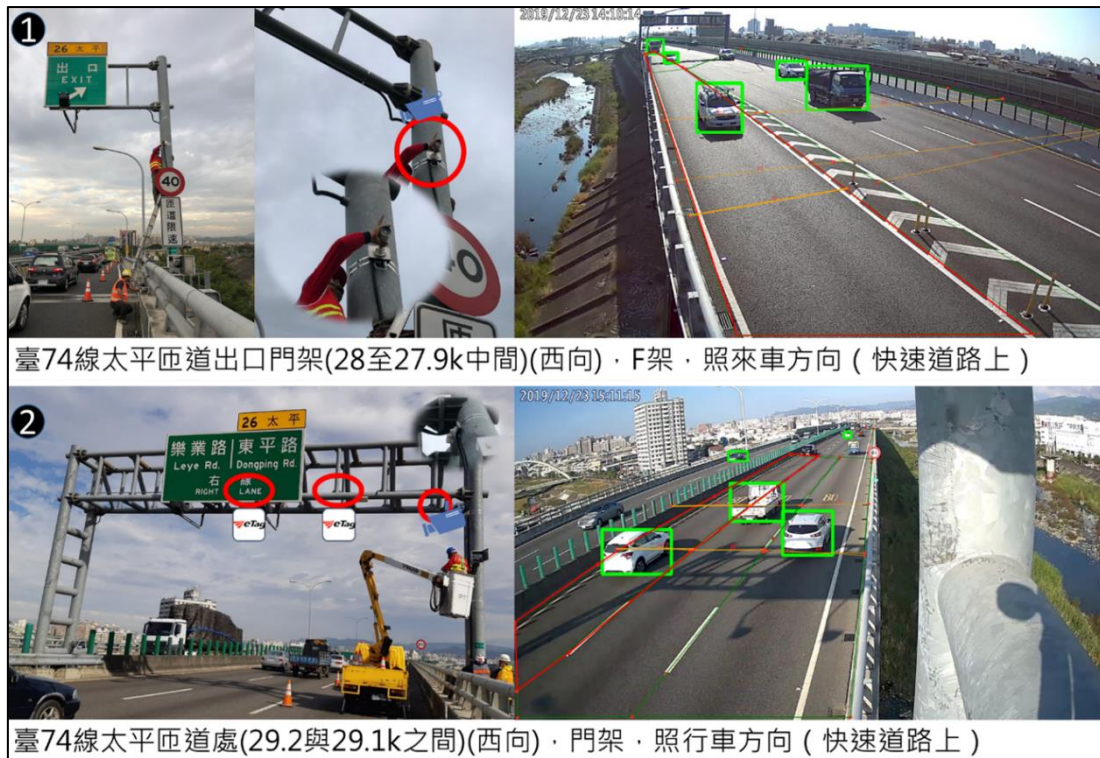


圖 4.2.12 台 74 線西向太平匝道前沿線(黑 1、2)偵測設備架設位置與畫面



圖 4.2.13 應用 e-Tag 於旅行時間偵測說明

4.2.2 交通數據偵測規劃

經針對此廊帶交通狀況進行深入評析，本研究決議主要採用各方向停等資料及平均延滯做為動態控制策略研擬之依據，並於特定路口進行車速、佔有率及行人流量等驗證。

本研究共計裝設 25 組影像偵測設備及兩組 e-Tag，由於本研究計畫所採用之影像偵測設備係為邊緣運算(RSU)之架構，其最終以僅傳送文字資訊或圖片資訊至交控中心，以利中心掌握重要資訊，故經與交通局進行討論後，決議多數現場可布線共用通訊模組之點位以共用為主，部分偵測設備因交通局亦期望掌握現場影像，則採取一偵測設備使用一通訊模組之規劃，最終 25 組影像偵測設備共計使用 14 組通訊模組，多數影像偵測設備均採 2~4 組共用一通訊模組，有效降低未來之通訊費用，並達到相同效果，本研究偵測設備細部說明如下表。

表 4.2-1 偵測設備細部布設及偵測規劃表

設備類型	位置圖示	設備編號	說明	偵測項目	緯度	經度	通訊編組
影像偵測設備	紅-1	01-Ly508E	樂業路與樂業路508巷(東向)	停等資料(一車道·不含慢車道)	24.135741	120.708107	1
影像偵測設備	紅-2	02-LyHzRE	樂業路與環中東路四段(遠端)(東向)	車種車流量	24.135543	120.70864	2
影像偵測設備	紅-3	03-LyHzPE	樂業路與環中東路四段(近端)(東向)(西向)	停等資料(兩車道)(對向一車道)	24.135431	120.708898	2
影像偵測設備	紅-4	04-HzLyN	環中東路四段與樂業路(北向)	停等資料(三車道)	24.1351757	120.709239	3
影像偵測設備	紅-5	05-HzLyPS	環中東路四段與樂業路(南向)	停等資料(三車道)	24.135554	120.708986	2
影像偵測設備	紅-6	06-LyHzW	樂業路與環中東路四段(西向)	停等資料(兩車道)	24.135362	120.709347	3
影像偵測設備	紅-7	07-HzLyRS	環中東路四段與樂業路(遠端)(南向)	停等資料(三車道)	24.135844	120.709211	2
影像偵測設備	藍-1	08-DpXsE	東平橋與祥順路一段(東向)	停等資料(三車道)	24.1349515	120.709803	4
影像偵測設備	藍-2	09-XsDpPN	祥順路一段與東平橋(快車道)(北向)	停等資料(二車道)(匝道下來)	24.134842	120.710022	5
影像偵測設備	藍-3	10-XsDpRN	祥順路一段與東平橋(側車道)(北向)	停等資料(二車道)(側車道)	24.134651	120.709888	6
影像偵測設備	藍-4	11-XsDpRS	祥順路一段與東平橋(側邊)(西向)	停等資料(三車道)	24.134963	120.709982	7
影像偵測設備	藍-5	12-XsDpPS	祥順路一段與東平橋(中間)(西向)	轉向交通量	24.134925	120.710122	8
影像偵測設備	藍-6	13-DpXsW	東平橋與祥順路一段(西向)	停等資料(二車道)	24.1348104	120.710329	9
影像偵測設備	紫-1	14-Dp777RE	東平路與東平路777巷(遠端)(東向)	停等資料(二車道)	24.134259	120.711118	10
影像偵測設備	紫-2	15-Dp777N	東平路與東平路777巷(北向)	停等資料(一車道)	24.1341399	120.71112	10
影像偵測設備	紫-3	16-Dp777PE	東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	24.134277	120.711258	10
影像偵測設備	紫-4	17-Dp777W	東平路與東平路777巷(西向)	停等資料(二車道)	24.134254	120.711311	10
影像偵測設備	橘-1	18-Dp741RE	東平路與東平路741巷(遠端)(東向)	停等資料(二車道)	24.133796	120.712316	11
影像偵測設備	橘-2	19-Dp741N	東平路與東平路741巷(北向)	停等資料(一車道)	24.133747	120.712375	11
影像偵測設備	橘-3	20-Dp741PE	東平路與東平路741巷(東向)	行人流量	24.13383	120.712354	11
影像偵測設備	橘-4	21-Dp741W	東平路與東平路741巷(西向)	停等資料(二車道)	24.133813	120.7124	11
影像偵測設備	綠-1	22-HzXsE	環中東路四段與祥順路一段(東向)	佔有率、車速	24.13383	120.708272	12
影像偵測設備	綠-2	23-HzXsN	環中東路四段與祥順路一段(北向)	停等資料(二車道)	24.1336864	120.708168	12
影像偵測設備	黑-1	25-T74_27KW	臺74線太平匝道出口門架(28至27.9k中間)(西向)	停等資料(下匝道)	24.123541	120.702373	13
影像偵測設備	黑-2	24-T74_29KW	臺74線太平匝道處(29.2與29.1k之間)(西向)	停等資料	24.133168	120.708019	14
e-Tag	黑-1	ETAG-01-T74_29KW	臺74線太平匝道處(29.2與29.1k之間)(西向)	車輛旅行時間	24.133168	120.708019	15
e-Tag	藍-2	ETAG-01-T74_29KW	祥順路一段與東平橋(快車道)(北向)		24.1346502	120.709887	16

4.3 區域動態控制測試規劃

本研究利用 AI 影像辨識偵測系統即時蒐集資料，所蒐集資料項目包含了各車種轉向量、延滯與停等長度等等，除了有利於臨時性調查外，在增加不同資料項目後便應深入思考如何應用資料，增加資料之附加價值，因此，計畫利用所產生之新數據(如延滯等)進行路網之動態控制，透過轉向與停等資料分析設計時制計畫與策略，並使用延滯等資料檢視改善績效，藉此完善整體系統以解決實際壅塞問題。

4.3.1 測試目標

本測試計畫主要針對動態控制部分進行整體性分析與規劃，主要探討議題包含動態控制系統運作範圍規劃，透過與臺中市交通局溝通需求以及既有資料分析決定，並依照測試範圍現況規劃測試程序、方法以及績效計算，最後依照程序定義出相關工作項目，以便實際施作更為準確與明確。

4.3.2 測試範圍規劃

本研究主要透過 AI 影像偵測器偵測轉向量、延滯以及排隊長度等即時交通資訊進行動態號誌控制以及事前事後績效檢視，確保整體動態系統能夠持續與有效的提供服務。以下針對整體系統運作規劃範圍區分時空間進行說明。

1. 空間範圍

與臺中市政府交通局依照需求進行協商後，選擇在臺中東邊的太平地區進行整體路網交通動態控制改善，路網如下圖所示。



圖 4.3.1 動態控制路網圖

資料來源：本研究整理

整體路網主要關鍵路口以「樂業-環中」以及「東平-祥順」兩路口最為關鍵，「樂業-環中」路口為主要幹道環中與東平樂業路(環中以東為東平路，以西為樂業路，此路徑後續簡稱東平樂業路)交岔，尖峰時段東平樂業路雙向車多，承受「東平-祥順」路口下匝道與平面之車流量，而環中路本身即為重要幹道，雙向有車流量亦不少；因此，此路口之綠燈帶寬將在路網扮演著疏流執行之重要角色。

「東平-祥順」路口號誌控制平面道路與台 74 線快速公路下匝道車輛通過路口，此兩路徑車輛皆大，嚴重時平面回堵至上游，下匝道則回堵至主線影響主線車流，且此路口鄰近「樂業-環中」路口，兩路口街廓較短，若流量大紓解能力較差時可能造成路口發生溢流產生路口癱瘓之問題。因此，此路口將會以「節流」角度動態調節控管下匝道與平面流入量，依據前述兩者車流即時資訊進行調整。

綜合上述，規劃動態控制與定時時制調整如下所示：

- (1)動態控制：「樂業-喬城三街」、「樂業-環中」、「東平-祥順」、「東平路 777 巷」，共 4 處。
- (2)定時時制調整：「振興路 437 巷-環中」、「東平路 741 巷」以及「東平路 715 巷」，共 3 處。



圖 4.3.2 路網控制規劃

資料來源：本研究整理

2.時間範圍

時間範圍主要考慮採取尖峰時段進行運行，參考當前時制計畫，可以發現尖峰時段為 07:00-09:00 以及 16:00-19:00，並且兩時段執行同一套尖峰時制，再進一步檢視「樂業-環中」以及「東平-祥順」兩路口近期計畫調查之轉向量資料，分別如下圖所示。

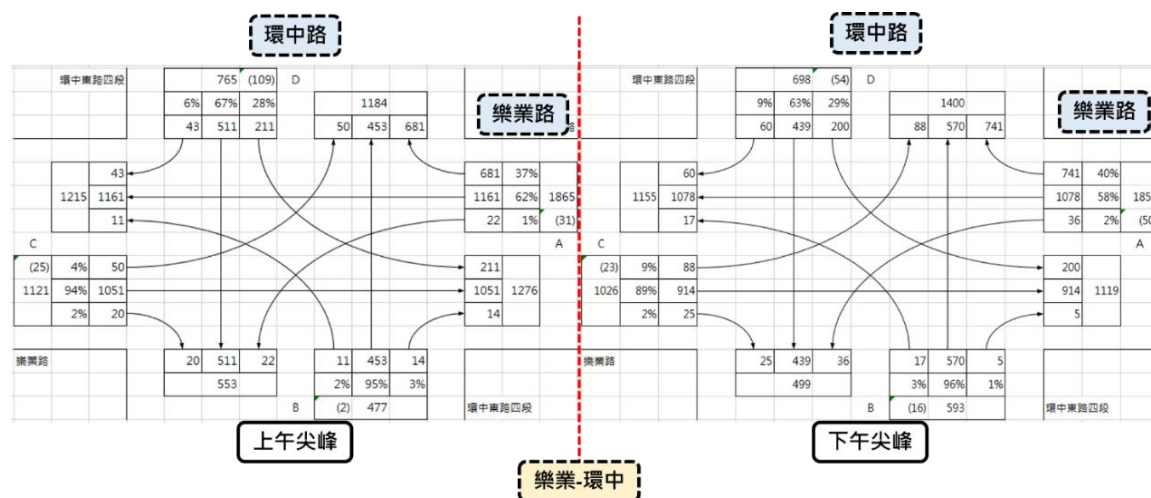


圖 4.3.3 「樂業-環中」上下午尖峰轉向資料

資料來源：「台 74 線交通管理策略研究規劃委託服務工作」調查資料，本研究整理

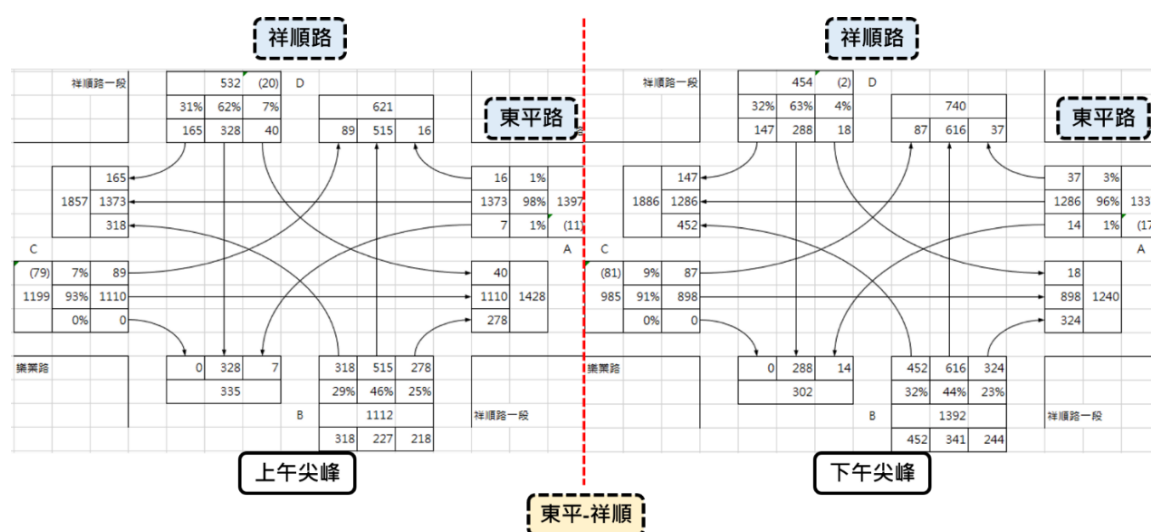


圖 4.3.4 「東平-祥順」上下午尖峰轉向資料

資料來源：「台 74 線交通管理策略研究規劃委託服務工作」調查資料，本研究整理

由圖 4.3.3 可以發現樂業路雙向在上下午尖峰在總流量與轉向比差異不大，環中路則是下午尖峰北上(下到上)流量較上午尖峰稍多。圖 4.3.4 可以發現「東平-祥順」與「樂業-環中」類似，東西向上下午尖峰差異不大，最大差異在於下匝道下午時段流量增加 280pcu/每小時。

綜觀兩關鍵路口兩時段資料判斷上下午尖峰採用相同時制應可處理，但策略與時制設計需注意環中路北上方向與祥順路下匝道方向在下午尖峰車流量會較大之情況，而測試時間範圍於 07:00-09:00 以及 16:00-19:00 兩尖峰時段實施。

4.3.3 號誌控制模式評估說明

本研究主要透過偵測設備的精進，配合半觸動控制邏輯解決單一路口因車流量不平均之壅塞問題，但與臺中市政府溝通下，選定了太平路網，涵蓋七個路口，期望解決台 74 線下匝道壅塞回堵主線與平面協調之問題，有鑑於此為路網型問題，單一路口半觸動控制可能無法達到效果，因此考慮改為解決路網類型問題之動態控制，以達到實際改善之目的。此改變相關評估分析如下：

1. 關鍵路口為下匝道的「東平-祥順」與「樂業-環中」兩路口，但兩路口互相鄰近，上下游路口亦十分靠近(路口間長度如下圖所示)且車道數較少，若只針對關鍵路口「東平-祥順」實施半觸動，變動者僅單一路口，所紓解之車流可能導致下游壅塞回堵至上游路口，改善之績效便無法達到，甚者更為嚴重。



圖 4.3.5 範圍路網路段長度統整

資料來源：本研究整理

2. 若單一關鍵路口實施半觸動，在時相與週期皆不固定相同的情況下，會造成時相不連續且在週期不同情況下每周期可能受到號誌控制器補償而

導致路網無法達到連鎖與綠燈變化效果，將會影響整體路網之績效，也可能導致半觸動號誌無法發揮效果。

3. 單一路口半觸動控制在目前實務應用上時則對於行車效率績效的改善較少，往往遇到皆為路網問題，在單一路口問題往往會陷入建置與維護成本高，在性價比上較為人詬病，有鑒於臺中市政府在部分設備成本願意投入，期望能解決較大路網問題，同時也提升設備本身的效益價值與實用性。

綜合上述，本研究採用路網型動態控制施作於所選定之交通路網，在測試偵測器同時，亦能夠發揮改善真實路網問題之效益，提升偵測器本身之價值。

4.3.4 測試程序說明

下圖為本測試計畫進行之流程圖，各項編號內之項目可視為工作項目，予以編號區隔先後順序，並配合進度規劃進行說明，以方便完整了解動態控制測試將如何進行。

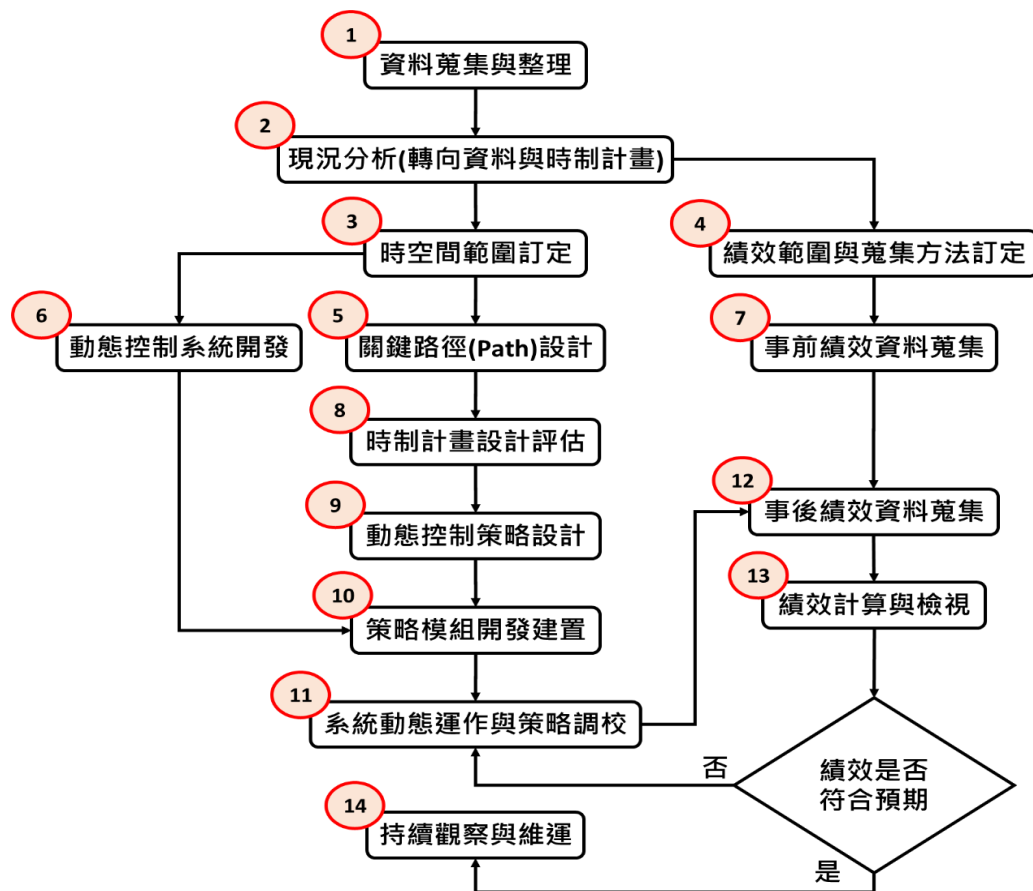


圖 4.3.6 測試計畫運作流程圖

資料來源：本研究整理

1. 資料蒐集與整理

因本研究主要測試的 AI 影像偵測設備在計畫開始之初有其建置與布設的時間，但考慮整體計畫的運作時間，因此首先採用蒐集近期相關計畫所調查之資料進行分析整理，並以此與臺中市交通局討論出實施的時空間範圍為何，以利後續計畫進行，待後續設備裝置完畢後亦進行檢視，做為相關策略調整之參考。

2. 現況分析

主要利用蒐集之轉向與現況時制資料進行時空間範圍訂定與時制計畫設計，期望透過資料確認道路交通特性，設計出符合現況且能解決問題之策略。

3. 時空間範圍訂定

利用蒐集之資料與臺中市政府交通局需求分析決定策略實施地點與時段。

4. 績效範圍與蒐集方法訂定

績效是否有所提昇一直都是主管機關相當關心的議題，因為交通控制策略實施可能會有壅塞轉移區域的疑慮，可能轉移的區域亦應關心，因此首先定義相關幾組關鍵路徑，再依照設備提供之各種訊息定義計算方式，最後轉換成改善百分比呈現。

5. 關鍵路徑(Path)設計

整體策略設計上首先透過轉向量以及本研究所改善之問題確認策略運作方針，因本研究目標為透過動態控制解決「東平-祥順」下匝道與平面道路壅塞問題，依照偵測設備分別偵測平面道路與下匝道之排隊長度或延滯，可視為需求偵測，在每周期情況下依照需求調整下匝道與平面道路的時比，為能保持整體路網的連鎖性，因此需設計出關鍵路徑，以此準則設計時相以及綠燈帶寬，並確保路口不會發生溢流狀態，癱瘓路口。依照交通轉向量調查資訊及現場觀察結果設計關鍵路徑，如下圖所示。



圖 4.3.7 關鍵路徑設計圖

資料來源：本研究整理

6.動態控制系統開發

此工作項目主要針對動態控制系統進行開發，本系統可即時蒐集路口 AI 偵測器與控制器資訊，藉由偵測器資料確認即時需求，以此執行策略，下達號誌控制器指令，並同時確認目前號誌控制器之運行狀況以及即時績效資訊(例如：績效範圍之十分鐘延滯)，相關結果呈現於網頁平臺上提供檢視。

7.事前績效資料蒐集

此工作項目主要是蒐集尚未實施策略前之資料，以做為比較之基礎。採用 AI 影像偵測器進行資料蒐集，資料將自動進到系統中。因此從設備裝設完成穩定後即開始進行。

8.週期與時相設計

週期與時相影響績效至關重要，必須基於所蒐集之轉向量資料與所擬定之關鍵路徑進行計算與設計，除了透過軟體使用計算週期外，時相順序亦必須考慮多路口連鎖以及能否符合動態策略運作進行調整。此步驟至關重要，除了與主管機關確認週期與時相可接受調整程度外，亦要確認現場號誌燈號與硬體設備是否能夠符合所設計需求，若有需要則須與管理單位溝通，能否針對設備進行更新，若否，則須調整設計內容。下圖為時空圖，用來進行時相與時比調整。

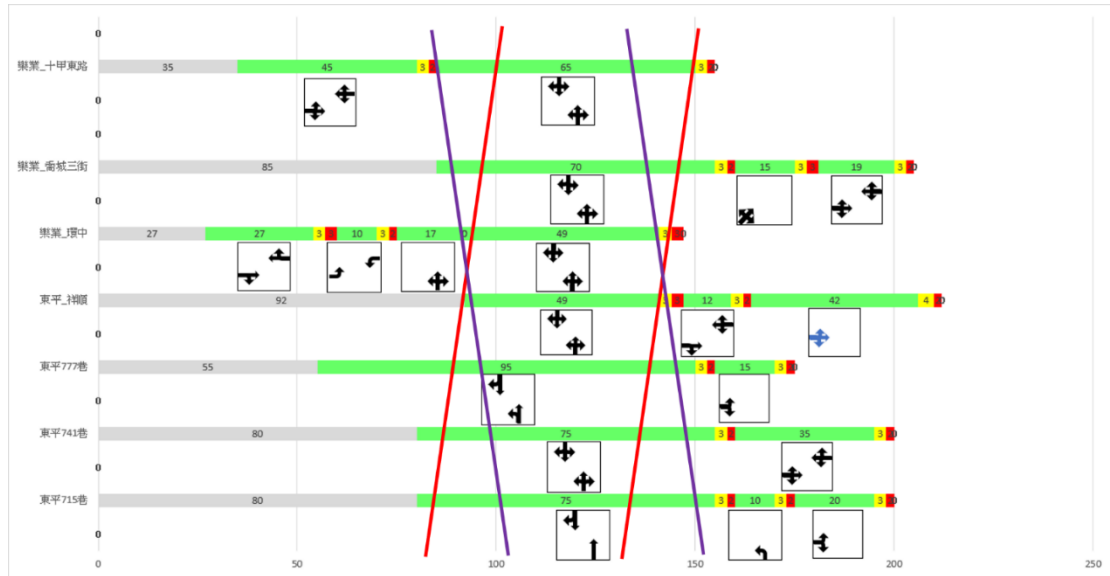


圖 4.3.8 時空圖示意

資料來源：本研究整理

9.動態控制策略設計

透過上一步驟確定週期與時相設計，便須設計動態時比調整模式，基於所設計時相定義出最大值與最小值。以本研究之下匝道與平面道路為例，兩方向綠燈秒數分散於兩時相，兩時相綠燈秒數的受限於下游「樂業-環中」的直行與右轉綠燈秒數，若超過且屬於飽和紓解的情況下，車輛將會累積堆疊在兩路口之間的街廓中，當超過則會發生溢流情況，造成路口癱瘓，因此設計動態時比時須配合上下游時差、時相秒數關係以及街廓長度定義出最大可接受範圍，並依照偵測需求調整兩時相之綠燈比例進行每週期的動態調整。下圖為動態調整示意圖，紅實線與紫實線最大可接受範圍，虛線與實線形成的透明區域則是可變動調整範圍。

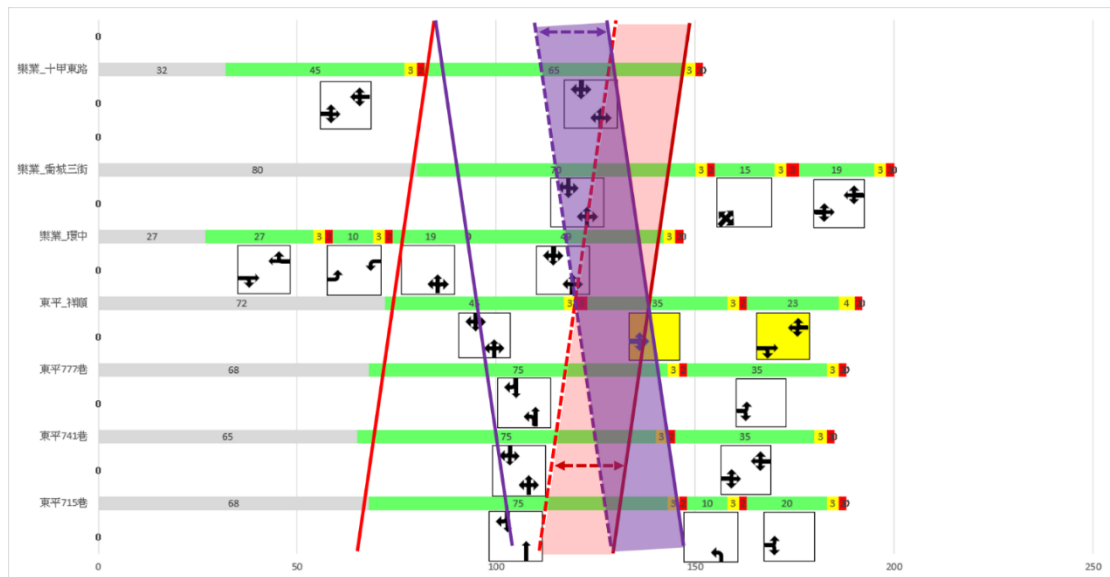


圖 4.3.9 動態策略示意圖

資料來源：本研究整理

10. 策略模組開發建置

在週期、時相、時差以及時比等時制計畫調整設計完成後，進行策略模組開發，並等待動態控制系統建置完成後將其安裝於其中，並同時進行路網資訊建置與參數調整，至此步驟系統已建置完成，完成上線準備。

11. 系統動態運作與策略調校

在事前資料蒐集足夠且與主管機關討論確定上線時程後進行系統動態運作，運作初期必須現場確認運作狀況是否符合預想，若否，則進行調整，最常需要調整者為時差與時比，有必要時調整動態系統相關參數，並確認多天運作不同情境下能夠應付大部分狀況。團隊將依照實際運作狀況至現場 5~10 天檢視策略運作現況以便進行調整。

12. 事後績效資料蒐集

當動態控制系統開始運作後，AI 影像辨識偵測器所蒐集之資料皆為事後資料，系統運作初期，須每日檢視績效成果是否有達到預期，沒有時則進行策略修正與調整直至績效符合預期，穩定後則持續蒐集事後資訊，以便於未來檢視。

13. 績效計算與檢視

針對所蒐集之事後資料與事前資料進行績效計算與檢視，主要分為即時與長期資料，即時績效可與系統前端網頁呈現，方便即時檢視，另

外在系統穩定之後蒐集一段時間之事後資料進行多天資料分析，檢視確認策略是否能夠持續應付各種壅塞問題。

14.持續觀察與維運

計畫完成後系統可持續開起運作，進入系統維運狀態，並移交管理單位。

4.4 區域動態控制

4.4.1 區域路網問題分析

「東平-祥順」至「樂業-環中」路口間原有配置為兩個車道，現況為「東平-祥順」下匝左轉車流量高，於週六上午甚至可達 43%，多數左轉車流會在「樂業-環中」路口直行(58%)與右轉(40%)，而目前兩路口間距離僅 65 公尺，因此左轉車流常因東平路已停滿車輛而受阻且「樂業-環中」路口號誌未配合紓解，使得下交流道服務水準偏低，甚至回堵台 74 線快速公路主線，如下圖。



圖 4.4.1 下匝道壅塞情形(改善前)

資料來源：本研究整理

會產生此類問題在於平面道路本身車輛也多，因此形成平面道路與下匝道競爭共享「樂業-環中」(黃圓圈處)共同分相上的綠燈秒數，在有所取捨下往往選擇平面道路優先而衍生回堵主線問題。

本團隊檢視調查資料可以發現編號 1 在通過「東平-祥順」路口時之直行小客車車輛數 802 輛/時，機車車輛數 1010 輛/時，編號 2 在通過「東平-祥順」路口時之直行小客車車輛數 642 輛/時，機車車輛數 985 輛/時，從汽車車輛數進行判斷(機車紓解能力較好)，平面在某些時候應有秒數可轉換至下匝道方向，因此動態控制能夠有效不同時間下均衡路網，達到在下匝道壅塞獲得緩解，平面道路仍保有民眾能接受的服務水準。

4.4.2 動態控制設計(優規於半觸動控制)

原服務需求書要求兩瓶頸路口施作半觸動控制，經工作會議決議同意團隊提供優規於半觸動之路網動態控制策略。

4.4.2.1 路網關鍵車流路徑

依據流量調查及實際路口觀察，主要區分兩路徑，首先是紅色部分路徑 1 為平面道路東平路橫跨環中路，於環中路右轉與直行為主要方向，第二路徑為紫色部分路徑 2 為台 74 線下匝道左轉後於環中路右轉與直行為主要方向，因此在「東平-祥順」路口的時相設計上兩路徑會為競爭關係，設計策略時將會依照兩路徑需求改變整體路網時比，因此，時制設計則依關鍵路徑調整路口群組週期、時相及時比。



圖 4.4.2 關鍵路徑

4.4.2.2 路網時制設計評估

「台 74 線交通管理策略研究規劃委託服務工作」為民國 107 年公路總局針對台 74 線快速公路沿線進行改善評估，因諸多下匝道壅塞回堵問題與平面道路號誌有深刻關係，故針對匝道所聯繫之周邊鄰近兩路口皆有進行調查，考慮計畫採用偵測設備有製作與安裝時間，因此先根據此調查資料進行時制計畫設計評估，後續再依蒐集之資料進行調整，相關流程如下：

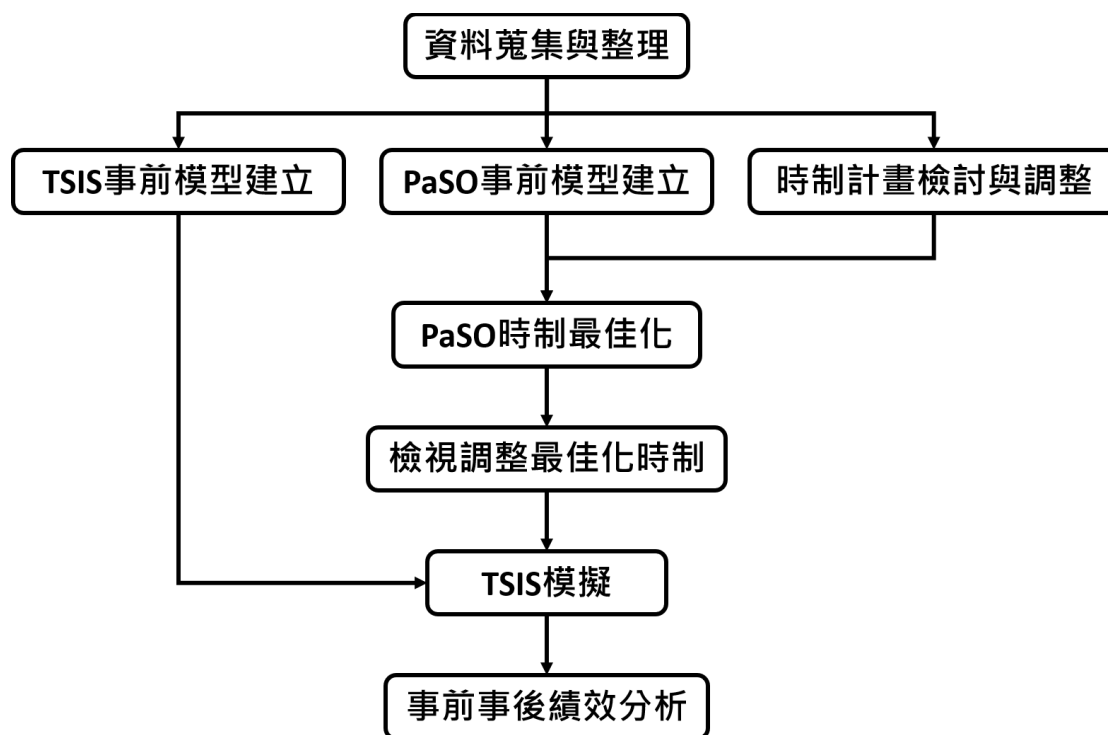


圖 4.4.3 時制計畫設計流程圖

資料來源：本研究整理

1. 時制計畫檢討

路網目前週內日(DOW)切分如下：

- 平日：週一至週五(時段編號 1)
- 假日：週六(時段編號 2)
- 假日：週日(時段編號 3)

每個週內日區分不同時段為尖峰，分別如下：

- 平日尖峰(週期 120)：0700-0900、1600-1900
- 週六尖峰(週期 120)：0700-0900、1200-1900
- 週日全天離峰(週期 100)

因本研究主要處理尖峰時段，因此主要探討平日尖峰時段情況。「樂業-環中」以及「東平-祥順」兩路口轉向量如下：

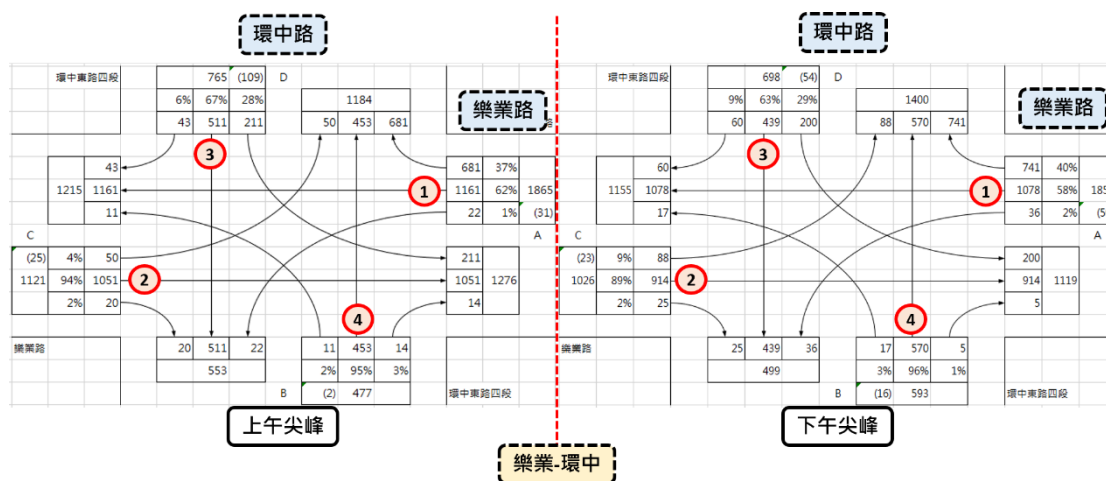


圖 4.4.4 「樂業-環中」上下午尖峰轉向量

資料來源：「台 74 線交通管理策略研究規劃委託服務工作」調查資料，本研究整理

為方便說明，以編號做為代號進行說明，編號 1 為由東平橋往環中路口之方向，為車輛最多之方向，機車量也大，可以發現上下午尖峰在總量差距不大(1865 與 1855 pcu/hr)，轉向百分比也都差距不大，上下午皆以直行最高，右轉次之，判斷此方向上下午並無差異。再檢視編號 2，為編號 1 的反向，總量上差異 95 pcu/hr，轉向比上下午尖峰皆是以直行為主，不無特殊，以此方法逐一檢視剩餘方向，發現總量最大差異為編號 4，為 116 pcu/hr，表示在下午尖峰編號 4 此方向車輛會較多，但不會差異太大，因此此路口上下午尖峰使用相同時制應可應付。

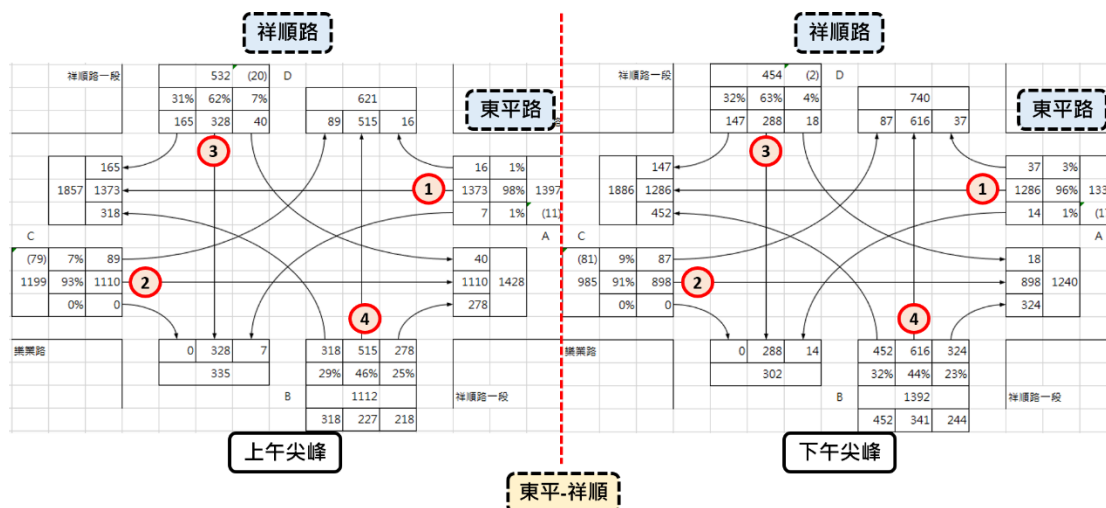


圖 4.4.5 「東平-祥順」上下午尖峰轉向量

資料來源：「台 74 線交通管理策略研究規劃委託服務工作」調查資料，本研究整理

採用相同方法檢視「東平-祥順」路口，最大總量為編號 4 方向，差異 280 pcu/hr，為下匝道方向車流，考慮本研究將採用動態控制，應該處理此上下午尖峰之差異。因此在時段切分上進行沿用，上下午尖峰採用相同時制並配合動態控制處理。

接續進行當下時相分析，首先繪製時空圖進行判斷，如下所示。

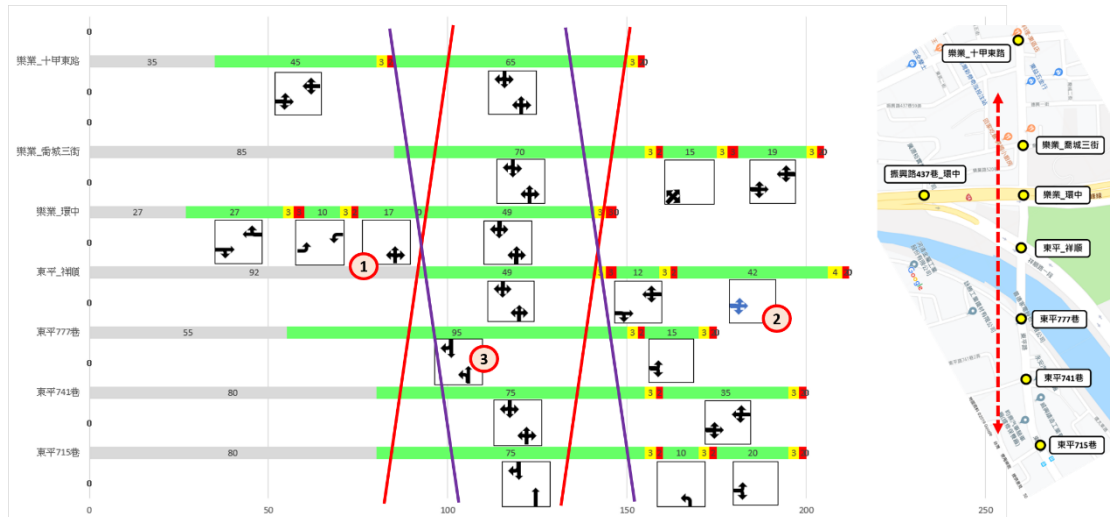


圖 4.4.6 現況時制時空圖

資料來源：本研究整理

現況時相設計綠燈帶寬以平面道路雙向通過為最大，可以發現編號 2 會對應到編號 1 的早開，但寬度只有 17 秒，表示下匝道開始綠燈通行時下游尚未打開此方向的綠燈，此狀態會持續 25 秒，在兩路口街廓較短的情況，可能造成「東平-祥順」路口下匝道方向溢流，浪費此方向綠燈秒數，會有此設計相信主要在於受制「樂業-環中」的綠燈帶寬無法更寬，因此下匝道與平面道路競爭情況下犧牲下匝道車流。另外編號 3 路口綠燈帶寬過於長，恐會有溢流狀況，應可調節給支道。

2. 時相調整

目前檢視整體設計與號誌燈頭現況，考量關鍵路徑能使車流紓解順暢，調整「東平-祥順」路口的實際順序與時差，將編號 1 的分相放到第一排序，並增加「樂業-喬城三」往西早開時相，係因喬城三至環中兩路口街廓較短，避免對開時東行方向溢流，故增加編號 3 的早開時相(本團隊與市府協調該路口需號誌工程改善達成早開時相運作)，時空圖如下所示。

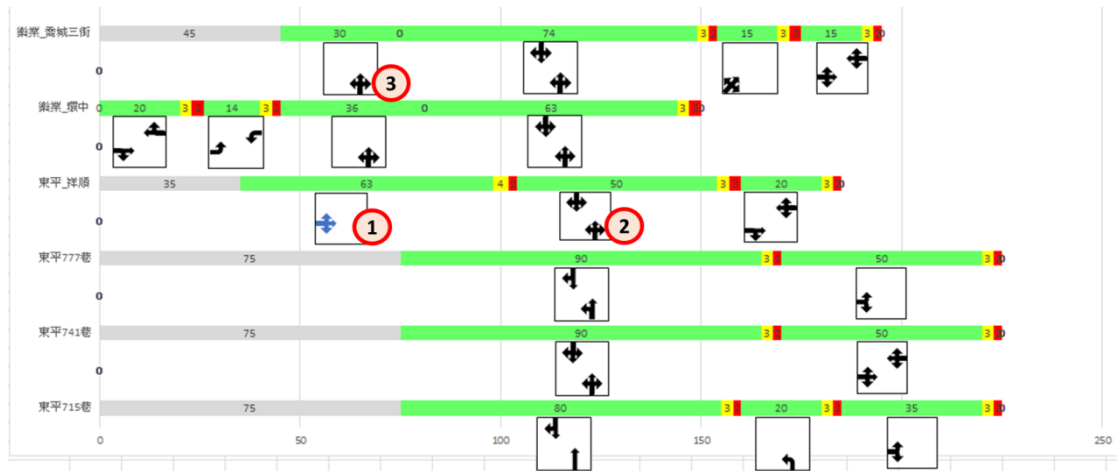


圖 4.4.7 時相調整後時空圖

資料來源：本研究整理

3.PaSO 與 TSIS 事前模型建立

本研究採用交通部所推廣的時制分析軟體 PaSO，為一國內獨立開發之混合車流號誌控制軟體，不僅在介面、相關參數設定上較市面上其它軟體更貼近臺灣本土的使用習慣，在車流模擬上更具備分析臺灣特有汽、機車混合車流之功能。

因此時相確定後，利用既有「東平-祥順」以及「樂業-環中」兩路口調查轉向量與臺中市交通局提供之時制計畫等相關資料，建立 PaSO 以及 TSIS 兩套軟體之路網模型，主要利用 PaSO 產生時制最佳化，在 TSIS 進行動態績效評估。

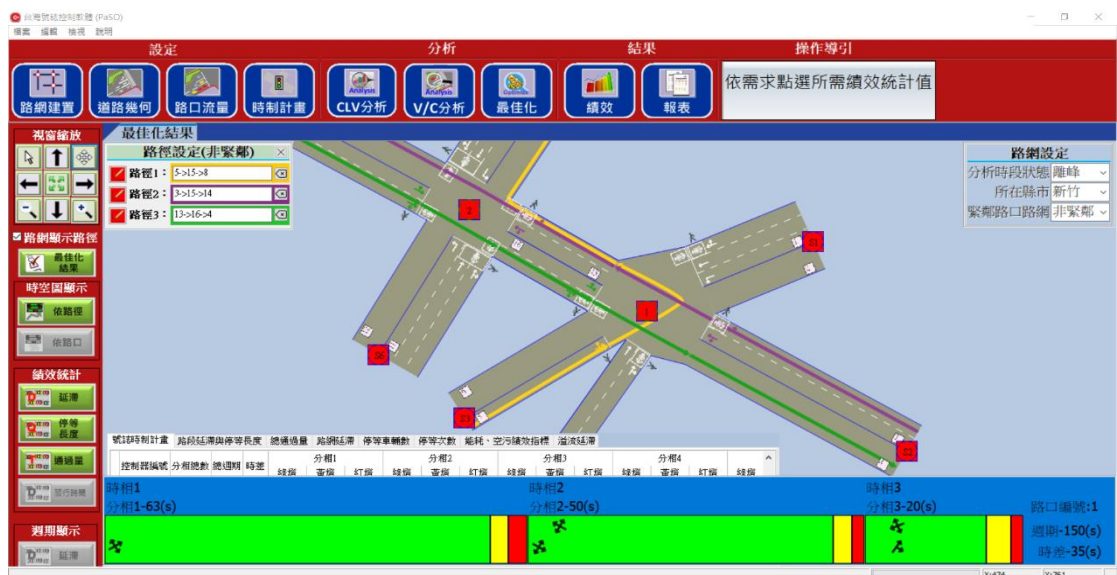


圖 4.4.8 PaSO 東平橋路網

資料來源：本研究整理

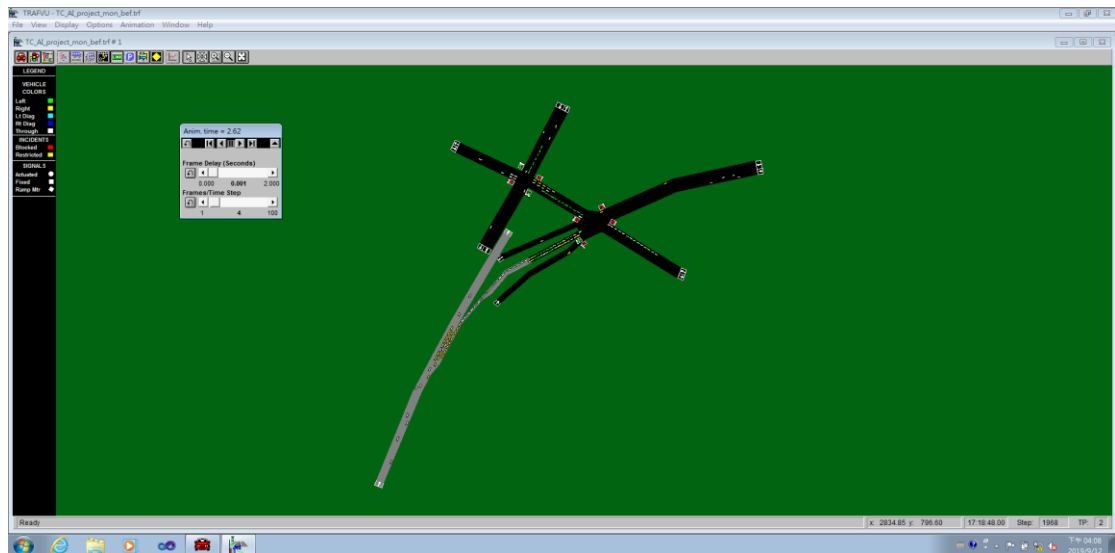


圖 4.4.9 TSIS 東平橋路網

資料來源：本研究整理

在模擬路網建立完成後首先進行事前績效模擬，初步分析可以發現整體路網中屬於有過飽和情況，並且下匝道的流量、模擬狀況與空拍機實際拍攝之現況有非常大出入，判斷因壅塞情況造成所調查流量為飽和紓解下之紓解量，因此下匝道部分特別調整通過量，讓其符合現況。



圖 4.4.10 東平橋路網空拍下匝道壅塞回堵

資料來源：本研究整理

4.時制計畫最佳化

在確認時相設計後使用 PaSO 進行兩路口(樂業-環中、東平-祥順)時制最佳化，初步採用週期 150 秒進行時比擬定，運算結果如下表所示。

表 4.4-1 PaSO 擬定時制計畫內容(樂業-環中)

時差：0	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4
時相圖				
綠燈秒數	20	14	36	63
黃燈秒數	3	3	0	3
紅燈秒數	3	2	0	3
週期	150			

資料來源：本研究整理

表 4.4-2 PaSO 擬定時制計畫內容(東平-祥順)

時差：35	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4
時相圖	 下匝道		 平面	-
綠燈秒數	63	50	20	-
黃燈秒數	4	3	3	-
紅燈秒數	2	3	2	-
週期	150			

資料來源：本研究整理

此最佳化亦有計算出績效值，以下定義績效路斷如下圖所示，並列出績效值提供參考。

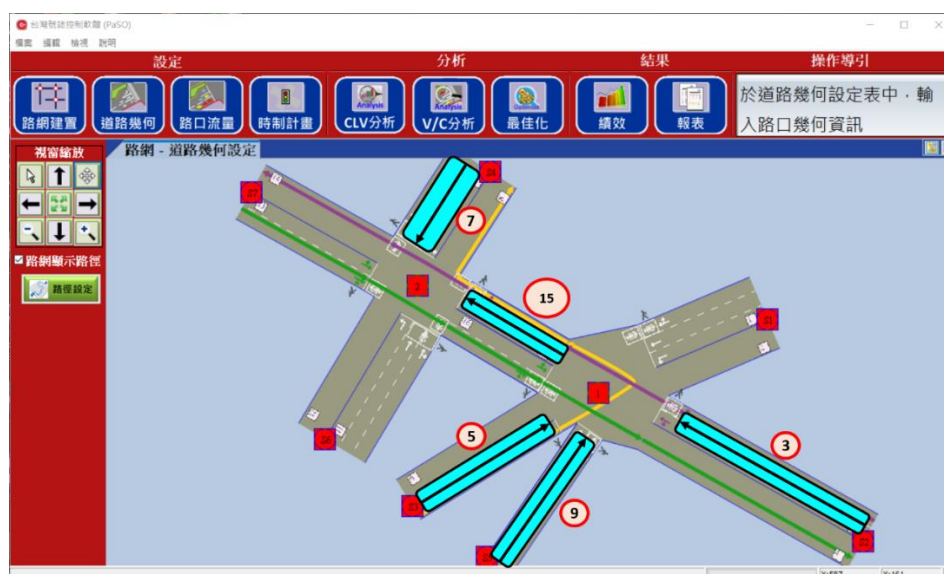


圖 4.4.11 PaSO 績效空間定義

資料來源：本研究整理

表 4.4-3 PaSO 擬定時制績效結果- Residual Queue

Residual Queue						
linkID	事前 (機車)	事後 (機車)	MAPE% (機車)	事前 (小客車)	事後 (小客車)	MAPE% (小客車)
3	55.33	16.68	-70%	294.99	261.53	-11%
15	0.2	0.16	-20%	175.18	132.11	-25%
5	0	0	0%	309.76	202.2	-35%
9	0.21	0.17	-19%	26.93	30.42	12.96%
7	282.58	218.9	-23%	233.13	222.11	-4.73%
總和	事前：2343.43、事後：2016.7					

資料來源：本研究整理

表 4.4-4 PaSO 擬定時制績效結果- OverFlowDelay(左轉)

OverFlowDelay(左轉)						
linkID	事前 (機車)	事後 (機車)	差異 (機車)	事前 (小客車)	事後 (小客車)	差異 (小客車)
3	0.05	0.11	0.06	0.32	3.71	3.39
5	0	0	0	7305.86	4088.38	-3217.48
15	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	21.32	13.04	-8.28

資料來源：本研究整理

表 4.4-5 PaSO 擬定時制績效結果- OverFlowDelay(直行)

OverFlowDelay(直行)						
linkID	事前 (機車)	事後 (機車)	差異 (機車)	事前 (小客車)	事後 (小客車)	差異 (小客車)
3	17.96	141.24	123.28	15.82	219.33	203.51
5	0	0	0	8982.99	3003.67	-5979.32
15	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

表 4.4-6 PaSO 擬定時制績效結果- OverFlowDelay(右轉)

OverFlowDelay(右轉)						
linkID	事前 (機車)	事後 (機車)	差異 (機車)	事前 (小客車)	事後 (小客車)	差異 (小客車)
3	0.04	0.08	0.04	0.64	7.91	7.27
5	0	0	0	7691.84	2573.11	-5118.73
15	0	0	0	1.76	2.93	1.17
7	0	0	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

表 4.4-7 PaSO 擬定時制績效結果- OverFlowDelay(左直右加總)

OverFlowDelay(左直右加總)						
linkID	事前 (機車)	事後 (機車)	差異 (機車)	事前 (小客車)	事後 (小客車)	差異 (小客車)
3	18.05	141.43	123.38	16.78	230.95	214.17
5	0	0	0	23980.69	9665.16	-14315.53
15	0	0	0	1.76	2.93	1.17
7	0	0	0	21.32	13.04	-8.28
加總	18.05	141.43	123.38	24020.55	9912.08	-14108.47

資料來源：本研究整理

績效項目主要觀察 Residual Queue 以及 OverFlowDelay 兩項觀察，因 PaSO 主要能夠分別提供機車與汽車的績效，能看到較細緻的資訊。首先檢視 Residual Queue，可以發現路段 5(下匝道路段)的績效有較好的改善，總和上有較好的績效。另外檢視 OverFlowDelay，首先可以發現路段 5 原本的溢流情況不論左直右皆嚴重，調整過後降低幅度相當多，相對而言在路段 3 的直行則也有所變差，但就總合而言，減少的幅度遠高於增加的幅度，而此情況是可預期的，也因此需要靠動態控制依照當下車流情形進行調整。

透過 PaSO 已初擬出一份時制計畫，並透過人工方式檢視是否合理或調整幅度過大造成民眾無法承受，實際執行時會以人工於路口進行微調，以求更有利於整體路網之時制計畫。

5.動態控制策略之時比變動範圍

動態控制計畫主要會基於一份基礎時制，依照基礎時制預擬兩關鍵路徑不同時比之時制計畫組合，以本研究來說，即為變動「東平-祥順」

的分相 1 與分相 2 以及「樂業-環中」的分相 3 與分相 4，當偵測器感知「東平-祥順」的平面道路雙向以及下匝道的排隊長度/延滯，依照兩路徑所設定的門檻值進行時比變換(對應不同時制計畫組合)，因此假設當「東平-祥順」的分相 1 減少 15 秒時，分相 2 將會增加 15 秒，卻保住周期固定，便可確保號誌不會進行補償而浪費變換秒數。

以上述 PaSO 以下匝道為優先計算所得之時制，若以 15 秒綠燈間為變動限制，當平面道路壅塞嚴重(超過排隊長度門檻值)時，而下匝道已經較不壅塞(低於排隊長度門檻值)，便可能增加「東平-祥順」的分相 2 以及「樂業-環中」的分相 4 秒數，最多可達到 15 秒，系統可以此時制計畫運行一個週期(目前規劃為 150 秒)，待下個週期重新確認與變換，此為動態控制之主要做法，目前動態路口規劃運作四個路口，所以四個路口相對應的分相亦將同時變換。

表 4.4-8 動態上限時制計畫內容(樂業-環中)

時差：0	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4
時相圖				
綠燈秒數	20	14	21	78
黃燈秒數	3	3	0	3
紅燈秒數	3	2	0	3
週期	150			

資料來源：本研究整理

表 4.4-9 動態上限時制計畫內容(東平-祥順)

時差：35	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4
時相圖	 下匝道		 平面	-
綠燈秒數	48	65	20	-
黃燈秒數	3	3	4	-
紅燈秒數	3	2	2	-
週期	150			

資料來源：本研究整理

將上述時制與原始時制繪製成時空圖進行比較，可以發現下匝道優先時紅色區塊較大，紫色區塊較小，反之則可看到紫色區塊增大，紅色

區塊縮小，此增減幅為 15 秒，後續實際系統運作時，透過參數設定，便可依照實際狀況調整增幅大小。

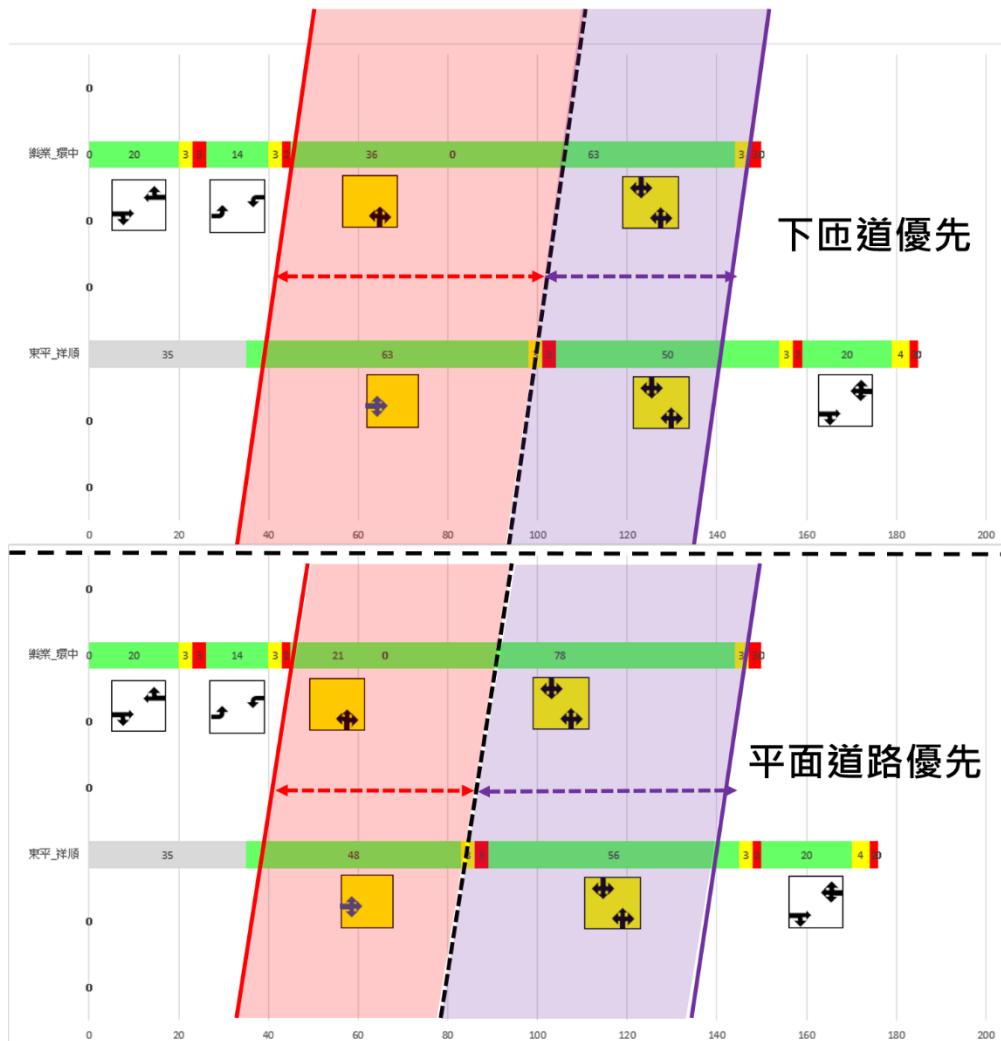


圖 4.4.12 動態時制計畫時空圖示意

資料來源：本研究整理

6.TSIS 事前事後績效分析

但有鑑於 PaSO 軟體運作時間尚未久遠，因此本團隊亦多建立 TSIS 路網做為評估之用，目前將上述兩套時制計畫(PaSO 時制與 PaSO 動態上限時制)進行模擬評估，績效評估空間範圍如下圖，主要包含六個路徑，以平均旅行時間做為績效評估標的。

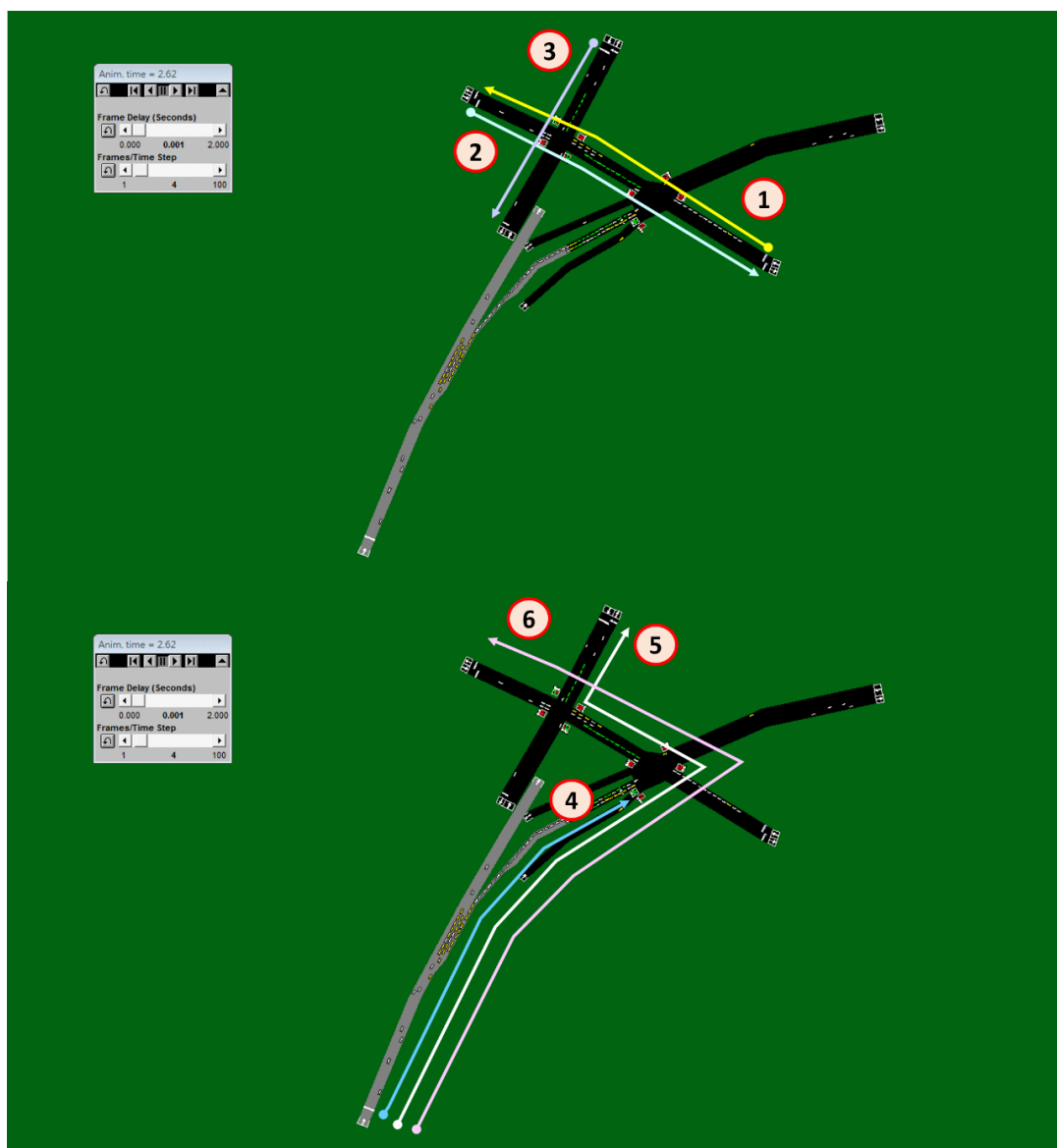


圖 4.4.13 TSIS 績效空間範圍

資料來源：本研究整理

表 4.4-10 TSIS 事前事後(PaSO 時制)績效模擬評估

平均旅行時間						
PathID	事前		事後(PaSO 時制)		avgTT 差異	MAPE(%)
	count	avgTT	count	avgTT		
1	131	94	133	178	84	89.36%
2	153	72	130	296	224	311.11%
3	94	47	91	81	34	72.34%
4	1092	180	1269	81	-99	-55.00%
5	58	229	76	116	-113	-49.34%
6	105	222	113	117	-105	-47.30%

資料來源：本研究整理

表 4.4-11 TSIS 事前事後(動態上限時制)績效模擬評估

平均旅行時間						
PathID	事前		事後(動態上限時制計畫)		avgTT 差異	MAPE(%)
	count	avgTT	count	avgTT		
1	131	94	150	87	-7	-7.45%
2	153	72	158	68	-4	-5.56%
3	94	47	83	74	27	57.45%
4	1092	180	1016	258	78	43.33%
5	58	229	66	292	63	27.51%
6	105	222	79	273	51	22.97%

資料來源：本研究整理

由上表可以發現 PaSO 時制(以下匝道為優先)能夠有效減緩下匝道壅塞(路徑 1~3 屬於平面道路，路徑 4~6 屬於下匝道路徑)，但會造成平面道路較嚴重壅塞(MAPE 甚高原因在於分母較小)，反之動態上限時制則可有效減緩平面道路狀態，因此採用動態控制應可在需求變動時有效獲得成效，此外，亦須注意通過量，雖然旅行時間縮短相當直接，但若只有利於少部分車輛則有失計畫初衷。

4.4.2.3 偵測設備應用規劃及汰換號誌控制器

1. 偵測設備規劃

依照關鍵路徑配置偵測器位置，可有效降低建置成本，但本研究為導入 AI 偵測器並增加多種不同交通參數應用及測試驗證，因此於號誌控制路口各方向皆有裝設，未來其它計畫欲導入相同動態控制策略時，可提供參考。

本研究主要為測試 AI 偵測設備，並藉此確認績效，動態控制實際運作時不需要如此多設備，下圖彙整偵測器安裝與績效範圍做一對應，並點出為能運作動態控制而必須安裝的控制器有那些。

為能有效抓取競爭路徑之延滯，在下匝道與平面道路的關鍵路徑上必須布設用以偵測，最少布設 5 處(紅色三角形)，其他偵測器主要用於績效評估(紅色三角形及綠色三角形)，未來推廣時可視需求進行刪減調整。



圖 4.4.14 偵測器應用規劃

2. 號誌控制器更新

動態控制路網於東平橋周邊區域，此區域號誌控制器使用時間較久，為確保系統運作較穩定，與臺中市交通局溝通更換四處號誌控制器，規劃更新動態控制四處路口，分別為「樂業-喬城三街」、「樂業-環中」、「東平-祥順」與「東平路 777 巷」，其他定時時制調整路口則沿用既有設備。



圖 4.4.15 號誌控制器更新位置圖

資料來源：本研究整理

4.4.2.4 動態控制策略

依照關鍵車流路徑，分別為車流路徑 1(平面道路)及路徑 2(下匝道)的壅塞程度，規劃對應的時制策略，即改變編號 2 路口之路徑 1 及路徑 2 的綠燈時比，因此，配合關鍵路徑區分紅色壅塞區域(對應偵測器位置)，如下圖，並透過偵測器所蒐集即時之停等時間與旅行時間，判斷路徑壅塞情形，再擬訂合適的策略以紓解車流。



圖 4.4.16 關鍵路徑壅塞區域

資料來源：本研究整理

規劃壅塞區域分為下匝道區塊(紅色區域 1)、平面道路往西(紅色區域 2)及平面道路往東(紅色區域 3)，針對不同壅塞情境，擬訂不同時制組合，詳細策略如下表所示。

表 4.4-12 動態控制策略

編號	發生壅塞區塊	策略編號	編號	發生壅塞區塊	策略編號
1	無	12(基礎時制)	10	①車多 ②車多	11(匝道車多)
2	①	14(匝道壅塞)	11	① ③	14(匝道壅塞)
3	②	15(平面壅塞)	12	①車多 ③	11(匝道車多)
4	③	13(平面壅塞)	13	② ③	13(平面壅塞)
5	①車多	11(匝道車多)	14	②車多 ③	13(平面車多)
6	②車多	13(平面車多)	15	① ② ③	12(基礎時制)
7	① ②	12(基礎時制)	16	①車多 ② ③	13(平面壅塞)
8	①車多 ②	13(平面壅塞)	17	① ②車多 ③	14(匝道壅塞)
9	① ②車多	14(匝道壅塞)	18	①車多 ②車多 ③	11(匝道車多)

資料來源：本研究整理

以上壅塞情境種類繁多，但歸根究底在於調整兩關鍵路徑的綠燈比，依照兩路徑不同需求而產生多種情境，故本研究為化繁為簡，應用五種時比組合紓解不同情境之車流，並在實際測試時，驗證本系統運作績效，詳細時比組合如下圖組所示。

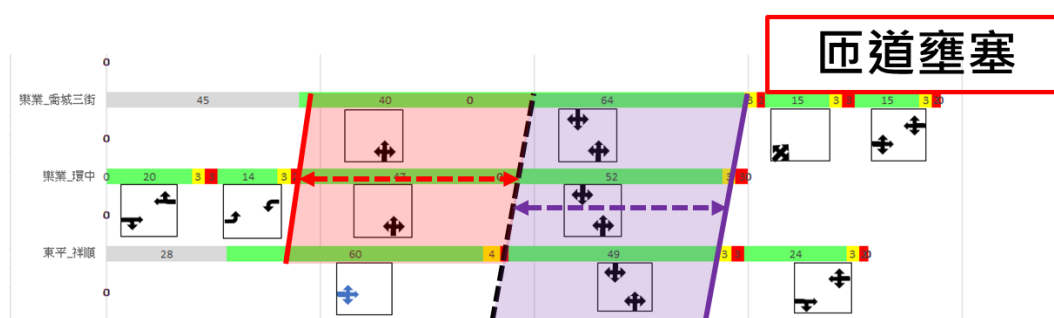


圖 4.4.17 控制策略-匝道壅塞

資料來源：本研究整理

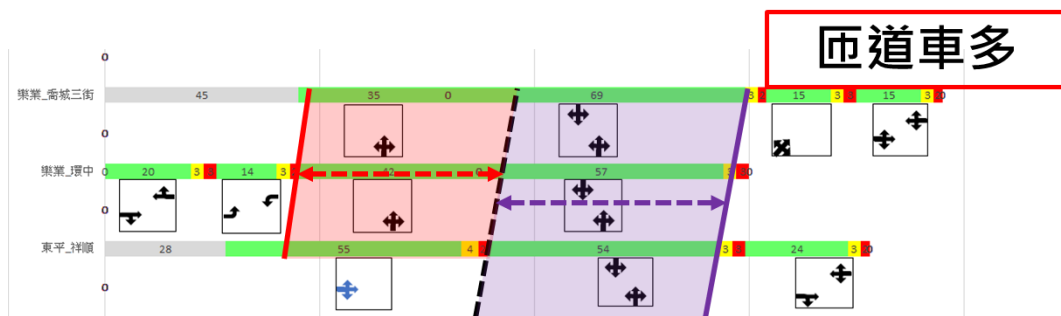


圖 4.4.18 控制策略-匝道車多

資料來源：本研究整理

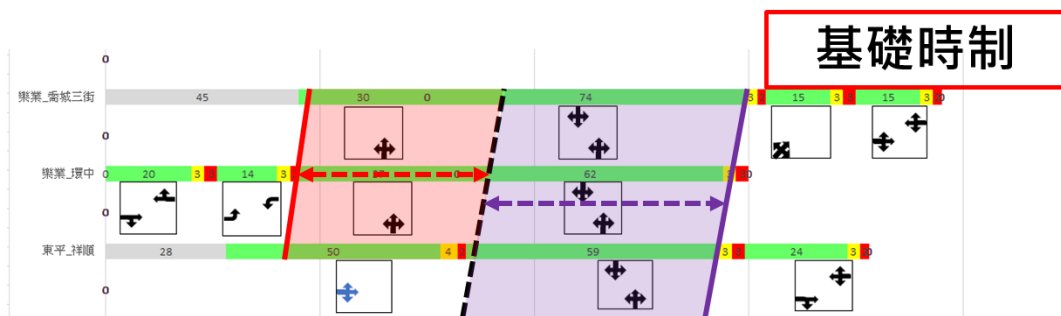


圖 4.4.19 控制策略-基礎時制

資料來源：本研究整理

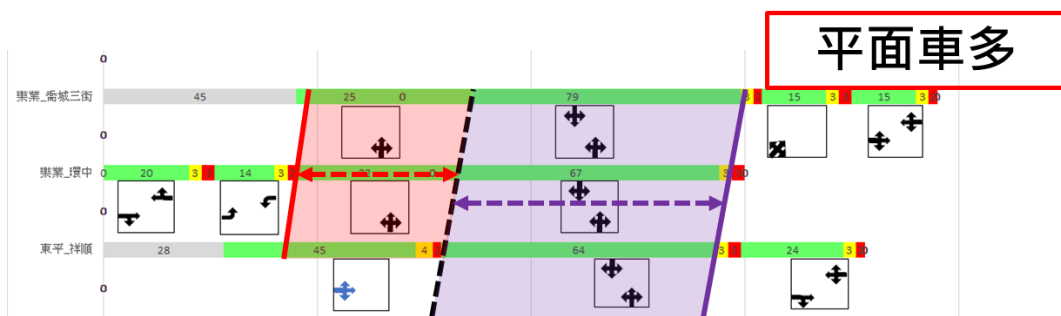


圖 4.4.20 控制策略-平面車多

資料來源：本研究整理

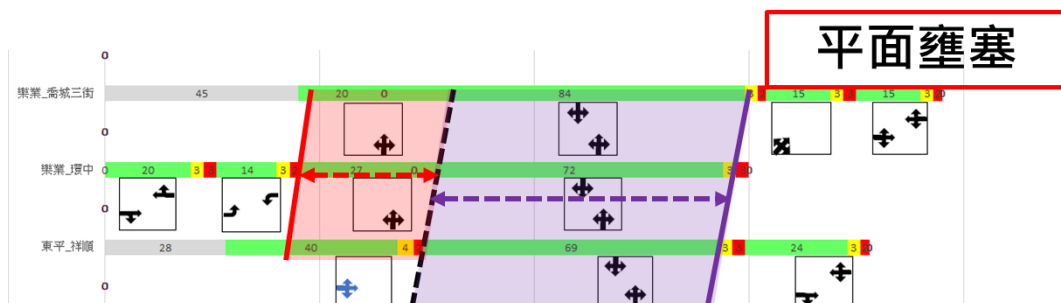


圖 4.4.21 控制策略-平面壅塞

資料來源：本研究整理

4.4.2.5 動態號誌控制門檻值設計邏輯

依照前章節所述之多種壅塞情境，需依照關鍵路徑上的偵測器判斷壅塞程度，方能對應相符之控制策略，因此本節將說明本號控系統門檻值設計邏輯。本系統採用「旅行時間」與「停等時間」做為關鍵路徑壅塞程度之指標。

以旅行時間而言，其中包含「車輛移動時間」與「車輛停等時間」，故可透過離峰不塞車時段，觀察車輛平均旅行時間即假設為「車輛移動時間」，本路段觀察得知其值約為 100 秒，因此，可用此推估尖峰車輛的停等時間。下圖案例係以位於「下匝道」路徑上之旅行時間資料，再依據「東平-祥順」路口時制計畫的下匝道綠燈間為 50 秒且週期為 150 秒，故紅燈時間為 100 秒，依此可推估車輛須經過幾次週期後方可通過該路口，詳細結果彙整如下表。

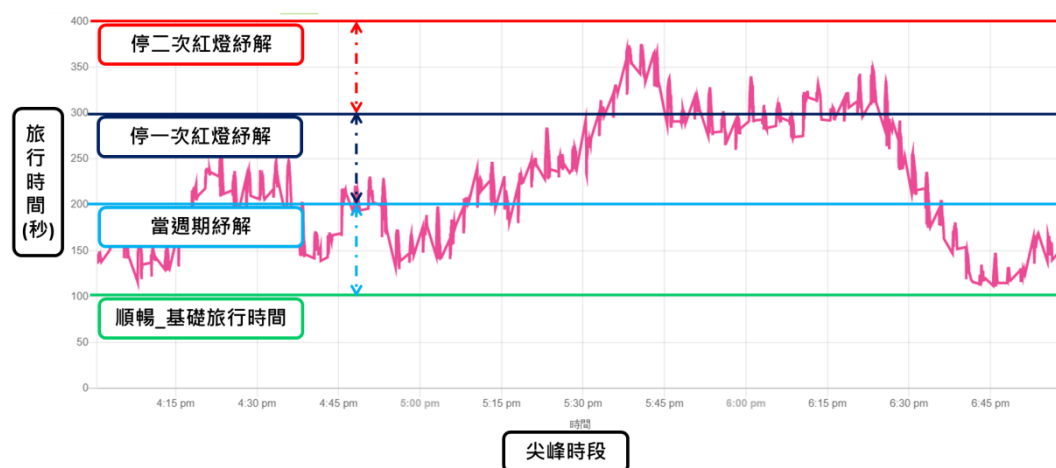


圖 4.4.22 旅行時間門檻設計示意圖

資料來源：本研究整理

表 4.4-13 停等週期推估彙整表

停等時間	推估停等週期次數
$T < 100$	當週期紓解
$100 \leq T < 200$	停一次紅燈後紓解
$200 \leq T < 300$	停二次紅燈後紓解

資料來源：本研究整理

以停等時間而言，需依據偵測器安裝位置與路口停止線之間的距離，與偵測區即時每輛車的停等時間，並由衝擊波理論可得知該偵測區的壅塞程度；因此透過每一車輛的停等時間及趨勢分析，可設定對應的門檻值。

承上所述，透過「停等時間」及「旅行時間」指標，可瞭解關鍵路徑之壅塞程度，並配合實際路口觀測，比對數據及實際車流回堵狀況，進而擬定「下匝道」與「平面道路」之門檻值，讓控制策略可適時改善交通壅塞情形。

另停等時間透過處理即可轉換平均延滯，依據偵測區域所蒐集每輛車的停等時間後，進行加總並除以車輛數，可獲得平均延滯，以下則透過上述方式處理後，所產生下方圖表，透過下圖可知車輛於路口的延滯情形，亦可做為改善前後績效依據。

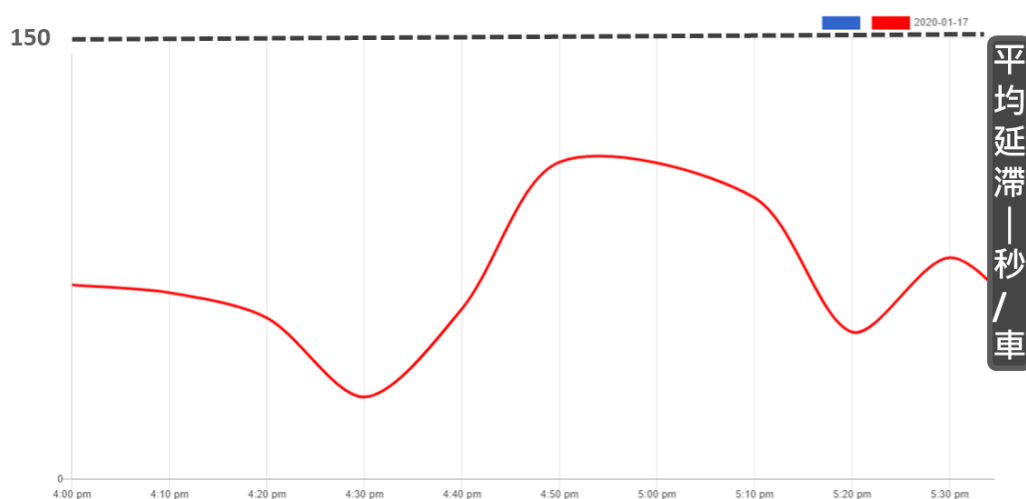


圖 4.4.23 平均延滯

資料來源：本研究整理

4.4.3 動態控制系統

本研究使用 AI 影像式偵測器偵測道路即時路況，一方面持續蒐集資料，一方面進行動態控制，因此需要整體系統進行即時運作，系統架構目前規劃如下圖。

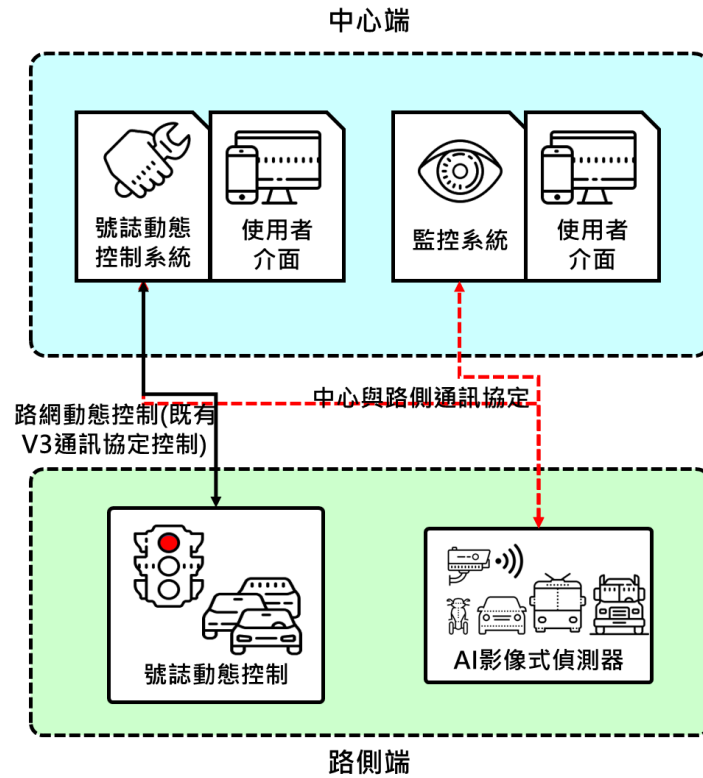


圖 4.4.24 整體系統架構圖

資料來源：本研究整理

系統區分中心端與路側端，路側端主要有偵測器與號誌控制器，中心端包含號誌動態控制以及監控兩個系統，各自包含使用者介面以及後臺，分別接收路側端偵測器資訊提供監控，分析以及動態控制之用，其中動態控制系統即時接收資訊後啟動策略機制，利用既有 V3 通訊協定動態控制路網各路口，達到紓解壅塞之目的。

其中動態控制系統運行時必須將相關即時資訊以儀表板的方式呈現出來，除了提供號誌秒數變動之結果，另一方面顯示系統是否正常運作，以做相關因應。下圖為動態控制運作儀表板實際畫面。



圖 4.4.25 動態控制運作儀表板

資料來源：本研究整理

畫面主要分成三個區塊，分述如下：

1.即時影像

即時影像抓取偵測器影像畫面，供使用者檢視目前道路或路口狀況，在特殊情況能夠即時反應。

2.動態控制運作現況

包含地圖示意圖，讓使用者能夠有其方位概念，並在檢視資訊時能夠有所對照。右邊提供動態控制開關，提供使用者在特殊情況下能夠關閉動態控制讓系統能夠切換回定時時制，下方則顯示目前運作的設定參數值與例外處理，例外處理顯示系統是否因為某些問題而已切回定時制，例如最常見的問題為通訊問題，當所有需求設備有一處斷訊，可能影響系統判斷與運作，則系統會自動取消動態控制切回定時制，此時在例外處理區塊則會顯示通訊異常與因應措施為關閉動態控制，切回基礎定時時制。

下方表格顯示目前運作範圍四個路口各綠燈分相之即時運作秒數，配合表格順序，可以空間角度檢視出運作路徑之綠燈帶寬，由示意圖中淺藍色格子為主要路徑之綠燈分相秒數，最關鍵之綠燈分相為黃色與粉紅色兩綠燈分相，分別為下匝道與平面道路秒數，為此路網最關鍵秒數，以此呈現變化情況。

3.績效顯示

第三部分提供即時績效運作比較折線圖，績效項目為路口各方向延滯與下匝道旅行時間，配合所設定的績效範圍編號，提供下拉選單供選取，以折線圖顯示即時績效項目以及事前尚未運作動態控制時抓取某天資料做為比較基準，以確定目前運作效果是否持續有效。

4.4.4 號誌動態控制系統實測

本號控系統主要基於重新設計路網時制為基礎，並搭配關鍵路徑上偵測器即時資訊，進而依照車流需求調整路徑時比，因此，本研究在實作號誌動態控制前，需先以第 4.4.2 節中初擬之基礎時制下傳至路口與進行微調作業。

本系統動態運作與策略調校大致分為兩個工項，<項目一：時制微調作業>與<項目二：號誌動態控制運作測試>，詳細作業流程如下：

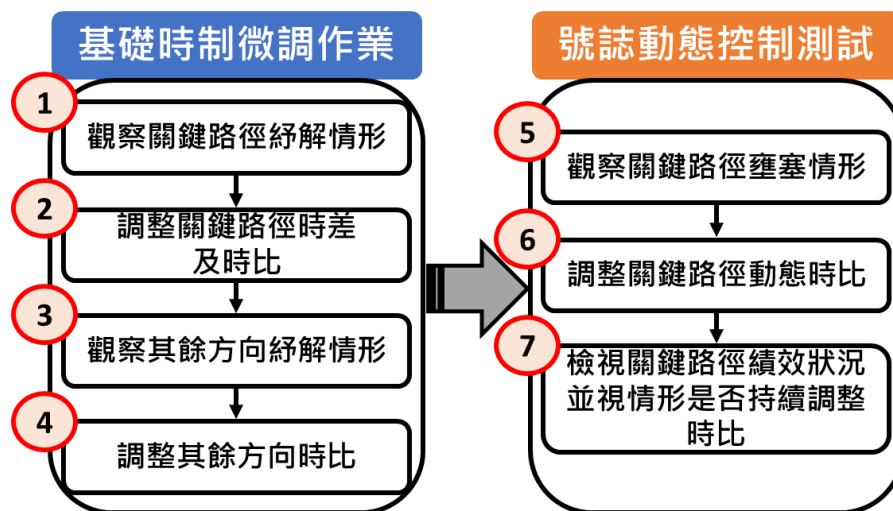


圖 4.4.26 動態控制實作流程

資料來源：本研究整理

1.觀察關鍵路徑紓解情形

經由時相設計讓兩關鍵路徑車流能有一定續進能力通過該路口群組，因此在路口實際執行時，主要觀察車流在路徑上是否與設計目的相符，且能有預期綠燈帶寬(通過車輛數)；此外，同時觀測關鍵路徑上下游車流紓解狀況，檢視路徑綠燈時比是否足夠、上游車流紓解需求有無剩餘排隊車隊或可於合理停等次數內紓解完畢、紓解至下游車流有無溢流情形等狀況。

2.調整關鍵路徑時差及時比

透過觀測情形與針對上下游紓解狀況有問題之處，進行時差及時比的調整，讓整體車流紓解效率進一步提昇，因本路網於「樂業-環中」與「東平-祥順」之間街廓過短，若時比及時差未符合當下車流紓解情形，容易產生溢流回堵情形，例如為確保下匝道左轉車流或祥順南下右轉車流，應注意「東平-祥順」與「樂業-環中」之間剩餘儲車容量多寡，避免容量過低，導致溢流情形發生頻率過高。



圖 4.4.27 儲車容量設計

資料來源：本研究整理

3.觀察其餘方向紓解情形

關鍵路徑雖為重要，但整體路網績效改善亦是本研究目標，為使關鍵路徑車流紓解效率提昇，因而會犧牲少數方向車流的運轉效率，因此，於實際路口觀測時，部分效率變差的方向也要維持一定的紓解效率，如至少停等兩次要能清除剩餘車輛，以減少用路人不佳的觀感。

4.調整其餘方向時比

注意路網其餘方向時比是否偏低或過多情形，視情形增減調整與關鍵路徑之間時比，降低瓶頸路口溢流發生或減少被犧牲方向的剩餘排隊車輛數，例如環中東路四段南下左轉車流多，因此衡量東平-樂業幹道上下游時差，減少「樂業-環中」與「東平-祥順」間排隊長度，並調節環中南下左轉進入量，即可改善溢流情形。



圖 4.4.28 瓶頸路口溢流

資料來源：本研究整理

5. 觀察關鍵路徑壅塞情形

於實際路網瞭解及掌握關鍵路徑之上游車流需求(排隊長度)，以空拍的方式觀測兩路徑上游壅塞情形。平面道路往西方向排隊車隊長度至多到「東平 777 巷」；下匝道於晨峰時段多數排隊長度至「台 74 線主線」前後，於昏峰時段又以周五回堵較為嚴重，排隊長度約略至「太平橋」前後。



圖 4.4.29 尖峰關鍵路徑壅塞情形

資料來源：本研究整理

6.調整關鍵路徑動態時比

依照兩關鍵路徑上游排隊長度需求，以基礎時制為基準，增減兩競爭路徑時比，並衡量路徑最下游路口紓解能力，因「樂業-十甲東」非本研究路網範圍，其週期及路徑時比與路網內路口不同且樂業路道路容量變為一車道，因此避免下游往西方向過飽和，進而調節通過「樂業-環中」西行車流通過量。本團隊建議後續可視情形擴大路網並改善下游紓解效率，例如同週期及相同時比，可利於關鍵路徑時比調整幅度提昇及動態時比調整時機。

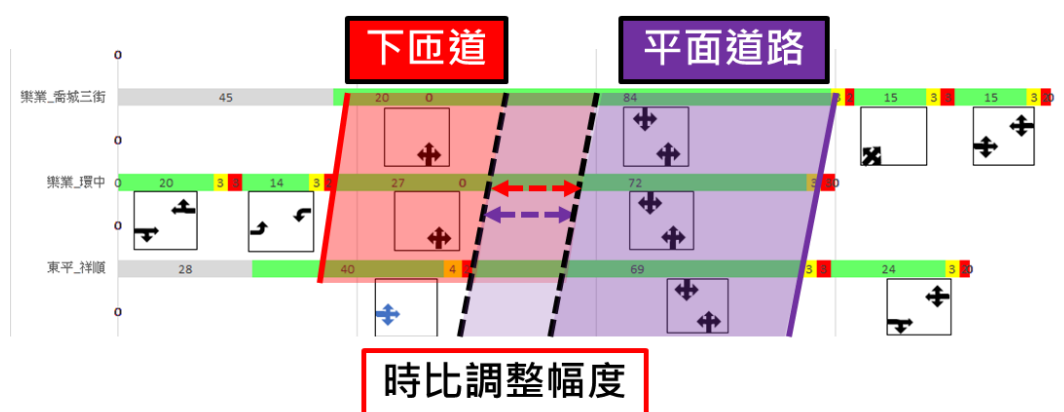


圖 4.4.30 關鍵路徑時比調整示意圖

資料來源：本研究整理

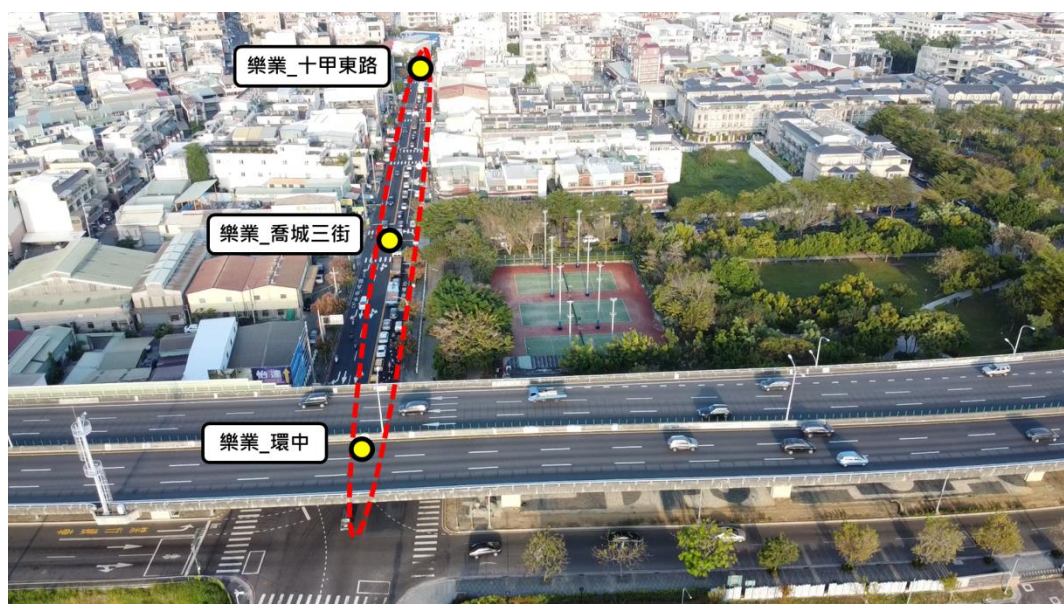


圖 4.4.31 下游車輛溢流狀況

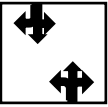
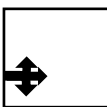
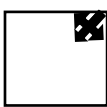
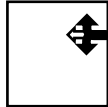
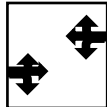
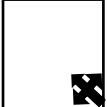
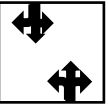
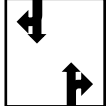
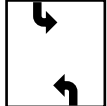
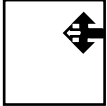
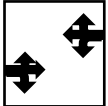
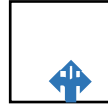
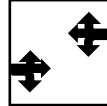
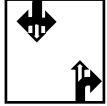
資料來源：本研究整理

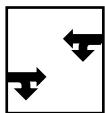
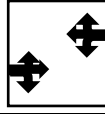
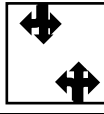
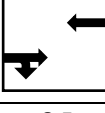
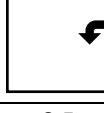
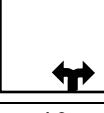
7.檢視關鍵路徑績效狀況

經由偵測器所蒐集之延滯及旅行時間，瞭解號誌動態控制運作績效，並以空拍輔助掌握實際下游紓解情形與上游剩餘排隊長度，做為後續檢視動態時比調整優劣之依據，若績效不佳，則持續改善時比調整幅度及動態調整時比時機。

經時制微調及動態時比調整作業後，彙整時制計畫內容如下。

表 4.4-14 時制計畫彙整表

振興 437-環中	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4	週期	時差	備註
							
1	55	25	70		150	135	基礎
樂業-喬城三	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4	週期	時差	備註
							
1	40	69	21	20	150	45	匝道壅塞
2	35	74	21	20	150	45	下匝道為主
3	30	79	21	20	150	45	基礎
4	25	84	21	20	150	45	平面為主
5	20	89	21	20	150	45	平面壅塞
樂業-環中	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4	週期	時差	備註
							
1	26	19	47	58	150	0	匝道壅塞
2	26	19	42	63	150	0	下匝道為主
3	26	19	37	68	150	0	基礎
4	26	19	32	73	150	0	平面為主
5	26	19	27	78	150	0	平面壅塞
東平-祥順	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4	週期	時差	備註
							
1	66	55	29		150	28	匝道壅塞
2	61	60	29		150	28	下匝道為主
3	56	65	29		150	28	基礎
4	51	70	29		150	28	平面為主
5	46	75	29		150	28	平面壅塞

東平-777 巷	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4	週期	時差	備註
							
1	90	60			150	75	匝道壅塞
2	90	60			150	75	下匝道為主
3	95	55			150	75	基礎
4	95	55			150	75	平面為主
5	95	55			150	75	平面壅塞
東平-741 巷	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4	週期	時差	備註
							
1	95	55			150	75	基礎
東平-715 巷	分相 1	分相 2	分相 3	分相 4	週期	時差	備註
							
1	85	25	40		150	75	基礎

資料來源：本研究整理

4.4.5 績效評估

4.4.5.1 評估方法

效益評估方式主要利用偵測器所獲取之資料進行評估，資料項目包含延滯、密度、速率與流量等等，本研究採用**旅行時間及速度**做為評估項目，待實際運作後若有必要再行調整。計畫初期為設備建置，建置完成後蒐集**一週以上**的資料做為事前資料，軟體系統與模組建構完成後運作動態控制，所蒐集之資料為事後資料，兩者相互比較之績效為運作動態控制之效果，透過數據資料計算改善百分比。

根據本研究解決之壅塞問題主要為台 74 線快速公路下匝道受平面道路號誌控制造成回堵影響主線運行，而平面道路東平路以及鄰近道路環中路在尖峰時段車流量亦相當高，受限於道路幾何情況下，且在時相上兩路徑方向是競爭情況，在市政府優先考慮以平面道路為優先，因此可能造成下匝道情況較糟。

本研究透過動態控制即時偵測需求，當需求變少時則將綠燈秒數增加至需求較多一邊，因此主要檢視績效範圍為「下匝道」與「平面道路」路徑，然而平面道路因週期改變而使排隊長度改變，目前偵測器所蒐集延滯無法辨別事前事後的差異(偵測區靠近停止線)，因此以空拍方式觀察車流

改善前後的紓解情形。

4.4.5.2 改善前後績效分析

本研究設備問題在團隊的努力下，已陸續排除。另於績效蒐集期間，主要設備皆維持正常運作，因此在績效分析部分會以「下匝道」路徑旅行時間及「台 74 快速公路」主線外側車道之速度，做為績效呈現之依據，於「平面道路」則以東平路往市區方向的延滯績效資料做為改善前後的參考。

承上所述，本系統運作績效採用台 74 線快速公路主要上速度資料、下匝道旅行時間資料及空拍攝影(週五)事前事後的整體路網車流紓解情形，以佐證改善前後之差異；另事前績效資料蒐集不足，僅蒐集 1/09-1/10 的晨峰及昏峰各一時段，且 1/23-1/29 為農曆新年期間，再加上本研究時程急迫，故先於 1/13-1/17 進行動態控制事後績效蒐集，並於 1/24 讓路口群組改回原時制計畫，方能持續蒐集完整事前績效。承上所述，本團隊先與局處協調並規劃事前事後資料蒐集時程如下。

表 4.4-15 事前事後績效蒐集時程規劃

1	部分事前資料蒐集 (快速公路 VD、eTag)	2020/01/09 晨峰	2020/01/10 昏峰	2020/01/21 昏峰
2	事前資料蒐集(一週) (部分關鍵 VD 異常)	2020/02/03-2020/02/07 晨昏峰		
3	事後資料蒐集 (快速公路 VD、eTag)	2020/01/13-2020/01/17 晨昏峰		

資料來源：本研究整理

本動態控制系統主要改善下匝道車流回堵而影響台 74 線快速公路主線車流，另一方面確保平面道路車流維持順暢，因此系統績效會著重於「下匝道」及「樂業-東平」的績效說明。

首先就下匝道車流改善情形進行說明，此路徑績效可由「旅行時間」及「平均速度」瞭解改善成果，由於晨峰下匝道車流量約為昏峰的一半，因此晨峰車流因排隊長度與偵測器位置相差甚遠，故於平均速度指標較難分辨其差異，故晨峰以旅行時間為主，下圖為週四晨峰的改善狀況，由圖中觀察得知，平均旅行時間由 138.1 秒降為 129.6 秒，減少 8.5 秒。

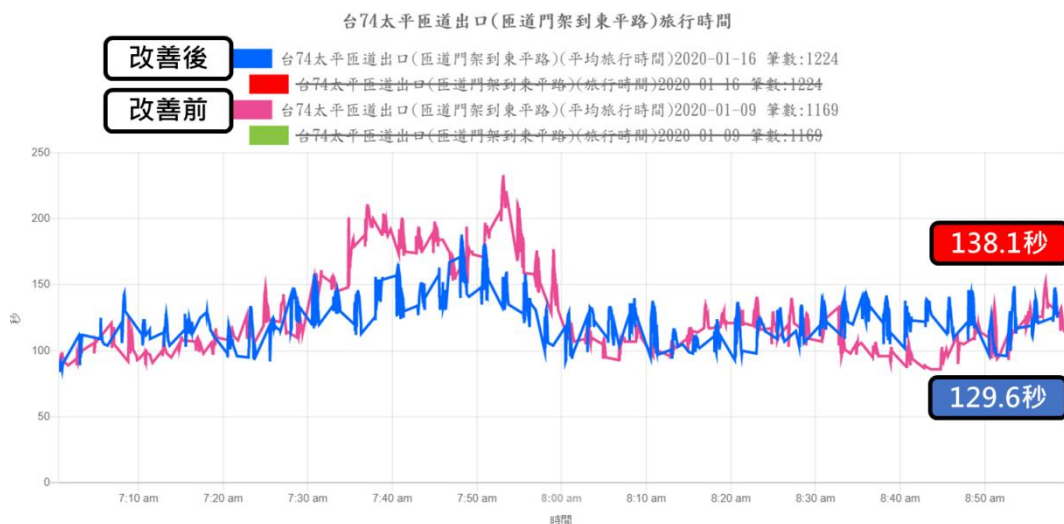


圖 4.4.32 旅行時間(週四晨峰)-下匝道路徑

資料來源：本研究整理

下圖為週一昏峰的改善狀況，由圖中觀察得知，平均旅行時間由 432.5 秒降為 228.1 秒，減少 204.4 秒，改善幅度大於 30%。

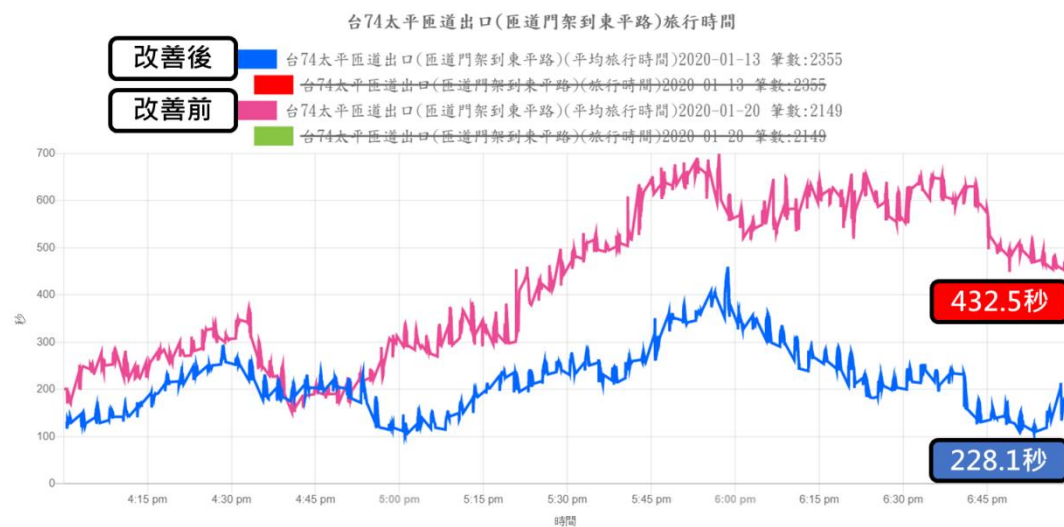


圖 4.4.33 旅行時間(週一昏峰)-下匝道路徑

資料來源：本研究整理

下圖為週二昏峰的改善狀況，由圖中觀察得知，平均旅行時間由 349.3 秒降為 300.8 秒，減少 48.5 秒，改善幅度 13.9%。



圖 4.4.34 旅行時間(週二昏峰)-下匝道路徑

資料來源：本研究整理

下圖為週五昏峰的改善狀況，由圖中觀察得知，平均旅行時間由 372.4 秒降為 250.3 秒，減少 122.1 秒，改善幅度大於 30%。

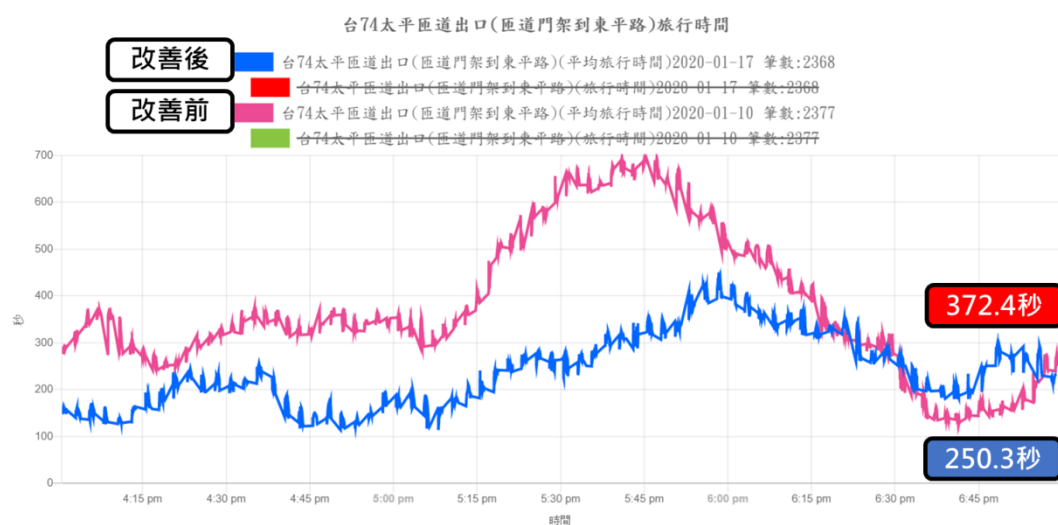


圖 4.4.35 旅行時間(週五昏峰)-下匝道路徑

資料來源：本研究整理

下圖為偵測器位於台 74 線快速公路 28KM_759M 處(大里-太平)，約離下匝道出口距離為 750M，並觀察週一至週五昏峰的趨勢，可得知事前回堵至台 74 線主線時，最外側車道平均速度會降至約 40KM/H 且影響時間較長(週一至週四約 75 分鐘-週二除外、週五約為 120 分鐘)，而改善後雖速度降低幅度差異不大，但影響時間大幅縮短(約為 30 至 45 分鐘)。此外週二趨勢與它日皆不同，可能有其他外在因素影響，故先不納入考量。

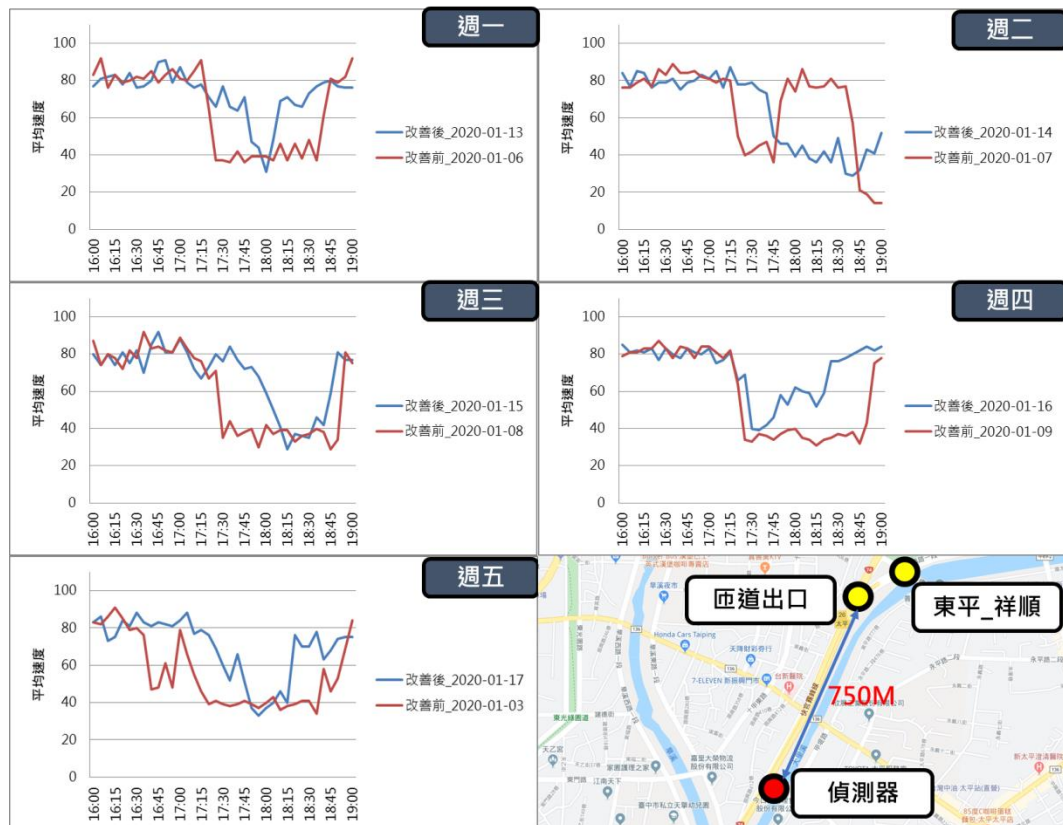


圖 4.4.36 平均速度(平日)-下匝道路徑

資料來源：本研究整理

「樂業-東平」幹道上的績效，以東平路往市區方向(1 日)的延滯與空拍方式，瞭解改善前後的車流紓解情形，下圖為晨昏峰的情形，可瞭解改善前後平面道路的車流紓解情況較無太大變化，但值得注意事後下游路口(十甲東路)，其因週期及時比與本研究路口不同，可能會產生消化不完進入的車流，進而導致溢流，因此，本研究在動態控制會考量下由紓解狀況，調整進入下游的車流量，另建議未來可考量擴大路網，解決下游溢流問題。



圖 4.4.37 車流紓解情形(週五)-平面道路

資料來源：本研究整理

下圖為東平路往市區方向，檢視「東平-777 巷」的總延滯，由於 777 巷幹道綠燈時比較大的關係，導致多數車輛停等於下游祥順路口，因此可觀察 777 巷的車流延滯情形，瞭解改善前後是否有讓排隊長度顯著增加而回堵至本路口；本號控系統主要目的在改善後維持平面幹道車流順暢，因此由改善前後的延滯可得知，兩者延滯差異並不明顯，故本系統在維持「平面道路」的績效前提下，可有效改善「下匝道」車流壅塞情形。



圖 4.4.38 東平路往市區總延滯(週二)-平面道路

資料來源：本研究整理

本系統在下匝道路徑的改善成果顯著，而平面道路雙向車流亦大致維持既有順暢程度，主要原因為本團隊透過時相設計讓下匝道路徑車流能一次通過整個路口群組，且能適時動態調整「下匝道」與「平面道路」關鍵

路徑時比，可即時增減時比給予需要的路徑使用。因此，總結本動態控制系統於晨昏峰時段的改善績效成果，並統整如表 4.4-15，由表中資料可發現在四個測試時段均有明顯之改善。

表 4.4-16 事前事後績效彙整表

下匝道路徑旅行時間(秒)		改善前	改善後	改善幅度(%)
晨峰	週四	138.1	129.6	+6.2%
昏峰	週一	432.5	228.1	>+30%
	週二	349.3	300.8	+13.9%
	週五	372.4	250.3	>+30%

資料來源：本研究整理

4.4.5.3 小結

透過本研究動態號誌控制系統建置經驗，為使整體能更佳完善，建議如下：

- 1.因在使用 PaSO 軟體中，僅有輸出績效結果，尚欠缺可視車流模擬畫面，以驗證輸入車流、道路幾何、時制內容等參數後，與實際情形的差異，故建議未來可增加相關車流模擬功能。另建議可有一長期維運單位協助各縣市處理軟體相關問題。
- 2.因本研究範圍路網與下游路口群組距離不遠，由於週期及時比不同，因此需調節系統紓解流量，才不易造成下游(十甲東路)溢流；因此建議未來可擴大路網改善下游紓解效率。
- 3.因本研究透過重新設計時制，使路網週期及時比改變，造成「樂業-東平」的車流排隊長度改變，故建議部分偵測器為因應排隊長度改變而需調整位置，如下圖所示。



圖 4.4.39 偵測設備位置調整

資料來源：本研究整理

4.4.6 偵測器通訊協定規劃

本研究重點為 AI 影像辨識車輛偵測器之開發與相關應用，此類車輛偵測器相較於過往車輛偵測器能夠多增加偵測各車種轉向量、延滯以及排隊長度，因此就此三項目設計與中心端溝通之通訊協定，參考都市交通控制通訊協定 3.0 版進行協定擴充。

表 4.4-17 協定擴充列表

車輛偵測器訊息				
序號	訊號類別	訊息型態	訊息編號	訊息等級
1	延滯、排隊長度與轉向量傳輸週期管理	設定	6F H+4F H	B
2		查詢	6F H+7F H	B
3		查詢回報	6F H+F0 H	B
4	延滯與排隊長度資料即時回報	主動回報	6F H+05 H	B
5	轉向量資料即時回報	主動回報	6F H+07 H	B

資料來源：本研究整理

表 4.4-18 協定擴充-車輛偵測器訊息內容[6F H+4F H]

訊息編號	6F H+4F H	訊息型態	設定	訊息等級	B
訊息類別	延滯、排隊長度與轉向量傳輸週期管理				
目的	設定車輛偵測器延滯、排隊長度與轉向量三項資訊回傳頻率				
用途	提供中心端依照需求設定延滯、排隊長度與轉向量回傳頻率				
訊息格式	6F H+4F H+DSFirstTranCycle+DSSecTranCycle+TVTranCycle				
訊息參數	DSFirstTranCycle：2 Byte，第一個回傳週期(秒)，整數(0~65535)，不使用設定 0				

定義	DSSecTranCycle：2 Byte，第二個回傳週期(秒)，整數(0~65535)，不使用設定 0 TVTranCycle：2 Byte，轉向量回傳週期(秒)，整數(0~65535)，不使用設定 0	
訊息處理步驟	控制中心 → 車輛偵測器	
	1. 下傳訊息 6F H+4F H 及回傳週期參數 DSFirstTranCycle、DSSecTranCycle、TVTranCycle	2. 接收 6F H+4F H 及 DSFirstTranCycle、DSSecTranCycle、TVTranCycle
參考訊息	6F H+7F H、6F H+F0 H、6F H+05 H、6F H+07 H	

資料來源：本研究整理

表 4.4-19 協定擴充-車輛偵測器訊息內容[6F H+7F H]

訊息編號	6F H+7F H	訊息型態	查詢	訊息等級	B
訊息類別	延滯、排隊長度與轉向量傳輸週期管理				
目的	查詢車輛偵測器延滯、排隊長度與轉向量三項資訊回傳頻率				
用途	提供中心端依照需求查詢延滯、排隊長度與轉向量回傳頻率				
訊息格式	6F H+7F H				
訊息參數定義	無訊息參數。				

訊息處理步驟	控制中心 → 車輛偵測器	
	1. 下傳訊息 6F H+7F H	2. 接收 6F H+7F H 3. 以 6F H+F0 H 回報延滯、排隊長度與轉向量回傳頻率
參考訊息	6F H+05 H、6F H+07 H、6F H+4F H、6F H+F0 H	

資料來源：本研究整理

表 4.4-20 協定擴充-車輛偵測器訊息內容[6F H+F0 H]

訊息編號	6F H+F0 H	訊息型態	查詢回報	訊息等級	B
訊息類別	延滯、排隊長度與轉向量傳輸週期管理				
目的	回報車輛偵測器延滯、排隊長度與轉向量三項資訊回傳頻率				
用途	提供中心端依照需求查詢回報目前延滯、排隊長度與轉向量三項資訊回傳頻率。				
訊息格式	6F H+F0 H+DSFirstTranCycle+DSSecTranCycle+TVTranCycle				
訊息參數定義	同 6F H+4F H。				
訊息處理步驟	控制中心 ← 車輛偵測器				
	2. 接收訊息 6F H+F0 H 及參數	1. 包裹參數送出 6F H+F0 H 訊息			

參考 訊息	6F H+4F H、6F H+7F H、6F H+05 H、6F H+07 H
----------	---

資料來源：本研究整理

表 4.4-21 協定擴充-車輛偵測器訊息內容[6F H+05 H]

訊息 編號	6F H+05 H	訊息 型態	主動回報	訊息等 級	B
訊息 類別	延滯與排隊長度資料即時回報				
目的	回傳車輛偵測器所偵測之延滯與排隊長度資料				
用途	依照設定頻率回傳各車道延滯與排隊長度				
訊息 格式	6F H+05 H+DSTranCycle+Year+Month+Day+Hour+Min+Sec+ LaneCount+(Delay+StopLength)(LaneCount)				
訊息 參數 定義	DSTranCycle：2 Byte，延滯與排隊長度回傳週期(秒)，整數(0~65535) Year：1 Byte，年(國曆)，整數(00~255) Month：1 Byte，月，整數(01~12) Day：1 Byte，日，整數(01~31) Hour：1 Byte，時，整數(00~23) Min：1 Byte，分，整數(00~59) Sec：1 Byte，秒，整數(00~59) LaneCount：1 Byte，車輛偵測器所含之車道數，整數(00~08)，車道編號 0 至 7，由內車道往外車道編 Delay：2 Byte，車道平均延滯(秒)，整數(00~65535) StopLength：2 Byte，車道排隊長度(公分)，整數(00~65535)				
訊息 處理 步驟	控制中心 ← 車輛偵測器				
	2. 接收訊息 6F H+05 H 及		1. 依照設定之回傳週期送出 6F H+05 H 訊息		

	參數 3. 進行檢核過濾等數據處理程序	
參考 訊息	6F H+4F H、6F H+7F H、6F H+F0 H、6F H+07 H	

資料來源：本研究整理

表 4.4-22 協定擴充-車輛偵測器訊息內容[6F H+07 H]

訊息 編號	6F H+07 H	訊息 型態	主動回報	訊息等 級	B
訊息 類別	轉向量資料即時回報				
目的	回傳車輛偵測器所偵測之轉向量資料				
用途	依照設定頻率回傳各方向車種轉向量				
訊息 格式	6F H+07 H+TVTranCycle+Year+Month+Day+ Hour+Min+Sec+DirCount+ (DirNo+BigVolume+CarVolume+MotorVolume)(DirCount)				
訊息 參數 定義	TVTranCycle：2 Byte，轉向量回傳週期(秒)，整數(0~65535) Year：1 Byte，年(國曆)，整數(00~255) Month：1 Byte，月，整數(01~12) Day：1 Byte，日，整數(01~31) Hour：1 Byte，時，整數(00~23) Min：1 Byte，分，整數(00~59) Sec：1 Byte，秒，整數(00~59) DirCount：1 Byte，路段轉出方向數，整數(00~08) DirNo：1 Byte，方向編號，整數(00~07)，編號準則如下圖，直行為 4				

	下游各方向編號，1、2、3是左轉、4是直行，5、6、7是右轉 BigVolume：2 Byte，大車流量(輛)，整數(00~65535) CarVolume：2 Byte，大車流量(輛)，整數(00~65535) MotorVolume：2 Byte，大車流量(輛)，整數(00~65535)	
訊息處理步驟	控制中心 ← 車輛偵測器	
	2. 接收訊息 6F H+07 H 及參數 3. 進行檢核過濾等數據處理程序	1. 依照設定之回傳週期送出 6F H+07 H 訊息
參考訊息	6F H+4F H、6F H+7F H、6F H+F0 H、6F H+05 H	

資料來源：本研究整理

4.5 儀表板規劃

本研究透過裝設完成的偵測器等設備，將針對所蒐集之資料進行基本統計分析，以瞭解調查區域之交通特性。並依據交通管理需求設計經過計算回傳相關數據至資訊儀表板上呈現給主管機關進行查看，重點項目包括以下五項：1.即時數據展示、2.交通尖/離峰時段數據展示、3.日平均數據展示、4.設備即時運作狀況監控，及後續管理之需求產出 5.「系統相關統計報表」之功能項目，整體系統功能架構如圖 4.5.1 所示，各項功能說明如後。

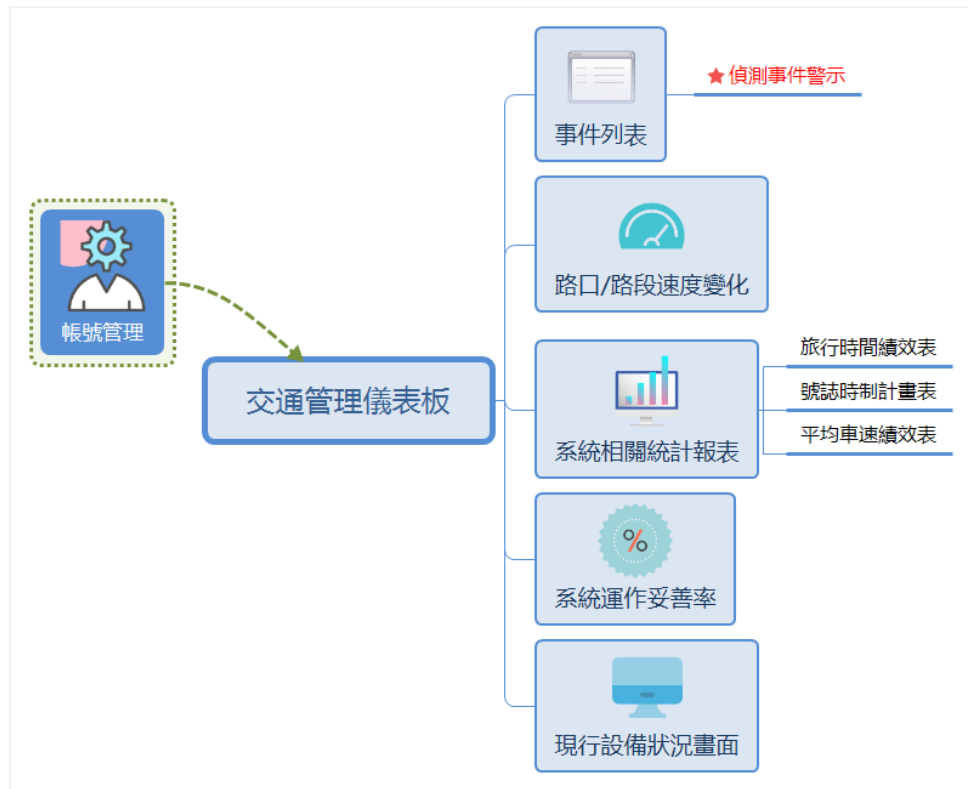


圖 4.5.1 AI 交通管理儀表板系統_功能架構圖

- 1.該網站則屬非公開給一般民眾查看，其系統整體架構主要分為「現行設備狀況畫面」、「路口/路段速度變化」、「系統運作妥善率」、「事件列表」、「系統相關統計報表」，系統登入畫面如圖 4.5.2 所示，當使用者點選任一主要功能時，則進入該功能選項中查詢細部資訊；另外，也透過帳號管理之功能，提供管理者及系統維運團隊進行角色權限設定等功能，如圖 4.5.3 至圖 4.5.8 所示。

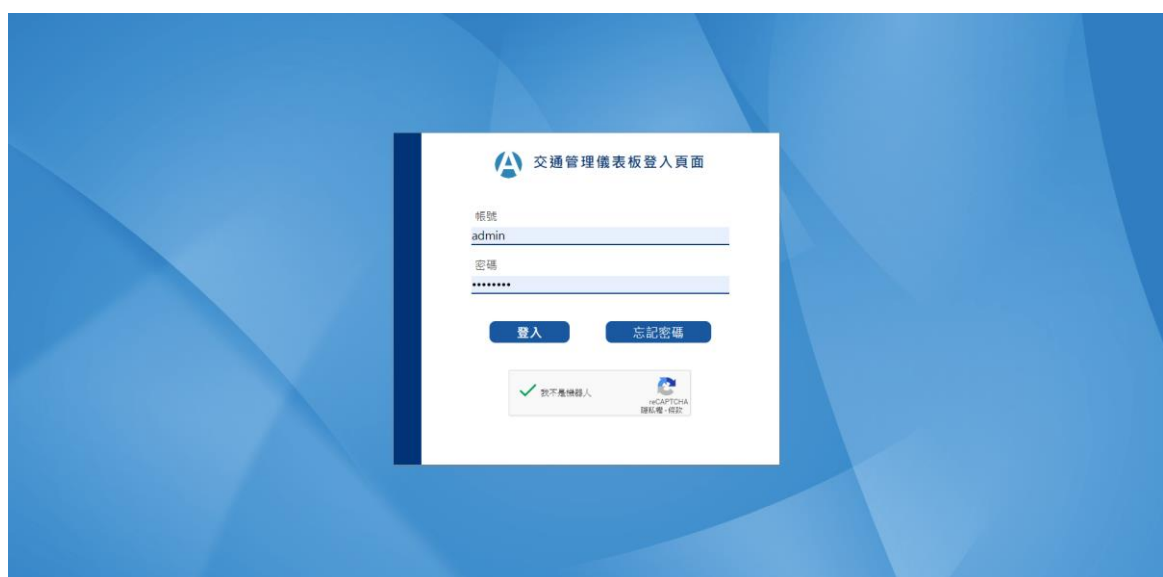


圖 4.5.2 AI 交通管理儀表板系統_登入畫面

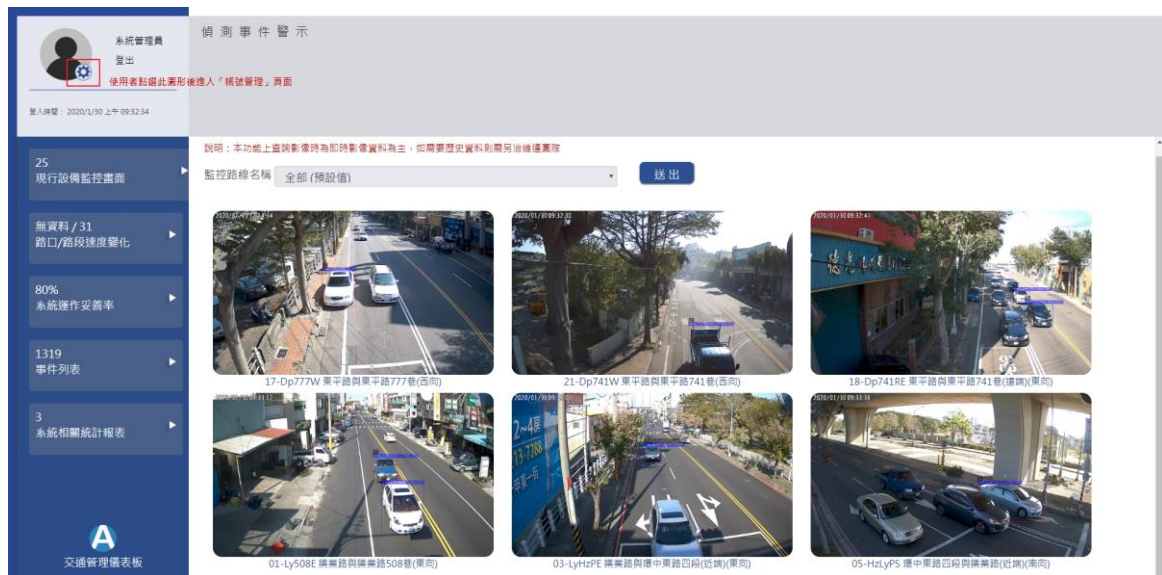


圖 4.5.3 AI 交通管理儀表板系統_進入「帳號管理」頁面



圖 4.5.4 AI 交通管理儀表板系統_帳號管理_初始畫面



圖 4.5.5 AI 交通管理儀表板系統_帳號管理_新增帳號

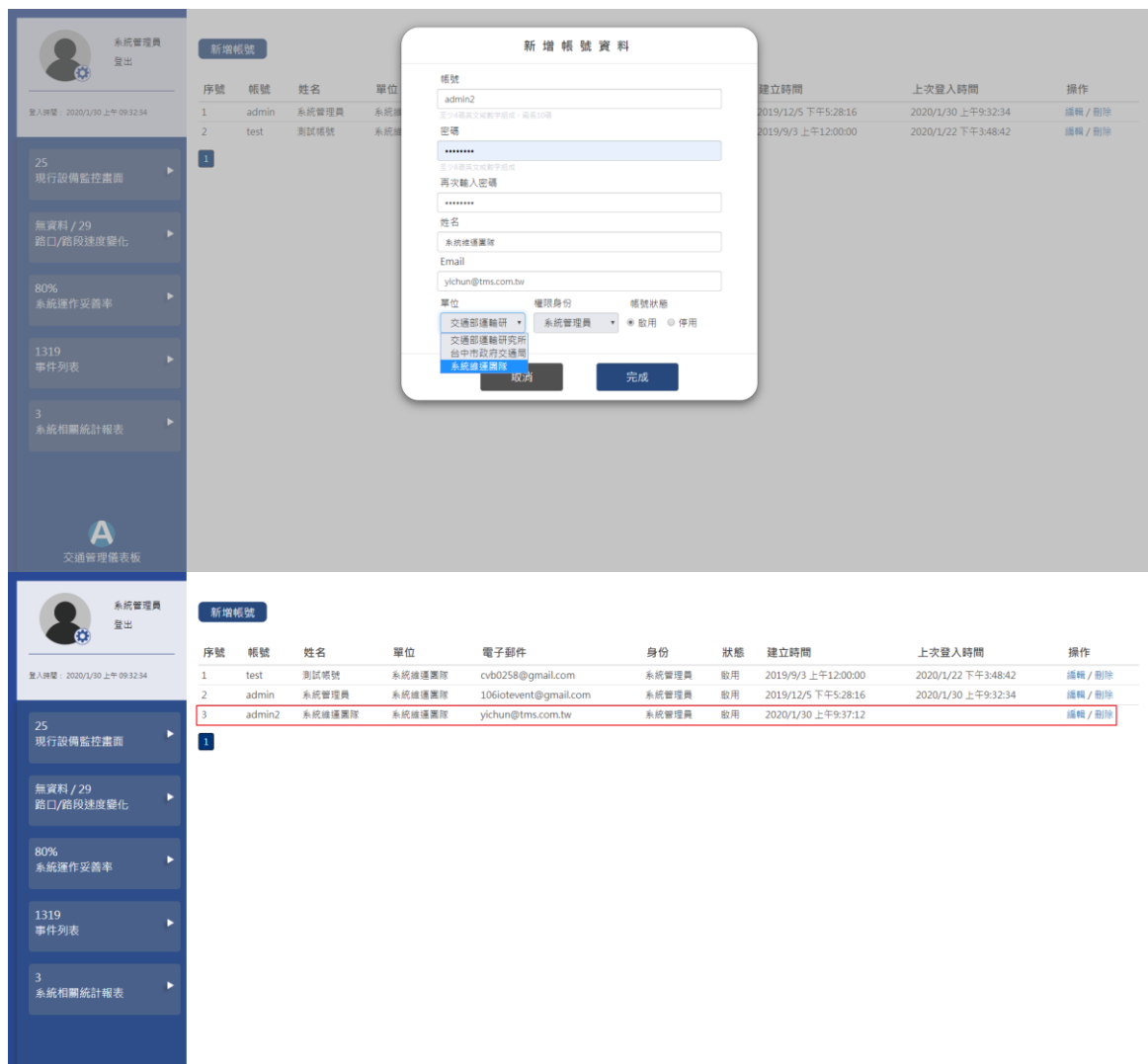


圖 4.5.6 AI 交通管理儀表板系統_帳號管理_新增帳號(2)



圖 4.5.7 AI 交通管理儀表板系統_帳號管理_編輯帳號



圖 4.5.8 AI 交通管理儀表板系統_帳號管理_刪除帳號

2.進版畫面：以「現行設備監控畫面」為主，其功能操作則參照該功能內容，另，當下若有偵測到事件資訊，會顯示於上方「偵測事件警示」區，點選該區資料時則可呈現詳細內容，而目前系統中僅有「16-Dp777PE 東平路與東平路 777 巷(近端)(東向)」此設備進行事件(路口溢流)之偵測，如圖 4.5.9、圖 4.5.10 所示。



圖 4.5.9 AI 交通管理儀表板系統_進版預設畫面



圖 4.5.10 AI 交通管理儀表板系統_偵測後產出事件警示資訊

3. 現行設備監控畫面：點選本功能後則預設出現六臺設備監控現況畫面，監控之設備清單如表 4.5.1 所示，如使用者預計查詢其他時間點或是設備，則透過條件式選取預計查詢的內容，點選後則出現該查詢下的監控畫面及詳細內容，另因為設備影像儲存量較大，影像傳輸速度較慢，故建議於本功能上查詢影像時為即時影像資料為主，如需要歷史資料則需另外由系統本機端另外擷取提供，如圖 4.5.11、圖 4.5.12 所示。

表 4.5.1 現行設備監控列表

序號	位置編號	監控的設備名稱	偵測項目
1	01-Ly508E	樂業路與樂業路 508 巷(東向)	停等資料(一車道，不含慢車道)
2	02-LyHzRE	樂業路與環中東路四段(遠端)(東向)	車種車流量
3	03-LyHzPE	樂業路與環中東路四段(近端)(東向)	停等資料(兩車道及對向一車道)
4	04-HzLyN	環中東路四段與樂路(北向)	停等資料(三車道)
5	05-HzLyPS	環中東路四段與樂業路(近端)(南向)	停等資料(三車道)
6	06-LyHzW	樂業路與環中東路四段(西向)	停等資料(兩車道)
7	07-HzLyRS	環中東路四段與樂業路(遠端)(南向)	停等資料(三車道)
8	08-DpXsE	東平橋與祥順路一段(東向)	停等資料(二車道)
9	09-XsDpPN	祥順路一段與東平橋(快車道)(北向)	停等資料(二車道)(匝道下來)
10	10-XsDpRN	祥順路一段與東平橋(側車道)(北向)	停等資料(二車道)(側車道)
11	11-XsDpRS	祥順路一段與東平橋(側邊)(西向)	停等資料(三車道)
12	12-XsDpPS	祥順路一段與東平橋(中間)(西向)	轉向交通量
13	13-DpXsW	東平橋與祥順路一段(西向)	停等資料(二車道)
14	14-Dp777RE	東平路與東平路 777 巷(遠端)(東向)	停等資料(二車道)
15	15-Dp777N	東平路與東平路 777 巷(北向)	停等資料(一車道)
16	16-Dp777PE	東平路與東平路 777 巷(近端)(東向)	路口溢流 (事件功能使用之設備)
17	17-Dp777W	東平路與東平路 777 巷(西向)	停等資料(二車道)
18	18-Dp741RE	東平路與東平路 741 巷(遠端)(東向)	停等資料(二車道)
19	19-Dp741N	東平路與東平路 741 巷(北向)	停等資料(一車道)

序號	位置編號	監控的設備名稱	偵測項目
20	20-Dp741PE	東平路與東平路 741 巷(近端)(東向)	行人流量
21	21-Dp741W	東平路與東平路 741 巷(西向)	停等資料(二車道)
22	22-HzXsE	環中東路四段與祥順路一段(東向)	佔有率、車速 (車速計算使用之設備)
23	23-HzXsN	環中東路四段與祥順路一段(北向)	停等資料(二車道)
24	25-T74_27KW	台 74 線太平匝道出口門架(28 至 27.9k 中間)(西向)	停等資料(下匝道)
25	24-T74_29KW	台 74 線太平匝道處(29.2 與 29.1k 之間)(西向)	停等資料、車流量、車速

資料來源：本研究整理

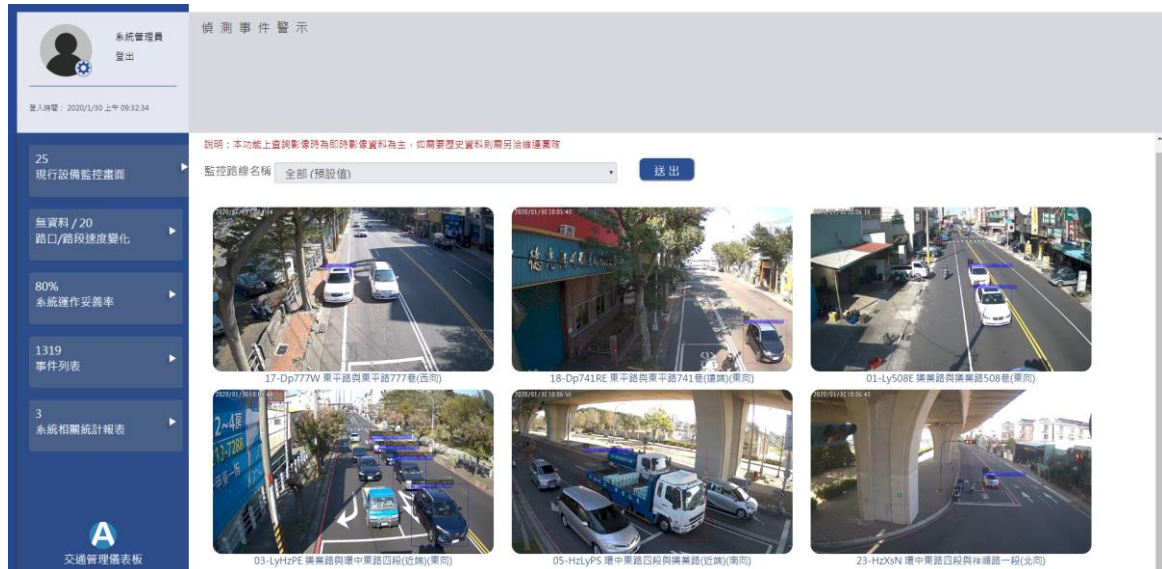


圖 4.5.11 AI 交通管理儀表板_現行設備監控畫面初始畫面



圖 4.5.12 AI 交通管理儀表板_現行設備監控畫面_選定某一設備

4.路口/路段速度變化：本功能提供列表與地圖查詢的兩種功能，預計查詢某一支設備當下偵測的車速時，可點選該設備，icon 需進行變化，並以氣泡框樣式顯示該設備所回傳的即時車速資料，呈現方式說明如下，系統畫面則如圖 4.5.13、圖 4.5.14 所示，而目前系統中僅有「22-HzXsE 環中東路四段與祥順路一段(東向)」此設備進行車速偵測，其顏色顯示邏輯如下：

- (1)上一個月平均車速：由 API 每個月第一天凌晨 12 點統計上一個月的總平均車速。
- (2)基礎對照之歷史車速資料顯示為灰色，而查詢當下車速若大於上一個月平均車速，則顯示綠色；反之顯示紅色，若相同則顯示灰色；而無資料回傳顯示灰色，若當下偵測回傳之車速為 0 時，顯示黑灰色。

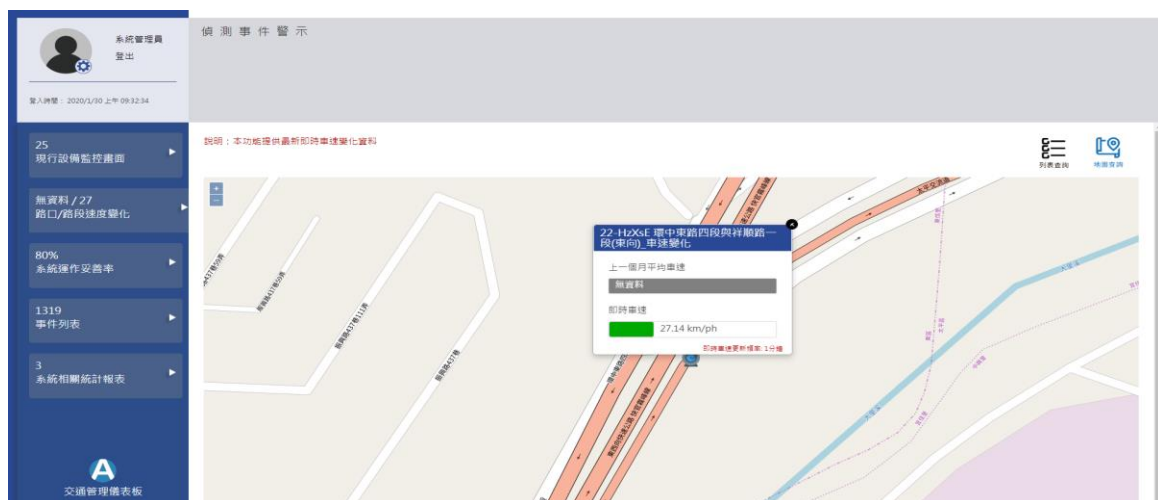


圖 4.5.13 AI 交通管理儀表板_即時流量速度變化_地圖顯示



圖 4.5.14 AI 交通管理儀表板_即時流量速度變化_列表顯示

另，測試紀錄約 509 筆，部分資料如表 4.5.2，並從記錄中有發現部分車速資料可於後續系統穩定後持續觀察，如表 4.5.3 所示：

表 4.5.2 22-HzXsE 環中東路四段與祥順路一段(東向)偵測速度紀錄(部分)

偵測時間：2020/1/15 05:43:38 PM~ 2020/1/16 09:04:15 AM

序號	設備 IP	速度	寫入時間	更新時間
1	IP 因資安問題 不於報告書中顯示	27.46	2020/1/15 17:43	2020/1/15 17:44
2		18.91	2020/1/15 17:45	2020/1/15 17:46
3		37.41	2020/1/15 17:47	2020/1/15 17:48
4		28.5	2020/1/15 17:48	2020/1/15 17:49
5		22.79	2020/1/15 17:49	2020/1/15 17:50
6		33.84	2020/1/15 17:50	2020/1/15 17:51
7		33.57	2020/1/15 17:51	2020/1/15 17:52
8		39	2020/1/15 17:52	2020/1/15 17:53
9		35.75	2020/1/15 17:53	2020/1/15 17:54
10		28.86	2020/1/15 17:55	2020/1/15 17:56
...				
508	IP 因資安問題	35.06	2020/1/16 9:02	2020/1/16 9:03
509	不於報告書中顯示	25.79	2020/1/16 9:04	2020/1/16 9:05

資料來源：本研究整理

表 4.5.3 22-HzXsE 環中東路四段與祥順路一段(東向)偵測車速異常疑慮紀錄

序號	設備 IP	速度	寫入時間	更新時間
297	IP 因資安問題 不於報告書中顯示	128.35	2020/1/16 0:37	2020/1/16 0:38
298		41.97	2020/1/16 0:41	2020/1/16 0:42
299		7.26	2020/1/16 0:43	2020/1/16 0:44
300		128.6	2020/1/16 0:48	2020/1/16 0:49
402		32.2	2020/1/16 6:58	2020/1/16 6:59
403		7.97	2020/1/16 6:59	2020/1/16 7:00
404		26.26	2020/1/16 7:00	2020/1/16 7:01
95		100.52	2020/1/15 19:55	2020/1/15 19:56
232		126	2020/1/15 22:43	2020/1/15 22:44

資料來源：本研究整理

5.系統運作妥善率：以地圖、列表兩方式呈現現有的資訊內容，本功能主要提供「AI 設備」、「系統運作」兩項監控，以選擇「AI 設備」為操作範例說明，點選本功能後則預設出現目前所有設備的狀況，如使用者預計查詢其他時間點或是設備，則透過條件式(設備狀態、指定設備等)選取預計查詢的內容，點選後則出現該查詢下的設備清單，如有單一設備有異常，則以不同的顏色標示，使使用者可明確得知哪一隻設備異常，進行後續連繫，也可透過地圖方式呈現查詢，由不同的 icon 顏色變化得知設備正常/異常狀況，點選某一支設備時，則可顯示當下的影像資料，系統畫面如圖 4.5.15 至圖 4.5.17 所示。而本處系統運作妥善率均以設備連線是否正常為衡量標準，若設備無法連線再行通知團隊成員確認其異常原因，計算方式如下：

(1)設備正常：設備正常數量/設備總數 *100%

(2)設備異常：設備異常數量/設備總數 *100%

(3)單一設備均妥善率：單一設備正常次數/從開始偵測起每五分鐘的統計數 *100%，四捨五入進位到整數，如：

1 小時共偵測 12 次，都正常則 $12/12 * 100\% = 100\%$

1 小時共偵測 12 次，7 次正常則 $7/12 * 100\% = 58\%$

(4)總設備平均妥善率：全部設備妥善率/設備總數

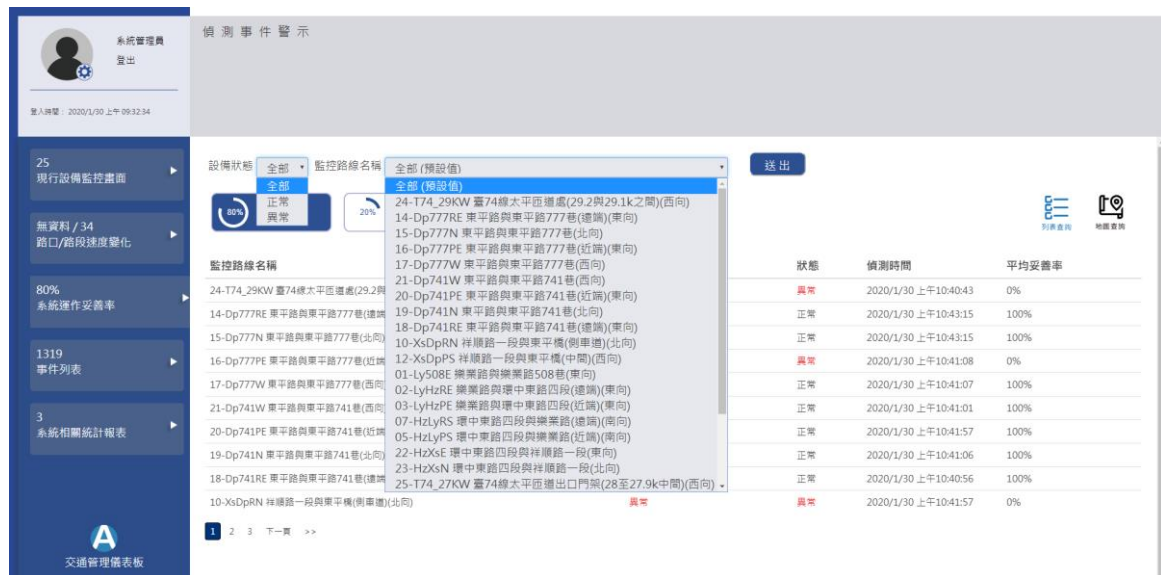


圖 4.5.15 AI 交通管理儀表板_系統運作妥善率_條件選取



圖 4.5.16 AI 交通管理儀表板_系統運作妥善率_列表顯示

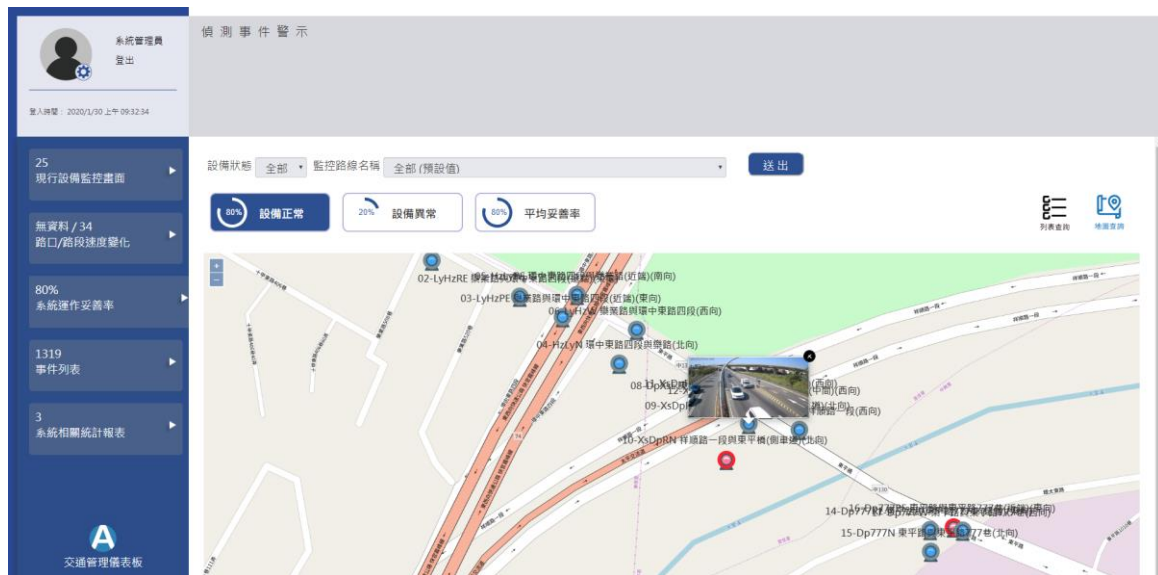


圖 4.5.17 AI 交通管理儀表板_系統運作妥善率_地圖顯示

6.事件列表：

- (1)以地圖、列表兩方式呈現現有的資訊內容，點選本功能後顯示本案架設設備自動偵測之事件類別，於畫面上同時顯示最常發生的前三大事件類別使用者可透過關鍵字方式，或是選擇預計查詢之時間點進行查詢相關的事件列表，當事件已經解除者，會於列表上顯示結束時間，若該事件仍持續進行中，則於狀態列以紅字標示未解除，點選該事件鄰近的一支設備時，則可顯示當下的影像資料；此外，目前計算 AI 偵測後的事件筆數，其比例為壅塞：屬於壅塞的事件數量/事件總數 *100%，呈現畫面如圖 4.5.18、圖 4.5.19 所示。
- (2)目前系統中僅先以「路口溢流」為主，偵測設備名稱：16-Dp777PE 東平路與東平路 777 巷(近端)(東向)，目前偵測為 10 秒回傳資料一次，若事件列表已解除的事件則持續顯示在地圖上直到隔天凌晨 12:00 會消除。
- (3)惟須特別注意者因該儀表板設計主要是以事件回傳最多的三大類別為呈現，其判斷邏輯則係以設備回傳的資訊為判斷依準，判斷是否為異常停留，或以佔有率數據門檻值加以判斷是否為壅塞，施工部分則須仰賴後端回傳之照片加以人工判斷，如圖 4.5.20、圖 4.5.21 所示。

系統管理員
登出

登入時間：2020/1/30 上午 09:32:34

25
現行設備監控畫面

無資料 / 30
路口/路段速度變化

80%
系統運作妥當率

1319
事件列表

3
系統相關統計報表

交通管理儀表板

偵測事件警示

關鍵字查詢

起始時間

2020

1

20

0

0

結束時間

2020

1

30

11

55

送出

100% 路口溢流

列表查詢

地圖查詢

監控路線名稱	事件類別	狀態	發生時間	結束時間
16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	已解除	2020/01/22 14:36	2020/01/22 14:38
16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	已解除	2020/01/22 14:27	2020/01/22 14:27
16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	已解除	2020/01/22 14:23	2020/01/22 14:23
16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	已解除	2020/01/22 13:52	2020/01/22 14:22
16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	已解除	2020/01/22 13:33	2020/01/22 13:33
16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	已解除	2020/01/22 13:23	2020/01/22 13:23
16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	已解除	2020/01/22 12:28	2020/01/22 12:28
16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	已解除	2020/01/22 12:23	2020/01/22 12:23
16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	已解除	2020/01/22 12:23	2020/01/22 12:23
16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)	路口溢流	已解除	2020/01/22 12:18	2020/01/22 12:19

圖 4.5.18 AI 交通管理儀表板_事件列表_列表顯示

系統管理員
登出

登入時間：2020/1/30 上午 09:32:34

25
現行設備監控畫面

無資料 / 30
路口/路段速度變化

80%
系統運作妥當率

1319
事件列表

3
系統相關統計報表

交通管理儀表板

偵測事件警示

關鍵字查詢

起始時間

2020

1

20

0

0

結束時間

2020

1

30

11

55

送出

100% 路口溢流

列表查詢

地圖查詢

中130

16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(東向)

14-Dp777RE 東平路與東平路777巷(遠端)(東向)

15-Dp777N 東平路與東平路777巷(北向)

16-Dp777PE 東平路與東平路777巷(近端)(西向)

圖 4.5.19 AI 交通管理儀表板_事件列表_地圖顯示



圖 4.5.20 AI 交通管理儀表板_事件列表_路口溢流偵測照片(白天)

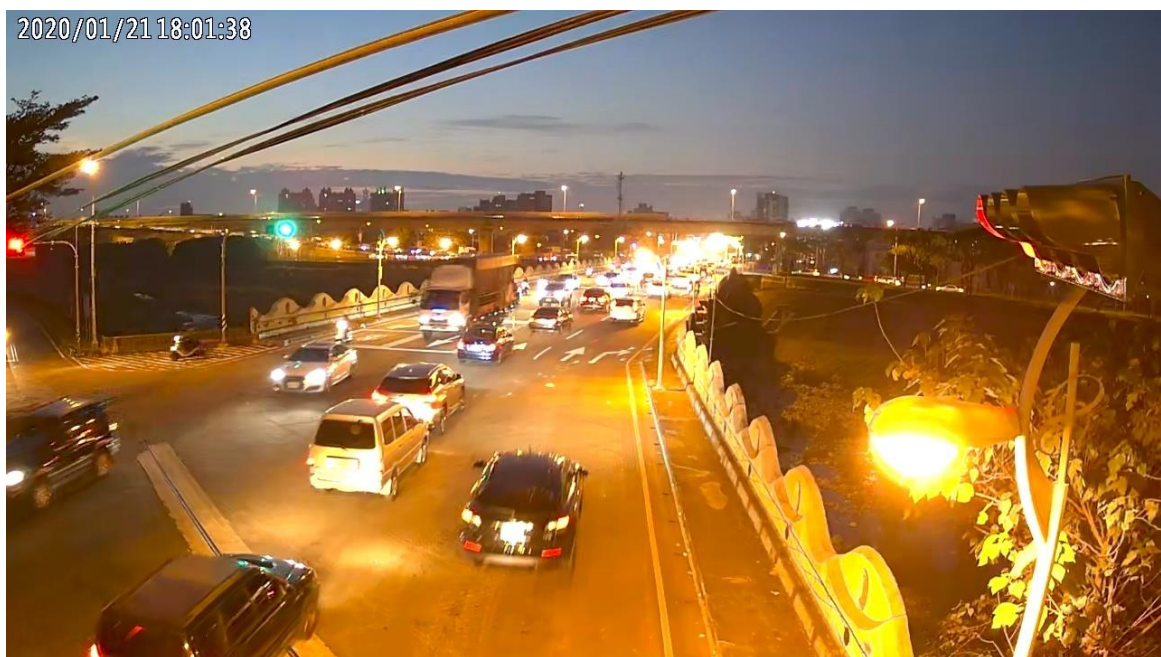


圖 4.5.21 AI 交通管理儀表板_事件列表_路口溢流偵測照片(晚上)

7.系統相關統計報表：

- (1)依照本案需求建置之設備進行號誌控制後，需進行事前事後之績效評估，提供統計報表之功能，其報表類別可包括平均車速績效表、旅行時間績效表等兩大類，以圖、表兩種呈現方式提供查詢與匯出，惟因資料量問題僅可提供使用者查詢最近一小時的資料，判定當天系統的時間後鎖定年、月、日的下拉選單。

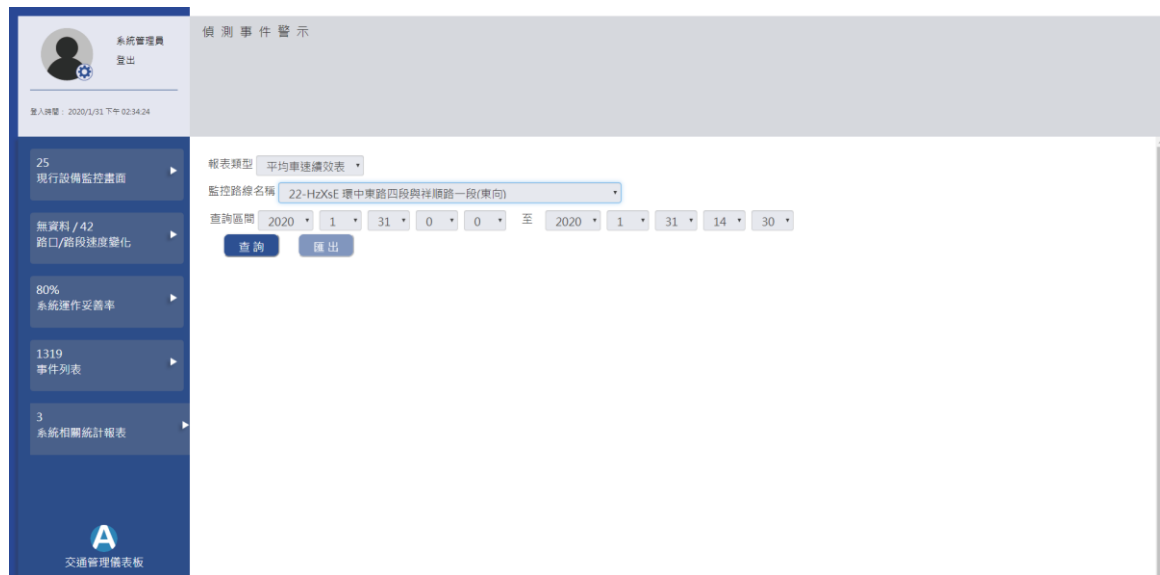
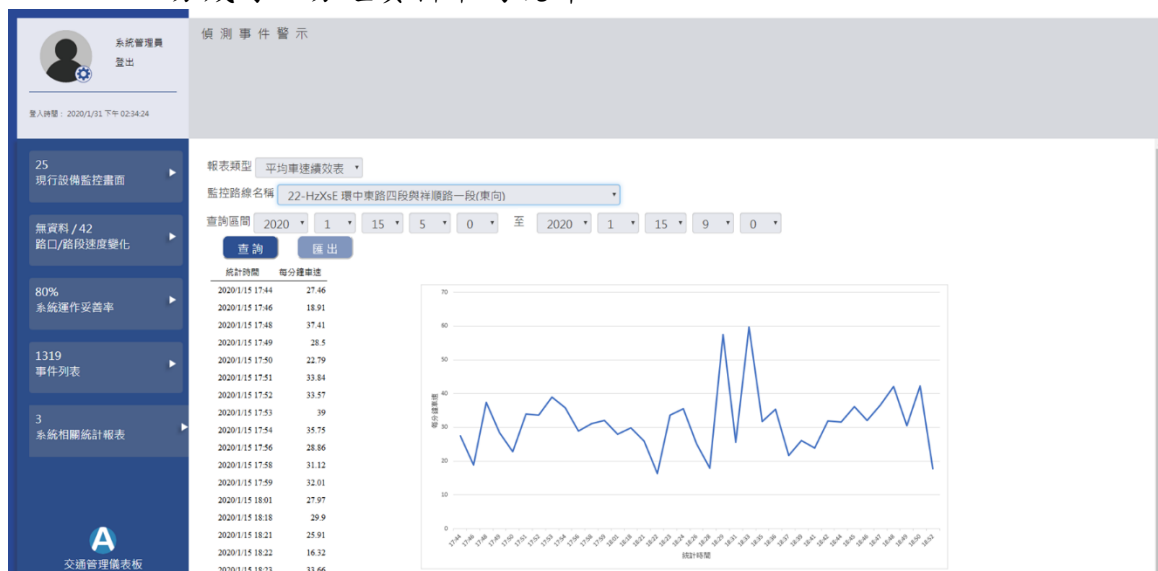


圖 4.5.22 AI 交通管理儀表板_系統相關統計報表_初始畫面

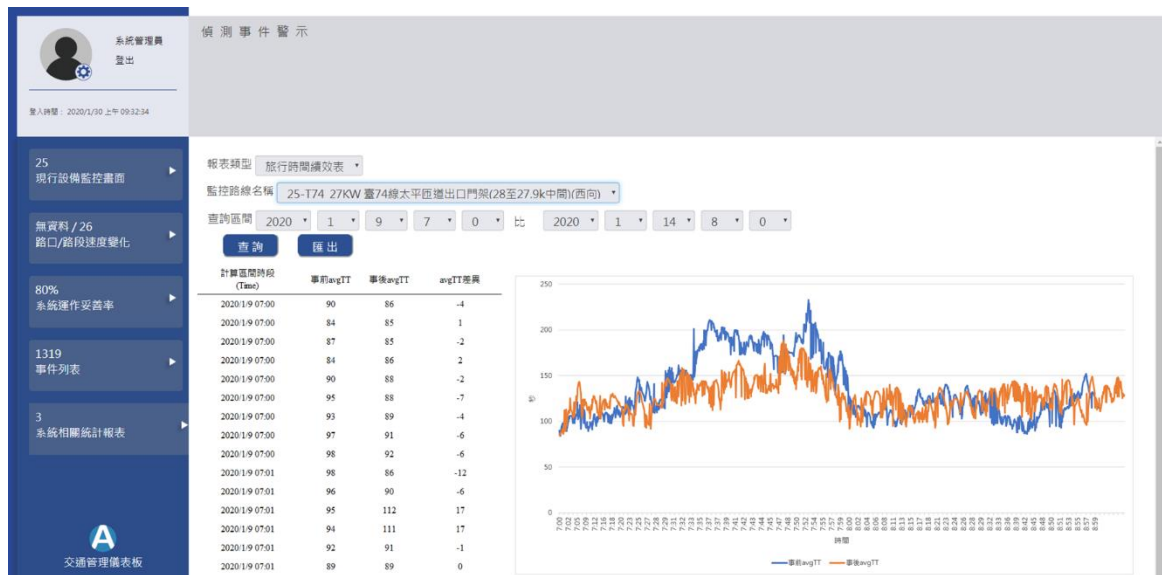
(2)另，因目前資料量尚不足，資料採計時間如下所列，系統畫面則如圖 4.5.23、圖 4.5.24 所示。

- 旅行時間績效採計時間：2020/1/9 07:00 至 2020/1/9 08:59(依據事前既有時制計畫)及 2020/1/16 07:00 至 2020/1/16 08:58(使用動態號誌控制)透過 e-tag 收集到的比較前後資料，再將其區分成每 1 分鐘資料平均統計。
- 平均車速績效表採計時間：2020/1/15 17:43 至 2020/1/16 09:04 區分成每 1 分鐘資料平均統計。



註：目前尚無收集足夠資料，本處採用之設備為環中東路四段與祥順路一段(東向)

圖 4.5.23 AI 交通管理儀表板_系統相關統計報表_平均車速績效表



註：目前尚無收集足夠資料，本處採用之設備為台 74 線太平匝道出口門架(28 至 27.9k 中間)(西向)之 e-tag

圖 4.5.24 AI 交通管理儀表板_系統相關統計報表_旅行時間績效表

第五章 AI 影像辨識數據於桃園機場之應用

5.1 桃園機場偵測規劃與執行歷程說明

為利將 AI 影像偵測技術導入桃園機場公司，並協助桃園機場公司改善過往問題，本研究透過與桃園機場公司進行多次訪談，逐步勾勒本研究之研究課題，本研究桃園機場規劃部分執行歷程如表 5.1-1 所示，該公司初步提出之交通特性資料蒐集需求可彙整如表 5.1-2 所示，並細部歸納如下列五點：

- 1.機場進出車輛數之統計：由於目前進行機場之公共運輸方式主要可透過機場捷運和公路客運兩種型態，其進出量均可有完整紀錄，唯有私人運具、出租車接駁和遊覽車接駁之數量一直無法掌握，故該問題主要在進行機場進出車輛數之統計，以做為機場整體運輸規劃之參考。
- 2.航站接送機車輛違規停車之取締：桃園機場第一航站及第二航站出入境所在路段因為路邊違規停車造成車流之壅塞，特別在入境路段更是因為抵達航班之不確定，車輛久候情形更為嚴重。為有效解決車輛違規停車問題，目前機場公司運用 CCTV 所拍攝之違規車輛車牌提供給航警局開單作業，惟此種作業型態之成效，不僅耗費人力，而且開單比例亦極為有限。
- 3.特定違規營運載客車輛之監控：由於目前有特定車輛經常性的經營旅客違規接送行為，故希望未來能夠透過車輛牌照黑名單的建立，進行特定車輛的監控，以期能夠杜絕該情事之發生
- 4.搭乘客運人流之監控：由於在機場尖峰時間常會發生旅客搭乘聯外國道客運或是機場巡迴巴士時等候過久情形，屢遭乘客抱怨，故機場公司希望能夠監控客運巴士等候區之人流狀況，當等候人數過多時，即可主動通報，協請營運單位進行加班作業，以減少旅客之候車時間。
- 5.旅客安檢通過時間監控：機場於尖峰時刻，往往因安檢通道及安檢人員有限，使得等候安檢旅客排隊長度過長，機場公司雖掌握不同旅客性質其通過安檢所需時間不同（如是否經常出境、行李內是否有筆記型電腦、身上是否穿戴含金屬之物品、是否穿著外套及隨身行李是否有金屬物品...等），但目前卻無有效分流之辦法，因此，機場公司期望能運用 AI 影像辨識偵測，掌握各客群其通過安檢所需時間，並於未來進一步分析研究，研擬快速通道，使得安檢時間較短之旅客可快速舒緩。

本研究經與桃園機場公司細部討論後，將優先針對桃園機場公司第二

航廈入境臨停區偵測及機場第二航廈安檢區偵測研擬相關計畫，期望能透過先進技術，解決桃園機場公司面臨之問題，各項偵測規劃說明如 5.1.1 至 5.1.2 節。

表 5.1-1 桃園機場偵測規劃執行歷程

日期	主題	說明
108.05.29	偵測方案探討	研究團隊針對桃園機場場域及桃園機場目前面臨之問題研擬相關偵測方案。
108.06.17	桃園機場偵測規劃討論會議	與桃園機場公司討論偵測項目，最終決議優先處理入境交通問題及安檢人流問題(預計使用 20 組設備)，並再召開一次會議進行設備裝設場勘，後續合作備忘錄則待有初步規劃後再行簽署。
108.06.28	桃園機場場域場勘	與桃園機場公司針對研究場域進行場勘，並與桃園機場確立偵測場域為第一與第二航廈入境、第二航廈安檢區，取消聯外道路車流監控。
108.07.02	運研所討論會議	運研所期望可再納入聯外交通偵測規劃，經評估討論後納入。
108.07.15	桃園機場儀錶板規劃電話訪談	提供桃園機場公司偵測設備儀錶板規劃，與桃園機場公司相關人員進行電話訪談，並依據訪談意見進行修正。
108.07.23	桃園機場儀錶板與設備布設協助討論會議	與桃園機場公司針對儀錶板規劃、設備裝設方案進行討論，針對設備裝設部分，因桃園機場公司經費有限，無法協助裝設設備，且通訊部分因目前網路頻寬已飽和，亦較難協助，並請研究團隊再行估算施工、網路租用之費用，並可採安檢區與入境臨停區各裝設一組偵測設備，以 DEMO 之方式，減少裝設成本，而桃園機場公司亦將再評估是否可協助施工裝設部分。
108.08.12	運研所工作會議	因設備裝設費用與通訊費用過高，針對桃園機場偵測規劃初步將調整為聯外交通 2~5 組、入境臨停區 2 組、安檢區 1~3 組，其中聯外交通部分，將徵詢公路總局與高速公路局是否能協助相關裝設。
108.08.20	桃園機場討論會議	原定於本日再與機場公司進行協商會議，惟此時段機場公司事務繁忙，改以書面資料進行相關規劃討論。

日期	主題	說明
108.09.06	施工廠商提供報價	施工廠商完成場域場勘並提供初步偵測設備裝設報價。
108.09.16	運研所工作會議	與運研所確立先行裝設安檢區三組設備與入境臨停區兩組設備及聯外交通部份，並將再與桃園市府商討設備提供與裝設事宜。
108.10.04	桃園機場裝設細節場勘	與桃園機場公司、施工廠商再次針對偵測設備裝設位置與偵測畫面及引電位置進行場勘，會後因入境臨停區可裝設位置有嚴重曝光問題，研究團隊重新檢討攝影機規格與晶片。
108.10.09	桃園市府機場聯外交通布設討論	與桃園市政府針對聯外交通設備裝設及桃園市偵測設備布設可行性進行討論。
108.10.16	聯外交通裝設位置確認	持續請機場公司協助確認機場聯外道路兩端之門架或其他偵測設備可布設位置之權屬單位，確認主要可裝設門架屬航警局與機場公司。
108.11.14	桃園機場聯外交通	交通部高速公路局北區養護工程分局針對桃園機場聯外交通國道二號端偵測設備裝設協助電話答覆僅能協助網路與電力提供，無法協助設備裝設。
108.11.19	施工申請計畫書申請	向桃園機場公司提送施工申請計畫書，並請施工廠商繪製電力配線圖等施工文件。
108.12.09	施工申請計畫書核備	桃園機場公司同意本研究團隊所提送之施工申請計畫書。
109.01.18	施工廠商完成線路布設	施工廠商完成設備至引電處之電力布設及主機裝設。因適逢春運，桃園機場公司運量過高，暫緩所有施工進場，致使攝影機原定採半夜施工方式，仍無法施工。
109.02.05	施工廠商完成安檢區設備裝設	施工廠商完成安檢區設備裝設，研究團隊持續與施工廠商進行偵測範圍調整。
109.02.10	施工廠商完成入境臨停區設備上線	施工廠商完成入境臨停區偵測設備上線，經測試，其主要功能以可開始運作。

表 5.1-2 桃園機場公司交通特性資料蒐集需求彙整表

	項目	位置	瓶頸點(痛點)	需求
1	道路交通	T1/T2 出入境小客車臨停區	尖峰時段易交通壅塞	欲統計各車種、車流數量及尖峰時段以改善交通情形
2	道路交通	航勤北路/航勤南路	違規車輛多導致交通事故頻繁	欲統計上下班尖峰時間各車種、車流數量及違規車輛數量
3	道路交通	航站北路/航站南路	尖峰時段易交通壅塞	欲統計各車種、車流數量及尖峰時段以改善交通情形
4	道路交通	東一路/東二路/西四路	尖峰時段易交通壅塞	欲統計各車種、車流數量及尖峰時段以改善交通情形
5	客運	T1/T2 客運候車室、客運上下車處(包含航廈及貨運區)	尖峰時段及連續假期搭乘需求增加,惟可提供客運業者做為增派車輛之評估資料較少	客運排隊(或乘車)人數等人流監控及統計,以做為車輛增派及運量分析
6	巡迴巴士	T1/T2 巡迴巴士搭乘處(包含航廈、貨運區及遠雄)	現行各站點接駁需求(時間及站點)數據統計不易	場區各站點接駁運量統計分析,以做為接駁站點及時間評估參考

5.1.1 桃園機場第二航廈入境臨停區偵測規劃

桃園機場第二航廈入境臨停區僅能載客，無法下客，且其規劃為「人等車」，但常有車輛違規臨停等候，致使入境臨停區壅塞；此外，該臨停區亦禁止大型車進入，但常有大型車貪圖方便進入，且亦常有白牌車違規載客；因此，本研究將研擬於該區域架設偵測設備，於 AI 影像偵測設備之偵測區域偵測車輛違規臨停等候（車輛停放時間超過設定之參數值）、併排停車、大型車違規進入及黑名單車輛，相關資料供桃園機場公司及航空警察局做為即時交通管理之參考，並可做為科技執法之依據。

因研究資源有限，經參考桃園機場公司之管理經驗，違規車輛多集中於臨停區後端，因車輛進入臨停區後，會擔心前方之臨停區已無車位，故看到末端有空位時，則優先於末端違停；故本研究將優先於臨停區末端之兩個等候點各裝設 1 組球型 AI 影像偵測設備，此種影像設備可同時照射左右兩方向之影像，並進行 AI 影像偵測，相關裝設示意圖如圖 5.1.1 所示，可為本研究帶來豐富之研究數據。

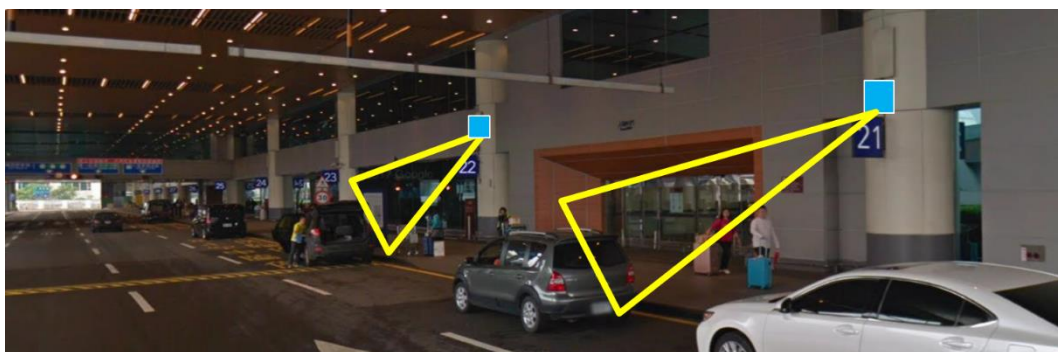


圖 5.1.1 桃園機場第二航廈臨停區 AI 影像偵測設備裝設示意圖

5.1.2 桃園機場第二航廈安檢區偵測規劃

機場公司期望能運用 AI 影像辨識偵測，掌握各客群其通過安檢所需時間，並於未來進一步分析研究，研擬快速通道，使得安檢時間較短之旅客可快速舒緩。目前桃園機場公司第二航廈安檢通道共有 12 條安檢通道，於平常時段約開放中間 5 條安檢通道，由於桃園機場公司表示各安檢通道其通過時間無太大差異；因此，本研究擇三個安檢通道做為研究，並規劃於單一安檢通道裝設一 AI 影像偵測設備，透過 AI 運算，掌握旅客其通過安檢通道之時間，並針對各時間進行統計與分析，做為未來桃園機場公司研擬快速通道之依據。

5.2 資料調查計畫

5.2.1 設備偵測架設規劃

本研究已針對安檢區與入境臨停區之偵測設備裝設位置與桃園機場公司進行兩次場勘，並已獲桃園機場公司以桃機業字第 1080041576 號函同意本研究於桃園機場公司裝設相關偵測設備，進行相關研究，以下就入境臨停區與安檢區偵測設備架設進行說明。

1.入境臨停區

本場域將裝設 2 組偵測設備，將裝設於 T2 入境臨停區 21~22 等候點燈箱上方，偵測車輛違停情形，相關設備規劃如圖 5.2.1 與圖 5.2.2 所示，攝影機獲取影像如圖 5.2.3 所示，針對違停車輛，將於車輛進入偵測區域超過 30 秒後擷取第一張照片，並至超過 210 秒(30 秒起算 3 分鐘)時擷取第二張照片，以此兩張照片佐證該車已違規停放超過 3 分鐘，超過黃線可合法停放之時間，做為舉證資料；此外，車輛離開後，亦會在記錄其離開時間，供管理單位參考。



圖 5.2.1 入境臨停區 AI 影像辨識偵測設備布設規劃(1)



圖 5.2.2 入境臨停區 AI 影像辨識偵測設備布設規劃(2)



圖 5.2.3 入境臨停區 AI 影像辨識偵測設備偵測畫面

2. 安檢區

本場域共裝設 3 組偵測設備，將裝設於安檢區 1~3 號通道，每一通道裝設一組偵測設備，掌握旅客放置行李至輸送帶到離開之時間，相關設備偵測畫面如下圖所示。



圖 5.2.4 安檢區 AI 影像辨識偵測設備偵測畫面

5.2.2 數據偵測規劃

本研究經與桃園機場公司進行多次會議討論，桃園機場公司期望能透過 AI 影像辨識技術探討安檢區不同旅客行為是否需要耗費不同時間來通過安檢及入境臨停區導入違停偵測與黑名單車輛偵測，兩種偵測項目均與一般交通流量調查所調查之參數不相同，本研究針對此二種偵測項目亦研擬各自之調查內容，說明如下：

1. 入境臨停區

本場域主要偵測車輛違停情形（時間大於 3 分鐘），並自動記錄車牌與停放時間，受限於偵測設備架設位置不能破壞桃園機場相關裝潢，經與桃園機場公司討論，選定於等候點燈箱上方而非車道上方，也因此，攝影機其所在位置恐因角度與車輛遮蔽，無法辨識中間與內側車道車輛。

本場域規劃之調查內容包含：

(1) 車輛違停情形：

由於偵測區域為黃線、車輛下客區，故本研究設定為偵測啟動門檻值為車輛進入車輛後 30 秒則開始記錄，倘若該車 180 秒後仍未離開（超過黃線臨停之法規門檻），則將其記錄至資料庫，於資料庫中將存取該車車牌、違停情形、開始停放時間與離開時間，供桃園機場公司做為後續舉發之依據。

(2) 黑名單車輛比對：

偵測設備將持續辨識車牌，車牌將與後臺資料庫進行比對，倘若發現為黑名單車輛，將即時於儀表板示警。

2. 安檢區

本場域主要偵測旅客通過安檢通道之時間，受限於鏡頭拍攝範圍，本研究將於安檢通道 X 光門與終點各劃設一偵測線，偵測設備將利用兩條偵測線，來記錄旅客通過兩條偵測線之時間差，並以此記錄旅客通過 X 光門後取走行李之時間，由於旅客自放下行李到 X 光門與從 X 光門道取走行李之時間相似，以此概估旅客放下行李到通過整個通道之時間依據，後續將待樣本數足夠後，嘗試訓練 AI 判別旅客行為，做為通過時間判別之依據，惟目前初步僅能掌握各旅客通過安檢通道之時間。

5.2.3 設備安裝與測試

5.3 桃園機場監控平臺

桃園機場監控平臺主要透過偵測入境臨停區違規車輛及安檢區旅客安檢時間等資訊，以視覺化的方式提供現場即時資訊及統計功能，做為管理單位評斷現場嚴重情形之依據及後續規劃單位之施政輔佐。監控平臺具備三大功能：儀錶板、報表輸出以及系統管理，功能架構如圖 5.3.1。

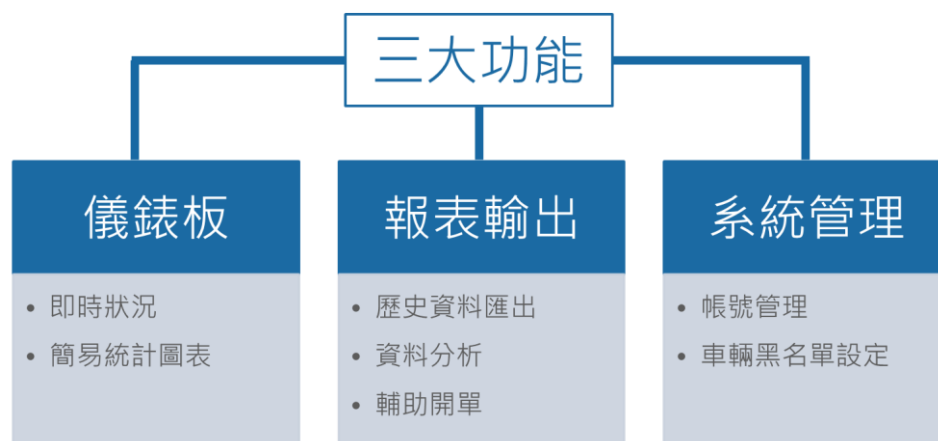


圖 5.3.1 桃園機場監控平臺系統架構圖

5.3.1 儀錶板(首頁)

本研究於首頁配置儀錶板，可以讓使用者快速瀏覽常用或重點之資訊，其類比飛機之儀錶板方式，以不同視覺化區塊呈現之。在設計概念上，採深色背景搭配鮮明字體色彩，凸顯重點數據，期能以清晰有效地視覺化方式傳達相關資訊，並提高辨識度。本研究依照桃園機場公司之需求，劃分為臨停區儀錶板及安檢區儀錶板，規劃如圖 5.3.2 及圖 5.3.3 所示，提供管理者對於不同重點觀測區域即時資訊與簡易統計圖表，各類資料所呈現之資訊說明如後。

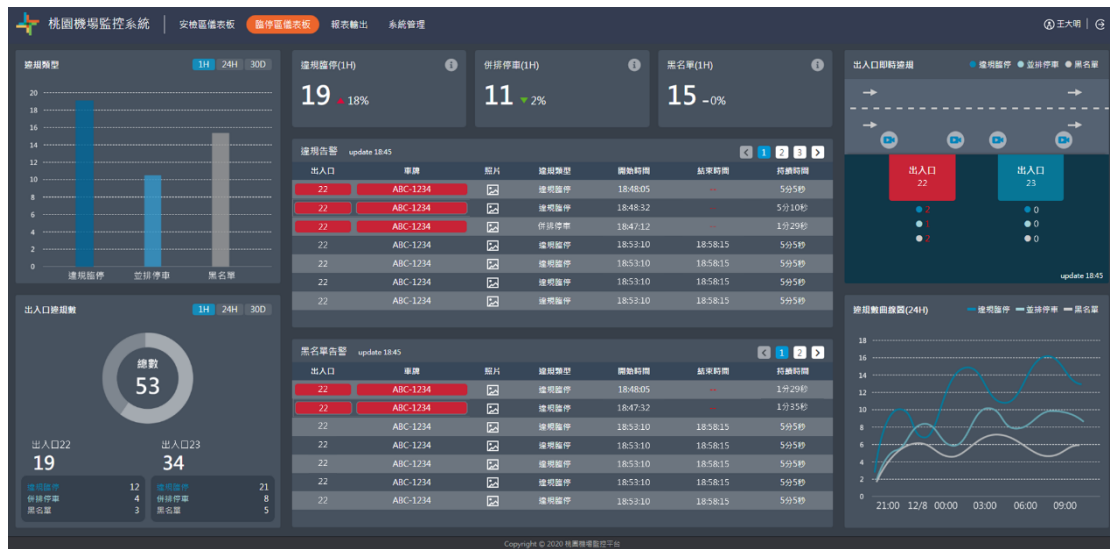


圖 5.3.2 桃園機場入境臨停區儀錶板



圖 5.3.3 桃園機場安檢區儀錶板

1. 臨停區

臨停區將違規臨停/併排停車/黑名單車輛做為主要分析目標，透過即時事件數量、即時違規告警、最近一小時違規數量比較、違規數曲線、違規種類統計、出入口違規數讓管理單位可透過機場儀錶板系統完整了解入境臨停區即時狀況。

(1) 即時事件數量

即時事件數量規劃以入境區鳥瞰圖呈現，顯示各編號出入口對應之即時事件數量與可開啟即時影像之偵測器圖示。當系統偵測到違規臨停/併排停車/黑名單車輛時，對應之出入口編號即以紅色閃爍警示，

告知使用者目前即時違規數量，點擊出入口標示後即可以資訊視窗(Infowindow)檢視詳細違規資訊，待事件數量歸 0 後即改回原色。在圖 5.3.4，出入口 22 因偵測到違規臨停車輛 2 臺、併排停車車輛 1 臺、黑名單車輛 2 臺，發出紅色警示，點擊 22 號出入口標示後即可觀看違規車輛之車牌及違規持續時間。即時事件數量為定期更新並搭配事件觸發，以提供最新資訊。



圖 5.3.4 機場儀錶板入境臨停區即時事件數量

(2)即時違規告警

即時違規告警係規劃以各臨停區出入口編號為基準，顯示最近 1 小時內即時違規事件列表，將仍在發生中的事件列於最上方並標註為紅色，其餘事件則以違規事件開始時間往下排序。可於此列表中觀察違規事件所在位置、車輛資訊、違規類型、開始/結束時間及持續時間。在圖 5.3.5 中，出入口 22 有偵測到 2 臺車臨停時間為 5 分 5 秒及 5 分 10 秒，有 1 臺車併排停車 1 分 29 秒，且這 3 筆事件皆正在持續進行，故結束時間為空白。為方便桃園機場可明確辨識黑名單車輛違法載客行為，獨立顯示於一列表，如圖 5.3.6。即時違規告警為定期更新並搭配事件觸發，以提供最新資訊。

違規告警 update 18:45						
出入口	車牌	照片	違規類型	開始時間	結束時間	持續時間
22	ABC-1234		違規臨停	18:48:05	--	5分5秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:48:32	--	5分10秒
22	ABC-1234		併排停車	18:47:12	--	1分29秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:53:10	18:58:15	5分5秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:53:10	18:58:15	5分5秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:53:10	18:58:15	5分5秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:53:10	18:58:15	5分5秒

圖 5.3.5 機場儀錶板入境臨停區即時違規告警

黑名單告警 update 18:45						
出入口	車牌	照片	違規類型	開始時間	結束時間	持續時間
22	ABC-1234		違規臨停	18:48:05	--	1分29秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:47:32	--	1分35秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:53:10	18:58:15	5分5秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:53:10	18:58:15	5分5秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:53:10	18:58:15	5分5秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:53:10	18:58:15	5分5秒
22	ABC-1234		違規臨停	18:53:10	18:58:15	5分5秒

圖 5.3.6 機場儀錶板入境臨停區即時黑名單告警

(3)最近一小時違規數量比較

最近一小時違規數量比較係顯示前一整點小時之違規數量，供管理者掌握各個違規種類發生之次數多寡，並以一週內之同一時段平均值做為基準進行比較，呈現增加或減少之百分比，在圖 5.3.7 中，前一整點小時為週五上午 9 點，共有 19 臺車輛違規臨停，車數較前一週同時段，即上週五上午 9 點的平均值高了 15%。最近一小時違規數量比較為每整點小時更新，以提供各時間區段內之即時違規數量。

違規臨停(1H)	併排停車(1H)	黑名單(1H)
19 ▲ 18%	11 ▼ 2%	15 -0%

圖 5.3.7 機場儀錶板入境臨停區最近一小時違規數量比較

(4)違規數曲線

違規數曲線圖係呈現各種違規類型分時變化之數量曲線，考量桃園國際機場無法以跨日方式來做資料區隔，因此以不間斷之 24 小時區

間方式持續將更新最新資訊，如圖 5.3.8。違規數曲線圖為每整點小時更新，以提供各時間區段內之違規數量。

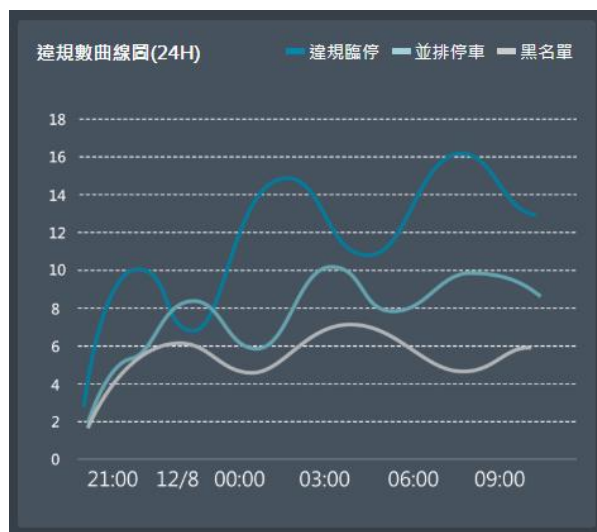


圖 5.3.8 機場儀錶板入境臨停區每日違規曲線圖

(5) 違規類型統計

違規類型統計係呈現各種違規類型之數量柱狀圖，並可自行選擇 1H(最近整點小時)、24H(最近 24 小時)、30D(最近 30 天)之時間區間，了解不同時間區間下之各種違規類型數量差異，如圖 5.3.9。

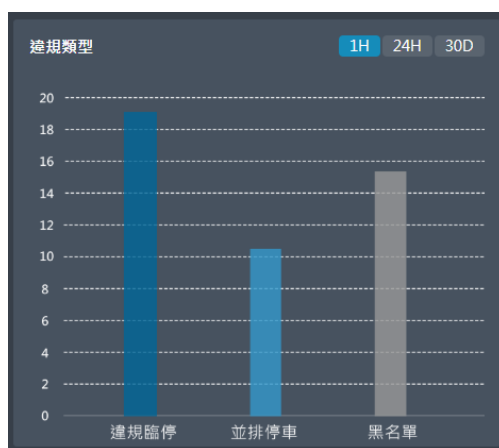


圖 5.3.9 機場儀錶板入境臨停區違規類型統計

(6) 出入口違規數

出入口違規數係呈現不同出入口違規總數之圓餅圖，並可自行選擇 1H(最近整點小時)、24H(最近 24 小時)、30D(最近 30 天)之時間區間，了解不同時間區間下之不同出入口違規數量差異，在圖 5.3.10 中，前一整點小時之各出入口違規數量共計有 53 件，在 22 號出入口有 19 件違規，其中違規臨停佔 12 件，併排停車佔 4 件，黑名單車輛佔 3 件。



圖 5.3.10 機場儀錶板入境臨停區出入口違規數

3. 安檢區

出境安檢區係以旅客總安檢時間為基礎，透過各通道即時進度、各通道安檢時間及人數統計、安檢時間分佈及通道比較，讓管理單位可透過機場儀錶板系統完整了解安檢區即時狀況。

(1) 通道最近 7 筆旅客資訊

通道最近 7 筆旅客資訊可顯示各別通道之最近 7 名旅客的花費時間狀況，若在此區域停留的時間超過 5 分鐘即顯示為紅色，管理者可了解近期可能有特殊情形發生。在圖 5.3.11 中，該通道最近通過的 7 人裡，其中 2 位旅客的安檢時間為 8 分 51 秒及 5 分 51 秒，超過 5 分鐘故顯示為紅色。通道即時進度為定期更新並搭配事件觸發，以提供最新資訊。

通道2近7筆資訊 update 18:45	
開始時間	花費時間
18:40:32	8分51秒
18:40:32	5分51秒
18:40:32	3分35秒
18:40:32	2分15秒
18:40:32	1分50秒
18:40:32	1分29秒
18:40:32	10秒

圖 5.3.11 機場儀錶板安檢區各通道即時進度

(2) 各通道安檢時間及人數統計

各通道安檢時間及人數統計以黃色代表安檢區等候時間，灰色代表安檢人數，紅色代表安檢時間超過 5 分鐘的人數，呈現最近 24 小時之平均安檢時間曲線及安檢人數、超時人數柱狀圖，若偵測器曾經於

某時段內斷線過，亦會於圖表中之 infowindow 顯示斷線時間。另亦有顯示該通道最近 10 分鐘內之平均安檢時間及通過人數供參考。於此並設有攝影機圖示可顯示安檢通道即時影像，如圖 5.3.12。各通道安檢時間及人數統計中，圖表為每整點小時更新，平均時間及通過人數為每 10 分鐘更新。

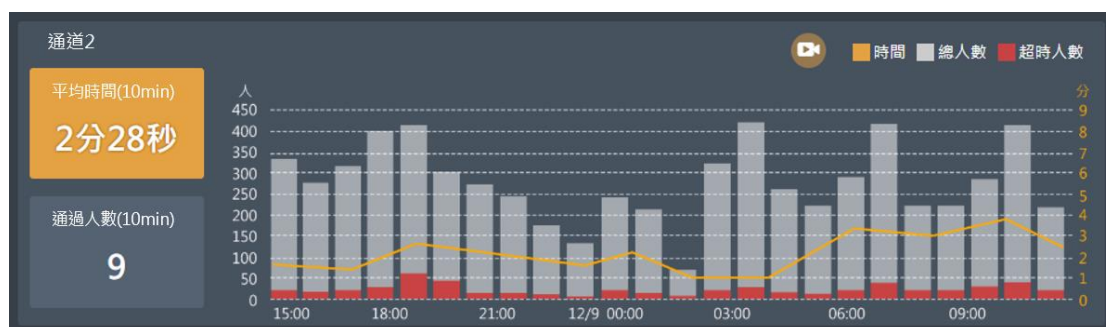


圖 5.3.12 機場儀錶板安檢區各通道安檢時間及人數統計

(3) 安檢時間分佈

安檢時間分佈可呈現已安裝偵測器之各通道在單位時間下之平均安檢時間分佈圖，提供管理者了解旅客在安檢區花費多少時間，其單位時間可自行選擇 1H(最近整點小時)、24H(最近 24 小時)、30D(最近 30 天)之時間區間。在 X 軸時間區間單位中，1 代表安檢時間介於 0~1 分，2 代表安檢時間介於 1~2 分，3 代表安檢時間介於 2~3 分，以此類推並註記於「i」標示中，如圖 5.3.13。

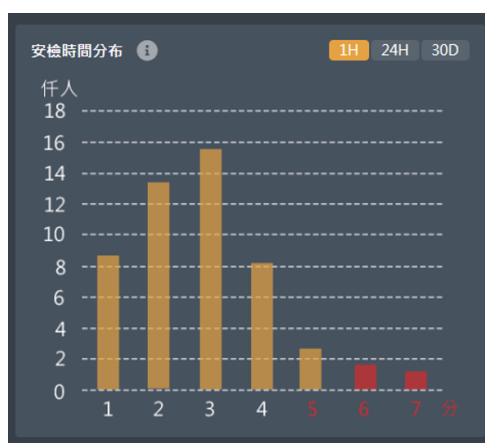


圖 5.3.13 機場儀錶板安檢區安檢時間分佈

(4) 通道比較

通道比較可呈現已安裝偵測器之各通道在單位時間下之總人數、安檢超時人數及平均安檢時間，提供管理者了解不同安檢通道之差異，其單位時間可自行選擇 1H(最近整點小時)、24H(最近 24 小時)、30D(最

近 30 天)之時間區間，如圖 5.3.14。

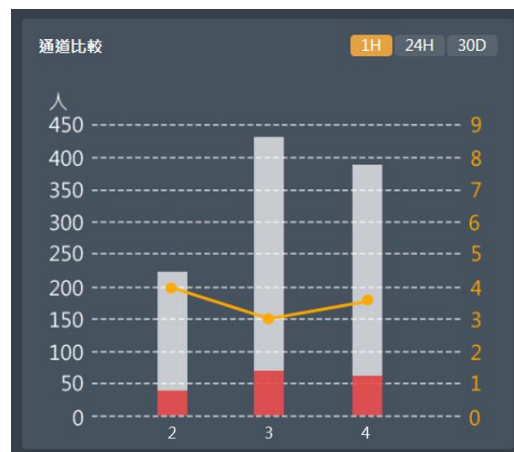


圖 5.3.14 機場儀錶板安檢區通道比較

5.3.2 報表輸出

本研究依據使用者需求規劃資料查詢及報表輸出功能，臨停區提供航廈、出入口、違規種類、發生時間、結束時間、持續時間、車牌號碼及違規照片等 8 個欄位資訊，安檢區提供通道編號、開始時間、結束時間及花費時間等 4 個欄位資訊。使用者可依照上述欄位進行篩選，並可匯出 csv 檔案以進行各種資料分析，如每日入境區違規停車時間排序及旅客安檢時間查詢等，如圖 5.3.15 及 5.3.16 所示。

序號	航廈	出入口	違規種類	發生時間	結束時間	持續時間	車牌號碼	違規照片
1	T2	23	違規臨停	2020/03/18 07:05:01	2020/03/18 07:14:13	9分12秒	7789-2A	
2	T2	23	違規臨停	2020/03/17 05:07:17	2020/03/17 05:14:04	6分47秒	ALP-1098	
3	T2	23	違規臨停	2020/03/18 08:21:56	2020/03/18 08:29:43	7分47秒	AJE-1803	
4	T2	22	違規臨停	2020/03/20 05:58:23	2020/03/20 06:01:39	3分16秒	5238-TM	
5	T2	22	違規臨停	2020/03/17 21:37:58	2020/03/17 22:13:29	35分31秒	BCN-5282	
6	T2	22	違規臨停	2020/03/18 02:44:12	2020/03/18 02:47:36	3分24秒	995-83	
7	T2	23	違規臨停	2020/03/17 17:42:21	2020/03/17 18:33:11	50分50秒	ABP-9285	
8	T2	23	違規臨停	2020/03/17 07:33:22	2020/03/17 07:36:31	3分9秒	ALL-0350	
9	T2	23	違規臨停	2020/03/17 21:47:52	2020/03/17 23:40:39	112分47秒	2179-QA	
10	T2	23	違規臨停	2020/03/16 22:53:48	2020/03/16 23:07:22	13分34秒	AWC-1536	

圖 5.3.15 機場儀錶板入境臨停區報表輸出介面

序號	儀錶板編號	開始時間	結束時間	花費時間
1	2	2020/04/13 04:00:19	2020/04/13 04:00:46	0分27秒
2	3	2020/04/09 10:01:09	2020/04/09 10:01:12	0分3秒
3	3	2020/04/12 16:43:21	2020/04/12 16:43:25	0分4秒
4	4	2020/04/14 23:57:03	2020/04/14 23:57:10	0分7秒
5	3	2020/04/12 11:42:42	2020/04/12 11:42:48	0分6秒
6	4	2020/04/11 23:34:01	2020/04/11 23:34:24	0分23秒
7	2	2020/04/10 23:44:01	2020/04/10 23:44:24	0分23秒
8	2	2020/04/13 11:07:58	2020/04/13 11:08:08	0分10秒
9	2	2020/04/09 00:30:03	2020/04/09 00:30:30	0分27秒
10	2	2020/04/10 16:02:38	2020/04/10 16:02:41	0分3秒

圖 5.3.16 機場儀錶板安檢區報表輸出介面

5.3.3 系統管理

系統管理主要用以提供帳號管理以及黑名單車輛管理，分述如下。

1. 帳號管理

帳號管理頁面可供系統管理者對所有帳號進行新增與編輯管理，設定各個帳號的使用權限以及啟用/停用等。依照桃園機場需求，將權限分為三個等級：管理者、承辦及一般人員，各角色功能權限如表 5.3.1。一般人員可於登入平臺後觀看儀錶板的即時資訊，了解現場狀況以利向上呈報或下達指令；承辦除可觀看儀錶板之外，亦可使用報表輸出功能下載所需歷史資訊，做為後續改善規劃之依據；管理者具有所有功能權限，並且可提供帳號編輯功能。由於該平臺並不對外開放，如要新增帳號亦須由管理者進行新增。帳號是以 e-mail 進行設定，基本資料包含姓名、所屬機關及所屬單位。帳號管理介面如圖 5.3.17 所示。

表 5.3-1 桃園機場監控平臺規劃權限表

功能頁面 / 角色權限	管理者	承辦	一般人員
系統登入	✓	✓	✓
儀錶板	✓	✓	✓
報表輸出	✓	✓	
帳號管理	✓		

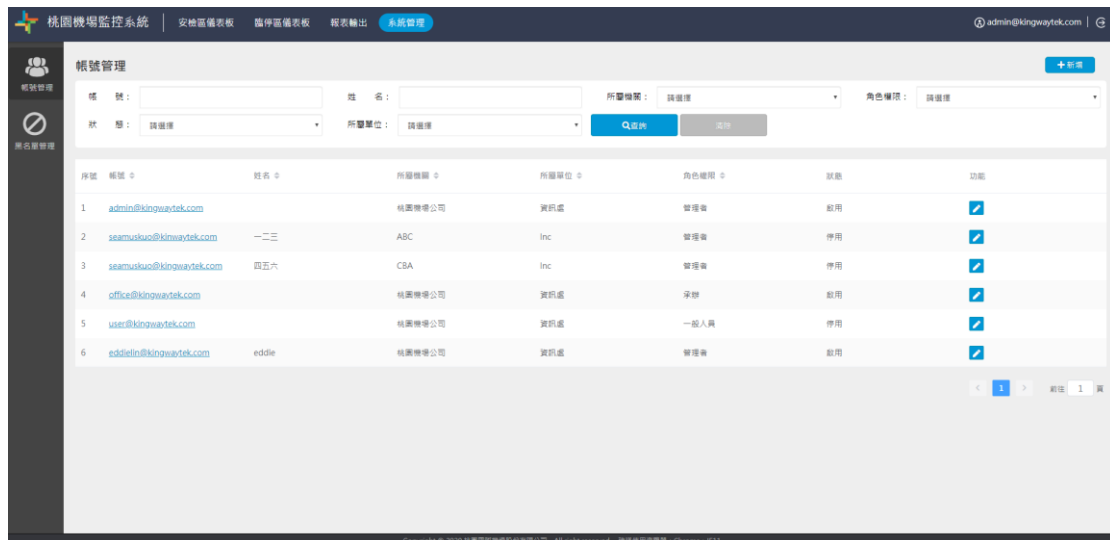


圖 5.3.17 桃園機場儀錶板帳號管理介面

2. 黑名單管理

黑名單管理頁面可針對入境區黑名單車輛資料進行新增與編輯管理，以供系統透過車牌辨識出黑名單車輛。黑名單車輛基本資料包含車牌、車主姓名、聯絡地址、聯絡電話、所屬管轄監理所、車輛出廠日期及備註，管理者可透過新增功能在系統中增加黑名單車輛，也能對各筆車輛資訊進行編輯。黑名單管理介面如圖 5.3.18 所示。

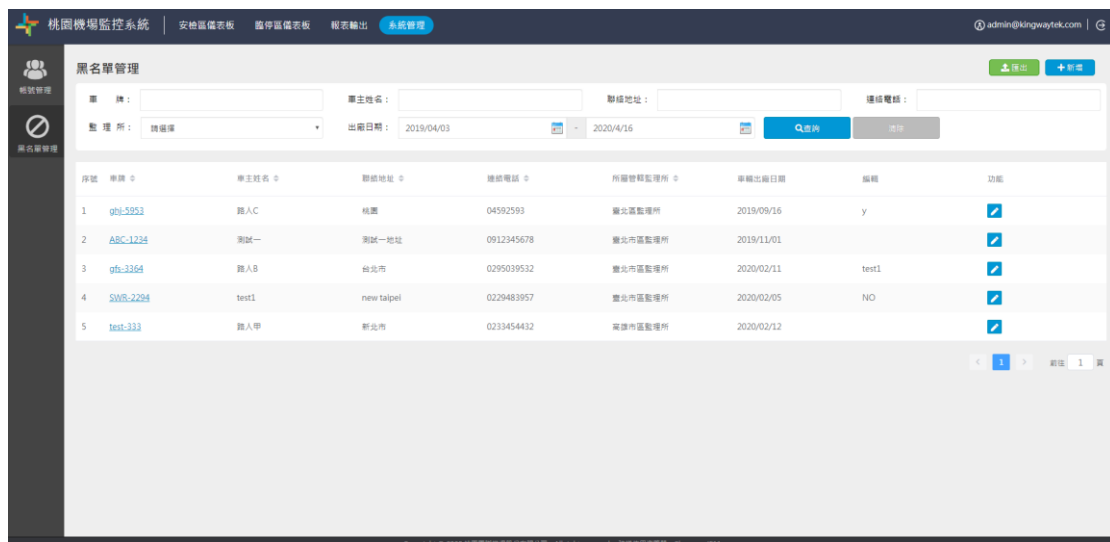


圖 5.3.18 桃園機場儀錶板黑名單管理介面

第六章 其他工作項目

6.1 伺服器建置規劃

為因應本案儀表板規劃與上線、交通控制平臺運作及重要資料儲存需求，經與本研究相關單位共同討論後，決議由研究團隊建置儲存空間與儀表板環境，因本研究並未編列伺服器建置費用，故研究單位另行找尋其他經費購置一伺服器並進行儀表板開發與號控平臺建置。由於因伺服器為新購置之設備，故向伺服器廠商下單後，廠商仍需約近兩個月才能完成出貨；此外，為維護資料傳輸安全，需額外建置防火牆，並申請中華電信 VPN 串接於臺中市政府 GSN VPN，保障伺服器資訊與控制安全，整體施工作業已於 108 年 11 月 27 日完成所有施工與架設，現場施工畫面如圖 6.1.2，惟伺服器正式運作後，中華電信端亦有相關網路問題間斷發生，研究團隊仍持續與中華電信進行技術上的克服。本案所採用之伺服器規格及目前規劃之空間劃分如表 6.1-1、表 6.1-2 所示，由於本案所規劃之成果期望研究結束後能轉移置相關單位持續運作，因此，待本案完成後將會再與所方、臺中市政府等單位討論後續移轉動作。

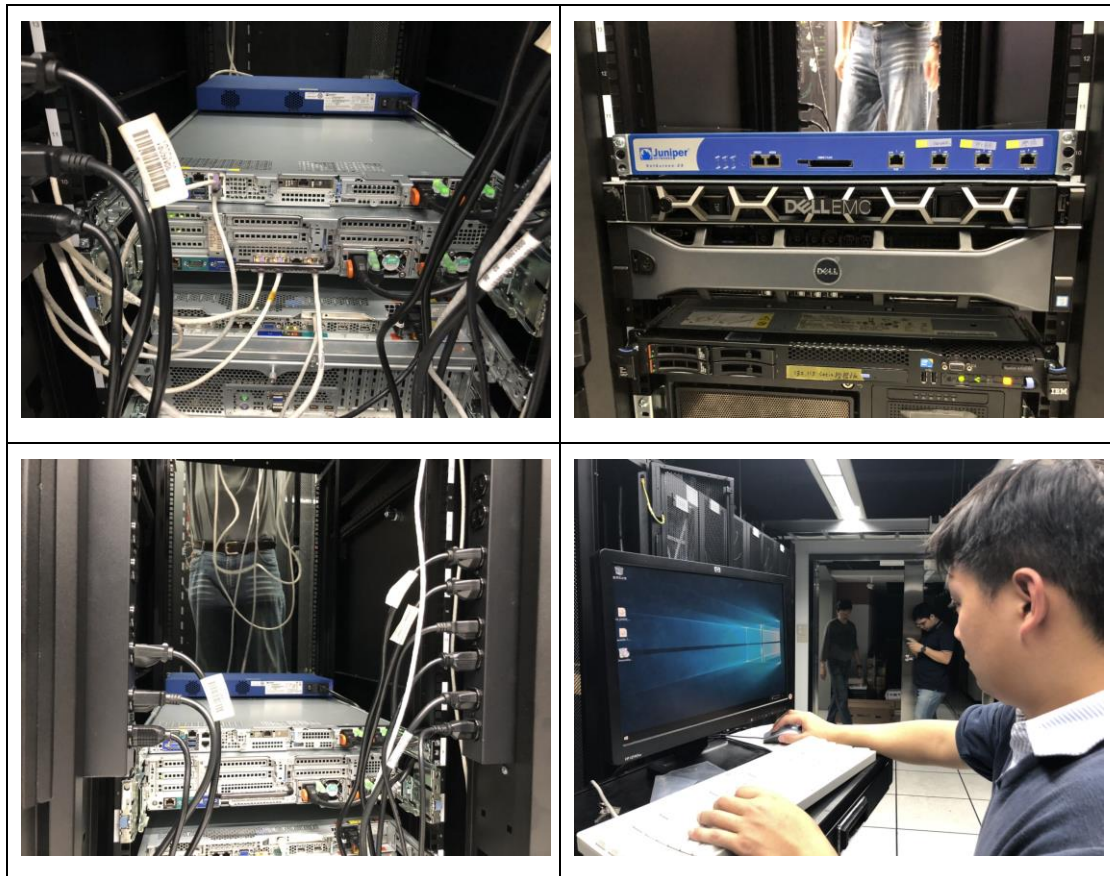


圖 6.1.1 伺服器現場施工與設定

表 6.1-1 系統硬體(伺服器)規格表

作業系統(OS)	Windows Server 2019
中央處理器(CPU)	20 核心(20 vCore)
記憶體(RAM)	128GB RAM
儲存空間(Storage)	16TB
資料庫(SQL)	mySQL

表 6.1-2 系統硬體(伺服器)設備劃分規劃

平臺名稱	Server-AI	VM-Airport	VM-AIM	VM-Control-1	VM-Control-2
說明	太平匝道 監控儀表板	桃園機場 監控儀表板	偵測設備監控	太平匝道 號誌控制平臺	
作業系統 (OS)	Windows Server 2019	Windows Server 2019	Windows Server 2019	Centos 7	Centos 7
中央處理器 (CPU)	8 核心(8 vCore)	2 核心(2 vCore)	2 核心(2 vCore)	4 核心(4 vCore)	4 核心(4 vCore)
記憶體 (RAM)	32G RAM	24G RAM	8G RAM	32G RAM	32G RAM
儲存空間 (Storage)	2T	1T 512G	512G	1T	1T
資料庫 (SQL)	mySQL	mySQL			

6.2 教育訓練及成果推廣活動

依據契約要求，本案需擬定教育訓練計畫及辦理兩場成果推廣活動，說明如后。

6.2.1 教育訓練規劃

教育訓練內容包含 AI 技術講習、儀表板使用與臨時性調查作業等，本案針對上述項目結合計畫開發進度與相關單位進行說明與教學，使相關開發規劃可符合使用單位需求，整體說明如下：

表 6.2-1 相關單位教學說明歷程

教學說明項目	日期	與會單位
儀表板介面說明	108 年 6 月 27 日	臺中市政府交通局
儀表板介面說明	108 年 7 月 23 日	桃園機場公司
AI 技術邏輯說明、 號誌控制策略與 資訊儀表板說明	108 年 8 月 28 日	臺中市政府交通局
資訊儀表板報表功能 說明	108 年 9 月 20 日	臺中市政府交通局
設備裝設方式教學	108 年 10 月 14 日	臺中市政府交通局
第一版臨時性設備 調查作業教學	108 年 10 月 2 日	交通部運輸研究所
號誌控制策略說明	108 年 12 月 25 日	臺中市政府交通局
第二版臨時性設備 調查作業教學	109 年 2 月 10 日	交通部運輸研究所

6.2.2 推廣行銷規劃

推廣行銷之對象主要為各縣市有關交通數據蒐集與控制代表及 ITS 從業人員，推廣行銷之內容規劃為四場次，分別為於 109 年 1 月 14 日於交通部運輸研究所舉辦之策勵營講述「人工智慧(AI)技術於交通領域之應用」成果發表，及於 109 年 2 月 17 日於交通部運輸研究所由本研究所舉辦之三場次行銷推廣活動，三場次主題分別為「AI 影像辨識技術」應用說明會、「實際應用案例臺中太平匝道周邊交通改善」成果發表會及「臨時性設備原理與使用」應用說明會，各場次辦理成果如后：

1. 「人工智慧(AI)技術於交通領域之應用」成果發表：本場次受交通部運輸研究所邀請，於運研所所舉辦之重點研究策勵研討會進行重點研究發表，而於本場次中各先進亦給予本研究諸多寶貴意見，包含應思考 AI 應用於智慧交通領域，而非僅做為交通資料蒐集，針對號誌控制運用部分，亦

建議應跳脫 PCU 與 PCV，且不應只做號誌應用，甚至可結合一般車輛，諸多意見均使本研究後續研究更有方向。

2. 「AI 影像辨識技術」應用說明會：本場次由蘇昭銘教授主講說明本次計畫所採用之 AI 影像辨識技術與相關應用案例說明，並探討 AI 影像辨識未來可能之發展應用方向。與會之先進給與本研究成果高度讚許，並亦提出許多發想與建議，說明如下：

- (1) 過往 AI 影像偵測設備均在追求高辨識準確率，但是在交通領域之應用，是否一定要達到 100% 準確率，一來要從 90 幾% 達到 100% 其難度非常高，二來則為交通管理運用 70%、80%、90% 準確率之數據進行交通策略研擬，其效果是否有很大差異？掌握一個足以做為交通策略研擬之準確率應是未來可做之研究。
- (2) 交通領域主導 AI 規劃，其規劃出來的事物才能與交通領域思維是相同的，而這也凸顯交通領域積極參與 AI 背後邏輯規劃之重要性。
- (3) 現有 CCTV 是否可以直接以增加 AI 電腦模組方式進行結合。
- (4) 期望未來可以透過 AI 影像偵測器掌握特殊車種，並聯動號誌控制器進行綠燈時間調整。

3. 「實際應用案例臺中太平匝道周邊交通改善」成果發表會：本場次針對本研究計畫內之太平場域動態號誌控制結合 AI 影像辨識之成果進行說明，現場與會先進均表達高度讚許，並十分關注其典範轉移至其他場域之可行性，此外，與會先進亦共思未來 AI 結合號控達到 AI 號誌控制之方式；除關注於 AI 課題外，與會先進亦再針對資料準確率進行個案探討，最終初步評估號誌控制策略其資料準確度並不需要太過精確，因其至後期之改善績效並無顯著影響，但需要達到多少之水準值，仍需要再進行探討。

4. 「臨時性設備原理與使用」應用說明會：本場次針對臨時性設備之原理進行說明且實際操作，各與會先進對於此設備未來應用均有高度想像，並共同激盪有關防竊、蒐集特殊車種資料及應用於車輛調查之可能性，期望未來可透過使用經驗分享，逐步調整最佳化設備。

表 6.2-2 「AI 影像辨識技術」應用說明會議程

「AI影像辨識技術」應用說明會		
地點：交通部運輸研究所五樓會議室		
日期：109年2月17日		
時間	議程	主持(講)人
09:50~10:00	報到	
10:00~10:10	主席致詞	運輸研究所 吳東凌 組長
10:10~11:00	AI影像辨識技術進行 交通數據蒐集與分析技術 成果發表	逢甲大學 蘇昭銘 教授 英研智能 呂治國 經理
11:00~11:40	綜合討論	運輸研究所 吳東凌 組長

表 6.2-3 「實際應用案例臺中太平匝道周邊交通改善」成果發表會議程

「實際應用案例臺中太平匝道周邊交通改善」成果發表會		
地點：交通部運輸研究所五樓會議室		
日期：109年2月17日		
13:20~13:30	報到	
13:30~13:40	主席致詞	運輸研究所 吳東凌 組長
13:40~14:20	應用AI影像辨識數據進行 即時號誌控制策略 成果發表	逢甲大學 蘇昭銘 教 授 創新交通 曾明德 總經理
14:20~15:00	綜合討論	運輸研究所 吳東凌 組長

表 6.2-4 「臨時性設備原理與使用」應用說明會議程

「臨時性設備原理與使用」應用說明會		
地點：交通部運輸研究所五樓會議室		
日期：109年2月17日		
時間	議程	主持(講)人
15:20~15:30	報到	
15:30~15:40	主席致詞	運輸研究所 吳東凌 組長
15:40~15:50	辨識邏輯說明	英研智能 呂治國 經理
15:50~16:20	調查作業及操作說明	
16:20~16:40	監控頁面操作說明	

6.3 重要成果資料

本研究針對計畫成果，包含 AI 影像辨識技術、技術於交通領域之應用、臺中太平匝道週邊號誌控制結合 AI 影像辨識蒐集交通數據之研究說

明及桃園機場應用 AI 影像偵測技術掌握安檢區人流通過時間與科技執法之研究，彙整相關成果與規劃製作相關海報並組團至新加坡進行參展，相關成果如圖 6.3.1~6.3.4 所示，出國參展報告請參閱附錄三。



圖 6.3.1 新加坡參展海報



圖 6.3.2 新加坡參展攤位照片圖

人工智慧(AI)技術於交通領域之應用

交通部運輸研究所
Institute of Transportation, MOTC

研究目的

如何有效即時掌握交通參數資料，做為交通問題改善之依據至關重要，傳統蒐集方法消耗大量人力與時間，且無法即時反映道路的詳細資訊。AI影像偵測可即時蒐集，包含基本交通參數與交通事件資訊，並可據以進行智慧交通管理，提升交通績效。

階段成果 - AI影像偵測應用於交通領域

準確率驗證		
車流準確率 白天98.10% 夜間97.37% 雨天96.28%	車速準確率 介於87%~100% 平均97.25%	車道轉向準確率 介於33%~100% 平均為69.97%
車道佔有率準確率 介於46%~78% 平均為67.57%	紅綠燈停車準確率 96% 異常停留準確率 39% 路口溢流準確率 99%	附註： 道路施工與機車事故 無樣本可做驗證



實務應用 - 桃園國際機場偵測規劃

A. 機場聯外交通偵測

將在桃園機場兩處聯外通道裝設偵測設備，掌握桃園機場交通流量。

B. 入境臨停區車輛違停偵測

將在入境臨停區裝設偵測設備，掌握違停車輛與非法載客車輛。

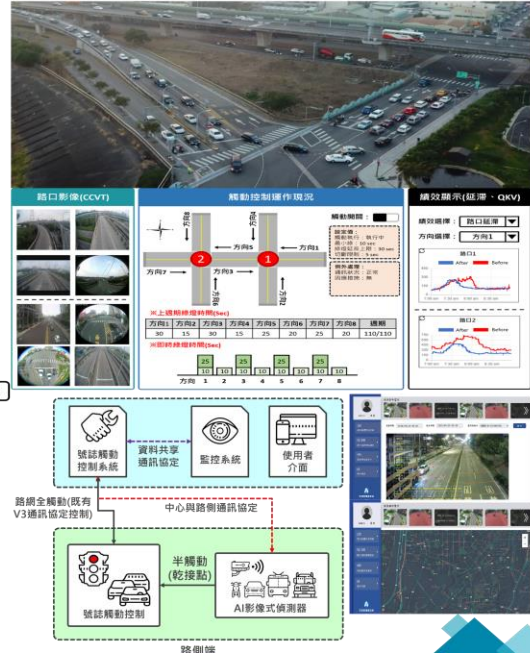
C. 安檢區旅客安檢時間偵測

透過AI影像偵測器，記錄旅客於安檢通道之通過時間，並進行AI影像學習，掌握不同旅客特性之通過時間，並進行分流。



實務應用 - 臺中太平區道周邊整體偵測規劃

- 於太平區道周邊道路，包含平面與臺74線主線規劃諸多AI影像偵測器，掌握即時交通資訊。
- 將依據影像偵測器所偵測之等候線長度來進行動態號誌控制，提升績效。



未來發展方向

- 目前世界各國多採雲端運算方式，邊緣運算方式其具備雲端運算之運算能力，亦能克服通訊不穩之外在環境因素，達成即時交通資料蒐集之優勢。
- 動態號誌控制需要即時之交通參數來提升控制績效，AI邊緣運算結合號誌控制為未來可研究之交通課題。

圖 6.3.3 策勵營成果展示海報

第七章 結論與建議

資料蒐集是都市交通控制、交通管理的關鍵工作，品質良好的交通數據可以用以提升路口、路段的使用績效以及改善交通安全。過去傳統都市交通特性資料自動蒐集的設備為車輛偵測器(Vehicle Detector, VD)，其所蒐集的資料包含車流量、佔有率以及車種、時間平均速率等。然而，隨著都市車輛增加，交通行為也因社會變遷日益複雜，現今交通管理顯然需要更多元、品質更好的交通資料以輔助決策。由於 AI 影像辨識技術的進步，現今利用深度學習的影像辨識方法，其能力已大幅超越過去傳統的影像辨識方法。AI 影像辨識技術應用於交通數據的蒐集中，除了能夠蒐集到傳統的交通特性資料外，還可以蒐集到車輛轉向、車輛延滯等資格。本研究應用 AI 影像辨識技術進行道路即時交通資訊蒐集，並依據常態性、臨時性車流調查作業情形，研擬路口與路段之 AI 影像辨識技術與設備，以有效地蒐集道路交通特性資料，並將所蒐集數據用以進行號誌化路口動態控制，以期車流運行更有效率；導入資訊儀表板設計規劃，提供交通主管機關掌握路口、路段交通特性資料及號誌調整前後績效，以使交通主管機關對於交通改善更能對症下藥；此外，本研究亦針對桃園機場航廈周邊違停及旅客通過安檢通道之時間偵測，所蒐集之數據未來可提供管理單位參考。綜整本研究結論與建議說明如下：

7.1 結論

1. 本研究選定台 74 線臺中市太平匝道周邊結合 AI 影像偵測技術進行交通數據蒐集與分析，並即時回饋至號誌控制平臺，即時調整號誌控制策略，提升道路績效，而透過 AI 影像辨識即時獲取各路段停等資料、延滯、車流量等資訊，再結合 HPC 高速運算進行資料分析及號誌控制策略即時研擬，有利於做出合乎交通狀況之策略。
2. 透過 AI 偵測器可蒐集單一車輛於偵測區域內之時間(延滯)，再由衝擊波理論推估等候長度，瞭解關鍵路徑上的壅塞程度，使號誌控制可依據各關鍵路徑上游車流需求適時給予對應的綠燈時比，以改善塞車情形。
3. 本研究所研擬之動態號誌系統，其主要控制關鍵路徑綠燈時比，依照路徑車流需求動態增加或減少該路徑的綠燈秒數，以產生較佳路網運轉效益。而於本次研究計畫中，號誌控制策略對於下匝道路徑旅行時間改善程度於晨峰在 6.2% 左右，昏峰則為 13.9%~30% 以上之改善幅度，本研究仍持續蒐集資料以期可帶來更大的改善幅度。

- 4.動態號誌控制系統可於路網中穩定運行，即便路側設備發生異常，亦能恢復定時時制正常運作，降低路口號誌運作異常風險，並可減少維護成本等。
- 5.本研究選定桃園機場規劃應用 AI 影像偵測設備掌握違停車輛與白牌車，並針對安檢區進行旅客通過安檢時間偵測，除提供桃園機場掌握違規車輛外，亦掌握安檢區旅客通過時間，待辨識資料足夠後，將再嘗試分析不同旅客特性其是否具備不同的通關時間，以利支撐優先通道規劃之可行性。
- 6.本研究結合固定式偵測設備相關技術與經驗，開發可機動性移動、耐風雨與高續航力之臨時性設備，並赴新加坡進行展示，獲世界各國肯定，而本研究亦再針對回饋意見最佳畫臨時性設備，期望未來相關人員可便利地進行臨時性交通數據蒐集。
- 7.本研究為使常態性偵測設備方便架設及引用號誌電力，並便於未來新增設備安裝可減低設備調校問題，本研究多數均將攝影機架設於號誌桿上燈箱(約 4.6 至 5.5 公尺高)，並正向拍攝車道，於此條件下，普遍可有效辨識距離縱深達 30~50 公尺，寬度為 20 公尺，此布設方式可供未來新增設備參考，且與目前多數縣市攝影機維護工班之架設方式相同，可降低諸多裝設調校問題。

7.2 建議

- 1.本研究主要提供 AI 影像偵測設備並提供資料蒐集後之策略研擬，然相關設備布設雖獲各局處協助，但仍需依常規管道進行申請，且受限於施工架設設備需委由外單位施作，至使設備布設時間不易掌握；此外，若施工位置牽涉不同單位，則亦將徒增諸多溝通時間，致使期程無法配合原定計畫；此外，本次桃園機場場設備施工臨近春節期間，致使施工期程將要延後，建議後續研究有關設備布設應由政府單位直接布設，並提供施工、通訊與電力，研究團隊應僅協助提供設備及設備架設後之影像調校與策略分析，相關施工不應納入計畫期程，且研究團隊應不需擔負施工費用與通訊及電力費用。
- 2.本研究於此次試驗嘗試以斜向拍攝方式進行車輛偵測，結果顯示，斜向拍攝方式容易使車輛遭到其他車輛遮蔽，致使錯誤率提升，因此未來建議拍攝方式應維持正向拍攝，方能避免遮蔽情形發生；此外，攝影機拍攝路口或拍攝路段，其可應用之交通參數亦不同，建議於架設前應確認欲掌握之交通參數。

- 3.本研究多數辨識邏輯已於交通事件資訊整合服務與精進計畫(2/2)中完成演練，雖本研究所採用之設備為 NANO 版本，其無法如 TX1 版本同時進行多種模式辨識，但對於本研究用來做為即時交通參數偵測，包含偵測停等資料或是交通流量，其仍具有一定之可靠度，在其價格低於一般車輛偵測器之優勢下，未來將有足夠之競爭力可商轉，而各縣市政府欲應用，亦可先針對已裝設之高清攝影機嘗試結合本研究之 AI 電腦，已節省相關建置費用，並逐步汰換相關偵測設備為 AI 影像偵測設備。
- 4.本研究於台 74 線臺中市太平匝道周邊場域嘗試以動態號誌控制改善道路績效，經運用事前事後旅行時間比對，改善幅度在 6.2%~30%以上，因本次試驗僅約一週時間，致使改善績效尚不穩定，但於昏峰時段其改善幅度 13.9%至 30%以上，已明顯優於原有方案；然而，本研究於試驗期間，遭逢多次號誌控制器通訊模組通訊中斷，致使動態號誌控制無法即時下達，經判定可能為硬體問題，建議後續應交叉比對其問題發生原因，以使未來動態號誌控制更為順利。
- 5.因本研究範圍路網與下游路口群組距離不遠，由於週期及時比不同，因此需調節系統紓解流量，才不易造成下游(十甲東路)溢流；因此建議未來可擴大路網改善下游紓解效率；此外，本研究透過重新設計時制，使路網週期及時比改變，造成「樂業-東平」的車流排隊長度改變，故建議部分偵測器為因應排隊長度改變而需調整位置，如下圖所示。



圖 7.2.1 偵測設備位置調整

資料來源：本研究整理

- 6.本研究應用 AI 影像辨識技術辨識特殊車種，諸如警車、消防車與救護車等，雖在邏輯上已可進行辨識，但因 AI 辨識需要有萬筆以上之樣本方能達到一定程度之辨識水準，建議未來可透過臨時性設備持續蒐集更多特殊車種之樣本，提升其績效。

- 7.本研究此次由研究團隊自行購置伺服器與租賃防火牆建置平臺，然仍須自行租用研究場域所屬之 GSN VPN 線路，並且於桃園機場場域自行租用 4G 門號做為通訊設備傳輸使用，徒增諸多行政流程與費用，且計畫結束後，相關資訊亦將移轉至道路所屬機關方能發揮效用，建議後續計畫可考量由本所統一建置平臺，並接用相關 GSN VPN 線路，一來可避免資安風險，二來可立於不同研究計畫均可不必再重複建置，增加效率。
- 8.本次研究嘗試結合 AI 與 HPC 運算技術，即時進行交通數據分析並運算適合之號誌策略，未來建議可擴大 AI 偵測設備之布設於關鍵路網節點，即時傳送交通數據予中心端，並透過 HPC 中心端高速運算得出區域路網最佳控制策略。
- 9.未來可嘗試針對小路口將 AI 偵測設備與路側號誌控制器結合，進行小路口之 AI 控制。
- 10.動態號誌控制結合 AI 數據，其號誌控制器之穩定性與通訊協定至關重要，建議未來相關動態號誌控制計畫，應先確保號誌控制器通訊之穩定度，再確保動態號誌控制指令下傳之執行度，倘若硬體設施無法滿足策略需求，則動態號誌成效將受限。

參考資料

- [1] Abraham, K. (2019), “Cameras with AI to detect helmet-less riders, drivers without seatbelt in Kerala”, The News Minute, 25 February, available at: <https://www.thenewsminute.com/article/cameras-ai-detect-helmet-less-riders-drivers-without-seatbelt-kerala-97328> (accessed 18 April 2019).
- [2] AIQ. (2018), “AIQ | 阿里巴巴 城市大脑三大 AI 产品 天曜、天鹰、天机 - AIQ - 最专业的机器学习大数据技术社区”, HacPai, available at: <http://www.6aiq.com/article/1525348362785> (accessed 19 July 2018).
- [3] Andrew Ng. (2017), “Convolutional Implementation of Sliding Windows - Object detection”, Coursera, available at: <https://zh-tw.coursera.org/lecture/convolutional-neural-networks/convolutional-implementation-of-sliding-windows-6UnU4> (accessed 1 December 2018).
- [4] Bharadwaj R. (n.d.). “AI in Transportation – Current and Future Business-Use Applications”, Emerj, available at: <https://emerj.com/ai-sector-overviews/ai-in-transportation-current-and-future-business-use-applications/> (accessed 17 April 2019).
- [5] Brad Hem. (2018), “Miovision Uses Artificial Intelligence to Turn Traditional Intersections into Smart Intersections”, 22 March, available at: <https://www.businesswire.com/news/home/20180322005443/en/Miovision-Artificial-Intelligence-Turn-Traditional-Intersections-Smart> (accessed 17 April 2019).
- [6] Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T. and Malik, J. (2016), “Region-Based Convolutional Networks for Accurate Object Detection and Segmentation”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 38 No. 1, pp. 142–158.
- [7] Gora, P. and Pardel, P.W. (2015), “Application of genetic algorithms and high-performance computing to the Traffic Signal Setting problem.”, presented at the The 24th International workshop on Concurrency, Specification and Programming, Poland.
- [8] He, K., Gkioxari, G., Dollár, P. and Girshick, R. (2017), “Mask R-CNN”, ArXiv:1703.06870 [Cs], available at: <http://arxiv.org/abs/1703.06870> (accessed 23 November 2018).
- [9] Hearst, M.A., Dumais, S.T., Osuna, E., Platt, J. and Scholkopf, B. (1998), “Support vector machines”, IEEE Intelligent Systems and Their

- Applications, Vol. 13 No. 4, pp. 18–28.
- [10] Himpea, W., Ginestoub, R. and Tampère, M.J.C. (2019), “High Performance Computing applied to Dynamic Traffic Assignment”, *Procedia Computer Science*, Vol. 151, pp. 409–416.
 - [11] Intel. (2019), “在 HPC 叢集上執行 AI 與分析的案例”, Intel, available at: <https://www.intel.com/content/www/tw/zh/technology-provider/products-and-solutions/xeon-scalable-family/hpc-solution-brief.html> (accessed 14 February 2020).
 - [12] IT 大嘴巴. (2019), “當 AI 遇上 HPC 智慧時代的最強 CP”, 28 July, available at: <https://kknews.cc/comic/vlv3j6l.html> (accessed 9 September 2019).
 - [13] Janczykowski, M., Turek, W., Malawski, M. and Byrski, A. (2019), “Large-scale urban traffic simulation with Scala and high-performance computing system”, *Journal of Computational Science*, Vol. 35, pp. 91–101.
 - [14] Java crumbs. (2016), “Machine learning for dummies – Support Vector Machines”, Java Crumbs, 7 February, available at: <https://blog.krean.net/2016/02/07/machine-learning-for-dummies-support-vector-machines/> (accessed 3 December 2018).
 - [15] John Sudworth. (2017), “In Your Face: China’s all-seeing state”, BBC News, available at: <https://www.bbc.co.uk/news/av/world-asia-china-42248056/in-your-face-china-s-all-seeing-state> (accessed 17 July 2018).
 - [16] Kaggle. (2018), “Rectified Linear Units (ReLU) in Deep Learning | Kaggle”, available at: <https://www.kaggle.com/dansbecker/rectified-linear-units-relu-in-deep-learning> (accessed 1 December 2018).
 - [17] Krizhevsky, A., Sutskever, I. and Hinton, G.E. (2012), “ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks”, *Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems - Volume 1*, Curran Associates Inc., USA, pp. 1097–1105.
 - [18] Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y. and Berg, A.C. (2016), “SSD: Single Shot MultiBox Detector”, *ArXiv:1512.02325 [Cs]*, Vol. 9905, pp. 21–37.
 - [19] Luo, Z., Jodoin, P.-M., Su, S.-Z., Li, S.-Z. and Larochelle, H. (2018), “Traffic Analytics With Low-Frame-Rate Videos”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 28 No. 4, pp. 878–891.

- [20] Neubeck, A. and Gool, L.V. (2006), “Efficient Non-Maximum Suppression”, 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR’06), Vol. 3, presented at the 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR’06), pp. 850–855.
- [21] NVIDIA. (2017), “Computex 2018 : NVIDIA 與臺灣聯手為在地 AI 發展注入動能 - EE Times Taiwan 電子工程專輯網”, available at: <https://www.eettaiwan.com/news/article/20180605NT22-Nvidia-supercharging-AI-with-Taiwan> (accessed 17 July 2018).
- [22] Rothe, R., Guillaumin, M. and Van Gool, L. (2015), “Non-maximum Suppression for Object Detection by Passing Messages Between Windows”, in Cremers, D., Reid, I., Saito, H. and Yang, M.-H. (Eds.), Computer Vision -- ACCV 2014, Springer International Publishing, pp. 290–306.
- [23] Son, S. and Baek, Y. (2015), “Design and Implementation of Real-Time Vehicular Camera for Driver Assistance and Traffic Congestion Estimation”, Sensors, Vol. 15 No. 8, pp. 20204–20231.
- [24] TechNews. (2018), “NVIDIA 與科技部攜手合做為在地 AI 發展注入強勁動能”, 4 June, available at: <https://technews.tw/2018/06/04/nvidia-and-most-collaborate-on-local-ai-development/> (accessed 9 September 2019).
- [25] TechNews. (2019), “科技突破少不了 HPC 高效能運算，從圖表看其應用趨勢”, TechNews 科技新報, 22 May, available at: <https://technews.tw/2019/05/22/about-hpc/> (accessed 11 September 2019).
- [26] Umbrellium. (2017), “Starling Crossing - Umbrellium”, available at: <http://umbrellium.co.uk/initiatives/starling-crossing/> (accessed 18 July 2018).
- [27] Waycare. (2017), “Waycare | AI-driven Mobility Solutions”, Waycare, available at: <http://waycaretech.com/> (accessed 17 July 2018).
- [28] Wu, P.-J., Chen, M.-C. and Tsau, C.-K. (2017), “The data-driven analytics for investigating cargo loss in logistics systems”, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 47 No. 1, pp. 68–83.
- [29] Xu, Y., Yu, G., Wang, Y., Wu, X. and Ma, Y. (2017a), “Car Detection from Low-Altitude UAV Imagery with the Faster R-CNN”, Journal of Advanced Transportation, Research article, available at: <https://doi.org/10.1155/2017/2823617>.

- [30] Xu, Y., Yu, G., Wang, Y., Wu, X. and Ma, Y. (2017b), “Car Detection from Low-Altitude UAV Imagery with the Faster R-CNN”, Journal of Advanced Transportation, p. UNSP 2823617.
- [31] 王郁倫. (2018), “不止要靠 AI 翻身，宏碁成立安圖斯 ALTOS，目標打入全球 500 大超級電腦 | 數位時代”，數位時代, 22 May, available at: <https://www.bnext.com.tw/article/49187/ai-hpc-acer-altos-aiborn-leadtek-> (accessed 9 September 2019).
- [32] 交通部運輸研究所(1986a)，交通號誌規劃手冊。
- [33] 交通部運輸研究所(1986b)，交通管制設施規劃與設計手冊-交通號誌篇。
- [34] 李宏毅(2016)，什麼是深度學習－機器學習的卷土重來，數理人文，(10)，20－29。
- [35] 李宏毅. (2016), “什麼是深度學習－機器學習的卷土重來”，數理人文, No. 10, pp. 20－29.
- [36] 林一平等(2014)，區域交通控制中心雲端化計畫(1/4)，交通部。
- [37] 知識譜記(2018)，知識譜記－人工智能城市(AI CITY)---運用 AI 改善都市交通，
<http://201821.ceci.org.tw/Modules/Article/Detail?id=c04f706c-933f-4d37-bbdc-7c83811f3a16>
- [38] 阿里雲 ET (2018)，ET 大腦詳情頁 -- 城市大腦，
<https://et.aliyun.com/brain/city?spm=a2c17.92424.936384.3.79411a434uGzaG>
- [39] 洪士灝. (2018), “HPC 與深度學習”，科技大觀園, 18 May, available at: <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/yoR0.htm> (accessed 9 September 2019).
- [40] 科技新報(2018)，外媒測 7 分鐘被抓，中國 16 省市已佈建天網，Retrieved July 17, 2018, TechNews 科技新報。
- [41] 紀昭吟，謝孟珏，范哲豪，陳右怡 and 蘇孟宗.(2019)， “IEKView: AI 新科技時代，如何抓住第四次工業革命的機遇”，IEK 產業情報網, 2 April, available at: http://ieknet.iek.org.tw/iekrpt/linkiac.aspx?rpt_idno=199986199 (accessed 10 September 2019).
- [42] 桃園市政府 (2017)，市政新聞，桃園市政府，

https://www.tycg.gov.tw/ch/home.jsp?id=9&parentpath=0,1&mcustomize=multimessage_view.jsp&dataserno=201707140001&aplistdn=ou=news,ou=chinese,ou=ap_root,o=tycg,c=tw&toolsflag=Y

- [43] 涂志豪. (2018), “AI 商機無限 半導體進補”, 工商時報, 19 March, available at: <https://www.chinatimes.com/newspapers/20180319000216-260204?chdtv> (accessed 9 September 2019).
- [44] 張佑鴻(2012), 半觸動號誌控制模式之建構與驗證, 逢甲大學運輸科技與管理學系研究所碩士論文。
- [45] 翔詹富, 亭陳玉, 宇向, 瑋陳柏 and 民孫. (2017), “預測於行車紀錄影像中的事故”, 電工通訊季刊, No. 2017 第 3 季, pp. 110 - 122.
- [46] 黃亦筠. (2017), “首次亮相, 就排進世界第 17 名, 鴻海超級電腦大揭密 ! ”, 天下雜誌, 26 December, available at: <https://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5087141> (accessed 9 September 2019).
- [47] 楊璣凱(2010), 以延滯指標評估多種交通號誌控制邏輯之適用時機——以獨立路口簡單二時相為例, 臺灣大學土木工程學研究所博士論文。
- [48] 溫怡玲. (2018), “全球最便宜的 AI 概念股在台灣”, 鉅亨網, available at: <http://topics.cnyes.com/AI03/> (accessed 14 February 2020).
- [49] 遠見雜誌整合傳播部. (2018), “面對 AI 浪潮, 企業應趕快做準備迎接大錢潮”, 遠見雜誌 - 前進的動力, 27 March, available at: <https://www.gvm.com.tw/article.html?id=43372> (accessed 9 September 2019).
- [50] 蘇昭銘, 林良泰, 王晉元, 鍾慧諭, 葉昭甫, 吳沛儒, 曾明德, et al. (2018), 交通事件資訊整合服務與精進計畫(1/2), 交通部運輸研究所, 臺北市, available at: <https://www.iot.gov.tw/Modules/ResearchProcess/ResearchProcess-Details?node=37f9d5cc-17dc-4691-b6e2-0fef8e430163&id=a9e6cecf-99af-4244-a2c6-92627e1407a6> (accessed 15 April 2019).
- [51] 蘇昭銘等人(2019), 交通事件資訊整合服務與精進計畫(2/2), 交通部運輸研究所, 臺北。

附錄一、期中審查意見回復表

1.地點：交通部運輸研究所 5 樓會議室

2.時間：中華民國 108 年 10 月 9 日 14:00~15:15

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
邱裕鈞 委員	PaSO 概念是否代表未來需要先找出 path 才能進行控制管理？請補充說明。	號控設計 PaSO 需要先行訂定關鍵路徑，確認出需要控制的路口與時相，進行時相設計，PaSO 主要針對綠燈秒數與時差進行最佳化。	同意承辦單位處理情形。
	請說明偵測器與號控之關聯性，並說明偵測器所蒐集之資料應用方式，包含哪些資料是提供主管機關參考用、哪些是提供號控使用(以 5 分鐘為單位蒐集資料是否足夠號控使用)、哪些是做為績效評估使用，建議列表回應說明。	遵照辦理，針對偵測器蒐集項目說明於圖 4.2.2，偵測器應用規劃如圖 4.4.14 所示。	同意承辦單位處理情形。
	動態綠燈帶寬就無法有綠燈倒數，行人倒數機制亦將無法處理。	就目前現場軟硬體設施的情況，行人倒數、綠燈倒數或紅燈倒數均無法運作，因為秒數隨時在調整，可能造成學習式的行人燈無法學習成功。若要能夠運作則必須將硬體設備改為通訊	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		式，透過控制器送出秒數訊號方可顯示，但考慮現場環境可能無法運作。	
	號誌控制邏輯是屬於觸動式或適應性，請先釐清。每次去做調整延長的根據為何，請清楚說明。	目前動態控制採用機制屬於動態查表與適應控制的變形體，調整延長之根據採用排隊長度，由排隊長度計算各方向需求秒數，以此進行調整綠燈秒數。	同意承辦單位處理情形。
	報告書中有關控制邏輯撰寫得很專業，但文字描述並不清楚，例如 P. 39 第二段。報告中並無描述關鍵號誌控制邏輯，希望報告可說明內容。	遵照辦理，補充修訂於 2.4.1、2.4.2 以及 4.4.2.5 節。	同意承辦單位處理情形。
	建議評估指標可以重新思考是否使用 MAPE，因 MAPE 主要是檢視錯誤幅度而不是改善幅度；而此計畫主要是事前事後之改善，應從改善率(Improve rate)著手。	遵照辦理，比較基準改由事前事後之速率與旅行時間進行績效分析，請參閱 4.4.5.2 節。	同意承辦單位處理情形。
	偵測器設的位置與拍攝長度希望能進行說明，包含鏡頭所拍攝的	為使偵測器可有效運作及確保辨識準確率，建議布設位置為車道正上方，	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	距離須達到多少單位，才能確定等候線長度。	布 設 高 度 為 4.6~5.5 公尺，視野範圍深度為 30 公尺至 50 公尺，本研究將於期末報告依據本研究實際布設畫面進行相關建議布設位置說明。	
	偵測器車種沒列小貨車跟大貨車，希望能再作補充說明。	目前偵測車種規劃將小貨車與大貨車分別歸類至小車與大車，本研究將再針對車種進行細分歸納。	同意承辦單位處理情形。
吳木富 委員	研究計畫於臺中市太平匝道有相關接電問題，目前台 74 線維護為公路總局，交控運做為高公局，高公局在權限範圍內可提供協助。	感謝委員與高公局的協助。	同意承辦單位處理情形。
	第二章英文專有名詞重複出現多次，請刪減只保留第一次出現者即可。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	第三章數據均引用「台 74 線交通管理策略研究規畫委託服務」調查資料，請補充該案研究日期、單位、與本案之關係。目前計畫書中較多的數據是「台 74 線委託服務資料」，但計畫名稱為應用人工智慧影像辨識技術進行交通數據蒐	本案由交通部公路總局第二區養護工程處於 106 年 12 月 6 日公開招標資訊，並由易緯工程顧問股份有限公司得標進行研究，本研究	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	集與分析，未來應該還是會透過系統進行交控訓練？	案依據本研究報告書初步研擬相關之控制策略，未來將透過偵測設備所蒐集之等候線資料進行交控邏輯策略改善，提升績效。	
	目前規劃報告 P26. P27 有提到哪幾個路口裝設 CCTV，建議未來將路口照片結合攝影機位置清楚標示，並說明其照射位置與蒐集項目。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	3.1.2 節各項 AI 數據偵測之正確性驗證方式，請補充。	以抽驗方式採集 10 分鐘影像並以人工計算進行驗證。	同意承辦單位處理情形。
	P34 流程圖缺 AI 影像偵測驗證、調校。	此章節部分主要說明觸動控制如何運作，設備建置、調教與驗證在此步驟前應已完成。	同意承辦單位處理情形。
	希望團隊未來能探討利用 AI 影像辨識進行交通數據蒐集之優勢、正確率，並期望能進一步探討在晨峰、昏峰與逆光情境下之結果。	目前初步歸納之優勢為可即時掌握交通資訊，使交通控制策略可更為即時。目前針對晨峰、昏峰與逆光情境下之正確率約為 90%。	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	執行號控需要很多資料做參考，更重要的是誤報率與錯誤率之問題，請團隊納入評估。	感謝提供意見，號控系統主要基於偵測設備回傳資訊進行反應，偵測設備之準確度或錯誤率應在運作前已進行設備調教與檢驗，準度問題應不至於過於嚴重，但也相信是無法百分之百，因此動態系統在運作時已保有一定程度之容錯機制，並在設備通訊異常時會運作計畫所訂定的基礎時制，讓路口仍能保持穩定紓解狀態。	同意承辦單位處理情形。
	計畫書 3.3.5 中說明觸控號誌控制在異常狀態下會跳為預設時制，其機制是為全自動或半自動，請補充說明。	動態系統運作前，將一致調整整體範圍之週期(改為 150 秒)以及時相，並決定一套基礎時制，等同時制重整之作業，動態控制將會在此基礎時制上進行時比調整，若系統發現偵測設備或號誌控制器有異常情況即會自動停止	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		動態，切換回基礎時制，也維持整體路網穩定運作。	
	P41 圖 3.3.3、圖 3.3.4 分別與圖 3.2.3、圖 3.2.4 重複，可省略。	圖 4.4.4 與圖 4.4.5 針對時段進行分析說明，因此並未增加方向編號，另圖 4.3.3 與圖 4.3.4 增加方向編號，以方便針對各方向進行說明。	同意承辦單位處理情形。
	P67 敘述若設備正常\異常 ICON 用顏色區分、P68 敘述事件尚未解除用紅字標註，想提醒相關人員是否有更好的方法?例如用閃爍或變換底色方式以提升運作人員注意，建議後續可與市府人員討論。	團隊已於 8/28、9/20 兩次工作會議提出儀表板雛型規劃內容，並於會中針對意見進行相關呈現方式進行調整，待實際建置完成與及實際操作後，更可確認是否仍有需要微調處再行溝通調整方式，俾利更加符合需求。	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	P73 設置進出機場偵測器，應考量機場上班員工之車輛及停留影響，在機場的工作的人員很多，因此桃園機場內其實有許多車輛是停駐一整天，其與旅客或接送機旅次特性不同，此系統未來可能需要針對常駐車輛進行區分。	常駐車輛判別涉及車牌資訊，因本研究於聯外交通裝設之偵測設備以偵測車種為主，並無法判別車號，但本研究將於設備實際運作時，嘗試針對常駐車輛進行區分。	同意承辦單位處理情形。
	4.1.2 節設置 AI 影像事件偵測設備，可以做為告警或取締之依據？該區位交通工程、取締法規是否均完備？近期桃園市科技執法結合 CCTV 與 CMS 告警，此部份研究團隊是否有其他想法？	根據先前與桃園機場相關會議中，桃園機場將運用本研究所架設之設備，挑選違規情形較為嚴重之車輛，協請航警局開單告發；針對違規告警部分，由於該區域牽涉相關美觀設計部分，經會議討論，桃園機場公司將再行內部討論，期望能有相關告警措施。近年來桃園市科技執法之導入成效有目共睹，而經與桃園機場會議中，亦希望能仿效，惟仍須考量成本及整體視覺設計。	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	機場通關人流的偵測是否是透過人臉辨識進行人流偵測?無論機場與路口的 CCTV 資料蒐集均涉及個資,請團隊針對資料保存、使用、防火牆及人員管理謹慎處理,建議加以探討及規範。	現階段人流偵測以人形為主,針對個資保存與運用部分,本研究將僅設管理與使用。	同意承辦單位處理情形。
	本報告為黑白印刷,但許多圖是用顏色標示將無法判讀。	將於期末報告中針對需要色彩辨識部分的圖片頁面以彩色印刷,增加識別度。	同意承辦單位處理情形。
陳榮明 委員	此計畫進行項目非常多,感覺可能無法作完,目前內容似與原先招標文件不同,希望第一章能開宗明義講明計畫將要完成哪些項目。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	此計畫在整個設備部分,建議著重說明影像辨識應用。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	原本在招標文件上針對車種部分,需要偵測許多車種,但目前計畫尚未提及,請進行說明。	針對特殊車種部分,本研究正蒐集相關偵測樣本進行訓練,並將於期末報告階段呈現成果。	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	目前計畫書中未描述設備整體運作績效，包含正確率與穩定性，請說明。	依據目前已營運一年之設備，其正確率約為 90%，穩定性目前撇除斷電與 4G 通訊問題，一切皆屬正常運作。	同意承辦單位處理情形。
	於時制部分其運作績效管理原則上沒有問題，但這將會牽涉到未來推廣運用，目前僅談效益面，可能需要羅列 AI 相關設施成本。	商用成本(包含軟體)+儀表板、交通控制等，維護成本、臺北市一次三年計畫案，300~500 之需要資訊由廠商維護，買服務方式。本研究主要為測試 AI 偵測設備，並藉此確認績效，觸動控制實際運作時不需要如此多設備，必要設備裝設相關內容請參閱 4.4.2.3 節。	同意承辦單位處理情形。
	此計畫關鍵之一包含 AI 影像設備參考準則，計畫所訂的布設方式、偵測範圍與臨時性需求可能均是將來要納入準則的項目，亦請團隊留意。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	儀表板因將來是屬於管理者與決策者所使用，建議針對相關人員進行訪談包含使用者體驗(UX)部分，而不是只有使用者介面(UI)。	團隊已於 8/28、9/20 兩次工作會議提出儀表板雛型規劃內容，並於會中針對意見進行相關呈現方式進行調整，待實際建置完成與及實際操作後，更可確認是否仍有需要微調處再行溝通調整方式，俾利更加符合需求	同意承辦單位處理情形。
	通訊協定是個關鍵，建議列哪些是原有的協定，哪些是擴充的協定，做一個清楚整理。將來系統包含原有舊系統所做的，在通訊系統是否會有彼此間的衝突需要確定。	因本研究偵測設備產生新的參數，目前已針對中心端與偵測設備之間仿照「都市交通控制通訊協定 3.0 版」訂定擴增的部分，既有中心多數都參考此通訊協定版本之運作機制與通訊內容，故在此部分的銜接應較無問題。	同意承辦單位處理情形。
	桃園機場公司應用希望能有真正實質效果，目前僅將資訊收到儀表板，但真正後端要做的包含提醒、下指令可再進行補充。	本研究規劃儀表板主要為資訊呈現，針對提醒部分將再細部研擬符合機場公司之提醒方式。	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	高解析度影像應保存於路側設備至少 30 天，此部分是否能達成，請補充說明。	本研究已嘗試以 H. 265 格式克服。	同意承辦單位處理情形。
桃園機場公司	本公司感謝研究團隊期中報告，團隊所研究課題對於本公司均有急迫性。	感謝桃園機場公司肯定。	同意承辦單位處理情形。
	本研究案建置設備有關安檢影像部分因涉隱私權，其影像儲存、應用及保管均需要審慎使用請勿外流。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	請研究團隊事先告知相關施工計畫及場域安裝時程計畫，以便公司轉知相關單位知悉與配合。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	有關儀表板及系統規劃，同意研究團隊規劃建議。	將依據討論共識進行後續規劃。	同意承辦單位處理情形。
臺北市 政府	報告書 P.64 交通儀表板有偵測事件警示，未來此警示是否會傳到運研所的事件資訊整合平臺或其他交通管理系統，請補充說明。	目前本研究計畫並不會傳送資訊至事件資訊整合平臺或其他交通管理系統。	同意承辦單位處理情形。
	未來是否能推出行動版 APP，供其他現場交通管理同仁使用。	目前並無行動版 APP 之規劃。	同意承辦單位處理情形。
	臺中市太平匝道周邊設備布設規劃，號誌時制變動會影響到比較遠的路口，計畫亦布設了許多偵測設備於小的路口，如樂業路或	本研究於擬定布設規劃時已評估樂業路與十甲東路口及東平路與新平路路	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	東平路上的小路口，建議可以布設在大的路口如樂業路與十甲東路口、或東平路與新平路路口處，應該也可以觀測比較完整。	口兩路口之偵測設備布設規劃，由於此二路口距離本研究規劃之控制範圍距離較遠，經評估此二路口影響較低，且受限於成本考量，故決議不布設。	
	資訊整合平臺可以讓管理者選擇想知道什麼資訊去做模板，即時因應各種活動，這也許可做為團隊參考。	感謝委員指導，後續如有系統優化需求則可納入考量評估。	同意承辦單位處理情形。
新北市 政府	團隊規劃之設備在現場直接辨識，新北市目前狀況是將資料收回來於中心做辨識，那現場辨識是否有什麼限制？之前新北市經驗是要在機器上做辨識線，最多需要八條，本案設備是否符合研究團隊所需要的，請補充說明。	本研究採用之運算方式為邊緣運算，且一套辨識邏輯原則上各路口、路段均通用，於新加坡進行參展時，相關技術亦為國際領先，本研究將持續精進。	同意承辦單位處理情形。
	團隊規劃動態號控結合 CCTV 與 e-Tag，請說明 e-Tag 在動態號控是扮演什麼角色。	目前控制策略主要採用本研究偵測器蒐集到的排隊長度進行動態控制，延滯做為績效事前事後評估，因考慮到台 74 下匝道為主	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		要評估項目，針對此路段期望多蒐集旅行時間做為評估績效，以便更確定本次動態控制之成效。	
	動態號控是否有一套啟動的門檻值？新北市在汐止或臺一線高架是連續三次做滾動式的門檻值，當達到此門檻值才作相關措施。	如委員提供之意見所述，動態號控部分確實偵測排隊長度做為依據，超過門檻值即會進行時制調整，因是排隊長度較能夠有效訂定出門檻值，目標是確保各路徑都不至於壅塞過於嚴重。	同意承辦單位處理情形。
	簡報 P. 38 中儀表板，會有壅塞事故百分比，請說明此數值之定義？	感謝委員指導，後續將於期末報告中補充說明。 目前計算 AI 偵測後的事件筆數，其比例為壅塞：屬於壅塞的事件數量/事件總數*100%	同意承辦單位處理情形。
	目前偵測設備均未裝設，然而影像辨識都要有學習過程，此時程是否足夠達到所需的水準？	本研究已於高雄針對相關辨識邏輯進行一年之調校，而其影像辨識邏輯亦	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		可於本研究計畫使用，無須再進行相關訓練。	
	第二航廈違停車輛偵測，是收資料擷取照片再傳送資料給舉發單位或是有其他規劃？新北市目前在林口進行違規偵測，偵測大貨車違規行駛，當車輛一進入後就擷取三張連續照片與錄影，並即時傳送警局，由警局進行開單，目前改善幅度約五成以上，供團隊參考。	目前經與桃園機場公司會議討論，本研究系統將會自動存取違規車輛照片，並供桃園機場公司使用。	同意承辦單位處理情形。
桃園市政府	今年六月 13 日赴桃園機場針對科技執法進行會勘，並提供相關建議；目前團隊規劃於桃園機場布設 2 處，但總長度約 150 公尺長度，恐會有破窗理論，造成反效果。	經與桃園機場公司討論，受限於成本考量，本次研究以 DEMO 方式進行，並視其成效擴大辦理。	同意承辦單位處理情形。
	違規偵測之準確率，將影響員警開錯單。	本研究將努力提升準確率。	同意承辦單位處理情形。
	違停三分鐘作判別與事件產生，這部分是有違停事件影片或是照片來證明車子停三分鐘，桃園這邊是用影片錄影，團隊可能要關注證據之明確度，避免民眾質疑。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	科技執法最主要功能應該是警示，桃園會用 LED 字幕機或是閃	感謝委員建議。	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	光或喇叭等方式警告民眾不要違規，供團隊參考。		
	針對儀表板設計中的設備妥善率，妥善率型態十分多元，最單純是設備是否運作，也可能是有在運作但已經失去功能，請團隊要再思考設備妥善率之定義。若 AI 已經無法辨識，該如何定義其無法辨識。	本研究將嘗試研擬相關定義，並於期末報告呈現。	同意承辦單位處理情形。
	臨時性設備的概念很彈性，攝影機橫跨率，有可能沒辦法一次涵蓋所有面向，是否需要多臺攝影機協同作業，這可能是設置所要思考的方向。	目前均是單機，但後端可進行協同作業方式	同意承辦單位處理情形。
運輸 資訊組	請團隊報告書格式依照本所出版品格式撰寫。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	參考期中報告 3.2，目前研究團隊將於路口測試之動態號誌控制策略，已非文獻回顧所整理之觸動號誌控制類型，請補充內容。	遵照辦理，補充修訂於期中報告修訂版 2.4.1 與 2.4.2。	同意承辦單位處理情形。
	辨識車種並未包含所要求之警車與救護車等，請補充說明原因。	因相關辨識需要較多之樣本進行人工智慧學習，目前刻正蒐集相關數據資料，已供辨識訓練。	同意承辦單位處理情形。
	調查內容未包含所要求之路口號誌時制，請補充說明。	本研究範圍路口協請臺中市政府提供	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		運作時制計畫，補充於期中報告修訂版附錄。	
	P. 30 路口平均停等延滯公式應為 T/Q ，請修正。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	請補充說明臨時性調查設備在各種情境下之操作安全性，例如是否抗風、雨天使用時相關設備操作是否安全等。	針對情境操作安全性將於期末報告階段加以說明，目前規劃之設備可採用繩索固定方式，加強其抗風性，且設備已具備相當之防水等級。	同意承辦單位處理情形。
	考量目前規劃之動態控制方式並非所要求之觸動控制，請補充以下內容：		同意承辦單位處理情形。
	(1)從觸動控制改採其他動態控制模式，原因及評估過程請詳述。	遵照辦理，請參閱 4.4.2 節。	同意承辦單位處理情形。
	(2)目前所採用之動態控制模式之詳細說明，包含數學模式、控制邏輯等。	遵照辦理，補充修訂於期中報告修訂版 2.4.1 與 2.4.2。	同意承辦單位處理情形。
	(3)臺中市太平匝道實施動態控制裝設到 24 組 AI 偵測設備，相關布設成本十分高，此恐使得多數地方政府無法負擔，是否能再精簡設備數量並達到基本效果？請補充說明。	本研究主要為測試 AI 偵測設備，並藉此確認績效，觸動控制實際運作時不需要如此多設備，必要設備裝設相關	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		內 容 請 參 閱 4.4.2.3 節。	
	報告書 P.25 頁說明臺中市太平 匝道周邊道路裝設 24 組 AI 影像 辨識設備，投影片為 25 組，數量 不一致，請說明。	經細部評估並於 108 年 9 月 20 日與 臺中市政府交通局 確認，本研究計畫 於台 74 線太平匝 道上游新增一偵測 設備，以加強控制 策略之準確度。	同意承辦單位處理 情形。
臺中市 政府	P25，報告書所列設備架設規劃組 數為 24 組，惟本局與逢甲大學 108 年 9 月 20 日會議討論之數量 為 25 組，請確認。	目前臺中市太平匝 道週邊偵測規劃之 偵測設備數量為 25 組。	同意承辦單位處理 情形。
	P. 30，所提當車速小於 3km/hr 則 視為車輛靜止狀態，請問為何訂 定 3km/hr 為靜止狀態？	因車輛停等紅綠燈 時，其往往會緩慢 移動，若定義為 0km/hr，則相關停 等判定恐不夠周 延，故經評估調校， 決議定義 3km/hr 為靜止狀態。	同意承辦單位處理 情形。
	P. 47，觸動策略規劃中，為何將時 制秒數增減的門檻限制界定為 15 秒。	目前是透過模擬的 方式初步確認 15 秒能夠確實達到競 爭路徑在績效上的 反應，此部分為初	同意承辦單位處理 情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		步設定，未來實際運作與實際排隊長度資訊取得後將進行計算與持續調整，以便達到績效改善之需求。	
	P. 67，儀表板所顯示的設備異常狀態，判定基準為何（例如通訊斷線即為異常）。	感謝委員指導，後續將於期末報告中補充說明。 目前係以設備連線是否正常為衡量標準，若設備無法連線再行通知團隊成員確認其異常原因，而此部分數據計算公式為：設備正常：設備正常數量 / 設備總數 * 100% 設備異常：設備異常數量 / 設備總數 * 100% 單一設備均妥善率： 單一設備正常次數 / 從開始偵測起每五分鐘的統計數 * 100%，四捨五入進位到整數 如：	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		1 小時共偵測 12 次，都正常則 $12/12 * 100\% = 100\%$ 1 小時共偵測 12 次，7 次正常則 $7/12 * 100\% = 58\%$ 總設備平均妥善率：全部設備妥善率/設備總數	
	本研究觸動號誌為全觸動控制，時制計畫的轉換是否會更動週期，請說明相關規劃。	考慮四個路口動態與周邊路口定時時制調整整體路網變換時仍須保持連鎖，因此在運作動態時便不會更改週期，僅動態調整時比，避免號誌控制器產生補償問題，但在系統運作前，將一致調整整體範圍之週期(改為 150 秒)以及時相，並決定一套基礎時制，等同時制重整之作業，動態控制將會在此基礎時制上進行時比調整，若系統發現偵測設備或	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		號誌控制器有異常情況即會停止動態，切換回基礎時制，也維持整體路網穩定運作。	
	本研究觸動號誌控制運算邏輯所使用的參數為何(例如延滯、排隊長度等)?請補充說明。	目前採用延滯與旅行時間(台 74 下匝道路徑)進行績效評估，排隊長度做為觸動控制之依據。	同意承辦單位處理情形。
臺南市政府	請問路口壅塞判斷基準為何?當偵測路口壅塞或有異常事件時，是否有自動告警或是自動通報機制?請補充說明。	路口壅塞判斷基準初步以車道的佔有率為衡量標準，當超過其異常門檻值時，始為壅塞。針對告警部分，本研究相關資訊呈現以儀表板為主，並無規劃自動通報機制，後續將再行探討於期末報告階段建議相關方式。	同意承辦單位處理情形。
	當偵測事件發生時，除了透過觸動控制調整時制計畫，建議可一	感謝委員建議。	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	併規劃並指派替代道路，且儀表板可以「彈出視窗」方式警示，並主動以訊息推播通報相關管理人員。		
高雄市政府	臺中市太平匝道周邊觸動控制目前報告僅討論樂業/環中、東平/祥順兩路口控制策略，未論述其娛樂業/喬城三街、東平 777 巷兩觸動號誌策略，也未提及其餘三處定時時制配合調整的方式，請補充說明。	目前採取模擬建模進行相關評估分析，所採取之路口資料皆為公路總局「台 74 交通管理策略研究規畫委託服務」計畫所提供之調查值，調查範圍為樂業/環中、東平/祥順兩路口，因此尚未探討到更為上下游的部分，待後續資料蒐集逐漸齊全，便可更進一步進行調整。	同意承辦單位處理情形。
	本案觸動控制號誌系統若有偵測設備故障，系統如何運作?請補充說明。	動態系統運作前，將一致調整整體範圍之週期(改為 150 秒)以及時相，並決定一套基礎時制，等同時制重整之作業，動態控制將會在此基礎時制上進行時比調整，若系統發現偵測設備或號誌控制器有異常	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		情況即會停止動態，切換回基礎時制，也維持整體路網穩定運作。	
	本案係透過影像辨識偵測車流進行觸動控制，若鏡頭有汙損造成偵測數據不正確，系統是否可自動偵知？請補充說明。	初步以定期維護為主，並將再研擬相關應變措施。	同意承辦單位處理情形。
	報告書第 67 頁提到後端儀表板有針對壅塞、事故及施工進行偵測與統計，這部分規劃偵測內容為何，請再補充。	感謝委員指導，後續將於期末報告中補充說明。 目前該儀表板設計主要是以事件回傳最多的三大類別為呈現，其判斷邏輯則係以設備回傳的資訊為判斷依準，如回傳 parking 則為異常停留，回傳 traffic 則須納入車道的佔有率數據，定義其門檻值加以判斷是否為壅塞，施工部分則須仰賴後端回傳之照片加以人工判斷。	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	第五章臨時性偵測設備資訊偵測後，資料如何取得，是否須規劃後臺以接收即時道路交通數據？請補充說明。	目前臨時性設備本身可存取調查之相關交通數據，並進行離線存取或直接上傳至指定路徑，未來相關傳輸亦將為 V3 通訊，故亦可將相關交通數據回傳予當地之交控中心。	同意承辦單位處理情形。
主席	請研究單位參考委員及各單位意見進行補充修正，各單位若還有其他意見請於一週內，提供書面意見補充。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	請團隊於資料傳遞、保存與應用時，謹慎處理個資課題。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	原招標工作範圍與現況執行內容有些不同，請業務單位與執行單位在工作會議確認，並請以不影響原契約為原則。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	行動儀表板 APP，請執行團隊再於工作會議進行討論，因這涉及此工作項目是否在合約所規範之工作範圍內。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	桃園市交通局意見，有關臨時性設備是否需要多方向、多臺攝影	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。

審查 委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	機協同作業資訊銜接與分析課題，請研究團隊注意。		
	本期中報告原則審查通過，請研究團隊依審查意見研提處理情形答覆意見，送本所審查後，做為修正報告之依據。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。

附錄二、期末審查意見回復表

1.地點：交通部運輸研究所 5 樓會議室

2.時間：中華民國 109 年 2 月 11 日 14:00~16:00

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
劉建邦委員	計畫中有使用到交通部所開發之 PaSO 軟體，期望團隊針對本計畫應用此軟體的相關成果進行補充；此外，交通部期望使 PaSO 成為我國都市交通管理控制的軟體，爰請團隊可以補充於此計畫中使用 PaSO 面臨的限制。	本研究應用 PaSO 執行關鍵路徑並計算最佳化時制，最終以模擬績效評估時制的可行性，詳細成果請參閱 4.4.2.2 節；另關於本軟體使用上所遇問題為缺少可視車流模擬畫面，以驗證輸入車流和實際情形間差異，另建議有一長期維運單位協助各縣市處理軟體相關問題，以上已補充於 4.4.5.3 節。	同意承辦單位處理情形。
	移動性設備其量體似乎有點大，未來使用者在設備移動上可能較不方便。	本研究計畫所規劃之移動性設備，因結合 AI 辨識模組、攝影機與電源供應器，在為達成偵測穩定、高續航力與方便移動組裝等條件下，目前之量體已盡量打造成可運用車輛載運之設計，未來隨著相關技術尤其是電池科技的進步，應有望再加以突破。	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	AI 影像設備所蒐集的交通數據，透過掌握關鍵路徑應用於號誌控制，此為關鍵技術，應可進行推廣；在號誌微調部分，未來是否有機會使用 AI 來進行號誌控制？請補充說明。	以 AI 進行號誌控制是可行的，但若需要實際執行，尚需要經過一段時間學習，因此會產生部分交通影響，使用路人感受不適應，是號誌 AI 化的主要課題之一。	同意承辦單位處理情形。
	AI 的數據蒐集結合 PaSO 交通管理，有機會成為臺灣都市交通控制的產品，請團隊說明本案成果是否有商品化的可能，或是補充不足的地方。	本研究運用 PaSO 執行關鍵路徑並計算最佳化時制，最終以模擬績效評估時制的可行性，但本軟體使用上所遇問題為缺少可視車流模擬畫面，以驗證輸入車流和實際情形間差異，另建議有一長期維運單位協助各縣市處理軟體相關問題，以上已補充於 4.4.5.3 節。	同意承辦單位處理情形。
	本計畫將交通數據有效蒐集回來後進行交通控制，而在控制面而言，交通控制器似乎也要進行提升，這也將會是下一階段都市號誌控制要更新的部分；目前號誌控制通訊協定為 V3.0 是否有需要再進行調整的地方？請補充說明。	本研究汰換控制器主因為需求號誌控制器運作穩定性，而這也是未來推動號誌控制需要關注之議題，目前控制號誌係利用既有 V3 協定進行時制計畫切換，因此在協定需求尚能滿足；但對於 AI 偵測器所蒐集到的新參數，目前協定並無法相容，如延滯、排	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		隊長度及轉向量等，期望未來通訊協定能針對新交通參數進行整合，以符合實際應用需求，可參閱 4.4.6 節。	
	結論建議的部分請再增加一些務實的建議，例如整個交控未來走向上的建議，以做為未來本部及貴所發展的參考。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	請研究團隊補充影像偵測設備之硬體規格、安裝位置及其他規範性項目。	針對相關影像偵測設備之硬體規格、安裝位置及其他規範性項目已補充於 3.1.3 節。	同意承辦單位處理情形。
	報告書請補充機車轉向交通量準確率。	已補充於表 3.1-3。	同意承辦單位處理情形。
吳木富委員	本計畫牽涉跨單位溝通協調與施做，由於計畫主持人曾任職於實務單位，做為本案執行團隊十分適合。	感謝委員肯定。	同意承辦單位處理情形。
	鑽石型交流道只要下匝道左轉量大，就會產生嚴重的交通問題；林口交流道除下匝道左轉量大，左轉上匝道之量亦龐大，因此已經很難進行改善。未來建議交流道選擇應避免鑽石型，若無可避免，則其應保留足夠之儲車空間。	感謝委員建議，經本研究初步評估，鑽石型交流道若已無足夠儲車空間，其已十分困難再透過相關號誌控制手段進行調整，故十分認同未來若因故需選擇鑽石型交流道時，應審慎評估其儲車空間。	同意承辦單位處理情形。
	影像設備其費用較為便宜，但需要結合 AI 技術才可有相當效果，真正關鍵應非終端硬體的問題，而是後端軟體問題。	感謝委員建議，目前本研究團隊所規劃之偵測模式已有良好的偵測效果，未來亦將再積極針	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		對軟體部分進行調校，以期更為精進。	
	請研究團隊補充影像設備規格等資訊，包含畫素、裝設位置及拍攝角度、相關設備通訊與後端軟硬體等資訊，供大家參考。	針對相關影像設備規格等資訊已補充於 3.1.3 節。	同意承辦單位處理情形。
	過去影像式偵測器雖可辨識大小車，但無法蒐集轉向交通量，建議未來應用 AI 影像辨識技術針對車輛特徵辨識動態路徑軌跡，進一步針對關鍵路徑、紓解情形進行追蹤。	車輛軌跡偵測牽涉多處偵測設備連動及攝影機畫質，而特徵質之掌握亦與攝影機畫質息息相關，未來隨著科技進步與高畫質攝影機建置成本降低，本研究團隊將積極探討，以使交通資訊更加清楚。	同意承辦單位處理情形。
	報告書第 89 頁中的表 4.4-14 其事前資料與事後資料日期疑似有誤，請確認。	感謝委員指導，本研究事前與事後資料時程規劃經檢視後，會補充說明本次績效蒐集時程規劃原因，再請參閱 4.4.5.2 節。	同意承辦單位處理情形。
	績效評估中，肯定本計畫以旅行時間為指標的績效分析方式。高速公路常以時空圖做為績效呈現。	感謝委員指導，本績效僅採用單點之偵測器數據，故於空間上較難以呈現整體路段上的狀況，因此，本研究採用單點描述車速與時間的變化情形。	同意承辦單位處理情形。
	計畫書中提到設備有不穩定的情形，請再補充是號誌控制設備不穩定或是偵測設備不	感謝委員提醒，設備問題已陸續排除，詳細說明請參閱 4.4.5.2 節。	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	穩定，以及是否因此影響績效數據。		
	桃園機場場域因相關因素造成設備尚未正式上線運作，但十分肯定研究團隊的努力。	感謝委員肯定。	同意承辦單位處理情形。
	第 23 頁中 2.5 節第 4 行「…，將可有效地…等交通參數。…」文意不順。	感謝委員提醒，已重新針對文意進行調整。	同意承辦單位處理情形。
	第三章為設計與測試，請補充設備之規格、設置位置、高度、通訊設計、後端設備軟硬體規格等資料。另外，對臨時性偵測設備之環境(防水、溫度)規格等級、鋰電池規格等資料意請補充。	已補充於 3.1.3 節與 3.2 節。	同意承辦單位處理情形。
	依據表 4.1-1 新時制僅測試一週，且有些設備不穩，建議未來應持續測試調校，以發揮更好績效。	感謝委員建議，目前已與臺中市政府交通局持續討論，並將持續測試與調校。	同意承辦單位處理情形。
	第 56 頁倒數第 3 行「…環中路下午尖峰北上(下到上)…」，下到上是何意？	感謝委員提醒，本處下到上係指圖片中之方向。	同意承辦單位處理情形。
	本報告為黑白印刷，許多圖示線條無法區別，請改善。	相關重點圖式已於簡報進行呈現，後續報告出版擬依運研所相關印製規範辦理。	同意承辦單位處理情形。
陳榮明委員	邀標書中要求期望針對 AI 與 HPC(高速運算)進行評估，但目前僅做到各自評估，並未進行整合評估，請再補充。	感謝委員提醒，目前已於 2.3 節末段進行整合評估。	同意承辦單位處理情形。
	請再補充燈會行人流量調查成果，目前僅有簡報中呈現。	感謝委員提醒，已補充於 3.1.2 節。	同意承辦單位處理情形。
	報告書中提到偵測器不穩定造成事前事後無法辨識，但使用 AI 設備應可掌握車流量、	感謝委員建議，已針對內文重新檢視。	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	車速與等候線，相關文意請再確認。		
	動態號誌控制時制績效的評估方式應該跟傳統的固定時制（Time of Day, TOD）不同，或許使用在一定時間內動態調整的次數做為績效評估指標也是一種方式。	本系統主要依據關鍵路徑的壅塞程度，判斷是否要切換時制計畫，因此調整的次數會受道路實際壅塞情形進行變動，故無法控制調整次數。	同意承辦單位處理情形。
	請團隊補充號誌控制器通訊模組斷訊問題，以及斷訊時號誌控制策略因應方式。	若遇號誌控制器斷線時，系統將自動降級為基礎時制計畫；另即便無法切回基礎時制，當下運作之時制計畫內容，亦不會造成交通影響，意謂本系統保有穩定性及最低風險性。	同意承辦單位處理情形。
	請再補充本案設備布設之相關資訊，包含設備架設的位置、拍攝角度(如正面、側面、背面)等，供後續參考。	感謝委員提醒，已針對本案所探討出之相關架設位置、拍攝角度與其效果進行論述於 3.1.3 節。	同意承辦單位處理情形。
科技顧問室	簡報第 49 頁，團隊利用 AI 偵測旅客出境時間，其偵測結果可能有哪些運用。	目前將先行蒐集各種類型之旅客出境時間，未來將再進一步分析細部特徵，期望可做為優先通道之依據。	同意承辦單位處理情形。
	報告書第 24 頁車流量準確率，其比較基準為何？報告書中夜間準確率高於白天，原因為何？請補充說明。	本研究所採之準確率比較基準係利用人工重新判別該時段影片並計算車流量，將人工與 AI 所	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		算得之車流量進行比較。針對夜間準確率高於白天部份，此攸關其攝影機所拍攝之環境而有不同狀況，而每一處設備其所偵測之準確率比較亦均略有差異，但在相同辨識模組下，其準確率均可達一定水準。	
高速公路局	建議團隊補充各式偵測器所蒐集之資料特性以及優劣分析，於偵測技術包含環路線圈、雙微波雷達、影像式偵測器、隧道事件自動偵測系統等，不同偵測技術特性不同，建議團隊比較分析。	感謝委員建議，已針對主流之交通參數偵測設備進行比較分析，請參閱 3.3 節。	同意承辦單位處理情形。
	高速公路現有偵測器布設包含匝道進出口偵測器、出口回堵偵測器等，本計畫之 AI 影像偵測設備未來也許是可以商轉的模組，未來於高速公路應該要在什麼點位設置 AI 影像偵測設備，才能取代現有布設之偵測設備？請團隊做為規劃時的參考。	感謝委員建議，本研究初步評估針對匝道進出口偵測器與出口回堵偵測器其所蒐集之交通參數，包含車流量、回堵長度，目前此二參數於本研究均有蒐集，且有高度可靠度，未來應可透過相關試驗，提高其於高速公路應用之可能性。	同意承辦單位處理情形。
	請團隊補充準確率之定義及車種辨識率。	已補充於 3.1.2 節。	同意承辦單位處理情形。
	期望研究團隊可以補充不同交通環境偵測設備應用的攝影機規格。	感謝委員建議，為使偵測設備可適應不同交通環境，且在成本考量下，本	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		研究最終均是以採用槍型攝影機為主，而此攝影機在現有研究之場域下均可有效偵測，未來將再持續針對特殊環境與現行數據嘗試以不同攝影機進行拍攝，以此逐步歸納不同攝影機可應用之交通環境。	
公路 總局	報告書影像辨識項目缺少機車與自行車；此外，聯結車辨識定義為何？請補充說明。	感謝委員提醒，針對機踏車之辨識已進行補充，請參閱3.1.2節，聯結車辨識其主要利用車輛之通過時間進行判別。	同意承辦單位處理情形。
	鏡頭油污會影響辨識，請團隊針對攝影機鏡頭需要多久時間清潔一次提出建議。	本研究所採用之鏡頭採用特殊設計，故髒污較難以附著，目前本研究所採用之設備最長之運行紀錄為2年半，在這2年半的時間其攝影機鏡頭並未進行任何維護，但仍可正常運行，後續將會依據實際狀況進行歸納，並提出相關清潔建議。	同意承辦單位處理情形。
	未來若想要於既有布設之CCTV進行AI影像辨識，其操作方式為何？請補充說明。	本研究設備所採用之AI辨識電腦其是透過RJ45介面傳輸攝影機畫面資料，故僅需確認攝	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		影機可轉換為此架構，多數均可進行連接與辨識，惟仍應視不同機型而有不同調整。	
	研究團隊規劃移動式偵測設備可應用於大型活動與施工期間交通量蒐集，但 AI 資料往往需要先行蒐集資料並進行訓練，爰請說明此方式是否真正能夠因應大型活動需求。	本研究所規劃之移動式偵測設備，其內部之辨識模組已完成訓練，故於現場使用，僅需重新畫設辨識區域與選擇辨識模組即可開始使用，並不需要再重新蒐集資料與訓練。	同意承辦單位處理情形。
	桃園機場安檢區嘗試應用特徵值進行分析，但可能因為安檢區偵測範圍狹小，因此容易操作，在道路而言，可能操作難度較高。	感謝委員建議，拍攝距離遠近與使用之攝影機解析度均是特徵值掌握的關鍵因素，目前本研究係期望能透過低成本之偵測設備掌握基本交通參數，未來隨著科技發展、硬體成本降低，應有機會嘗試於道路進行特徵值之偵測與分析。	同意承辦單位處理情形。
	請研究團隊補充入境臨停區車牌偵測是透過一支攝影機或兩支攝影機組合，或以其他方式進行偵測？請補充說明。	本研究經現場調整後，目前採用為單一槍機同時進行區域偵測與車牌辨識。	同意承辦單位處理情形。
	考量初期建置成本與營運成本，此設備是否可透過買服務的方式使用，其餘電力與通訊由公部門支付。	本研究目前已正與相關單位進行跨單位協調，期望於不久的將來可將買服務的方式以商品化	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		之方式提出，並實際運作。	
臺北市政府 交通局	AI 影像辨識模組其準確度高，建議探討 over fitting 的問題，若有該問題可能使本案成果難已轉移至其他場域應用。	本研究之 AI 影像辨識模組其辨識邏輯已透過諸多資料學習方式完成訓練，因此，於各場域均可有良好之準確度。	同意承辦單位處理情形。
	旅行時間昏峰改善明顯優於晨峰，建議再加以觀察後續績效。	感謝貴局的建議，本研究為能長期蒐集績效，已建置相關軟硬體進行長期資料蒐集並監控其績效變化。	同意承辦單位處理情形。
	機車待轉在此偵測模組是否可以辨識？請補充說明。	目前本研究尚無針對機車待轉進行辨識，但透過於停止線及待轉區各劃設一辨識線，以此判斷應足以判別機車待轉行為。	同意承辦單位處理情形。
	動態號誌控制調整績效其是否完全是動態控制所致，或是其僅調整原時制計畫就可以有很大績效改善？目前績效僅有下匝道旅行時間，本研究是否有分析整體路網績效？請補充說明。	本系統績效主要在於時制重整及動態控制兩方面，時制重整績效在於針對關鍵路徑重新時相設計，而動態控制績效在於適時給予需求較高的關鍵路徑，可舒緩壅塞情形；因此，時制重整固有其績效貢獻，但尚無法適時調整時比給需求較高的一方，因下匝道車流周一至周五及晨昏峰變異大，故動	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		態控制有其必要性。另績效因部分設備不穩定因素，導致無法於期末報告中呈現，而以空拍方式進行改善前後整體路網的比較，後續設備穩定後將持續蒐集及監控整體路網績效。	
臺中市政府 交通局	本局已有建置智慧交通管理系統 (Transport Operation & Information Service, TOPIS)，本研究系統目前是於逢甲大學進行運作，未來此系統發生問題，TOPIS 是否可直接介入關閉？請補充說明。	未來將此系統介接甚至整合至 TOPIS 為本研究團隊之目標，本研究團隊將努力推動。	同意承辦單位處理情形。
	路口溢流偵測是否可以整合至本局 TOPIS 事件管理模組。	透過 API 之介接，其應有高度機會可整合至 TOPIS，為仍須與貴局之 TOPIS 維護單位進行相關介面之整合。	同意承辦單位處理情形。
	交通局與研究團隊共同建置偵測設備於路口處，因此設備較一般 CCTV 增加一臺微電腦，既有之維運廠商較不熟悉本研究設備架設方式，造成初期常因微電腦相疊或是散熱設計不良而有熱當問題，建議研究團隊未來可提供架設方式。	感謝貴局建議，經本研究之經驗回饋，未來擬朝向直接於出廠時打造機箱包裏相關設備，已節省各單位委外廠商之安裝時間與其他異常問題發生。	同意承辦單位處理情形。
	台 74 線上目前有兩組 AI 影像設備與一組 e-Tag，未來若要繼續執行，本局並無權限派遣維修團隊至台 74 線上進行維護，期望所方可召開跨單位協	十分感謝貴局之付出，以利計畫順利執行，未來為使計畫成果永續實施，	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
	調會議，本局亦十分樂意提供相關數據給予他單位。	需要各單位協助方能達成。	
	本次計畫現場義交向本局反映績效十分良好，並期望可再繼續實施，十分感謝各單位協助。	再次感謝貴局的協助，以使本研究能有此良好成果。	同意承辦單位處理情形。
臺南市政府 交通局	本案動態號誌控制因已劃定區域，區域內績效雖提升，但區域外有可能有一些負面影響，請補充說明。	本團隊考量區域外下游車流影響，故針對調整下匝道時比不宜過高，避免下游發生溢流，並建議未來可擴充路網以改善下游週期及時比，即可避免壅塞回堵情形發生。	同意承辦單位處理情形。
	本案績效產生變動因素包含 AI 影像辨識與號誌控制，若採用傳統車輛偵測器(VD)是否會有一樣效果？請補充說明。	本研究採用 AI 偵測器主要原因可蒐集車流延滯，可推估及判斷上游車流需求，因此傳統 VD 較難以蒐集延滯等相關資料。	同意承辦單位處理情形。
	動態調整部分請彙整週期與時比資料，供各單位參考。	感謝局處的建議，已補充於 4.4.4 節。	同意承辦單位處理情形。
	請研究團隊補充通訊模組其斷訊門檻為何及其因應方式。	本系統會以主要偵測器與號誌控制器做為判定，於其中任一設備斷線，則降級為基礎時制。	同意承辦單位處理情形。
	臨時性設備因需要放於戶外，請補充說明其相關日照與雨淋的影響，及通訊模組傳輸問題。	目前外箱材質係為不鏽鋼與鋼板為主，並已可適應-20度~60 度之溫度範圍，日照問題已可克服；雨淋影響部	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		分，本設備係規劃以 IP55 之規格進行打造，目前箱體針對縫隙均有妥善做好防水膠條，且針對通訊天線建置防水孔道，使天線可放置於機箱外，但不影響機箱內之防水。	
	請團隊補充臺中場域所使用設備規格。	已補充於 3.1.3 節。	同意承辦單位處理情形。
	請研究團隊彙整路段、路口可蒐集資料與應用情境。	已補充於 3.1.3 節。	同意承辦單位處理情形。
	本案透過動態控制調整時比，在多時相路口是否有其他建議方式。	本系統設計主要以關鍵路徑方式紓解車流，因此無論在多路口或獨立路口皆是找尋主要車流之路徑，並以該路徑重新設計時相，因此路口的時相多寡，主要在於有多少路徑車流需要紓解，並盡量簡化時相數量，以提昇路口運轉效率。	同意承辦單位處理情形。
	針對中大型車辨識準確率較低，是否有其他辨識錯誤的可能問題？請補充說明。	本研究案經重新檢視數據，中大型車辨識準確率較低主因在於樣本數較少，致使缺少一輛即會大幅減低準確率，針對辨識錯誤可能，經探討在側面照攝其準確率較高，而若照攝範圍較遠並主要以車頭	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
		為主要判別方式，則辨識錯誤較高，目前已透過資料學習方式，逐步改善。	
	報告書中動態、全觸動等名詞未統一，請再檢核。	感謝局處的提醒，已針對文字的部分進行修正。	同意承辦單位處理情形。
運輸安全組	AI 影像辨識應用那些技術？是否交代應用的技術與其授權範疇，並將技術授權宣告放入附錄。	已補充於附錄四。	同意承辦單位處理情形。
	各車種偵測率課題，誤判包含真實事件有這臺車但 AI 未偵測到，及 AI 辨識到但真實事件沒有，報告書未提到辨識準確度之邏輯。	感謝委員提醒，針對準確率邏輯已補充於 3.1.2 節。	同意承辦單位處理情形。
運輸資訊組	本計畫設備設計原則保有彈性，他單位可以直接採用既有之高解析度攝影機配合本計畫 AI 設備，即可達到效果。	目前經測試，多數採用 RJ45 之網路攝影機可直接相容，而透過其他設備所拍攝之影像，諸如行車紀錄器之影像，亦可有效辨識。	同意承辦單位處理情形。
	十分感謝交通部科技顧問室支援經費，針對商品化部分已在進行中，未來將思考如何把現有產品做提升擴展。	本研究團隊將積極針對目前研究所面臨的問題進行克服，並思考其商品化之發展方式。	同意承辦單位處理情形。
	透過 AI 影像辨識設備，能改變交通參數蒐集的方式，甚至可能改變公路容量手冊的撰寫，而下週一(2 月 17 日)將辦理成果推廣，並針對臨時性設備進行說明，歡迎各地方政府參加。	感謝貴組宣傳，本研究團隊將積極統整相關資料，供各單位參考。	同意承辦單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回復	本所主辦單位 審查意見
主席	請研究團隊再行補充 HPC 與 AI 之內容，研提如何應用於整體交通規劃管理，並請研究團隊將行人辨識成果納入報告書。	針對 HPC 與 AI 之內容已補充於 2.3 節與 2.5 節，並已將行人辨識成果補充於 3.1.2 節。	同意承辦單位處理情形。
	攝影機、通訊、軟硬體、伺服器等等設備規格請於報告書中補充。	針對相關規格已補充於 3.1.3 節與 6.1 節。	同意承辦單位處理情形。
	請研究團隊就現階段辨識結果針對未來使用本設備關鍵的因素、特別需要注意的事項、成本效益等等提出建議，以利後續引用或推廣。	已就相關內容補充於結論與建議章節。	同意承辦單位處理情形。
	請研究團隊補充 AI 影像設備蒐集與分析其過程的敘述統計內容。	本研究主要應用 AI 影像設備並利用其資料轉換為延滯資料，以利號誌策略研擬，針對各項參數轉換依據已補充於 3.1.1 節，針對延滯資料敘述統計分析已補充於 4.4.2.5 節。	同意承辦單位處理情形。
	針對本案相關成果後續是否有商轉的潛力，請研究團隊補充於結論與建議章節，包含應用的機會及各縣市政府如何引用。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。
	本期末報告審查通過，請研究團隊依據各委員、先進之意見做意見回復表，並請於 109 年 2 月 19 日前依審查意見修訂期末定稿報告。	遵照辦理。	同意承辦單位處理情形。

附錄三、出國報告

一、參展規劃

本研究因契約規範，故於 2019 智慧運輸世界年會（新加坡）展示計畫相關研究成果，為使世界各國先進能掌握我國規劃技術，並進行雙邊交流，本研究以 Real-time Traffic Data Detection With Edge Computing And AI Technologies 做為參展主題，強調運用邊緣運算結合 AI 技術進行即時之交通參數偵測，並準備一研究背景說明海報、相關偵測判別影片及臨時性偵測設備進行參展，於海報中說明本研究摘要，針對兩研究案例，包含桃園機場偵測規劃與臺中市太平匝道交通偵測規劃與交通控制規劃進行相關說明，且針對本研究所規劃之 AI 影像辨識技術相關資料蒐集與判別能力進行相關說明；於現場佈展部分，除準備海報外，亦播放相關偵測影片，且將臨時性偵測設備架設於現場，並以現場人流進行即時人流數量偵測，展示研究能量。相關海報規劃圖如圖 1 所示，整體佈展現場圖如圖 2 所示。



圖 1 參展海報



圖 2 現場攤位照片圖

二、參展經過

本次 2019 智慧運輸世界年會（新加坡）於 2019.10.21~10.25 於新加坡的新達城新加坡國際會議展覽中心舉行，本團隊由林良泰計畫主持人帶隊，帶領張國彬總經理、呂治國資深經理、黃啟倡組長、郭松庭專案經理與蔡秉諺研究生共同參與此次參展，於本會議中展示本研究計畫規劃，包含 AI 影像辨識技術能力、邊緣運算之先進方式、實際案例說明、交通參數辨識種類等；此外，本團隊亦於會場展示本研究所開發之臨時性 AI 影像偵測設備，突顯本研究團隊之開發、研究及實務規劃之能力，希冀透過於此研討會參展之方式，與各單位先進進行交流，讓與會之各國先進能掌握我國對於交通相關之 ITS 技術能更加瞭解，並透過雙邊交流，使本研究計畫成果可更為全面。

於參展期間，世界各國大廠與諸多學術單位均對於本研究相關研究規劃持高度肯定，並給予諸多建議方向，期望本研究規劃除能符合我國環境，亦可跨足世界各地，協助解決各國對於交通參數蒐集之相關問題。



圖 3 參展團隊合照

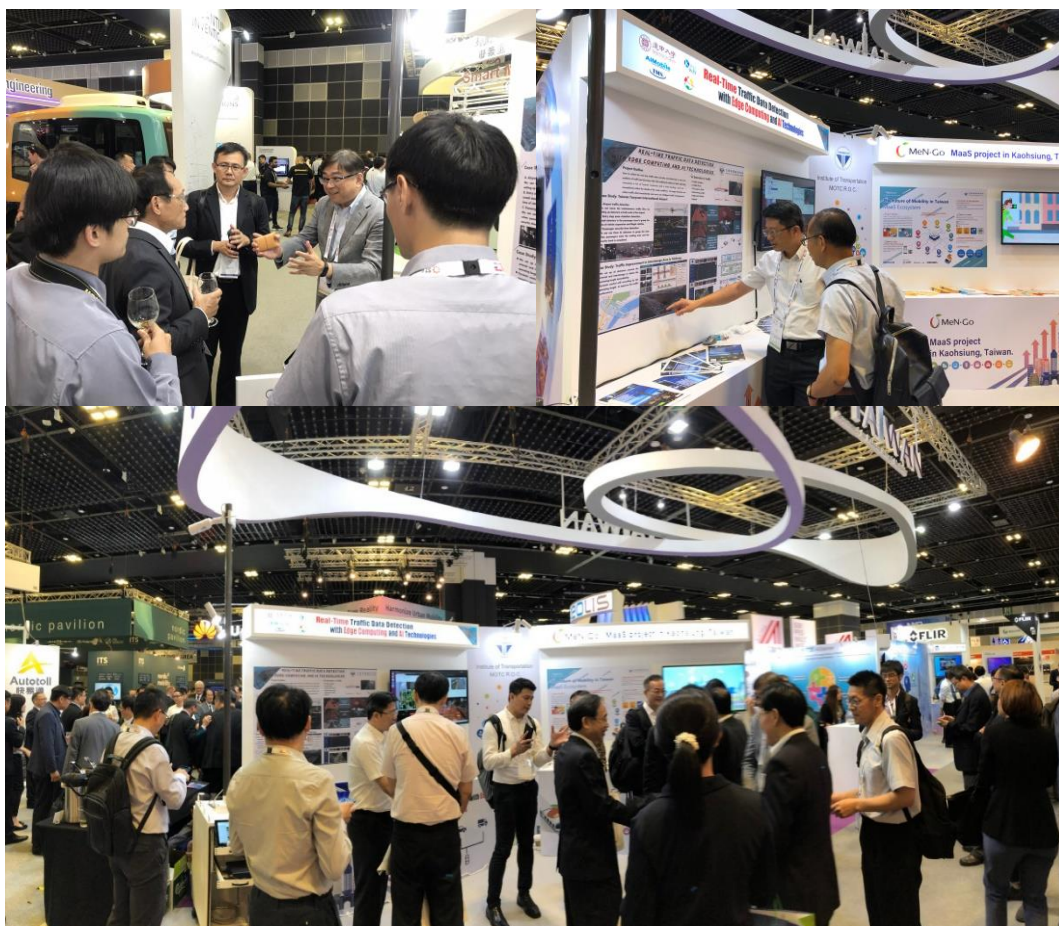


圖 4 參展解說紀錄

三、參展成果

本次參展廠商橫跨世界各國，包含著名世界大廠如日本松下、NEC、HONDA、TOYOTA、新加坡 ST Engineering、PTV、TISA 及德國馬牌等，並有各國政府部門、ITS 協會，如美國交通部、澳洲與英國 ITS 協會於現場參展，現場參展團隊總數約近兩百攤，並有約 10 餘間廠商亦專注於 AI 影像辨識應用於交通領域，惟多數廠商仍使用雲端運算，僅有約 3 間廠商採用較先進突破之邊緣運算方式；此外，各參展廠商亦以技術開發為主，鮮少具備準確之多種交通參數蒐集之能力與邏輯，針對 AI 影像辨識應用開發之各廠商技術說明如下：

1. 日本 DENSO

DENSO 主要研擬路口交通安全輔助，並透過 ADAS、路側攝影機結合警示措施，而在路側攝影機偵測部分，除進行影像辨識外，亦結合 Lidar，而 Lidar 雖可提升辨識準確度，但同時亦會提升設備成本。

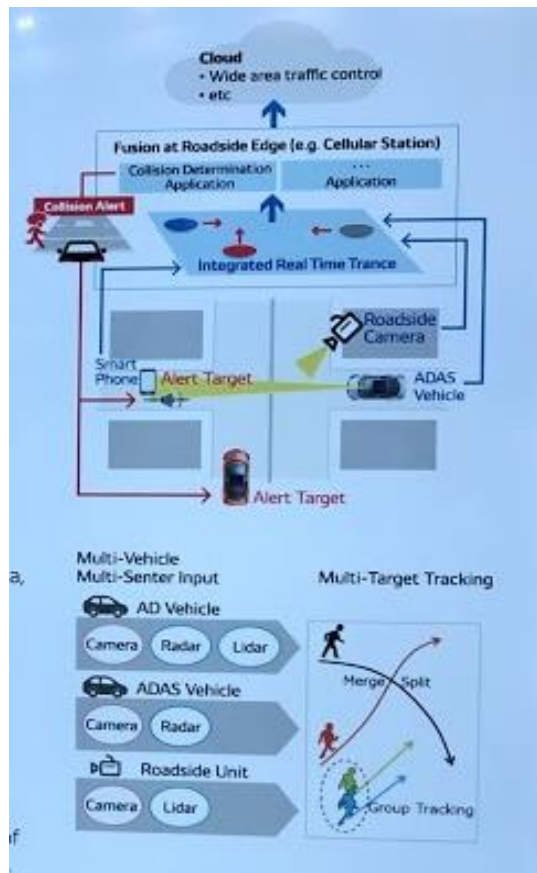


圖 5 日本 DENSO 辨識邏輯

2. 加拿大 Brisk Synergies

其辨識方式與相關輸出與本團隊極為相似，其同樣是運用 AI 和機器學習來理解道路使用者的行為，以幫助試圖達到其「零視覺」目標的交通運輸專業人員防止車輛、行人和自行車騎士碰撞，並改善道路安全，並具有運輸顧問有效探討交通課題，然而其主要採用 Cloud Based 之演算邏輯。安全且建立於雲端的 Brisk 面板可透過道路上影像監控的交叉路口即時報告幾乎未發生的碰撞和交通流量的可預測行動數據。將根據預先定義的場景（例如：接近未命中的碰撞率和汽車速度）對來自控制中心連接的任何攝影機影像進行分析。該平臺會隨時間監控交通模式，因此都市工程師可以隨著時間的流逝深入了解道路交通和安全狀況。

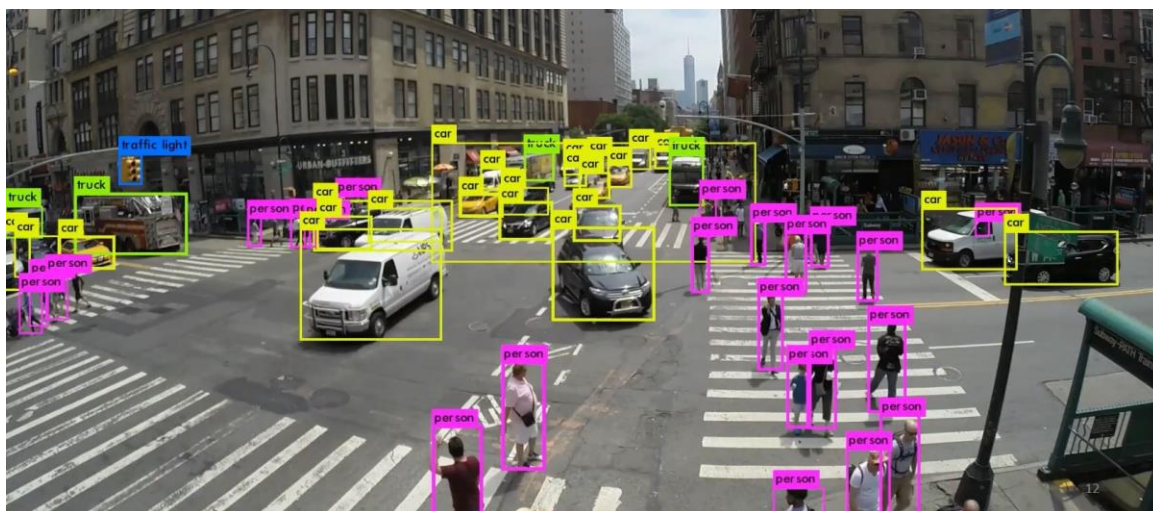


圖 6 加拿大 Brisk Synergies 辨識畫面

Brisk Synergies 之 BriskLUMINA 服務是一種道路衝突分析解決方案，可以在發生碰撞之前更好地了解城市交叉路口或高速公路的道路安全。透過對交通影像進行深度視覺分析，該解決方案實現了臨時攝影機和自動影像數據收集、監控和分析平臺，該平臺將觀察行人、自行車騎士和車輛之間的相互作用，以識別出未遂事故（幾乎導致碰撞的情況），因為它比碰撞更常發生。BriskLUMINA 可以將量化道路安全狀況或報告事故的時間減少到幾天，這是對傳統方法的巨大改進，而傳統方法需要數年的數據收集。

- 特性

- (1) 可預測的

準事故碰撞分析可以在安全事件發生之前進行預測，而不是對當前的反應環境做出反應以了解和報告交通事件。

- (2) 建立於網頁、詳細可見的面板

易於使用的面板結果以圖表、圖形的可見形式，並連結到每種衝突分析場景的影像片段。

- (3) 快速的周轉時間

經驗豐富的 Brisk Synergies 團隊可以在數天而不是數年的時間內部署臨時攝影機，並產生有關完整影像捕獲的合併摘要分析報告。

(4) 有效的成本

透過持續監控來保持領先地位，以減少手動數據收集方法和冗長的發病率報告研究的需求。

(5) 產生交通影像數據

影像被分析以產生詳細的衝突分析度量，例如：碰撞時間（TTC）、入侵後時間（PET）、音量和速度。

(6) 多種情況

每個臨時攝影機可以處理帶有相關參數的車輛、行人和單車騎士的多個場景。

● 產生可行的結果

(1) 合併報告：車輛、行人和自行車騎士之間未命中觀察的合併摘要報告。

(2) 趨勢分析：監控故障點並提供歷史分析和趨勢。根據風險將未命中數據和衝突影像片段分類。

(3) 詳細分析：應用了碰撞時間（TTC）和入侵後時間（PET）分析。熱圖突出顯示觀察到未命中的區域。

(4) 可調的保留參數：所有收集的數據在使用後可以立即刪除，也可以根據運輸部門的政策進行存檔。

(5) 體積和速度分佈：按時間間隔繪製平均體積和速度，以分析衝突區域。

(6) 軌跡熱圖：用於運輸模式中最常行駛的路線的熱圖。

● 關鍵應用

(1) 在繁忙的十字路口與行人和自行車騎士監控「有驚無險」的車輛。

(2) 在一天中的每個時間測量超速並設置警報。

(3) 在交叉路口與行人、自行車騎士和其他車輛發生衝突的情況下，評估「事前和事後」的安全性改進。

(4) 捕捉人行道的模式和潛在的對策。

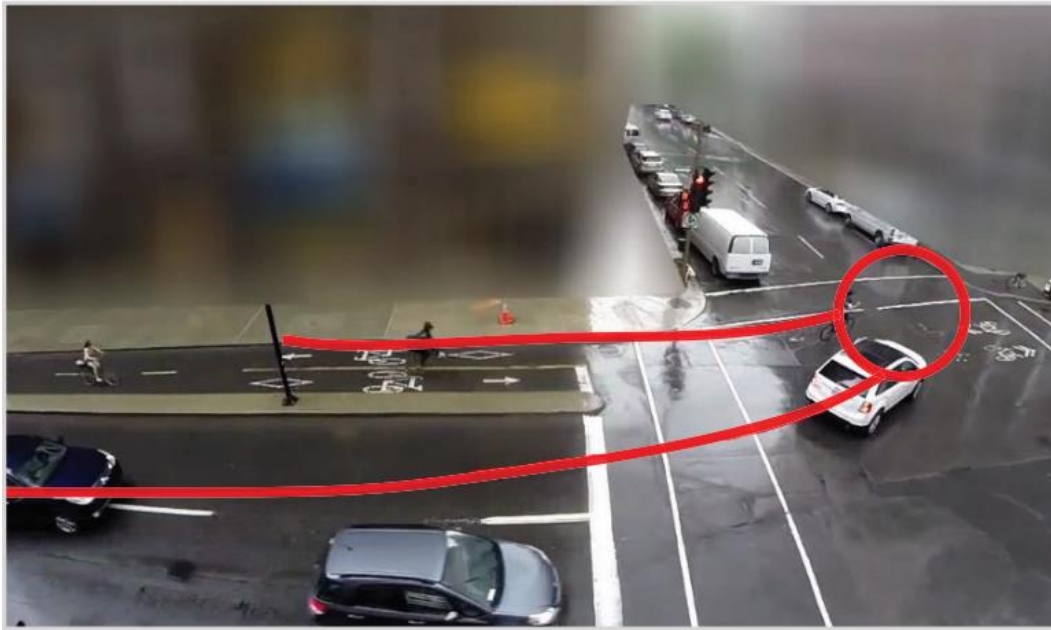


圖 7 影像片段以可見方式追蹤高風險互動

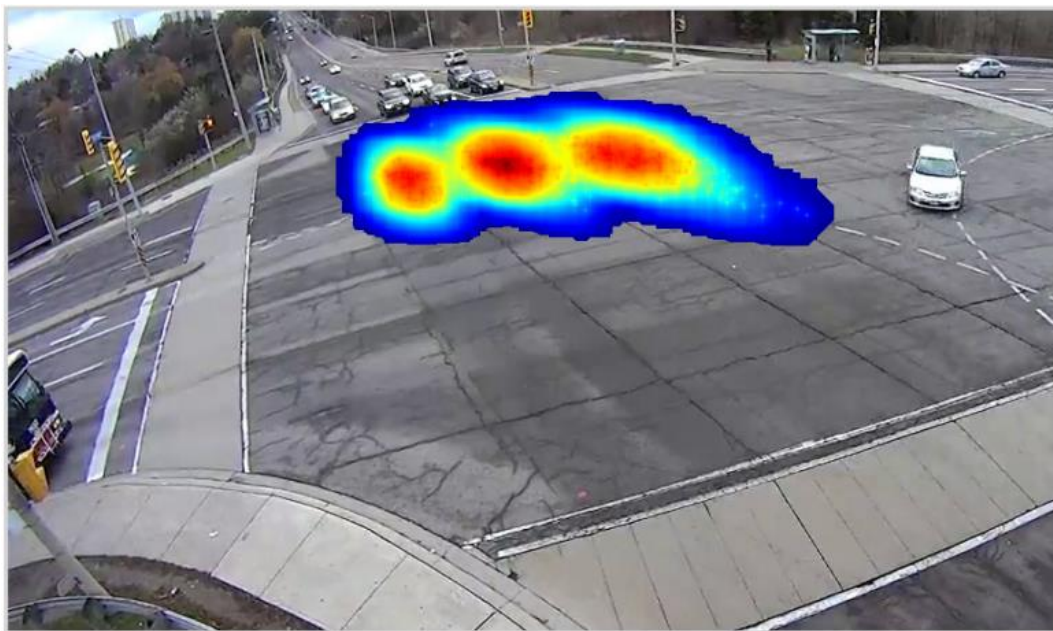


圖 8 繪製數量和速度分佈圖，以分析衝突區域。



圖 9 通過數據類型（例如：數量、風險級別和速度）可視化熱點。

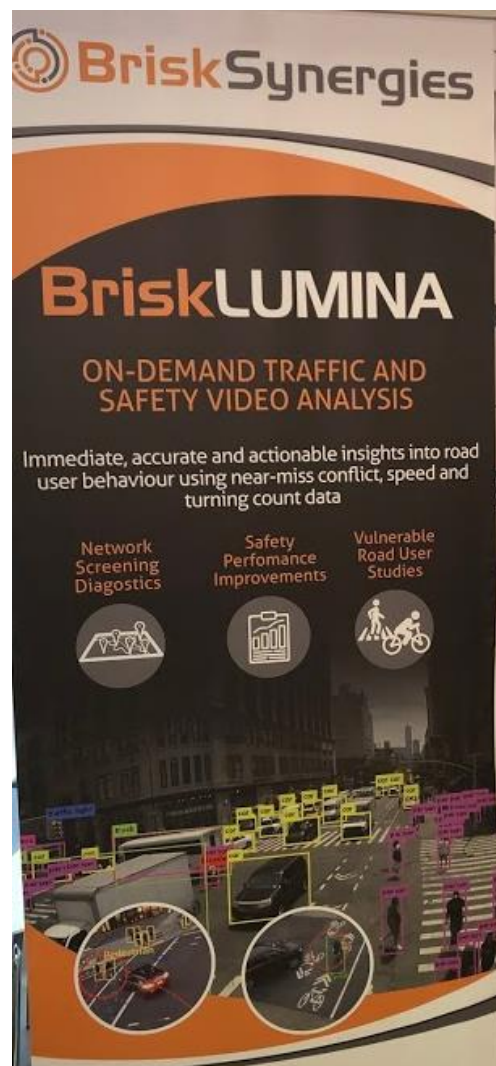


圖 10 加拿大 Brisk Synergies 簡介

3. 新加坡 TUM CREATE Ltd.

此單位與本團隊一樣主要為學術研究單位，其主要由來自慕尼黑工業大學和南洋理工大學的教授帶領的 100 多名科學家，研究人員和工程師組成，而其所開發、運用邊緣運算方式進行交通影像辨識與參數蒐集亦與本團隊相似，惟其目前其仍未將其作成一產品模組化，相關辨識能力亦待長時間驗證。

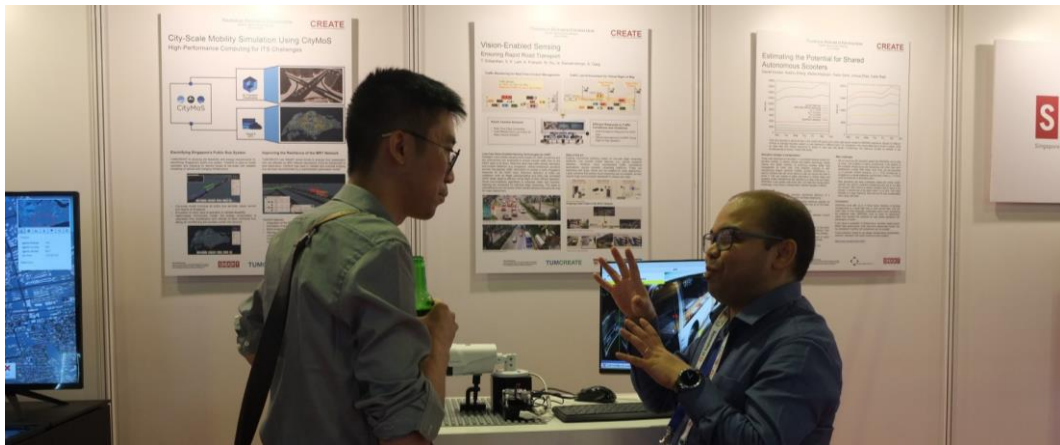


圖 11 新加坡 TUM CREATE Ltd.現場照片 1(來自官網)



圖 12 新加坡 TUM CREATE Ltd.現場照片 2

4. 日本 NEC

日本 NEC 公司其與參展期間，該公司先後共計三次以上有不同的研究人員蒞臨本團隊攤位進行相關技術交流，進一步發現，NEC 除長期耕耘於人臉辨識、人群分析外，目前針對車種分析亦正進行開發研究，惟其攤位相關辨識影像不允許拍照，但從其官方網站可見其相關

辨識邏輯，其使用 CCTV 自動準確和高效地進行圖像處理，包含車流量計算、車種分類、偵測和等候線偵測等，整體偵測項目與本研究團隊十分相似，但其仍是透過雲端運算方式，故相關交流，該團隊對於本團隊採用邊緣運算方式十分有興趣，而其相關辨識邏輯亦是本團隊十分有興趣的課題，未來該公司相關辨識種類亦是本團隊可做為借鏡提升的項目。

- 移動物體檢索

這項技術可幫助研究人員在監視攝像機等記錄的存檔視頻內容中搜索特定人員或車輛。通過多年的研究，NEC 開發了專有的學習算法和高性能模式識別技術，可以準確地識別提取的移動物體。

- 世界一流的模式識別方法

- (1) 自動從影像中提取人、汽車（標準、大型、公車）和自行車
- (2) 自動將提取的汽車分類為標準，大型或公共汽車
- (3) 從出現在影像中的人、汽車和自行車獲取方向數據
- (4) 自動確定汽車和衣服的颜色。
- (5) 獲取提取數據的時間和日期（時間戳記）。

- 透過背景順序學習和動作預測技術提取主題

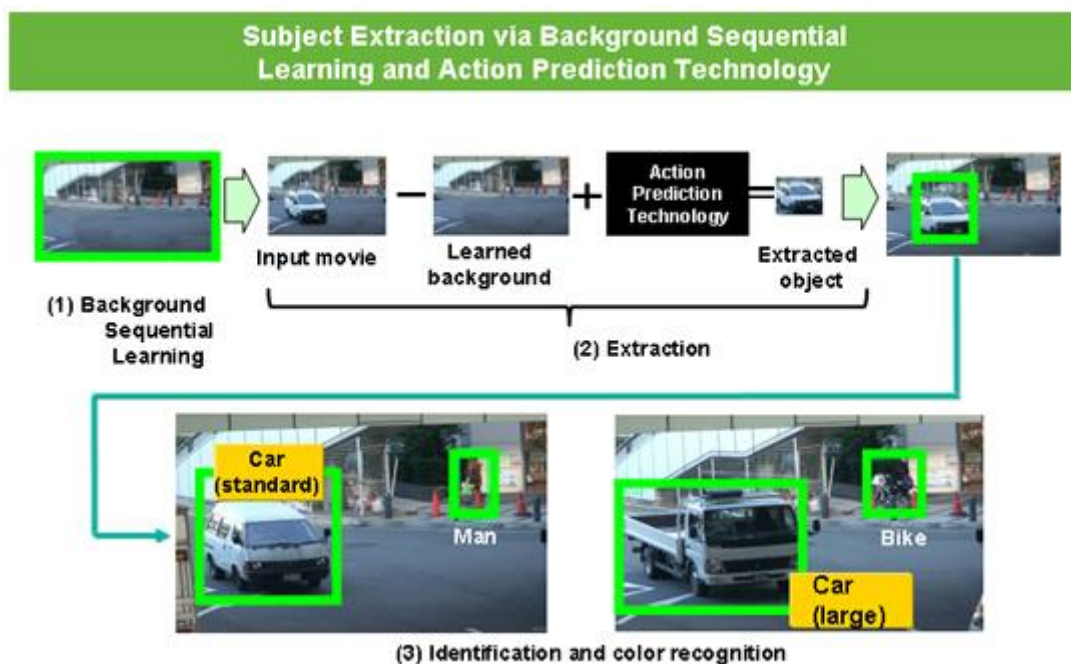


圖 13 日本 NEC 移動物件影像辨識流程

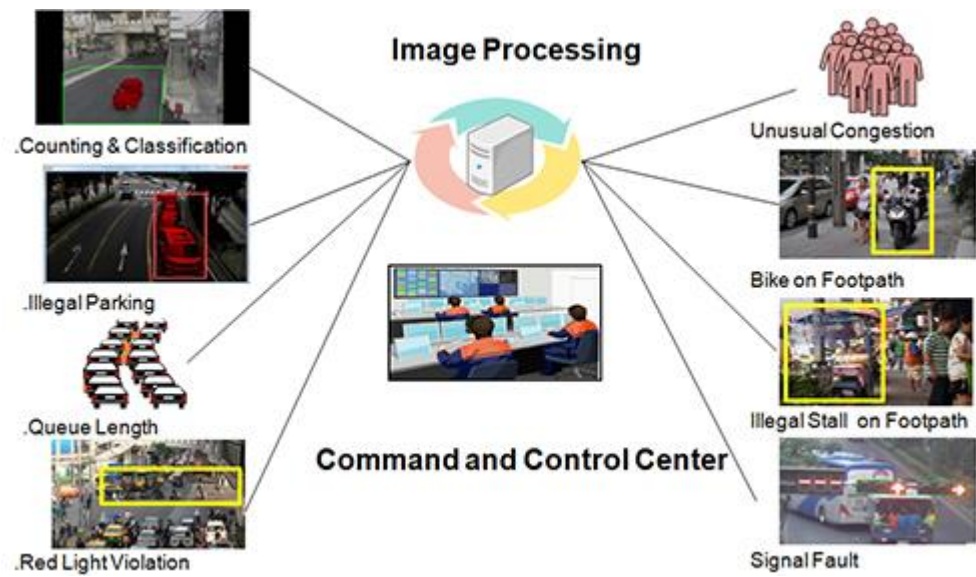


圖 14 日本 NEC 影像辨識種類(NEC 官方網站)

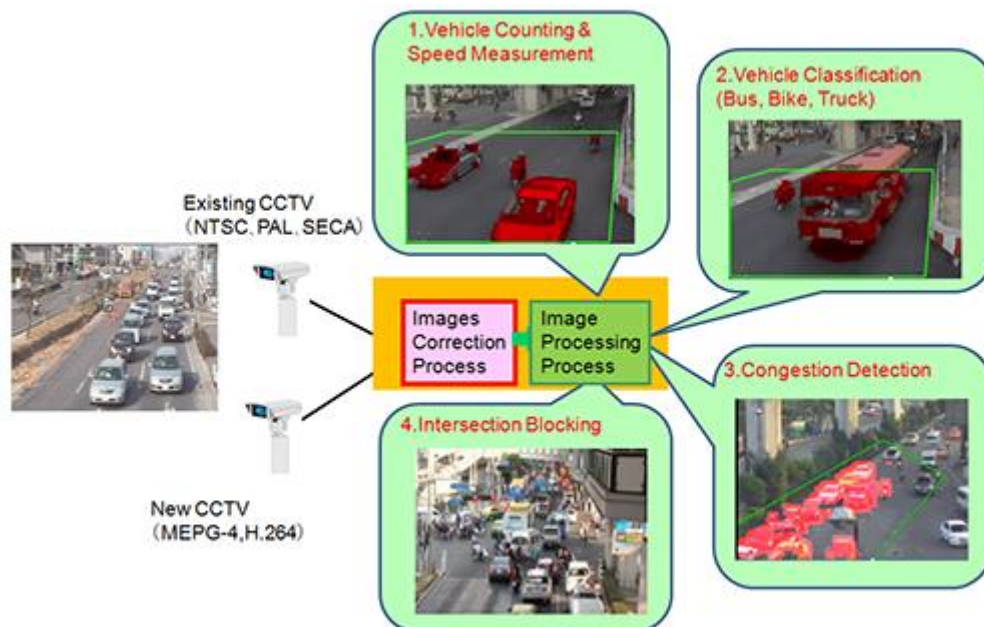


圖 15 日本 NEC 交通參數辨識流程(NEC 官方網站)

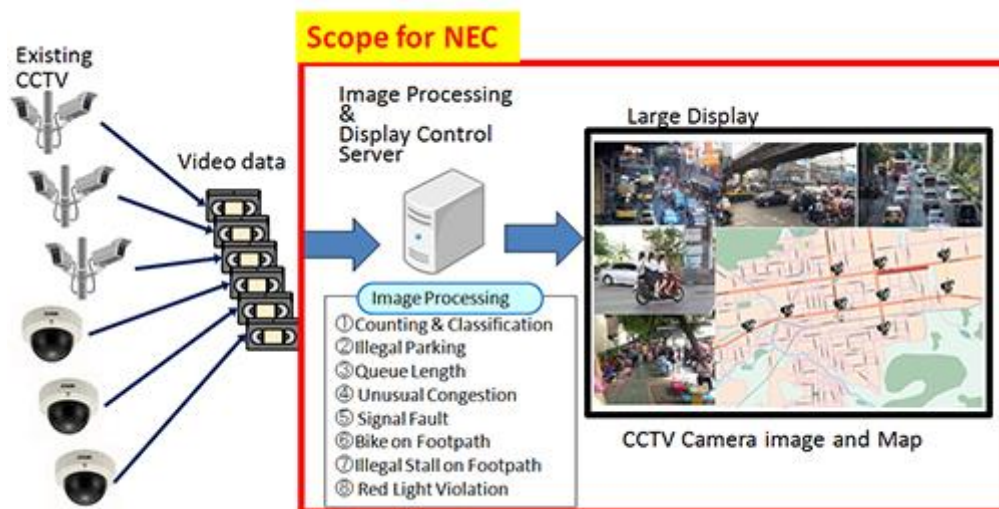


圖 16 日本 NEC 影像辨識流程(NEC 官方網站)

5. 其他採用 Cloud Based 或結合雷達等進行偵測之廠商綜合說明

於展場中，如德國西門子公司及奧地利 Kapsch 這兩間公司亦有針對車輛進行偵測，為前者主要是透過雲端且結合 V2X 技術，此可能歸根於該地區相關網路建置基礎設施較為完善，而較無相關邊緣運算之需求；而 Kapsch 雖採用邊緣運算，但其主要結合電子車牌及車機進行車輛偵測，因此無法如本研究團隊一樣針對各車種車輛等交通參數進行偵測。華為因其主要亦針對攝影鏡頭進行開發，目前偵測技術十分進步，針對人臉辨識(以攝影機照射公共場域並與資料庫人臉進行比對)準確路於現場可達 85%左右，但經與該公司工程師進一步交流，該公司目前較無交通相關偵測邏輯，目前正在學習開發中，且其主要採取仍是雲端運算。

本參展團隊所規劃之 AI 邊緣運算影像辨識技術已有 90%以上之準確率可於道路上進行車流量計算、車種分析、速度計算、事件判別與等候線延滯等多項交通參數判別與蒐集，並嘗試與交通控制與人流偵測進行結合與深度研究，也因此吸引許多世界大廠與本團隊進行相關技術與邏輯交流，諸如日本 NEC、華為、新加坡電子、德國馬牌、美國與新加坡交通部均蒞臨本攤位進行深度交流，並期望相關技術能外銷或是共同合作，而各廠商亦給予本團隊諸多寶貴意見，如相關運算邏輯可再結合地圖圖資進行更準確之辨識、辨識車種部份可再增加滑板車以符合國際需求，而這些建議亦都是團隊未來努力的動力；此外，有少數先進如中國華為與韓國研究單位提出本研究團隊設備辨識範圍較短，希望能提升，惟辨識範圍會與攝影機畫質呈正相關，進一步討論發現中國最近於一城市投入之相關攝影設備惟

1000 萬人民幣，而韓國針對相關交通監控系統亦採用極高規格之 CCTV，本研究團隊所使用之 CCTV 成本遠低於兩國所使用，而這也凸顯本研究團隊之規劃與偵測能力，可運用較廉價之設備達到基本交通參數蒐集之效果，未來結合高精度之 CCTV，定能打入國際市場。

此外，本研究針對臺中太平匝道與桃園機場亦開發相關之儀表板，期望能使使用者迅速掌握，以下針對展場中較有特色之儀表板規劃進行說明：

1. 新加坡 SkyLab

SkyLab 為公司和企業提供跨設備和控制器的集成運營控制，實時性能洞察力，高級網絡和數據物流雲的訪問權限，旨在獲取洞察力並推動對資產優化和資源管理採取積極行動。而其所開發之相關儀表板亦十分清楚明瞭，可做為本研究團隊未來精進參考，此外，其所提供之設備串連等 IoT 亦可做為未來相關偵測設備與號誌控制及實整合之參考。



圖 17 新加坡 SkyLab 現場照片

2. 華為

華為主要專注於偵測設備研發並規劃許多交通智能管理控制平臺，而其所作的機場智能管理平臺亦收納了許多資料，包含人流監控與車流監控，而其展示介面係以機場平面圖進行 3D 瀏覽，此瀏覽方式亦十分讓人淺顯易懂，可做為本研究團隊參考。



圖 18 華為機場儀表板照片

3. 奧地利攤位

奧地利攤位中多數廠商雖經營不同的產品，但卻彼此有合作，有些提供設備，有些提供儀表板，有些提供背後控制邏輯，而以下 Intelematics Australia 所製作之儀表板，則結合類似 TABLEAU 介面，以地圖為基底，並進行互動式之資料呈現，惟現場操作可能因網路頻寬不足，致使操作速度較慢，無法達到立即呈現之效果，但整體規劃蠻吸引人的，其主要呈現資料除基本的事件、壅塞、偵測設備狀況外，亦加入天氣，或許未來亦可藉接天氣 API，做為交通壅塞相關分析，探討天氣之影響；而 CISCO 所開發之儀表板，其針對路口以車道方式呈現，雖其主要是做為 V2X 之資料呈現儀表板，但相關思維亦可用於本研究計畫之參考。

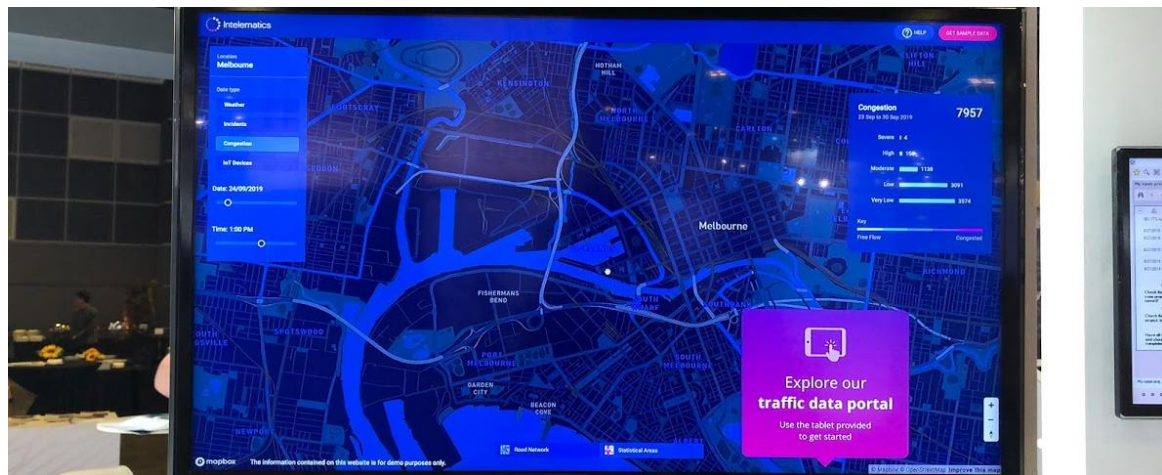


圖 19 奧地利 Intellematics Australia 照片

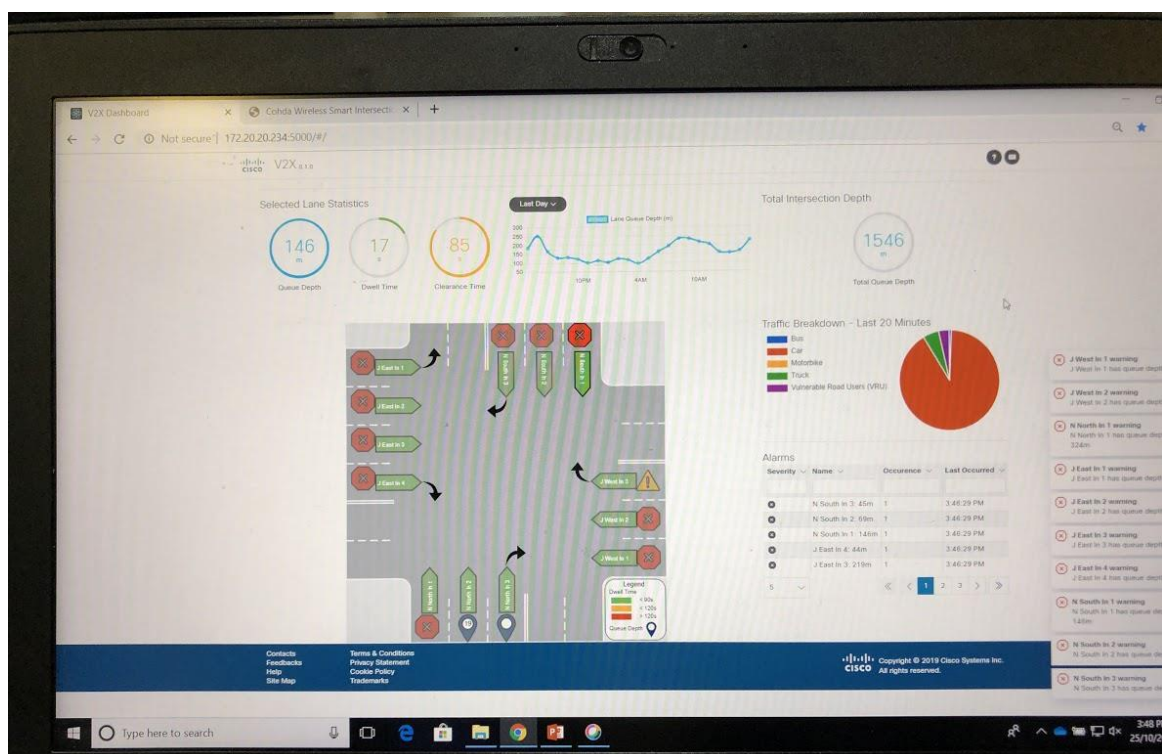


圖 20 奧地利 CISCO 儀表板照片

本次參展廠商眾多，橫跨領域亦十分多元，且結合學術研討會，投稿內容篇數也頗為可觀，除與本次參展相關技術之廠商積極交流外，亦與諸多通訊、自駕車、MaaS 與智慧停車等諸多廠商進行交流，了解世界各國推動智慧運輸與智慧城市之思維，期許團隊未來相關研究規劃思維能更為全面，並將團隊研究成果亦結合於未來國際交通趨勢，使研究成果能跟上世界潮流。

附錄四、權利宣告

Software	Customized (License Issued by Subsystem or Leotek)	Free License	Licenses Perpetual	Remarked
Linux for Tegra by NVIDIA (based on Ubuntu)	BSP customized by AIMobile	0	Y	AI BOX - OS
1. NVIDIA CUDA, cuDNN, and TensorRT 2. Python 3. OpenCV 4. TensorFlow		0	Y	AI Module- TX2