

111-045-5504
MOTC-IOT-110-IFB001

構建 5G 智慧交通數位神經中樞(1/2) — 功能架構探討與系統規劃



交通部運輸研究所

中華民國 111 年 5 月

111-045-5504
MOTC-IOT-110-IFB001

構建 5G 智慧交通數位神經中樞(1/2) — 功能架構探討與系統規劃

著者：蘇昭銘、林良泰、王晉元、
張建彥、黃啟倡、林至康、
曾明德、張志鴻、何文基、
游文松、侯珊瑜、吳姿樺、
吳東凌、周家慶、何毓芬

交通部運輸研究所

中華民國 111 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

構建 5G 智慧交通數位神經中樞(1/2)－功能架構探討
與系統規劃/蘇昭銘, 林良泰, 王晉元, 張建彥, 黃啟
倡, 林至康, 曾明德, 張志鴻, 何文基, 游文松, 侯珊
瑜, 吳姿樺, 吳東凌, 周家慶, 何毓芬著. -- 初版. --
- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 111.05
面; 公分

ISBN 978-986-531-403-3 (平裝)

1. CST: 都市交通 2. CST: 交通管理

557.15

111007380

構建 5G 智慧交通數位神經中樞(1/2)－功能架構探討與系統規劃

著者：蘇昭銘、林良泰、王晉元、張建彥、黃啟倡、林至康、曾明德、張志鴻、何文基、侯珊瑜、吳姿樺、吳東凌、周家慶、何毓芬

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 111 年 5 月

印刷者：全凱數位資訊有限公司

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：620 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：1011100644 ISBN：978-986-531-403-3 (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計畫出版品摘要表

出版品名稱：構建 5G 智慧交通數位神經中樞(1/2)－功能架構探討與系統規劃			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-403-3(平裝)	政府出版品統一編號 1011100644	運輸研究所出版品編號 111-045-5504	計畫編號 110-IFB001
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：周家慶、何毓芬 聯絡電話：(02)2349-6890 傳真號碼：(02)2545-0426	合作研究單位：逢甲大學 計畫主持人：蘇昭銘 研究人員：林良泰、王晉元、張建彥、黃啟倡、 林至康、曾明德、張志鴻、何文基、 游文松、侯珊瑜、吳姿樺 地址：臺中市西屯區文華路 100 號 聯絡電話：(04)24517250#6640		研究期間 自 110 年 5 月 至 110 年 12 月
關鍵詞：智慧交通數位神經中樞系統、交通資訊預測、通訊協定、緊急車輛優先通行			
摘要： 因應 5G 資通訊技術全球發展趨勢，並基於數位轉型及數位雙生等數位治理觀念，本計畫借鏡國際上對於智慧交通管理諸多新的探討，結合 5G 與 AIoT 相關跨域技術，提出「智慧交通數位神經中樞」之系統整體規劃構想，包括：即時偵測、資料分析、預測模型、3D 視覺化模型、人工智慧規劃決策模型、即時決策知識庫及即時處理反應機制等七項主要功能，並於計畫中，探討智慧交通數位神經中樞應如何從多元交通數據資料中，透過解析並提取出重要資訊，構建未來交通量資訊預測模式，再轉換為資訊服務進行發佈。 本計畫亦探討現有都市交通控制系統的通訊協定與控制，以及如何與國際主流車聯網通訊協定標準的無縫接軌，以因應自動駕駛車輛、電信車聯網與人工智慧來臨的都市交通管理與標準化需求。並於本計畫驗證實作與路口燈號控制的號誌控制器統合運作，蒐集多元資訊提供行程規劃服務，於緊急車輛抵達路口前採用 5G C-V2X 傳輸設備與路側設施建立連線，提供優先號誌服務以確保緊急車輛優先安全通行路口，進而落實交通安全並提升緊急救援車輛之運作效率。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
111 年 5 月	476	620	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：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Construction of 5G intelligent transportation digital nerve center (1/2) - Functional architecture discussion and system planning			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-531-403-3 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 101110644	IOT SERIAL NUMBER 111-045-5504	PROJECT NUMBER 110-IFB001
DIVISION: Information Systems Division DIVISION DIRECTOR: Tun-Ling Wu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tun-Ling Wu PROJECT STAFF: Chia-Ching Chou, Yu-Fen Ho PHONE: 886-2-23496890 FAX: 886-2-25450426			PROJECT PERIOD FROM May 2021 TO December 2021
RESEARCH AGENCY: Feng Chia University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jau-Ming Su PROJECT STAFF: Liang-Tay Lin, Jin-Yuan Wang, Chien-Yen Chang, Chi-Chang Huang, Chih-Kang Lin, Ming-Te Tseng, Chih-Hung Chang, Wen-Chi He, Shan-Yu Hou, Zih-Hua Wu ADDRESS: No. 100, Wenhwa Rd., Seatwen, Taichung, Taiwan 40724, R.O.C. PHONE: (04)24517250#6640			
KEY WORDS: Intelligent transportation digital nervous system, Traffic information forecast, Communications Protocol, Emergency vehicle priority			
ABSTRACT: In response to the global development trend of 5G Information and Communication Technology, and based on digital governance concepts such as digital transformation and digital twins, this project drew lessons from many new international discussions on intelligent traffic management, combined with 5G and AIoT related cross field technologies, putting forward the overall system planning concept of an "Intelligent Traffic Digital Nerve Center", which includes real-time detection, data analysis, prediction model, 3D visualization model, artificial intelligence planning and decision model, real-time decision knowledge base and real-time processing response mechanism. This study presented how the intelligent transportation digital nerve center can analyze and extract important information from multiple traffic data, predict future traffic information, and then convert it into information services. This project also showed the communication protocol and control of the existing urban traffic control system, and how to integrate seamlessly with the international mainstream vehicle networking communication protocol standards, so as to meet the needs of urban traffic management and standardization with the advent of autonomous vehicles, telecommunications vehicle networking and artificial intelligence. In this study, the implementation with the integration of an intersection traffic light signal controller is verified. Taking the emergency vehicle priority signal as the example, multiple information was collected and the travel planning services were provided. Furthermore, before the emergency vehicle arrived at the intersection, 5G C-V2X transmission equipment was used to establish a connection with roadside units to provide priority signal services to ensure the priority and safe passage of emergency vehicles. In this way, the traffic safety and the operation efficiency of emergency rescue vehicles can greatly improve.			
DATE OF PUBLICATION May 2022	NUMBER OF PAGES 476	PRICE 620	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

目 錄	III
圖 目 錄	VI
表 目 錄	XII
第一章 緒論	1
1.1 計畫緣起	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍與限制	2
1.4 研究流程	3
1.5 報告章節架構	5
第二章 5G 技術特性與案例探討	7
2.1 技術特性探討	7
2.2 國內外智慧交通與交通管理案例	17
2.3 我國交通管理與服務應用方向	27
第三章 智慧交通數位神經中樞系統之規劃	31
3.1 智慧交通數位神經中樞系統規劃構想	31
3.2 國內外交通管理系統案例探討	33
3.2.1 國內交通管理系統發展趨勢	33
3.2.2 國外交通管理系統發展趨勢	39
3.3 數位神經中樞核心價值探討	45
3.4 交通管理現況痛點蒐集	50
3.4.1 工程顧問公司問卷調查結果	50
3.4.2 六都交通局基層幹部問卷調查結果	53
3.4.3 六都卸任交通局長之焦點團體工作坊	57
3.4.4 綜整結果探討	63
3.5 系統架構與功能規劃	64
3.5.1 系統架構探討	64
3.5.2 系統發展課題與功能規劃	67
3.5.3 六都交通局正副首長座談會	76
3.6 系統分期規劃構想與相關平台整合課題探討	78
3.6.1 系統分期規劃構想與資安課題探討	78
3.6.2 相關平台整合課題探討	85
3.6.3 與既有交控中心之差異說明	88
第四章 交通量預測模式與推播服務規劃	89
4.1 交通資訊服務現況探討	89
4.1.1 多元交通資料特性	89
4.1.2 各機關決策支援相關資訊系統服務現況	92
4.1.3 小結	102

4.2 預測分析模式整體規劃構想	102
4.3 常態交通量預測模式構建.....	108
4.3.1 相關文獻回顧	108
4.3.2 以 EVP 為資料源之高速公路交通量預測模式	110
4.3.3 以 GVP 為資料源之高快速公路交通量預測模式	128
4.4 非常態交通量預測模式構建-以施工事件為例	143
4.4.1 相關文獻回顧	143
4.4.2 預測模式構建	150
4.4.3 模式驗證	167
4.4.4 交通模擬實驗設計	170
4.5 非常態交通量預測模式構建-以事故事件為例	189
4.5.1 相關文獻回顧	189
4.5.2 預測模式構建與驗證	192
4.5.3 小結	211
4.6 交通資訊播報服務儀表板系統建置規劃	212
第五章 都市交通控制協定檢討	219
5.1 檢討原則與方法.....	219
5.1.1 「都市交通控制通訊協定 3.0 版」檢討方法	219
5.1.2 「都市交通控制通訊協定 3.0 版」調整機制	220
5.2 我國都市交通控制通訊協定 3.0 版的使用現況與課題探討	223
5.2.1 號誌群組與時制轉換機制	224
5.2.2 行人倒數秒數規範與機制	235
5.2.3 行車倒數秒數規範與機制	246
5.2.4 動態號誌控制	258
5.2.5 人工智慧影像辨識下之人流與車流偵測	263
5.2.6 車聯網與自駕車運行	264
5.3 歷次座談會各界意見綜整與處理	267
5.3.1 座談會議題與進行方式	267
5.3.2 座談會意見彙整	268
5.4 「都市交通控制通訊協定 3.0 版」修訂檢討	275
5.4.1 現場設備共用通訊協定課題彙整	275
5.4.2 號誌控制器通訊協定面向	278
5.4.3 車輛偵測器通訊協定面向	282
5.4.4 路口資料偵測器協定面向	282
5.4.5 行人行車倒數號誌協定面向	283
第六章 AI 影像偵測技術分析與辨識精進應用	285
6.1 影像偵測設備技術分析.....	285
6.1.1 攝影機簡介	285
6.1.2 運算架構簡介	288
6.1.3 偵測項目、建置環境與條件說明	292
6.1.4 實際案例說明	294
6.2 AI 影像辨識技術精進與應用	295

6.2.1 AI 影像辨識精進技術實作	297
6.2.2 AI 影像辨識精進技術之應用	305
第七章 示範場域遴選與建置成果	311
7.1 遴選作業規劃與執行歷程	311
7.2 設備佈建規劃	315
7.2.1 緊急車輛優先通行所需設備規劃	317
7.2.2 AI 事件偵測所需設備規劃	318
第八章 緊急車輛智慧號誌控制系統之規劃與概念性驗證	327
8.1 國內外發展現況	327
8.1.1 國內相關發展	327
8.1.2 國外車聯網優先號誌相關計畫	342
8.2 整體規劃構想	356
8.2.1 課題與對策	356
8.2.2 整體規劃構想	357
8.3 概念性測試驗證	358
8.3.1 緊急優先號誌系統通訊協定說明	358
8.3.2 緊急車輛優先號誌系統規劃	364
8.3.3 實驗室單元與整合測試	370
8.4 場域整合測試	393
8.5 綜合探討	397
第九章 競賽辦理與成果推廣	401
9.1 競賽規劃構想與辦理成果	401
9.1.1 規劃構想	401
9.1.2 競賽成果	405
9.2 計畫成果推廣	407
第十章 結論與建議	411
10.1 結論	411
10.2 建議	415
參考文獻	419
附件一、期中報告審查意見處理情形表	427
附件二、期末報告審查意見處理情形表	443

圖 目 錄

圖 1.1 研究流程圖.....	3
圖 2.1 行動網路之發展.....	7
圖 2.2 5G 三大技術特性與應用情境	9
圖 2.3 5G 應用情境	12
圖 2.4 5G 應用情境與其他技術範疇	13
圖 2.5 使用 5G 通訊傳輸飛行視圖確保車輛安全服務	18
圖 2.6 救護車專用導航系統成果畫面	25
圖 3.1 智慧交通數位神經中樞系統規劃構想	33
圖 3.2 臺北市交通監控系統架構圖	34
圖 3.3 新北市交通控制系統架構圖	35
圖 3.4 桃園市新一代交通控制平臺架構圖	35
圖 3.5 臺南市智慧交通控制子系統架構圖	36
圖 3.6 高雄市交通控制系統架構圖	37
圖 3.7 臺中市交通控制系統架構圖	37
圖 3.8 新竹市交通控制平臺架構	38
圖 3.9 新一代智慧交通管理系統概念圖	41
圖 3.10 城市交通管理整體面向架構圖	41
圖 3.11 全路網交通模型架構圖.....	43
圖 3.12 交通號誌最佳化模型架構圖	43
圖 3.13 實際模擬模型架構圖.....	44
圖 3.14 未來交通科技發展趨勢.....	44
圖 3.15 交通管理科技應用重點.....	45
圖 3.16 人體中樞神經系統反射弧傳導途徑	47
圖 3.17 智慧城市之 5G 應用.....	48
圖 3.18 焦點團體工作坊視訊畫面	59
圖 3.19 線上工作坊議題討論進行流程	60
圖 3.20 專家學者利用互動式電子白板陳述意見畫面	60
圖 3.21 交通數位神經中樞系統架構	66
圖 3.22 意見調查成果歸納-公共運輸課題架構圖	68
圖 3.23 意見調查成果歸納-交通壅塞課題架構圖	69
圖 3.24 意見調查成果歸納-交通安全課題架構圖	70
圖 3.25 意見調查成果歸納-交通控制課題架構圖	70
圖 3.26 意見調查成果歸納-停車管理課題架構圖	70
圖 3.27 交通數位神經中樞系統架構概念	71
圖 3.28 交通數位神經中樞系統-即時偵測	72
圖 3.29 交通數位神經中樞系統-資料分析	72
圖 3.30 交通數位神經中樞系統-預測模型	72
圖 3.31 交通數位神經中樞系統-3D 視覺化模型	73
圖 3.32 交通數位神經中樞系統-人工智慧規劃決策模型	73

圖 3.33 交通數位神經中樞系統-規則式即時決策知識庫	73
圖 3.34 會議舉辦狀況.....	77
圖 3.35 正副首長問卷調查結果彙整	78
圖 3.36 中心端監控平台儀表板現行運作	87
圖 3.37 交通事件資訊監控儀表板現行運作	87
圖 3.38 未來與智慧交通數位神經中樞系統之整合模式	87
圖 4.1 決策支援平台功能架構圖(基隆市案例).....	92
圖 4.2 決策支援系統功能整體架構(臺北市案例).....	94
圖 4.3 決策支援系統功能整體架構(桃園市案例).....	96
圖 4.4 決策支援系統功能整體架構(新竹市案例).....	98
圖 4.5 高雄市智慧儀表板架構圖	99
圖 4.6 重現性及非重現性交通預測分析模式建立與應用流程圖	104
圖 4.7 路段資料轉換為時空矩陣到圖像之過程	110
圖 4.8 不同路段、不同方法之 MSE 比較	110
圖 4.9 M05A 原始資料型態	112
圖 4.10 歷史巨量資料蒐集與資料預處理流程	113
圖 4.11 篩選範圍之原始資料型態.....	114
圖 4.12 資料組合結果—每 5 分鐘為 1 筆資料	114
圖 4.13 資料轉換結果—每 1 小時為 1 筆	115
圖 4.14 模型建構資料集.....	116
圖 4.15 2019 年各星期別不同時段之速率區間發生比例	118
圖 4.16 預測模式建構流程.....	119
圖 4.17 資料集劃分.....	119
圖 4.18 速率預測模式構建維度與參數	121
圖 4.19 BiLSTM-ATTENTION 速率預測值與真實值比較圖	122
圖 4.20 LSTM 速率預測值與真實值比較圖.....	122
圖 4.21 流量預測模式構建維度與參數	123
圖 4.22 BiLSTM-ATTENTION 流量預測值與真實值比較圖	123
圖 4.23 LSTM 流量預測值與真實值比較圖.....	124
圖 4.24 實際速率區間機率表建立流程	125
圖 4.25 高速公路 GVP 原始資料型態	129
圖 4.26 資料預處理步驟.....	129
圖 4.27 填補方法順序.....	130
圖 4.28 高速公路時空矩陣圖.....	132
圖 4.29 訓練資料和測試資料拆分	133
圖 4.30 產生第一筆訓練資料.....	133
圖 4.31 產生第二筆訓練資料.....	133
圖 4.32 產生第 N 筆訓練資料	134
圖 4.33 模型產生步驟.....	134
圖 4.34 高速公路各時段速度.....	135
圖 4.35 高速公路單日速度分佈趨勢	136
圖 4.36 快速道路單日速度分佈趨勢	137
圖 4.37 CNN 模型構造圖	138
圖 4.38 RELU 函數圖	138

圖 4.39 高速公路非壅塞路段速率預測值與真實值比較	140
圖 4.40 高速公路壅塞路段速率預測值與真實值比較	140
圖 4.41 快速道路非壅塞路段速率預測值與真實值比較	141
圖 4.42 快速道路壅塞路段速率預測值與真實值比較	141
圖 4.43 目標路段各時段壅塞機率示意圖	143
圖 4.44 施工影響預測模式建構流程	151
圖 4.45 道路封閉資訊(1).....	152
圖 4.46 道路封閉資訊(2).....	152
圖 4.47 M05A 原始資料型態	152
圖 4.48 資料預處理過程資料預處理流程	153
圖 4.49 每 1 小時一筆資料.....	154
圖 4.50 模式驗證流程.....	155
圖 4.51 VISSIM 非施工情境環境流程.....	156
圖 4.52 LINKS 道路設定.....	156
圖 4.53 車種比例設定.....	157
圖 4.54 每小時之總流量輸入值.....	157
圖 4.55 速率設定(1).....	158
圖 4.56 速率設定(2).....	158
圖 4.57 模擬時間設定.....	158
圖 4.58 偵測器蒐集資料設定.....	159
圖 4.59 非施工情境模擬環境.....	160
圖 4.60 VISSIM 施工情境環境流程.....	161
圖 4.61 施工區情境前置警示區建模長度	162
圖 4.62 施工區情境施工區建模長度	162
圖 4.63 車種比例設定.....	163
圖 4.64 每小時之總流量輸入值(連續).....	163
圖 4.65 施工速限設定(1).....	164
圖 4.66 施工速限設定(2).....	165
圖 4.67 施工速限設定(3).....	165
圖 4.68 施工情境模擬時間設定.....	166
圖 4.69 施工情境偵測器蒐集資料設定	166
圖 4.70 施工情境模擬環境.....	167
圖 4.71 非施工情境式速率預測值與實際值比較圖	168
圖 4.72 施工情境速率預測值與實際值比較圖	169
圖 4.73 交通模擬實驗設計流程.....	170
圖 4.74 施工情境流量模擬示意圖	171
圖 4.75 全臺高速公路車道數比例	172
圖 4.76 三車道封閉一車道 100M 施工長度速率分析.....	174
圖 4.77 三車道封閉一車道 200M 施工長度速率分析.....	175
圖 4.78 三車道封閉一車道 300M 施工長度速率分析.....	175
圖 4.79 提前發佈之計畫性施工資訊	187
圖 4.80 結合施工事件之路況進階應用範例	188
圖 4.81 事故影響預測模式建構流程	193
圖 4.82 事故原始資料部分內容示意	195

圖 4.83 原始特徵內容重新編碼與命名彙整之資料型態	203
圖 4.84 特徵編碼轉換後之資料型態	203
圖 4.85 以 GVP 分析事故發生之車流變化趨勢—U 型	204
圖 4.86 以 GVP 分析事故發生之車流變化趨勢—不規則型	204
圖 4.87 最長回堵距離預測值與真實值比較圖	211
圖 4.88 事故影響時間預測值與真實值比較圖	211
圖 4.89 車輛準點率資料(即時、歷史)系統查詢畫面	215
圖 4.90 在線無障礙車輛數系統查詢示意畫面	216
圖 4.91 交通壅塞模擬預測查詢畫面(1)	218
圖 4.92 交通壅塞模擬預測查詢畫面(2)	218
圖 5.1 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討方式概念	221
圖 5.2 都市交通控制通訊協定 3.0 版修訂之動機與原因	224
圖 5.3 時制轉換之週期分段延長法	226
圖 5.4 時制轉換之補時制差距法	226
圖 5.5 時制轉換之平均比例平滑法—小於一半週期	226
圖 5.6 時制轉換之平均比例平滑法—縮短週期	226
圖 5.7 時制轉換流程圖	227
圖 5.8 同步補償調整流程	231
圖 5.9 時制轉換範例圖	234
圖 5.10 普通二時相分相及步階	266
圖 5.11 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討第一次座談會會議進行畫面	267
圖 5.12 細部查詢設備狀態流程	277
圖 5.13 複雜路口之問題	279
圖 5.14 號誌不相同的情況	280
圖 6.1 畫素解析度示意圖	287
圖 6.2 魚眼最小偵測物件像素示意圖	287
圖 6.3 槍型最小偵測物件像素示意圖	287
圖 6.4 AI ON CHIP SOC 攝影機實際應用於車流分析影像	289
圖 6.5 車輛異常停留偵測示意圖	294
圖 6.6 魚眼車流偵測示意圖	295
圖 6.7 YOLOV3 模型架構圖	296
圖 6.8 卷積神經網路運作架構圖	297
圖 6.9 YOLOV3 PREDICTION LAYER 3 架構圖	298
圖 6.10 YOLOV3 模型精進前後辨識結果圖	299
圖 6.11 YOLOV3 卷積運算示意圖	301
圖 6.12 槍型白天與夜間情境示意圖	302
圖 6.13 魚眼白天與夜間情境示意圖	303
圖 6.14 路徑分析流程圖	305
圖 6.15 RESNET 模型架構表(1)	306
圖 6.16 RESTNET50 模型架構表(2)	307
圖 6.17 精進前車輛追蹤流程圖	307
圖 6.18 精進後車輛追蹤流程圖	307
圖 6.19 臺灣大道三處路口攝影機品質現況	309
圖 6.20 淡海新市鎮規劃圖	309

圖 7.1 遴選相關作業辦理流程圖	312
圖 7.2 場域範圍示意圖	316
圖 7.3 水湳場域網路架構	316
圖 7.4 場域現況設備佈建位置	317
圖 7.5 水湳設備佈設路段圖	319
圖 7.6 經貿二路與經貿路十字路口攝影機架設示意圖	319
圖 7.7 敦化路二段與經貿路十字路口攝影機架設示意圖	319
圖 7.8 臺灣大道設備佈設路段圖	320
圖 7.9 東大路一段與臺灣大道四段十字路口攝影機架設示意圖	321
圖 7.10 臺灣大道四段路段攝影機架設示意圖	321
圖 7.11 玉門路與臺灣大道四段十字路口攝影機架設示意圖	322
圖 7.12 福林路與臺灣大道四段十字路口攝影機架設示意圖	323
圖 7.13 臺灣大道四段路段攝影機架設示意圖	323
圖 7.14 臺灣大道四段路段攝影機架設示意圖	324
圖 7.15 永福路與臺灣大道四段十字路口攝影機架設示意圖	324
圖 7.16 中工三路與臺灣大道四段路口攝影機架設示意圖	325
圖 7.17 福安路與臺灣大道四段十字路口攝影機架設示意圖	325
圖 8.1 優先號誌控制運作整理架構	330
圖 8.2 公車優先號誌系統的功能規劃	331
圖 8.3 105 年度公車優先號誌系統建置計畫資料傳遞架構	332
圖 8.4 臺中 BRT 優先號誌系統基礎架構圖	333
圖 8.5 臺中 BRT 快捷巴士路口 IPC 資訊發送運作架構示意圖	334
圖 8.6 系統應用層架構	335
圖 8.7 號誌控制系統架構	336
圖 8.8 號誌控制之功能狀態機	336
圖 8.9 車載設備建置規劃	336
圖 8.10 緊急車輛優先通行模式-號誌控制轉換流程	337
圖 8.11 緊急車輛優先號誌由接近路口至離開路口階段	339
圖 8.12 國際標準 SAE J2735 緊急車輛優先號誌運作機制	342
圖 8.13 通用 V2I/I2V 通訊架構	343
圖 8.14 緊急車輛優先號誌流程示意圖	349
圖 8.15 SSM 之基本狀態流程圖	350
圖 8.16 SSM 之例外狀態流程圖	353
圖 8.17 彙整流程圖(OBU)	355
圖 8.18 彙整流程圖(ITLC-號誌控制器)	356
圖 8.19 緊急車輛優先通行解決方案構想	358
圖 8.20 系統架構圖	359
圖 8.21 緊急車輛優先號誌系統軟硬體規劃(路側端)	364
圖 8.22 緊急車輛優先號誌系統軟硬體規劃(車輛端)	365
圖 8.23 緊急車輛優先號誌系統流程規劃(車機端)	367
圖 8.24 緊急車輛優先號誌系統流程規劃(路側單元)	368
圖 8.25 優先號誌模組流程規劃	368
圖 8.26 優先號誌策略執行示意圖-綠燈延長	369

圖 8.27 優先號誌策略執行示意圖-紅燈切斷	369
圖 8.28 車聯網 TCROS 優先號誌整合功能測試架構圖	371
圖 8.29 號誌功能測試介面.....	371
圖 8.30 TCROS 檢視介面.....	371
圖 8.31 車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試架構圖	375
圖 8.32 車聯網 C-V2X 傳輸服務介接控制單元.....	375
圖 8.33 車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試腳本.....	376
圖 8.34 路側單元(RSU)優先號誌授權與執行功能測試架構圖	380
圖 8.35 緊急車輛優先號誌監控平台	384
圖 8.36 車輛端號誌顯示介面.....	384
圖 8.37 優先號誌運作與補償檢視	389
圖 8.38 緊急車輛優先號誌系統整合功能測試情境示意圖	390
圖 8.39 緊急車輛優先號誌系統整合功能測試流程示意圖(情境一).....	391
圖 8.40 緊急車輛優先號誌系統整合功能測試流程示意圖(情境二).....	391
圖 8.41 車輛端導航介面-事件偵測車輛改道導引	391
圖 8.42 車輛端導航介面-緊急車輛 EVA 通知	392
圖 8.43 淡海新市鎮智慧交通場域	393
圖 8.44 新市二路與義山路路口現況	394
圖 8.45 新市二路與義山路路口(A3)C-V2X MAP 資訊與時制計畫.....	394
圖 8.46 新市二路與義山路路口(A3)CCTV 即時畫面	396
圖 8.47 優先號誌紅燈切斷不可調整時間區段示意圖	399
圖 8.48 TCROS LIKELYTIME 說明示意圖.....	400
圖 9.1 競賽宣傳海報與公文發放	404
圖 9.2 「110 年數位交通創意應用競賽」FB 粉絲專頁.....	404
圖 9.3 成果發表會現況及相關展示海報	409
圖 9.4 計畫相關成果投稿證明.....	410

表 目 錄

表 2-1 ITU-R 制定 IMT-2020 系統效能需求.....	10
表 2-2 國內外 5G 應用於智慧交通與交通管理之案例彙整.....	26
表 3-1 各縣市交控系統功能彙整表.....	38
表 3-2 交通治理痛點(彙整工程顧問公司問卷調查結果).....	51
表 3-3 基層幹部問卷發放對象.....	53
表 3-4 交通治理痛點(彙整六都交通局基層幹部意見).....	56
表 3-5 焦點團體相關文獻綜整.....	58
表 3-6 焦點團體工作坊邀請名單.....	59
表 3-7 交通治理痛點(彙整六都卸任交通局長意見).....	61
表 3-8 交通治理痛點與課題綜整結果.....	64
表 3-9 交通數位神經中樞系統核心功能彙整表.....	74
表 3-10 六都交通局正副首長參與名單.....	77
表 3-11 交通首長意見交流座談會問卷調查內容彙整.....	77
表 3-12 公共運輸短期發展項目規劃建議.....	78
表 3-13 交通管理短期發展項目規劃建議.....	79
表 3-14 事件管理短期發展項目規劃建議.....	79
表 3-15 公共運輸中期發展項目規劃建議.....	80
表 3-16 交通管理中期發展項目規劃建議.....	80
表 3-17 事件管理中期發展項目規劃建議.....	80
表 3-18 公共運輸長期發展項目規劃建議.....	80
表 3-19 交通管理長期發展項目規劃建議.....	81
表 3-20 事件管理長期發展項目規劃建議.....	81
表 3-21 全國事件平台各資料源資料新增一覽表.....	85
表 3-22 交通數位神經中樞系統與國內交控中心/戰情室之功能比較.....	88
表 4-1 多元交通資料特性比較.....	91
表 4-2 各要素之預測目的與應用案例.....	102
表 4-3 「速率區間發生機率表」範例樣式.....	105
表 4-4 不同施工因子情境組合之速率 MOE 對照表範例樣式.....	107
表 4-5 交通預測模式類型與對象彙整表.....	108
表 4-6 高速公路速率模式建構內容—採用 EVP 資料.....	111
表 4-7 M05A 資料架構與內容.....	112
表 4-8 資料篩選範圍.....	114
表 4-9 各星期別時段劃分之速率區間發生比例彙整表.....	116
表 4-10 MAPE 評估標準劃分.....	120
表 4-11 機器學習與深度學習模型於速率預測之準確度比較.....	121
表 4-12 機器學習與深度學習模型於流量預測之準確度比較.....	123
表 4-13 「不同時段各速率區間發生之機率」播報範例.....	124
表 4-14 不同速率區間發生機率轉換結果.....	126
表 4-15 以 GVP 資料速度預測模型建構內容.....	128

表 4-16 GVP 欄位說明	128
表 4-17 各月份 GVP 缺失資料個數	130
表 4-18 5 分鐘無資料	130
表 4-19 連續 10 分鐘無資料	131
表 4-20 同段時間前後路段填補	131
表 4-21 以歷史平均法進行缺失值填補	132
表 4-22 高速公路各路段速度低於 60 個數	135
表 4-23 快速道路各路段速度低於 60 個數	136
表 4-24 CNN 模型各層維度與參數量	139
表 4-25 高速公路四種情境 CNN 模型預測結果	139
表 4-26 四種情境之 CNN 模型預測結果	139
表 4-27 每 5 分鐘一筆加權平均至 1 小時	139
表 4-28 各路段不同日期、時段、方向之道路壅塞機率之示意範例	142
表 4-29 施工影響交通預測相關文獻回顧綜整	149
表 4-30 資料篩選範圍	153
表 4-31 參數資料彙整範例	154
表 4-32 非施工時段資料	157
表 4-33 非施工模式情境設定參數表	159
表 4-34 施工區情境路段建模長度	161
表 4-35 施工時段資料集	163
表 4-36 施工情境速率設定	164
表 4-37 施工模式情境設定參數表	167
表 4-38 非施工情境驗證比較表	168
表 4-38 施工情境驗證比較表	169
表 4-39 高速公路容量值彙整	171
表 4-40 各情境模擬車輛數	171
表 4-41 車道封閉數組合	172
表 4-42 各情境組合計算	173
表 4-43 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-4 車道	177
表 4-44 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-3 車道	181
表 4-45 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-2 車道	184
表 4-46 事故影響預測相關文獻回顧彙整	189
表 4-47 交通事故調查報告表原始資料欄位與內容	193
表 4-48 事故資料特徵篩選結果彙整	196
表 4-49 原始特徵內容重新編碼與命名彙整結果表	200
表 4-50 以 GVP 資料分析有影響事故之相關交通參數資訊	205
表 4-51 有影響事故相關交通參數彙整表	205
表 4-52 以 GVP 資料分析無影響事故相關交通參數資訊	206
表 4-53 無影響事故相關交通參數彙整表	206
表 4-54 特徵分析結果彙整	207
表 4-55 第一階段預測結果彙整	210
表 4-56 依日期抓取各行政區下的準點率資料(取部分 5 筆資料)	214

表 4-57 依日期、業者抓取各行政區下的準點率資料(取部分 5 筆資料).....	214
表 4-58 依業者抓取各行政區下的準點率資料(取部分 5 筆資料).....	214
表 4-59 依日期、行政區抓取各業者的準點率資料(取部分 5 筆資料).....	215
表 4-60 依日期、行政區、業者抓取各路線的準點率資料(取部分 5 筆資料)...	215
表 4-61 在線無障礙車輛數(取部分 10 筆資料).....	216
表 4-62 各站上下車人數的票種分類查詢-去程上車(取部分 5 筆資料).....	217
表 4-63 市區道路交通壅塞模擬預測(取部分資料).....	217
表 4-64 市區道路交通壅塞模擬事件影響時間(取部分資料).....	217
表 5-1 協定第一碼(設備碼)說明	222
表 5-2 協定第二碼(指令碼)說明	222
表 5-4 各縣市動態號誌控制內容比較	261
表 5-5 優先號誌於各縣市之應用比較表	263
表 5-6 新型設備支援之資料蒐集種類	264
表 5-7 自駕車計畫場域之號誌化路口通行判斷作法與所遭遇問題.....	265
表 5-8 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會內容	267
表 5-9 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討第一次座談會意見	268
表 6-1 魚眼攝影機與槍型攝影機比較表	286
表 6-2 中心端與邊緣端運算結構差異比較表	288
表 6-3 AI 邊緣伺服器算力 FPS 比較表	290
表 6-4 中心端、邊緣端的伺服器或 AI 晶片 TOPS 算力比較表	291
表 6-5 中心端與邊緣端運算優缺點比較表	292
表 6-6 魚眼與槍型攝影機 AI 偵測項目列表	292
表 6-7 車流與車牌辨識困難比較表	293
表 6-8 測試影像預估張數比較表	294
表 6-9 YOLOV3 模型精進前後準確率比較表	299
表 6-10 混淆矩陣表	300
表 6-11 模型精進前後召回率比較表	300
表 6-12 YOLOV3 記憶體精進前後差異表	301
表 6-13 YOLOV3 模型訓練與測試物件數量彙整表	302
表 6-14 YOLOV3 物件精進前後準確率比較表	303
表 6-15 車種辨識召回率精進比較表	304
表 6-16 YOLOV3 天氣情境精進前後準確率比較表	304
表 6-17 車輛追蹤準確率比較表	310
表 7-1 合作意願調查表	313
表 7-2 110 年實作示範場域所轄縣市合作意願調查表重點彙整	314
表 7-3 緊急車輛優先通行實作所需設備	318
表 8-1 國內優先號誌控制案例彙整	327
表 8-2 大眾運輸優先號誌計畫運作機制比較	340
表 8-3 SSM 例外狀態列表	353
表 8-4 本計畫設定 SRM 通訊協定內容說明	359
表 8-5 本計畫設定 SSM 通訊協定內容說明	362
表 8-6 車聯網 TCROS 與優先號誌整合測試情境列表	372

表 8-7 測試時制計畫內容情境列表	373
表 8-8 車聯網 TCROS 優先號誌功能測試	373
表 8-9 測試情境列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-正確性]	376
表 8-10 測試情境列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本一	377
表 8-11 測試情境列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本二	377
表 8-12 測試情境列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本三	377
表 8-13 測試情境列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本四	377
表 8-14 測試結果列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-正確性]	378
表 8-15 測試結果列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本一	378
表 8-16 測試結果列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本二	378
表 8-17 測試結果列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本三	379
表 8-18 測試結果列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本四	379
表 8-19 路側單元(RSU)優先號誌授權與執行功能測試情境列表	380
表 8-20 優先號誌測試情境列表	383
表 8-21 路側單元(RSU)優先號誌授權與執行功能測試結果	385
表 8-22 優先號誌情境測試結果	386
表 8-23 情境測試統計表	388
表 8-24 測試結果說明列表[緊急車輛優先號誌系統整合功能測試]	392
表 8-25 場域測試情境運作說明(情境一)	395
表 8-26 場域測試情境運作說明(情境二)	395
表 8-27 場域測試結果說明列表	396
表 9-1 計畫相關會議舉辦歷程	408

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

科技進步改變人類生活型態，面對第五代行動通訊技術(5G，5th generation mobile networks)的來臨及進入商用階段，因具超大頻寬、高可靠低延遲及多連結等特性，將有利發展大數據、人工智慧、物聯網等服務，帶動高品質智慧交通服務、視聽娛樂、智慧醫療、智慧工廠、自駕車、無人機、智慧城市等加值創新應用，已成為各國競相發展之重點，同時也是我國「數位國家・創新經濟發展方案」的重點投入項目之一。

為掌握 5G 蓬勃發展所帶來的龐大商機與契機，行政院於 108 年 5 月 10 日核定「臺灣 5G 行動計畫」(108 年至 111 年)，以鬆綁、創新、實證、鏈結等策略，提出五大推動主軸，全力發展各式 5G 電信加值服務及垂直應用服務，打造臺灣為適合 5G 創新運用發展的環境，藉以提升數位競爭力、深化產業創新，實現智慧生活。

順應此一全球發展趨勢，我國具有完善運輸系統與堅實的科學技術能量，實為具備將 5G 結合新興跨域技術普及全國智慧交通的先天條件，因此本所依據行政院 109 年 9 月 3 日院臺科會字第 1090098342 號函核定之「推動 5G 提升智慧交通服務效能與安全計畫」，擬具構建 5G 智慧交通數位神經中樞規劃與實作等系列計畫，承續 107 年至 109 年相關研究規劃與推動執行成果，運用 5G 結合 AIoT 等創新科技，透過 5G 高速傳輸加速跨域即時交通資料蒐集，降低資訊傳遞落差，並針對交通管理及服務進行技術盤點，開發人工智慧(AI)及大數據管理決策核心技術，迅速掌握城市人流、車流、公共運輸、交通號誌等系統即時狀況，提供即時精確的交通管理決策。此外，面臨 5G 通訊環境與多元智慧運輸應用需求挑戰，本計畫亦一併探討現有都市交通控制系統的通訊協定與控制邏輯，以及如何與國際主流車聯網通訊協定標準的無縫接軌。而此一部份則於本期(110 年)計畫中運用 C-V2X 整合路口號誌控制，進行緊急車輛優先通行之概念性驗證，並提出驗證結果之可行性評估說明，期能透過警消與災害防救車輛之智慧號誌控制系統發展，確保緊急車輛優先安全通行路口，進而發展城市智慧移動之核心技術與創新應用服務。

1.2 研究目的

本計畫主要目的為依據行政院推動「臺灣 5G 行動計畫」之宗旨，建構 5G 智慧交通數位神經中樞之規劃與實作內容，針對本(110)年計畫之具體研究目的，加以說明如下：

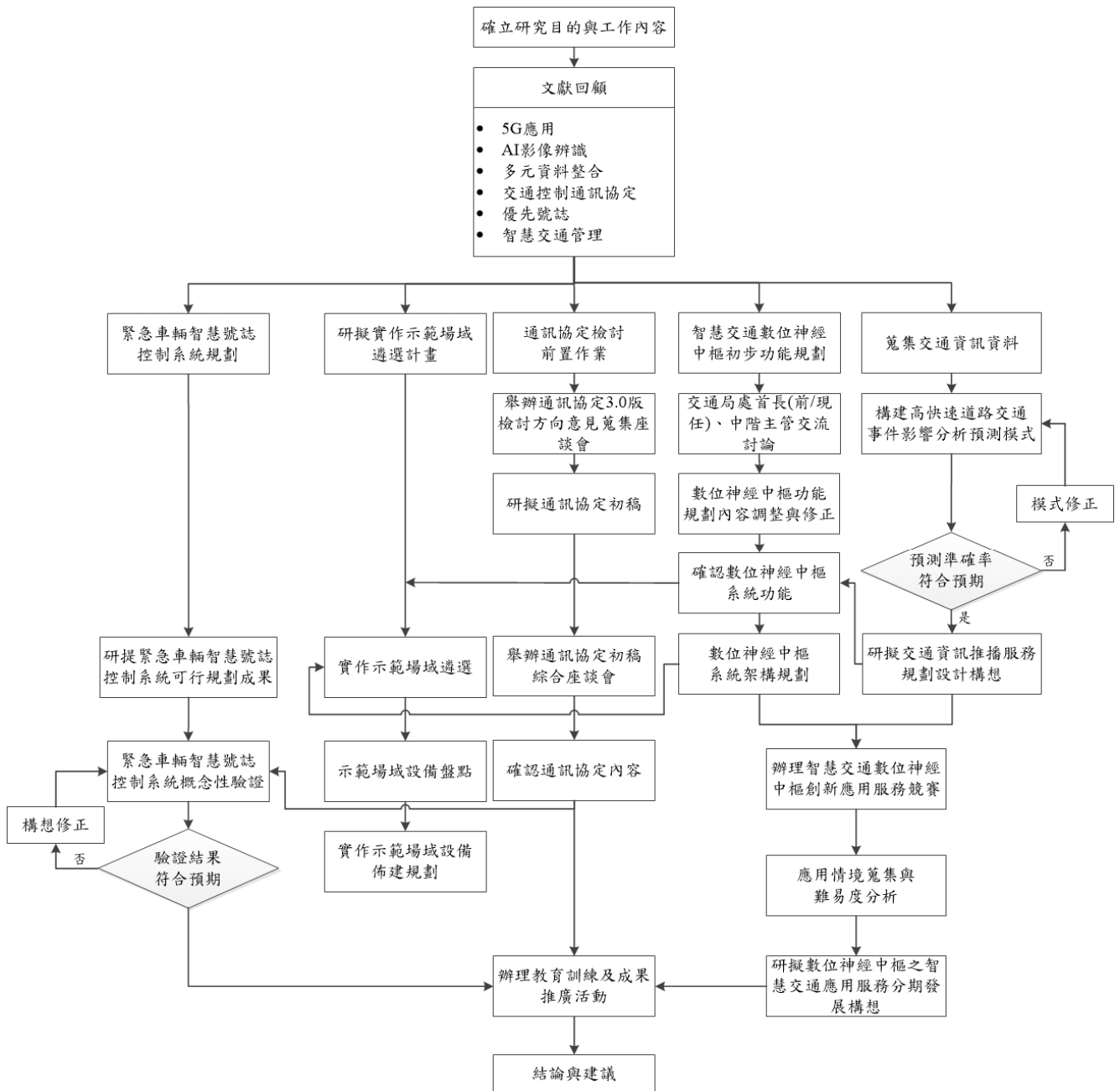
- 一、藉由蒐集彙整國、內外文獻，探討 5G 技術於智慧交通之相關應用。
- 二、透過相關文獻蒐集分析及專家學者座談會舉辦，歸納「智慧交通數位神經中樞」之功能需求與系統架構，並進行各功能之分期開發規劃，同時規劃交通資訊之推播服務。
- 三、透過資料蒐集彙整及座談會舉辦，歸納相關課題並進行我國「智慧交通數位神經中樞」之都市交通控制通訊協定檢討。
- 四、透過「智慧交通數位神經中樞」實作示範場域之縣市遴選，進行整體場域之設備佈建規劃。
- 五、蒐集國內外警消與災害防救車輛之智慧號誌控制系統發展現況與成果，進行緊急車輛之智慧號誌控制系統規劃，並整合 C-V2X 進行路口號誌控制之概念性驗證。

1.3 研究範圍與限制

- 一、本計畫交通數位神經中樞為能成為城市交通治理之助力，因此定義其所涵蓋之系統範圍主要側重於都會地區，而都會地區道路除一般市區道路外，隨著交通複雜性的增加，部分高快速道路與市區道路具有高度連結性，亦為都會地區之主要道路及交通管理的一環。
- 二、囿於 Covid-19 之影響，本計畫在「智慧交通數位神經中樞」所舉辦之焦點團體係採線上方式進行，惟仍透過互動式電子白板技術達到焦點團體討論之目的。另在「都市交通控制通訊協定 3.0 版」工作項目所舉辦之 3 場座談會亦採線上方式進行，總計參加人數共達約 307 人次，亦達原規劃目標。

1.4 研究流程

本計畫執行內容主要分為智慧交通數位神經中樞功能規劃、都市交通控制通訊協定檢討、交通資訊推播服務規劃設計、緊急車輛智慧號誌控制系統規劃以及實作示範場域遴選計畫共五大項目，其研究分析流程如圖 1.1 所示，首先確認研究目的與工作內容後，即針對相關文獻進行回顧並綜整，以做為主要執行項目之研究參考，接著開始進行各大重要工作項目之研究，詳細說明如下：



資料來源：本計畫繪製

圖 1.1 研究流程圖

- 一、智慧交通數位神經中樞功能規劃：針對該項目，本計畫首先透過國內外相關發展趨勢進行探討，如國際交通管理發展趨勢、數位治理概念、科技發展趨勢等，並藉由六都卸任交通首長線上座談交流、交通管理單位中階主管問卷普發以及交通顧問公司意見交流，進行交通治理痛點蒐集，接續彙整上述痛點課題，歸納智慧交通數位神經中樞之核心功能、系統架構及系統分年期發展規劃構想，最後透過舉辦六都現任交通首長意見交流座談會蒐集修正意見，針對上述初擬之架構進行內容調整與修正。
- 二、交通資訊推播服務規劃設計：針對該項目，本計畫首先透過資料蒐集，包含量測資料(速率、流量等交通量測資料)、背景資料(車道數、道路方向、日期、時間等)及事件資料(事故、施工等)，構建高快速道路交通事件影響分析預測模型，並針對前述各預測模型研擬後續交通資訊推播服務應用構想。
- 三、智慧交通數位神經中樞創新應用服務競賽：結合【項目一】及【項目二】之規劃構想，辦理智慧交通數位神經中樞創新應用服務競賽，依據服務競賽成果廣泛蒐集交通管理、交通服務或智慧交通之可能應用情境，並針對可落實之應用服務進行開發難易度分析，以做為交通應用服務後續發展構想。
- 四、都市交通控制通訊協定檢討：針對該項目，本計畫首先蒐集與盤點各縣市一般道路、自駕車實驗場域現有號誌控制之通訊技術與協定，以及蒐集國內外應用 AI 深度學習於車流影像偵測所能產生之交通參數，彙整上述後辦理一場通訊協定 3.0 版檢討方向意見蒐集座談會，蒐集各界在使用都市交通控制通訊協定 3.0 版所面臨之課題與意見，藉以研擬通訊協定初稿後再針對管理單位及開發單位各舉辦一場綜合座談會，確認通訊協定檢討內容後，最後彙整成果並舉辦修訂檢討說明會。
- 五、實作示範場域遴選作業：本計畫撰擬意願調查表進行實作示範場域公開徵選作業，在取得意願調查表後透過專家評選方式完成遴選，經評選出第一優先遴選縣市隨即進行後續示範場域設備盤點及設備佈建規劃，以利後續實作示範應用。
- 六、緊急車輛智慧號誌控制系統規劃與概念性驗證：針對緊急車輛智慧號誌控制系統研提可行規劃方案，包含車聯網 TCROS 與優先號誌整合功能、C-V2X 傳輸服務功能、路側單元(RSU)優先號誌授權與執行功能，並先在實驗室環境中進行測試完備後，於淡海場域進行路口實測。
- 七、教育訓練或成果推廣活動：彙整前述成果辦理相關教育訓練或成果推廣活動。

1.5 報告章節架構

本計畫所涵蓋工作項目相當廣泛，本小節茲就報告書之章節架構提出說明。在第一章中針對計畫之目的、工作項目及研究流程進行說明；第二章主要針對 5G 技術特性及相關案例之探討，依序介紹 5G 技術特性、國內外智慧交通與交通管理案例介紹，最後提出我國因應 5G 等技術發展交通管理與服務應用方向。

第三章主要在說明本計畫有關「智慧交通數位神經中樞系統」之規劃歷程與結果，在該章第一節中說明本計畫對於智慧交通數位神經中樞系統規劃之執行構想，再於第二節中針對國內外交通管理系統(Transportation Management System, TMS)案例進行回顧，同時就各項新技術對交通管理之可能影響提出探討；第三節則針對數位神經中樞系統之基本概念及其他領域之應用構想，確立「智慧交通數位神經中樞系統」之基本核心價值；第四節則說明針對系統建置廠商、交通局基層幹部及專家學長等互動關係人之交通管理痛點意見蒐集結果；後續之小節則再依序說明綜整前述步驟所彙整之智慧交通數位神經中樞系統架構與功能規劃成果、系統分期發展構想和系統發展之相關課題探討。

第四章主要在說明「智慧交通數位神經中樞系統」中交通量預測模式和推播服務規劃等兩個重要功能的研究成果，在該章中先針對交通資訊服務現況進行探討，第二節則從現況探討及「智慧交通數位神經中樞系統」之功能規劃中提出預測分析模式整體規劃構想，分別包括：利用 GVP 及 EVP 資料進行高快速道路的常態交通量預測及施工事件及事故事件等兩個非常態交通量預測；第三節至第五節則分別說明重現性交通預測模式之建構方法與成果、施工事件影響預測模式之建構方法與成果、交通事故影響預測模式之建構方法與成果；第六節則依據前述小節之交通量預測成果提出交通播報服務規劃與應用構想。

第五章主要在說明都市交通控制通訊協定之檢討成果，由於交通控制通訊協定為各項訊息傳遞之依據，在「智慧交通數位神經中樞系統」中扮演極為重要角色。在該章中將先說明通訊協定檢討之原則與方法，後續章節再依序說明現況資料蒐集及「都市交通控制通訊協定 3.0 版」現階段在使用上之相關課題，最後則提出本(110)年期計畫之檢討成果。

第六章主要在說明 AI 影像偵測技術分析與辨識技術精進應用，在「智慧交通數位神經中樞系統」中如何更快速蒐集準確、多元之交通資訊，做為研擬各項交通管理策略之基礎乃為一重要課題。在該章中首先說明 AI 影像偵測技術分析

(包括運算架構及偵測建置環境與條件)，並說明本計畫於 AI 影像辨識技術之精進實作成果與後續應用建議。

第七章主要在說明實作示範場域遴選過程與結果，並針對後續計畫中將進行實際應用所需之設備規劃建議結果加以說明；第八章主要在說明緊急車輛智慧號誌控制系統之規劃與概念性驗證，第一節先說明國內外緊急優先車輛智慧號誌控制系統發展現況，再於第二節中提出緊急優先車輛智慧號誌控制系統之整體規劃構想。第三節至第四節則依序提出實驗室概念性驗證規劃與測試成果與實際場域情境規劃與測試成果，最後一節則針對本年度計畫之測試成果進行後續應用課題之探討。

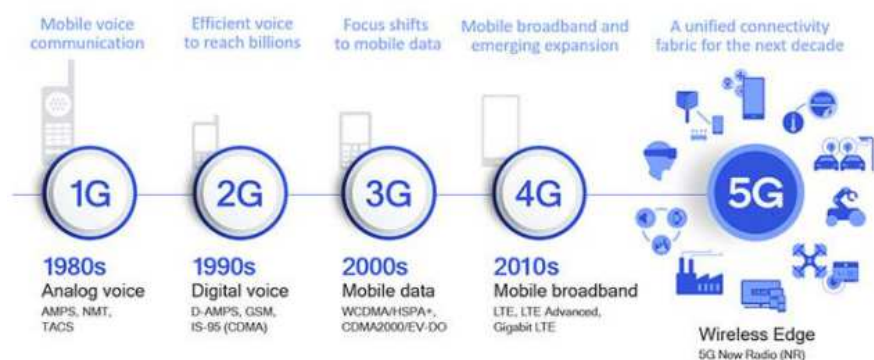
第九章則針對本計畫之其他計畫成果進行綜合性之說明，其中第一節先介紹「智慧交通數位神經中樞」創新應用服務競賽之規劃構想與執行成果；第二節則針對成果發表會等推廣活動成果進行說明；第十章則提出本計畫執行成果之結論與建議。

第二章 5G 技術特性與案例探討

5G 係指移動通訊技術第五代，名為第五代移動通信系統(5th Generation mobile networks)，相較其他技術，行動通訊發展快速且密切地影響日常生活，本章主要依據計畫工作項目進行相關 5G 技術特性之探討，並藉由蒐集 5G 技術應用於交通管理之案例探討我國交通服務之未來發展趨勢與應用方向。

2.1 技術特性探討

行動通訊之發展在過去四十多年來之發展歷程如圖 2.1 所示，根據瑞典電信設備製造商 Ericsson 於 2020 年 11 月的報告，到 2026 年 5G 用戶將達到 35 億，將使 5G 成為通訊世代中有史以來在全球範圍內推出最快的一代，且商用 5G 已在部分國家成功推出，並且效果顯著，5G 也將加速許多其他技術的發展，從車輛、遊戲到醫療保健，幾乎每個行業都將從 5G 中受益。根據 Intel.newsroom 新聞報導(2018)^[1]的研究指出，在 2019 至 2028 年的十年當中，每個 5G 用戶的平均每月流量將從 2019 年的 11.7GB 增長到 2028 年的 84.4GB，其中，觀看影音的流量將佔 5G 使用量的 90%，屆時 3G 和 4G 網絡將因容量不足以處理更高的影音品質及觀看時間而被淘汰，既不能支援高解析度的內容、嵌入式媒體和沉浸式體驗(VR)，亦無法再滿足用戶需求。估計在 2019 年至 2028 年之間將累積創造 3 萬億美元的無線網路收入，其中大約一半的收入(將近 1.3 萬億美元)將來自 5G 和其他與 5G 有關之技術，該報告還指出，到 2025 年，全球無線網路收入的近 57% 將由 5G 技術和以 5G 技術為基礎的設備產生。而 5G 與既有 4G 之差異在於 5G 之峰值速率由 4G 之 0.1~1Gbps 提升至 1~10Gbps、延遲時間由 4G 之 15~25 毫秒提升至 1 毫秒、頻率由 4G 之 10GHz 以下提升至 30~300GHz。

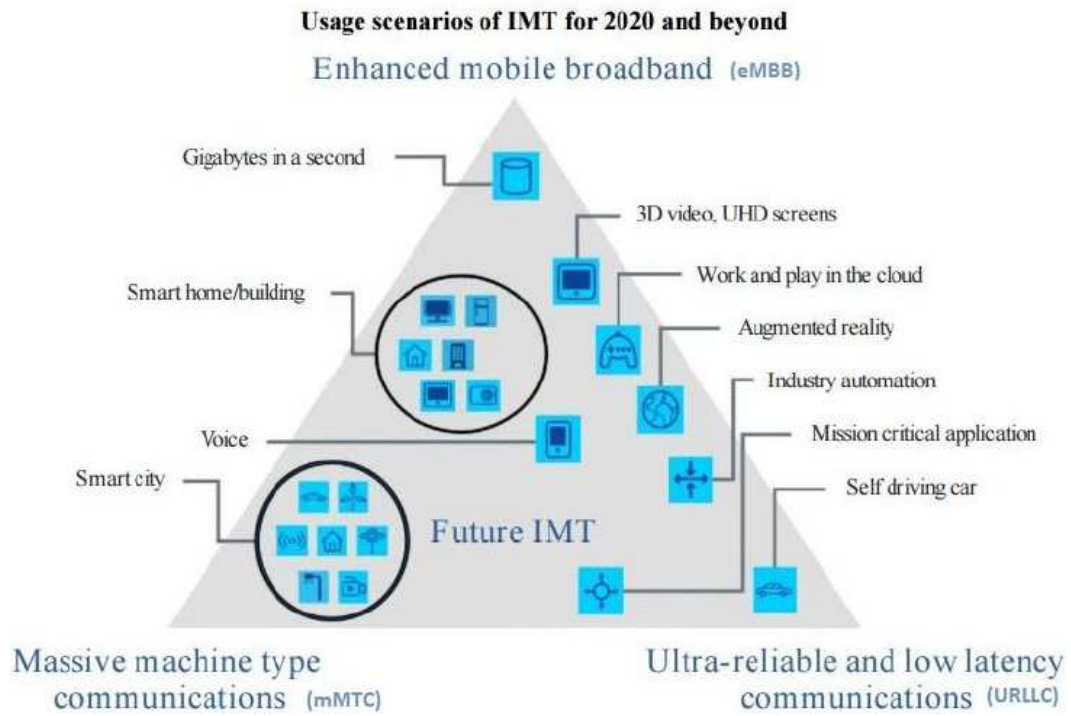


資料來源：Qualcomm(2019)

圖 2.1 行動網路之發展

而依據張傳福等人(2019)^[2]「最完整 5G 技術架構白皮書」一書中指出 5G 的技術範疇包含無線技術、網路技術、頻譜需求、支撐技術，其中無線技術包含多址技術、雙工技術、多載體技術、多天線技術、調變編碼技術、毫米波通訊技術；網路技術，包含 5G 網路結構需求、5G 網路架構設計整體要求、5G 網路架構的關鍵技術、5G 連線網網路架構、5G 核心網路架構、超密集網路拓樸；頻譜需求，包含無線頻譜分配現狀、5G 的頻譜需求、中低頻頻譜的利用、頻譜共用技術、高頻頻譜的利用、白頻譜的利用、全頻譜連線及認知無線電技術；支撐技術，包含行動雲技術、雙連接技術、SON 技術、M2M 技術、D2D 技術、網路切片技術、邊緣計算技術及 CDN 技術。以下茲就國內外 5G 發展技術說明如下：

Oughton 等人(2019)^[3]指出 5G 是使用高頻段大約 30-300GHz 之間的毫米波(mmWave)進行傳輸移動通信，而波長短於超高頻的電磁波則可稱毫米波，該頻譜具有更大的頻寬，因此使用毫米波進行數據傳輸速率更佳，也由於波長較短，因此用於接收訊號的天線可以相對較短，目前 5G 已成為全球業界研發的焦點，而全球主要的標準化組織有 ITU(International Telecommunication Union, 國際電信聯盟)、3GPP(3rd Generation Partnership Project, 第三代合作夥伴計劃)、NGMN(Next Generation Mobile Networks, 次世代行動網路聯盟)等，NGMN 於 2015 年發佈第一份 5G 白皮書，制定統一的營運需求，旨在支持 2020 年及之後 5G 的標準化和可用性。主要關注點是 ITU 內部的無線電通信部門(ITU-R)訂定 5G 行動通訊系統(IMT-2020)之目標，並依據 ITU-R 的規劃，5G 的三大技術特性應用情境，包含增強型行動寬頻(Enhanced Mobile Broadband, eMBB)的端到端需求，高可靠超低延遲通訊(Ultra Reliable Low Latency Communications, uRLLC)和大量裝置連網通訊(Massive Machine Type Communications, mMTC)，如圖 2.2 所示，但是這三大技術特性本身存在某些矛盾(曲建仲，2010^[4])，如 mMTC 追求低功耗、高覆蓋，而 eMBB 追求速度快，速度快就不可能省電，彼此存在矛盾，因此必須仰賴網路切片(Network Slicing)技術解決該矛盾。ITU-R 針對上述 5G 的三大技術特性訂定其要求標準(Jorg 等人，2020^[5])，做為各國標準組織準備遞交之國際行動電信 IMT-2020 系統候選提案以及系統效能評估的依據，如：eMBB 資料下載(DL)與上傳(UL)各需達 20Gbps 及 10Gbps、mMTC 的连接密度為 106/km²、uRLLC 為 1 毫秒(ms)以內等(International Telecommunication Union, 2017^[6])，彙整如表 2-1 所示。



資料來源：NGMN Alliance, 5G White Paper 1 & 2(2015、2020)

圖 2.2 5G 三大技術特性與應用情境

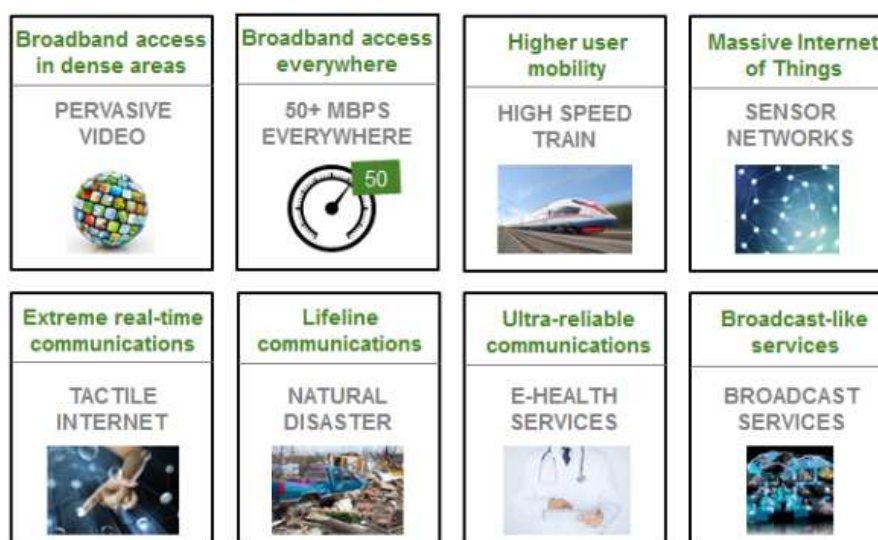
表 2-1 ITU-R 制定 IMT-2020 系統效能需求

Performance indicator	eMBB			mMTC	uRLLC
	Indoor Hotspot	Dense Urban	Rural		
Peak data rate(峰值資料傳輸速率)	DL : 20Gbps ; UL : 10 Gbps			-	-
Peak spectral efficiency (峰值頻譜速率)	DL : 30Gbps ; UL : 15 Gbps			-	-
User experienced data rate (用戶體驗數據速率)	-	DL : 100Gbps UL : 50 Gbps	-	-	-
5 th percentile user spectral efficiency (第五百分位用戶頻譜使用效率)	DL : 0.3bps/Hz/TRxP UL : 0.21bps/Hz/TRxP	DL : 0.225bps/Hz/TRxP UL : 0.15 bps/Hz/TRxP	DL : 0.12bps/Hz/TRxP UL : 0.045bps/Hz/TRxP	-	-
Average spectral efficiency (平均頻譜使用效率)	DL : 9bps/Hz/TRxP UL : 6.75bps/Hz/TRxP	DL : 7.8bps/Hz/TRxP UL : 5.4bps/Hz/TRxP	DL : 3.3bps/Hz/TRxP UL : 1.6bps/Hz/TRxP	-	-
Area traffic capacity (區域傳輸流量)	10Mbit/s/m ²	-	-	-	-
User plane latency (用戶平面傳輸延遲)	4ms				1ms
Control plane latency (控制平面傳輸延遲)	20ms				20ms
Connection density(設備連接密度)	-	-	-	10 ⁶ /km ²	-
Energy efficiency(能源效率)	Support for (a) efficient transmission of data in loaded or power limited case and (b) low energy consumption when there is no data.			-	-
Reliability(可靠性)	-	-	-	-	1-10 ⁻⁵

Performance indicator	eMBB			mMTC	uRLLC
	Indoor Hotspot	Dense Urban	Rural		
Mobility(移動性)	0~10km/h	0~30km/h	0~500km/h	-	-
Mobility interruption time (移動中斷時間)	0ms			-	-
Bandwidth(寬頻)	At least 100MHz				

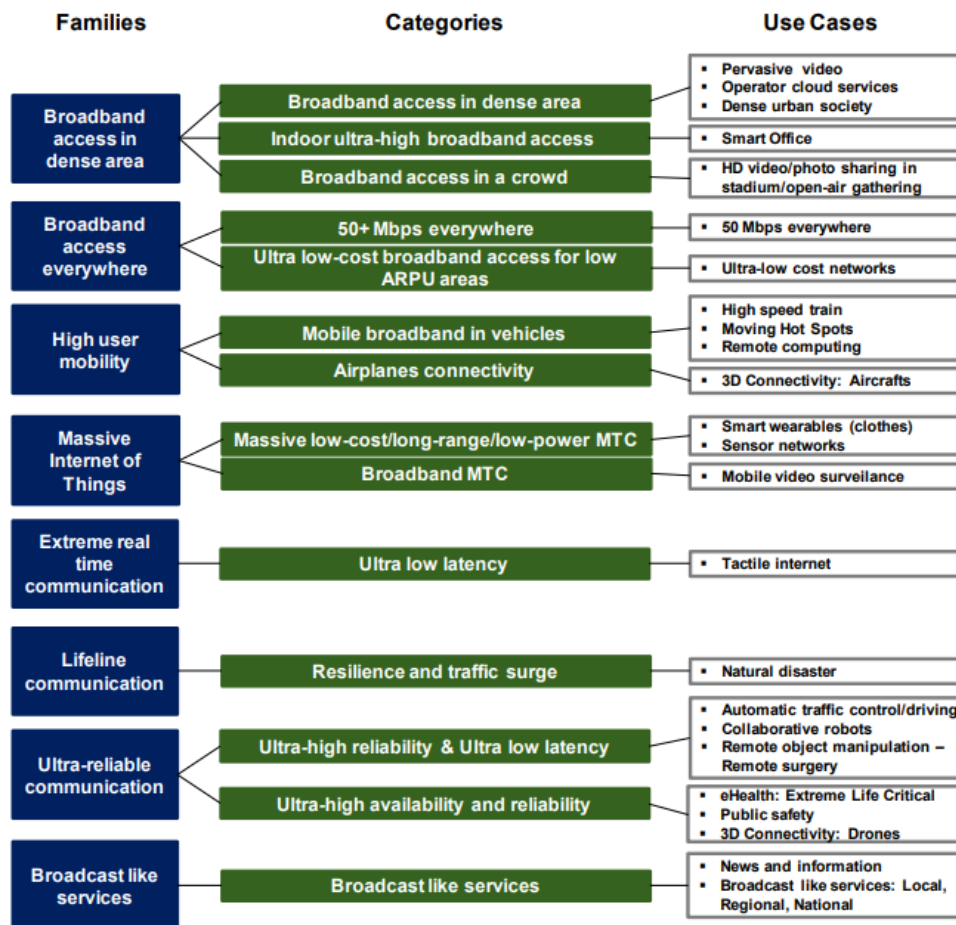
資料來源：International Telecommunication Union(2017)、本計畫彙整

此外，在 5G White Paper(NGMN Alliance, 2015^[7])中亦揭示 5G 的 8 個應用範疇，包含：(1)密集地區的寬頻連接(BA in dense areas)，如高解析度的視訊通話；(2)普及的寬頻上網(BA everywhere)，如普及的 50+ MBPS 下載速度及低成本的網路佈設；(3)用戶的高速移動性(Higher user mobility)，如用戶在高速移動列車或汽車上能夠順暢使用網路；(4)大規模的物聯網(Massive IoT)，如高密度佈設之感測器，包含溫度、濕度、汙染、噪音、車輛等類型之感測器；(5)高度即時性通訊(Extreme real-time communications)，如觸覺互聯網(Tactile Internet)，觸覺互聯網對可用性(Availability)的要求極高，不會因信號屏障等因素而影響傳輸速度或傳輸延遲，例如：醫生因緊急情況而執行遠距手術，必須要在小於 1ms 的延遲下進行機械手術臂操作，而患者的即時醫療數據也同樣須在小於 1ms 內傳輸回覆給醫生，上述過程必須要求極穩定的精確性，否則若因一秒的斷訊就可能產生無法預期之嚴重後果；(6)生命線應用通訊(Lifeline communications)，如發生自然災害，倖存者能夠發出所在位置訊號，以便迅速搶救人員迅速找到；(7)高度可靠的通訊連接服務，如提供自動化交通控制和駕駛(Automated Traffic Control and Driving)、工業界自動化的機器人(Collaborative Robots)生產、運輸等服務、透過感應器等設備(心電圖、脈搏、血糖、血壓等)提供更全面的電子化醫療系統(eHealth)、遠端手術(Remote Object Manipulation)，以及能在人口稀少地區運用無人機進行自動宅配服務的立體網路連接(3D Connectivity)服務；(8)類廣播服務(Broadcast-like services)，提供互動功能的類廣播服務，讓新聞等相關資訊能夠依在地、區域性、全國性等方式提供資訊揭露服務。上述 5G 應用的 8 個範疇如圖 2.3 所示，圖中除顯示主要技術範疇外，其餘可行之技術範疇如圖 2.4 所示。



資料來源：5G White Paper(2015)

圖 2.3 5G 應用情境



資料來源：NGMN Alliance, 5G White Paper(2015)

圖 2.4 5G 應用情境與其他技術範疇

2020 年發佈第二份 5G 白皮書(NGMN Alliance, 2020^[8])，新版白皮書在第一份白皮書之基礎上，增加未來願景、應用等方面之論述，且更加關注 5G 後續可導入的垂直應用行業(Vertical Industry)，其中針對製造業、營造業、運輸業、醫療業、智慧城市與社區、教育、旅遊業、農業、金融業等行業，進行未來預期應用之簡述：

一、製造業

全球製造產業有著高品質及高時效性要求、自動化、智慧化以及彈性化工業控制等特性，以確保原料、產品以及製程能夠受到即時的監控、優化以及控制。目前生產廠房大多使用實體線路連接以完成作業需求，但當因應作業需求調整而需重新配置組態時，實體線路組態因線路複雜而欠缺調整的靈活性，反觀 5G 無線連接則提供更便捷的連接服務並能同時滿足製造業需求，其具體可實現的服務內容包含：

1. 提升所有感測與執行裝置，賦予其低延遲、高可靠性以及高可用性的連接、移動以及定位能力，以便達到即時監控、製程控制及端到端的物流和金流追蹤。
2. 提升本地端影像處理能力，應用程式將有能力更充分地運用即時影像擷取資料。
3. 提升巨量感測器的連接能力，讓所有資料得以匯集至資料平臺統一處理。
4. 利用擴增實境(AR)來優化和改善維運工作。

二、營造業

營造產業中，在計畫制定期程以及預算內完成營建專案是極為重要的任務，同時還得兼顧高水準的員工安全以及工作環境。基於此，對於機具實施遠端管理、自動化運行作業，以及機具間之安全運行與同步化會是主要的發展目標。5G 系統將支援專用於營建工程的自動化智慧系統，其具體可實現的服務內容包含：

1. 在給定的區域中，賦予感測器以及控制器低延遲、高可靠性以及高可用性的連線能力。
2. 高品質的即時影像傳輸能力。
3. 高精度的人員與儀器定位能力。
4. 邊緣運算資源運用於機具移動控制。

三、運輸業

公路運輸產業之主要任務為提供高效率、安全、環境友善以及舒適的運輸服務，其中透過利用人工智慧以實現自駕車的自動感測、決策與控制是目前發展重點。5G 系統提供以下的支援服務：

1. 傳輸高品質的路況或路側設施影片或影像，用以協助導航、遠端駕駛或是自動駕駛，此外還能用以辨識視線盲區以及其他危險區域。
2. 車輛以及道路基礎設施的即時通信能力，再加上高精度的車輛定位以及邊緣運算能力，幫助辨識潛在危險並提升決策能力，並執行路線規劃與路線更新、緊急煞車、以及車輛智慧型防撞等任務時能夠即時可靠。
3. 蒐集車輛以及路側基礎設施的資料，並建立模型以監測道路環境或是實現商業服務應用，如先進道路使用費(Road Usage Charge, RCT)系統。
4. 利用下載軟體更新的方式實現車輛的遠端維運，且車輛的狀況能夠回報

給車輛製造商。

四、醫療業

醫療衛生產業旨在均衡的分配醫療資源，包含可攜式的智慧醫療裝備、強化醫療運具的治療能力，以及降低手術實施的條件限制，使民眾無須前往手術室才能接受治療。目前多數醫院仍以實體線路連接其醫療設備，雖然連線品質可靠但是配置相對複雜且缺乏靈活性。此外隨著遠距醫療援助的需求增加，特別是基於弱勢族群與年長者的照顧，5G 針對以上情境提供下列解決方案：

1. 大範圍的救護車服務涵蓋面積，包含傳送即時的高品質影像以及病患的生命徵象紀錄以回報醫院的控制中心。
2. 位於穿戴式裝置內的感測器能持續蒐集被監測者的生命徵象，不受地理位置的影響，如此一來能協助醫護人員遠端監控並即時做出醫療決策。
3. 醫院內所有住院病患的生命徵象監測資料皆具統一格式，並匯入至同一平臺做管理。
4. 建立醫院專用通信管道，以實現遠端手術時的即時指導與溝通。
5. 管理以及監控醫療器材、醫院人員與財產。

五、智慧城市與社區

智慧城市與社區旨在延伸網路基礎設施的涵蓋範圍，利用資訊蒐集與處理技術來提升都市安全治理能力，並整合多種面向的社區智慧服務應用以提升總體生活水準。5G 系統有助於以下發展：

1. 高品質影像傳輸、定位與追蹤技術能提升安全監控效率。
2. 密集網路化佈設的智慧感測器可提升都市環境監測之全面性，支援整合城市與資源管理。

六、教育業

通訊科技的進步催生新的教育模式與應用，因此解決了過去在普通教育上資源分配不均的問題。教育方法可以利用混合多種教學工具為學員量身打造，比如設計含有線上與線下學習的教學模式。基於此，5G 系統能提供以下幫助：

1. 加速將虛擬(VR)以及擴增實境(AR)加入教學工具。
2. 虛擬以及擴增實境特別適用於用來替代具危險性且設備昂貴的實驗操作。

3. 遠端互動式教學，給予不同學校、學區的老師或學員同步的教育體驗。
4. 管理學校人員、資產，並監測校園環境以保障安全。

七、旅遊業

旅遊產業能利用 5G 通訊網路提供旅客更具沉浸式、互動性以及刺激性的旅遊體驗，並可針對造訪的區域補充更深度的旅遊資訊，比如其相關景點、設施等等。過往的旅遊景點常因為人潮過於稠密而通訊品質不佳，5G 網路被期待能解決此問題並促進以下服務：

1. 利用 AR 重現考古遺跡地點，在博物館內成立主題式導覽以深化遊客對於建築與歷史的城市體驗。
2. 自動傳送高品質影像以及影片至雲端。
3. 智慧人流管理。

八、農業

智慧農業對於農業產能有巨量的提升，其中透過 5G 系統能進一步實現：

1. 運用在農用機器人(Agricultural Robots, AgBots)，如自動駕駛拖車、精準播種機、自動除草機、害蟲控制機以及自動收割機，如此一來能在更低的人力投入下獲得更高的產量。
2. 無人航空載具能提供鳥瞰視角做為農作物管理的根據。
3. 感測器能對作物、牲畜健康以及環境狀態進行即時監測。
4. 整合所有機具與感測器形成統一傳輸網路，串聯與土地、作物、牲畜、物流、機械相關的決策作業程序。

九、金融業

金融產業仰賴高安全性、高可靠性以及高適應性的平臺以進行金融服務。5G 將促使銀行進行數位轉型，使得客戶能夠隨時隨地使用交易操作，5G 提供的能力包含：

1. 高速傳輸(Gigabit, GB)級別的資料傳輸速率，使得巨量高頻的股市資料得以被蒐集與分析。
2. 超可靠低延遲通信(Ultra-Reliable and Low Latency Communication)促使快速回復並控管高頻的行動裝置交易請求，使得高時間敏感性的購買與賣

出交易能夠可靠無虞。

3. 大量的裝置透過穩健的連線能力去提升資料交互分享，使得個人化的付款以及小額付款能透過各種裝置操作。
4. 強化安全性能，使得自銀行端至客戶端都享有安全的交易作業環境，由此可避免詐騙行為以確保交易的真實性。

綜上，由 5G 白皮書 I 及 5G 白皮書 II 揭示之交通應用，主要聚焦在自動駕駛車範疇，透過 5G 之低延遲技術，將延遲時間降低至 10 毫秒以內，藉以大幅提高自動駕駛車之控制度與安全度，除了 5G 之低延遲特性外，亦能運用其高速傳輸技術，更即時地偵測車前狀況，如是否有行人，再將資訊快速傳回駕駛儀表板上，讓車輛彼此即時交換資訊或協作。

2.2 國內外智慧交通與交通管理案例

隨著 5G 廣泛的部署與進行，世界各國在各式智慧的應用上逐漸發展與崛起，對許多過去尚不可行的應用範疇帶來了劇變，如：5G 的低延遲特性，使 AR 或 VR 的應用更具有身歷其境的體驗，戴著 AR 護目鏡的技術人員能更即時的進行操作或維修說明，世界各國各式智慧交通應用崛起，本節茲就世界各國於 5G 在智慧交通領域的驗證、應用與管理上進行說明彙整，包含緊急車輛應用、行車安全、自動駕駛、智慧車站、交通管理、場站客流管理、物流管理等。

一、日本：行車安全應用(NTT DoCoMo, 2018^[9])

2019 年日本電信公司 NTT DoCoMo 與保全公司 ALSOK 合作，在德島縣上山町使用 5G 通訊技術進行汽車安全測試，在運輸車隊的每一車輛上安裝 360 度全景攝影機，車輛間經由 5G 通訊直接連結，該測試使用 28GHz 頻段的 5G 無線設備進行飛行視圖圖像的傳輸，透過車輛在行進過程中，同步監視車隊前後安全車距，且傳送高畫質影像至中控室，再進行後端 AI 系統分析，從傳輸的圖像中可即時辨識 35 公尺遠的車輛類型、路人的衣服與姿勢、行動資訊，以保持行進安全與提升服務品質。



資料來源：https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/rd/docomo5g/20190319_07/index.html

圖 2.5 使用 5G 通訊傳輸飛行視圖確保車輛安全服務

二、葡萄牙：緊急救難應用(ericsson.com, 2019^[10])

葡萄牙的兩間 5G 電信商(Ericsson 與 Altice)與地方救難人員聯合推出 5G 運用在緊急事故應變的示範影片，影片中顯示，所有事故應變有關人員，包含警方、救護車隊、消防隊、民防隊等，在執行交通事故應變處理勤務時均穿戴相機與感測設備，透過 5G 網路連線接受指揮中心的統一調度，營救受困於車內的駕駛。示範救援影片全程透過空拍機紀錄，運用 5G 低延遲技術，提供幾乎無延遲的高畫質影像串流以及感測器資料回傳能力，藉以幫助指揮中心隨時掌握現場動態，如所有救難人員的即時相對位置等，以利做出最佳的決策處理，並即時監測現場環境狀況(如：空氣品質)提升事故應變的作業效率。此外，救難人員的生命跡象亦持續受到監測，並將所有監測資料彙整至指揮中心。在葡萄牙阿威羅(Aveiro)的實驗場域中，Ericsson 設置一非獨立(non-standalone)、端到端(end-to-end)、且使用 5G 演進數據封包核心(Evolved Packet Core)的網路架構來完成上述試驗。

三、中國

1. 交通管理與緊急車輛應用(TechNode, 2019^[11])

阿里巴巴集團中的雲端計算部門-阿里雲(Alibaba Cloud)於 2016 年 9 月首次推出「城市交通管理系統 City Brain 1.0」，一開始主要是用來改善交通，以及進行即時交通預測，並利用偵測影像、交通局、公共交通系統的數據偵測交通事件。2018 年持續推出 City Brain 2.0 版，杭州成為第一個採用該系統的城市，並且從中國最擁擠的城市中，由排名第 5 名下降至第 57 名，杭州的 City Brain 2.0 覆蓋市中心 42 平方公里的核心區域，其舉報交通違規的準確性達 95%，該系統具有 110 多個自動警報功能和 1,300 個由 AI 控制的

交通號誌，透過攝影機影像得到即時的交通流量，讓號誌能根據即時交通流量，最佳化路口號誌的時間分配，有效減少 15.3% 的通行時間，提高交通效率。另在杭州蕭山區，針對 120 輛救護車等特種車輛進行優先調度，一旦接到緊急電話，City Brain 會根據交通流量數據，自動調整沿路號誌燈號，為救護車輛即時打通一條一路綠燈的生命線，除可減少對其他交通的影響之外，更能讓救護車到達救難現場的時間縮短近 50% 的時間。

2. 智慧車站客流管理應用(張朝欽，2019^[12])

目前上海許多火車站均已具備各類軌道交通訊息系統，包含自動售檢票系統(Automatic Fare Collection System, AFC)、軌道交通清分系統(AFC Clearing Center, ACC)及營運控制中心(Operating Control Center, OCC)等，但面臨系統數據資料存在 15 分鐘以上的延遲而導致無法準確獲取乘客的乘車軌跡達到有效的客流監控，因此在尖峰時段如何提高軌道交通的營運效率成為急迫解決的難題。

第二屆中國國際進口博覽會(簡稱進博會)於上海的國家會展中心舉辦，為因應每日大量與會人數，上海申通地鐵集團、上海電信、卡斯柯、華為、上海通服等公司合作打造「進博會 5G+智慧地鐵平臺」，並於 2019 年 10 月 31 日上海地鐵徐涇東站正式啟用，透過此平臺可聯合指揮與進博會相關之「三線三站」，包含地鐵 2 號線、10 號線、17 號線「進博三線」之間的運營協調，以及徐涇東站、虹橋火車站、諸光路站「進博三站」之間的聯動指揮，平臺亦能透過客流資訊和進出博覽會場館的客流量等即時數據，結合歷史數據加以分析，預測未來 15 分鐘的客流情況(如預測排隊時間)，使地鐵工作人員於必要時實施分流措施，或提前通知乘客更換乘車路線，從而降低地鐵大量客流聚集的風險，此外，「進博會 5G+智慧地鐵平臺」不僅有客流資訊，亦能獲取車輛的即時秤重資訊，進而計算列車運能，即時發出預警，並提供開啟疏散通道建議、開門或電扶梯等設備運行方式建議、出入口開啟或關閉建議、地面客流疏散或引導建議等，平臺也於徐涇東站首次實現 5G 網路民用化，將 5G 網路轉換為 Wi-Fi 熱點，使乘客無需更換手機即可體驗 5G 的高速流暢。地鐵工作人員運用 5G 網路的高頻寬、低延遲、高連結等特性提高管理效率，如：利用定位手環，可同步每位站務員到崗情況；利用移動終端(mobile terminal)，亦即可以在移動中使用的計算機設備(如手機、平板等)，站務員與指揮室可視訊對話；透過設置更多的移動攝影機，可彌補既有攝影機的視線死角；亦可透過 AR 眼鏡，指揮室通過第一視角協助站務員處理突

發狀況。「進博會 5G+智慧地鐵平臺」的應用不僅能保障交通安全有序，更提高排除故障的效率，並大幅提升地鐵營運管理能力。

三、波蘭：緊急車輛應用(TTI, 2020^[13])

Rzeszów 為波蘭第一個在路口實施緊急車輛優先通行技術的都市，在既有的 ITS 中，以西門子的 Sitraffic Stream 技術做為基礎，擴充新的系統功能，保證緊急車輛能夠優先通過路口，並已成功通過測試，正式在 Rzeszów 運行。而 Rzeszów 的 ITS 系統從 2015 年開始運行，涵蓋 66 個路口交通號誌、40 個以上的 VMS、天氣和汙染測量站、CCTV 系統、ANPR 旅行時間系統、偵測公共運輸智慧優先的系統，擴充的系統功能技術是在 42 部緊急車輛(救護車、消防車、警車)上安裝特殊車載單元(OBU)，透過 GPS 準確的定位車輛即時位置，並回傳交通控制中心要求優先通行權，不需透過路側設施，當緊急車輛通過路口後，ITS 會自動讓號誌燈號恢復正常作業，使緊急車輛和一般駕駛者不需要在路口前緊急剎車或減速，從而提升道路安全，且減少鳴笛聲，降低噪音干擾。

四、比利時：緊急事件通報應用(Ericsson.com, 2020^[14])

現況緊急事件之通報與處理，主要以基本語音服務為主(如撥打 110、119 等緊急電話)，但隨著 5G 網路技術的不斷進步，例如：能更安全並快速的共享數據、圖片、影片，傳輸的低延遲特性、網路切片(network slicing)等技術將改變前述之通報作業程序。比利時安特衛普港的警察單位和消防隊發展一個獨立的 5G 網路”Minerva”，亦即 5G 專網，旨在提升港口公共安全及緊急應變服務，該網路目前由 iSea 科技公司和 Ericsson 協助開發與測試，測試的網路功能中包含：運用從各種的固定式、車載式和穿戴式攝影機將即時影像傳輸到中央營運中心，藉以指揮及協調一線反應小組解決現場公共安全問題。此外，運用 5G 網路切片技術，使遇到緊急事件的地方警察、消防單位與港口當局，能夠獨立控制各自的網路以確保緊急服務的品質，5G 專網不僅能提升港口、警察和消防隊的數位應用的速度、可靠性、安全性，而因該網路並非公用網路，因此能降低潛在的故障發生，例如因大型集會或活動而產生網路使用超載的問題。

五、南韓

1. 物流車輛與設施管理應用(洪煥周，2020^[15])

南韓電信公司 KT，將 5G 運用在物流公司的自動駕駛推車上，並且能

根據控制中心的指令將貨物或其他設備運送到指定地點，使員工裝載和搬運的距離減少將近 50%。該電信公司與從事機器人和線上平臺開發的 Twinny 合作，研發兩種不同類型的 5G 自動駕駛推車，分別為「NarGo」與「TarGo」，NarGo 是一款像貨運列車的自動推車，可用來運送大量的重物，且後方可連接多輛推車；而 TarGo 能跟著指定人員移動，協助該人員分類物件，此外，KT 更將其自動駕駛智慧車輛(autonomous intelligent vehicle ,AIV)服務導入 NarGo 與 TarGo，AIV 服務是一種連接 5G 網路的整合控制系統，透過預先安裝的地圖和自動駕駛推車上的即時資訊處理指令，並利用 5G 網路的低延遲特性蒐集和分析營運數據及統計資料，為因應 COVID-19，AIV 服務的使用不僅大幅減少員工之間的接觸，同時也提高員工之工作效率。

2. 交通導航應用(謝明珊，2019^[16])

南韓電信公司 KT、南韓現代汽車旗下的汽車零組件製造商 Hyundai Mobis 及其子公司 Hyundai MnSOFT 導航製圖企業合作開發「5G 交通導航」計畫，並通過五大情境試驗，包括即時更新地圖，避開施工區域，防止碰撞其他車輛，緊急 5G 影像串流，感測行人等情境，該計畫中由 KT 負責 5G 網路的基礎設施，並支援終端與基地臺之間的連線；而 Hyundai Mobis 與 Hyundai MnSOFT 則分別透過感測器蒐集交通資訊，擷取關鍵資訊傳送給伺服器、以及依照回傳的即時資料，修正並更新地圖，並共同研發即時導航更新和行動通訊 C-V2X 等技術。五大情境的測試場地位於 Hyundai Mobis 在忠清南道的瑞山市自動駕駛汽車測試中心，其中兩個情境測試方式如下：兩輛自動駕駛測試車輛行駛於同路段，兩車前後相距數十公尺，前車透過感測器蒐集交通數據後，回傳並即時反應於地圖上，地圖修正更新後則發送給後車，而前車於轉彎後，如遇到施工和停止標誌，隨即將資訊發送，讓後車可即時修改最佳路徑，提早改道。而另一情境為三輛自動駕駛測試車(M-Billy)行駛於同一路段，當第一輛 M-Billy 偵測到有自行車停放於其行經路線上後隨即停止，緊接在後的第二輛 M-Billy，以感測器接收到前方車輛停止後，也隨即停止，第三輛 M-Billy 雖沒有感測到前方車輛緊急停止，但接收即時資訊後，會馬上變換車道，以避免發生碰撞。

六、德國：緊急車輛應用(ERTICO.com, 2018^[17])

德國的專家認為，如果交通事故受害者可以提前 4 分鐘接受到救援治療，其存活率可以提高 40%。因此在德國的福特公司與英國的 Vodafone 合作進行測試，

以車聯網技術打造緊急警報系統，當緊急車輛接近時，該系統提供預警，警告周邊其他車輛駕駛者，將有緊急車輛需通行，並且還能告知緊急車輛在道路的哪一側，進而讓一般駕駛者往另一側迴避，避免在不知道情況下，因車輛不規律閃避行為而造成交通打結。

七、美國：緊急車輛應用與駕駛員狀態監控

1. 緊急車輛優先通行號誌控制

由 Autotalks 與 Applied Information 公司共同合作研發出一個雙模式芯片組，此芯片安裝在路側單元(RSU)上，不僅能夠使用 C-V2X 和 DSRC 協議進行廣播，而且還可以同時進行，而無需手動選擇特定頻率。相關設備目前已經佈署在喬治亞州，德克薩斯州和夏威夷的應急車輛和路側裝置中，當緊急車輛要通過路口前，號誌可以即時變換成綠燈，除了提供道路通行權外，同時確保橫向車輛停止，讓緊急救護車輛可以更快到達目的地，擁有更足夠的時間挽救生命，未來預計可將相關設備佈署擴大到其他應用，例如公車優先、紅燈運行警報、準備綠燈消息等，以使用路人更加安全有效地通過信號交叉口。

2. 車輛及駕駛員狀態監控暨反饋系統

美國在致命職業傷害分析中發現緊急醫療技術員(Emergency medical technician, 簡稱 EMT)和護理人員的致命傷害發生率最高，而其中最大原因是緊急車輛事故，因此在 2015 年美國國家職業安全與健康研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, 簡稱 NIOSH)進行了相關研究，並且證明在美國各地多個急診醫療服務 (Emergency Medical Services, 簡稱 EMS)車隊中使用車輛監控及反饋系統大大改善了駕駛員的行為，並且與車禍事故有關的傷害和死亡率降低。

汽車醫學促進協會 (Association for the Advancement of Automotive Medicine, 簡稱 AAAM)在 2005 年發佈了「提高救護車安全性的最佳解決方案：在地面緊急醫療服務車輛中實施駕駛員性能反饋和監控裝置」的研究成果也有相同的結論，此研究中系統的運作方式為監控車輛相關數據，包含車速、轉向、轉向力、安全帶、駕駛員的狀態等，當偵測發現快達或超過安全警戒值時，車輛內會以告警聲音提醒駕駛人調整駕駛行為，並且超過警戒值越多聲音就會越大，讓駕駛人能依據聲音大小得知違規行為超出安全值多少，另外每位駕駛人員都有各自的汽車鑰匙，當使用鑰匙發動車子時系統能得知

是哪一位人員正在駕車，並將相關資訊傳到後端管理平臺，以利管理人員可以監控及蒐集駕駛人行為。而且此研究成果發現，安裝監控及反饋系統後，因駕駛人員的行為改善，事故率明顯降低以外，連帶降低 20% 的車輛維護成本，包含油耗、輪胎磨損、煞車片磨損等。

八、英國：緊急車輛應用與路徑規劃

1. 緊急車輛優先通行號誌控制

英國紐卡斯爾大學在 2015 年時探究「如何讓救護車在交通號誌燈前獲得優先權」，參與實驗的救護車會在前擋風玻璃頂部安裝一個小裝置，當車輛在距離路口前 100 公尺時，會主動監測前方的號誌燈號，若為紅燈則主動向號誌發出優先通過的訊號，而在救護車通過路口前該號誌即會轉換為綠燈，以利其快速通過。

首批參與此項實驗的車輛總共 14 輛，皆為非急救型、隸屬於英國國家醫療服務體系的車輛，在這些車輛中安裝設備用來觀察通過路口的情況，並且發現及時轉換交通號誌燈並不會對其他用路人造成太大的影響，而此項技術不只可以運用在急救車輛、或者英國國家醫療服務體系的車輛外，未來它甚至還可能可以應用在無人駕駛車。

2. 路徑規劃結合號誌控制

英國公司 Red Ninja 利用交通號誌燈管理系統來開發出勤救護車開道的智慧運輸系統，其運用人工智慧(AI)發展可計算路線的演算法，在接收到事故目的地資訊時，平臺會自動計算最佳路徑給救護車駕駛人員，並且透過運算調整救護車行經道路的號誌，讓緊急救護車輛沿途都是綠燈，快速抵達目的地。

九、臺灣

1. 自駕車應用(交通部，2020^[18]；何佩儒，2020^[19])

交通部為因應 5G 與 AIoT 智慧運輸時代的來臨，在淡水淡海新市鎮推動 5G 智慧交通試驗場域，在該場域除測試自駕車外，車聯網、AI 路況偵測、3D 戰情中心等其他 5G 智慧交通應用領域亦會一併進行測試。透過該試驗場域，可提供車聯網產業驗證其各種智慧運輸的創新應用，並運用智慧車展示平臺，以大數據方式進行技術實證及場域資料分析，研訂完善的相關標準、制定檢驗及審核機制，以加速相關產業升級、轉型及接軌國際。另因

應多元技術驗證的需求，在淡海新市鎮 5G 智慧交通場域中，已於 10 個測試路口佈設終端設備，可將即時資訊傳送給聯網車或巡禮巴士，包含即時號誌時相應用、前方號誌時相秒數資訊提示、前方道路障礙／違停車輛警示、前方道路壅塞提示、行人防撞警示和路口車輛闖入輕軌軌道區域警示等。相關資訊均能在車載資訊系統上呈現，讓駕駛員與乘客能及早因應。

2. 智慧鐵道應用

中華電信^[20]結合物聯網、雲端服務、5G 高速網路等相關技術，發展智慧交通物聯網整體解決方案，運用穩定且高速的 5G 行動通訊網路，提供列車端與控制中心端的連線，即時將列車資訊回傳至 IoT 平台，透過物聯網技術快速進行設備管理、事件偵測、資料存取、視覺化呈現等相關服務。

3. 智慧船舶應用

中華電信^[21]結合 5G 技術開發智慧船舶服務，應用於商船、漁船、海上工作船等類型之船舶，智慧船舶提供船員福利(MEN)、船東船隊管理功能(Management)、船舶監控(Monitor) 3 大功能服務，並於 109 年 3 月 POC 階段完成船舶即時軌跡、船體及航行狀態顯示、午報報表電子化、事件告警及儀表板功能。此外亦以 5G 大頻寬特性結合全船 WiFi，解決船舶靠港時船員無法下船之大量上網需求。

4. 緊急車輛應用

(1) 緊急智慧救護系統-臺北市

以交通大學資訊工程學系為首的 WayFic 團隊參與「2020 總統盃黑客松」，結合 IoT 及 Machine Learning 提供區域性的救護車派遣系統-WayFic Cloud，改善因交通壅塞而造成救護效率不佳的問題。主要透過路況歷史資料分析和車流模擬巨量資料，當新的緊急救護需求產生時，系統運用本計畫團隊勤歲國際導航服務為基礎，依據緊急車輛及其路線需求建置之專用導航圖資，如行駛公車專用道等，進行客製化路徑規劃暨導航服務，即時演算出最佳路徑規劃；同時，在救援過程中利用道路資訊看板和 5G 車聯網通訊與 IoT 技術，透過交通號誌之間的連動，引導駕駛人往適當方向疏散，確保路程中救護車及其他用路人的安全。以臺灣救護車平均旅行時間 14 分鐘來看，救護車最佳路線規劃包含救護專屬導航及號誌應變系統所組成，預期每趟可以縮短 3 分鐘，每年可以多救活 1,855 人。



資料來源：本計畫產製

圖 2.6 救護車專用導航系統成果畫面

(2) 緊急車輛優先通行號誌及路口防碰撞系統-高雄市

以高雄市消防局鳳祥分隊之緊急車輛做為實作對象(計有 12 部緊急車輛)，計畫範圍為高雄市鳳山區之鳳頂路/保生路口、鳳頂路/過埤路口等 2 處路口，進行緊急車輛優先通行號誌控制系統試辦；同時亦於鳳頂路/過埤路口進行路口防碰撞警示系統試辦。

當緊急車輛通過號誌化路口前，預先利用路側或中心電腦計算車輛接近路口時間，對號誌時制狀態做綠燈延長或紅燈切斷方式處理，讓緊急車輛抵達路口時為綠燈時相，以利緊急車輛續進通過，同時考量優先號誌系統與既有適應性號誌系統並行運作，以確保緊急車輛通行安全及路口紓解效率。路口設置雷達偵測路口來車，讓緊急車輛掌握前方路口動態，於危險發生前提早提供安全警示，並規劃設置 CMS 資訊看板顯示，以提醒用路人有緊急車輛接近。

(3) 緊急車輛優先通行號誌控制-新竹市

新竹市於 105 年試辦「消防救援車輛優先號誌」裝置，選定新竹市經國路及田美三街做為優先試辦路口，並在三民分隊消防車出口處，建置觸發按鈕設備，連接號誌控制器，於消防人員出勤時按壓按鈕，以變換及延長路口綠燈時間，使消防車能以最快時間通過經國路/田美三街口，避免因路口號誌紅燈，造成道路壅塞回堵，延誤緊急救護黃金時間。

表 2-2 國內外 5G 應用於智慧交通與交通管理之案例彙整

資料來源：本計畫彙整

國家	應用領域	應用對象	應用內容
日本	行車安全	保全公司車隊	● 每輛車安裝 360 度全景攝影機，車間透過 5G 通訊連結。 ● 車輛行進過程中，同步監視車隊前後安全車距。 ● 即時辨識 35m 遠的車輛類型、路人衣服與姿勢。
葡萄牙	緊急救難	警察、救護車隊、消防隊、民防隊	● 執行交通事故應變處理勤務時均穿戴相機與感測設備。 ● 由空拍機拍攝現場，透過 5G 網路連線接受指揮中心的統一調度，進行營救。
中國	交通管理	杭州市	● 利用偵測影像方式，或是交通局、公共交通系統的數據偵測交通事件，並利用 5G 傳輸。 ● 透過 5G 網路，讓號誌根據即時交通流量，最佳化路口號誌的時間分配。
	緊急車輛	救護車	● 依據交通流量數據，自動調整沿路號誌的配時，縮短救護車到達救難現場的時間。
	智慧車站客流管理	地鐵工作人員	● 根據即時數據，預測未來 15 分鐘的客流情況。 ● 獲取車輛即時秤重資訊，計算列車運能，即時發出預警。 ● 每位工作人員配戴定位手環，同步每位站務員到崗情況。 ● 站務員配戴移動式設備，透過 5G 網路連線與指揮室同步處理突發狀況。
波蘭	緊急車輛	救護車、消防車、警車	● 在緊急車輛上安裝特殊 OBU，透過 GPS 準確的定位車輛即時位置，並回傳交通控制中心要求優先通行權，不需要透過路側設施，當緊急車輛通過路口後，ITS 會自動讓號誌燈號恢復正常作業。
比利時	緊急事件通報	警察單位、消防隊、港口當局	● 設立 5G 專網，將緊急現場的各種固定式、車載式和穿戴式攝影機的即時影像傳輸到中央營運中心。 ● 運用 5G 網路切片技術，讓各單位獨立控制各自的網路，確保緊急服務的品質。
瑞典	物流車輛設施管理	全自動駕駛電動貨車	● 透過 5G 網路將電動車與自動駕駛技術結合進行車隊管理。 ● 利用 5G 雲核心技術，提供自動電力運輸系統的動力。
南韓	物流車輛設施管理	自動駕駛推車	● 將 5G 運用自動駕駛推車上，並且能根據控制中心的指令將貨物或其他設備運送到指定地點，使員工裝載和搬運的距離減少將近 50%
	交通導航	自動駕駛車輛	● 兩輛自動駕駛測試車輛行駛於同路段，前車透過感測器蒐集交通數據後回傳並即時反應於地圖上，地圖修正更新後則發送給後車；前車於轉彎後如遇到施工和停止標誌，隨即將資訊發送，讓後車可即時修改最佳路徑，提早改道。
德國	緊急車輛	救護車、消防車、警車	● 以車聯網技術打造緊急警報系統，當緊急車輛接近時，系統提供預警予周邊其他車輛駕駛者，將有緊急車輛通行。
美國	優先通行號誌	救護車	● 透過部署整合了 DSRC 與 C-V2X 晶片組的雙模車聯網 (V2X) 方案，在緊急車輛接近路口時變換號誌燈。
	駕駛狀態監控	緊急救護人員	● 監控車輛相關數據，主動以聲音方式告警駕駛人改善危險行為，並且實名記錄與管理。

國家	應用領域	應用對象	應用內容
英國	優先通行號誌	救護車	● 擋風玻璃上安裝裝置，在接近路口 100 公尺處，監測前方號誌，並發出優先通過信號來改變號誌燈。
	交通導航	救護車	● 將演算之最佳救援行駛路徑資訊，提供給交通號誌管理系統進行號誌運算調整，讓救護車輛行經道路一路暢通。
臺灣	自動駕駛車	聯網車、巡禮巴士	● 於淡海新市鎮 10 個測試路口佈建終端設備，可將即時資訊傳送給聯網車或巡禮巴士，包含即時號誌時相應用、前方號誌時相秒數資訊提示、前方道路障礙／違停車輛警示、前方道路壅塞提示、行人防撞警示和路口車輛闖入輕軌軌道區域警示等。
	智慧鐵道	列車	● 運用穩定且高速的 5G 行動通訊網路，提供列車端與控制中心端的連線，即時將列車資訊回傳至 IoT 平台。 ● 以 5G 大頻寬特性結合全船 WiFi，解決船舶靠港時船員無法下船之大量上網需求。
	智慧船舶	船舶	● 結合 5G 技術開發智慧船舶服務，應用於商船、漁船、海上工作船等類型之船舶，智慧船舶提供船員福利(MEN)、船東船隊管理功能(Management)、船舶監控(Monitor) 3 大功能服務。
	交通導航、緊急車輛	救護車	● 路徑規劃結合優先通行號誌控制。 ● 以緊急車輛特性建構專用圖資及導航系統，即時演算最佳出勤路線，並透過優先通行號誌控制系統，提前疏散(解)、淨空出勤路線之車流，提升緊急救護作業效率。
	路口防碰撞系統	高雄市消防車	● 路口設置雷達偵測路口來車，讓緊急車輛掌握前方路口動態，於危險發生前提早提供安全警示，並規劃設置 CMS 資訊看板顯示，以提醒用路人有關緊急車輛接近。
	優先通行號誌	高雄市消防車	● 當緊急車輛通過號誌化路口前，預先利用路側或中心電腦計算車輛接近路口時間，對號誌時制狀態做綠燈延長或紅燈切斷方式處理，讓緊急車輛抵達路口時為綠燈時相。
		新竹市消防車	● 於消防車出口處，建置觸發按鈕設備，連接號誌控制器，於消防人員出勤時按壓按鈕，以變換及延長路口綠燈時間，使消防車能以最快時間通過。

2.3 我國交通管理與服務應用方向

根據本計畫對於「智慧交通數位神經中樞」的初步想法，5G 通訊技術在神經中樞資訊流動中扮演主要管道，讓各個單元之間的資訊流通與分享得以快速進行。相較於現有的 4G 擁有高速、低延遲、廣連結等三項特性，5G 的下載速度可到 20 千兆傳輸/秒(Giga transaction per second, Gbps)，比 4G 的 1Gbps 快了 20 倍；5G 的延遲可低至 1 毫秒，而 4G 的延遲則為 30 至 70 毫秒；5G 支援大量的 IoT 裝置連結，每平方公里內可連結 100 萬個裝置。尤其搭配邊緣運算與裝置，更能

將其應用於智慧交通領域，賦予運輸系統新的面貌，也帶動相關新的應用型態，尤其是須即時、事關人命的緊急車輛、救災以及自駕車等項目。

根據文獻(Lanner, 2018^[22] & Carritech, 2017^[23] & 5G Observatory^[24] & TTI, 2020^[25])指出，5G 技術在運輸系統中，主要扮演車間通訊(Vehicle-To-Vehicle communication, V2V)以及車與路側間通訊(Vehicle-To-Infrastructure communication, V2I)的角色。車間通訊主要是指載具與載具之間的資料傳輸與交換。隨著近幾年無人載具的快速發展，車間的通訊益發顯得重要，車間的通訊量也隨之大幅增加。若車輛本身具有感應設施可以蒐集周邊環境與車輛狀況，除了可以供本身使用外，也可以透過 5G 技術與其他車輛分享這些資訊，也可以取得其他車輛所蒐集資訊。若車輛本身不具有偵測設備，也可以透過 5G 技術接收其他車輛傳來的資訊，並將其分享給其他的車輛。

車與路側間通訊主要是指載具與其他固定路側設施之間的資料傳輸與交換。為達到安全與效率的目的，在智慧型運輸系統的發展過程中，在路側陸續佈置許多設施，包含車輛偵測器、路口號誌、可變標誌、智慧路燈、智慧公車站牌、道路狀況偵測設備等。移動的載具通常需要與這些路側設施進行資料的交換，以取得最新的前方運輸環境狀況，方得以提早採取因應措施，達到增進安全與提升效率的目的。另一方面來說，路側設施也可以取得載具的相關資訊，如車輛型態、旅次目的地、車輛行駛狀態等，可以做為路況預測與路線指引的基礎。

由於 5G 技術在世界各地均處於開始發展的萌芽階段，文獻與相關報告對於 5G 通訊技術在運輸上的應用，大多仍為構想與規劃或是小範圍的試辦(Lanner, 2018^[22] & Carritech, 2017^[23] & 5G Observatory^[24] & TTI, 2020^[25])，真正落地實作的案例有限。因此以下的描述，主要根據不同文獻所提出的構想，配合國內的發展現況，提出結合多元資料結合與 5G 技術於智慧交通管理可以扮演的角色及應用方式。

一、提升道路安全

5G 的通訊技術，特別是車間通訊，在很多面向上可以有效提升道路安全。例如當前方發生事故，車輛開始緊急煞車減速時，可以透過 5G 技術將前方車輛煞車急減速的行為即時傳遞給後方的車輛，讓後方車輛可以儘早減速因應，可以大幅減少追撞的機率，或當車輛於路中故障、車禍，可提早發出警告提醒後方車輛注意。除提供前方的事件資料外，也可以透過 5G 技術提供前方的氣候狀況，以便讓後方車輛可以預為準備，尤其下雨天時，提高頻率和附近車輛通訊，可避

免因視線不佳而發生追撞。

對這些應用而言，資料的即時與無延誤傳輸是非常重要的。事故的發生往往都是一瞬間的事情，提早幾個毫秒採取因應行動，如採下煞車或變換車道，往往就是事故會不會發生的重要關鍵。5G 技術快速傳輸與低延遲的特性，再加上無需透過基地站轉傳且定位更精確，可以直接進行車與車間通訊，另外也可以辨識車內駕駛異常狀況，提出警告，以滿足提升道路安全的需求。

二、減少交通事故

車間通訊除了傳遞周邊的環境與車輛狀況外，也可以提供本身的位置予其他車輛，以提升道路安全，減少交通事故的發生。例如在通過無號誌路口時，可以將本身的位置分享給左右向來車，達到提前警示與趨避之目的以有效避免碰撞。

對於緊急服務車輛，如執行任務中的救護車、消防車、警車等，可以分享其位置給周邊車輛，讓周邊車輛可以及早減速禮讓，且另外搭配即時路況與路線規劃，當遇上緊急救護與道路事件時，透過 5G 可快速回傳車輛壅塞等即時路況，亦可利用邊緣運算之攝影機，即時進行車流分析。同時透過影像與數據回傳，使救護車與警車可快速更換路線到達目的地，進行急救與事故處理。或者是當救護車在載運緊急病患時，可透過 5G 快速回傳車體位置，提醒急診室人員進行準備或提前疏散急診室外非緊急車輛等功能，不只可以增加緊急救援車輛到場的效率外，也可以避免不幸意外碰撞的發生。

除此之外，若可以與路口的號誌控制器以 5G 傳送緊急服務車輛的位置，還可以做到緊急車輛的優先號誌，避免緊急車輛在紅燈時相時通過路口時，與綠燈時相的來車發生碰撞的可能性，更可以有效提升緊急服務車輛的安全與效率。

三、號誌控制

利用 5G 技術可以即時無延誤收到各項號誌控制所需要的資訊，如流量、轉向比、等候長度等，透過現場的即時計算，可即時調整號誌的時比與時差，甚至是週期，以達到降低延滯，減少旅行時間的成效，例如主幹道支幹道，綠燈時相主要給主道，當路口偵測到支道及將有來車，可以調整時相使支道通行。根據卡內基美隆大學(Carnegie Mellon University)的測試(交通部科技顧問室，2021^[26])，可以降低 40%的停等、21%的廢棄排放、與大約 26%旅行時間的節省。在進行號誌調整時，可以透過 5G 技術，即時無延誤接受 VD、GVP、EVP 所蒐集到的資料，做為調整號誌的基礎。

四、公共運輸路線設計

5G 技術也可應用在公共運輸路線的設計上，利用 5G 技術配合其他管道所蒐集到的時空旅運相關資料，可以做為公共運輸路線規劃的基礎，讓所規劃的路線與時刻表可以最大程度滿足民眾的需求，並藉以具體提升公共運輸的使用率。過去相關單位所蒐集的多元資料，如 GVP 資料所提供的公車行經道路的路況、電子票證所提供的公共運輸的旅運起迄、CVP 資料所提供的一般民眾旅運需求等，都是公共運輸路線設計的重要基礎，例如透過假日資料，可以推估民眾觀光、遊憩旅次，進而規劃當地觀光巴士，提高民眾搭乘大眾運輸意願。

五、環境檢測與安全提升

利用相關的偵測與巡檢設備，可以偵測運輸系統與周邊環境的狀況，透過 5G 技術即時無延誤回傳，可以做為即時採取因應方案或行動的基礎。例如當偵測設備發現平交道、軌道、隧道、橋樑、或是周邊邊坡有任何異常情形，不只可以立即傳送到控制中心(如勤務派遣中心)，更可以立即無延誤傳給運具的駕駛，以做出最即時的因應，避免不必要的意外發生。

以最近發生的臺鐵普悠瑪意外為例，如果有偵測設備即時偵測出軌道周邊的邊坡有異常車輛停放，可以透過 5G 通訊立即通知列車駕駛，提早採取因應措施避免意外的發生。在平交道也可有類似的應用情境，若偵測到有車輛異常停留，也可以即時通知駕駛應變。利用 5G 通訊可以有許多項類似的應用，這些應用都可以大幅提升運輸系統的安全。

六、提升行人與自行車安全

行人在交通事故中，往往是最脆弱的一群，常常在事故中產生嚴重的傷亡，不只影響個人與家庭，也對社會帶來嚴重的影響。利用近年來發展成熟的影像辨識技術，可以偵測正在穿越路口或是路段的行人。無論行人的穿越行為是否違規，都可以透過 5G 通訊立即無延誤警示來往的車輛，以便駕駛可以有時間採取適合的反應，降低行人事故的發生。

除了行人安全的提升外，類似場景也可以應用在自行車的安全提升上。近年來由於自行車的推廣，越來越多的民眾使用自行車做為代步工具，自行車騎士或電動車、電動滑板車的安全也越來越受到關切。利用各類運具的偵測與警示技術，配合 5G 通訊的特性，也可以有效提升自行車、電動車的行車安全。

第三章 智慧交通數位神經中樞系統之規劃

「智慧交通數位神經中樞系統」為都市交通管理之核心，本計畫認為系統之規劃除應能夠具備目前各都市發展之交通管理系統(Transportation Management System, TMS)功能外，更應該以智慧城市、城市治理等上位角度加以思考，以提出更具前瞻性與未來性之規劃，同時亦能協助解決各項交通管理問題。本計畫一方面透過國內外交通管理系統案例之回顧，了解各交通管理系統之發展現況，並藉由科技發展趨勢及城市治理概念之資料回顧，掌握國際交通管理發展脈動及新計畫之發展影響；另一方面則透過對「智慧交通數位神經中樞系統」之互動關係人進行問卷或焦點團體工作坊，以了解現階段實務單位在交通管理上之痛點，以便規劃出能真正協助實務機構解決交通管理痛點之數位神經中樞系統，最後則藉由六都交通局正副首長之座談會和問卷確認「智慧交通數位神經中樞系統」之功能規劃成果。本章將先在第一節中說明本計畫對於智慧交通數位神經中樞系統規劃之執行構想；再於第二節中針對國內外交通管理系統案例進行回顧，同時就各項新技術對交通管理之可能影響提出探討；第三節則針對數位神經中樞系統之基本概念及其他領域之應用構想，確立「智慧交通數位神經中樞系統」之基本核心價值；第四節則說明針對系統建置廠商、交通局基層幹部及專家學長等互動關係人之交通管理痛點意見蒐集結果；後續之小節則再綜整前述步驟所彙整之智慧交通數位神經中樞系統架構與功能規劃成果、系統分期發展構想和系統發展之相關課題探討。

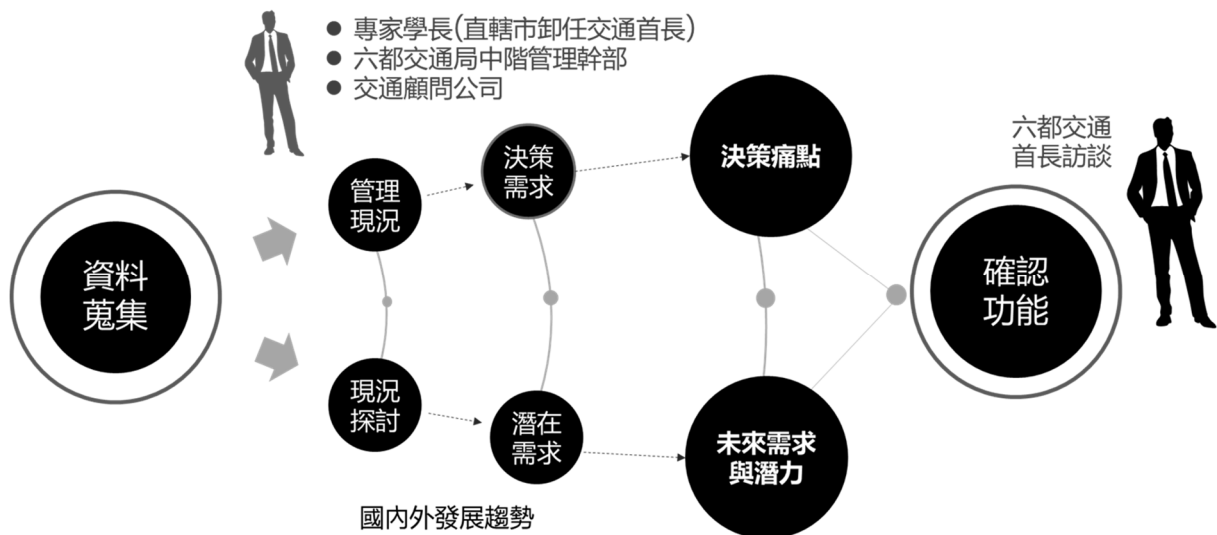
3.1 智慧交通數位神經中樞系統規劃構想

本計畫所提「智慧交通數位神經中樞系統」為國內首次提出之全新名詞，國外較為類似的構想則為 Bob Edelstein 在 2013 年^[27]以交通神經中樞(Transport nerve center)為標題所提出的未來交通管理中心(Transportation Management Centers of the Future)概念，並認為未來交通管理中心應能夠藉由軟體的應用、模擬(simulations)、預測模型(predictive models)和決策支援系統(decision support systems)，讓管理人員能夠在交通發生擁擠現象前即能夠做出因應作為。從該概念可發現「智慧交通數位神經中樞系統」未來應該扮演都市交通管理之核心角色，甚至認為系統之功能規劃除應能夠具備目前交通管理系統(Transportation

Management System, TMS)之功能，協助交通主管機關解決各項既有之交通問題外，更應該以智慧城市、城市治理等上位角度加以思考，並納入城市數位治理概念能提出更具數位化概念之規劃。此外，亦必須能夠從未來國家社會環境的變化及科技對交通服務的影響，如自駕車、車聯網等可能發生之議題，提出更前瞻性的系統規劃構想。

依據前述規劃基本概念，本計畫提出智慧交通數位神經中樞系統規劃構想如圖 3.1 所示，其主要可區分為下列三個階段：

- 一、資料蒐集階段：本階段之資料蒐集主要涵蓋兩個構面，第一個構面為現有交通管理系統之功能探討，主要在了解國內外之交通管理系統之功能；另一個構面則在透過文獻的廣泛蒐集，探討交通管理之可能應用情境、政策方向、數位神經系統等數位治理基本概念，以確立「智慧交通數位神經中樞系統」應具備之核心價值。
- 二、交通管理痛點意見蒐集階段：本階段主要在了解我國各都市交通管理單位在交通管理上所遭遇之困難及迫切解決之各項交通管理議題。由於不同層級所面臨之交通管理痛點可能不一，故本計畫在執行過程中透過協助各縣市建置交通管理系統的交通工程顧問公司問卷調查，從系統建置層面了解工程顧問公司在過去協助過程中曾面臨或認為之交通管理痛點；第二個面向則從六都交通局科長級基層管理幹部進行問卷調查，了解交通主觀機關基層主管在交通工程、停車管理、公共運輸管理及運輸規劃等不同領域所面臨之各項交通管理痛點；最後一個面向則是六都交通首長之焦點團體工作坊，本計畫邀集多位曾任六都交通局長之專家學者進行焦點團體討論，其中邀集非現任交通局長之原因主要在希望能夠在無任何管理壓力前提下，提供更廣泛和深入的交通管理痛點，以做為本計畫規劃「智慧交通數位神經中樞系統」構想之依據。
- 三、規劃構想研擬與確認階段：綜合前述兩個階段的資料蒐集與彙整，透過團隊的反覆腦力激盪過程，規劃「智慧交通數位神經中樞系統」之功能與架構，最後藉由六都交通局正副首長座談會，確認功能之完整性與適宜性。



資料來源：本計畫繪製

圖 3.1 智慧交通數位神經中樞系統規劃構想

3.2 國內外交通管理系統案例探討

本節係就國、內外交控系統功能進行回顧，並探討其功能與發展，茲分別說明如下：

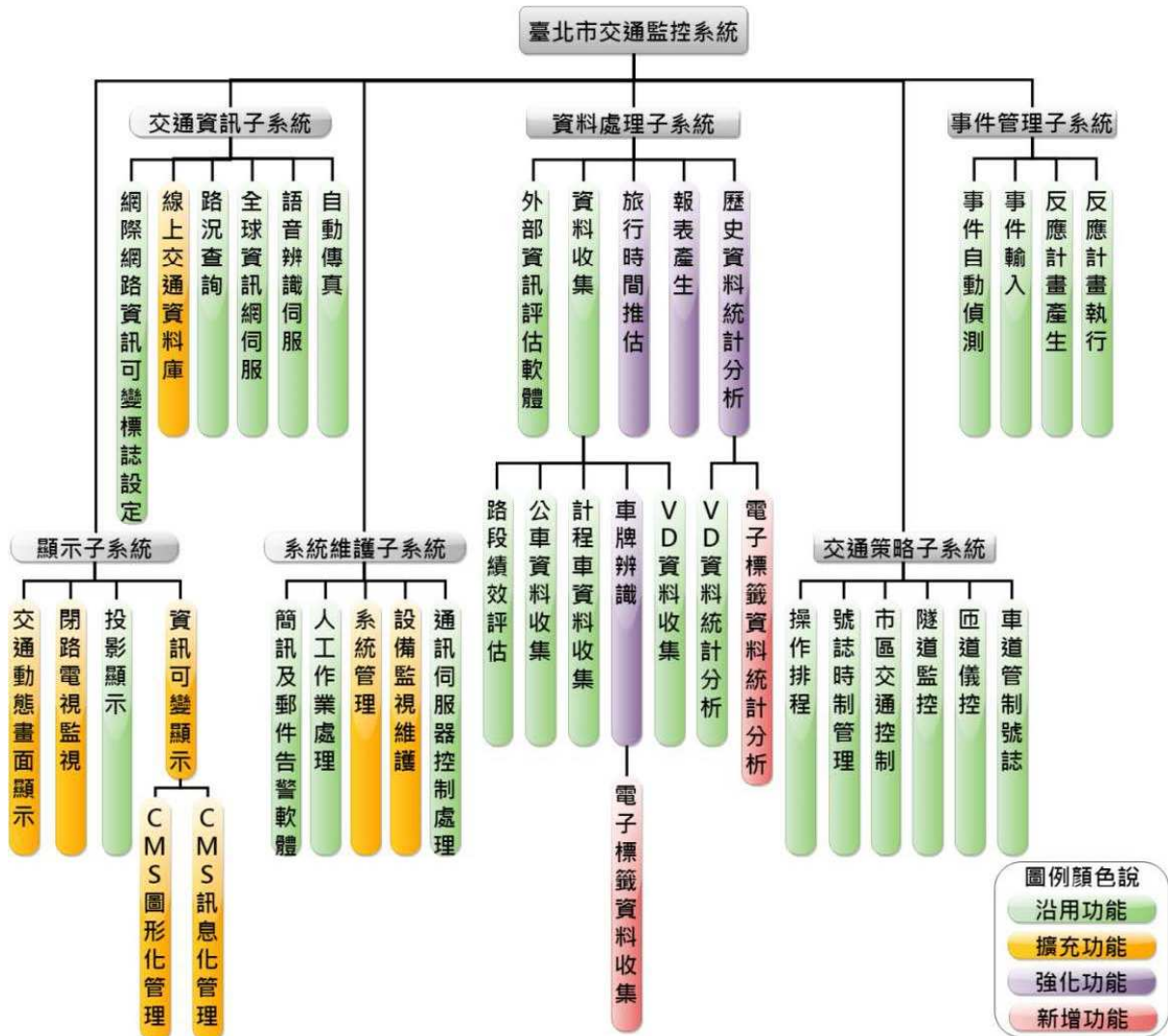
3.2.1 國內交通管理系統發展趨勢

智慧運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)主要發展核心與基礎為先進交通管理服務(Advanced Traffic Management Services, ATMS)，該系統透過交通監控系統偵測，將交通狀況傳輸至交控中心，由交控中心整合分析後依據結果執行。以下整理包含臺北市、新北市、桃園市、臺南市、高雄市、臺中市、新竹市等交控中心所建置交控系統現況，並就各縣市交控系統功能詳細說明如下：

一、臺北市^[28]

臺北市包含「臺北市交通監控系統」與「運輸資訊系統」兩套智慧運輸系統，其中「臺北市交通監控系統」是由交工處交控中心所建置，該系統自民國 88 年於交控中心系統更新工程中建置「臺北市交通監控系統 1.0」後，於 104 年計畫完成主要架構，由交通資訊、資料處理、事件管理、資訊顯示、系統維護、交通策略六大子系統組成，如圖 3.2 所示，持續發展至 108 年提出 V4.0 計

畫，欲升級既有軟體、全面導入 web 化等方面提升軟體工程建置。



資料來源：鼎漢國際工程顧問股份有限公司，新一代智慧運輸系統規劃設計委託專業服務案(2020)。

圖 3.2 臺北市交通監控系統架構圖

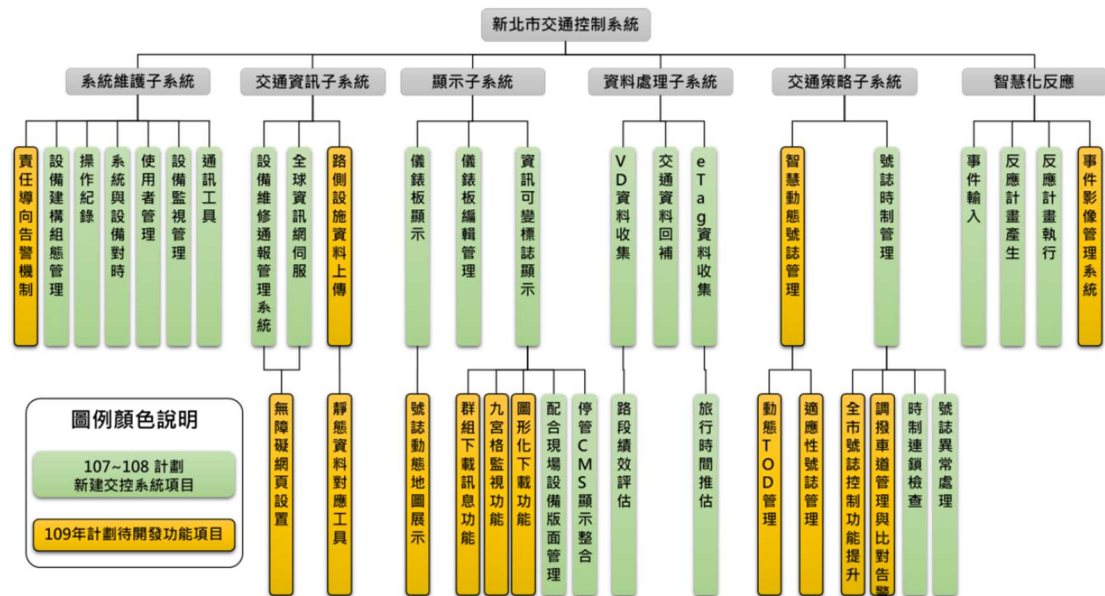
二、新北市^[28]

「新北市交通控制系統」該系統主要架構由系統維護子系統、交通資訊子系統、顯示子系統、資料處理子系統、交通策略子系統、智慧化反應所組成，其中由新北市交通局 107~108 年度計畫新建交控系統項目，並預計於 109 年度計畫中，擴充包含責任導向告警機制、路側設施資料上傳、智慧動態號誌管理、事件影響管理系統之基礎功能外，亦新增十項進階應用功能，如圖 3.3 所示。

三、桃園市^[28]

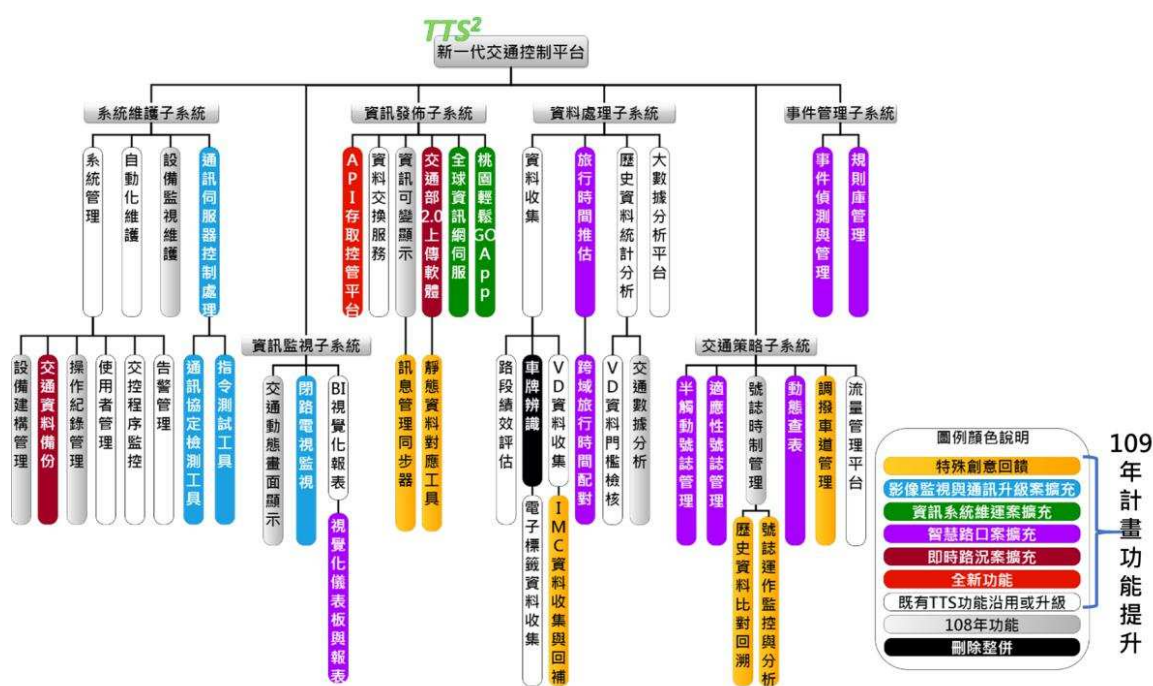
盤點桃園市近年來重要發展，包含 103 年 12 月 25 日升格為直轄市「桃園

市」、106 年 3 月 2 日桃園機場捷運線正式通車、桃園捷運機場線高鐵桃園站啟用等，交通需求量日益增加。桃園市交控中心透過各項計畫發展出一交通控制系統，「新一代交通控制平臺」整體架構由系統維護、資訊監視、資訊發佈、資料處理、交通策略、事件管理等六大子系統組成，如圖 3.4 所示，後續持續整合、擴充其功能。



資料來源：鼎漢國際工程顧問股份有限公司，新一代智慧運輸系統規劃設計委託專業服務案(2020)。

圖 3.3 新北市交通控制系統架構圖

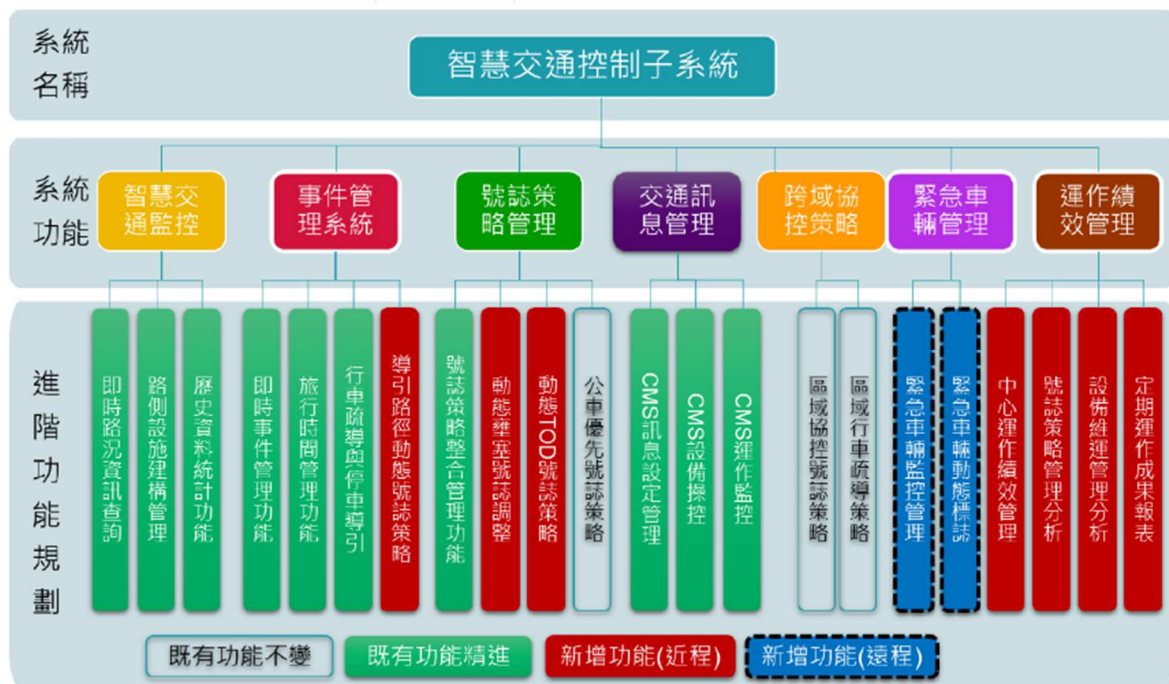


資料來源：鼎漢國際工程顧問股份有限公司，新一代智慧運輸系統規劃設計委託專業服務案(2020)。

圖 3.4 桃園市新一代交通控制平臺架構圖

四、臺南市^[28]

臺南市交通局於 106 年度計畫中建置「大臺南智慧交通中心系統」，該系統包含：智慧交通控制、智慧公共運輸、智慧停車管理、智慧運具共享及智慧雲端平臺等五大子系統，其中「智慧交通控制子系統」維持、精進、擴展過去各項功能，整合成六項主要功能，包含：智慧交通監控、事件管理系統、號誌策略管理、交通訊息管理、跨域協控策略、緊急車輛管理、運作績效管理，如圖 3.5 所示。

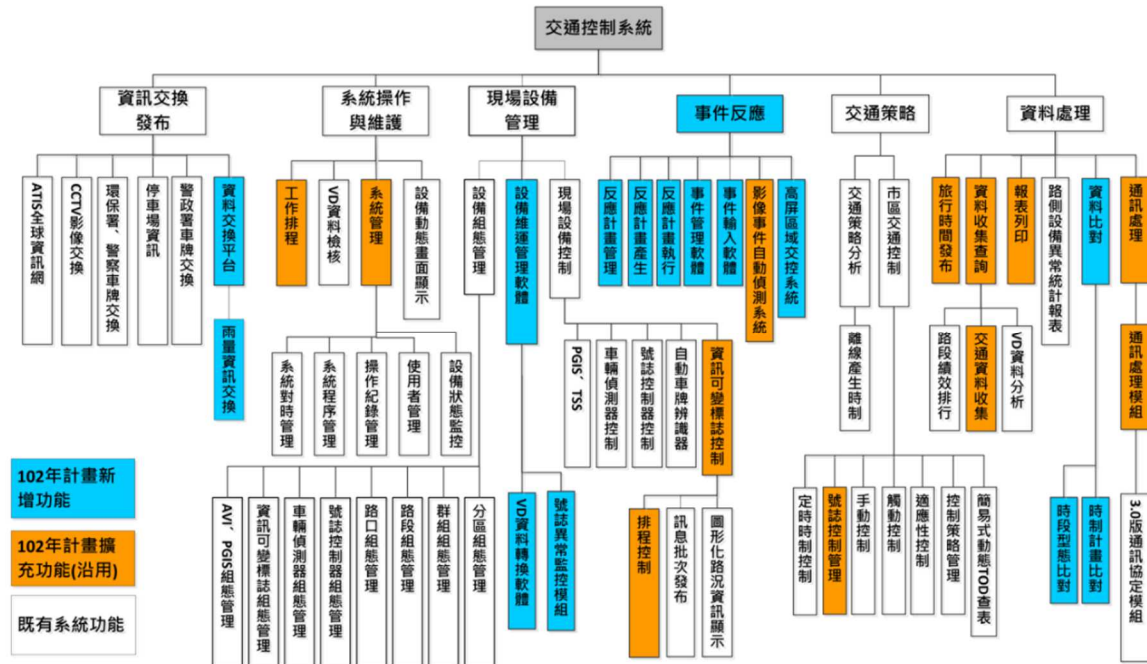


資料來源：鼎漢國際工程顧問股份有限公司，新一代智慧運輸系統規劃設計委託專業服務案(2020)。

圖 3.5 臺南市智慧交通控制子系統架構圖

五、高雄市^[28]

高雄市交通運輸政策以整合 (inteGration)、可靠(Reliability)、生態 (Eco-mobility)、效率 (Efficiency)、便捷 (Networking)的交通為五大願景，為提昇整體運輸效率，發展由智慧交通控制系統、停車資訊導引系統及公車動態資訊系統所構成之「高雄智慧運輸中心」，其中「智慧交通控制系統」包含：資訊交換發佈、系統操作與維護、現場設備管理、事件反應、交通策略、資料處理等六大功能，如圖 3.6 所示，並於 102 年計畫中以既有系統為基礎，新增、擴充其他功能。

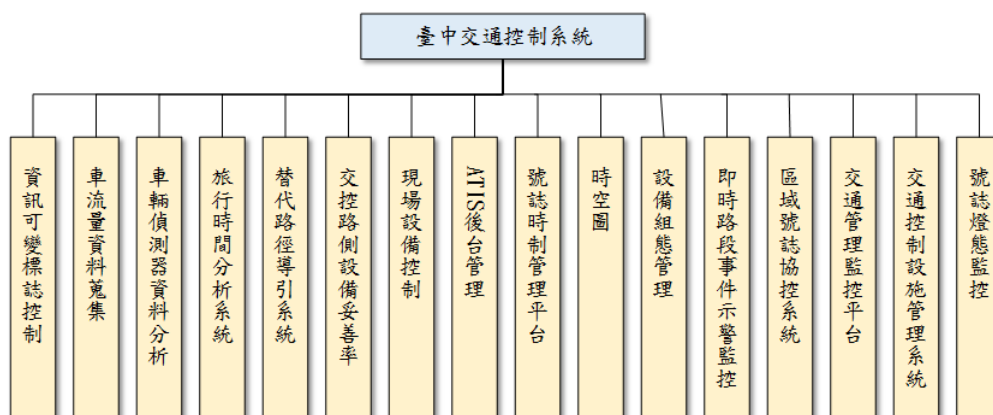


資料來源：鼎漢國際工程顧問股份有限公司，新一代智慧運輸系統規劃設計委託專業服務案(2020)。

圖 3.6 高雄市交通控制系統架構圖

六、臺中市^[29]

民國 92 年原臺中市透過「e 化交通-智慧交控系統」計畫，發展智慧交控系統，民國 99 年因縣市合併升格為直轄市，管轄範圍擴展，除與原臺中縣交控設施設備進行整合，並於 103 年開始發展新一代交控系統，持續針對交控各項操作軟體進行更新作業，提升既有交控系統之功能與架構且以 Web 介面操作為主；在智慧交通整體發展方面，規劃六年期建置目標，包含完成 TOPIS 平台服務功能(106~108 年)與完成決策支援系統(Decision Support System, DSS)服務應用(109~111 年)，透過分階段推動與發展，未來則可提供民眾更周全與多元化之交通資訊查詢應用，如圖 3.7 所示。

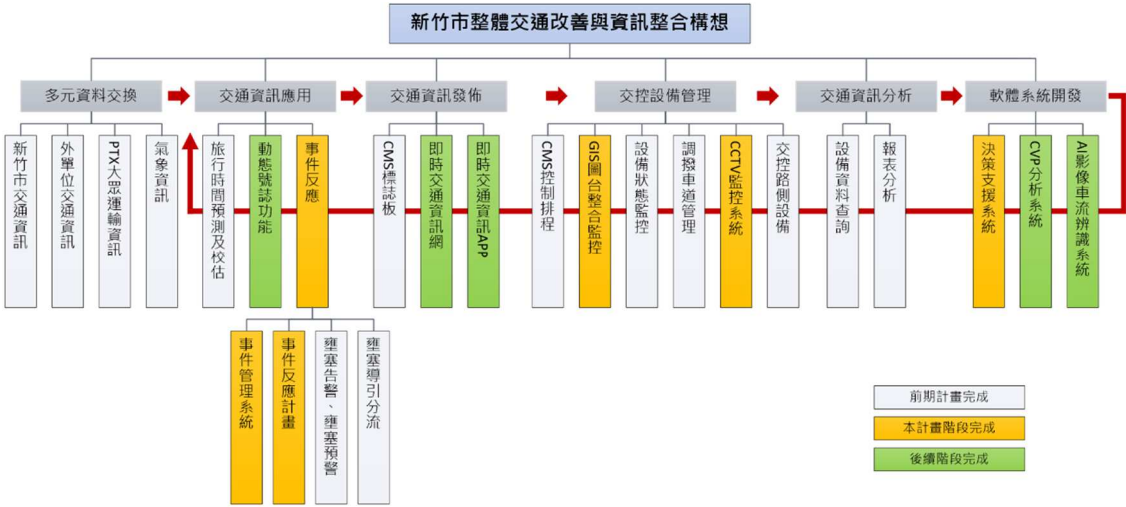


資料來源：臺灣世曦工程顧問股份有限公司，108 年度臺中市智慧交通管理系統建置計畫(2019)、本計畫繪製。

圖 3.7 臺中市交通控制系統架構圖

七、新竹市^[30]

位於新竹市的科學工業園區，員工居住地包含新竹縣、市及苗栗縣等周遭區域，故上、下班尖峰時刻產生大量的交通需求，為因應龐大的交通量，新竹市交控中心持續推動各項改善計畫，不斷升級交通控制系統之功能，「新竹市交通控制平臺」整體構想功能包含：多元資料交換、交通資訊應用、交通資訊發佈、交控設備管理、交通資訊分析、軟體系統開發等功能，如圖 3.8 所示，除既有功能外，更擴充如事件反應計畫、相關監控系統及決策支援系統等其他功能，後續亦針對號誌、即時交通資訊及其他軟體開發功能進一步升級。



資料來源：中華電信股份有限公司，大新竹聯外路廊智慧交通改善與資訊整合計畫(第2期)(2020)、本計畫繪製。

圖 3.8 新竹市交通控制平臺架構

根據上述各縣市交控系統發展，整理歸納如表 3-1，各縣市交控系統均已發展多年，並隨著交通需求量增加、網際網路迅速發展、軟硬體設備升級等因素，各縣市政府紛紛於年度計畫中更新交控系統，除擴展基礎功能外，亦因應各區域交通特性開發不同系統功能，將其系統衍伸相關應用。

表 3-1 各縣市交控系統功能彙整表

資料來源：本計畫彙整

縣市	系統名稱	系統功能						
臺北市	交通監控系統	交通資訊子系統	顯示子系統	系統維護子系統	資料處理子系統	交通策略子系統	事件管理子系統	
新北市	交通控制系統	交通資訊子系統	顯示子系統	系統維護子系統	資料處理子系統	交通策略子系統	智慧化反應	
桃園市	新一代交通控制平臺	資訊發佈子系統	資訊監控子系統	系統維護子系統	資料處理子系統	交通策略子系統	事件管理子系統	
臺南市	智慧交通控制子系統	交通訊息管理	智慧交通監控	跨域協控策略	緊急車輛管理	號誌策略管理	事件管理系統	運作績效管理

縣市	系統名稱	系統功能						
高雄市	交通控制系統	資訊交換發佈	現場設備管理	系統操作與維護	資料處理	交通策略	事件反應	
新竹市	交通控制平臺	多元資料交換	交通資訊應用	交通資訊發佈	交通設備管理	交通資訊分析	軟體系統開發	
臺中市	交通控制系統	資訊蒐集與發佈	交通資料分析	交通資訊監控	交通設備管理	號誌控制管理	交通策略	

3.2.2 國外交通管理系統發展趨勢

美國聯邦公路總署(Federal Highway Administration, FHWA)(2021)^[31]之研究蒐集各州交通管理中心如何利用警察或救護、救援車輛派遣系統(law enforcement and public safety computer-aided dispatch systems)之營運資料，提升交通事故救援效率。FHWA 將交通事件管理(Traffic Incident Management, TIM)定義為確保事件當事人和處理人員安全下所進行偵測、反應和事件清除的協調作為。有效的交通事件管理將可有效降低相關人員暴露風險，避免二次碰撞；同時亦能有效進行事故排除，降低道路雍塞。故有效快速的資訊分享即為管理策略制定之依據，由於美國 9-1-1 通報電話為道路交通事件之主要來源，故依據通報訊息進行警察或救護、救援車輛派遣之自動派遣系統(Computer-Aided Dispatch Systems, CAD)之相關資訊分享即十分重要，在該報告中亦提出 CAD 與交通管理中心(Traffic Management Center, TMC)整合可產生下列效益：

1. 減少交通事件反應和清除時間。
2. 由於更快的事件清除時間，降低交通事件當事人的暴露風險。
3. 透過更準確的空間定位，確保交通事件空間資訊之掌握程度。
4. 通過 CAD 數據的整合共享，讓執法調度和交通管理中心(TMC)均可有更高效率管理。
5. 提供交通事件管理(TIM)計畫投資和資源需求規劃輔助之具體可靠數據。
6. 通過 CAD 數據的整合，獲得更完整的管理績效功能和報告。

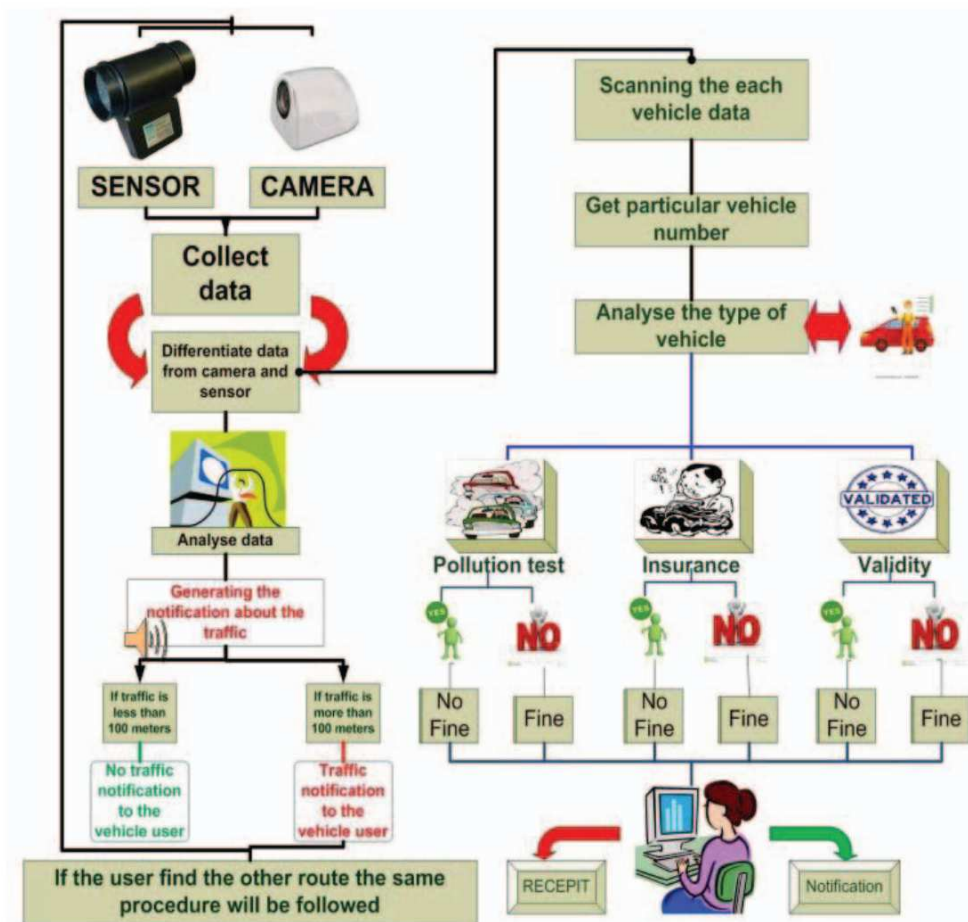
美國運輸研究委員會(Transportation Research Board, TRB)之研究認為新一代(next generation)交通管理系統 (Transportation Management System) 或中心 (Transportation Management Center) 應能夠透過多元數據源、高速電信網絡、先進計算和資訊共享，讓機構能提升積極管理和營運能力，同時提高所有旅客安全性與機動性潛力。提出在新一代 TMS 中應要能夠做出關鍵決策之目標下，相關的設備應能夠以更快、更有主題性及更以數據驅動(data driven) 為前提，

並能夠與中心端進行有效連結的構想。Mazur 報告中則認為一個智慧交通管理系統應該具備下列四項功能：

1. 壅塞偵測(Congestion detection)：通過路側攝影機和偵測設備長期監控路口，交通管理中心人員可完整監控整個城市的交通情形
2. 適應性控制(Adaptive control)：除能夠偵測壅塞外，還需對系統進行交通號誌、匝道儀控和公共運輸之動態調整。
3. 聯網車(Connected vehicle)：透過臨近路口之車輛間通信和車路單元通信，達到智慧交通管理系統之目的。
4. 緊急路線規劃(Emergency routing)：警車、消防車或救護車之車輛優先通行運作。

Alshawish 等人(2016)^[32]認為未來交通管理系統(TMC)應能夠妥善運用從不從偵測設備、系統蒐集之大數據資料，並考量將該些大數據資料轉換成交通管理資訊，以便能進行更好之城市交通管理。Cui et al.(2016)^[33]提出一個 DRIVE N Net 系統，該系統大量涵蓋各項設備蒐集之即時資料及相關平台之共享資料的視覺化、模式化和分析等功能。Goudar & Megha(2017)^[34]研究中所提出的新一代智慧交通管理系統概念如圖 3.9 所示，該系統包括透過路測之偵測設備和攝影機蒐集交通資料，除提供使用者相關交通資訊外，亦透過各項車輛基本資料的蒐集，當駕駛員違規時一可依據車牌進行開單取締動作，同時亦可依據交通流量進行適應性號誌控制。

中國以城市大腦概念建立多項不同領域之數據整合、監控與預測，其中，阿里雲^[35]城市交通管理經由數據蒐集、人工智慧以及雲端計算方法，以建立智慧型交通系統，整合運行效率、違法稽查等項目，透過平台統一管理與調度，執行感知、研判、指揮、處置、督察五項程序，有效提升智慧化交通管理服務。城市交通管理整體面向分為四大部分，用戶層、場景應用、智慧交通管理以及交通視覺化計算，其中，場景應用包含交通研判、AI 號誌燈、交通誘導等項目，經由阿里雲城市大腦提供高德數據、影像數據以及各種交通偵測的數據計算事件偵測、道路環境識別等項目，進行宏觀預測、號誌優化、預警與分析之相關交通管理，如圖 3.10 所示。



資料來源：Goudar & Megha(2017)

圖 3.9 新一代智慧交通管理系統概念圖



資料來源：城市大腦數據智能解決方案

圖 3.10 城市交通管理整體面向架構圖

而交通管理包含三大模型，(1)全路網交通模型蒐集阿里雲城市大腦取得高德數據進行標準化計算，取得管理者與用路人欲得知車輛軌跡、交通速率等資訊，如圖 3.11 所示，運作流程之標準化明細層須將基礎資訊、交通控制、交通事件等參數輸入，經由速度、流量、通行效率與排隊長度等指標計算與即時預

警計算，取得車輛軌跡、交通流量、交通速度與車輛畫像等數據，亦或是將參數經時空分析中心計算卡口軌跡、ETC 軌跡、車輛軌跡等項目，取得即時車輛軌跡之數據服務。全路網交通模型提供多元數據整合、評價指標分析、事件預警分析等多項功能，將交通路網蒐集資料加值計算成為開放且透明之資訊，應用於交通動態偵測與事故偵測處理之領域。(2)全路網控制最佳化模型將全路網交通模型取得的車輛軌跡、交通速率等資訊，經由計算進行交通號誌最佳化修正，如圖 3.12 所示，交通號誌最佳化包含動態子區劃分、單路口號誌燈配時最佳化、多態網狀協調號誌最佳化、網狀綠波號誌配時最佳化、壅堵控制與疏導主動決策，以及彈性綠波帶六大最佳化指標，配合全路網交通模型提供全量軌跡、動態智慧最佳化、緊急車輛優先通行與智能誘導，提供智慧型交通號誌。全路網控制最佳化模型提供交通號誌最佳化、彈性綠波帶、路徑規劃、交通誘導等控制策略，統一號誌控制平台，有效提升交通管理效率、減少交通事故發生。(3)以全路網交通模型蒐集歷史資料為基礎，提供模擬實際模型，如圖 3.13 所示，實際模擬模型可分為三大項目，一為預演評價模型，根據系統或是局部進行評價，舉例說明，系統平均速度、模擬總行駛距離屬於系統評價，路口飽和度、路口通行能力屬於局部評價，以宏觀角度探討車流與行車環境之變化，二為模擬計算內核，屬於實際模擬模型的核心功能，具有跟車模型、換道模型、衝突與禮讓模型以及停車模型，為了將實際道路將發生之情況皆納入考量，三為交通路網模型，屬於實際模擬模型的基礎內容，包含路網模型、交通號誌模型、讓行規則模型、車輛模型、交通需求模型以及路徑選擇模型，提供設置實際模擬模型的環境與車流變化之相關基礎設定，藉由上述三大項目提供精確率較高之模擬。實際模擬模型提供多項交通模型，為了重現實際道路車流與環境狀況，藉由模擬實施管理與控制，將適當之政策置入現實環境，降低改善成本，提升交通運行效率。

澳洲南威爾斯政府在 2021 年^[36]所提出之「交通科技發展藍圖」中則提出如圖 3.14 之四個未來科技發展趨勢，包括：自動化(automation)、互聯化(connectivity)、電動化(electrification)和共享化(sharing)。另外在該報告中亦提到：個人化客製行程服務、主動式行程服務、緊急車輛管理、智慧決策管理、即時數位雙生及智慧偵測等六項交通管理科技應用重點，如圖 3.15。



資料來源：城市大腦數據智能解決方案

圖 3.11 全路網交通模型架構圖



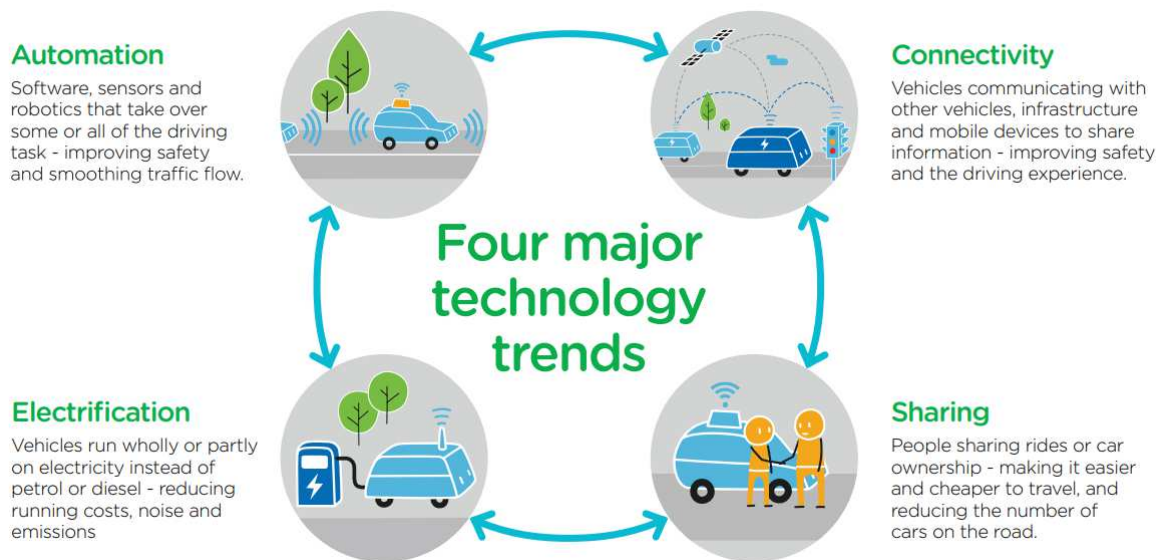
資料來源：城市大腦數據智能解決方案

圖 3.12 交通號誌最佳化模型架構圖



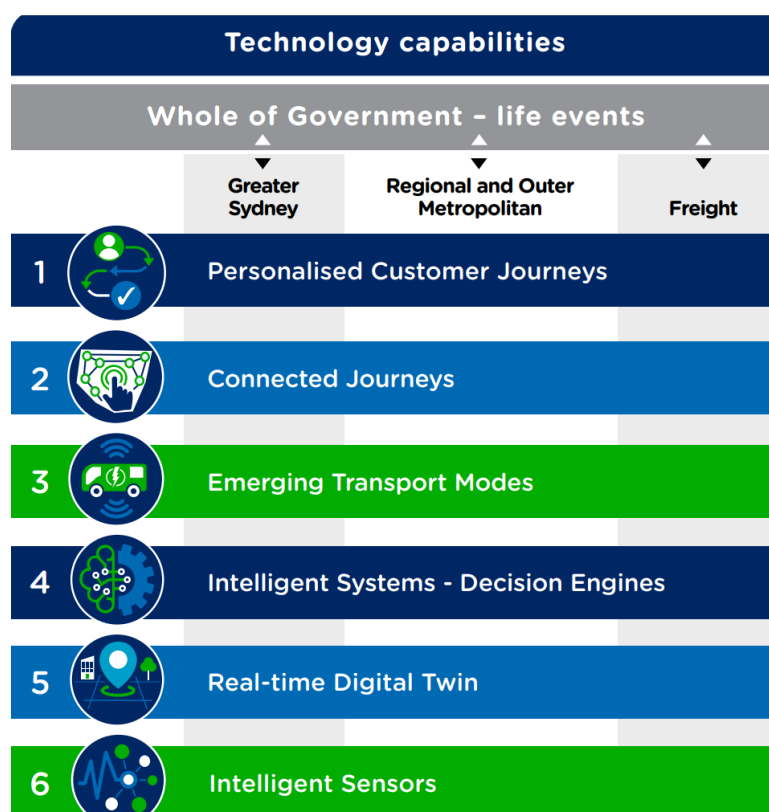
資料來源：城市大腦數據智能解決方案

圖 3.13 實際模擬模型架構圖



資料來源：澳洲南威爾斯政府(2021)

圖 3.14 未來交通科技發展趨勢



資料來源：澳洲南威爾斯政府(2021)

圖 3.15 交通管理科技應用重點

3.3 數位神經中樞核心價值探討

由前述章節之探討中，可知目前國內外並無「智慧交通數位神經中樞系統」之相關探討，惟因應資通訊之快速發展，包括城市大腦、新一代交通管理系統(TMS)等概念均已廣泛的討論或進行實作，主要目的均是在提升管理機構之交通管理能力，但對於實質系統內容之探討則較為缺乏。

數位神經系統(Digital Nervous System)一詞係由前微軟總裁比爾蓋茲(Bill Gates)於1999年^[37]首度提出，在「數位神經系統」一書中，比爾蓋茲雖然主要談論的是商業經營管理，但有下列幾項重點值得本計畫在規劃「智慧交通數位神經中樞系統」時參考：

- 一、蒐集、管理和使用資訊的方式，決定了輸贏。
- 二、數位神經系統應包括數位流程，公司可以藉此了解環境並做出回應，能察覺競爭者的挑戰、顧客的需要，要適時地做出應對措施。
- 三、數位神經系統需要軟硬體的組合，提供精準、直接和豐富的資訊給知識工作

者，增加知識工作者的洞悉力和彼此的合作。

四、數位神經系統擴大個人的分析能力，也結合個人之力，創造企業整體性智慧。

五、知識管理是在管理資料、檔案和人們的心血。

若就人體的中樞神經系統(central nervous system, CNS)而言，主要係由大腦和脊髓組成，如指揮官般指揮神經傳導訊息，為整個神經系統的控制中心，負責接收和整合從周邊神經系統(peripheral nervous system, PNS)得來的訊息，然後再按需要作出反應、反射或發出動作指令。而 PNS 係指除 CNS 以外的神經組織，可分為輸入神經系統(afferent system)和輸出神經系統(efferent system)兩個部分。輸入神經系統是由把訊息從周邊感受器(receptors)傳送到中樞神經系統的輸入神經元(afferent neurons)，亦稱作感覺神經元(sensory neurons)所組成；輸出神經系統是由把訊息從中樞神經系統傳送到肌肉及腺體的輸出神經元(efferent neurons)，亦稱作運動神經元(motor neurons)^{[38]、[39]}。

而人體神經系統反射傳導途徑主要分為三類，分別為意識動作反應、反射動作反應、自主動作反應，意識動作反應之控制中樞為大腦，涉及大腦的感覺、判斷及發佈命令；反射動作反應之控制中樞為脊髓，非經大腦所產生的動作，通常是為了應付緊急狀況所做出的立即性應變措施；自主動作反應之控制中樞為腦幹。上述三類動作反應之傳導途徑如下說明。

一、意識動作反應傳導途徑

1. 由受器接收到外界刺激。
2. 將刺激傳入感覺神經元。
3. 透過感覺神經元將來自受器的脈衝傳導至大腦。
4. 再由大腦傳導至脊髓。
5. 將大腦與脊髓所組成之中樞神經系統所下達的命令傳導至運動神經元。
6. 透過運動神經元將上述命令傳導至骨骼肌驅動相對應的動器。
7. 由動器做出反應動作。

二、反射動作反應傳導途徑

1. 由受器接收到外界刺激。
2. 將刺激傳入感覺神經元。

3. 透過感覺神經元將來自受器的脈衝不經過大腦直接傳導至脊髓。
4. 脊髓立刻將命令傳導至運動神經元，並同時將訊息傳導至腦部。
5. 透過運動神經元將上述命令傳導至骨骼肌驅動相對應的動器。
6. 由動器做出反應動作。

三、自主動作反應傳導途徑

自主動作反應不須有任何外界刺激，藉由自主神經系統之運作，驅動人體的內部動器－內臟，維持人體內在反應，如：心跳、呼吸、代謝等。

神經系統是人體最精密組合的系統，其若產生病變是不可逆的，上述人體中樞神經系統三類傳導途徑彙整如圖 3.16 所示。

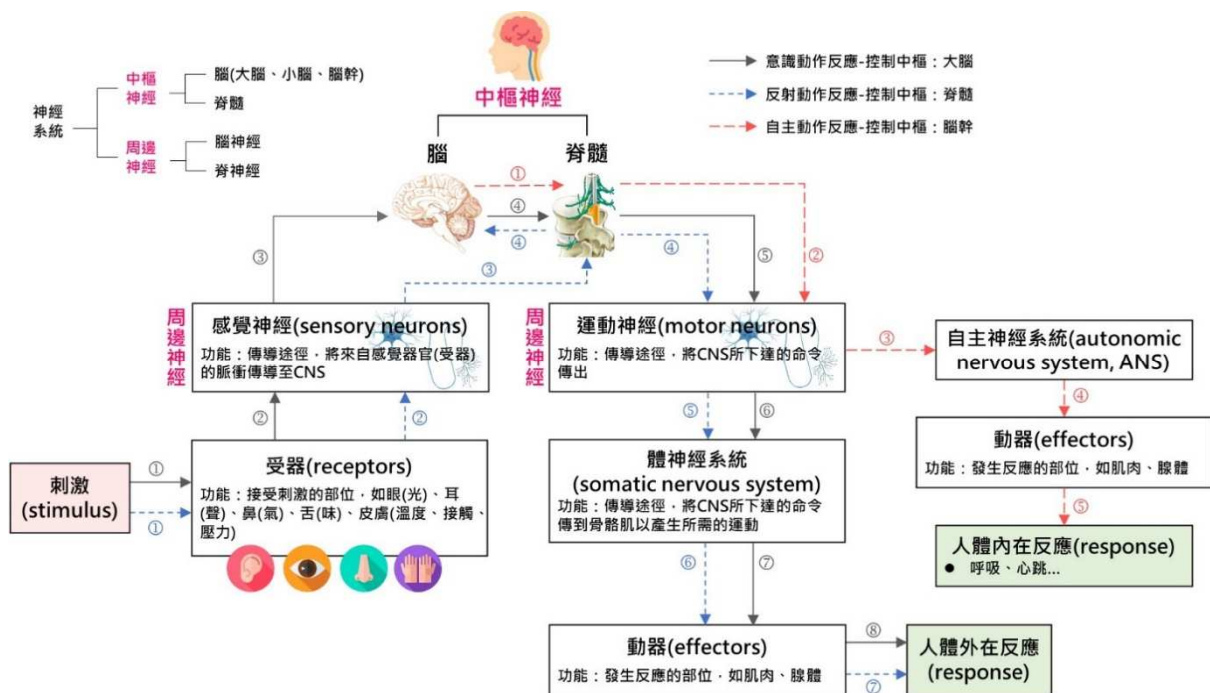


圖 3.16 人體中樞神經系統反射弧傳導途徑

若從城市治理角度而言，智慧城市是現代化都市管理與服務的主流，其重點在善用各種資通訊科技或創新模式，整合都市相關組成系統與服務，以提升市民的生活品質。其中，前述人體中樞神經系統中之「反射動作反應傳導途徑」及「自主動作反應傳導途徑」則類似於反射弧傳導概念，亦即控制反射動作的神經網路。本計畫認為智慧城市之交通建設方面，在緊急事件處理(如緊急車輛優先通行)及例行性事件處理(如日常交通監控、交通資料蒐集等)方面，即為交通反射弧之建

設。而完整之智慧城市，則是由其他領域之反射弧共同建構，例如教育反射弧、醫療反射弧、旅遊反射弧、製造反射弧、金融反射弧、社區反射弧、農業反射弧、能源反射弧、安全反射弧等，如圖 3.17 所示，且智慧城市的反射弧類型越多，能處理各類事件也越多、反應越快，提供各類智慧相關服務，智慧程度相對也會越高。另外在其他研究中，Liao 與 Nong (2021) ^[40]認為以 5G 打造的智慧城市應用主要可包含四類，第一類為旅遊應用，針對慢性病患外出旅遊，可運用消費性電子產品和電子衛生保健服務以助於醫生對病患進行遠端監控；第二類為公共事業應用，如智慧水網、空氣品質等影像監控，亦包含公共安全和緊急服務監控；第三類為工業機械製程環境的工業應用；**第四類為交通智慧運輸系統應用。**



資料來源：本計畫繪製

圖 3.17 智慧城市之 5G 應用

綜合上述，交通因為具有連結各項生活機能與活動的功能，乃成為智慧城市發展的重要基礎，城市為數據產生之源頭，隨著交通複雜性的增加，大數據不斷的累積，對於如何透過有效的數據應用以破解交通問題之期待與呼聲越來越高。因此本計畫勾勒之智慧交通數位神經中樞系統應能在人工智慧、雲端計算等技術的快速發展背景下，未來能夠以類似人體中樞神經系統的結構，包含感知、理解、推理、判斷，對城市交通進行全面感測、分析、綜合判斷、決策方案產出、學習記憶並回饋，逐步地朝向完全智慧化與自動化，以完善城市治理和服務。且智慧

交通數位神經中樞系統面對數以萬計的偵測數據之即時傳輸需求，需透過 5G 技術最大限度地降低延遲，以期達到即時的分析與決策，通過建設城市交通數位神經中樞緩解交通壅塞，提升交通效率並降低汙染排放。

交通數位神經中樞為城市交通治理之助力，因此其所涵蓋之系統範圍主要側重於都會地區，而都會地區道路除一般市區道路外，隨著交通複雜性的增加，部分高快速道路與市區道路具有高度連結性，亦為都會地區之主要道路及交通管理的一環。而未來的數位神經中樞系統主要的特徵是希冀在全面的自動化與智慧化架構下達到以下五個目標：(1)巨量資料集中化與共享化、(2)需求捕捉之精準化與即時化、(3)分析與判斷過程之高度智慧化、(4)決策方案產出之高品質化、(5)回饋並自我學習之動態進化。

此外，本計畫尚從智慧轉型(digital transformation)及數位雙生(digital twins)等兩個智慧治理角度加以探討，在國家發展委員會之「服務型智慧政府 2.0 推動計畫」中即揭示政府智慧轉型之四項重點：

- 一、資通訊應用在公共治理的角色從早期「協助公共事務管理」演變至當前的「創新公共治理效能」，隨著數位經濟發展，更逐漸轉變「創造公共服務價值」的發展目標。
- 二、運用新興技術優化政府服務流程、創新為民服務型態，滿足民眾需求，成為推動智慧政府重要精進方向。
- 三、深化政府循證式決策模式：政府數位轉型展現於施政決策「以資料精進政府治理效能」，未來更進一步分析資料挖掘施政問題，快速回應外界挑戰。
- 四、建構以資料為基礎的數位治理：透過資料分析了解民眾需求，並整合政府資源支持民眾解決問題，主動為民眾提出因應措施等。未來數位應用均以資料驅動服務變革轉型，讓資料成為服務核心。

而數位雙生則為近年來被廣為討論的一個名詞，係指透過存在於虛擬世界的「分身」，藉由各項先進偵測設備顯示現實世界中的物體之實際反應、狀況或是效能等，以做為智慧治理之參考。數位雙生之重要概念如下：

- 一、係指在數位化的資訊平台內類比(模擬)真實世界實體狀況，包含流程或系統，強調結合機器學習及人工智慧進行資料分析與預測，並利用視覺化方式(3D)呈現。

二、數位分身可以根據多重的回饋資料進行自我學習，24 小時運作不打烊，默默記錄並分析，慢慢的建立起各行業管理策略的最佳解模型。

三、從真實物體到 3D 模型的即時數據傳送。

四、即時資料蒐集、資訊預測、知識庫、決策為數位雙生之成功關鍵

透過前述從比爾蓋茲數位神經系統概念的論述、人體中樞神經系統的運作原理及智慧城市數位治理等構面的綜合探討，本計畫確立後續在規劃「智慧交通數位神經中樞系統」時之五項基本核心價值：

一、必須能夠像人透過各項受器蒐集或整合各項資訊，具備資訊蒐集與統整分析能力。

二、必須能夠像人的本體覺 (proprioception)，具備掌握周遭環境資訊能力。

三、必須能夠像人的大腦會自動處理資訊得到更完整資訊，具備思考與增長智慧能力。

四、必須能夠像人的脊髓能夠透過學習累積經驗，具備經驗傳承與複製能力。

五、必須能夠像人依據所掌握之各項資訊或環境，具備即時處理與反應能力。

3.4 交通管理現況痛點蒐集

本節主要在說明本計畫透過問卷調查及焦點團體工作坊方式，進行我國都市交通管理現況痛點之蒐集，後續茲分別就工程顧問公司問卷調查、六都交通局基層幹部問卷調查及六都卸任交通局長之焦點團體工作坊之意見蒐集彙整成果進行說明。

3.4.1 工程顧問公司問卷調查結果

藉由工程顧問公司問卷調查所蒐集之交通治理痛點主要可歸納為 4 類，包含交通安全、交通控制、交通管理及公共運輸，各分類所面臨之課題彙整如表 3-2 並說明如後。

表 3-2 交通治理痛點(彙整工程顧問公司問卷調查結果)

資料來源：本計畫彙整

面向	痛點
交通安全	弱勢族群路口行人通行
	易產生違規與肇事之路口或路段
	車輛視線死角
	緊急救難/救援車隊之最佳路線規劃指引
	駕駛人不知緊急車輛從何方向疾駛而來
交通控制	匝道儀控與地區號誌之衝突 (如：高雄建國交流道)
	執行優先號誌之影響衝擊
	路口尖峰時段之人力指揮效益
公共運輸	尖峰時段公車易於前幾站就滿載
	軌道運輸異物入侵導致重大事故
	公共運輸路線供給與實際需求之平衡
	特殊狀況下接駁運能不足
交通管理	交通路側設施異常通報與處理不即時
	無法掌握不同氣候條件對交通之影響衝擊
	無法掌握交通事件發生之影響衝擊
	基礎資料蒐集分布率及穩定性不足缺乏資料治理

一、交通安全

1. 弱勢族群之路口行人通行：弱勢族群通過路口時，可能因為行動不便而在固定的行人綠燈秒數下無法通過路口，應能夠適時的辨識行人移動狀態調整行人綠燈秒數，讓行動不便之族群能夠順利通過路口。
2. 易產生違規與肇事之路口或路段：交通違規常肇成壅塞與事故，無形之中增加整體社會成本。
3. 車輛視線死角：大型車事故案件頻繁，以視線死角與內輪差問題為主要肇事因素，易導致轉彎時後車反應不及產生事故。
4. 緊急救難/救援車隊之最佳路線規劃設計：常會發現緊急救難車隊卡在車陣中，如何可以如同電影場景般掌握全市狀況即時導引最佳路徑，亦或是發生
5. 駕駛人不知緊急車輛從何方向疾駛而來：駕駛者聽到救護/消防車聲音時會突然停下，確不知車輛從何處來的情況，若救護車再後方，駕駛人亦不知緊急車輛在道路哪一側，應往哪一側進行避讓。

二、交通控制

1. 匝道儀控與地區號誌之衝突：路段尖峰時段時常因路網下游壅塞回堵造成溢流，癱瘓路口，也常發生在交流道匝道儀控開啟後的周邊路口，造成支道與行人無法穿越，也易衍生事故行車糾紛。
2. 執行優先號誌之影響衝擊評估：執行優先號誌，到底會對幹道及支道產生多少延滯衝擊，需花費多少時間才能回復原本幹道及支道疏解率或交通輸運狀況。
3. 路口尖峰時段之人力指揮效益：交通尖峰時段之號誌控管，仍仰賴人工依據現場車流量狀況操作。

三、公共運輸

1. 尖峰時段公車易於前幾站就滿載：有座位限制下的公車路線在尖峰時段時常發生滿載導致後幾站乘客無法上車，乘客久候而服務品質下降。
2. 軌道運輸異物入侵導致重大事故：軌道運輸在非實體分隔的情況下有可能發生異物入侵(例如：土石坍方、異物掉落)，釀成大災。
3. 公共運輸路線供給與實際需求之平衡：公共運輸管理所面臨之問題，如部分地區運量不足、路線重複等，無法以過去的經驗直覺反應下一步動作，如變更、整併、新闢等，需仰賴長期數據觀察。
4. 特殊狀況下接駁運能不足：當遇到緊急災害事件或是其他特殊情況，如軌道事故發生或列車、相關設施等故障導致列車行駛中斷，需緊急進行車輛調度，如客運業者，接駁列車上百名旅客。

四、交通管理

1. 交通相關路側設施異常通報與處理不即時：道路鋪面/坑洞/破損，或既有路側設施運作異常(如號誌燈)，無完整監控機制或後續維修機制，且需耗費人力進行巡查是否有設施異常狀況，都需要巡檢車或是待民眾通報後才進行處理。
2. 基礎資料蒐集分布率及穩定性不足：既有資料蒐集分布率及穩定性不足，包含數據四分五裂、格式不一、缺漏等。
3. 無法掌握不同氣候條件對交通之影響衝擊：每逢地區下雨時，學研界都一致認為會造成交通壅塞，但到底是怎麼樣的雨量、分佈、範圍大小及

時間長度，會造成什麼樣對應的交通壅塞狀況。

4. 無法掌握交通事件發生之影響衝擊：交通特性隨時間和空間變化，而每當交通事件發生時受到其他干擾因素影響，各會展現其強烈的隨機性和不確定性，使交通管理單位無法掌握交通事件發生所帶來的影響衝擊。

3.4.2 六都交通局基層幹部問卷調查結果

本階段主要透過基層主管(科長級)角度蒐集第一線管理者所面臨之交通治理痛點，以問卷方式進行，發放對象如表 3-3 所示。問卷於民國 110 年 7 月 21 日發放至民國 110 年 8 月 2 日，共計回收 28 份問卷，相關分析彙整說明如後。

表 3-3 基層幹部問卷發放對象

資料來源：本計畫彙整

縣市	局處	交通相關科室	數量
臺北市	交通局	綜合規劃科、交通治理科、運輸管理科、交通安全科、運輸資訊科	5
	公共運輸處	綜合規劃科、大眾運輸科、一般運輸科、業務稽查科、智慧運輸科	5
	停車管制工程處	企劃科、營運科、管理科、機電科	4
新北市	交通局	綜合規劃科、運輸管理科、交通管制工程科、交通安全科、停車管理科、停車營運科	6
桃園市	交通局	運輸規劃科、交通工程科、停車管理工程科、公共運輸科、運輸資訊中心	5
臺中市	交通局	交通規劃科、運輸管理科、交通工程科、交通行政科	4
	公共運輸及捷運工程處	運輸工程科、運籌管理科	2
	停車管理處	停車規劃課、設施工程課、停車管理課	3
臺南市	交通局	綜合規劃科、智慧交安科、交通管制科、停車工程科、停車營運科	5
	公共運輸處	運輸設施課、營運管理課、運輸稽查課	3
高雄市	交通局	運輸規劃科、停車工程科、運輸管理科、交通工程科、運輸監理科、停車管理中心、智慧運輸中心	7
總計			49

藉由六都交通局基層幹部問卷調查所蒐集之交通治理痛點主要可歸納為7類，包含公共運輸、停車管理、交通壅塞、交通監控、交通安全及其他，各類所面臨之課題彙整如表3-4。

一、公共運輸

1. 中央補助經費之不即時及不確定性：中央公告受申請補助時間之不確定性，以及審核時間亦無明確訂定。
2. 缺乏能夠長期租賃之土地做為場站使用：業者難以尋覓長期租賃之調度站，地方政府可用之閒置公有土地亦缺乏。
3. 公共自行車租賃系統新舊相容性：公共自行車使用普及，為提供更多站點服務民眾並同步克服設站障礙，經與廠商研議升級系統，惟因新舊系統無法相互借還，且又涉及跨市使用議題，致衍生爭議。
4. 偏鄉公共運輸服務不足：運輸業者對於投入偏鄉交通服務之意願不足。
5. 缺乏整合性公共運輸資訊查詢/預約平臺。
6. 缺乏整合性公共運輸即時旅運資訊：目前公車上使用之電子票證驗票設備尚無聯網功能，無法即時取得公車旅運資料，且公車旅次資料涉及個人資訊，恐有違法蒐集之疑慮。

二、停車管理

1. 未收費停車位長期佔用(使用者付費觀念提升問題)：路邊停車格劃設或路外停車場開闢完成後，若未實施收費管理，常有車輛長期占用情形，不利停車格位周轉。
2. 缺乏整合民間/公有、路邊/路外相關停車(汽/機車)即時供需資訊管理系統。
3. 共享運具對既有停車位數量之衝擊：共享運具服務投入衍生之停車問題除造成當地民眾既有停車空間使用影響外，亦因跨縣市流動後，衍生鄰近縣市停車需求問題。
4. 都市地區停車空間不足致各種交通亂象：騎樓空間遭民眾停放汽、機車，影響行人通行空間。
5. 停車收費或費率調漲之阻礙：路邊停車格位收費常遇有部分道路土地為未徵收之公共設施保留地(私地)，雖欲以使用者付費原則納入收費，但常遇到地主或民意代表以私地收費有爭議為由不納入收費，導致整段道路

均無法收費，影響停車管理。

6. 違規拖吊事權不統一：道路違規停車排除仰賴員警指揮拖吊車執行違規車輛移置，但目前委外拖吊車多交由地方交通機關執行，而違規舉發係由警察局帶隊，導致事權不統一，警察局帶隊執行拖吊但無實質管理拖吊業者權力，交通局執行拖吊業者履約管理，卻又依法無權指揮拖吊車。

三、交通壅塞

1. 一般尖離峰所致之交通壅塞：車流過度集中於主要幹道，尖峰時間車流量大，交通容量常臨界飽和。
2. 道路狹小導致車道配置受限制所產生之交通壅塞：窄小蜿蜒的巷弄，車道配置亦受限制，直行車易受轉向車流干擾。
3. 尋找停車位與路邊臨停導致交通壅塞：穿越性與不熟悉路況之旅遊性車流，加上繞行尋找停車位與路邊臨時停車車輛衝突，造成交通混亂。
4. 重大活動所致之交通壅塞：臨時性、大型活動之舉辦期間、活動範圍、管制方式及相關配套措施均因案而異，雖事前均進行交通疏導規劃、審查及相關宣導與推播，仍造成交通壅塞。
5. 市區交通號誌管控不良所致之交通壅塞。
6. 匝道與地區道路銜接處之交通壅塞：因高快速道路出入匝道車流量大且車道容量不足，加上匝道緊鄰號誌化路口，因而產生回堵壅塞。

四、交通監控

1. 監控相關設施(CCTV、VD、水情…等)覆蓋率不足：囿於道路及附屬設施空間不足，無法完整佈設交通監控系統，形成監控盲點。抑或於重點區域進行交通監控時，需佈設車流、速度偵測設備(如 VD、eTag)，然而設備建置與維護不易，在路況數據蒐集不穩定下，使監控效益大打折扣。
2. 監控相關設施(CCTV、VD、水情…等)無法有效整合：現行各交通控制系統雖都與交通監控相關，但建立時間、目的不一，除了有各自面臨課題外，各系統間雖設計有資料交換機制，達到協同運作，但整體效益不彰。

五、交通安全

1. 執法及違規取締人力不足問題：尖峰時段警力不足，取締違規效果有限。

2. A1 事故案件防治問題：目前交通事故 30 日內死亡人數是由警政署交通事故資料與衛服部資料比對篩選，實際作業上有 2 個月的落差，導致事故防制作為無法即時反應，亦無法同步加強相關防制作為。
3. 交通安全教育與意識提升問題：用路人對於交通法規之重視與行車行為之自治漸趨薄弱，未受正確危險感知、安全駕駛技巧、及交通法令認知之教育訓練。
4. 道路交通事故通報及相關統計不即時：道路 CCTV 覆蓋率有限，交通事故通報很多案件是仰賴員警到場判斷後再回報，無法完整呈現事故現場狀況，導致事故處理時間及交控訊息發佈速度較慢。

六、其他

1. 跨部門溝通協調困難(包含資訊交換)：辦理政策研擬時，往往涉及眾多團體，包含民眾、民意代表、中央單位及其他縣市政府以及本府其他局處等意見，蒐集意見耗費相當多時間，影響政策推動時程，或最後規劃結果受限於上述因素而使效益降低。
2. 道路交通設施(如標誌標線配置調整)資料未數位化：交通標誌、標線等設施資訊尚未完全數位化，若有某處需改善或確認管制措施(如轉向禁行、禁行大型車…等)目前需人員至現場勘查(或輔以 google 街景先行查看)，較耗費時間。若某處交通設施有調整(如車道配置調整)，亦不利查詢變動時間與原由。

表 3-4 交通治理痛點(彙整六都交通局基層幹部意見)

資料來源：本計畫彙整

面向	痛點
公共運輸	中央補助經費之不即時及不確定性
	缺乏能夠長期租賃之土地做為場站使用
	公共自行車租賃系統新舊相容性
	偏鄉公共運輸服務不足
	缺乏整合性公共運輸資訊查詢/預約平臺
	缺乏整合性公共運輸即時旅運資訊
停車管理	未收費停車位長期佔用(使用者付費觀念提升問題)
	缺乏整合民間、公有、路邊、路外相關停車(汽/機車)即時供需資訊管理系統
	共享運具對既有停車位數量之衝擊
	都市地區停車空間不足致各種交通亂象

面向	痛點
	停車收費或費率調漲之阻礙
	違規拖吊事權不統一問題
交通壅塞	一般尖離峰所致之交通壅塞
	道路狹小導致車道配置受限制，產生交通壅塞
	尋找停車位與路邊臨時停車導致之交通壅塞
	重大活動所致之交通壅塞
	市區交通號誌管控所致之交通壅塞
	匝道與地區道路銜接處之交通壅塞
交通監控	監控相關設施(CCTV、VD、水情...等)覆蓋率不足
	監控相關設施(CCTV、VD、水情...等)無法有效整合
交通安全	執法度及違規取締人力不足問題
	A1 事故案件防治問題
	交通安全教育與意識提升問題
	道路交通事故通報及相關統計不即時
其他	跨部門溝通協調困難(包含資訊交換)
	道路交通設施(如標誌標線配置調整)資料未數位化

3.4.3 六都卸任交通局長之焦點團體工作坊

本計畫除透過問卷調查蒐集交通管理現況痛點外，亦針對曾任交通局長之專家學者進行焦點團體工作坊，其主要係因為不論是透過訪談或座談會方式，均可能因為偏向單方向之溝通，較難有充分之表達限制。鑒於「智慧交通數位神經中樞系統」構想之前瞻性，故以焦點團體法為基礎舉辦工作坊。焦點團體法(Focus Group)為一種質性研究方法，主要採訪一個群體的詢問或討論獲取對某課題之觀點和評價，主要適用在在蒐集特定族群對特定議題、產品或服務項目的感受與意見。該方法之系統化應用為美國在二次大戰期間用來探討宣傳的有效性，後因商務蓬勃發展，為探討解消費者的看法，焦點團體法廣泛被應用在市場調查或行銷研究領域。該方法跟傳統深度訪談法相較，具有：將訪談技巧運用於小團體，能在短時間內蒐集廣泛訊息；透過團體討論方式探討特定議題，可在同一時間蒐集多位受訪者觀點；藉由團體成員之互動激發多元觀點，而非僅是個人意見或觀點等多項優點。

陳明石(2020)^[41]提出高齡者就醫交通資訊整合平台需求研究，故探討高齡者對運輸工具之需求與痛點，藉由深度訪談利害關係人，瞭解雙方觀點並彙整具指標性因子，並使用焦點團體訪談交通服務專家團體與高齡使用者團體，探

討不同服務方式與使用看法之差異。魏惠娟、蔡齡儀(2017)^[42]以鄉村高齡者觀點，探討友善用路環境需求與問題，研究使用焦點團體方法探討高齡者友善用路環境之感受與看法，歸納共識與差異之項目，提供政策改善建議。Rahman 等人(2012)^[43]提及部分地區使用 BRT 系統與自行車進行整合，研究探討達卡市民眾與各方面利害關係人對 BRT 系統相關服務之觀點，經焦點團體會議討論自行車做為 BRT 系統接駁之接受度、BRT 車站設計、自行車與 BRT 系統之費用整合可行性等項目，取得具共識且有助於其他城市參考。Mohamed 與 Fonzone (2019)^[44]探討 Uber 與傳統公共運輸服務之衝擊，以英國倫敦地區為探討對象，由兩階段焦點團體分別針對不同利害關係人進行討論，部分使用會議方式，部分透過電話與視訊訪談，取得對 Uber 營運的看法與對產業之衝擊，瞭解民眾喜好與政策制定需改善之處。Starzyńska 等人(2015)^[45]探討身障者搭乘波茲南的公共運輸之需求與體驗，由主持人分別以搭乘前、搭乘過程與搭乘後三個不同階段分別主持焦點團體會議，深度瞭解身障者搭乘公共運輸之接受度與需改善的服務。Hine 與 Scott(2000)^[46]探討汽車使用者與公共運輸使用者對公共運輸轉乘、乘車費用與設計管理等相關服務之經驗與看法，透過焦點團體方法深度訪談習慣搭乘不同運具之使用者，瞭解受訪者之決策過程、生活方式以及重視服務項目。

表 3-5 焦點團體相關文獻綜整

資料來源：本計畫彙整

作者(年份)	研究地區	領域	訪談對象	研究方式	時間長度
Hine & Scott(2000)	英國/蘇格蘭	公共運輸	不同運具使用者	面談會議	約 30 分鐘
Starzyńska et al.(2015)	波蘭/波茲南	公共運輸	身障者	面談會議、影像紀錄	-
Mohamed & Fonzone(2019)	英國/倫敦	Uber 叫車	不同層面利害關係人	面對面會議、視訊、電話	約 30-45 分鐘
Rahman et al.(2012)	孟加拉/達卡	BRT 系統	不同層面利害關係人	面談會議、錄音	約 40 分鐘
魏惠娟、蔡齡儀(2017)	臺灣/雲林、臺南	用路環境	高齡者	面談會議	-
陳明石(2020)	臺灣/臺中、臺南	就醫交通資訊整合平台	高齡者	面談會議	-

從前述焦點團體之特性和相關應用文獻探討，可發現由於本計畫中有關智慧交通數位神經中樞與交通資訊推播服務之規劃設計均屬較創新之概念，且屬於以解決問題為導向之新型態服務，故採用焦點團體方式進行會較傳統深度訪談或座談會方式具有更加之規劃成果。另在計畫執行期間受限於 Covid-19 疫情影響，無法採用實體會議方式進行，最後整合互動式電子白板功能舉辦線上工作坊。線上工作坊舉辦之時間為民國 110 年 7 月 27 日下午兩點舉行，邀請之專家學者名單如表 3-6 所示。該工作坊與會人員除本所及逢甲大學外，尚包括國立陽明交通大學、勤崙國際公司、景翊科技公司及、艾陽科技股份有限公司、資拓宏宇國際股份有限公司、鼎漢國際工程顧問公司和臺灣世曦工程顧問公司等廠商代表，總計 33 名，會議出席人員畫面如圖 3.18 所示。

表 3-6 焦點團體工作坊邀請名單

資料來源：本計畫彙整

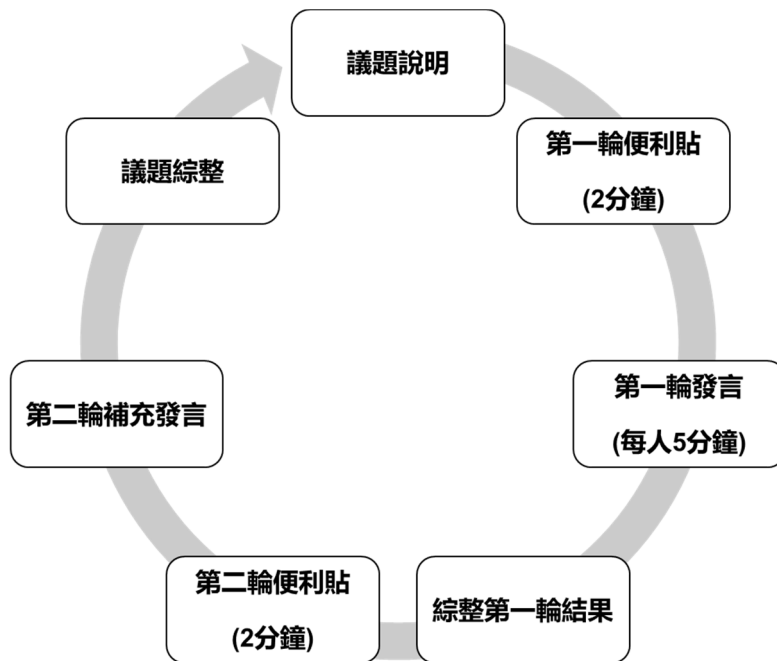
姓名	現職	首長經驗
林良泰	逢甲大學運輸與物流學系特聘教授兼學務長	臺中市交通局局长
林志盈	臺中捷運公司董事長	臺中市交通局局长 臺北市交通局局长
林炎成	臺南市政府參議	臺南市交通局局长
陳勁甫	國立成功大學交通管理科學系教授	高雄市交通局局长
鄭永祥	國立成功大學交通管理科學系教授兼系主任	高雄市交通局局长
羅孝賢	淡江大學運輸管理學系副教授	臺北市交通局局长
魏健宏	國立成功大學交通管理科學系教授	臺南市交通局局长



資料來源：本計畫產製

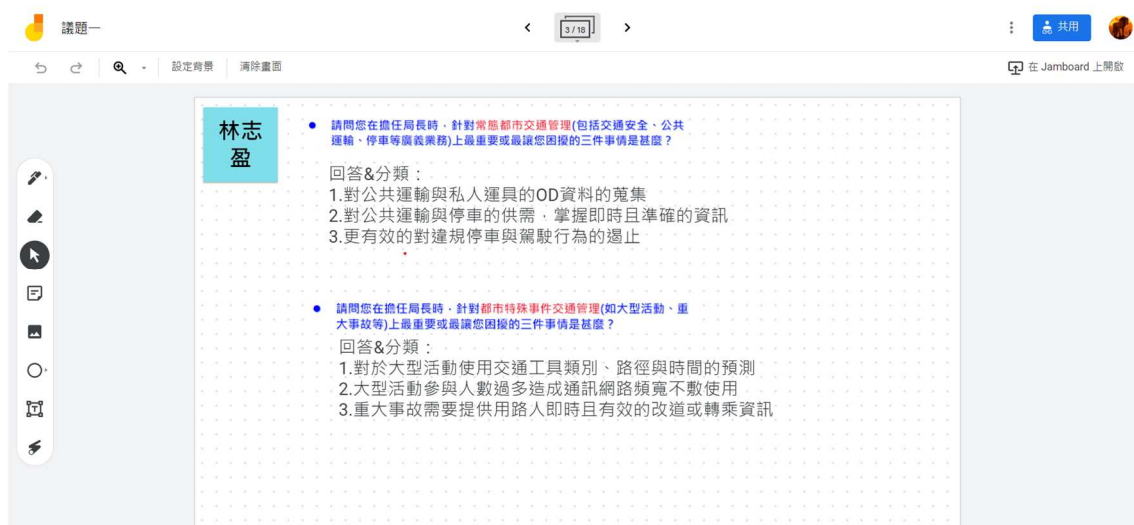
圖 3.18 焦點團體工作坊視訊畫面

而線上工作坊之進行方式係以焦點團體之精神為基礎，利用 Google Meet 與 Google Jamboard 互動式電子白板為工具，每個議題進行之方式如圖 3.19 所示，每個議題均由與會專家學者同時在事先規劃好支專屬 Google Jamboard 互動式白板中寫下自己的意見，再依序進行發言，並反覆進行次一輪之意見表達與發言，專家學長利用 Google Jamboard 互動式電子白板陳述意見之畫面如圖 3.20 所示。



資料來源：本計畫繪製

圖 3.19 線上工作坊議題討論進行流程



資料來源：本計畫產製

圖 3.20 專家學者利用互動式電子白板陳述意見畫面

茲針對本階段所蒐集之交通治理痛點討論結果進行彙整，主要可歸納為 6 類，包含交通壅塞、停車管理、公共運輸、交通安全、交通控制、交通管理，各分類所面臨課題說明如後，並彙整如下表所示。

表 3-7 交通治理痛點(彙整六都卸任交通局長意見)

資料來源：本計畫彙整

面向	痛點
交通壅塞	主要幹道常態性壅塞問題
停車管理	使用者付費觀念提升問題
	停車即時資訊掌握問題
	私有停車場停車即時資訊掌握問題
公共運輸	公共運輸需求掌握(OD)問題
	公共運輸運具即時資訊掌握問題
	公共運輸運量提升問題
	公共運輸經費補助來源穩定性
	公車營運管理服務滿意度
交通安全	交通安全意識宣導與提升
	執法人力不足
	緊急車輛優先通行問題
交通控制	區域協控問題
交通管理	大型活動辦理衍伸之相關問題
	特定觀光景區交通管理問題
	災害或重大事件應變防治相關問題

一、交通壅塞

主要幹道塞車嚴重，故需思考如何有效在資訊整合、偵測設備和控制中心等方面配合。如何透過科技方式，將運具、時間、空間分流等概念，以解決塞車問題。

二、停車管理

1. 使用者付費觀念提升：停車收費制度之落實，促使民眾觀念轉變，接受使用者付費，並有效改變民眾既有之交通習慣。
2. 停車即時資訊掌握：針對停車供需要能掌握即時且準確的資訊，例如即時停車位資訊等。既有停車場資訊搜集範圍大多僅限於公有停車場，未來希望透過資訊的整合，將私人停車場資訊一併納入。
3. 私有停車場停車即時資訊掌握：既有停車動態資訊系統未能將私人停車

場之資訊納入，並非科技之問題，乃營業稅等其他方面問題所造成之。

三、公共運輸

1. 公共運輸需求掌握：公共運輸與私人運具 OD 資料之搜集，例如台北市內湖科技園區內的交通問題，若能透過資通訊科技，初步掌握民眾的路徑和時間規劃，並在有限的道路資源或公共運輸上，達到更有效之調度。
2. 公共運輸運具即時資訊掌握：針對公共運輸要能夠掌握即時且準確的資訊，例如即時公車動態系統。
3. 公共運輸運量提升：公共運輸近期受疫情影響，導致運量下降，但為保障基本民行需求，政府機關應為持續關注城鄉差距與公共運輸普及之議題。且 A1 事故數亦與公共運輸之發展及搭乘率有密切關係。
4. 公共運輸經費補助來源穩定性：公共運輸經費不穩定及公路客運接管問題，公共運輸之經費於預算爭取上較為困難，因此服務品質難以提升。
5. 公車營運管理服務滿意度：公共運輸資源較為短缺，導致公車民營化後常發生公車脫班之情形，民眾對於公車服務滿意度下降。

四、交通安全

1. 交通安全意識宣導與提升：針對交通安全，民眾使用私人運具比例高，A1 交通事故案件高居不下，道安會報為加強市民交通安全觀念，致力於廟會、夜市等場所宣導。
2. 執法人力不足：目前違規停車大多仰賴警察以人力方式取締，未來如何運用科技執法且不違反資訊的有效運用，需明確界定，以達到有效遏止違規停車與危險駕駛行為。透過資通訊技術與路側設備之運用，針對惡劣的違規駕駛行為，進行後續的分析，亦能進一步瞭解車禍發生的原因。
3. 緊急車輛優先通行問題：A1 交通事故之改善，應落實緊急車輛優先通行權。

五、交通控制

區域協控問題：高速公路與市區道路匝道連接之壅塞問題，其衍伸之車流量會造成市區道路之壅塞，目前則僅能透過號誌調控或部分道路的拓寬等方式，尚未能從根本上解決之，需與多個單位溝通並協調。

六、交通管理

1. 大型活動辦理衍伸之相關問題：跨年活動、民俗活動、示威遊行等大型活動(如臺北跨年晚會)參與人數過多，除難以掌握人流，且易造成通訊網路頻寬不敷使用，若未來智慧化交通皆依靠網際網路時，如遇寬頻無法應付，將會導致主管機關無法進行決策。
2. 特定觀光景區交通管理問題：大量私有車輛、遊覽車進出觀光景區帶來交通衝擊，導致該地區居民反彈。
3. 災害或重大事件應變防治相關問題：風災或水災及重大工程所引起之交通衝擊及應變，如何能透過偵測設備之設置，使災害應變中心能提前掌握資訊，並推播至用路人使民眾能第一時間掌握災害資訊，並妥善處理及疏散車輛，不致因淹水導致車輛泡水。或是災害期間之交通維持，公共運輸減班問題以及如何避免民眾使用私人運具至危險地區。

3.4.4 綜整結果探討

綜合上述相關三類互動關係人訪談與調查結果，發現許多提出之交通治理痛點偏向屬於政策面、交通工程面或既有環境限制之問題，非將來能透過數位神經中樞系統就能夠解決之，如公共運輸類之中央補助經費之不即時及不確定性、缺乏能夠長期租賃之土地做為場站使用、運量提升、偏鄉公共運輸服務不足...等；停車管理類之使用者付費觀念提升問題、共享運具對於既有停車位之衝擊、停車空間不足所致之各種交通亂象、停車收費或費率調漲之阻礙、違規拖吊事權不統一問題...等；交通壅塞類之道路狹小導致車道配置受限制所產生之交通壅塞；交通監控類之設施覆蓋率不足；交通安全類之執法度及違規取締人力不足問題、弱勢族群路口行人通行...等；其他類之跨部門溝通協調困難、道路交通設施(如標誌標線配置調整)資料數位化。

本計畫遂將此類議題予以排除後再進行彙整，歸納統整交通治理痛點主要分為 5 類，包含公共運輸(5 項)、交通壅塞(5 項)、交通安全(3 項)、交通控制(3 項)及停車管理(2 項)，共計 13 個主要優先課題，冀望未來能夠透過數位交通神經中樞系統逐步予以解決，重要度三顆星則代表三類互動關係人皆關注此課題，如表 3-8 所示。

表 3-8 交通治理痛點與課題綜整結果

資料來源：本計畫彙整

痛點分類	課題	重要度
公共運輸	1. 公共運輸供需分析	★★★
	2. 軌道運輸事件偵測	★
	3. 特殊事件接駁規劃	★★★
	4. 公共運輸即時需求資訊	★★★
	5. 公共運輸即時營運資訊	★★
交通壅塞	1. 常態性壅塞管理	★★
	2. 號誌控制不當之壅塞	★★
	3. 匝道與地區之壅塞	★★★
	4. 重大活動之交通壅塞	★★
	5. 車流/人流 OD 即時掌握	★
交通安全	1. 道安策略改善管考	★★
	2. 交通事故熱點分析	★
	3. 交通事故資料即時性	★
交通控制	1. 交通號誌設計不當	★★
	2. 緊急車輛優先通行	★
	3. 車流/人流即時資料	★
停車管理	1. 缺乏整體停車供需資訊	★★
	2. 停車場等候線即時資料	★★

註：三顆星代表三類互動關係人皆關注此議題。

3.5 系統架構與功能規劃

3.5.1 系統架構探討

「數位中樞神經」所提神經系統(Nervous system)係由神經元這種特化細胞的網路所構成，透過身體不同部位間傳遞訊號，也透過內部系統不同的反應作用來應付環境的變化，進而控制活動，協調各個組織和器官，以感知的方式快速的判斷外來情報，並進行協調決定是否接受及反應，做出適當的反應與傳遞。

本計畫即以這樣的概念來進行應用，於交通的層面上，透過中央控制中心來分析探討，從資料面到決策呈現端，該平臺使用者則鎖定中央機關相關決策人員，並將其資料流架構概分為四層(數據蒐集、數據處理、思考與決策、及反應／應用)，以資料來源端及基礎設施為基底，如負責公路運輸的高公局、公路

總局；軌道運輸的高鐵、臺鐵、捷運，甚或是一般民間企業透過基地臺定位、車輛定位取得的資訊等等，這些內容可分為固定式(VD、AVI、eTag、CCTV、停車資訊、號誌控制器等)及移動式(CVP、GVP[一般小客車、計程車、公車]、票證資料等)；其他還有如可預期的活動資訊，施工、大型活動、連續假期等歸屬於行事曆活動之資訊。

而透過以上所述不同來源所產生的資料彙整成為數據層，比如公路產生的路況資訊、車隊軌跡、刷卡機電信數據，或是鐵道的軌道、平交道障礙物影像，再透過 5G 網路傳輸至分析層，而此處的分析層就是數位神經中樞所在，能高速運算即時輸入的交通數據，來進行預測和模擬，透過分析層產出的結果，做為後續發展決策層的 4 大應用，可將即時資訊傳送給聯網車或公車，包含即時號誌時相應用、前方號誌時相秒數資訊提示、前方道路障礙／違停車輛警示、前方道路壅塞提示、行人防撞警示和路口車輛闖入輕軌軌道區域警示等。相關資訊均能在車載資訊系統上呈現，讓駕駛員與乘客能及早因應。以一連串的由底部資料源向上到最後的分析、決策，以最快的速度進行反應與回饋，藉以提供相關單位做進一步的因應。

故在本計畫執行過程中，業已進行內部調查未來針對智慧交通數位中樞平台的各個面向包括交通安全、交通控制、交通管理、公共運輸下的交通治理痛點以做為本平台規劃之重要參考依據。

此外，亦同時思考接收到各項交通資訊回饋時，會以「大腦思考」或「脊髓反射」兩類不同方式呈現於前端平台上，且從平台未來期望呈現的情境，可以即時資料馬上反應呈現參考抑或是需思考後進一步的決策判斷，例如天氣變化影響交通疏散；若為災害發生時則以事件為核心，可能為 5 公里的範圍內，包含相關的系統資料可以以地圖顯示於儀表板上呈現相對位置關係，並於特定時間內提供直接命令下達，另外也能隨地理位置更改相關對應資料，以隨選隨看的方式掌握各地區之交通狀況等等，都是未來管理平台設計應有的考量。所以後續所建置的平台必須同時擁有「儀表板」及「戰情中心」等的設定概念，透過資料庫、模型、績效庫、知識庫之間的相關資訊交換，以「大腦思考」或「脊髓反射」兩類不同方式呈現於前端平台上，藉以滿足以下各項功能：

一、具擴充彈性之主題層次性呈現(交通管理、交通安全、交通控制、公共運輸+小主題…等)。

二、依需求抽換主題內容(直覺反應、人工判斷，每一個項目均可獨立擷取)。

三、主題資訊呈現頁面之介面設計必須多元及清楚易懂。

四、結合動態及靜態的統計圖表(結合 BI)。

五、以平面圖/直方圖/現況立體圖/熱力圖/趨勢圖，呈現多維度的統計資訊。

六、以地圖呈現空間資訊內容。

七、預警性內容(e-mail 通知人員)。

此外，為滿足快速發展決策判斷，考量平台主要使用對象為提供各交通承辦人員與管理者，可快速針對現有介接的即時資料、利用歷史資料推估預測的資料統整數項資訊進行整合後，透過資料彙整、處理及使用者連入資訊管理後，透過運算引擎快速掌握各項交通資訊，亦透過親和性的操作介面，包括視覺化圖表、主題類儀表板、警示提醒等項目提供動態查詢分析，應是建構在整體雲端運算服務下，底層為基礎結構即服務(IaaS)是一種雲端運算服務，收納各課題下需求資料，以隨用隨付的方式，依照實際需求提供基本的計算、儲存體及網路資源。往上層則是進入軟體即服務(SaaS)層，透過網際網路隨選傳遞軟體應用程式的方法，進行各項自主反應的判斷、管理決策與績效回饋應用，透過IaaS層進行資料層級架構建立，深入剖析各項資料項目，建立其關聯性後，進行相對應的發佈及管理作為，使用者則可使用手機、平板電腦或電腦上的網頁瀏覽器經由網際網路連線至應用程式，進到平台即服務(PaaS)層中進行各項資料的查詢。茲將本平台架構分層規劃繪製如圖 3.21 所示，在此雲端服務上，亦同時需考量以下課題：



圖 3.21 交通數位神經中樞系統架構

- 一、需支援多種網路與通訊協議，包括但不限於 MQTT、HTTP、CoAP/UDP、Modbus TCP 等常見協議，透過這些協議讓連接方式更為彈性與便利，可達到最底層的資料直接對接，或與其他機關係統進行對接。
- 二、提供具彈性的資料格式，不需要先設定資料欄位，在介接新的系統或其他機關資料時，可以更方便快速，其 API 資料串接主要需考量現有可連網系統不論是在雲端或布建在場域內，都可以透過 API 上傳資料至平台，或以透過 API 讀取部分系統或是外部開放資料平台的資料，若系統資料為特殊格式，平台端也可以透過轉換器(adaptor)，將接收資料並轉存至平台。透過加密傳輸協定，搭配 token 進行資料保護，並支援 JSON 等彈性的資料格式，達到安全與易用的平衡。
- 三、需具備多種資安防護機制，從資料傳輸到應用建置，確保應用服務的資訊安全，安全防護機制至少包含如下：
 1. 支援傳輸加密協議 HTTPS/MQTTs
 2. TLSv1.2 / RSA / AES 128/ AES256 / SHA256 / SHA384
 3. UUID/36+20bytes 編碼 DeviceID+Token
 4. 多層次帳戶使用權限管理
 5. 強化登入密碼與 reCAPTCHA 防護機制
 6. 帳戶操作行為稽核軌跡紀錄
- 四、需針對各項異常內容進行告警設定，透過自行設定的運算引擎定義各類主題資料告警，例如：可於後端運算引擎上定義各項主題資料的平均統計值，判斷特定欄位或統計值之資料若超出平均統計值則需要進行常用資料警示，或指定特殊資料，若不符合，可於平台上以警示視窗的方式、音效警示等方式提供告警，也可在儀表板上呈現數值異常相關資訊，更可透過 mail 的方式發送給相關人員。

3.5.2 系統發展課題與功能規劃

以前一節所提之系統整體架構而言，進一步探討各項系統功能及可能面臨到的課題，在此規劃中亦同時考量國發會逐步推動之服務行智慧政府 2.0 推動計畫(2021-2025)之推動目標，以協助公共事務管理到創新公共治理效能角度中

轉換整合國際交通管理發展趨勢下，延伸發展創造公共服務價值，也就是從過去在各單位首長所在乎的公共運輸、交通壅塞、交通安全、停車管理及交通控制下的課題，逐漸收攏至交通衝擊管理、主動式服務管理、綠色與人本運輸、災害預防與管理系統制主動式交通管理下的三大課題：公共運輸、交通管理及事件管理。而在這些課題中，亦將前述 3.4.4 節中所提出綜合結果探討之內容架構進行說明。

一、公共運輸課題架構

在本課題下，其資料來源包括 TDX 資料、透過電子票證或是行動支付的紀錄取得需求、事件即時通報或偵測及整合車上刷卡機回傳結班資訊等，進而去探討公共運輸下的即時需求，並藉由需求進行相關常態性的規劃(公共運輸整體規劃、營運計畫、接駁路線規劃)，若遇有緊急性狀況產製緊急應變計畫，提供管理決策者可快速掌握後進行決策判斷，其架構如圖 3.22 所示。

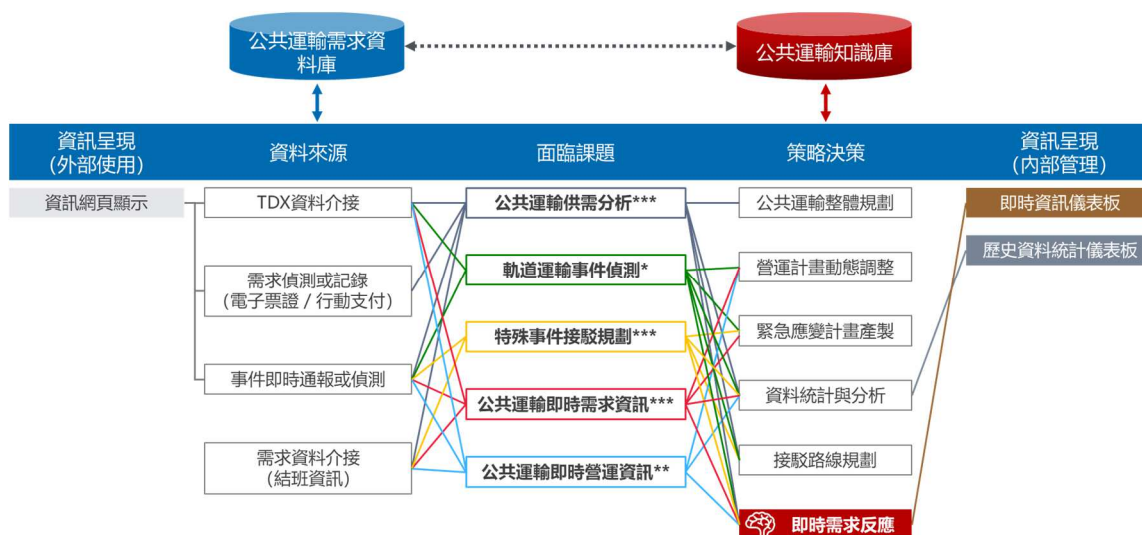


圖 3.22 意見調查成果歸納 - 公共運輸課題架構圖

二、交通壅塞課題架構

在本課題下，其資料來源包括 TDX 資料、事件即時通報或偵測及車流(人流)即時偵測等，進而去探討產生交通壅塞之原因，如：常態性壅塞、號誌控制不當、匝道地區、重大活動及車流(人流)OD 狀況，透過蒐集而來的因子去研擬後續因應對策，進而調整相關的規畫，此規劃可包括工程類的交通改善作為、整體時制計劃內容等，且可藉由過去的經驗修正相關的交通管制計劃內容，並藉由調整後的管制計畫，做為管理決策者參考與進行決策判斷，其架構如圖

3.23 所示。

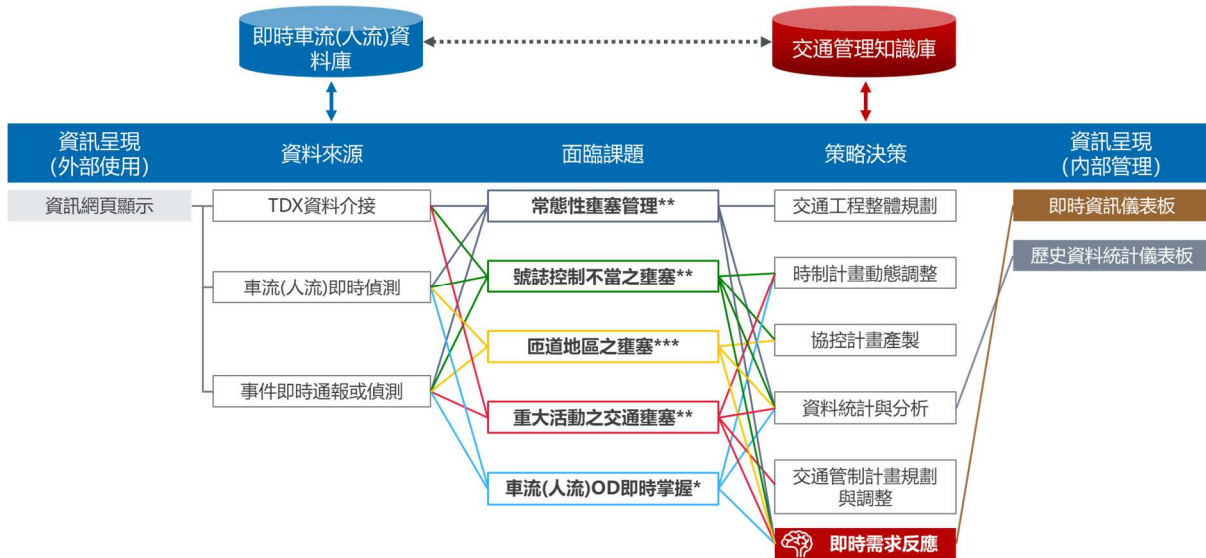


圖 3.23 意見調查成果歸納 - 交通壅塞課題架構圖

三、交通安全課題架構

在本課題下，其資料來源包括道安委員會的歷年道安歷史資料及交通事故即時偵測獲通報等，透過歷史及即時肇事資料，需進一步去探討各地發生事故之原因，進行相對應的交通工程或交通管理之改善作為，並適時追蹤整體改善前後績效，用以確認該改善方式可行且有效，如遇到有即時事故發生時，亦可隨時反映至前端做第一步的遏止事故的發生，其架構如圖 3.24 所示。

四、交通控制課題架構

在本課題下，其資料來源包括 TDX 資料及事件即時偵測或通報等，藉由各項事件的回傳結果，進而判斷當下交通號誌應採用何種時制計畫，如遇有緊急狀況時，可提供救護/救災車輛優先通行，其應變作為資料亦可儲存下來以供下次如遇雷同事件發生之第一反應處理作為，其架構如圖 3.25 所示。

五、停車管理課題架構

在本課題下，其資料來源包括停車資料及停車場等候線即時偵測或通報等，藉由各地停車狀況的回傳結果，可做為後續停車場/位的重新規劃與檢討，若遇到某停車場有溢流狀況產生時，可快速反映當下狀況，並啟動周圍的交通管理作為，導引車輛至鄰近停車場停車藉以紓解排隊車潮，其架構如圖 3.26 所示。

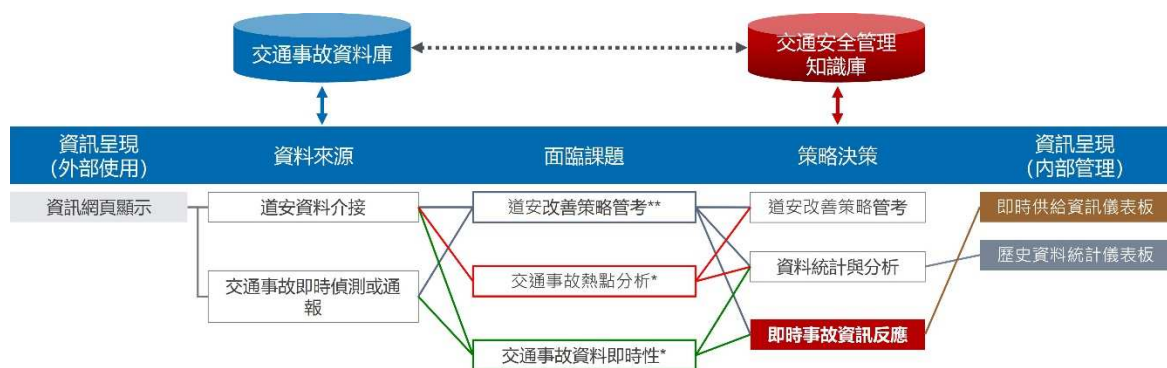


圖 3.24 意見調查成果歸納 - 交通安全課題架構圖

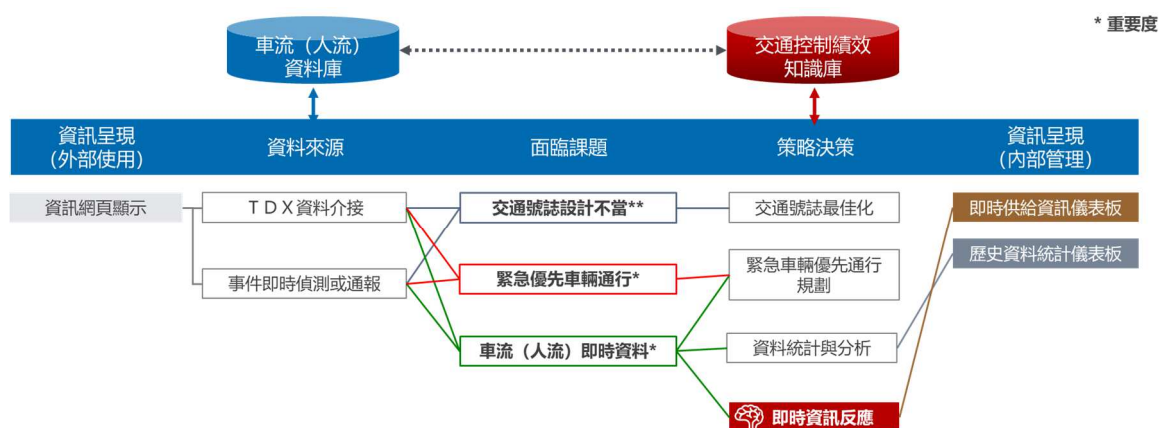


圖 3.25 意見調查成果歸納 - 交通控制課題架構圖

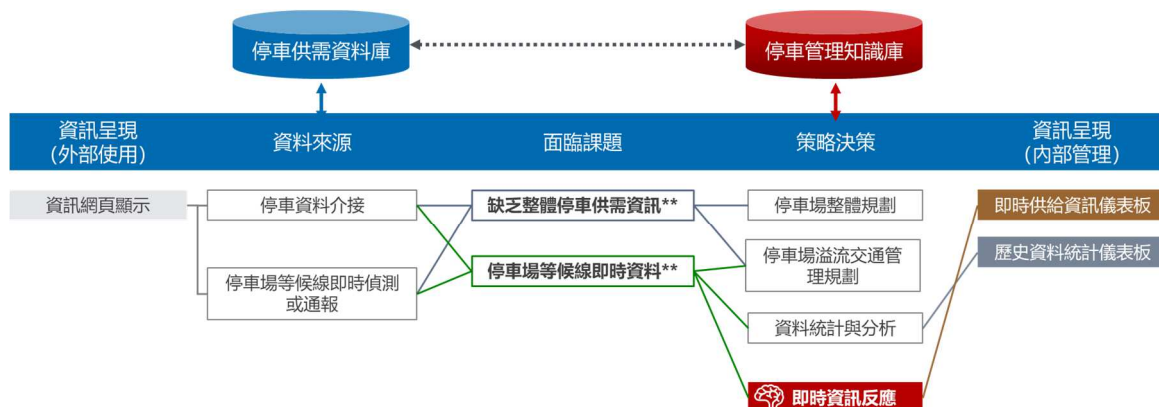


圖 3.26 意見調查成果歸納 - 停車管理課題架構圖

從上述各課題架構來看，從基礎資料庫的建置，到資料分析模型設定後，將所有分析、決策、判斷、預測產製後之結果資料匯入知識庫中，進一步做各項資訊的即時資訊收納及規劃，並將該規劃階段評估此規劃內容是否符合預期績效內容，將各期評估之績效結果亦同步儲存至資料庫中，做為後續決策之參考，其系統架構概念如圖 3.27 所示。

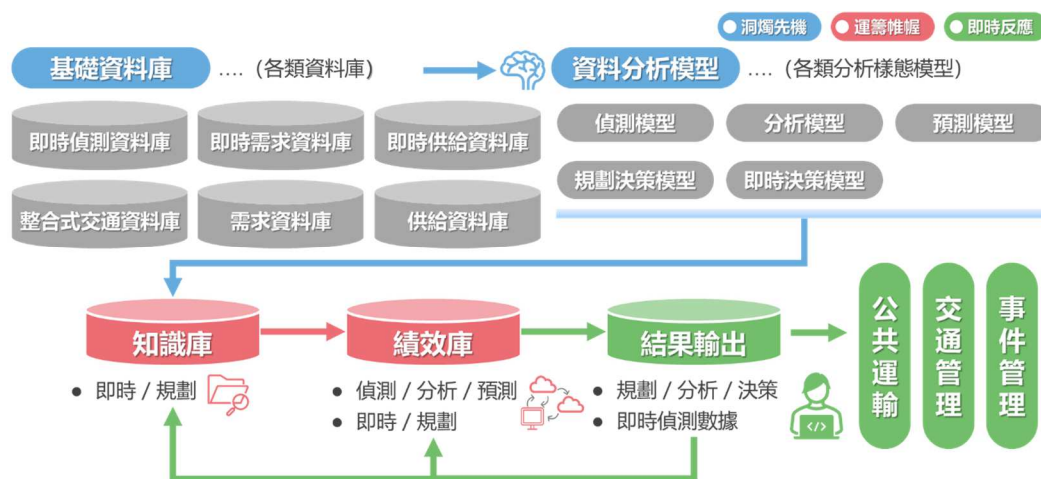


圖 3.27 交通數位神經中樞系統架構概念

此外，這些功能中均需要具備資訊蒐集與統整分析能力(即時偵測、資料分析、預測模型)、掌握周遭環境資訊能力(3D 視覺化模型)、思考與增長智慧的能力(人工智慧規畫決策模型)、經驗傳承與複製能力(即時決策知識庫)及即時處理與反應能力(即時處理反應機制)藉以完整整體平台之運作。各資料分析模組架構如圖 3.28~圖 3.33 所示，其重點均在透過資料庫、模型、績效庫、知識庫之間的各項資料同步、彙整、分析、預測等動作，進而產出結果。

在系統介面呈現部分，則應考量以下幾個項目：

1. 各項主題功能 [交通管理、交通安全、交通控制、公共運輸 + 小主題…等] 或可以模組化方式呈現，或整體頁面資訊內容，已模組化之概念進行規劃，每一個項目均可獨立擷取(如下各圖中左邊區塊內容標示)。
2. 主題資訊呈現頁面之介面設計必須多元及清楚易懂。
3. 結合動態及靜態的統計圖表[結合 BI]。
4. 以平面/直方圖、現況立體圖、熱力圖、趨勢圖，呈現多維度的統計資訊。
5. 以地圖呈現空間資訊內容。
6. 需具有預警性的內容，並寄發 e-mail 通知相關人員。

除了上述所提交通管理現況痛點下面臨的課題，規劃可能產生之決策管理方向，並透過即時資訊或歷史資料儀表板，呈現相關資訊內容供管理者進行相關的判斷後做出決策外，也須逐步發展本平台之四大核心功能項目，包括從規劃面(基礎資料分析、需求預測、整體規劃)、營運面(即時資料分析、未來資訊預測、管理與決策)、服務面(預約需求服務、資訊揭露服務)及其他(政策目標管理)進行探討，彙整如表 3-9 所示。

● 洞燭先機

1. 資訊蒐集與統整分析

即時偵測

資料分析

預測模型

2. 掌握周遭環境資訊

3D視覺化模型

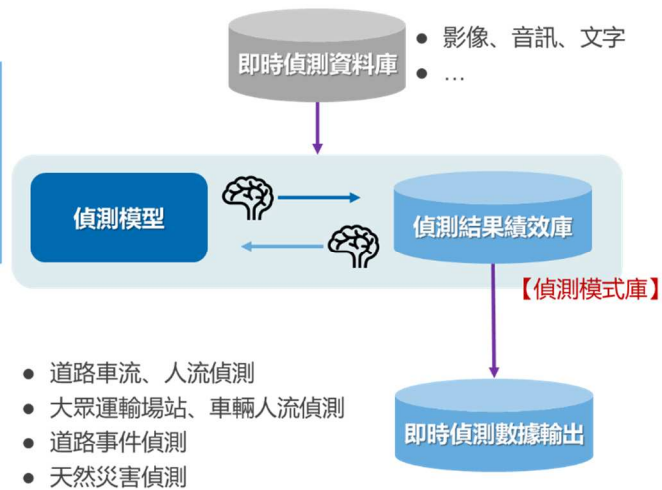


圖 3.28 交通數位神經中樞系統-即時偵測

● 洞燭先機

1. 資訊蒐集與統整分析

即時偵測

資料分析

預測模型

2. 掌握周遭環境資訊

3D視覺化模型

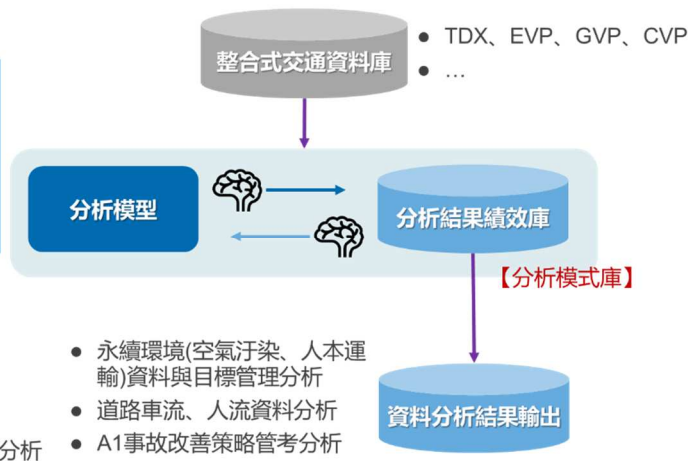


圖 3.29 交通數位神經中樞系統-資料分析

● 洞燭先機

1. 資訊蒐集與統整分析

即時偵測

資料分析

預測模型

2. 掌握周遭環境資訊

3D視覺化模型

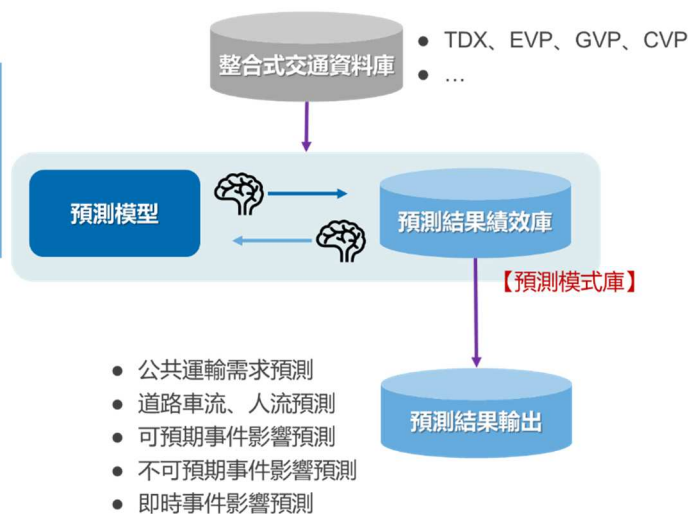
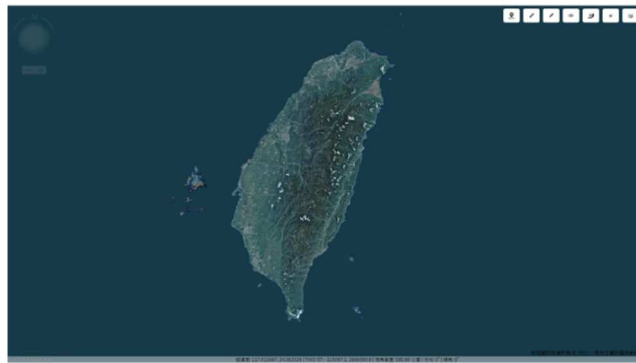


圖 3.30 交通數位神經中樞系統-預測模型

● 洞燭先機

1. 資訊蒐集與統整分析
 - 即時偵測
 - 資料分析
 - 預測模型
2. 掌握周遭環境資訊
 - 3D視覺化模型



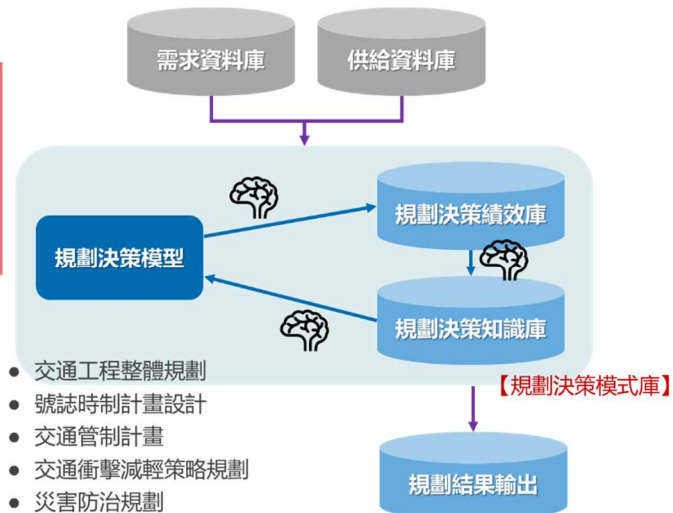
- 3D地圖技術呈現
- 即時異常資訊警示
- 歷史統計資料
- 資料排行版
- (其他)

圖 3.31 交通數位神經中樞系統-3D 視覺化模型

● 運籌帷幄

1. 思考與增長智慧
 - 人工智慧規劃決策模型
2. 經驗傳承與複製
 - 即時決策知識庫

- 公共運輸整體規劃
- 公共運輸緊急應變計畫規劃
- 自駕公車營運規劃
- 接駁公車營運規劃



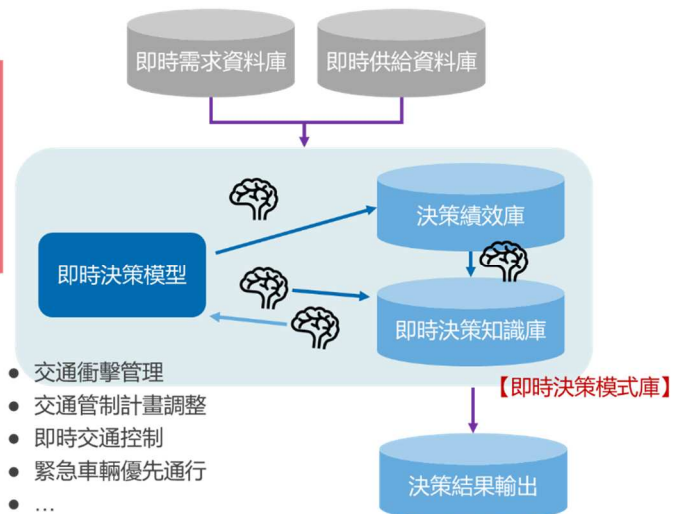
- 交通工程整體規劃
- 號誌時制計畫設計
- 交通管制計畫
- 交通衝擊減輕策略規劃
- 災害防治規劃

圖 3.32 交通數位神經中樞系統-人工智慧規劃決策模型

● 運籌帷幄

1. 思考與增長智慧
 - 人工智慧規劃決策模型
2. 經驗傳承與複製
 - 即時決策知識庫

- 公共運輸營運計畫動態管理
- 電動公車調度管理
- 共享運具調度管理
- 交通壅塞管理



- 交通衝擊管理
- 交通管制計畫調整
- 即時交通控制
- 緊急車輛優先通行
- ...

圖 3.33 交通數位神經中樞系統-規則式即時決策知識庫

表 3-9 交通數位神經中樞系統核心功能彙整表

功能項目	公共運輸	交通管理	事件管理
規劃	● 預約需求資訊分析 ● 需求資料分析 ● 需求資料預測分析 ● 公共運輸整體規劃 ● 短期接駁公車規劃 ● 自駕公車營運規劃 ● 緊急應變計畫規劃	● 道路流量資料分析 ● 道路流量資料預測 ● 交通工程整體規劃 ● 號誌時制計畫設計 ● 交通協控機制規劃 ● 交通管制計畫研擬 ● 交通衝擊減輕策略規劃 ● 自駕車運營管理規劃	● 事件影響預測分析 ● 災害防制規劃
運營	● 即時人流監測 ● 預約需求資訊分析 ● 需求資料分析 ● 需求資料預測分析 ● 營運計畫動態調度 ● 共享運具調度管理 ● 電動公車調度管理	● 即時交通監測 ● 道路流量資料分析 ● 道路流量資料預測 ● 交通壅塞管理 ● 交通衝擊管理 ● 交通管制計畫調整 ● 即時交通控制 ● 自駕車調度管理	● 即時事件偵測 ● 道路流量資料分析 ● 道路流量資料預測 ● 即時事件影響預測分析 ● 緊急災害即時交通疏導 ● 緊急車輛優先通行
服務	● 預約需求服務	● 交通管理資訊播報	● 事件資訊播報 ● 疏導資訊播報 ● 緊急車輛通行資訊播報
其他	● 電動公車目標管理 ● 低地板公車目標管理	● 道安策略改善管考 ● 停車設施整體規劃	

一、公共運輸

過多機動運具易造成空氣污染、交通擁擠及交通事故等問題，影響民眾生命安全，若能妥適規劃提升公共運輸功能，強化公共運具之便利性與普及性，將可提高民眾搭乘公共運具之意願，減緩私人機動運具之成長及使用，加上使用電子票證的民眾越來越多，則越可以掌握其 OD 狀態，可進一步提供管理者做後續路線調整、規劃之參考依據。因此，可建構全省完整的資料庫納入公共運輸路線、運量及肇事路口等現況資料，及近五年內運量及票證資料，並透過所建構之公共運輸路線、運量及肇事路口等現況資料庫，可進一步研提公共運輸路網改善計畫、需求運量分析或易肇事路口改善計畫等專案示範計畫，供政府主管單位未來改善之參考依據。

此外，公路總局亦可透過全省現有公車動態資訊系統各項稽核資料，如發

車狀況資料可分析各縣市管轄區內各項車輛的發班運作狀況，進行路線準點率(準點分析)、早發/誤點/脫班班次，藉以掌握車輛運行狀態並可提供後續檢討現行路線規劃是否滿足需求，做為後續依據後續搭乘需求/營運成本互相制衡調整方案之思考，尋求需求潛力區(增加營運路線、班次)，提高服務水準，降低補助金額等，其原則方向如下：

1. 公共運輸整體規劃：利用現有公車票證資料，並搭配社經資料進行交叉分析比較、各項服務指標，找出其潛在旅運需求，做為後續路線重新調整之參考。
2. 需求分析：依照縣市別、行政區別、路線、站點、路廊等各類空間概念，了解不同季節、天候、日期、假期營運特性變化，且依據此不同的空間類別，以車輛行駛路徑前後進行分析，找出尖離峰時段，做為公共運輸班次調整之參考依據。
3. 特殊性公共運輸需求規劃，主要應用於大型活動、災害狀況上緊急調度運具分配使用。可針對已知的狀態進行可能產生的人流資訊、影響範圍及影響時間等，提供公共運輸改道及轉乘資訊及不同運具間的接駁措施等。
4. 其他業務管理：可納入各縣市既有之多元車輛共享平台與服務，推動車輛共享服務及緊急應變運輸服務整合，結合線上監控管理、預約人數掌握，從現行營運人數數據外，另外找出路線潛在需求，落實需求反應式服務，配合常態性公共雙進行無縫轉乘，以提升公共運輸效率。

二、交通管理

交通相關部門需要針對交通狀況做出可靠的預測，然道路上之交通狀況不僅受車流量多寡影響，亦會受到事件之影響，故除現行各平台提供之「即時路況資訊」之功能外，應強化對「未來路況預告」部分，提供路段壅塞機率之資訊。此處則需整合多種交通資訊來源(車輛偵測器、影像偵測器、探針車等)，自動轉換成為交通管理數據、資料格式一致化，並監控交通動態、研判、預警臨界狀況，用以預警避開地雷路段，其原則方向如下。

1. 交通壅塞路徑及範圍設定：以運輸路廊與節點的即時交通資訊為底。
2. 壅塞路段資訊管理：針對經常性壅塞、車禍頻率高的區域，進行影響時空範圍推估，可透過事先規劃若干方案提供替代路徑與導引方案，或藉

由推估結果重新進行新規劃方案。

3. 預警資訊動態管理：透過儲存每日資料，掌握當下動態資訊，預測明日交通運輸狀況，整合即時資訊對外提供預警資訊。

三、事件管理

主要透過偵測、事件回報等項目進行管理與後續決策使用，其內容可針對重大交通事故、施工、大型活動、預測性交工所產生的衝擊進行預測(交通事故風險分析)、預警、通報相關單位處理等作為，抑或是遇有緊急事件發生時之緊急應變作為。以緊急應變為例，當事件發生時救護車、消防車等緊急車輛在執行任務時，可以不受行車速度之限制，更在開啟警示燈及警鳴器執行緊急任務時，不受標誌、標線及號誌指示之限制，擁有「道路優先權」，且其他車輛均應立即避讓等管理作為，並將此規劃結果存入知識庫中等做為下次遇有相同經驗時可做為參考依據，或直接進行引用之，其餘交通預測、通報推播等作為相同。

上述各項功能建構完成，並逐步完善各項資料後即可透過資料交換、設備偵測等傳遞與蒐集以下內容，做為各項預測、判斷之參考值。

- 一、各縣市交通事件資料；
- 二、交通衝擊評估調查數據；
- 三、駕駛範圍內周圍車輛的狀態感知，如：位置、速度、方向和其他屬性(選定特定區域範圍)；
- 四、車輛共享的傳感器數據，傳遞有關非聯網的道路使用者(車輛、行人等)的狀態訊息。

3.5.3 六都交通局正副首長座談會

本計畫透過座談會邀請六都交通正副首長對所提出「智慧交通數位神經中樞」之規劃構想進行討論，邀請名單如表 3-10 所示，討論議題包含智慧交通數位神經中樞內涵適宜性、智慧交通數位神經中樞系統導入 3D 模型必要性，以及針對公共運輸、交通管理、事件管理等三大課題之智慧交通數位神經中樞發展規劃構想完整性，同時透過問卷方式調查正副首長對於管轄縣市之交通管理現況和交通管理系統之滿意度，以及數位交通數位神經中樞系統應具備之功能。問卷調查彙整結果如圖 3.35 所示，有關背景調查對於現況交通管理及系統滿

意度部分，滿分為 5 分，各正副首長平均滿意度為 3.7 分。對於未來智慧交通數位神經中樞系統是否應具備資料蒐集、資料分析兩項功能之認同度為滿分 5 分；對於是否應具備資訊預測、決策知識庫、即時決策功能之認同度為 4.8 分；對於是否應具備 3D 視覺化功能之認同度為 4.3 分。最後對於智慧交通數位神經中樞系統整體對於交通管理是否有幫助部分之認同度則為 4.7 分。

表 3-10 六都交通局正副首長參與名單

姓名	任職單位	職稱
王銘德	臺南市政府交通局	局長
江俊良	臺中市政府交通局	副局長
陳榮明	臺北市政府交通局	副局長
張淑娟	高雄市政府交通局	局長
張新福	桃園市政府交通局	副局長
鍾鳴時	新北市政府交通局	局長



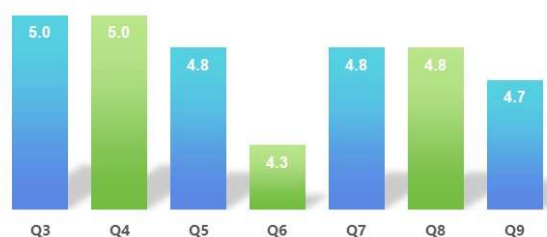
圖 3.34 會議舉辦狀況

表 3-11 交通首長意見交流座談會問卷調查內容彙整

問項	內容
Q1	您對於貴單位目前之交通管理整體滿意度為何？
Q2	您對於貴單位目前之交通管理中心系統之滿意度為何？
Q3	您是否同意資料偵測為「數位交通數位神經中樞」中之重要功能？
Q4	您是否同意資料分析為「數位交通數位神經中樞」中之重要功能？
Q5	您是否同意資訊預測為「數位交通數位神經中樞」中之重要功能？
Q6	您是否同意 3D 視覺化為「數位交通數位神經中樞」中之重要功能？
Q7	您是否同意決策知識庫為「數位交通數位神經中樞」中之重要功能？
Q8	您是否同意即時決策為「數位交通數位神經中樞」中之重要功能？
Q9	您認為未來「數位交通數位神經中樞」的發展，對於 貴單位之交通管理是否有幫助？



數位神經中樞系統各項功能贊同度



註：滿分為 5 分

圖 3.35 正副首長問卷調查結果彙整

3.6 系統分期規劃構想與相關平台整合課題探討

3.6.1 系統分期規劃構想與資安課題探討

本小節內容主要依據 3.5 節中所提後續必須要整合國際交通管理發展趨勢，延伸發展創造公共服務價值下所需面臨之三大課題：公共運輸、交通管理及事件管理，及智慧交通數位神經中樞在模式庫、知識庫的建構中，從資料呈現規劃方式、指標功能呈現規劃，去探討資料現況、技術困難度及經費需求初步判斷，依短中長期提出規劃期程建議(如表 3-12 至表 3-20)，後續於落實建置時再依照當下實際狀況進行滾動式調整。

表 3-12 公共運輸短期發展項目規劃建議

資料來源：本計畫彙整

神經中樞功能模組	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求
即時資料分析模組	即時動態	公共運輸服務、電動公車、低地板公車、共享運具、可靠性、使用量、車輛擁擠度	○	○	○

神經中樞 功能模組	資訊呈現 方式	指標(功能)呈現	資料 現況	技術困 難度	經費 需求
歷史營運績 效統計分析 模組	統計圖表	公共運輸使用率、運具營運里程、路線需求、場站需求、可靠性、使用量、高齡者比例、車種匹配度、旅次分佈、MaaS 使用量	○	○	○
異常資訊警 示模組	警示資訊	發車異常、車種目標值未達標、供需異常；路線營運效率不佳	△	○	△

註：○：簡單、△：中等、★：困難

表 3-13 交通管理短期發展項目規劃建議

資料來源：本計畫彙整

神經中樞 功能模組	資訊呈現 方式	指標(功能)呈現	資料 現況	技術困 難度	經費 需求
即時資料分 析模組	即時動態	道路車流即時狀態、特殊活動區域車流即時狀態、路邊及路外停車供需資訊	△	○	○
歷史資料統 計分析模組	統計圖表	車流參數資料統計、停車位使用統計、策略執行成效統計分析	○	○	○
異常資訊警 示模組	警示資訊	車流參數壅塞門檻、道路車輛排隊長度、停車場車輛排隊長度、特殊活動人車流熱區、異常駕駛行為偵測、軟硬體異常偵測	△	○	○
時制計畫動 態調整模組	即時動態	尖峰時制計畫調整、緊急車輛優先通行時制計畫調整、特勤時制計畫調整	○	△	○

註：○：簡單、△：中等、★：困難

表 3-14 事件管理短期發展項目規劃建議

資料來源：本計畫彙整

神經中樞 功能模組	資訊呈現 方式	指標(功能)呈現	資料 現況	技術困 難度	經費 需求
即時資料分 析模組	即時動態	事件偵測與分類、事件影響範圍偵測	△	○	○
歷史資料統 計分析模組	統計圖表	事件型態統計、事件熱點統計、事件受理與派遣紀錄統計、策略執行成效統計分析	○	○	○

註：○：簡單、△：中等、★：困難

表 3-15 公共運輸中期發展項目規劃建議

資料來源：本計畫彙整

神經中樞 功能模組	資訊呈現 方式	指標(功能)呈現	資料 現況	技術困 難度	經費 需求
區域人流即時 資訊分析模組	即時動態	人潮聚集熱區	△	△	△
營運計畫動態 調整模組	文字	班次調整、路線調整	△	△	△
旅次起訖分析 預測模組	統計圖表	預約需求、運量預測	△	★	△

註：○：簡單、△：中等、★：困難

表 3-16 交通管理中期發展項目規劃建議

資料來源：本計畫彙整

神經中樞 功能模組	資訊呈現 方式	指標(功能)呈現	資料 現況	技術困 難度	經費 需求
路況預測模組	統計圖表	車流參數預測、事件交通影響預測	△	★	△
停車整體規劃 與導引模組	地圖/文 字	預約停車、區域停車資訊展示與導引、停車接駁規劃	★	△	△

註：○：簡單、△：中等、★：困難

表 3-17 事件管理中期發展項目規劃建議

資料來源：本計畫彙整

神經中樞 功能模組	資訊呈現 方式	指標(功能)呈現	資料 現況	技術困 難度	經費 需求
異常資訊警示 模組	警示資訊	即時事件發生警示、衍生事件警示、人/車高危險行為警示	△	★	○
事件風險預測 模組	統計圖表	風險隱患預測、態勢發展預測	△	★	△

註：○：簡單、△：中等、★：困難

表 3-18 公共運輸長期發展項目規劃建議

資料來源：本計畫彙整

神經中樞 功能模組	資訊呈現 方式	指標(功能)呈現	資料 現況	技術困 難度	經費 需求
公共運輸路線 規劃模組	地圖/文字	班次規劃、路線規劃	△	★	★

神經中樞 功能模組	資訊呈現 方式	指標(功能)呈現	資料 現況	技術困 難度	經費 需求
接駁路線規劃 模組	地圖/文字	班次規劃、路線規劃	★	★	★
緊急應變計畫 規劃模組	警示資訊/ 文字	班次規劃、路線規劃	★	★	★
公共運輸知識 模組	檔案	(提供前端介面呈現使用)	★	★	★

註：○：簡單、△：中等、★：困難

表 3-19 交通管理長期發展項目規劃建議

資料來源：本計畫彙整

神經中樞 功能模組	資訊呈現 方式	指標(功能)呈現	資料 現況	技術困 難度	經費 需求
區域協控計畫 產製模組	即時動態	跨單位資訊通透、協控策略 建議、自動化協控策略實施	△	★	★
緊急應變計畫 規劃模組	警示資訊/ 文字	軟硬體異常排除與應變計畫	★	★	★
交通管理知識 模組	檔案	(提供前端介面呈現使用)	★	★	★

註：○：簡單、△：中等、★：困難

表 3-20 事件管理長期發展項目規劃建議

資料來源：本計畫彙整

神經中樞 功能模組	資訊呈現 方式	指標(功能)呈現	資料 現況	技術困 難度	經費 需求
事件處置決策 模組	文字資訊	即時事件處置決策、風險預 防決策	★	★	△
重大事件專案 應變模組	警示資訊/ 文字	跨單位資訊通透、重大事件 處置建議與決策、應急資源 管理與分配決策	★	★	★
事件管理知識 模組	檔案	(提供前端介面呈現使用)	★	★	★

註：○：簡單、△：中等、★：困難

「智慧交通數位神經中樞系統」未來勢必朝向智慧化發展，在此發展下必須建立端、網、霧、雲的標準平台，平台下須透過介面標準進行傳輸，而這樣的選用是開放的並且兼顧資安，雲平台是共享可擴充的網路且必須是安全的，

端設備朝向標準化的作業，透過訂定雲平台標準、網路通訊標準以及端通訊標準(如：邊緣伺服器標準、端設備物聯網標準等)，使用一致的原始數據，逐步達到資源共享之目標。從中需建構於雲系統的基礎建置(如：實體機、虛擬機、儲存池、伺服器)整合資訊，提供雲服務(如：大數據及人工智慧分析)，並善用霧端的邊緣運算，落實在前端進行數據分析處理做好各項系統的即時決策(Timing Decision)，此一霧端的邊緣運算，將可充分展現智慧物聯網(Artificial Intelligence of Things, AIoT)的簡約效能。以下茲就系統發展之資安議題進行說明：

現有的資安研究可略分網路安全、軟體安全和密碼學等三大範圍。網路安全主要討論藉由著網路所進行的攻擊和對應的防護措施，研究通訊協定、金鑰保護和信賴關係的建立。軟體安全專注於討論透過軟體程式所引發的安全問題，像是緩衝區溢位，病毒加殼和程式碼混淆，以單一程式碼所造成的安全問題或是躲避分析之技術。基於軟體安全上，有些研究會提出系統安全，考慮了作業系統環境所帶來的影響，包含了權限存取、資料保護和系統完整性保護等。密碼學主要討論加解密技術和討論破解的困難度。對於現有的行動寬頻架構來說，資訊安全的範疇包含以上三個範圍，而且相互關聯，無法只偏重哪個層面來看。

但是就近年來的發展，應用密碼學的領域因為技術較為成熟，相較於其他幾個領域來說比較沒有新的技術，近年來的資安事件大多以網路以及軟體安全為主，綜觀近年的重大資安事件，最主要的不外乎是「個資外洩」、「遭受到DDoS 攻擊(大量連線)」、勒索病毒軟體攻擊，更可以發現少數幾個重大勒索病毒家族席捲全球，帶來龐大而嚴重的資安威脅，如：WannaCry 和 Petya 等。

而目前網路犯罪集團也不再只將 IoT 裝置用於發動 DDoS 攻擊，包括網羅 IoT 裝置成為殭屍網路成員，網路犯罪集團會嘗試使用預設的密碼來進入這類裝置，或者以暴力方式破解登入密碼，更可以發現其頻率及影響程度比起過往更為頻繁且嚴重，說明提高資安意識的重要性與迫切性。雖然大部分的資安漏洞早已修補，威脅卻能因應並找到新的攻擊方法，如：2017 年年底有一個已知漏洞遭駭客用於攻擊日漸增加的行動裝置使用者，這就是「Dirty COW」漏洞(CVE-2016-5195)，這是一個可讓駭客提升權限進而取得目標系統管理權限的漏洞，12 月開始出現在主流的 Linux 平台(例如採用 Linux 核心的 Redhat 和 Android)，且以電腦、平板、智慧型手機、android 裝置為大宗。而自 2018 年起，數位勒索將是網路犯罪集團獲利的主要模式，同時也將促使歹

徒朝 各種可能帶來龐大獲利的詐騙手法發展。物聯網(IoT)裝置的漏洞將擴大歹徒可利用的打擊面。

而本案中之系統中需要特別注意的是 1.系統可提供於手持設備上進行瀏覽;2.本系統中需要蒐集各系統之資料內容,若有透過 API 進行介接的過程中,會產生資料傳輸動作,此部分如有機敏性之資料更需要特別注意,避免被中途攔截進而被攻擊。綜上所述,本計畫建議採用之資安防護原則性包括如下:

1. 遵循資安規範標準,資料建置後須依據「政府機關(構)資通安全責任等級分級作業規定」,與原規範之 ISMS 標準。
2. 使用者使用 Web 應用系統之各種資源(如服務請求、檔案檢索、資源管理等),均須進行嚴格的身分管制(Authentication)程序,透過適當的授權程序(Authorization),並保證所有的用戶動作,有明確的責任管制(Accountability)與稽核軌跡。
3. 對於使用者的密碼、交易資料、交易過程產生之敏感資料等,進行適當的保護與管理。
4. 伺服器主機目錄存取權限,須有妥善的規劃及控管,避免無限制開放使用者存取,如須新增目錄或開放存取權限時,應提出資訊安全評估報告,並確保系統安全無虞;另置於內部之伺服器主機,應每月檢視刪除不必要的目錄。
5. 須有適當的系統異常或錯誤之管理(Error Handling),以防止系統資訊洩密、阻斷服務、系統癱瘓等狀況發生。
6. 每次程式上線前及異動後,得標廠商均應進行資訊安全檢測,並檢附系統異動之相關文件及資訊安全檢測報告(檢測內容並包含主機弱點與 SQL-Injection、Cross-Site Scripting(XSS)等 OWASP 所公布(Top 10)之網頁程式弱點之檢測)需設計封鎖安全機制,以防止系統被單一 IP 大量存取,影響資料存取安全。
7. 滿足資訊安全及保密規劃方式,並搭配系統開發時進程式防範作為,相關說明如下:
 - (1) 硬體安全:包含硬體環境控制及人為管理控制等,防止資訊外流洩漏。
 - (2) 安全機制:應建立防禦機制,如防火牆、防毒軟體等,並透過防火牆之監測使彼此之間的流量都會可受到檢視達到雙層的防護。
 - (3) 加密及監控:在關機或運作時都應該加密。

- (4) 存取限制：為避免資訊資產因未授權之存取而使機密性或敏感性資料遭不當使用，應考量人員職務授予相關權限，必要時得採行加解密及身份鑑別機制，以加強資料之安全
- (5) 個人安全防護：包含人身安全、個人隱私權安全等，由於本案需要執行使用者登入之動作，因此系統登入機制將啟用超文字傳輸安全協定(Hypertext Transfer Protocol Secure, HTTPS)進行安全通訊的傳輸協議，並將使用者的登入密碼進行非對稱式加密，使其資訊無法反編譯，並透過 Google reCAPTCHA 第三方機器人驗證機制防止網路機器人(robot)或是自動化程式的侵擾。
- (6) 安全漏洞：依據 OWASP 公佈之 Top 10 弱點檢測，針對網頁、網站和系統，進行資安漏洞掃描，包含 SQL Injection 及 XSS 漏洞掃描，修補相關程式及設定；系統則定期進行系統安全性更新。
- (7) 程式撰寫防範。

此外，當整體系統完備進入雲端化服務後，除前述所提的各項資料獲取/分類/整合及儲存之動作及各項資安防護措施外，更需加強以下內容包括：

1. 架設防火牆設備，以阻隔非法使用者對內部特定資料的存取，使內部重要機器不被外界透過網路任意連接使用，並透過 NAT(網路位址轉譯)設定讓駭客找不到主機真正的 IP 位址，以防止非法使用者使用偵測軟體直接找到主機進行破壞。
2. 透過 IDS 及 IPS 針對外部來源封包進行分析，根據入侵特徵資料庫作比對，及判斷流量中特定協定是否符合應有的運作，將違反資訊安全的特徵封包或流量進行阻隔。當網路流量超過或低於正常交易流量時，系統將針對異常流量採取適當處理，例如封鎖來源 IP 位址。
3. 各項設備皆有完善之定期維護與檢修計畫，設備 WEB、AP 伺服器互為線上即時備援，可自行互相做故障自動切換，DB 伺服器採定時備份、故障時手動切換。各項設備皆有人員隨時監控，以便即時處理突發事故。
4. 依各交通主管機關規定之風險性高低設有不同的身分驗證機制，不同使用者僅可依照其權限取得相對應之資料內容。例如：強制存取控制(MAC)，遊系統管理員統一規劃那些權限下可以存取那些系統、檔案或資料。
5. 如有機敏性資料之傳輸，應保存在「專屬」的主機系統內，並採取資料傳輸加密機制，任何人皆無法透過任何查詢方式或系統程式取得。

3.6.2 相關平台整合課題探討

本所 109 年度完成之「交通事件整合資訊流通服務平台」，屬於全國層級之交通事件整合平台(以下稱事件平台)，主要針對各級道路之交通事件資訊蒐集與流通供應，包括中央(如交通部高速公路局、公路總局與內政部警政署警察廣播電臺)以及地方單位(轄管道路主要為市區道路、鄉縣道等各類事件權責單位)，建構中央及地方單位協作機制，強化跨單位間之資訊流通，降低交通事件所衍生之衝擊，提供管理單位完善的交通資訊資料，本計畫於本(110)年度持續維持平台運作(包含事件平台功能與事件資料介接之維護)。

全國事件平台目前持續維運前期已建置完成之資料源，主要包含內政部警政署、交通部高速公路局、交通部公路總局等中央事件資料，共 6 個既有資料源服務，由全國事件平台每分鐘主動呼叫查詢，並透過事件資料內容比對，以新增、更新或下架交通事件資訊；另外亦接收高雄市、臺南市二縣市的事件平台每分鐘定期上傳地方事件資訊。全國事件平台持續維運之資料源，今年總計新增 649,642 筆事件，依事件類別分別為：事故 73,119 筆、道路施工 42,673 筆、壅塞 437,437 筆、預防性交管 802 筆、災害 9,960 筆、活動事件 548 筆與其他 85,103 筆，各資料源的介接新增狀況整理如表 3-21。

表 3-21 全國事件平台各資料源資料新增一覽表

最後更新時間 110 年 10 月 12 日

資料來源	事件類型	今年新增筆數
內政部警政署 (警廣即時路況)	事故(15,880)、道路施工(17,121)、壅塞(12,594)、 預防性交管(671)、災害(202)、其他(46,350)	92,818
交通部即時路況資訊- 高速公路局(即時路況)	壅塞	40,051
交通部即時路況資訊- 公路總局(即時路況)	壅塞	213,416
交通部高速公路局	事故(14,334)、道路施工(0)、壅塞(101,970)、預防 性交管(128)、災害(334)、其他(30,284)	147,050
交通部公路總局	災害、施工	13,672
高雄市交通局 (事件平台)	事故(42,766)、道路施工(11,879)、壅塞(1,123)、預 防性交管(0)、災害(5,057)、活動事件(0)、其他 (4,079)	64,903
臺南市交通局 (事件平台)	事故(139)、道路施工(1)、壅塞(68,283)、預防性交 管(3)、災害(4,367)、活動事件(548)、其他(4,391)	77,732

事件平台維運主要包含兩個部分，一是事件平台功能持續正常運作，二是事件資料介接維護。事件平台本身主要功能為流通供應事件資料，透過中心端監控平台定期檢視與確認地方事件平台即時事件資料上傳、中央事件平台即時事件資料服務介接之運作正常，以提升全國事件資料庫之資料完整性與即時性。事件平台即時流通供應之資料，即圖台呈現與 API 供應之事件，應依據各事件資料來源之上、下架機制進行更新，除了可預期事件類別會提供預計開始時間外，其餘事件類別在事件平台收到事件資訊後便進行即時流通供應直到事件下架；現行各事件資料源下架機制有以下幾種，一是依據來源端提供之結束時間進行下架，二是當資料源未持續推播該事件則進行下架，三是依據資料特性，與資料源單位確認合理下架機制，例如事件發生經過一定時間後，便進行下架。系統管理者則透過各資料源的上、下架機制，定期檢視即時流通資料的合理性。

另外，本所亦於 109 年度建置一 AI 影像辨識之中心端監控平台，因其偵測影像設備資料量龐大，故以單機設備之軟硬體資源建立偵測區域影像儲存環境，定期撈取設備端資料依據不同設備 IP 建立資料後儲存備查，共計收納 48 台設備(臺南 12 台、高雄 36 台)，但部分設備影像異常，無法截取該台設備影像狀況，或是網路傳輸問題，因影片需較大的貧寬導致影片無法正常下載，並以信件通知，目前部分設備僅可持續儲存照片，經通報了解應為該地區的網路傳輸問題導致，後續已與高雄/臺南兩市交通局研商將設備移交由地方政府進行維護使用。

目前「交通事件整合資訊流通服務平台」及「中心端監控平台」分屬兩個獨立的平台系統，由「中心端監控平台」分成兩部分進行監控，一部分為監控 AI 設備狀況及服務平台的功能運作狀況，如圖 3.36；另一部分則包括設備管理資訊，以及收納偵測回來的即時速率、水情設備資料，如圖 3.37 所示，而 AI 設備所偵測回轉成事件之資訊內容亦同步提供給服務平台。

後續建議當神經中樞系統平台建構完成時，各地區服務平台及其它各單位資料源直接對神經中樞系統，提供各項資料服務與介接，另行建立一獨立中心端監控平台，主要監控資料源、系統頁面及對外服務部分，神經中樞系統僅對自己所介接之各項來源進行監控管理，各區平台則自行管理，其現況與未來建議架構如圖 3.38 所示。



圖 3.36 中心端監控平台儀表板現行運作

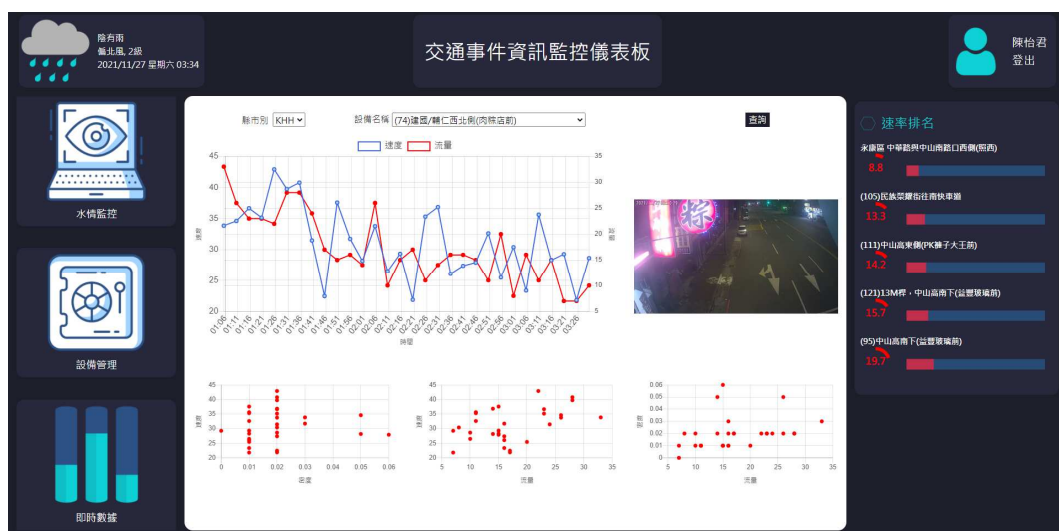


圖 3.37 交通事件資訊監控儀表板現行運作

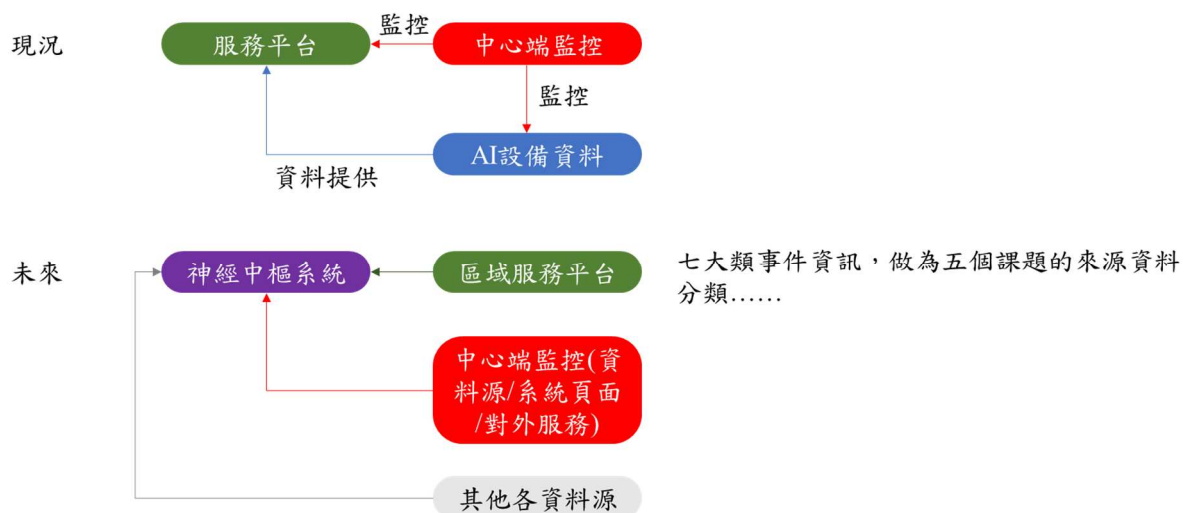


圖 3.38 未來與智慧交通數位神經中樞系統之整合模式

3.6.3 與既有交控中心之差異說明

本計畫從交通主管機關之需求及國內外趨勢之發展，歸納出「智慧交通數位神經中樞系統」應具備資訊蒐集與統整分析、掌握周遭環境資訊、思考與增長智慧、經驗傳承與複製及即時處理與反應等五項能力，並分別包括：即時偵測、資料分析、預測模型、3D 視覺化模型、人工智慧規劃決策模型、即時決策知識庫及即時處理反應機制等七項主要功能，將可做為各城市建構交通管理系統之參考。

若進一步將「智慧交通數位神經中樞系統」，與目前國內各交通管理中心及戰情室發展現況蒐集與探討比較中，發現目前交通管理中心在資料蒐集與統整、資料分析等功能均大致完備，且近年來更透過儀表板方式呈現重要交通資訊，做為決策之參考。在資訊預測方面，則偏重路況預測，其他公共運輸管理、停車管理等方面則較少提供預測功能；至於數位雙生概念之 3D 視覺化模型、人工智慧規劃決策模型、即時決策知識庫以及即時處理反應機制則較為缺乏，茲就上述比較內容彙整如表 3-22 所示。

表 3-22 交通數位神經中樞系統與國內交控中心/戰情室之功能比較

系統發展原則	交通數位神經中樞功能	國內現況	說明
資訊蒐集與統整分析	資料即時偵測蒐集	O	具備該項功能。
	資料分析	O	具備該項功能。
	資訊預測	▲	具備該項功能，但不全面，例如交通管理方面有高公局的旅行時間預測，惟其他如公共運輸、停車管理、交通安全等則較少發展資訊預測功能。
掌握周遭環境資訊	3D 視覺化模型呈現	X	目前國內資訊呈現之戰情室多以 2D 呈現為主。
思考與增長智慧	人工智慧規劃決策模型	X	多以人工方式下達管理策略，無具備自動化人工智慧規劃決策功能。
經驗傳承與複製	人工智慧即時決策知識庫	X	事件處理之結果僅記錄保存，且尚無做為後續決策應用之參考，故無具備自動化人工智慧即時決策知識庫之管理功能。
即時反應	人工智慧即時處理反應機制	X	多以人工方式進行事件通報處理，無具備自動化人工智慧即時處理反應機制。

資料來源：本計畫彙整

第四章 交通量預測模式與推播服務規劃

如何從多元交通數據資料中，透過解析並提取出重要資訊，再轉換為資訊服務進行發佈，提供即時有效且可靠之訊息，實為交通資料加值應用上之重要課題。而交通資訊呈現的方式除歷史資訊與即時資訊外，尚包含未來資訊，亦是現今最難以完全掌握的重要資訊，藉由統計過去、分析現在達到最終預測未來趨勢的目的。因此本章節首先針對多元交通資料特性進行探討，並蒐集國內交通資料應用於資訊服務之現況。接著應用多元資料，如 EVP、GVP、施工資料、事故資料，建構交通量預測模式後，依據預測結果進行應用探討。

4.1 交通資訊服務現況探討

4.1.1 多元交通資料特性

交通規劃、交通控制等交通管理業務，皆需要取得必要的交通資料做為重要基礎，隨科技及資通訊技術之發展，這些交通資料可以透過不同的蒐集方式與設備偵測後取得，從過去傳統的人工調查、車輛偵測器使用，到移動式偵測技術的運用，交通資料的來源眾多且提供方式越趨多元，都是為了滿足不同應用目的的需求，藉以取得如路段或路口的車流等相關資料，做為後續交通特性分析、交通工程與管制措施、交通發展趨勢等參考依據。本案主要或相關的交通資料來源包括 EVP、VD 及 GVP 等自動偵測資料，以下針對各來源進行相關特性說明並彙整如表 4-1 所示。

一、EVP (ETC-Based Vehicle Probe)

1. 蒐集技術

屬於移動式車輛偵測技術之一，係利用 ETC 路面單元的門架偵測車上的 eTag，蒐集通過車輛之 eTag 電子標籤 EPC 代碼，並回傳訊息於中央電腦處裡，其藉由即時配對推估通過門架間所耗費的時間產出路段旅行時間資訊。

2. 來源特性

資料來源與品質穩定，但相關設備從採購、建置到維運費用龐大，且資料範圍受限於偵測器(門架)固定布設位置。

3. 適用情境

主要應用於國道與市區重要道路的路段旅行時間計算，而非做為四通八達的市區道路全區路網交通資訊偵測使用。

二、VD (Vehicle Detection)

1. 蒐集技術

車輛偵測器是目前使用最多的交通調查設施，常見的包括環路線圈式、雷達微波式及影像式三種，環路線圈式透過埋設於車道底下的環路線圈系統，藉由車輛通過產生的電磁感應變化，測得流量、車速等資訊；雷達微波式主要利用發射的微波以都卜勒效應或是藉由發送與接送微波脈衝頻率的差異，來感知車輛的存在、流量及其移動速度；影像式則是透過影像辨識技術產出偵測路段的交通量、車速、車種、車間距等交通參數。

2. 來源特性

偵測範圍隨各級道路主管機關設備佈設計畫分布在各級道路，但與EVP面臨相同問題，其設備從採購、建置到維運費用龐大，且大量佈設影響都市景觀；依據使用技術的不同，例如環路線圈式可能於車流量過大或交通壅塞時因前後車間距過小、停等時間較久甚至受隔壁車道大型車輛遮蔽影響，使得資料不盡準確，有些如雷達微波式及影像式則容易受不同環境因素影響偵測結果的正確性，包含多車道訊號干擾誤判、日夜變化或車燈眩光等辨識問題，導致資料品質不一。

3. 適用情境

車輛偵測器因其普遍的建置與應用，現階段為主要輔助交通管理單位資料蒐集與分析應用的重要來源之一，協助進行長時間監看與掌握各級偵測道路的交通資訊及即時路況，而長期運用其做為即時路況的蒐集，則建議依需求選擇合適車輛偵測器種類，但還需要分別改善其易受路況與車輛及環境因素影響的問題。

三、GVP (GPS-Based Vehicle Probe)

1. 蒐集技術

透過車輛上相關裝置取得的 GPS 資訊，做為移動式車輛偵測技術一種，又稱為探針車技術。其主要透過車機或手機導航軟體做為樣本類型的定義，以實際行駛於道路上的車輛為資料蒐集單元，常見的有計程車、物流車等商用車隊、導航用戶等，透過車輛 GPS 資訊的回傳，直接反映行經路線(段)偵測得到的交通參數資料，再運用不同處理及演算技術彙整計算產出車速、旅

行時間、轉向量(比)、停等延滯時間等。

2. 來源特性

資料採集設備隨車輛進行移動，故資料分布範圍廣泛，而 GVP 資料蒐集單元之成本由車機、手機及其傳輸費用吸收，建置成本相對低廉，主要由資訊供應商負擔資料儲存、分析等處理費用；可透過每一筆移動數據原始資料做為基礎，依據車種、車道等客製化不同應用情境所需之交通資訊。但須注意 GPS 誤差(傳統 GPS 約存在 10 公尺誤差)，而資料來源直接受實際行駛車輛數與駕駛行為影響，故資料分布範圍會隨之變動；另紅綠燈停等行為、商用車隊上下客貨行為等亦需進行資料過濾及處理。

3. 適用情境

GVP 資料來源廣泛，於各級道路之空間分布漸趨完善，且已廣泛應用於各大車廠推動之車連網服務，進行即時路況資訊的發佈及應用，已是一成熟服務，隨著探針車技術的發展及普及，其為道路上移動的最小單元，後續可彈性及廣泛應用於各級道路之即時路況資訊發佈、交通特性分析及規劃等。

表 4-1 多元交通資料特性比較

資料來源：本計畫彙整

資料來源	蒐集技術	來源特性	適用情境
EVP	利用 ETC 路面固定門架，偵測車輛 eTag 之 EPC 代碼，藉由即時配對推估路段旅行時間。	● 資料來源與品質穩定 ● 相關設備採購、建置到維運費用龐大 ● 資料空間範圍受限布設位置	主要應用於國道與市區重要道路，而非做為四通八達的市區道路全區路網交通資訊偵測使用。
VD	常見的包含環狀線圈、雷達微波和影像式三種，線圈透過電磁感應，微波透過都卜勒效應，影像透過影像辨識，取得交通量與車速等交通參數。	● 偵測範圍隨各級機關布設於各級道路 ● 相關設備採購、建置到維運費用龐大 ● 資料品質易受不同路況與車輛及環境因素影響	因普遍的建置與應用，目前為輔助交管單位長期監看與掌握各級道路交通資訊的重要來源之一，但做為長期路況蒐集來源，還須依設備種類改善其易受路況與車輛及環境因素影響的問題。
GVP	透過車輛上相關裝置取得 GPS 資訊，如車機或手機導航軟件，透過車廠、導航用戶或計程車、物流車等商業車隊的合作，藉由 GPS 資訊的回傳，直接反應行經路線	● 採集設備隨車輛移動，資料分布廣泛 ● 建置成本相對低廉，主要為資訊供應商負擔的資料儲存與分析費用 ● 可透過每一筆移動原始數據，依據車種、車道等	GVP 資料於各級道路之空間分布漸趨完善，已廣泛應用於各大車廠服務，隨探針車技術發展與普及，後續可彈性應用於各級道路之即時路況資訊發佈、交通特性分析及規

資料來源	蒐集技術	來源特性	適用情境
	交通參數。	客製化產製不同情境所需之交通資訊 ●須注意 GPS 誤差，且資料受行駛車輛數與駕駛行為影響，存在資料處理門檻	劃等。

4.1.2 各機關決策支援相關資訊系統服務現況

近年來國內各縣市政府積極辦理與發展決策輔助資訊系統，其主要是透過智慧儀表板之建置，匯集各類設施設備資訊、交通大數據等多元資料，以視覺化方式呈現重點資訊內容，提供上位管理者整體交通綜合資訊及交通數位化治理之決策輔助資訊。以下將針對基隆市、臺北市、桃園市、新竹市及高雄市之相關智慧儀表板案例進行功能彙整說明。

一、基隆市決策支援平台(已建置及持續擴充)^[47]

基隆市決策支援平台主要透過蒐集 eTag、VD、CVP 等多元資料來源，針對聯外路廊、重要路段與區域等不同空間維度，分析其道路績效與區域之整體特性，透過建置整合性分析平台，以簡潔且易操作之儀表板畫面，提供使用者查詢與匯出各主要功能在不同時間尺度與條件之下之分析結果與績效指標，達到輔助使用者進行決策之目的。

於 109 年所建置平台功能架構為 eTag 交通特性分析，包括設備流量分析、起迄分析、路段旅行時間分析、封閉區域延時分析與重現率分析等，且第二年期平台擴充項目著重在聯外壅塞路段特性分析功能，並整合納入 VD 及 CVP 資料，本期決策支援平台之功能架構如圖 4.1，相關說明如後。



資料來源：110 年度基隆交通 AIoT 戰情室系統建置計畫技術服務委託案

圖 4.1 決策支援平台功能架構圖(基隆市案例)

1. eTag 交通特性分析功能

設備流量分析功能分析項目規劃包含流量分時橫斷面與分時縱斷面，其中分時橫斷面能比較各設備點位在不同小時之分時流量分布特性，可據以掌握各門架時段特性與流量大小；分時縱斷面能比較同一設備在不同的時間點之流量分布特性，可了解各時間流量分布情形與不同時間點之差異。

2. eTag 起迄分析功能

起迄分析功能項目規劃包括 OD 歷史趨勢分析與 OD 矩陣表兩部分，其中 OD 歷史趨勢分析包含 OD 總量趨勢圖與前五大 OD 趨勢圖，分別顯示月 OD 總量及前五大 OD 對之流量，藉此了解各月份 OD 量之變化特性；OD 矩陣表包含 OD 矩陣、起迄點流量排序、起點流量排序與地圖座標、迄點流量排序與地圖座標，其中 OD 矩陣可掌握各設備起迄總量與分布，起迄流量排序長條圖可快速查看流量最高 OD 對與各組起迄流量排序差異，起/迄點流量排序與地圖座標可分別掌握起點與迄點之流量排序及相對地理位置。

3. eTag 路段旅行時間分析功能

分析項目包含旅行時間分時橫斷面與分時縱斷面，其中分時橫斷面比較各配對路徑在不同小時之分時旅行時間、旅行速率與路段績效分布特性，可據以掌握各路徑各時段之特性；分時縱斷面能比較同一配對路徑在不同的時間點之旅行時間、旅行速率與路段績效，可了解各時間旅行時間、旅行速率與道路績效分布情形與不同時間點之差異。

4. eTag 封閉區域延時分析功能

分析項目為整體延時分析一頁，包含進入分時流量及離開分時流量，可觀察不同日期進入或離開分時平均延時的趨勢變化，了解進入或離開某封閉區域之延時，藉此了解進出車輛特性及尖峰時段，並分析使用行為。

5. eTag 重現率分析功能

重現率分析項目主要包含區域重現率特性及月趨勢分析，其中區域重現率特性分析各區域在不同時段通過車輛之屬性統計，可掌握各區域各屬性之車輛統計比例與行為並加以比較；月趨勢分析則針對特定區域，分平假日、周內日與時段方式整理其月趨勢變化，了解各區域之車輛屬性比例變化情形。

二、臺北市決策支援系統(已建置及持續擴充)^[48]

臺北市決策支援系統主要透過蒐集 eTag、VD、YouBike、捷運、公車、Google 旅行時間資料等多元資料來源，以分析 eTag、YouBike 交通特性、道路績效、

公共運輸服務績效、跨運輸系統績效等，且考量資料蒐集、資料處理與分析應用等需求，規劃分析系統軟體功能與硬體架構及後續擴充。透過建置整合性分析平台，以淺顯易懂及易操作之儀表板畫面，提供使用者查詢不同時間維度與條件之分析結果，達到輔助使用者進行決策之目的，整體分析系統平台功能架構如圖 4.2，相關說明如後。



資料來源：108 年度臺北市即時車輛訊息匯流及運輸資訊管理平台功能擴充

圖 4.2 決策支援系統功能整體架構(臺北市案例)

1. eTag 基本交通特性儀表板

針對特定路段、路徑或路網，透過 GIS 電子地圖方式查詢其相關設備流量、起迄分析、旅行時間、封閉區域延時、重現特性等資料，如：eTag 旅次起迄分析功能-OD 矩陣表、eTag 路段旅行時間分析功能-分時橫斷圖、eTag 延時分析功能-整體延時分析，或透過地圖查詢方式檢視多組路段、路徑或路網之同期比較結果。

2. eTag 進階交通特性儀表板

規劃資料查詢功能，考量即時與歷史資料分析與查詢，如：壅塞路段特性分析功能-路廊旅次分析、特定區域分析功能、特定週內日分析功能，可於網站上便利選取路段、路徑或區域，查詢特定時間內之相關彙整資訊，並提供下載功能。

3. YouBike 交通特性儀表板

提供 YouBike 租借站與旅運行為於特定時間內之儀表板，包含租借站借還特性分析、壅塞時段與空間分佈狀況、旅運行為排序、以及長期性(週、月)趨勢比較分析等項目，如：租賃站分析功能、旅運行為分析功能-租借量分析，提供管理者可檢視彙整性之分析結果。

4. 道路績效儀表板

提供道路績效於特定時間內之儀表板、綜合分析說明以及進階詢查資訊，包含整體壅塞/異常比例、壅塞路段、預警路段、以及長期性(週、月)趨勢比較分析等項目，如：整體道路績效-儀表板綜合資訊與綜合分析說明，提供管理者可檢視彙整性之分析結果。

5. 公共運輸服務績效儀表板

提供公共運輸服務績效於特定時間內之儀表板、綜合分析說明以及進階詢查資訊，包含公車、捷運與 YouBike 於各行政區之涵蓋率、服務/未服務人數資訊，如：公共運輸服務績效-儀表板綜合資訊與綜合分析說明，提供管理者可檢視彙整性之分析結果。

6. 跨運輸系統績效儀表板

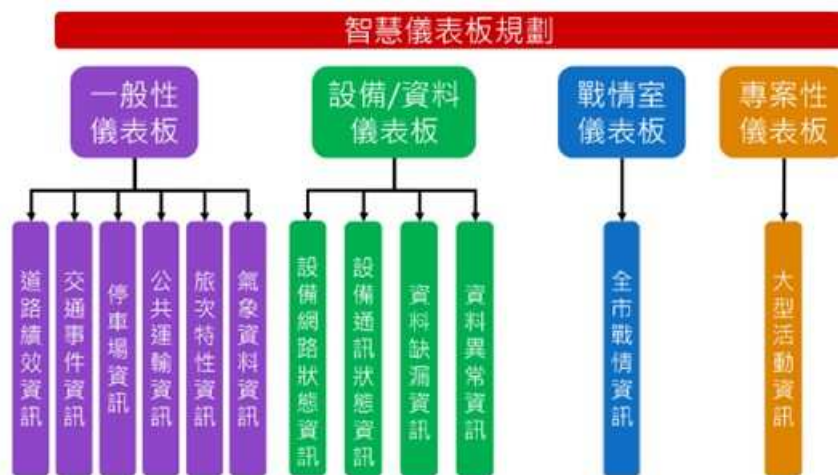
提供跨運輸系統績效於特定時間內之儀表板、綜合分析說明以及進階查詢資訊，包含各路段之私人運具流量與公共運輸流量資訊、以及長期性(週、月)趨勢比較分析等項目，如：整體跨運輸系統服務績效-儀表板綜合資訊與綜合分析說明，提供管理者可檢視彙整性之分析結果。

7. 運輸系統綜合特性歷史趨勢儀表板

提供運輸系統綜合特性歷史趨勢於特定時間內之儀表板、綜合分析說明以及進階詢查資訊，包含公車、捷運與 YouBike 運量、轉乘量趨勢比較分析等項目，如：運輸系統綜合特性-儀表板綜合資訊與綜合分析說明，提供管理者可檢視彙整性之分析結果。

三、桃園市智慧儀表板(已建置及持續擴充)^[49]

桃園市智慧儀表板主要透過交控中心運資平台所蒐集之資訊進行分析，提供直覺化的數據展示，以及整合型之視覺化顯示功能。儀表板之使用對象主要針對一級長官(例如：市長、副市長、局長、副局長等)呈現桃園市全市交通概況。智慧儀表板包含道路績效分析、交通事件資訊、停車場資訊、公共運輸資訊、旅次特性資訊、設備/資料、戰情室儀表板及專案性儀表板，以下針對不同類型之資訊儀表板內容進行說明，以下為支策支援儀表板功能架構如圖 4.3，相關說明如後。



資料來源：桃園市 109 年度交控中心系統功能整合擴充建置計畫

圖 4.3 決策支援系統功能整體架構(桃園市案例)

1. 道路績效分析

道路績效分析透過蒐集道路系統之 VD 及 eTag，以分析道路績效、流量、路段旅行時間等交通趨勢變化，並探討可能影響之因素(天候、活動等)，據以研擬道路系統之綜合性績效指標，包含十大即時壅塞路段、易壅塞路段與整體交通趨勢等時空特性，期能反應主要道路系統之交通特性。

2. 交通事件資訊分析

交通事件資訊包含交通事件資料、道路挖掘案件資料、道路封閉資料以及 1999 通報等資料，藉由分析事件資料了解桃園市交通事件發生頻率，提供管理者掌握交通事件狀況，另外依交工科需求納入標線型人行道施作長度與綠鋪施作面積統計分析。

3. 停車場資訊分析

停車場資訊包含路邊、路外停車場資料，其透過統計分析呈現桃園市行政區停車剩餘格位數與停車場使用率，藉由停車場使用率顯示，使用者能夠掌握全市停車情形，停車場資訊儀表板包含停車剩餘車位與停車場使用率，停車場資訊。

4. 公共運輸資訊分析

公共運輸分析範圍包含公車、機場捷運以及 YouBike 三大主要運輸系統，將探討各運具的運量趨勢、進出站量等特性以及跨運輸系統間交通特性，儀表板種類包含公車十大站點、桃園捷運五大站點、公車十大轉乘站點、不同運具運量、公共運輸空間涵蓋率、Youbike 十大租賃站、Youbike 無車無位次數、客運業者營運數據、公運科公告資訊。

5. 旅次特性資訊分析

依 CVP 資料分析範圍包含華亞科技園區、長庚醫院及龜山區，統計各旅次在特定區域內屬區間或區內旅次，並呈現特定區域旅次統計的佔比。

6. 氣象資料資訊

整合平台已收納氣象資料，透過資料介接可檢視桃園市當日氣象資料。

7. 設備/資料分析

設備監控畫面針對 VD、eTag 與 CMS 等各項交控偵測設備連線狀態進行即時監控，可提供相關管理人員快速排除連線異常或維修通報使用，提升交控偵測設備之妥善率。視覺化儀表板之資料監控畫面預計針對 VD、eTag 既有之資料項目品質與穩定性進行監控，透過視覺化呈現資料狀態期能提升相關應用分析之資料準確性。

8. 戰情室儀表板

戰情室監控畫面以提供主管與高層長官快速掌握全市整體交通情況與問題，著重於各分析項目整體交通指標呈現。戰情室儀表板呈現內容包含道路績效資訊(十大即時壅塞路段、十大易壅塞路段、整體交通趨勢、時空分析圖)、停車資訊(即時剩餘停車格位比例、十大停滿停車場)、公運資訊(不同運具運量、公共運輸空間涵蓋率、公運處公告資訊、YouBike 即時無車無位)、人民陳情滿意度及科技執法資訊(科技執法設置地點清單)。

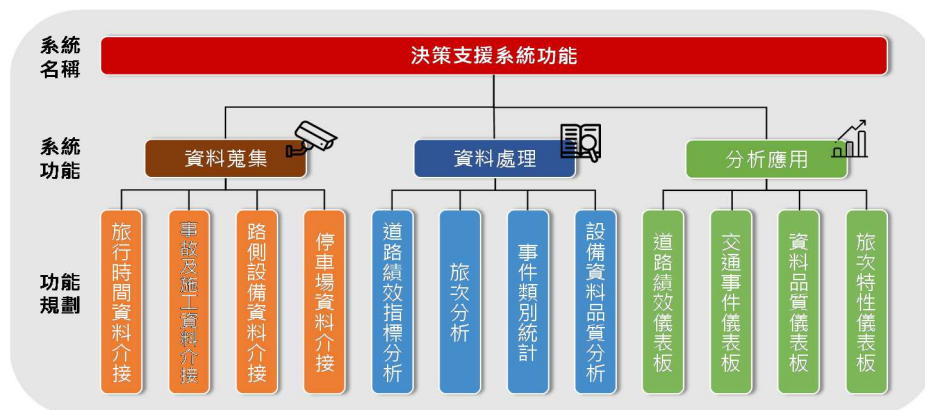
9. 專案性儀表板

專案性儀表板內容包含道路績效資訊(即時壅塞路段排行、桃園市即時交通資訊網、Google 即時路況)、CCTV 即時路況畫面、停車資訊(路外即時剩餘停車格位數、路外停滿停車場、停車場小時累積進入量、停車場進入量)、接駁車小時累積人次及天候資訊等，以提供高層長官可快速掌握大溪地區周邊的交通狀況及相關公運訊息。

四、新竹市決策支援系統 (已建置及持續擴充)^[50]

新竹市決策支援系統主要係提供交通安全、道路監控、交通規劃等有價值、有用的資訊給管理者，提高決策支援品質，其透過介接 eTag、停車場、肇事及施工等資料來源，經一連串之資料處理過程計算道路績效、旅次數與事件統計等指標結果，最後根據分析功能分為四個主要預設儀表板，包括道路績效分析、交通事件類別統計、路側設備資料品質分析以及旅次特性分析，進而提供管理者瞭解新竹市區整體交通狀況，可做為交通管理決策者的決策支援依據，

本案之決策支援平台之功能架構如圖 4.4，相關說明如後。



資料來源：大新竹聯外路廊智慧交通改善與資訊整合計畫(第 2 期)

圖 4.4 決策支援系統功能整體架構(新竹市案例)

1. 道路績效分析

道路績效分析運用 eTag 資料，彙整出路段旅行時間與速率，藉以衡量新竹市區道路績效，掌握道路的壅塞程度、瓶頸點及旅行時間狀況，可提供交通管理單位進行研擬交通管理措施、交通管制策略與疏導措施等，如：路段旅行時間統計分析功能、停車場剩餘格位數統計分析功能。另外，與停管處介接停車場資訊，統計新竹市各停車場剩餘格位數，呈現全市停車情形。

2. 交通事件分析

交通事件分析可分為交通事件類別統計、易發生事故統計及施工案件行事曆等三大項功能，如：A1/A2 事件與死傷人數統計分析功能、交通事故熱力圖分析功能、肇事類型樹狀圖分析功能及施工案件行事曆分析功能。

3. 設備資料品質分析

資料品質分析可掌握 eTag、CMS、號誌控制器(TC)與停車場計數設備等路側端設備連線狀態與回傳資料之準確程度、縮短資料缺漏時間與缺漏比例，如：路側設備整體缺漏/斷線比例析功能、eTag 設備資料缺漏分析功能、路側設備逐日斷線比例變化分析功能及路側設備維修次數統計分析功能。

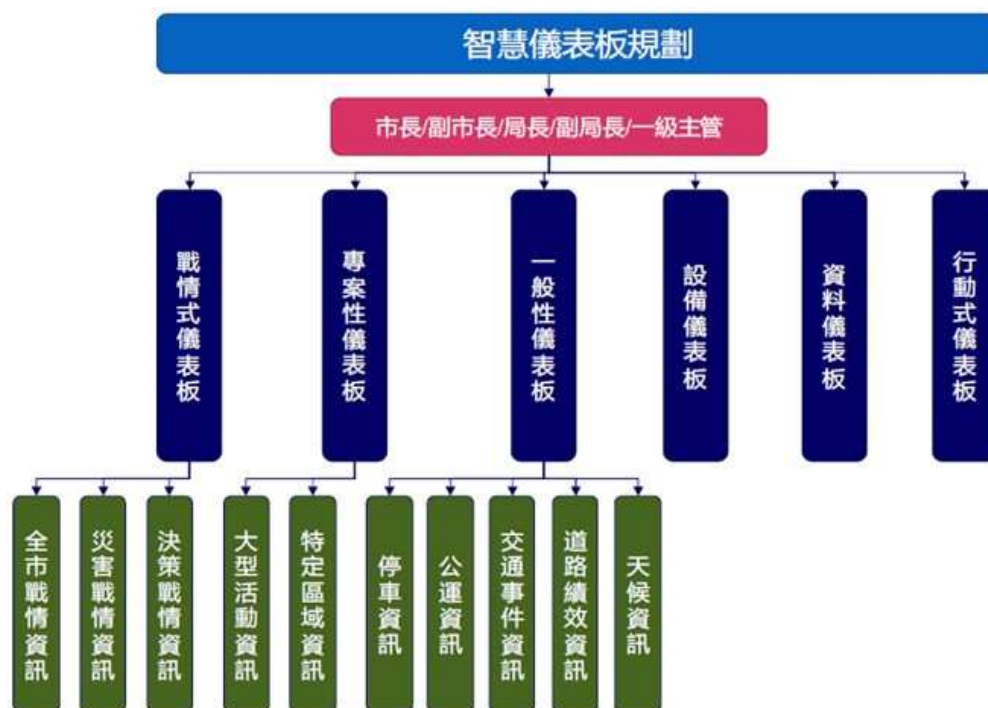
4. 旅次特性分析

旅次特性分析以新竹市市中心區域為分析範圍，其利用 eTag 配對的結果，探討新竹市區旅次起迄的分布狀況，如：旅次數統計分析功能。

五、高雄市智慧儀表板規劃 (已建置及持續擴充)^[28]

高雄市智慧儀表板功能規劃除了採用運輸資訊整合平臺所蒐集之資訊外，

並結合 GIS 地圖提供直覺化的數據展示，其包含戰情式儀表板、專案性儀表板、一般性儀表板、設備儀表板、資料儀表板及行動式儀表板，以提供整合型之視覺化顯示功能，提供各單位日常運作及長期趨勢整體性分析使用，本計畫之儀表板設計之功能架構如圖 4.5，相關說明如後。



資料來源：新一代智慧運輸系統規劃設計委託專業服務案

圖 4.5 高雄市智慧儀表板架構圖

1. 設備儀表板

設備儀表板主要針對 TC、VD、AVI、eTag、CMS 與 CCTV 等交控設備之連線狀態進行分析，其可提供管理人員快速排除連線異常或維修通報使用，提升交控設備之穩定性。

2. 資料儀表板

設備儀表板主要針對交控資料(TC、VD、AVI、eTag、CMS、CCTV 與停車場等)、公共運輸資料(YouBike、公車、捷運、輕軌、共享運具、MeN Go、QRcode 等)及其他資料(水情、施工、事故等)之資料狀態進行分析，其可提供管理人員快速排除資料介接異常，以提升資料品質之穩定性。

3. 一般性儀表板

(1) 停車資訊

透過路邊、路外停車場資料統計呈現高雄市之全市或各行政區停車資訊，以期使用者可掌握全市停車之概況。停車資訊儀表板包含平均停車

使用率、平均停車需供率、路外總停車位數、路邊總停車位數、即時路外剩餘停車位數、即時路邊剩餘停車位數、路邊停車總開單金額、路邊停車空位數預測、前十大路邊停車需供率及前十大路外停車場需供率等 10 項。

(2) 公共運輸資訊

公運資訊分析範圍包含公車、捷運、輕軌、YouBike 及共享運具等 5 大主要運輸系統，將探討各運具的運量、進出站量、使用率等交通特性，以期使用者可掌握全市公共運輸之概況。公運資訊儀表板包含各運具運量(公車、捷運、輕軌、YouBike、共享運具)、公車前十大路線運量、捷運前十大進站、捷運前十大出站、捷運前十大進出站、輕軌前五大進站、輕軌前五大出站、輕軌前五大進出站、YouBike 前十大租賃站、YouBike 平均週轉率、共享運具前五大租賃分區、QRcode 公車在線搭乘人數及 MeN Go 使用人次等 13 項。

(3) 交通事件資訊

交通事件分析範圍包含事故(車禍)、施工、交通管制、活動、災害、設施故障損壞、公共運輸、共享運具、道路績效、停車需求、交通違規及其他等 12 類，藉由分析事件資訊了解高雄市交通事件分布區域與次數，以提供管理者掌握交通事件狀況。交通事件資訊儀表板包含事件類型統計、事件告警統計、事故(車禍)統計、前五大事件分區及前五大事故(車禍)分區等 5 項。

(4) 道路績效資訊

道路績效主要藉由路段之 VD 及 eTag 資料，進行旅行速度、旅行時間及壅塞路段等交通分析，以了解高雄市道路系統之交通特性，進而提供管理者有效掌握車流特性。道路績效資訊儀表板包含平均路網壅塞度、平均旅行速度、平均旅行時間、平均旅行時間預測、前十大壅塞路段、交通狀況最順暢的一天、交通狀況最壅塞的一天及在線車輛數等 8 項。

(5) 天候資訊

透過資料介接呈現高雄市天氣、水情及空氣品質等即時狀態。

4. 戰情室儀表板

(1) 全市戰情資訊

全市戰情資訊之內容呈現包含停車資訊(平均停車使用率、平均停車需供率、路邊停車空位數預測)、公運資訊(公車、捷運、輕軌、YouBike、

共享運具等運量)、交通事件資訊(事故統計量、事故死亡人數、事故受傷人數、大型車事故統計)、道路績效資訊(平均路網壅塞度、平均旅行速度、平均旅行時間預測、在線車輛數)及天候資訊(天氣、水晴)等，以提供高層長官可快速掌握全市整體的交通狀況。

(2) 災害戰情資訊

災害戰情資訊之內容呈現包含地圖顯示(道路績效、事件資訊位置)、CCTV 顯示、道路績效資訊(平均旅行速度)、設備資訊(TC 斷連線設備數量統計)及公運資訊(機場、台鐵、高鐵、輕軌、捷運、公車、渡輪)等，以提供高層長官可快速掌握災害發生位置、周邊的交通狀況，以及相關公運訊息。

(3) 決策戰情資訊

決策戰情資訊之內容呈現包含停車資訊(前十大路邊停車需供率、前十大路外停車場需供率)、公運資訊(公車前十大路線運量、捷運前十大進出站、輕軌前五大進出站、YouBike 前十大租賃站、共享運具前五大租賃分區)、交通事件資訊(前五大事件分區、前五大事故分區)及道路績效資訊(前十大壅塞路段、交通狀況最順暢的一天、交通狀況最壅塞的一天)等，以提供高層長官進行相關決策使用(如：交通管理措施、交通管制策略與事件應變檢討等)。

5. 專案性儀表板

專案性儀表板將依據各單位(如：依據交通大隊轄區設定專案)作業需求設定顯示畫面或各單位共同使用(如：跨年晚會活動)設定專案顯示功能，以提供相關單位可快速掌握整體交通狀況與問題，本計畫之專案性儀表板將以情境類型規劃，其包含地圖上顯示大型活動資訊(道路績效、路邊停車資訊、CCTV 顯示、道路績效資訊、停車資訊、路邊停車空位數預測、公運資訊、天氣等)及特定區域資訊(停車資訊、公運資訊、交通事件資訊、道路績效資訊、天候資訊等)。

6. 行動式儀表板

為方便使用者運用各種行動裝置查看儀表板資訊，本計畫之智慧儀表板將規劃採用響應式(RWD)設計，其可依據手持設備(如：手機、平板等)之版面，自動調整版面呈現上述各項儀表板內容。

4.1.3 小結

綜合上述回顧內容，資通訊與傳感技術日新月異，隨之帶來巨大的交通數據量，包含人、車、路、環境等資訊蒐集，使先進智慧型運輸系統離不開交通基礎數據之處理，如何讓這些繁雜具高度異質性之數據能夠有效地應用在 ITS 中被視為一種挑戰。從資料分析到資訊「預測」也是一種處理交通數據的方式，能夠準確的預測交通狀態相關資訊，不僅可以做為交通管理者決策的重要依據，同時也可以做為用路人出行之參考，而過去傳統依靠經驗法則的判斷方式，常因錯誤的判斷導致不僅無法有效紓解交通問題，嚴重者恐使問題加劇，更突顯預測技術與工具掌握的重要性。而交通的狀態與趨勢是城市交通系統運作情況下的反應，對於各種隨機產生之交通需求，若在某個時段及地點有過度集中的趨勢，就會產生交通瓶頸，交通需求則會受到眾多因素交互影響，例如：駕駛行為、路網結構、控制策略等，因此每項不同的交通預測議題皆是一多維度的複雜問題，交通的隨機性會大幅提升預測的困難度。如何能夠針對不同的交通預測議題準確地事先掌握其交通狀態與趨勢，關鍵之一為交通數據的可靠度，其二才為數據處理技術。綜合上述，預測的重要意義在於透過大量的歷史數據從中找尋客觀之規律後預測未來的事件，藉以事先掌握未來趨勢達到預警目的，並研擬相關策略。預測的目標可能包含人、車、路、環境，以「人」為要素進行案例說明，例如透過人流預測事先掌握熱門景區或重大活動之人流，若預測結果達告警門檻，則預先研擬相關人流管制或公共運具接駁調度策略以因應連續假期或特殊活動日之人潮。其他要素，包含「車」、「路」及「環境」之預測應用如表 4-2 所示。

表 4-2 各要素之預測目的與應用案例

資料來源：本計畫彙整

要素	預測目標	→	事先告警	→	策略研擬
人	人流預測	→	熱門景區或活動人流告警	→	人流管制
車	停車需求預測	→	停車需求告警	→	路邊/路外停車導引
路	道路壅塞預測	→	道路壅塞告警	→	地區或高速公路號控
環境	氣象預報	→	積淹水告警	→	災害應變計畫

4.2 預測分析模式整體規劃構想

準確的交通資訊提供對用路人裨益良多，因此交通相關部門需要針對交通狀況做出可靠的預測，然道路上之交通狀況不僅受車流量多寡影響，亦會受到事件

之影響，而事件類型主要可區分為重現性和非重現性。

基於上述，本研究乃建立融合多元資料之事件整合交通預測分析模式，模式中納入重現性與非重現性事件之交通衝擊影響，並能分析重要績效指標(Measures of Effectiveness, MOE)的長期性、時段性、機率性的預測值，提供路段壅塞機率、施工衝擊影響、事故回堵長度等重要資訊，做為交通資訊推播服務的基礎，也是智慧交通數位神經中樞中學習資料與知識庫的核心模式。本計畫針對重現性交通及非重現性交通狀況，共建構三種交通預測分析模式，其中非重現性交通預測模式部分，則分別針對可預期性事件、不可預期性事件建構其預測模式。而上述三種預測模式之建構內容、流程及彼此關聯應用說明如後，並彙整如圖 4.6 所示。

一、常態事件交通預測分析

1. 常態事件及範圍界定

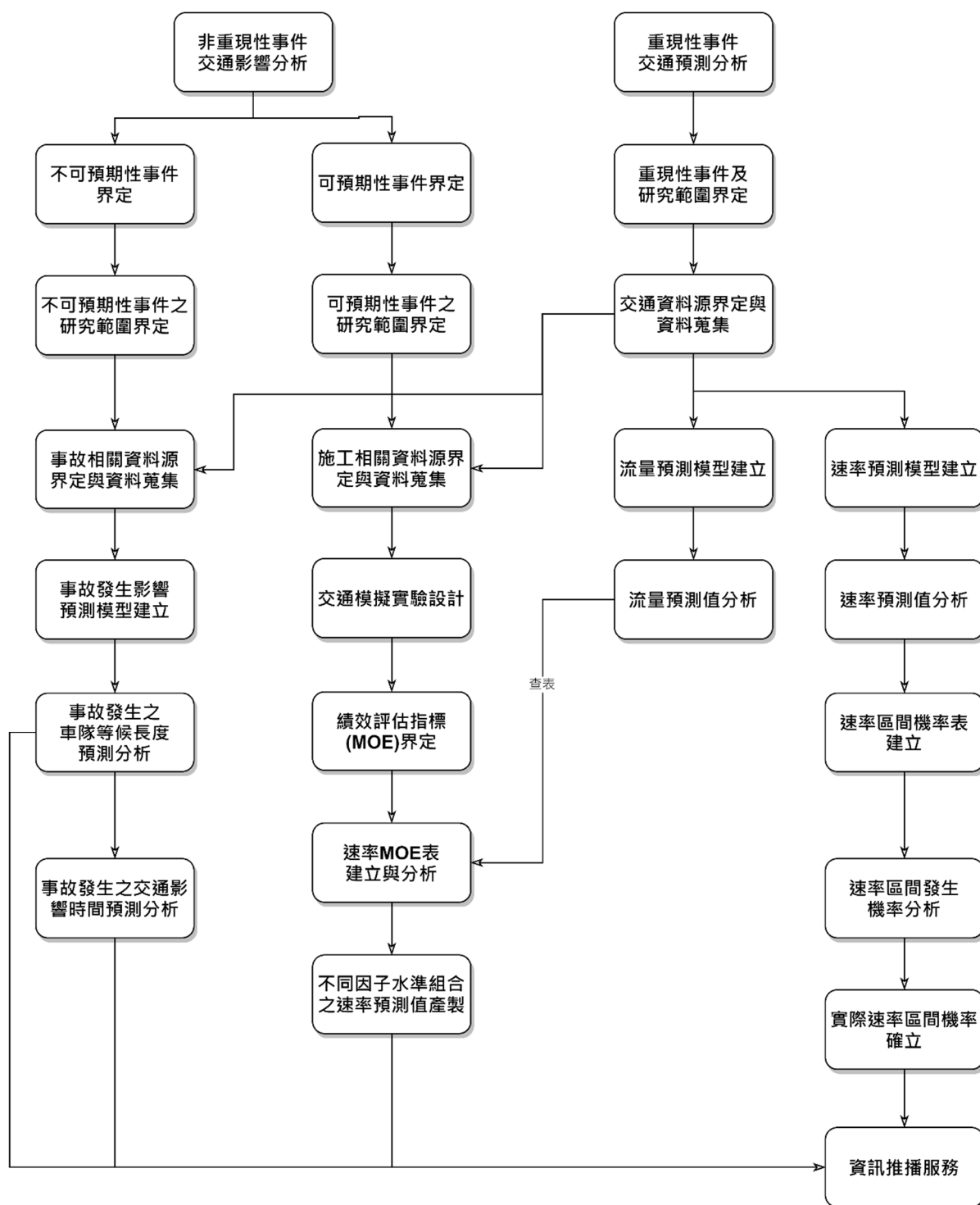
本計畫針對常態事件交通進行預測與分析研究，且於本計畫中重現性事件界定為可預期且具強烈的時間常規性，如工作日之離峰及下、上班尖峰，或週末及連續假期之交通狀況，而研究範圍為高快速公路。

2. 交通資料源界定與資料蒐集

為建構高快速公路重現性事件交通預測分析模式，因此以高快速公路現有交通設備蒐集之交通參數偵測資料做為建構預測模式使用之交通資料源，高快速公路交通參數資料蒐集來源以 eTag 及 VD 設備為主進行交通相關參數(流量、速率、車種、旅行時間…等)之資料蒐集。相較於 eTag 系統，VD 系統容易發生無法預估之斷線或設備故障等情況，導致蒐集之 VD 資料妥善率欠佳。且考量本計畫建構之交通預測分析模式後續於都市地區道路之適用性及移轉性，因都市地區道路鮮少有建置 eTag 系統，而 VD 設備布設密度也較不足，快速道路亦無 eTag 系統，因此本期計畫除採用 EVP 資料外，亦採用 GVP 資料做為高快速道路建構模式使用。

3. 流量與速率預測模型建立

交通相關資料蒐集完畢後，則分別建立流量預測模型及速率預測模型。



資料來源：本計畫繪製

圖 4.6 重現性及非重現性交通預測分析模式建立與應用流程圖

4. 速率區間機率轉換模式建立

考量上述交通預測模型後續之應用性，當一般交通預測模型預測出結果後，多數人首先會想到將預測結果應用於資訊推播服務上，推播的內容則類似如「明日 2021/12/1(三)17:00~18:00 間，國道 1 號南下某路段預估平均速率為 77 公里/小時」，此種以「速率絕對值」方式進行資訊推播，若當天速

率並非 77 公里/小時，而是 85 公里/小時，雖然速率實際差異不大，但仍不免容易遭受質疑。因此本計畫建立一套速率區間機率轉換模式，透過流量與速率預測模式之建立，將模式最終預測之結果，亦即速率再轉換為「不同速率區間發生之機率」，推播的內容則改以「明日 2021/12/1(三)17:00~18:00 間，國道 1 號南下某路段預估速率 80-89 公里/小時之發生機率為 50%、速率 70-79 公里/小時之發生機率為 50%」此種「相對值」的方式作呈現，此概念類似於每日天氣預報推播降雨機率之形式。

5. 速率區間發生機率表建立與分析

透過上述速率區間機率轉換模式建立「速率區間發生機率表」，未來只要經由交通預測模型預測出速率值後，將速率值對照速率區間發生機率表進行查表轉換為機率，「速率區間發生機率表」範例樣式如表 4-3。

表 4-3 「速率區間發生機率表」範例樣式

資料來源：本計畫彙整

預測值坐落區間 (km/hr)	對外播報方式	
	播報速率	播報機率(%)
120-110	110-100	37.07
	120-110	62.93
110-100	99-90	16.28
	110-100	80.49
	120-110	2.84
	50-40	0.03
	70-60	0.06
	80-70	0.08
	90-80	0.22

註：此表格內容僅為範例，完整之機率表如後續章節所述。

二、非重現性事件交通影響分析

一般在如上、下班尖峰之重現性事件車流情況下，用路人已習慣且較容易能夠自行掌握其交通狀態，然非重現性事件與交通狀況之間的關係相對複雜，例如難以預測施工事件對交通流量影響，因此即便知道事件反應式預測相當重要，卻以難以構建出預測模式。而目前國內針對交通預測實際應用方面，主要以高速公路局之行車時間預測為主，其用於建構預測模式之交通資料源為 VD 及 eTag，其他納入的外部資料僅使用油價及氣候資料，並未將事件資料一併納入進行建模。因此如能構建出整合非重現性事件之預測模式，提供事件衝擊影響之相關資訊，對於相關單位在可預期非重現性事件(如施工計畫)之事前評估

與因應策略(如最適施工時段安排)，以及不可預期非重現性事件之預防與緊急應變決策方面，應具有相當大的幫助，亦有助於道路交通安全與服務水準之維持。

基於前述所提之事件反應式預測之重要性，本計畫透過歷史交通資料與歷史外部事件資料之結合，針對可預期事件、不可預期事件兩類型，建構其事件影響之交通預測模型。

1. 可預期性事件

(1) 可預期性事件與研究範圍界定

可預期性事件係指有計畫性之施工或大型活動等所導致之交通影響。本計畫於可預期性事件交通預測與分析研究中，係以「提前發佈之計畫性施工事件」做為主要建構模式對象，研究範圍為高速公路。

(2) 施工相關資料源界定與資料蒐集

為建構高速公路施工影響交通預測分析模式，需蒐集歷史施工事件之相關資料，包含交通車流參數資料與過去曾發佈之施工訊息資料，交通車流參數資料與重現性交通預測模式所使用之交通資料源相同，皆採用高速公路之 EVP 或 GVP 資料，而提前發佈之施工訊息資料蒐集則包含施工之起迄日期、封閉時間、封閉路段、車道封閉位置及數量。

(3) 交通模擬實驗設計

依據上述蒐集之歷史施工事件相關資料以交通模擬軟體進行不同因子情境之實驗設計，實驗設計之因子情境包含不同流量、車道數、封閉車道數、施工區長度之組合。

(4) 績效評估指標界定

模擬不同情境組合下之交通績效，而交通模擬績效評估指標包含速率、旅行時間及車隊停等長度，其中模擬之速率績效值可與高速公路之 EVP 資料進行比對驗證，藉此將交通模擬環境調整至與現實環境吻合後，再模擬產出速率、旅行時間及車隊停等長度績效評估(Measure of Effectiveness, MOE)對照表，對照表範例如表 4-4 所示。

(5) 不同因子組合情境之績效預測產製與資訊推播服務應用

藉由重現性事件流量預測模型，預測出施工當日該時段之流量值，再依據提前發佈之施工資訊，如封閉車道數、封閉工區長度對應績效評估對照表進行查表，得到施工影響之速率、旅行時間及車隊停等長度之預測值，

做為後續相關交通策略研擬及資訊推播服務等應用使用。

表 4-4 不同施工因子情境組合之速率 MOE 對照表範例樣式

資料來源：本計畫彙整

車道數		3 車道			4 車道		
預測流量區間	封閉車道數	沒有封閉	封閉一車道	封閉兩車道	沒有封閉	封閉一車道	封閉兩車道
1000~1600	工區長度						
	100m	110~100	80~85	75~85	110~100	85~90	80~90
	200m						
	300m						

註：此表格內容僅為範例，完整之 MOE 對照表如後續章節所述。

2. 不可預期性事件

(1) 不可預期性事件與研究範圍界定

不可預期性事件係指突發性事件，如交通事故、車輛故障、臨時施工、極端氣候變換、災害等隨機因素所導致之交通影響。本計畫於不可預期性事件交通預測與分析研究中，係以「事故事件」做為主要建構模式對象，研究範圍亦為高快速公路。

(2) 事故相關資料源界定與資料蒐集

為建構高速公路事故影響交通預測分析模式，需蒐集事故相關資料，包含交通車流參數資料與交通事故資料，交通車流參數資料與重現性交通預測模式所使用之交通資料源相同，皆採用高速公路之 EVP 或 GVP 資料，而交通事故資料蒐集則包含交通事故之環境資料(如發生日期、時間、天候、光線…等)、道路幾何特性資料(如事故地點、事故發生佔用車道、速限、道路型態…等)、事故特性資料(事故類別、事故類型及型態…等)。

(3) 事故發生影響預測模型建立

利用上述蒐集之交通資料與交通事故資料，建立事故發生之車隊等候長度及影響時間預測模型。車隊等候長度係利用 GVP 資料以車輛定位方式推估得到事故發生後車隊等候最長之長度，而事故影響時間係指從事故發生後至車流恢復之總時間。

(4) 事故發生之車隊等候長度及紓解時間預測分析

透過上述預測模型進行事故發生之車隊等候長度及交通影響時間兩項預測，推播予相關單位進行應用，並制定適宜之交控反應策略。

綜整前述，本計畫建構之各交通量預測模式類型與預測對象如表 4-5 所示。

表 4-5 交通預測模式類型與對象彙整表

預測類型		預測對象	使用資料來源	主要產出
常態交通量預測		高速公路	● EVP	● 流量預測模式 ● 速率預測模式 ● 速率區間機率轉換表
		高速公路	● GVP	● 速率預測模式
		快速道路	● GVP	● 速率預測模式
非常態交通量預測	可預期性事件(提前發佈之施工)	高速公路	● EVP ● VISSIM 模擬	● 速率 MOE 表
	不可預期性事件(事故)	高速公路	● GVP ● 事故資料	● 事故是否造成交通影響預測模式 ● 車隊排隊長度預測模式 ● 事故影響時間預測模式

4.3 常態交通量預測模式構建

4.3.1 相關文獻回顧

常態性交通路況在排除其他影響交通因子如天氣或事故下，長期會呈現一較固定型態，若利用該歷史資料以預測未來的交通路況，製成一預測模型，交通主管機關可以透過模型將接下來的交通形況預告，民眾透過資訊做出對自己最有利的交通旅行，滿足所有用路人。

常見方法用來預測交通的相關文獻包含數據驅動(Data-driven)當中的參數法(Parametric)與無參數法(Non-parametric)兩大類，其中參數法包括線性迴歸、自迴歸整合移動平均法(ARIMA)等方法，而無參數法包含類神經網路、K-NN、支持向量機(SVM)等。參數法計算快速、不須大量數據，但僅能考慮特定地點，無法處理復雜的道路狀況；無參數法則可以處理大量且複雜之資訊，雖然訓練速度慢，但是使用彈性很廣，目前以多常使用無參數法。

一、參數法

Kwon 等人(2000)^[51]利用美國 I880 資料，有單一線圈測到的佔有率及流量和探針車得到的旅遊時間，以預測旅行時間。對探針車蒐集的實際旅行時間做線性迴歸與決策樹做比較，結果顯示 2 者 MSPE 與 MAPPE 相近，2 者適合預測的情況也不一樣。

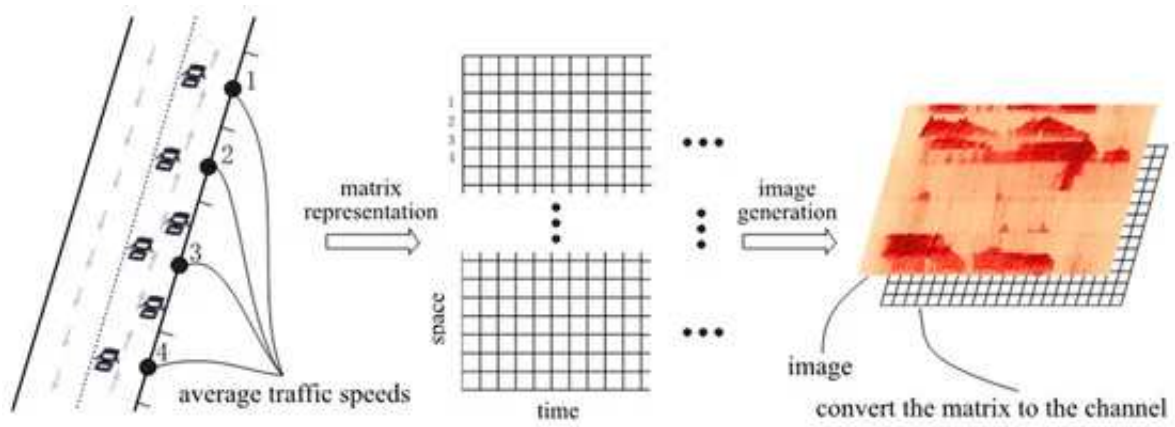
自迴歸整合移動平均是以時間序列為基礎的方法，若時間序列具有季節性，

則適合用 SARIMA，而尖離峰的交通模式常具有強烈的季節性，因此 SARIMA 常用在交通預測中。Kumar(2015)^[52]以印度一條 3 車道道路為研究路段，連續 3 天的流量用於 SARIMA 模型產生，並和歷史平均法及朴素法比較，結果發現早晚尖峰的實際流量和預測流量的 MAPE 分別為 4.37 %和 3.83 %。

二、無參數法

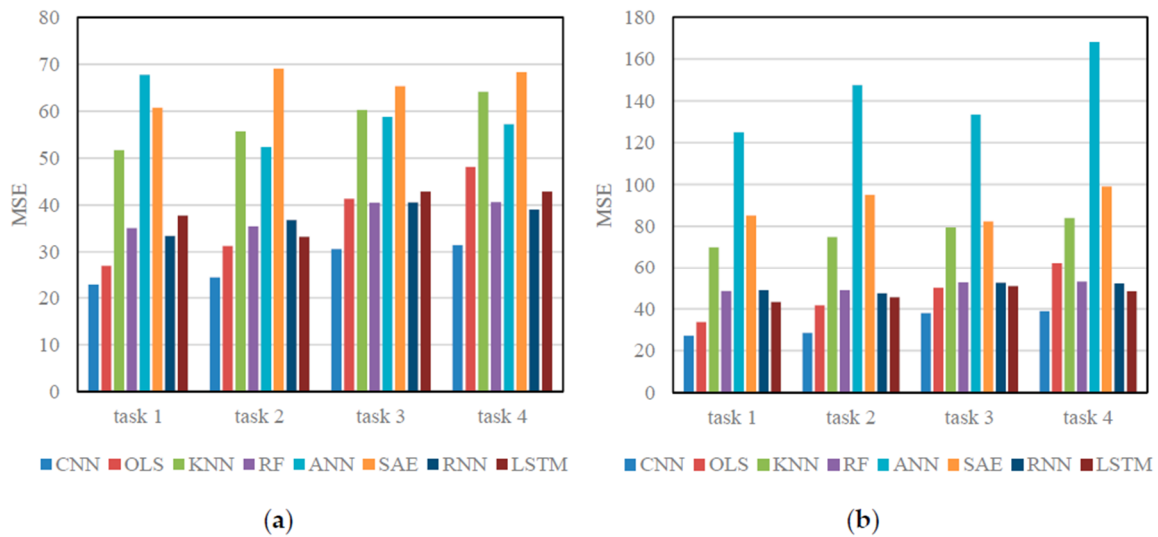
Long 等人^[53](2019)利用 SVM 以中國 G5513 高速公路長沙收費站至益陽收費站的 2018 年 2 月份和天氣資料做旅行時間預測。過程以人工魚群演算法優化 SVM，後用一般 SVM、優化的 SVM 和後向傳播神經網路比較，其優化後的 SVM 在尖峰和時間較長的預測表現最佳。Duan 等人(2016)^[54]使用長短期記憶神經網路(LSTM)預測旅行時間。以英國倫敦 2013 年 M25 高速公路段的旅行時間為實測目標，測試不同的預測時間長度，結果發現以預測未來速度 1 階其 MRE 最小。Yu 等人(2016)^[55]使用 K-NN 對中國佛山出租車的 GPS 蒐集而來的行駛方向和旅行時間預測未來 5 至 25 分鐘的平均速率。提出 4 種 K-NN 模型：時間模型、上游+時間模型、下游+時間模型以及時間+空間模型，訓練資料的 MAPE 顯示當 $k=4$ 時，有最佳預測模型，而當預測時間長度拉長，MAPE 值會上升。

蔡繼光(2009)^[56]利用 K-NN 透過 ETC 和 VD 的資料計算國道三號樹收費站到後龍收費站的旅行時間。由於速率和流量同時比對，為因單位不同造成的誤差降低尖峰準確率，將尖峰平均速率與平均流量做為權重判斷方式，找出歷史資料與即時資訊平方差加總的最接近 400 組作分析，結果得到之平均誤差為 7.6%。Ma 等人(2017)^[57]利用 CNN 將北京市街區行駛之計程車，其 GPS 紀錄到的車輛位置、紀錄時間、行駛方向和行駛速度共 37 天(缺失值小於 2.9%)進行不同短期和長期速度預測，並透過 MSE 驗證其正確率。首先先將到路段上平均速度轉換成時空矩陣，如圖 4.7，設定 3 層卷積、3 層池化、1 層全連接層，MSE 測出不同深度下，深度 4 其 MSE 為最小，並將 4 個實測項目用其他方法同 CNN 一起測試，從圖 4.8 得到在不同路段測試項目下，CNN 預測高出其他方法 42.91%，且具長期預設的潛力。



資料來源：Ma 等人(2017)

圖 4.7 路段資料轉換為時空矩陣到圖像之過程



資料來源：Ma 等人(2017)

圖 4.8 不同路段、不同方法之 MSE 比較

黃冠維(2018)^[58]利用 CNN 模式對桃園市境內全部的車輛偵測器做不同組合預測速度，包含不同區域範圍、不同空間、不同歷史時階長度、不同預測長度和 NN 及 KNN 比較。將 2017 年度最少資料缺失的前三個月做實測資料，結果顯示在四個群組內，CNN 表現最佳，其中在比較預測單時階和多時階，單時階之 MAE 最低，多時階 MAE 值些微上升，但是上升幅度漸緩，代表 CNN 具備預測多時階之能力。

4.3.2 以 EVP 為資料源之高速公路交通量預測模式

本計畫針對重現性交通預測(亦即一般常態性交通狀況)，以高速公路與快速道路為主要預測對象，使用交通資料源如：EVP、GVP 等，旨在希冀透過多元交通資料源進行預測模式建構，能夠彌補當既有設備異常導致資料缺失，或

是設備布建密度不足所導致無法蒐集資料進行交通預測之窘境。以下針對使用各個資料源建構預測模式之過程及預測結果進行說明。

針對高速公路採用 EVP 資料源進行預測部分，本計畫挑選一處易壅塞路段進行其重現性交通預測模式建構，空間範圍為國道 1 號南下 166.4~172.5K 路段(以下稱該研究路段)，該研究路段涵蓋臺中系統-豐原-大雅，時間範圍採用 52 週資料進行預測模式建構，詳表 4-6 所示。後續就上述時、空間範圍之資料蒐集、資料預處理、路段現況分析、預測模式建構與結果、預測模式之應用，五項內容進行說明。

表 4-6 高速公路速率模式建構內容—採用 EVP 資料

資料來源：本計畫彙整

項目	內容
預測對象	● 高速公路
模式建構空間選擇範圍	● 國道 1 號南下 166.4~172.5K ● 涵蓋範圍：臺中系統-豐原-大雅
模式建構時間選擇範圍	● 52 週
使用資料源	● EVP
預測模式產出	● 速率預測模式：各星期別各時段(小時)之速率值 ● 流量預測模式：各星期別各時段(小時)之流量值
模型建構方法	● 機器學習(Machine Learning, ML) ● 深度學習(Deep Learning, DL)

一、資料蒐集

本計畫以高速公路 ETC 系統所蒐集之交通資料進行模型建構，資料來源為高速公路局歷史資料庫 M05A，資料共 6 個欄位，包含 TimeInterval、GantryFrom、GantryTo、VehicleType、SpaceMeanSpeed 及 Volume，原始資料架構與內容如表 4-7 及圖 4.9 所示。將 52 週之 M05A 資料進行下載，每 5 分鐘為一個檔案，每個檔案資料筆數為 2,425 筆，共計 105,120 個檔案，因此資料總筆數約為 25.5 億筆。

二、資料預處理

巨量資料下載完畢後即進行資料預處理，共分為八個步驟，分別為讀入資料、篩選資料、計算加權平均速率與總流量、資料重命名與組合、遺漏值填補、時間解析度轉換、時間相關欄位轉換及融合天氣資料，如圖 4.10 所示，以下茲就各步驟進行說明。

表 4-7 M05A 資料架構與內容

資料來源：高速公路局 M05A 開放資料、本計畫彙整

欄位	欄位名稱	資料名稱	型態及計算方式
A	TimeInterval	報表產製時間	● 顯示方式：2021-04-12 22:55:00 ● 以 5 分鐘為一統計時階
B	GantryFrom	上游偵測站名稱	-
C	GantryTo	下游偵測站名稱	-
D	VehicleType	車種	31：小客車 32：小貨車 41：大客車 42：大貨車 5：聯結車
E	SpaceMeanSpeed	平均車速	● 顯示方式：平均車速：該時階之各車輛車速加總/交通量 ● 單一車輛計算車速：相鄰上下游偵測站之 門架距離/旅行時間(單位 km/ hr)
F	Volume	交通量	計算上下游偵測站在此張表之時階範圍內所經過之車流量總量

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	2019/4/5 18:10 01F0017N	01F0005N		31	93	69						
2	2019/4/5 18:10 01F0017N	01F0005N		32	91	15						
3	2019/4/5 18:10 01F0017N	01F0005N		41	86	1						
4	2019/4/5 18:10 01F0017N	01F0005N		42	86	1						
5	2019/4/5 18:10 01F0017N	01F0005N		5	0	0						
6	2019/4/5 18:10 01F0029N	01F0017N		31	90	82						
7	2019/4/5 18:10 01F0029N	01F0017N		32	90	19						
8	2019/4/5 18:10 01F0029N	01F0017N		41	83	4						
9	2019/4/5 18:10 01F0029N	01F0017N		42	84	1						
10	2019/4/5 18:10 01F0029N	01F0017N		5	0	0						
11	2019/4/5 18:10 01F0005S	01F0017S		31	87	77						
12	2019/4/5 18:10 01F0005S	01F0017S		32	89	19						
13	2019/4/5 18:10 01F0005S	01F0017S		41	84	2						
14	2019/4/5 18:10 01F0005S	01F0017S		42	0	0						
15	2019/4/5 18:10 01F0005S	01F0017S		5	0	0						
16	2019/4/5 18:10 01F0061N	01F0029N		31	96	109						
17	2019/4/5 18:10 01F0061N	01F0029N		32	96	31						
18	2019/4/5 18:10 01F0061N	01F0029N		41	92	4						
19	2019/4/5 18:10 01F0061N	01F0029N		42	0	0						
20	2019/4/5 18:10 01F0061N	01F0029N		5	0	0						
21	2019/4/5 18:10 01F0017S	01F0029S		31	90	83						
22	2019/4/5 18:10 01F0017S	01F0029S		32	90	21						
23	2019/4/5 18:10 01F0017S	01F0029S		41	96	1						
24	2019/4/5 18:10 01F0017S	01F0029S		42	0	0						
25	2019/4/5 18:10 01F0017S	01F0029S		5	0	0						
26	2019/4/5 18:10 01F0099N	01F0061N		31	92	125						

資料來源：高速公路局 M05A 開放資料

圖 4.9 M05A 原始資料型態

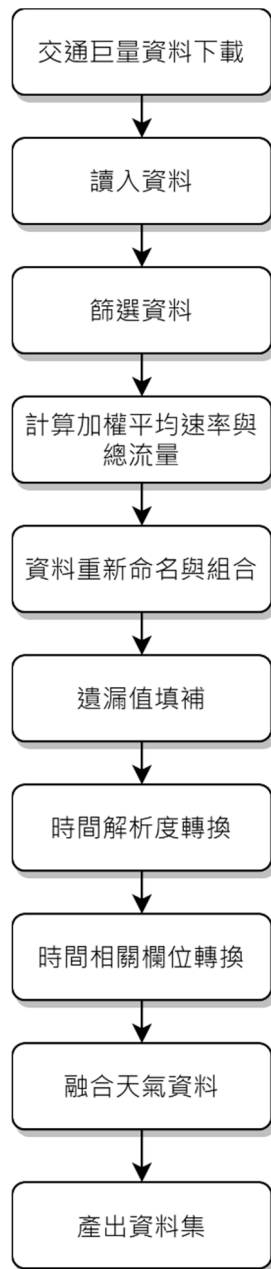


圖 4.10 歷史巨量資料蒐集與資料預處理流程

1. 讀入資料：首先利用程式語言 Python 3.8 讀入 105,120 個檔案約 25.5 億筆之巨量資料。
2. 篩選資料：接著進行資料篩選，將每個檔案針對 01F1664S~01F1725S 之範圍資料進行採樣，01F1664S~01F1725S 之範圍資料資訊如表 4-8 所示，因此將取出每個檔案中之 5 筆資料，如圖 4.11 所示，資料筆數共計 525,600 筆(5 筆資料*105,120 個檔案)。
3. 計算加權平均速率與總流量：計算車種加權平均旅行速率及車輛數加總後，使每 5 分鐘資料僅對應一筆平均速率及車輛數(原始資料分為 5 個車種，因此每 5 分鐘對應 5 筆平均速率及車輛數)，此時每個檔案僅剩 1 筆

資料，共計 105,120 個檔案。

4. 資料重命名與組合：將 105,120 個檔案進行資料組合，留下 TimeInterval、SpaceMeanSpeed、Volume 共 3 個欄位，並分別重新命名為時間、速率、流量，如圖 4.12 所示，此時資料總筆數為 105,120 筆。

表 4-8 資料篩選範圍

位置	偵測站編號	偵測站收費區間名稱	方向	緯度	經度
上游偵測站	01F1664S	臺中系統-豐原	S	24.26265	120.692
下游偵測站	01F1725S	豐原-大雅	S	24.23154	120.6866

	A	B	C	D	E	F	G
1	2019/4/5 18:10	01F1664S	01F1725S	31	47	252	
2	2019/4/5 18:10	01F1664S	01F1725S	32	46	50	
3	2019/4/5 18:10	01F1664S	01F1725S	41	46	11	
4	2019/4/5 18:10	01F1664S	01F1725S	42	46	1	
5	2019/4/5 18:10	01F1664S	01F1725S	5	44	1	
6							
7							

圖 4.11 篩選範圍之原始資料型態

	A	B	C	D
1	時間	速率	流量	
2	2019/1/1 00:00	106.482	83	
3	2019/1/1 00:05	106.091	66	
4	2019/1/1 00:10	111.469	81	
5	2019/1/1 00:15	106.948	153	
6	2019/1/1 00:20	103.627	217	
7	2019/1/1 00:25	105.526	192	
8	2019/1/1 00:30	101.825	200	
9	2019/1/1 00:35	101.677	235	
10	2019/1/1 00:40	101.788	241	
11	2019/1/1 00:45	101.902	246	
12	2019/1/1 00:50	100.196	225	
13	2019/1/1 00:55	98.621	256	
14	2019/1/1 01:00	98.892	240	
15	2019/1/1 01:05	98.754	268	
16	2019/1/1 01:10	99.918	245	
17	2019/1/1 01:15	99.73	248	
18	2019/1/1 01:20	100.753	259	
19	2019/1/1 01:25	98.916	237	
20	2019/1/1 01:30	102.745	204	
21	2019/1/1 01:35	99.71	252	
22	2019/1/1 01:40	100.952	210	
23	2019/1/1 01:45	101.794	228	
24	2019/1/1 01:50	99.236	246	
25	2019/1/1 01:55	100.548	239	
26	2019/1/1 02:00	101.978	179	
27	2019/1/1 02:05	101.863	197	
28	2019/1/1 02:10	98.368	253	
29	2019/1/1 02:15	102.664	211	
30	2019/1/1 02:20	104.333	177	
31	2019/1/1 02:25	105.585	183	
32	2019/1/1 02:30	105.779	149	
33	2019/1/1 02:35	105.624	165	
34	2019/1/1 02:40	105.455	143	
35	2019/1/1 02:45	106.124	134	

圖 4.12 資料組合結果—每 5 分鐘為 1 筆資料

5. 遺漏值填補：將資料進行組合後，發現共有 9 筆遺漏值，本計畫使用歷

史平均法(Historical Average)以相同星期別及相關時段之平均數進行遺漏值填補。

- 時間解析度轉換：亦即資料聚合，將每 5 分鐘為一筆之資料型態聚合成每 1 小時為一筆，亦即將各時段 12 筆資料(如 0:00、0:05、0:10、0:15、…、0:55)累積成 1 小時資料(00:00、01:00、02:00、03:00、…、23:00)，此時資料總筆數為 8,760 筆，如圖 4.13 所示。

	A	B	C	D
1	時間	速率	流量	
2	2019/1/1 00:00	102.792	2195	
3	2019/1/1 01:00	100.101	2876	
4	2019/1/1 02:00	104.125	1999	
5	2019/1/1 03:00	110.606	1047	
6	2019/1/1 04:00	111.309	627	
7	2019/1/1 05:00	108.487	544	
8	2019/1/1 06:00	109.458	721	
9	2019/1/1 07:00	110.618	1149	
10	2019/1/1 08:00	109.214	1302	
11	2019/1/1 09:00	108.462	1577	
12	2019/1/1 10:00	106.896	2084	
13	2019/1/1 11:00	105.701	2528	
14	2019/1/1 12:00	105.268	2761	
15	2019/1/1 13:00	103.035	3262	
16	2019/1/1 14:00	95.865	3970	
17	2019/1/1 15:00	81.594	4198	
18	2019/1/1 16:00	79.319	4111	
19	2019/1/1 17:00	73.46	3794	
20	2019/1/1 18:00	63.518	3744	
21	2019/1/1 19:00	95.28	3174	
22	2019/1/1 20:00	101.574	2755	
23	2019/1/1 21:00	104.389	2539	
24	2019/1/1 22:00	108.733	1789	
25	2019/1/1 23:00	110.854	1156	
26	2019/1/2 00:00	111.759	806	

圖 4.13 資料轉換結果—每 1 小時為 1 筆

- 時間相關欄位轉換：將原始的日期欄位資料型態(如 2019/1/1 20:00)轉換成星期別(1~7)及時段(0~23)，再轉換為獨熱編碼(One-Hot Encoding)型態，如圖 4.14 所示。
- 融合天氣資料：由 CWB Observation Data Inquire System(CODiS)取得臺中市觀測站之歷史降水量資料並與交通資料進行融合，最後匯出資料集進行後續現況分析與模型建構。

三、現況說明

由圖 4.15 各星期別不同速率區間發生機率之變化趨勢中，可看出該研究路段每日車流特性主要可劃分為四個時段，分別為 07:00~13:00、14:00~16:00、17:00~18:00、20:00~06:00，其中 17:00~18:00 為易壅塞時段，尤以星期五車流壅塞狀況最為嚴重，速率 59-40km/hr 發生的比例約 30%、39 km/hr 發生的比例

約 62%，合計為 92%。其次嚴重的星期別為星期六，速率 59-40km/hr 發生的比例約 33%、39 km/hr 發生的比例約 28%，合計為 61%；後續壅塞發生比例依序為星期三(55%)、星期二(43%)及星期一(38%)、星期日(38%)。上述彙整如表 4-9 所示，而各星期別 24 個時段詳細速率發生比例詳圖 4.15 所示。

圖 4.14 模型建構資料集

表 4-9 各星期別時段劃分之速率區間發生比例彙整表

星期別	時段	80km/hr 以上	79-60km/hr	59-40km/hr	39km/hr 以下
一	07~13	89.29%	6.59%	3.57%	0.55%
	14~16	89.74%	8.33%	0.64%	1.28%
	17~18	28.85%	33.65%	26.92%	10.58%
	20~06	99.83%	-	0.17%	-
二	07~13	91.37%	5.12%	2.43%	1.08%
	14~16	88.05%	8.18%	2.52%	1.26%
	17~18	22.64%	33.96%	26.42%	16.98%
	20~06	99.14%	0.51%	-	0.34%
三	07~13	95.06%	2.20%	2.20%	0.55%
	14~16	75.00%	17.31%	5.13%	2.56%
	17~18	11.54%	33.65%	30.77%	24.04%
	20~06	98.95%	0.52%	0.17%	0.35%
四	07~13	89.56%	8.52%	1.10%	0.82%
	14~16	81.41%	10.26%	5.13%	3.21%
	17~18	21.15%	31.73%	25.00%	22.12%
	20~06	99.30%	0.35%	0.17%	0.17%
五	07~13	94.51%	3.57%	1.37%	0.55%
	14~16	39.74%	26.92%	18.59%	14.74%
	17~18	1.92%	6.73%	29.81%	61.54%
	20~06	96.68%	2.45%	0.70%	0.17%
六	07~13	80.49%	14.29%	3.85%	1.37%
	14~16	51.28%	30.77%	11.54%	6.41%

星期別	時段	80km/hr 以上	79-60km/hr	59-40km/hr	39km/hr 以下
	17~18	16.35%	23.08%	32.69%	27.88%
	20~06	100.00%	-	-	-
日	07~13	97.80%	2.20%	-	-
	14~16	63.46%	22.44%	10.90%	3.21%
	17~18	25.00%	37.50%	28.85%	8.65%
	20~06	95.10%	2.62%	1.92%	0.35%

星期別	時段	80以上	79-60	59-40	39以下
星期一	0	100.00%			
	1	100.00%			
	2	100.00%			
	3	100.00%			
	4	100.00%			
	5	100.00%			
	6	100.00%			
	7	96.15%	3.85%		
	8	69.23%	17.31%	11.54%	1.92%
	9	94.23%	3.85%	1.92%	
	10	92.31%	1.92%	5.77%	
	11	86.54%	7.69%	3.85%	1.92%
	12	92.31%	5.77%	1.92%	
	13	94.23%	5.77%		
	14	92.31%	7.69%		
	15	94.23%	3.85%		1.92%
	16	82.69%	13.46%	1.92%	1.92%
	17	25.00%	38.46%	28.85%	7.69%
	18	32.69%	28.85%	25.00%	13.46%
	19	96.15%	1.92%	1.92%	
	20	100.00%			
	21	100.00%			
	22	98.08%		1.92%	
	23	100.00%			

星期別	時段	80以上	79-60	59-40	39以下
星期二	0	100.00%			
	1	98.11%	1.89%		
	2	100.00%			
	3	100.00%			
	4	100.00%			
	5	100.00%			
	6	100.00%			
	7	98.11%	1.89%		
	8	90.57%	1.89%	5.66%	1.89%
	9	88.68%	7.55%	3.77%	
	10	75.47%	16.98%	3.77%	3.77%
	11	90.57%	5.66%	1.89%	1.89%
	12	96.23%	1.89%	1.89%	
	13	100.00%			
	14	96.23%	3.77%		
	15	88.68%	9.43%	1.89%	
	16	79.25%	11.32%	5.66%	3.77%
	17	16.98%	43.40%	22.64%	16.98%
	18	28.30%	24.53%	30.19%	16.98%
	19	90.57%	7.55%		1.89%
	20	98.11%	1.89%		
	21	98.11%			1.89%
	22	98.11%			1.89%
	23	98.11%	1.89%		

星期別	時段	80以上	79-60	59-40	39以下
星期三	0	100.00%			
	1	100.00%			
	2	100.00%			
	3	100.00%			
	4	100.00%			
	5	100.00%			
	6	100.00%			
	7	100.00%			
	8	94.23%	3.85%	1.92%	
	9	98.08%	1.92%		
	10	94.23%	1.92%	1.92%	1.92%
	11	94.23%		5.77%	
	12	92.31%	3.85%	3.85%	
	13	92.31%	3.85%	1.92%	1.92%
	14	82.69%	13.46%	3.85%	
	15	75.00%	17.31%	5.77%	1.92%
	16	67.31%	21.15%	5.77%	5.77%
	17	9.62%	40.39%	32.69%	17.31%
	18	13.46%	26.92%	28.85%	30.77%
	19	71.15%	17.31%	5.77%	5.77%
	20	94.23%	1.92%	1.92%	1.92%
	21	96.15%	3.85%		
	22	98.08%			1.92%
	23	100.00%			

星期別	時段	80以上	79-60	59-40	39以下
星期四	0	100.00%			
	1	100.00%			
	2	100.00%			
	3	100.00%			
	4	100.00%			
	5	100.00%			
	6	100.00%			
	7	96.15%	3.85%		
	8	76.92%	13.46%	5.77%	3.85%
	9	92.31%	5.77%	1.92%	
	10	73.08%	25.00%		1.92%
	11	94.23%	5.77%		
	12	100.00%			
	13	94.23%	5.77%		
	14	88.46%	7.69%	3.85%	
	15	82.69%	11.54%	5.77%	
	16	73.08%	11.54%	5.77%	9.62%
	17	17.31%	40.38%	25.00%	17.31%
	18	25.00%	23.08%	25.00%	26.92%
	19	73.08%	15.39%	9.62%	1.92%
	20	98.08%		1.92%	
	21	98.08%			1.92%
	22	96.15%	3.85%		
	23	100.00%			

星期別	時段	80以上	79-60	59-40	39以下
星期五	0	100.00%			
	1	100.00%			
	2	100.00%			
	3	100.00%			
	4	98.08%	1.92%		
	5	98.08%	1.92%		
	6	100.00%			
	7	100.00%			
	8	86.54%	9.62%	3.85%	
	9	100.00%			
	10	100.00%			
	11	88.46%	7.69%	1.92%	1.92%
	12	92.31%	5.77%		1.92%
	13	94.23%	1.92%	3.85%	
	14	69.23%	19.23%	5.77%	5.77%
	15	36.54%	28.85%	17.31%	17.31%
	16	13.46%	32.69%	32.69%	21.15%
	17	1.92%	9.62%	30.77%	57.69%
	18	1.92%	3.85%	28.85%	65.39%
	19	19.23%	30.77%	28.85%	21.15%
	20	75.00%	19.23%	3.85%	1.92%
	21	94.23%	3.85%	1.92%	
	22	98.08%		1.92%	
	23	100.00%			

星期別	時段	80以上	79-60	59-40	39以下
星期六	0	100.00%			
	1	100.00%			
	2	100.00%			
	3	100.00%			
	4	100.00%			
	5	100.00%			
	6	100.00%			
	7	100.00%			
	8	98.08%	1.92%		
	9	84.62%	11.54%	3.85%	
	10	80.77%	17.31%		1.92%
	11	53.85%	38.46%	7.69%	
	12	63.46%	23.08%	11.54%	1.92%
	13	82.69%	7.69%	3.85%	5.77%
	14	73.08%	19.23%	3.85%	3.85%
	15	53.85%	32.69%	9.62%	3.85%
	16	26.92%	40.39%	21.15%	11.54%
	17	11.54%	30.77%	30.77%	26.92%
	18	21.15%	15.38%	34.62%	28.85%
	19	69.23%	25.00%	5.77%	
	20	100.00%			
	21	100.00%			
	22	100.00%			
	23	100.00%			

星期別	時段	80以上	79-60	59-40	39以下
星期日	0	100.00%			
	1	100.00%			
	2	100.00%			
	3	100.00%			
	4	100.00%			
	5	100.00%			
	6	100.00%			
	7	100.00%			
	8	100.00%			
	9	100.00%			
	10	94.23%	5.77%		
	11	90.39%	9.62%		
	12	100.00%			
	13	100.00%			
	14	92.31%	7.69%		
	15	67.31%	21.15%	9.62%	1.92%
	16	30.77%	38.46%	23.08%	7.69%
	17	21.15%	40.38%	28.85%	9.62%
	18	28.85%	34.62%	28.85%	7.69%
	19	48.08%	23.08%	23.08%	5.77%
	20	61.54%	17.31%	17.31%	3.85%
	21	84.62%	11.54%	3.85%	
	22	100.00%			
	23	100.00%			

單位：%

圖 4.15 2019 年各星期別不同時段之速率區間發生比例

四、預測模式建構與結果說明

本計畫於速率及流量預測模式建構流程如圖 4.16，經由上述資料預處理過程產出模式建構資料集後，首先進行資料集劃分，而機器學習及深度學習主要係由資料中進行學習並建構模型，該過程稱為訓練，建構模型的過程中，須將資料劃分為訓練集(Training Dataset)、驗證集(Validation Dataset)、測試集(Test Dataset)，訓練集主要為訓練階段時使用、驗證集主要為調整模型超參數時使用、測試集主要為模型最終評估使用。因此本計畫將 8,760 筆之資料集，劃分為訓練集和測試集，訓練集為前 48 週(8,016 筆)資料，測試集資料為後 4 週(744 筆)

資料，又將訓練集資料中的前 10%做為驗證資料(801 筆)、後 90%則為訓練資料(7,215 筆)，如圖 4.17 所示。

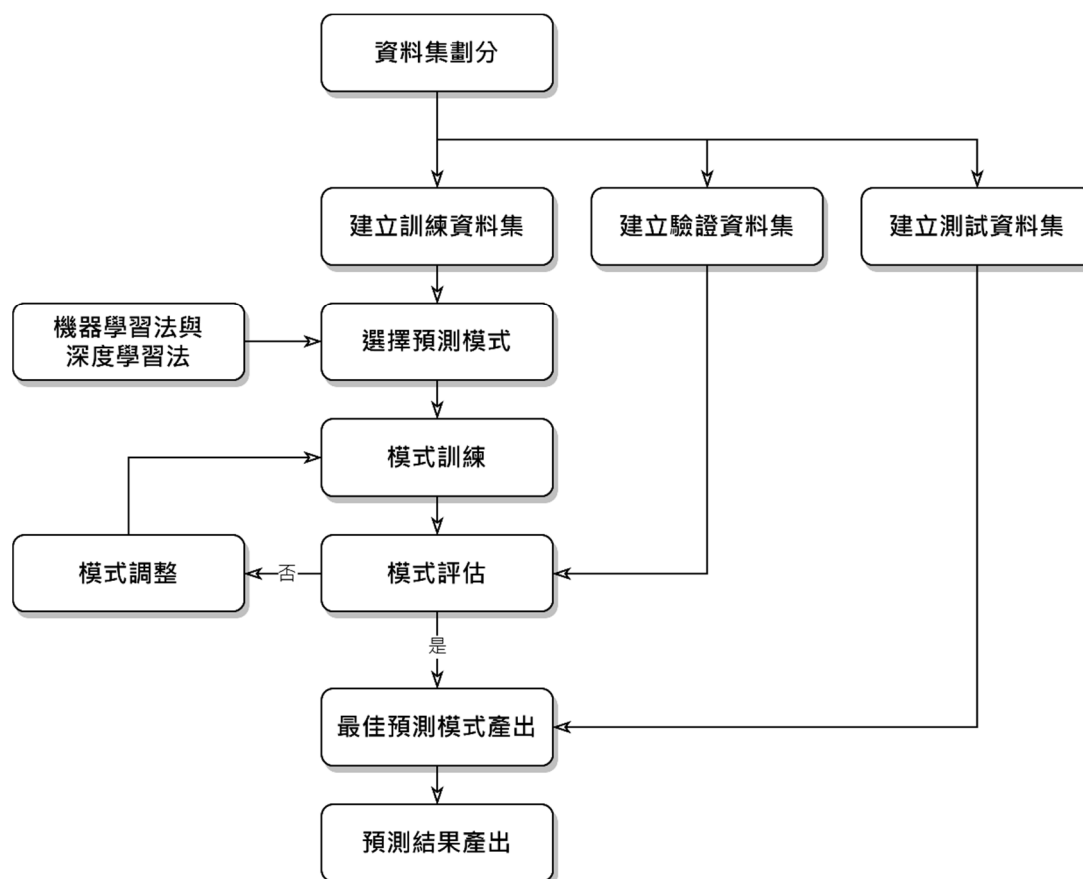


圖 4.16 預測模式建構流程

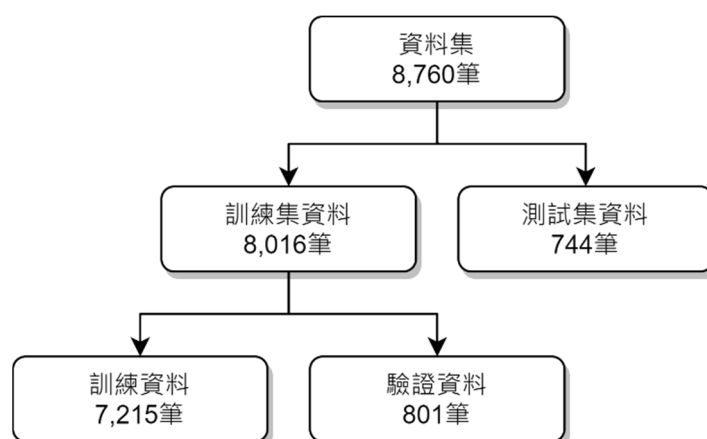


圖 4.17 資料集劃分

資料集劃分完畢後，選擇建構預測模型使用之模式與方法，而本計畫採用的方法包含機器學習法與深度學習法，接著使用訓練集用以建構出訓練模式，而驗證集用以評估模式之表現，若表現不好則返回訓練模式進行相關參數調整後，再次將驗證集資料引入訓練模式進行評估，表現良好則代表該訓練模式為最佳預測模式，最後將實際待預測之測試資料集輸入最佳預測模式中進行實際

預測，最後產出實際預測結果。

上述對於預測模式是否良好之評估分析，則透過計算預測值與實際值之平均絕對值誤差率(Mean Absolute Percentage Error ,MAPE)做為評估指標，由 Lewis 於 1982 年提出，亦稱平均絕對值誤差百分比，為評估預測精準度最常用的指標，該值為相對數值，較不受到預測值與真實值的單位和大小影響，因此得到預測值與真實值之差異程度較客觀，其公式如下所示，MAPE 值的範圍為 $(0, +\infty)$ ，MAPE 為 0%，表示為完美模型，相關評估標準劃分如表 4-10 所示。

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{y} - y_i}{y_i} \right|$$

表 4-10 MAPE 評估標準劃分

資料來源：Lewis(1982)

MAPE(%)	評估說明
<10	高準確預測
10~20	優良預測
20~50	合理預測
>50	不準確預測

1. 速率預測模型建構與分析結果

本計畫採用的特徵值，包含流量及時間相關(星期別、時段)、天氣，共計 33 個特徵值做為建構訓練模型使用，預測目標則為速率。將上述資料分別以機器學習法與深度學習法建構模式，最後擇優做為後續運用，而使用的機器學習方法包含線性迴歸(Linear Regression, LR)、K 近鄰(K-Nearest Neighbors, K-NN)、決策樹(Decision Tree, DT)、隨機森林(Random Forest, RF)、極度隨機樹(Extremely Randomized Trees, ExtRa Trees)、自適應性增強法(Adaptive Boosting, AdaBoost)、梯度提升迴歸樹(Gradient Boosted Regression Trees, GBRT)、極限梯度提升(eXtreme Gradient Boosting, XGBoost)，上述機器學習方法皆可用於處理分類及迴歸問題，共計 8 種，並與深度學習方法，包含長短期記憶(Long-Short Term Memory, LSTM)、雙向長短期記憶(Bidirectional Long Short-Term Memory, BiLSTM)、以及加入注意力機制之雙向長短期記憶(Attention-Based Bidirectional Long Short-Term Memory, BiLSTM-Attention)進行模式評估比較。

預測模式比較結果如表 4-11 所示，由表中可看出深度學習方法 BiLSTM-Attention 模式(旅行速率預測模式構建維度與參數如圖 4.18)執行 100 次訓練(epoch=100)、激活函數(Activation)採用 softmax、優化器(Optimizer)

採用 adam、損失函數(Loss)採用 MSE 後，得到最佳預測結果，且優於其他 9 種方法，其 MAPE 值為 7.4%，屬於高準確預測，且該方法於尖峰時段預測上亦較其他方法優良，如圖 4.19 及圖 4.20 比較所示。因此本計畫後續於 EVP 資料源之高速公路相關預測模式中，皆採用 BiLSTM-Attention 做為預測模式所採用之方法。

表 4-11 機器學習與深度學習模型於速率預測之準確度比較

速率預測模式採用方法		MAPE
機器學習法	Linear Regression	12.69%
	K-Nearest Neighbors	10.66%
	Decision Tree	14.10%
	Random Forest	11.75%
	Extremely Randomized Trees	12.53%
	Adaptive Boosting	15.52%
	Gradient Boosted Regression Trees	16.66%
	eXtreme Gradient Boosting	11.51%
深度學習法	Long-Short Term Memory	7.8%
	Bidirectional Long Short-Term Memory	7.7%
	Attention-Based Bidirectional Long Short-Term Memory	7.4%

Layer (type)	Output Shape	Param #	Connected to
input_1 (InputLayer)	[(None, 12, 34)]	0	
lstm (LSTM)	(None, 12, 34)	9384	input_1[0][0]
permute (Permute)	(None, 34, 12)	0	lstm[0][0]
dense (Dense)	(None, 34, 12)	156	permute[0][0]
attention_vec (Permute)	(None, 12, 34)	0	dense[0][0]
multiply (Multiply)	(None, 12, 34)	0	input_1[0][0] attention_vec[0][0]
bidirectional (Bidirectional)	(None, 12, 100)	34000	multiply[0][0]
bidirectional_1 (Bidirectional)	(None, 100)	60400	bidirectional[0][0]
flatten (Flatten)	(None, 100)	0	bidirectional_1[0][0]
dense_1 (Dense)	(None, 20)	2020	flatten[0][0]
dense_2 (Dense)	(None, 1)	21	dense_1[0][0]
Total params: 105,981			
Trainable params: 105,981			
Non-trainable params: 0			

圖 4.18 速率預測模式構建維度與參數

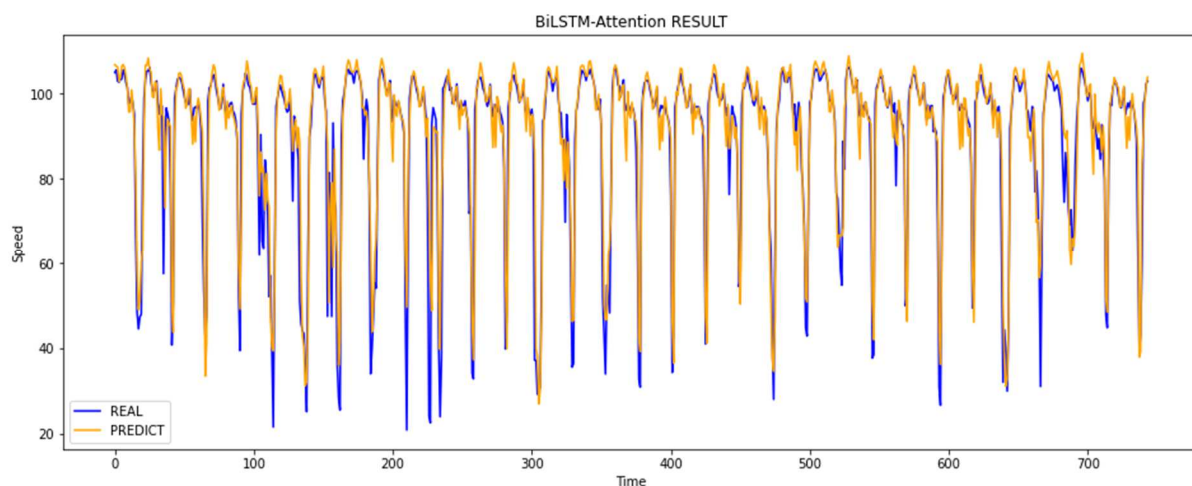


圖 4.19 BiLSTM-Attention 速率預測值與真實值比較圖

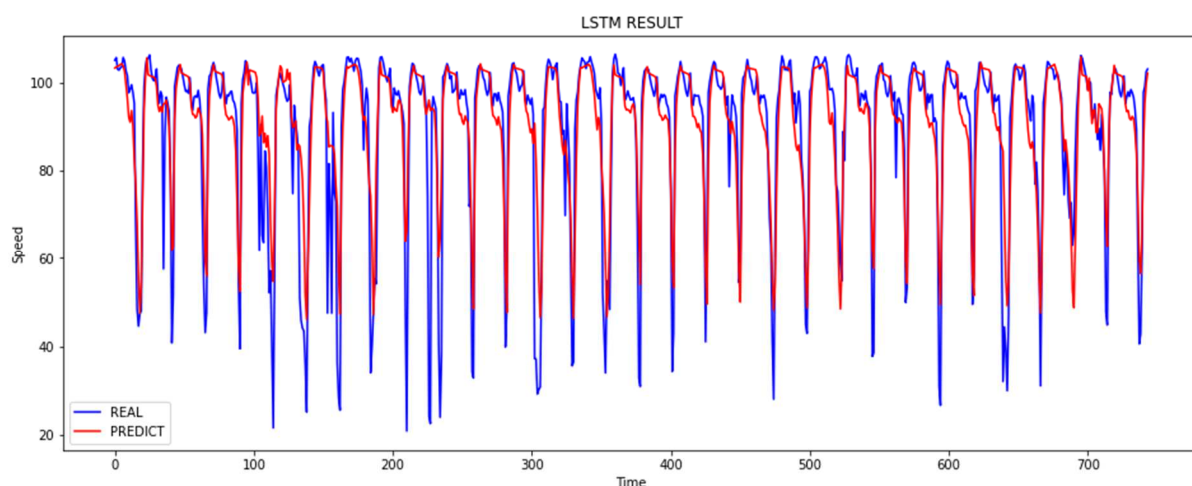


圖 4.20 LSTM 速率預測值與真實值比較圖

2. 流量預測模型建構與分析結果

本計畫同樣使用上述 13 種模式進行流量預測模型建構，預測比較結果如表 4-12，其結果亦為使用深度學習之 BiLSTM-Attention 模式於流量預測模型建構表現較佳，而模式構建維度與參數如圖 4.21 流量預測模式構建維度與參數，採用的特徵值，包含流量、時間相關(星期別、時段)、天氣，共計 33 個特徵值做為建構訓練模型使用。執行 200 次訓練(epoch=200)、激活函數(Activation)採用 softmax、優化器(Optimizer)採用 adam、損失函數(Loss)採用 MSE 後得到最佳預測結果，MAPE 值為 5.4%，該模式於尖峰時段預測上同樣亦較其他方法優良，如圖 4.22 及圖 4.23 比較所示。

表 4-12 機器學習與深度學習模型於流量預測之準確度比較

流量預測模式採用方法		MAPE
機器學習法	Linear Regression	10.64%
	K-Nearest Neighbors	65.86%
	Decision Tree	9.74%
	Random Forest	8.70%
	Extremely Randomized Trees	60.30%
	Adaptive Boosting	9.05%
	Gradient Boosted Regression Trees	13.98%
	eXtreme Gradient Boosting	7.11%
深度學習法	Long-Short Term Memory	12.70%
	Bidirectional Long Short-Term Memory	5.80%
	Attention-Based Bidirectional Long Short-Term Memory	5.38%

Layer (type)	Output Shape	Param #	Connected to
input_2 (InputLayer)	[(None, 12, 33)]	0	
lstm_3 (LSTM)	(None, 12, 33)	8844	input_2[0][0]
permute_1 (Permute)	(None, 33, 12)	0	lstm_3[0][0]
dense_3 (Dense)	(None, 33, 12)	156	permute_1[0][0]
attention_vec (Permute)	(None, 12, 33)	0	dense_3[0][0]
multiply_1 (Multiply)	(None, 12, 33)	0	input_2[0][0] attention_vec[0][0]
bidirectional_2 (Bidirectional)	(None, 12, 100)	33600	multiply_1[0][0]
bidirectional_3 (Bidirectional)	(None, 100)	60400	bidirectional_2[0][0]
flatten_1 (Flatten)	(None, 100)	0	bidirectional_3[0][0]
dense_4 (Dense)	(None, 20)	2020	flatten_1[0][0]
dense_5 (Dense)	(None, 1)	21	dense_4[0][0]
Total params: 105,041			
Trainable params: 105,041			
Non-trainable params: 0			

圖 4.21 流量預測模式構建維度與參數

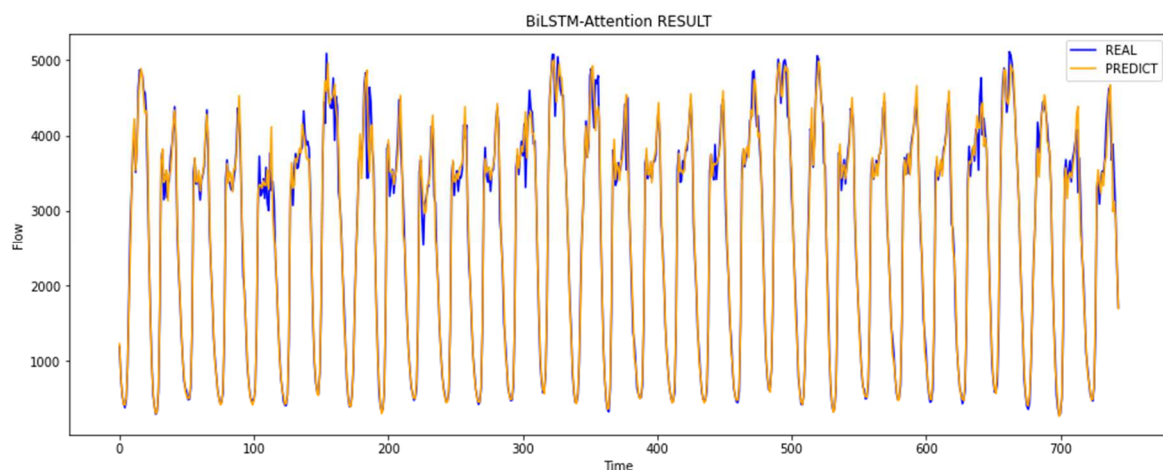


圖 4.22 BiLSTM-Attention 流量預測值與真實值比較圖

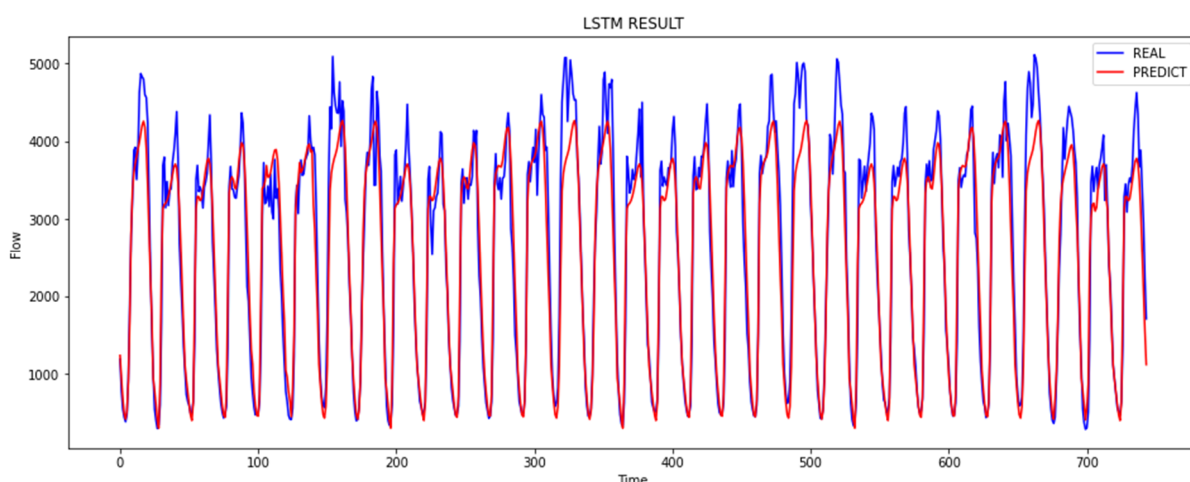


圖 4.23 LSTM 流量預測值與真實值比較圖

五、實際速率區間機率表之建立

假設透過本計畫之流量及速率預測模式預測出「2021/7/26(一)18:00~18:55 之間，某路段之平均速率為 77 公里/小時」，若將該預測資訊播報予交通主管機關或用路人，當時間實際到了 7/26(一) 18:00~18:55 時，相關設備偵測的實際平均速率卻是 85 公里/小時，此時播報該資訊的單位或預測模式便容易遭受到挑戰與質疑，因此本計畫透過流量與速率預測模式之建立，將模式的預測結果(速率)再轉換為「各速率區間發生之機率」，舉上述案例來說，若速率預測值為 77 公里/小時，則對外資訊播報的方法則會以「速率 60-69 公里/小時之發生機率為 37.5%、速率 70-79 公里/小時之發生機率為 50%、速率 80-89 公里/小時之發生機率為 12.5%」方式播報呈現，範例彙整如表 4-13 所示。

此種「速率區間發生機率轉換模式」之概念源自於天氣預報，每日天氣預報都是以預報各地區未來每小時降雨機率進行播報，例如「2021/7/26(一)18:00 西屯區降雨機率為 50%」，本計畫發展之速率區間發生機率預測模式則是以預報各路段不同速率區間發生之機率進行播報，預測模式最終產出的內容就不會以「速率絕對值」的方式呈現，而是以「各速率區間發生之機率值」此種「相對值」的方式對外進行播報呈現。

表 4-13 「不同時段各速率區間發生之機率」播報範例

模式預測結果	預測值坐落區間 (km/hr)	對外播報方式	
		播報速率	播報機率(%)
77km/hr	79-70	69-60	37.5
		79-70	50.0
		89-80	12.5

綜合上述，以下針對機率轉換模式與實際速率區間機率表之建立說明其建構步驟，並繪製流程如圖 4.24 所示。

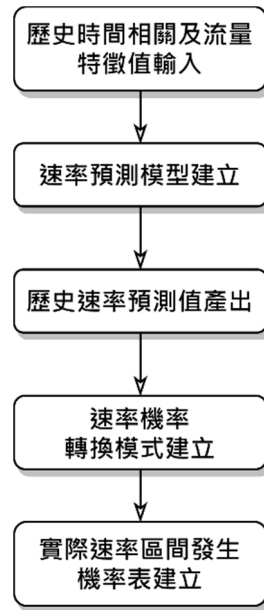


圖 4.24 實際速率區間機率表建立流程

1. 歷史時間相關及流量特徵值輸入並建立速率預測模型

將歷史時間相關(如星期別、時段)及流量、天氣特徵值做為模型輸入值並進行模型訓練後，建立速率預測模型，而本計畫所建構之速率預測模型採用之方法與預測結果如前述章節所列。

2. 歷史速率預測值產出

藉由速率預測模式預測出歷史時間的速率預測值，以本計畫前述所建構之速率預測模式，預測之歷史時間速率預測值包含 2019 年共 52 週每日每小時之速率。

3. 速率機率轉換模式建立

透過上述預測之 52 週歷史速率預測值，與實際之 52 週歷史速率真實值建立速率機率轉換模式。其模式公式如式 4-1：

$$P(V_r|V_p) = \frac{P(V_r \cap V_p)}{P(V_p)} = \frac{n_{pr}}{N_p} \quad (4-1)$$

其中，

V_r ：速率實際值區間(公里/小時)。

V_p ：速率預測值區間(公里/小時)。

n_{pr} ：速率預測值區間為 V_p 且速率實際值區間為 V_r 之次數。

N_p ：速率預測值區間為 V_p 之次數。

4. 速率區間發生機率表建立

藉由上述之機率轉換模式產出速率區間發生機率表，本計畫最後產製之速率區間發生機率表內容為不同速率區間發生機率，如表 4-14 所示，共計有 73 種機率組合。

表 4-14 不同速率區間發生機率轉換結果

資料來源：本計畫彙整

項次	預測值坐落區間 (km/hr)	對外播報方式	
		播報速率	播報機率(%)
1	120-110	120-110	62.93
2		110-100	37.07
3	110-100	110-100	80.49
4		100-90	16.28
5		120-110	2.84
6		90-80	0.22
7		80-70	0.08
8		70-60	0.06
9		50-40	0.03
10	100-90	100-90	79.38
11		110-100	9.73
12		90-80	6.97
13		80-70	2.36
14		70-60	0.94
15		60-50	0.25
16		50-40	0.15
17		40-30	0.15
18		120-110	0.04
19		20-10	0.04
20	90-80	100-90	41.09
21		90-80	29.33
22		80-70	14.55
23		70-60	6.30
24		60-50	2.79
25		110-100	2.55
26		50-40	2.06
27		40-30	0.97
28		30-20	0.36
29	80-70	80-70	32.90
30		90-80	20.04
31		100-90	14.16

項次	預測值坐落區間 (km/hr)	對外播報方式	
		播報速率	播報機率(%)
32		70-60	14.16
33		60-50	10.68
34		50-40	4.58
35		40-30	2.61
36		30-20	0.87
37	70-60	70-60	21.53
38		60-50	20.14
39		50-40	16.67
40		80-70	15.28
41		90-80	11.46
42		40-30	7.99
43		100-90	5.21
44		30-20	1.74
45	60-50	50-40	25.62
46		60-50	20.00
47		70-60	19.38
48		40-30	15.00
49		80-70	11.88
50		90-80	5.00
51		30-20	1.88
52		100-90	1.25
53	49-40	40-30	33.33
54		50-40	25.53
55		60-50	15.60
56		30-20	11.35
57		70-60	9.22
58		20-10	2.84
59		80-70	2.13
60	40-30	40-30	35.16
61		30-20	32.03
62		50-40	23.44
63		60-50	7.03
64		90-80	0.78
65		70-60	0.78
66		20-10	0.78
67	30-20	40-30	35.29
68		30-20	32.35

項次	預測值坐落區間 (km/hr)	對外播報方式	
		播報速率	播報機率(%)
69		20-10	23.53
70		60-50	5.88
71		50-40	2.94
72	20-10	30-20	50
73		50-40	50

4.3.3 以 GVP 為資料源之高快速公路交通量預測模式

本計畫採用之 GVP 資料為勤崙國際科技股份有限公司提供，取高速公路國道一號南下 163-173K 路段為研究對象，涵蓋臺中系統交流道至大雅交流道前；快速道路則取臺 74 線 6.5-12.6K 路段，範圍為南屯二交流道至北屯一交流道前，兩者研究時間皆為 2020/11/1-2021/1/31 共 92 天，其資料整理如表 4-15。

表 4-15 以 GVP 資料速度預測模型建構內容

項目	內容	
預測對象	高速公路	快速道路
研究空間範圍	163-173K	6.5-12.6K
研究時間範圍	2020/11/1-2021/1/31	
資料來源	GVP	
預設模型	速度預測模式	

一、資料蒐集與格式

本計畫使用 GVP 資料共 7 個欄位，包含 Linkid、Date、Fiveminute、LinkSpeedNew、0nt、8nt、9nt，各欄位說明如表 4-16 及圖 4.25 高速公路 GVP 為例原始資料呈現。

表 4-16 GVP 欄位說明

欄位名稱	欄位說明
Linkid	路段代號，例：0000100016300B、0000100016400B 等
Date	日期，格式為 YYYY/MM/DD
Fiveminute	代表一天中第幾個 5 分鐘，從 00:00 開始，值域為 0-287
LinkSpeedNew	以 Linkid 為空間，該路段的平均速率
0nt	一般客車數量
8nt	3.5-6.5 噸卡車數量
9nt	6.5 噸以上卡車數量

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	linkid	date	fiveminute	linkSpeedNew	0Cnt	8Cnt	9Cnt		
2	0000100016300B	2020/11/1	3	117.8173294	34	0	0		
3	0000100016300B	2020/11/1	4	117.8173294	60	0	0		
4	0000100016300B	2020/11/1	5	117.8173294	26	0	0		
5	0000100016300B	2020/11/1	12	116.5037689	83	0	0		
6	0000100016300B	2020/11/1	16	108	44	0	0		
7	0000100016300B	2020/11/1	20	116	42	0	0		
8	0000100016300B	2020/11/1	21	110	87	0	0		
9	0000100016300B	2020/11/1	27	105	44	0	0		
10	0000100016300B	2020/11/1	33	126.3416443	37	0	0		
11	0000100016300B	2020/11/1	35	126.3416443	34	0	0		
12	0000100016300B	2020/11/1	36	119.9823914	14	0	0		
13	0000100016300B	2020/11/1	37	119.9823914	21	0	0		
14	0000100016300B	2020/11/1	39	118.3981171	29	0	0		
15	0000100016300B	2020/11/1	40	106.0852356	12	0	0		
16	0000100016300B	2020/11/1	41	106.0852356	36	0	0		
17	0000100016300B	2020/11/1	50	103.4643402	45	0	0		
18	0000100016300B	2020/11/1	56	97	28	0	0		

資料來源：本計畫產製

圖 4.25 高速公路 GVP 原始資料型態

二、資料預處理

建構速度預測模型前，需先將 GVP 資料做資料前處理，包含資料讀入、資料缺失填補、流量加總、增加時間戳記、轉成時空矩陣、選取訓練資料，流程如圖 4.26，當中使用 R 語言程式撰寫將資料轉換和分析。

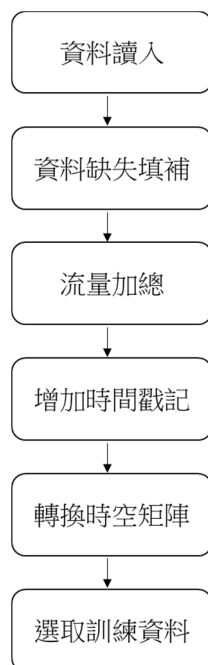


圖 4.26 資料預處理步驟

1. 資料讀入

將 GVP 資料讀入 R 中，高速公路 12 個路段共 317,952 筆、快速道路 13 個路段共 344,448 筆。

2. 資料填補

GVP 資料是依賴偵測車通過時取得資料，因此無偵測車經過或當 GPS 通訊設備異常，該時間段就無歷史資料，表 4-17 為高速公路及快速道路分別缺失歷史資料之數量，共 19,034 筆和 38,789 筆，為使歷史資料完整以利預測更準確，須先將資料缺失部分進行填補，圖 4.27 為填補缺失值之流程。

表 4-17 各月份 GVP 缺失資料個數

資料來源：本計畫彙整

月份	高速公路	快速道路
2020 年 11 月	6,541	13,423
2020 年 12 月	6,884	13,391
2021 年 01 月	5,609	11,975
總共	19,034	38,789

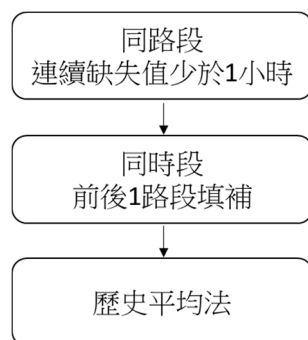


圖 4.27 填補方法順序

(1) 同路段連續 60 分鐘(12 時階)

同個路段在時間前後有連貫性，且短時間內速度並不會有很大差異，因此優先將相同路段前後時間有數值之資料，其速度值和流量值以內插法填補連續缺失少於 1 小時之資料。如表 4-18 所示，路段 0000100017200B 在 11/1 00:35:00 時缺失資料，而前後 00:30 和 00:40 皆有速率，將 $(116+109)/2$ 得到 112.5 填入。又如表 4-19，在 0000100016900B 路段 11/1 01:05 到 01:10，連續 10 分鐘無資料，取前後 5 分鐘 01:15 和 01:20 的平均速率內插後，得到 110.73 和 107.58 填入對應的平均速率。

表 4-18 5 分鐘無資料

資料來源：本計畫彙整

路段	時間	平均速率
0000100017200B	2020/11/1 00:30:00	116
0000100017200B	2020/11/1 00:35:00	NA→112.5
0000100017200B	2020/11/1 00:40:00	109

表 4-19 連續 10 分鐘無資料

資料來源：本計畫彙整

路段	時間	平均速率
0000100016900B	2020/11/1 01:05:00	112.3
0000100016900B	2020/11/1 01:10:00	NA→110.73
0000100016900B	2020/11/1 01:15:00	NA→107.58
0000100016900B	2020/11/1 01:20:00	106

(2) 同時段前後 1 路段取平均

以同時間前後 1 路段值取平均進行填補，如表 4-20 所示。

表 4-20 同段時間前後路段填補

資料來源：本計畫彙整

路段	時間	平均速率
0000100016400B	2020/11/11 00:03:00	137
0000100016500B	2020/11/11 00:03:00	NA→125.1
0000100016610B	2020/11/11 00:03:00	115.5

(3) 取歷史平均法

步驟(1)、(2)完成後，仍存在超過 1 小時皆無資料或附近上下游階無資料，如 0000100016820B 至 0000100017200B 共 5 個路段於 12/23 23:20 長達 2 個小時半無資料，或 11/1 00:05 時國道 12 個路段同時間皆無資料等，因此採用歷史平均法做填補。歷史資料假設同星期且同時段交通具有週期常態性，可利用此假設填補缺失值。表 4-21 以路段 0000100016300B 的 11/01 00:00:00 為例，2020/11/01 是星期日，因此將其他星期日同路段的同時段速率相加得 1,555.8 再除 13 得到 119.68 填入資料中，其他有缺失值如同辦理，得到完整的歷史資料庫。

3. 流量加總

經過資料填補完得到完整資料，將欄位 0nt、8nt、9nt 小客車與卡車數量加總，得到各路段之流量。

4. 時間戳記

時間欄位包含日期和一天的第幾個 5 分鐘，合併成一時間欄位並轉換成時間戳記，將時間欄位和格林威治標準時間的西元 1970 年 1 月 1 日 00:00:00 的時間差轉換成秒為單位，計畫中的時間戳記未調整時差，仍以中原標準時間計算，會多標準時間 28800 秒。例如西元 2020 年 11 月 1 日

00:00:00 的時間戳記為 1604188800。

表 4-21 以歷史平均法進行缺失值填補

資料來源：本計畫彙整

路段	時間	平均速率
0000100016300B	2020/11/01 00:00:00	NA→119.68
0000100016300B	2020/11/08 00:00:00	129
0000100016300B	2020/11/15 00:00:00	116.8
0000100016300B	2020/11/22 00:00:00	114
0000100016300B	2020/11/29 00:00:00	131
0000100016300B	2020/12/06 00:00:00	126
0000100016300B	2020/12/13 00:00:00	116
0000100016300B	2020/12/20 00:00:00	111
0000100016300B	2020/12/27 00:00:00	103
0000100016300B	2021/01/03 00:00:00	110
0000100016300B	2021/01/10 00:00:00	138
0000100016300B	2021/01/17 00:00:00	118
0000100016300B	2021/01/24 00:00:00	132
0000100016300B	2021/01/31 00:00:00	111

5. 轉換成時空矩陣

CNN 模型輸入資料為圖片像素格式，為使 GVP 資料符合 CNN 輸入格式，須將資料改成矩陣模式，以路段代號為縱軸、時間為橫軸製成之時空矩陣，將對應之速度或填入相對應的位置，同列之速度值代表同路段連續 5 分鐘的速度，而同行之速度代表同一時間各路段之速度。產生之部分時空矩陣如圖 4.28 高速公路為例。

	1604188800	1604189100	1604189400		1612136700	1612137000	1612137300
0000100016300B	119.6769	119.0000	115.0615		111	117.3	111
0000100016400B	117.4154	115.2333	114.9308	...	116	117.5	116
0000100016500B	112.3231	111.8000	110.1154		108	112.5	108
0000100017000B	123.3846	117.5154	118.3846		109	124.0	109
0000100017100B	123.3846	117.5154	118.3846	...	109	124.0	109
0000100017200B	112.5077	112.8462	110.8462		126	113.0	126

圖 4.28 高速公路時空矩陣圖

6. 訓練資料

計畫中將 GVP 資料 70%做為訓練資料、30%為測試資料，意指訓練資料為 2020/11/01-2021/01/05、測試資料為 2021/01/06-2021/01/31，原始資料產生訓練資料和測試資料如圖 4.29。

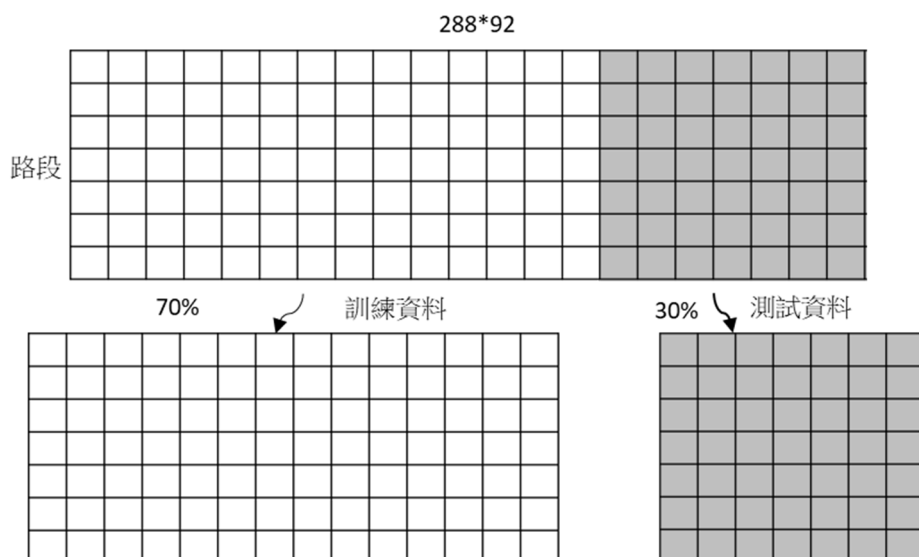


圖 4.29 訓練資料和測試資料拆分

完成後再依照欲拿多長歷史資料預測未來的速率再進行分組。以過去 1 小時預測未來 5 分鐘為例，輸入值(X)為全路段 1 小時(12 個 5 分鐘)，對應值(Y)為之後 5 分鐘的速率，是 X 值的答案，因此一組資料之 X 長度為 12、Y 長度為 1，當第一組資料取完後，向右移一格取第二筆資料，不斷產生 X 和 Y 組直到第 n 筆結束，總共可以產生 $288*92-(12+1)$ 組 X 和 Y，產生 n 組方法之步驟如圖 4.30 至圖 4.32 所示，訓練資料將這 n 組輸入模型訓練，最後再將測試資料放入得到測試結果，產生 CNN 模型過程呈現於圖 4.33。

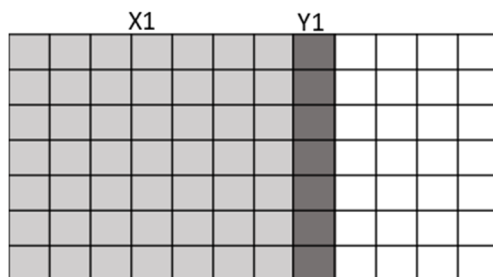


圖 4.30 產生第一筆訓練資料

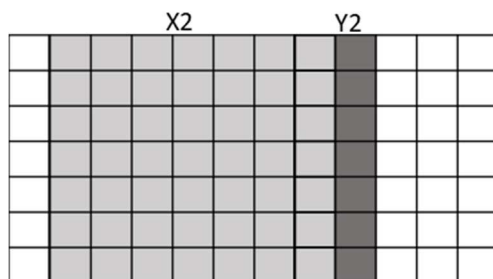


圖 4.31 產生第二筆訓練資料

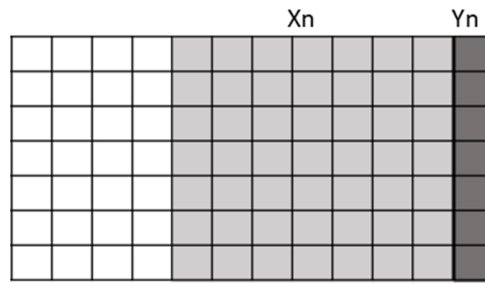


圖 4.32 產生第 n 筆訓練資料

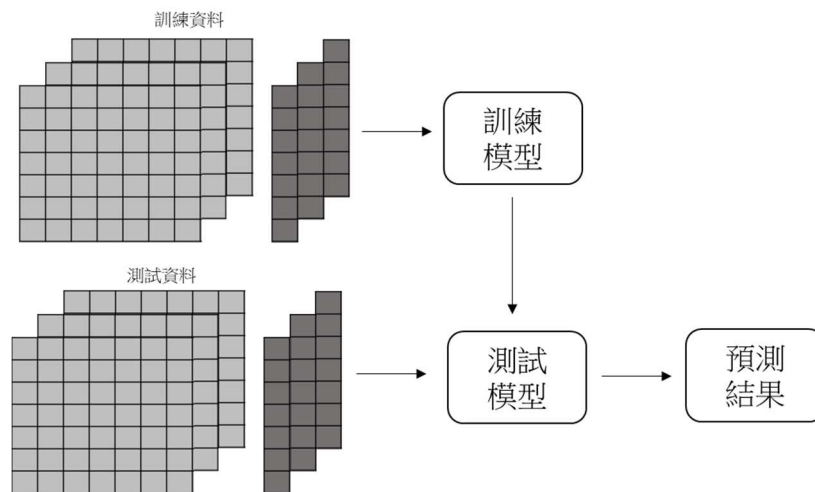


圖 4.33 模型產生步驟

三、路況分析

1. 高速公路

國道南向 163-173K 包含臺中至大雅，利用 11 月、12 月、1 月的資料分析此段之路況，以高速公路最低限速 60 為依據，將各路段平均速率低於 60 之個數製成表 4-22，可發現在路段 0000100016500B、00001000166100B、0000100016700B、0000100017200B 地區，容易發生低速率之情況，為此探討低速大多發生在哪個時段，其中扣除跨年連假造成的車潮。從圖 4.34 可知 17:00 至 19:00，速度低於 60 的資料最多，尤其在 18:00 時六百多筆和 12*92 各時段總數比時，超過一半會發生低速，以小時看速度如圖 4.35，可以發現傍晚尖峰容易造成低速。

2. 快速道路

將快速道路速度低於 60 整理成表 4-23，明顯低速發生於 1007400100930B 路段，為西屯二交流道和國一臺中交流道連接處，容易產生壅塞現象，其餘路段發生低速情形並不多，較國道通暢，圖 4.36 為臺 74

一日車速分布。

表 4-22 高速公路各路段速度低於 60 個數

資料來源：本計畫彙整

路段	速率 0-20	速率 20-40	速率 40-60
0000100016300B	16	477	530
0000100016400B	20	227	629
0000100016500B	137	1,193	442
0000100016610B	71	416	1,623
0000100016700B	71	416	1,623
0000100017900B	79	557	727
0000100016800B	79	557	727
0000100016820B	89	578	882
0000100016900B	64	503	961
0000100017000B	47	1,273	1,167
0000100017100B	47	1,273	1,167
0000100017200B	15	1610	1,905

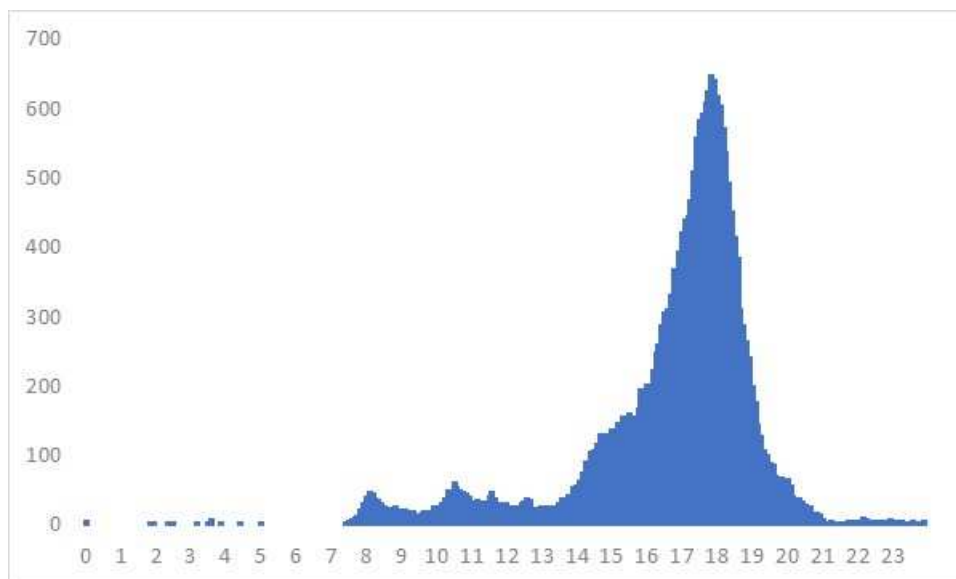


圖 4.34 高速公路各時段速度

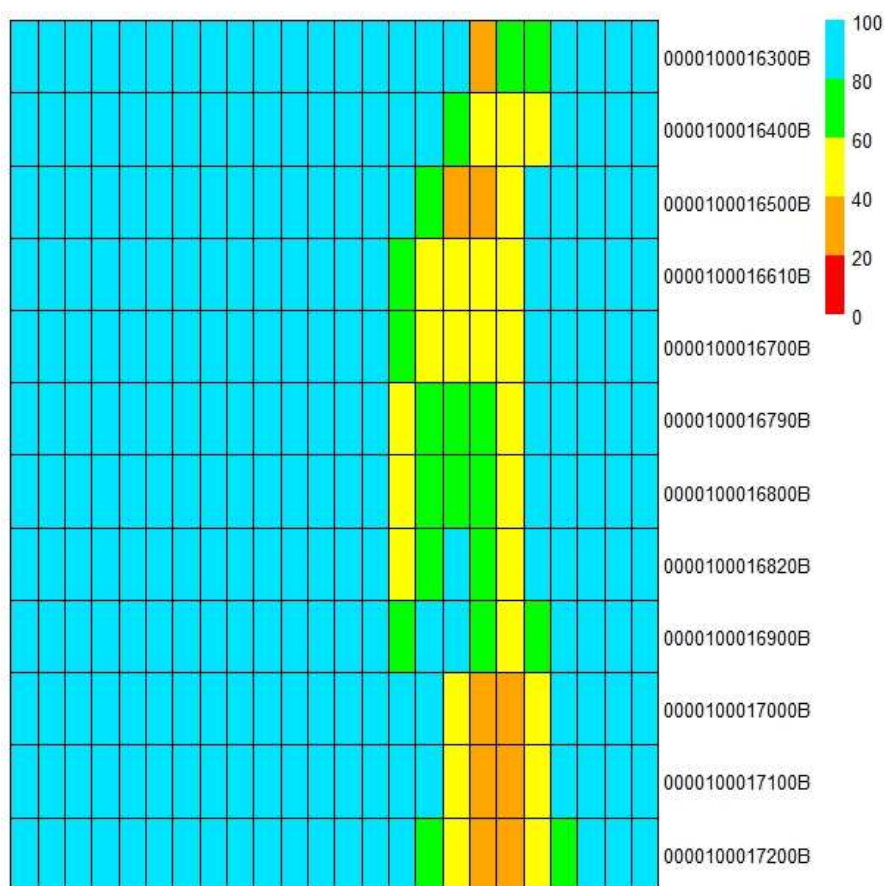


圖 4.35 高速公路單日速度分佈趨勢

表 4-23 快速道路各路段速度低於 60 個數

資料來源：本計畫彙整

路段	速率 0-20	速率 20-40	速率 40-60
1007400100600B	9	46	44
1007400100680B	19	66	23
1007400100700B	19	66	23
1007400100760B	3	715	114
1007400100810B	5	748	106
1007400100820B	15	118	75
1007400100900B	15	118	75
1007400100930B	13	1499	127
1007400101000B	54	670	612
1007400101060B	76	231	338
1007400101100B	76	231	338
1007400101150B	4	222	105
1007400101200B	4	222	105

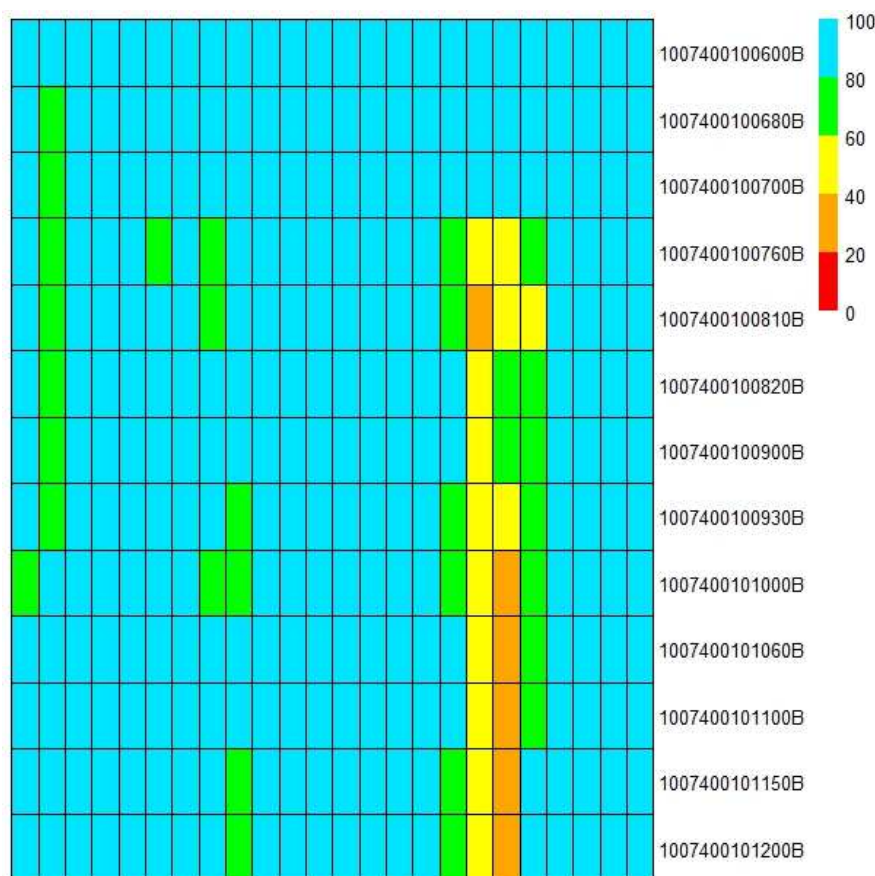


圖 4.36 快速道路單日速度分佈趨勢

四、預測模式建構說明

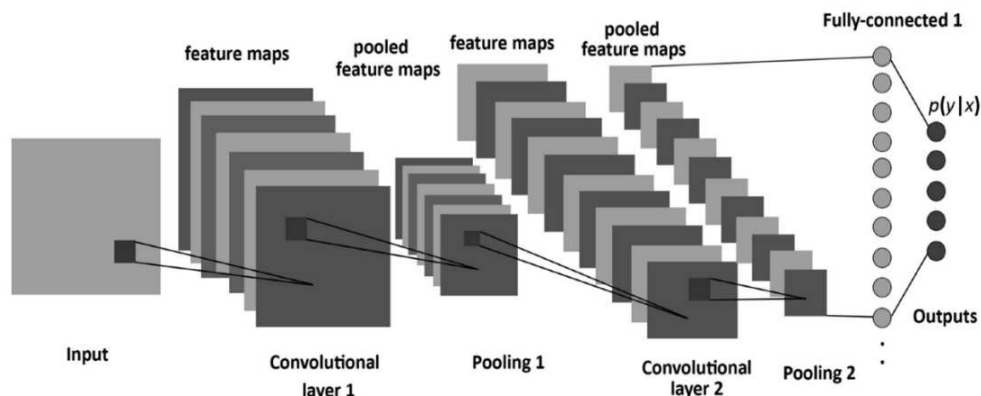
本計畫使用卷積神經網路(Convolutional Neural Networks, CNN)搭配 GVP 資料預測速率，CNN 為卷積層(convolution)、池化層(pooling)與全連接層各不同層數相疊得到輸出值，圖 4.37 為 2 層卷積、2 層池化、1 全連接層之架構。卷積層透過設定大小之過濾器(filter)，與輸入資料計算出每段的特徵值；池化層會將最大值的特徵值挑出來，以達成最接近過濾器的結果；全層接層先池化後影像攤平(flatten)轉成向量，全連接層中各神經元與上層神經元之間彼此相連接，找出資料間的非線性關係，CNN 具有倒傳遞學習機制，會將不斷更新訓練資料中的參數，以達到最優化之模型，模型中加入激活函數和損失函數，說明如下。

1. 激活函數

為使卷積後資料產生非線性關係，加入激活函數，對學習複雜且線性的模型有重要作用。模型中使用的激活函數為線性整流函數(Rectified Linear function, ReLU)，其計算快速，只需判斷值是否大於 0，若小於 0 則等於 0，函數呈現如圖 4.38。

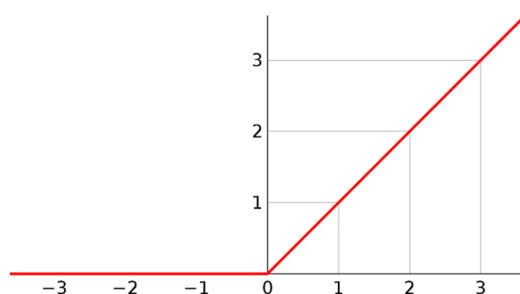
2. 損失函數

損失函數為 CNN 之目標函數，以監督模型結果，倒傳遞將模型優化，最小化預測值和真實值之差別。本計畫損失函數採用均方誤差(mean-square error, MSE)。



資料來源：Albelwi & Mahmood (2017)

圖 4.37 CNN 模型構造圖



資料來源：維基百科(2021)

圖 4.38 ReLU 函數圖

本計畫欲對不同歷史資料長度和不同預測長度，建立以下 4 種測試：(1)歷史資料 1 小時預測未來 5 分鐘、(2)歷史資料 1 小時預測未來 10 分鐘、(3)歷史資料 2 小時預測未來 5 分鐘、(4)歷史資料 2 小時預測未來 10 分鐘。研究參考黃冠維(2018)使用 2 層卷積層、2 層池化、2 層全連階層，以研究中第一種預測為例，以過去 1 小時預測 5 分鐘為例，其模型建構如表 4-24 所示。

以高速公路模型為例結果如表 4-25，以 1 小時預測未來 5 分鐘其 MAE 與 MAPE 最低，用於後續快速道路速度預測。

表 4-26 為高速公路及快速道路各別以 1 小時預測未來 5 分鐘之 MAE 及 MAPE 值，為方便將測試資料明瞭表示，將原本 5 分鐘一筆資料利用加權平均速度以 1 小時 1 筆資料呈現，如表 4-27 所示，此 1 小時之預測速度為 85.6、實際速度為 94.4，再將結果繪製成圖，其中圖 4.39、圖 4.40 為高速公路非壅塞

和較壅塞路段速率預測值與真實值比較；圖 4.41、圖 4.42 為快速道路非壅塞和較壅塞路段速率預測值與真實值比較。

表 4-24 CNN 模型各層維度與參數量

資料來源：本計畫彙整

層	輸出維度	參數量
輸入	(12,12,1)	-
第一層卷積	(10,10,128)	1,280
第一層池化	(5,5,128)	-
第二層卷積	(3,3,64)	73,792
第二層池化	(1,1,64)	-
攤平	64	-
第一層全連接層	64	4,160
第二層全連接層	12	780
總參數：80,012		

表 4-25 高速公路四種情境 CNN 模型預測結果

資料來源：本計畫彙整

種類	MAE	MAPE
1 小時預測未來 5 分鐘	8.08	11.12%
1 小時預測未來 10 分鐘	8.85	12.11%
2 小時預測未來 5 分鐘	8.12	11.51%
2 小時預測未來 10 分鐘	10.46	13.18%

表 4-26 四種情境之 CNN 模型預測結果

資料來源：本計畫彙整

種類	MAE	MAPE
高速公路	8.08	11.12%
快速道路	7.80	9.49%

表 4-27 每 5 分鐘一筆加權平均至 1 小時

資料來源：本計畫彙整

時段	速率預測值	速率實際值	流量
1:00	85.47	91	63
1:05	86.05	95	192
1:10	84.39	87	132
1:15	85.16	79	73
1:20	83.91	108	153
1:25	84.79	101.2	24
1:30	83.73	99	48
1:35	83.89	97.5	66

1:40	84.34	96	84
1:45	84.61	94.5	102
1:50	88.86	93	120
1:55	88.61	91.5	138

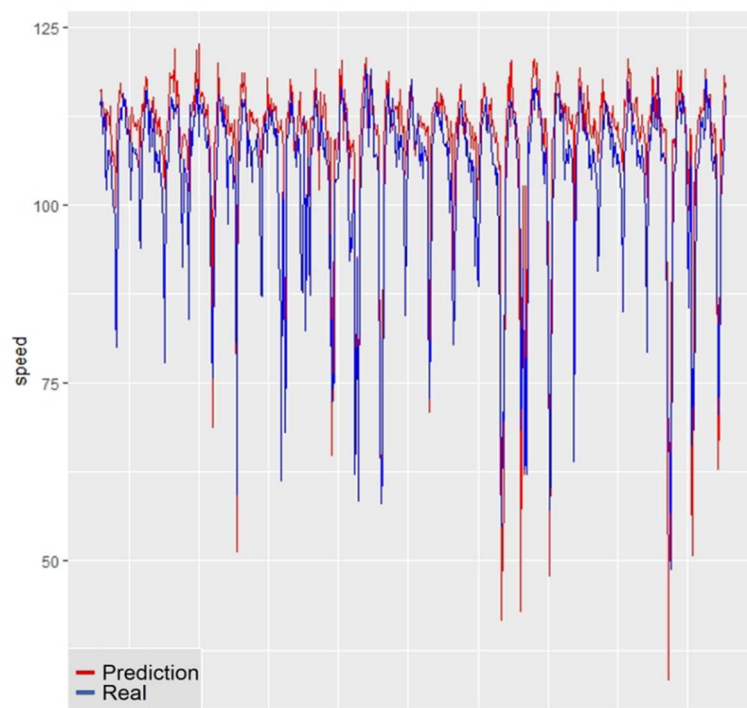


圖 4.39 高速公路非壅塞路段速率預測值與真實值比較

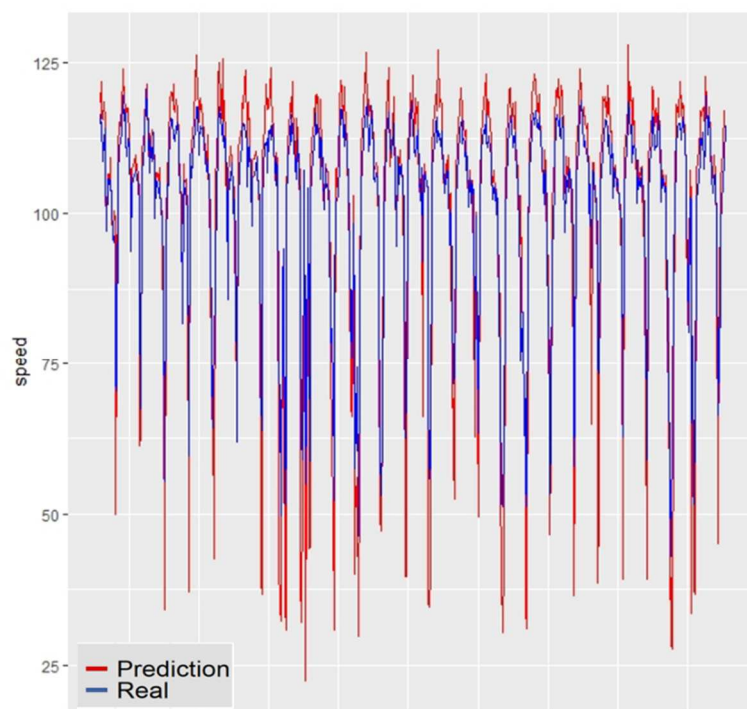


圖 4.40 高速公路壅塞路段速率預測值與真實值比較

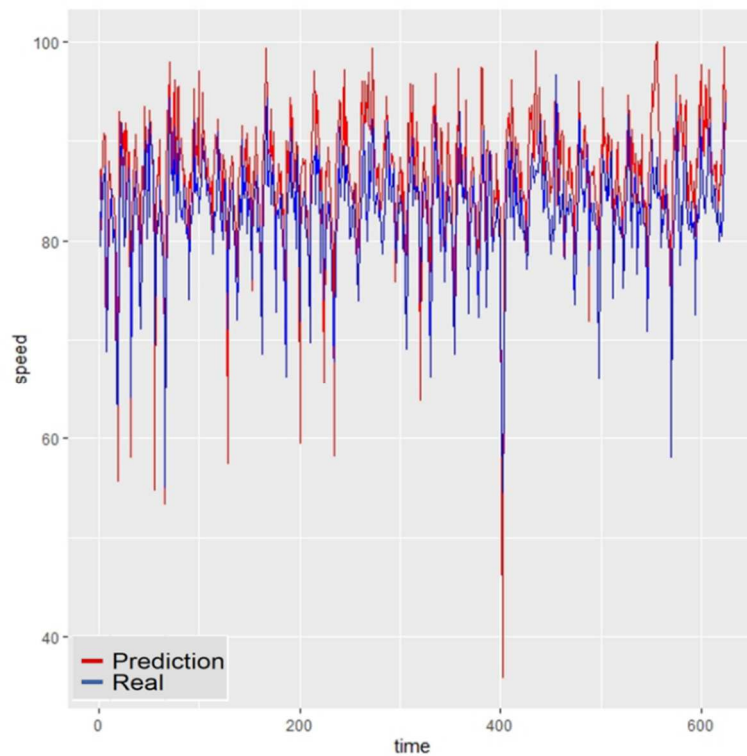


圖 4.41 快速道路非壅塞路段速率預測值與真實值比較

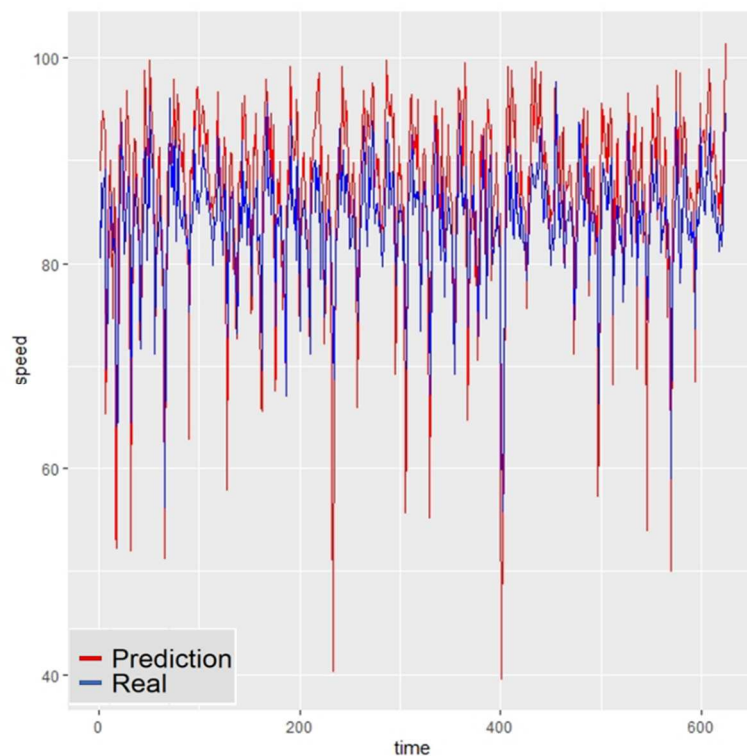


圖 4.42 快速道路壅塞路段速率預測值與真實值比較

綜合前述常態性交通基本參數之預測結果，本計畫以高、快速道路為研究對象，分別以 EVP、GVP 兩種資料源進行流量與速率預測模式。以 EVP 為資料源之高速公路預測模式中使用注意力機制之雙向長短期記憶模式，流量預測之 MAPE 值為 5.4%，屬於高準確預測；速率預測之 MAPE 值為 7.4% 屬於高

準確預測，且由預測值與真實值之比較圖中可明顯看出，該模式能夠有效改善於尖峰時段所產生交通極端值時之預測性能。

另本期計畫考量預測分析模式後續於都市地區道路之適用性及移轉性，因都市地區道路鮮少有建置 eTag 系統，而 VD 設備佈設密度也較不足，快速道路亦無 eTag 系統，因此本期計畫除採用 EVP 資料外，亦採用 GVP 資料做為高快速道路建構模式使用。而以 GVP 為資料源之高速公路預測模式則是使用卷積神經網路模式，其速率預測之 MAPE 值為 11.12%，屬於優良預測；在快速道路預測部分，速率預測之 MAPE 值為 9.49%，屬於高準確預測。

最後再透過本計畫建構之壅塞機率轉換模式，將預測的速率轉換為壅塞發生機率(壅塞之定義為速率 40 公里/小時以下)，以類似天氣預報播報降雨機率的型式(2021/7/26 18:00 西屯區降雨機率為 50%)進行交通資訊播報服務，例如 2021/7/26 18:00 XX 路段之壅塞機率為 50%。

綜合上述，本計畫建議後續可持續利用 BiLSTM-Attention 模式並且以 GVP 做為資料源，探討都市地區道路之適用性，亦或是可以同樣採用 EVP 做為資料源，再針對高速公路進行預測精進探討，例如以區分工作日及週末方式進行預測。

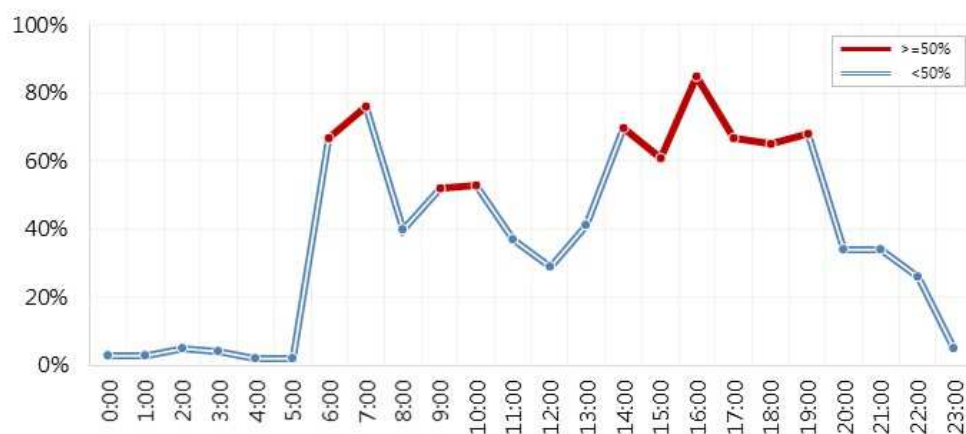
此外，透過深度學習交通速率預測模型與壅塞機率轉換模式之結合，可產出如表 4-28 各路段不同日期、時段、方向之道路壅塞機率，後續可方便交通主管機關進行大規模路況預報之服務應用，透過下拉式選單方式選取目標日期、時間、路段後，呈現目標路段之壅塞機率，如圖 4.43 所示。亦可透過資料加值方式輔以視覺化呈現不同的服務擴展應用，如常態壅塞路段預測告警、特殊節假日或活動壅塞路段預測告警、各級壅塞路段預測排名等。

表 4-28 各路段不同日期、時段、方向之道路壅塞機率之示意範例

發佈時間	日期	星期別	時段	路段名稱	道路方向	壅塞機率
2021/11/1 17:00	11 月 1 日	星期一	17:00	文心路一段	北向	67%
2021/11/2 17:00	11 月 2 日	星期二	17:00	文心路一段	北向	57%
2021/11/3 17:00	11 月 3 日	星期三	17:00	文心路一段	北向	59%
2021/11/4 17:00	11 月 4 日	星期四	17:00	文心路一段	北向	55%
2021/11/2 17:00	11 月 2 日	星期二	17:00	文心路一段	南向	60%
2021/11/3 17:00	11 月 3 日	星期三	17:00	文心路一段	南向	51%
2021/11/4 17:00	11 月 4 日	星期四	17:00	文心路一段	南向	59%
...	...	...	...	...	...	...
2021/11/5 18:00	11 月 5 日	星期五	18:00	文心路四段	西向	75%
2021/11/6 18:00	11 月 6 日	星期六	18:00	文心路四段	西向	51%

發佈時間	日期	星期別	時段	路段名稱	道路方向	壅塞機率
2021/11/7 18:00	11 月 7 日	星期日	18:00	文心路四段	西向	84%
2021/11/1 18:00	11 月 1 日	星期一	18:00	臺灣大道一段	東南向	73%
2021/11/2 18:00	11 月 2 日	星期二	18:00	臺灣大道一段	東南向	62%
2021/11/3 18:00	11 月 3 日	星期三	18:00	臺灣大道一段	東南向	77%
2021/11/4 18:00	11 月 4 日	星期四	18:00	臺灣大道一段	東南向	62%

2021/11/1 〇〇路各時段壅塞機率



資料來源：本計畫產製

圖 4.43 目標路段各時段壅塞機率示意圖

4.4 非常態交通量預測模式構建-以施工事件為例

4.4.1 相關文獻回顧

「施工」會對道路交通產生衝擊，其所引發的交通衝擊則具有可預期性與可控制性(李光益,2010)^[59]。因此，針對道路施工所造成之影響，若能夠事前擬訂管制計畫與方案，便能減少施工所帶來之交通衝擊，且能有助於提升施工區的實施與管理效率。過去於高速公路施工區方面的研究使用各項模擬軟體進行探討，如:Gomes 等人(2004)^[60]使用 VISSIM 建構與校估高速公路模擬模型，該研究透過 PEMS 資料庫蒐集和處理現場數據，與入口匝道和出口匝道的手動調查資料，融合建立複合式數據集，利用 FREQ 巨觀模擬模型估計 OD 矩陣，應用於加利福尼亞州帕薩迪納市 I-210 西端的 15 英里路段，研究結果表示，VISSIM 模擬環境非常適合這種涉及複雜相互作用的高速公路研究，且對駕駛行為參數的修改很少，因此模型能夠重現入口匝道、HOV 車道和混合流量車道的現場測量。

Park 與 Schneeberger(2003)^[61]提出對 VISSIM 模型的校估與驗證過程，該研究以 Lee Jackson 50 號高速公路的真實交通數據為案例，針對 VISSIM 中的

緊急煞車距離(Emergency Stopping Distance)、車道變換距離(Lane-Change Distance)、前車車輛數(Number of Observed Preceding Vehicles)、平均靜止距離(Average Standstill Distance)、擴散前停等時間(Waiting Time Before Diffusion)、最小車頭距(Minimum Headway) 利用線性迴歸方法進行參數校估，並將 VISSIM 中預設值參數，以及校估後 8 種候選參數集與真實數據比較，透過旅行時間、視覺化分析模擬衡量績效結果。研究表示，校估後的參數集 7 符合驗證結果，當緊急煞車距離為 3 公尺、車道變換距離為 175 公尺、前車車輛數為 4 輛、平均靜止距離為 3 公尺、擴散前停等時間為 60 秒、最小車頭距為 2.5 公尺，其旅行時間更為接近真實數據，強調 VISSIM 模型校估的重要性。

Park 與 Qi(2006)^[62]利用過去 VISSIM 模型校估和驗證步驟應用於高速公路施工區路網。該研究以科文頓市(Covington)高速公路施工區路網為例，蒐集流量、速率、旅行時間資料輸入至 VISSIM 模型，進行 100 次模擬得出平均行駛時間為 358 秒，但由於該地區的平均行駛時間為 331 秒，因此研究進一步評估速率、最小車頭距、最大減速度、觀察到的前車數量等參數並進行調整，在調整參數後共有 200 組參數案例，每個案例進行 5 次隨機種子運行，並記錄 1000 次的平均旅行時間，以 ANOVA 檢定評估參數調整結果。研究顯示，駕駛之間的安全距離為重要參數，使用基因演算法(Genetic Algorithm)進行參數校估，得到最佳的參數集，並與 VISSIM 預設參數、最佳猜測參數和與 GA 的參數進行模擬結果比較，發現校估的 VISSIM 模型(GA 的參數集)與現場數據的模擬結果相似，而未校估的 VISSIM 模型(預設參數和最佳猜測參數)則產生較差的結果。

Heaslip 等人(2009)^[63]以 CORSIM 模型預測施工區容量，探討三車道至二車道封閉、三車道至一車道封閉、兩車道至一車道封閉三種案例，並與 HCM 2000 結果與實際數據進行比較。該研究蒐集佛羅里達州 Jacksonville I-95 沿 I-95 北行的高速公路施工區的 15 天晚上尖峰時段數據，包括左側車封閉、右側車道封閉以及雨天狀況，以 5 分鐘時階彙整每天的流量、速率數據做為模型輸入資料，使用平均車隊擴散流量做為分析模型結果的衡量標準，結果顯示，在 T 檢定 95%信心水準下，左側或右側車道的封閉容量措施沒有顯著差異，CORSIM 模型可模擬 1,792 到 2,090 每車道每小時車輛(vehicles per hour per lane, vphpl) 容量範圍，平均為 2,007，HCM 2000 模型可模擬 1,780 到 2,060 每車道每小時車輛的容量範圍，平均為 1,860 vphpl 與 CORSIM 模型結果輸出結果差異小，並實際數據比較，調整後的容量為 4,060 輛汽車/小時，與現場實際容量為 4,013 輛汽車/小時(2,007 vphpl)估計值相差 47 輛汽車/小時，差距

1.17%，能夠提供合理的容量估計方法。

Miller(2009)^[64]針對喬治亞州科布城市的 Cobb Parkway VISSIM 模型，探討 VISSIM 參數校估之研究，該研究在模型選擇中以兩種不同流量情境模擬，分別為使用晨峰時段之 100%之流量數據，以及減少 25%流量之數據(為 75%)的狀況，並透過基因演算法對 VISSIM 參數進行校估，將 23 個參數組配成 1000 隨機參數值做為兩種流量模型之輸入，選擇旅行時間為模型評估標準，結果表示，影響最大的參數為最小車頭距(minimum headway)、安全距離減少係數(safety distance reduction factor)和變換車道距離(lane change distance)，且只有少數參數讓模擬的旅行時間超過 10%。

FHWA(2009)^[65]介紹使用施工區分析建模與模擬軟體工具，以協助施工人員與政府單位有效運用分析工具，探討施工區可能波及之影響，採取適當決策計畫。其中包括公路容量軟體(Highway Capacity Software,HCS)、臨界車道流量分析(Critical Lane Volume Analysis,CLV)、Synchro、QuickZone、VISSIM、CORSIM 六種分析軟體為主要應用工具。公路容量軟體(Highway Capacity Software,HCS)透過模擬每個階段的施工區設置，產出預期之旅行時間以判定服務水準(Level of Service,LOS)，臨界車道流量分析(Critical Lane Volume Analysis,CLV)用於分析路口服務水準與號誌路口擁擠程度，Synchro 為號誌最佳化分析工具，協助瞭解施工區對路口的影響，以服務水準及延滯標準估計，QuickZone 可獲取施工區車隊停等長度與施工延滯時間資訊進行應用，VISSIM 能透過路網建立，針對研究路段建模以模擬實際道路情況，且能在不同場景下運行測試模擬，以及可調整相關參數值，觀察不同情境下之各項評估指標，CORSIM 透過建模，可模擬號誌化路網以最大和平均車隊停等長度和服務水準，提供延滯的估計值。

Batson 等人(2009)^[66]欲預測阿拉巴馬州(Alabama Department of Transportation,ALDOT)高速公路施工區是否會形成車隊，使用奧克拉荷馬運輸部門(Oklahoma Department of Transportation,OKDOT))所建立之「車道租賃模型」(Lane Rental Model)，該模型以 EXCEL 基礎建立與 HCM 2000、HCM 2000 Hybrid 兩種模型進行比較，該研究採用 OKDOT 所建立之模型做為基準模型，其小客車當量(Passenger Car Equivalent, PCE)參數換算設定為 2.0，HCM 2000 模型和 HCM 2000 Hybrid 則是以 HCM 2000 的施工區車道容量模型所建立，不同處在於 HCM 2000 模型規定每小時每車道車輛數為-160 至+160 的施工區強度，HCM 2000 Hybrid 規定-每小時每車道車輛數 500 到 0 的施工區強度，透過(Sarasua, et al. 2006)蒐集南卡羅來納州 35 個高速公路施工區車道容量和形成

車隊特徵數據，扣除異常施工區數據，取得 32 個施工區數據做為模型測試資料，預測最大車隊長度(Maximum QueueLength ,MQL)和車隊形成時間(Queue Start Time ,QST)，結果表示 HCM 2000 Hybrid 模型優於其它模型，進行後續參數分析探討發現，當 PCE 值設定在 2.0 至 2.5 的範圍之間，以 PCE 設為 2.1 時誤差最小結果最為優良。

薛博元(2011)^[67]提出以巨觀車流模式與回饋控制邏輯為基礎的主線可變速率控制與匝道儀控最佳化協控模式。該研究透過 VISSIM 軟體建模，選擇國道五號北上雪山隧道至頭城交流道路段為研究對象，蒐集民國 98 年 5 月 29 日至 5 月 30 日之車輛偵測器(VD)與閉路電視攝影機(CCTV)資料進行分析，此研究不考量下匝道部分，模擬時間為下午 13 時 30 分至 16 時整，共 2 小時 30 分，前 30 分鐘為路網暖機時間，後 2 小時為模擬時間。參數調整部分，該研究參考本所研究(2008)調整車輛最小停等間距(Standstill Distance)為 2.82 m、安全間距參數(Headway Time)根據蘇士濱(2009)^[68]與盧彥璵(2010)^[69]之研究，分成初入隧道與隧道內部兩種路段，其安全間距參數經調查為初入隧道 4.06 秒，隧道內部 3.07 秒、進入跟車行為門檻(Threshold for Entering)參酌本所研究(2008)為 6 秒，以流量及平均速率做為驗證指標，其結果表明，路網驗證結果在流量部分其誤差均在 15%以內，而速率部分誤差均在 10%以內，表示模擬路網能模擬出實際車流由非壅塞陷入壅塞的情況，具有相當的描述能力。

鄒政修(2012)^[70]為建立高速公路連鎖式匝道儀控最佳化模型，以 VISSIM 軟體建構國道一號桃園都會區北上路段，該研究僅考慮主線與入口匝道匯入車流，蒐集 2011 年 1 月 3 日至 1 月 30 日國道一號主線上每分鐘各偵測器之交通資料，並使用統計檢定的方法，檢定壅塞發生地點所屬的壅塞路段與其相鄰路段是否具有相關性。於模式建構過程中，取 1 月 19 日的偵測器資料進行參數校估，1 月 25 日針對國道一號路段(大範圍)、26 日針對桃園交流道(小範圍)的偵測器資料做為驗證的資料，結果顯示，1 月 26 日上午尖峰時段 7:00 至 8:00 做為車流推進與密度驗證驗 MAPE 值都落在 35%以內，1 月 25 日 10:00~11:00 點國道一號桃園都會區北上路段驗證 MAPE 值大部分落在 50%以內，在 41 號格位至 48 號格位預測不準，但若取推進前 5 分鐘的密度進行 MAPE 值評估其 MAPE 值均能控制在 35%以內。

于仁杰等人(2013)^[71]探討車速降幅與衝突率之關係，使用 VISSIM 模擬一條無坡度和彎道的雙向四車道高速公路，封閉最外車道(單向兩車道封閉一車道)為例，該研究將施工控制區劃分五大區段，於前置警示區與前漸變區內設立

減速點，使車輛進入工區時能緩慢減速，藉此提高工區行車安全，並選取 1,000 veh/h 和 1,500 veh/h 兩組交通量，與 120km/h~40km/h、120km/h~50km/h、120km/h~60km/h、120km/h~70km/h、120km/h~80km/h、120km/h~90km/h、120km/h~100km/h 七種車速降幅試驗方案，模擬 2,700 秒(包括暖身時間 900 秒，1,800 秒實際選用之模擬數據)，透過衝突率做為安全評估指標，衝突率計算方式為 $R=E/L$ (R 定義為每單位長度上的衝突數， E 表示衝突數， L 為模擬路段長度)，結果表示，交通量分別為 1,000 veh/h 與 1,500 veh/h 條件下，前置警示區內衝突率與車速降幅關係曲線存在相似性。

Edara 等人(2015)^[72]，使用微觀模擬軟體 VISSIM 與巨觀模擬軟體 QuickZone，針對密蘇里州高速公路三車道封閉一車道的 I-44 長期施工區與 I-70 臨時施工區，進行旅行時間、車隊長度、延滯和容量的校估與驗證研究。該研究透過迴歸模型計算候選參數，藉此提高 VISSIM 校估和驗證的有效性，並且測試旅行時間和容量的參數敏感度，發現 VISSIM 駕駛行為參數 CC1(車間距) 和 CC2(跟車變動間距) 對旅行時間都有顯著的正面影響，而 CC7(跟車過程中後車的實際加速度) 對旅行時間有中等的負面影響，且 CC1(車間距)、CC2(跟車變動間距) 和 SRF(安全距離減少係數) 對容量有負面影響。此外，對於 QuickZone 校估，選擇容量的輸入值做為校估參數，並以每小時延滯和車隊長度做為有效性指標，結果表示 VISSIM 在兩個案例研究中的表現優於 QuickZone，且比較延滯誤差結果 VISSIM 的 MAE 值 I-44 為 0.13、I-70 為 0.71；MSE 值 I-44 為 0.13、I-70 為 0.43 和 MAPE 值 I-44 為 4.16%、I-70 為 11.35%於結果都低於 QuickZone。

Edara 等人(2017)^[73]探討高速公路移動施工區對交通所產生的影響，透過蒐集密西根交通部匝道導引電子警報(e-alerts)資料、區域綜合運輸資訊系統(Regional Integrated Transportation Information System, RITIS)中之旅行時間數據與流量數據、以及安裝在移動施工區車載式緩衝裝置背面攝像機錄製之影像數據，將工區路段與數據以 5 分鐘進行彙整配對(matched)，利用上、下游、工區路段之歷史速率資料(沒有工區時)與有移動施工區時速率資料進行分析，發現在相同流量路段當有工區時的速度相比歷史數據低，使用 Mann-Whitney-Wilcoxon (MWW)檢定， H_0 :假設移動工區和歷史數據的分佈相同， H_1 :假設是工區速度低於歷史速度，該研究之檢定結果為拒絕 H_0 ，表明工區速度低於第一上游路段、移動工區路段和第一下游路段的歷史數據，此外，建立迴歸模式預測工區速度，自變數(independent variables)包括限速 (SpL)、歷史速度 (HiSp)、車道數量 (NoL)、路段交通流量(Vol)、持續時間(Dur)、移動施工區位

置(LR,左 = 0、右 = 1)，結果表示， R^2 為 0.482，將透過預測移動施工區速度，做為 VISSIM 模擬輸入值，該研究同時調整汽車駕駛行為參數和變換車道參數，以校估模型，共有 45696 個參數組合，從中找出 85 個不同參數的組合，共進行 123 次試驗(38 個單獨參數值和 85 個組合)，並得到校估的最佳參數集，參數校估採用(Kolmogorov-Smirnov,KS) KS 檢定， H_0 :兩個樣本來自相同的分佈、 H_1 :兩個樣本來自不同的分佈，結果表明，經過校估的參數 p 值大於 0.05 代表兩個樣本是來自相同分布，研究最後模擬一輛工作車輛在三車道的高速公路的外側車道上，以每小時 10.6 英里(約 17 公里)的速度行駛代表移動施工區，模擬持續共 204 分鐘，包括 24 分鐘試驗(warm-up)，60 分鐘沒有移動施工區，60 分鐘有移動施工區，以及退出工區後 60 分鐘三個階段，結果表明當流量於 1400 車輛/小時/車道 以下時，移動施工區不會對旅行時間、延滯或停等產生不利影響，但當流量增加為 1400 小時和 1800 車輛/小時/車道，總延滯時間從增加 66.5 小時和 393.4 小時，總停等車輛分別增加 1697 和 36058 部車，因此建議交通單位流量低於 1400 車輛/小時/車道，最佳是在 1000 車輛/小時/車道以下時，持續一小時或更久的移動工作活動能夠對交通影響達到最小，當流量接近 1800 車輛/小時/車道時，即使 30 分鐘的工區活動也會產生 3.2 英里(約 5 公里)的等候長度，並將持續時間縮短，以避免重大的負面安全影響。

Saha 與 Sisiopiku(2020)^[74]研究靜態延遲併入與靜態早期併入兩種臨時交通控制策略(Temporary Traffic Control ,TTC)對 3 車道至 1 車道封閉施工區的交通影響，以為研究路段阿拉巴馬州伯明罕 I-65 路段，蒐集阿拉巴馬州交通部(The Alabama Department of Transportation)提供之交通數據，並以 VISSIM 模擬由 3 車道至到 1 車道封閉施工區，透過基準模型與靜態延遲併入與靜態早期併入模型比較長期施工區(24 小時)、短期施工區(尖峰期間)、短期施工區(非尖峰期間)，採用交通密度、速率做為評估指標，結果顯示，當於需求較低的時間段，任何類型的交通控制配置下，3 車道至 1 車道封閉都是可行的，在晨峰期間的短期施工區域，當飽和度低於 1 時，使用靜態延遲合併略優於靜態早期合併策略，但在過飽和的情況下，這兩種類型的合併控制都未能滿足需求，因此建議避免 3 車道至 1 車道封閉於長期施工區，應考慮短期封閉最好於非尖峰期，以減少對交通運作的影響。

綜合上述，施工相關文獻瞭解過去研究針對施工預測多以模擬方式進行探討，而運用之模擬軟體包括，VISSIM、CORSIM、QuickZone、以 EXCEL 為基礎之車道租賃模型，其中最為廣泛使用之模擬軟體為 VISSIM，在模型建構與參數設定部分能夠讓使用者方便輸入設定之外，且能夠每秒輸出資料，迅速分

析旅行時間、速率、停等車隊長度等績效之影響結果。因此，本計畫參酌過去研究經驗，運用微觀模擬軟體 VISSIM 建構高速公路施工區模式與其評估指標項目，同時參考美國 MUTCD^[75]、交通工程規範^[76]針對高速公路施工區佈設之管制範圍及相關設置規定，執行施工區建模，文獻回顧彙整如表 4-29 所示，本計畫後續採用 VISSIM 模擬軟體，並以速率為評估指標。

表 4-29 施工影響交通預測相關文獻回顧綜整

作者	模擬範圍	模擬軟體	評估指標	研究價值
Park&Schneeberger (2003)	Lee Jackson 50 號高速公路	VISSIM	旅行時間	利用線性迴歸方法校估 VISSIM 參數。
Gomes 等人 (2004)	利福尼亞州帕薩迪納市 I-210 路段	VISSIM	車隊停等長度	模型能夠重現入口匝道、HOV 車道和混合流量車道的現場測量。
Park&Qi (2006)	科文頓市高速公路	VISSIM	速率 旅行時間	使用基因演算法進行參數校估。
Batson 等人 (2009)	南卡羅來納州高速公路	以 EXCEL 為基礎之車道租賃模型	最大車隊長度 車隊形成時間	調整 PCE 參數範圍找出最佳之模式參數集。
Heaslip 等人 (2009)	佛羅里達州 Jacksonville I-95 北行路段	CORSIM	平均車隊擴散 流量	模擬結果與實際數據相差 47 輛汽車/小時，差距 1.17%。
Miller(2009)	喬治亞州科布城市	VISSIM	旅行時間	透過基因演算法對最小車頭距、安全距離減少係數、變換車道距離進行校估。
薛博元 (2011)	國道五號北上雪山隧道至頭城交流道路段	VISSIM	流量 平均速率	模式驗證流量 MAPE 均在 15%以內、速率 MAPE 均在 10%以內。
鄒政修 (2012)	國道一號桃園都會區北上路段	VISSIM	密度	模式證驗 MAPE 值皆落在 35%以內。
于仁杰等人 (2013)	無坡度和彎道的雙向四車道高速公路	VISSIM	衝突率	以 1,000 veh/h 和 1,500 veh/h 兩組交通量情境評估七種車速降幅試驗方案。
Edara 等人 (2015)	密蘇里州高速公路	VISSIM QuickZone	旅行時間、車隊長度、延滯、容量	透過迴歸模型計算候選參數，藉此提高 VISSIM 校估和驗證的有效性。
Edara 等人 (2017)	密西根高速公路移動施工區	VISSIM	速率、總延滯、旅行時間、平均延滯、車隊停等長度、總停等車輛數	整合即時交通路況數據，建立迴歸預測模型，預測移動工區速進行模擬。
Saha & Sisiopiku(2020)	阿拉巴馬州高速公路伯明罕 I-65 路段	VISSIM	密度 速率	考量靜態延遲併入與靜態早期併入對工區封閉車道之影響。

4.4.2 預測模式構建

為建構高速公路施工模式，本計畫蒐集高工局事前發佈之計畫性施工資訊以及交通參數資料，以 VISSIM 建立非施工情境交通模擬模式，將建構完畢之非施工情境交通模擬模式進行驗證，若模式驗證結果良好，將參透過計畫性施工資料，案例建立施工情境交通模擬模式，並進行二次驗證，確保施工情境模式能夠符合實際現況，施工情境交通模擬模式驗證完畢後，將透過田口法執行交通模擬實驗設計，以調整不同控制因子參數，輸出旅行時間、速率、車隊停等長度績效表，做為後續研究加值服務應用，流程如圖 4.44 所示。

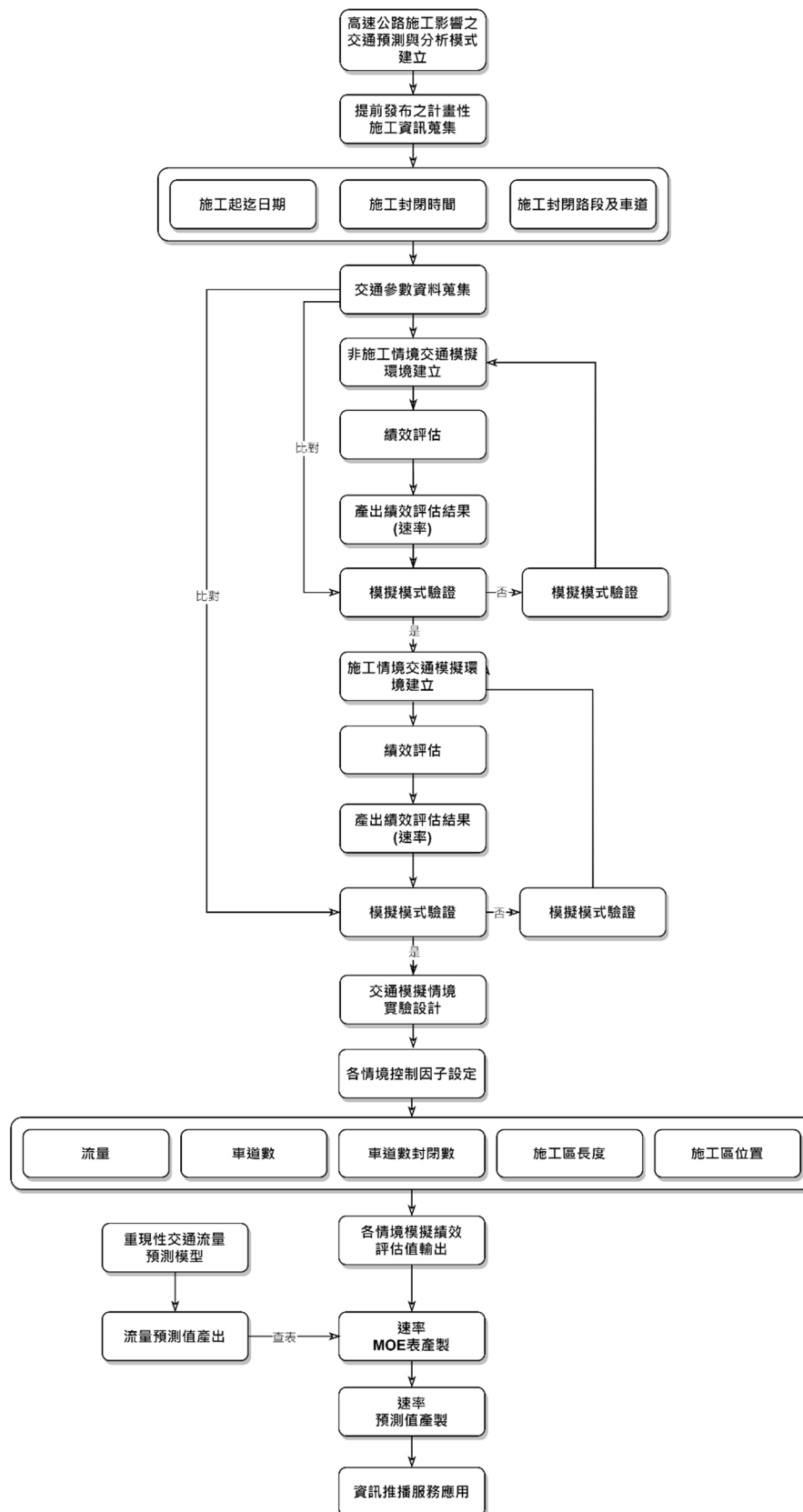
一、資料蒐集

1. 提前發佈之計畫性施工資訊

為建構高速公路施工區預測模式，蒐集交通部高速公路局道路封閉資訊，包括：施工起迄日期、施工封閉時間、施工封閉路段及車道，做為施工模擬情境建模案例，因此本計畫所選擇施工情境為 109 年 8 月 13 日(13 時至 18 時)，封閉國道三號主線通霄至苑裡北上路段，車道封閉數為兩車道，工區範圍落於 146.7K~146.4K 內側 1、2 車道，並於施工期間開放第 3 車道與外路肩，說明資訊如圖 4.45、圖 4.46 所示。

2. 交通參數資料蒐集

本計畫建構高速公路施工區預測模式，蒐集高工局交通資料庫中 M05A 資料，包括 TimeInterval、GantryFrom、GantryTo、VehicleType、SpaceMeanSpeed 及 Volume 共 6 個欄位名稱，該資料以每 5 分鐘彙整為一個檔案，圖 4.47 為原始資料型態。本研究蒐集 109 年 8 月 11 日與 109 年 8 月 13 日，以 109 年 8 月 11 日做為非施工情境交通資料，109 年 8 月 13 日做為施工情境交通資料，兩天共 576 個檔案，資料筆數共 1,200,960 筆。



資料來源：本計畫繪製

圖 4.44 施工影響預測模式建構流程

道路封閉資訊	
施工日期	109-08-13(四)13:00~109-08-13(四)18:00
封閉時間	連續13:00~18:00
封閉路段	 主線：國道三號北向從通霄交流道到苑裡交流道 車道封閉數：2車道封閉以上 說明：國道3號北上146k+700~146k+400，內1、2車道
工程名稱及施工內容	大甲段轄區路面維護工程，瀝青混凝土路面刨鋪施工
督導單位及電話	施工單位：高速公路局中區養護工程分局大甲工務段 聯絡人：簡書安段長 聯絡電話：0918-543235
監造單位及電話	監造單位：集慶土木技師事務所大甲監造事務所 監造經理：蔡守豐 聯絡電話：0930-170908
廠商名稱及電話	施工單位：華星營造有限公司 聯絡人：陳金福 聯絡電話：0975127503

資料來源：交通部高速公路局

圖 4.45 道路封閉資訊(1)

國道 3 號北上 146k+700~146k+400 路面緊急搶修施工，施工期間敬請小心駕駛	
高公局中區養護工程分局表示，今日(8 月 13 日)因於國道 3 號北上 146k+400 發生交通事故，導致瀝青混凝土產生嚴重剝脫損壞現象，為改善路面損壞並提供用路人行車舒適性及安全性，故今日(8 月 13 日)13 時至 18 時封閉國道 3 號北上 146k+700~146k+400 內 1、2 車道進行瀝青混凝土路面刨鋪施工，施工期間開放第 3 車道及外路肩供用路人駛行，請用路人行經該	

資料來源：交通部高速公路局

圖 4.46 道路封閉資訊(2)

	A	B	C	D	E	F
1	2020/8/13 00:00	01F0017N	01F0005N	31	90	30
2	2020/8/13 00:00	01F0017N	01F0005N	32	86	5
3	2020/8/13 00:00	01F0017N	01F0005N	41	90	2
4	2020/8/13 00:00	01F0017N	01F0005N	42	0	0
5	2020/8/13 00:00	01F0017N	01F0005N	5	0	0
6	2020/8/13 00:00	01F0029N	01F0017N	31	93	38
7	2020/8/13 00:00	01F0029N	01F0017N	32	91	8
8	2020/8/13 00:00	01F0029N	01F0017N	41	90	2
9	2020/8/13 00:00	01F0029N	01F0017N	42	0	0
10	2020/8/13 00:00	01F0029N	01F0017N	5	0	0
11	2020/8/13 00:00	01F0005S	01F0017S	31	90	32
12	2020/8/13 00:00	01F0005S	01F0017S	32	86	3
13	2020/8/13 00:00	01F0005S	01F0017S	41	3	1

資料來源：高速公路局 M05A 開放資料

圖 4.47 M05A 原始資料型態

3. 資料預處理

資料下載完成後則進入資料預處理階段，共分為五個步驟，分別為開啟資料、合併資料、篩選資料、計算加權平均速旅與總流量、資料聚合，最後

產出資料集做為模式輸入應用，過程如圖 4.48 所示，下方就各步驟進行說明。



圖 4.48 資料預處理過程資料預處理流程

(1) 開啟資料

利用 EXCEL 開啟先前蒐集之 M05A 資料，資料共 576 個檔案，資料筆數為 1,200,960 筆。

(2) 合併資料

透過 Power Query 合併 576 個檔案，匯出成兩份檔案，分別為 109 年 8 月 11 日與 109 年 8 月 13 日，輸出至 EXCEL，檔案資料筆數各別為 600,480 筆。

(3) 篩選資料

接著進行資料篩選，將檔案針對施工情境範圍 03F1485N~03F1395N(苑裡-西湖服務區)範圍進行採樣，資訊如表 4-30 所示，109 年 8 月 11 日與 109 年 8 月 13 日資料筆數共 2,880 筆。

表 4-30 資料篩選範圍

位置	偵測站編號	偵測站收費區間名稱	方向
上游偵測站	03F1485N	苑裡-通霄	N
下游偵測站	03F1395N	通霄-西湖服務區	N

(4) 計算加權平均速率與總流量

將每 5 分鐘車流量加總，計算車種加權平均速率，使每 5 分鐘對應一筆平均速率與總車輛數，109 年 8 月 11 日與 109 年 8 月 13 日資料共計 576 筆資料。

(5) 資料聚合

透過上述資料處理步驟，最後將資料時間轉換為 1 小時一筆之型態，即每個 5 分鐘資料，1 小時共 12 筆，如圖 4.49 所示，資料筆數共為 576 筆，轉換為 1 小時速率與總流量後，計算各時段模式輸入之車種比例與速率，如表 4-31 參數資料彙整範例，車種比例值做為 VISSIM 模式建構輸入使用，平均速率值做為模式驗證使用。

A	B	C	D	E
時段	上游	下游	平均速率	流量
2020/8/13 13:00	03F1485N	03F1395N	105.61	1456
2020/8/13 14:00	03F1485N	03F1395N	89.5	1632
2020/8/13 15:00	03F1485N	03F1395N	52.9	1901
2020/8/13 16:00	03F1485N	03F1395N	58.57	2158
2020/8/13 17:00	03F1485N	03F1395N	104.2	2158

圖 4.49 每 1 小時一筆資料

表 4-31 參數資料彙整範例

資料來源：本計畫彙整

時間	流量(EVP 資料)					平均 速率
	總流量	小車	比例	大車	比例	
13:00~14:00	1,456	1,167	0.8	289	0.2	105.61
14:00~15:00	1,632	1,315	0.8	317	0.2	89.50
15:00~16:00	1,901	1,585	0.8	316	0.2	52.90
16:00~17:00	2,158	1,891	0.9	267	0.1	58.57
17:00~18:00	2,158	1,883	0.9	275	0.1	104.20

二、分析情境假設限制

為建構高速公路施工區預測模式，經由上述之資料預處理過程產出 109 年 8 月 11 日與 109 年 8 月 13 日之總流量、車種比例數據做為 VISSIM 輸入模擬值。本計畫選擇國道三號苑裡至通霄北上路段，建立施工情境交通模擬環境，其施工範圍為 146.7K~146.4K 主線，封閉主線內側 1、2 車道，工區開放第三車道與路肩行駛，施工期間為 109 年 8 月 13 日下午 13:00 至 18:00。因此，建構施工情境交通模擬環境前，事先建構非施工情境交通模擬環境，針對非施工情境執行模式驗證，若表現不好則返回調整模擬參數，若表現良好則透過此模式調整為施工區情境模式，當施工情境交通模擬環境建立完成後，同樣針對施工情境執行模式驗證，以二次驗證方式，確保施工情境能符合實際結果，而通

過驗證之施工情境交通模擬環境模式，方得執行後續交通情境實驗設計步驟，模式驗證流程如圖 4.50 所示。

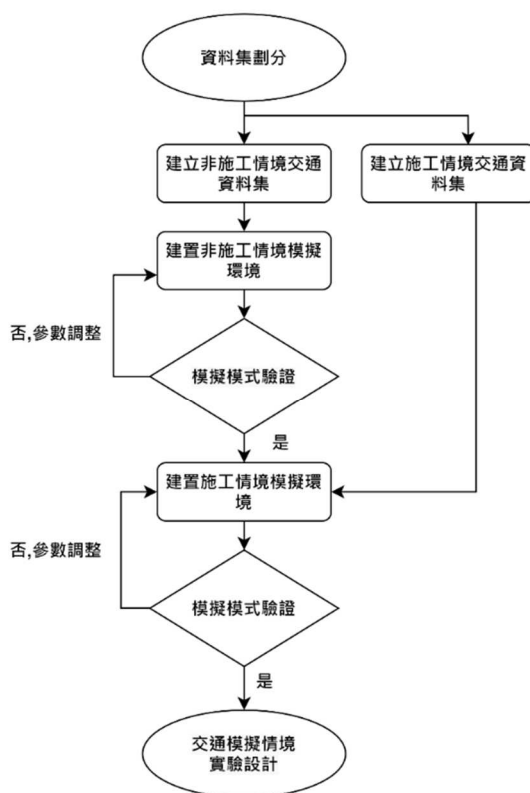


圖 4.50 模式驗證流程

1. 非施工情境交通模擬環境建立

本計畫以 VISSIM 微觀模擬軟體，建立非施工情境模擬預測模式，並以六大過程進行非施工情境模式建構，如圖 4.51 所示，透過 Links 建立非施工情境路段，當中包括車道數、車道寬、車種禁行、道路型態設定，設定車種比例(Vehicle Compositions)，利用事前蒐集之交通參數資料，輸入各時段總流量(Vehicle Input)，設定模擬速限(Desired Speed)、模擬時間(Simulation Seconds)，以及於模擬環境中佈設偵測器蒐集模擬路段速率(Vehicle Travel Times)以產製模擬資料集，建立過程說明如下。

(1) 以 Links 功能建立非施工情境路段

透過 Links 功能建立非施工情境路段，建模總長度為 9 公里，設定之道路型態為高速公路；車道寬為 3.75m、路肩為 3 m；車道數為四車道(三車道加路肩)；車種禁行條件，圖 4.52 中 10 代表小型車、20 代表大型車，設定路肩禁行、大型車內側禁行。

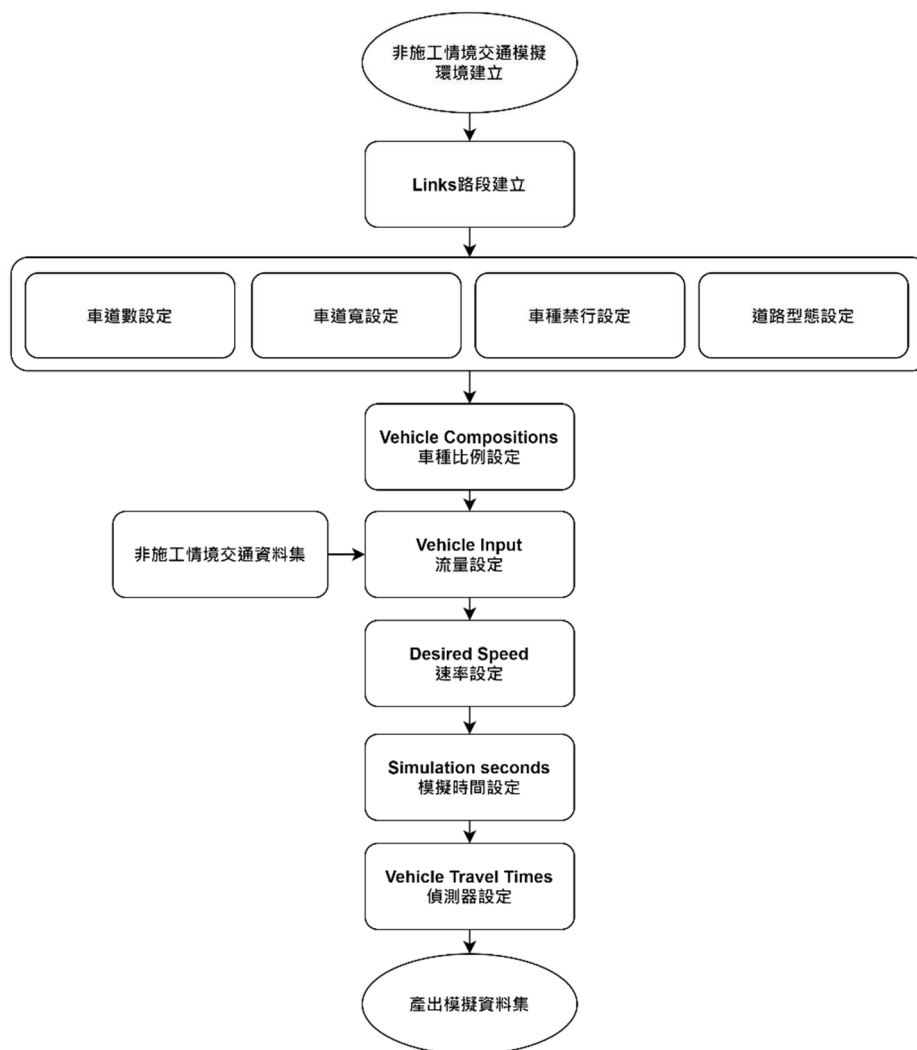


圖 4.51 VISSIM 非施工情境環境流程

The screenshot shows the 'Link' dialog box in VISSIM. The 'Name' field is set to '非施工區(三車道_路肩)'. The 'Link behavior type' is '3: Freeway (free lane selection)'. The 'Display type' is '1: Road gray'. The 'Level' is '1: Base'. The 'Lanes' tab is selected, showing a table with 4 lanes. The 'Count' is 4, and the 'Index' is 1. The 'Width' is 3.00. The 'LinkBehavT...' is '3: Freeway...'. The 'BlockedVe...' is '10,20'. The 'DisplayType' is '10,20'. The 'NoLnChLAI...' is '10,20'. The 'NoLnChRAI...' is '10,20'. The 'NoLnChLVe...' is '10,20'. The 'NoLnChRVe...' is '10,20'. The 'Has overtaking lane' checkbox is unchecked.

Count	Index	Width	LinkBehavT...	BlockedVe...	DisplayType	NoLnChLAI...	NoLnChRAI...	NoLnChLVe...	NoLnChRVe...
1	1	3.00	3: Freeway...	10,20		☐	☐	☐	☐
2	2	3.75	3: Freeway...			☐	☐	☐	☐
3	3	3.75	3: Freeway...			☐	☐	☐	☐
4	4	3.75	3: Freeway...	20		☒	☐	☒	☐

☐ Has overtaking lane

OK Cancel

圖 4.52 Links 道路設定

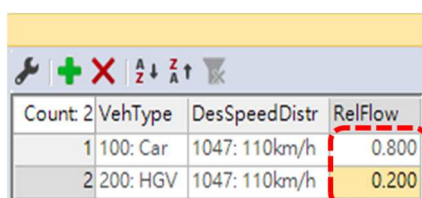
(2) 車種比例與總流量設定

透過 Vehicle Compositions 功能介面設定各車種比例，利用先前蒐集 109 年 8 月 11 日 13:00-18:00 非施工時段資料集，如表 4-32，發現小型車比例介於 0.79~0.88 之間，大型車比例介於 0.12~0.21 之間，因此將統一設定車種比例，小型車為 0.8、大型車為 0.2，如圖 4.53 所示，並於 Vehicle Input 功能介面中輸入每小時之模擬總流量值，如圖 4.54 所示。

表 4-32 非施工時段資料

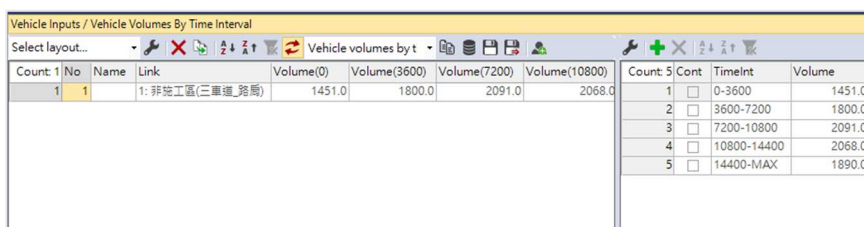
資料來源：本計畫彙整

時間	流量(EVP 資料)					平均 速率
	總流量	小車	比例	大車	比例	
13:00~14:00	1,451	1,152	0.79	299	0.21	105.00
14:00~15:00	1,800	1,477	0.82	323	0.18	105.07
15:00~16:00	2,091	1,728	0.83	363	0.17	105.88
16:00~17:00	2,068	1,801	0.87	267	0.13	106.41
17:00~18:00	1,890	1,654	0.88	236	0.12	106.49



Count	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	1047: 110km/h	0.800
2	200: HGV	1047: 110km/h	0.200

圖 4.53 車種比例設定



Count	No	Name	Link	Volume(0)	Volume(3600)	Volume(7200)	Volume(10800)
1	1	1: 非施工區(三車道_路局)		1451.0	1800.0	2091.0	2068.0

Count	Cont	TimeInt	Volume
1	☐	0-3600	1451.0
2	☐	3600-7200	1800.0
3	☐	7200-10800	2091.0
4	☐	10800-14400	2068.0
5	☐	14400-MAX	1890.0

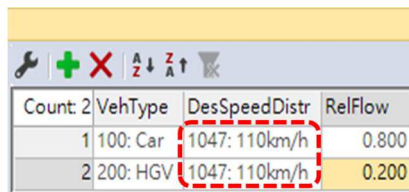
圖 4.54 每小時之總流量輸入值

(3) 模擬環境速率分佈設定

透過 Desired Speed 功能介面設定模擬環境中之行車速率分佈，最高速限為 110km/h，而 110km/h 之速率上限為 100km/h，下限為 120km/h，如圖 4.55、圖 4.56 所示。

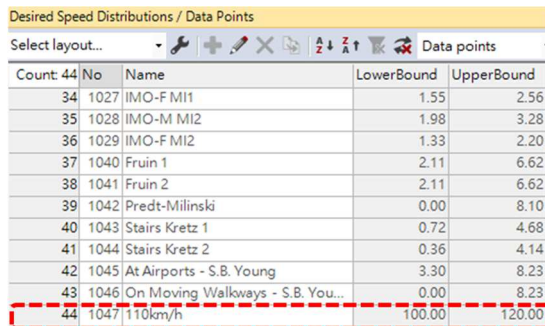
(4) 總模擬時間設定

透過 Simulation Seconds 功能介面設定模擬總時間為五小時(18000 秒)、熱身時間為 10 分鐘、模擬日期為 109 年 8 月 11 日 13:00-18:00 非施工時段，如圖 4.57 所示。



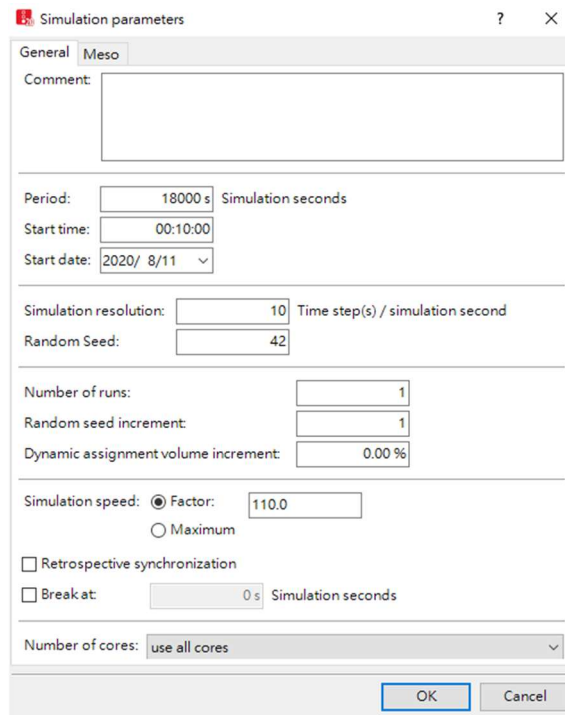
Count	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	1047: 110km/h	0.800
2	200: HGV	1047: 110km/h	0.200

圖 4.55 速率設定(1)



Count	No	Name	LowerBound	UpperBound
34	1027	IMO-F MI1	1.55	2.56
35	1028	IMO-M MI2	1.98	3.28
36	1029	IMO-F MI2	1.33	2.20
37	1040	Fruin 1	2.11	6.62
38	1041	Fruin 2	2.11	6.62
39	1042	Predt-Milinski	0.00	8.10
40	1043	Stairs Kretz 1	0.72	4.68
41	1044	Stairs Kretz 2	0.36	4.14
42	1045	At Airports - S.B. Young	3.30	8.23
43	1046	On Moving Walkways - S.B. You...	0.00	8.23
44	1047	110km/h	100.00	120.00

圖 4.56 速率設定(2)



Simulation parameters

General Meso

Comment:

Period: 18000 s Simulation seconds

Start time: 00:10:00

Start date: 2020/ 8/11

Simulation resolution: 10 Time step(s) / simulation second

Random Seed: 42

Number of runs: 1

Random seed increment: 1

Dynamic assignment volume increment: 0.00 %

Simulation speed: ☒ Factor: 110.0 ☐ Maximum

☐ Retrospective synchronization

☐ Break at: 0 s Simulation seconds

Number of cores: use all cores

OK Cancel

圖 4.57 模擬時間設定

(5) 偵測器佈設與績效蒐集

於模擬環境道路上佈設偵測器，藉由偵測器蒐集模擬路段旅行時間 (Vehicle Travel Times) 如圖 4.58 所示，並以旅行時間除上建模路段長度計算路段速率，再以模擬之路段速率做為後續驗證使用。表 4-33 為本研究針對非施工模式情境所設定之參數資料項目，圖 4.59 為非施工情境模擬環境。

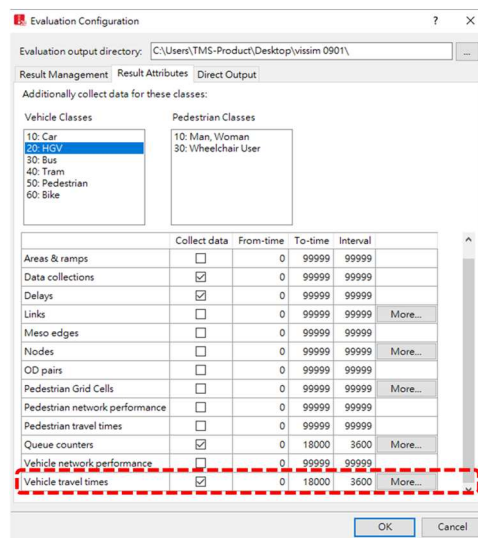


圖 4.58 偵測器蒐集資料設定

表 4-33 非施工模式情境設定參數表

資料來源：本計畫彙整

參數項目	設定值
Links 路段建構	● 車道數:四車道(包括:路肩) ● 車道寬:高速公路 3.75m；路肩 3m ● 道路型態: 高速公路 ● 車種禁行: 路肩不開放，最內側車道大客車禁行 ● 路段建模長度:9 公里
Vehicle Compositions 車種比例	● 小客車為 0.8 ● 大型車為 0.2
Vehicle Input 模擬總流量	● 13:00~14:00(0~3600 秒): 1,451 部 ● 14:00~15:00(3600~7200 秒): 1,800 部 ● 15:00~16:00(7200~10800 秒): 2,091 部 ● 16:00~17:00(10800~14400 秒): 2,068 部 ● 17:00~18:00(14400~18000 秒): 1,890 部
Desired Speed 模擬速限	110km/h (上限 100km/h、下限 120km/h)
Simulation Seconds 模擬時間	五小時(18000 秒)、熱身時間為 10 分鐘
Vehicle Travel Times 偵測器佈設與績效蒐集	計算路段速率(距離/旅行時間)

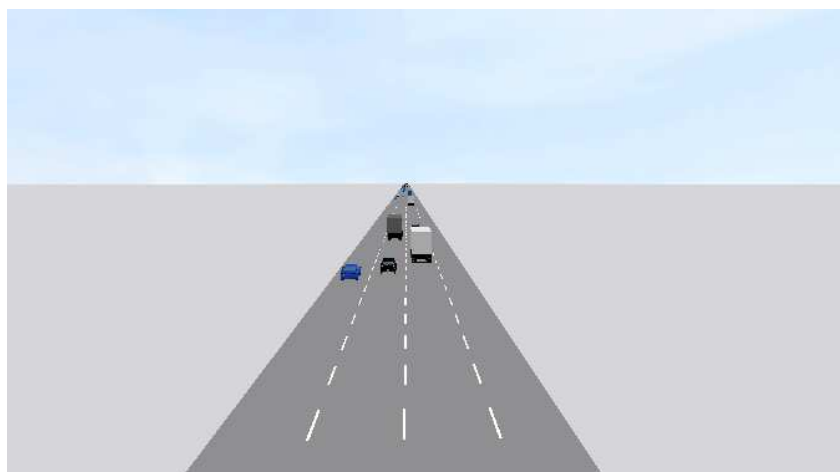


圖 4.59 非施工情境模擬環境

2. 施工情境交通模擬環境建立

上述之非施工情境模式建立完成且通過模式驗證後，將該模式調整為施工情境交通模擬模式，因此蒐集高公局提前發佈之施工資訊與交通參數資料，本計畫選擇國道三號苑裡至通霄北上路段，為施工情境交通模擬環境案例，該施工範圍為 146.7K~146.4K 主線，封閉主線內側 1、2 車道，工區開放第三車道與路肩行駛，施工期間為 109 年 8 月 13 日下午 13:00 至 18:00。因此，本計畫以六大過程進行施工情境模式建構，如圖 4.60 所示，透過 Links 建立施工情境路段，當中包括車道數、車道寬、車種禁行、道路型態、設定車種比例(Vehicle Compositions)，利用事前蒐集之交通參數資料，輸入各時段總流量(Vehicle Input)，設定模擬速限(Desired Speed)、模擬時間(Simulation Seconds)，以及於模擬環境中佈設偵測器蒐集模擬路段速率(Vehicle Travel Times)以產製模擬資料集，建立過程說明如下。

(1) 以 Links 功能建立施工情境路段

施工模式建模範圍以 109 年 8 月 13 日 13:00~18:00 國道三號路段 03F1485N~03F1395N(苑裡-西湖服務區)北向主線為例，在 Links 建構施工情境路段時，參考交通工程規範內容，構建交通安全管制區中五大區段長度，包括前置警示區段、前漸變區段、緩衝區段、施工區段、後漸變區段，各區段長度經由規範公式計算，其建模長度與建模範圍如表 4-34 所示，本案例建模總長度為 9 公里。

路段建置完成後，設定道路型態為高速公路；車道寬為 3.75m、路肩為 3 m；車道數為四車道(三車道加路肩)；車種禁行條件，10 代表小型車、20 代表大型車，設定路肩禁行、大型車內側車道禁行，在施工案例中可開放工區路肩行駛，因此在工區路段並無禁行車輛；車道封閉數封閉內側

1、2 車道，圖 4.61 為前置警示區建模設定、圖 4.62 為施工區建模設定。

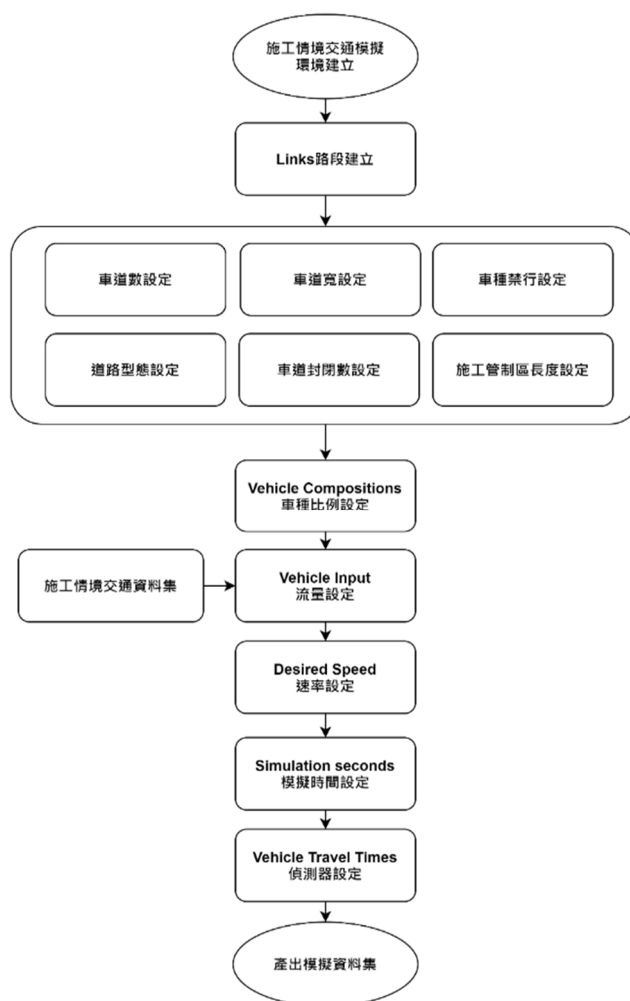


圖 4.60 VISSIM 施工情境環境流程

表 4-34 施工區情境路段建模長度

資料來源：本計畫彙整

路段	長度(m)	建模位置
通霄門架(起點)-前置警示區	390m	148.5K~148.1K
前置警示區段	1,000 m	148.1K~147.1K
前漸變區段	封閉兩車道:180m	147.1K~146.7K
緩衝區段	24m	
施工區段	300m	146.7K~146.4K
後漸變區段	封閉兩車道:60m	146.4K~146.3K
後漸變區段-西湖服務區門架(終點)	6,800m	146.3K~139.5K

Link

No.: 2 Name: 施工區驗車_前置警示區

Num. of lanes: 4 Link behavior type: 3: Freeway (free lane selection)

Link length: 1000.887 m Display type: 1: Road gray

Level: 1: Base

Count	Index	Width	LinkBehavT...	BlockedVe...	DisplayType	NoLnChLAI...	NoLnChRAI...	NoLnChLVE...	NoLnChRV...
1	1	3.00		10,20		☐	☒		
2	2	3.75				☐	☐		
3	3	3.75				☐	☐		
4	4	3.75	20			☒	☐		

☐ Has overtaking lane

OK Cancel

圖 4.61 施工區情境前置警示區建模長度

Link

No.: 9 Name: 施工區驗車_施工區

Num. of lanes: 2 Link behavior type: 3: Freeway (free lane selection)

Link length: 300.286 m Display type: 1: Road gray

Level: 1: Base

Count	Index	Width	LinkBehavT...	BlockedVe...	DisplayType	NoLnChLAI...	NoLnChRAI...	NoLnChLVE...	NoLnChRV...
1	1	3.00				☐	☒		
2	2	3.75				☒	☐		

☐ Has overtaking lane

OK Cancel

圖 4.62 施工區情境施工區建模長度

(2) 車種比例與總流量設定

透過 Vehicle Compositions 功能介面設定各車種比例，利用先前蒐集 109 年 8 月 13 日 13:00-18:00 施工時段資料集，當中 12:00-13:00 與 18:00-19:00 為尚未施工時段如表 4-35 所示，在 13:00-18:00 施工時段中發現小型車比例介於 0.80~0.87 之間，大型車比例介於 0.12~0.20 之間，因此將統一設定車種比例，小型車為 0.8、大型車為 0.2，圖 4.63 所示，並於 Vehicle Input 功能介面中輸入每小時之模擬總流量值，如圖 4.64 所示。

表 4-35 施工時段資料集

資料來源：本計畫彙整

時間	流量(EVP 資料)					平均 速率
	總流量	小車	比例	大車	比例	
12:00~13:00	1,420	1,073	0.76	347	0.24	104.97
13:00~14:00	1,456	1,167	0.80	289	0.20	105.61
14:00~15:00	1,632	1,315	0.81	317	0.19	89.50
15:00~16:00	1,901	1,585	0.83	316	0.17	52.90
16:00~17:00	2,158	1,891	0.88	267	0.12	58.57
17:00~18:00	2,158	1,883	0.87	275	0.13	104.20
18:00~19:00	1,733	1,530	0.88	203	0.12	106.64

Count	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	1047: 110km/h	0.800
2	200: HGV	1047: 110km/h	0.200

圖 4.63 車種比例設定

Count	Cont	TimeInt	Volume	VehComp	VolType
1		0-3600	1456.0	1: Default	Stochastic
2		3600-7200	1632.0	1: Default	Stochastic
3		7200-10800	1901.0	1: Default	Stochastic
4		10800-MAX	2158.0	1: Default	Stochastic

圖 4.64 每小時之總流量輸入值(連續)

(3) 模擬環境速率分佈設定

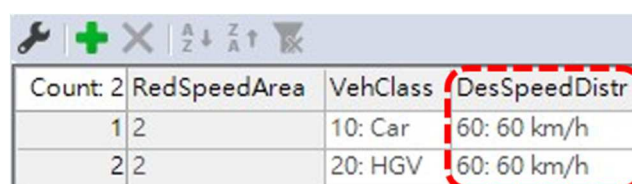
建構施工模式情境設定時，從蒐集施工時段資料發現，高公局提前發佈之施工資訊中表明 109 年 8 月 13 日施工時間從 13:00 開始，18:00 結束，但於實際 ETC 資料顯示，速率開始有變化浮動情況僅從 14:00 開始至 17:00，由資料表 4-36 可看出施工未開始之 12:00~13:00 時段與施工開始之 13:00~14:00 時段，速率分別為 104.97km/h 以及 105.61km/h，因此，判定 13:00~14:00 之間施工尚未正式開始，而是從 14:00 後完成車道封閉佈設與相關環境設置，並逐漸對車流造成影響。此外，在 16:00~17:00 與 17:00~18:00 間在總流量為相同之情形下，速率為 58.57km/h 與 104.20km/h 的狀況，為了判斷在 17:00~18:00 施工確實已提早結束，本計畫蒐集施工結束後一小時之速率資料進行比較，發現在 17:00~18:00 與 18:00~19:00 間速率結果分別為 104.20km/h 與 106.64km/h，表示在 17:00~18:00 施工

時段該速率已恢復成穩定狀態。在施工情境建模過程，並無法得知施工現場實際開始與結束之準確時程，只能透過現有道路資訊封閉資料中判斷建模，加上 VISSIM 軟體無法模擬連續模擬道路逐漸封閉之施工情況，有鑑於此，本計畫透過 ETC 實際速率資料將施工時段之前後一小時進行比較，發現在 13:00~14:00、17:00~18:00 時段與 12:00~13:00、18:00~19:00 未施工之速率情形差異甚小，因此考量表定資料施工時間為 13:00~18:00，本計畫將施工情境之模擬時段設為 13:00~17:00 共計四小時，且根據交通工程規範施工佈設內容，在距離前漸變區段 150 公尺前設定路段減速區域(Reduced Speed Areas)，確保施工路段在安全條件下維持最高速限為 60km/h(速率下限為 50km/h，上限為 60km/h)，並於後漸變段結束恢復該路段最高速限 110km/h(速率下限為 80km/h，上限為 120km/h)，施工情境速率設定如表 4-36 所示，施工情境模式速率設定如圖 4.65、圖 4.66、圖 4.67 所示，而 17:00~18:00 時段使用非施工情境之 110km/h 速限進行模擬(速率下限為 100km/h，上限為 120km/h)。

表 4-36 施工情境速率設定

資料來源：本計畫彙整

路段	長度(m)	速率設定
通霄門架(起點)-前置警示區	390m	110km/h
前置警示區段	1,000m	110km/h 距離前漸變段 150 公尺前 設定最高速限 60km/h
前漸變區段	封閉兩車道:180m	60km/h
緩衝區段	24m	
施工區段	300m	
後漸變區段	封閉兩車道:60m	
後漸變區段-西湖服務區門架 (終點)	6,800m	110km/h



Count	RedSpeedArea	VehClass	DesSpeedDistr
1	2	10: Car	60: 60 km/h
2	2	20: HGV	60: 60 km/h

圖 4.65 施工速限設定(1)

Desired Speed Distributions / Data Points				
Select layout...		Data points		
Count: 44	No	Name	LowerBound	UpperBound
1	5	5 km/h	4.00	6.00
2	12	12 km/h	12.00	15.00
3	15	15 km/h	15.00	20.00
4	20	20 km/h	20.00	25.00
5	25	25 km/h	25.00	30.00
6	30	30 km/h	30.00	35.00
7	40	40 km/h	40.00	45.00
8	50	50 km/h	48.00	58.00
9	60	60 km/h	50.00	60.00

圖 4.66 施工速限設定(2)

Desired Speed Distributions / Data Points				
Select layout...		Data points		
Count: 44	No	Name	LowerBound	UpperBound
35	1028	IMO-M MI2	1.98	3.28
36	1029	IMO-F MI2	1.33	2.20
37	1040	Fruin 1	2.11	6.62
38	1041	Fruin 2	2.11	6.62
39	1042	Predt-Milinski	0.00	8.10
40	1043	Stairs Kretz 1	0.72	4.68
41	1044	Stairs Kretz 2	0.36	4.14
42	1045	At Airports - S.B. Young	3.30	8.23
43	1046	On Moving Walkways - S.B. You...	0.00	8.23
44	1047	110km/h	80.00	120.00

圖 4.67 施工速限設定(3)

(4) 總模擬時間設定

透過 Simulation Seconds 功能介面設定施工模擬時間為四小時(14,400 秒)、熱身時間為 10 分鐘、模擬日期為 109 年 8 月 13 日 13:00-18:00 施工時段，透過實際速率判斷將 17:00-18:00 時段使用非施工情境模擬，13:00-17:00 使用施工情境模擬，如圖 4.68 所示。

(5) 偵測器佈設與績效蒐集

於模擬環境道路上佈設偵測器，藉由偵測器蒐集模擬路段旅行時間如圖 4.69 所示，並以旅行時間除上建模長度計算路段速率，再模擬之路段速率做為後續驗證使用。表 4-37 為本計畫針對施工模式情境所設定之參數資料項目，圖 4.70 為施工情境模擬環境。

Simulation parameters ? X

General Meso

Comment:

Period: Simulation seconds

Start time:

Start date: ▾

Simulation resolution: Time step(s) / simulation second

Random Seed:

Number of runs:

Random seed increment:

Dynamic assignment volume increment:

Simulation speed: ☒ Factor:
☐ Maximum

☐ Retrospective synchronization

☐ Break at: Simulation seconds

Number of cores: ▾

OK Cancel

圖 4.68 施工情境模擬時間設定

Evaluation Configuration ? X

Evaluation output directory:

Result Management Result Attributes Direct Output

Additionally collect data for these classes:

Vehicle Classes
10: Car
20: HGV
30: Bus
40: Tram
50: Pedestrian
60: Bike

Pedestrian Classes
10: Man, Woman
30: Wheelchair User

	Collect data	From-time	To-time	Interval	
Areas & ramps	☐	0	99999	99999	
Data collections	☐	0	99999	99999	
Delays	☐	0	99999	99999	
Links	☐	0	99999	99999	More...
Meso edges	☐	0	99999	99999	
Nodes	☐	0	99999	99999	More...
OD pairs	☐	0	99999	99999	
Pedestrian Grid Cells	☐	0	99999	99999	More...
Pedestrian network performance	☐	0	99999	99999	
Pedestrian travel times	☐	0	99999	99999	
Queue counters	☐	0	99999	99999	More...
Vehicle network performance	☐	0	99999	99999	
Vehicle travel times	☒	0	14400	3600	More...

OK Cancel

圖 4.69 施工情境偵測器蒐集資料設定

表 4-37 施工模式情境設定參數表

資料來源：本計畫彙整

參數項目	設定值
Links 路段建構	◆ 車道數:四車道(包括:路肩) ◆ 車道寬:高速公路 3.75m；路肩 3m ◆ 道路型態:高速公路 ◆ 交通安全管制區中五大區段長度(前置警示區段、前漸變區段、緩衝區段、施工區段、後漸變區段) ◆ 車種禁行:一般路段路肩不開放，最內側車道大客車禁行，工區路段開放路肩行駛 ◆ 路段建模長度:9 公里
Vehicle compositions 車種比例	◆ 小客車為 0.8 ◆ 大型車為 0.2
Vehicle Input 模擬總流量	◆ 14:00~15:00(0~3600 秒): 1,456 部 ◆ 15:00~16:00(3600~7200 秒): 1,632 部 ◆ 16:00~17:00(7200~10800 秒): 1,901 部 ◆ 17:00~18:00(10800~14400 秒): 2,158 部
Desired Speed 模擬速限	◆ 110km/h (上限 80km/h、下限 120km/h) ◆ 60km/h(上限 50km/h、下限 60km/h)
Simulation seconds 模擬時間	◆ 四小時(14,400 秒)、熱身時間為 10 分鐘
Vehicle Travel Times 偵測器佈設與績效蒐集	◆ 計算路段速率(距離/旅行時間)

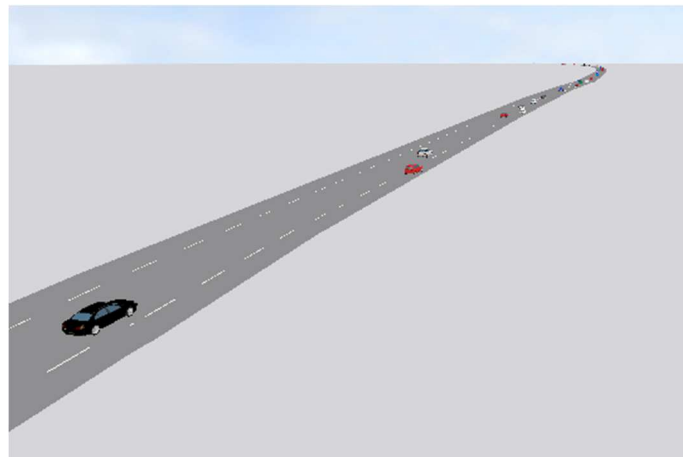


圖 4.70 施工情境模擬環境

4.4.3 模式驗證

本節說明非施工區情境與施工區情境兩種模式驗證結果，參考 Lewis(1982)^[77]提出之 MAPE 預測能力量表，針對各時段之模擬預測值與實際值比較進行優劣評估分析。

一、非施工區情境模擬模式驗證

為驗證模擬模式之優劣，本計畫參酌(Lewis, 1982)^[77]提出之 MAPE 預測能力量表進行評估，當 MAPE 值小於 10%表示預測能力極佳；介於 10%~20%表示優良；20%~50%表示合理；超過 50%表示不準確，透過計算預測值與實際值之平均絕對百分誤差(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)衡量模擬之結果。針對非施工情境模式驗證，本計畫採用 VISSIM 模擬之路段平均速率與 ETC 門架得出之路段平均速率相同計算方式進行驗證，利用模擬速率與實際速率結果透過 MAPE 判斷，做為非施工區情境評估標準，表 4-38 為 VISSIM 非施工情境之模擬模式驗證之各時段平均速率預測結果，可發現依照每小時不同流量輸入 VISSIM 並持續模擬五小時，表現最好之時段為 17:00~18:00，總流量於 1,890 部時，其 MAPE 值為 1.64%，且整體 MAPE 值為 2.31%，表示無論是各時段之 MAPE 或整體 MAPE，VISSIM 模擬預測值與真實值之差異均落於極佳範圍，因此以 VISSIM 建構之非施工情境模擬模式，能夠模擬出與實際速率相當貼近之結果。

表 4-38 非施工情境驗證比較表

資料來源：本計畫彙整

時段	總流量	實際速率 (平均)	模擬速率 (平均)	MAPE
13:00~14:00	1,451	105.00	108.42	3.26%
14:00~15:00	1,800	105.07	108.23	3.01%
15:00~16:00	2,091	105.88	107.87	1.88%
16:00~17:00	2,068	106.41	108.30	1.78%
17:00~18:00	1,890	106.49	108.23	1.64%
整體 MAPE				2.31%

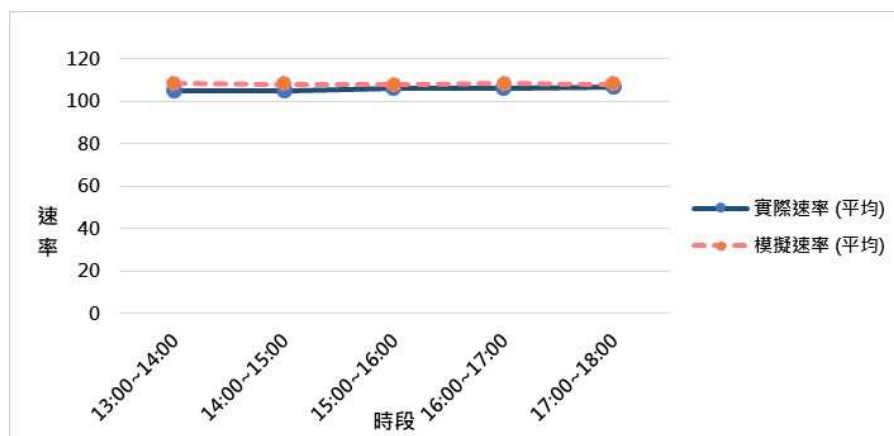


圖 4.71 非施工情境式速率預測值與實際值比較圖

二、施工區情境模擬模式驗證

完成非施工情境模式驗證後，調整模式參數為施工區情境模式，並同樣採用 VISSIM 模擬之路段平均速率與 ETC 門架得出之路段平均速率相同計算方式進行驗證，將模擬速率與實際速率結果透過 MAPE 判斷，做為施工區情境評估標準。本計畫之施工區情境驗證模擬為 13:00~17:00 連續模擬施工時段四小時，17:00~18:00 於前述 4.4.3 節所述判斷已提早結束施工並恢復速率，因此將 17:00~18:00 時段與 12:00~13:00、18:00~19:00 以非施情境進行模擬，表 4-38 為 VISSIM 施工區情境之模擬模式驗證之各時段平均速率預測結果，發現施工區情境驗證最好之時段為 15:00~16:00，總流量於 1,091 部時，其 MAPE 值為 8.07%，整體 MAPE 值為 12.05%，表示無論是各時段之 MAPE 或整體 MAPE，VISSIM 模擬預測值與真實值之差異均落於合理範圍，因此，以 VISSIM 建構之施工情境模擬模式，能夠模擬出不錯之預測結果。

表 4-38 施工情境驗證比較表

資料來源：本計畫彙整

時間段	總流量	實際速率 (平均)	模擬速率 (平均)	MAPE
12:00~13:00	1,420	104.97	104.26	0.68%
13:00~14:00	1,456	105.61	89.82	14.95%
14:00~15:00	1,632	89.50	73.36	18.03%
15:00~16:00	1,091	52.90	48.63	8.07%
16:00~17:00	2,158	58.57	35.25	39.81%
17:00~18:00	2,158	104.20	103.83	0.36%
18:00~19:00	1,733	106.64	104.03	2.45%
整體 MAPE				12.05%

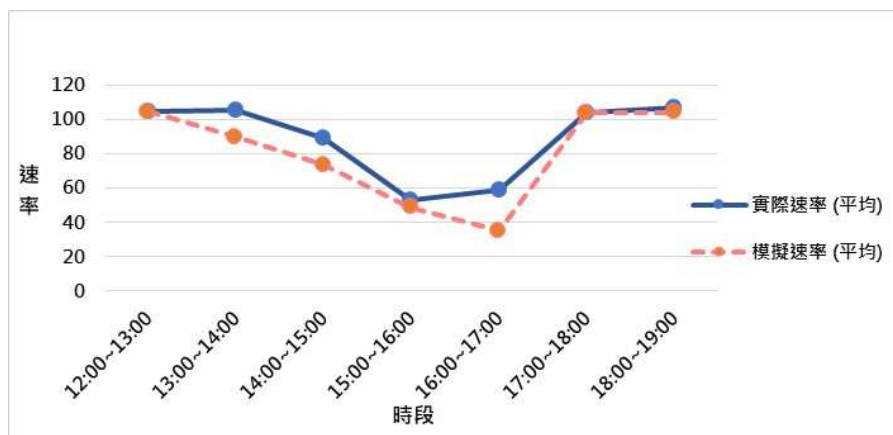


圖 4.72 施工情境速率預測值與實際值比較圖

4.4.4 交通模擬實驗設計

透過上述施工模式驗證，瞭解 VISSIM 模擬施工預測能有合理之成果，因此本節針對施工區情境模式以交通模擬實驗設計方式，使用「田口法」調整 5 種不同控制因子。「田口法」是由田口玄一博士所提出之品質設計法，最早使用以工程角度來事先瞭解品質問題，並找出影響品質之主要參數，達到品質管控。有鑑於此，本計畫採用工程實驗設計之田口法，轉移至交通方面應用探討，在因子方面控制項目包括流量(每小時到達交通量)、車道數、車道封閉數、施工區長度、施工區位置，以得到不同施工情境下之路段速率，以產製速率績效表，並結合高速公路重現性壅塞之流量預測，使不同情境之結果以查表方式來預測高速公路施工影響下之速率，圖 4.73 為交通模擬實驗設計流程。

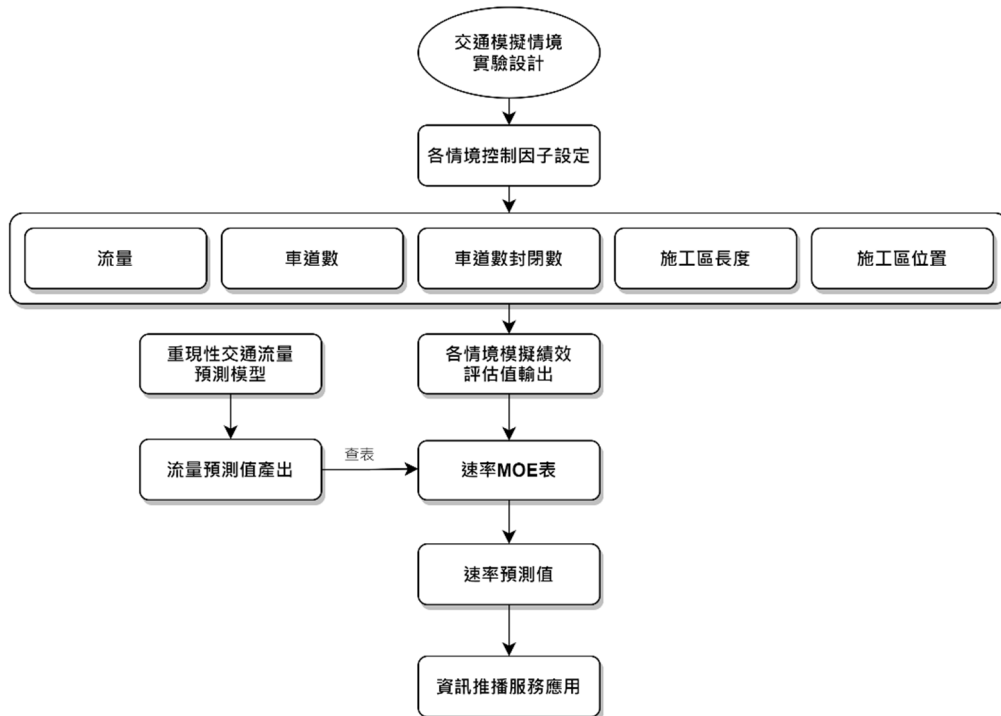


圖 4.73 交通模擬實驗設計流程

一、控制因子設定

1. 流量(每小時到達車輛數)

參考本所 1993 年臺灣地區高速公路容量與服務水準評估指標之研究與公路容量手冊，統整有關高速公路容量文獻如表 4-39，從文獻中發現高速公路容量值界於 2,000pcphpl(單位小時每車道之最大服務流量)至 3,000pcphpl 之間，因此，本計畫於交通實驗設計模式中，流量以每小時每車道最大容量為 2,200(pcphpl)，從 1,000 輛開始，每次模擬增加 500 輛，直到該情境最大容量。舉例：三車道沒有封閉情境，最大容量為 6,600(pcphpl)，因此在實驗

設計中流量模擬至 7,000 輛，本計畫流量(每小時到達車輛數)模擬如表 4-40 所示。此外，為了瞭解高速公路於施工情境中，針對不同流量變化對速率所造成之影響，所調整之流量因子指每小時到達車輛數，因考量高速公路進行施工，會連續施工多個小時，但實際每小時流量受施工影響而有所不同，舉例:施工 5 小時，因為供給改變(道路封閉)可能影響第 2 小時流量，使施工區流量不準確，進而產生變化使高速公路速率下降造成形成壅塞，因此在實驗設計中不考量車輛移轉或改道之情況，且以每小時進行模擬，例如圖 4.74，車輛在某個小時中有 5,000 部到達紅線，進而對照績效表之速率，不考量實際進入施工區中之車輛。

表 4-39 高速公路容量值彙整

資料來源：本計畫彙整

文獻	容量值
高速公路混合車流特性之研究(1977)	2,100pcph
中山高速公路容量分析與交通管制措施之研究(1982)	2,400pcph
高速公路多車道平直路段容量研究(1983)	雙車道:2,750 pcphpl 三車道:2,620 pcphpl
高速公路行車速限之研究(1983)	雙車道:2,159 pcphpl
高速公路基本路段容量暨相關影響因素特性之研究(1987)	2,390 pcphpl
臺灣地區公路容量手冊(1990)	2,400pcphpl
臺灣地區公路容量手冊(2011)	2,000pcphpl

表 4-40 各情境模擬車輛數

資料來源：本計畫彙整

車道數	流量(每小時到達車輛數)
二車道	1,000 輛-4,500 輛
三車道	1,000 輛-7,000 輛
四車道	1,000 輛-9,000 輛

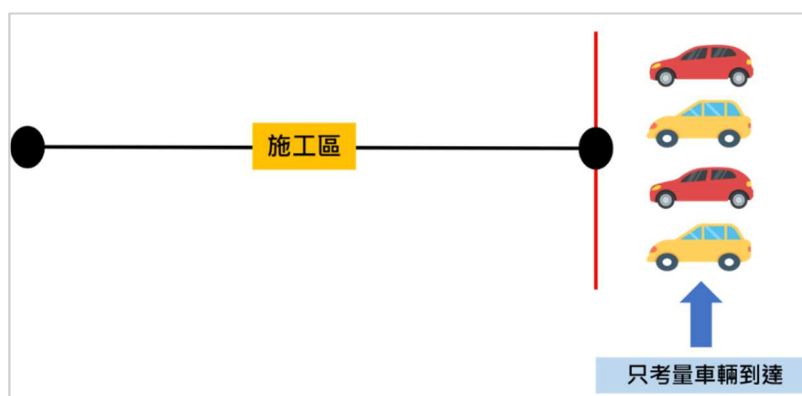


圖 4.74 施工情境流量模擬示意圖

2. 車道數

透過蒐集全臺國道通車路線資料，以分析全臺高速公路車道數比例，做為後續實驗設計中施工區建模之車道數參考，目前國道全線通車與部分通車路線有國道 1 號、國道 2 號、國道 3 號、國道 4 號、國道 5 號、國道 6 號、國道 10 號，其中國道 3 甲線與國道 8 號為快速道路，國道 1 號甲線、國道 2 號甲線與國道 7 號正進行第二階段環評及興建。有鑑於此，本計畫於分析中不考量國道 3 甲線與國道 8 號之快速道路路線以及國道 1 號甲線、國道 2 號甲線與國道 7 號，而以全線通車與部分通車路線之國道 1 號、國道 2 號、國道 3 號、國道 4 號、國道 5 號、國道 6 號、國道 10 號分析全臺高速公路車道數比例，分析結果如圖 4.75 所示，發現車道數以三車道為主占 64%，其次為二車道占 30%，但在進行實驗設計情境中為考量不同條件狀況，因此針對車道數方面，以建立二車道、三車道及四車道之情境進行調整。

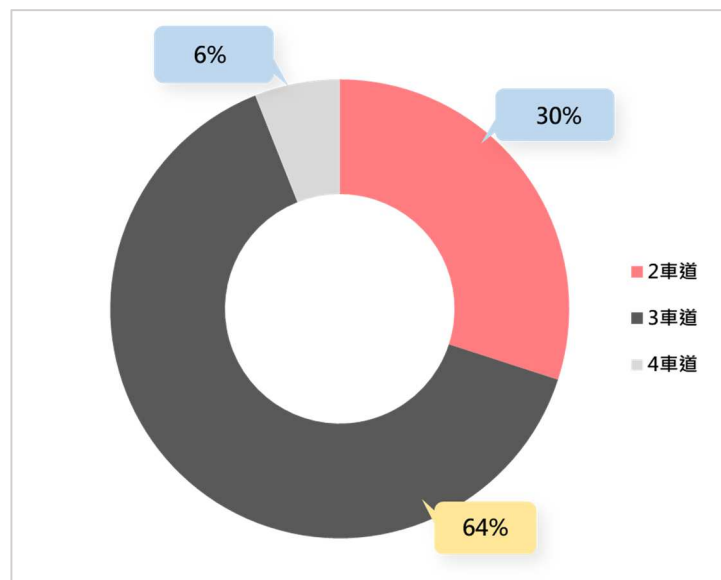


圖 4.75 全臺高速公路車道數比例

3. 車道封閉數

與上述車道數因子一併考量，舉例:在建構二車道模型時其封閉車道數最多為封閉一車道情境，表 4-41 為實驗設計中車道封閉數情境組合。

表 4-41 車道封閉數組合

車道數	車道封閉數
二車道	沒有封閉、封閉一車道
三車道	沒有封閉、封閉一車道、封閉二車道
四車道	沒有封閉、封閉一車道、封閉二車道、封閉三車道

4. 施工區長度

施工區長度因子調整由 100 公尺至 300 公尺，且每次模擬增加 100 公尺進行組合模擬。

5. 施工區位置

參考交通工程規範中之施工區佈設位置包括，內側車道、外側車道、中間車道，因此在實驗設計之施工區位置因子會建構內側封閉情境、中間車道封閉情境與外側車道封閉情境 3 種不同情境。

二、實驗設計組合

藉由上述控制因子之情境組配，本計畫使用流量(每小時到達交通量)、車道數、車道封閉數、施工區長度、施工區位置五種控制因子，且每項控制因子又分別對照欲調整之組合，因此本計畫共計以 689 種施工情境進行模擬，舉例：車道數二車道之組合計算，流量(每小時到達交通量)模擬 1,000-4,500 輛，每次模擬增加 500 輛共 8 種組合、車道封閉數分為沒有封閉及封閉一車道，首先沒有封閉代表該情境沒有施工因此不需考量施工區長度與施工區位置之因子，因此車道數二車道沒有封閉情境有 8 種組合，再者車道數二車道封閉一車道情境需考量施工區長度由 100-300 公尺，每次模擬增加 100 公尺共 3 種組合，以及施工區位置包括內側封閉及外側封閉 2 種組合，因此車道數二車道封閉一車道情境有 48 種組合，因而加總使車道數二車道情境中共計 56 種組合，表 4-42 統整各情境組合數。而實驗設計之模擬結果說明如後。

表 4-42 各情境組合計算

資料來源：本計畫彙整

	控制因子情境組合				共計
	流量(每小時到達交通量)	車道封閉數	施工區長度	施工區位置	
二車道	8 種	2 種	3 種	2 種	56 種
三車道	13 種	3 種	3 種	3 種	208 種
四車道	17 種	4 種	3 種	3 種	425 種
共計					689 種

本計畫為探討高速公路可預期事件所構成之影響，採用 VISSIM 軟體建構高速公路施工區預測模式，以通過驗證兩次之施工區模式，利用實驗設計方式調整各項因子組合情境，因此，將上述選擇之總流量(每小時到達車輛數)、車道數、車道封閉數、施工區長度、施工區位置五項因子進行組配，產出各情境之速率績效結果，如表 4-43~表 4-45 所示。

藉由車道數因子調整，將速率績效表進行劃分，可看出在表 4-43~表 4-45 中四車道、三車道與兩車道在(總)流量增加下，速率績效隨之降低，表示車輛需求上升使道路供給產生供不應求之現象而使高速公路形成壅塞，以四車道速率績效表說明，當(總)流量由 1,000 增加至 9,000 時，各情境之速率結果皆呈現下降狀態，但在(總)流低於 1,500 輛下，各情境之速率皆有穩定之結果，表示在(總)流量低於 1,500 輛的情形下，調整封閉車道數並不會對車流速率造成嚴重影響，但當(總)流量超過 1,500 輛以上包括 2,000 輛以上之情境，車道封閉數增加確實會影響到高速公路速率績效值，如表 4-43 四車道封閉三車道，施工位置於內側車道與外側車道封閉且施工長度於 100 公尺-300 公尺條件下，當(總)流量於 2,000 之情境，其速率績效皆為 50km/h 以下，且隨(總)流量增加封閉車到數越多之情況下降越明顯，表示高速公路(總)流量若超過容量臨界值，增加車道封閉數確實會影響到高速公路速率績效結果，其結果同時反映於三車道封閉二車道及兩車道封閉一車道之情境。

接著觀察調整施工區長度之速率績效結果，以三車道速率績效結果說明，由圖 4.76~圖 4.78 可看出當施工區長度調整 100 公尺-300 公尺，其速率績效結果之間並不會有太大差異，舉例：三車道封閉一車道，施工區位置在內側車道之情境，讓施工區長度由 100 公尺-300 公尺進行調整，在(總)流量於 1,000 之情境下，其速率均維持在 94km/h 左右；在(總)流量於 7,000 之情境下，其速率維持在 53km/h 左右，因此，表示在不考量(總)流量變化情況下，單看(總)流量於 7,000 之情況，調整施工區長度為 100 公尺-300 公尺，其速率結果並不會有劇烈差異，表示調整施工區長度並不會直接對車流速率績效造成嚴重影響，詳細結果如表 4-44。

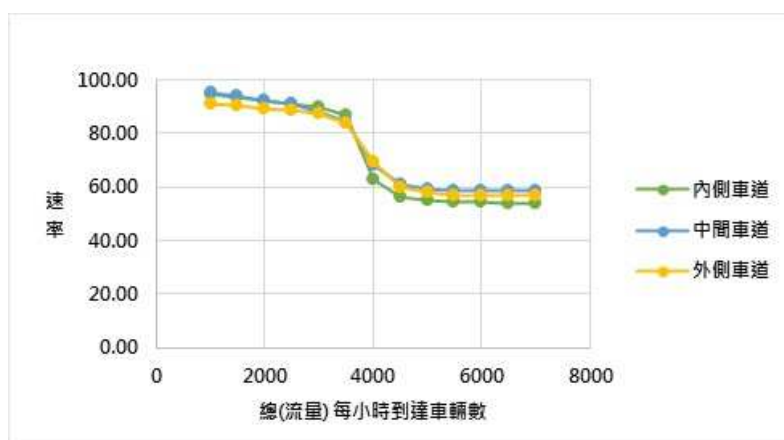


圖 4.76 三車道封閉一車道 100m 施工長度速率分析

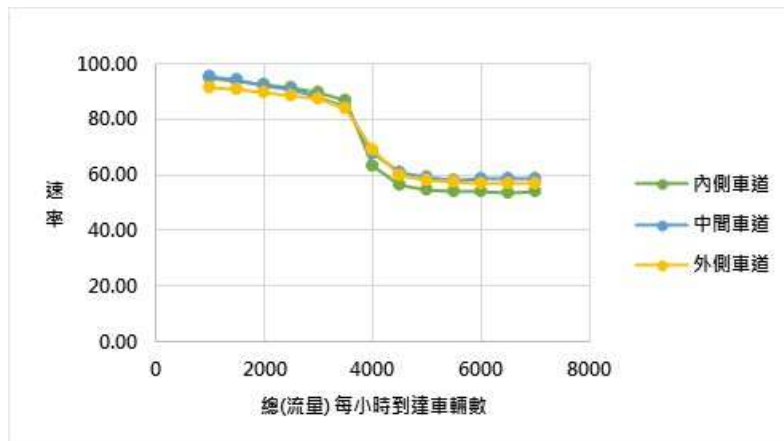


圖 4.77 三車道封閉一車道 200m 施工長度速率分析

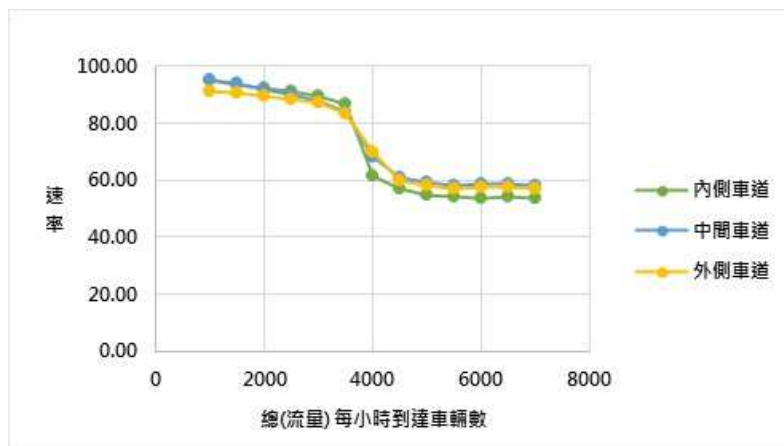


圖 4.78 三車道封閉一車道 300m 施工長度速率分析

而在調整施工區位置之速率績效部分，同樣以三車道速率績效結果說明，由圖 4.78 可看出調整施工區位置於內側車道、中間車道及外側車道的狀態，其速率績效之間並不會有極大差距，舉例：三車道封閉一車道且施工區長度在 100m 及施工區位置在內側車道、中間車道、外側車道之情境，可看出在(總)流量於 1,000 之情境下，其三種施工位置之結果差異變化不大，速率均維持在 90km/h-96km/h 之間；在(總)流量於 7,000 之情境下，速率維持在 50km/h-60km/h 之間，表示若不考量(總)流量變化情況下而單看某個(總)流量值，且針對施工區位置因子進行調整，發現調整施工區位置並不會對速率績效結果產生劇烈變化，詳細結果如表 4-44。

透過上述模擬績效分析，瞭解影響施工區速率績效變化最主要之控制因子為(總)流量及車道封閉數，在速率績效表中隨(總)流量增加，速率結果呈下降趨勢；隨車道封閉數增加，速率同樣也呈現下降趨勢，進而說明，這兩項控制因子表示高速公路壅塞發生導因於供給與需求不平衡產生變化致使速率改變，因

此，當高速公路在施時施工作業時，應避開在(總)流量高之尖峰時段，如:需求高之上下班尖峰時段，對車流行駛速率影響較為明顯，以及進行車道封閉時，應盡量避免剩餘一車道之供給之狀態，否則對車流行駛速率影響衝擊較為嚴重。

因此，本計畫藉由 VISSIM 模擬施工速率績效，結合先前重現性交通流量預測，透過流量預測，運用查表方式查詢未來施工情境之速率績效值，因績效表之速率結果依據車道數不同，而模擬不同(總)流量，因此若於速率績效表中無法直接查詢未來日之施工速率績效，將採用內插法計算，做為高速公路可預期性事件資訊推播服務應用。

表 4-43 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-4 車道

資料來源：本計畫彙整

車道數 總流量		施工封閉情境		4 車道							
1,000		車道封閉數	沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道			封閉三車道	
		施工區長度 施工區位置		內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	外側車道
		100m	114.74	95.62	94.75	91.73	95.45	95.54	95.46	94.42	93.08
		200m		95.63	94.76	91.73	95.44	95.50	95.43	94.35	93.03
1,500		300m	114.49	95.62	94.75	91.72	95.44	95.46	95.39	94.26	92.96
		100m		94.87	94.00	91.22	94.75	94.68	94.77	93.28	91.20
		200m		94.87	94.00	91.20	94.71	94.64	94.76	93.20	90.86
2,000		300m	114.30	94.86	93.95	91.20	94.66	94.57	94.73	93.04	90.95
		100m		94.14	93.29	90.67	94.03	93.81	93.99	48.78	49.16
		200m		94.12	93.29	90.64	93.98	93.72	93.97	48.76	48.77
2,500		300m	114.17	94.11	93.27	90.67	93.95	93.73	93.94	48.72	48.07
		100m		93.53	92.65	90.24	93.38	93.17	93.46	38.47	37.01
		200m		93.56	92.62	90.25	93.34	92.99	93.37	38.45	37.00
3,000		300m	113.98	93.57	92.60	90.29	93.24	92.98	93.47	38.41	36.54
		100m		92.77	91.90	89.85	92.73	91.93	92.62	34.77	32.76
		200m		92.78	91.89	89.84	92.57	91.94	92.54	34.70	33.08
		300m		92.76	91.82	89.85	92.54	91.84	92.55	34.74	32.87

表 4-43 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-4 車道(續)

資料來源：本計畫彙整

車道數 總流量		施工封閉情境	4 車道									
3,500		車道封閉數	沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道			封閉三車道		
		施工區位置 施工區長度		內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	外側車道	
		100m	113.79	91.84	90.91	89.13	91.18	70.25	89.02	33.66	30.66	
		200m		91.89	91.04	89.22	91.11	70.24	88.97	33.63	30.86	
4,000		300m	91.92	90.92	89.20	91.17	70.19	88.95	33.61	30.67		
		100m	90.68	90.04	88.30	66.74	49.30	73.30	32.45	29.60		
		200m	90.85	90.08	88.43	66.71	49.29	73.23	32.43	29.65		
4,500		300m	90.86	90.05	88.47	66.78	49.28	73.25	32.40	29.45		
		100m	89.75	88.78	87.55	53.61	45.24	58.62	32.18	28.94		
		200m	89.88	88.75	87.54	53.47	45.25	58.66	32.15	28.84		
5,000		300m	89.79	88.68	87.54	53.39	45.23	58.64	32.18	28.93		
		100m	88.36	87.67	86.19	49.08	43.28	52.85	31.76	28.64		
		200m	88.51	87.64	86.21	49.04	43.29	52.78	31.76	28.29		
5,500		300m	88.44	87.74	86.23	49.07	43.26	52.79	31.74	28.18		
		100m	85.52	85.14	82.00	47.23	42.53	50.49	31.81	27.82		
		200m	85.61	85.22	82.11	47.27	42.52	50.48	31.81	27.53		
		300m	85.56	85.10	82.12	47.25	42.50	50.49	31.79	27.87		

表 4-43 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-4 車道(續)

資料來源：本計畫彙整

車道數 總流量	施工封閉情境	4 車道								
		沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道			封閉三車道	
6,000	車道封閉數	施工區位置 施工區長度	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	外側車道
	100m		77.46	75.76	69.67	46.51	41.90	49.96	31.52	27.71
	200m		77.62	75.78	69.72	46.50	41.89	49.92	31.51	27.79
	300m		77.58	75.73	69.77	46.50	41.87	49.91	31.49	27.83
6,500	100m	112.58	65.58	65.86	64.02	45.66	41.79	48.88	31.01	27.35
	200m		65.66	65.95	64.00	45.71	41.77	48.91	31.00	27.50
	300m		65.69	65.99	64.01	45.68	41.76	48.90	30.98	27.57
	100m	112.42	63.07	64.60	62.21	44.94	41.54	48.01	31.02	27.32
7,000	200m		63.04	64.72	62.21	45.05	41.56	47.98	30.99	27.60
	300m		63.03	64.71	62.20	45.04	41.52	47.97	30.99	27.37
	100m	112.20	61.83	63.85	61.40	43.95	41.20	48.20	31.23	27.03
7,500	200m		61.84	63.86	61.73	43.99	41.20	48.25	31.23	27.28
	300m		61.86	63.75	61.75	43.97	41.16	48.24	31.25	27.40
	100m	111.91	61.53	63.12	61.79	44.72	41.01	47.68	31.00	26.97
8,000	200m		61.72	63.08	61.83	44.70	41.02	47.70	31.00	27.24
	300m		61.71	63.18	61.86	44.69	40.99	47.67	30.97	26.94

表 4-43 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-4 車道(續)

資料來源：本計畫彙整

車道數 總流量	施工封閉情境	4 車道								
		沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道			封閉三車道	
8,500	車道封閉數	施工區位置 施工區長度	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	外側車道
	100m		61.38	63.14	61.49	44.29	41.03	47.88	30.81	27.22
	200m		61.54	63.16	61.54	44.28	41.04	47.86	30.80	27.26
	300m		61.61	63.16	61.56	44.31	41.00	47.89	30.79	27.02
9,000	100m	111.52	61.28	63.04	61.00	44.64	40.85	47.43	30.97	27.27
	200m		61.38	63.12	61.00	44.62	40.86	47.43	30.95	26.97
	300m		61.32	63.09	61.00	44.31	40.84	47.41	30.94	27.22

表 4-44 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-3 車道

資料來源：本計畫彙整

總流量 車道數	施工封閉情境	3 車道					
		沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道	
1,000	車道封閉數	施工區長度 施工區位置	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道
	100m		94.70	95.13	91.24	95.04	95.04
	200m		94.71	95.08	91.23	94.94	94.96
	300m		94.90	95.02	91.26	94.89	94.90
1,500	100m	114.57	93.45	93.88	90.48	93.32	93.48
	200m		93.42	93.87	90.53	93.33	93.15
	300m		93.68	93.85	90.47	93.20	92.92
2,000	100m	114.24	92.14	92.15	89.38	48.55	48.45
	200m		92.13	92.07	89.39	48.56	48.38
	300m		92.32	92.03	89.38	48.57	48.67
2,500	100m	113.95	90.88	90.68	88.37	37.92	38.14
	200m		90.97	90.43	88.48	37.90	38.19
	300m		91.10	90.38	88.36	37.92	37.01
3,000	100m	113.73	89.56	87.74	87.38	35.30	35.90
	200m		89.57	87.55	87.29	35.26	35.86
	300m		89.71	87.71	87.11	35.25	34.73

表 4-44 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-3 車道(續)

資料來源：本計畫彙整

車道數 總流量	施工封閉情境	3 車道					
		沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道	
3,500	車道封閉數	施工區長度 施工區位置	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道
	100m		86.74	84.26	83.71	34.07	34.86
	200m		86.61	84.10	83.83	34.07	34.33
	300m		86.92	84.03	83.48	34.07	33.83
4,000	100m	113.19	63.02	67.93	69.26	33.72	34.40
	200m		63.00	67.94	68.74	33.70	34.11
	300m		61.22	67.96	69.82	33.70	33.10
	100m	112.63	56.47	60.92	59.71	33.05	33.80
4,500	200m		56.18	60.94	59.82	33.05	33.75
	300m		56.75	61.00	59.82	33.07	32.72
	100m	112.32	54.80	59.04	57.89	32.69	33.78
5,000	200m		54.78	59.08	57.89	32.69	33.89
	300m		54.75	59.00	57.95	32.69	32.90
	100m	112.08	54.48	58.35	56.95	32.77	33.52
5,500	200m		54.03	58.30	57.23	32.75	33.65
	300m		54.26	58.29	57.29	32.73	32.35

表 4-44 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-3 車道(續)

資料來源：本計畫彙整

總流量 車道數	施工封閉情境	3 車道					
		沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道	
6,000	車道封閉數	施工區長度 施工區位置	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道
	100m		54.13	58.73	56.86	32.96	33.00
	200m		53.97	58.56	57.12	32.94	33.39
	300m		53.89	58.57	57.40	32.91	32.38
	100m	111.75	53.67	58.44	56.80	32.42	33.19
	200m		53.67	58.38	57.06	32.40	33.06
	300m		54.04	58.44	57.30	32.39	32.11
	100m	110.84	53.71	58.40	56.64	32.71	33.11
	200m		53.98	58.32	56.90	32.70	33.25
	300m		53.67	58.38	56.81	32.70	32.27
7,000	100m	109.59	53.71	58.40	56.64	32.71	33.11
	200m		53.98	58.32	56.90	32.70	33.25
	300m		53.67	58.38	56.81	32.70	32.27

表 4-45 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-2 車道

資料來源：本計畫彙整

總流量 車道數	施工封閉情境	2 車道	
		沒有封閉	封閉一車道
1,000	施工區長度 施工區位置	114.12	內側車道
	100m		88.36
	200m		89.05
	300m		88.38
1,500	100m	113.54	86.09
	200m		86.60
	300m		85.83
2,000	100m	113.06	47.56
	200m		47.89
	300m		47.57
2,500	100m	112.65	40.37
	200m		41.14
	300m		41.00
3,000	100m	112.18	39.51
	200m		39.45
	300m		39.48

表 4-45 速率模擬結果(建模長度 9 公里，模擬施工時間 1 小時)-2 車道(續)

資料來源：本計畫彙整

總流量 車道數	施工封閉情境		2 車道	
	車道封閉數		封閉一車道	
3,500	施工區長度	施工區位置	111.75	內側車道
	100m			外側車道
	200m			
	300m			
4,000	100m		111.33	
	200m			
	300m			
4,500	100m		105.21	
	200m			
	300m			

本計畫所建構之施工影響預測模式，透過交通部高速公路局道路封閉資訊與交通參數資料以 VISSIM 模擬軟體建立高速公路施工區模式，包括非施工情境交通模擬環境、施工情境交通模擬環境，藉由雙重驗證機制探討模式預測合理性，在非施工情境交通模擬模式中之 MAPE 值為 2.31% 屬於極佳預測；施工情境交通模擬模式中之 MAPE 值為 12.05% 屬於優良預測。然本計畫執行施工預測模式建構仍存在限制與困難，主要原因歸納如下：

一、施工資訊不足性：由於本計畫選擇 109 年 8 月 13 日國道三號苑裡至通霄北上路段，施工範圍為 146.7K~146.4K，封閉時間為 13:00~18:00 之案例進行施工情境建模，在驗證部分需透過實際速率判斷所使用之模擬模式，舉例：表 4-40 施工情境驗證比較表中 16:00~17:00 與 17:00~18:00 流量相同，但實際速率落差卻相近兩倍，表示 17:00~18:00 車流已恢復穩定狀態，施工提早結束，但道路封閉資訊並無準確提到施工開始與結束之時間點，因此在驗證部分需透過實際速率判斷所使用之模擬模式進行探討。

二、VISSIM 模擬缺乏建構施工佈設漸進式條件：一般實際施工管制範圍透過施工人員漸進式佈設管制區，逐漸影響車流形成交通壅塞，但於 VISSIM 建模中並缺乏設定施工佈設之漸進式狀況，較難以模擬與實際施工相同之狀態。

有鑑於此，在施工資訊不足性限制下建議相關單位所提供施之道路封閉資訊能夠準確提到施工開始與結束之時間點，以利後續施工模式驗證之準確性；VISSIM 模擬中由於缺乏施工佈設漸進式條件，因此藉由相關參數設定完畢後執行模擬與驗證，因本計畫目前調整總流量（每小時到達交通量）、車道數、車道封閉數、施工區長度、施工區位置，以得到不同施工情境下之路段速率產製速率績效表，詳細內容參考 4.4.4 節，後續可針對不同之施工情境，舉例：調整更長之施工長度參數，進行施工影響預測。

此外，事件推播進階應用是利用本計畫之深度學習交通流量預測模型、施工速率績效表、壅塞機率轉換模式之結合，針對有事先發佈資訊之計畫性施工事件（如圖 4.79），能夠提前掌握施工星期別、時間、封閉位置、封閉車道數、封閉長度，透過本計畫深度學習交通流量預測模型，進行流量預測後，將流量預測值帶入施工速率績效表查表得到施工期間各時段之行車速率預估值，最後仿照一般路況基本應用將速率值轉換為壅塞機率。

道路封閉資訊

施工日期	109-08-13(四)13:00~109-08-13(四)18:00
封閉時間	連續13:00~18:00
封閉路段	 主線：國道三號北向從通霄交流道到苑裡交流道 車道封閉數：2車道封閉以上 說明：國道3號北上146k+700~146k+400，內1、2車道

資料來源：交通部高速公路局

圖 4.79 提前發佈之計畫性施工資訊

以下針對上述進階應用方式，舉一施工實例進行各步驟應用說明，並繪製如圖 4.80 所示。

- 一、步驟一：由事先發佈之道路封閉資訊中得到施工封閉之「星期別」、「時間」、「封閉位置」、「封閉長度」、「封閉車道數」等資訊，以圖 4.79 為例，主管機關能夠於道路施工前提前知道該施工之星期別為星期四，封閉時間為 13:00、14:00、15:00、16:00、17:00、18:00，封閉範圍為 146.7K~146.4K 處，因此封閉長度為 300 公尺，預計封閉車道為內側 1、2 車道。
- 二、步驟二：將「星期別」及「時間」資訊轉換獨熱編碼型態，並做為交通流量預測模型之輸入值進行目標時段之流量預測。
- 三、步驟三：交通流量預測模型分別產出 13:00、14:00、15:00、16:00、17:00、18:00，共 6 個時段之流量預測值。
- 四、步驟四：將上述目標時段之每小時預測「流量」以及由道路封閉資訊中提取出之「封閉位置」、「封閉車道數」、「封閉長度」等資訊帶入施工速率績效表進行查表。該案例路段為 3 車道，施工預測封閉內 1、2 車道，並開放路肩行駛，因此屬於 4 車道封閉 2 車道情境，封閉長度為 300 公尺，假設透過步驟三預測 15:00 之車流量為 2,250，綜合查表後得到速率預測值為 93.24 公里/小時。
- 五、步驟五：將上步驟速率預測結果帶入壅塞機率轉換表將行車速率轉換為壅塞機率進行對外資訊推播服務應用。該施工案例於 13:00 之速率預測值為 93.24 公里/小時，因此對照壅塞機率轉換表得知預測值坐落區間為 100-90 公里/小時，且根據一般定義高速公路之壅塞速率為 40 公里/小時，塞機率轉換表中，速率為 40 公里/小時以下之機率為 0.19%(0.15+0.04)。因此該施工案例若於 13:00 時段進行施工，該路段發生壅塞之機率為 0.19%。

Step 1.
由道路封閉資訊中提取出
【星期別】、【時間】、
【封閉車道數】、【封閉長
度】等資訊

道路封閉資訊	
施工日期	109-08-13(四) 星期別 18:00
封閉時間	11:00~18:00 時間
封閉路段	主線：國道三號北南往南側交流道至南側交流道
封閉長度	146k+700~146k+400 內1、2車道 封閉車道

Step 2.
【星期別】及【時間】資訊
作為交通流量預測模型之輸
入值。
◆星期別：星期四(Thu.)
◆時間：13:00、14:00、
15:00、16:00、17:00、
18:00

index	Mon.	Tue.	Wed.	Thu.	...	Sun.	hr 0	hr 1	...	hr 13	hr 14	hr 15	hr 16	hr 17	hr 18	hr 19	...	hr 23
1	0	0	0	1	...	0	0	0	...	1	0	0	0	0	0	0	...	0
2	0	0	0	1	...	0	0	0	...	0	1	0	0	0	0	0	...	0
3	0	0	0	1	...	0	0	0	...	0	0	1	0	0	0	0	...	0
4	0	0	0	1	...	0	0	0	...	0	0	0	1	0	0	0	...	0
5	0	0	0	1	...	0	0	0	...	0	0	0	0	1	0	0	...	0
6	0	0	0	1	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0	1	0	...	0

Step 3.
交通流量預測模型輸出
13:00~18:00每小時之【流
量】

index	Volume
1	1,900
2	2,400
3	2,550
4	2,800
5	3,130
6	3,250

Step 4.
將每小時預測【流量】以及
由道路封閉資訊中提取出之
【封閉車道數】、【封閉長
度】帶入施工速率績效表進
行查表。

車道數	施工區長度	施工區位置	沒有封閉	4車道							
				封閉一車道		封閉二車道		封閉三車道		封閉四車道	
				內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道
1000	100m	114.74	沒有封閉	95.62	94.75	91.73	95.45	95.44	95.50	95.43	94.35
	200m			95.63	94.76	91.73	95.44	95.46	95.39	94.26	92.96
	300m			95.62	94.75	91.72	95.44	95.46	95.39	94.26	92.96
	100m			94.87	94.00	91.22	94.75	94.68	94.77	93.28	91.20
1500	200m	114.49	沒有封閉	94.87	94.00	91.20	94.71	94.64	94.76	93.20	90.86
	300m			94.86	93.95	91.20	94.66	94.57	94.73	93.04	90.95
	100m			94.14	93.29	90.67	94.03	93.81	93.99	48.78	49.16
	200m			94.12	93.29	90.64	93.98	93.72	93.97	48.76	48.77
2500	300m	300m	沒有封閉	94.11	93.27	90.67	93.95	93.73	93.94	48.72	48.07
	100m			93.53	92.65	90.24	93.28	93.17	93.46	38.47	37.01
	200m			93.56	92.62	90.25	93.24	93.09	93.37	38.45	37.00
	300m			93.57	92.66	90.25	93.24	93.09	93.37	38.45	37.00

各情境速率績效表

(3)由Step 3預測15:00流量為2,550

(4)施工區長度為300m

(5)查表所得之速率預測值

Step 5.
將上步驟速率預測結果帶入
壅塞機率轉換表將行車速率
轉換為壅塞機率進行對外資
訊推播服務應用。

(1)由Step 4得到速率為93.24km/hr

(2)高速公路壅塞速率為40以下，
因此該案例壅塞機率為0.15+0.04=0.19%

預測值坐落區間 (km/hr)	對外播報方式	
	播報速率	播報機率(%)
...	...	...
100-90	...	79.38
110-100	...	9.73
80-70	...	6.97
70-60	...	2.36
60-50	...	0.94
50-40	...	0.25
40-30	...	0.15
30-20	...	0.04
...	...	...
90-80	...	41.09
...	...	29.33
70-60	...	6.30
60-50	...	2.79
110-100	...	2.55
50-40	...	2.06
40-30	...	0.97
30-20	...	0.36
...	...	...

壅塞
機率
轉換
表

資料來源：本計畫繪製

圖 4.80 結合施工事件之路況進階應用範例

4.5 非常態交通量預測模式構建-以事故事件為例

4.5.1 相關文獻回顧

本計畫透過事故影響預測相關研究文獻之蒐集工作，瞭解大部分事故預測可能採用之方法、預測範圍及內容、評估採用之指標以及評估結果，以做為後續構建本計畫事故影響預測之參考(如下表所示)。

表 4-46 事故影響預測相關文獻回顧彙整

資料來源：本計畫彙整

作者	預測範圍	預測內容	預測模式	評估指標	評估結果
張舜棋(2020)	市區道路	● 事故分類	● 羅吉斯迴歸、 ● 前逐步迴歸	ACC	● 70%
郭小剛與李彤 (2019)	-	● 交通事故嚴重性	● 隨機森林 ● 邏輯迴歸	ACC	● 75%
王蕾等人 (2019)	高速公路 隧道	● 交通事故形態 ● 交通事故嚴重程度 ● 交通事故持續時間	● 貝氏模型 ● 隨機森林 ● 倒傳遞神經網路 ● 支援向量機	ACC	● 84% ● 50% ● 70%
季芳等人 (2018)	高速公路	● 事故嚴重等級	● 基於粒子群優化演算法的倒傳遞神經網路	ACC	● 89.6%
覃薇(2017)	高速公路： 山嶺重丘區 平原微丘區	● 事故發生規律	● 負二項迴歸 ● 類神經網路	MRE	● 8.705% ● 6.651%
鄒啟俊(2014)	高速公路	● 事故延遲時間 ● 等候車隊長度	● 類神經網路	MAPE	● 22% ● 28%
魏健宏與葉妙 珊(2011)	市區道路	● 事故延遲時間	● 倒傳遞類神經網路	MAPE	● 29.85%
許正憲(2006)	高速公路	● 事故延遲時間 ● 事故影響下旅行時間	● 倒傳遞類神經網路	MAPE	● 10.70%- 17.31% ● 5.79%- 28.16%

張舜棋(2020)^[78]以資料探勘技術挖掘號誌化路口所潛藏之道路交通事故

風險因子，探索各項因子與事故嚴重程度、發生頻率與風險程度間之關聯性。研究以臺中市 2018 年之道路交通事故資料篩選出發生於號誌化路口之事故進行分析，先依其不同嚴重程度、發生頻率高低與風險程度大小將事故資料劃分為數個群體，再透過資料探勘技術中之關聯規則分析(Association rule analysis)探討不同嚴重程度、發生頻率與風險程度之號誌路口事故影響因子，以及各因子間之關聯性，討論各種群體間影響因子的差異，再進一步以羅吉斯迴歸模型(Logistic regression)以向前逐步迴歸建構號誌化路口事故分類預測模式，結果顯示三種預測模式所涵蓋之影響因子不盡相同，整體預測準確率均達 70%以上。

郭小剛與李彤(2019)^[79]以隨機森林模式及邏輯迴歸模式建立交通事故嚴重程度預測模型，而事故嚴重程度分為輕度事故、中度事故、重度事故，研究採用某個國家 2013~2014 年之道路交通事故數據，且指出速限、事故發生地點、事故發生時間、天氣狀況、光線條件等特徵值對於交通事故嚴重程度有較顯著的影響，並以準確率(ACC)做為模式評估指標，結果顯示隨機森林模型預測準確率為 75%，較邏輯迴歸模型之 71%表現良好。

王蕾等人(2019)^[80]為提高高速公路隧道交通事故預測之準確率，以西漢高速秦嶺某隧道群的 496 起交通事故做為研究對象，對影響公路隧道交通事故預測的道路環境因子進行相關性分析，針對不同預測類別選定具有顯著影響的主要變數，通過貝氏模型(Bayesian model)、隨機森林模型(Random forest model)、倒傳遞神經網路模型和支援向量機模型(Support vector machine)分別對公路隧道交通事故形態、嚴重程度、傷亡情況和持續時間進行預測，研究結果顯示：一、隨機森林模型在預測公路隧道交通事故形態時最為可靠，準確率約為 84%；二、在對公路隧道交通事故嚴重程度和傷亡情況進行預測時可優先考慮貝氏模型，其對重大或特重大事故的預測準確率達 50%；三、選擇隨機森林模型做為公路隧道交通事故持續時間的預測模型，絕對誤差為 20 分鐘時模型準確率將超過 70%。

季芳等人(2018)^[81]針對傳統預測模型在多因素方面下無法對交通事故做出有效預測的問題，採用基於粒子群優化演算法(Particle Swarm Optimization, PSO)的倒傳遞神經網路建立了交通事故嚴重等級預測模型。該模型是以影響因素／事故嚴重等級的輸入輸出形式實現對事故的預測。研究以大陸地區昆石高速公路的事故資料對模型進行預測驗證，得到模型的預測結果準確率為 89.6%，證明該模型可用於事故嚴重等級的預測；然後在該模型的基礎上進行設定情境的模擬，預測得出設定情境下的事故嚴重等級；最後通過模型的模擬結果分析得出事故發生規律。模擬結果顯示在以下幾種情況更易發生嚴重事故：行車時

間為凌晨 0:00 至 8:00；天氣狀況為雨天和霧天；道路曲線半徑在 0 至 600 公尺；車輛類型為重型貨車等。

覃薇(2017)^[82]基於事故資料統計分析及類神經網路技術進行高速公路事故預測研究，以基於負二項回歸分析的變數選擇方法，分別構建山嶺重丘區、平原微丘區高速公路神經網路事故預測模型，以呼應以上兩種高速公路地形條件對應之不同高速公路設計標準，並在最後提出基於敏感性分析的網路模型驗證方法。研究首先選擇了遼寧省及廣東省的九條高速公路做為研究對象，並對其事故資料及其關聯資料進行處理與組織，根據公路幾何線形按同質法將高速公路劃分成滿足研究需求的事故預測單元，根據負二項分佈進行事故影響因素的分析及變數選擇工作。然後，根據所研究問題特性，採用 Elman 類神經網路標定山嶺重丘區及平原微丘區高速公路神經網路事故預測模型，由測試結果可知這兩類地形條件下預測模型網路的通用化能力均提升。通過已標定完成的事故預測模型分析各輸入變數的靈敏度，驗證這兩類模型均具有正確性與有效性。最終分別對山嶺重丘區、平原微丘區事故預測模型進行應用分析，預判事故發生規律，應用平均相對誤差(Mean Relative Error, MRE)分別為 8.705%和 6.651%。

鄒啟俊(2014)^[83]以國道五號為研究對象，整理國內不同高速公路事故資料庫以找到對應事故之延遲時間、等候車隊長度等事故衝擊特性，並蒐集對應之車輛偵測器資料，進行交通事故延遲時間及車隊等候長度推估，最後建立類神經網路預測模式。研究結果顯示，模式具有準備事故延遲時間、車隊等候程度之預測能力，MAPE 值分別為 22%及 28%，對於用路人可有助於滿足真實生活之交通需求，可做為高速公路管理單位在實際應用上的參考依據。

魏健宏與葉妙珊(2011)^[84]建構一套市區事故延遲預測模式以預測事故造成之延遲時間長度，用以輔助行經事故地點之駕駛有充足準備以減緩車流之衝擊，提升總體交通事件管理績效。研究以高雄市台一線民族路做為分析對象，透過高雄市交通大隊所紀錄之事故歷史資料，及高雄市智慧運輸中心車輛偵測器等資料進行彙整，篩選出影響事故延遲時間組成之影響因子，最後利用倒傳遞類神經網路(BPN)建立一套事件持續時間預測模型，預測意外事故從發生到排除的持續時間。該研究構建之事故延遲預測模式採用平均絕對誤差率(MAPE)指標進行績效評估，MAPE 值為 29.85%。

許正憲(2006)^[85]融合國道客運班車 GPS 資料、車輛偵測器資料、事故發生資料等真實數據，透過倒傳遞類神經網路(BPN)構建事故延時預測模式。係以智慧型運輸系統先進旅行者資訊系統為目標，利用即時交通資料預測未來高速

公路的旅行時間。採用平均絕對誤差率(MAPE)指標進行績效評估，研究結果顯示，所構建之事故延時預測模式績效為 10.70%，屬於「優良預測」等級；事故影響下旅行時間預測模式績效為 5.79%-28.16%，均屬於「合理預測」等級；一般狀況下旅行時間預測模式績效為 8.27%-14.72%，均屬於「優良預測」等級。統計分析相關。

4.5.2 預測模式構建與驗證

交通事故預測為一項重要且困難之研究課題，尤其隨時空範圍的擴大，預測困難度亦會隨之提升，主因為交通事故事件在時空範圍中相對稀疏，且在不同時空環境背景下所發生之事故同質性低，難以掌握其趨勢。鑒於此，本計畫針對高速公路交通事故影響進行分析，並建構其預測模式，期能提供有效之交通資訊做為相關單位交通控制策略研擬之參考。以下就高速公路事故影響之交通預測與分析模式構建與預測結果進行說明，並彙整流程如圖 4.81 所示。

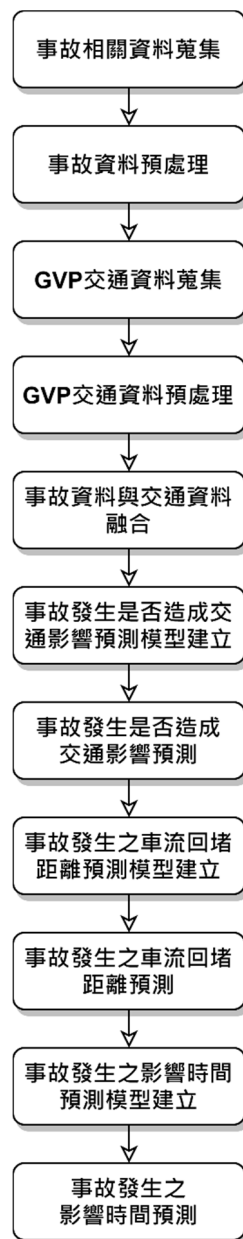
一、事故資料蒐集

事故發生後對於交通之影響程度高低，取決於事故之嚴重性，而事故之嚴重性除歸咎於駕駛者自身行為(人)及車輛性能(車)外，事故地點之道路特性(路)及時空環境條件(環境)亦影響甚劇。因此本計畫針對事故事件進行相關影響特徵蒐集，事故資料來源為內政部警政署國道公路警察局道路交通事故調查報告表，該調查表之原始資料內容針對高速公路交通事故詳細記錄 31 項事故屬性，本計畫依其特性進行歸納，主要可分為三類，包含事故環境資料、道路幾何特性資料及事故特性資料，交通事故調查報告表原始資料欄位與內容彙整如表 4-47。

二、事故資料預處理

1. 事故資料清洗

本計畫透過內政部警政署國道公路警察局道路交通事故調查報告表蒐集到 2019 年 10 月~2020 年 3 月國道 1 號中部路段(100~252K)之事故資料，原始資料共計 2,640 筆，剔除異常時間登記、資料缺失、資料重覆等內容後，資料筆數為 1,965 筆，事故原始資料部分內容示意如圖 4.82 所示。



資料來源：本計畫繪製

圖 4.81 事故影響預測模式建構流程

表 4-47 交通事故調查報告表原始資料欄位與內容

資料來源：內政部警政署國道公路警察局、本計畫彙整

屬性	分類及分項		資料內容
事故環境	發生日期		年/月/日
	發生時間		時/分/秒
	發生地點	縣市	縣市名稱
		市區鄉鎮	市區鄉鎮名稱
		公路名稱	國道/省道/縣道/鄉道名稱
		里程數-公里	里程公里數
		里程數-公尺	里程公尺數
	天候條件		暴雨、強風、風沙...等共 8 類

屬性	分類及分項		資料內容
	光線條件		日間、晨或暮光、夜間有照明、夜間無照明
道路幾何特性	道路類別		國道、省道、縣道...等共 8 類
	速限		道路速限
	道路型態		多岔路、隧道、直路...等共 17 類
	路面狀況	路面鋪裝	柏油、水泥...等共 5 類
		路面狀態	冰雪、泥濘...等共 5 類
		路面缺陷	路面鬆軟、高低不平、有坑洞、無缺陷
	道路障礙	障礙物類別	道路工事中、有堆積物...等共 5 類
		視距	彎道、坡道...等共 7 類
	號誌	號誌種類	行車管制號誌、閃光號誌...等共 4 類
		號誌動作	正常、不正常、無動作、無號誌
	車道劃分設施	分向設施	中央分向島、雙向禁止超車...等共 10 類
		快車道或一般車道間	禁止變化車道線(附標記)、禁止變化車道線(無標記)...等共 5 類。
		快慢車道間	寬式快慢分隔島、窄式快慢分隔島...共 5 類
		路面邊緣	有、無
事故特性	事故類別		A1、A2、A3
	死亡人數	24 小時內	24 小時內死亡人數
		2-30 日內	2-30 日內死亡人數
	受傷人數		受傷人數
	事故位置		加速車道、減速車道、直線匝道...等共 22 類
	事故類型及型態		對撞、對向擦撞、追撞、倒車撞...等共 34 類
	肇因研判類別		違規超車、蛇行、逆向...等共 67 類
	當事者車種		大客車、大貨車、小客車...等共 47 類

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	發生日期	發生時間	事故類別名稱	發生縣市	發生市區	發生路段	發生路線-公里	發生路線-公尺	發生路線-向車	24小時內死亡人數	2-30日內死亡人數	受傷人數	天候	光線	道路類別(第1當事者)	速限(第1當事者)
9	2020/2/25	042332	A1	臺中市	烏日區	國道1號	187	200	南	1	0	1	8	4	1	90
140	2020/1/14	191000	A2	雲林縣	四埤鎮	國道1號	234	300	南	0	0	1	8	1	1	110
146	2020/1/31	154300	A2	雲林縣	四埤鎮	國道1號	233	500	北	0	0	2	8	1	1	110
147	2020/1/7	161031	A2	彰化縣	埤頭鄉	國道1號	220	0	北	0	0	1	8	1	1	50
148	2020/1/8	100000	A2	彰化縣	埤頭鄉	國道1號	218	600	北	0	0	1	8	1	1	90
149	2020/1/10	050000	A2	彰化縣	大村鄉	國道1號	205	700	南	0	0	1	8	4	1	110
150	2020/1/10	160800	A2	彰化縣	大村鄉	國道1號	207	400	南	0	0	1	8	1	1	110
151	2020/1/15	032014	A2	彰化縣	溪州鄉	國道1號	225	300	北	0	0	1	8	4	1	90
152	2020/1/16	135900	A2	彰化縣	溪湖鎮	國道1號	213	900	南	0	0	1	8	1	1	110
153	2020/1/21	002300	A2	彰化縣	埤頭鄉	國道1號	217	700	北	0	0	1	8	3	1	90
154	2020/1/24	082300	A2	彰化縣	彰化市	國道1號	193	0	北	0	0	1	8	1	1	60
155	2020/1/29	115948	A2	彰化縣	彰化市	國道1號	196	600	北	0	0	1	8	1	1	110
156	2020/1/2	164200	A2	臺中市	大雅區	國道1號	173	600	南	0	0	1	8	2	1	110
157	2020/1/8	143413	A2	臺中市	西屯區	國道1號	174	400	北	0	0	2	8	1	1	110
158	2020/1/7	005936	A2	臺中市	神岡區	國道1號	165	600	南	0	0	2	8	3	1	110
159	2020/1/14	181623	A2	臺中市	潭子區	國道1號	169	200	南	0	0	2	8	4	1	110
160	2020/1/26	092612	A2	臺中市	潭子區	國道1號	171	200	北	0	0	1	6	1	1	110
162	2020/1/9	094030	A2	苗栗縣	造橋鄉	國道1號	119	200	南	0	0	2	8	4	1	90
163	2020/1/18	231500	A2	苗栗縣	頭屋鄉	國道1號	127	700	南	0	0	2	8	4	1	100
166	2020/1/15	054900	A2	新竹縣	寶山鄉	國道1號	101	900	北	0	0	1	8	1	1	100
289	2020/2/5	103806	A2	雲林縣	四埤鎮	國道1號	232	0	北	0	0	2	8	1	1	110
290	2020/2/6	184200	A2	雲林縣	四埤鎮	國道1號	234	600	南	0	0	4	8	3	1	110
292	2020/2/8	173000	A2	彰化縣	埤頭鄉	國道1號	220	0	北	0	0	2	8	3	1	50
293	2020/2/9	194800	A2	彰化縣	溪湖鎮	國道1號	210	300	北	0	0	3	8	3	1	110
294	2020/2/10	114800	A2	彰化縣	溪州鄉	國道1號	222	400	南	0	0	2	8	1	1	110
295	2020/2/11	140031	A2	彰化縣	大村鄉	國道1號	206	800	南	0	0	1	7	1	1	110
296	2020/2/13	223100	A2	臺中市	大肚區	國道1號	188	800	南	0	0	1	8	3	1	40
297	2020/2/27	194200	A2	彰化縣	埤頭鄉	國道1號	217	700	北	0	0	3	8	1	1	90
298	2020/2/27	153300	A2	彰化縣	溪州鄉	國道1號	222	500	北	0	0	3	8	1	1	110
299	2020/2/18	203300	A2	臺中市	烏日區	國道1號	186	600	南	0	0	3	8	3	1	110
300	2020/2/29	132448	A2	彰化縣	彰化市	國道1號	193	0	北	0	0	1	8	1	1	50
301	2020/2/26	165537	A2	臺中市	潭子區	國道1號	172	0	南	0	0	1	8	1	1	110
307	2020/2/1	160051	A2	苗栗縣	造橋鄉	國道1號	121	500	南	0	0	4	8	1	1	100

資料來源：內政部警政署國道公路警察局

圖 4.82 事故原始資料部分內容示意

2. 事故資料特徵篩選

並非每項原始資料特徵皆適合用於後續模式建構使用，本計畫以下列四項原則進行資料欄位特徵人工初步篩選，由原始資料特徵中選定後續建構預測模式採用之特徵值，並將事故資料特徵篩選結果彙整如表 4-48。

- (1) 預測當下無法立即取得之特徵：用於建構預測模式之特徵需考量進行預測的當下是否能夠取得，以本計畫事故資料為例，諸如「24 小時內死亡人數」、「2-30 日內死亡人數」、「受傷人數」、「肇因研判子類別代碼-主要」皆為在事故當下無法立即取得的資料，因此予以排除。
- (2) 特徵與國道範圍無關：由於本計畫研究範圍為高速公路主線，調查表原始資料中的「道路類別(第 1 當事者)代碼」、「道路型態子類別代碼」、「號誌-號誌種類代碼」、「號誌-號誌動作代碼」皆無須於後續建構模式中使用，因此予以排除。
- (3) 特徵之情境資料稀少：「路面狀況-路面鋪裝代碼」特徵中之情境包含「1 柏油」、「2 水泥」、「4 其他鋪裝」，而 99.8% 以上之資料情境皆為「1 柏油」，資料稀疏並無明顯的資料區隔現象，「路面狀況-路面缺陷代碼」亦如此，因此皆予以排除。
- (4) 特徵與影響事故嚴重程度無關：「車道劃分設施-分向設施子類別代碼」、「車道劃分設施-分道設施-快慢車道間代碼」、「車道劃分設施-分道設施-路面邊線代碼」三項特徵明顯與影響事故嚴重程度無關，因此皆予以排除。

表 4-48 事故資料特徵篩選結果彙整

資料來源：本計畫彙整

項次	原始資料既有特徵	資料存在之情境	是否保留
1	事故發生日期時間	年/月/日 時/分	是
2	24 小時內死亡人數	連續值	否，事故當下無法立即取得。
3	2-30 日內死亡人數	連續值	否，事故當下無法立即取得。
4	受傷人數	連續值	否，事故當下無法立即取得。
5	天候	1 暴雨 4 霧或煙 6 雨 7 陰 8 晴	是
6	光線	1 日間自然光 2 晨或暮光 3 夜間有照明 4 夜間無照明	是
7	道路類別(第 1 當事者)代碼	1 國道 7 專用道路 8 其他	否，本計畫事故資料皆為國道資料。
8	速限	公里/小時	是
9	道路型態子類別代碼	3 三岔路 4 四岔路 5 多岔路 9 涵洞 10 高架道路 11 彎曲路及附近 12 坡路 14 直路 15 其他 16 圓環 17 廣場	否，本計畫事故資料皆為國道資料。
10	事故位置子類別代碼	1 交岔路口內 2 交岔口附近 5 交通島(含槽化線) 6 迴轉道 7 快車道 8 慢車道 9 一般車道(未劃分快慢車道) 13 路肩、路緣 14 加速車道 15 減速車道 16 直線匝道	是

項次	原始資料既有特徵	資料存在之情境	是否保留
		17 環道匝道 22 其他	
11	路面狀況-路面鋪裝代碼	1 柏油 2 水泥 4 其他鋪裝	否，99.8%資料皆為【1 柏油】。
12	路面狀況-路面狀態代碼	4 濕潤 5 乾燥	是
13	路面狀況-路面缺陷代碼	2 突出(高低)不平 4 無缺陷	否，【2 突出(高低)不平】僅有 2 筆資料。
14	道路障礙-障礙物代碼	1 道路工事(程)中 3 路上有停車 4 其他障礙物 5 無障礙物	是
15	道路障礙-視距代碼	● 不良 1 彎道 2 坡道 4 樹木、農作物 5 路上停放車輛 6 其他 ● 良好 7 良好	是
16	號誌-號誌種類代碼	4 無號誌	否，本計畫事故資料皆為國道無號誌資料。
17	號誌-號誌動作代碼	4 無號誌	否，本計畫事故資料皆為國道無號誌資料。
18	車道劃分設施-分向設施子類別代碼	1 寬式 10 無分向設施	否，與影響事故嚴重程度無關。
19	車道劃分設施-分道設施-快車道或一般車道間代碼	1 禁止變換車道線(附標記) 2 禁止變換車道線(無標記) 3 車道線(附標記) 4 車道線(無標記) 5 未增設車道線	否，與影響事故嚴重程度無關。
20	車道劃分設施-分道設施-快慢車道間代碼	1 寬式快慢車道分隔島(50 公分以上) 2 窄式快慢車道分隔島(附柵欄) 3 窄式快慢車道分隔島(無柵欄) 4 快慢車道分隔線 5 未增設快慢車道分隔線	否，與影響事故嚴重程度無關。
21	車道劃分設施-分道設施-路面邊緣代碼	1 有 2 無	否，與影響事故嚴重程度無關。
22	事故類型及型態子類別代碼	● 人與車 5 在路上作業中 9 其他 ● 車與車 10 對撞	是

項次	原始資料既有特徵	資料存在之情境	是否保留
		11 對向擦撞 12 同向擦撞 13 追撞 14 倒車撞 15 路口交叉撞 16 側撞 17 其他 ● 汽車本身 18 路上翻車、摔倒 19 衝出路外 20 撞護欄(樁) 21 撞號誌、標誌桿 23 撞交通島 24 撞非固定設施 25 撞橋樑、建築物 26 撞路樹、電桿 27 撞動物 28 撞工程施工 29 其他	
23	肇因研判子類別代碼-主要	● 駕駛人 1 違規超車 4 爭(搶)道行駛 6 未依規定讓車 7 變換車道或方向不當 8 左轉彎未依規定 9 右轉彎未依規定 10 迴轉未依規定 12 倒車未依規定 14 未依規定減速 16 未保持行車安全距離 17 未保持行車安全間隔 18 停車操作時，未注意其他車(人)安全 19 起步未注意其他車(人)安全 21 酒醉(後)駕駛失控 22 疲勞(患病)駕駛失控 23 未注意車前狀態 26 違反特定標誌(線)禁制 ● 裝載 30 裝載貨物不穩妥 35 裝載未盡安全措施 37 其他裝載不當肇事 ● 其他 38 違規停車或暫停不當而肇事 39 拋錨未採安全措施 40 開啟車門不當而肇事	否，事故當下無法立即取得。

項次	原始資料既有特徵	資料存在之情境	是否保留
		41 使用手持行動電話失控 42 其他引起事故之違規或不當行為 43 不明肇事原因 ● 無(車輛駕駛人因素) 44 尚未發現肇事因素 ● 機件 45 煞車失靈 48 車輪脫落或輪胎爆裂 49 車輛零件脫落 50 其他引起事故之故障 ● 交通管制(設施) 62 交通管制設施失靈或損毀 ● 無(非車輛駕駛人因素) 66 動物竄出 67 尚未發現肇事因素	
24	當事者區分(類別)子類別代碼(車種)	● 大客車 A02 民營公車 A04 民營客運 A05 遊覽車 A06 自用大客車 ● 大貨車 A11 營業用 A12 自用 ● 全聯結車 A21 營業用 A22 自用 ● 半聯結車 A31 營業用 A32 自用 ● 曳引車 A41 營業用 A42 自用 ● 小客車 B01 計程車 B02 租賃車 B03 自用 小貨車 B11 營業用 B12 自用 ● 機車 C03 普通重型 ● 其他車 G06 其他車 ● 人 H03 其他人	是

3. 特徵重新編碼與命名

將原始特徵內容進行調整或合併，以表 X「事故位置子類別代碼」為例，將原始特徵內容「7 快車道」調整為「1.快車道」、「13 路肩、路緣」調整為「2.路肩、路緣」、…、「17 環道匝道」調整為「6.環道匝道」、「1、2、5、6、8、9、22」合併且調整為「7.其他」，並將上述內容分別重新命名為「acclocation0」、「acclocation2」、…、「acclocation6」，其他特徵內容調整、編碼與重新命名彙整如表 4-49，並擷取部分資料型態如圖 4.83 所示。

4. 特徵編碼轉換

在建構機器學習模式過程中，需要將非連續型的特徵(亦即分類型)進行轉換後再做為模型之輸入值，以天氣相關特徵值為例，共分為 1 暴雨、2 霧或煙、3 雨、4 陰、5 晴，5 項取值，使用獨熱編碼(One-Hot Encoding)方式進行轉換後會變為一個 5 維稀疏向量：暴雨表示為[10000]、霧或煙表示為[01000]、雨表示為[00100]、陰表示為[00010]、晴表示為[00001]，上述資料型態只會有某一維取值為 1，其它維位置取值均為 0。其他非連續型資料型態之特徵，如星期別(weekday)、小時(hour)、光線(light)、事故位置(acclocation)、路面狀態(pavementstate)、障礙物(obscale)、視距(sight)、事故型態(acctype)及當事人車種(cartype)，亦以同樣方式進行資料處理，如圖 4.84 所示。

表 4-49 原始特徵內容重新編碼與命名彙整結果表

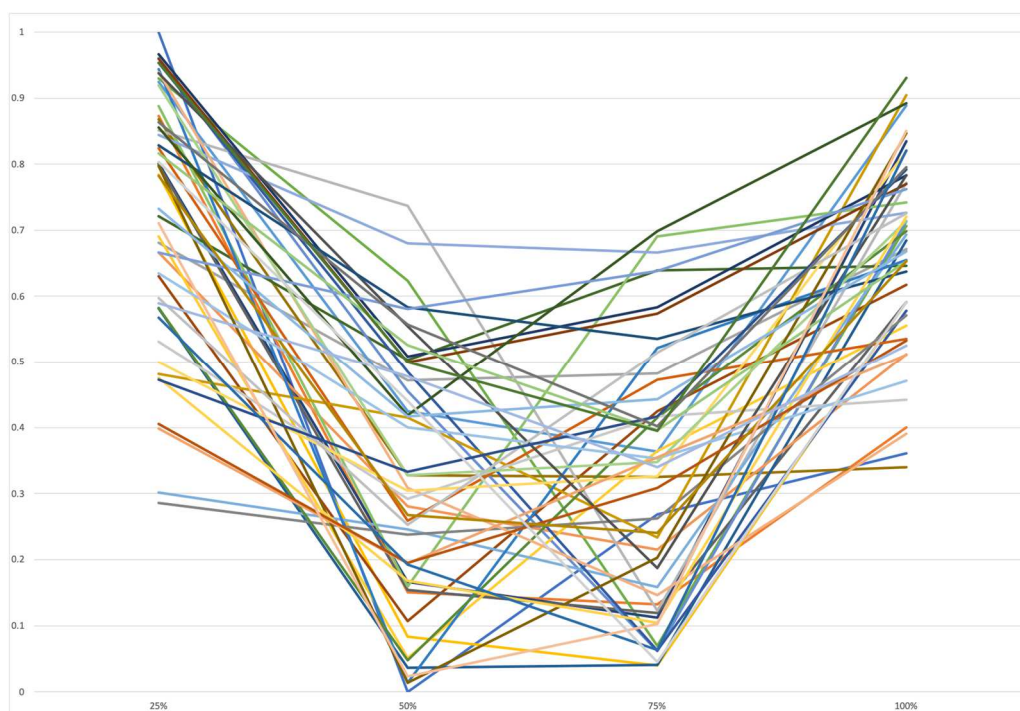
資料來源：本計畫彙整

項次	原始特徵名稱	原始特徵內容	特徵內容調整與編碼	特徵重新命名
1	事故發生日期時間	年/月/日 時/分	● 年/月/日→星期一~星期日 ● 時/分→0 時~23 時	● weekday0~weekday6 ● hour0~hour23
2	天候	1 暴雨 4 霧或煙 6 雨 7 陰 8 晴	● 1.暴雨 ● 2.霧或煙 ● 3.雨 ● 4.陰 ● 5.晴	● weather0 ● weather1 ● weather2 ● weather3 ● weather4
3	光線	1 日間自然光 2 晨或暮光 3 夜間有照明 4 夜間無照明	無須調整	● light0 ● light1 ● light2 ● light3
4	速限	公里/小時	無須調整	speedlimit
5	事故位置子類別代碼	1 交岔路口內 2 交岔口附近 5 交通島(含槽化線) 6 迴轉道	● 7→1.快車道 ● 13→2.路肩、路緣 ● 14→3.加速車道 ● 15→4.減速車道	● acclocation0 ● acclocation1 ● acclocation2 ● acclocation3

項次	原始特徵名稱	原始特徵內容	特徵內容調整與編碼	特徵重新命名
		7 快車道 8 慢車道 9 一般車道(未劃分快慢車道) 13 路肩、路緣 14 加速車道 15 減速車道 16 直線匝道 17 環道匝道 22 其他	● 16→5.直線匝道 ● 17→6.環道匝道 ● 1、2、5、6、8、9、22→7.其他	● acclocation4 ● acclocation5
6	路面狀況-路面狀態代碼	4 濕潤 5 乾燥	● 4→1.濕潤 ● 5→2.乾燥	● pavementstate0 ● pavementstate1
7	道路障礙-障礙物代碼	1 道路工事(程)中 3 路上有停車 4 其他障礙物 5 無障礙物	● 1.道路工事(程)中 ● 3、4→2.其他障礙物 ● 5→3.無障礙物	● obstacle0 ● obstacle1 ● obstacle2
8	道路障礙-視距代碼	● 不良 1 彎道 2 坡道 4 樹木、農作物 5 路上停放車輛 6 其他 ● 良好 7 良好	● 1.彎道 ● 2.坡道 ● 4、5、6→3.其他 ● 7→4.良好	● sight0 ● sight1 ● sight2 ● sight3
9	事故類型及型態子類別代碼	● 人與車 5 在路上作業中 9 其他 ● 車與車 10 對撞 11 對向擦撞 12 同向擦撞 13 追撞 14 倒車撞 15 路口交叉撞 16 側撞 17 其他 ● 汽車本身 18 路上翻車、摔倒 19 衝出路外 20 撞護欄(樁) 21 撞號誌、標誌桿 23 撞交通島 24 撞非固定設施 25 撞橋樑、建築物	● 10、11→1.對撞 ● 12→2.同向擦撞 ● 13→3.追撞 ● 14→4.倒車撞 ● 18~29→5.自撞 ● 5、9、15、16、17→6.其他	● acctype0 ● acctype1 ● acctype2 ● acctype3 ● acctype4 ● acctype5

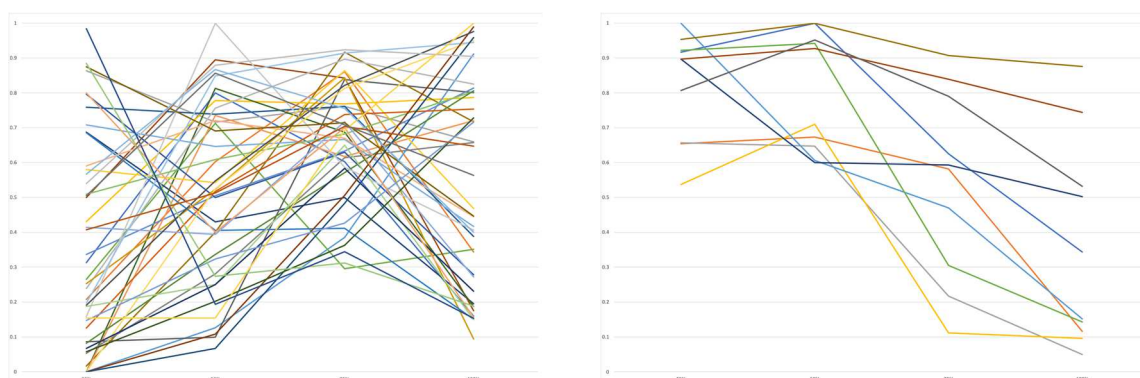
項次	原始特徵名稱	原始特徵內容	特徵內容調整與編碼	特徵重新命名
		26 撞路樹、電桿 27 撞動物 28 撞工程施工 29 其他		
10	當事者區分(類別)子類別代碼(車種)	● 大客車 - A02 民營公車 - A04 民營客運 - A05 遊覽車 - A06 自用大客車 ● 大貨車 - A11 營業用 - A12 自用 ● 全聯結車 - A21 營業用 - A22 自用 ● 半聯結車 - A31 營業用 - A32 自用 ● 曳引車 - A41 營業用 - A42 自用 ● 小客車 - B01 計程車 - B02 租賃車 - B03 自用 ● 小貨車 - B11 營業用 - B12 自用 ● 機車 - C03 普通重型 ● 其他車 - G06 其他車 ● 人 - H03 其他人	● A02、A04、A05、A06→1.大客車 ● A11、A12→2.大貨車 ● A21、A22→3.全聯結車 ● A31、A32→4.半聯結車 ● A41、A42→5.曳引車 ● B01、B02、B03、B11、B12→6.小客(貨)車 ● C03、G06、H03→7.其他	● cartype0 ● cartype1 ● cartype2 ● cartype3 ● cartype4 ● cartype5 ● cartype6

因可能包含 GPS 訊號不穩定導致資料捕捉異常，或是該事故發生時道路本來已經呈現壅塞狀態，導致無法有效捕捉到車流變化趨勢，因此針對上述異常狀況資料則予以剔除，此時資料筆數為 462 筆。



資料來源：本計畫繪製

圖 4.85 以 GVP 分析事故發生之車流變化趨勢—U 型



資料來源：本計畫繪製

圖 4.86 以 GVP 分析事故發生之車流變化趨勢—不規則型

2. 有效資料之車流參數分析彙整

經上述篩選過程後，以表 4-50 中某一起對交通造成影響之事故資料為例進行 GVP 分析說明，警政相關單位所記錄之事故發生時間及排除時間分別為 10:44 及 11:03，透過 GVP 分析得到該筆事故於 11:05 時捕捉到最長回堵距離為 1,006 公尺，並且由每 5 分鐘之速率趨勢資料得知於 11:20 時車流狀態恢復正常，亦即車速恢復為 105 公里小時，該速率接近事故未發生前之

速率(10:40 速率為 104 公里小時)，而整起事故的總影響時間應為 36 分鐘(10:44 ~ 11:20)，而非警政相關單位紀錄所得到的 19 分鐘(10:44 ~ 11:03)。

表 4-50 以 GVP 資料分析有影響事故之相關交通參數資訊

資料來源：本計畫彙整

id	發生時間	排除時間	每 5 分鐘時階	回堵長度	速率	流量
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	10:30:00	null	101	95
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	10:35:00	null	111	128
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	10:40:00	null	104	147
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	10:45:00	null	90	246
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	10:50:00	338.57	32	449
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	10:55:00	795.09	31	104
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	11:00:00	855.29	33	585
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	11:05:00	1,006.17	59	763
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	11:10:00	null	78	198
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	11:15:00	null	98	98
837	2019/10/5 10:44	2019/10/5 11:03	11:20:00	null	105	144

本計畫透過上述方式，針對每筆事故資料透過 GVP 分析分別蒐集其事故發生前車流量、事故發生前速率、事故發生當下車流量、事故發生當下速率、事故發生最長回堵距離、事故影響時間，共 6 項資訊，以表 X 中一筆事故為案例彙整後續用於模型建構之 6 項資訊如表 4-51 所示。

表 4-51 有影響事故相關交通參數彙整表

資料來源：本計畫彙整

項目	內容	備註
事故編號	837	-
事故發生時間	2019/10/5 10:44	-
事故發生前車流量	147	10:40
事故發生前速率	104	10:40
事故發生當下車流量	246	10:45
事故發生當下速率	90	10:45
事故發生最長回堵距離(公尺)	1,006	11:05
事故影響時間(分鐘)	36	10:44 ~ 11:20

另並非每筆事故皆會對交通造成影響，如表 4-52 中案例所示，事故發生於 11:30，透過 GVP 每 5 分鐘時階所分析之資料可知，車速率皆維持正常狀態，因此該筆案例的相關交通參數彙整方式如表 4-53 所示。

綜上，有影響事故筆數為 293 筆(剔除 2 筆離群值)，無影響事故筆數為 167 筆，總計共 460 筆事故資料做為後續模型建構使用。

表 4-52 以 GVP 資料分析無影響事故相關交通參數資訊

資料來源：本計畫彙整

id	發生時間	排除時間	每 5 分鐘時階	回堵長度	速率	流量
842	2019/10/10 11:30	2019/10/10 11:37	11:25:00	null	107	430
842	2019/10/10 11:30	2019/10/10 11:37	11:30:00	null	109	189
842	2019/10/10 11:30	2019/10/10 11:37	11:35:00	null	109	308
842	2019/10/10 11:30	2019/10/10 11:37	11:40:00	null	110	273

表 4-53 無影響事故相關交通參數彙整表

資料來源：本計畫彙整

項目	內容	備註
事故編號	842	-
事故發生時間	2019/10/10 11:30	-
事故發生前車流量	430	11:25
事故發生前速率	107	11:25
事故發生當下車流量	189	11:30
事故發生當下速率	109	11:30
事故發生最長回堵距離(公尺)	0	-
事故影響時間(分鐘)	0	10:44 ~ 11:20

四、特徵分析與提取

前述蒐集到之資料特徵種類繁多，包含透過警政單位所蒐集再經由前述章節資料預處理後之 11 大項共 77 小項(如表 X 原始特徵內容重新編碼與命名彙整結果表所示)，以及透過 GVP 分析得到的 6 項，總計 83 項，但不一定每項特徵都會影響資料的預測結果，亦可能因為無效的資料而降低分析模型之性能，因此本計畫利用皮爾森相關分析(Pearson Correlation)，計算每項特徵與預測目標(最長回堵距離及事故影響時間)間之相關係數後，剔除絕對值 0.3 以下(弱相關)之特徵，餘下之內容做為後續輸入供演算法和模型使用，藉此加強機器學習模型訓練，透過上述減少無關資料的資料降維過程，可達到降低模型計算量從而減少模型訓練時間，亦可減少資料雜訊對於模型分析的影響。由表 4-54 可知，最後保留做為模式建構使用之特徵除目標特徵(最長回堵距離及事故影響時間)外，另包含速限、事故類型及型態(acctype3：追撞)、事故發生前車流量、事故發生前速率、事故當下車流量、事故當下速率，共 7 項。

表 4-54 特徵分析結果彙整

資料來源：本計畫彙整

特徵項目	特徵內容	與 MQL 相關性	與 AIT 相關性	刪除/保留
速限	speedlimit	0.3543	0.3178	保留
星期別	weekday0	-0.0926	-0.0871	刪除
	weekday1	-0.0751	-0.0663	刪除
	weekday2	-0.1117	-0.1016	刪除
	weekday3	-0.1258	-0.0975	刪除
	weekday4	0.1165	0.0829	刪除
	weekday5	0.1488	0.1020	刪除
	weekday6	0.0338	0.0734	刪除
小時	hour0	無資料	無資料	刪除
	hour1	無資料	無資料	刪除
	hour2	無資料	無資料	刪除
	hour3	無資料	無資料	刪除
	hour4	無資料	無資料	刪除
	hour5	無資料	無資料	刪除
	hour6	無資料	無資料	刪除
	hour7	無資料	無資料	刪除
	hour8	無資料	無資料	刪除
	hour9	0.0536	0.0424	刪除
	hour10	-0.0715	-0.0311	刪除
	hour11	0.0484	0.0028	刪除
	hour12	-0.0765	-0.0135	刪除
	hour13	-0.0709	-0.0222	刪除
	hour14	-0.0198	0.0038	刪除
	hour15	0.0656	0.0499	刪除
	hour16	0.0498	0.0461	刪除
	hour17	-0.0097	-0.0341	刪除
	hour18	0.0577	0.0222	刪除
	hour19	-0.0133	0.0174	刪除
	hour20	0.0176	-0.0223	刪除
	hour21	-0.0184	-0.0299	刪除
	hour22	-0.0485	-0.0411	刪除
	hour23	-0.0629	-0.0560	刪除
天候	weather0	無資料	無資料	刪除
	weather1	無資料	無資料	刪除
	weather2	無資料	無資料	刪除
	weather3	-0.0243	-0.0125	刪除

特徵項目	特徵內容	與 MQL 相關性	與 AIT 相關性	刪除/保留
	weather4	-0.0664	-0.0424	刪除
	weather5	0.0615	0.0369	刪除
光線	light0	無資料	無資料	刪除
	light1	-0.0377	0.0264	刪除
	light2	0.0736	0.0270	刪除
	light3	-0.0854	-0.1049	刪除
	light4	0.0991	0.0595	刪除
事故位置	acclocation0	無資料	無資料	刪除
	acclocation1	0.1649	0.1500	刪除
	acclocation2	0.0962	0.0604	刪除
	acclocation3	-0.0445	-0.0438	刪除
	acclocation4	0.1019	0.1044	刪除
	acclocation5	-0.2022	-0.1543	刪除
	acclocation6	-0.0892	-0.0793	刪除
	acclocation7	-0.2027	-0.2155	刪除
路面狀態	pavementstate0	無資料	無資料	刪除
	pavementstate1	-0.0573	-0.0397	刪除
	pavementstate2	0.0573	0.0397	刪除
道路障礙物	obstacle0	無資料	無資料	刪除
	obstacle1	-0.0428	-0.0140	刪除
	obstacle2	-0.0791	-0.0851	刪除
	obstacle3	0.0896	0.0771	刪除
視距狀況	sight0	無資料	無資料	刪除
	sight1	無資料	無資料	刪除
	sight2	無資料	無資料	刪除
	sight3	-0.0451	-0.0279	刪除
	sight4	0.0451	0.0279	刪除
事故類型及型態	acctype0	無資料	無資料	刪除
	acctype1	-0.0629	-0.0743	刪除
	acctype2	-0.1222	-0.1833	刪除
	acctype3	0.3032	0.3152	保留
	acctype4	-0.1692	-0.1638	刪除
	acctype5	-0.0862	-0.0052	刪除
	acctype6	-0.1728	-0.1689	刪除
當事者車種	cartype0	無資料	無資料	刪除
	cartype1	0.0480	0.0047	刪除
	cartype2	-0.0492	-0.0489	刪除
	cartype3	0.0022	-0.0316	刪除

特徵項目	特徵內容	與 MQL 相關性	與 AIT 相關性	刪除/保留
	cartype4	-0.0238	0.0158	刪除
	cartype5	-0.0979	-0.0690	刪除
	cartype6	0.0624	0.0638	刪除
	cartype7	-0.0445	-0.0525	刪除
事故最長回堵距離	MQL	1.0000	0.7038	保留
事故發生前車流量	BASpeed	-0.3436	-0.2085	保留
事故發生前速率	BAFlow	0.4054	0.2544	保留
事故當下車流量	AMSpeed	-0.3641	-0.2371	保留
事故當下速率	AMFlow	0.4076	0.2677	保留
事故影響時間	AIT	0.7038	1.0000	保留

五、預測模式建構與結果說明

本計畫高速公路事故影響預測模式分為三個階段進行預測模式建構，第一階段針對事故「是」、「否」對交通造成影響進行預測，若預測結果為「是」，則進行第二階段預測，而第二階段針對會對交通造成影響的事故預測其最長回堵距離(公尺)，第三階段則利用第二階段之最長回堵距離預測結果進行事故影響時間(分鐘)預測，各階段預測模式建構與結果說明如後。

1. 第一階段

第一階段預測模式採用的特徵包含速限、事故類型及型態(acctype3：追撞)、事故發生前車流量、事故發生前速率、事故當下車流量、事故當下速率及事故是否造成影響，共 7 項。該階段預測目標特徵值(事故是否造成影響)之資料型態為離散型數值，屬分類問題，採用的預測模式為分類演算法中的 K 近鄰(K-Nearest Neighbors, K-NN)，在 K-NN 模式建構的過程中，有許多參數需要手動指定，如 K Neighbors Classifier 中的 K 值、P 值等，稱為超參數，而參數調整的用意是希望能找到最佳的參數組合讓模式之預測效果越好，然手動過程繁雜且較無效率，因此本計畫使用網格搜索進行模式最佳超參數搜尋，每組參數組合會經由交叉驗證進行評估，最後選出最優的參數組合，因此本計畫在 $K = 3$ (查詢的鄰居數)、 $P = 2$ ($P = 2$ 為歐式距離)、Weights = uniform(uniform 為設每個鄰域中所有點的權重相等)的參數組合下取得最佳預測結果。

對於上述分類型預測模式是否良好之評估分析，使用混淆矩陣(confusion matrix)加以計算準確率(Accuracy)、精確率(Precision)、召回率(Recall)、特異度(Specificity)及 F 值等做為評估指標，彙整如表 4-55 並說明

如下：

- (1) 在預測每筆事故是否會對交通造成影響的過程，46 筆事故資料中，正確預測了 41 筆，因此準確率(Accuracy)為 89.13%；
- (2) 在預測的 46 筆事故中，模型判斷有 35 筆事故會對交通造成影響，但其實這 35 筆事故只有 31 筆會對交通造成影響，因此精確率(Precision)為 88.57%；
- (3) 在總共 32 筆真實會對交通造成影響的事故資料中，模型判斷只有 31 筆會對交通造成影響，因此召回率(Recall)為 96.88%；
- (4) 在總共 14 筆真實不會對交通造成影響的事故資料中，模型判斷只有 10 筆不會對交通造成影響，因此特異度(Specificity)為 71.42%。而 F1-Score 值為 92.54%，該值越接近 100%，代表模型預測的效果越好。

表 4-55 第一階段預測結果彙整

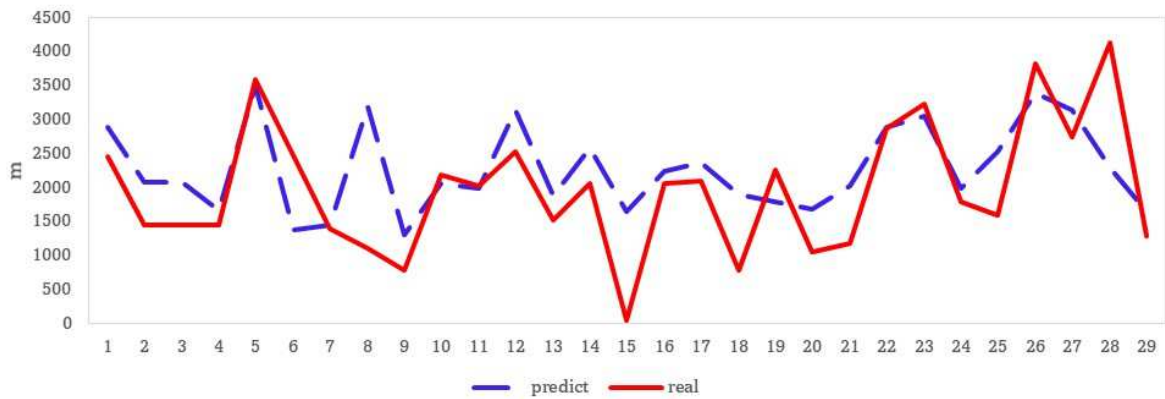
資料來源：本計畫彙整

混淆矩陣		真實值	
		Positive(有影響)	Negative(無影響)
預測值	Positive(有影響)	TP = 31	FP = 4
	Negative(無影響)	FN = 1	TN = 10
Accuracy		89.13%	
Precision		88.57%	
Recall		96.88%	
Specificity		71.42%	
F1-Score		92.54%	

2. 第二階段

第二階段預測目標為最長回堵距離(公尺)，預測事故回堵距離之預測模式採用特徵值包含速限、事故類型及型態(acctype3：追撞)、事故發生前車流量、事故發生前速率、事故當下車流量、事故當下速率，共 6 項。該階段預測目標特徵值之資料型態皆為連續型數值，因此屬迴歸問題，採用的預測模式為深度學習演算法中的 LSTM。

當預測目標為最長回堵距離時，在執行 300 次訓練(epoch = 300)、激活函數(Activation)採用 softmax、優化器(Optimizer)採用 adam、損失函數(Loss)採用 MSE 後，得到最佳預測結果，MAPE 值為 27.7%，屬於合理預測，上述最長回堵距離之預測值與真實值比較圖如圖 4.87 所示。



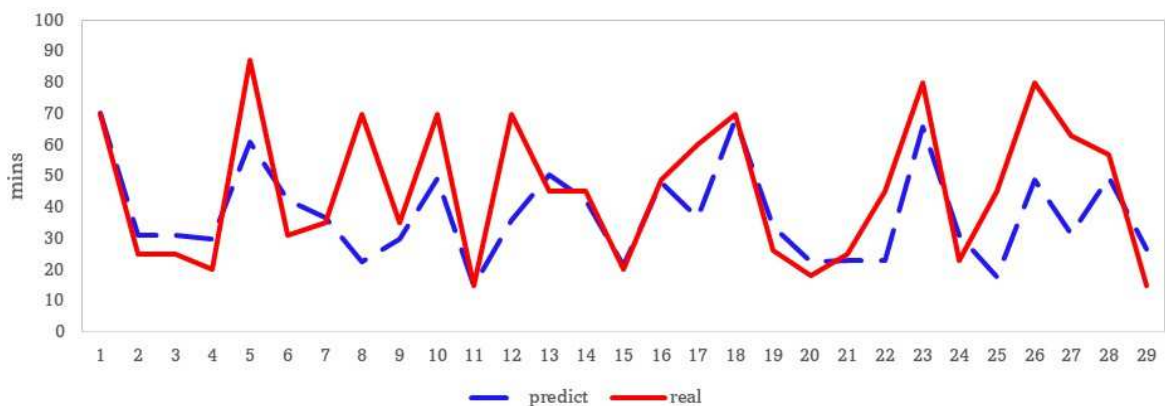
資料來源：本計畫產製

圖 4.87 最長回堵距離預測值與真實值比較圖

3. 第三階段

第三階段預測目標為事故影響時間(分鐘)，預測事故影響時間之預測模式採用特徵值包含速限、事故類型及型態(acctype3：追撞)、事故發生前車流量、事故發生前速率、事故當下車流量、事故當下速率及事故回堵距離，共 7 項。該階段預測目標特徵值之資料型態皆為連續型數值，因此屬迴歸問題，採用的預測模式為深度學習演算法中的 LSTM。

當預測目標為事故影響時間時，在執行 450 次訓練(epoch = 450)、激活函數(Activation)採用 softmax、優化器(Optimizer)採用 adam、損失函數(Loss)採用 MSE 後，得到最佳預測結果，MAPE 值為 40.6%，屬於合理預測，上述事故影響時間之預測值與真實值比較圖如圖 4.88 所示。



資料來源：本計畫產製

圖 4.88 事故影響時間預測值與真實值比較圖

4.5.3 小結

本計畫所建構之交通事故影響預測模式，包含事故是否造成交通影響預測、事故發生之車隊排隊長度預測及事故影響時間預測共三階段之預測模型，係以

高速公路為研究對象進行探討。模式一之準確率(ACC)為 89.13%，屬於高準度預測；模式 2 之 MAPE 為 27.7%，屬於合理預測；模式三之 MAPE 為 40.6%，亦屬於合理預測。惟交通事故預測是一個重要且困難的研究問題，在較大時空範圍內的預測尤其困難，主要原因本計畫歸納如下：

1. 交通事故資料的稀疏性：交通事故相比整體的交通量占比不高，在時空上相對稀疏，因此缺乏有效且足夠的樣本可能是主因之一。
2. 交通事故發生的空間異質性：不同地理環境造成的時空異質性(spatial heterogeneity)，例如城鄉間、不同道路等級間、甚至是不同車道間，較難以捕捉不同空間的特定規律。
3. 事故影響之特徵結構：事故發生所造成的影響程度受到多種外部因素干擾，這些因素可能是靜態的(例如車道、速限等)，亦可能是動態的(例如時間、天氣條件、車流量等)，除外部因素外，諸如車輛機械故障、駕駛行為等內部因素亦可能是影響交通事故發生後其影響程度高低之主因。由前述章節可知，本計畫所蒐集之事故資料，相關警政單位紀錄了許多特徵值，但經由本計畫進行相關性分析後發現，除了速限及事故類型及型態(acctype3：追撞)外，其餘特徵值與本計畫預測目標存在極低之相關性，因此是否能夠蒐集到關鍵特徵值(例如事故占用車道位置及數量、事故車輛車種及數量等)進行預測模式構建，亦是事故預測領域的挑戰之一。

4.6 交通資訊播報服務儀表板系統建置規劃

本節中所展示之各項畫面資料主要來源主要依據前述所提分為兩大類，係希望透過實際或模擬的資料介接回傳探究後續年度實作的可行性；此外，在後續進行此儀表板建置時則須考量兩大重點：

- 一、交通局及所屬局處須對既有業務做出緊急事件支援調度，並針對業務管理部分將各單位的蒐集資料連通至平台上，並可於內部應用做出相關儀表板提供決策參考示意，各項決策結果則可進一步儲存。
- 二、於各項事件發生時或需即時確認長官詢問時，都可以透過儀表板將資訊明確的顯示於該頁面上，並透過層層剝取資訊內容中查詢至確切的內容，進而做為後續的檢討，或是將其經驗存至知識庫中，做為下次事件的參考。

而各項使用情境內容，使用者應可設定各項主題可能涵蓋之內容，如交通管

理類、公共運輸類等，例如以下兩類主題範例可包含之內容，實際建置時則應考量當下業務、管理所需而訂定相關功能項目：

一、主題-交通管理類

1. 設施管理

- (1) 路側/路面設備異常狀況
- (2) 串接各類影像資訊 [導入 AI 影像偵測、即時回傳]

2. 運輸狀況監控

- (1) 即時資料來源 [CCTV 影像資料、新聞畫面]
- (2) 各項車流資料
- (3) 停車場即時剩餘資料
- (4) 路段等候時間統計

3. 異常狀況管理

- (1) 災害影響
- (2) 事件影響 [搭配常態性預測(GVP)模式建構(高速公路)結果、其它臨時性主題資料]

二、主題-公共運輸類

1. 基礎資料

- (1) 路線準點率 (準點分析)
- (2) 早發/誤點/脫班班次
- (3) 各班車搭載人數(表定/實際)

2. 警示資訊

- (1) 告警資訊 (異物入侵、滿載調度…)
- (2) 異常通報

3. 智慧偵測/分析

- (1) 車內人數偵測
- (2) 整體/單一路線 OD 搭乘狀況(熱區分析)

而在本期研究中則先行探究各個研究課題之資料取得可行性，包括公共運輸管理中的車輛準點率資訊、TDX 資訊介接、票證刷卡資料等，以及前述 4.5 節中所進行之事故影響預測內容納入試作範圍，以下茲針對此兩大類內容進行相關系統畫面展示與說明。

一、公共運輸管理：其資料來源包括車輛準點率資料(即時、歷史)、在線無障礙車輛數，及透過豐原客運 568 路線所回傳之結班資料計算各站上下車人數的票種(一般、學生、敬老、其它)分類查詢。

1. 車輛準點率資料(即時、歷史)：提供行政區、日期及客運業者不同類別之間的交叉查詢，惟即時資料無法選擇時間，資料更新頻率為 15 分鐘一次，其頁面中均可透過拖拉的方式查目前的已發車比例及準點率資料。

表 4-56 依日期抓取各行政區下的準點率資料(取部分 5 筆資料)

資料時間：2021/11/25

縣市名稱	區域名稱	應發車次數	已發車比率	準點率	資料時間
臺中市	北區	485	100%	87%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	烏日區	412	100%	91%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	北區	485	100%	87%	2021-11-25 00:19:49.00
臺中市	烏日區	412	100%	91%	2021-11-25 00:19:49.00
臺中市	北區	485	100%	87%	2021-11-25 00:19:49.00

表 4-57 依日期、業者抓取各行政區下的準點率資料(取部分 5 筆資料)

資料時間：2021/11/25

縣市名稱	區域名稱	業者名稱	應發車次數	已發車比率	準點率	資料時間
臺中市	北區	統聯客運	164	100%	84%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	烏日區	統聯客運	97	100%	100%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	北區	中臺灣客運	164	100%	84%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	烏日區	中臺灣客運	97	100%	100%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	北區	中臺灣客運	164	100%	84%	2021-11-25 00:19:49.00

表 4-58 依業者抓取各行政區下的準點率資料(取部分 5 筆資料)

資料時間：2021/11/25

縣市名稱	業者名稱	應發車次數	已發車比率	準點率	資料時間
臺中市	中臺灣客運	1039	100%	82%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	統聯客運	1154	100%	86%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	中臺灣客運	1039	100%	82%	2021-11-25 00:19:49.00
臺中市	統聯客運	1154	100%	86%	2021-11-25 00:19:49.00
臺中市	中臺灣客運	1039	100%	82%	2021-11-25 00:19:49.00
臺中市	統聯客運	1154	100%	86%	2021-11-25 00:19:49.00

表 4-59 依日期、行政區抓取各業者的準點率資料(取部分 5 筆資料)

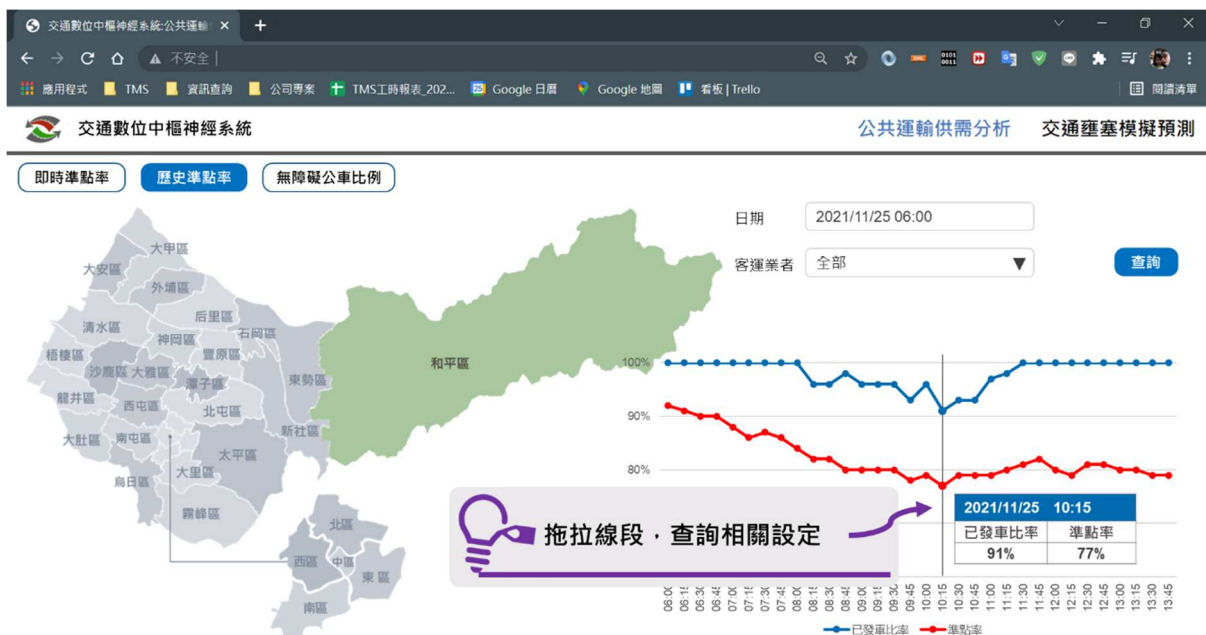
資料時間：2021/11/25

縣市名稱	區域名稱	業者名稱	應發車次數	已發車比率	準點率	資料時間
臺中市	烏日區	中臺灣客運	97	100%	100%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	烏日區	統聯客運	97	100%	100%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	北區	中臺灣客運	164	100%	84%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	北區	統聯客運	164	100%	84%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	北區	中臺灣客運	164	100%	84%	2021-11-25 00:19:49.00

表 4-60 依日期、行政區、業者抓取各路線的準點率資料(取部分 5 筆資料)

資料時間：2021/11/25

縣市名稱	區域名稱	業者名稱	路線名稱	應發車次數	已發車比率	準點率	資料時間
臺中市	烏日區	統聯客運	159	1	100%	100%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	烏日區	統聯客運	159	1	100%	100%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	北區	統聯客運	159	1	100%	100%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	北區	統聯客運	159	1	100%	100%	2021-11-25 00:13:49.00
臺中市	北區	中臺灣客運	159	1	100%	100%	2021-11-25 00:13:49.00



資料來源：本計畫產製

圖 4.89 車輛準點率資料(即時、歷史)系統查詢畫面

2. 在線無障礙車輛數：即時資料，主要提供線上正在運行的公車數量。

表 4-61 在線無障礙車輛數(取部分 10 筆資料)

資料時間：2021/11/24、2021/11/25

縣市名稱	業者名稱	路線代碼	應發車次數	已發車比例	資料日期
臺中市	中臺灣客運	401	3	67%	2021/11/24
臺中市	中鹿客運	402	4	0%	2021/11/24
臺中市	台中客運	501	10	100%	2021/11/24
臺中市	巨業交通	504	2	100%	2021/11/24
臺中市	和欣客運	801	5	40%	2021/11/24
臺中市	統聯客運	1201	5	80%	2021/11/24
臺中市	豐原客運	1801	5	60%	2021/11/24
臺中市	中臺灣客運	401	5	80%	2021/11/25
臺中市	中鹿客運	402	2	0%	2021/11/25
臺中市	台中客運	501	5	100%	2021/11/25

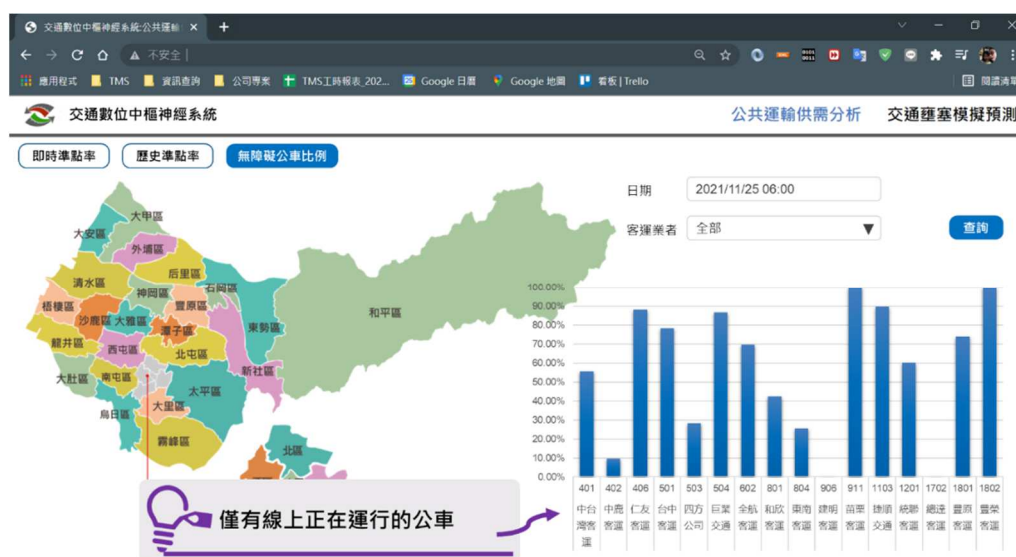


圖 4.90 在線無障礙車輛數系統查詢示意畫面

3. 各站上下車人數的票種分類查詢：歷史資料，當車輛行駛結束回場站後倒入當日結班資料，據此資料內容進行不同票種的計算，包括台中市區內的一般票、敬老票及學生票，持有其他縣市的票證資料則歸類於至其他類別中。其資料內容列示如表 4-62。

二、交通壅塞模擬預測：

1. 主要利用本章節所提交通資訊預測之概念，以臺灣大道、文心路兩個路段進行思考，其資料端則先每 1 小時計算其壅塞機率，並以動態變數的方式進行呈現，非實際預測值。其資料內容列示如表 4-63、表 4-64。

2. 使用者操作方式：進入系統頁面說可透過自由滑動地圖至預計查詢位置上後點選預計查詢的路段資訊，即可呈現該路段於查詢當下的壅塞比例，也可點選其他功能選單，進一步查詢統計圖表(一週推估壅塞、特定日壅塞推估等)，如遇有事件發生時則顯示預計影響的時間推估，相關畫面示意如圖 4.91、圖 4.92 所示。

表 4-62 各站上下車人數的票種分類查詢-去程上車(取部分 5 筆資料)

方向	站序	站名	一般票	學生票	敬老票	其他	資料更新時間	資料寫入時間
0	1	豐原	2	0	1	0	2021-11-14 14:26:33	2021-11-15 14:00:02
0	2	頂街(中正路)	1	0	0	0	2021-11-14 14:26:33	2021-11-15 14:00:02
0	3	新都酒店	0	0	0	0	2021-11-14 14:26:33	2021-11-15 14:00:02
0	4	豐原老人會館	0	0	0	0	2021-11-14 14:26:33	2021-11-15 14:00:02
0	5	向陽圓環東路口	0	0	0	1	2021-11-14 14:26:33	2021-11-15 14:00:02

表 4-63 市區道路交通壅塞模擬預測(取部分資料)

資料來源：本計畫彙整

發佈時間	日期	星期別	時段	路段名稱	道路方向	壅塞機率
2021/11/1 0:00	11 月 1 日	星期一	0:00	文心路一段	北向	3%
2021/11/1 1:00	11 月 1 日	星期一	1:00	文心路一段	北向	3%
2021/11/1 2:00	11 月 1 日	星期一	2:00	文心路一段	北向	5%
2021/11/1 3:00	11 月 1 日	星期一	3:00	文心路一段	北向	4%
2021/11/1 4:00	11 月 1 日	星期一	4:00	文心路一段	北向	2%
2021/11/1 5:00	11 月 1 日	星期一	5:00	文心路一段	北向	2%
2021/11/1 6:00	11 月 1 日	星期一	6:00	文心路一段	北向	67%
2021/11/1 7:00	11 月 1 日	星期一	7:00	文心路一段	北向	76%
2021/11/1 8:00	11 月 1 日	星期一	8:00	文心路一段	北向	40%
2021/11/1 9:00	11 月 1 日	星期一	9:00	文心路一段	北向	52%
2021/11/1 10:00	11 月 1 日	星期一	10:00	文心路一段	北向	53%

表 4-64 市區道路交通壅塞模擬事件影響時間(取部分資料)

資料來源：本計畫彙整

事件類別	道路等級	路段名稱	道路方向	開始時間	結束時間	影響壅塞機率(施工)	事故影響時間 min(事故)
事故	市區道路	文心路四段	西向	2021/11/1 12:00	2021/11/1 12:19	-	19
事故	市區道路	臺灣大道八段	西向	2021/11/1 12:00	2021/11/1 12:44	-	44
事故	市區道路	臺灣大道二段	東南向	2021/11/1 12:00	2021/11/1 12:37	-	37
事故	市區道路	臺灣大道五段	東南向	2021/11/1 12:00	2021/11/1 12:34	-	34
事故	市區	臺灣大道	西向	2021/11/1	2021/11/1	-	34

事件類別	道路等級	路段名稱	道路方向	開始時間	結束時間	影響壅塞機率(施工)	事故影響時間min(事故)
	道路	四段		12:00	12:34		
事故	市區道路	文心路二段	南向	2021/11/1 12:00	2021/11/1 12:24	-	24
事故	市區道路	文心路二段	北向	2021/11/1 12:00	2021/11/1 12:40	-	40
事故	市區道路	臺灣大道四段	東向	2021/11/1 12:00	2021/11/1 12:36	-	36
事故	市區道路	臺灣大道九段	西向	2021/11/1 12:00	2021/11/1 12:21	-	21
事故	市區道路	臺灣大道三段	東南向	2021/11/1 12:00	2021/11/1 12:43	-	43
施工	市區道路	臺灣大道七段	西北向	2021/11/1 22:00	2021/11/2 6:00	73%	-
施工	市區道路	臺灣大道七段	東南向	2021/11/2 21:30	2021/11/3 5:30	75%	-
施工	市區道路	文心路三段	東北向	2021/11/3 22:00	2021/11/4 6:00	54%	-
施工	市區道路	臺灣大道六段	北向	2021/11/4 22:00	2021/11/5 6:00	67%	-
施工	市區道路	臺灣大道五段	西北向	2021/11/6 21:30	2021/11/7 5:30	68%	-

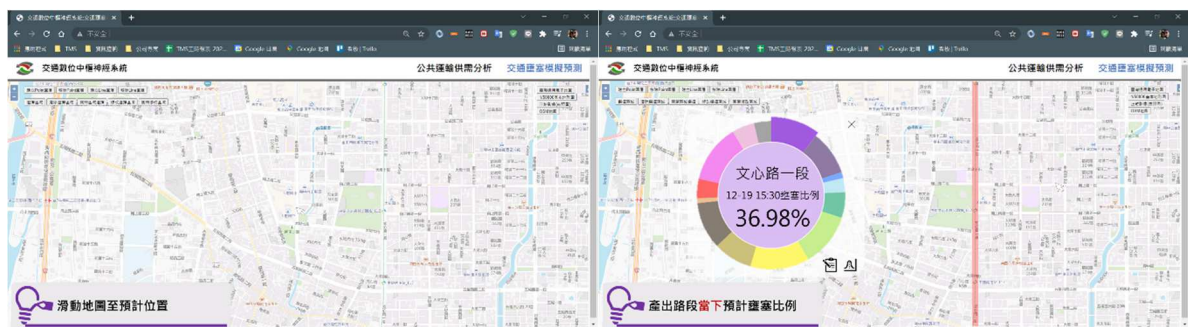


圖 4.91 交通壅塞模擬預測查詢畫面(1)

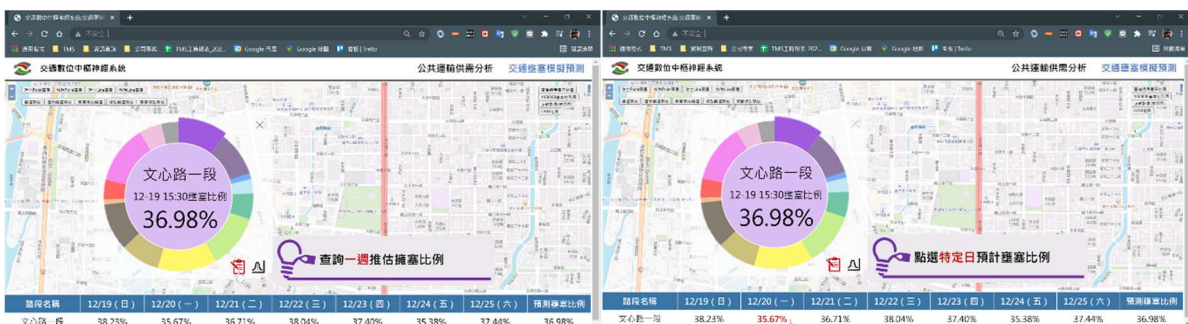


圖 4.92 交通壅塞模擬預測查詢畫面(2)

第五章 都市交通控制協定檢討

通訊協定為都市交通控制之基礎，路側設備的資料回傳、設備的控制以及故障狀態的蒐集等等，都需要透過通訊協定來溝通。如果智慧城市中交通控制中心為交通管理之大腦，路側設備為眼睛或是手腳，那通訊協定就是在神經網路上傳遞的訊號，透過這些訊息的交換，能讓設備與中心整合在一起，提供完整的交通管理服務。

本章將於 5.1 節詳述「都市交通控制通訊協定 3.0 版」檢討原則與方法；5.2 節為現況資料蒐集，包含歷年來相關文獻的回顧，並且蒐集各縣市相關的作法以及對應處理方式；5.3 節則是說明近年來都市交通控制通訊協定 3.0 版歷經多年使用之後所面臨的課題；5.4 節則是說明協定檢討修正之建議方向與階段成果。

5.1 檢討原則與方法

5.1.1 「都市交通控制通訊協定 3.0 版」檢討方法

對於協定的檢討與修正的方式，係採用滾動式的修訂，因為每一條協定都需要多方討論與修改，才有辦法切合實際使用，從蒐集需求、制定解決方案、蒐集使用單位回饋與問題等重複的步驟，利用多次滾動修訂以及產官學的意見，凝聚共識後制定下一版的通訊協定，相關檢討方式概念如圖 5.1 所示。

一、需求階段

整體的方法論強調的就是使用者情境導向，也就是以實際需求為出發來制訂所需要的通訊協定。這裡的需求包含了：各縣市實際運作的需求、交通領域專家的想法與建議、以及開發軟硬體設備廠商的實務經驗。此外，也要蒐集國內外相關資料，做為討論時的重要依據。

需求階段制訂的反覆程序就是召開研討會，廣邀各地先進對於新的通訊協定表達意見，問題解決的門檻就是根據必要性之考量來聯集各方意見，獲得最大集合。當各方想法都能妥善兼顧之後，就能進入下一階段。目前已於 8/4 舉辦產官學通訊協定研討座談會，蒐集來自各方之需求意見。

二、設計階段

設計階段強調制訂一個通用簡化的通訊協定基礎，並保留通訊協定擴充性

與彈性，並且根據通訊協定制訂原則，修正與調整不適用之指令。

1. 歸納通訊協定

都市交通控制通訊協定 3.0 版可區分成三大應用，分別是資訊發佈、交通管制以及資料蒐集。對於新增設備的應用上，也能歸納成這三大應用方向。

2. 一致性應用原則

制訂通訊協定一致性之原則為儘量減少例外或是多種結果的情況。下載指令碼與結果指令碼應該儘量維持一對一之關係，如果有多種可能之結果，應以後續的參數來區分。通訊協定對應如為一對多，將會容易造成通訊協定檢核上的困難度，也會增加通訊模組開發的複雜度，在未來的擴充性或是需要修訂的時候，也會遇到較多的問題，因此在設計通訊協定時需謹記一致性原則之應用。

3. 降低指令使用複雜度

制訂新的通訊協定要維持既有的良好規劃原則，指令碼能讓使用人員快速的瞭解操作的設備種類，設備碼則能清楚界定該指令的用途：設定、查詢、查詢回報以及主動回報。套用此原則能讓使用者在任何時間都清楚指令的用途，減少誤用的情況。

設計階段的完成門檻就是要通訊協定中不吻合設計原則的數目，有可能因為某些限制導致有指令無法符合上述原則，除了這類指令之外，其他的指令都必須嚴格遵循設計原則。

三、驗證階段

制定完成協定初稿後，要再與使用單位與學術單位進行確認，並蒐集回饋意見並再次修正。本計畫亦於 11 月舉辦三場的產官學通訊協定座談會，說明本次修訂的初稿內容，凝聚共識，確認修改之內容是否合適，做為協定發佈的驗證標準。

5.1.2 「都市交通控制通訊協定 3.0 版」調整機制

新增和修訂通訊協定，都必須考慮向下相容性，如同 Java 程式語言開發時，當 API 有異動之時，皆會保留原始呼叫方式一段時間，主要原因就是避免當新的虛擬機器上線時，會讓目前正在執行的程式都無法運作。已經廢棄或是不建議使用的 API，都會於文件中顯示 Deprecated，有的文件還會說明該 API 預計於後續哪個版本刪除，讓開發人員了解該 API 已經不支援，並做好升級自己系統的準備。

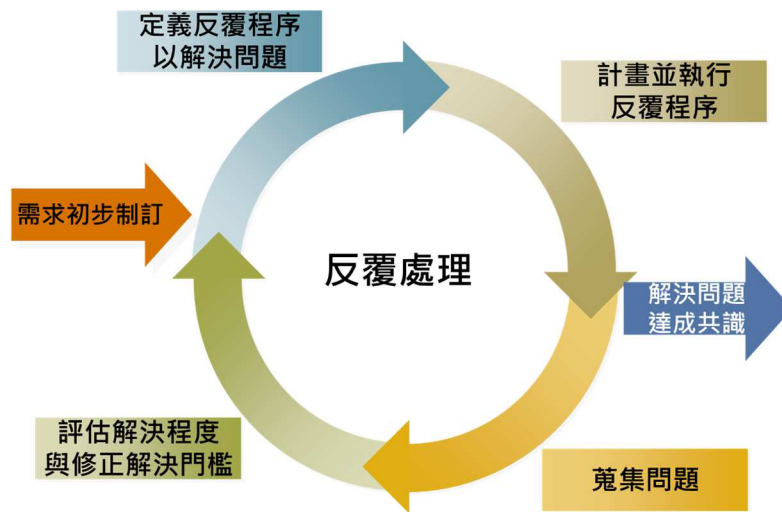


圖 5.1 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討方式概念

交通部都市交通訊控制協定 3.0 版也已經於各縣市與各廠商之間大量應用，在既有執行環境之下，修正已經存在的協定，將馬上遇到設備與中心系統無法溝通之情況。此外，由於協定解析機制之緣故，不只是異動指令碼內容，異動指令長度也會使解譯程式無法運作而需要重新修正與開發，對中心管理單位、路側設備廠商與中心系統廠商都會造成困擾。因此若要修正通訊協定或是擴增協定，應該考慮「保留既有但標示廢棄，並以新的指令碼來制定。」

通訊協定是根據規則來排列，分為設備碼(第一碼)和指令碼(第二碼)，說明如下表 5-1 與表 5-2 所示，了解目前都市交通訊控制協定 3.0 版的編碼原則之後，可以採用的策略有下列兩點：

一、擴充指令碼

都市交控通訊協定 3.0 版是兩兩成對，A 和 B 對應，C 和 D 對應，主動回報自成一格，不需要成對。雖然設定指令不一定都會透過設定回報完成，而是透過共用指令 0FH+80H(設定成功)與 0FH+81H(設定失敗)來回報，但是基礎概念還是兩兩成對。每一組裡面都有 3 個數值，例如：號誌查詢指令可以從 5FH+1?H 至 5FH+3?H，當該設備沒有用到這麼多的指令種類之時，就提供擴充的空間。

例如：號誌某指令於 3.0 為 5FH+19H(設定)、5FH+49H(查詢)與 5FH+C9H(查詢回報)，那該指令如果需要異動，可能是增加參數或是調整長度，那可以採用 5FH+29H(設定)、5FH+59H(查詢)與 5F+D9H(查詢回報)這組來成為擴充指令，這樣開發商會了解兩組指令有一定的關聯性，也能保持向下相容性。如此的規劃很直覺，但是有下列二個問題：

1. 指令碼可能不足

都市交控通訊協定 3.0 版目前號誌控制類的使用方式，基本上指令碼高位元為 1 的都用完，也有用到高位元為 2 和 3 的指令，當某一種設備的指令組合很複雜，超過 16 種以上時，就比較無法採用此擴增方式，因為會喪失關聯性，看不出這新增或是擴充的指令原本修正那一個基本指令。

2. 主動回報之類的無法處理

因為主動回報自成一格，高位元都只有 0，因此如果有一個指令是原始指令的擴充，也無法擴充一個指令讓其有關連性。此外，如果主動回報超過 16 種，又會產生空間不夠之問題。

表 5-1 協定第一碼(設備碼)說明

用途	編碼範圍
給新增設備使用	E0 H~EF H
保留	F0 H~FF H
設備共同指令碼	0F H
號誌控制器	5F H
車輛偵測器	6F H
資訊可變標誌	AF H
自動車輛辨識	EF H

表 5-2 協定第二碼(指令碼)說明

用途	高位元組	備註
設定指令	1~3	
設定回報指令	9~B	
查詢指令	4~6	
查詢回報指令	C~E	
自動回報指令	0	
其他類指令	8	
保留指令	7、F	保留給設定和查詢指令不足使用

二、擴充設備碼

根據表 5-1 可以了解目前將交通控制系統常控制的設備分成幾類，但因為實際上設備不會有那麼多種類，因此可以利用設備碼來進行擴充。擴充的想法可以採用設備碼的低位元來處理，例如都市交控通訊協定 3.0 版的號誌控制類原本是 5F 開頭的，而號誌的修訂指令，都可以採用設備碼 5E 的方式來指定。E 為 F 的前一碼，也可以解釋成 Extension(延伸)或是 Expand(擴充)，表示為現在通訊協定的擴展版本。

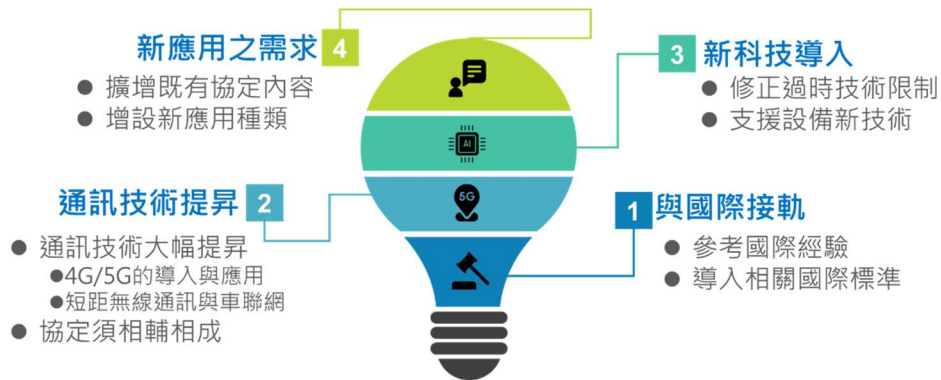
設備碼異動之後，後續的指令碼就可以維持原狀，同樣如果需要擴展號誌的某指令，原本於 3.0 為 5FH+19H(設定)、5FH+49H(查詢)與 5FH+C9H(查詢回報)，採用擴增設備碼，就可以增加 5EH+19H(設定)、5EH+49H(查詢)與 5EH+C9H(查詢回報)，如此不會異動既有的指令，也能保留關聯性，會知道 5EH+19H 就是 5FH+19H 的衍生版本。

5.2 我國都市交通控制通訊協定 3.0 版的使用現況與課題探討

依「我國都市交通控制發展與推動策略」回顧，我國都市地區交通控制通訊協定最早為交通部於民國 77 年所公佈之「電腦化交通號誌控制系統通訊協定」(簡稱 77 年版)。經過近 10 年後，由本所於民國 86 年進行檢討修訂，並由交通部於民國 87 年重新公佈該協定(簡稱 87 年版)。其後，民國 90 年交通部透過專案進行 87 年版通訊協定實測，並依實測結果將修正內容發函相關單位。民國 92 年本所配合交通部繼續以專案研究與實作測試方式，針對 87 年版進行全面檢討、增修與更新。通訊協定於當年 8 月完成初稿，並暫以「92 年版都市交通控制通訊協定初稿」命名之。修訂其間經多次與專家學者、交控業者、交控管理人員討論，並經 2 次上網蒐集各方意見，同年 10 月底亦辦理「92 年度推動都市交通控制系統之縣市座談會」，彙集實作意見進一步檢討修訂制定「都市交通控制通訊定 3.0 版」，並由交通部於 93 年 11 月頒布實施。

都市交通控制通訊協定 3.0 版使用已經多年，隨著新技術與應用的演進，協定也應與時俱進，圖 5.2 說明本次協定研討之動機與原因，在與國際接軌方面，本次研討參考了國際的標準，導入了 SAE J2735 的相關資訊，並參考國外號誌控制器對於時制轉換的應用，用國際的經驗來提昇國內協定的擴充性。此外都市交通控制通訊協定 3.0 版制定到現在已經超過 15 年，許多通訊技術的時空背景已經與當初不同，當初是透過數據機或是 2.5G 的通訊，而目前已是 4G 甚至是 5G 的環境，頻寬和穩定度都有相當的提昇，考量新通訊技術的引進，例如：短距無限通訊或是 IOT 車聯網的連線應用，也逐漸成熟，故協定需要相配合。除了通訊技術的演進，路測設備與中心軟硬體改善與新科技的應用，也需要協定調整。例如：過往車輛偵測器採用環路線圈或是微波，但是新型的偵測器導入 AI 影像辨識，可更精確的偵測機車，通訊協定中對於某些過時技術的限制須要移除，同時須支援新的技術，才能讓這些新型設備發揮最大用途。除了傳統的路段設備應用，路口上能蒐集的資料也越來越受到重視，尤其近兩年來智慧號誌的裝設，都需要路口偵測器的配合和協助。這些設備所回傳的資料目前並沒有統一的標準，

因此這一部分的應用也必須納入新一代通訊協定檢討的範圍之內。



資料來源：本計畫繪製

圖 5.2 都市交通控制通訊協定 3.0 版修訂之動機與原因

5.2.1 號誌群組與時制轉換機制

一、號誌群組間連鎖之探討

依據 93 年度交通工程人才培訓課程之「幹道與網路號誌時制設計」，電腦號誌系統規劃與設計首要工作為控制區域的劃分與群組劃分兩大部分，其中控制區域的劃分主要依據準則：

1. 天然屏障及地理特性

天然屏障阻隔極易造成交通需求之顯著不同，是故應納入不同的控制區域內，分別針對其交通特性擬定符合實用之交通策略。

2. 特別行政區

特別行政區域幾乎因社經因素特殊考量，需特別規劃與設計不同交通管制，是故應特別獨立進行分析與處理。

3. 電腦容量及通訊設施

劃分控制區域需衡量既有或未來建設之號誌控制系統，是否具備足夠之運算速度與儲存空間，以整體規劃該特定區域內號誌時制設計，且務必使得區域內通訊系統統一。目前時制計畫重整規劃施行，均劃分為各縣市政府行政範圍分別實施，又行政區域劃分經常依據天然屏障與地理特性予以切分；各縣市政府實施時制重整亦會詳加考量，且電腦系統演進速度極快，電腦計算速度、儲存容量與通訊傳輸亦不在是瓶頸問題。

控制區域劃分後，需依據路口屬性資料及路段屬性資料，將路口劃分群組後，方可進行群組內之號誌時制計畫最佳化處理。群組劃分需考量臨界路段長度、基本車流參數、車流流動方向比率、道路環境因素及車流方向五項因素；

若以常見幹道特性分析，同為幹道上之路段其服務水準、車流流動方向比率、道路環境因素與車流方向差異較小；但尖峰與離峰之車流量差距甚大，又依據車隊擴散模式：

$$CL(\text{公尺})=689.97+6.86\text{ OPS}-7.15\text{ PCR}$$

CL：臨界路段長度

OPS：原始車隊長度

PCR：車隊完整百分比

可發現若車隊原始長度提昇，則可能增加臨界路段長度，是故幹道車流於尖峰與離峰即有可能產生不同的群組組合。

因此，號誌群組間連鎖極可能由於幹道尖離峰流量差距甚大，導致原始劃分之號誌群組於尖峰時間產生不連鎖之現象，故本計畫建議路口群組需於尖峰、離峰時間實施不同群組之因應考量；透過號誌控制器之時段型態設定，於尖峰時刻運行經由整理群組最佳化之號誌時制；於離峰時段採取不同的因應策略，方可完成號誌群組間連鎖控制。

若兩群組已進行群組劃分，且以將群組進行時制最佳化之處理，重新劃分群組再進行最佳化時制將使得投入成本相當巨大；此時，則可利用調整時差此項參數，將兩個最佳化路口群組進行更大範圍且完整的連鎖或續進控制。

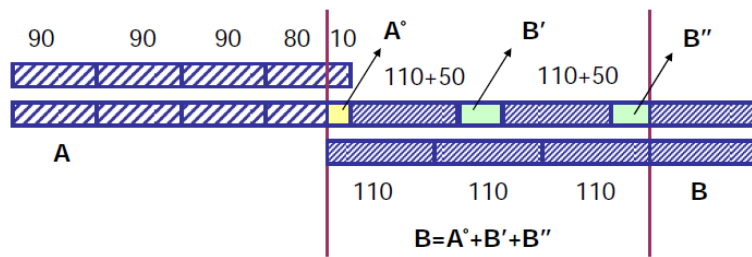
二、時制轉換機制之探討

路口控制器可於不同的時段設定執行之時制計畫，以因應車流量不同狀況而最佳化；但時制間之轉換需經由補償機制進行補償，以維持群組內號誌控制器之連鎖控制。

1. 時制轉換機制之方法

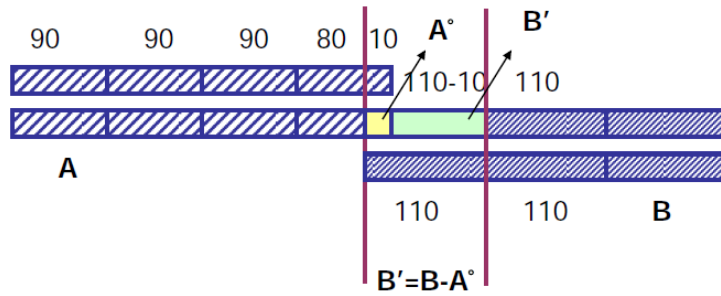
依據陳一昌等人(2008)「96年交通號誌時制重整計畫評估績效」^[86]，可知目前國內各家號誌控制器廠商實務作法具有以下三種：

- (1) 週期分段延長法：將前後時制差距視為需補償時段，利用三週期轉換完成，優點為衝擊較小；但易造成綠燈超過最大綠燈限制以及過長週期時制的發生，如圖 5.3 所示。
- (2) 補時制差距法：將前後時制差距視為需補償時段，以一週期轉換完成，優點為轉換較快；但易造成綠燈低於最小綠燈限制、轉換期間綠燈時間過短造成安全疑慮以及道路績效受前後時制差距影響甚大，如圖 5.4 所示。



資料來源：陳一昌等人(2008)

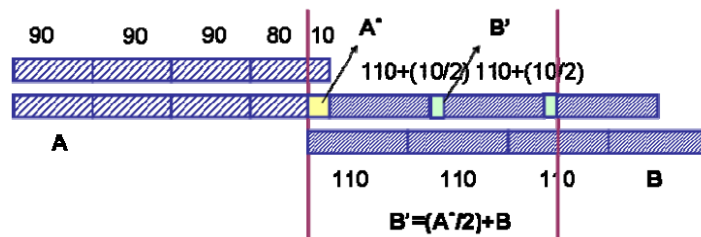
圖 5.3 時制轉換之週期分段延長法



資料來源：陳一昌等人(2008)

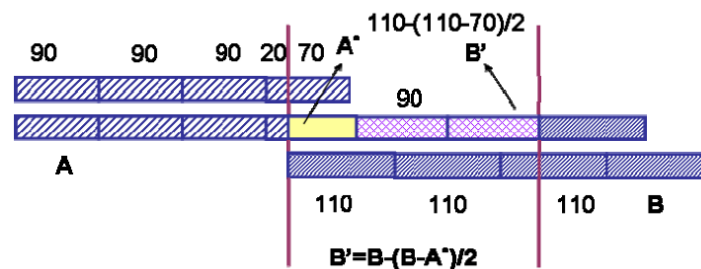
圖 5.4 時制轉換之補時制差距法

- (3) 平均比例平滑法：以前後時制差距大小是否超過後時制之一半週期為基準，小於週期一半則採用圖 5.5 之方式；若超過後時制之一半週期則採用圖 5.6 之方式。



資料來源：陳一昌等人(2008)

圖 5.5 時制轉換之平均比例平滑法—小於一半週期



資料來源：陳一昌等人(2008)

圖 5.6 時制轉換之平均比例平滑法—縮短週期

該研究結論亦透過獨立路口與幹道連鎖模擬互相比較，週期分段延長法於長週期狀態極有可能造成延滯劇增，若街廓較窄亦可能產生溢流；方案二雖對於流量較大方向可有效降低延滯，但轉換階段短對轉換結束後車流影響最大；方案三則對於各臨近路段影響較為平均，符合時制公平設計之原則。

無論何種計算方式，其實都是在轉換前後之時制計畫中間，插入一個暫時的時制計畫以完成時制轉換的過程。

2. 時制轉換機制控制

由前述可知，每個時制轉換法演算法對於每種情境各有各的好處，考量的觀點不同，所要達成的績效目標也不同；但目前設備實施的方式乃透過一個控制器內建之轉換演算法產生一套暫時的時制計畫，再透過一個暫時性的時制計畫補償秒數差距，而此時制計畫的來由，則需要轉換前的時制計畫、轉換後的時制計畫以及需要補償的秒數，此三項參數無論是中心或現場均可獲得。

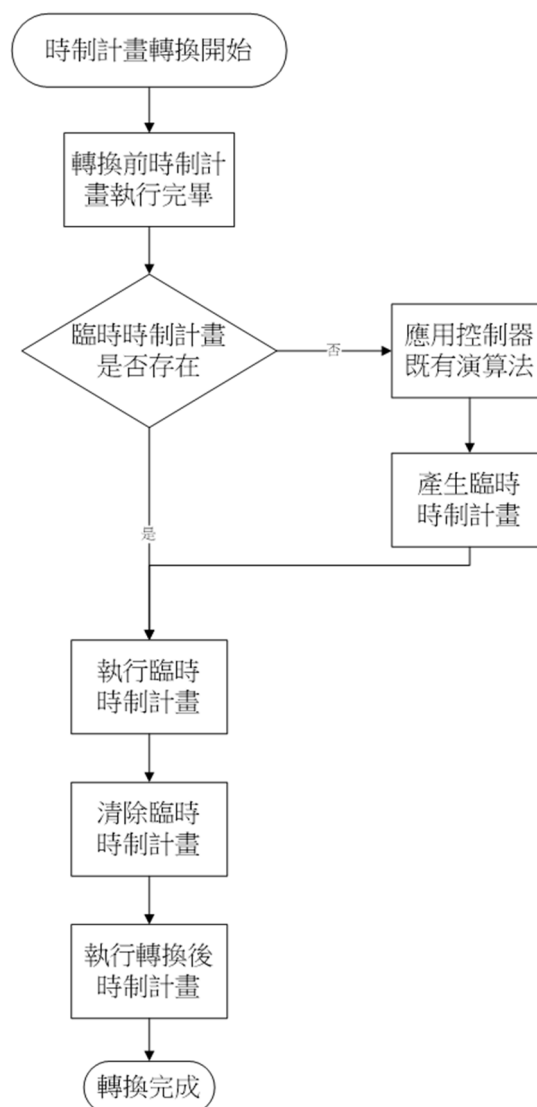


圖 5.7 時制轉換流程圖

本所 98 年度與 99 年度「標準化都市交通管理之通訊協定研發(一)(二)」^{[87]、[88]}計畫建議可透過一個暫時性的時制計畫下載，即利用既有指令之時制計畫基本內容設定與時制計畫資料庫內容設定，指定於目前 1~48 套時制計畫以外的時制計畫編號，如第 49 套做為時制轉換之用；若控制器遭遇時制轉換時，具有臨時時制計畫則先行執行臨時時制計畫做為時制轉換之後，執行完畢後清除臨時時制計畫，即完成時制轉換過程，萬一無臨時時制計畫，則透過控制器內建之時制轉換演算法產生臨時時制計畫進行時制轉換。

三、各縣市政府號誌控制器時制轉換補償規範

下列節錄出各縣市採購規範中，對於時制轉換補償的相關內容。

1. 臺北市

(1) 項目(22)指定控制器預設值

- A. 對齊時段起點：是 (0 時 0 分 0 秒)。每個時段開始的時間補償，配合 77 年或是 87 年版控制器預設值，避免號誌路口發生與前後不連鎖的狀態。
- B. 使用雙週：否。由於目前已經沒有隔週週休二日的需求，此功能應預設為不採用雙週設定，以避免遺漏設定，導致號誌控制器異常運作。
- C. 回傳燈態：通訊協定 5F03 與燈態變化時即刻回傳由於目前設備處理速度與通訊速度，都已超越當初協定制定時的情境，預設以通訊協定 5F03 於每次燈態變化時回傳燈態以及步階資訊。
- D. DRS-232 傳輸速度要求至少 9600-N-8-1，以滿足運作需求。

- (2) 項目(23)時制秒數補償含時制轉換、對時及當下執行之時制計畫秒數調整 時，於第一週期內，各方向行人綠燈時間開始第 6 秒，行人綠燈斷電 1 單位時間，以利行人倒數計時器清除學習模組秒數紀錄；另於各方向行車圓形綠燈或直行箭頭綠燈之前一階行車紅燈時間開始第 9 秒，行車紅燈斷電 1 單位時間，以利行車紅燈倒數計時器清除學習模組秒數紀錄；設定斷電之單位時間可為 1.0~1.5 秒間，實際斷電秒數誤差不得大於±10%，當單位時間設定 為 0 時表示不作斷電。

- (3) 項目(27)時制轉換應於 2 週期內完成，若有時相須變換情形，時相應於第 1 週期即變換完成，以符合需求。

2. 新北市

號誌控制執行週期在接受路口控制器之手動控制、觸動控制或特勤連鎖控制之功能服務後，或不同時段之時制計畫週期不同，造成基準時差計算之偏移，因此在號誌控制邏輯設計上必須完成基準時差補償計算之能力，方能提供各路口控制器之間的基準時差同步協調(Time base coordination-TBC)功能。號誌控制器需能提供控制選項，供使用者視需要關閉時差補償功能。當基準時差偏移大於 1 秒時，需進行時差補償，並於兩次週期內調整完畢。

時差補償計算法則(補償計算不受換日影響)：

- (1) 以 0：0：0 起始時間為基準時差計算之基準點。
- (2) 計算時段起始執行時點基準時差之基準值 (TBC base)。
- (3) 計算目前時相步階起始執行時點。
- (4) 計算理想時相步階起始執行時點。
- (5) 由 2,3,4 求得基準時差偏移量(TBC offset)。
- (6) 依據時基偏差值執行正時差 (延後) 或負時差 (提前) 補償。
- (7) 各時相時差補償值 ($t_offset = TBC_offset \times Tgi / \text{sum of } Tg1-n$) 為 TBC_offset 對個分相綠燈時間與總綠燈時間之百分比值。

3. 桃園市

- (1) 需有 TBC 功能，當時制計畫改變或手操燈結束恢復自動運轉時，應依機關提供之時制轉換方式運作。
- (2) 項目(19)指定控制器預設值
 - A. 對齊時段起點：是(0 時 0 分 0 秒)。每個時段開始的時間補償，配合 77 年或是 87 年版控制器預設值，避免號誌路口發生與前後不連鎖的狀態。
 - B. 回傳燈態：通訊協定 5F03 與燈態變化時即刻回傳由於目前設備處理速度與通訊速度，都已超越當初協定制定時的情境，預設以通訊協定 5F03 於每次燈態變化時回傳燈態以及步階資訊。
 - C. RS-232 傳輸速度要求至少 9600-N-8-1，以滿足運作需求。
- (3) 項目(20)時制秒數補償(含時制轉換、對時及當下執行之時制計畫秒數調整)時，於第一週期內，各方向綠燈或行人綠閃周期開始第 6 秒，行人綠燈斷電 1 秒，以利行人倒數計時器清除學習模組之秒數紀錄；另於第 9 秒，行車紅燈斷電 1 秒，以利行車紅燈倒數計時器清除學習模組秒數紀錄。

4. 基隆市

項目(14)：需有 TBC 功能，當時制計畫改變或手操燈結束恢復自動運轉時，應依機關提供之時制轉換方式運作。

5. 臺南市

項目八：號誌執行運作時，接受路口手動控制、觸動控制、特勤連鎖等功能服務後，造成基準時差偏移時，必須要有基準時差計算能力，以能提供各路口時差基準作同步協調，補償時差之基準點可分為 2 種設定，一為零時零分零秒，另一為時段起始時間。原則上以正負補償方式於二週期內補償完畢。

執行時間：號誌執行運作時，接受路口手動控制、觸動控制、特勤連鎖等功能服務後，造成基準時差偏移時。

6. 高雄市

項目(28)：控制器需具備時間補償功能(TBC)(基準時間 0 時 0 分 0 秒)，補償時間應依控制器所設定之總週期時間於二週期內分次補償完畢，達到群組連鎖效果，且具備接衛星整點對時功能【GNSS 對時系統】。

項目(43)：號誌控制器在時制轉換時的前一個週期，將各時相(分相)綠燈時間減少 0 至 5 秒(可調整，預設值 3 秒。又 2 個週期的時制調整，其各分相綠燈需相差 3 秒以上)，以便清除學習模式之秒數記錄，以利行人倒數、行車倒數計時器在時制轉換時不顯示。

項目 G：執行時制轉換時(Transition)不執行觸動功能。

四、國內號誌控制器廠商時制轉換補償實作

1. 良基電子工程有限公司

同步補償機制說明如下，圖 5.8 為其 TB-2000B 號誌控器之同步補償調整流程。

- (1) 時差以綠燈延長和綠燈縮短來調整同步。因綠燈縮短對交通衝擊較大，且扣除基本執行秒數(行閃+行停+黃+紅)後所剩之可縮短秒數有限，因此以週期的 1/5 比例縮短，4/5 比例延長綠燈來調整。例如：週期 100 秒之輪放三時相，其基本秒數可能為 $3 \times (7+3+3+2) = 45$ 秒，剩餘 55 秒為可縮短時間，若時差為 -45 秒，則用縮短的方式得到綠燈總秒數只剩 $10+3 \times (7+3) = 40$ 秒，將大大影響實際車流通行。
- (2) 以分相最長綠與最短綠來限制調整範圍，如此可因地制宜，依照車流大小來分配各分相的合理的調整時間。

- (3) 為避免預設最長綠最短綠數值範圍過大，另外增加綠燈 2 倍與 1/2 為時差延長與縮短的限制。

TB-2000B 同步補償調整流程

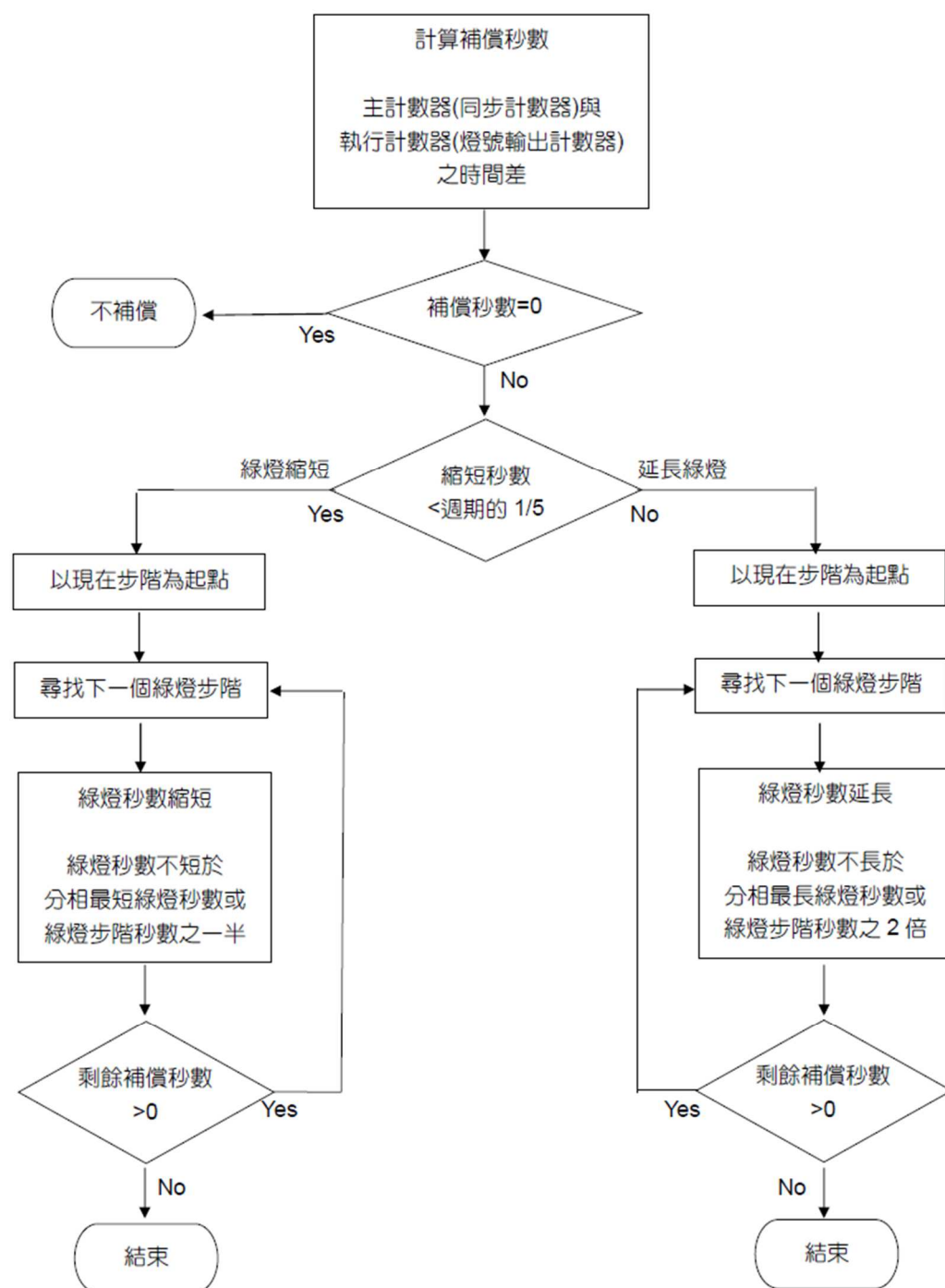


圖 5.8 同步補償調整流程

2. 來順興科技有限公司

- (1) 時制補償時間基準點，可選擇以每日 00 點 00 分 00 秒或時段起點為計算基準點。

- (2) 補償機制，時制計畫轉換在越短時間內轉換完成，對交通的改善越有幫助，於目前時制執行完畢後，在 2 個週期內完成。
- (3) 時制補償啟動
 - A. 開機
 - B. 對時
 - C. 執行中的時制秒數有設定變更過
 - D. 時段變更
 - E. 中心控制策略變更，恢復自動
- (4) 時制補償方式
 - A. 執行時制啟動時計算當下的時間距離"基準點"為多少秒/執行時制週期秒數的"餘數"即為需要補償秒數
 - B. 需要補償秒數比對時差秒數
 - a. 剛好相等--不用補償
 - b. 不相等--需要補償秒數與時差秒數的差異即為真正要補償的秒數
 - C. 為快速反應，皆使用"負補償"，以避免正補償秒數過長，產生不耐久候的現象。
 - D. 真正要補償的秒數：若可於一個週期 各分相"綠燈時間"依比例扣除時，則於一個週期完成，最多 2 個週期。

五、國外時制轉換探討

時制轉換有三種基本技術：停留、延長和縮短。第一種技術是保持(停留)在轉換時相，直到實現時制轉換。也就是說，當前週期的長度會根據需要增加，所有額外的時間都分配給轉換時相。第二種技術也根據需要擴展或增加週期長度，但在所有步階之間分配額外的時間。第三種技術縮短了周期長度，調整所有步階的時間於其最小綠和行人時間的範圍內。

為避免過渡期間過長的周期長度或步階太短，號誌控制器通常會限制一個週期中可以進行的最大調整量。如果施加了這樣的限制，可能無法在一個週期內完成時制轉換，但通常最多三到五個週期就能完成時制轉換。

美國號誌控制器中最常見的轉換模式包括 Dwell、Max Dwell、Add、Subtract 和 Shortway，其中至少提供了兩種或多種模式。假設時制計畫 1 切換到時制計畫 2 的週期長度沒有變化，但時差為 24 秒。圖 5.9 還顯示了時制計畫 1 與時制計畫 2 間五種類型轉換中的每一種的單獨時間線。

1. Dwell

在轉換步階的下一個率登時，號誌控制器通過保持或停留在此狀態開始轉換，直到達到新的時間同步點。此時被認為是同步的並開始新的時制計劃。如圖 5.9 所示，這種調整表現為一個延長的周期。一般來說，這種轉換模式可能會導致轉換期間時間的分配不均。

2. Max Dwell

此為 Dwell 的修改版本，不同地方於限制每個週期只能增加有限量的額外綠燈時間。圖 5.9 中的範例被限制為週期長度增加不超過一定百分比(範例中使用 20%)，因此需要 2 個週期才能完成時制轉換。

3. Add

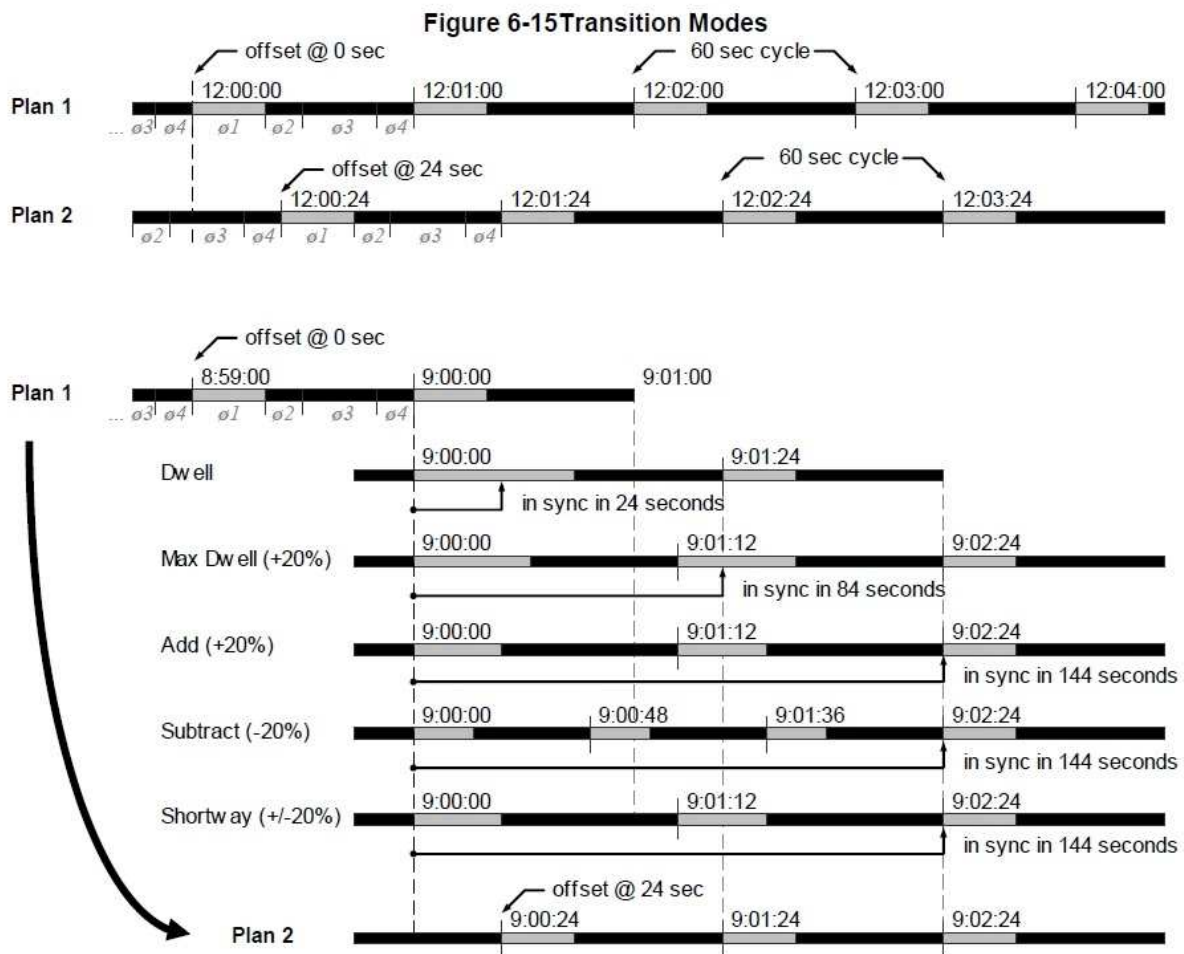
此模式通過將週期的開始逐漸推遲，透過調整目前週期時間略長於原本時制的週期時間來同步。Add 模式會增加所有步階的綠燈時間，而 Dwell 模式僅將時間添加到轉換時相。圖 5.9 說明，其中 Max Dwell 和 Add 都將週期長度增加了一定百分比(範例為 20%)，但是在 Add 模式下分配給轉換步階的額外時間較少，因為額外的綠燈時間是在所有步階中按比例分配。

4. Subtract

此模式將週期的開始逐漸提前，從時制計畫中的一個或多個步階中減去時間(取決於它們的最低綠燈時間要求)。如圖 5.9 所示，在時制轉換期間，Subtract 模式將週期中的所有步階減少一定百分比(假設為 20%)。儘管圖 5.9 中的 Subtract 模式需要三個週期，但 3 個短週期的總轉換時間相當於 Add 轉換期間兩個長周期所花費的時間。

5. Shortway

此模式(有時也稱為平滑)通過應用 Add 或 Subtract 轉換邏輯來重新同步。這種模式的具體細節可能因控制器供應商而異。一般來說，這是大多數號誌控制器的默認模式，適合一般情況下使用。



資料來源：Traffic Signal Timing Manual

圖 5.9 時制轉換範例圖

六、小結

1. 歷年來已經做了多次研討，對於時制補償機制須統一也有共識，只差落實。
2. 時制補償有兩大處理方式：
 - (1) 增加分相綠燈時相中的綠燈秒數
 - (2) 縮減分相綠燈時相中的綠燈秒數
3. 各縣市規範
 - (1) 要求基準點為 00:00:00(臺南市可指定另外一種)
 - (2) 要求在 2 週期之內補償完畢
 - (3) 可規範補償執行時機(何時執行補償？何時不補償？)
 - (4) 補償機制普遍都沒有詳細說明，但有預留修改空間(例如：基隆市和桃園市)
 - (5) 可制定統一的規格，提供給各縣市做為採購號誌控制器的規範。

- (6) 有些縣市考慮到倒數燈顯示，而有特殊規範，這部分或許可透過行人/行車倒數協定來解決。

5.2.2 行人倒數秒數規範與機制

本節首先回顧我國在行人倒數秒數規範與機制相關發展，再研提規範建議。

一、2008 年標準化都市交通管理通訊協定與控制軟體之研發與驗證示範(二)

行人倒數協定^[89]

STX	LEN	CMD	G_C	R_C	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte

其中

- (1) STX(Start of Text)：起始碼，AB(H)。
- (2) LEN(Length of Text)：長度，0A(H)。
- (3) CMD：01(H)代表 1-4 組號誌倒數設備，11(H)代表 5-8 組號誌倒數設備。
- (4) G_C：綠燈狀態
 - Bit 7：G1(G5)，G1=1 表示第 1 組(或第 5 組)行人綠燈開啟
 - Bit 6：G2(G6)，G2=1 表示第 2 組(或第 5 組)行人綠燈開啟
 - Bit 5：G3(G7)，G3=1 表示第 3 組(或第 5 組)行人綠燈開啟
 - Bit 4：G4(G8)，G4=1 表示第 4 組(或第 5 組)行人綠燈開啟
 - Bit 3：G1(GF5)，G1=1 且 GF1=1 表示第 1 組(或第 5 組)行人綠燈開啟
 - Bit 2：G2(GF6)，G2=1 且 GF2=1 表示第 1 組(或第 5 組)行人綠燈開啟
 - Bit 1：G3(GF7)，G3=1 且 GF3=1 表示第 1 組(或第 5 組)行人綠燈開啟
 - Bit 0：G4(GF8)，G4=1 且 GF4=1 表示第 1 組(或第 5 組)行人綠燈開啟
- (5) R_C：紅燈狀態
 - Bit 7：R1(R5)，R1=1 表示第 1 組(或第 5 組)行人紅燈開啟
 - Bit 6：R2(R6)，R1=1 表示第 2 組(或第 6 組)行人紅燈開啟
 - Bit 5：R3(R7)，R1=1 表示第 3 組(或第 7 組)行人紅燈開啟
 - Bit 4：R4(R8)，R1=1 表示第 4 組(或第 8 組)行人紅燈開啟
 - Bit 3~Bit 0：保留
- (6) DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組行人倒數秒數，範圍 0~255，秒數大於 99 時不顯示。號誌控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=255(FF H)以清除所有倒數器秒數。
- (7) CKS：核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整

筆資料。

二、標準化都市交通管理之通訊協定研發(一)^[87]

採用通訊指令之倒數號誌，須 RS-485 通訊線路進行通訊溝通，雖然此類型倒數號誌可直接進行顯示秒數之控制，但目前並無公開制定之共同通訊協定；僅止於採用通訊型之部分縣市，採用之最大量的通訊協定格式。

其通訊規範採用傳輸速率 9600Bps、同位位元無、起始位元為 1 位元，資料長度為 8 位元之 RS485 通訊基本格式。由於須於每次秒數變化大量傳輸協定，故協定本身設定相對於都市交通控制通訊協定 3.0 版格式簡略，以傳達協定訊息內容為最主要目的。

協定內容區分為兩大類：

1. 倒數秒數管理：

透過本項協定，號誌控制器可持續下達欲倒數之數字，目前常見之倒數號誌為 2 位數，故秒數超過 99 不顯示，待倒數至 99 開始進行顯示；若倒數號誌為 3 位數則完整顯示即可。

2. 故障檢測管理：

本項協定提供兩類功能，一類為設定倒數號誌所有 LED 模組持續顯示，提供人員以視覺進行檢測；另一類為查詢倒數號誌自我檢測之模組運作狀態。

訊息 編號		訊息 型態	設定	訊息 等級	
訊息 類別	行人倒數計數器管理				
目的	設定行人倒數計數器秒數				
用途	控制器依據秒數變化，即時發佈給行人倒數計數器進行秒數與燈號發佈。				
訊息 格式	TITLE+LENGTH+COMMAND+GC+RC+(TIME)(PHASECOUNT)+CKS				

訊息 參 數 定 義	TITLE：1Byte，0xAB LENGTH：1Byte，自 TITLE 至 CKS 的完整訊息長度。 COMMAND：1Byte，0x01 為行人倒數功能。 GC：1Byte，綠燈控制 BIT 7:G1，=1,亮 (慢走) 相 1 綠燈. BIT 6:G2，=1,亮 (慢走) 相 2 綠燈. BIT 5:G3，=1,亮 (慢走) 相 3 綠燈. BIT 4:G4，=1,亮 (慢走) 相 4 綠燈. BIT 3:GF1，=1,亮 (快跑) 相 1 綠閃. 當 G1=1, 且 GF1=1 時閃爍. BIT 2:GF2，=1,亮 (快跑) 相 2 綠閃. 當 G2=1, 且 GF2=1 時閃爍. BIT 1:GF3，=1,亮 (快跑) 相 3 綠閃. 當 G3=1, 且 GF3=1 時閃爍. BIT 0:GF4，=1,亮 (快跑) 相 4 綠閃. 當 G4=1, 且 GF4=1 時閃爍. RC：1Byte，紅燈控制 BIT 7:R1，=1,亮 (站立行人) 相 1 紅燈. BIT 6:R2，=1,亮 (站立行人) 相 2 紅燈. BIT 5:R3，=1,亮 (站立行人) 相 3 紅燈. BIT 4:R4，=1,亮 (站立行人) 相 4 紅燈. BIT 3:保留. BIT 2:保留. BIT 1:保留. BIT 0:保留. TIME：1Byte，倒數秒數，0x00-0xFE(0~254 秒)，0xFF 為不顯示 PHASECOUNT：1Byte，時相數，目前常用為 0x04。 CKS：1Byte，Checksum	
	訊息處理步驟	號誌器 → 行人行車倒數器 1.下傳協定訊息。 2.接受協定訊息，開始進行倒數。

三、各縣市政府行人倒數秒數規範

1. 臺北市

行人碼框格式：

STX	LEN	CMD	G_C	R_C	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte

A. STX=AB(H)，Start of Text。

B. LEN=0A(H)，Length of Text。

C. CMD=01(H) or 11(H)，01(H)表 1-4 組倒數器專用格式，11(H)表 5-8 組倒數器專用格式。

D. G_C：綠燈狀況 1 個字元

E. G_C：綠燈狀況 1 個字元

Bit 7：1 代表時相 1 或時相 5 綠燈

Bit 6：1 代表時相 2 或時相 6 綠燈

Bit 5：1 代表時相 3 或時相 7 綠燈

Bit 4：1 代表時相 4 或時相 8 綠燈

Bit 3：1 代表時相 1 或時相 5 綠閃

Bit 2：1 代表時相 2 或時相 6 綠閃

Bit 1：1 代表時相 3 或時相 7 綠閃

Bit 0：1 代表時相 4 或時相 8 綠閃

F. R_C：紅燈狀況 1 個字元

Bit 7：1 代表時相 1 或時相 5 紅燈

Bit 6：1 代表時相 2 或時相 6 紅燈

Bit 5：1 代表時相 3 或時相 7 紅燈

Bit 4：1 代表時相 4 或時相 8 紅燈

Bit 3~Bit 0：保留

G. DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組倒數秒數，範圍 0~254，當此值等於 0FFH 時不顯示。

H. 控制器於手操燈及閃光時送出(DATA1~DATA4 均為 0FFH)停止並清除所有行人倒數顯示。

I. CKS=核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整筆資料。

2. 新北市

(1) 制定準則

以目前廣為各廠商採用之通訊格式加以延伸而成，並避開交通部頒定之各種控制器通訊格式。

(2) 介面需求

A. EIA RS-485 非同步序列傳輸埠。

B. 資料格式：

起始位元	：1 位元
資料位元	：8 位元
同位偵測位元	：無
終止位元	：1 位元

C. 傳輸速率：9600bps。

D. 以號誌控制器為主控端(Master)傳送控制訊號(Tx)；所有的行人倒數器為被控端(Slave)，並聯於通訊線上接收控制訊號(Rx)。

(3) 碼框格式

A. STX=AB(H)，Start of Text。

B. LEN=0A(H)，Length of Text。

C. CMD=01(H) or 11(H)，01(H)表 1-4 組倒數器專用格式，11(H) 表 5-8 組倒數器專用格式(※預留)。

D. GC=綠燈狀態

Bit 7: G1(G5) G1=1 表示第 1 組(or5)行人綠燈 ON

Bit 6: G2(G6) G2=1 表示第 2 組(or6)行人綠燈 ON

Bit 5: G3(G7) G3=1 表示第 3 組(or7)行人綠燈 ON

Bit 4: G4(G8) G4=1 表示第 4 組(or8)行人綠燈 ON

Bit 3: GF1(GF5) G1=1 且 GF1=1 表示第 1 組(or5)行人綠燈閃爍

Bit 2: GF2(GF6) G2=1 且 GF2=1 表示第 2 組(or6)行人綠燈閃爍

Bit 1: GF3(GF7) G3=1 且 GF3=1 表示第 3 組(or7)行人綠燈閃爍

Bit 0: GF4(GF8) G4=1 且 GF4=1 表示第 4 組(or8)行人綠燈閃爍

E. RC=紅燈狀態

Bit 7: R1(R5) R1=1 表示第 1 組(or5)行人紅燈 ON

Bit 6: R2(R6) R2=1 表示第 2 組(or6)行人紅燈 ON

Bit 5: R3(R7) R3=1 表示第 3 組(or7)行人紅燈 ON

Bit 4: R4(R8) R4=1 表示第 4 組(or8)行人紅燈 ON

Bit 0-3：保留。

F. DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組行人倒數秒數，十六進數，範圍 000-255，秒數大於 99 時不顯示。控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=255(0FFH)以清除所有倒數器秒數。

G. CKS=核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整筆資料。

(4) 對談方式：無，因屬一對多之通訊連結方式，僅以單向傳輸。

(5) 命令內容：

命令編號		01 H(11H)	優先層次
目的		設定行人倒數計時器立即執行參數。	
用途		1. 用於即時通訊式行人倒數設備之傳輸控制。 2. 號誌控制器計算各燈號剩餘秒數傳送後，所有連結之倒數設備便依據設備內之編碼立即開始倒數並調整輸出參數。	
息訊	發送端	號誌控制器，主控制端，與所有倒數設備連接於 RS-485 通訊線上。	

	接收端	行車倒數控制器，被控制端，所有相同設備並聯於 RS-485 通訊線上。
訊息格式		01H + GC + RC + (Countdown)(4) or 11H + GC + RC + (Countdown)(4)
參數定義		GC=綠燈狀態 Bit7: G1(G5) G1=1 表示第 1 組(or5)行人綠燈 ON Bit6: G2(G6) G2=1 表示第 2 組(or6)行人綠燈 ON Bit5: G3(G7) G3=1 表示第 3 組(or7)行人綠燈 ON Bit4: G4(G8) G4=1 表示第 4 組(or8)行人綠燈 ON Bit3: GF1(GF5) G1=1 且 GF1=1 表示第 1 組(or5)行人綠燈閃爍 Bit2: GF2(GF6) G2=1 且 GF2=1 表示第 2 組(or6)行人綠燈閃爍 Bit1: GF3(GF7) G3=1 且 GF3=1 表示第 3 組(or7)行人綠燈閃爍 Bit0: GF4(GF8) G4=1 且 GF4=1 表示第 4 組(or8)行人綠燈閃爍 RC=紅燈狀態 Bit7: R1(R5) R1=1 表示第 1 組(or5)行人紅燈 ON Bit6: R2(R6) R2=1 表示第 2 組(or6)行人紅燈 ON Bit5: R3(R7) R3=1 表示第 3 組(or7)行人紅燈 ON Bit4: R4(R8) R4=1 表示第 4 組(or8)行人紅燈 ON Bit0-3：保留。 Countdown：1Bytes，第 i 個輸出燈號倒數秒數，0~255。 ※ 最多可規劃 8 組獨立之行人倒數計秒設備。 ※ 輸出燈號編碼須由行人倒數器內部指撥開關設定 (1~4，預留至 8 組)。 ※ 0FFH 表示結束倒數。 運作原則： 1. 執行三色燈號時每秒傳送一次，閃光時於燈態變化時立即傳送。 2. 手動操作時，號誌控制器立即命令倒數字熄滅。 3. 時段變換或手動結束調整時差時，由號誌控制器計算並調整倒數秒數，倒數數字必須前後連貫，不能中斷、跳躍或遺漏。 4. 燈號資料必須有錯誤檢核機制，原則如下： 5. 紅燈與綠燈同亮時 -> 所有燈號及數字均熄滅。 6. 綠燈與行閃控制同開時 -> 行人綠燈閃爍，否則不閃。 7. 有倒數數字但無紅燈或綠燈點亮時，數字不顯示。 8. 最大允許資料連續 2 次漏失(2 秒鐘)，倒數器需能自行維持燈態及剩餘秒數續接倒數，第 3 秒仍未收到通訊時，判定為通訊斷線，即降階改為學習模式運作(依先前記憶值顯示)。

3. 臺南市

(1) 系統規格：倒數秒數顯示

- A. 倒數計時器可顯示之最大時間為 99 秒，若大於最大時間秒數，則計時器不顯示秒數，直到倒數至 99 秒才開始顯示。
- B. 以紅燈信號、綠燈信號電源輸入為優先顯示(當偵測到綠閃信號時

行人開始快走)。

- C. 透過 RS485 介面接收路口號誌控制器要求顯示器開始倒數之時間指令。
- D. 倒數計時器可依照內部指撥開關設定其編號，若指令編號錯誤則不予理會該指令。

(2) 通信協定

- A. 傳輸介面： RS-485
- B. 傳輸速率(Baud rate)： 9600bps
- C. 字元格式： N,8,1
- D. 傳輸格式 Communication Package：
- E. 行人燈 AB 0A 01 G_C R_C TM1 TM2 TM3 TM4
CKS
- F. 行車燈 AB 0C 02 RTM1 RTM2 RTM3 RTM4 CKS
- G. 欄位定義

- STX 開始字元(Start of text)1 個 BYTE(例： ABH,0AH； AB,0C)

- 行人或行車系統字元

- 01: 行人系統字元 (1-4 時相); 11: 行人系統字元 (5-6 時相)

- 02: 行車系統字元 (1-4 時相); 12: 行車系統字元 (5-6 時相)

- G_C:綠燈狀況 1 個 BYTE

- Bit 7:"1"代表時相 1 或時相 5 綠燈

- Bit 6:"1"代表時相 2 或時相 6 綠燈

- Bit 5:"1"代表時相 3 綠燈

- Bit 4:"1"代表時相 4 綠燈

- Bit 3:"1"代表時相 1 或時相 5 綠閃

- Bit 2:"1"代表時相 2 或時相 6 綠閃

- Bit 1:"1"代表時相 3 綠閃

- Bit 0:"1"代表時相 4 綠閃

- R_C:紅燈狀況 1 個 BYTE

- Bit 7:"1"代表時相 1 或時相 5 紅燈

- Bit 6:"1"代表時相 2 或時相 6 紅燈

- Bit 5:"1"代表時相 3 紅燈

- Bit 4:"1"代表時相 4 紅燈

- Bit 3~Bit 0:保留

TM1~TM6: 倒數開始顯示時間(16 進位)

TM1~TM6: 1 BYTE, 行人倒數計時器倒數秒數, 範圍
0~254, 當此值等於 0FFH 時不顯示。

號誌控制器於手操燈及閃光時送出(TM1~TM4 均為 0FFH)停止
並清除所有行人倒數顯示。

● RTM1~RTM6: 倒數開始顯示時間(10 進位)

RTM1~RTM6: 2 BYTE, 行車倒數計時器倒數秒數, 範圍
0000~0999, 當此值大於 199 時不顯示。

號誌控制器於手操燈及閃光時送出(RTM1~RTM6 均為大於
0199)停止並清除所有行車倒數顯示

● CKS: Check Sum 1 個 BYTE

CKS 計算方式: 行人 byte1 add byte2 add ...add byte10 = 0
行車 byte1 add byte2 add ...add byte12 = 0

4. 新竹縣市

(1) 介面需求

A. EIA RS-485 非同步序列傳輸埠。

B. 資料格式:

起始位元	1 位元
資料位元	8 位元
同位偵測位元	無
終止位元	1 位元

C. 傳輸速率: 9600bps。

D. 以號誌控制器為主控端(Master)傳送控制訊號(Tx); 所有的行人倒
數器為被控端(Slave), 並聯於通訊線上接收控制訊號(Rx)。

(2) 碼框格式

STX	LEN	CMD	GC	RC	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte

A. STX=AB(H), Start of Text。

B. LEN=0A(H), Length of Text。

C. CMD=01(H) or 11(H), 01(H)表 1-4 組倒數器專用格式, 11(H) 表
5-8 組倒數器專用格式。

D. GC=綠燈狀態

Bit 7: G1(G5) G1=1 表示第 1 組(or5)行人綠燈 ON

Bit 6: G2(G6) G2=1 表示第 2 組(or6)行人綠燈 ON

Bit 5: G3(G7) G3=1 表示第 3 組(or7)行人綠燈 ON
 Bit 4: G4(G8) G4=1 表示第 4 組(or8)行人綠燈 ON
 Bit 3: GF1(GF5) G1=1 且 GF1=1 表示第 1 組(or5)行人綠燈閃爍
 Bit 2: GF2(GF6) G2=1 且 GF2=1 表示第 2 組(or6)行人綠燈閃爍
 Bit 1: GF3(GF7) G3=1 且 GF3=1 表示第 3 組(or7)行人綠燈閃爍
 Bit 0: GF4(GF8) G4=1 且 GF4=1 表示第 4 組(or8)行人綠燈閃爍

E. RC=紅燈狀態

Bit 7: R1(R5) R1=1 表示第 1 組(or5)行人紅燈 ON
 Bit 6: R2(R6) R2=1 表示第 2 組(or6)行人紅燈 ON
 Bit 5: R3(R7) R3=1 表示第 3 組(or7)行人紅燈 ON
 Bit 4: R4(R8) R4=1 表示第 4 組(or8)行人紅燈 ON
 Bit 0-3：保留。

F. DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組行人倒數秒數，十六進數，範圍 000-255，秒數大於 99 時不顯示。號誌控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=255(0FFH)以清除所有倒數器秒數。

G. CKS=核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整筆資料。

(3) 對談方式：無，因屬一對多之通訊連結方式，僅以單向傳輸。

(4) 命令內容：

命令編號		01 H(11H)	優先層次
目的		設定行人倒數計時器立即執行參數。	
用途		1. 用於即時通訊式行人倒數設備之傳輸控制。 2. 號誌控制器計算各燈號剩餘秒數傳送後，所有連結之倒數設備便依據設備內之編碼立即開始倒數並調整輸出參數。	
訊息格式	發送端	號誌控制器，主控制端，與所有倒數設備連接於 RS-485 通訊線上。	
	接收端	行車倒數控制器，被控制端，所有相同設備並聯於 RS-485 通訊線上。	
訊息格式		01H + GC + RC + (Countdown)(4) or 11H + GC + RC + (Countdown)(4)	
參數定義		GC=綠燈狀態 Bit7: G1(G5) G1=1 表示第 1 組(or5)行人綠燈 ON Bit6: G2(G6) G2=1 表示第 2 組(or6)行人綠燈 ON Bit5: G3(G7) G3=1 表示第 3 組(or7)行人綠燈 ON Bit4: G4(G8) G4=1 表示第 4 組(or8)行人綠燈 ON Bit3: GF1(GF5) G1=1 且 GF1=1 表示第 1 組(or5)行人綠燈閃爍 Bit2: GF2(GF6) G2=1 且 GF2=1 表示第 2 組(or6)行人綠燈閃爍	

	Bit1: GF3(GF7) G3=1 且 GF3=1 表示第 3 組(or7)行人綠燈閃爍 Bit0: GF4(GF8) G4=1 且 GF4=1 表示第 4 組(or8)行人綠燈閃爍 RC=紅燈狀態 Bit7: R1(R5) R1=1 表示第 1 組(or5)行人紅燈 ON Bit6: R2(R6) R2=1 表示第 2 組(or6)行人紅燈 ON Bit5: R3(R7) R3=1 表示第 3 組(or7)行人紅燈 ON Bit4: R4(R8) R4=1 表示第 4 組(or8)行人紅燈 ON Bit0-3：保留。 Countdown：1Bytes，第 i 個輸出燈號倒數秒數，0~255。 ※ 最多可規劃 8 組獨立之行人倒數計秒設備。 ※ 輸出燈號編碼須由行人倒數器內部指撥開關設定 (1~4，預留至 8 組)。 ※ 0FFH 表示結束倒數。 運作原則： 1. 執行三色燈號時每秒傳送一次，閃光時於燈態變化時立即傳送。 2. 手動操作時，號誌控制器立即命令倒數字熄滅。 3. 時段變換或手動結束調整時差時，由號誌控制器計算並調整倒數秒數，倒數數字必須前後連貫，不能中斷、跳躍或遺漏。 4. 燈號資料必須有錯誤檢核機制，原則如下： A. 紅燈與綠燈同亮時 -> 所有燈號及數字均熄滅。 B. 綠燈與行閃控制同開時 -> 行人綠燈閃爍，否則不閃。 C. 有倒數數字但無紅燈或綠燈點亮時，數字不顯示。 5. 最大允許資料連續 2 次漏失(2 秒鐘)，倒數器需能自行維持燈態及剩餘秒數續接倒數，第 3 秒仍未收到通訊時，判定為通訊斷線，即降階改為學習模式運作(依先前記憶值顯示)。
--	--

四、國內廠商行人倒數秒數實作

1. 行人倒數秒數協定

(1) 制定準則

以目前廣為各廠商採用之通訊格式加以延伸而成，並避開交通部頒定之各種控制器通訊格式。

(2) 介面需求

E. EIA RS-485 非同步序列傳輸埠。

F. 資料格式：

起始位元	1 位元
資料位元	8 位元
同位偵測位元	無

終止位元	1 位元
------	------

G. 傳輸速率：9600bps。

H. 以號誌控制器為主控端(Master)傳送控制訊號(Tx)；所有的行人倒數器為被控端(Slave)，並聯於通訊線上接收控制訊號(Rx)。

(3) 碼框格式

STX	LEN	CMD	GC	RC	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte

H. STX=AB(H)，Start of Text。

I. LEN=0A(H)，Length of Text。

J. CMD=01(H) or 11(H)，01(H)表 1-4 組倒數器專用格式，11(H) 表 5-8 組倒數器專用格式。

K. GC=綠燈狀態

Bit 7: G1(G5) G1=1 表示第 1 組(or5)行人綠燈 ON

Bit 6: G2(G6) G2=1 表示第 2 組(or6)行人綠燈 ON

Bit 5: G3(G7) G3=1 表示第 3 組(or7)行人綠燈 ON

Bit 4: G4(G8) G4=1 表示第 4 組(or8)行人綠燈 ON

Bit 3: GF1(GF5) G1=1 且 GF1=1 表示第 1 組(or5)行人綠燈閃爍

Bit 2: GF2(GF6) G2=1 且 GF2=1 表示第 2 組(or6)行人綠燈閃爍

Bit 1: GF3(GF7) G3=1 且 GF3=1 表示第 3 組(or7)行人綠燈閃爍

Bit 0: GF4(GF8) G4=1 且 GF4=1 表示第 4 組(or8)行人綠燈閃爍

L. RC=紅燈狀態

Bit 7: R1(R5) R1=1 表示第 1 組(or5)行人紅燈 ON

Bit 6: R2(R6) R2=1 表示第 2 組(or6)行人紅燈 ON

Bit 5: R3(R7) R3=1 表示第 3 組(or7)行人紅燈 ON

Bit 4: R4(R8) R4=1 表示第 4 組(or8)行人紅燈 ON

Bit 0-3：保留。

M. DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組行人倒數秒數，十六進數，範圍 000-255，秒數大於 99 時不顯示。號誌控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=255(0FFH)以清除所有倒數器秒數。

N. CKS=核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整筆資料。

(4) 對談方式：無，因屬一對多之通訊連結方式，僅以單向傳輸。

(5) 命令內容：

命令編號		01 H(11H)	優先層次	
目的		設定行人倒數計時器立即執行參數。		
用途		1. 用於即時通訊式行人倒數設備之傳輸控制。 2. 號誌控制器計算各燈號剩餘秒數傳送後，所有連結之倒數設備便依據設備內之編碼立即開始倒數並調整輸出參數。		
訊息格	發送端	號誌控制器，主控制端，與所有倒數設備連接於 RS-485 通訊線上。		
	接收端	行車倒數控制器，被控制端，所有相同設備並聯於 RS-485 通訊線上。		
訊息格式		01H + GC + RC + (Countdown)(4) or 11H + GC + RC + (Countdown)(4)		

五、小結

1. 各縣市政府與實作廠商的行人倒數協定是一致的，都是沿用臺中市制定成果，本案後續研討與各縣市規範都參考此份資料，建議本案透過檢討與修訂後，轉為行人倒數協定標準。
2. 規範中有提及採用 RS-485 連線方式，通訊協定應該規定資料格式，至於實體通訊技術則建議開放不同通訊技術，例如：無線通訊、短距無線通訊或物聯網等連線技術。
3. 目前尚未制定倒數秒數燈號狀態之相關協定，因此當燈號故障或異常時交控中心無法得知。

5.2.3 行車倒數秒數規範與機制

一、2008 年標準化都市交通管理通訊協定與控制軟體之研發與驗證示範(二)^[89]

對於行車倒數秒數協定部分訂定之通訊協定碼框格式如下，其中：

STX	LEN	CMD	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	2Byte	2Byte	2Byte	1Byte

1. STX(Start of Text)：起始碼，AB(H)。
2. LEN(Length of Text)：長度，0A(H)。
3. CMD：02(H)代表 1-4 組號誌倒數設備，12(H)代表 5-8 組號誌倒數設備。
4. DATA1~DATA4：第 1-4 組倒數秒數，BCD，範圍 0000~7999，秒數大於 99 時不顯示，BIT5=0 時表示紅燈秒數，BIT15=1 時表示綠燈秒數。控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=9999 以清除所有倒數器秒數。
5. CKS：核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整筆資

料。

同樣的，臺中市的行車號誌倒數通訊協定較不具彈性，因此對其進行修改，碼框格與各訊息表達意義與參數設定方式如下表所示。

STX	LEN	INFO	CKS
1Byte	1Byte	N Byte	1Byte

INFO			
CMD	SignalMap	SignalCount	(RedLightCountDown+GreenLightCountDown)(SignalCount)
1Byte	1Byte	1Byte	NByte

二、標準化都市交通管理之通訊協定研發(一)^[87]

行車倒數秒數協定：

訊息編號	訊息型態	設定	訊息等級
訊息類別	行車倒數計數器管理		
目的	設定行車倒數計數器秒數		
用途	控制器依據秒數變化，即時發佈協定給倒數計數器進行秒數。		
訊息格式	TITLE+LENGTH+COMMAND+(TIME)(PhaseCount)+CKS		
訊息參數定義	TITLE：同行人倒數協定 LENGTH：1Byte，自 TITLE 至 CKS 的完整訊息長度。 COMMAND：1Byte，0x02 為行車倒數功能。 TIME：同行人倒數協定。 PHASECOUNT：1Byte，時相數，目前常用為 0x04。		
訊息處理步驟	號誌器 → 行人行車倒數器		
	1.下傳協定訊息。	2.接受協定訊息，開始進行倒數。	

三、各縣市政府行車倒數秒數規範

1. 臺北市

行車碼框格式如下：

STX	LEN	CMD	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	2Byte	2Byte	2Byte	1Byte

(1) STX=AB(H)，Start of Text。

- (2) LEN=0C(H)，Length of Text。
- (3) CMD=02(H) or 12(H)，02(H)表 1-4 組倒數器專用格式，12(H) 表 5-8 組倒數器專用格式。
- (4) DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組倒數秒數，BCD，範圍 0000-7999，秒數大於 99 時不顯示，Bit15=0 時表示紅燈秒數，Bit15=1 時表示綠燈秒數。控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=9999 以清除所有倒數器秒數。
- (5) CKS=核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整筆資料。

2. 新北市

(1) 制定準則

以目前廣為各廠商採用之通訊格式加以延伸而成，並避開交通部頒定之各種控制器通訊格式。

(2) 介面需求

A. EIA RS-485 非同步序列傳輸埠。

B. 資料格式：

起始位元	1 位元
資料位元	8 位元
同位偵測位元	無
終止位元	1 位元

C. 傳輸速率：9600bps。

D. 以號誌控制器為主控端(Master)傳送控制訊號(Tx)；所有的行車倒數器為被控端(Slave)，並聯於通訊線上接收控制訊號(Rx)。

(3) 碼框格式

STX	LEN	CMD	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	2Byte	2Byte	2Byte	1Byte

A. STX=AB(H)，Start of Text。

B. LEN=0C(H)，Length of Text。

C. CMD=02(H) or 12(H)，02(H)表 1-4 組倒數器專用格式，12(H) 表 5-8 組倒數器專用格式。

D. DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組倒數秒數，BCD，範圍 0000-7999，

秒數大於 99 時不顯示，Bit15=0 時表示紅燈秒數，Bit15=1 時表示綠燈秒數。控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=9999 以清除所有倒數器秒數。

E. CKS=核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整筆資料。

(4) 對談方式：無，因屬一對多之通訊連結方式，僅以單向傳輸。

(5) 命令內容：

命令編號		02 H(12H)	優先層次
目 的		設定行車倒數計時器立即執行參數。	
用 途		1. 用於即時通訊式行車倒數設備之傳輸控制。 2. 號誌控制器計算各燈號剩餘秒數傳送後，所有連結之倒數設備便依據設備內之編碼立即開始倒數並調整輸出參數。	
訊息格式	發送端	號誌控制器，主控制端，與所有倒數設備連接於 RS-485 通訊線上。	
	接收端	行車倒數控制器，被控制端，所有相同設備並聯於 RS-485 通訊線上。	
訊息格式		02H + (Countdown)(4) 或 12H + (Countdown)(4)	

參數定義	Countdown：2Bytes，第 i 個設備倒數計秒數，四位數 BCD 0~7999。Bit15=0 時表示紅燈秒數，Bit15=1 時表示綠燈秒數 ※ 最多可規劃 8 組獨立之倒數計秒設備。 ※ 輸出燈號編碼由行車倒數器內部指撥開關或其他可替代之方式設定(1~8)。 ※ 9999H 表示結束倒數。 運作原則： 1. 每秒傳送一次。 2. 手動或閃光操作時，號誌控制器立即命令倒數字熄滅(秒數為 9999)。 3. 時段變換或手動結束調整時差時，由號誌控制器計算並調整倒數秒數，倒數數字必須前後連貫，不能中斷、跳躍或遺漏。 4. 燈號資料必須有錯誤檢核機制，原則如下： A. 通訊資料與外線燈號不符時關閉倒數器。 B. 全綠燈與紅燈同時輸入時關閉倒數器。 C. 左轉(或箭頭)綠燈與紅燈同時輸入時視為紅燈。 5. 最大允許資料連續 2 次漏失(2 秒鐘)，倒數器需能自行維持剩餘秒數續接倒數，第 3 秒仍未收到通訊時，判定為通訊斷線，若指定只使用通訊模式時則應立即關閉顯示器。若指定為通訊及學習兩用時則應立即改為學習模式，且剩餘秒數仍需續接倒數，不得中斷。於通訊模式期間，倒數器內部仍需依照燈號變換進行秒數學習，以備通訊中斷時續接倒數使用。
--	---

3. 基隆市

(1) 制定準則

以目前廣為各廠商採用之通訊格式加以延伸而成，並避開交通部頒定之各種控制器通訊格式。

(2) 介面需求

A. EIA RS-485 非同步序列傳輸埠。

B. 資料格式：

起始位元	1 位元
資料位元	8 位元
同位偵測位元	無
終止位元	1 位元

C. 傳輸速率：9600bps。

D. 以號誌控制器為主控端(Master)傳送控制訊號(Tx)；所有的行車倒數器為被控端(Slave)，並聯於通訊線上接收控制訊號(Rx)。

(3) 碼框格式

STX	LEN	CMD	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	2Byte	2Byte	2Byte	1Byte

A. STX=AB(H)，Start of Text。

B. LEN=0C(H)，Length of Text。

C. CMD=02(H) or 12(H)，02(H)表 1-4 組倒數器專用格式，12(H) 表 5-8 組倒數器專用格式。

D. DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組倒數秒數，BCD，範圍 0000-7999，秒數大於 99 時不顯示，Bit15=0 時表示紅燈秒數，Bit15=1 時表示綠燈秒數。控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=9999 以清除所有倒數器秒數。

E. CKS=核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整筆資料。

(4) 對談方式：無，因屬一對多之通訊連結方式，僅以單向傳輸。

(5) 命令內容：

命令編號		02 H(12H)	優先層次
目 的		設定行車倒數計時器立即執行參數。	
用 途		1. 用於即時通訊式行車倒數設備之傳輸控制。 2. 號誌控制器計算各燈號剩餘秒數傳送後，所有連結之倒數設備便依據設備內之編碼立即開始倒數並調整輸出參數。	
訊息格式	發送端	號誌控制器，主控制端，與所有倒數設備連接於 RS-485 通訊線上。	
	接收端	行車倒數控制器，被控制端，所有相同設備並聯於 RS-485 通訊線上。	
訊息格式		02H + (Countdown)(4) 或 12H + (Countdown)(4)	

4. 臺南市

(1) 系統規格：倒數秒數顯示

- A. 倒數計時器可顯示之最大時間為 99 秒，若大於最大時間秒數，則計時器不顯示秒數，直到倒數至 99 秒才開始顯示。
- B. 以紅燈信號、綠燈信號電源輸入為優先顯示(當偵測到綠閃信號時行人開始快走)。
- C. 透過 RS485 介面接收路口控制器要求顯示器開始倒數之時間指令。
- D. 倒數計時器可依照內部指撥開關設定其編號，若指令編號錯誤則不予理會該指令。

(2) 通信協定

- A. 傳輸介面： RS-485
- B. 傳輸速率(Baud rate)： 9600bps
- C. 字元格式： N,8,1
- D. 傳輸格式 Communication Package：
- E. 行人燈 AB+0A+01+G_C+R_C+TM1+TM2+TM3+TM4+CKS
- F. 行車燈 AB+0C+02+RTM1+RTM2+RTM3+RTM4+CKS
- G. 欄位定義
 - STX 開始字元(Start of text)1 個 BYTE(例： ABH,0AH； AB,0C)
 - 行人或行車系統字元
 - 01: 行人系統字元 (1-4 時相); 11:行人系統字元 (5-6 時相)
 - 02: 行車系統字元 (1-4 時相); 12:行車系統字元 (5-6 時相)
 - G_C:綠燈狀況 1 個 BYTE
 - Bit 7:"1"代表時相 1 或時相 5 綠燈
 - Bit 6:"1"代表時相 2 或時相 6 綠燈
 - Bit 5:"1"代表時相 3 綠燈
 - Bit 4:"1"代表時相 4 綠燈
 - Bit 3:"1"代表時相 1 或時相 5 綠閃
 - Bit 2:"1"代表時相 2 或時相 6 綠閃
 - Bit 1:"1"代表時相 3 綠閃
 - Bit 0:"1"代表時相 4 綠閃
 - R_C:紅燈狀況 1 個 BYTE
 - Bit 7:"1"代表時相 1 或時相 5 紅燈
 - Bit 6:"1"代表時相 2 或時相 6 紅燈
 - Bit 5:"1"代表時相 3 紅燈
 - Bit 4:"1"代表時相 4 紅燈
 - Bit 3~Bit 0:保留
 - TM1~TM6: 倒數開始顯示時間(16 進位)
 - TM1~TM6： 1 BYTE， 行人倒數計時器倒數秒數， 範圍 0~254， 當此值等於 0FFH 時不顯示。
 - 控制器於手操燈及閃光時送出(TM1~TM4 均為 0FFH)停止並清除所有行人倒數顯示。
 - RTM1~RTM6: 倒數開始顯示時間(10 進位)
 - RTM1~RTM6： 2 BYTE， 行車倒數計時器倒數秒數， 範圍

0000~0999，當此值大於 199 時不顯示。

控制器於手操燈及閃光時送出(RTM1~RTM6 均為大於 0199)停止並清除所有行車倒數顯示。

● CKS: Check Sum 1 個 BYTE

CKS 計算方式：行人 byte1 add byte2 add ...add byte10 = 0

行車 byte1 add byte2 add ...add byte12 = 0

5. 高雄市

(1) 制定準則

以目前廣為各廠商採用之通訊格式加以延伸而成，並避開交通部頒定之各種控制器通訊格式。

(2) 介面需求

A. EIA RS-485 非同步序列傳輸埠。

B. 資料格式：

起始位元	1 位元
資料位元	8 位元
同位偵測位元	無
終止位元	1 位元

C. 傳輸速率：9600bps。

D. 以號誌控制器為主控端(Master)傳送控制訊號(Tx)；所有的行車倒數器為被控端(Slave)，並聯於通訊線上接收控制訊號(Rx)。

(3) 碼框格式

STX	LEN	CMD	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	2Byte	2Byte	2Byte	1Byte

A. STX=AB(H)，Start of Text。

B. LEN=0C(H)，Length of Text。

C. CMD=02(H) or 12(H)，02(H)表 1-4 組倒數器專用格式，12(H) 表 5-8 組倒數器專用格式。

D. DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組倒數秒數，BCD，範圍 0000-7999，秒數大於 99 時不顯示，Bit15=0 時表示紅燈秒數，Bit15=1 時表示綠燈秒數。

E. 控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=9999 以清除所有倒數器秒數。

F. CKS=核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄

整筆資料。

(4) 對談方式：無，因屬一對多之通訊連結方式，僅以單向傳輸。

(5) 命令內容：

命令編號		02 H(12H)	優先層次
目 的		設定行車倒數計時器立即執行參數。	
用 途		1. 用於即時通訊式行車倒數設備之傳輸控制。 2. 號誌控制器計算各燈號剩餘秒數傳送後，所有連結之倒數設備便依據設備內之編碼立即開始倒數並調整輸出參數。	
訊息格式	發送端	號誌控制器，主控制端，與所有倒數設備連接於 RS-485 通訊線上。	
	接收端	行車倒數控制器，被控制端，所有相同設備並聯於 RS-485 通訊線上。	
訊息格式		02H + (Countdown)(4) 或 12H + (Countdown)(4)	
參數定義		Countdown：2Bytes，第 i 個設備倒數計秒數，四位數 BCD 0~7999。 Bit15=0 時表示紅燈秒數， Bit15=1 時表示綠燈秒數 甲、最多可規劃 8 組獨立之倒數計秒設備。 乙、輸出燈號編碼由行車倒數器內部指撥開關或其他可替代之方式設定(1~8)。 丙、9999H 表示結束倒數。 運作原則： 1. 每秒傳送一次。 2. 手動或閃光操作時，號誌控制器立即命令倒數字熄滅(秒數為 9999)。 3. 時段變換或手動結束調整時差時，由號誌控制器計算並調整倒數秒數，倒數數字必須前後連貫，不能中斷、跳躍或遺漏。 4. 燈號資料必須有錯誤檢核機制，原則如下： A. 通訊資料與外線燈號不符時關閉倒數器。 B. 全綠燈與紅燈同時輸入時關閉倒數器。 C. 左轉(或箭頭)綠燈與紅燈同時輸入時視為紅燈。 5. 最大允許資料連續 2 次漏失(2 秒鐘)，倒數器需能自行維持剩餘秒數續接倒數，第 3 秒仍未收到通訊時，判定為通訊斷線，若指定只使用通訊模式時則應立即關閉顯示器。若指定為通訊及學習兩用時則應立即改為學習模式，且剩餘秒數仍需續接倒數，不得中斷。於通訊模式期間，倒數器內部仍需依照燈號變換進行秒數學習，以備通訊中斷時續接倒數使用。	

6. 新竹縣市

(1) 介面需求

A. EIA RS-485 非同步序列傳輸埠。

B. 資料格式：

起始位元	1 位元
資料位元	8 位元
同位偵測位元	無
終止位元	1 位元

C. 傳輸速率：9600bps。

D. 以號誌控制器為主控端(Master)傳送控制訊號(Tx)；所有的行車倒數器為被控端(Slave)，並聯於通訊線上接收控制訊號(Rx)。

(2) 碼框格式

STX	LEN	CMD	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	2Byte	2Byte	2Byte	1Byte

A. STX=AB(H)，Start of Text。

B. LEN=0C(H)，Length of Text。

C. CMD=02(H) or 12(H)，02(H)表 1-4 組倒數器專用格式，12(H) 表 5-8 組倒數器專用格式。

D. DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組倒數秒數，BCD，範圍 0000-7999，秒數大於 99 時不顯示，Bit15=0 時表示紅燈秒數，Bit15=1 時表示綠燈秒數。

E. 控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=9999 以清除所有倒數器秒數。

F. CKS=核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整筆資料。

(3) 對談方式：無，因屬一對多之通訊連結方式，僅以單向傳輸。

(4) 命令內容：

命令編號		02 H(12H)	優先層次
目的		設定行車倒數計時器立即執行參數。	
用途		1. 用於即時通訊式行車倒數設備之傳輸控制。 2. 號誌控制器計算各燈號剩餘秒數傳送後，所有連結之倒數設備便依據設備內之編碼立即開始倒數並調整輸出參數。	
訊息格式	發送端	號誌控制器，主控制端，與所有倒數設備連接於 RS-485 通訊線上。	

	接收端	行車倒數控制器，被控制端，所有相同設備並聯於 RS-485 通訊線上。
訊息格式		02H + (Countdown)(4) 或 12H + (Countdown)(4)
參數定義		Countdown：2Bytes，第 i 個設備倒數計秒數，四位數 BCD 0~7999。Bit15=0 時表示紅燈秒數，Bit15=1 時表示綠燈秒數 丁、最多可規劃 8 組獨立之倒數計秒設備。 戊、輸出燈號編碼由行車倒數器內部指撥開關或其他可替代之方式設定(1~8)。 己、9999H 表示結束倒數。 運作原則： 1. 每秒傳送一次。 2. 手動或閃光操作時，號誌控制器立即命令倒數字熄滅(秒數為 9999)。 3. 時段變換或手動結束調整時差時，由號誌控制器計算並調整倒數秒數，倒數數字必須前後連貫，不能中斷、跳躍或遺漏。 4. 燈號資料必須有錯誤檢核機制，原則如下： A. 通訊資料與外線燈號不符時關閉倒數器。 B. 全綠燈與紅燈同時輸入時關閉倒數器。 C. 左轉(或箭頭)綠燈與紅燈同時輸入時視為紅燈。 5. 最大允許資料連續 2 次漏失(2 秒鐘)，倒數器需能自行維持剩餘秒數續接倒數，第 3 秒仍未收到通訊時，判定為通訊斷線，若指定只使用通訊模式時則應立即關閉顯示器。若指定為通訊及學習兩用時則應立即改為學習模式，且剩餘秒數仍需續接倒數，不得中斷。於通訊模式期間，倒數器內部仍需依照燈號變換進行秒數學習，以備通訊中斷時續接倒數使用。

四、國內廠商行車倒數秒數實作

1. 行車倒數秒數協定

(1) 制定準則

以目前廣為各廠商採用之通訊格式加以延伸而成，並避開交通部頒定之各種控制器通訊格式。

(2) 介面需求

A. EIA RS-485 非同步序列傳輸埠。

B. 資料格式：

起始位元	1 位元
資料位元	8 位元
同位偵測位元	無
終止位元	1 位元

C. 傳輸速率： 9600bps。

D. 以號誌控制器為主控端(Master)傳送控制訊號(Tx)；所有的行車倒數器為被控端(Slave)，並聯於通訊線上接收控制訊號(Rx)。

(3) 碼框格式

STX	LEN	CMD	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	2Byte	2Byte	2Byte	1Byte

A. STX=AB(H)，Start of Text。

B. LEN=0C(H)，Length of Text。

C. CMD=02(H) or 12(H)，02(H)表 1-4 組倒數器專用格式，12(H) 表 5-8 組倒數器專用格式。

D. DATA1-DATA4=第 1-4 或 5-8 組倒數秒數，BCD，範圍 0000-7999，秒數大於 99 時不顯示，Bit15=0 時表示紅燈秒數，Bit15=1 時表示綠燈秒數。

E. 控制器於手動、全紅或閃光時送出 DATA=9999 以清除所有倒數器秒數。

F. CKS=核對位元組，STX 至 CKS 之和為應為 0，若不為 0 時放棄整筆資料。

(4) 對談方式：無，因屬一對多之通訊連結方式，僅以單向傳輸。

(5) 命令內容

命令編號		02 H(12H)	優先層次	
目 的		設定行車倒數計時器立即執行參數。		
用 途		1. 用於即時通訊式行車倒數設備之傳輸控制。 2. 號誌控制器計算各燈號剩餘秒數傳送後，所有連結之倒數設備便依據設備內之編碼立即開始倒數並調整輸出參數。		
訊息格式	發送端	號誌控制器，主控制端，與所有倒數設備連接於 RS-485 通訊線上。		
	接收端	行車倒數控制器，被控制端，所有相同設備並聯於 RS-485 通訊線上。		
訊息格式		02H + (Countdown)(4) 或 12H + (Countdown)(4)		

參數定義	Countdown：2Bytes，第 i 個設備倒數計秒數，四位數 BCD 0~7999。Bit15=0 時表示紅燈秒數，Bit15=1 時表示綠燈秒數 ※ 最多可規劃 8 組獨立之倒數計秒設備。 ※ 輸出燈號編碼由行車倒數器內部指撥開關或其他可替代之方式設定(1~8)。 ※ 9999H 表示結束倒數。 運作原則： 1. 每秒傳送一次。 2. 手動或閃光操作時，號誌控制器立即命令倒數字熄滅(秒數為 9999)。 3. 時段變換或手動結束調整時差時，由號誌控制器計算並調整倒數秒數，倒數數字必須前後連貫，不能中斷、跳躍或遺漏。 4. 燈號資料必須有錯誤檢核機制，原則如下： A. 通訊資料與外線燈號不符時關閉倒數器。 B. 全綠燈與紅燈同時輸入時關閉倒數器。 C. 左轉(或箭頭)綠燈與紅燈同時輸入時視為紅燈。 5. 最大允許資料連續 2 次漏失(2 秒鐘)，倒數器需能自行維持剩餘秒數續接倒數，第 3 秒仍未收到通訊時，判定為通訊斷線，若指定只使用通訊模式時則應立即關閉顯示器。若指定為通訊及學習兩用時則應立即改為學習模式，且剩餘秒數仍需續接倒數，不得中斷。於通訊模式期間，倒數器內部仍需依照燈號變換進行秒數學習，以備通訊中斷時續接倒數使用。
--	---

五、小結

1. 各縣市政府與實作廠商的行人倒數協定是一致的，都是沿用臺中市制定成果，本案後續研討與各縣市規範都參考此份資料，建議本案透過檢討與修訂後，轉為行人倒數協定標準。
2. 規範中有提及採用 RS-485 連線方式，通訊協定應該規定資料格式，至於實體通訊技術則建議開放不同通訊技術，例如：無線通訊、短距無線通訊或物聯網等連線技術。
3. 目前尚未制定倒數秒數燈號狀態之相關協定，因此當燈號故障或異常時交控中心無法得知。

5.2.4 動態號誌控制

隨著各個交通場域不同的交通特性(如都會區通勤廊道、港區貨運車出入、

科學園區上下班、優先號誌路口等)，在紓解道路車流的策略中，需要透過號誌時制運作的控制，來達到以動態方式來因應當時車流紓解所需的時制計畫，因而產生動態號誌控制策略與所需的控制技術。國內號誌控制器經歷過數次研修，目前的「都市交通控制通訊協定 3.0 版」已施行多年，亦提供號誌動態控制的相關通訊協定，然而在各個廠商(包含號誌控制器廠商、交控中心系統開發廠商)對於協定指令常有不同解讀，也致使在執行動態號誌控制相關計畫時，需要花費相當時間成本來約定指令定義。另外，伴隨優先通行車輛、感應性觸動號誌控制或自駕車行經路口之號誌資訊需求，目前的號誌控制指令已出現不敷實際使用需求的狀況。表 5-3 說明目前過內各縣市採用的動態號誌支援方案。動態號誌控制策略應用可分為下列兩大類：

一、動態時比：動態時比就是根據前幾個週期的資料，採用人工智慧(AI)或是其它方式計算出新的時比，對於號誌時制計畫進行調整，這是目前大部分縣市的動態號誌的控制策略主流。

二、動態步階：這屬於號誌即時控制的一環，可以針對每一個步階進行操作，因此可以將目前正在運作的綠燈延長，或是將競爭方向的綠燈縮短。

控制策略與通訊協定的關係，則是透過下列三種方式進行控制。

一、動態控制：協定等級為 A (5F H+10 H 搭配 5F H+14 H、5F H+15 H、5F H+18 H)

二、即時控制：等級為 O (5F H+10 H 搭配 5F H+1C H)

三、定時控制：等級為 B (5F H+14 H、5F H+15 H 結合 5F H+16 H)

目前大部分的縣市都採用動態控制進行處理，這是週期性的計算，也就是說這次計算出來的結果，必須下個週期才會套用，任何改變都是以週期為單位。採用定時控制其實也能作到動態號誌控制的效果，好處是如果號誌控制器無實作上述進階的動態控制指令也能採用。壞處則可能影響交控中心的號誌時段資料，因為定時時制為目前中心控制號誌的主要依據，透過這種方式控制須考慮與中心軟體對於時段資料交互影響。而目前 5F H+10 H、5F H+14 H、5F H+18 H 的指令在使用上因為參數解釋不完整，導致不同廠商之間解讀有所不同。而 5F H+48 H 則是因為動態計算之後，只能回傳定時控制之時制，無法反應動態計算的即時狀態。

優先號誌也是目前各縣市推動的方向，本計畫整理相關資料，列出這些優

先號誌系統採用的協定支援方式(如表 5-5 所示)。策略應用可分為下列兩大類：

1. 動態步階：如同動態步階，屬於號誌即時控制的一環，可以針對每一個步階進行操作，因此可以將目前正在運作的綠燈延長，或是將競爭方向的綠燈縮短，達成行進方向紅燈截斷的目的。這兩種策略對於優先車輛十分有幫助
2. 插入時相：一般說來動態控制都是在預先排定好的時相進行秒數調整，不會去異動時相。但是某些情況之下，調整秒數的策略並不好用，直接插入一個時相，反而更能解決問題。插入時相有兩種方式，一是在原本的時制計畫中已經包含這個時相，但是秒數皆為 0，需要的時候再動態設定秒數，另一種方式則是動態改變時相，插入一個原本不存在的時相。前者用在輕軌管制的方式上，可以當輕軌車輛因為上下車人數過多，無法通過路口時，又有一個可通過的時相讓其通過。後者則用在緊急優先車輛中，藉由插入一個特勤的時相(除了緊急車輛通行方向綠燈外，其餘都紅燈)，來確保緊急車輛行進的安全。

優先號誌幾乎都是等級為 O 的即時控制指令(5F H+10 H 搭配 5F H+1C H)，然而採用都市交通控制通訊協定 3.0 版原始規劃的 5F H+1C H，無法動態控制步階，目前都是廠商之間協議將 5F H+1C H 內的 effect time 參數重新定義，才能在不異動交通控制通訊協定 3.0 版原始碼框之下，達成動態控制步階的目標。

表 5-4 各縣市動態號誌控制內容比較

資料來源：本計畫彙整

縣市	計畫	控制地點	控制策略	協定策略	協定指令	時制計畫套數	控制器廠商	另訂協定
臺北市	智慧動態號誌控制策略計畫	中心	動態時比	動態控制	5F10、5F14 5F15、5F18	由中心下載第 40 套	中陸、鋒泰	無
	感應性號誌	現場	動態步階	時相步階	5F10、5F1C	由 IPC 下載時制至第 47 套	良基	5F1C 之 effecttime 解釋為該步階之總秒數
	新一代智運系統規劃案_POC	中心	動態時比	動態控制	5F10、5F14 5F15、5F18	由中心下載時制至第 18 套	良基	無
高雄市	區域協控計畫	中心	動態步階	時相步階	5F10、5F1C		良基	5F1C 之 effecttime 解釋為該步階之總秒數
	高雄港聯外交通改善—區域性交通及貨車行車安全提升計畫專案服務案	中心	動態時比 動態步階	動態控制	5F48、5F44、5F45、 5F10、5F40、5F14、 5F15、5F1D、5F1C、 5F18、5F03	由中心下達指令進行控制	良基	無
	交流道區域協控、運輸走廊計畫-路網號誌控制、行車導引號誌控制	中心	動態時比	動態控制	5F10、5F14 5F15、5F18	由中心下載時制至第 16~19 套 (依計畫類別)	晟隆、臺灣之光、維明(山佇)	無

縣市	計畫	控制地點	控制策略	協定策略	協定指令	時制計畫套數	控制器廠商	另訂協定
桃園市	桃園大溪地區疏導計畫	中心	動態時比	動態控制	5F10、5F14 5F15、5F18	由中心下載時制至第 0 套後，先將第 0 套複製備份，結束動態控制後要復原，否則閃光時相會出錯	良基	無
新北市	運輸走廊整合多元資訊應用_動態號誌控制	中心	動態時比	動態控制	5F10、5F14 5F15、5F18	由中心下載時制至第 0 套	寬仲	無
新竹縣市	大新竹運輸走廊整合道路資訊應用計畫	中心	動態時比	動態控制	5F14、5F15、5F16	由中心下載時制內容與時段至現場 TC，	建程	無
臺中市	應用人工智慧進行交通數據蒐集暨號誌控制之研究	現場	動態時比	動態控制	5F10、5F14、 5F15、5F18	由現場 IPC 下載時制內容至路口 TC，	普格	無

表 5-5 優先號誌於各縣市之應用比較表

資料來源：本計畫彙整

計畫別	控制策略	使用之 V3.0 指令	以通訊協定 3.0 版自訂協定(用於號誌控制)
高雄輕軌一階	紅燈截斷、綠燈延長、插入時相	5F10、5F1C 5F03	無
淡海輕軌	紅燈截斷、綠燈延長	5F10、5F1C 5F03	無
安坑輕軌	紅燈截斷、綠燈延長	5F10、5F1C 5F03	無
臺南公車優先	紅燈截斷、綠燈延長	5F10、5F1C 5F4C	無
臺中 BRT	紅燈截斷、綠燈延長		新訂協定
高雄市緊急車輛優先號誌	紅燈截斷、綠燈延長、插入特勤	5F10、5F1C、5F1E、 5F03 (註：特勤控制為正數)	無
新北市救護車優先號誌(POC)	紅燈截斷、綠燈延長	5F10、5F1C 5F03	無

5.2.5 人工智慧影像辨識下之人流與車流偵測

由於人工智慧的技術越來越成熟，因為該技術也被廣泛應用於交通資料偵測中，如「臺北市 108-109 年度交通監控系統工程」明確定義支援新種類的交通參數，除了既有路測設備如車輛偵測器、電子標籤偵測器與車牌辨識偵測器之外，還規劃了支援路口偵測器、智慧路燈與自行車偵測器等等之應用。

一、車輛偵測器(VD)：點速率、流量、佔有率、轉向量(擴增)、綠燈紓解率(擴增)、停等長度(擴增)、行人量(擴增)、偵測時間。電子標籤偵測器(eTag)：流量、路段旅行時間、路段旅行速率、偵測時間。

二、車牌辨識偵測器(AVI)：流量、路段旅行時間、路段旅行速率、偵測時間。

三、路口偵測器：路口交通量、轉向量、綠燈紓解率、停等長度、行人量、偵測時間。

四、智慧路燈：點速率、流量、佔有率、轉向量、綠燈紓解率、停等長度、行人量、偵測時間。

傳統的車輛偵測設備，例如：車輛偵測器，自動車牌辨識，電子標籤偵測器等等，蒐集與轉換的資料，大多用於路段上，例如：提供路段的平均速度、流量、佔有率、旅行時間與旅行速度等等。而目前有新的多元服務平台，可直接提供路段的績效資料，例如：Google。有些電信業者也能經由蒐集電信大數據(CVP)資料，提供路段的績效與應用。

而自從智慧路口的應用興起，以其 AI 影像辨識的應用，路口資料的蒐集與應用也逐漸重要，目前這一塊是協定層面比較缺乏的，對於路口應該要蒐集那一些資料，怎麼蒐集等等，目前都是各家廠商自行開發與採用自己的格式，並沒有統一的標準，因此須制定路口偵測器所蒐集的資料格式與項目。資料蒐集種類如表 5-6 所示。

表 5-6 新型設備支援之資料蒐集種類

資料來源：本計畫彙整

資料類型	位置	類別	來源
車流資料	路段	點速度	VD、智慧路燈
		流(當)量	VD、eTag、智慧路燈
		佔有率	VD、智慧路燈
		旅行時間	eTag、AVI
		旅行速度	eTag、AVI
		績效資料	自行運算、Google 等多元資料平台
	路口	轉向(當)量	路口偵測器、智慧路燈
		停等長度	路口偵測器、智慧路燈
		行人量	路口偵測器、智慧路燈

5.2.6 車聯網與自駕車運行

本計畫蒐集與盤點各部會與縣市政府在各式自動駕駛車輛與實驗場域，對於行經號誌化路口之即時紅綠燈燈態與剩餘秒數發佈作法，以及所使用通訊技術及通訊協定；並同時蒐集各式自動駕駛車輛行經號誌化路口，接收路口號誌控制器所發佈即時燈態資訊之問題以及可能的量化數據，後續將進行相關探討。

國內目前 6 個縣市(臺北市、新北市、桃園市、臺中市、彰化縣、臺南市)，發展自駕車計畫並已陸續完成場域實車行駛驗證。自駕車需結合各式技術，其中決定自駕車能否通行前方路口，乃跟自駕車能否掌握前方路口號誌時相(燈

態)狀態有絕對關聯。而取得前方路口號誌時相(燈態)資訊的相關技術，主要為(1)取得號誌控制器的即時時制資訊、(2)透過影像辨識技術判斷前方紅綠燈燈態。表 5-7 彙整新北市、臺北市、臺南市 3 個自駕車計畫所使用之技術作法與遭遇問題。

表 5-7 自駕車計畫場域之號誌化路口通行判斷作法與所遭遇問題

資料來源：本計畫彙整

縣市	場域	號誌化路口通行判斷作法	遭遇問題與未來解決方向建議
臺北市	信義路(基隆路<>中山南路)公車專用道	由雲端即時號誌時制演算服務(inVignal)提供信義路公車專用道沿線路口即時時制狀態	1.雲端即時號誌服務乃依據路口 TOD 時制計畫，提供路口時制預期狀態。當路口號誌為其他系統介入控制時(例如：動態 TOD、觸動控制)，自駕車收得的預期時制狀態與路口號誌控制器現場即時燈態狀態有極大差異。 2.當進行時制轉換時，時制補償邏輯因各廠商作法差異，亦會產生預期時制與現場時制有差異。 未來計畫方向：掌握各號誌廠商時制轉換時補償控制邏輯，納入雲端即時號誌服務機制。嘗試加入影像辨識方式，偵知路口燈態狀況，輔助判斷。
新北市	淡海輕軌 頂站<>美麗新影城	透過路側介接號誌控制器即時燈態，再透過 RSU 封裝為 SPAT 經由 C-V2X PC5 廣播給自駕車 OBU	1.發生闖紅燈或綠燈煞停等未依號誌行駛問題，發生原因存在於路側端、設備通訊端及車載端等面向。包含號誌訊號異常、C-V2X 設備連線異常，導至自駕巴士收到錯誤號誌資訊而未依號誌行駛。 2.多路口使用一個 RSU，易發生 RSU 排成滿載，致使資訊傳遞延誤。 未來計畫將朝向：增加車端影像辨識與 C-V2X 比對機制，輔助隨車駕駛員提早發現與踩煞介入。
臺南市	高鐵沙崙站周遭道路/南科園區道路	由自駕車車上攝影機取得前方路口紅綠燈影像，採取影像辨識技術，判讀前方路口即時燈態	影像判讀會因環境因素造成無法判讀或是誤判狀況，導致自駕車無法通行路口，需駕駛者人為介入。例如： 1.場域內有斜坡路段，致使前方路口紅綠燈燈箱未落入自駕車之攝影機擷取範圍內。 2.前方視角在有無太陽光照射下，將影響影像判讀結果，而季節不同時，太陽光照射角度亦有差異，也造成判讀結果不同。 3.影像判斷方式，僅能得知燈態，但無法知道時制時相秒數資訊，對車輛通行路口易發生急煞車狀況。 未來計畫將朝向：兩個場域各兩個路口，將試辦路側即時接取號誌時制即時狀態，做為通行路口判斷。

縣市	場域	號誌化路口通行判斷作法	遭遇問題與未來解決方向建議
			並期望透過第二期計畫釐清自駕場域內，那些路口條件適合用影像辨識方案、哪些適合用路側號誌資訊介接方式。

依據上述 3 個直轄市之自駕車計畫，從實證的即時號誌時相與燈態掌握結果，3 個直轄市均預計在第二期計畫中，嘗試納入其他方案(如新北市首期使用 C-V2X，未來將納入影像辨識)互相比對，提升路口號誌時相與燈態判斷正確性。從建置經費考量下，可看出 3 個場域解決方案都朝向以最少路側設備成本方向努力，例如：新北市計畫乃採多的路口使用一個 RSU 傳遞號誌 SPaT 資訊、臺北市採行雲端即時時誌時制服務，無需建立路側介接號誌資訊所需硬體，而臺南市以影像辨識技術做為方案，無非也是避免建置大量路側設備所需費用與未來維運成本。上述各方案均存在優缺點，均需要再進行嘗試、驗證，找出符合可執行又具成本效益之解決方案。以下為自駕車與號誌之相關課題：

目前我國自駕車試驗及相關試驗場域多以都市交通控制通訊協定 3.0 版的 5F H + 15 H 協定來提供介接號誌時制資訊，其中按一般定義時相(Phase)長度為綠燈、黃燈及全紅時段，都市交通控制通訊協定 3.0 版則是以以分相(SubPhase)及步階(Step)的概念表示。以普通二時相為例，如圖 5.10，綠燈分相包含綠燈步階、行人閃綠步階、行人紅燈步階、黃燈步階、全紅步階，回傳各步階起始時間。

步階	時相	方位 流向 編號	A								B							
			紅燈	黃燈	左轉綠	圓綠燈	直行綠	右轉綠	行人紅	行人綠	紅燈	黃燈	左轉綠	圓綠燈	直行綠	右轉綠	行人紅	行人綠
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
1	I					○				○				○				○
2						○				△				○				△
3						○			○					○			○	
4				○					○			○					○	
5			○						○		○						○	
6	II		○						○		○						○	
7			○						○		○						○	
8			○						○		○						○	
9			○						○		○						○	
10			○						○		○						○	

資料來源：都市交通控制通訊協定 3.0 版

圖 5.10 普通二時相分相及步階

5.3 歷次座談會各界意見綜整與處理

5.3.1 座談會議題與進行方式

本計畫舉辦多次都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會，以蒐集各界先進對於通訊協定 3.0 版的使用經驗與改善意見，並藉由座談會，來凝聚各方共識，制定都市交通控制通訊協定 3.0 版之修訂初稿。表 5-8 為本案舉辦之座談會內容說明，圖 5.11 為線上座談會進行畫面。

表 5-8 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會內容

舉辦時間	座談會名稱	座談會議議題	參與對象	召開方式	參加人數
2021/8/4	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討第一次座談會	蒐集各界先進對於交通控制通訊協定 3.0 版的改善需求與建議	產、官、學之代表與專家	線上會議	114
2021/10/7	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-臺北細部座談會	蒐集臺北市交通控制中心採用通訊協定 3.0 版的實務意見	臺北市交通控制中心人員與協力廠商	線上會議	10
2021/10/12	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-臺南細部座談會	蒐集臺南市交通控制中心採用通訊協定 3.0 版的實務意見	臺南市交通控制中心人員與協力廠商	實體會議	10
2021/11/1	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會—管理單位場	蒐集交通管理單位針對通訊協定 3.0 版修訂初稿之意見	各單位交通管理人員，包含各交通控制中心人員	線上會議	50
2021/11/3	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會—開發單位場	蒐集交通開發單位針對通訊協定 3.0 版修訂初稿之意見	開發廠商，包含路側設備廠商與中心系統整合廠商	線上會議	50
2021/11/22	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會—修訂確認場	蒐集各界先進對於通訊協定 3.0 版修訂意見調整後之意見	各界先進，包含交通管理人員與開發廠商	線上會議	39



圖 5.11 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討第一次座談會會議進行畫面

5.3.2 座談會意見彙整

一、都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討第一次座談會

本次座談以蒐集都市交通控制通訊協定 3.0 版的需求為主，節錄與都市交通控制通訊協定 3.0 版相關的需求意見如下表，除了都市交通控制通訊協定 3.0 版之中的現場設備共用訊息(如硬體設備狀態)與號誌控制器訊息(如動態號誌、時制轉換)之外，對於有聲號誌與輕軌相關的應用也於會中進行討論。本期計畫暫未針對有聲號誌與輕軌相關應用進行深入探討，可於後續計畫進行進一步研討，擬訂相關應用，此外，資訊安全議題雖然不在本期研討項目，經會議討論與交流，本案暫針對實體網路連線安全進行研討，並研提修訂建議。

表 5-9 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討第一次座談會意見

資料來源：本計畫彙整

意見	回應
現場設備之故障偵測與回報，若能偵測到號誌燈故障；對中心而言是有其需要的。	遵照辦理，已經制定相關協定
無線設備的應用是未來的趨勢，可減少線材的使用，也有助於開闊都市天空，所以相關設備的通訊協定應一併納入思考，或者可循序漸進從電力通訊(PLC)漸進導入無線通訊技術。	遵照辦理，已針對 PLC 電力網路使用的方式進行研討
新北市幅員廣大，所以合約有要求號誌控制器廠商將設備 GNSS 坐標位置利用通訊設備傳回，以利管控號誌化路口的位置，所以也建議設備組態資訊能回傳，以利資產管理應用所需。	遵照辦理，已參考新北市所制定協定，加入設備 GNSS 坐標回傳指令
桃園市在動態號誌控制方面，先前公車優先及緊急車輛的測試，近年又有 AI 處等應用，目前皆是以既有都市通訊協定 3.0 版的指令進行控制，例如：5FH+10H、5FH+1CH 而 EffectTime 則有另訂，然沒有插入新時相，未來通訊協定檢討或參考 TCROS，能更動態決定時相數，可有更多突破。	遵照辦理，已檢討 5F H+10 H 與 5F H+1C H 的 EffectTime 應用
除檢討協定指令外，訊號傳輸的架構與特性可一併考量，先前運研所探討過都市通訊協定 3.0 版於 2.5G GPRS 頻寬環境下因封包傳輸時間較長，而限制了中心改以精簡版的指令傳輸等，或許可透過邊緣運算克服，同時落實 5G 高密度、低延遲傳輸特性及架構的優勢。若 5G 基礎建設環境健全，更可提升路口間通訊穩定，桃園執行 AI 號誌控制係採路口間以實體光纖串聯傳輸，若環境允許則可嘗試透過 5G 頻譜達成路口間的傳輸，亦減少施工成本及工期。	遵照辦理，協定中可以增加對於連線方式之建議，考量了雲端中心與區域中心(邊緣運算)的應用方式，協定方向也將 5F H+14 H 和 5F H+15 H 等短指令合而為一
未來 IPC 及大量設備皆於終端路口，如何遵循	遵照辦理，本期並不探討協定層面的

意見	回應
ISMS 資安規範，並自主防護入侵，是各機關及廠商需要加強規劃投資的議題。	資訊安全，但對於連接方式的資訊安全，則有建議方式。
臺南市目前號誌控制器現況 1.控制器對行人與行車倒數設施均兼具通訊模式之功能，惟路口現場因線路不足，所以學習式或通訊式模式均有使用。 2.號誌智慧控制有動態查表控制、適應性號誌控制、公車優先號誌及緊急車輛控制(目前尚在測試階段)，惟非每台控制器均有上述功能。 3.號誌補償基準點則分二種，永華行政 6 區域採時段補償，民治行政 31 區域採零點基準點補償。	已採納臺南市目前現況做為都市交通控制通訊協定 3.0 版修訂之參考。
自駕車即時取得號誌時制相關問題： 因各縣市對號誌之控制幾乎沒有真正依方向性去配接線路，所以即使即時向控制器取得燈態狀況或分相剩餘秒數，該原始資料亦無法直接應用，而需另再事前轉換方向或以指定某一分相為該車行駛方向，爰此未來要向各縣市落實號誌線路依規定方向配接，惟因控制器只有六組輸出，所以要完全依方向性去配接，對最底層廠商是有困難的。 因各縣市對號誌之控制幾乎沒有真正依方向性去配接線路，所以才會有像勤威公司所述之情形，由控制器 5F03 得到之資訊無法直接直接應用，而需另再於事前轉換方向或以指定某一分相為該車行駛方向，爰此建議未來要規定各縣市落實號誌線路依規定方向性配接。惟因大多數縣市控制器只有六組輸出，預設值為北、東、南、西，另兩組大多未定義，所以要完全依方向性去配接，尚需一段很長時間的訓練。	現場配線問題，除了要求一燈一線之外，也要確認方向必須安裝正確，整體時相管理機制才能正常運作。協定中除了規範北、東、南、西之外，也有規範東北、東南、西南、西北等方位，方位有 8 個，但是號誌控制器輸出只有 6 個，是目前採購規範可能需要調整之方向。 當現場配線方式正確，5F H+03 H 等指令才能直接使用，否則都需要經過轉換與對應，才能反應現況。
視障有聲號誌/行人號誌於時制轉換時無法提供正確資訊給視障朋友/行人： 建議新增與視障有聲號誌/行人號誌溝通的通訊協定，讓有聲號誌/行人號誌能接收控制器的行人倒數資料(即時式)，以及與 APP 加值運用。	此議題非本期研討之項目，但對此需求有進行談討，建議於後期針對「行人」應用的部分專門制定相關協定。
行人號誌輔助顯示屏，由於現況需於開發廠商所建置的雲端系統建檔(顯示的檔案)，再一路一個路口到現場設定，無法多個檔案於不同路口遠端處理傳輸，績效不彰。建議新版通訊協定有由中央下達哪些路口執行排程及傳輸哪些資訊(含圖片、動畫、影像等檔案格式)去執行(可在不同時間點，依不同路口有不同顯示資訊內容)的指令。	此議題非本期研討之項目，但對此需求有進行研討。可行的方式是直接於現場建立網路環境，使這些輔助顯示屏可以與中心連接，並制定「行人用」CMS 協定來控制這些設備。建議於後期制定。
有關時制轉換及補償基制統一化議題： 個人建議時制轉換之轉換點(即執行第 1 個補償週期之時間點)要統一，而補償機制倒不一定要統一，因為補償機制各有優缺點，所以沒必要去設限，只要規定二週期內完成即可；但為維持連鎖	遵照辦理，已制定彈性控制補償機制，並能收到補償發生時之主動回報。

意見	回應
性，減少不連鎖時間，時制轉換之時間點要統一，另為符合號誌通訊協定之原意及配合動態控制之需求，建議統一以超過時段切換時間加上新時制時差，並完成上一週期最後一步階後為執行第 1 個補償週期之轉換時間點。 例如：上一時段起始為 06:00，時制為第一時相綠燈 85 秒、黃燈 3 秒、全紅 2 秒，第二時相綠燈 35 秒、黃燈 3 秒、全紅 2 秒，週期 130 秒，時差為 0 秒；而新時段起始為 07:10，時制為第一時相綠燈 50 秒、黃燈 3 秒、全紅 2 秒，第二時相綠燈 30 秒、黃燈 3 秒、全紅 2 秒，時差 30 秒，則控制器執行第 1 個補償之時間在 7:01:30 分，而非在 7:00:00 或 7:00:30，因為上一週期步階全部執行完之時間為 7:01:30。	
通訊協定應納入各式偵測控制設備、型號與韌體版本的說明。	遵照辦理，已制定相關協定。
對於號誌控制器故障訊息認定，各家廠商因硬體升級及軟體開發者認知不一致，以致後端中心平台誤訊息狀況，建議可再明確律定。如目前號誌 LED 燈面故障偵測，於系統內未能被有效偵測或傳遞，建議重新思考協定定義及偵測方式。	遵照辦理，針對故障訊息，已經經過研討。 號誌燈面錯誤偵測，也已蒐集有實做廠商的經驗，制定檢核方式與協定。
利用電力線通訊式 PLC 來傳遞相關訊息(如燈面故障、紅燈/行綠倒數秒數)，需考慮控制器電源供應相位是否穩定，否則易有雜訊影響訊息傳遞，造成誤訊息或傳遞不全狀況，另應評估採物聯網無線通訊可行性。	遵照辦理，PLC 應用於一燈一線的線路上，因為並無與其他迴路相交，傳輸品質可獲得保障。另外無線通訊的連線方式具備技術上之可行性，但路口建置的成本會上升。
影像辨識資訊可於協定中細分納入不同車種資訊、方向，如大貨車、聯結車類型或行人於行穿線上通行方向，以利交通管理單位管理需求。	遵照辦理，目前轉向量有規劃車種，大車、小車、機車、聯結車與自行車；行人量則有規劃行人方向。
新通訊協定設計應避免加重設備硬體設施之負擔。以高雄輕軌一、二階共用路口執行輕軌優先通行為例，常因控制器與 IPC 資料交換頻繁，以致影響控制器運作效能，甚至導致優先號誌無法啟動。	遵照辦理。協定目前規劃的內容有考量到降低資料傳遞量與傳遞次數，但若是因為實際需求而產生的負載(例如：車班密集通過)，此時號誌控制器若無法負擔處理，則建議提昇號誌控制器硬體效能或是加掛高階 IPC 運算單元為輔助作法。
考量未來不同有運具(如輕軌)於市區通行需求，包括其號誌燈態、優先號誌系統運作狀態及觸發資訊等，建議可納入新通訊協定檢討中，以利不同控制中心管理需求。	遵照辦理，與輕軌相關的通訊協定規劃於明年進行，本年度以蒐集資料為主。輕軌或是優先號誌的應用實際上都是採用號誌動態控制與時相控制的方式達成，採用簡單的指令來組合完成複雜的操作，此種方式也可避免制定過於複雜的指令，也避免未來經常要根據新需求調整指令。

意見	回應
優先號誌功能(如緊急車輛通行、公共運具通行)、行人觸動延長等功能需求，因各區域均有相同需求，建議可納入號誌控制器基本功能，採一致性的觸發邏輯控制，減少控制器須外加 IPC 執行資訊傳輸負擔。	非協定議題，號誌控制器本身運作效能需要提昇，才能完成更複雜的應用，避免因為功能增加而導致號誌基本控制功能出問題，造成安全性問題。在確保號誌控制安全性之前提之下，建議可將這些進階功能整合於號誌控制器硬體中，或是採用擴充機制達成此目標。
行人或列車通過的觸動控制，有須要提供中心回報功能。	遵照辦理，這部分功能既有的協定已經包含：5F H+09 H。
建議制定時制轉換與補償機制的轉換流程制訂，例如：輕軌插入時相：strategy 的改變；例如：插入特勤時相，結束之後的動作程序(進入下一個分相或是其他)。	針對時制轉換與補償，本期有做研討，並可指定補償的時機與方式。輕軌若有特殊應用，也可於時相控制的狀態之下，關閉時制補償，由輕軌 IPC 自行決定補償的方式。目前協定的研討成果，提供預設處理機制，也保留自行決定的彈性。
目前自駕車測試遇到的問題如下： 1.於彰濱實驗場測試時，發現燈態與通訊協定不同步，造成自駕車誤判。 2.於彰濱實驗場測試時，發現時制計畫與現場不符合，造成自駕車誤判。	1.燈態與通訊協定不同步，可能是安裝方向不正確或是控制器、網路等環節不穩定所成。 2.時制計畫與現場不吻合，可能是設備下載時制計畫未成功完成或是有採用動態控制、時相控制等操作，造成時制計畫不一致。
因應車聯網導航，須預知路況需求，有蒐集號誌停等時間的需求。	可透過 5F H+03 H 的指令蒐集步階轉換資料，本期研討加入時間戳記，在接受資料時可比對時間是否正確。
動態號誌的倒數秒數，需要中央來制定統一協定。	本期已經制定倒數秒數之協定
可從有聲號誌對號誌燈秒數或行人倒數秒數之需求或問題來研究，再後續擴大到自駕車亦有號誌燈態之相關需求與應用。	此議題非本期研討之項目，但對此需求有進行談討，建議於後期針對「行人」應用的部分專門制定相關協定。
有關 PLC 相關應用與測試，於實驗室尚算可行，但於現場實作將會有許多問題。	若是與台電的線路混合，的確會造成訊號干擾相位不清的情控，導致通訊品質不穩。但若是套用於號誌與燈箱之間的溝通，於一燈一線的情況之下，可提供穩定的資訊傳輸。
配合 5G 智慧桿納入協定，結合中央制定統一規範納入國家標準。	遵照辦理，本期已經有針對智慧桿之應用進行研討，但智慧桿本身提供裝機環境、電力與網路的基礎建設，目前於協定層面之關聯性較低。
因號誌設備多數安裝於路口處開放空間，提醒須納入資安考量避免有心人士造成資安問題。	非本期研討項目，但會針對線路連接的資訊安全，提供相關建議。

二、都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-臺北市細部座談會

臺北市細部座談會是蒐集交通控制中心與協力廠商針對都市交通控制通訊協定 3.0 版運行多年後意見與看法，不同於大型座談會，直接面對第一線的使用人員(交通管理單位)與開發人員(協力廠商)討論，借鏡其經驗來修訂都市交通控制通訊協定 3.0 版的內容。討論之內容重點如下：

1. 硬體狀態項目須更明確。
2. 時制補償機制須更明確說明其運作方式。
3. 補償機制須主動告知交通控制中心。
4. 動態號誌應用參數應統一。
5. 兩階段紅燈倒數秒數可能造成民眾誤解，應定義相關行為。
6. GNSS 座標協定於新北市交控系統中已經採用，可以參考。
7. 特殊日與時段型態脫勾，增加使用彈性。
8. 時制補償於兩週期之內完成，是否有考慮最長綠與最短綠的限制？
9. 倒數燈頭的檢核機制可採用號誌控制器主動輪詢的方式進行。
10. VD 硬體故障可增加遮蔽之錯誤項目。

三、都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-臺南市細部座談會

臺南市也是全國內對於都市交通控制通訊協定 3.0 版使用具相當有經驗之交通控制中心，本次也特別邀請臺南市交通控制中心與當地的協力廠商，請他們提供寶貴的使用意見與建議，促使都市交通控制通訊協定 3.0 版修正更為完善，討論之重點如下：

1. 5FH+14H 和 5FH+15H 兩個指令應該合併為一個。
2. 行車、行人燈號之倒數啟動或關閉之指令須一併考量。
3. 轉向量與行人量的方向界定，建議採用八個方位角來指定。
4. 時制補償的方式應該可以設定補償方式，許多路口不能只有一種補償方式就能解決。
5. 只要是週期型的管理策略，就一定要執行時制補償，才能確保連鎖性。
6. 行人觸動有越來越多種模式，須考慮調整支援。

四、都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會-管理單位場

透過前三場座談會所蒐集之需求與意見，擬定了都市交通控制通訊協定 3.0 版的修訂初稿，並於此次座談會之前傳遞給與會來賓。此次座談會對象為交通管理單位(例如：各縣市交通控制中心)，請來賓根據其管理實務經驗，針對都市交通控制通訊協定 3.0 版的修訂初稿提供意見與看法，討論之結論如下：

1. 未來應用與創新設備的協定也希望能考慮進去。
2. 通訊協定的檢討希望未來能每半年進行一次。
3. 採用新北市的設備位置 GNSS 通訊協定。
4. 用兩組號誌控制器來管理單一路口，通訊協定應如何支援？
5. 電力線實務上可用，若採用無線通訊則須注意資訊安全。
6. 行人觸動的複雜應用(如觸動之後增加一個時相)，協定須考量支援
7. 號誌燈頭檢驗，是否須廠商另行開發？
8. 行人觸動進行調整，更需要採用通訊式的倒數秒數顯示，避免顯示錯誤？
9. 是否可保留一套時制計畫專門做為行人觸動之用？
10. 主動回報號誌控制器的步階是否有必要？儘量不要使用以免造成通訊太忙碌。
11. 時制補償議題建議時段之起點應為時段之起始+時差為補償之基準點，另建議維持任何補償方式一律規定在二個週期內完成補償為原則，除了受制於最短綠或最長綠之因素可再延長為三個週期。
12. 建議增設行人、行車倒數通訊之啟用與關閉指令。
13. 新增車輛偵測的故障屬性可發現路樹遮蔽或是施工圍籬造成的遮蔽，能快速處理問題，避免插補。

五、都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會-開發單位場

透過前三場座談會所蒐集之需求與意見，擬定了都市交通控制通訊協定 3.0 版的修訂初稿，並於此次座談會之前傳遞給與會來賓。此次座談會對象為開發單位(例如：設備開發廠商)，請來賓根據其管理實務經驗，針對都市交通控制通訊協定 3.0 版的修訂初稿提供意見與看法，討論之結論如下：

1. 關於新增指令 5FH+0DH 定義為 5FH+03H 的擴充版本，兩者僅須提供一種。
2. 協定中原本指定時制計畫 0 為「動態時制」，平時使用其他時制計畫執行

TOD 內容。

3. 建議應該再強化 5FH+14H 及 5FH+15H 下達前的目前策略檢查。
4. 時制計畫編號由於實際需求並未看過有 40 個編號不夠使用的狀況，是否加註一段文字，「實際編號數量以使用單位需求自行另定，格式僅做為預留規劃」(五)電力線實務上可用，若採用無線通訊須注意資訊安全。
5. 能讓時段型態與特殊日日期脫鉤，甚至特殊日日期也能指定星期六或星期日的時段型態來使用應該是一種比較切合實際需求的作法。
6. 目前已有廠商進行行人觸動的參數開發實作，其與目前規定的不同，是否能有統一標準供廠商參考。
7. 綠衝突表考慮的方向過少，應該考慮八個方位。
8. 時制補償參數中 Base 參數不同時，時差如何應用？應補充詳細處理方式。
9. 時制補償中補償完成週期限制與最長綠與最短綠的限制關係請補充說明。
10. 時制補償機制中對於幹道與支道如何定義。
11. 燈箱故障回傳是否採用「Direct」較為恰當？
12. 建議燈箱故障偵測採用號誌控制器主動輪詢方式進行，有故障才主動回報，若是主動回報機制本身故障，號誌控制器將永遠認為燈箱都是正常運作。

六、都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會-修訂確認場

「11/01 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會—管理單位」與「11/03 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會—開發單位」兩場座談會蒐集了管理單位與開發單位對於「都市交通控制通訊協定 3.0 版的修訂初稿」之意見後，根據此意見修訂都市交通控制通訊協定 3.0 版的修訂初稿，並於此次座談會之前傳遞給與會來賓。請來賓針對調整之後的「都市交通控制通訊協定 3.0 版的修訂初稿」提供意見與看法，討論之結論如下：

1. 廠商仍建議將特殊日日期設定與時段型態脫勾，不要透過一個指定設定。
2. 對於行人觸動的參數內容，各家廠商仍有不同的意見與看法，須進一步研討。
3. 時制補償中雖然可指定幹道與支道，但是對於早開與遲閉時，幹支道的定義可能有所不同，須進一步研討。

4. 兩階段紅燈的定義並不是很明確，若要制定兩階段紅燈倒數管理協定，須進一步研討。
5. 都市交通控制通訊協定 3.0 版的修訂初稿會於全部協定都檢討完成之後，再由交通部頒布使用。
6. 不贊成把紅燈倒數秒數累加，應該等快要變燈的時候在顯示秒數比較適當。

5.4 「都市交通控制通訊協定 3.0 版」修訂檢討

下列依據前述課題與研討會回饋意見，分別從現場設備共用訊息、號誌控制器訊息、車輛偵測器等面向，進行都市交通控制通訊協定 3.0 之修訂檢討。

5.4.1 現場設備共用通訊協定課題彙整

一、對時功能

為現今的設備，尤其是號誌，普遍都有導入 GNSS 對時機制，以避免偏遠郊區無線通訊訊號不良，導致中心對時延遲而造成不連鎖。一般來說，通常會以中心對時或是現場 GNSS 對時兩者採一種為主體，因此可能需要有一個指令能夠設定，並且規範對時的優先權。另外查詢時間的需求越來越重要，也建議將其改定為基本查詢。

1. 增加 GNSS 對時相關指令，以及修正查詢時間訊息等級為 B。
2. 0F H+42 H 建議訊息等級由「O」修正為「B」。
3. 0F H+02 H 增加衛星對時描述。
4. 增加 GNSS 對時管理協定。
5. 增加高精度對時指令組。

二、設備組態資訊管理

設備組態資料則是希望將相關設備資料，除了中心系統資料庫有之外，現場的設備本身也應該要能夠提供或是備查訊。例如設備坐標(這是配合有 GNSS 對時的設備)、韌體版本之類。設備組態資訊嚴格說起來並不是交通控制的一環，而是設備資產管理的應用，通訊協定著重在於交通控制層面。

實際上設備廠牌與型號之指令，已經存在既有都市交通控制通訊協定 3.0

版中，但是廠商的編碼沒有統一規範，可能會造成重複。韌體版本則是採用 bitmap 的方式進行解析，廠商往往無法輸入自己設備的廠牌型號，久而久之，就不再更新，造成明明是不同的韌體版本的控制器，查詢回來的版號卻是相同。當號誌控制開始支援動態控制，某些特殊的版本將會支援進階或是選項等的協定，若能透過指令查詢設備版本，對於整體錯誤偵查上有極大幫助。

1. 設備韌體燒錄日期與版本管理

「設備韌體燒錄日期及版本管理」中，廠商編號容易重複，也沒有統一的依據。版本與型號各家廠商標準不一，無法反應現況，建議擴增指令來回傳設備組態資料。

2. 設備座標查詢

因應越來越多的設備提供 GNSS 對時，那表示設備本身能偵測座標，若能提設備座標，對於交通控制中心設備組態管理，將會有很大的幫助。

三、設備狀態

須修訂設備故障狀態，由於該通訊協定已經超過 15 年沒有更新，許多硬體狀態已經不太符合現況。此外，既有通訊協定內容中針對故障的樣態說明不足，容易造成廠商開發產品時的誤解，中心管理人員也無法了解該設備狀態表達的意義。

設備狀態透過 2 Byte 回傳各種設備的故障內容，某些故障僅採用 1 Bit 描述，號誌控制器燈箱故障，僅能顯示有沒有燈號故障，無法知道是哪個燈故障，但若透過 PLC(電力線網路)的方式，讓燈箱透過通訊功能，傳遞設備檢驗結果，這也需要相對應的通訊協議來達成。

硬體設備狀態主動回報建議只列出故障或是異常的狀態，設備就緒或是恢復連線這種交通控制系統可以主動偵測到的狀態，無需要主動回報給交通控制中心，將這些欄位保留給故障或是異常狀態。當中心收到此主動回報，如果不是 00 H，表示設備發生某種異常，異常判斷與處理也會更直覺。

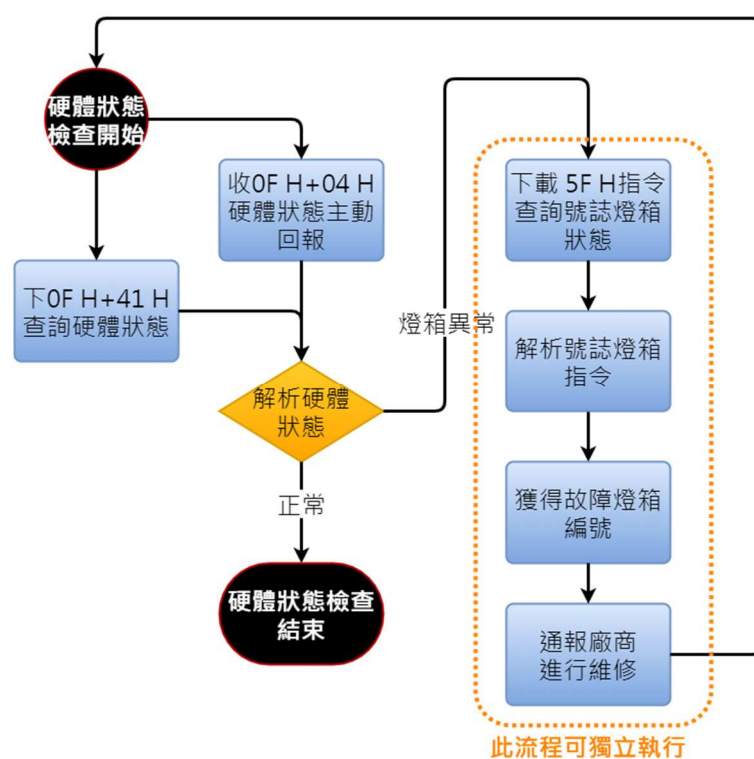
硬體設備狀態的訊息說明，也建議加註中文說明，讓管理人員更直覺。目前交通控制通訊協定 3.0 版裡面的訊息有重複或是容易造成誤解的內容，也建議統整，例如：車輛偵測器中 detector error 和 detecting unit error，會讓廠商和中心管理人員無法界定兩者的差異。

硬體異常或是運作狀態，建議應注重於「應用」而非「技術」面上，因為技術會隨時間改變。因此跟技術相關的，例如：資訊可變標誌的「AU5- lighting

error」，已經不吻合現況，若是改成「亮度調整故障」，協定的延續性就會提高。

硬體狀態以往分成比較細的項目，例如：區分 CPU 故障、記憶體故障與 WatchDog 故障等等，但是中心管理人員往往不需要這些資訊，他們僅須了解設備故障即可。對於廠商而言，這些元件可能整合於一塊版上，或是無法進行偵測，例如：CPU 故障，整臺機器都無法運作，自然無法回傳 CPU 故障資訊。因此，建議也可針對這些訊息進行修正，整合為「設備核心故障」這樣一個狀態來統整相關之故障與異常訊息。

最後應該提供設備故障的描述，例如：號誌控制器目前表示燈號故障只有一個 bit，只能表達有無異常，但是中心管理人員可能需要知道故障的範圍或是詳細之故障的情況，此時可以透過額外指令來查詢先相關資料。



資料來源：本計畫繪製

圖 5.12 細部查詢設備狀態流程

圖 5.12 流程中，當透過硬體主動回報或是查詢硬體狀態獲得燈箱異常訊息，就可以透過查詢燈箱詳細異常指令，進一步獲得資訊。但如果硬體回報正常，那故障查修流程就如同原本規定的一般。

四、過時無線通訊之限制

通訊技術的提昇，將會修正共用部分指令對於無線通訊的一些限制與移除相關字眼，讓協定更吻合現今使用。將參考本所之『20191009 「都市交通

控制通訊協定 3.0 版」無線通訊相關協定調整對照表文件』，修正 0F H+14 H 指令。

5.4.2 號誌控制器通訊協定面向

一、時制轉換與補償機制

根據上述章節可知時制轉換補償機制已經於前期計畫有許多探討，也有凝聚一些共識：例如：各縣市的時制機制應該要統一。因此本次通訊協定研討，可將其落實共識，並制定統一標準。

目前主流的時制轉換補償機制有三種，分別是增加分相中綠燈的秒數、減少分相中綠燈的秒數幾集混合兩種方式。增加秒數會拉長時制轉換影響的時間，但是對交通層面的衝擊較小，相反的，縮減秒數會簡短時制轉換的影響時間，通常一個週期就可以轉換完成，但是由於綠燈秒數縮減，對用路人影響較大。兩種方案都還是要遵守號誌的基本限制，就是要介於最長綠和最短綠，並且要確保有足夠的行人時間。混合方案則是某些情境下採用增加秒數，某些情境下採用縮減秒數，情境的判斷門檻各家廠商實作方式可能不太一樣，國內也有廠商採用此方案，這方案也是美國號誌控制器的預設轉換方案。

國內各縣市對於時制轉換也有一些共同需求，如大部分的縣市都要求時段基準點為 0 點 0 分 0 秒，轉換的週期都要求兩週期之內完成，某一些縣市會規範時制轉換的時機，例如：時段轉換、動態號誌與優先號誌執行、手操與觸動之後，由於各種動態號誌的應用越來越多，時制轉換的需求也會越來越高，建議可統一這些需求，做為各縣市採購號誌控制器的參考。

目前國內普遍沒有指定補償的機制，也許可以參考國外的作法，號誌控制器提供兩套或是兩套以上的轉換機制，讓交控中心的管理人員能夠按照實際的需求來選擇合適的處理機制。

有些縣市考慮到倒數燈顯示，而有特殊規範，這部分或許可採用行人/行車倒數協定來解決。

二、動態號誌支援

1. 5FH+10H：修正參數的說明，避免誤解。
2. 5FH+14H：修正參數的說明，避免誤解。
3. 5FH+48H 與 5FH+C8H 查詢建議修正，要求控制器不能只回傳定時控制

的時制計畫內容，當執行動態控制或是即時控制時，也要回傳「目前真正」在執行的時制計畫內容。

三、綠衝突之圖表編輯

綠衝突功能為號誌控制器內建之設定，用以檢查燈號是否發生綠衝突，再決定是否要執行閃光時制並回報交通控制中心發生綠衝突。但實際應用上，由於道路幾何複雜，需要透過配線等手段完成複雜路口之號誌設定，此時須異動號誌控制器本身的綠衝突檢查，避免在正常使用之下，控制器持續回報綠衝突。

實際上，理想狀態之下，複雜的路口應該可以採用兩個控制器來解決問題，但是實務上可能會遇到問題。例如：圖 5.13 中的路口就用了兩個控制器來控制路口號誌，分別是下圖中藍色圓圈 1 及圓圈 2 處。



資料來源：本計畫繪製

圖 5.13 複雜路口之問題

燈箱 1、2、3(實心圓圈)都是提供給新興街(箭頭)方向看的燈號，理論上三個燈箱的內容必須一致，但是這三個燈箱分屬兩個控制器控制(燈箱 1、燈箱 2 由控制器 1 控制，燈箱 3 由控制器 2 控制)，有時候就會出現燈號不一致的情況，如圖 5.14 所示。



資料來源：本計畫繪製

圖 5.14 號誌不相同的情況

這路口平常都是很一致，但是不一致的時候，可能會誤差 1-3 秒，原本也多等一下即可，但該路口綠燈只有 7 秒左右，因此當誤差到 2-3 秒的時候，用路人就會很困惑，若等兩個綠燈都亮才起步，4 秒左右其中一組燈號就會變成黃燈，而 4 秒很難通過這路口。

這種路口如果不透過併線方式來解決，另一種可行方案為子母機連鎖。實務上各有優缺點，併線的方式優點單純可靠，只要一台控制器可以正常運作，就能處理複雜的燈號，另外遷就於現場只能採取此配線方案。缺點則是有可能會造成綠衝突的情況，要調整綠衝圖表以取消號誌控制器對某些方向的衝突檢查；子母機連鎖優點是兩台控制棄獨立運作，可避免特殊配線造成綠衝突之問題，缺點就是兩台控制器之間的連鎖必須正常運作，否則相當容易造成不連鎖，而多一台控制器就多故障的可能性。

考慮到交通控制中心有需求透過通訊協定來設定與查詢現場號誌控制器之綠衝突設定，故本次修訂增加了可設定現場號誌控制器綠衝突表的指令集。

四、基本參數修正

基本參數則是把一些容易發生混淆的設定釐清，例如：需要多個通訊協定 (5F H+14 H 與 5F H+ 15H) 才能完成一個任務，這些協定先後順序需要制定出來，然後這些協定的檢核機制也應該補充說明，避免誤解導致錯誤。另外就是特殊日原本只有 8-20 套，本次也建議放大，可以配合行事曆，一次性將這些設定完成，減少管理上的負擔。

1. 5FH+14H 和 5FH+15H 協定檢討

每套時制計畫需要透過設定時制計畫基本參數(5FH+14H)與設定時制計畫資料庫參數(5FH+15H)方可完成一套完整的時制計畫設定，需依據其使用順序並確認前置指令是否下載成功，方可繼續進行下載。

增加時制計畫可用套數。並制定一組新的指令取代原本的 5FH+14H 和 5FH+15H，因為根據目前的協定內容，需要兩個指令才能下載一套時制計畫，兩個指令又會因為順序或是下載結果，導致時制計畫資料缺損，若是透過單一指令下載時制計畫，將可避免此問題。

2. 5FH+46H 時段增加描述說明，避免錯誤。

3. 5FH+17H 放大套數日套數限制。

4. 燈態回報增加時間戳記。

5. 增加時制計畫與時制補償時的主動回報。

五、過時無線通訊之限制

移除無線通訊於即時燈態的限制，只保留完整的燈態資訊，這樣中心和設備都不用再支援過時的資訊結構，專注處理完整燈態資訊。參考本所提供之『20191009「都市交通控制通訊協定 3.0 版」無線通訊相關協定調整對照表文件』，修正 5F H+03 H、5F H+0F H 與 5F H+3F H 指令。

六、行人觸動模式管理需求

現今的行人觸動模式與之前規劃的已經大不相同，除了基本的預設閃黃，觸動之後轉換成三色控制之外，還有觸動時加入一個行人專用時相或是延長行人綠燈等模式，交通管理單位需要有一個妥善之管理辦法來查詢與設定路口號誌控制器的行人觸動模式。故本次研討將增加行人觸動設定模式，由因為行人觸動模式複雜，各家廠商實作的內容不盡相同，仍須進一步研討以凝聚共識。

七、優先號誌支援

5FH+1CH 用進行即時控制中的步階調整，應可以採用此指令控制步階時間，但缺乏參數進行調整，可將原本影響時間(effect time)解釋成該步階的執行秒數。原本 effect time 的用途為避免通訊斷線，控制器無法收到下一個 5F H+1C H 時，超過 effect time 之後，控制器會自動返回定時控制，是一種類似 timeout 的設計概念。

目前修正方式為兩者皆保留於都市交通控制通訊協定 3.0 版修訂初稿中，讓開發廠商與管理單位能擇一使用。

5.4.3 車輛偵測器通訊協定面向

一、車輛偵測器偵測自行車

既有車輛偵測器對於路段上的資料偵測已經很完備，但隨著技術的演進，新的資料也能被既有的設備所偵測。例如：自行車資料，就能由傳統的車輛偵測器所蒐集並提供，因此協定可以針對自行車資料部分進行探討，除了原本的大車、小車和機車之外，增加自行車的車種，就能在既有的資料架構之下，增加自行車的資料。

有些採用新技術的車輛偵測器，在偵測傳統大車、小車、機車的同時，也能偵測自行車，故新增此協定。此外偵測設備也能偵測環境因素造成之干擾，因此在硬體狀態中，增加環境干擾參數。

二、車輛偵測器偵測大型重機資料

由於大型重機越來越多，加上設備偵測技術的提昇，因此不論是大型重機或是一般機車都能被偵測。但是雖然都是機車，兩者行為卻不盡相同。大型重機的駕駛行為有些類似汽車，有些類似一般的機車，原本的協定平均速度是採用大車小車計算，並不納入機車。根據研討結果，大型重機視同一般小型車輛，因此不需要特別一個欄位註記，採用既有協定格式即可。

三、過時無線通訊之限制

移除無線通訊於車輛偵測器蒐集資料的限制，避免造成誤解。將參考本所提供之『20191009「都市交通控制通訊協定 3.0 版」無線通訊相關協定調整對照表文件』，修正 6F H+3F H 指令。

5.4.4 路口資料偵測器協定面向

一、轉向量

1. 採用絕對方式，採納座談會之意見，採用絕對方式八個方位角來指定方向。
2. 採用 JSON 格式進行資料傳送與蒐集。

3. 透過 Http API 的方式與設備連接。
4. 可分車種與分方向，包含迴車。
5. 有週期回報與即時回報兩種回報方式

二、停等長度

1. 可選擇使用長度(公尺)或是車輛數(輛)做為停等長度的單位。
2. 採用 JSON 格式進行資料傳送與蒐集。
3. 透過 Http API 的方式與設備連接。
4. 支援主動回報停等長度。

三、行人量

1. 採用絕對方式，採納座談會之意見，採用絕對方式八個方位角來指定方向。
2. 採用 JSON 格式進行資料傳送與蒐集。
3. 透過 Http API 的方式與設備連接。
4. 週期主動回報分方向路口行人數量。

5.4.5 行人行車倒數號誌協定面向

行人與行車的倒數號誌於前期的研討中，已經有許多研究，而目前各縣市上的應用，基本上都是採用臺中市的基礎為範本，設備廠商也是採用此版本。因此建議以此版本為基礎，制定行人與行車之統一標準。通訊協定的本身應規範傳遞的資料格式，而不要規範傳遞資料的介質，原始的文件中規定用 RS-485 連線，建議這一點應該開放，因為現場的連線方式可能視情況所不同，例如：不能挖路的地方可採用短距無線通訊或是其他無線技術。

行人燈倒數的部分也可納入新應用，例如：視障人士過馬路時，如果能接收行人秒數不足的資訊，將有助提昇安全性。設備狀態管理則是能偵測這些行人行車倒數燈的設備狀態，如果之前提到的號誌燈一樣，如果能知道這些號誌燈故障狀態，就能快速維修，確保資訊能正常發佈。

最後則是創新應用也可以考慮進去，例如：某些縣市的行人燈會裝設小型 CMS，可提供給行人額外的資訊。或是整合經濟部計畫的智慧桿，結合共桿的設備，提供整合型的應用。

- 一、採用臺中市的版本為基礎，統一制定行人/行車燈倒數協定。
- 二、開放連線方式，例如：無線通訊、短距無線通訊或是 IOT 等連線技術。
- 三、可考慮支援弱勢應用，行人倒數是否可透過制定協定，將倒數數據提供給視障人士之手持設備，增加過馬路之安全性。
- 四、制定倒數燈號之狀態協定，故障或是異常時可偵測。採用輪詢或是主動回報之方式，仍須進一步研討，目前有廠商試辦結果，採用主動回報可正常偵測燈箱異常。
- 五、規範行人/行車燈倒數顯示與不顯示的時機。
- 六、增加行人行車倒數管理機制。

第六章 AI 影像偵測技術分析與辨識精進成果

本計畫於此章節主要在說明 AI 影像偵測技術分析與辨識技術精進應用，首先針對影像偵測設備之技術進行分析，包含不同形式攝影機之影響特性、拍攝角度、照射範圍、最小偵測物件建議尺寸、裝設高度建議、運算架構與能力等，並說明本計畫於 AI 影像辨識技術之精進實作成果與後續應用建議。

6.1 影像偵測設備技術分析

6.1.1 攝影機簡介

最常應用於智慧交通的攝影機有兩大種類，分別為槍型攝影機與魚眼攝影機，將以此兩種攝影機的影像特性、拍攝角度、照射範圍、最小偵測物件建議尺寸、裝設高度建議、外觀示意圖以及成像示意圖等分類進行說明。

魚眼攝影機因圓形鏡頭所造成影像中心的物件放大、周圍縮小扭曲等性質，其裝設高度建議為 4~5.5 公尺，最高不超過 7 公尺，並垂直於地面，由上而下 360 度照射路段與路口。單支魚眼攝影機的建議使用場景為單向道十字路口、雙向 T 字路口、雙向四線道，建議照射範圍大約為 20*20 公尺的路口。

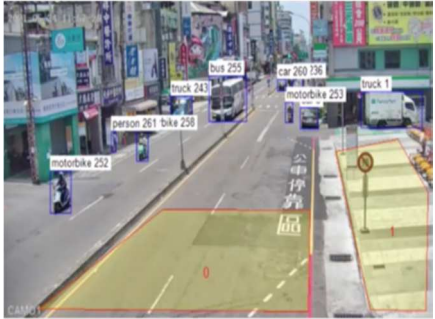
槍型攝影機所產生的影像為 4:3 或 16:9 比例畫面，物件無放大與扭曲效果。槍型攝影機的裝設高度建議 4~6 公尺，最高不超過 7 公尺，從斜上方朝向單一方向的路段照射。單支槍型攝影機的建議使用場景為單向一線道、雙向、三線、四線十字路口，建議照射範圍約 15*20 公尺的路口或路段。

上述兩者攝影機之詳細比較說明如表 6-1 所示，影像解析度是指畫面中每一個單位面積裡的畫素(Pixel)數量，單位面積裡的畫素愈多，解析度就越高。魚眼與槍型攝影機的影像畫素從 1280*720、1920*1080、到 4096*2160 都有，然而無論攝影機畫質如何，在影像辨識中，定義最小偵測物件尺寸是必須的，過小畫素的物件將使模型難以辨識，如圖 6.1 所示。

根據過往經歷，本計畫建議魚眼攝影機的最小偵測物件尺寸為 15,000 像素，槍型攝影機的最小偵測物件尺寸為 200 像素。實際畫素在畫面中成像大小示意，如圖 6.2、圖 6.3 所示。

表 6-1 魚眼攝影機與槍型攝影機比較表

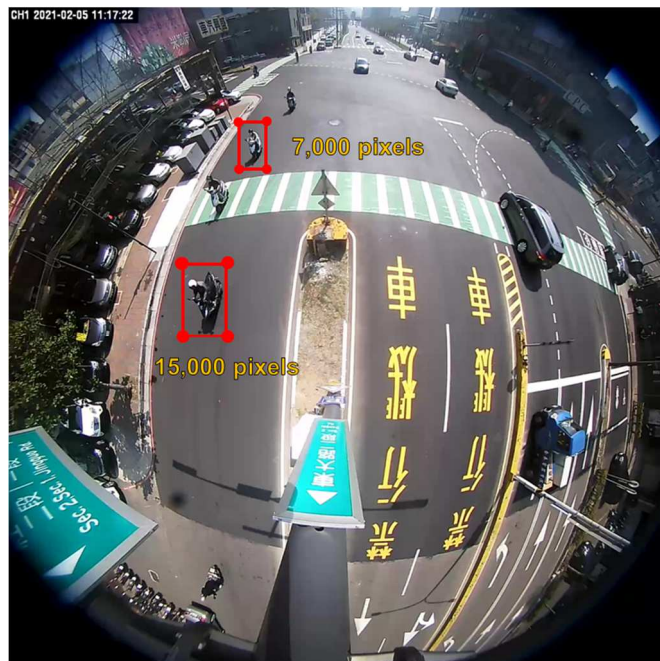
資料來源：本計畫彙整

比較項目	魚眼攝影機	槍型攝影機
影像特性	• 圓形畫面 • 中心物件放大 • 周圍縮小扭曲	• 4:3 或 16:9 比例畫面 • 周圍些微廣角 • 畫面與物件不易失真
拍攝角度	垂直由上而下	斜上方
照射範圍	360 度涵蓋路口 路口長寬 20*20m	涵蓋單一方向的路段 路口長寬 15*20m
建議使用場景	單向道十字路口、雙向 T 字路口、雙向四線道	單向一線道、雙向、三線、四線十字路口
最小偵測物件 建議尺寸(像素)	15,000 pixels	200 pixels
裝設高度建議	4~5.5 公尺 最高不超過 7 公尺	4~6 公尺 最高不超過 7 公尺
外觀示意圖		
成像示意圖		



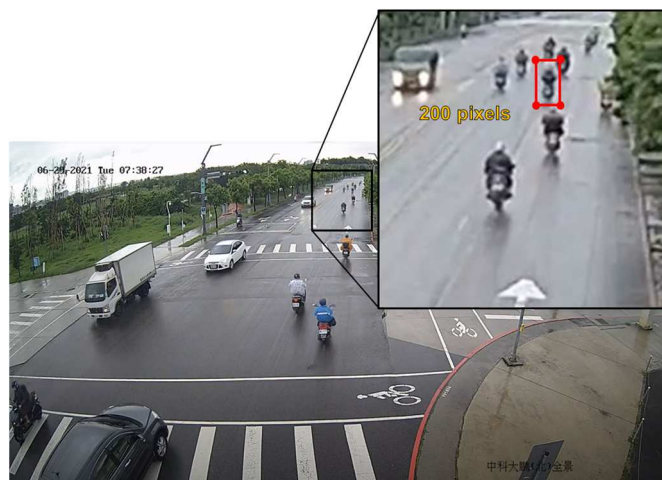
資料來源：RENE.E Laboratory

圖 6.1 畫素解析度示意圖



資料來源：本計畫產製

圖 6.2 魚眼最小偵測物件像素示意圖



資料來源：本計畫產製

圖 6.3 槍型最小偵測物件像素示意圖

6.1.2 運算架構簡介

運算架構不但涉及改變整個系統架構的設定，更影響設備選擇、實際配置、效力與運算效率。運算架構根據設備是否靠近數據源進行運算、攝影機本身是否可進行運算等定義，分為邊緣端與中心端運算。

邊緣端運算大致上分為兩種，一種為攝影機裝置內嵌系統單晶片 (System on a Chip, SoC)，設備可在接收數據的當下自行運算；或一般攝影機搭配可裝設靠近數據源的 AI 邊緣伺服器，將數據傳送至此伺服器進行運算。廣義的邊緣運算只要運算過程靠近數據源即可視為邊緣運算，狹義的邊緣運算是指攝影機裝備本身須具備運算能力。而一般攝影機搭配 AI 邊緣伺服器的方式並不符合狹義邊緣計算的定義，因為攝影機本身不具備辨識能力，依然需要 AI 邊緣伺服器進行運算。中心端運算則為傳統資料運算方式，攝影機僅負責將實際場域中拍攝之影像，回傳至機房中的 AI GPU(Graphics Processing Unit)進行運算。中心端與邊緣端運算結構差異，如表 6-2 所示。

表 6-2 中心端與邊緣端運算結構差異比較表

資料來源：本計畫彙整

運算方式		結構
狹義邊緣運算	邊緣裝置	AI on Chip SoC 晶片 + 攝影機
廣義邊緣運算	邊緣 AI 伺服器	邊緣嵌入式 AI Box + 網路攝影機
中心端運算		AI GPU 伺服器 + 網路攝影機

一、發展近況

中心端運算近年隨著雲端服務及其相關服務快速發展，各雲端服務廠商紛紛推動 AWS、阿里雲等雲端運算服務。在雲端集中運算架構中，資料透過網路傳送至雲端中心進行運算與儲存，擁有共享、不受時空限制、可被監測等優勢，成為運行 AI 選擇之一。然而雲端運算極依靠網路頻寬與穩定性，不同地區有所差異，即使近年來隨著 5G 網路的佈建，網路頻寬得以擴大，即將大幅提高資料傳輸量與傳輸速度，但無論是現階段網路的使用，抑或是 5G 技術的成熟、佈建區域的廣度，依舊為雲端集中運算所需考量課題。

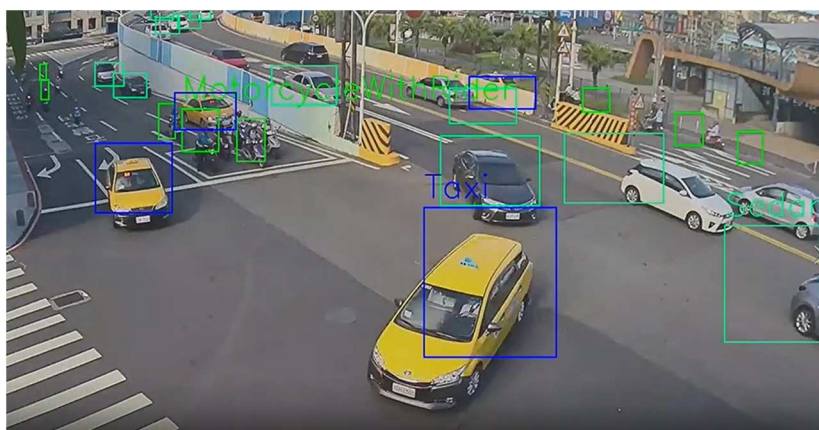
狹義的邊緣運算依靠應用端 AI 晶片的發展，透過將 AI 演算法放入應用端晶片進行運算，讓運算節點從中心端分散於應用端，即時提供深度洞察與預測分析。相較於傳統個別封裝技術，將處理器、記憶體、邏輯元件、類比元件等多個功能的晶片，分裝成多個不同的積體電路，系統單晶片(System on a Chip,

SoC)將數個不同功能的晶片，整合至單一具完整功能的晶片，並將此封裝為單一個積體電路。AI on Chip SoC 晶片降低網路傳輸資料量與中心端運算負荷，擁有快捷、輕便等特性。且因不必搭配運算力強大之主機，邊緣運算產品量產後也成功讓 AI 辨識的價格門檻降低，降低企業建置成本，並得以推廣至大眾消費市場。

邊緣運算從神經網路輕量化、系統晶片整合，都是極具挑戰的問題。目前邊緣運算仍難以普及，除了系統晶片發展有限以外，對演算法的效能也是極大的挑戰，透過輕量化演算法並依照晶片架構進行佈建，才能有效發揮邊緣運算的優勢。加上現階段各家系統晶片廠商獨立開發，導致演算法在部署時需依晶片調整，因此整合晶片架構也是邊緣運算的趨勢之一。

本計畫團隊過去曾針對現行攝影機結合邊緣運算架構，透過模型修剪與轉換等方式，輕量化模型並部署至攝影機晶片，架設攝影機於台中大智路與復興路四段交叉口路進行人工智慧影像辨識，並實際執行車種辨識。透過模型轉換，使邊緣裝置本身可在拍攝影像的同時，進行大客車、小客車與機慢車等車種分類。在介面上可呈現出物件分類種類、辨識框大小、來源攝影機、各物件種類數量等資訊。

相較於將影像截圖回傳中心端，依靠後端伺服器進行車種辨識，此番的演算法與 AI 晶片整合，使攝影機本身可進行車種辨識，並使用特定格式回傳中心端，使中心端僅進行車輛種類的數量計算，中心端與邊緣端前後同時運算。此整合將減少網路傳輸上數據遺失、簡化數據量，並減少中心端所需的運算量。未來進一步規劃將車輛種類的數量計算納入邊緣 AI 晶片中，更大幅度減少回傳數據量與中心端運算量，達到完全的邊緣運算。



資料來源：本計畫產製

圖 6.4 AI on Chip SoC 攝影機實際應用於車流分析影像

二、運算能力比較

不同廠商、型號、硬體規格的中心端 CPU、GPU、邊緣端 AI 伺服器或者 AI on Chip SoC 晶片等設備，都有著運算能力的差異，多元的型號與規格使得設備的選擇更加重要。運算能力，簡稱算力，代表特定規格下的硬體設備進行運算的能力。不同機型在運行同一軟體的運行速度是有差異的。算力的數字越高，代表實際算力越強。而算力較強的設備，相較於算力較弱的設備來說，運算同一款軟體所需要的時間更短。

衡量算力的單位非常多，主要分為處理器運算能力單位 TOPS(Tera Operations Per Second)、每秒浮點運算次數 FLOPS(Floating-point Operations Per Second)與每秒可處理幾幀影像的幀率 FPS(Frames Per Second)。高性能 SoC 晶片主要使用 TOPS；含有浮點運算器的 GPU、CPU 或邊緣 AI 設備則使用 FLOPS。TOPS 跟 FLOPS 代表特定設備理論上可運算的次數，並非實際套入模型的運算次數，僅 FPS 代表實際套入模型得運算次數單位。

在測試環境與模型架構都固定的情況下，利用目前市面上算力較強且較知名的邊緣 AI 伺服器主要為 Nvidia Jetson Nano、Nvidia Jetson TX2 以及 Nvidia Xavier NX^[90]透過 GitHub 測試 VGG-19(224*224)、Tiny YOLOV3(416*416)與 Resnet50 未經修改的原始模型，並以每秒可處理幾幀影像的幀率(Frames Per Second, FPS)做為單位，進行邊緣 AI 伺服器的效能比較。Nvidia Jetson Nano 在運算 VGG-19 的原始架構時 FPS 為 12、運算 Tiny YOLOV3 的 FPS 為 49、運算 Resnet50 的 FPS 為 47；Nvidia Jetson TX2 在運算 VGG-19 的 FPS 為 29、Tiny YOLOV3 的 FPS 為 112、Resnet50 的 FPS 亦為 112；Nvidia Xavier NX 在運算 VGG-19 的 FPS 為 313、Tiny YOLOV3 的 FPS 為 618、Resnet50 的 FPS 為 1100，根據此評測可說明 Nvidia Xavier NX 效能遠高於 Nvidia Jetson Nano 與 Nvidia Jetson TX2。三種 AI 伺服器的效能測試結果將以表 6-3 呈現。

表 6-3 AI 邊緣伺服器算力 FPS 比較表

資料來源：CSDN BLOG(2020)

	Nvidia Jetson Nano	Nvidia Jetson TX2	Nvidia Xavier NX
VGG-19 (224*224)	12	29	313
Tiny YOLOV3 (416*416)	49	112	618
Resnet50 (224*224)	47	112	1100

然而就目前市面上的 AI 晶片與邊緣伺服器，其算力仍與中心端伺服器的算力有著一定的差距。中心端 CPU 與 GPU 從百至千 TOPS 的規格都有，邊緣 AI 伺服器平均落在 20TOPS 上下，而 SoC 晶片更是只有 10~20TOPS。

若直接將目前市面上中心端、邊緣端的伺服器或 AI 晶片共同使用 TOPS 進行比較^{[91]、[92]、[93]}，以 Nvidia A100、Nvidia Xavier NX、KL530 AI SoC 分別做為中心端伺服器、邊緣端伺服器以及 AI 晶片的代表，則可更直接看出三者算力的差異甚大。根據上表的 Nvidia Jetson Nano、Jetson TX2 以及 Xavier NX 的 FPS 算力比較表可以看出，連 Nvidia Xavier NX 的 TOPS 都只有 21，NVIDIA A100 的 TOPS 可高達 1,248TOPS，是 Xavier NX 的 59 倍效能，更是臺灣 SoC 新創 Kneron 所自行研發的 KL530 AI SoC 的千倍以上。

表 6-4 中心端、邊緣端的伺服器或 AI 晶片 TOPS 算力比較表

資料來源：NVIDIA、Kneron 官網

	Nvidia A100	Nvidia Xavier NX	KL530 AI SoC
TOPS	1,248	21	0.9

三、優缺點分析

若要剖析邊緣端與中心端之運算優缺點，可從建置與維運成本、可擴增性、現今技術效能差異、資安等因素進行討論。進行科技執法或車流分析等辨識項目時，使用邊緣 AI 伺服器的主要成本來源為維運與建置成本，考量一台能進行特定辨識項目的邊緣 AI 伺服器可支援的攝影機數量，則可推算出需要建置幾台伺服器，需維護的伺服器各自散落在運用場域，使得維護上亦增加成本考量。相較於邊緣端運算，中心端無空間擺放的壓力，可自由擴充算力，若在進行規劃時需要額外新增辨識項目，中心端運算可滿足額外的需求，且集中式管理亦減少了邊緣端多點須維護的困難。若想評估中心端與邊緣端的硬體建置與維護成本，可與一台中心端可額外插顯卡的伺服器比較，在攝影機數量相同的情況下，中心端與邊緣端各自需要購買、建置與維護多少伺服器，而何種運算在此時更有成本優勢。

然而邊緣運算在設備邊緣端進行初步運算，可減少往中心回送數據所造成的頻寬費用、資安疑慮以及因網路傳輸導致的數據遺失問題，保持數據完整性。但以現行技術來說，目前市面上推出的 SoC 晶片與邊緣嵌入式 AI 伺服器因考量系統功耗，導致處理器運算能力(Tera Operations Per Second, TOPS)較低，若要在邊緣端同時進行較多辨識項目，則可能面臨辨識精準度與速度變低的問題。表 6-5 為中心端與邊緣端運算的優缺點。

6.1.3 偵測項目、建置環境與條件說明

辨識項目的訂定將影響裝設的攝影機類型、位置與其他硬體的搭配。辨識項目主要分為車流分析與事件偵測，其中車流包含車種、車牌辨識、車流計算與轉向量分析，再進階去計算速率、佔有率以及停等長度。事件分析主要搭配一個以上的偵測區繪製去進行辨識，在影像畫面中設定偵測範圍，進行違規、逆向、車輛異常停留以及大型障礙物偵測。而在進行車流分析時，通常會搭配車種辨識進行分析，將車種分為腳踏車、機慢車、小客車(汽車)、大客車(貨車)。根據魚眼與槍型攝影機的成像性質，分類常應用於智慧交通 AI 影像辨識的項目如表 6-6。

表 6-5 中心端與邊緣端運算優缺點比較表

資料來源：本計畫彙整

	邊緣端運算	中心端運算
優點	- 單一辨識:前端不需 IPC AI Box，直接將辨識模型嵌入具有 AI 晶片之攝影機內，建置及維運成本便宜，頻寬成本也較低 - 多項辨識:可用 IPC AI Box，頻寬成本較低 - 減少網路斷線，及其傳輸造成的數據遺失	- 後端擴充算力容易 - 現場維運成本低 - 可運行多項辨識 - 後續擴增辨識項目方便
缺點	- 單一辨識之 AI 攝影機，運算力較低，能運行的辨識項目少且辨識精準度較低，調整會有極限 - 多項辨識使用之 IPC AI Box，建置及維運成本高，裝置管理複雜	- 資安疑慮 - 頻寬費用高昂 - 網路斷線服務即停止

表 6-6 魚眼與槍型攝影機 AI 偵測項目列表

資料來源：本計畫彙整

	魚眼攝影機	槍型攝影機
可進行之車流分析	車種辨識 / 車流量計數 / 轉向量分析	車種辨識/ 車牌辨識/ 車流量計數/ 轉向量分析/ 速率/ 佔有率/ 停等長度
可進行之事件偵測	事故偵測(車輛異常停留)/ 大型障礙物偵測/ 違規迴轉/ 逆向/ 違停(不含科技執法)	事故偵測(車輛異常停留)/ 障礙物偵測 闖紅燈/ 紅燈右轉/ 紅燈左轉/ 違規迴轉/ 逆向/ 違停/ 行人偵測

在確認好場域後，應注意偵測與辨識項目所需的場域光線以及可架設攝影機的位置，確認是否有可架設處，以及平面道路是否有橋跨越影響攝影機視線。攝影機通常架設於紅綠燈桿、路燈、路牌以及電線桿上，若因樹木遮蔽，可額

外增設延伸桿。

進行車流與車牌辨識時，須注意攝影機架設的高度與角度，避免發生車體重疊及物件過小等不易辨識的情況。拍攝角度意指槍型攝影機鏡頭所能監控到的場域與目標辨識物之間的角度，攝影機與道路平行則為正拍，攝影機鏡頭擺頭或道路傾斜超過 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 為斜拍。拍攝高度代表攝影機擺放距離地面的高度，槍型攝影機建議高度為 4~6 公尺，而魚眼攝影機建議高度為 4~5.5 公尺，最高不超過 7 公尺。

正拍與斜拍影響車流辨識的比例不大，但進行車牌辨識時則須更加謹慎，若攝影機裝設過度歪斜超過建議角度，則使在數字與英文字母辨識上有困難，影響準確率。而拍攝高度則影響較大，若攝影機裝設角度高過建議值，則可能出現 pixel 數過小無法辨識的問題；當魚眼成像畫面中的物件 pixel 數小於 15,000 pixels 或槍型成像畫面中物件的 pixel 數小於 200 pixels 時，則難以進行車種辨識。若裝設低於建議角度，則可能出現車輛重疊造成無法辨識的問題；當車身被遮蔽超過 30%，則無法正確辨識車流量等參數。綜合上述，將車流與車牌的辨識困難歸納如表 6-7。

表 6-7 車流與車牌辨識困難比較表

資料來源：本計畫彙整

	拍攝角度	拍攝高度	
	正拍與斜拍	高度過高	高度過低
車流辨識	X	魚眼物件 pixel 數小於 15,000，辨識率低 槍型物件 pixel 數小於 200，辨識率低	車輛重疊超過 30%，辨識率低
車牌辨識	特定角度訓練 資料不足	車牌 pixel 數小於 200，辨識率低	車牌重疊超過 30%，辨識率低

在進行車流分析時，可考慮是否在路口/路段上先進行訓練。槍型、魚眼攝影機的車流模型在尚未進行訓練前，預估最主要的機慢車與汽車準確率為 80~90%。因此訓練一般常見路段時，建議準備 1,000 張影像做為測試集，訓練特殊路段時則準備 5,000 張影像做為測試集。所謂特殊路口/路段通常指角度跟光線與訓練模型的資料集不同，例如道路環境上物件與人流較複雜、該偵測路口/路段上光源混亂，攝影機擺放角度特殊。預估的照片張數與準確率如表 6-8。

表 6-8 測試影像預估張數比較表

資料來源：本計畫彙整

	狀況	預估所需測試影像張數	預估準確率
未訓練	X	X	80%以上
進行訓練	一般路段	1,000 張	90%以上
	特殊路段	5,000 張	90%以上

6.1.4 實際案例說明

一、槍型－車輛異常停留偵測

此案例主要的辨識項目為車流、車種辨識、判定是否有車輛異常停留於十字交叉路口。此路口為方正的十字路口，無過多樹木或建築物遮蔽辨識區域，無需使用延伸桿架設攝影機。為了避免魚眼影像的邊緣扭曲等成像性質，影響對實際場域的誤判，因此使用槍型攝影機進行上述的辨識項目，攝影機皆架設於 5 公尺處的智慧燈桿上，攝影機影像如圖 6.5 所示。

為了偵測是否有車輛異常停留於十字交叉路口，在此路口以繪製路口偵測區，若汽機車在此偵測區內停留超過自定義秒數，則會被判斷為異常停留，將自動紀錄偵測項目名稱、路段(經緯度)、攝影機資訊(編號)、事件發生日期與時間、車輛類型(機慢車、汽車、公車、卡車等)、車牌號碼、停留持續時間。



圖 6.5 車輛異常停留偵測示意圖

二、魚眼－直行車流偵測

此案例主要的辨識項目為車流、車種，以及直行車輛偵測。礙於此路段並

非方正的十字路口，建築物遮蔽部分直行路段，因此使用一支魚眼攝影機進行整個路口偵測，而非使用視線範圍較窄的槍型攝影機。將魚眼架設於 4.5 公尺處靠近偵測路段邊界的電線桿，涵蓋完整路口，攝影機影像如圖 6.6 所示。

若有車輛進入魚眼攝影機的視線範圍，可計算所有車輛數並辨識其車種類型，為了進一步偵測直行車輛的數量與種類，將畫面左右的斑馬線做為兩個偵測區，分別命名為偵測區 1 與偵測區 2，當車輛通過偵測區 1 後又通過偵測區 2，即判定為直行車輛，並自動記錄偵測項目名稱、路段(經緯度)、攝影機資訊(編號)，並計算直行車輛的種類(機慢車、汽車、公車、卡車等)與數量。



圖 6.6 魚眼車流偵測示意圖

6.2 AI 影像辨識技術精進與應用

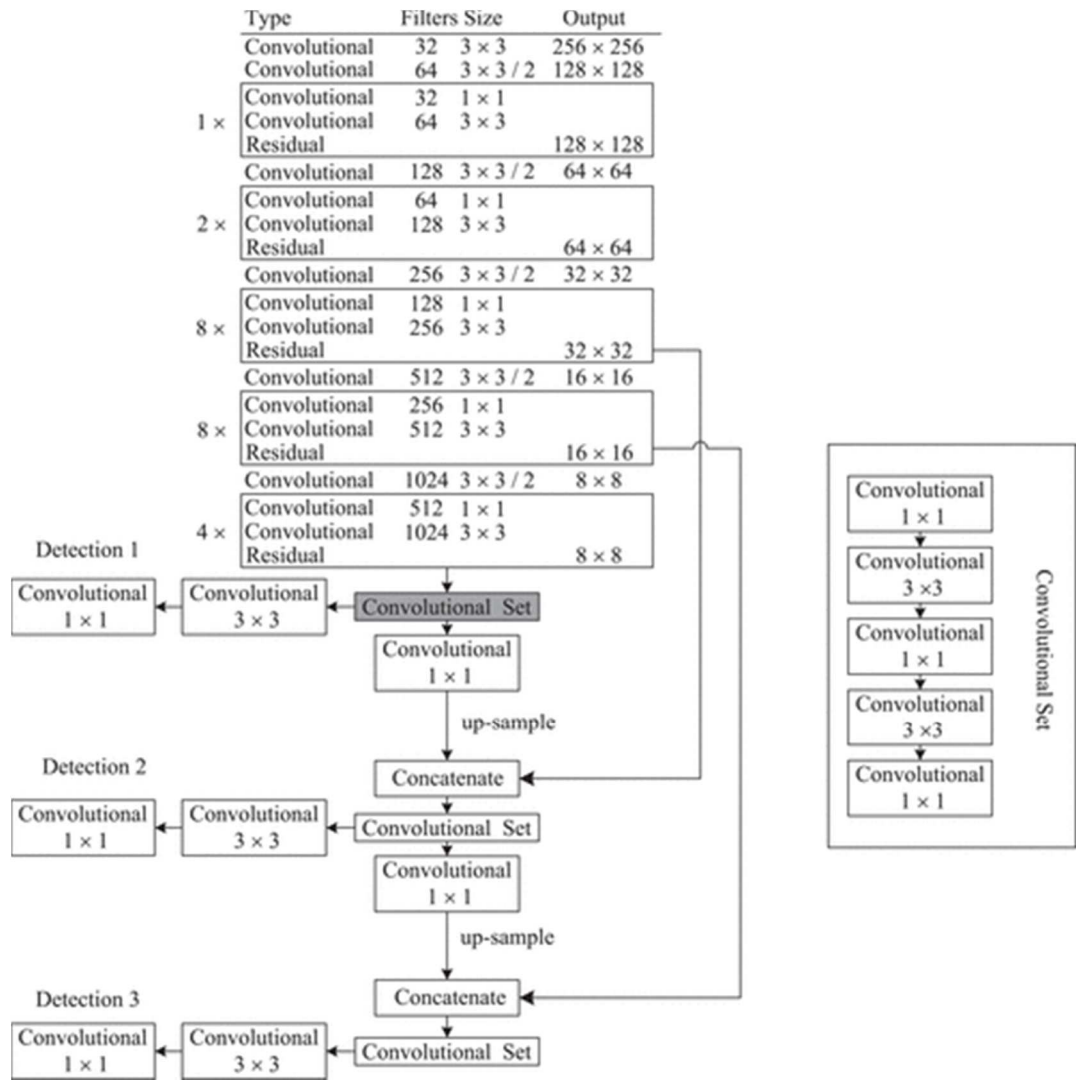
因魚眼影像扭曲技術上難以辨識，過去多僅針對槍型攝影機之影像進行精進，本計畫除了將魚眼攝影機的影像納入技術精進，更修改其模型架構、增加魚眼和槍型攝影機不同環境條件與物件的影像進行模型訓練，增加可進行車種辨識與車流計數的設備選擇。

交通影像為室外之偵測，路面車種多，包含腳踏車、機慢車、小客車、大客車；且易受到場域的天氣，分為晴天與雨天；光線，分為白天與晚上；攝影機類型，分為槍型與魚眼等因素，造成影像辨識率有所差異，因此將物件與環境條件分類進行模型訓練極其重要。

無論是槍型或魚眼所拍攝的影像，本計畫皆使用基於深度學習的車流模型 YOLOV3(You Only Look Once, YOLO)進行影像辨識。YOLO 是一種深度學習的

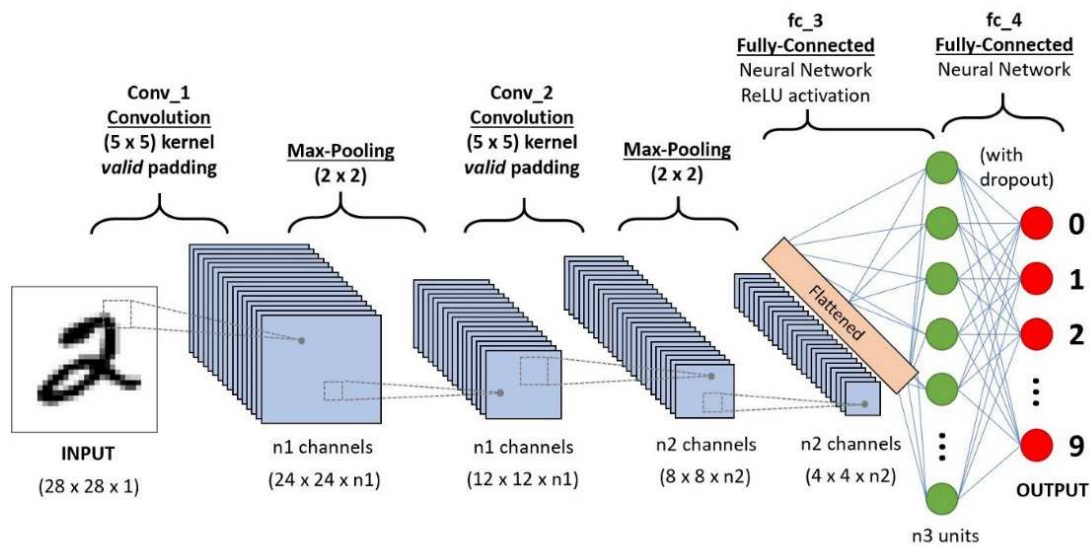
目標偵測模型，將物件分為三個尺寸由小到大進行辨識，以演算法卷積運算 (Convolutional Neural Network, CNN) 架構同時進行物件辨識與物件位置偵測，YOLOV3 的模型架構圖^[94]如圖 6.7 所示。

YOLO 各層神經網路層皆使用標準卷積神經網路(convolutional neural networks, CNN)，是一個深度學習的演算法，將匯入的影像進行特徵學習與分類。當影像匯入模型時，將進行特徵(Feature)抓取、卷積分層(Convolution)與池化(Pooling)等過程，最後進行全連接層(Fully Connected Layers, FCL)，將二為矩陣轉為一維清單，以權重(Weight)或連結強度(Connection strength)的方式進行圖片分類，卷積神經網路的運作架構^[95]如圖 6.8 所示。



資料來源：Zhang 等人(2020)

圖 6.7 YOLOV3 模型架構圖



資料來源：CSDN BLOG

圖 6.8 卷積神經網路運作架構圖

6.2.1 AI 影像辨識精進技術實作

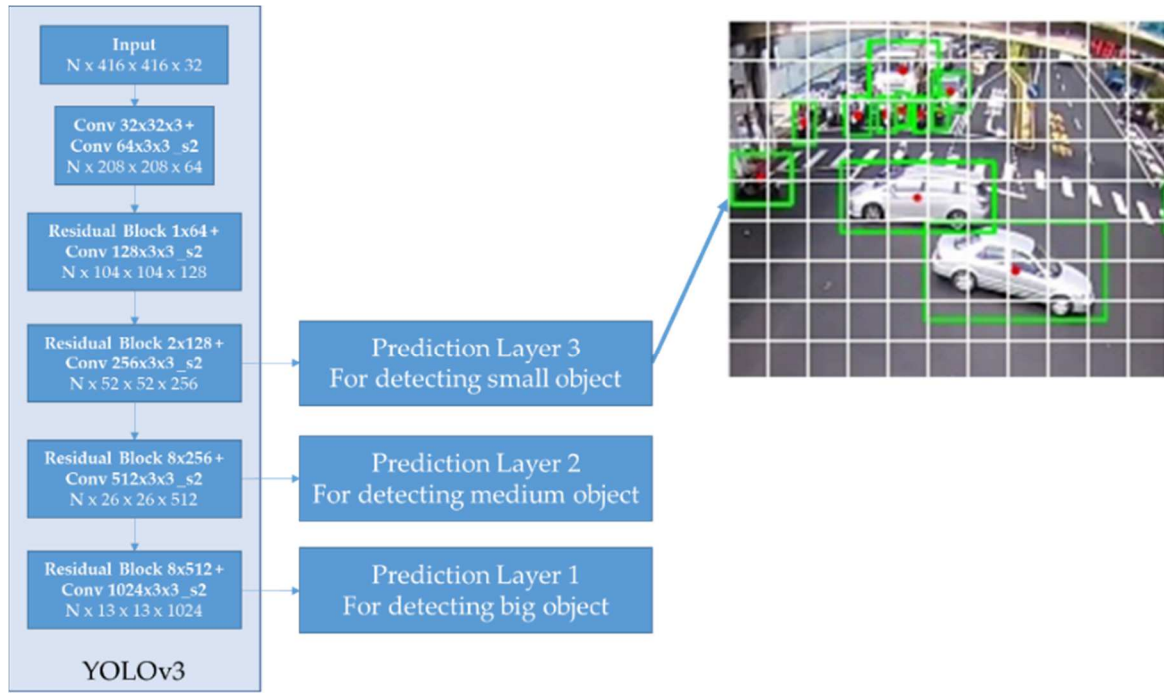
過去市面上的魚眼影像辨識準確率差強人意，主要因為魚眼畫面造成影像的壓縮與扭曲，畫面邊緣物件大小遠小於一般攝影機拍攝，導致網路上公開數據集之資料訓練效果有限。因此物件大小、形體扭曲、資料量少、過去模型難以應用為魚眼影像辨識主要困難之處。

本計畫透過 YOLOV3 對非線性扭曲圖形進行特殊處理，不須校正魚眼畫面即可辨別車輛，並透過提高殘差網格的偵測精度，達到良好的魚眼畫面辨識效果。並改變 YOLOV3 演算法卷積運算方式，輕量化原有模型、降低運算成本，並減少 80% 記憶體佔用，達成較佳運算效率與資源有效使用。

本期計畫在 AI 偵測技術之精進所遭遇的困難主要為較小物件難以偵測、記憶體過大以致效率不彰，以及物件辨識率不高，茲就各情況詳細說明如下：

一、較小物件難以偵測

原始 YOLOV3 的 Prediction Layer 3 是主要負責偵測小物件區域的偵測框，其偵測框由多個網格進行偵測。每個網格相當於神經元的感受野(Receptive field)，感受野的大小代表其能看到的影像範圍。然而此網格大小在魚眼影像中對於小物件仍過大，一個網格可能包含多個小物件，因此不適合偵測小物件。架構如圖 6.9 所示。



資料來源：本計畫繪製

圖 6.9 YOLOV3 Prediction Layer 3 架構圖

再者，對於物件分類而言，因為大部分的網格所包含的都是背景(負樣本)，只有少部分網格是包含到目標物件(正樣本)，原始的損失函數(loss function)考慮到正負樣本數量不平衡的問題，因此對於損失函數的參數與架構進行修改。

以下為原始的損失函數(Loss function)定義，其中(x, y)為物件框的中心點、w 和 h 物件框的寬與高。此函數更包含被分類為目標物件的信心值(機率)、被分類為背景的信心值(機率)、對於每個類別的信心值(機率)。假設模型要預測六種類別，則每一類會產生一個信心值(機率)，共六個信心值(機率)。

$$\begin{aligned}
 & \lambda_{coord} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B l_{ij}^{obj} [(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2] \\
 & + \lambda_{coord} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B l_{ij}^{obj} (2 - w_i \times h_i) [(w_i - \hat{w}_i)^2 + (h_i - \hat{h}_i)^2] \\
 & + \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B l_{ij}^{obj} [\hat{c}_i \log(c_i) + (1 - \hat{c}_i) \log(1 - c_i)] \\
 & + \lambda_{noobj} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B l_{ij}^{noobj} [\hat{c}_i \log(c_i) + (1 - \hat{c}_i) \log(1 - c_i)]
 \end{aligned}$$

$$+ \lambda_{noobj} \sum_{i=0}^{S^2} l_i^{obj} \sum_{c \in classes} [\hat{p}_i(c) \log(p_i(c)) + (1 - \hat{p}_i(c)) \log(1 - p_i(c))]$$

在本計畫針對模型進行調整後，使得精進後模型更能偵測與辨識行人與機車等較小的物體。本團隊為了驗證魚眼攝影機精進結果，使用架設於新竹中央路與東門街口的魚眼攝影機影像，截錄一小時車流量較大的影像進行驗證，並將影像匯入精進前後的中心端 AI 辨識伺服器中，運算車種辨識模型，並記錄前後數據差異。以下為中央路與東門街口之精進前後魚眼車流分析結果，將原先無辨識成功的機車與行人以紅色圓圈標示，如圖 6.10 所示。

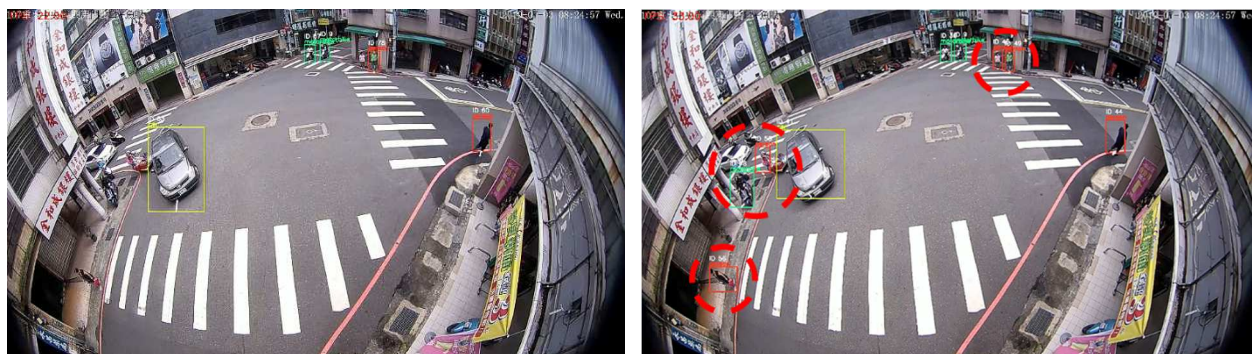


圖 6.10 YOLOV3 模型精進前後辨識結果圖

在深度學習模型中常以在 AP (Average Precision) 做為各物件準確率的評估指標，其公式為： $(1 - |(AI \text{ 分析值} - \text{人工計數值})| / \text{人工計數值}) * 100\%$ 。而 mAP 則為所有物件的 AP 平均數。以下為經過模型架構優化以及增加車種訓練影像後，YOLO V3 精進前、精進後之成果。此次透過模型架構修改與精進，本團隊將原始腳踏車 AP 從 69.66% 上升為 73.80%、機慢車從 82.55% 上升為 84.25%，小客車從 89.72% 上升為 90.37%，大客車從 65.35% 上升為 66.67%；整體 mAP 從 76.82% 提升為 78.31%，如表 6-9 所示。

表 6-9 YOLOV3 模型精進前後準確率比較表

資料來源：本計畫彙整

車種	精進前(AP)	精進後(AP)
腳踏車	69.66%	71.94%
機慢車	82.55%	84.25%
小客車(汽車)	89.72%	90.37%
大客車(貨車)	65.35%	66.67%
整體(mAP)	76.82%	78.31%

藉由調整模型中的感受野(Receptive field)與損失函數，從此次精進後腳踏車與機慢車上升的 AP 可以看出，新模型架構確實可減少較小物件難以偵測的困難。而為了個別提升腳踏車與大客車的辨識率，因此在後續的精進中，根據

物件類別準備了數百至千的訓練集與測試集，加強特定物件的辨識率。

在評判 AI 模型表現的優劣時，通常會使用混淆矩陣(Confusion Matrix)做為判斷依據。將實際結果與辨識結果的正確與錯誤組成四象限矩陣，分別為真陽性(True Positive, TP)、偽陽性(False Positive, FP)、偽陰性(False Negative, FN)、真陰性(True negative, TN)。若模型辨識正確，且實際結果為正確，為真陽性(TP)；若模型辨識為正確，但實際結果為錯誤，為偽陽性(FP)；若辨識結果為錯誤，但實際結果為正確，為偽陰性(FN)；若辨識結果為錯誤，且實際結果為錯誤，則為真陰性(TN)。根據上述的矩陣，衍伸出的應用為召回率(Recall Rate, RC)之計算公式為 $TP/(TP+FN)$ ，召回率可判斷為真的情況下，有多少被正確判斷出來，因此數值越高代表其模型判斷能力越佳。混淆矩陣之象限結果如表 6-10 所示。

為了增加召回率，必須減少偽陰性並增加真陽性。透過模型精進，使腳踏車真陽性從 15 上升至 17、偽陰性從 3 降低至 2，機慢車真陽性從 146 上升至 147、偽陰性從 9 降低至 6，小客車真陽性從 121 上升至 124、偽陰性從 6 降低至 4，大客車真陽性從 17 上升至 19、偽陰性從 3 降至 1。召回率腳踏車從 75.00%上升為 85.00%、機慢車從 94.19%上升為 96.07%、小客車從 95.27%上升為 96.87%、大客車從 85.00%上升為 95.00%，如表 6-11 所示。

表 6-10 混淆矩陣表

資料來源：本計畫彙整

		實際結果	
		正確	錯誤
辨識結果	正確	真陽性(True Positive, TP)	偽陽性(False Positive, FP)
	錯誤	偽陰性(False Negative, FN)	真陰性(True Negative, TN)

表 6-11 模型精進前後召回率比較表

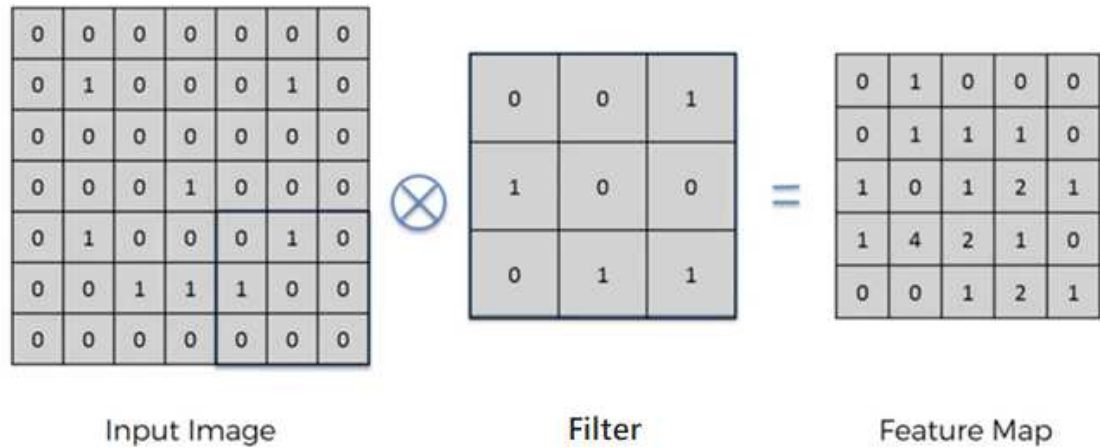
資料來源：本計畫彙整

	真陽性(TP)		偽陰性(FN)		召回率(RC)	
	精進前	精進後	精進前	精進後	精進前	精進後
腳踏車	15	17	5	3	75.00%	85.00%
機慢車	146	147	9	6	94.19%	96.07%
小客車	121	124	6	4	95.27%	96.87%
大客車	17	19	3	1	85.00%	95.00%

二、記憶體過大、無效率耗時

YOLOV3 的卷積分層將造成模型大小過於龐大，占用許多記憶體空間。以單一個卷積運算就是將原始圖片的與特定的特偵偵測(Feature Detector)做卷積

運算(符號 $\otimes$)，卷積運算就是將兩個 3x3 的矩陣作相乘後再相加。假設輸入層有一大小為 64x64 之彩色影像。經過一個 4 個 Filter，最終會輸出 4 個 Feature Map，此時，卷積層共 4 個 Filter，每個 Filter 包含了 3 個 Kernel，每個 Kernel 的大小為 3x3，卷積層的參數數量為 $4*3*3*3=108$ 。



資料來源：本計畫繪製

圖 6.11 YOLOV3 卷積運算示意圖

經過本計畫的模型輕量化後，從精進前的 246.6MB，縮小至 46.7MB，大幅度減少 80%的 YOLOV3 記憶體大小，有效降低卷積模型所產生的運算成本。在使用同一硬體設備規格的情況底下，越小的模型記憶體代表其運算速度更快，更證實本計畫針對運算速度之精進。

表 6-12 YOLOV3 記憶體精進前後差異表

資料來源：本計畫彙整

	精進前	精進後
YOLOV3 記憶體	246.6 MB	46.7MB

三、辨識精準度提升(物件)

在車流分析中，將車種分為四種類型，分別是腳踏車、機慢車、小客車(汽車)、大客車(貨車)。此次增加各式物件的訓練集影像進行模型精進與測試，並蒐集臺灣各地的非公開網路影像進行訓練，增加影像中物件角度的多元性，進而提升辨識精準度，本計畫所蒐集之訓練及測試集物件數量彙整如表 6-13。

表 6-13 YOLOV3 模型訓練與測試物件數量彙整表

資料來源：本計畫彙整

	訓練集	測試集
影像	9,881 張	2,470 張
腳踏車	1,189 筆	324 筆
機慢車	56,554 筆	14,291 筆
小客車(汽車)	44,455 筆	11,223 筆
大客車(貨車)	5,858 筆	1,538 筆

理想的試驗場域應選擇車流大、鏡頭無損壞、影像清晰、網路穩定的環境，本計畫使用現有路口進行 AI 演算法精進計畫，將槍型與魚眼攝影機裝設於新竹市中華路水源路交叉口、基隆市愛一路中正路路口、高雄市自由二路與明誠二路路口等路段錄製一小時影像，並將影像匯入中心端 AI 辨識伺服器中，進行車種辨識(大客車、小客車、機慢車、腳踏車)與特定情境條件(白天、晚上、晴天、雨天)等測試與優化。

此一優化作業係使用精進前測試之影片，再次進行模型測試。其優化結果為腳踏車準確度從精進前的 72.66%上升為 74.25%、機慢車從 84.39%上升為 90.63%，小客車從 90.74%上升為 94.02%，大客車從 68.57%上升為 70.48%；整體 mAP 從 79.90%提升為 82.56%，如表 6-14 所示。

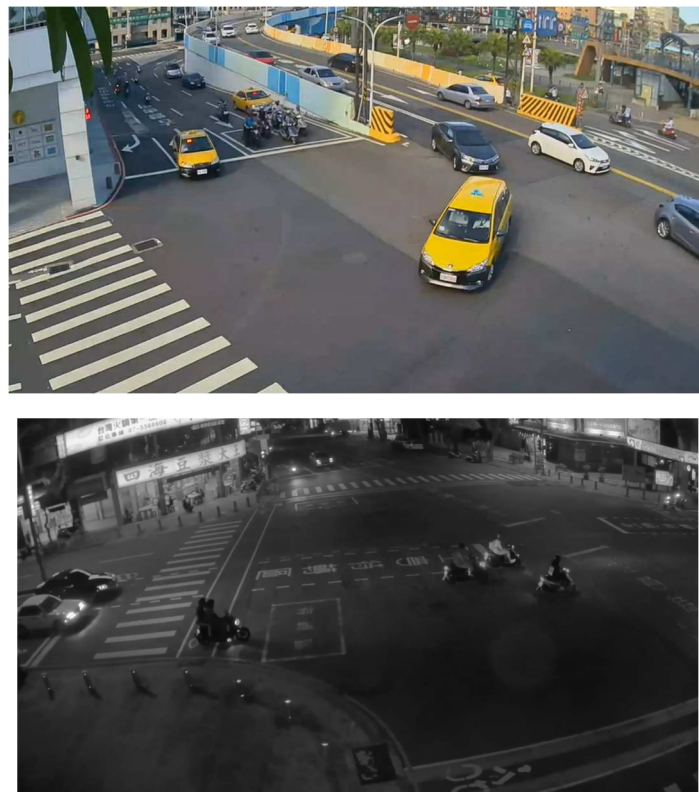


圖 6.12 槍型白天與夜間情境示意圖



圖 6.13 魚眼白天與夜間情境示意圖

表 6-14 YOLOV3 物件精進前後準確率比較表

資料來源：本計畫彙整

	精進前(AP)	精進後(AP)
腳踏車	72.66%	74.25%
機慢車	84.39%	90.63%
小客車(汽車)	90.74%	94.02%
大客車(貨車)	68.57%	70.48%
整體(mAP)	79.90%	82.56%

使車體辨識率與準確率提升比例有所不同主要來自於資料量差異。本計畫使用的影像主要來自於一般道路上，而行進於一般道路的車種通常為小客車(汽車)與機慢車，大客車(貨車)則為少量。精進結果為將原先腳踏車的召回率從 80.00% 上升至 90.00%、機慢車召回率從 94.10% 上升至 95.90%、小客車召回率

從 94.20% 上升至 96.72%、大客車召回率從 82.92% 上升至 92.30%。

表 6-15 車種辨識召回率精進比較表

資料來源：本計畫彙整

	真陽性(TP)		偽陰性(FN)		召回率(RC)	
	精進前	精進後	精進前	精進後	精進後	精進後
腳踏車	8	9	2	1	80.00%	90.00%
機慢車	208	211	13	9	94.10%	95.90%
小客車	196	207	12	7	94.20%	96.72%
大客車	34	36	7	3	82.92%	92.30%

四、辨識精準度提升(環境)

為避免環境條件影響影像辨識準確率，因此根據增加特定日夜與天氣的訓練集進行魚眼與槍型的模型訓練。槍型白天晴天從 70.56% 上升為 75.22%、白天雨天從 69.81% 上升為 73.53%，晚上晴天從 73.25% 上升為 75.06%，晚上雨天從 68.72% 上升為 69.76%；整體 mAP 從 70.59% 提升為 73.39%。魚眼白天晴天從 71.36% 上升為 73.55%、白天雨天從 70.08% 上升為 72.67%，晚上晴天從 69.29% 上升為 70.24%，晚上雨天從 68.46% 上升為 70.98%；整體 mAP 從 69.80% 提升為 71.86%，如表 6-16 所示。

表 6-16 YOLOV3 天氣情境精進前後準確率比較表

資料來源：本計畫彙整

日夜	天氣	槍型		魚眼	
		精進前(mAP)	精進後(mAP)	精進前(mAP)	精進後(mAP)
白天	晴天	70.56%	75.22%	71.36%	73.55%
	雨天	69.81%	73.53%	70.08%	72.67%
晚上	晴天	73.25%	75.06%	69.29%	70.24%
	雨天	68.72%	69.76%	68.46%	70.98%
整體(mAP)		70.59%	73.39%	69.80%	71.86%

模型精進的表現差異來自於環境網路品質、影像畫素與品質、攝影機設備品質、裝設位置、光線不佳、路面反射等因素。影像的最小單位為幀，幀數代表 1 秒鐘內影像所含的圖片數量；當攝影機網路連線不佳，導致影像受損、跳幀時，圖片與圖片中的物件距離與大小落差太大，模型會誤將兩張移動中不同位置的同一輛車種視為兩台不同的車輛，進而影響準確率計算。影像鏡頭髒污、損壞等硬體因素，會使模型無法順利進行辨識，建議攝影機畫素盡量高於 1920*1080 以上。光線不佳、路面反射等環境因素，主要影響夜間或雨天辨識，光線不佳導致車輛顏色與馬路相近、夜間雨天導致倒影明顯等，使模型更難偵

測到機慢車與腳踏車、路燈的路面倒影易被辨識為車輛。

6.2.2 AI 影像辨識精進技術之應用

傳統進行車種分析與車流計數主要以人工計算、車輛偵測器(Vehicle Detection, VD)這兩種方式。人工計算相當耗費人工、長時間觀測亦使人員疲憊，缺乏效率。車輛偵測感測器依照技術分為磁力、超音波、雷達、光學(紅外線)等偵測器，磁力依照測量環境磁場的變化來偵測大型含鐵目標物、超音波感測器使用聲波偵測物體、雷達使用高功率電磁波進行偵測、紅外線透過發射端和接收端之間的光束有無遮蔽來偵測物體。然而此車輛偵測器皆易受環境干擾，大量車流、樹木遮蔽、路面震動等干擾因素皆會影響準確率；且無法準確辨識車種，僅能約略偵測出車體大小，無法辨識確切車種類型。eTag 運用由感應器(Reader)和標籤(Tag)所組成的無線射頻識別系統(Radio Frequency Identification, RFID)，其頻段為 860~960MHz，屬於超高頻(Ultra-High Frequency, UHF)的 RFID 系統。其原理為收費系統中的感應器發射無線電波，觸動一定範圍內的 eTag，感應後回傳電波，由感應器讀寫車輛資料。雖然 eTag 可分類行駛於高速公路上的車種，卻無法應用於一般道路與一般道路上的機慢車與腳踏車，難以擴大使用場域；且 eTag 資料的調閱需要經過申請，手續繁雜且須等候，無法進行即時路況分析。

AI 影像辨識可結合電腦視覺與人工智慧，使用既有的攝影機結合 AI 演算法同時進行車種辨識與車輛追蹤，避免耗費人工、有明確定義分辨車輛，並可結合影像管理系統(Video Management System, VMS)，進行車種、車流與轉向量等資訊進行記錄與搜查，將解決傳統偵測所遇到的困難。

當攝影機將影像串流匯入影像偵測與辨識模型後，將傳送車牌與車種資訊至前端介面，呈現予使用者。意旨當攝影機拍攝到小客車及其車牌 ABC-123 出現在 A 路口，便會將此影像串流匯入伺服器當中進行影像截圖，並將截圖匯入偵測與辨識模型中，進行車牌與車種辨識，並將辨識結果傳送至前端介面紀錄頁中。若小客車及其車牌 ABC123 隨之出現在 B 路口的攝影機畫面中，則會再將此影像串流匯入伺服器中再次進行影像辨識，同時前端介面便會將小客車出現的 A 與 B 路口兩點畫為一條線，做為小客車 ABC-123 的路徑。



圖 6.14 路徑分析流程圖

所謂路徑分析即為車體偵測與車牌辨識的組合，本團隊目前使用 YOLOV3 進行車體偵測，使用 Resnet50 進行車牌辨識。Resnet 為一種順序網路架構，而名稱後的數字代表內含卷積層數；卷積層越多，越能辨識更多影像細節。主要將卷積層分為 18、34、50、101、152 層，其架構的每秒浮點運算次數(Floating-point operations per second, FLOPs)也有所不同。不同數量的 Resnet 如圖 6.15 所示^[96]。

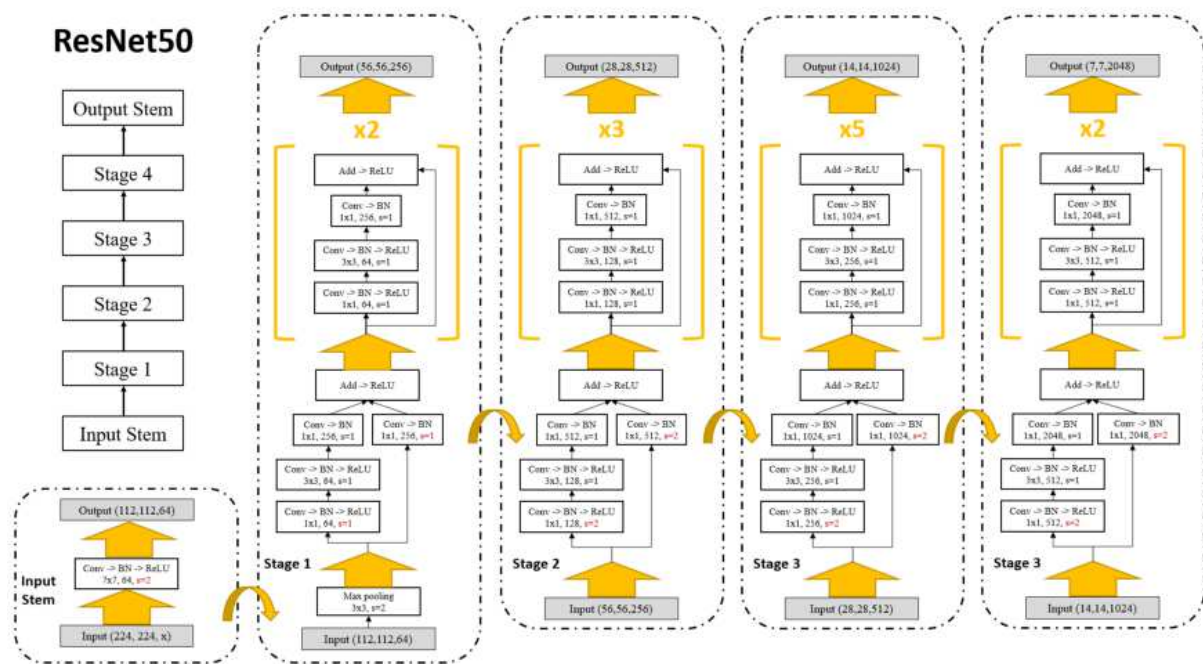
與傳統的架構不同，相較於 AlexNet、OverFeat、VGG(Visual Geometry Group)16 及 VGG19，在疊更深的網路時，Resnet 設計了 bottleneck (building) block，使用單純的加法不但可以避免分層過多所導致的退化問題，降低 3x3 convolution 的寬度，更大幅減少所需的運算量，如圖 6.16 所示^[96]。

本計畫將使用的車輛追蹤方式，為車牌辨識與車種分析之結合。以車牌做為跨攝影機追蹤的追蹤代碼，並同時根據車體大小偵測出車種類型。先將匯入的影像進行車體偵測，再將該車體偵測框內的車牌進行車牌內數字辨識。本計畫之車輛追蹤流程圖如圖 6.17。

layer name	output size	18-layer	34-layer	50-layer	101-layer	152-layer
conv1	112×112	7×7, 64, stride 2				
conv2_x	56×56	3×3 max pool, stride 2				
		$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 64 \\ 3 \times 3, 64 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 64 \\ 3 \times 3, 64 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 64 \\ 3 \times 3, 64 \\ 1 \times 1, 256 \end{bmatrix} \times 3$
conv3_x	28×28	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 128 \\ 3 \times 3, 128 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 128 \\ 3 \times 3, 128 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 4$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 128 \\ 3 \times 3, 128 \\ 1 \times 1, 512 \end{bmatrix} \times 8$
conv4_x	14×14	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 256 \\ 3 \times 3, 256 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 256 \\ 3 \times 3, 256 \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 6$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 23$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 256 \\ 3 \times 3, 256 \\ 1 \times 1, 1024 \end{bmatrix} \times 36$
conv5_x	7×7	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 2$	$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$	$\begin{bmatrix} 1 \times 1, 512 \\ 3 \times 3, 512 \\ 1 \times 1, 2048 \end{bmatrix} \times 3$
	1×1	average pool, 1000-d fc, softmax				
FLOPs		1.8×10^9	3.6×10^9	3.8×10^9	7.6×10^9	11.3×10^9

資料來源：OpenGenus IQ

圖 6.15 Resnet 模型架構表(1)



資料來源：OpenGenus IQ

圖 6.16 Restnet50 模型架構表(2)

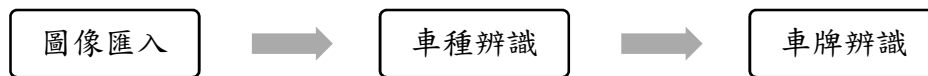


圖 6.17 精進前車輛追蹤流程圖

然而，一種辨識項目以上的結合過度繁雜，將使辨識時間增加至兩倍，若需即時進行車輛追蹤，易使效率不彰。因此本計畫預計修改模型架構，將車牌與車種辨識分為兩種模型同時進行圖像偵測與辨識，再比對兩物體的位置，進行辨識框整合，同時得出單一車體的車牌與車種資料。

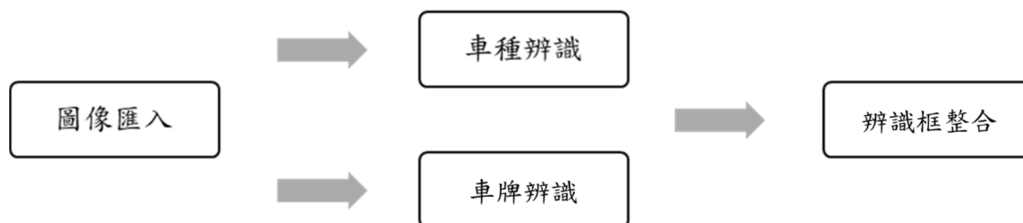


圖 6.18 精進後車輛追蹤流程圖

攝影機的類型與架設高度將影響此技術的開發與執行。進行車牌辨識時攝影機建議使用槍型，避免魚眼垂直拍攝，車牌角度以及成像性質扭曲的困難。

而應用於車牌與車種辨識的攝影機架設高度也有些許差異，車牌辨識架設的高度為 3 到 4 公尺，使視線聚焦於車牌。然而車流辨識的建議架設高度為 4.5 到 6 公尺。若使用車牌辨識的架設高度卻會無法涵蓋路段或路口的車流，因此在架設高度上需要進行取捨，也需要一到兩周的時間訓練模型該高度與角度的車種與車牌辨識。

本計畫原先預計使用臺中場域路口，包括臺灣大道與安和路路口、臺灣大道與福安路路口以及臺灣大道與工業區一路路口，進行車輛追蹤驗證。車輛追蹤為車牌辨識結合車種辨識，因此攝影機必須同時能清楚拍攝車牌號碼並照射完整路口。然而目前三個路口的攝影機拍攝位置跟方向無照射到車牌現有設備、畫質差、拍攝位置及方向無照射到車牌且距離超過一定距離(如圖 6.19 所示)，無法進行車輛追蹤，僅適合做車流分析，因此選擇淡海新市鎮之智慧交通實驗場域，做為車輛追蹤之驗證場域。

為了驗證車輛追蹤，本計畫從既有且較符合特定裝設條件之路口影像進行辨識項目，因此其影像角度、高度、網路與光線皆受到限制。圖 6.20 為淡海新市鎮之智慧交通實驗場域，本計畫挑選上述路口中的 A1 與 A3，截取白天義山路二段與新市五路三段路口至義山路二段與新市二路三段路口的槍型攝影機影像，進行兩路口之路徑分析。A1 與 A3 路口中間的 A2 路口僅能直行與右轉，因此其路徑僅有直行或右轉兩種行徑路線。當車輛出現於 A1 攝影機鏡頭內，其影像將被回傳中心端辨識伺服器進行車種與車牌辨識，並記錄時間、車牌、車種與攝影機等資訊；若同一台車輛又出現於 A3 攝影機鏡頭內時，其影像亦會被回傳中心端進行辨識與紀錄資訊。此時將可判定此車輛為直行，並執行車流計數，前端介面亦可在地圖上顯示該車輛的行徑路線。

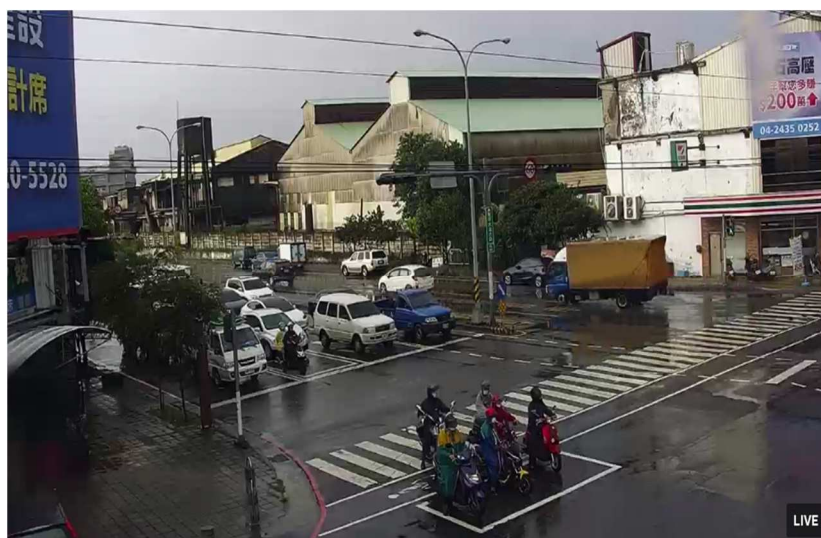




圖 6.19 臺灣大道三處路口攝影機品質現況



圖 6.20 淡海新市鎮規劃圖

表 6-17 呈現其車輛追蹤之模型辨識結果，並與人工計算做為準確率比對，其準確率公式為 $(1 - |(AI \text{ 分析值} - \text{人工計數值}) / \text{人工計數值}|) * 100\%$ 。根據 AI 模型之判斷，直行車流占總車流的 45.94%、右轉則占了 54.06%；而人工計算出直行車流占總車流的 62.22%、右轉則占了 37.38%；其準確率為 60.71%、右轉準確率為 82.35%。

表 6-17 車輛追蹤準確率比較表

資料來源：本計畫彙整

	直行	右轉
模型辨識之比例	45.94%	54.06%
人工計數之比例	62.22%	37.38%
準確率	60.71%	82.35%

影響車輛追蹤的因素有車牌追蹤失敗、車種辨識失敗以及資料不齊全(有車種沒車牌、有車牌沒車種)，或因其他原因並無直走或右轉。本計畫使用之模型為先進行車種辨識再進行車牌辨識，若其中一項辨識未辨識到或未辨識正確，則不會計數，因此大幅度影響準確率；且此模型的右轉車流數計算為 A1 攝影機計算到的車流數-A3 攝影機計算到的車流數，然而些許車輛會在 A1 馬路上直接迴轉離開 A1 路口，因此並無實際直行或右轉。

第七章 示範場域遴選與建置成果

本計畫針對「智慧交通數位神經中樞」實作示範場域進行遴選作業，首先制訂評估指標並透過問卷或訪談調查等方式，挑選潛在可實作場域，再透過專家評選選出優選縣市，並與該場域所涉相關交通管理單位包括中央及地方協議確認可運用資源及合作模式，最後針對該場域規劃後續年度實作項目之設備佈建建議。

7.1 遴選作業規劃與執行歷程

一、遴選作業準備

實作示範場域之縣市遴選作業需透過公平、公正、公開之程序，遴選作業办理流程圖、合作意願調查表、評審評分表如圖 7.1 及表 7-1 所示。遴選作業流程包含合作意願調查表設計與修正、評分原則及評分表設計與修正、邀集 6 都辦理縣市說明會、合作意願調查表發函與回收、合作意願調查表重點彙整、評審委員會成立、審查、彙整審查評分結果，最後選出第一優先遴選縣市。

二、遴選作業辦理期程

本計畫遴選相關作業自 110 年 6 月 1 日啟動至 110 年 8 月中旬結束，其中於 110 年 6 月 17 日發函合作意願調查表予 6 都，並於 110 年 6 月 22 日召開遴選相關說明會，合作意願調查表繳交期限為 110 年 7 月 15 日，函復之縣市包含臺北市、臺中市、臺南市及高雄市，其後針對 4 縣市繳交內容進行重點彙整，並於 110 年 8 月 24 日召開評審會議，遴選結果說明如後。

三、遴選結果

依據各縣市回繳之合作意願調查表內容彙整其重點如表 7-2，經審查後最終優選縣市為「臺中市」，針對緊急車輛優先通行及 AI 事件偵測與管理部分，臺中市目前尚無相關資源投入，未來若經由本計畫協助投入相關場域驗測環境，應能大幅提升智慧號誌運作效率，改善救災救護交通安全。

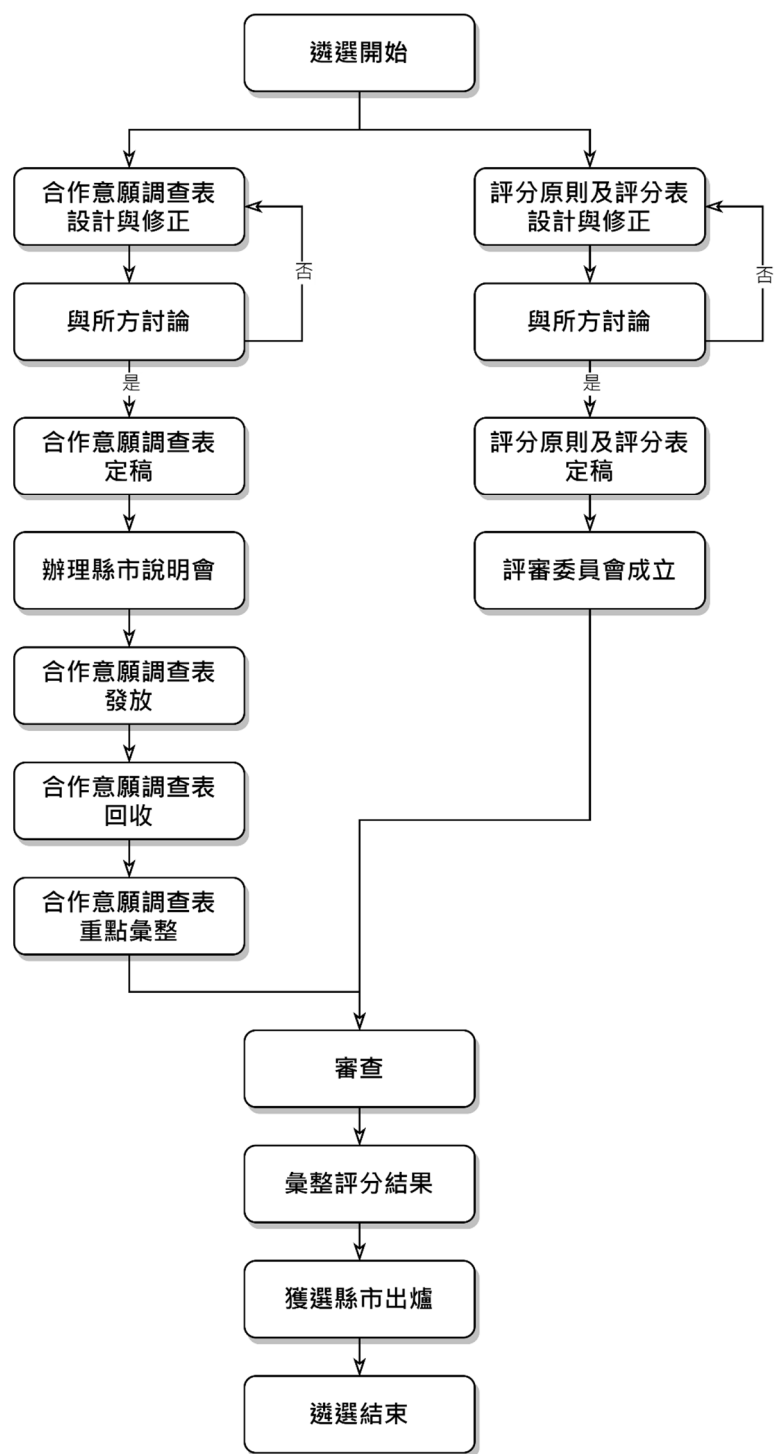


圖 7.1 遴選相關作業辦理流程圖

表 7-1 合作意願調查表

縣市名稱				
專案負責局處				
專案主管	姓名		職稱	
	督導內容 (請條列)	(請說明專案主管於本案配合督導項目，並提出對本案之實質幫助與指導。)		
專案聯絡人	姓名		職稱	
	電話		Email	
欲規劃申請之實作示範場域	1.請說明欲規劃申請之實作示範場域之地理位置(周邊道路、以地圖顯示場域範圍等)，場域範圍至少須為路廊或路網形式。 2.請說明選擇該場域之原因(包括該場域對於縣市發展或單位管理之重要程度說明)。			
申請場域之資料設備與通訊環境現況說明	(請簡要說明申請場域之資料蒐集設備與通訊環境現況，建議 800~1,500 字。) 1.請說明縣市已佈建之各類交通資料蒐集設備與通訊環境，並說明該些設備是否已有相關平臺、系統(或資料庫)將各類資料進行彙整與管理。 2.請說明目前或未來對交通事件資料整合現況或構想。 3.請說明該場域未來已有列入計畫預計佈建之各類交通資料蒐集設備與通訊環境。			
目前該場域遭遇之困難或問題	(請簡要說明場域目前所遭遇之困難或問題，建議 800~1,500 字。) 請說明申請場域現況遭遇之困難點及各類瓶頸描述，包括交通路況瓶頸、交通管理瓶頸(例如設備設施管理問題、法規與管理之衝突)等。			
本專案預計達成目標與績效	(請簡要說明透過本案可達成之目標與績效，建議 700 字以內) 請說明藉由本案執行成果，貴單位預期可達成之目標與績效(採量化指標說明尤佳)			
實作場域可提供之行政與設備配合事項	(本案因涉及相關設備佈設與提供，故需請申請單位協助配合部分事項。) 有關行政部門事項，未來是否能協助協調各相關單位(包括交通管理主管機關、緊急車輛主管機關等)提供所需之場域佈建設備(包括號誌控制器、緊急車輛、車載設備等)以進行運行測試?另若有不足之相關設備，是否可協助佈設及安排佈設相關事宜?(以下請勾選，此為評選重點項目) ☐ 僅可協助相關行政事宜； ☐ 僅可負責佈設(含佈設經費)； ☐ 以上均可協助與負責。			
實作場域可提供之電力、網路等配合事項	(本案相關設備佈設因涉及電力、網路等項目，故需申請單位協助配合部分事項。) 1.設備安裝完成後，有關用電及網路需求部分，未來是否可配合本案協助申請並編列經費支應後續電力及網路費用?(以下請勾選，此為評選重點項目) ☐ 可以配合； ☐ 無法配合； ☐ 視情況而定(請補充說明_____)。 2.請說明其他建置面之可協助事項：			
後續維運單位及永續維運構想	(請簡要說明後續相關設備或系統之維運單位為何？並請提出營運構想及永續維運機制，建議 600~1,000 字。) 本案於計畫結束後會將整體場域所佈建之設備或系統移轉各縣市自行維運，請針對後續經營及維運提出永續構想。			
執行之迫切性與執行優勢	(針對現況所面臨之問題，請說明為何此議題需優先辦理及貴縣市辦理之執行優勢，建議 600~1,000 字。) 請具體敘明此案應加速辦理之緣由，以及貴縣市之執行優勢。			
各縣市政府自提之創意構想	(請簡要說明是否有其他可精進服務之創意構想，建議不超過 500 字。)			

表 7-2 110 年實作示範場域所轄縣市合作意願調查表重點彙整

資料來源：本計畫彙整

臺北市	
單位及主管	交通局運輸資訊科科長
現況說明與執行優勢	● 規劃申請之實作示範場域：馬偕紀念醫院周邊。 ● 該場域周邊場域驗測環境設備包含 VD、CMS、CCTV、4G/ADSL 通訊。 ● 相關交通平台如：交通監控系統、智慧號誌、錄影伺服器/圖控及廣播系統。
預期目標	● 減少優先車輛到達醫院時間。 ● AI 事件偵測準確率達 80% 以上。 ● 提供準確之道路資訊及改道動線並可應用車聯網技術發佈。 ● 預測非常態交通壅塞事件加快各單位反應速度。 ● 導入棋盤式路網號誌調控減少旅行時間。
可配合項目及後續維運	● 可配合事項：協助協調各相關單位(包括交通管理主管機關、緊急車輛主管機關等)提供所需之場域佈建設備(包括號誌控制器、緊急車輛、車載設備等)，上述所需之電力及網路亦可配合。 ● 後續維運經費：由交通局年度預算支應。
臺中市	
單位及主管	交通局局长
現況說明與執行優勢	● 規劃申請之實作示範場域：水湳經貿園區、臺灣大道，第一階段先於水湳經貿園區半開放場域進行驗測，第二階段再至開放場域臺灣大道進行測試。 ● 水湳經貿園區為臺中市打造智慧城市發展之核心，引入各項智慧創意推動整體規劃，為臺中市智慧生活及創新服務應用之重點示範與發展場域。 ● 園區自 107 年起做為自駕車示範場域，目前已完成半開放場域交通情境、自駕巴士試運行等測試，因此場域驗測環境設備(如 VD、eTag、4G/5G 通訊等)建置較完善。 ● 臺中市具有交通管理平台 TOPIS 進行交通事件蒐集與呈現。 ● TOPIS 除事件蒐集與呈現外，當事件發生時，系統可自動帶入事件地點周邊影像、交通變化及 CMS 等資訊，即時瞭解現場狀況，亦可自動篩選出路段績效較好之替代路徑，與提供號誌遠端管理功能。
預期目標	已於中清路、臺灣大道、五權西路等主要道路建置 45 處智慧號誌路口，因此本案運用成果可擴大至上述 3 大主要幹道，提升臺中市智慧號誌系統運作績效，讓智慧號誌系統可針對不同交通事件建立更具彈性的控制策略，並同時提升緊急車輛救災救護效率。且透過本案 AI 偵測技術偵測道路發生之交通事件，進一步強化臺中市 TOPIS 系統偵測功能，提升交控中心事件處理效率。
可配合項目及後續維運	● 可配合事項：未來可協助協調各相關單位等行政事宜，相關設備配合則可使用水湳經貿園區目前已建置之相關設備，而上述所需之電力及網路或其他新增設備等費用會向議會爭取預算後進行配合。 ● 後續維運經費：會向議會爭取增加預算後支應。

臺南市	
單位及主管	交通局智慧交安科科长
現況說明與執行優勢	● 規劃申請之實作示範場域：中華北路 ● 目前臺南市於該場域周邊已有相似性的相關優先號誌計畫刻正進行中：「109 年整合型公車優先號誌計畫」。 ● 臺南市具有都市交通整合事件資訊平台進行交通事件蒐集與呈現。 ● 大臺南智慧交通中心之建置規劃擴充升級，包含智慧交通控制、智慧公共運輸、智慧停車管理、智慧運具共享及智慧雲端平台。 ● 已於 110~111 年研提 2 年期整合交通資訊應用服務計畫工作，包含各項即時資訊涵蓋範圍、事件反應功能及智慧交通管理策略等。 ● 已規劃 4 年期計畫建置 CMS 發佈資訊。
預期目標	預計配合交通部補助之「110~111 年臺南市整合交通資訊應用服務計畫」，於 110~111 年度均持續擴充本市重點交通壅塞地區之多元交通資訊的整合與發佈，預期於實作區域範圍內所定義之指標道路平均旅行時間可減少 10%。
可配合項目及後續維運	● 可配合事項：協助協調各相關單位(包括交通管理主管機關、緊急車輛主管機關等)提供所需之場域佈建設備(包括號誌控制器、緊急車輛、車載設備等)，上述所需之電力及網路亦可配合。 ● 後續維運經費：由交通局年度預算支應。
高雄市	
單位及主管	交通局智慧運輸中心主任
現況說明與執行優勢	● 規劃申請之實作示範場域：十全一路(博愛一路至民族一路) ● 高雄市具有都市交通整合事件資訊平台進行交通事件蒐集與呈現。 ● 新一代智慧運輸系統建置中，著重交控系統優化及大數據分析，並將其他部門資料透過介接方式將其融合至新一代智慧運輸系統平台內。
預期目標	● 透過 AI 人工智慧辨識進行路口車流參數及事件偵測。 ● 透過優先號誌控制策略使緊急車輛安全且快速抵達事故地點。 ● 於現有路口交控設施上擴增符合 V2I 架構設備，就由車間通訊避免交通事故發生，提高路口行車安全。 ● 透過即時交通資訊與路口號誌資訊，提供駕駛人節能減碳行車模式。
可配合項目及後續維運	● 可配合事項：協助協調各相關單位(包括交通管理主管機關、緊急車輛主管機關等)提供所需之場域佈建設備(包括號誌控制器、緊急車輛、車載設備等)，上述所需之電力及網路亦可配合。 ● 後續維運經費：並未提及。

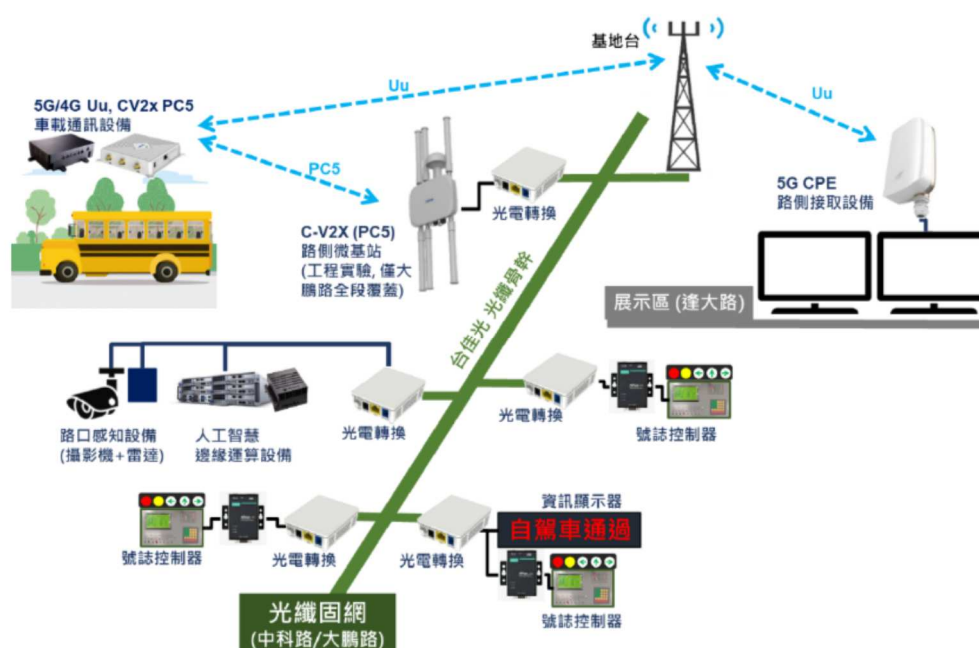
7.2 設備佈建規劃

本節針對臺中場域未來若欲進行緊急車輛優先通行及 AI 事件偵測實作，說明其所需建置之設備內容，而臺中場域實作位置經與臺中市政府交通局訪談會議討論過程中，初步選定於水湳經貿園區及臺灣大道，第一階段先於水湳經貿園區

人車流量較少之半開放場域進行實作測試，第二階段再至開放場域臺灣大道進行測試，範圍如圖 7.2 所示。其中水湳經貿園區自 107 年起做為自駕車半開放示範場域，因此場域聯網環境係透過光纖骨幹網路及 VPN 串接運行路線內各號誌控制器、邊緣運算設備、資訊可變標誌及路口輔助感知設備，移動車載端之網路則透過 4G/5G 通訊開道器提供服務，場域網路系統如圖 7.3 所示，而臺灣大道通訊網路目前則是採用 4G。此外，場域既有設備部分則包含 CCTV、VD、eTag、CMS，水湳場域為 6 組 VD、10 組 eTag 及 15 組連線號誌，臺灣大道則為 2 組 CCTV、1 組 CMS 及 5 組連線號誌，分佈如圖 7.4 所示。

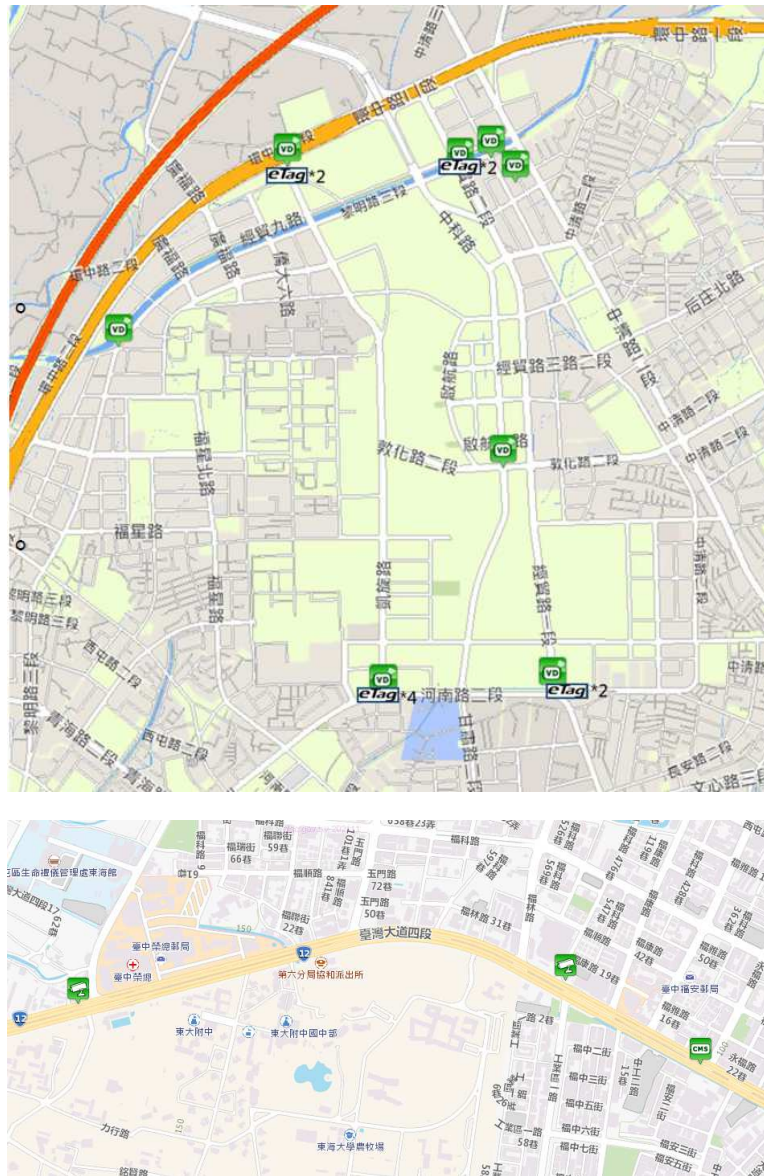


圖 7.2 場域範圍示意圖



資料來源：臺中市政府交通局

圖 7.3 水湳場域網路架構



資料來源：臺中市政府交通局

圖 7.4 場域現況設備佈建位置

7.2.1 緊急車輛優先通行所需設備規劃

本計畫未來若於臺中場域進行緊急車輛優先通行實作，於水湳經貿園區半開放場域中優先挑選兩處接近消防局之路口，分別為經貿二路與經貿路、敦化路二段與經貿路，兩處路口靠近消防局水湳分隊，另在第二階段開放場域實作部分，則預計挑選臺中交流道以西之臺灣大道，該路段包含兩間臺中市重要醫院，分別為澄清醫院及臺中榮總醫院，亦是挑選兩處路口進行實作。彙整上述四處路口實作時所需之設備及經費如表 7-3 所示，預計 4 處路口硬體部分共需花費 3,753,000 元，平均一處為 938,250 元。

表 7-3 緊急車輛優先通行實作所需設備

資料來源：本計畫估算

項次	內容	單位	數量	單價	經費
一	交通規劃設計評估	式	1		
1.1	優先號誌控制策略及系統規劃				
1.2	系統架構及運作流程研擬				
1.3	系統績效評估				
二	路口設備採購	處	4		
2.1	號誌控制器-TCROS 等級		4	120,000	480,000
2.2	工業電腦 MEC		4	250,000	1,000,000
2.3	RSU 車聯網路側設備		4	95,000	380,000
2.4	OBU 車聯網車載設備		2	210,000	420,000
2.5	車聯網車載軟體		1	1,000,000	1,000,000
2.6	4G/5G router		4	15,000	60,000
2.7	5G SIM 卡(預估租期半年吃到飽含政府 VPN)		4	12,000	48,000
三	路口施工	處	4		
3.1	號誌控制器置換(不含號控維護及新箱體)		4	20,000	80,000
3.2	MEC 安裝架設		4	10,000	40,000
3.3	RSU 安裝架設		4	10,000	40,000
3.4	五金另料、電料		1	205,000	205,000
四	車聯網管理平台				
4.1	TCROS 優先號誌整合軟體	式	1		
4.2	系統整合測試	式	1		
4.3	系統維護營運	式	1		

7.2.2 AI 事件偵測所需設備規劃

一、水湳經貿園區

水湳的偵測路段將從經貿二路與經貿路十字路口至敦化路二段與經貿路的十字路口，主要進行車輛異常停留的偵測項目，當車輛停留超過自定義時間後，將發出告警。此路段上有兩個路口，分別將路口以 A、B 兩區做為區別，共規劃 5 台槍型攝影機。以 A、B 兩區進行設備佈設說明，A、B 兩區如圖 7.5 所示



圖 7.5 水滴設備佈設路段圖

A 區為經貿二路與經貿路十字路口，為了涵蓋完整的路口，並清楚錄製緊急車輛行駛狀況，架設三台槍型攝影機而非魚眼攝影機於對向與交叉的紅綠燈桿上，如圖 7.6；B 區為敦化路二段與經貿路的十字路口，此處為水滴的偵測終點，因此架設兩台槍型攝影機於紅綠燈桿上，使畫面涵蓋部分路段，如圖 7.7。



圖 7.6 經貿二路與經貿路十字路口攝影機架設示意圖



圖 7.7 敦化路二段與經貿路十字路口攝影機架設示意圖

二、臺灣大道

臺灣大道的偵測路段的將從東大路一段與臺灣大道四段十字路口至福安路與臺灣大道四段的十字路口，主要進行車輛異常停留的偵測項目，當車輛停留超過自定義時間後，將發出告警。將此路段分別以 A~I 共 9 區做為區別，共規畫 34 台槍型攝影機。臺灣大道 A~I 區之分布如圖 7.8 所示



圖 7.8 臺灣大道設備佈設路段圖

A 區為東大路一段與臺灣大道四段十字路口，為了涵蓋完整的路口，並清楚錄製緊急車輛行駛狀況，架設三台槍型攝影機而非魚眼攝影機於對向與交叉的紅綠燈桿與電線桿上，路面裝設圖與實際照片如圖 7.9 所示。





圖 7.9 東大路一段與臺灣大道四段十字路口攝影機架設示意圖

B 區為 A 與 C 區中間的臺灣大道四段路段，因路段較長，架設兩台槍型攝影機於路燈桿和橋墩上，路面裝設圖與實際照片如圖 7.10 所示。



圖 7.10 臺灣大道四段路段攝影機架設示意圖

C 區為玉門路與臺灣大道四段的十字路口，為了涵蓋完整的路口，並清楚錄製緊急車輛行駛狀況，架設三台槍型攝影機而非魚眼攝影機於對向與交叉的紅綠燈桿上，路面裝設圖與實際照片如圖 7.11 所示。



圖 7.11 玉門路與臺灣大道四段十字路口攝影機架設示意圖

D 區為福林路與臺灣大道四段的十字路口，為了涵蓋完整的路口，並清楚錄製緊急車輛行駛狀況，架設四台槍型攝影機而非魚眼攝影機於對向與交叉的紅綠燈桿上，路面裝設圖與實際照片如圖 7.12 所示。





圖 7.12 福林路與臺灣大道四段十字路口攝影機架設示意圖

E 區亦為福林路與臺灣大道四段的十字路口，為了涵蓋完整的路口，並清楚錄製緊急車輛行駛狀況，架設三台槍型攝影機而非魚眼攝影機於對向與交叉的紅綠燈桿上，路面裝設圖與實際照片如圖 7.13 所示。



圖 7.13 臺灣大道四段路段攝影機架設示意圖

F 區為工業區一路與臺灣大道四段的路口到福康路與臺灣大道四段的兩個路口，為了涵蓋完整的路口，並清楚錄製緊急車輛行駛狀況，架設七台槍型攝影機而非魚眼攝影機於對向與交叉的紅綠燈桿上，路面裝設圖與實際照片如圖

7.14 所示。

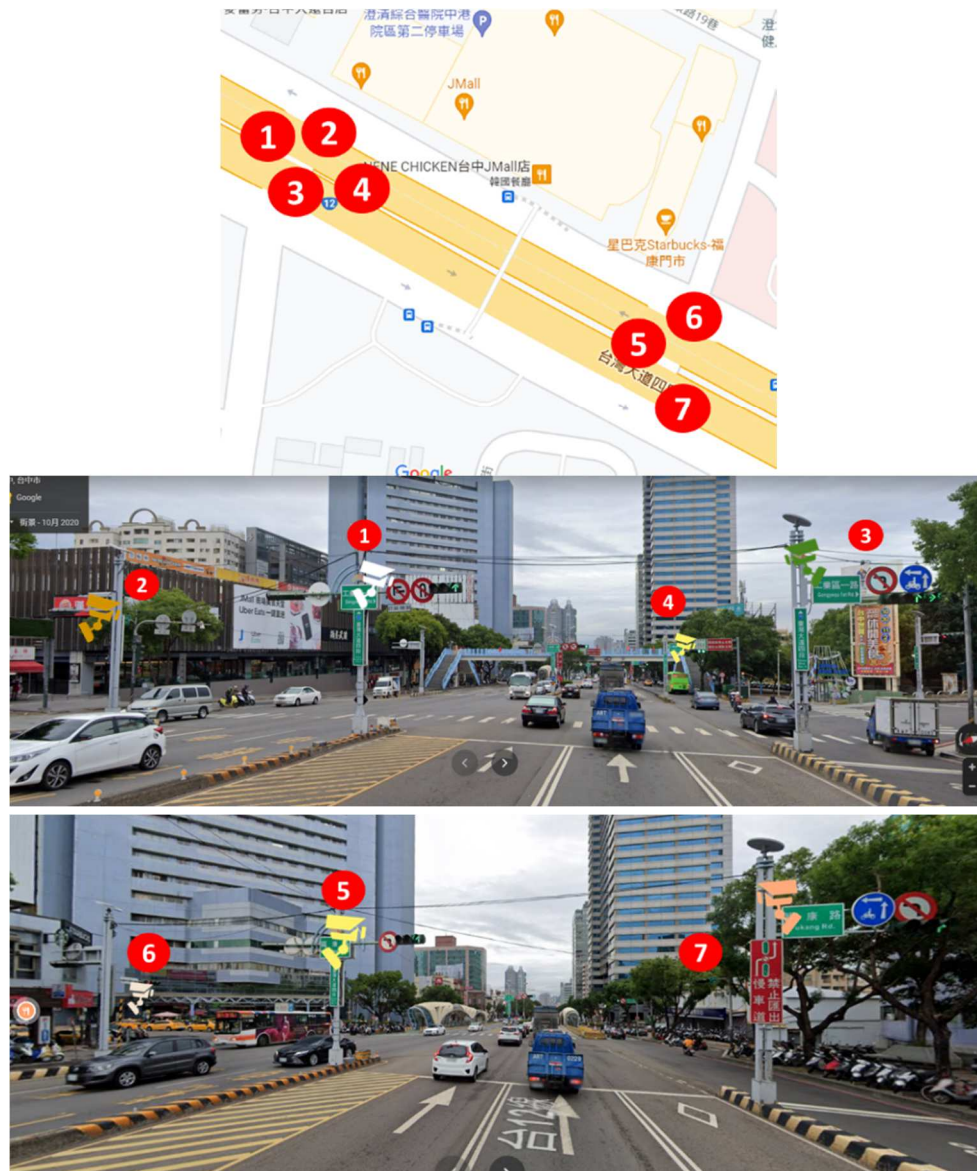


圖 7.14 臺灣大道四段路段攝影機架設示意圖

G 區為永福路與臺灣大道四段的十字路口，為了涵蓋完整的路口，並清楚錄製緊急車輛行駛狀況，架設四台槍型攝影機而非魚眼攝影機於對向與交叉的紅綠燈桿上，路面裝設圖與實際照片如圖 7.15 所示。

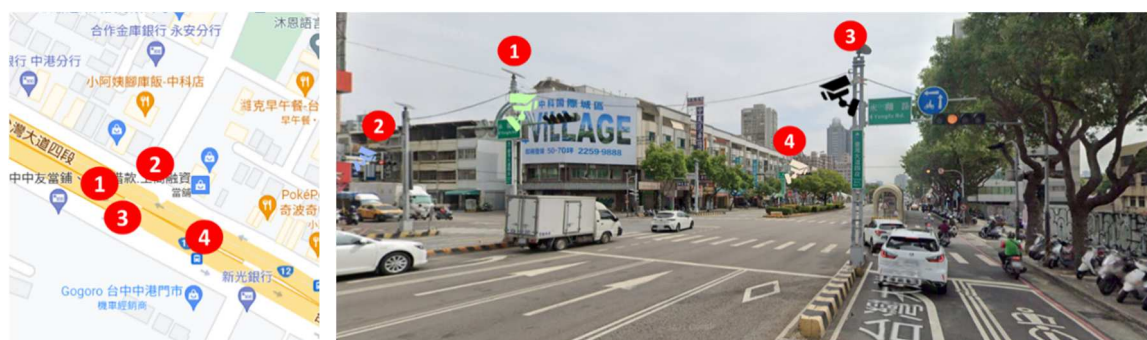


圖 7.15 永福路與臺灣大道四段十字路口攝影機架設示意圖

H 區為中工三路與臺灣大道四段的路口，為了涵蓋完整的路口，並清楚錄製緊急車輛行駛狀況，架設三台槍型攝影機而非魚眼攝影機於對向與交叉的紅綠燈桿與路標上，路面裝設圖與實際照片如圖 7.16 所示。

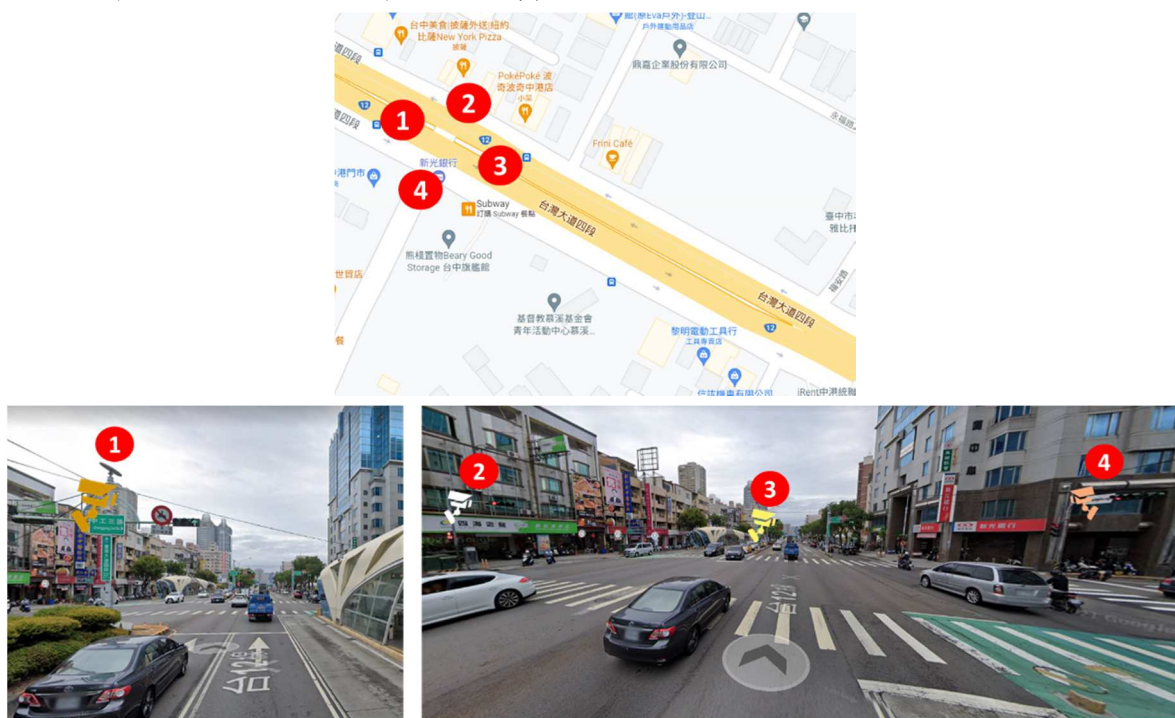


圖 7.16 中工三路與臺灣大道四段路口攝影機架設示意圖

I 區為福安路與臺灣大道四段的十字路口，為了涵蓋完整的路口，並清楚錄製緊急車輛行駛狀況，架設三台槍型攝影機而非魚眼攝影機於對向與交叉的紅綠燈桿上，路面裝設圖與實際照片如圖 7.17 所示。

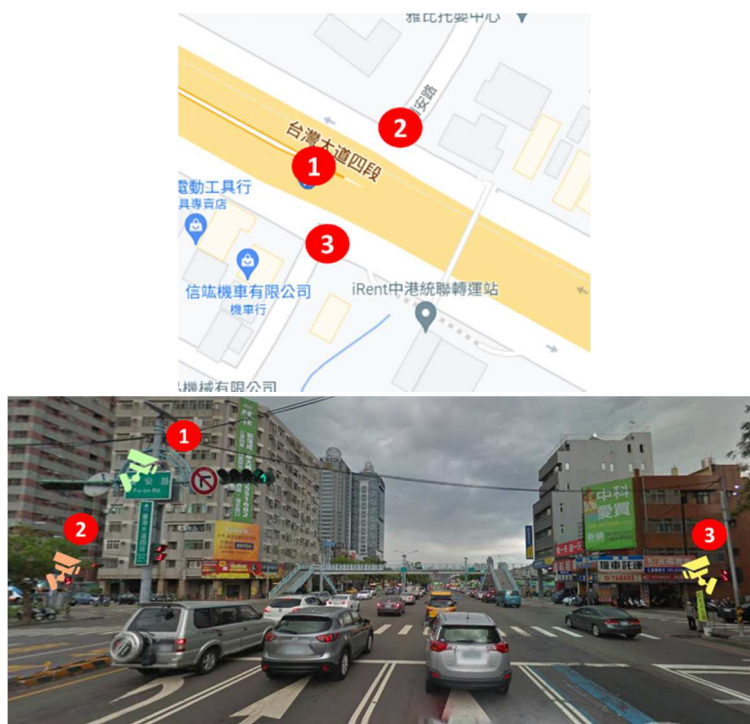


圖 7.17 福安路與臺灣大道四段十字路口攝影機架設示意圖

綜上之設備佈建規劃，架設於臺中市臺灣大道路段與水湳路段之攝影機，可進行異常車輛停留與車流分析，協助緊急車輛在執行救災救人行為時，透過即時回傳的攝影機影像或車流量資訊，選擇無塞車、車輛異常停留的替代道路，減少耽誤之急救時間。

第八章 緊急車輛智慧號誌控制系統之規劃與概念性驗證

在前述「智慧交通數位神經中樞系統」之規劃過程中，發現如何提升緊急救援車輛之運行效率乃目前國內外均重視之課題，本章主要在進行緊急車輛智慧號誌控制系統之規劃與概念性驗證。第一節將先進行文獻回顧，了解國內外優先車輛通行發展狀況以及國際標準 J2735 的運作方式，以期能在符合國際標準前提下，規劃出符合實務單位需要之運作模式。後續則將依據所蒐集之課題提出整體規劃構想，同時依序在實驗室進行概念性測試與驗證，並說明在新北市淡海場域進行場域測試成果，最後再依據測試結果進行綜合探討。希望藉此完整之設計實作，規劃出符合智慧交通數位神經中樞理念之緊急車輛優先號誌控制系統。

8.1 國內外發展現況

首先針對國內車聯網優先號誌相關計畫進行回顧，國外部分區分 SAE J2735 之 SRM 與 SSM 通訊協定以及相關實作計畫兩部分進行回顧。

8.1.1 國內相關發展

本計畫蒐集彙整國內優先號誌控制相關案例進行回顧(如表 8-1 所示)，並分別說明如下。

表 8-1 國內優先號誌控制案例彙整

編號	計畫\專案名稱
1	國家智慧型運輸系統標準通訊協定 NTCIP 整合式通訊平台之研究、開發與實作(四)
2	高鐵嘉義站聯外 BRT 執行方案-嘉義縣路段便民服務智慧化建置案
3	臺北市公車優先號誌之研發與示範
4	桃園市公車優先號誌實施-桃園市易壅塞道路改善計畫案
5	臺南市政府 103 年度公車優先號誌控制系統建置計畫案
6	臺南市 96 年「e 化交通—智慧交控系統」計畫案
7	臺南市「105 年度公車優先號誌系統建置計畫」
8	臺中市捷運工程處臺中快捷巴士(BRT)藍線(CL03 標機電系統工程)
9	109 年臺南市整合型公車優先號誌計畫
10	緊急車輛優先通行號誌及路口防碰撞系統試辦計畫委託專業服務案

一、國家智慧型運輸系統標準通訊協定 NTCIP 整合式通訊平台之研究、開發與實作(四)^[97]

該計畫參考 NTCIP 1211 的文件，所有優先號誌控制系統主要包含兩部分 PRG(Priority Request Generator，優先要求產生者)、PRS(Priority Request Server，優先要求伺服器)。PRG 主要功能：1.判斷是否需要優先處理 2.估計公車抵達時間 3.公車抵達時間；2. PRS 主要功能：1. PRG 所產生的優先要求 2.給予優先順序 3.產生服務要求 4.將服務要求傳送到號誌控制器的 Coordinator。

該計畫依當時國內資訊傳遞之運作之方式較類似之情境為通訊架構(由交通管理中心之 PRG 產生優先要求，再送給 PRS)。並依據當時公車動態資訊系統可獲得之資料，設定兩個 Check-in 點以及一個 Check-out 點，以進行公車觸動號誌控制系統。實際測試擇新北市單一路口進行測試，所選路口條件為公車五秒內可通過、公車路權為混合車道並考量路口較少車流干擾行為、遠端設站。

二、高鐵嘉義站聯外 BRT 執行方案-嘉義縣路段便民服務智慧化建置案^[98]

嘉義 BRT 路線總長 9.22 公里，利用行經公車車機將定位資料透過通訊系統回傳至控制中心，控制中心判斷目前公車位置以及是否到達路口(適用於聰明公車)，另整合 BRT 公車提供之優先號誌控制訊息(適用於 BRT 公車)，將資訊傳送至路口號誌控制器，由號誌控制器進行控制策略邏輯演算，以提供公車得優先通行路口。

公車預定抵達路口時間在紅燈狀態下才須執行公車優先號誌系統，此時可能會產生延長綠燈(Green Extension)、提前切斷紅燈(Red Truncation)或不改變時制等三種狀況，當號誌控制器接收由交控系統下達之公車預計到達時間，即進行上述三種狀況的判定並進行控制。

三、臺北市公車優先號誌之研發與示範

該計畫係以臺北市之示範公車動態系統(敦化南北路、信義路)為基礎。控制策略之應用須配合路口的實際交通狀況及需求實施，可採單一策略或組合運用，為確實了解公車優先號誌策略之較佳效果，該計畫在研擬控制策略所考慮的原則為：

1. 延長綠燈及切斷紅燈策略

係在設定的範圍(最長、最短綠燈時間)內，提供公車優先通行機制，增加號誌控制之彈性及績效，且不致造成整體號誌系統過大的衝擊。

2. 插入綠燈策略

因對號誌時制的連續進行調整，對整體車流的影響較大，亦容易破壞號誌原時制運作，暫不採用實施。

3. 補償綠燈策略

系統除可提供公車優先通行機制，又可改善對原號誌時制產生過大的衝擊，得以有效發揮號誌整體的控制功能。根據所研擬之公車優先號誌策略。該計畫所構建之控制模式，除考量公車之優先通行外，並以公平性的考量補償執行公車優先策略時所產生橫向車輛綠燈時間的損失，減少公車優先通行的實施造成對橫向車輛之影響。

四、桃園市公車優先號誌實施-桃園市易壅塞道路改善計畫案^[99]

該計畫優先號誌控制策略採用「綠燈延長」及「紅燈切斷」兩種控制策略。綠燈延長(Green Extension)指當公車於綠燈時相的尾端接近路口時，延長公車行進方向之綠燈時間，使公車能夠順利通過路口，延長綠燈時間端視公車通過停止線的時間而定，若延長綠燈時間已大於公車行進方向最大綠燈時間，則不再進行綠燈延長且必須進行燈態轉換；紅燈切斷(Red Truncation)指在紅燈時相內有等候公車存在或有公車到達時，可提前切斷紅燈時相，以減少公車之停等時間。此種策略須於橫交道路綠燈時相滿足最小綠燈時間方能執行。

觸動方式採用虛擬點觸發方式，當公車進入觸動範圍時傳送公車資訊(車輛位置、車速、車號等)至路口 IPC，通知公車已進入觸動範圍，IPC 計算預定到達路口時間，以進行後續之優先控制。此系統由於無公車專用道，採用進入觸發點後以至少每 2 秒頻率方式傳送公車資訊，可避免無線通訊不穩定造成資料遺失，並可持續追蹤公車行進狀態及計算增加預測的準確性。一般路口設置 2 個 check in 點(P1、P2)，P1 為觸發點，進入後公車以至少每 2 秒傳送頻率傳送資訊，路側設備(IPC)可依此持續追蹤公車行進及計算調整公車到達時間，P2 則為決策點，公車進入此點後，即根據運算結果下達執行優先指令。各路口之觸發點及決策點距離可先行評估設定，例如 P1 與 P2 距離路口停止線可先分別設定為 200 公尺、60 公尺，後續依實施效果及業主需求，可再做彈性調整。

五、臺南市政府 103 年度公車優先號誌控制系統建置計畫案^[100]

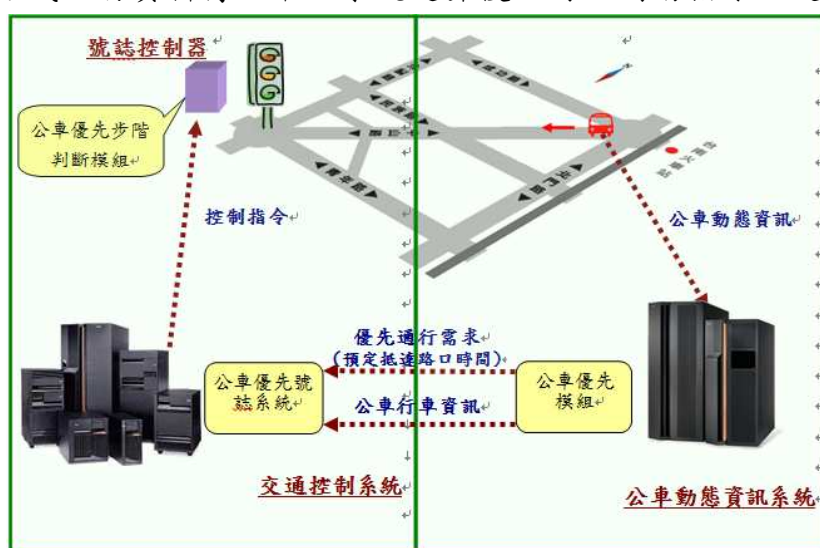
公車優先號誌採用現場控制方式，當車輛通過目標路口前特定範圍時，車載機將車上 GPS 資訊透過 3G 無線通訊傳輸至路側設備，進行運算與判斷後，通知號誌控制器改變時制，讓該車輛優先通過目標路口。在啟動控制判定分成

一般啟動判定與短街廓路口啟動判定。以啟動公車優先策略判定為優先號誌最初之啟動基準，如交控中心啟動公車優先策略時，公車優先號誌系統才啟動，再由公車優先號誌系統進行後續判定(一般啟動判定與短街廓路口啟動判定)。

在路口執行完優先號誌後，將可能破壞原號誌設計之幹道連鎖續進，因此須對執行完之優先號誌路口進行補償，將號誌時間回復原序列。該計畫最適合之補償機制，採借多少還多少之處理方式，於優先號誌啟動後下個週期啟動補償機制，該路口公車優先號誌暫停，待補償結束後，即恢復區域路口號誌系統，該路口公車優先號誌則繼續執行。補償盡量在一週期內完成，以盡快恢復路口之時制計畫，維持路口間時制計畫之連鎖性，但仍需考量最小綠燈之時間限制，即如紅燈之縮短時間為多少，則在後續週期紅燈就補增多少(補償多少)；綠燈之延長時間多少，則在後續週期的綠燈就補減多少(補償多少)。該機制並非採用現行號誌控制器之時比分配補償方式，目前一般號誌控制器僅在定時時制策略下，當時制轉換時，會進行補償(時比分配處理)，在其他策略時制變動時不會進行補償。

六、臺南市 96 年「e 化交通－智慧交控系統」計畫案^[101]

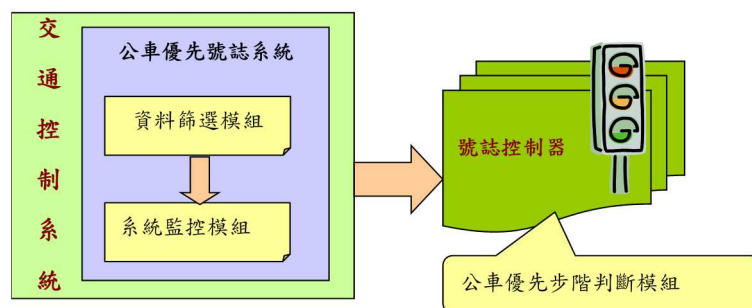
該計畫配合「公車動態資訊系統計畫」之公車優先觸動示範，進行交控中心系統之運作與監控工作，評估 1 處實測路口，並進行相關之通訊協定研提與號誌控制器功能現場測試。該計畫由公車動態系統將資訊傳至交控中心，其傳輸方式與二種不同模組系統之結合為其架構，整體架構如圖 8.1。車機則透過 GPRS 方式，將資料傳回中心系統運算後，再以觸動指令設定路口號誌。



資料來源：「e 化交通－智慧交控系統」(2007)

圖 8.1 優先號誌控制運作整理架構

當公車動態資訊系統將資料送達資料篩選模組之後，資料篩選模組隨即將所得到的資料如公車 GPS 位置、速度、方位角等進行優先權的判斷與分析，交控中心則依資料篩選模組及系統監控模組來進行公車優先號誌系統的功能規劃(如圖 8.2)。



資料來源：「e 化交通－智慧交控系統」(2007)

圖 8.2 公車優先號誌系統的功能規劃

系統監控模組屬於一個資料下達與監控的角色，包括將公車優先通行指令下達路口、調整系統相關的控制參數、統計圖表分析等相關功能，並提供系統管理者的使用介面，讓管理者可以掌控整個公車優先通行號誌系統，以便適時的監視與管理。

優先控制策略採用延長綠燈(Green Extension)與切斷紅燈(Red Truncation)。為維持幹道連鎖性，在實施綠燈延長後，於下兩個週期的幹道綠燈時間平均分配扣除綠燈所延長的時間；相同地，實施紅燈切斷後，於下兩個週期的幹道紅燈時間平均分配增加紅燈所切斷的時間，以維持幹道的號誌連鎖性。

七、臺南市「105 年度公車優先號誌系統建置計畫」

該計畫改善工作包括含車上訊號發射器、路側訊號感應接收器、路口號誌控制器更新、路口新增邏輯運算設備、交控系統軟硬體之擴充、號誌控制邏輯軟體之研發撰寫等，其優先號誌控制策略採用綠燈延長及紅燈切斷兩種方式。

1. 綠燈延長(Green Extension)

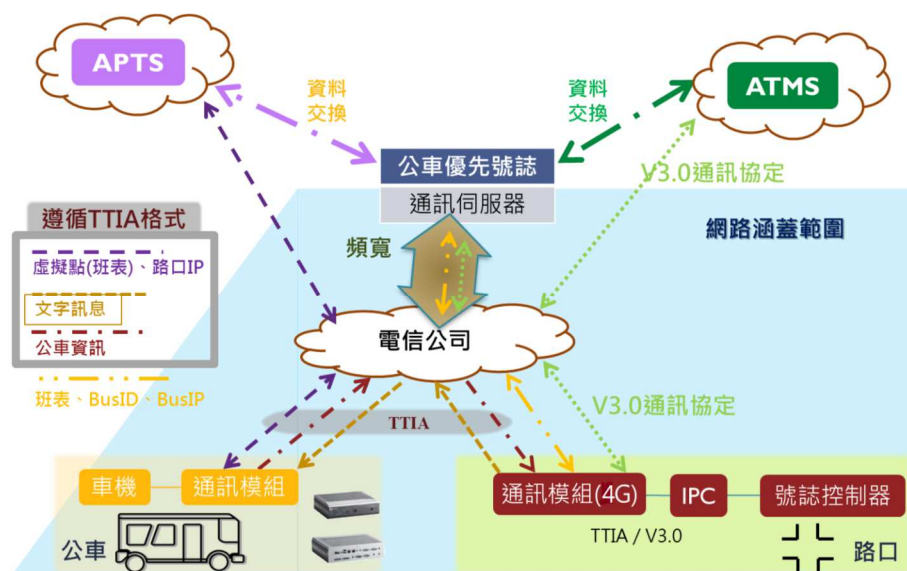
當公車於綠燈時相的尾端接近路口時，延長公車行進方向之綠燈時間，使公車能夠順利通過路口，延長綠燈時間端視公車通過停止線的時間而定，若延長後之綠燈時間已大於公車行進方向最大綠燈時間，則不再進行綠燈延長且必須進行燈態轉換。

2. 紅燈切斷(Red Truncation)

在紅燈時相內有等候公車存在或有公車到達時，可提前切斷紅燈時相(綠

燈提早)，以減少公車之停等時間。為此需滿足橫交道路綠燈時相已經過最小綠燈時間後方能執行。

資料傳遞架構如圖 8.3，ATMS(交控系統)平時可利用都控 3.0 通訊協定透過 4G 直接與號誌控制器正常執行交控運作，而不透過公車優先號誌系統轉傳，ATMS 及公車優先號誌系統之間資料交換主要是傳遞公車優先策略啟動及關閉，APTS(公車動態系統)及公車優先號誌系統之間資料交換主要是傳遞路口相關資料(如公車資料及位置、路口虛擬點、IP..等)，公車車機啟動時會向公車動態中心確認公車組態資料版本或取得最新組態資料，公車車機與 IPC 間傳遞相關公車資料，公車優先號誌系統與 IPC 間傳遞相關公車優先功能啟動及關閉、相關組態(如公車編號、公車 IP、虛擬點...等)。在執行優先號誌後，由控制器接收指令後於下個週期啟動補償機制，補償原則上盡量以平滑型方式完成，以兩週期內執行完成，避免過度影響支道用路人，維持路口間時制計畫之連鎖性，但仍需考量最小綠燈之時間限制。



資料來源：「105 年度公車優先號誌系統建置計畫」(2016)

圖 8.3 105 年度公車優先號誌系統建置計畫資料傳遞架構

八、臺中市捷運工程處臺中快捷巴士(BRT)藍線^[102]

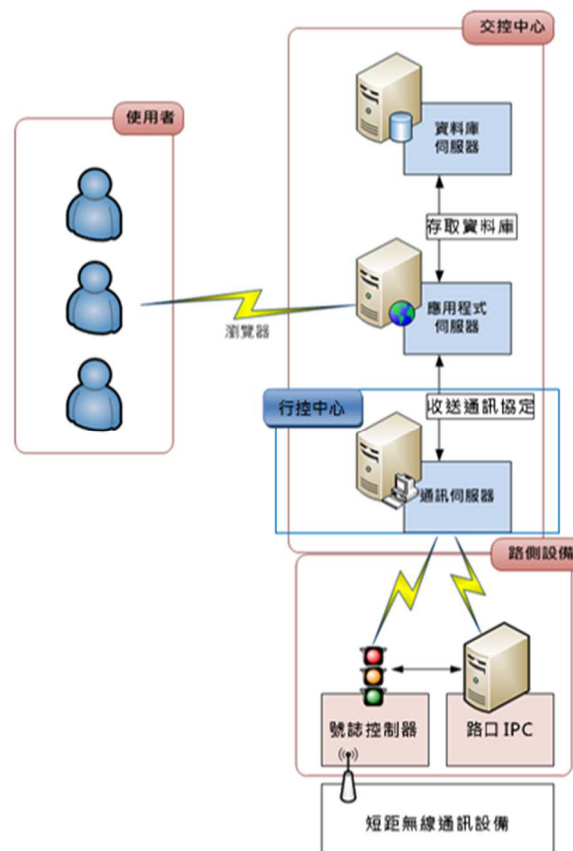
臺中 BTR 系統的優先號誌系統基礎架構區分中心路側以及車輛路側，基礎架構分述如下：

1. 中心與路側

優先號誌啟動管理主要為交控中心人員透過交控中心設備查詢或設定路側控制設備優先號誌運作狀況，而交控中心設備及路側控制設備系統架構如圖

8.4 所示。其中，交控中心設備有資料庫伺服器及應用程式伺服器，而通訊伺服器設置於行控中心，路側控制設備有 IPC、短距無線通訊設備及號誌控制器，交控中心設備各項功能說明如下：

- (1) 資料庫伺服器：存放優先號誌參數等設定內容，優先號誌啟動管理系統存取設定資料。
- (2) 應用程式伺服器：架設網站伺服器存放優先號誌啟動管理系統供使用者透過瀏覽器管理優先號誌的參數設定內容。
- (3) 通訊伺服器：傳送接收路側優先號誌主動回傳及優先號誌啟動管理系統對優先號誌所下達的查詢或設定的指令等。
- (4) 路側控制設備各項功能說明如下：
- (5) 路口 IPC：執行優先號誌控制參數及演算邏輯，將優先號誌演算結果下達至號誌控制器執行，並回傳優先號誌演算執行結果至號誌控制器，由號誌控制器回報中心通訊伺服器。
- (6) 短距無線通訊設備：接受快捷巴士優先號誌請求訊息傳送至路側 IPC。
- (7) 號誌控制器：執行優先號誌啟動或關閉功能，並主動回傳優先號誌控制狀況至通訊伺服器。

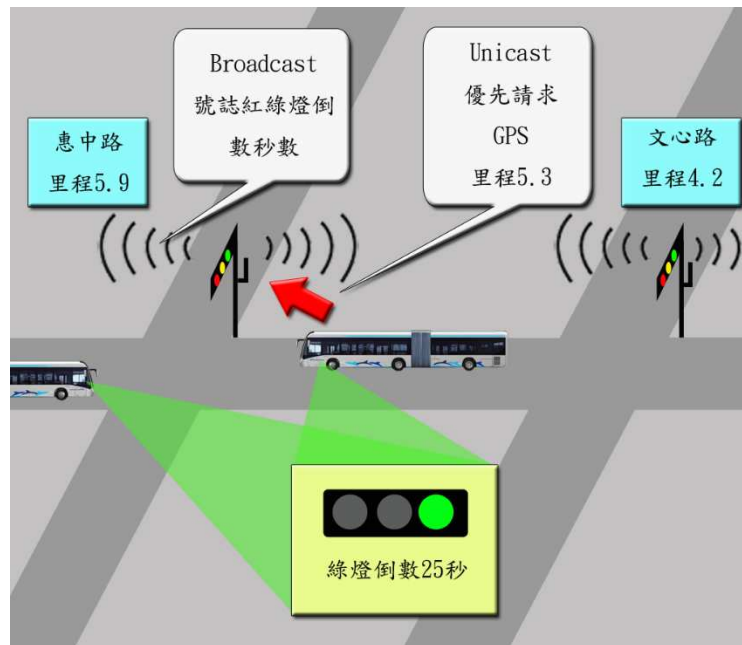


資料來源：臺中市 BRT 藍線系統工程

圖 8.4 臺中 BRT 優先號誌系統基礎架構圖

2. 車輛與路側

快捷巴士與路口 IPC 間之短距無線通訊的訊息收發流程，主要為路口 IPC 的紅綠燈資訊廣播以及快捷巴士的優先請求訊息傳送，如圖 8.5 所示，以臺灣大道與惠中路路口及臺灣大道與文心路路口 IPC 為例。兩路口 IPC 皆會透過短距無線通訊設備廣播(Broadcast)發佈各自路口紅綠燈倒數秒數訊息。當快捷巴士車輛行經某路口上游路段時，為避免同時接收到上下游路口所發佈的紅綠燈倒數秒數訊息，而造成車載機的前方路口紅綠燈資訊顯示混亂。因此，除各路口短距無線通訊設備可依路口街廓長度調整廣播訊息的發送範圍外，快捷巴士車輛將依車載機 GPS 及里程資訊判斷目前車行方向以及所在路段街廓，以顯示正確的前方路口號誌紅綠燈倒數秒數。



資料來源：臺中 BRT 藍線系統工程

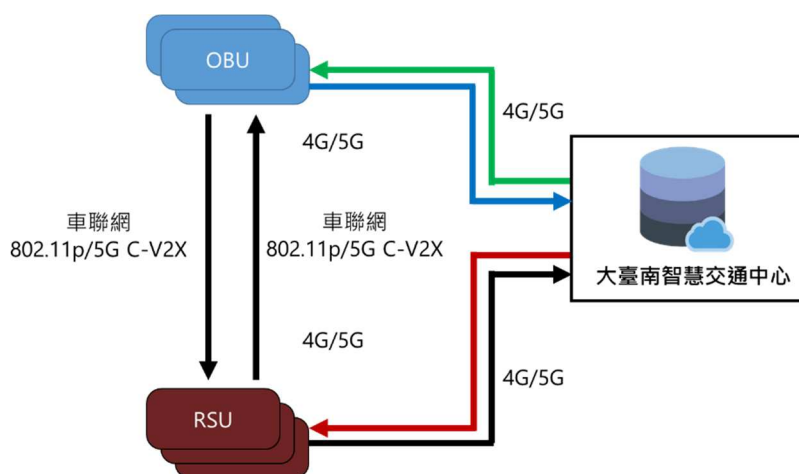
圖 8.5 臺中 BRT 快捷巴士路口 IPC 資訊發送運作架構示意圖

優先號誌請求訊息發送情境可分為獨立路口、近端設站路口、群組路口及近端設站群組路口。而優先號誌請求訊息發送方式主要可分為二種：一為一般行駛發送模式，當快捷巴士行經獨立路口或群組路口情境下時執行；二為車輛進站發送模式，當快捷巴士行經近端設站路口或近端設站群組路口情境下時執行。主要由快捷巴士優先號誌車載機依里程及 GPS 定位資訊，判別優先號誌請求訊息發送方式為一般行駛發送模式或車輛進站發送模式。

九、臺南市整合型公車優先號誌計畫^[103]

1. 系統應用層架構

系統架構主要分為三個部分，包含 OBU(on-board unit)、RSU(roadside unit)及雲端(交通中心)，OBU 與 RSU 會透過車路聯網的技術(例如 802.11p 或 5G C-V2X)來通訊，此外 OBU 與 RSU 也會藉由 4G 或 5G 網路與雲端通訊，如圖 8.6 所示。



資料來源：109 年臺南市整合型公車優先號誌計畫

圖 8.6 系統應用層架構

2. 交控系統功能擴充與資訊介接

在路側設備的建置規畫上基於交通部 3.0 版都市交通控制通訊協定與號誌控制系統通訊，並且藉由無線網路來達到大臺南智慧交通中心連線，而資訊之處理原則依交通部頒路側設施即時交通資訊發佈標準格式 V2.0 路側資訊發佈格式實作。

3. 路側設備建置規劃

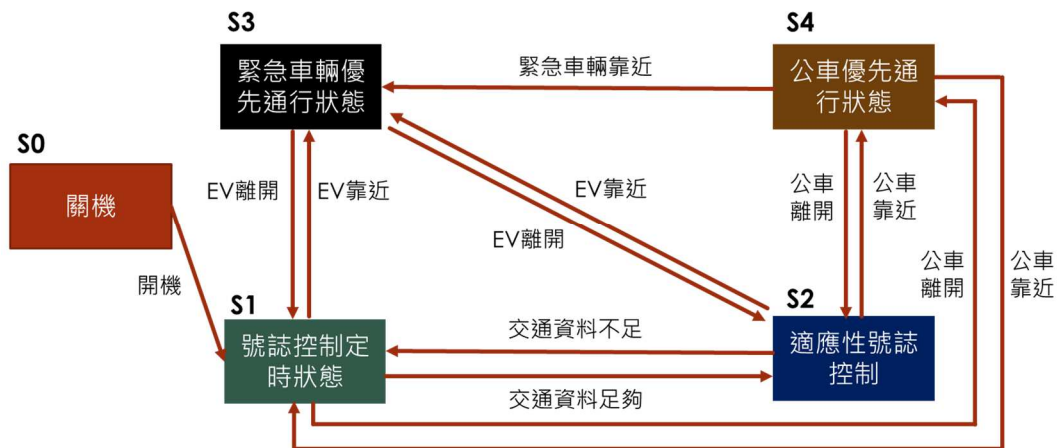
在路側設備的建置規劃上基於交通部都市交通控制通訊協定與號誌控制系統通訊，並且可透過車路聯網技術與優先號誌演算法及控制策略來達到公車優先通行與緊急車輛優先通行之系統功能，此外該號誌控制系統皆可以與雲端交通控制中心做連線，雲端交通控制中心可以對各個路口下達控制指令及關閉或開啟優先號誌之功能，如圖 8.7 所示。

在號誌控制之應用功能主要包含緊急車輛優先通行、公車優先通行、號誌控制定時狀態及適應性號誌控制，由於一台路側設備須處理各種應用，並且整合各種應用(例如：緊急車輛與公車同時靠近)的衝突處理，因此在架構上採用狀態機的機制來處理各個應用服務的切換及應用，如圖 8.8 所示。



資料來源：109 年臺南市整合型公車優先號誌計畫

圖 8.7 號誌控制系統架構

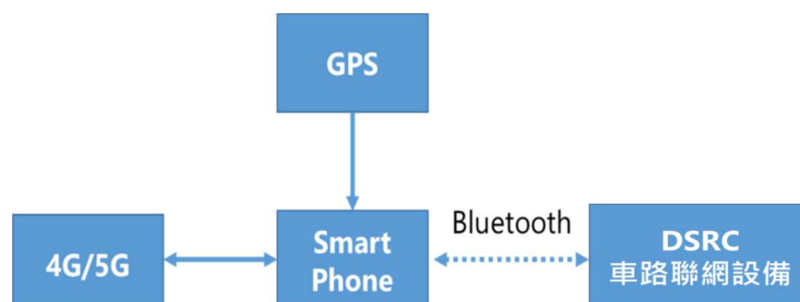


資料來源：109 年臺南市整合型公車優先號誌計畫

圖 8.8 號誌控制之功能狀態機

4. 車載設備建置規劃

在車載設備的架構上包含車路聯網設備的裝置及手機端，手機端可利用 4G 網路將公車的行進的 GPS 資料上傳至雲端中心，並且可以透過車路聯網設備與路側端通訊，如圖 8.9 所示。



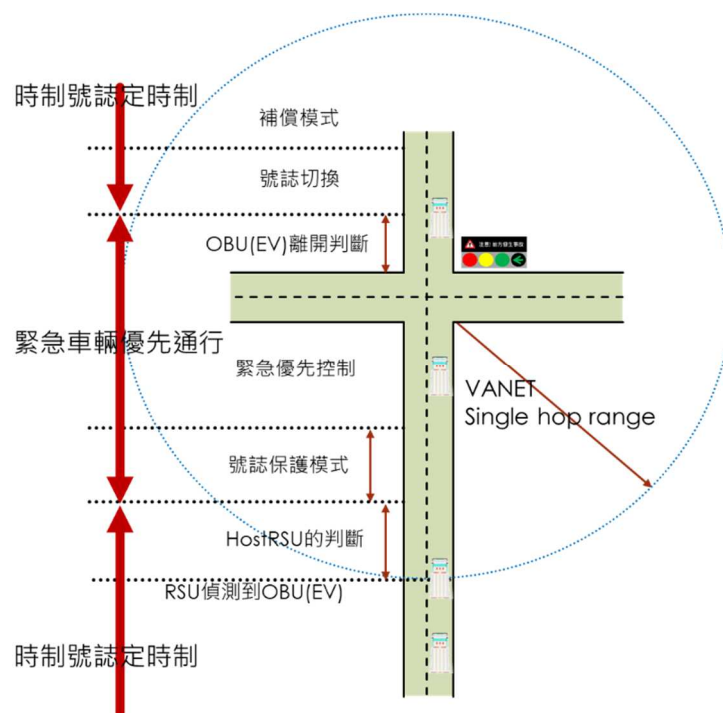
資料來源：109 年臺南市整合型公車優先號誌計畫

圖 8.9 車載設備建置規劃

5. 緊急車輛優先通行應用規劃

在系統設計上針對緊急車輛通過路口流程與判斷之演算法如圖 8.10 所

示，由於緊急車輛在行進的過程相對快速，並且最大目標就是在緊急車輛通過路口前，前方的車流可以預先被疏通，因此車與路的通訊及號制反應時間、安全因素都須考慮，包括 RSU 與 OBU 的通訊距離、OBU(緊急車輛)的時速、HostRSU 的計算、橫向車流的清道損失時間(Clearance lost time)、起步延滯時間(Startup lost time)以及最小綠燈保護等限制等。



資料來源：109 年臺南市整合型公車優先號誌計畫

圖 8.10 緊急車輛優先通行模式-號誌控制轉換流程

十、高雄市緊急車輛優先通行號誌及路口防碰撞系統試辦計畫^[104]

本計畫緊急車輛優先號誌系統共分為路側設備、通訊傳輸系統與中心系統三部分，各項功能說明如下：

1. 路側設備

- (1) 緊急車輛優先號誌系統使用以下路側設備：號誌控制器、IPC、OBU、RSU 等
- (2) 路口防碰撞系統使用以下路側設備：VD 車輛偵測器、IPC、OBU、RSU、CMS 警告牌面、IP Camera 等。

2. 通訊傳輸系統

緊急車輛上 OBU 與路側 RSU 是透過 C-V2X 車載通訊，採用符合 C-V2X R14 PC5 標準和 IEEE 1609 系列通訊協定，其中優先號誌請求採用車載應用標準訊息 SAE J2735 BSM (Basic Safety Message)、SRM (Signal Request

Message)、SSM(Signal Status Message);號誌秒數方面採用 SPAT (Signal Phase and Timing)、MAP (Map Message)編解碼傳送相關資訊。

路側設備包含 VD 車輛偵測器所蒐集資訊透過無線 AP 方式與 RSU 連線,RSU 與 IPC 亦透過無線 AP 方式連線,RSU 與 OBU 則攝影機影像與 RSU 回傳中心資訊則是透過 4G(VPN)方式。

3. 中心系統

(1) 車路協同平台擴充

智慧中心車路協同平台功能包含三大功能,「車路資訊整合管理平台」、「智慧車流分析平台」與「系統管理」。其中車路資訊整合管理平台在功能上包含「即時路口監控」、「歷史統計分析」與「車機歷史軌跡」,本計畫所建置系統於此平台上進行擴充緊急優先號誌及路口防碰撞功能擴充。本計畫將 IPC 決策資訊回傳智運中心,回傳資訊包含 OBU 請求資訊、CMS 即時資訊、號誌資訊、雷達訊息以及攝影機影像等。

(2) 適應性號誌系統平台

適應性交控系統係由中心軟體與路側設備所組成,其中路側設備包含號誌控制器與車流偵測器,中心端適應性軟體取得車流偵測器之偵測資料後進行運算處理,再根據運算結果透過智運中心交控系統下載至號誌控制器,以控制其即時燈態,分為路側端與中心端,本計畫將於既有交控系統新增消防車優先號誌監控平台,此平台將傳送緊急車輛資訊至適應性資料接收模組。

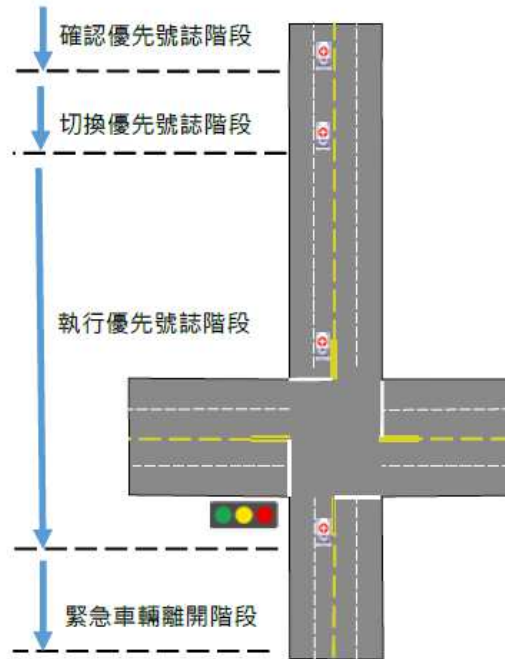
4. 優先號誌控制策略規劃

在緊急車輛優先通行之各應用情境,緊急車輛車上 OBU 利用 C-V2X 技術定期廣播車輛資訊,而在路口的 RSU Controller 端也會定期接收範圍內的廣播訊號,如圖 8.11 所示。當緊急車輛接近路口時,例如由北方往南向通過過埠路口時,系統將會分別經歷以下階段:

- (1) 確認優先號誌階段:路側設備 RSU 先會接收到來自緊車輛 OBU 廣播封包,路側設備 RSU 藉由廣播資訊判斷緊急車輛是否處於執勤狀態及將通過路口,再將資訊提供給 IPC 後再執行以下階段。
- (2) 切換優先號誌階段:路側 IPC 設備依緊急車輛所在位置、路口號誌所在的時相、秒數,確認優先號誌執行策略後,在確保路口有清道時間下,將號誌的控制模式進行切換,同時將緊急車輛接近路口訊息顯示在 CMS。
- (3) 執行優先號誌階段:由路側 IPC 進行路口號誌的即時控制,以執行緊

急車輛的優先號誌，確保緊急車輛能優先通行。

- (4) 緊急車輛離開階段：當 IPC 判斷緊急車輛已經開路口時，IPC 會將號誌狀態由優先號誌截斷後，回復為原先的號誌控制方式，並依號誌控制器依其上下游路口連鎖方式，由控制器進行預設的號誌補償。



資料來源：緊急車輛優先通行號誌及路口防碰撞系統試辦計畫委託專業服務案

圖 8.11 緊急車輛優先號誌由接近路口至離開路口階段

上述為各優先號誌相關專案運作說明，更進一步彙整比較各大眾運輸與緊急優先號誌系統的運作方式，呈現如表 8-2 所示。參考表 8-2，處理優先號誌方式大致相同，隨著時間發展，傳輸設備有逐年發展新技術的狀況，由早期的 ZigBee 短距無線通訊到 DSRC，而近兩年更進一步使用 C-V2X，表示優先號誌的需求期望透過傳輸技術的更新而能提供更穩定而迅速的資訊傳輸。

而觸發機制大致區分兩部分，早期做法多透過區域或虛擬點位觸發的方式，只要進入範圍即開始運作優先號誌，進行秒數調整，藉由虛擬點位位置，決定號誌運作綠燈延長與紅燈切斷之依據。另一部分為近年來做法，多為進入路口範圍，持續發送訊號告知號誌進行優先號誌演算運作。

在通訊技術的提昇下，號誌與車機間透過封包持續傳遞雙方資訊進行溝通，以達到較好的運作效果，然而，過往車輛在行駛優先號誌路口的執行上，仍多以特定行駛方向的固定路線進行運作，並且在用路人訊息提供上亦較少作發佈提供。

表 8-2 大眾運輸優先號誌計畫運作機制比較

資料來源：本計畫彙整

年度	縣市	觸發機制	演算機制	控制協定	通訊技術	車機功能	控制邏輯	即時路徑規劃	用路人訊息
103	臺中市 臺灣大道	車輛到達路口上游範圍 內以短距無線通訊 定時定點傳輸觸發訊號	預估抵達路口時間：車機 號誌控制演算：路口 IPC 一般型路口觸發機制 近端設站路口觸發機制	全新增 V3 通訊協定	車路聯網採用 短距無線通訊 ZigBee	倒數秒數顯示 路口通行速度建議 優先號誌執行回報	綠燈延長 紅燈切斷	固定 路線	無
103	嘉義市 高鐵聯外道	車輛到達路口觸動區域 定點傳輸觸發訊號	預估抵達路口時間：無 號誌控制演算：路口 IPC 一般型路口觸發機制	部分新增 V3 通訊協定	採用 3G	無	綠燈延長 紅燈切斷	固定 路線	無
103	桃園市 桃園客運	車輛到達路口觸動區域 定點傳輸觸發訊號	預估抵達路口時間：路口 IPC 號誌控制演算：路口 IPC 一般型路口觸發機制	既有 V3 通訊協定	採用 3G	無	綠燈延長 紅燈切斷	固定 路線	無
104	高雄市 臨海線	列車到達路口 計軸器固定點位 感測傳輸觸發訊號	預估抵達路口時間：無 號誌控制演算：路口 IPC 一般型路口觸發機制 近端設站路口觸發機制	既有 V3 通訊協定	採用計軸器 偵測列車	另外專案提供 倒數秒數顯示 (108 年)	綠燈延長 紅燈切斷 時相插入	固定 路線	無
105	新北市 淡海新市鎮	列車到達路口固定點位 以短距無線通訊 定點傳輸觸發訊號	預估抵達路口時間：車機 號誌控制演算：路口 IPC 一般型路口觸發機制 近端設站路口觸發機制	既有 V3 通訊協定	車路聯網採用 短距無線通訊 WiFi	無	綠燈延長 紅燈切斷	固定 路線	無
104	桃園市 南平經國路 (未執行)	車輛到達路口觸動區域 定點傳輸觸發訊號	預估抵達路口時間：路口 IPC 號誌控制演算：路口 IPC	既有 V3 通訊協定	車路聯網採用 3G/DSRC	無	綠燈延長	固定 路線	無
109	台南市 緊急車優先	列車到達路口固定點位 以短距無線通訊 定時定點傳輸觸發訊號	預估抵達路口時間：中心 號誌控制演算：路口 IPC	既有 V3 通訊協定	車路聯網採用 4G/DSRC	無	綠燈延長 紅燈切斷	固定 路線	無
109	高雄市	車輛到達路口上游範圍	預估抵達路口時間：車機	既有 V3	車路聯網採用	倒數秒數顯示	綠燈延長	固定	無

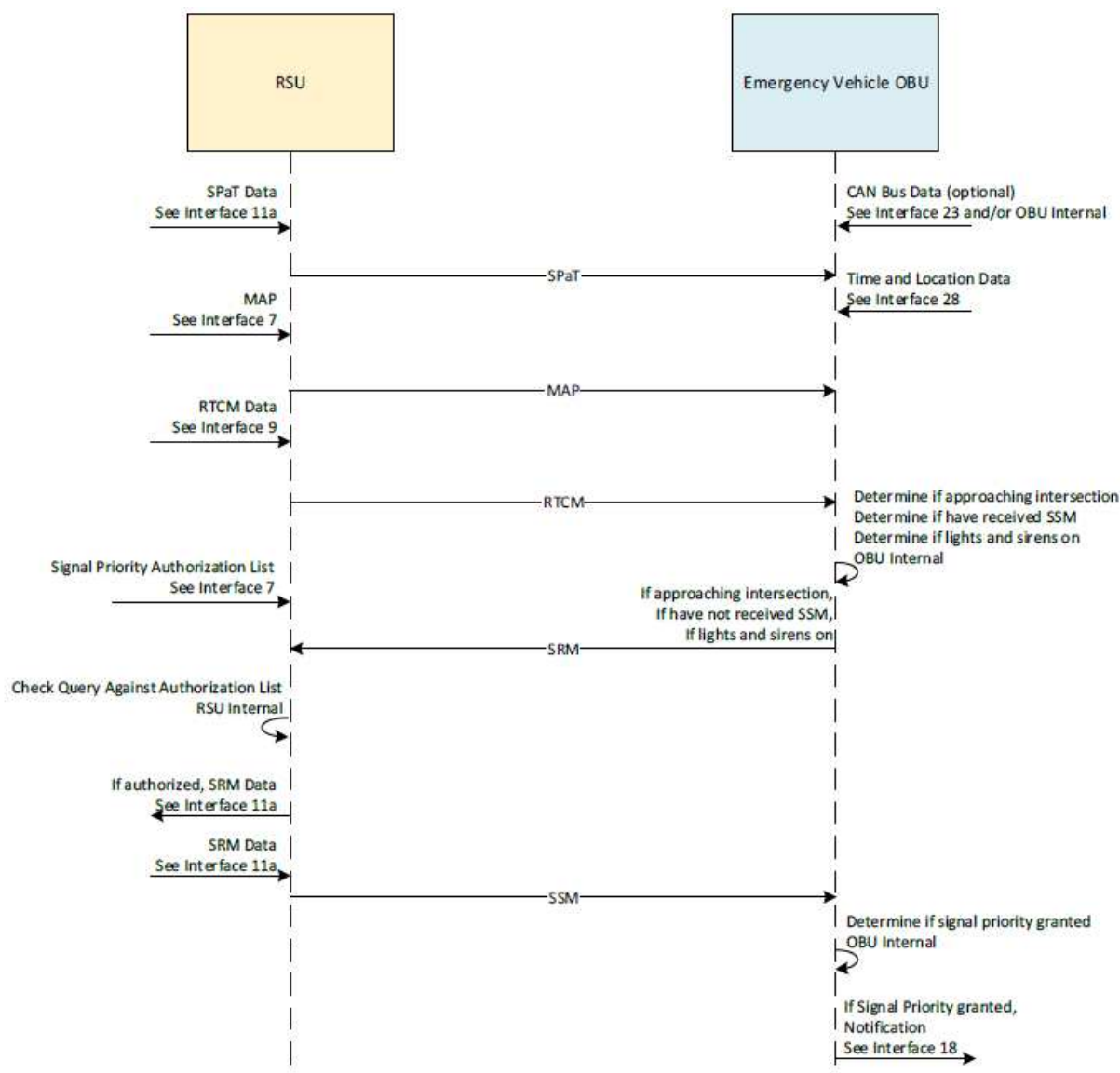
年 度	縣市	觸發機制	演算機制	控制 協定	通訊技術	車機功能	控制 邏輯	即時路 徑規劃	用路人 訊息
	鳳祥分隊	內以短距無線通訊 定時傳輸觸發訊號	號誌控制演算：路口 IPC	通訊協定	C-V2X	優先號誌執行回報	紅燈切斷 部分時相 插入	路線	

8.1.2 國外車聯網優先號誌相關計畫

車聯網優先號誌在國外發展多年，本計畫回顧近幾年以 SAE J2735 為運用範疇之相關計畫，瞭解各計畫執行經驗以做為本計畫規劃推動之參採。

一、Connected Vehicle Environment (CVE) Interface Control Document^[103]

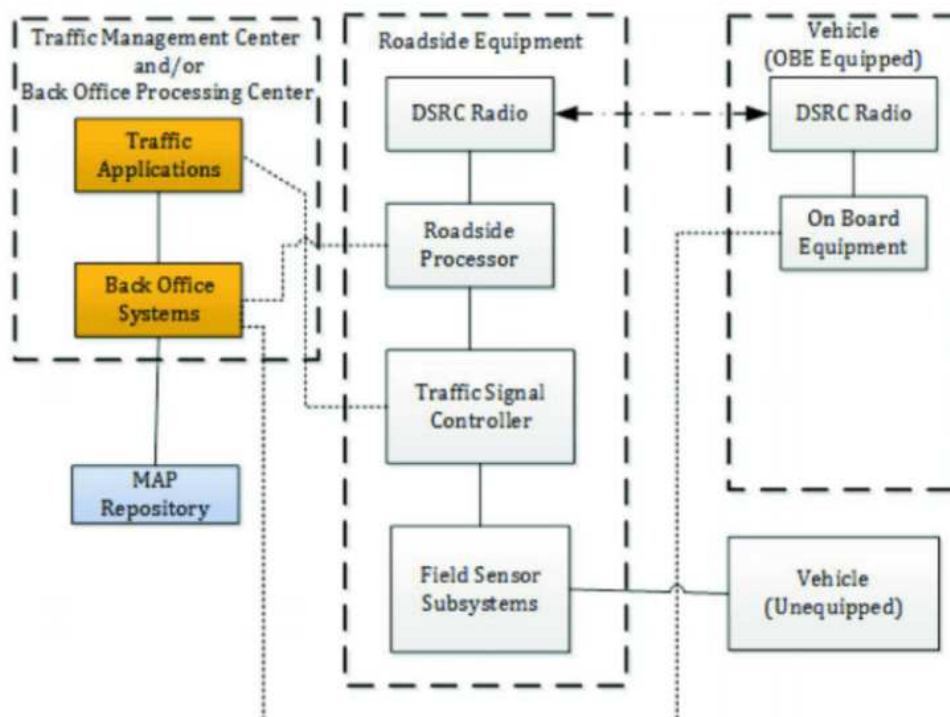
緊急車輛會持續接收 SPaT、Map 與 RTCM 資訊，此資訊為號誌即時資訊、地圖資訊以及定位用資訊，由緊急車輛依照目前狀態判斷需求與限制，進而決定發送 SRM 訊息至 RSU，由 RSU 通過認證後控制號誌控制器，決定延長或縮短燈號，將變化狀態發送 SSM 通知緊急車輛。



資料來源：CVE Interface Control Document(2019)

圖 8.12 國際標準 SAE J2735 緊急車輛優先號誌運作機制

二、ISO/TS 19091 Intelligent transport systems – Cooperative ITS – Using V2I and I2V communicates for applications related to signalized intersections^[106]



資料來源：ISO/TS 19091 Intelligent transport systems(2019)

圖 8.13 通用 V2I/I2V 通訊架構

圖中左側區塊為交通管理中心，提供路側單元取得當地的資訊，包含安全認證、GNSS 增強資訊，以及靜態的路口地圖資訊(SAE MAP)。中間的路側單元一方面確認號誌控制器狀態，一方面運作確認車上發出之封包，若有需要則運行號誌控制器，並將運作狀態透過無線傳輸方式將訊息推播至車上 OBU。

優先號誌一般區分條件優先(priority)與絕對優先(pre-emption)，常用於大眾運輸、貨運以及緊急車輛上，相關說明分述如下：

1. Signal pre-emption(絕對優先) requirement，優先執行需求說明分述如下：

- (1) Signal pre-empt request (normal power)，一輛授權過的大眾安全車輛透過一般功率的 OBE 傳輸 SRM 給路口，包含幾項條件須被滿足：
 - a.授權的車輛屬於路口的行進方向(approach)或者是正要進入路口時；
 - b.車輛具備路口的道路幾何資訊，並且能夠接收到單一或多個路口的 Map 訊息；
 - c.授權車輛優先需求發生時；
 - d.車輛可以接收到單一或多個路口的 SPaT 訊息。
- (2) Signal pre-empt request (high power)：一輛授權過的大眾安全車輛開始透過高功率的 OBE 傳輸 SRM 給路口，包含幾項條件須被滿足：

a.授權的車輛屬於路口的行進方向(approach)或者是正要進入路口時；
b.車輛具備路口的道路幾何資訊，並且能夠接收到單一或多個路口的 Map 訊息；c.授權車輛優先需求發生時。

- (3) Request signal pre-empt – Message identifier：一輛大眾安全車輛須將號誌需求訊息傳輸到 RSE (road side equipment)上。透過有順序性數值使用，當數值增加時表示訊息已經有所改變，提供 RSE 能夠對同一台車區分需求訊息。[SAE J2735 SRM 對應：sequenceNumber]
- (4) Request signal pre-empt – Intersection identifier：一輛大眾安全車輛須能夠在優先需求訊息廣播的情況下具備路口唯一辨識，將被應用在所有需求以及導航功能上。[SAE J2735 SAE 對應：requests-request-id]
- (5) Request signal pre-empt – Approach lane：須能夠辨識所在車道、行進方向(approach)或者與之相連之行進方向，並以號誌需求訊息傳輸至 RSE，車道編號以及車道資訊已設定在由 RSU 廣播傳遞出來的道路幾何訊息中。[SAE J2735 SRM 對應：requests-request-inBoundLane-lane]
- (6) Request signal pre-empt – Egress lane：除了辨識行進方向車道外，亦須能夠辨識離開路口的車道編號，並將之包含在號誌需求訊息中傳遞給 RSE。車道編號已經被設定在道路幾何訊息中由 RSE 廣播傳輸出來。離開車道訊息將協助決定合適的絕對優先(pre-emption)策略。[SAE J2735 SRM 對應：requests-request-outBoundLane-lane]
- (7) Request signal pre-empt – Vehicle class：一輛大眾安全車輛須能夠將自身的車輛種類傳輸到 RSE 上。當發生多車輛優先需求衝突時，號誌化路口可以藉由車輛類型以及需求等級決定優先號誌如何實施運作。一般常見的車輛類型包含大眾安全車輛、大眾運輸車輛、軍事車輛、商用貨物運送摩托車以及優先車輛。一項號誌需求需將優先權給予較高優先等級的車種，例如大眾安全車種中的緊急服務車輛應該具備較高的優先等級。此項優先等級如何被決定，路口交控設備如何反應必須基於管轄權而變動，並非標準。[SAE J2735 SRM 對應：requestor-type-hpmsType]
- (8) Request signal pre-empt – Time to service：一輛大眾安全車輛在執行絕對優先號誌(pre-empt)時必須傳輸需求開始時間給 RSE。此時間點是一個預估時間，以每日的分跟秒(minutes and seconds past midnight)

表示，定義為聯網車預期抵達路口停止線的時間，會是一個當地時間的未來時間點。[SAE J2735 SRM 對應：requests-minute、requests-second]

- (9) Request signal pre-empt – Vehicle identity：一輛大眾安全車輛必須具備唯一編號或是隨機唯一編號提供 RSE，藉此追蹤車輛並計算針對此輛車的系統服務績效，同時讓 RSE 區分哪台車輛的號誌需求，並且需求是持續由同一台聯網車輛發出。此外，在單一路口或多路口(區域路網)上交控中心也能追蹤車輛以及各路口的協同作業情況。[SAE J2735 SRM 對應：requestor-id-entityID]
 - (10) Request signal pre-empt – Vehicle location and speed：傳遞車輛位置、車速以及方向給 RSU，提供優先號誌策略應用，包含當發生衝突需求的時候決定如何回應不同聯網車的需求。[SAE J2735 SRM 對應：requestor-position-position]
 - (11) Request signal pre-empt – Cancellation：結合車輛辨識(Vehicle identity，車輛唯一編號)與傳輸辨識(Transaction identifier)，針對已送出的號誌需求訊息進行取消。[SAE J2735 SRM 對應：requests-request-requestType]
 - (12) Request signal pre-empt – Transaction identifier：號誌需求訊息須包含唯一辨識方法，能夠辨識是同一個需求訊息但能知道訊息本身的所有改變。例如：如果預期抵達時間是改變的，車輛能夠傳輸更新抵達時間(RSM)，進一步說明，路口是設定需求持續接收運作直到 RSE 接收到同輛車的需求清除或者需求在執行時間(time to live)限制下超過時間(time out)的號誌需求訊息。[SAE J2735 SRM 對應：requests-request-requestID]
 - (13) Request signal pre-empt – Duration：每次的號誌需求訊息將包含由需求提出車輛計算的期間(Duration)資訊，此值為秒數，當系統服務發生時用以確認此需求持續在運作。[SAE J2735 SRM 對應：requests-request-duration]
2. Signal priority(條件優先) requirement，主要應用於大眾運輸車輛(public transport vehicle, PTV)或者是商業車輛的優先號誌，以確保能夠滿足班次準點之需求，相關類型分別如下：
- (1) Signal priority request：一輛授權過的大眾運輸車輛或是一般車輛透過一般功率的 OBE 傳輸 SRM 給路口，其中包含幾項條件須被滿足：

a.授權的車輛屬於路口的行進方向(approach)或者是正要進入路口時；
b.車輛可以接收到單一或多個路口的 SPaT 訊息；c.車輛具備路口的道路幾何資訊，並且能夠接收到單一或多個路口的 Map 訊息；d.授權車輛優先需求發生時。

- (2) Request signal priority – Message identifier：一輛大眾運輸車輛或商業車輛須將號誌需求訊息傳輸到 RSE (road side equipment)上。透過有順序性數值使用，當數值增加時表示訊息已經有所改變，提供 RSE 能夠對來自不同車輛的訊息做區分，同時也能夠區分同一台車不同需求的訊息。[SAE J2735 SRM 對應：sequenceNumber]
- (3) Request signal priority – Intersection identifier：一輛大眾運輸或商業聯網車輛須能夠辨識路口，並以此為傳輸目標傳輸號誌需求訊息至 RSE 上，此辨識的基準在道路幾何訊息由路口的 RSU 進行推波傳遞。[SAE J2735 SAE 對應：requests-request-id]
- (4) Request signal priority – Approach lane：須能夠辨識所在車道、行進方向(approach)或者與之相連行進方向編號，並以號誌需求訊息傳輸至 RSE，車道編號以及車道資訊已設定在由 RSU 廣播傳遞出來的道路幾何訊息中。[SAE J2735 SRM 對應：requests-request-inBoundLane-lane]
- (5) Request signal priority – Egress lane：除了辨識行進方向車道外，亦須能夠辨識離開路口的車道編號，並將之包含在號誌需求訊息中傳遞給 RSE。車道編號已經被設定在道路幾何訊息中由 RSE 廣播傳輸出來。離開車道訊息將協助決定合適的絕對優先(pre-emption)策略。[SAE J2735 SRM 對應：requests-request-outBoundLane-lane]
- (6) Request signal priority – Vehicle class：一輛大眾運輸或是商業車輛須能夠將自身的車輛種類和號誌需求等級傳輸到 RSE 上。車輛種類以及需求等級通常在同一號誌化路口發生多車輛多號誌需求時進行決策使用。車輛型態範例為大眾安全車輛、大眾交通運輸車輛、或者商業貨運摩托車。當具備較高優先等級的車輛類型發出號誌需求時會取代較低優先等級的車輛類型。此外，每一種車輛都會屬於某一種車輛類型，例如：在大眾運輸分類類型中，快速公車車輛應該具備高於一般公車的車輛優先分類等級。然而，地方路口的相關運作則交由地方機構處理。[SAE J2735 SRM 對應：requestor-type-hpmsType]
- (7) Request signal priority – Time to service：一輛大眾運輸或是商業車輛

在執行絕對優先號誌(pre-empt)時必須傳輸需求開始時間給 RSE。此時間點是一個預估時間，以分跟秒表示，定義為聯網車預期抵達路口停止線的時間，會是一個當地時間的未來時間點。[SAE J2735 SRM 對應：requests-minute、requests-second]

- (8) Request signal priority – Vehicle identity：一輛大眾運輸或是商業車輛必須提供車輛辨識包含在號誌需求訊息中傳遞至 RSE。此辨識必須是透過大眾運輸主管機關或是商業組織指定的永久辨識內容(或者是來自連線設備提供的完全隱匿的隨機編號)，此辨識內容將被使用在追蹤某台車下的系統績效。此辨識內容將提供 RSE 區分不同車輛下或是同一台車輛下的號誌需求，此外，在單一路口或多路口(區域路網)上交控中心也能追蹤車輛以及各路口的協同作業情況。[SAE J2735 SRM 對應：requestor-id-entityID]
- (9) Request signal priority – Vehicle location and speed：傳遞車輛位置、車速以及方向給 RSU，提供優先號誌策略應用，包含當發生衝突需求的時候決定如何回應不同聯網車的需求。亦可能應用在此車輛需求的最佳化時制調整。[SAE J2735 SRM 對應：requestor-position-position]
- (10) Request signal priority – Service information：一輛大眾運輸車輛必須提供此大眾運輸服務狀態包含在號誌需求訊息中傳遞至 RSE。此大眾運輸狀態大致包含乘客上下車、車輛是否停止、車輛車門是否開啟、車輛是否正在載運移動裝置(輪椅)或是腳踏車(設備必須配合安裝)。相關乘客資訊將提供優先號誌策略應用，其他資訊例如當車輛尚未抵達停止線即停止，此時是否上下車狀態來輔助進行更合適的交通控制措施。[SAE J2735 SRM SRM 對應：requestor-transitStatus]
- (11) Request signal priority – Cancellation：結合車輛辨識(Vehicle identity，車輛唯一編號)與傳輸辨識(Transaction identifier)，針對已送出的號誌需求訊息進行取消。[SAE J2735 SRM SRM 對應：requests-request-requestType]
- (12) Request signal priority – Priority request level：一輛大眾運輸或商業車輛必須提供優先需求水準包含在號誌需求訊息中傳遞至 RSE。此優先需求水準將以參數由 1 至 10 表示(1 最低，10 最高)，預設設定為 5。[SAE J2735 SRM 對應：requestor-type-request]
- (13) Request signal priority – Transaction identifier：號誌需求訊息須包含唯

一辨識方法，能夠辨識是同一個需求訊息但能知道訊息本身的所有改變。例如：如果預期抵達時間是改變的，車輛能夠傳輸更新抵達時間(RSM)，進一步說明，路口是設定需求持續接收運作直到 RSE 接收到同輛車的需求清除或者需求在執行時間(time to live)限制下超過時間(time out)的號誌需求訊息。[SAE J2735 SRM 對應：requests-request-requestID]

(14) Request signal priority – Duration：每次的號誌需求訊息將包含由需求提出車輛計算的期間(Duration)資訊，此值為秒數，當系統服務發生時用以確認此需求持續在運作。[SAE J2735 SRM 對應：requests-request-duration]

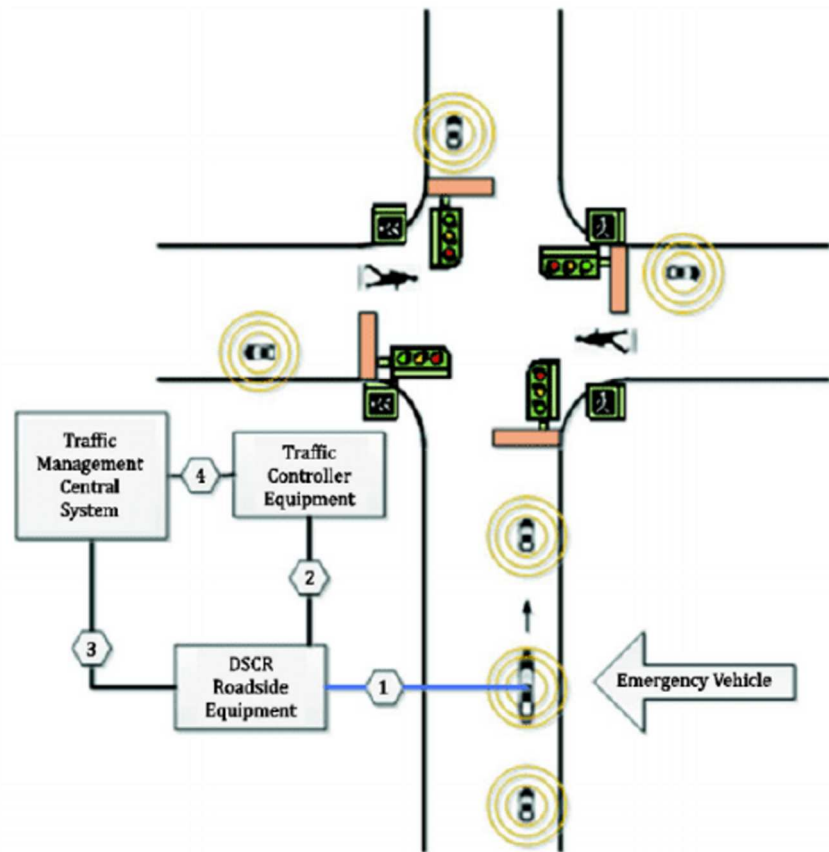
(15) Request signal priority – Transit schedule：當大眾運輸車輛傳輸號誌優先需求，應包含一個車輛現在位置與預訂位置所需時間差距(單位為分鐘)，當為正值表示車輛較快於班表時間，負值表示落後班表。[SAE J2735 SRM 對應：requestor- transitSchedule]

文件中列出車聯網各應用案例流程說明，針對緊急車輛優先號誌部分說明如下：

1. 此案例開始於任何一台緊急車輛進入一台 RSE 無線通訊範圍。
2. 以下步驟發生在每一台緊急車輛進入路口範圍後：
 - (1) OBE 接收從 RSE 發送出來的 MAP 以及 SPaT。
 - (2) RSE 接收從 OBE 發送出來的基本安全訊息(BSM/CAM)。
 - (3) OBE 計算評估到達時間(最大與最小)，並設計可能的轉向(進入車道與離開車道)。
 - (4) OBE 決定合適優先權並建立恰當的優先等級。
 - (5) OBE 送出號誌需求訊息 SRM 給 RSE。
 - (6) RSE 決定合適的號誌時相(分相)服務車輛。(SRM 資訊轉換成時相需求)
 - (7) RSE 決定哪些 SRM(來自於多台車)可以被服務。
 - (8) RSE 依照需求通知號誌控制器設計的時相還有服務時間。
 - (9) RSE 轉換狀態訊息(SSM)，包含哪些需求將被服務。(回饋給車輛)
 - (10) 緊急車輛 OBE 通知 RSE 已經通過(clear)路口，或者透過 RSU 接收 BSM/CAM 追蹤車輛而確定車輛通過路口，以及並未收到需求取消訊息而超過服務時間限制下 RSE 清空服務。

3. 號誌發動恢復程序。
4. 案例結束。

A.8 Emergency vehicle signal or multiple vehicles (normal power PSOB)



資料來源：ISO/TS 19091 Intelligent transport systems(2019)

圖 8.14 緊急車輛優先號誌流程示意圖

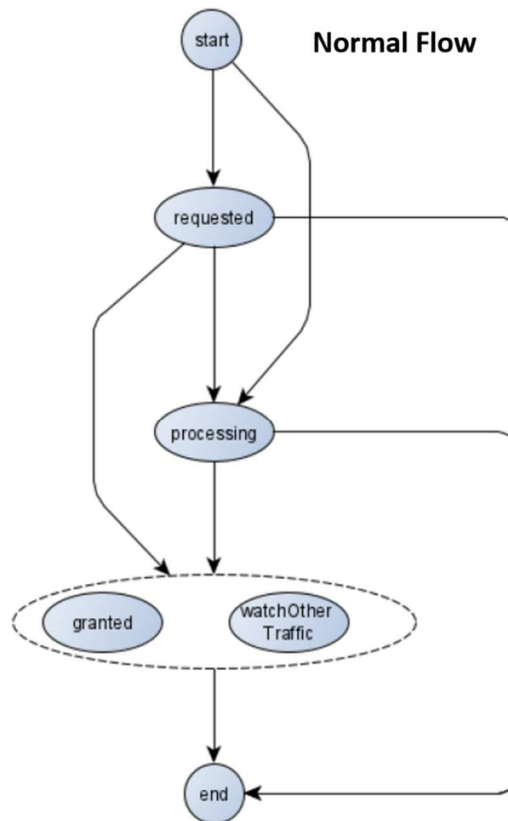
三、Priority services for target groups (Functional description for Emergency Services, Public Transport and Logistics version 1.0.0)^[107]

圖 8.15 為 RSU 基本狀態流程圖，當車輛發出需求(requested)時，RSU 接收後判斷狀態目前狀態，判斷是否能夠給予優先號誌，若否則結束(end)，若是則透過使用 SPAT 以及 MAP 取得目前燈號，判斷是否能夠立即進行優先號誌(granted 或是 watchOther Traffic)，若判斷車輛將遇到紅燈而進行支道紅燈切斷或綠燈延長，此等待時間需要被檢視是否過長，過長則不給予優先號誌而結束，不過長則等待至時間轉換成優先號誌狀態(granted 或是 watchOther Traffic)。相關細部說明分述如下：

1. 基本流程

- (1) 需求車輛決定此路口進行連線。

- (2) 需求車輛確認透過藉此相關優先條件決定優先水準。
- (3) 需求車輛確認預估抵達停止線的時間(ETA)在 5(參數值)分鐘以內。
- (4) 需求車輛送出優先需求訊息(SRM)給號誌控制器。
- (5) 號誌控制器確認每秒之內收到 SRM 訊息，並回應(SSM，包含需求傳遞、處理中、同意執行以及特殊執行)給需求車輛。
- (6) 相關結果回回饋至車上單元(OBU)。



資料來源：Priority services for target groups(2020)

圖 8.15 SSM 之基本狀態流程圖

2. 訊息回饋

- (1) 號誌控制器持續決策優先號誌的運作狀態需求傳遞、處理中、同意執行以及特殊執行。
- (2) 號誌控制器在狀態改變時將會通知需求車輛(SSM，包含需求傳遞、處理中、同意執行以及特殊執行)。^[SAE J2735 SSM 對應：sigStatus- status]
- (3) 目前狀態資訊回饋至車上單元(OBU)。
- (4) 號誌控制器在訊息改變的時候，將透過 SPAT 通知需求車輛時制資訊。
- (5) 時制資訊回饋至車上單元(OBU)。
- (6) 當行駛方向遇到額外的等候時間，號誌控制器發送涵蓋優先號誌狀態

的即時 SPAT 訊息。

3. 訊息更新

- (1) 需求車輛決策送出 SRM 訊息間隔必須低於 10 秒。
- (2) 需求車輛送出優先更新訊息(SRM)必須包含目前的預估抵達時間(ETA)。
- (3) 號誌控制器透過 SSM 回覆需求車輛目前即時狀態。
- (4) 目前狀態資訊回饋至車上單元(OBU)。

4. 預估抵達時間(ETA)改變

- (1) 需求車輛持續計算預估抵達時間，並考慮與前一次的差異性而確定此次的預估抵達時間。
- (2) 需求車輛送出優先更新訊息(SRM)，將包含目前最新的預估抵達時間。
- (3) 號誌控制器透過 SSM 回覆需求車輛目前即時狀態。
- (4) 目前狀態資訊回饋至車上單元(OBU)。

5. 車輛特徵改變

- (1) 需求車輛決定車輛特徵已改變。
- (2) 需求車輛基於優先號誌執行規則決定優先水準。
- (3) 需求車輛送出優先更新訊息(SRM)。
- (4) 號誌控制器透過 SSM 回覆需求車輛目前即時狀態。
- (5) 目前狀態資訊回饋至車上單元(OBU)。

6. 通過停止線

- (1) 需求車輛確認車輛已通過停止線，並且發出終止優先號誌需求指令(SRM)給號誌控制器。
- (2) 號制控制器刪除優先號誌需求並且恢復交通控制是必須的。
- (3) 目前狀態資訊回饋至車上單元(OBU)。

上述說明一般的狀態的運作處理機制，但在系統運作上常發生不少例外狀況，因此也需要對應做處理，文件中列出計畫運作時發生的例外狀況，並且規劃出對應的處理程序，分述如下：

1. 例外處理流程

- (1) 優先號誌需求結束：a.需求車輛送出取消訊息至號誌控制器；b.目前狀態資訊(取消)回饋至車上單元(OBU)；c.號誌控制器刪除優先號誌需求；d.號誌控制器恢復一般號誌控制。
- (2) 號誌控制器拒絕：a.號誌控制器送出拒絕訊息(SSM - rejected)至需求車輛。[SAE J2735 SSM 對應：sigStatus- status]；b.需求車輛送出取消

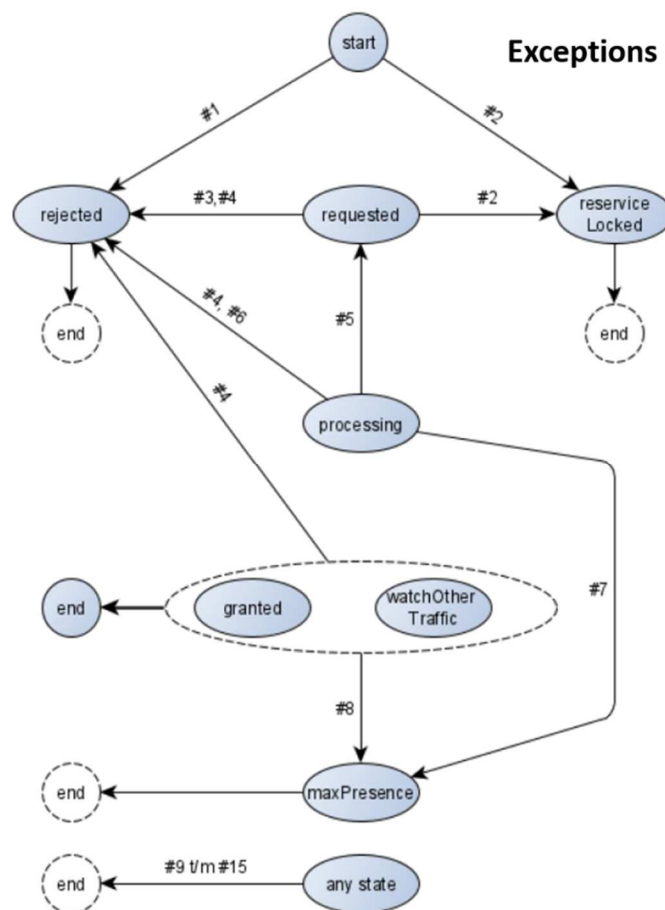
訊息(SRM - cancellation)至號誌控制器；c.號誌控制器刪除優先號誌需求；d.目前狀態資訊(拒絕，rejected)回饋至車上單元(OBU)。

- (3) 號誌控制器拒絕-最大運作時間限制：a.號誌控制器送出拒絕訊息(SAE J2735 SSM - maxPresence)至需求車輛。[SAE J2735 SSM 對應：sigStatus- status]；b.需求車輛送出取消訊息(SRM - cancellation)至號誌控制器；c.號誌控制器刪除優先號誌需求；d.目前狀態資訊(超過最大運行時間，maxPresence)回饋至車上單元(OBU)。
- (4) 號誌控制器拒絕-服務容量限制：a.號誌控制器送出拒絕訊息(SSM - reserviceLocked)至需求車輛。[SAE J2735 SSM 對應：sigStatus- status]；b.需求車輛送出取消訊息(SRM - cancellation)至號誌控制器；c.號誌控制器刪除優先號誌需求。
- (5) 號誌控制器拒絕-預估抵達時間範圍限制：a.號誌控制器送出拒絕訊息(SSM - rejected)至需求車輛。[SAE J2735 SSM 對應：sigStatus- status]；b.如果有需要，號誌控制器進行交通控制調整作業；c.需求車輛送出取消訊息(SRM - cancellation)至號誌控制器；d.號誌控制器刪除優先號誌需求；e.目前狀態資訊(拒絕，rejected)回饋至車上單元(OBU)。

2. 例外發生說明

圖 8.16 為 RSU 例外狀態流程圖，整體系統例外發生確認後，搭配前述的例外處理程序，便可有所因應，以下針對每項的例外問題進行說明，並標註如何透過前述設計的例外處理流程進行應對。

- (1) #1.號誌控制器拒絕-無效的優先號誌需求：如果優先號誌需求訊息有錯誤則不執行，可能的原因包含缺少預估抵達時間(ETA)、預估抵達時間為過去的時間、預估抵達時間超過限制(5 分鐘)，或是缺少優先類型。處理方式為：a.優先號誌不運作；b.例外流程：號誌控制器拒絕。
- (2) #2.號誌控制器拒絕-服務容量限制：如果發送優先號誌需求訊息前已有過多優先號誌需求發生並執行，若未管制則可能造成路口過多衝擊。處理方式為：a.優先號誌不運作；b.例外流程：號誌控制器拒絕-服務容量限制。
- (3) #3.號誌控制器拒絕：當特殊狀況(例如：橋梁開啟、隧道封閉或是火車通過)發生時則號誌控制器可拒絕運行優先號誌。處理方式為：a.優先號誌不運作；b.例外流程：號誌控制器拒絕。



資料來源：Priority services for target groups(2020)

圖 8.16 SSM 之例外狀態流程圖

表 8-3 SSM 例外狀態列表

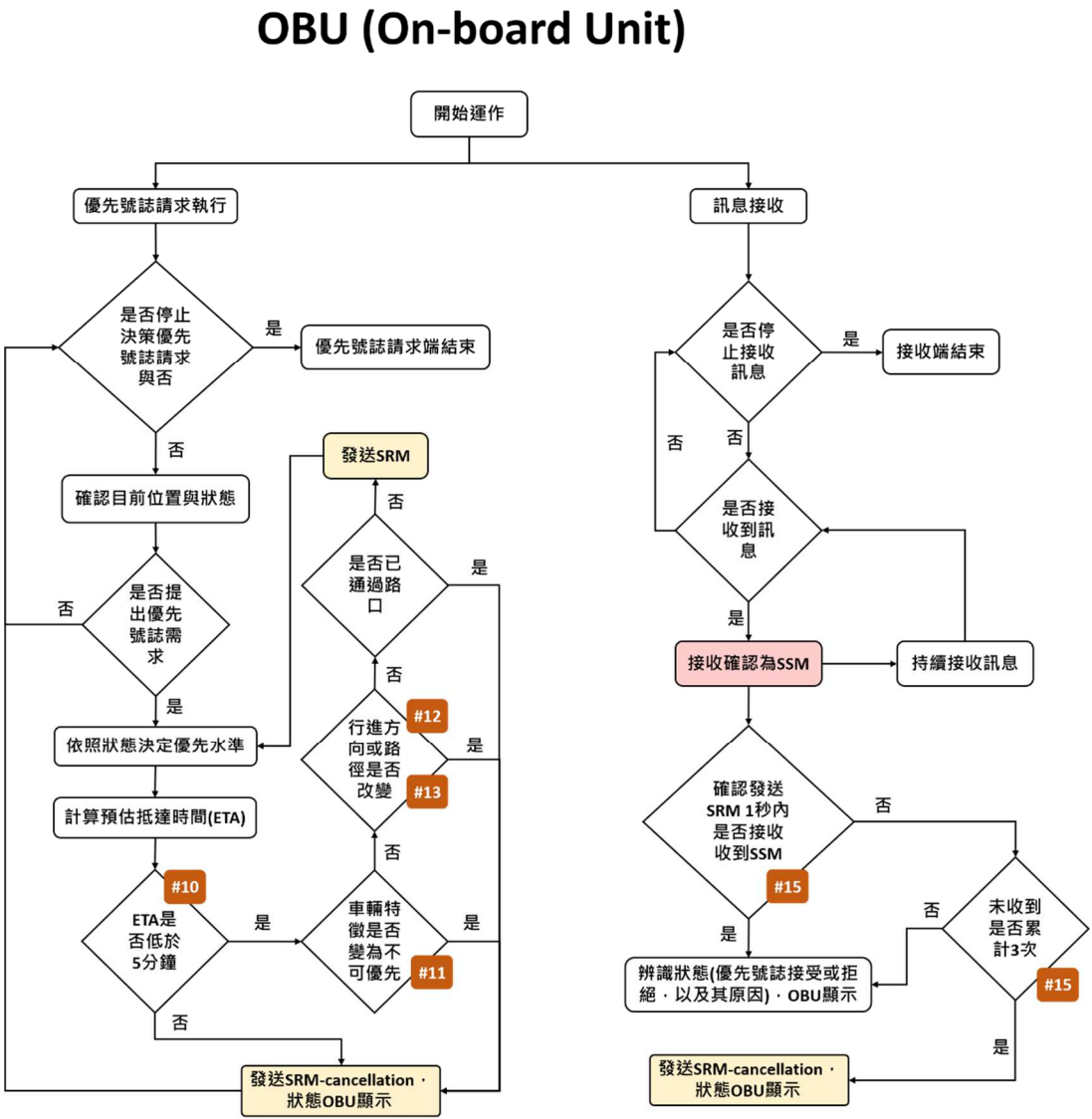
資料來源：Priority services for target groups(2020)

#1	號誌控制器拒絕-無效的優先號誌需求 [Rejected by iTLC – invalid priority request]
#2	號誌控制器拒絕-服務容量限制 [Reject – reservice locked by iTLC]
#3	號誌控制器拒絕 [Reject by iTLC]
#4	SRM 更新時間過長 [SRM Update timeout]
#5	預估抵達時間增加 [ETA increase]
#6	號誌控制器在運行優先號誌時執行拒絕 [Reject by iTLC during priority handing]
#7	號誌控制器等待切換時間抵達上限 [Processing timeout by iTLC]
#8	號誌控制器運行優先號誌時間抵達上限 [Granted timeout]
#9	車輛特徵不符 [Vehicle characteristics]
#10	預估抵達時間(ETA)錯誤 [Invalid ETA]
#11	車輛特徵已改變 [Vehicle characteristics have changed]
#12	同一路口下行進方向改變 [Change in Connection and/or approach at the sane intersection]
#13	路徑改變，不經過此路口 [Changed route, not involving the intersection anymore]
#14	號誌控制器並未收到取消訊息 [No cancellation received by the iTLC]
#15	SSM 未即時接收 [SSM not received on time]

- (4) #5.預估抵達時間增加：當預估抵達時間(ETA)較先前所傳送的值更晚，結果上優先號誌將無法處理。處理方式為：a.號誌控制器送出訊息(SSM)至需求車輛；b.號誌控制器必要時恢復原先號誌控制。
- (5) #6.號誌控制器在運行優先號誌時執行拒絕：當號誌控制器決定無法繼續處理優先號誌需求時。處理方式為：a.號誌控制器結束優先號誌服務；例外流程：號誌控制器拒絕。
- (6) #7.號誌控制器等待切換時間抵達上限：當號誌為紅燈狀況轉換成綠燈前的一段時間過長。處理方式為：a.優先號誌不運作；b.例外流程：號誌控制器拒絕-最大運作時間限制。
- (7) #8.號誌控制器運行優先號誌時間抵達上限：號誌控制器為單一車輛執行優先號誌過長時間。處理方式為：a.號誌控制器結束優先號誌服務；b.例外流程：號誌控制器拒絕-最大運作時間限制。
- (8) #9.車輛特徵不符：基於所訂定的規則，車輛可能不屬於可執行優先號誌類型。處理方式為：a.需求車輛此路口無法要求優先；b.將透過 OBU 告知車輛因為權限問題無法在此路口取得優先。
- (9) #10.預估抵達時間(ETA)錯誤：預估抵達時間須持續計算，當所計算時間超過最大預估抵達時間。處理方式為：例外流程：優先號誌需求結束。
- (10) #11.車輛特徵已改變：當車輛特徵屬性改變不再屬於可獲得優先號誌類型時。處理方式為：例外流程：優先號誌需求結束。
- (11) #12.同一路口下行進方向改變：當車需求車輛在同一路口改變行進方向時。處理方式為：a.例外流程：優先號誌需求結束；b.重新建立新的優先號誌需求。
- (12) #13.路徑改變，不經過此路口：需求車輛改變路徑，而不再經過此路口。處理方式為：例外流程：優先號誌需求結束。
- (13) #14.號誌控制器並未收到取消訊息：號誌控制器預期接收取消訊息，但在預期發生後超過 60 秒並未收到取消訊息。處理方式為：號誌控制器移除優先號誌需求。
- (14) #15.SSM 未即時接收：需求車輛並在送出 SRM 後並未在 1 秒內接收到 SSM 訊息。處理方式為：a.需求車輛記錄錯誤；b.需求車輛傳送持續傳送 SRM 更新；c.經過 3 次錯誤後，進行例外流程：優先號誌需求結束。

本計畫針對整份文件了解後，確認優先號誌運作流程，並進一步彙整成流

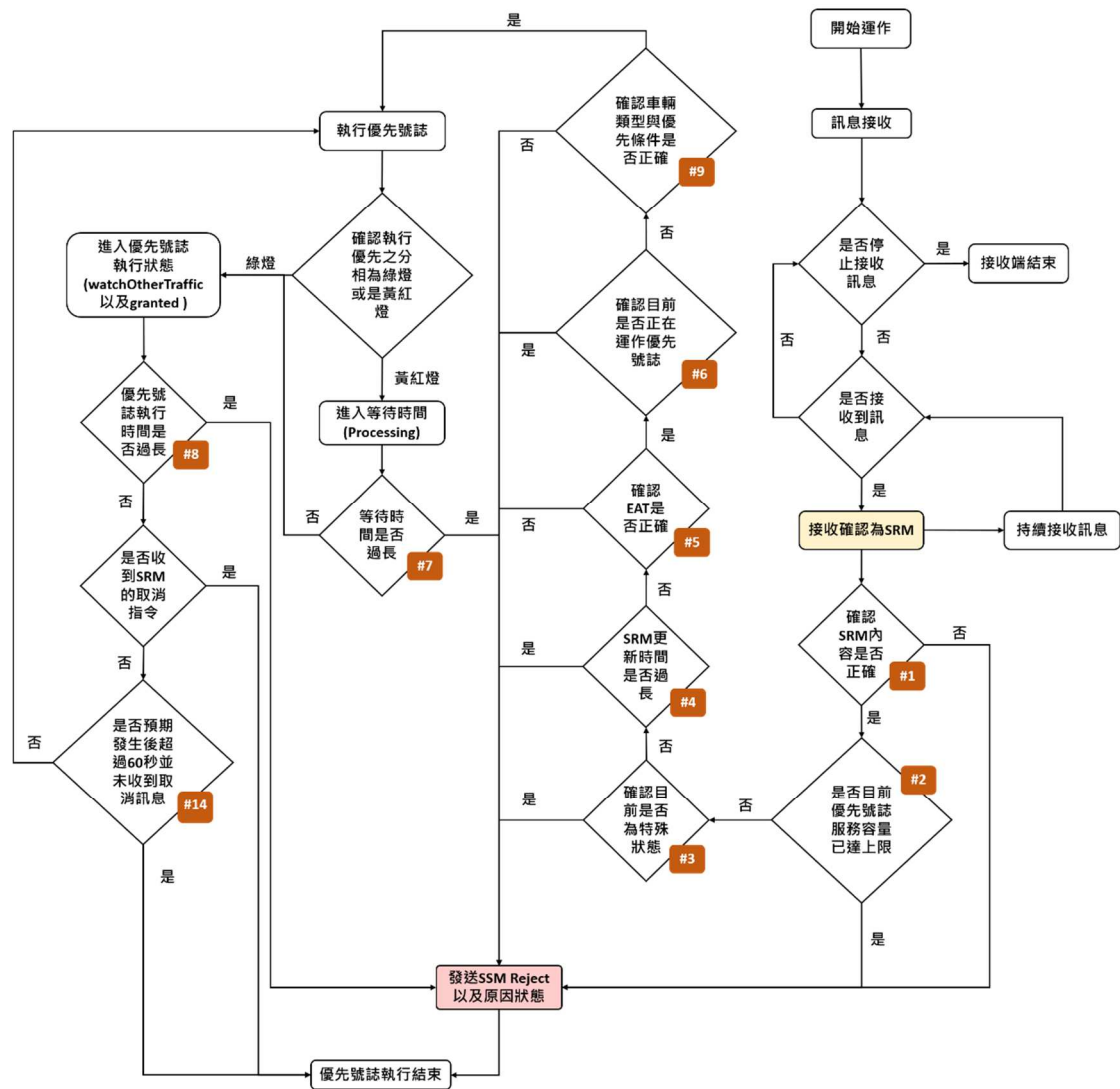
程圖。圖 8.17 與圖 8.18 整合文件中提出的例外檢核，OBU 與 RSU(包含控制號誌控制器)之檢核運作流程圖，並配合文件以#號加編號進行標註，藉此清楚描述系統如何運作。



資料來源：本計畫繪製

圖 8.17 彙整流程圖(OBU)

iTLC (i-Traffic Light Control)



資料來源：本計畫繪製

圖 8.18 彙整流程圖(iTLC-號誌控制器)

8.2 整體規劃構想

針對國內外案例進行通盤了解後，本節歸納緊急車輛優先通行之概念性驗證所必須面對的課題，據以擬定對策，以解決實務問題做為規劃設計之基礎，研提本計畫整體規劃構想。

8.2.1 課題與對策

一、如何提供最合適、快速抵達目的點或後送醫院的路徑及導航服務。

緊急車輛的出勤過程，分秒必爭，卻可能因為不熟悉道路狀況或無法掌握

即時路況情形，而亟須依賴副駕駛利用 Google 導航功能進行路線指引，惟消防車車型和轉彎半徑限制，仍可能發生導引路徑無法通行的現象，延誤救援作業，甚至擴大損傷範圍。

為此，應研擬一套緊急車輛專用導航裝置，依據緊急車輛車型、轉彎半徑等條件建立緊急車輛專用路網，更結合完整的道路績效、交通事件等即時路況資訊，隨緊急車輛即時位置，動態規劃最佳路徑並提供導航服務，輔助緊急車輛可以快速抵達目的地。

二、如何確保緊急車輛可以快速且安全地穿越路口，保障交通安全。

法規上賦予緊急車輛「道路優先權」僅提供優先行駛權利，卻難以確保可以快速又安全的穿越路口，更經常因為受號誌燈態阻斷車流，卡在停等號誌的車陣中，周邊車輛也有為了在狹小的空間內避讓而造成壅塞、甚至引發另一起事故的可能。

為此，應輔以一套優先通行號誌控制機制，依據緊急車輛優先通行需求，暢通預計行駛路線之車流，減少號誌路口停等延滯時間，更可以透過號誌燈態有效阻斷交匯車輛，減少可能的碰撞或追撞事故發生，提升整體行車安全。

三、如何預先通知周邊用路人緊急車輛資訊，提早啟動避讓動作。

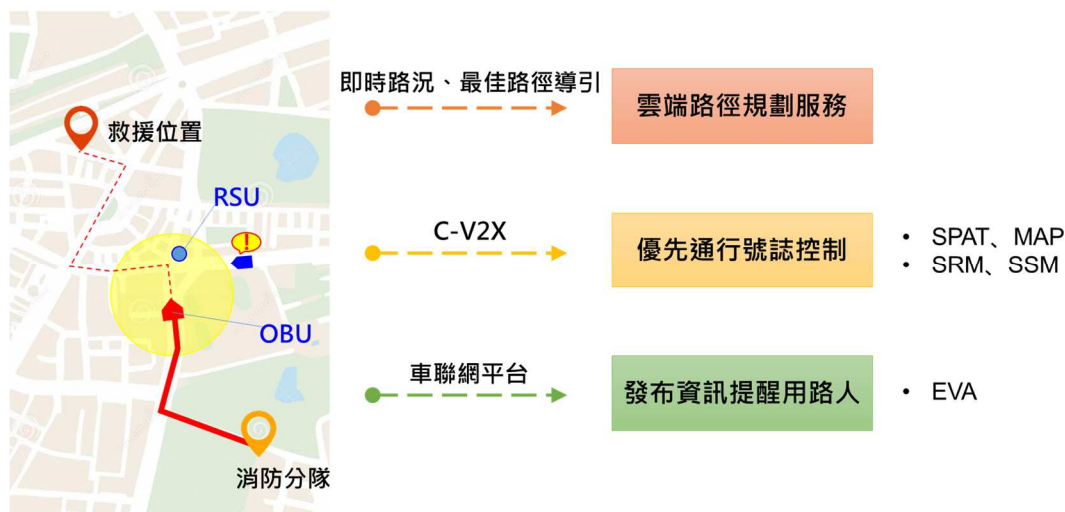
透過宣導、執法等手段，緊急車輛避讓意識已漸趨成熟，但是從緊急車輛相關事故可以發現，出勤過程又急又快的緊急車輛倏忽出現，周邊用路人常有沒聽到鳴笛聲、來不及煞車等情況，仍經常會因為來不及反應而發生意外或交通事故。

為此，應建構一套緊急車輛資訊發佈機制，例如預計行駛路線、即時位置、抵達路口時間等，可以透過路側設備(如 CMS)或車載設備(如車聯網服務)等多元管道發佈給周邊用路人，提早變換車道、改變路徑等避讓動作，提升緊急車輛出勤整體效率及安全性。

8.2.2 整體規劃構想

隨 5G 與 C-V2X 等資通訊技術的發展及整合應用，逐步建構與實現「車、路、雲」車聯網服務，本計畫規劃一緊急車輛優先安全通行解決方案，整體規劃構想如圖 8.19 所示，包含行前雲端路徑規劃、行中優先通行號誌控制，以及其他用路人提前告警等三大層面，使緊急車輛可以依據即時路況行駛最佳路徑，其即將穿越之路口可以優先進行號誌控制，以最快速且安全地路線抵達救援位

置、後送醫院；反之，也將緊急車輛的行駛路徑與即時資訊，透過資訊可變標誌等路側設備、導航軟體等發佈管道，預先提醒其他用路人知悉以減速、避讓、改道繞行等決策之參考，以降低道路風險、增進緊急車輛行車及交通安全，同時讓緊急車輛駕駛人員更為專注及安心，提升緊急救援整體作業效率。



資料來源：本計畫繪製

圖 8.19 緊急車輛優先通行解決方案構想

8.3 概念性測試驗證

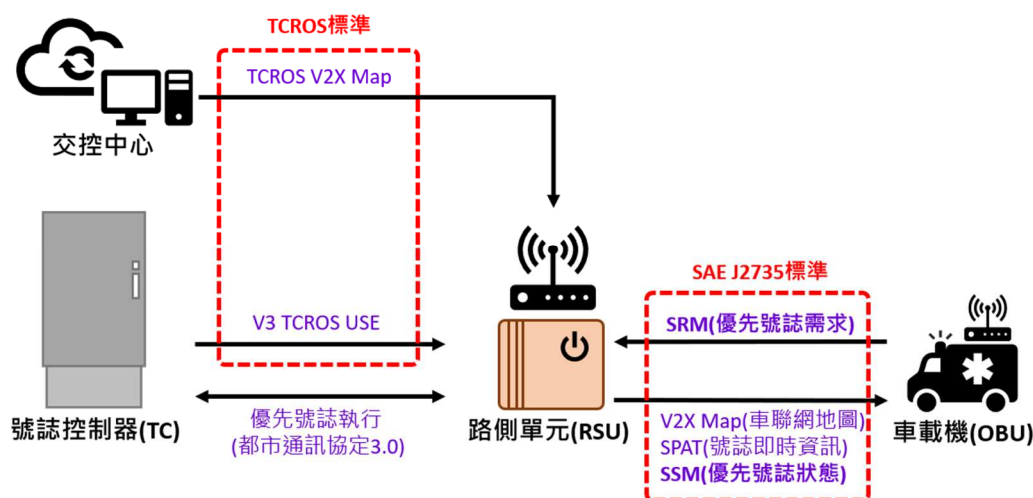
在了解國際標準下緊急優先號誌之運作機制，基於相關資訊了解進行本計畫之 C-V2X 優先通行運作流程規劃設計，主要區分兩個區塊，第一部分為通訊協定部分，包含 SRM 與 SSM，第二部分為系統規劃，包含軟硬體規劃與運作流程設計。

8.3.1 緊急優先號誌系統通訊協定說明

一、架構說明

基本狀態下由號誌控制器主動發送號誌即時資訊至 RSU，同時 RSU 由交通控制中心取得車聯網地圖資訊，並以 C-V2X 將 SPAT 與 MAP 訊息傳遞至 OBU，整合兩份資料進行即時號誌資訊顯示。基於此狀態下，本計畫此處針對優先號誌執行之 RSU 與 OBU 間的國際通訊協定(SRM 與 SSM)說明，由車輛評估自身狀態決定發出優先號誌需求(SRM)，RSU 負責接收、解析、授權、號誌運作與監控的工作，在接收需求後，決策是否授權給與優先號誌，並透過通訊協定執行，持續監控號誌狀態回報車輛(SSM)。

本計畫在通盤了解 SAE 2735 的 SRM 與 SSM 後，考量施作範圍、限制與目的，挑選擬定本計畫預期應用的 SRM 與 SSM 訊息內容，使用上採用 JSON 格式，以下分別進行說明，並研擬相關範例。



資料來源：本計畫繪製

圖 8.20 系統架構圖

二、優先號誌需求訊息(SRM，Signal Request Message)

本計畫設定 SRM 通訊協定內容如表 8-4 所示。SRM 為車輛依照自身狀態與需求提出優先號誌請求，由 SAE J2735 規範的內容，單一需求車輛在通訊範圍容許以及最大抵達路口時間限制下是可一次對多路口發出請求，此部分反應在 requests 此欄位上，設定為 SEQUENCE，對應至 JSON 則為矩陣(Array)，便可達到處理多鄰近路口同時發佈請求的效果。另外，對應國際標準的 SEQUENCE 有可能包含多欄位擴充的意涵，因此使用 JSON 物件(Object)的方式進行對應處理，以保持國際標準之原意。

表 8-4 本計畫設定 SRM 通訊協定內容說明

欄位英文名稱 (JSON TAG)	欄位中文名稱	說明	JSON 類型
SignalRequestMessage	SRM	SEQUENCE	Object
timestamp	基準對時時間點一	MinuteOfTheYear INTEGER (0..527040)，一年內目前分鐘的累計值，例如：2021-07-08 11:35:56，填入 269975 (187*1440+11*60+35)	Number
Second	基準對時時間點二	Dsecond INTEGER (0..65535)，一小時內目前 0.1 秒的總累積值，例如：11:35:56，填入 21560 ((35*60+56)*10)	Number
sequenceNumber	訊息序號	INTEGER (0..127)，訊息內容除 timeStamp 以及 second 外有所變動即遞增 1，需求結束歸 0	Number

欄位英文名稱 (JSON TAG)	欄位中文名稱	說明	JSON 類型
requests	優先請求訊息集	SEQUENCE (SIZE(1..32))	Array
request	優先請求	SEQUENCE	Object
id	路口編號訊息集	SEQUENCE	Object
region	路口所屬區域編號	INTEGER (0..65535)，對應 Map 路口所屬區域編號，可自行定義，例如：郵遞區號	Number
id	區域內路口流水編號	INTEGER (0..65535)，對應 Map 路口編號，可自行定義	Number
requestID	優先請求編號	INTEGER (0..255)，可自行定義，對應至 SSM request	Number
requestType	優先請求型態	ENUMERATED INTEGER (0..3)，設定參考前述國際標準說明	Number
inBoundLane	優先車輛入向	CHOICE	Object
lane	優先車輛入向車道編號	INTEGER (0..255)，填入車輛入向之對應 Map 路口所屬車道編號	Number
outBoundLane	優先車輛離向	OPTIONAL、CHOICE	Object
lane	優先車輛離向車道編號	INTEGER (0..255)，填入車輛離向之對應 Map 路口所屬車道編號	Number
minute	預估抵達時間點一	MinuteOfTheYear INTEGER (0..527040)，需求提出預估抵達時間點(ETA，分鐘)，一年內分鐘的累計值，例如：2021-07-08 11:35:56，填入 269975 (187*1440+11*60+35)，對應至 SSM minute	Number
second	預估抵達時間點二	Dsecond INTEGER (0..65535)，需求提出預估抵達時間點(ETA，秒鐘)，一小時內 0.1 秒的總累積值，例如：11:35:56，填入 21560 ((35*60+56)*10)，對應至 SSM second	Number
duration	預估抵達時間範圍	Dsecond INTEGER (0..65535)，預估抵達時間點之可能延伸時間區段，讓預估抵達時間點(ETA)以時間區段表示，以 0.1 秒單位示之，180 秒為 1800，對應至 SSM duration	Number
requestor	優先請求者描述	SEQUENCE	Object
id	請求車輛編號	CHOICE	Object
entityID	暫時編號	OCTET STRING (SIZE(4))，提出需求之車輛編號，可自行定義，對應至 SSM entityID	String
type	請求者型態	SEQUENCE	Object
role	請求者角色	ENUMERATED INTEGER (0..22)，設定參考前述國際標準說明	Number
hpmsType	請求者車型	ENUMERATED INTEGER (0..15)，設定參考前述國際標準說明	Number
position	優先請求者位置	SEQUENCE	Object

欄位英文名稱 (JSON TAG)	欄位中文名稱	說明	JSON 類型
position	優先請求者座標資訊	SEQUENCE	Object
lat	經度	INTEGER(-1800000000..1800000001)	Number
long	緯度	INTEGER(-9000000000..9000000001)	Number
elevation	高程	INTEGER(-4096..61439)	Number

以下依照上述規劃內容提出 JSON 範例：

```
{
  "SignalRequestMessage": {
    "timeStamp": 269975,
    "second": 21560,
    "sequenceNumber": 0,
    "requests": [
      {
        "request": {
          "id": {
            "region": 251,
            "id": 1
          },
          "requestID": 1,
          "requestType": 1,
          "inBoundLane": {
            "lane": 49
          },
          "outBoundLane": {
            "lane": 66
          }
        },
        "minute": 269978,
        "second": 23200,
        "duration": 500
      }
    ],
    "requestor": {
      "id": {
        "entityID": 5220
      },
      "type": {
        "role": 14,
        "hpmsType": 5
      },
      "position": {
        "position": {
          "lat": 251947791,
          "long": 1214387273,
          "elevation": 5976
        }
      }
    }
  }
}
```

三、優先號誌狀態訊息(SSM, Signal Status Message)

本計畫設定 SSM 通訊協定內容如表 8-5 所示。SSM 為 RSU 接收到 SRM 後進行確認、判斷與認證後以 SSM 回饋發送至需求車輛。與 SRM 具有相同議題，RSU 可能收到多路口下多台車輛的 SRM 需求，因此 RSU 需先過濾出屬於本身控管之路口訊息，並檢視多台車輛下，配合車種決定需求內容進行優先號誌，因此封包設計上以多路口矩陣為第一層，每一路口下包含多車輛矩陣為下一層，每一台車輛都包含對應的需求者資訊以及優先號誌狀態(status)。

SRM 與 SSM 在開始發送之後便會持續發送至優先號誌取消或結束的動作發生，因此兩封包都在 RSU 與 OBU 須持續接收與解析，為提升解析速率，各層級皆使用 sequenceNumber，當封包內容有變時將增加 1，對應的上層也需增加 1，因此解析程式首先只需判斷最外層是否有變再藉此決定是否要繼續解析下去，藉此提升整體運作效率。

表 8-5 本計畫設定 SSM 通訊協定內容說明

欄位英文名稱 (JSON TAG)	欄位中文名稱	說明	JSON 類型
SignalStatusMessage	SSM	SEQUENCE	Object
timeStamp	基準對時時間點一	MinuteOfTheYear INTEGER (0..527040) ，一年內目前分鐘的累計值，例如：2021-07-08 11:35:56，填入 269975 (187*1440+11*60+35)	Number
second	基準對時時間點二	Dsecond INTEGER (0..65535)，一小時內目前 0.1 秒的總累積值，例如：11:35:56，填入 21560 ((35*60+56)*10)	Number
sequenceNumber	訊息序號	INTEGER (0..127)，訊息內容除 timeStamp 以及 second 外有所變動即遞增 1，需求結束歸 0	Number
status	狀態訊息集	SEQUENCE	Array
sequenceNumber	訊息序號	INTEGER (0..127)，status 矩陣中所屬物件(路口相關訊息)中有所變動即遞增 1，需求結束歸 0	Number
id	路口編號訊息集	SEQUENCE	Object
region	路口所屬區域編號	INTEGER (0..65535)，對應 Map 路口所屬區域編號，可自行定義，例如：郵遞區號	Number
id	區域內路口流水編號	INTEGER (0..65535)，對應 Map 路口編號，可自行定義	Number
sigStatus	號誌狀態訊息集	SEQUENCE	Array
requester	優先請求者資訊	SEQUENCE	Object
id	請求車輛編號	CHOICE	Object
entityID	暫時編號	OCTET STRING (SIZE(4))，提出需求之車輛編號，可自行定義，源自於 SRM entityID	String

欄位英文名稱 (JSON TAG)	欄位中文名稱	說明	JSON 類型
request	優先請求	INTEGER (0..255)，可自行定義，源自於 SRM requestID	Number
sequenceNumber	訊息序號	INTEGER (0..127)，源自於 SRM sequenceNumber	Number
role	請求者角色	ENUMERATED INTEGER (0..22)，源自於 SRM role	Number
inboundOn	優先車輛入向	CHOICE	Object
lane	優先車輛入向車道 編號	INTEGER (0..255)，填入車輛入向之對應 Map 路口所屬車道編號，源自於 SRM inBoundLane lane	Number
outboundOn	優先車輛離向	OPTIONAL、CHOICE	Object
lane	優先車輛離向車道 編號	INTEGER (0..255)，填入車輛離向之對應 Map 路口所屬車道編號，源自於 SRM outBoundLane lane	Number
minute	預估抵達時間點一	MinuteOfTheYear INTEGER (0..527040)，需求提出預估抵達時間點(ETA，分鐘)，源自於 SRM minute	Number
second	預估抵達時間點二	Dsecond INTEGER (0..65535)，需求提出預估抵達時間點(ETA，秒鐘)，源自於 SRM second	Number
duration	預估抵達時間範圍	Dsecond INTEGER (0..65535)，預估抵達時間點之可能延伸時間區段，源自於 SRM duration	Number
status	請求狀態回報	ENUMERATED INTEGER (0..7)，設定參考前述國際標準說明	Number

以下依照上述規劃內容提出 JSON 範例：

```
{
  "SignalStatusMessage": {
    "timeStamp": 269975,
    "second": 21570,
    "sequenceNumber": 0,
    "status": [
      {
        "sequenceNumber": 0,
        "id": {
          "region": 251,
          "id": 1
        },
        "sigStatus": [
          {
            "requester": {
              "id": {
                "entityID": 5220
              },
            },
            "request": 0,
            "sequenceNumber": 0,
            "role": 14
          },
          {
            "inboundOn": {
              "lane": 49
            },
          }
        ]
      }
    ]
  }
}
```

```

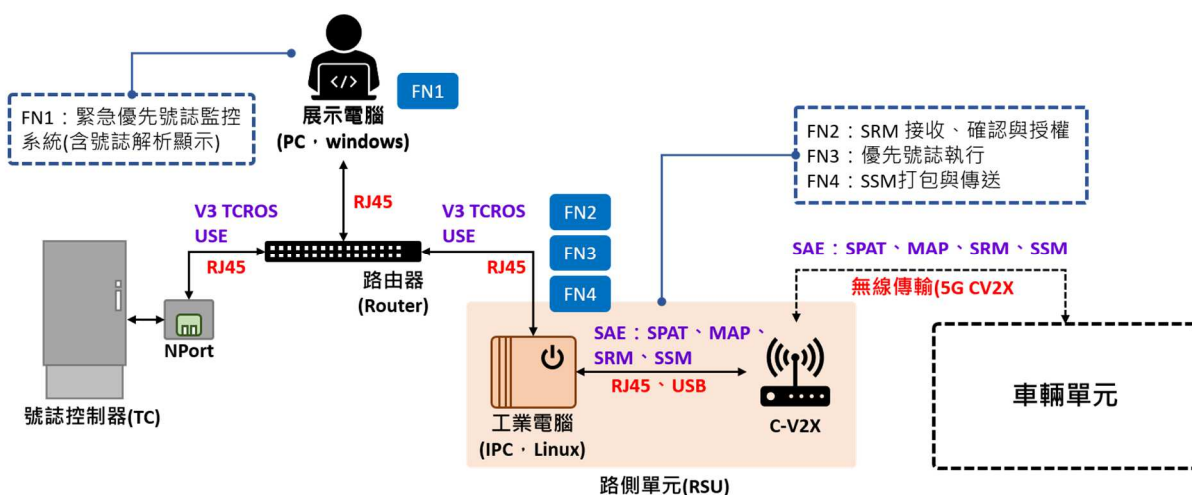
    "outboundOn": {
      "lane": 66
    },
    "minute": 269978,
    "second": 23200,
    "duration": 500,
    "status": 2
  }
]
}
}
}
}

```

8.3.2 緊急車輛優先號誌系統規劃

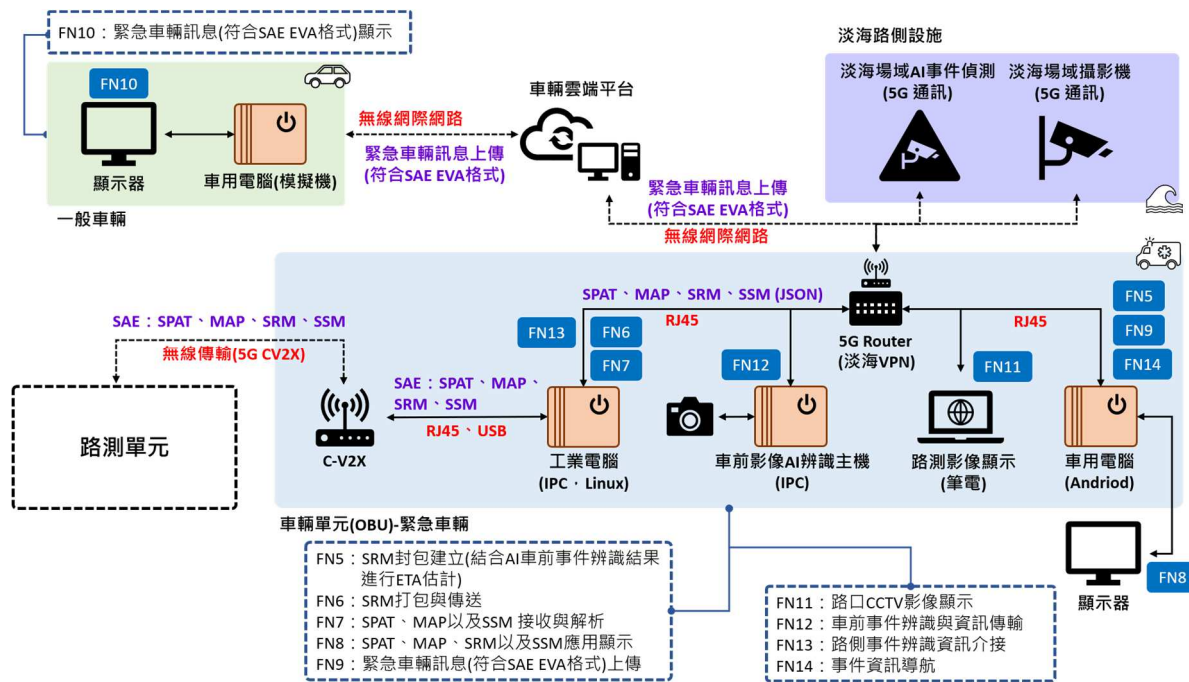
一、系統軟硬體規劃

緊急車輛優先號誌系統之軟硬體規劃如圖 8.21 與圖 8.22 所示，硬體部分包含號誌控制器、路側單元以及車輛單元。路側端部分，號誌控制器透過路由器連接工業電腦，工業電腦透過網路線與 USB 連接 C-V2X，並透過 SDK 方式控制操作 C-V2X，負責處理與 OBU 之間的訊息收送，考慮相關資訊其他單元可能也會有取得需求，因此包裹一層網路服務(以 MQTT 進行實作)做為運作介面，並由底層資訊轉換為 JSON 格式提供延伸應用。考慮實驗室測試 GPS 會有所限制，並且實驗室測試情境會較為複雜，因此車機端點位資料會採取模擬方式進行。



資料來源：本計畫繪製

圖 8.21 緊急車輛優先號誌系統軟硬體規劃(路側端)



資料來源：本計畫繪製

圖 8.22 緊急車輛優先號誌系統軟硬體規劃(車輛端)

車輛端部分涉及較廣，包含與淡海場域路側設備、車輛雲端服務與其他車輛介接，首先由路側單元透過 C-V2X 傳輸優先號誌所需訊息，並以服務方式推播提供車用電腦展示使用，反向則車用電腦會提出優先號誌需求(SRM)，其中 SRM 需要進行預估抵達時間之計算，此部分將介接車前的 AI 事件影像辨識設備所偵測之結果進行調整。

路側設備介接部分透過 5G 路由器以及 VPN 與淡海場域中心端連線，藉此取得路口 CCTV 影像於車輛上播放，以及 AI CCTV 事件偵測結果提供車輛做為路徑導引決策用。

最後一部分將緊急車輛訊息(封包格式使用 SAE EVA 標準)主動推送至其他車輛進行提醒，車用電腦將透過無線網路(5G Router)回傳至車輛雲端平台，再由平台推播至一般車輛做顯示，以達到本計畫在 C-V2X 設備尚未能夠傳輸 EVA 訊息下，仍能夠測試封包格式與應用情境之目的。

功能部分主要區分三個區塊，首先為緊急優先號誌監控系統，採取單機版程式安裝於一般電腦，主要蒐集號誌控制器與車輛單元資訊，透過地圖或表格顯示整體運作狀態。第二部分為路側單元部分，處理 SRM 與 SSM 的解析、打包、傳送、優先號誌授權以及執行功能，安裝於工業電腦。第三部分為車輛單元部分，以工業電腦串接 OBU 處理 SAE 訊息，同時介接路側 AI CCTV 事件偵測與車前 AI 影像事件偵測結果，提供車用電腦進行路徑導引與優先號誌決

策，並進行相關資訊呈現，同時將緊急車輛資訊回傳雲端平台，藉此通知其他車輛緊急車輛靠近之訊息，並將相關狀態於顯示器顯示。

二、運作流程規劃

經過相關國際文件回顧，研擬屬於本計畫的 RSU 與 OBU 運作流程，設計內容分述如下。

1. 車機端(OBU)

車機端包含車用電腦、OBU 以及顯示器，OBU 與車用電腦持續蒐集解析資料，為流程圖(圖 8.23)的右側，統一解析封包，透過通訊協定中的封包序號判斷封包是否有變，若有改變則進行解析，並進行資訊更新與顯示。

同時，程序將持續不斷的確認車輛狀態，包含即時定位、優先等級以及優先號誌是否執行中，並判斷是否要提出優先號誌，相關的資訊將會使用到右側持續傳入的即時資訊。若已決定要提出優先號誌需求，則須進行 ETA 是否低於 5 分鐘，行進方向是否改變以及是否通過路口三項確認，若皆符合條件則可發出 SRM，另外若已在進行優先號誌的情況下，則必須多檢視是否每秒都收到 SSM，若持續 3 次沒收到訊息取消需求，下達 SRM 取消指令。

2. 路側單元(RSU)

圖 8.24 中的右側同樣為資料解析與接收，並且針對現況進行判斷，例如：是否為特殊狀態(調撥車道、觸動控制與特勤控制等)，以及資料判讀，因考慮可能發生多輛車提出需求，因此相關資訊儲存於記憶體中，透過同步優先號誌執执行程序快速判定需求與相關條件確認，並持續回饋 SSM 至車輛至發生取消指令，若有未通過之條件發生則傳送拒絕指令。

3. 優先號誌運作規劃

本計畫目前採用 SAE 的 SRM 與 SSM 訊息內容進行優先號誌，因此能夠由車輛上取得行駛方向與預估抵達時間，優先號誌便可配合調整不同方向的號誌秒數。

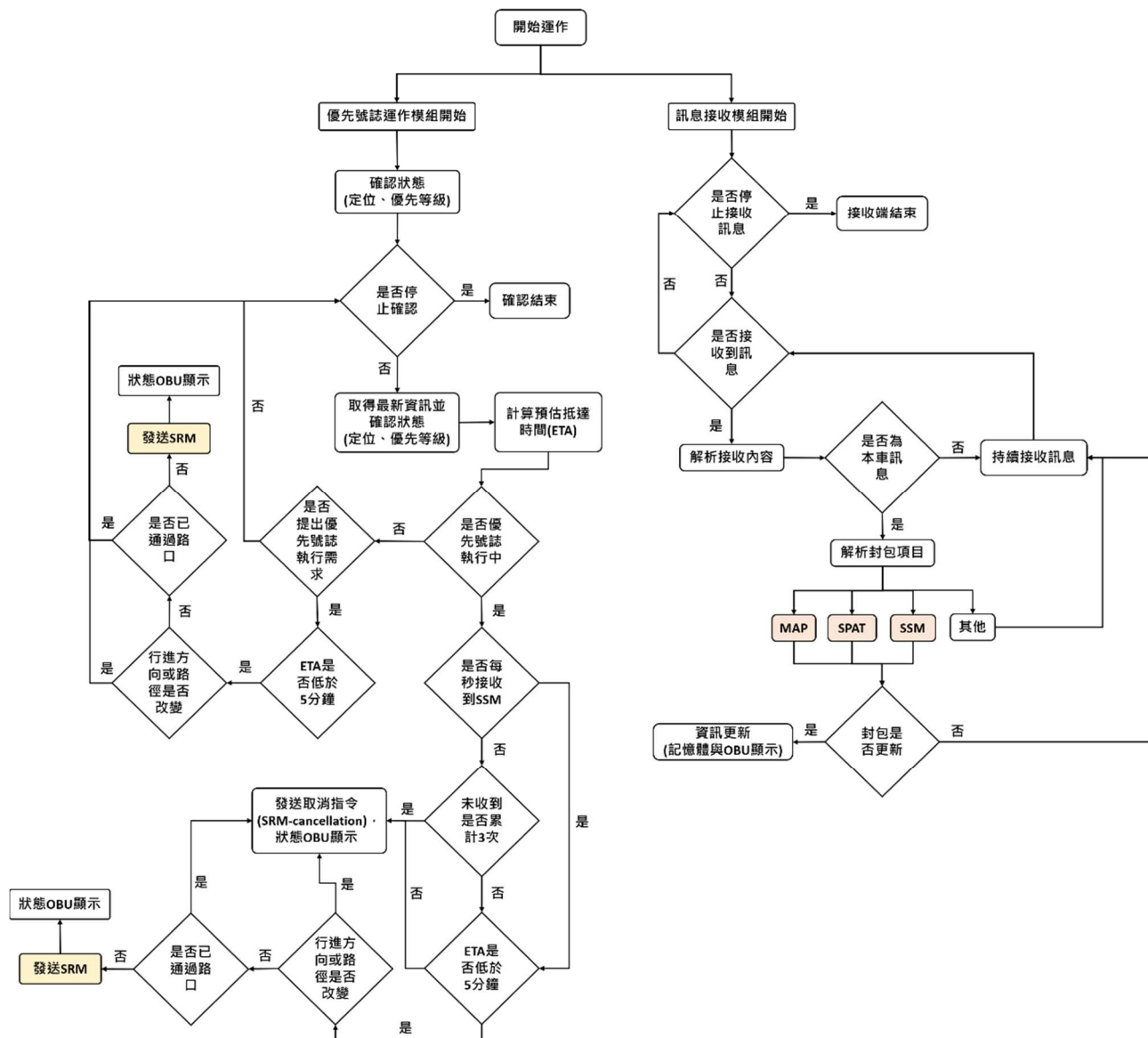
依照前述規劃當車輛發出優先號誌請求(SRM)時，首先會進行授權的動作，此部分包含確認封包格式、預估抵達時間是否合理、目前號誌是否能夠提供優先號誌服務(例如：優先號誌運作中以及號誌補償中不提供優先號誌服務)等情況，因此優先號誌模組本身須先持續確認號誌狀態，並同時等待接收優先號誌需求，當授權通過時，優先號誌模組將會依照行定方向、預估最早抵達路口時間與最晚抵達路口時間確認出車輛抵達時會是哪一個綠燈分相與步階，並依照

抵達時間的分相步階立即調整號誌秒數(綠燈延長或是紅燈切斷)，將優先號誌運作邏輯繪製如圖 8.25 所示。

目前優先號誌調整邏輯主要分為綠燈延長與紅燈切斷，參考使用 SRM 中的行進方向與預估抵達時間可針對需求進行調整號誌，計算方式分述如下：

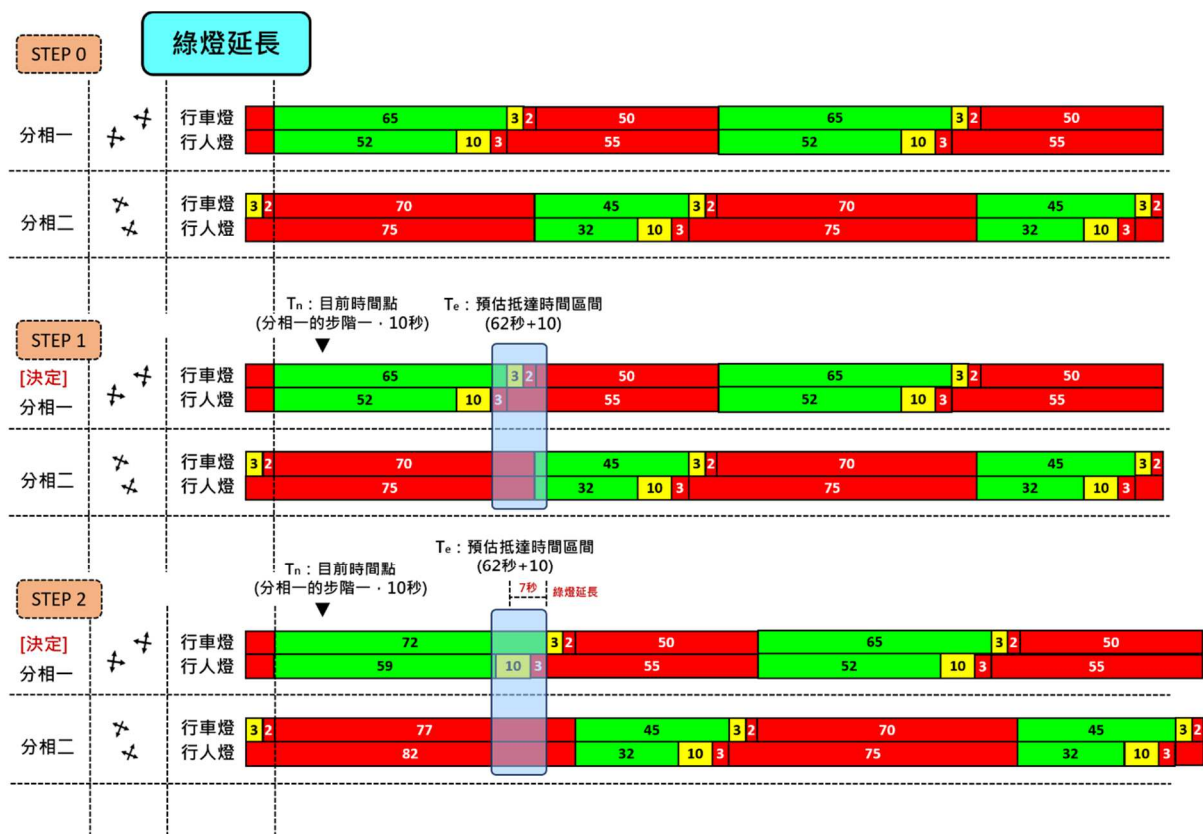
- (1) 綠燈延長：示意圖如圖 8.26 所示，經過行進方向與預估抵達時間區間所屬的綠燈分相符但無法完全通過的情況下增加綠燈秒數，在目前時間點(步階一、二與三)是可以立即調整的情況下，將分相一綠燈(分相二紅燈)增加 7 秒。

車用電腦



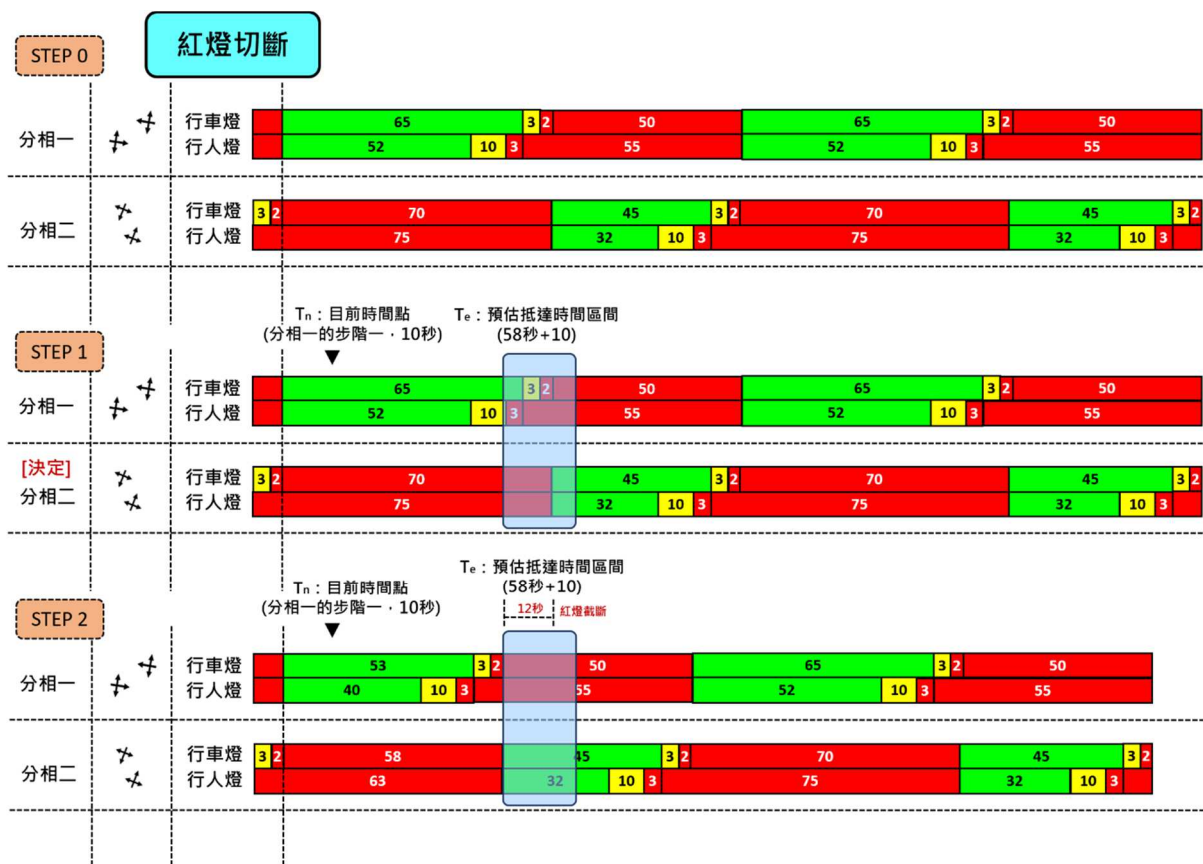
資料來源：本計畫繪製

圖 8.23 緊急車輛優先號誌系統流程規劃(車機端)



資料來源：本計畫繪製

圖 8.26 優先號誌策略執行示意圖-綠燈延長



資料來源：本計畫繪製

圖 8.27 優先號誌策略執行示意圖-紅燈切斷

8.3.3 實驗室單元與整合測試

整體系統包含路側端區塊(包含優先號誌模組)，車聯網傳輸區塊以及車載端區塊，路側端與車載端透過車聯網方式串接，互相傳輸封包並進行反應，因此首先採用單元測試方式，區分三個單元進行測試，最後整合測試，測試單元說明如下：

一、車聯網 TCROS 優先號誌功能測試

整體系統將延續交通部「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」中所設置的 TCROS 號誌與 IPC 已能傳輸出 SPAT 與 MAP 資訊，因此單元測試一方面測試 SPAT 內容，一方面在接收的同時以手動的方式透過「都市交通控制通訊協定 3.0 版」下達優先號誌指令，確認預期使用到的 5F03、5F10、5F40、5FC0、5F48、5FC8、5F44、5FC4、5F45、5FC5 以及 5F1C 是如何運作，會需要進行此測試主要在於號誌廠商的不同，通訊協定的實作與反應會略有差異，例如優先號誌操作時是否受到最小綠的限制、時制計畫綠燈秒數計算方式等。本次實測場域將會使用到良基的 TB-2000B 號誌控制器，因此將會針對此版本的號誌控制器進行單元測試，相關測試描述如下：

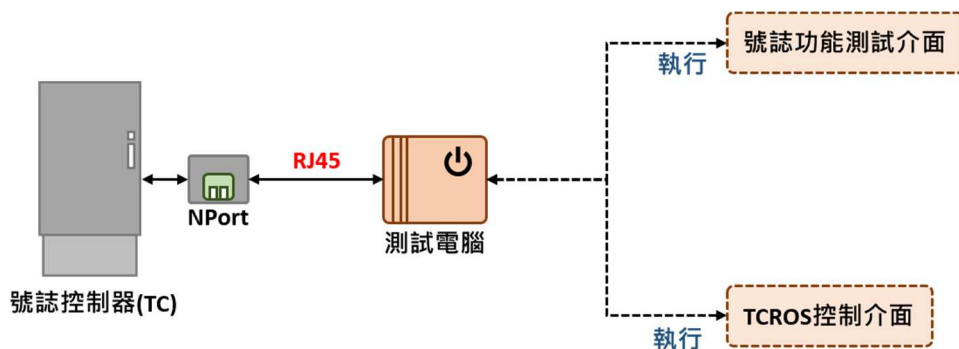
1. 測試功能規劃

- (1) 號誌即時燈態與倒數秒數：透過通訊協定取得目前號誌運作之 時制計畫、即時燈態與倒數秒數，RSU 將由 SRM 取得預期抵達路口時間，考量時相與剩餘秒數決定是否給予優先號誌授權並回報 SSM，此功能主要能夠掌握即時且正確之號誌狀態。
- (2) 號誌控制狀態查詢與設定：查詢與設定號誌控制是否成功切換為動態控制模式。
- (3) 號誌優先號誌執行：切換為動態控制後，下達優先號誌執行指令，確認剩餘秒數與燈態變換是否如預期，此外，當恢復定時控制時是否引發號誌補償，補償下的燈態與倒數秒數是否正確掌握。

2. 測試方式與情境

測試方式透過號誌功能測試介面分別測試「都市交通控制通訊協定 3.0 版」相關協定，並確認優先號誌下達時所需具備通訊條件或其他限制。

另外目前規劃採用具備 TCROS 通訊協定之號誌控制器進行優先號誌執行，因此相關控制指令與顯示介面能透過 TCROS 控制介面進行操作。



以上相關介面皆為方便下達控制指令與觀察號誌控制器即時狀態是否如預期，以下為所規劃之功能測試情境內容。

表 8-6 車聯網 TCROS 與優先號誌整合測試情境列表

資料來源：本計畫彙整

編號	功能	操作流程	確認項目
1	號誌即時燈態與倒數秒數	(1) 操作連線 (2) 接收定時回報(5F03 或是 5F04) (3) 調整定時時制(5F14、5F15 與 5F16) (4) 查詢與檢視定時時制(5F44、5F45、5F46、5FC4、5FC5 與 5FC6) (5) 持續接收與確認定時回報內容 5 個週期	(1) 倒數秒數是否正確，確認編號：[1, 5] (2) 各燈態秒數是否正確，確認編號：[1, 3, 4, 5, 7] (3) 檢視補償時是否倒數秒數是否正確，確認編號：[1, 5, 7]
2	號誌控制狀態查詢與設定	(1) 操作連線 (2) 設定切換為動態控制(5F10)，有效時間設定為 5 分鐘 (3) 查詢與檢視號誌控制狀態(5F40 與 5FC0) (4) 等待 5 分鐘以上查詢與檢視號誌控制狀態(5F40 與 5FC0) (5) 再次切換動態控制(5F10)，有效時間設定為不計時 (6) 等待 5 分鐘以上查詢與檢視號誌控制狀態(5F40 與 5FC0)	(1) 確認是否能夠正常切換，確認編號：[2, 4] (2) 有效時間運作是否正確，確認編號：[2, 4]
3	號誌優先號誌執行	(1) 操作連線 (2) 號誌對時(0F12) (3) 切換動態控制(5F10)，有效時間設定為不計時 (4) 執行分相步階切換(5F1C) ● 第一分相目前步階為綠燈時，切換至下一個分相綠燈步階時 ● 第一分相目前步階為黃燈時，切換至下一個分相綠燈步階時。 ● 第一分相目前步階為紅燈時，切換至下一個分相綠燈步階時 ● 第一分相目前步階為綠燈時，設定目前分相步階，有效時間設定 5 ● 第一分相目前步階為綠燈時，設定目前分相步階，有效時間設定 15 ● 第一分相目前步階為綠燈時，設定目前分相步階，有效時間	(1) 倒數秒數與自動回報狀態是否正確，確認編號：[1, 5] (2) 確認燈態是否如預期切換(綠燈延長、紅燈切換效果)，確認編號：[1, 3, 5, 6, 7] (3) 確認燈態秒數與最小綠之關聯，確認編號：[1, 4, 5] (4) 檢視補償時是否倒數秒數是否正確，確認編號：[1, 5, 7]

		設定 30 (5) 切換定時控制(5F10)，結束優先號誌操作測試	
備註	● 測試時制計畫內容請參考下表 ● 確認項目後方編號為可透過操作介面上的編號位置進行確認，例如：即時倒數秒數可透過編號 1 與編號 5 進行檢視。		

表 8-7 測試時制計畫內容情境列表

資料來源：本計畫彙整

編號	時相類型	分相	G	Y	R	MaxG	MinG	PF	PR	C	O
1	普通二時相	1	50	3	2	100	15	5	5	100	0
		2	40	3	2	100	15	5	5		
2	左轉保護三時相	1	45	3	2	100	15	5	5	120	5
		2	20	3	2	100	15	5	5		
		3	40	3	2	100	15	5	5		

3. 測試結果

相關測試結果整理如下表所示。

表 8-8 車聯網 TCROS 優先號誌功能測試

資料來源：本計畫彙整

測試廠牌	良基，型號：TB-2000B		
	號誌即時燈態與倒數秒數	號誌控制狀態查詢與設定	號誌優先號誌執行
測試說明	● 本機器具備兩個 COM PORT，可通過設定來定義 COM PORT 如何介接，進一步判斷是否為通訊正常。 ● 5F03：回傳頻率預設為步階轉換時傳輸，倒數秒數需測試軟體自行倒數，接收到 5F03 後進行下一個步階秒數更新。依照此做法因為測試軟體倒數與號誌控制器倒數的秒數無法百分百相同，有時會發生倒數秒數非如預期變換。補償於周期變換時執行，燈態變化正常。 ● 5F04(TCROS)：目前功能尚未完成，待開發完成且若能配合本計畫期程則進行補充。 ● 0F12、5F14、5F44、5FC4、5F15、5F45、5FC5、5F16、5F46、5FC6 運作正常，設定後立即查詢皆有正常變更。	● 必須在通訊正常(接收到封包必須回覆 ACK)的情況下才可以下達變換指令。 ● 優先號誌需先透過 5F10 切換至時相控制或是時即控制，方能執行 5F1C。 ● 有效時間為分鐘，變更控制策略後若無收到 5F1C 指令進行控制，則有效時間滿足後切換回預設控制策略，若有收到則時間重新計算。此時間內查詢 5F40 則會得到此控制策略還剩下多少分鐘之訊息。 ● 預設控制策略為定時控制、路口手動與觸動控制。 ● 有效時間設定為 0 表示不計時，控制策略會持續執行，在此控制策略過程中部會運作補償。 ● 5F10、5F40 與 5FC0 正常	● 5F1C 在不是正確的控制策略下下達指令仍能夠獲得指令下達成功之結果(0F80)回報，但實則不會運作，因此想得知號誌是否有正確變換必須自行監控倒數秒數。 ● 執行當下分相步階秒數的綠燈延長或紅燈切斷，須考慮有效執行時間(EffectTime)與當下的分相步階秒數。有效時間設定若小於當下步階秒數，秒數將會減少，若大於則為延長，但因為是當下步階，會考慮已運作之秒數，且不考慮最小綠限制。 ● 分相步階秒數縮短計算範例：分相 1 步階 1(綠燈)秒數為 58 秒，有效時間設為 20 秒，目前執行到 45 秒，切換後會變換為 7 秒。[45-(58-

		運作，設定後立即查詢皆有正常變更。	$20)=7]$ ● 分相步階秒數 延長 計算範例：分相 1 步階 1(綠燈)秒數為 58 秒，有效時間設為 68 秒，目前執行到 45 秒，切換後會變換為 55 秒。 $[45-(58-68)=55]$ ● 執行非當下分相步階秒數之變化，有效時間設定為多少，運作時則為多少，但綠燈分相不受最小綠限制。 ● 立即切換下一個步階，效果類似手操控制，分相步階與有效時間皆設定 0，綠燈分相後會立刻進行下一個步階切換。 ● 透過參數設定可開啟跳分相功能。 ● 號誌控制器之倒數秒數是透過步階變換傳送 5F03 進行計算，下達 5F1C 之後在變換至所設定之分相步階時會傳出 5F0C。 ● TCROS 5F04 在定時時制測試能夠正確傳出號誌秒數。
備註	● 普通二時相與左轉保護三時相測試結果相同。		

二、車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試

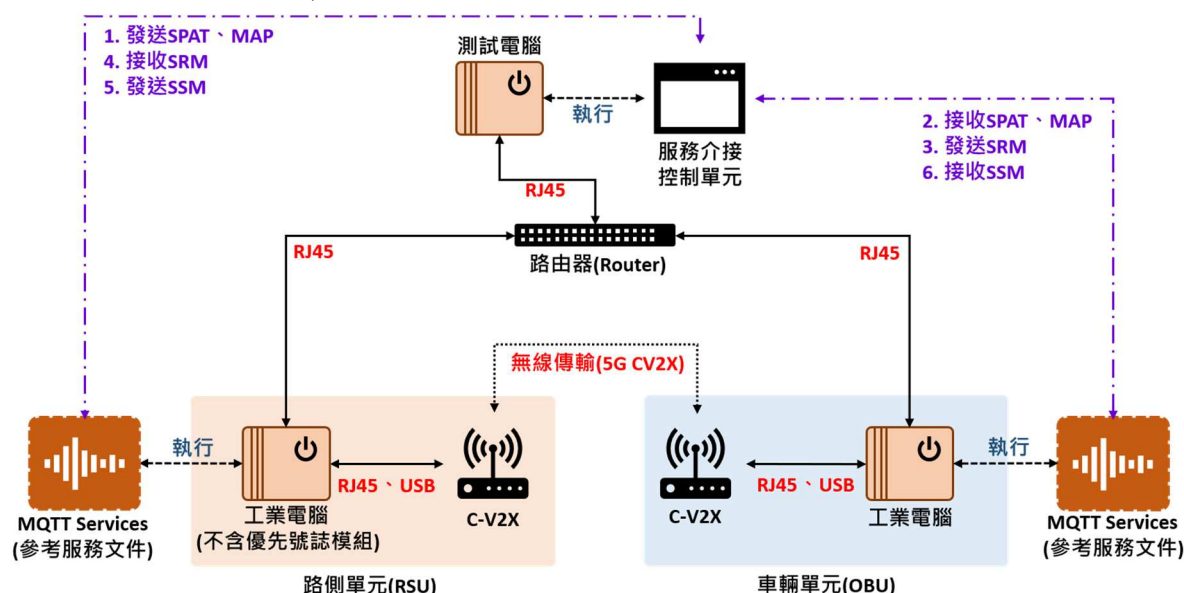
主要測試路側單元(RSU)透過 C-V2X 傳遞訊息至車輛單元(OBU)時，確認封包傳遞的內容是否一致以及各接收點的時間是否發生嚴重延遲。相關測試在交通部「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」中已針對 SPAT 跟 MAP 進行測試，本計畫則著重在 SPAT 與 MAP 每秒傳輸情況下 SRM 與 SSM 是否仍能夠正常收送，SPAT 與 MAP 是否有受到影響。

1. 測試功能規劃

- (1) 路側單元(RSU)與車輛單元(OBU)收發：路側單元(RSU)與車輛單元(OBU)皆透過 C-V2X 互相傳輸，傳輸設備的底層收發資訊需進行解碼與編碼，並進一步轉換格式至服務層提供服務。
- (2) 通訊服務(MQTT Service)：將路側單元(RSU)與車輛單元(OBU)的收發

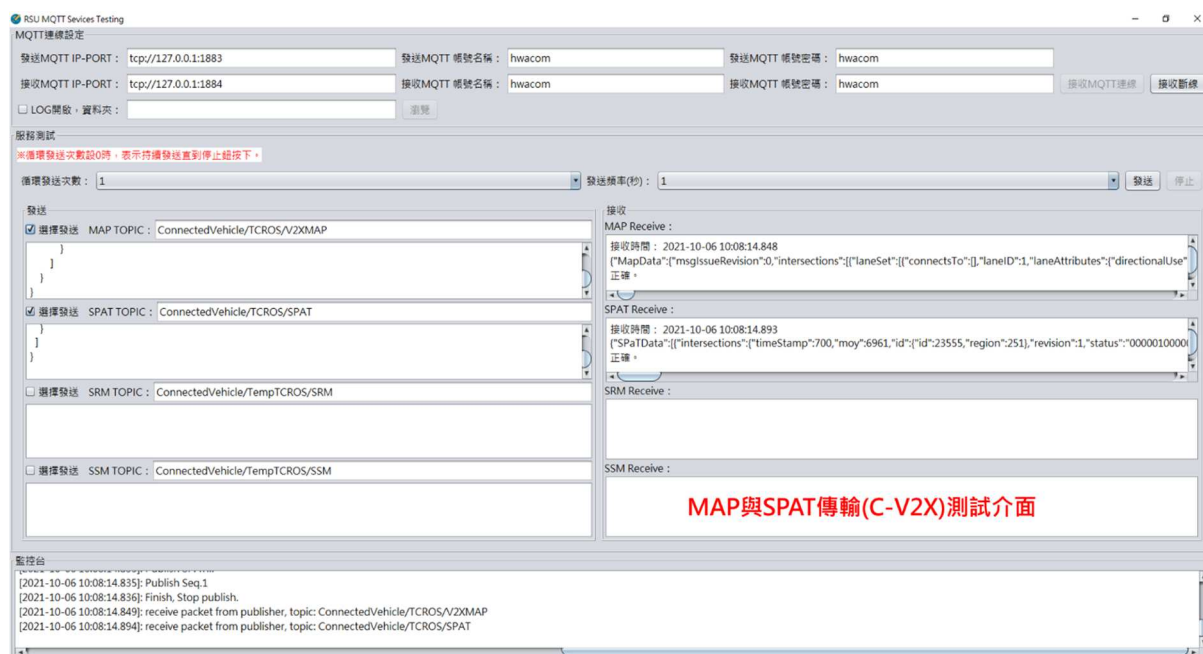
訊息包裝成服務以 MQTT 方式提供需要資訊的程式進行訂閱，服務內容的通訊格式皆為 JSON，基本服務項目包含 SPAT、MAP、SRM 與 SSM 之內容，JSON 的標籤名稱皆遵照 SAE J2735 之命名方式。服務相關內容已初步擬訂。

2. 測試方式與情境



資料來源：本計畫繪製

圖 8.31 車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試架構圖

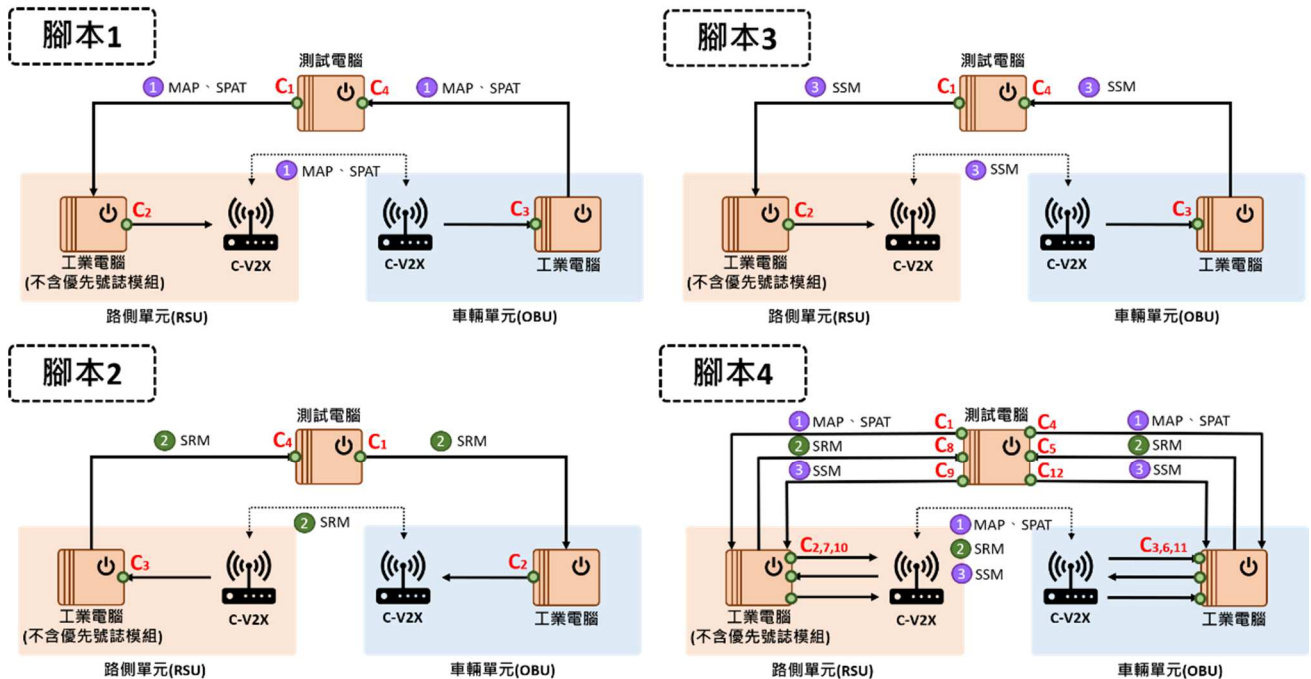


資料來源：本計畫繪製

圖 8.32 車聯網 C-V2X 傳輸服務介接控制單元

圖 8.31 中的實線為實體線介接，以網路線方式將硬體設備串接為

同一網域，利用測試電腦中的「服務介接控制單元」操控各服務配合擬訂之腳本發送 MAP、SPAT、SRM 以及 SSM 封包，相關腳本如圖 8.33 所示。



資料來源：本計畫繪製

圖 8.33 車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試腳本

四個腳本分別為 MAP、SPAT、SSM 與 SRM 個別傳輸與同時傳輸的情境，其中 C_i 點表示接收時間點，由電腦記錄接收時間點，精度至小數點下 3 位，最後分別計算時間點之差距進行分析，四套劇本重複執行 3 次，確認傳輸是否有延遲發生。測試過程同時透過「服務介接控制單元」檢視封包內容是否正確一致，相關測試情境如下列各表，測試結果將把數值填入表中。

表 8-9 測試情境列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-正確性]

封包正確性				
	MAP、SPAT (腳本一)	SRM (腳本二)	SSM (腳本三)	MAP、SPAT、 SRM、SSM (腳本四)
第一次	正確/不正確	正確/不正確	正確/不正確	正確/不正確
第二次	正確/不正確	正確/不正確	正確/不正確	正確/不正確
第三次	正確/不正確	正確/不正確	正確/不正確	正確/不正確
備註				

表 8-10 測試情境列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本一

封包時間反應性-腳本一				
時間點	C4-C1	C4-C2	C3-C1	C3-C2
第一次	0.000	0.000	0.000	0.000
第二次	0.000	0.000	0.000	0.000
第三次	0.000	0.000	0.000	0.000
平均	0.000	0.000	0.000	0.000
備註	發佈頻率：每秒發送一次			

表 8-11 測試情境列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本二

封包時間反應性-腳本二				
時間點	C4-C1	C4-C2	C3-C1	C3-C2
第一次	0.000	0.000	0.000	0.000
第二次	0.000	0.000	0.000	0.000
第三次	0.000	0.000	0.000	0.000
平均	0.000	0.000	0.000	0.000
備註	發佈頻率：每秒發送一次			

表 8-12 測試情境列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本三

封包時間反應性-腳本三				
時間點	C4-C1	C4-C2	C3-C1	C3-C2
第一次	0.000	0.000	0.000	0.000
第二次	0.000	0.000	0.000	0.000
第三次	0.000	0.000	0.000	0.000
平均	0.000	0.000	0.000	0.000
備註	發佈頻率：每秒發送一次			

表 8-13 測試情境列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本四

封包時間反應性-腳本四						
時間點	C4-C1	C8-C5	C9-C12	C3-C2	C7-C6	C11-C10
第一次	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
第二次	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
第三次	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
備註	發佈頻率：每秒發送一次，SRM 待 SPAT 與 MAP 發佈三次後開始發佈，SSM 待接收到 SRM 後開始發佈，SSM 發佈十次後腳本結束。					

3. 測試結果

「車聯網 C-V2X 傳輸服務測試介面」可主動 MQTT 發佈 TCROS 中定義的 MAP 與 SPAT，以及本計畫擬定的 SRM 與 SSM JSON 封包，系統接收到由 C-V2X 傳輸，最後由測試介面接收後檢查與送出的封包是否相同，經

過測試後可以發現 MAP、SPAT、SRM 與 SSM 封包內容皆為正確，表示系統在編碼語解碼皆為正確。

表 8-14 測試結果列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-正確性]

封包正確性				
	MAP、SPAT (腳本一)	SRM (腳本二)	SSM (腳本三)	MAP、SPAT、 SRM、SSM (腳本四)
第一次	正確	正確	正確	正確
第二次	正確	正確	正確	正確
第三次	正確	正確	正確	正確
備註				

表 8-15 測試結果列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本一

封包時間反應性-腳本一					
時間點		C4-C1	C4-C2	C3-C1	C3-C2
第一次	MAP	0.2	0.196	0.153	0.149
	SPAT	0.201	0.09	0.155	0.044
第二次	MAP	0.018	0.016	0.013	0.011
	SPAT	0.044	0.029	0.042	0.027
第三次	MAP	0.086	0.084	0.081	0.079
	SPAT	0.111	0.031	0.109	0.029
平均		0.11	0.074	0.092	0.056
備註		發佈頻率：每秒發送一次 MAP 與 SPAT 同時發送			

腳本一為 MAP 與 SPAT 同步發出，此部分檢查封包傳輸所花費的時間，主要觀察 C4-C1 與 C3-C2 所花費的時間，C4-C1 表示整個服務完成(包含編碼、解碼以及檢核)所需要的時間，C3-C2 表示 C-V2X 無線傳輸所需要花費的時間，可以發現整體服務完成需要約 0.1 秒的時間，而 C-V2X 傳輸約 0.05 秒可完成，表示較多的運算時間花費在非傳輸的運作上，但就目前本計畫的運作皆為可接受的範圍。

表 8-16 測試結果列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本二

封包時間反應性-腳本二				
時間點	C4-C1	C4-C2	C3-C1	C3-C2
第一次	0.005	0.005	0.003	0.004
第二次	0.007	0.006	0.004	0.003
第三次	0.01	0.01	0.005	0.006
平均	0.007	0.007	0.004	0.004
備註	發佈頻率：每秒發送一次			

表 8-17 測試結果列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本三

封包時間反應性-腳本三				
時間點	C4-C1	C4-C2	C3-C1	C3-C2
第一次	0.006	0.006	0.005	0.005
第二次	0.008	0.008	0.006	0.006
第三次	0.012	0.011	0.008	0.007
平均	0.009	0.008	0.006	0.006
備註	發佈頻率：每秒發送一次			

腳本二與腳本三為 SRM 與 SSM 分別發出，可以發現反應時間皆低於 0.01 以下，與腳本一差距甚大，經過評估認為 MAP 與 SPAT 的封包較大且同時發送，皆會對於傳輸的反應時間有所影響。

表 8-18 測試結果列表[車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試-時間反應性]-腳本四

封包時間反應性-腳本四							
時間點		C4-C1	C8-C5	C9-C12	C3-C2	C7-C6	C11-C10
第一次	MAP	0.057	-	-	0.046	-	-
	SPAT	0.077	-	-	0.02	-	-
	SRM	-	0.105	-	-	0.029	-
	SSM	-	-	0.108	-	-	0.021
第二次	MAP	0.138	-	-	0.125	-	-
	SPAT	0.158	-	-	0.025	-	-
	SRM	-	0.203	-	-	0.043	-
	SSM	-	-	0.203	-	-	0.04
第三次	MAP	0.129	-	-	0.121	-	-
	SPAT	0.164	-	-	0.029	-	-
	SRM	-	0.189	-	-	0.024	-
	SSM	-	-	0.189	-	-	0.022
平均		0.12	0.165	0.166	0.061	0.032	0.027
備註		發佈頻率：每秒發送一次 MAP、SPAT、SRM 與 SSM 同時發送					

腳本四則是四項封包同時運作，傳輸的結果與腳本一類似，但可以發現 MAP 與 SPAT 傳輸下對於 SRM 與 SSM 的 C-V2X 傳輸有些微增加的情況（參考：C3-C2、C7-C6 以及 C11-C10），而整體服務上仍維持約 0.2 至 0.1 之間的反應時間。相關結果符合封包的大小與多寡會確實影響傳輸速度，但就目前的結果仍能夠符合本計畫運作，未來可調整傳輸的邏輯，仍有機會提升整體服務之效率。上述各項測試資料皆為抽樣抓取資料，測試期間仍嘗試長時間運作腳本四進行系統壓力測試，皆能夠持續穩定運作，確保記憶體控制無誤而長時間運作。

三、路側單元(RSU)優先號誌授權與執行功能測試

此單元測試著重於優先號誌授權與執行之效果測試，因此必須假設車輛發出的 SRM 封包內容，其中主要包含轉向以及預估抵達路口時間兩項參數，藉此確認優先號誌邏輯與授權是否如預期。

1. 測試功能規劃

- (1) 優先號誌授權：由路側單元(RSU)確認目前運作狀態與車輛基本資訊，決定是否授權優先通行權給予需求車輛。
- (2) 優先號誌執行：獲得授權後之車輛將依照提出的預估抵達時間計算評估是否能給予提供優先號誌，若為否，則予以拒絕，若為是，則將觸發紅燈切斷或綠燈延長策略，協助車輛快速通過路口。

2. 測試方式與情境

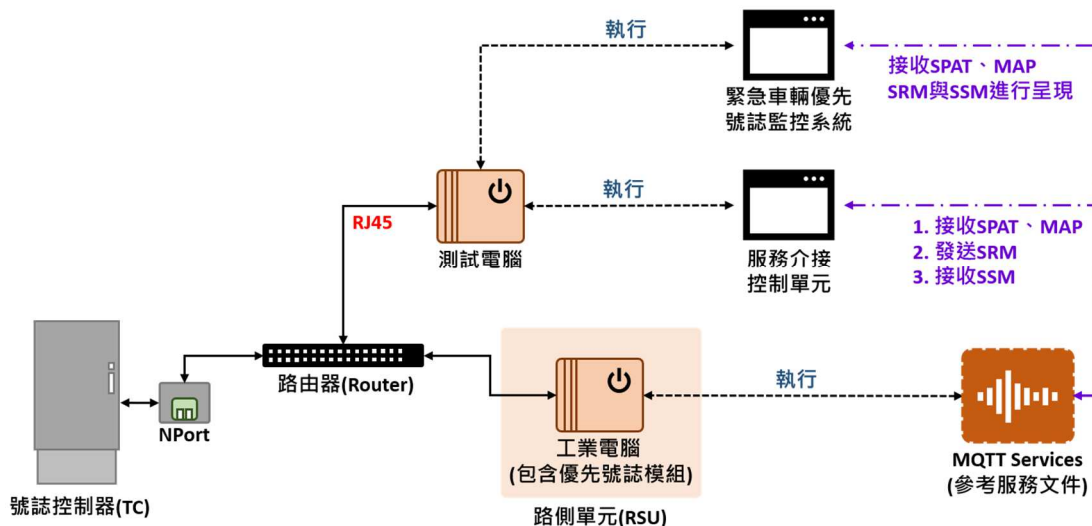


圖 8.34 路側單元(RSU)優先號誌授權與執行功能測試架構圖

硬體架構主要透過 RSU 號誌控制器，測試電腦與其介接，同時接收號誌控制器即時回報資料，相關資訊將於「緊急車輛優先號誌監控系統」呈現，顯示目前號誌倒數秒數，即時燈態、優先號誌需求資訊(SRM)與優先號誌運作狀態(SSM)。另外「服務介接控制單元」模擬 SRM 資訊，提供手動輸入預估抵達時間與行進方向，藉此模擬車輛狀態檢視授權與優先號誌運作是否正確。以下為所規劃之功能測試情境內容。

表 8-19 路側單元(RSU)優先號誌授權與執行功能測試情境列表

功能	編號	受測項目	操作流程與預期結果
優先號誌	1	優先號誌運作中需拒絕新需求(目標：實務上確保優先號誌不重複執行，衍生路口混亂)	(1) 優先號誌運作中發送 SRM，拒絕 (2) 優先號誌非運作中發送 SRM，接受

授 權	2	號誌控制器在定時控制模式才能接受新需求(目標：實務上確保特殊狀況時是不能提供優先號誌服務，例如：補償中)	(1) 定時控制模式發送 SRM，接受 (2) 補償中發送 SRM，拒絕
	3	優先號誌服務容量限制內(不同車輛 1 台)才接受新需求(目標：實務上確保單一路口不會接收過多請求，降低 RSU 忙碌程度)	(1) 連續發送 2 台不同車輛 SRM，前 1 台接受，第 2 台拒絕
	4	檢核 SRM 所填項目是否接具備，傳述格式是否正確(目標：封包檢核，避免錯誤訊息解析)	(1) 傳送完整 SRM，接受 (2) 缺漏「預估抵達時間點 Minute」欄位，拒絕 (3) 「優先車輛入向車道編號」填入字串格式，拒絕
	5	確認車種是否為緊急車輛 [緊急車輛(6)、警車(12)、消防車(13)與救護車(14)] (目標：實務上避免非緊急車輛發出需求)	(1) 「請求者車型」填入 14，為救護車，接受 (2) 「請求者車型」填入 0，為基本車輛，拒絕
	6	確認預估抵達時間是否正確 ($3 \text{ 秒} \leq \text{ETA} \leq 300^{(1)} \text{ 秒}$ ，目標：實務上避免過久的緊急車輛需求提出)	(1) 預估抵達時間為 120 秒後，接受 (2) 預估抵達時間為 600 秒後，拒絕 (3) 預估抵達時間過去時間，拒絕
	7	SSM 在 SRM 接受後持續發送，頻率為 1 秒	(1) SRM 接受後 SSM 持續發送至優先號誌需求結束時間點，每秒發送，維持接受狀態
	8	兩筆以上可接受需求透過車種與預估抵達時間擇一予以授權(目標：處理多車輛提出需求問題)	(1) 發送一筆救護車 SRM，一筆警車 SRM，救護車接受，警車拒絕
優 先 號 誌 執 行	9	優先號誌執行結束後 60 ⁽²⁾ 秒內必須接收結束指令，若否則發送取消 SSM，結束優先號誌(目標：處理車輛並未傳輸 SRM 取消狀況)	(1) SRM 持續發送至預估抵達時間加 3 秒時間後發送取消 SRM，結束優先號誌 SRM 持續發送不發送取消 SRM，預估抵達時間後 60 秒接收到取消 SSM，結束優先號誌
	10	不同預估抵達時間優先號誌反應測試，檢視結果是否如預期(目標：避免優先號誌運作異常)	各分相不同時間點發送 SRM
備 註	● 車種優先順序：救護車(14)>消防車(13)>緊急車輛(6)>警車(12) ● 上標(1)：門檻值參考來源為 Priority services for target groups (Functional description for Emergency Services, Public Transport and Logistics version 1.0.0), June 26, 2020 ● 上標(2)：門檻值參考來源為 Priority services for target groups (Functional description for Emergency Services, Public Transport and Logistics version 1.0.0), June 26, 2020 ● 各類門檻值或設定值於測試過程中若有必要則進行調整，並說明於結果表格中		

為能確保優先號誌模組運作正確，針對測試情境列表中第 10 項的「不同預估抵達時間優先號誌反應測試，檢視結果是否如預期」，更進步擬定相關各種運作情境，並檢視優先號誌模組運作績效。

此部分主要測試優先號誌模組運作與效果評估，透過手動方式在各綠燈分相步階剩餘秒數為多少時發出 SRM，SRM 的預估抵達時間亦為變動參數，以預估抵達時間為準確的前提之下，依此設計 90 個情境進行優先號誌運作測試，確保模組是正確運作如預期，再配合監控平台的 log 檔可檢視預估抵達時間點需求方向是否為綠燈，若不為綠燈則發生等候時間為多長，藉此評估模組效能。

測試情境設計上主要在車輛需求方向、預估抵達時間以及 SRM 發出時間點，相關情境整理如下表所示。表格中的 SRM 需求表示設定 SRM 的參數內容，其中的需求分相表示 SRM 中的 inbound 跟 outbound 的內容對應到時相的分相編號，ETA_Beg 表示當發出 SRM 時往後多少秒為預估抵達時間，例如：15 秒，表示發出 SRM 當下後的 15 秒為預估抵達路口時間。運作分相與步階表示目前號誌運作到第幾分相第幾步階，步階後方括號內的數字為此步階之秒數，而表格內容中的數值為運作到第幾分相第幾步階時剩餘多少秒發送 SRM，此為一項相情境，並用中括號([])標註編號對應。

舉例說明，如表格中橘色方格，為情境 9，必須在號誌運作到剩下第二分相第 1 步階剩餘 30 秒時發出 SRM 訊息，SRM 內容包含車輛期望行徑方向是屬於第一分相，在發出 SRM 後 15 秒為預估抵達開始時間，duration 設定 10 秒，表示發出 SRM 後 25 秒為預估抵達結束時間。依照此 90 個情境大致涵蓋可能發生的狀況，確認優先號誌運作如預期。

表 8-20 優先號誌測試情境列表

SRM 需求	需求方向：分相一，ETA_Beg：15 秒										SRM 需求	需求方向：分相二，ETA_Beg：15 秒									
運作分相	分相一					分相二					運作分相	分相一					分相二				
步階 1(52)	50 [1]	35 [2]	20 [3]	5 [4]		30 [9]	15 [10]	5 [11]			步階 1(52)	50 [46]	35 [47]	20 [48]	5 [49]	30 [54]	15 [55]	5 [56]			
步階 2(10)		8 [5]					8 [12]				步階 2(10)		8 [50]					8 [57]			
步階 3 (3)		2 [6]					2 [13]				步階 3 (3)		2 [51]					2 [58]			
步階 4 (3)		2 [7]					2 [14]				步階 4 (3)		2 [52]					2 [59]			
步階 5 (2)		2 [8]					2 [15]				步階 5 (2)		2 [53]					2 [60]			
SRM 需求	需求方向：分相一，ETA_Beg：30 秒										SRM 需求	需求方向：分相二，ETA_Beg：30 秒									
運作分相	分相一					分相二					運作分相	分相一					分相二				
步階 1(52)	50 [16]	35 [17]	20 [18]	5 [19]		30 [24]	15 [25]	5 [26]			步階 1(52)	50 [61]	35 [62]	20 [63]	5 [64]	30 [69]	15 [70]	5 [71]			
步階 2(10)		8 [20]					8 [27]				步階 2(10)		8 [65]					8 [72]			
步階 3 (3)		2 [21]					2 [28]				步階 3 (3)		2 [66]					2 [73]			
步階 4 (3)		2 [22]					2 [29]				步階 4 (3)		2 [67]					2 [74]			
步階 5 (2)		2 [23]					2 [30]				步階 5 (2)		2 [68]					2 [75]			
SRM 需求	需求方向：分相一，ETA_Beg：60 秒										SRM 需求	需求方向：分相二，ETA_Beg：60 秒									
運作分相	分相一					分相二					運作分相	分相一					分相二				
步階 1(52)	50 [31]	35 [32]	20 [33]	5 [34]		30 [39]	15 [40]	5 [41]			步階 1(52)	50 [76]	35 [77]	20 [78]	5 [79]	30 [84]	15 [85]	5 [86]			
步階 2(10)		8 [35]					8 [42]				步階 2(10)		8 [80]					8 [87]			
步階 3 (3)		2 [36]					2 [43]				步階 3 (3)		2 [81]					2 [88]			
步階 4 (3)		2 [37]					2 [44]				步階 4 (3)		2 [82]					2 [89]			
步階 5 (2)		2 [38]					2 [45]				步階 5 (2)		2 [83]					2 [90]			
註解	1. [i]：情境編號，(i)：步階秒數 2. 欄位內容為分相步階下之剩餘秒數，duration 皆設定為 10 秒																				

3. 測試結果

測試過程透過兩項介面進行操作，分別如下圖所示，緊急車輛優先號誌監控平台安裝於路側端的 IPC 中，彙整各項資訊，包含 TCROS 轉出的號誌訊息、V3 號誌即時訊息(5F03)、SRM 訊息內容、SSM 訊息內容、優先號誌運作狀態、車輛位置以及綠燈秒數歷史紀錄。



圖 8.35 緊急車輛優先號誌監控平台

當測試時便可透過監控平台確認狀態，手動發送 SRM 需求則仰賴車端模擬介面，可手動輸入 SRM 訊息，若優先號誌通訊模組已開啟則會回覆 SSM，並提供檢視相關訊息。車輛端號誌顯示介面如下圖所示，介面顯示 TCROS 號誌與倒數訊息，下方則提供優先號誌手動發出訊息功能。



圖 8.36 車輛端號誌顯示介面

透過手動方式發送 SRM，便配合 SSM 回覆訊息以及監控平台便可確認系統是否正常運作，若有問題並同時調校內容。

表 8-21 路側單元(RSU)優先號誌授權與執行功能測試結果

編號	測試項目	說明
1	優先號誌運作中需拒絕新需求	經過測試後皆已進行調整並測試正確
2	號誌控制器在定時控制模式才能接受新需求	
3	優先號誌服務容量限制內(不同車輛 1 台)才接受新需求	
4	檢核 SRM 所填項目是否皆具備，傳述格式是否正確	
5	確認車種是否為緊急車輛[緊急車輛(6)、警車(12)、消防車(13)與救護車(14)]	
6	確認預估抵達時間是否正確(3 秒 $\leq$ ETA $\leq$ 300 秒)	
7	SSM 在 SRM 接受後持續發送，頻率為 1 秒	
8	兩筆以上可接受需求透過車種與預估抵達時間擇一予以授權	
9	優先號誌執行結束後 60 秒內必須接收結束指令，若否則發送取消 SSM，結束優先號誌	
10	不同預估抵達時間優先號誌反應測試，檢視結果是否如預期	

針對測試情境列表中第 10 項的各項情境設計進行優先號誌測試，並記錄相關 log 訊息，整理分析如下表所示，其中各欄位說明分述如下：

- (1) SRM 發出時間：SRM 接收到的時間。
- (2) 需求 PhaseID：SRM 中提出的需求方向對應到的綠燈分相編號。
- (3) ETA 開始時間：SRM 中提出的預估抵達路口開始時間。
- (4) ETA 結束時間：SRM 中提出的預估抵達路口結束時間。
- (5) 實施策略：包含 ExtendG、CutR 以及 NothingToDo，分別為綠燈延長、紅燈延長以及不需處理即可通過。
- (6) 調整 PhaseID：若為綠燈延長或紅燈切斷時，表示調整了哪一個分相。
- (7) 有效時間：下達 5F1C 中的有效時間。
- (8) 調整秒數：異動了多少秒數，綠燈延長為正，紅燈切斷為負。
- (9) 綠燈開始時間：透過監控程式擷取每個分相的綠燈開始與結束時間，若有策略調整將會反應在此時間上。
- (10) 等候時間：綠燈開始時間減去 ETA 開始時間，若為小於等於 0 表示沒有等候時間發生，設為 0，若大於 0 表示有等候時間發生。

以編號 6 情境說明，14:07:03 發出 SRM，期望第一分相通過路口，預期 14:07:18(15 秒)至 14:07:28 之間抵達路口，經過計算發現抵達時間為分相二開始運作，因此執行紅燈切斷(CutR)，將第二分相切斷(調整 PhaseID 為 2)，盡快進入第一分相，將有效時間設定為 3，表示分相二減少了 29 秒的綠燈，但仍保有 16 秒的行閃行紅(13 秒)以及緩衝秒數(3 秒，有效時間設定不

可低於 3 秒，避免延遲或是其他特殊狀況造成號誌出現異常)，因此仍造成了 9 秒的等候時間。

表 8-22 優先號誌情境測試結果

編號	SRM 發出 時間	需求 PhaseID	ETA 開始時 間	ETA 結束時 間	實施策略	調整 PhaseID	有效 時間	調整 秒數	綠燈開 始時間	綠燈結 束時間	等候 時間 (秒)
[1]	11:58:01	1	11:58:16	11:58:26	NothingToDo	-	-	-	11:57:58	11:59:03	0
[2]	12:00:16	1	12:00:31	12:00:41	NothingToDo	-	-	-	11:59:58	12:01:03	0
[3]	12:04:30	1	12:04:45	12:04:55	NothingToDo	-	-	-	12:03:58	12:05:03	0
[4]	12:06:45	1	12:07:00	12:07:10	ExtendG	1	61	9	12:05:58	12:07:11	0
[5]	14:46:51	1	14:47:06	14:47:16	ExtendG	1	23	13	14:45:58	14:47:14	0
[6]	14:07:03	1	14:07:18	14:07:28	CutR	2	3	-29	14:07:27	14:08:32	9
[7]	14:13:04	1	14:13:19	14:13:29	CutR	2	3	-29	14:13:26	14:14:31	7
[8]	14:22:55	1	14:23:10	14:23:20	CutR	2	3	-29	14:23:29	14:24:34	19
[9]	16:05:10	1	16:05:25	16:05:35	CutR	2	3	-29	16:05:31	16:06:36	6
[10]	16:11:24	1	16:11:39	16:11:49	CutR	2	17	-35	16:11:45	16:12:50	6
[11]	16:19:34	1	16:19:49	16:19:59	CutR	2	28	-4	16:19:56	16:21:01	7
[12]	16:23:41	1	16:23:56	16:24:06	NothingToDo	-	-	-	16:23:56	16:25:01	0
[13]	16:51:50	1	16:52:05	16:52:15	NothingToDo	-	-	-	16:51:56	16:53:01	0
[14]	16:55:53	1	16:56:08	16:56:18	NothingToDo	-	-	-	16:55:56	16:57:01	0
[15]	16:59:55	1	17:00:10	17:00:20	NothingToDo	-	-	-	16:59:56	17:01:01	0
[16]	15:01:58	1	15:02:28	15:02:38	NothingToDo	-	-	-	15:01:56	15:03:01	0
[17]	15:04:13	1	15:04:43	15:04:53	NothingToDo	-	-	-	15:03:56	15:05:01	0
[18]	15:06:29	1	15:06:59	15:07:09	ExtendG	1	61	9	15:05:57	15:07:11	0
[19]	17:14:47	1	17:15:17	17:15:27	CutR	2	3	-29	17:15:30	17:17:04	13
[20]	15:38:54	1	15:39:24	15:39:34	CutR	2	3	-29	15:39:31	15:40:37	7
[21]	17:35:00	1	17:35:30	17:35:40	CutR	2	3	-29	17:35:28	17:36:33	0
[22]	17:41:05	1	17:41:35	17:41:45	CutR	2	10	-22	17:41:37	17:42:42	2
[23]	17:49:07	1	17:49:37	17:49:47	CutR	2	9	-23	17:49:36	17:50:41	0
[24]	10:54:13	1	10:54:42	10:54:52	CutR	2	14	-18	10:54:42	10:55:47	0
[25]	11:04:12	1	11:04:42	11:04:52	CutR	2	14	-18	11:04:41	11:05:46	0
[26]	11:10:28	1	11:10:57	11:11:07	CutR	2	29	-3	11:10:56	11:12:01	0
[27]	11:18:41	1	11:19:11	11:19:21	NothingToDo	-	-	-	11:18:59	11:20:04	0
[28]	11:22:44	1	11:23:14	11:23:24	NothingToDo	-	-	-	11:22:59	11:24:04	0
[29]	11:26:53	1	11:27:22	11:27:32	NothingToDo	-	-	-	11:26:59	11:28:04	0
[30]	11:30:56	1	11:31:25	11:31:35	NothingToDo	-	-	-	11:30:59	11:32:04	0
[31]	18:05:59	1	18:06:59	18:07:09	ExtendG	1	60	8	18:05:56	18:07:09	0
[32]	18:16:17	1	18:17:17	18:17:27	CutR	2	3	-29	18:17:30	18:19:04	13
[33]	18:22:32	1	18:23:32	18:23:42	CutR	2	4	-28	18:23:31	18:24:36	0

編號	SRM 發出 時間	需求 PhaseID	ETA 開始時 間	ETA 結束時 間	實施策略	調整 PhaseID	有效 時間	調整 秒數	綠燈開 始時間	綠燈結 束時間	等候 時間 (秒)
[34]	18:28:44	1	18:29:44	18:29:54	CutR	2	19	-13	18:29:43	18:30:48	0
[35]	18:34:51	1	18:35:51	18:36:01	CutR	2	25	-7	18:35:49	18:36:54	0
[36]	18:49:00	1	18:50:00	18:50:10	NothingToDo	-	-	-	18:49:57	18:51:01	0
[37]	18:53:02	1	18:54:02	18:54:12	NothingToDo	-	-	-	18:53:56	18:55:02	0
[38]	18:57:05	1	18:58:05	18:58:15	NothingToDo	-	-	-	18:57:57	18:59:02	0
[39]	11:42:12	1	11:43:11	11:43:21	NothingToDo	-	-	-	11:42:59	11:44:03	0
[40]	11:46:27	1	11:47:26	11:47:36	NothingToDo	-	-	-	11:46:58	11:48:03	0
[41]	11:50:40	1	11:51:40	11:51:50	NothingToDo	-	-	-	11:50:58	11:52:03	0
[42]	11:54:43	1	11:55:43	11:55:53	NothingToDo	-	-	-	11:54:58	11:56:03	0
[43]	15:51:52	1	15:52:52	15:53:02	NothingToDo	-	-	-	15:51:56	15:53:02	0
[44]	15:55:53	1	15:56:53	15:57:03	ExtendG	1	55	3	15:55:56	15:57:05	0
[45]	15:59:56	1	16:00:56	16:01:06	ExtendG	1	58	6	15:59:56	16:01:08	0
[46]	17:15:59	2	17:16:14	17:16:24	CutR	1	3	-49	17:16:19	17:17:04	5
[47]	17:22:14	2	17:22:29	17:22:39	CutR	1	18	-34	17:22:35	17:23:20	6
[48]	17:28:28	2	17:28:43	17:28:53	CutR	1	32	-20	17:28:49	17:29:34	6
[49]	17:34:44	2	17:34:59	17:35:09	CutR	1	42	-10	17:35:05	17:35:50	6
[50]	17:38:51	2	17:39:06	17:39:16	NothingToDo	-	-	-	17:39:06	17:39:51	0
[51]	18:01:00	2	18:01:15	18:01:25	NothingToDo	-	-	-	18:01:06	18:01:51	0
[52]	18:03:02	2	18:03:17	18:03:27	NothingToDo	-	-	-	18:03:06	18:03:51	0
[53]	18:05:05	2	18:05:20	18:05:30	NothingToDo	-	-	-	18:05:06	18:05:51	0
[54]	09:55:09	2	09:55:24	09:55:34	NothingToDo	-	-	-	09:55:06	09:55:51	0
[55]	09:57:23	2	09:57:38	09:57:48	NothingToDo	-	-	-	09:57:06	09:57:50	0
[56]	09:59:33	2	09:59:48	09:59:58	ExtendG	2	41	9	09:59:05	09:59:59	0
[57]	10:05:40	2	10:05:55	10:06:05	ExtendG	2	18	15	10:05:05	10:06:05	0
[58]	10:17:51	2	10:18:06	10:18:16	CutR	1	3	-49	10:18:19	10:19:37	13
[59]	10:25:53	2	10:26:08	10:26:18	CutR	1	3	-49	10:26:19	10:27:37	11
[60]	10:35:55	2	10:36:10	10:36:20	CutR	1	3	-49	10:36:19	10:37:04	9
[61]	09:46:00	2	09:46:30	09:46:40	CutR	1	14	-38	09:46:29	09:47:14	0
[62]	09:52:15	2	09:52:45	09:52:55	CutR	1	29	-23	09:52:44	09:53:29	0
[63]	10:00:30	2	10:01:00	10:01:10	CutR	1	42	-10	10:00:59	10:01:44	0
[64]	10:10:43	2	10:11:13	10:11:23	NothingToDo	-	-	-	10:11:06	10:11:51	0
[65]	10:12:50	2	10:13:20	10:13:30	NothingToDo	-	-	-	10:13:06	10:13:51	0
[66]	18:06:59	2	18:07:29	18:07:39	NothingToDo	-	-	-	18:07:06	18:07:51	0
[67]	18:09:02	2	18:09:32	18:09:42	NothingToDo	-	-	-	18:09:06	18:09:51	0
[68]	18:11:05	2	18:11:35	18:11:45	NothingToDo	-	-	-	18:11:06	18:11:51	0
[69]	10:51:08	2	10:51:38	10:51:48	NothingToDo	-	-	-	10:51:06	10:51:51	0
[70]	10:53:23	2	10:53:53	10:54:03	ExtendG	2	23	13	10:53:06	10:54:04	0

編號	SRM 發出時間	需求 PhaseID	ETA 開始時間	ETA 結束時間	實施策略	調整 PhaseID	有效 時間	調整 秒數	綠燈開 始時間	綠燈結 束時間	等候 時間 (秒)
[71]	11:01:36	2	11:02:06	11:02:16	CutR	1	3	-49	11:02:21	11:03:39	15
[72]	11:09:41	2	11:10:11	11:10:21	CutR	1	3	-49	11:10:19	11:11:04	8
[73]	11:23:50	2	11:24:20	11:24:30	CutR	1	4	-48	11:24:20	11:25:05	0
[74]	11:31:55	2	11:32:25	11:32:35	CutR	1	8	-44	11:32:24	11:33:09	0
[75]	12:07:54	2	12:08:24	12:08:34	CutR	1	9	-43	12:08:23	12:09:08	0
[76]	10:52:01	2	10:53:01	10:53:11	CutR	1	44	-8	10:53:01	10:53:46	0
[77]	10:58:16	2	10:59:16	10:59:26	NothingToDo	-	-	-	10:59:09	10:59:54	0
[78]	11:00:31	2	11:01:31	11:01:41	NothingToDo	-	-	-	11:01:08	11:01:53	0
[79]	11:02:45	2	11:03:45	11:03:55	ExtendG	2	36	4	11:03:08	11:03:57	0
[80]	11:36:50	2	11:37:50	11:38:00	ExtendG	2	40	8	11:37:05	11:37:58	0
[81]	18:12:59	2	18:13:59	18:14:09	CutR	1	3	-49	18:14:19	18:15:36	20
[82]	18:21:02	2	18:22:02	18:22:12	CutR	1	3	-49	18:22:19	18:23:36	17
[83]	18:29:04	2	18:30:04	18:30:14	CutR	1	3	-49	18:30:18	18:31:35	14
[84]	13:39:11	2	13:40:11	13:40:21	CutR	1	3	-49	13:40:21	13:41:06	10
[85]	13:51:23	2	13:52:23	13:52:33	CutR	1	9	-43	13:52:23	13:53:08	0
[86]	13:59:33	2	14:00:33	14:00:43	CutR	1	19	-33	14:00:33	14:01:17	0
[87]	14:07:42	2	14:08:42	14:08:52	CutR	1	26	-26	14:08:41	14:09:26	0
[88]	14:15:51	2	14:16:51	14:17:01	CutR	1	35	-17	14:16:51	14:17:35	0
[89]	14:23:55	2	14:24:55	14:25:05	CutR	1	37	-15	14:24:53	14:25:38	0
[90]	14:31:57	2	14:32:57	14:33:07	CutR	1	39	-13	14:32:56	14:33:41	0

依照相關測試結果進行統計分析，藉此了解在此 90 個情境測試下，整體運作效果如何，會發生無法通過的可能性多高。相關統計結果整理如下表。

表 8-23 情境測試統計表

總旅次數：	90
經調整總旅次數：	55
需要等候旅次數：	23
需要等候比例：	25.556%
調整後仍需等候比例：	41.818%
總等候秒數：	229
平均等候秒數：	4.164

每一個情境為一個旅次，因此共有 90 個旅次進行測試，其中有 55 次是需要優先號誌策略調整的，45 次為可以直接通過路口，其中有 23 次仍須等候，占總旅次的 25.556%(23/90)，佔調整總旅次 41.818%(23/55)，總後秒數為 229 秒，平均等候 4.164 秒(229/55)。

經過相關測試後可以發現綠燈延長部分皆能夠順利通過路口，但紅燈切

斷部分仍有要視預估抵達時間落在何處，若第一步階行車綠足夠減少，便能順利通過路口，若不足夠(受限於保護區段，行閃、行紅、黃燈與紅燈)仍有機會無法通過衍生等候。此外，透過長時間監控平台檢視，可以發現當號誌進行紅燈截斷後通會經過一到兩個周期調整後便會回到正常運作狀態，如下圖所示，可以發現進行紅燈切斷後大約都落在兩個周期調整便可完成，調整的幅度也受到切斷的大小而有所差異。

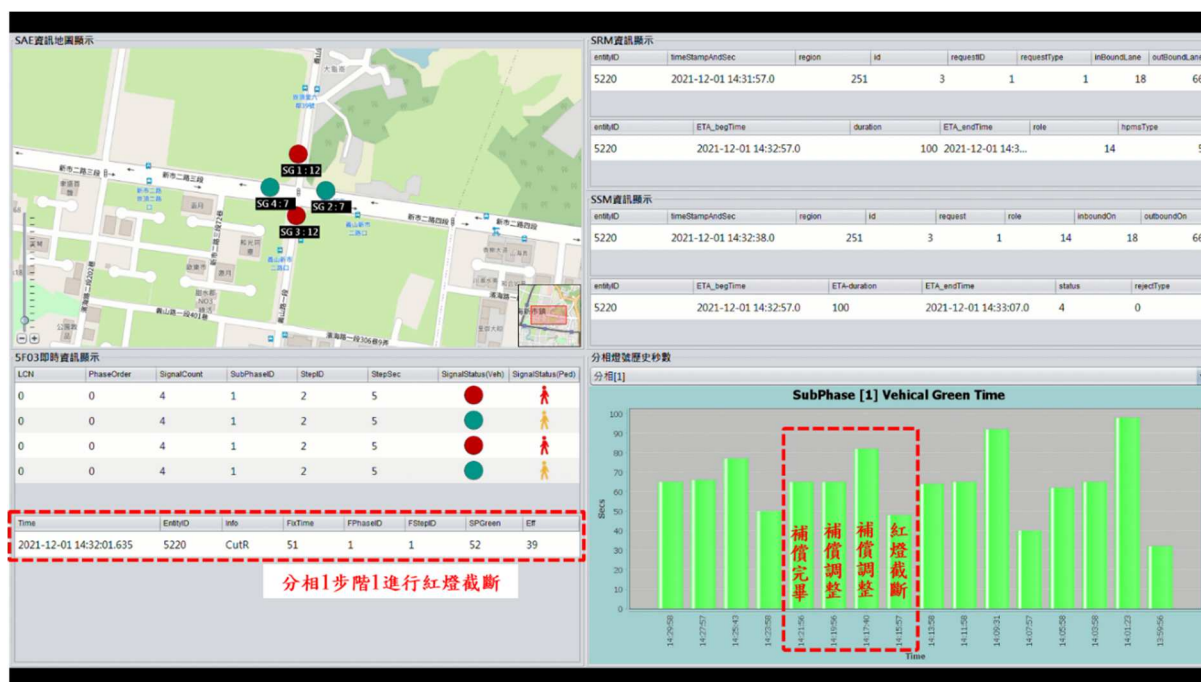


圖 8.37 優先號誌運作與補償檢視

四、緊急車輛優先號誌系統整合功能測試

前述三個測試單元測試無誤後進行系統整合測試，將車用電腦與車輛單元(OBU)串接，由 OBU 以 MQTT 服務方式提供車輛使用。進入鄰近路口後，車輛將持續接收 MAP 與 SPAT 資訊，並依照需求發佈 SRM 訊息，並持續接收 SSM 訊息，待需求滿足後結束優先號誌。

此測試為路側端與車輛端整合測試，因實驗室中受限於無 GPS 信號，因此以模擬車輛點位的方式發送，並依照所擬定的不同方向情境進行測試，包含相關訊息於車機畫面顯示，同時確認號誌運作與路側單元(RSU)是否如預期運作，並依狀況修正。

1. 測試功能規劃

- (1) 路口號誌即時燈態與剩餘秒數車機顯示：車用電腦配合 SPAT 與 MAP 資訊抓出車輛行進方向的燈態與剩餘秒數於車輛端顯示介面進行顯

示。

- (2) 緊急車輛訊息車輛推播：車輛發出訊息(符合 EVA 通訊協定格式)至雲端，進一步推播至其他車輛進行顯示。
- (3) 車輛導引與優先號誌執行：車輛出發後先顯示導引路徑，區分無事件偵測與有事件偵測兩種情境，實驗室測試時以模擬資訊進行觸發，無事件時無須觸發，有事件則會在車機導航介面上變換路徑，抵達路口時發佈 SRM 進行優先號誌請求，接受後持續接收 SSM，顯示於車機畫面，最後通過路口結束優先號誌。

2. 測試方式與情境

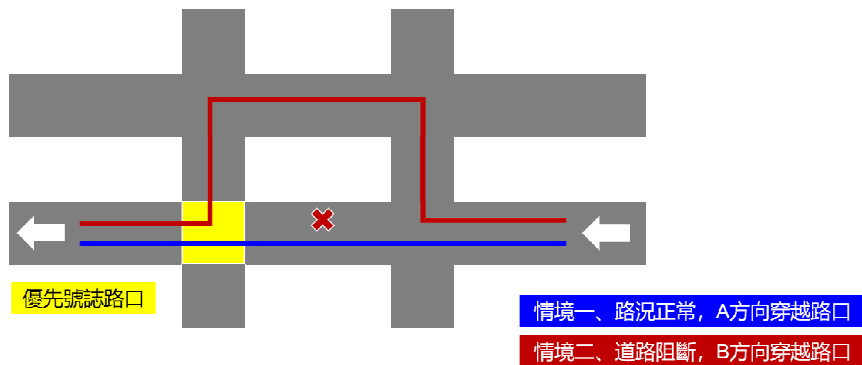


圖 8.38 緊急車輛優先號誌系統整合功能測試情境示意圖

情境一描述車輛透過中心端整合即時道路訊息進行路徑規劃提供緊急車輛行駛，行駛過程同時發佈緊急車輛訊息(格式內容同 SAE EVA)通知一般車輛避讓，經過路口時亦透過車聯網優先號誌運作順利通過路口。

情境二描述在路徑規劃時出現車禍或是道路修整之特殊情況，變更行進路徑，改以繞路的方式避過異常狀態，同時發佈緊急車輛訊息(格式內容同 SAE EVA)通知一般車輛，並配合車聯網優先號誌運作順利通過路口。

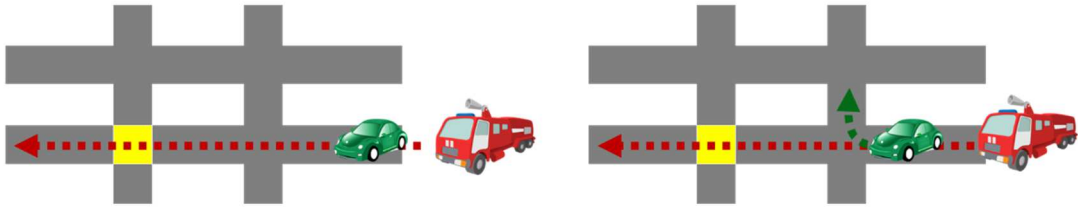
此運作情境表示數位神經中樞能夠透過中心端(大腦)先行整體運作規劃，抵達路口時亦能夠透過路側邊緣運算(下意識)提供不同方向的即時服務。將上述情境繪製運作流程圖，如圖 8.39、圖 8.40 所示。

3. 測試結果

此部分測試涉及到車端主機，除了車用電腦安裝車輛端號誌顯示介面用以檢視號誌資訊外，主要發送 SRM 仍仰賴車端導航機，團隊配合客製化修改導航王功能，當車輛開始運作前將設定目的地，透過導航王進行導引，當路口事件偵測為有事件時將會通報改道，並且由導航王評估計算預估抵達路口時間，在進入路口範圍時發送 SRM 藉此觸發優先號誌。此外，緊急車輛將會以無線 5G 通訊方式傳輸 EVA 封包格式通知在相同路徑的一般車輛進

行緊急車輛顯示。此測試部分將會使用到平板以及 GPS 路徑模擬，相關介面如下圖所示，相關測試結果如表 8-24 所述。

1.出發前，2車於導航車機選擇情境一，開始導航。



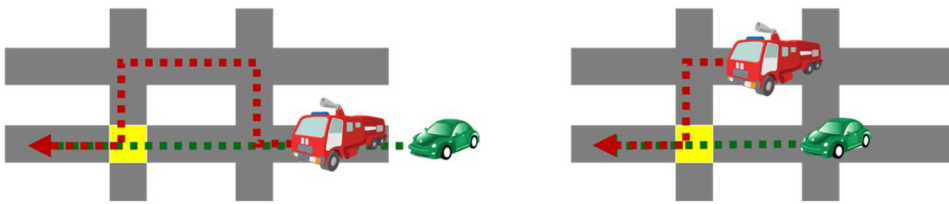
3.緊急車輛向路側發送SRM，接收SPAT、SSM並顯示於導航車機；觸發優先號誌控制邏輯。

4.抵達路口前，通行時相為綠燈，快速穿越。



圖 8.39 緊急車輛優先號誌系統整合功能測試流程示意圖(情境一)

1.出發前，2車於導航車機選擇情境二，開始導航。



3.緊急車輛向路側發送SRM，接收SPAT、SSM並顯示於導航車機；觸發優先號誌控制邏輯。

4.抵達路口前，通行時相為綠燈，快速穿越；綠車被紅燈阻斷，緊急車輛穿越後，恢復通行。

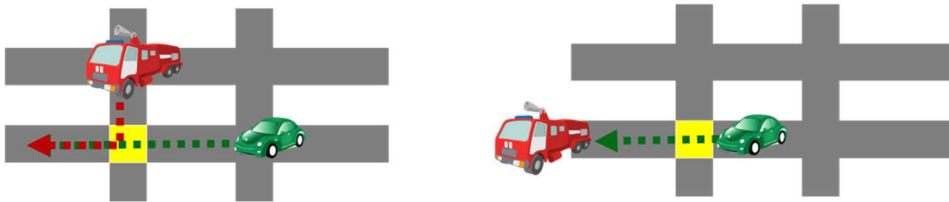


圖 8.40 緊急車輛優先號誌系統整合功能測試流程示意圖(情境二)



圖 8.41 車輛端導航介面-事件偵測車輛改道導引



圖 8.42 車輛端導航介面-緊急車輛 EVA 通知

表 8-24 測試結果說明列表[緊急車輛優先號誌系統整合功能測試]

資料來源：本計畫彙整

情境一			
編號	功能	功能確認結果說明	
		緊急車輛	一般車輛
1	路口號誌即時燈態與剩餘秒數 (MAP 與 SPAT)車機顯示	於車輛端號誌顯示介面順利顯示。	
2	緊急車輛訊息車輛推播	緊急車輛即時發出位址訊號至雲端中心。	一般車輛導航程式比對路徑相同情況下發出通報訊息。
3	車輛導引畫面顯示	出發前設定導航後顯示導航畫面。	
4	提出優先號誌請求 (SRM)畫面顯示	SRM 發出以小氣泡方式顯示於畫面下方。	
5	接收 RSU 發佈之狀態訊息 (SSM)畫面顯示	與推播訊息相同呈現方式，顯示於畫面右側，告知需求接受、拒絕或處理中等狀態。	
6	結束優先號誌畫面顯示	通過後不再顯示 SRM 送出氣泡，並完成導航路徑。	
7	緊急車輛優先號誌監控系統顯示整體運作狀態(包含號誌時制、Log 紀錄與車輛位置顯示)	檢視緊急車輛優先號誌監控平台地圖畫面顯示車輛位置、號誌訊號以及即時秒數，同時顯示 SRM、SSM 以及優先號誌執行內容，各項 log 檔紀錄於程式資料夾下的 log 資料夾下，依照日期區分，每日有 5 個 log 檔。	
情境二			
編號	功能	功能確認結果說明	
		緊急車輛	一般車輛
1	路口號誌即時燈態與剩餘秒數 (MAP 與 SPAT)車機顯示	於車輛端號誌顯示介面順利顯示。	
2	緊急車輛訊息車輛推播	緊急車輛即時發出位址訊號至雲端中心。	一般車輛導航程式比對路徑，有所重疊情況下發出通報訊息。

3	車輛導引畫面顯示	出發前設定導航後顯示導航畫面，當事件觸發後導航路徑變換成繞道路徑。	
4	提出優先號誌請求 (SRM)畫面顯示	SRM 發出以小氣泡方式顯示於畫面下方。	
5	接收 RSU 發佈之狀態訊息(SSM)畫面顯示	與推播訊息相同呈現方式，顯示於畫面右側，告知需求接受、拒絕或處理中等狀態。	
6	結束優先號誌畫面顯示	通過後不再顯示 SRM 送出氣泡，並完成導航路徑。	
7	緊急車輛優先號誌監控系統顯示整體運作狀態(包含號誌時制、Log 紀錄與兩車輛位置顯示)	檢視緊急車輛優先號誌監控平台地圖畫面顯示車輛位置、號誌訊號以及即時秒數，同時顯示 SRM、SSM 以及優先號誌執行內容，各項 log 檔紀錄於程式資料夾下的 log 資料夾下，依照日期區分，每日有 5 個 log 檔。	

8.4 場域整合測試

本計畫今年度以淡海新市鎮場域進行單一路口實地測試，此場域為交通部科技顧問室所執行之「淡海試驗場域之車聯網應用服務」計畫構建而成，範圍如圖 8.43，此計畫目標為補足我國自駕車於車聯網領域所需測試功能，並期望建構淡海新市鎮成為我國首座開放式車聯網檢驗、測試、及驗證的場域，為我國自駕車產業發展助一臂之力。因此在交通部「110 至 113 年智慧運輸系統發展建設計畫」的政策支持下，於 2020 年推動「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」，並在淡海新市鎮建置全國第一座「開放式車聯網試驗場域」。淡海試驗場域占地面積約 48 公頃，以新市六路二段、沙崙路一、二段、濱海路二段、義山路一、二段建構出 A1 到 A10 共十個路口做為實際測試車聯網相關應用的環境。



資料來源：「淡海試驗場域之車聯網應用服務」(2020)

圖 8.43 淡海新市鎮智慧交通場域

經挑選後選擇新市二路與義山路交叉路口(A3)，新市二路為雙向兩車道，靠近路口設置左轉保護車道，義山路為雙向兩車道。



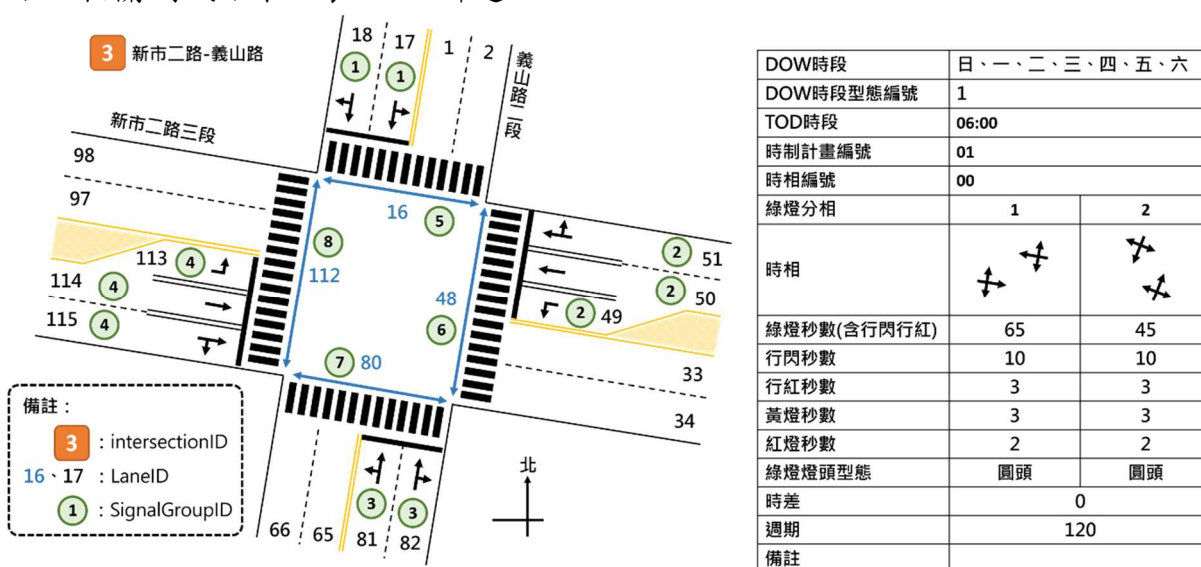
資料來源：本計畫繪製

圖 8.44 新市二路與義山路路口現況

目前測試路口時制計畫為全天候簡單二時相，預計測試路口將使用具備 TCROS 通訊協定之號誌控制器進行運作測試，相關配合產製的 V2X MAP 亦須配合製作，路口相關資訊如下圖所示。

依照上述情境，配合車輛搭載設備與介接資訊，規劃車輛由出發到抵達終點之相關流程，說明如表 8-25、8-26。

上述過程中包含透過 5G 傳輸配合 VPN 連線檢視由交通部「淡海試驗場域之車聯網應用服務」計畫建置於 A3 路口之 CCTV，在 5G 傳輸的情況下所檢視的影像極為順暢而無卡頓情況，以利車輛提前知曉路口狀態，相關畫面如下圖所示，相關測試結果如表 8-27 所述。



資料來源：「淡海試驗場域之車聯網應用服務」(2020)

圖 8.45 新市二路與義山路路口(A3)C-V2X MAP 資訊與時制計畫

表 8-25 場域測試情境運作說明(情境一)

資料來源：本計畫彙整

圖示	
	
步驟	流程說明
1	出發前透過 5G 通訊連結 CCTV 平台檢視 A3 路口影像。
2	車輛起點出發，AI 車前影像持續辨識前方車輛數。
3	通知一般車輛緊急車輛通過訊息。
4	A2 路口 AI CCTV 偵測無事件發生，中心導航直行前往 A3。
5	接收到 A3 路口 MAP 與 SPAT 資訊，擷取最新一筆 AI 車前影像持續辨識結果，辨識輕微壅塞，調整預估抵達路口時間，發送優先號誌需求訊息(SRM)。
6	路側單元(RSU)接收需求，接受，運作優先號誌模組，同時開始回傳號誌狀態訊息(SSM)。
7	執行紅燈切斷或綠燈延長，讓車輛通過 A3 路口時為可直行綠燈分相。
8	車輛直行通過路口，發出優先號誌需求訊息(SRM)的取消指令。
9	結束優先號誌運作，路口時制切換回定時時制。

表 8-26 場域測試情境運作說明(情境二)

資料來源：本計畫彙整

圖示	
	

步驟	流程說明
1	出發前透過 5G 通訊連結 CCTV 平台檢視 A3 路口影像。
2	車輛起點出發，AI 車前影像持續辨識前方車輛數。
3	通知一般車輛緊急車輛通過訊息。
4	A2 路口 AI CCTV 偵測有事件發生，中心導航右轉閃避繞行前往 A3。
5	經過兩次左傳後抵達新市三路(A3 路口鄰近路段)
6	接收到 A3 路口 MAP 與 SPAT 資訊，擷取最新一筆 AI 車前影像持續辨識結果，辨識無壅塞，整合計算預估抵達時間，發送優先號誌需求訊息(SRM)。
7	路側單元(RSU)接收需求，接受，運作優先號誌模組，同時開始回傳號誌狀態訊息(SSM)。
8	執行紅燈切斷或綠燈延長，讓車輛通過 A3 路口時為可右轉之綠燈分相。
9	車輛右轉通過路口，發出優先號誌需求訊息(SRM)的取消指令。
10	結束優先號誌運作，路口時制切換回定時時制。

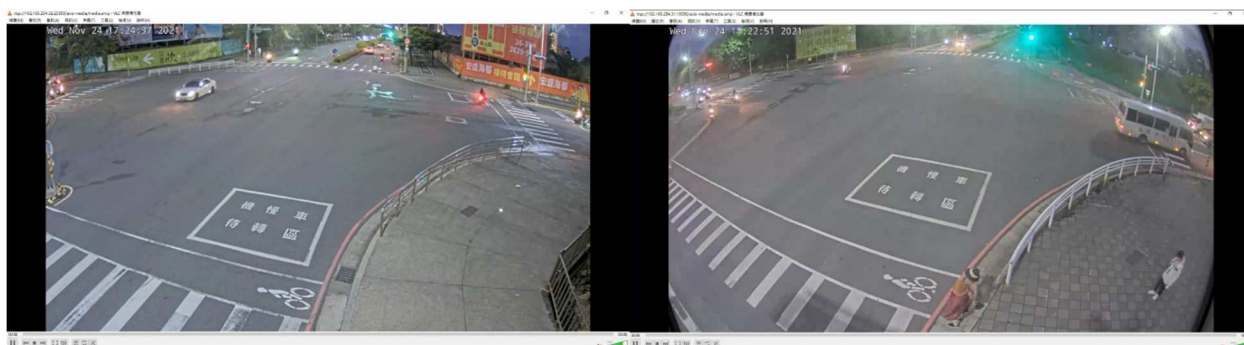


圖 8.46 新市二路與義山路路口(A3)CCTV 即時畫面

表 8-27 場域測試結果說明列表

資料來源：本計畫彙整

情境一			
編號	功能	功能確認結果說明	
		緊急車輛	一般車輛
1	路口號誌即時燈態與剩餘秒數(MAP 與 SPAT)車機顯示	順利透過 C-V2X 無線通訊接收 SPAT 與 MAP 訊息，涵蓋範圍受遮蔽影響，但仍能夠涵蓋到 200 到 350 公尺。	
2	緊急車輛訊息車輛推播	緊急車輛即時發出位址訊號至雲端中心，受限於無線通訊，車輛位置更新較不穩定。	一般車輛導航程式比對路徑相同情況下發出通報訊息。
3	車輛導引畫面顯示	出發前設定導航後顯示導航畫面。	
4	提出優先號誌請求(SRM)畫面顯示	SRM 發出以小氣泡方式顯示於畫面下方。	
5	接收 RSU 發佈之狀態訊息(SSM)畫面顯示	與推播訊息相同呈現方式，顯示於畫面右側，告知需求接受、拒絕或處理中等狀態。	
6	結束優先號誌畫面顯示	通過後不再顯示 SRM 送出氣泡，並完成導航路徑。	
7	緊急車輛優先號誌監	檢視緊急車輛優先號誌監控平台地圖	

	控系統顯示整體運作狀態(包含號誌時制、Log 紀錄與兩車輛位置顯示)	畫面顯示車輛位置、號誌訊號以及即時秒數，同時顯示 SRM、SSM 以及優先號誌執行內容，各項 log 檔紀錄於程式資料夾下的 log 資料夾下，依照日期區分，每日有 5 個 log 檔。	
情境二			
編號	功能	功能確認結果說明	
		緊急車輛	一般車輛
1	路口號誌即時燈態與剩餘秒數 (MAP 與 SPAT)車機顯示	緊急車輛即時發出位址訊號至雲端中心。	
2	緊急車輛訊息車輛推播	緊急車輛即時發出位址訊號至雲端中心。	一般車輛導航程式比對路徑，有所重疊情況下發出通報訊息。
3	車輛導引畫面顯示	出發前設定導航後顯示導航畫面，透過路側 AICCTV 辨識壅塞事件，當事件觸發後導航路徑變換成繞道路徑。	
4	提出優先號誌請求 (SRM)畫面顯示	SRM 發出以小氣泡方式顯示於畫面下方。	
5	接收 RSU 發佈之狀態訊息(SSM)畫面顯示	與推播訊息相同呈現方式，顯示於畫面右側，告知需求接受、拒絕或處理中等狀態。	
6	結束優先號誌畫面顯示	通過後不再顯示 SRM 送出氣泡，並完成導航路徑。	
7	緊急車輛優先號誌監控系統顯示整體運作狀態(包含號誌時制、Log 紀錄與兩車輛位置顯示)	檢視緊急車輛優先號誌監控平台地圖畫面顯示車輛位置、號誌訊號以及即時秒數，同時顯示 SRM、SSM 以及優先號誌執行內容，各項 log 檔紀錄於程式資料夾下的 log 資料夾下，依照日期區分，每日有 5 個 log 檔。	

8.5 綜合探討

本計畫透過實驗室與場域實地測試，茲將測試過程與經驗彙整探討分述如下：

一、車載設備需持續整合

本計畫中在車輛端安裝較多設備進行整合測試，包含 5G Router(含 SIM 卡)、車用電腦(IPC)、C-V2X 接收單元(OBU)、車前 AI 影像辨識鏡頭與其主機以及導航平板，最為重要需要解決的即為電力問題，因此各項功能的軟硬體應進一步整合至單一主機，減少電力使用，並且也減少通訊上可能的掉包的風險。

二、車輛端預估抵達時間精進

本計畫參考本計畫參考國外車聯網優先號誌運作機制，由車輛提供預估抵達路口時間區間，此時間區間將做為號誌調整的重要依據來源，因此預估準確與否是一項重要的課題。在沒有塞車且車輛不多的情況下，單一路口範圍的時間預估是相對容易，但若應用在車輛較多且較壅塞之路段或是過飽和路口(路口端綠燈無法將車輛皆釋放完畢)受到車輛阻擋時，此估計便會相對複雜，若是處於多路口狀況，可能更需要考慮行徑路線中的紅綠燈停等影響。

因此，在 SAE 的 SRM 標準中仍保有一段時間誤差區間，藉此提高運作優先號誌之效率。綜合來看問題，此數值需要更多資訊進行評估計算，過往常見的技術為透過路口裝設偵測設備偵測路口壅塞狀況，便可藉此自主調整優先號誌的實施，依照過往的偵測設備的範圍都極為有限，而偵測範圍受制於設置的桿件位置，若本身已裝設較多設備亦須考慮載重，因此路口偵測的方式有其效益但仍有限制，另一個資料源則是透過車輛端自身資訊，透過車上設備動態偵測前方是否有車輛阻擋導致預估抵達時間的錯估，若是考慮準度仍需考慮偵測的角度，以影像偵測為例，若是偵測範圍受到前方完全阻擋，在預估上便只能辨識有無車輛阻擋，無法確實知道需要多少時間抵達路口，若是影像位置架設在車頂以較高的角度偵測前方排隊長度，在沒有更高車輛阻擋下應能夠較為準確。考慮此點，本計畫特別嘗試加裝設備，偵測前方車輛數，轉為有無車輛，進一步增加預估抵達時間(1 分鐘)，但此部分增加的幅度仍需後續多加研究與設計。

綜合而言，車輛抵達路口時間的預估是一項重要且複雜的課題，需要車輛偵測、路口偵測、號誌燈號等資訊進行評估計算方能解決複雜問題，因此仍有待後續持續研究與探討。

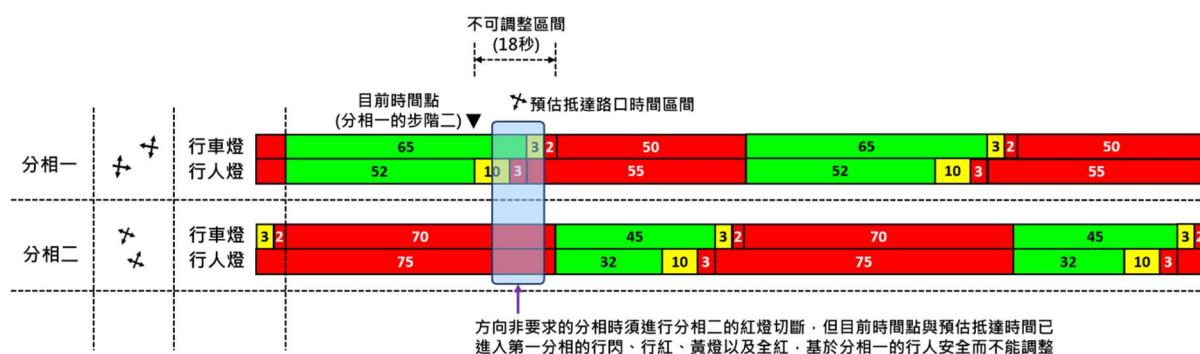
三、優先號誌無法確保車輛能夠百分之百能夠通過路口

本計畫參考國外車聯網優先號誌運作機制進行測試，由車輛提供通行方向以及預估抵達路口時間，藉此讓號誌讓此方向的燈號能夠抵達路口的時間保持綠燈，但號誌運作下的各綠燈分相本身仍必須保有最少的秒數，以避免正在運作的車輛或行人能夠安全通過路口。

在我國的號誌運作機制中，每個燈號包含五步階(行車綠燈、行人閃燈、行人紅燈、黃燈以及全紅燈)，若是運作綠燈延長的情況下，將有機會提高前三步階的時間，造成的影響為其他方向等待較久，較無安全疑慮。若是運作紅燈切斷時就必須考慮到綠燈秒數必須能讓目前正在移動行車與行人有時間通過，依

照本計畫設計，能夠截斷的步階設定為第一步階(行車綠燈)，其他步階皆保留為不可調整的區間，此時間區間有可能造成行人或行車上的安全，若以本期計畫測試路口的時制計畫而言，不可調整的時間長度

為 18 秒(行人閃爍為 10 秒、行人紅燈 3 秒、黃燈 3 秒以及全紅燈 2 秒)，若緊急車輛預估抵達的時間區間完全落在此區間，便無法順利通過，主要原因即為保護既有車流通過的安全，但能夠調整的部分仍占有 52 秒，佔此方向整體運作的 74%(52/(52+10+3+3+2))。



資料來源：本計畫繪製

圖 8.47 優先號誌紅燈切斷不可調整時間區段示意圖

上述為基本的優先號誌設計方式，但仍可思考導入其它偵測設備協助取得路口行車與行人流動狀態，藉此增加優先號誌可以調整的範疇，但亦表示必須增加設備設置與維護成本。

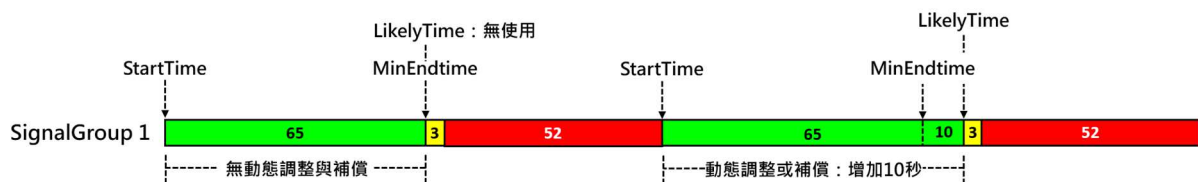
四、優先號誌勢必造成路口車流與人流之衝擊，應思考相關配套措施

相關的調整仍必須透過號誌控制器的補償機制轉換為原本的時制計畫以確保後續的號誌連鎖與續進，依照調整秒數的多寡與號誌本身的補償機制，最多 3 個週期(以本計畫路口一個週期為 120 秒，因此最多會影響 360 秒)內調整回到原本的號誌秒數，此期間將產生續進不順或是較長時間的等待，將造成用路人使用上的不便。

號誌的調整勢必有極限，應當思考其它將資訊揭露的配套措施，告知用路人目前的久候或是特殊狀況為救護車通過，讓民眾了解原因將有助於緩解民怨，但在資訊揭露的手法上便需要多加考慮，過往常見的方式為 CMS 顯示，但成本較高，可思考簡易燈號配合靜態告示牌面告知即將有緊急車輛通過路口。此外，目前車聯網發展中的 TIM 資訊發佈是可行方案，但目前車上並無對應軟硬體配置，仍需持續發展普及，其它則可透過緊急車輛以雲端方式做為開放資料提供外部介接而提供民眾獲得即時資訊。

五、車聯網號誌訊息延伸應用

本計畫延續交通部「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」的成果，使用具有 TCROS 訊息號誌進行 SPAT 發佈，提供車輛取得號誌訊息，其中 SPAT 仍有包含動態號誌運作的訊息(LikelyTime 以及 Confidence)目前保留住欄位但尚未實作使用，TCROS 中規範 StartTime 以及 MinEndtime 藉此表示燈態在非動態變換時的亮滅時間，類似目前的定時時制，同時也訂定了 LikelyTime，為燈態可能結束的時間點，表示不論是因為動態控制或是補償時，此欄位可在保留 MinEndtime 的情況下多填上調整後的結束時間點，以綠燈延長為例(參考下圖)，當動態調整或是補償發生時，LikelyTime 可填上無使用，反之則可將預期增加 10 秒後的時間點放在 LikelyTime，接收者便可以接收到尚未調整前的綠燈結束時間點以及預期調整後的綠燈結束時間點。



資料來源：本計畫繪製

圖 8.48 TCROS LikelyTime 說明示意圖

此外，因為動態控制可能發生在較遠的未來，例如在兩分鐘後的將執行動態控制指令，透過 SPAT 便可預先將資訊發佈於 LikelyTime，但因為兩分鐘後可能仍有些不確定因素導致動態的時間點有所變動，因此透過 Confidence 設定可靠度(0~15)，若不確定情況較高則可填入較低數值，接收端便可透過此欄位決策選擇 MinEndtime 或是 LikelyTime 做為燈態結束時間(例如：Confidence 為 0 選擇 MinEndtime，Confidence 大於 12 選擇 LikelyTime)。因相關期程問題，此部分後續相關計畫將會逐步落實，與優先號誌相互配合，藉此提高運作彈性與效率。

第九章 競賽辦理與成果推廣

本章節針對本計畫之其他計畫成果進行綜合性之說明，其中第一節介紹「智慧交通數位神經中樞」創新應用服務競賽之規劃構想與執行成果；第二節則針對成果發表會等推廣活動成果進行說明。

9.1 競賽規劃構想與辦理成果

9.1.1 規劃構想

一、舉辦目的

隨著政府開放資料的推動，使資料能廣泛應用於各領域，激盪更多跨領域的創新應用；而 5G 與 AIoT 技術的發展，為交通應用帶來無限的可能性；為使國內開放資料達到最大限度之利用，同時迎接「5G」與「AIoT」數位新時代的到來，本所(以下稱指導單位)及逢甲大學智慧運輸與物流創新中心(以下稱主辦單位)邀請各界共襄盛舉與發揮創意，以交通資料為基礎，廣泛運用 5G 與 AIoT 等技術，以提出公共運輸管理面臨問題之可能應用情境解決方案，希冀透過競賽活動方式，使相關交通資料能夠活化並充分加值應用，以助公共運輸發展且提升國內客運業者營運管理能力，並將可落實之應用服務做為後續相關應用之參考。

競賽宗旨係為應用 5G 與 AIoT 等技術，以提升公共運輸管理/服務/營運效能為目標，並著重在深入發掘各種創意及創新思維，邀請各領域人才共同腦力激盪，因此競賽隊伍於競賽期間提出之各項內容，並不一定需要有明確之成果，僅須提出完整之概念性構想，主辦單位注重的是創意及創新度，以及未來隨科技之發展能夠逐步實踐之可行性評估。

二、參加對象與組隊方式

具中華民國籍之國民，且年滿 20 歲；以團體方式報名參加，每隊參賽人數最少 2 人最多 5 人，並推派一人做為代表人，且不得跨隊重覆報名參加。

三、競賽主題規劃

本年度競賽主題訂為「公共運輸數位轉型之應用」，為擴大交通數位資料應用參與，並結合 5G 與 AIoT 技術等熱門議題，冀各參賽團隊以本主題為核

心，參考使用下述之開放資料，並以提升公共運輸管理/服務/營運效能為目標，盡可能發想各式創新/創意交通應用之內容，並於繳件截止日前提送作品。

四、可參考之開放資料

1. PTX 公共運輸整合資訊流通服務平台：<https://ptx.transportdata.tw/PTX/>
2. TDX 運輸資料流通服務平台：<https://tdx.transportdata.tw/>
3. 交通部高速公路局交通歷史資料庫：<https://tisvcloud.freeway.gov.tw/history/>
4. 其他開放資料：如政府資料開放平台(<https://data.gov.tw/>)或其他，並請務必註明資料來源。
5. 非開放資料：參賽團隊手邊既有可自行運用之資料，並請務必註明資料來源。
6. 主辦單位提供：事件平台之事件資料(2020 年 12 月)、GVP 探針車資料(2020 年 12 月國道 1 號南下 164~172K)。
7. 資料假設：若現階段囿於科技技術之限制，尚無法得到之資料，參賽團隊可自行針對於創意構想中欲使用之資料進行假設(模擬或自創數據);若使用既有之資料(開放資料或主辦單位提供之資料【GVP、事件平台之事件資料】)，如有不足之處，亦可於既有資料之基礎上自行假設。

五、主題內容與格式

1. 研究主題應繳交內容

各參賽團隊以「公共運輸數位轉型之應用」為核心，自訂研究主題後，製作 15 頁以上之簡報，內容項目包含：

- (1) 問題發現：請就我國目前交通環境下之公共運輸管理/服務/營運效能等議題，找出其面臨的痛點，並藉此訂定出參賽團隊之研究主題。如前述舉辦目的說明，競賽隊伍於競賽期間提出之各項構想內容，並不一定需要有明確之成果，主辦單位注重的是創意及創新度，以及未來隨科技之發展能夠逐步實踐之可行性評估。
- (2) 解決方案構想：就前述痛點所提出解決方案構想之相關流程、步驟、邏輯等內容(例如：需要蒐集什麼資料？資料如何處理、分析、應用…等)，以及說明該構想如何導入 5G 及 AIoT 等技術進行應用。
- (3) 解決方案所面臨之限制：若要將上述構想進行落地實際應用時，於目前環境下會面臨何種限制，例如：既有設備佈設密度不足、交通資料無法蒐集…等。

- (4) 未來實際應用評估說明：請就前述方案之規劃內容說明未來應用之技術可行性或難易度分析(可依照資料蒐集難易度、演算法邏輯開發難易度、系統技術難易度…等面向進行分析)。
- (5) 結論與建議：請臚列本研究之結論與建議

2. 競賽內容格式(團隊依上述內容製作 15 頁以上之簡報 PPT 檔)

- (1) 簡報第一頁為封面，請於封面清楚標示【研究主題名稱】、【競賽隊伍名稱】(請團隊自行命名隊伍名稱)，封面不得標示隊伍成員姓名、就讀學校/科系、服務單位等任何可辨識並影響評審之背景資料。
- (2) 簡報第二頁為摘要，請以 250 字以內簡要說明團隊研究內容。
- (3) 簡報第三頁為目錄。
- (4) 除上述前三頁之規定內容，其它頁內容與簡報設計風格均無限制，請自行斟酌是否影響評審閱讀。

六、報名方式與時程

1. 報名期間為即日起至 2021/10/13(三)止，後續延長至 2021/10/20(三)。
2. 請參賽團隊於線上報名後，下載相關報名文件並填妥，於報名期限內(以郵戳為憑)郵寄至逢甲大學，並請於文件寄出後，同時以 E-mail 方式告知指導單位及主辦單位，主辦單位將於收到報名文件後以參賽團隊原 E-mail 回覆確認收到報名文件，以完成報名。
3. 競賽研究成果繳交方式：請參賽團隊於 2021/10/29(五)前將競賽研究成果(PPT 及 PDF 格式)以 E-mail 方式繳交予主辦單位，內文請輸入研究主題名稱、所有隊伍成員姓名，主辦單位將於收到競賽研究成果後以參賽團隊原 E-mail 回覆確認收到。

七、評審方式

由主辦單位邀集專家學者組成評審委員會並依評分項目進行評審。評分方式採序位法，各委員評分後進行加總，並將總分高低轉換為序位，序位數越低者名次越佳，倘序位和相同者，則依權重高低比較評分項目。評審方式可採書面審查或召開會議審查，視疫情管制狀況而定。

八、獎勵

競賽依序位法評比選出 1 隊特優隊伍、5 隊優選隊伍及數隊佳作隊伍，經評審獲獎之團隊，將依據各隊伍所提之方案構想，計畫於第二年度安排相關專家進行輔導，協助隊伍落實該構想至實際應用層面，再依據實際應用之成果進

行評選並給予獎勵。

九、競賽宣傳方式

本競賽宣傳時間為即日起至報名截止日，宣傳方式則透過以下管道協助進行資訊發佈：

1. 製作競賽宣傳海報並發文至各縣市政府、大專院校。



OCT 29 2021

數位交通創意應用競賽-公共運輸數位轉型之應用

參賽資格:
以團體方式報名參加，每隊參賽人數最低2人，最多5人

獎勵辦法:
特優1名：獎金50,000元
優選5名：獎金每隊各20,000元
佳作數名：每隊員獎狀乙只

報名與詳細活動內容：
<https://forms.gle/WQuuV259kCUTMzi8>

FB 粉絲專頁：
<https://www.facebook.com/110digitaltraffic>

主辦單位：交通部運輸研究所
協辦單位：逢甲大學 智慧運輸與物流創新中心

抄本

檔 號：
保存年限：

逢甲大學 函

地址：407802台中市西屯區文華路100號
總人：張建宇
電話：04-24517250 分機4535
電子郵件：ronniewu@mail.fcu.edu.tw

受文者：如行文單位
發文日期：中華民國110年10月4日
發文字號：逢建字第1100020095號
題：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：如文

主旨：檢送交通部運輸研究所及本校智慧運輸與物流創新中心辦理「110年數位交通創意應用競賽—公共運輸數位轉型之應用」競賽辦法及海報1式，請協助公告周知相關單位踴躍報名參加，請查照。

說明：
一、為使國內開放資料達到最大限度之利用，同時迎接「5G」與「AIoT」數位新時代的到來，特辦理「110年數位交通創意應用競賽」，以交通資料為基礎，應用5G與AIoT等技術，以提升公共運輸管理/服務/營運效能為目標，徵求創意概念文件。
二、本競賽宗旨主要係著重創意及創新度，以及未來隨科技之發展能夠逐步實踐之可行性評估，爰邀請各領域人才共同腦力激盪以提出完整之概念性構想。
三、競賽資訊說明如下：
(一)競賽主題：公共運輸數位轉型之應用。
(二)報名日期：即日起至110年10月13日。
(三)作品繳件截止日期：即日起至110年10月29日。
(四)競賽報名連結：
<https://forms.gle/WQuuV259kCUTMzi8>。

第1頁，共2頁

資料來源：本計畫繪製

圖 9.1 競賽宣傳海報與公文發放

2. 建立「110年數位交通創意應用競賽」FB 粉絲專頁：相關報名宣傳、最新動態、競賽照片與獲獎名單等資訊皆更新於粉絲專頁中。



The screenshot shows the Facebook interface for the competition's fan page. At the top is the competition poster. Below it, there's a post titled '獲獎名單' (Winning List) with a red banner. To the right, there's a '粉絲專頁資訊' (Fan Page Information) section with details about the page's purpose and contact information. The page also shows a '110年數位交通創意應用競賽' (110th Digital Traffic Creative Application Competition) event listing.

資料來源：本計畫繪製

圖 9.2 「110年數位交通創意應用競賽」FB 粉絲專頁

十、競賽相關時程彙整

報名期間為即日起至 2021 年 10 月 20 日開放網路報名，競賽成果繳交期限至 2021 年 10 月 29 日，於 2021 年 11 月 15 日召開現場評審會議，並於 2021 年 11 月 26 日於本所 5 樓會議室舉辦頒獎儀式以及得獎作品發表。

9.1.2 競賽成果

「110 年數位交通創意應用競賽-公共運輸數位轉型之應用」於 110 年 11 月 15 日在本所 5 樓會議室召開評審會議，實際參賽隊伍共計 12 隊，每組簡報時間限時 12 分鐘、答詢時間限時 6 分鐘。競賽評審方式為邀請五位專家學者擔任評審會議之委員，並依序位法評比選出 1 隊特優隊伍與 5 隊優選隊伍。

一、特優隊伍(評審分數最高分之組別，共計 1 隊)

1. 研究主題：運用 TDX 資訊分析及整合 APP 系統提升台中自行車使用度。
2. 隊伍名稱：歡歡喜喜皆大歡喜。
3. 研究設計構想：租借共享自行車時遇到無車可借或無車位可還之情形，且既有 APP 資訊錯誤或更新不即，故團隊運用 TDX 運輸資訊流通服務之數據，分析共享自行車於各站點之使用程度，並透過預約式 APP 方式，使後台工作人員即時掌握車輛之供需情況並適時調配，另在相關硬體設施方面，提出添加人性化設備、導航面板、體能檢測等創新構想以提升民眾使用度。
4. 開發難易度分析：該團隊主要構想為新增預約功能於既有 APP 中，並更新與提升共享自行車之硬體設備，為達到其構想，則將面臨下述方面之限制；APP 優化部分，APP 開發需要投入許多費用、時間、人力等成本，且無法短時間內回收盈利和成本；車輛軟、硬體設施部分，若每輛共享自行車皆需升級系統與安裝多項設施，將增加許多成本與人力以維護車輛，且目前 5G 技術仍有許多安全問題尚待解決，若未來與 AIoT 結合，則需更進一步考量使用者資安問題，以免系統被入侵等情況發生。

二、優選隊伍(按評審分數排序，共計 5 隊)

1. 第一隊：出手得盧

- (1) 研究主題：結合 5G 即時傳輸與 AI 影像辨識的動態載客預測與調度-以城際大眾運輸為例。

- (2) 研究設計構想：大眾運輸因旅次特性產生方向性與尖離峰流量差異，其中以城際運輸之尖峰小時因子(K-factor)與方向因子(D-factor)差異最為明顯，為達到大眾運輸需求與供給平衡，該團隊提出構想結合 5G 網路之即時傳輸特性以及 AI 影像辨識之可靠性，建立動態載客預測模型。
- (3) 開發難易度分析：該團隊主要構想為建立動態載客預測模型，其中需包含車內攝影機影像辨識、智慧站牌攝影機、站牌路線圖 QR Code、建立需求預測模型等方面之精進，其解決方案包含車內攝影機更新、車內 5G 網路升級、智慧站牌建置、站牌攝影機更新、站位公車排隊動線規劃、站牌路線 QR Code 更新、QR Code 後台系統建置、站位提供 WiFi 連網功能、蒐集 PTX 歷史資料、建立即時資料蒐集及存儲機制、需求預測模型建立等，除上述軟、硬體設施精進外，亦需要乘客、業者與政府三方共同配合與參與。

2. 第二隊：不做沒機會 做下去就隊

- (1) 研究主題：客運資訊整合好 候補等車沒煩惱。
- (2) 研究設計構想：顧客等候經驗對整體服務評價佔有重要比例，以統聯客運中港轉運站為例，因其候補機制，導致旅客候補時間與班次到達時間難以控制與預測，團隊利用數位化購票流程優化民眾購票與取票之方式，同時亦能減少人力資源；透過 GVP、事件資料與即時路況資訊之整合，精準預測車輛到站時間；設置看板與網頁更新最新候補資訊，達到緩解乘客等待焦慮與恐慌感之效果。
- (3) 開發難易度分析：團隊主要構想為優化購票流程、精準預測到站時間、設置看板與網頁，其構想需引入新設備，則需花費大量成本，以及目前尚無法掌握潛在需求族群，故無法滿足所有潛在需求。

3. 第三隊：E 世代

- (1) 研究主題：不用來來回回，我來告訴你方向-乘車資訊優化。
- (2) 研究設計構想：公車站牌設置方式或手機定位不準確等問題，導致民眾常搭錯方向，錯過原有行程因而降低搭乘意願，團隊運用開發手機 APP 掃描公車站點設置之 QR-code，確認公車行車方向，並達到資訊無縫化，使民眾以更便捷之方式取得乘車所需資訊。
- (3) 開發難易度分析：團隊主要構想為開發一新 APP，用以掃描公車站點設置之 QR-code，雖 APP 之發展可能性極高，但亦可能面臨下列問題：站牌 QR-code 設置問題、經費與推廣上需地方政府之協助、站牌

QR-code 之設定需經過多次確認程序、APP 之路線規劃因使用 Google map API，若系統出現問題，將影響整個 APP 之運作。

4. 第四隊：行車停車一把罩

- (1) 研究主題：運用政府開放資料導引風景區車流與停車預約系統之實作開發。
- (2) 研究設計構想：據統計，臺灣有 63.9% 民眾選擇使用私有運具前往旅遊目的地，因此每逢假期國道常湧入大量車潮，故容易發生壅塞或事故，且民眾未能事先掌握天氣資訊，易導致旅遊興致衰減，團隊利用政府資料開放平台與事件平台之資料進行資料探勘大數據分析，並結合 5G 車聯網、交通部即時路況資訊平台、公路總局智慧化省道即時資訊服務網，開發一套 APP 應用服務。
- (3) 開發難易度分析：團隊主要構想為開發一新 APP，APP 由開發至上架需耗費大量人力、費用、時間等成本，

5. 第五隊：從聊天中獲得靈感

- (1) 研究主題：機智轉乘生活。
- (2) 研究設計構想：乘客或旅客常因不熟悉場站動線、搭乘不同運具時需轉換不同 APP、班表資訊不即時與無法計算運具票價等問題產生許多不便，團隊將 TDX 資料與 AR 增廣實境整合於 LINE 機器人中，提供使用者即時動態、誤點提醒、場站實境等功能，進而縮短轉乘時間與並提升轉乘便利性。
- (3) 開發難易度分析：團隊主要構想為透過 LINE 機器人補足旅客轉乘時於場站、資訊、購票等方面之不足，其構想主要服務對象為 LINE 之使用者，而其他非 LINE 之用戶則無法顧及，另外，團隊透過 AR 增廣實境，彌補旅客因場站標示不清之缺失，惟 AR 建置設備之範圍(監視器、光學投影裝置)亦有死角，故有無法提供完整之資訊或提供錯誤資訊之可能。

9.2 計畫成果推廣

本節就本計畫執行過程中所辦理之相關座談會與其他推廣活動進行彙整如表 9-1，相關會議舉辦共計 13 場次，茲就部分會議之舉辦概況進行說明如後。

表 9-1 計畫相關會議舉辦歷程

項次	辦理時間	座談會名稱
1	2021/07/27	建構 5G 智慧交通數位神經中樞(1/2)功能架構探討與系統規劃－智慧城市交通治理專家學者諮詢座談會
2	2021/08/04	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討座談會
3	2021/08/24	「建構 5G 智慧交通數位神經中樞(1/2)－功能架構探討與系統規劃」案 110 年實作示範場域遴選審查會議
4	2021/09/03	場域遴選之優選縣市(臺中市)訪談
5	2021/10/07	都市交通控制通訊協定 3.0 檢討初稿研討(臺北交控中心)
6	2021/10/12	都市交通控制通訊協定 3.0 檢討初稿研討(臺南交控中心)
7	2021/10/27	臺中市政府交通局召開臺中地區智慧運輸相關計畫執行交流座談會
8	2021/11/01	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討－管理單位議題場次
9	2021/11/03	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討－開發單位議題場次
10	2021/11/15	110 年數位交通創意應用競賽－公共運輸數位轉型之應用競賽審查會議
11	2021/11/18	建構 5G 智慧交通數位神經中樞(1/2)功能架構探討與系統規劃－交通首長意見交流座談會
12	2021/11/22	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討－確認版本場次
13	2021/11/26	計畫成果分享說明會

一、智慧交通數位神經中樞相關會議

為建構智慧交通數位神經中樞系統之架構內涵，本計畫透過表 9-1 項次 1 與 11 兩場座談會舉辦過程，蒐集專家學者(過去曾擔任六都交通首長)、六都現任交通首長對於交通治理所面臨之課題及智慧交通數位神經中樞系統應具備之功能架構相關意見，兩場次參與人數約為 38 人次。

二、都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討相關會議

為有效針對都市交通控制通訊協定 3.0 版進行檢討，本計畫透過一系列座談會或訪談方式進行相關意見之廣泛蒐集，包含開始進行 3.0 版檢討前之整體檢討方向意見蒐集會議(項次 2)，以及協定 3.0 版檢討初稿完成後，為有利於內容修正與凝聚共識，因此針對管理單位及開發單位進行研討會議(項次 5、6、8、9)，再將最終成果透過成果發表會進行分享(項次 12)。上述都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討相關座談會場次參與人數約為 269 人次。

三、示範場域遴選相關會議

為挑選後續年度計畫潛在可實作(緊急車輛優先通行、AI 事件偵測...等)之

場域，本計畫透過 110 年實作示範場域遴選審查會議(項次 3)進行場域遴選，優選縣市為臺中市。後續則舉辦優選縣市訪談會議(項次 4)，進一步確認實作場域位置及需求，最後則透過辦理臺中地區智慧運輸相關計畫執行交流座談會(項次 7)，充分掌握本計畫與臺中地區智慧運輸相關計畫間之執行課題關聯性，以利於未來場域實作時各計畫間支援應用。上述相關會議場次參與人數約為 40 人次。

四、其他會議

計畫執行過程所舉辦之評審或座談會議尚包含 110 年數位交通創意應用競賽—公共運輸數位轉型之應用競賽審查會議(項次 10)，舉辦目的係冀望透過競賽活動方式，使相關交通資料能夠活化並充分加值應用。另於計畫執行尾聲舉辦成果分享說明會(項次 13)，使各相關單位能夠瞭解本計畫之整體規劃構想及相關技術經驗。上述相關會議場次參與人數約為 115 人次。成果發表會當日相關會議現況及展示海報如圖 9.3 所示。

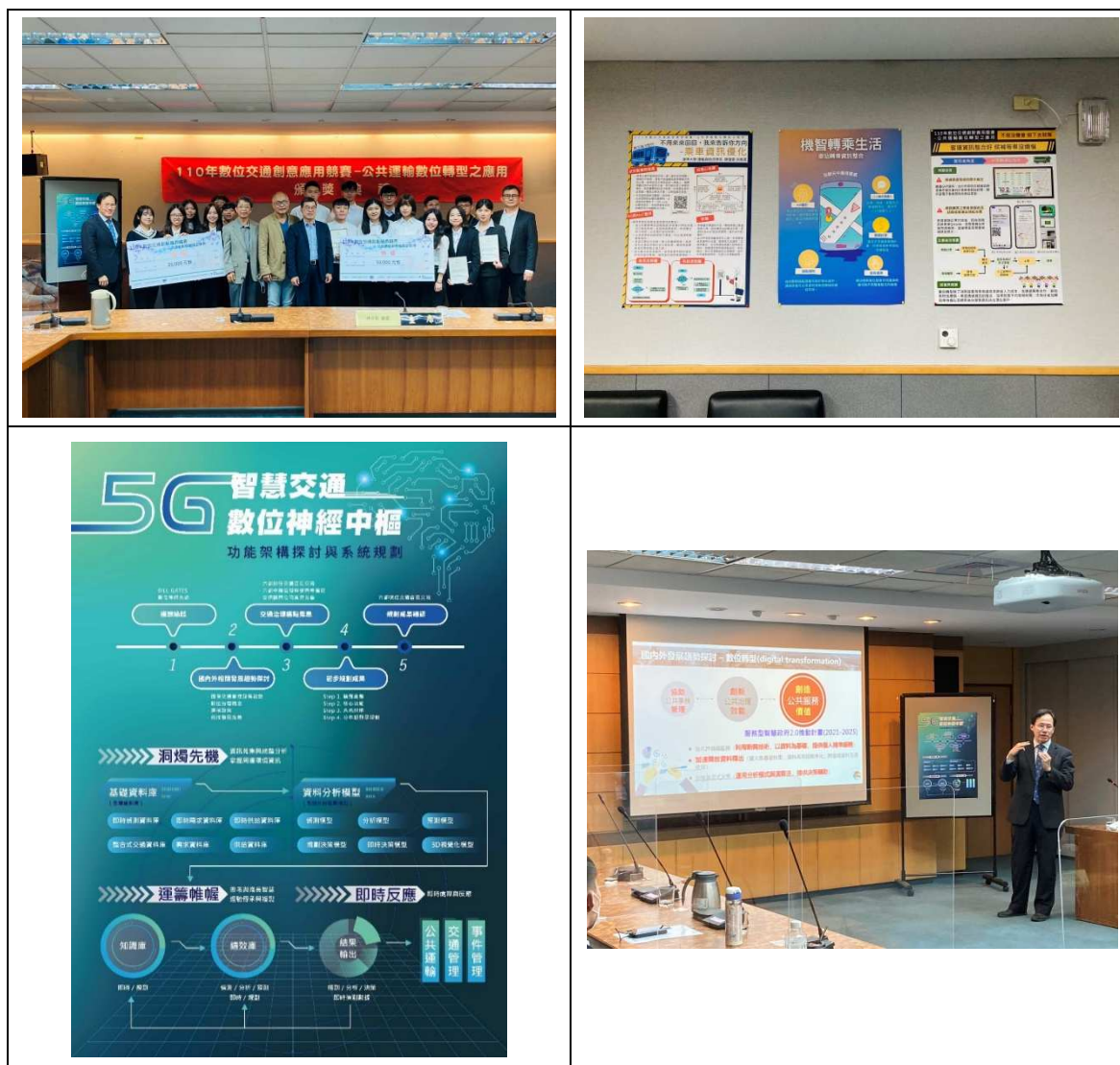


圖 9.3 成果發表會現況及相關展示海報

另就計畫相關成果投稿共計 2 篇，相關投稿證明及審查結果如圖 9.4 所示，投稿論文題目分別為「運用注意力機制之雙向長短期記憶方法於高速公路尖峰時段交通預測之改善」、「運用 C-V2X 整合路口號誌控制規劃與設計緊急車輛優先通行解決方案」。

中華民國運輸學會投審稿系統

親愛的美菱儀，您好：
這是一封來自運輸學會110年學術論文研討會發送的通知函。
非常感謝您提交運輸學會110年學術論文研討會的「運用注意力機制之雙向長短期記憶方法於高速公路尖峰時段交通預測之改善」稿件。
稿件編號為2021-038。
我們將進一步通知您有關本稿件的後續處理結果。

謝謝您！
祝研究
詳細內容如下：
編號：2021-038
投稿年度：2021
投稿人或通訊作者姓名：吳姿儀
服務單位：逢甲大學
職稱：專案經理
聯絡電話：04-24517250 #4535
e-mail：ronniewu@mail.fcu.edu.tw
投稿分類：10.智慧運輸與高科技應用
論文題目(中文)：運用注意力機制之雙向長短期記憶方法於高速公路尖峰時段交通預測之改善
論文題目(英文)：Improvement of Freeway Traffic Forecast during Peak Hours through Bidirectional LSTM Method of Attention Mechanism
作者(一)姓名(中文)：吳姿儀
作者(一)姓名(英文)：Tzu-Hua Wu
作者(其他)姓名(中文)：(多位作者姓名間請用逗點分隔)：廖雅捷，蘇詠甄，張建孝，王晉元，吳鎮宗，吳東貴，何軒芬
作者(其他)姓名(英文)：(多位作者姓名間請用逗點分隔)：Hsiang-Chi Liao, Jau-Ming Su, Chien-Yen Chang, Jin-Yuan Wang, Chun Tim Timmy Ng, Tong-Ling Wu, Yu-Fen Ho

論文摘要(中文)：近年來隨著都市化人口逐年成長，國人交通需求上升，衍生出尖峰時段道路容量供不應求的問題，產生嚴重交通阻塞現象，過去交通預測研究應用各種預測方法如傳統統計方法、機器學習方法對於短期交通預測皆有不錯成效，然而，交通流的不穩定性及高度複雜性使這些方法未必能準確反映長期預測效果，尤其是當預測期間會包含尖峰時段時，如預測未來1~5小時之車流平均速率，而尖峰時段則好落在第3~4小時，尖峰時段之預測往往產生較大誤差，過去多數研究於長時段預測時，多以全時段整體評估方式判斷預測模式之優劣，較少考量到尖峰時段之預測效果，因此，本研究參考過去相關研究於預測模型中加入注意力機制(Attention)之作法，應用注意力機制基礎之雙向長短期記憶方法(Attention-Based Bidirectional Long Short-Term Memory, BiLSTM-Attention)，建立高速公路平均速率與流量之預測模型，並與6種機器學習方法、2種深度學習方法進行比較分析，研究結果顯示，所建立之平均速率預測模型於全時段應用時之平均絕對百分比誤差(MAPE)為7.4%，於尖峰時段16:00~18:00為20.70%，其中尖峰時段之預測效果與機器學習方法中預測表現最好之KNN模式相比，改善♣T度達18.65%；至於流量預測模型於全時段應用時之平均絕對百分比誤差(MAPE)為5.38%，於尖峰時段16:00~18:00為6.43%，尖峰時段之預測效果與機器學習方法中預測表現最好之Extra Trees模式比較，改善幅度達18.20%，該模式之預測效果皆優於其他方法，基本上，本研究結果可作為交通節點高速公路後續相關應用之參考。

中華民國運輸學會投審稿系統

親愛的美菱儀，您好：
這是一封來自運輸學會110年學術論文研討會發送的通知函。
非常感謝您提交運輸學會110年學術論文研討會的「運用C-V2X整合路口號誌控制規劃與設計緊急車輛優先通行解決方案」稿件。
稿件編號為2021-172。
我們將進一步通知您有關本稿件的後續處理結果。

謝謝您！
祝研究
詳細內容如下：
編號：2021-172
投稿年度：2021
投稿人或通訊作者姓名：黃啟儀
服務單位：逢甲大學
職稱：助理教授
聯絡電話：0932726553
e-mail：canbyhuang@mail.fcu.edu.tw
投稿分類：10.智慧運輸與高科技應用
論文題目(中文)：運用C-V2X整合路口號誌控制規劃與設計緊急車輛優先通行解決方案
論文題目(英文)：Application of C-V2X to Improve the Operation of Priority Traffic Signal Control for Emergency Vehicles
作者(一)姓名(中文)：蘇昭銘
作者(一)姓名(英文)：Jau-Ming Su
作者(其他)姓名(中文)：(多位作者姓名間請用逗點分隔)：黃啟儀，羅澤凱，卓奕志，樓軒宇，林孟憲，黃弋丞，吳東凌，周家慶，何軒芬
作者(其他)姓名(英文)：(多位作者姓名間請用逗點分隔)：Chi-Chang Huang, Li-Kai Yang, Yi-Chin Cho, Shihuan-Yu Lou, Meng-Chieh Lin, Yi-Cheng Huang, Tong-Ling Wu, Chia-Ching Chou, Yu-Fen Ho

論文摘要(中文)：救護車、消防車等緊急車輛於行駛途中發生交通事故的案例層出不窮，關於「道路優先權」及禮讓的宣傳教育與法令規範仍不足以提供其一個有效率又安全的道路交通環境，經常因為於路口疏忽出現強制通行，導致其他用路人反應不及而發生重大車禍事故，造成用路人、救護傷患及消防人員傷亡，不但增加社會成本，更可能衍生刑事責任或民事賠償等議題。基於此，本計畫規劃與設計一個完整考量緊急車輛、道路以及其他用路人三個角度的緊急車輛優先通行解決方案構想，從最佳路徑規劃與導引、智慧號誌、優先號誌，以及避讓資訊發布，整合應用創新的資訊技術與智慧交通服務，以期能有效提升救援效率及整體用路安全。研究結果顯示，相關技術與服務已漸趨成熟，國內外也有相關測試驗證或導入應用案例，現階段為擴大發展驗證的最佳時機，結合運作以讓事故或災害之救援人力可以提早抵達現場，儘早可以提早接受治療，以降低損傷，文末透過文獻回顧、實務訪談之成果，結合理論與實務經驗研提一緊急車輛優先通行解決方案，以作為後續測試驗證及實務導入之基礎與重要參考。

圖 9.4 計畫相關成果投稿證明

第十章 結論與建議

本計畫相關重要工項包括智慧交通數位神經中樞系統之規劃、都市交通控制通訊協定檢討、實作示範場域遴選與設備佈建規劃、交通量預測模式與推播服務規劃、AI 影像偵測技術分析與辨識精進成果，以及緊急車輛智慧號誌控制系統之規劃與概念性驗證。茲將本計畫研究成果摘整重要結論與後續建議分別說明如后。

10.1 結論

一、智慧交通數位神經中樞系統之規劃

1. 本計畫綜整比爾蓋茲所提出之數位神經系統概念、人體中樞神經系統及相關研究報告內容，提出未來「智慧交通數位神經中樞系統」應具備(1)資訊蒐集與統整分析、(2)掌握周遭環境資訊、(3)思考與增長智慧、(4)經驗傳承與複製及(5)即時處理與反應等五項能力。另從智慧轉型及數位雙生兩個智慧治理角度一歸納出「數位應用均以資料驅動服務變革轉型，讓資料成為服務核心」及「即時資料蒐集、資訊預測、知識庫、決策為數位雙生之成功關鍵」等兩項認知，相關核心價值將是本計畫規劃「智慧交通數位神經中樞系統」功能之主要依據。
2. 本計畫透過交通工程顧問、交通資訊公司及六都交通局基層管理幹部之問卷，及具專家學者身分之六都卸任交通局長進行焦點團體工作坊，歸納出目前在都市交通管理上之痛點包括：公共運輸、交通壅塞、交通安全、交通控制及停車管理等五項。另從相關文獻報告，歸納出自動化(automation)、互聯化(connectivity)、電動化(electrification)和共享化(sharing)等四個未來科技發展趨勢，及個人化客製行程服務、主動式行程服務、緊急車輛管理、智慧決策管理、即時數位雙生及智慧偵測等六項交通管理科技應用重點，將可做為本計畫從交通治理角度規劃「智慧交通數位神經中樞系統」功能之參考。
3. 本計畫因應 5G 技術及各項交通偵測、通訊、分析及管理技術的發展，以協助交通治理為規劃基礎，採用各類交通管理核心資料與管理應用基礎，及國內外相關發展趨勢探討做支持，進而提出相關整體系統功能項目，在各項功能發展下，均須包括資訊蒐集與統整分析、掌握周遭環境資訊、思考與增長智慧、經驗傳承與複製能力及即時處理與反應等五項能力做

為系統發展原則，其目標在於可透過這些能力的彙整，創造公共服務價值，並透過即時資料蒐集、資訊預測、知識庫及決策模型等方法進行分析模式與演算法研擬，提供決策輔助等思考。

4. 本計畫交通治理之痛點及智慧城市數位治理之核心價值，將「智慧交通數位神經中樞系統」之涵蓋領域區分為公共運輸、交通管理及事件管理等三面向；從功能面而言則涵蓋：即時偵測、資料分析、預測模型、3D 視覺化模型、人工智慧規劃決策模型、即時決策知識庫及即時處理反應機制等七項主要功能。本計畫針對前述系統功能，從資料取得難易度、技術困難度及經費高低等三個構面規劃出短、中、長期之規劃構想，未來將可做為我國發展「智慧交通數位神經中樞系統」之參考。
5. 本計畫在完成「智慧交通數位神經中樞系統」功能規劃後，邀請六都交通局正副首長舉辦座談會並進行問卷調查，在五點量表的評分中，正副局長對目前交通管理及交通管理中心系統之滿意度均為 3.7 分，認為「智慧交通數位神經中樞系統」對於交通管理之幫助度為 4.7 分。若就個別系統功能而言，對於「資料偵測」及「資料分析」兩項功能之贊同度均為滿分 5 分；「資訊預測」、「決策知識庫」及「即時決策」之贊同度均為 4.8 分，僅「3D 視覺化」功能之平均贊同度為略低之 4.3 分。顯示本計畫所規劃「智慧交通數位神經中樞系統」之各項功能大都能獲得六都交通局政府首長之認同，且認為該系統之規劃可對交通管理有顯著之幫助。而贊同度分數較低之「3D 視覺化」功能，部分首長認為雖然不一定對交通決策有絕對性幫助，但普遍認為對於與民眾的政策溝通有所幫助。

二、都市交通控制通訊協定檢討

1. 回顧歷年來都市交通控制通訊協定之檢討報告，並蒐集國內外針對上述設備的協定制定與應用經驗，並且針對「號誌群組與時制轉換機制」、「行人倒數規範與機制」、「行車倒數規範與機制」、「動態號誌控制」、「人工智慧影像辨識下之人流與車流偵測」、「車聯網與自駕車運行」等課題完成深入探討。
2. 舉辦多次座談會以蒐集各界先進對於都市交通控制通訊協定 3.0 版的使用意見與改善意見，座談會採線上與實體會議方式召開，從期中的需求蒐集會議(114 人參與)、後續兩場都市細部座談會議，到期末的三場不同對象座談會(總數 139 人參與)，讓各界先進可以充分表達對協定修訂之意見，凝聚各方共識以完成都市交通控制通訊協定 3.0 版之修訂初稿。

3. 目前已經修訂完成的部分有現場設備共用訊息之「設備日期、時間管理」、「高精度時間管理」、「硬體設備狀態議題」、「硬體設備組態資訊議題」。號誌控制器訊息之「動態控制與即時控制」、「號誌時段、時制指令調整」、「綠衝突指令」、「號誌控制器主動回報機制」；車輛偵測器訊息之「調整車輛偵測器故障屬性」、「增加自行車偵測資料」；路口型資料蒐集與應用議題之「轉向量」、「行人量」與「停等長度」；以及行人行車倒數議題之「行人行車倒數機制」。

三、實作示範場域遴選與設備佈建規劃

實作示範場域之遴選作業制訂評估指標並透過問卷或訪談調查等方式，挑選潛在可實作場域，並經專家評選，獲選之後續實作場域為臺中市，經與臺中市政府交通局訪談會議討論過程中，初步選定於水湳經貿園區及臺灣大道，第一階段先於水湳經貿園區人車流量較少之半開放場域進行實作測試，第二階段再至開放場域臺灣大道進行測試，並與臺中市政府交通局協議確認盤點可運用資源及合作模式後，提出後續場域實作路口所需之軟硬體設備及通訊環境。

四、交通量預測模式與推播服務規劃

1. 本計畫於交通量預測與應用方面，共計產出流量預測模型、速率預測模型、機率轉換模式，3種預測相關模型。在以高速公路車流平均速率與流量為預測目標下，應用注意機制基礎之雙向長短期記憶方法(Attention-Based Bidirectional Long Short-Term Memory, BiLSTM-Attention)建構預測模式之預測效果皆優於其他模式。最後藉由機率轉換模式產出速率區間發生機率表並結合上述交通參數預測深度學習模型進行資訊推播服務應用。
2. 針對事故事件相關交通量預測模式構建部分，將高速公路事故影響預測模式分為三個階段進行預測模式建構，第一階段針對事故「是」、「否」對交通造成影響進行預測，若預測結果為「是」，則進行第二階段預測，而第二階段針對會對交通造成影響的事故預測其最長回堵距離(公尺)，第三階段則利用第二階段之最長回堵距離預測結果進行事故影響時間(分鐘)預測。第一階段準確率高達 89.13%，第二階段及第三階段預測 MAPE 分別為 27.7%、40.6%，屬於合理預測範圍，且與國際上相關研究文獻相比，預測效果亦差距甚微。
3. 針對施工事件相關交通量預測模式構建部分，透過高速公路局事前發佈

之道路封閉資訊，依照施工情境案例特性與交通參數資料建構高速公路施工區模擬模型，並採用雙重驗證機制，反覆修正模型，以確保模型適用於實際施工情境，在非施工情境模擬模式中整體 MAPE 預測誤差為 2.31%，而施工區情境模擬模式整體 MAPE 預測誤差為 12.05%，表示以 VISSIM 建構之施工情境模擬模型，能夠呈現良好之效果。最後利用「田口法」進行交通實驗設計情境，調整(總)流量(每小時到達車輛數)、車道數、車道封閉數、施工區長度、施工區位置五項控制因子共計 689 種組合，產製不同情境之速率績效，做為加值服務推播應用。

五、AI 影像偵測技術分析與辨識精進成果

影響 AI 辨識準確度的因素包含網路傳輸、訓練影像多寡、拍攝環境、攝影機硬體、影像品質到辨識模型等，本計畫首先針對影像偵測設備之技術進行分析，包含不同形式攝影機之影響特性、拍攝角度、照射範圍、最小偵測物件建議尺寸、裝設高度建議、運算架構與能力等，並提出於 AI 影像辨識技術之精進實作成果，針對車種類型的精進增加 9,881 張特定車種訓練集，改善準確率較低的問題，整體 mAP 從 79.90%提升為 82.56%；另針對環境條件的部分，因夜間與雨天的準確度明顯低於晴天與白天，因此本計畫整理與提供模型非車輛的背景影像進行訓練，使得槍型攝影機整體 mAP 從 70.59%提升為 73.39%、魚眼攝影機整體 mAP 從 69.80%提升為 71.86%，然辨識率仍受攝影機硬體、影像品質、網路傳輸等因素影響，後續可透過設備翻新或使用邊緣裝置等方式解決上述困難，提升 5 至 10 個百分比的準確度，相關分析成果可提供各交通實作單位參採。

六、緊急車輛智慧號誌控制系統之規劃與概念性驗證

緊急車輛優先號誌系統在近來救護車事故意外頻傳下逐漸受到重視，因此期望透過先進科技技術調整號誌，讓緊急車輛能夠順暢與安全的通過路口。在此需求下，相關的優先號誌計畫逐漸發展中，本計畫針對緊急車輛智慧號誌控制系統之規劃與概念性驗證相關成果說明如下：

1. 有別於過去相關計畫採取固定距離觸發的方式予以綠燈逐步增加，本計畫則以車聯網角度切入，導入國際通訊標準與相關運作方式，透過更多車輛與路側間之通訊傳遞，不受距離限制，達到以逐秒觸發的優先號誌運作，更具通用性。
2. 本計畫採用國際車聯網通訊協定 SAE J2735，包含使用 SPaT、MAP、SRM、

SSM 及訊息，並參考國際車聯網訊息的使用方式，擬定車聯網優先號誌的執行方式。

3. 系統功能方面，本計畫規劃一緊急車輛優先安全通行解決方案，包含行前雲端路徑規劃、行駛中優先通行號誌控制，以及其他用路人提前告警等三大層面，預期可以達到以下效果。
 - (1) 使緊急車輛依據即時路況行駛最佳路徑，臨近路口可使用優先號誌控制，以最快速且安全地路線抵達目的。
 - (2) 緊急車輛的行駛路徑與即時資訊，透過國際車聯網協定 SAE J2735 中的 EVA 訊息，預先提醒其他用路人知悉，增進緊急車輛行車及交通安全，同時讓緊急車輛駕駛人員更為專注及安心，提升緊急救援整體作業效率。
4. 於實驗室概念性驗證部分，為確保前述功能如實如質達成，以及確保場域整合測試能夠可靠、安全的執行，完成以下測試項目。相關測試過程及結果可做為後續計畫測試驗證之參考。
 - (1) 車聯網 TCROS 優先號誌功能測試
 - (2) 車聯網 C-V2X 傳輸服務功能測試
 - (3) 路側單元(RSU)優先號誌授權與執行功能測試
 - (4) 緊急車輛優先號誌系統整合功能測試
5. 場域整合測試整合車端與路測端，搭配現場 TCROS 號誌控制器執行本計畫三大層面之功能，相關整合經驗可做為為後續規劃執行之參據，期望未來能夠更具通用性的發展相關技術，以使車聯網緊急車輛優先號誌能夠逐漸普及。

10.2 建議

一、智慧交通數位神經中樞系統之規劃

1. 「智慧交通數位神經中樞系統」未來必須建立端、網、霧、雲的標準平台，在這平台下須透過介面標準進行傳輸，而這樣的選用是開放的並且兼顧資安，雲平台是共享可擴充的網路且必須是安全的，端設備朝向標準化的作業，透過訂定雲平台標準、網路通訊標準以及端通訊標準(如：邊緣伺服器標準、端設備物聯網標準等)，使用一致的原始數據，逐步達到資源共享之目標。從中需建構於雲系統的基礎建置(如：實體機、虛擬

機、儲存池、伺服器)整合資訊，提供雲服務(如：大數據及人工智慧分析)，並善用霧端的邊緣運算，落實在前端進行數據分析處理做好各項系統的即時決策(Timing Decision)，此一霧端的邊緣運算，將可充分展現智慧物聯網(Artificial Intelligence of Things, AIoT)的簡約效能。

- 未來將可透過 5G 網路，有效處理邊緣運算，無縫接軌各式各樣的運輸系統雲端系統(公有雲)及營運公司雲(私有雲)，做好各類系統混和雲服務，亦可將所有整合、預測、分析、自主反應後的所有資訊傳輸到雲平台，將各項資訊整合及訊息展示，在通訊協定，或者在端設備的整合，則應同步考量相容性和整合性，進而做出「智慧交通數位神經中樞系統」的智慧決策。

二、都市交通控制通訊協定檢討

茲以下表說明目前協定檢討的成果，並臚列建議後續尚須進行檢討的部分。

協定分類	協定內容	協定指令	修訂狀態備註
現場設備 共用訊息	設備日期、時間管理	0F H+42 H、0F H+C2 H、0F H+22 H 0F H+52 H、0F H+D2 H	初稿完成
	高精度時間管理	0F H+32 H、0F H+62 H、0F H+E2 H	初稿完成
	硬體設備狀態議題	0F H+04 H、5F H+56 H、5F H+D6 H 03 H	初稿完成
	硬體設備組態資訊議題	0F H+53 H、0F H+D3 H、0F H+4E H 0F H+CE H	初稿完成
	動態控制與即時控制	5F H+10 H、5F H+14 H、5F H+48 H 5F H+C8 H、5F H+1C H	初稿完成
號誌控制 器訊息	號誌時段、時制指令調整	5F H+03 H、5F H+16 H、5F H+46 H 5F H+17 H、5F H+3F H、5F H+0F H 5F H+34 H、5F H+64 H、5F H+E4 H	初稿完成
	行人觸動調整	5F H+19 H	持續蒐集行人觸動模式與各家號誌控制器之實作參數
	綠衝突指令	5F H+27 H、5F H+57 H、5F H+D7 H	初稿完成
	號誌控制器時制補償議題	5F H+25 H、5F H+55 H、5F H+D5 H	早開和遲閉的時相調整的確可能造成幹支到對應參數不同，此需求還須繼續研討，調整參數內容。
	號誌控制器主動回報機制	5F H+08 H、5F H+28 H、5F H+58 H 5F H+D8 H、5F H+0D H	初稿完成

協定分類	協定內容	協定指令	修訂狀態備註
	倒數秒數管理	5F H+29 H、5F H+59 H、5F H+D9 H	針對紅燈倒數是否要加總，尚須與管理單位確認實際使用情境，仍須繼續研討
車輛偵測器訊息	調整車輛偵測器故障屬性	0F H+04 H	初稿完成
	增加自行車偵測資料	6F H+55 H、6F H+D5 H、6F H+0E H	初稿完成
路口型資料蒐集與應用議題	轉向量	TurningMovementEvent、TurningMovementStats	初稿完成
	行人量	PedestrianVolume	初稿完成
	停等長度	QueueLengthCycleSet、QueueLength	初稿完成
行人行車倒數議題	行人行車倒數機制	01 H(11H)、02 H(12H)	初稿完成
	行人行車燈頭狀態檢查機制	03 H	是否採用輪詢回報須持續蒐集廠商實作經驗

三、交通量預測模式與推播服務規劃

1. 在交通參數預測模式移轉性應用部分，本計畫以高速公路國道一號 01F1664S~01F1725S(臺中系統-豐原-大雅)南向易壅塞路段為例，建立平均速率與流量之預測模式，未來可進一步探討所建立之預測模式是否適用於其餘高速公路路段或都市地區道路。另本計畫分析資料源為高速公路 ETC 資料與 CODiS 天氣觀測資料，後續研究可使用 GVP 探針車資料、信令資料、事故資料等多種資料源，進行資料融合與適用性分析，以深入探討可能影響之特徵值資訊及針對 BiLSTM-Attention 方法使用不同資料之交通預測研究。
2. 在事故相關影響預測部分，本計畫認為在第二及第三階段事故影響時間(分鐘)預測上，初步推測可能因事故資料稀疏性、空間異質性及既有資料之特徵結構等原因及限制，在預測結果上尚未達到理想狀態，未來若能透過不同資料源蒐集到較關鍵之影響特徵值，應對於提升事故相關預測有一定之精進改善空間。
3. 有關施工相關影響預測部分，透過高公局提前發佈之施工資訊可準確描述施工開始與結束之時程，以利後續研究施工情境模擬模式執行驗證。因本計畫在施工情境建模程，瞭解原公布之施工時間為 13:00-18:00，但進一步分析發現 17:00~18:00 施工時段實際速率為 104.20km/h 與未施工

之 18:00~19:00 時段速率為 106.64km/h 差異甚小，判定 17:00~18:00 施工以提早結束，恢復成穩定狀態。因此建議施工時程可準確公布，否則可能影響模式參數之調整。另由分析績效表情境發現影響施工區速率績效變化最主要之控制因子為(總)流量(每小時到達車輛數)及車道封閉數，因此建議高速公路進行施工作業時，應避開在(總)流量高之尖峰時段，否則對車流行駛速率影響衝擊較為嚴重。

四、緊急車輛之智慧號控系統發展之規劃與概念性驗證

1. 本期計畫延續交通部「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」的成果，選擇其中一處路口進行緊急車輛優先號誌測試。有鑑於資源有限下，車輛環境的硬體設置仍有所缺陷，尤其在車輛上的電源十分缺乏，實測需介接車前影像辨識系統、C-V2X 車輛端系統、導航王以及路由器與網路分享器，每項設備與電腦主機皆須接電與網路，因此透過不斷電系統以及筆電與平板僅使用自身電池下以延長測試時間，即便如此仍有電力不足的情況，因此建議在車輛電力上須建立某種程度的硬體電源改裝或是系統軟體整合，提高整體運作測試時間。
2. 本期計畫以單一路口進行測試，後續將擴展至連續兩個路口，表示 C-V2X 範圍可能涵蓋兩路口，在車輛端接受資訊需透過 GPS 確認自身位置後進行資訊過濾，確保接收正確資訊。此外，車輛端針對預估抵達路口時間需要導入較多評估與計算，例如透過 SPAT 資訊計算路口尚未紓解車輛所需秒數，此外若是採取在一時間點同時進行兩路口預估抵達時間的方式便須導入通過第一路口的時制計畫進行計算，確保 A 路口紅綠燈停等時間不會影響 B 路口的預估抵達時間。因此，整體的觸動機制與預估抵達時間息息相關，需要通盤考量設計。
3. 後續計畫將規劃在連續兩路口下則進行運作，在流量較大之路口便須考慮連鎖與補償問題，考慮連鎖問題表示在調整時比時須注意是否保持住周期相同或是其倍數，考慮補償問題則表示時比調整不可太大(避免單一週期無法補完之問題)以及盡量在第一分相進行調整(有機會在當週期變補償完畢)，而優先號誌設計邏輯亦須考量時制計畫內容，是否某些分相是不可調整(例如左轉保護)，行閃、行紅以及最小綠秒數是否足夠等等，相關限制設定表示緊急車輛無停等通過路口的機率將會降低，兩相考量之下取得平衡將會是重要課題。

參考文獻

- [1] Intel.newsroom, “Intel Study Finds 5G will Drive \$1.3 Trillion in New Revenues in Media and Entertainment Industry by 2028”, Oct. 2018. Available at: <https://newsroom.intel.com/news/intel-study-finds-5g-will-drive-1-3-trillion-new-revenues-media-entertainment-industry-2028/#gs.lgizwc>
- [2] 張傳福、趙立英、張宇：最完整 5G 技術架構白皮書。第一版。出版社：深智數位股份有限公司，2019。
- [3] Oughton, E.J., Frias, Z., Gaast, S. van der, Berg, R. van der, “Assessing the capacity, coverage and cost of 5G infrastructure strategies: Analysis of the Netherlands”, Telematics and Informatics, Volume 37, pp.50-69, 2019.
- [4] 曲建仲(民 109 年 12 月 23 日)。【認識 5G 專題報導 5-4】開放無線接取網路與核心網路成為新趨勢。DIGITIMES。取自 https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=80&cat3=35&id=0000601021_3H91L7HM1ORS1V29AS0R2
- [5] Jorge N.-O., Pablo R.-D., Sandra, S., Pablo, A., Juan, J. R.-M., Juan, M. L.-S., “A Survey on 5G Usage Scenarios and Traffic Models”, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Volume 22, Issue 2, PP.905-929, 2020.
- [6] International Telecommunication Union, “Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)”, Geneva, Switzerland, Nov. 11, 2017. Available at: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2410-2017-PDF-E.pdf.
- [7] NGMN Alliance, “5G White Paper”, Feb. 2015. Available at: <https://www.ngmn.org/work-programme/5g-white-paper.html>
- [8] NGMN Alliance, “5G White Paper 2”, Jul. 2020. Available at: <https://www.ngmn.org/work-programme/5g-white-paper-2.html>
- [9] NTT DOCOMO, “2018 年度 総務省「5G 総合実証試験」の成果について～5G を活用したカーセキュリティに関する実証試験(1-2-①)”。 Available at: https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/rd/docomo5g/20190319_07/index.html
- [10] ericsson.com, “5G emergency response abilities highlighted by Altice and Ericsson”, Sep. 12, 2019. Available at: <https://www.ericsson.com/en/news/2019/9/5g-tested-for-emergency-response>
- [11] TechNode, “Alibaba Cloud launches City Brain 2.0”, Sep. 19, 2018. Available at: <https://technode.com/2018/09/19/alibaba-city-brain/>
- [12] 張朝欽(民 108 年 3 月 6 日)。阿里巴巴「城市大腦」有效減輕杭州交通堵塞。DIGITIMES。取自 <https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=&id=00005>

- [13] Traffic Technology International (TTI), “Poland gets its first ever ‘green wave’ system for emergency vehicles”, Dec. 14, 2020. Available at: <https://www.trafficechnologytoday.com/news/connected-vehicles-infrastructure/poland-gets-first-ever-green-wave-system-for-emergency-vehicles.html>
- [14] Ericsson.com, “City of Antwerp partners with Ericsson and iSea for public safety”, Oct. 20, 2020. Available at: <https://www.ericsson.com/en/press-releases/3/2020/city-of-antwerp-partners-with-ericsson-and-isea-for-public-safety>
- [15] 洪煥周(民 109 年 6 月 1 日)。南韓 KT 布署 5G 自動手推車 減輕物流中心人員負擔。DIGITIMES。取自 https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=10&id=0000585874_1HF75U8Y8FTA6Y3YWAX70
- [16] 謝明珊(民 108 年 11 月 11 日)。KT 和現代汽車的 5G 交通導航技術 通過五大情境考驗。DIGITIMES。取自 https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=10&id=0000585874_1HF75U8Y8FTA6Y3YWAX70
- [17] ERTICO.com, “FORD AND VODAFONE DEVELOP PROTOTYPE TECH THAT WARNS DRIVERS OF ACCIDENTS AHEAD”, Sep. 26, 2018. Available at: <https://erticonetwork.com/ford-and-vodafone-develop-prototype-tech-that-warns-drivers-of-accidents-ahead/>
- [18] 交通部，交通新聞稿，民 109 年 12 月 17 日，取自 https://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=14&parentpath=0,2&mcustomize=news_view.jsp&dataserno=202012160002&aplistdn=ou=data,ou=news,ou=chinese,ou=ap_root,o=motc,c=tw&toolsflag=Y&imgfolder=img%2526amp%253B%2526%2523x23%253Bx2f%2526%2523x3b%253Bstandard
- [19] 何佩儒(民 109 年 12 月 17 日)。交通部攜手華電聯網 啟用 5G 智慧交通試驗場域。經濟日報。取自 <https://udn.com/news/story/7240/5100753>
- [20] 中華電信。5G 垂直領域應用—智慧交通。取自 <https://www.cht.com.tw/home/campaign/5genterprise/CHT-Smart-Railway.html>
- [21] 中華電信。5G 垂直領域應用—智慧交通。取自 <https://www.cht.com.tw/home/campaign/5genterprise/CHT-Smart-Ship.html>
- [22] Lanner, “5 Ways 5G Wireless Networks Will Enhance Intelligent Transportation Systems”, Aug. 18, 2018. Available at: <https://www.lanner-america.com/blog/5-ways-5g-wireless-networks-will-enhance-intelligent-transportation-systems/>
- [23] Carritech, “5G Use Cases: Vehicles and Transportation”, Feb. 28, 2017. Available at: <https://www.carritech.com/news/5g-use-cases-vehicles-transportation/>
- [24] 5G Observatory, Available at: <http://5gobservatory.eu/observatory-overview/observatory-reports/>

- [25] Traffic Technology International (TTI), “FEATURE: How 5G will transform smart transportation in cities in 2021”, Oct. 14, 2020. Available at: <https://www.traffictechnologytoday.com/features/feature-how-5g-will-transform-smart-transportation-in-cities-in-2021.html>
- [26] 交通部科技顧問室，「5G 帶動智慧交通技術與服務創新及產業發展計畫」，政府科技發展中程個案計畫書(110-1501-09-20-01)，民國 110 年 1 月至 114 年 8 月。
- [27] AECOM.com, “Transportation nerve centers”, Apr. 30, 2013. Available at: <https://aecom.com/blog/transportation-management-centers-of-the-future-2/>
- [28] 鼎漢國際工程顧問股份有限公司，「新一代智慧運輸系統規劃設計委託專業服務案」規劃成果報告書，高雄市政府交通局委託服務案，民國 109 年 11 月。
- [29] 臺灣世曦工程顧問股份有限公司，「108 年度臺中市智慧交通管理系統建置計畫」，臺中市政府交通局委託服務案，民國 108 年。
- [30] 中華電信股份有限公司，「大新竹聯外路廊智慧交通改善與資訊整合計畫(第 2 期)」期末報告書，新竹市政府委託服務案，民國 109 年 10 月。
- [31] Burgess, L., “Integrating Computer-Aided Dispatch Data with Traffic Management Centers”, FHWA-HOP-20-064, U.S. Federal Highway Administration, Department of Transportation.
- [32] Raja A. Alshawish, Salma A. M. Alfagih, Mohamed S. Musbah, “Big data applications in smart cities”, 2016 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS), Agadir, Morocco, Sept. 22-24, 2016.
- [33] Cui, Z., Zhang, S., Henrickson, K. C., Wang, Y., “New progress of DRIVE Net: An E-science transportation platform for data sharing, visualization, modeling, and analysis”, 2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Trento, Italy, Sept. 12-15, 2016.
- [34] Goudar, R. H., Megha, H. N., “Next generation intelligent traffic management system and analysis for smart cities”, 2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon), Bengaluru, India, Aug. 17-19, 2017.
- [35] 阿里雲數字產業發展部&數字產業研發部，「城市大腦數據智能解決方案」，阿里雲，頁 1-65，2010 年。
- [36] NSW Government, Future Transport Technology Roadmap 2021–2024, 2021. Available at: [uture.transport.nsw.gov.au/technology](https://future.transport.nsw.gov.au/technology)
- [37] 比爾蓋茲：數位神經系統。第一版。出版社：商周出版，1999。
- [38] 中樞神經系統，取自 <http://www.tswongsir-runners.guide/articles/cns.htm>，最後更新日期：105 年 8 月 2 日。
- [39] 周邊神經系統，取自 <http://www.tswongsir-runners.guide/articles/pns.htm>，最

後更新日期：105 年 8 月 2 日。

- [40] Liao, C., Nong, L. Y., “Smart City Sports Tourism Integration Based on 5G Network and Internet of Things”, *Microprocessors and Microsystems*, Available online: 12 January 2021.
- [41] 陳明石、柯耀宗、陳毓婷,「高齡者就醫交通資訊整合平台需求研究」, 福祉科技與服務管理學刊, 第 8 期, 頁 1-19, 民國 109 年。
- [42] 魏惠娟、蔡齡儀,「鄉村高齡者對於友善用路環境的評估」, 福祉科技與服務管理學刊, 第 5 期, 頁 191-206, 民國 106 年。
- [43] Rahman, M. S. U., Timms, P., & Montgomery, F., “Integrating BRT systems with rickshaws in developing cities to promote energy efficient travel”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*,54, pp.261-274, 2012.
- [44] Mohamed, M. J., Rye, T., & Fonzone, A., “Operational and policy implications of ridesourcing services: A case of Uber in London, UK”,*Case Studies on Transport Policy*,7(4), pp.823-836,2019.
- [45] Starzyńska, B., Kujawińska, A., Grabowska, M., Diakun, J., Więcek-Janka, E., Schnieder, L., & Nicklas, J. P. G., “Requirements elicitation of passenger with reduced mobility for the design of high quality, accessible and inclusive public transport services” ,*Management and Production Engineering Review*,6(3), pp.70-76,2015.
- [46] Hine, J., & Scott, J., “Seamless, accessible travel: users’ views of the public transport journey and interchange”,*Transport policy*,7(3), 217-226,2000.
- [47] 資拓宏宇國際股份有限公司,「110 年度基隆交通 AIoT 戰情室系統建置計畫技術服務委託案」, 基隆市政府委託服務案, 民國 110 年。
- [48] 資拓宏宇國際股份有限公司,「108 年度臺北市即時車輛訊息匯流及運輸資訊管理平台功能擴充彙整」, 臺北市政府交通局委託服務案, 民國 108 年。
- [49] 資拓宏宇國際股份有限公司,「桃園市 109 年度交控中心系統功能整合擴充建置計畫」, 桃園市政府工務局委託服務案, 民國 109 年。
- [50] 中華電信股份有限公司臺灣北區電信分公司,「大新竹聯外路廊智慧交通改善與資訊整合計畫(第 2 期)」, 新竹市政府委託服務案, 民國 109 年。
- [51] Kwon, J., Coifman, B., Bickel, P., “Day-to-Day Travel-TimeTrends and Travel-Time Prediction from Loop-Detector Data” ,*Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1717, pp.120-129, 2001.
- [52] Kumar S.V., Vanajakshi, L., “Short-term traffic flow prediction using seasonal ARIMA model with limited input data”, *European Transport Research Review*, Volume 7, Issue 3, 2015.
- [53] Long K., Yao W., Gu J., Wu W., Han, L. D., “Predicting freeway travel time using multiple-source heterogeneous data integration”, *Applied Sciences*, Volume 9, Issue 1, pp.104, 2018.

- [54] Duan, Y., L.V., Y., Wang, F. Y., “Travel Time Prediction with LSTM Neural Network”, IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Rio de Janeiro, Brazil, Nov. 1-4, 2016.
- [55] Yu, B., Song, X., Guan, F., Yang, Z., Yao, B., “k-Nearest neighbor model for multiple-time-step prediction of short-term traffic condition”, Journal of Transportation Engineering, Volume 142, Issue 6, 04016018, 2016.
- [56] 蔡繼光，「高速公路旅行時間預測-以 k-NN 法及分群方法探討」，國立交通大學運輸科技與管理學系碩士學位論文，民國 98 年。
- [57] Ma, X., Dai, Z., He, Z., Ma, J., Wang, Y., Wang, Y., “Learning Traffic as Images: A Deep Convolutional Neural Network for Large-Scale Transportation Network Speed Prediction”, Sensors, Volume 17, Issue 4, pp.818, 2017.
- [58] 黃冠維，「利用卷積神經網路預測市區道路路況之研究」，國立交通大學運輸與物流管理學系碩士學位論文，民國 107 年。
- [59] 李光益，「高速公路長期施工路段流量模式建構與應用之實例研究」，國立成功大學博士論文，民國 99 年。
- [60] Gomes ,G., 、 May,A., 、 Horowitz, R.,(2004) “A Microsimulation Model of a Congested Freeway using VISSIM.” , Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, Vol 1876, Issue 1.
- [61] Park, B., and Qi, H.,(2006) , “Microscopic Simulation Model Calibration and Validation for Freeway Work Zone Network – A Case Study of VISSIM”, IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 17-20 Sept. 2006.
- [62] Park B. and Schneeberger J. D. (2003). “Microscopic Simulation Model Calibration and Validation: Case Study of VISSIM Simulation Model for a Coordinated Actuated Signal System”, In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol 1856, Issue 1, 2003.
- [63] Heaslip.K, Kondyli.A, Arguea.D, Elefteriadou.L, and Frank Sullivan (2009). “Estimation of Freeway Work Zone Capacity Through Simulation and Field Data” , Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board , Vol 2130, Issue 1.
- [64] Miller, D.M. Developing a Procedure to Identify Parameters for Calibration of a VISSIM Model. M.S. thesis, Georgia Institute of Technology, GA, 2009.
- [65] FHWA(2009) , “Using Modeling and Simulation Tools for Work Zone Analysis”.
- [66] Batson, R.G., Turner, D. S., Ray, P. S., Wang, M., Wang, P., Fincher, R., Lanctot, J., Cui, Q.,(2009) ,“Work Zone Lane Closure Analysis Model”, University Transportation Center for Alabama.
- [67] 薛博元，「高速公路速率控制與匝道儀控最佳化協控模式之研究」，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 100 年。
- [68] 蘇士縝，「隧道路段跟車模擬模式與駕駛特性之研究」，國立臺灣大學土木工

程學研究所碩士論文，民國 98 年。

- [69] 盧彥璁，「高速公路速率漸變控制策略之研究」，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 99 年。
- [70] 鄒政修，「發展巨觀混合推進模式於高速公路匝道儀控之研究」，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 101 年。
- [71] 于仁杰、馬榮國、王俊凌、鄭雅娟，「高速公路施工區層級限速問題研究」。中國公路學報，第 26 卷，第 6 期，民國 102 年。
- [72] Edara, P. K., Sun, C., Matisziw, T. “Calibration of VISSIM and QUICKZONE Programs work zone traffic impact analysis”, University of Missouri-Columbia, 2015.
- [73] Edara, P.K., Rahmani, R., Brown, H., and Sun C., “Traffic Impact Assessment of Moving Work Zone Operations”, Iowa State University Institute for Transportation, 2017.
- [74] Saha, T., Sisiopiku, V. P., “Assessing Work Zone Traffic Control Options for 3-to-1 Lane Closure”, Journal of Transportation Technologies, 10, pp. 50-64, 2020.
- [75] FHWA, Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways, 2009.
- [76] 中華民國交通部，交通工程規範修正完整版，民國 104 年。
- [77] Lewis, C. D., “Industrial and Business Forecasting Method”, London, Butterworth Scientific Publishers, 1982.
- [78] 張舜棋，「號誌化路口事故風險程度分類與預測之研究」，逢甲大學土木水利工程與建設規劃博士學位學程學位論文，民國 109 年。
- [79] 郭小剛，李彤，「基於隨機森林與邏輯迴歸模型的交通事故嚴重程度的預測研究」，計算機科學與應用，第 9 卷，第 10 期，頁 1920-1927，2019 年。
- [80] 王蕾，邱鋒，夏永旭，韓興博，「基於道路環境因素的公路隧道交通事故預測」，隧道建設(中英文)，第 39 卷，第 8 期，頁 1301-1307，2019 年。
- [81] 季芳，熊堅，楊文臣，郭鳳香，「基於粒子群優化 BP 網路的山區高速公路交通事故預測模型」，電子科技，第 9 卷，第 10 期，頁 68-72，2018 年。
- [82] 覃薇，「基於負二項回歸分析的高速公路神經網路事故預測模型」哈爾濱工業大學公路與水路運輸領域碩士論文，2017 年。
- [83] 鄒啟俊，「高速公路交通事故延遲時間與等候車隊長度預測模式-以國道五號為例」，國立成功大學交通管理科學系碩士學位論文，民國 103 年。
- [84] 魏健宏，葉妙珊，「類神經網路應用於都市幹道事故延遲時間預測之研究—以高雄市民族路為例」，100 年道路交通安全與執法研討會，頁 421-438，民國 100 年 9 月。
- [85] 許正憲，「資料融合技術應用於事故影響下高速公路旅行時間預測之研究」，

國立成功大學交通管理科學系碩士學位論文，民國 95 年。

- [86] 交通部運輸研究所，交通號誌時制重整計畫（II）－績效評估模式建立」，民國 97 年。
- [87] 交通部運輸研究所，標準化都市交通管理之通訊協定研發(一)，民國 99 年。
- [88] 交通部運輸研究所，標準化都市交通管理之通訊協定研發(二)，民國 100 年。
- [89] 交通部運輸研究所，標準化都市交通管理通訊協定與控制軟體之研發與驗證示範(二)，民國 98 年。
- [90] CSDN。NVIDIA JETSON XAVIER NX TX2 NANO 比較及與顯卡算利對比。
取自 <https://blog.csdn.net/u013673476/article/details/106337795>。
- [91] NVIDIA, NVIDIA A100 TENSOR CORE GPU. Available at:
<https://www.nvidia.com/content/dam/en-zz/Solutions/Data-Center/a100/pdf/nvidia-a100-datasheet.pdf>
- [92] AI BENCHMARK, AI Benchmark for Windows, Linux and macOS: Let the AI Games Begin. Available at: <https://ai-benchmark.com/alpha.html>
- [93] Kneron。邊緣 AI 晶片介紹。取自：<https://www.kneron.com/tw/about/>。
- [94] Zhang, X., Gao, Y., Wang, H., Wang, Q., “Improve YOLOv3 using dilated spatial pyramid module for multi-scale object”, Computer Science, 2020.
- [95] CSDN。CNN 卷積神經網路。取自
https://blog.csdn.net/weixin_39733232/article/details/110522246。
- [96] OpenGenus IQ, Understanding ResNet50 architecture. Available at:
<https://iq.opengenus.org/resnet50-architecture/>
- [97] 交通部運輸研究所，國家智慧型運輸系統標準通訊協定 NTCIP 整合式通訊平台之研究、開發與實作(四)，民國 95 年。
- [98] 高鐵嘉義站聯外 BRT 執行方案-嘉義縣路段便民服務智慧化建置案期末報告定稿，嘉義縣交通局，臺灣世曦工程顧問股份有限公司，民國 97 年 12 月。
- [99] 桃園市 103 年「易壅塞道路改善計畫案」期末報告(修正版)，桃園市政府，臺灣世曦工程顧問股份有限公司，民國 104 年 7 月。
- [100] 臺南市 103 年「公車優先號誌控制系統」建置計畫報告(修正版)，臺南市政府，臺灣世曦工程顧問股份有限公司，民國 104 年 12 月。
- [101] 臺南市 96 年「e 化交通－智慧交控系統」計畫案規劃設計報告(修正版)，臺南市政府，臺灣世曦工程顧問股份有限公司，民國 96 年 12 月。
- [102] 華電聯網股份有限公司，「臺中市快捷巴士(BRT)藍線 CL03 標機電系統工程」，臺南市政府交通局委託案，民國 102 年。
- [103] 中華電信股份有限公司數據通信分公司，「109 年臺南市整合型公車優先號誌計畫」，臺南市政府交通局委託服務案，民國 109 年。

- [104] 水靈科技股份有限公司，「緊急車輛優先通行號誌及路口防碰撞系統試辦計畫委託專業服務案」，高雄市政府交通局委託服務案，民國 109 年。
- [105] Connected Vehicle Environment (CVE) Interface Control Document, April 8, 2019.
- [106] ISO/TS 19091 Intelligent transport systems – Cooperative ITS – Using V2I and I2V communicates for applications related to signalized intersections, June, 2019.
- [107] Priority services for target groups (Functional description for Emergency Services, Public Transport and Logistics version 1.0.0), June 26, 2020.

附件一、 期中報告審查意見處理情形表

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
一、國立陽明交通大學 邱教授裕鈞		
1. 報告書撰寫需提出具體與具策略性之系統架構，建議調整內容章節之編排，將第五章移至第三章，並釐清數位神經中樞所涵蓋之系統範圍(例如陸運/海運/空運、城際交通或都市交通)。	期中章節主要是按照工項順序作編排，期末報告將依據委員建議重新調整章節編排；另數位神經中樞所涵蓋之系統範圍主要為都會地區，除一般市區道路外，部分高快速道路亦為都會地區之主要道路及交通管理的一環，相關研究範圍已於第一章中加以界定說明。	同意辦理
2. 數位神經中樞之運作架構，其實就是類似於交控中心或戰情室的概念，然報告書中有許多篇幅在講述與人體中樞神經系統之連結，是否有其必要性，建議可以調整。	本計畫以智慧城市、城市治理角度來提出數位神經中樞系統之概念，與一般交控中心不同，其概念包含感知、理解、推理、判斷，對城市交通進行全面感測、分析、綜合判斷、決策方案產出、學習記憶並回饋，逐步地朝向完全智慧化與自動化，以完善城市治理和服務。	敬悉
3. 建議將數位神經中樞之架構以系統化方式整理，例如：感測、傳輸方式、資料處理、策略決策、資訊發佈、追蹤成果等內容，以及說明本計畫與既有交控中心之差異。	本計畫針對數位神經中樞之核心價值及系統架構補充說明於報告書 3.3 節及 3.5 節中。與既有交控中心之差異比較說明如 3.6.3 節。	同意辦理
4. 國外實際系統建置案例內容或功能是否有國內可參考之處，或額外可新增哪些其他功能，請團隊補充說明。	已補充相關國內外交通管理系統發展趨勢，如報告書第 3.2.1 及 3.2.2 節所示。	同意辦理
5. 報告書中對於不同議題內容說明深淺差異大，例如號誌控制器篇幅較多也較詳細，另外，高速公路預測部分未來是否會納入系統功能中，其規劃與探討地方主管機關交通問題之關聯性為何，建議根據前述(第1點)調整	報告書中針對如通訊協定或交通預測等工項較屬於實際施作部分，因此探討會較深，而針對像數位神經中樞屬於概念性初探部分，期中階段尚在建構其內涵，因此探討深度則較	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
章節順序與補充說明其他系統規劃之內容。	淺。相關內容已依據委員建議重新調整章節編排。	
6. P.190，焦點團體應用文獻與交通設計較無關聯，建議可修正。	已修正相關文獻內容於報告書第 3.4.3 節。	同意辦理
7. 交通控制可分為制式的反應與需要經過思考再決策的反應，例如專家系統透過感測資料自動進行評估與判斷，大型交通疏導則需要大量資料與討論後進行決策，建議於報告書中將兩者分開敘述。	本計畫提出之數位神經中樞系統，可分為大腦思考與脊髓反射動作，而交通控制之「專家系統透過感測資料自動進行評估與判斷」實與脊髓反射動作相似，另外「大型交通疏導則需要大量資料與討論後進行決策」，則與大腦思考動作相似。	同意辦理
二、國立臺北大學 莊教授東穎		
1. P.53，攝影機應避免架設於太低位置導致物件重疊，請說明高度應為多少才不會太低？	魚眼建議架設 4~5.5m，槍型建議架設 4~6m，兩者最高建議皆不超過 7m。	敬悉
2. P.53，表 3-2 偵測樣本數是否太少？例如大型車才 10 台。	已刪除表 3-2，並持續新增上萬張的訓練集與測試集資料。	同意辦理
3. P.121，有關於基本參數修正，宜再更清楚說明。	此處指的是都市交通控制通訊協定 3.0 版的「時制計畫基本參數管理」。為免誤解，已修正為「號誌基本參數設定」。	同意辦理
4. P.221，平台是否利用 WiFi 接入各類資料來源？Modbus TCP 會不會成為資安之破口？平台是否和國際接軌？	原期中報告之數位神經中樞「系統平台運作架構與功能設計」內容已重新於期末報告中調整為 3.5.1 節中，資安議題則另說明於報告書第 3.6.1 節中。	
5. P.227，資料共享是否和交通部 TDX 介接？	交通部 TDX 資料為本計畫資料來源之一，已納入整體系統架構中。	同意辦理
6. P.275 與 P.277，表 6-12 及表 6-13 資料內容相同，是否為誤植？	感謝委員指正，已修正相關誤繕內容。	同意辦理
三、勤益科技大學 林教授正堅		
1. 第 2.2 節 P.23~30 文獻回顧中提及部分國外案例，惟僅呈現情境描述，建	本計畫就緊急車輛技術細節於期末報告中補充其技術之實驗室概念性驗證及場域實測結果	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
議團隊宜就緊急車輛技術細節，如通訊/資訊流通，詳加分析探討。	如報告書 8.3 節及 8.4 節。	
2. 第 3.3 節 P.50~54，報告內容比較槍型或魚眼攝影機的優劣，內容未涉及條件或目的為何？另外，在表 3-2 比較的是魚眼鏡頭與 E-tag 的辨識率比較，宜說明為何。而表中每區只有 70~80 部車輛，這個驗證似乎無法說服大家。	已依本計畫需求將相關內容調整為自身成像性質及拍攝角度之說明。 另已刪除表 3-2，並持續新增上萬張的訓練集與測試集資料。	同意辦理
3. 第 3.3 節 P.59~60，報告內容比較邊緣和雲端之特性後，又提出資料訓練、模型優化等內容，在模型優化的部分，內容較不清楚，如物件追蹤技術、不同天候的模型、需前後背景分離等，請團隊再加以詳細欲表述內容後進行修正。另外，表 3-3 準確率彙整表數量是不足的，宜就不同天候作分析及拉長時間分析。	本計畫針對物件之影像辨識技術說明如 6.1 節中，另針對白天、晚上及不同天候之物件辨識結果彙整如 6.2 節所示。	同意辦理
4. 資訊推播內容是即時(online)還是離線(offline)，請補充說明。	資訊推播內容主要分為即時跟歷史兩種，相關說明詳報告書 4.6 節。	同意辦理
5. 整體來說本計畫是「構建 5G 智慧交通數位神經中樞」規劃案，較少提到 5G 扮演的角色，宜再詳細說明。	智慧交通數位神經中樞系統將面對數以萬計的偵測數據之即時傳輸需求，需透過 5G 技術最大限度地降低延遲。雲計算和邊緣計算之間的連接速度亦至關重要，需透過 5G 技術以達到即時的分析與決策。	敬悉
四、交通部科技顧問室 王主任穆衡		
1. 建議本計畫宜優先明訂 5G 智慧交通數位神經中樞之定義與範疇，目前似太廣泛不明確。	已於期末報告重新調整相關內容，詳報告書第三章。	同意辦理
2. 就分析架構宜以都市交通管理之概念優先定義終端、邊緣、雲端、霧端系統之互動關係。	已於期末報告重新定義數位神經中樞功能架構與概念，詳報告書第 3.5、3.6 節說明。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
3. 依據常態分工之概念，建議定義反射動作、神經傳導、大腦運作等人工智慧運作之原則。	已於期末報告重新定義數位神經中樞功能，詳報告書第 3.5 節。	同意辦理
4. 建議定義管制中心之條件與設計原則：包括感知、統整資訊、戰場分割、多重資訊消化、戰略制定、戰略執行、戰略修正、記憶與學習、模組化擴充等。	已於期末報告參照委員意見將數位神經中樞功能區分為規劃、運營及服務等三個構面，詳報告第 3.5.1 節。	同意辦理
五、交通部 吳參事木富(前高速公路局副局長)		
1. 依案名「構建 5G 智慧交通數位神經中樞」來看，建議針對 5G 與既有網路之基礎架構、傳輸差異等方面進行差異性說明，另外，數位神經中樞雖是針對 5G 而設計，但實際上涉及許多終端技術(資料蒐集端)，建議團隊應先將主要目標勾勒出來，再與後面功能連結。	本計畫針對 5G 技術特性，包含與既有 4G 之差異補充於 2.1 節所示。另本計畫透過專家學者工作坊、地方政府基層幹部問卷調查等方式，蒐集相關實務面臨之交通治理痛點後，藉此歸納出整體架構與功能(包含所需蒐集資料類別)。	同意辦理
2. P.170，能否再區分出 550cc 以上大型重機，目前偵測技術、精度為何？	目前影像辨識技術若僅以機車外觀來進行辨識容易發生誤判，精度不高。	敬悉
3. P.173，倒數第 8 行，車量應為車輛。	敬悉，已修正錯誤。	同意辦理
4. P.219，建議增加熱力圖、趨勢圖功能。	遵照辦理，已新增於報告書第 3.5.1 節。	同意辦理
5. P.245，高速公路已經有未來旅行時間預報功能，請修正。	已修正。	同意辦理
6. 6.3 及 6.4 節路段速率發生機率(P.254、279、284、表 6-15)，對外推播速率建議以 10 整數做為區間，如 70-79 改為 70-80，另外是否考慮增加另一旅行時間發生機率。	遵照辦理，已將速率區間調整為以 10 的倍數顯示。另有關於旅行時間發生機率，如有實際需要，建議可再透用速率機率結果換算。	同意辦理
7. P.256 表 6-5 及 P.302 有關施工封閉之施工型態為何，高速公路施工分為移動施工、短暫施工、中期施工、長期施工，不同施工型態封閉前漸變長度不同，施工區長度亦不同。而且封閉一車道為內側、外側、中間車道對交	本期計畫針對施工情境模擬為固定施工區域之施工情境，並選擇一實際案例進行構建【109 年 8 月 13 日 13 時至 18 時，封閉國道三號苑裡至通霄北上路段，146.7K~146.4K 內側 1、2 車道，並於施工期間開放第三	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
通衝擊均不同，模式是均否可以涵蓋？	車道與路肩提供用路人行駛】。依該案例構建完成且與模擬結果與實際情況相符後，未來應可擴展至其他情境使用。	
8. P.279 對外播報方式可能使用文字、語音、圖形，不同方式可以說明的精細程度不一樣，尤其語音應盡量簡化，例如預報速率 80 至 90 機率 50，大於 80 機率 12.5，小於 70 機率 37.5，表 6-15 若採語音播報就以三段式的方式來呈現，P.284 亦同。	本計畫所提出之速率預測模式，主要係供交管人員執行交管決策時參考，至於應如何播報予用路人，建議可由各交管機關自行規劃設計。	同意辦理
9. 第八章緊急車輛智慧號誌，執行時將變動時相長度，倒數計時號誌(包括行人、車行用)，是否已有規劃如何顯示(或不顯示)？	因執行動態號誌，倒數秒數在學習型行人燈情況下可能會錯誤顯示，目前各相關規劃作法亦多採取不顯示之處理方式。	敬悉
六、交通部公路總局 李副總工程司忠璋		
1. P.52，魚眼攝影機進行 AI 辨識時，在不同的路口是否需要再進行標註(labeling)學習？如果需要，學習的比例大概多少？	魚眼攝影機進行 AI 辨識時，若為特殊路口或路段，則需要大約 5,000 張圖片進行訓練學習，若為一般路段，僅需要 1,000 張圖片。所謂特殊路口或路段亦指角度跟光線與訓練模型的資料集不同，例如道路環境上物件與人流較複雜、該偵測路段上光源混亂，攝影機擺放角度特殊。	敬悉
2. P.54，魚眼攝影機架設高度若太高，會不會造成物件影像辨識度變差，及在影像邊緣的物件變形量更大。(本意見在簡報資料中有說明，建議納入報告書中)	影像辨識所需之攝影機架設高度不宜過高或過低，建議架設高度為 4~5.5m，最高不超過 7m。	敬悉
3. P.58，夜間或雨天的影像辨識率經過模型訓練後是多少？	已於期末階段加入各式天氣與情境的精進作業，詳報告書第 6.2 節。	同意辦理
4. P.73~74，路口號誌是分配給車輛的時間路權，因此它的失誤應降到最低，不論是號誌系統本身或者是外在	如同自駕車的安全要求一樣，實際上確實應採用多樣的偵測技術疊加，來增加安全性。惟	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
(設備儀器)判斷的問題，若是這些設備的問題所導致事故風險，會讓用路人感到系統不安全而造成管理上的困擾，所以用最少路側設備成本方向考量似乎不是正解，若經過複合式的處理，可以消除不同設備的弱點。	考量過多設備會造成建置與維運成本之提昇，因此目前三個直轄市的自駕車計畫皆在達成安全的前提之下，以最少路側設備成本的方向努力，兼顧安全性以及後續維運性。	
5. P.112，引進新技術的協定是必要的，但若在都控協定 3.0 中對於某些過時的技術需要移除，這樣的作法似乎不是很妥適，新舊技術各有其優缺點(例如環路線圈偵測器的準確率高及比較不受天候或光線影響的特性)，應該是考量的如何互補而非移除。	考量當前技術演進與廠商開發能力，舊的指令並不會立即廢棄，而是會新舊相容一段時間，確保硬體設備與中心軟體能順利轉換。	同意辦理
6. 本局一般在進行事件處理的過程是事件的偵知、確認、處理，大概都需要一些判斷的過程，只是不同事件判斷時間的長短有不同，至於反應機制是否能像人類神經般有直覺的反射動作不經判斷確認就執行，似乎很難達成。例如：報告 P.216 中「弱勢族群路口行人通行」，由於弱勢族群有不同對象，每個對象所需要服務不相同，必需經過辨識判斷、確認後才會由系統產生合適的應變計畫然後執行。	已重新審視整體架構，並依據問卷、訪談結果進行調整相關內容，調整後之規劃內容詳報告書 3.5.1 節。	同意辦理
7. P.219，本計畫係以縣市政府交控中心為主要對象，但高快速公路是運輸系統中相當重要部分，建議可考量將高速公路局及公路總局交控系統納入，其中公路總局各工程處的交控制與管理中心還負責災害應變的業務。	已重新審視整體架構，亦已納入與交通控制相關之課題內容，調整後之規劃內容詳報告書 3.5.1 節。	同意辦理
8. P.223~225，若是智慧交通數位神經系統中的管控項目包括了停車資訊、公共運輸資訊，那必需整合交控中心、停管中心、公運中心、捷運行控中心，那麼神經中樞的架構或規模就變的很重要，建議能有初步的構想，以利後續發展。	已重新審視整體架構，並依據問卷、訪談結果進行調整相關內容，調整後之規劃內容詳報告書 3.5.1 節。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
9. P.226，一般而言災害有分為天然災害(風、雨、霧、地震)及公路災害(一般事故、隧道事故)，這兩種災害在主要偵測設備不同，在天然災害的偵測設備、偵測模式、預測模式都涉及氣象專業；而在公路隧道事故則涉及到機電、消防的專業，因此在災害的部分會有跨領域的合作。	感謝委員提供相關資訊。	敬悉
10. P.306~307，表 6-32，施工區影響預測的有效性若是採用 MAPE 值，一般應該在 20%以內，但在表中利用類神經網路的預測模式的 MAPE 大多超過 20%，是否有考量其他的預測模式。	該表為國內外事故相關預測之文獻回顧彙整結果，目前所蒐集之預測模式多已於表中呈現。	敬悉
11. P.194，道路鋪面坑洞、破損的異常的偵知若是利用公車或計程車上的 CCTV 或行車記錄器(群眾外包)的方式獲取，則可能必需要思考道路養護機關該如何規劃民眾通報的標準及相關規範，才能減輕後端處理的複雜度、時間、成本等。	感謝委員提供寶貴意見，可提供解決該類型交通治理痛點之參考。	敬悉
12. P.135 與 189，Connected Vehicle，CV 是「聯網車」或「車輛聯網」宜一致。	遵照辦理，已統一改為車聯網。	同意辦理
七、臺灣車聯網產業協會 吳理事長盟分		
數位神經中樞系統應包含哪些功能，應可從相關的路側、車載、中央控制等角度探討，較容易找到可聚焦的地方，以此為計畫之參考。	本計畫於功能需求規劃上，係透過專家學者工作坊、地方政府基層幹部問卷調查等方式，蒐集相關實務面臨交通治理痛點，藉此歸納系統所需具備之功能。	同意辦理
八、社團法人中華智慧運輸協會 陳副理事長守正		
1. 第 5.4.3 節 P.222，對於系統資安部分可提供更多的著墨，包含資安的整體規劃與對於設備端的惡意攻擊防護等。	已於期末報告補充說明於 3.6.2 節。	同意辦理
2. 第 5.4.4 節 P.227，銜接 5.4.3，因為資料量龐大且要考量不同系統的分享	已重新審視整體架構，並依據問卷、訪談結果進行調整相關	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
對接(P.227)，建議對資料平台的架構規劃與資料分享架構做一個初步的規劃說明。	內容，調整後之規劃內容詳報告書 3.5.1 節。	
3. 第 6.3 節 P.251，本規劃中已經整理出許多預測模型，建議可以針對日後能幫助交通管理單位做決策的模型與應用場景，提供一個建議列表。	本計畫已彙整各預測模型，包含流量、速率、施工影響、事故影響所適用之範圍，詳如表 4-6。	同意辦理
九、交通部高速公路局		
1. 針對 AI 影像辨識部分所提到槍型攝影機、魚眼攝影機、邊緣運算與雲端運算等內容，是否有適用的情境說明供其他機關參考。	已於報告書第 6.1 節增加相關情境介紹與說明。	同意辦理
2. 預測資料及資訊推播的內容，是否能夠回饋至緊急車輛通行的機制上作實際應用？	預測資料內容實為一未來發生的即時路況，就概念而言，可以做為緊急車輛路徑規劃的路況資訊來源之一。	敬悉
十、交通部公路總局		
1. 本計畫包含很多工作項目，內容極為豐富，惟各章節間較為分散，無法清楚瞭解彼此間關連性，爰建議以建構 5G 智慧交通數位神經中樞系統為核心架構進行論述，再依序與相關工作項目做連結(如 AI 影像辨識等)，以利閱讀時能較瞭解本計畫目的。	期中章節主要是按照工項順序作編排，已於期末報告重新調整章節編排，並在第一章中增加章節架構之說明。	同意辦理
2. 建議加強說明本計畫建構 5G 智慧交通數位神經中樞系統，與各單位現有交控中心差別與彼此間分工？該系統部分相關功能，目前應用似尚未普及(如交控設備進用車上行車紀錄器檢視等)，爰建議可重新檢視並排定短、中、長期工作目標及項目，另在多元資訊處理部分，建議可朝多元、跨域、跨部門方向進行思考(如觀光景點周邊住房率等)。	已重新審視整體架構，並完成規劃內容如報告書 3.5.1 節。另依據資料呈現規劃方式、指標功能呈現規劃，去探討資料現況、技術困難度及經費需求等項目，進而提出規劃期程建議，詳如報告書 3.6.1 節。	同意辦理
3. 施工衝擊預測部分，建議後續可評估不同施工車道(如內、外側)或是道路性質(如隧道段等)間差異。	本期計畫主要對象為固定施工區域之施工情境，並選擇一實際案例進行構建【109 年 8 月	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	13 日 13 時至 18 時，封閉國道三號苑裡至通霄北上路段，146.7K~146.4K 內側 1、2 車道，並於施工期間開放第三車道與路肩提供用路人行駛】。相關意見建議可納入後續精進作業加以探討。	
4. 有關 AI 影像辨識部分，提及邊緣運算單一功能之精準度較差，據初步瞭解，AI 辨識精準度應與設備設置位置有關，與多工或單一功能關聯性較低，爰建議再予釐清確認；雲端運算部分，是否有考量系統開發所需費用？建議可補充說明各驗證結果之情境及結果(如表 3-2 魚眼偵測結果是只有統計執行車或含轉向交通量等)，後續建議可依據報告書所提各項演算法優化內容(如雨天等)，辦理相關驗證及提供實證結果供參。	針對 AI 辨識精準度與設備設置位置有關之議題，包含拍攝角度、照射範圍、架設高度、邊緣/雲端運算等，已補充說明於 6.1.1 節。另本計畫於辨識演算法上主要是採用 YOLOV3，各情境辨識結果彙整如表 6-14 及表 6-16 所示。	同意辦理
5. 交通資訊推播部分，參考氣象局方式提供相關分析數據，立意良好，惟參考本局與高公局目前已有針對連續假期期間路況提供路況播報服務，對外發佈交通訊息，應以清楚、簡單、易懂為原則，爰建議對外發佈資訊內容(如 79-99 機率為 87%等，可以改以車多、壅塞來表達等)，可以用路者的立場再行評估，加以簡化。	本計畫所提出之速率預測模式，主要係供交管人員執行交管決策時參考，至於應如何播報予用路人，建議可由各交管機關自行規劃設計。	同意辦理
6. 緊急救援車輛部分，根據國內、外文獻回顧，多係由警消單位提出需求並辦理執行，爰建議後續規劃執行時，可予警消單位進行訪談，瞭解其需求。	本計畫實際訪談臺中市消防局之實務單位經驗，已瞭解實務運作過程可能發生的問題及需求，並做為整體規劃構想之基礎。	同意辦理
十一、臺北市政府交通局		
1. 有關 AI 影像辨識，團隊目前已針對形式與規範進行檢討，建議後續可針對事件偵測邏輯優化加強精進，亦將成本效益納入探討。	已補充於報告書 6.1、6.2 節。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
2. 臺北市調整號誌頻率較高，點燈方式與其他縣市不同，採時相點燈方式，建議將其納入通訊協定 3.0 檢討中，促使各縣市間規範標準一致。	本計畫已初步了解臺北市交通局時相點燈的作法，但因複雜度較高，且其餘縣市目前均無相關需求，故暫不納入本次檢討。	同意辦理
3. 通訊協定 3.0 涉及各縣市實際執行層面，需要多方討論，建議後續是否除透過研討會、審查會議外，仍有其他方式可加強通訊協定 3.0 之實務需求探討。	後續會以設計問卷、增加與各單位之間座談會場次的方式，持續調查各單位對都市交通控制通訊協定 3.0 版調整的意見。	同意辦理
十二、新北市政府交通局		
本案所用 5G 通訊架構未來預期將取代現有光纖或 4G 無線之傳輸架構，其可能帶來之效益、衝擊及變化之優勢或劣勢之評估。例如既有現場設備將減少傳輸模組或固網的建置，預期可節省之相關成本，或因傳輸速度、傳輸流量增加將影響既有系統架構的衝擊等。	感謝提供資訊，目前預定在實作場域使用具備 5G 頻譜的 C-V2X 進行路側設備與車輛間傳輸在低延遲特性下，設備間之傳輸將可避免封包遺漏或不同不知情況，將有利於未來 V2I 之發展。	敬悉
十三、桃園市政府交通局		
1. 都市交通控制通訊協定 3.0 對於 C-V2X 應用之探討，目前情境示範皆為單一狀況，未來可能面臨跨情境式狀況（例如自駕車與動態號控場域重疊），後續該如何解決？	目前國際標準 SAE J2735 中針對 SRM 與 SSM 的設計即包含各車種同時行經路口時應該如何處理，未來若面臨多車種之情境可透過授權邏輯與參數設計方式進行處理。	敬悉
2. 報告書中提到雲端集中式運算與淡海新市鎮等透過 5G 通訊進行資料交換，建議團隊針對 5G 訊號強度與規模之需求進行說明，供各縣市政府提前準備之參考。	目前 C-V2X 設備皆在開發階段，淡海場域所使用的 C-V2X 亦在功能性測試階段，針對強度與規模尚無較明確的測試成果。	敬悉
十四、臺中市政府交通局		
1. 報告書中有關臺中市交控系統架構與現有資訊有所不同，會後再提供團隊修正與補充。	感謝提供資訊，已修正於報告書 3.2.1 節。	同意辦理
2. 有關資安議題，在報告書中無太多描述，建議後續納入規劃與補充說明，	感謝委員建議，目前車聯網相關設備皆在測試階段，後續待整體系統較為完整，方可進一	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
提供未來在緊急車輛優先號誌系統或其他系統相關資安措施之參考。	步了解可能衍生哪些資安問題以及應如何防堵。	
十五、臺南市政府交通局		
1. 有關 AI 交通事件辨識，後續是否會針對市區道路部分提出相關規劃？	本計畫主要係針對 AI 影像辨識設備與技術進行探討分析並提出建置建議。	敬悉
2. 如何透過 5G 技術，將即時壅塞或停車訊息等即時訊息更快速地推播給民眾，請補充說明。	本計畫提出之決策資訊主要係提供管理機關參考，推播給民眾部分，建議可由各機關自行規劃設計。	敬悉
十六、高雄市政府交通局		
1. 號誌燈號、時制異常等設備或狀態異常情況，是否能透過通訊協定的檢討，讓交控人員即時掌握相關資訊。	此為本次協定檢討之重點項目，目標是透過本次檢討，讓中心管理人員更能掌握現場設備的狀態。	敬悉
2. 目前皆透過網站推播相關即時資訊供民眾查詢，且相關 APP 使用率較差，未來如何讓民眾適時、適地、適切的獲得交通資訊尚需探討。	本計畫提出之決策資訊主要係提供管理機關參考，推播給民眾部分，建議可由各機關自行規劃設計。	敬悉
3. 減少緊急車輛救護反應時間與交通事故發生，會涉及救援目的、救援路徑等因素，未來設計測試情境規劃以導航為主軸，由中心端來提供路徑規劃和即時道路資訊，建議後續將連續多車之需求、路口同時有多輛緊急車輛、通訊系統穩定與可靠性等問題納入考量。	目前國際標準 SAE J2735 中針對 SRM 與 SSM 的設計即包含各車種同時行經路口時應該如何處理，因此未來若面臨多車種之情境可透過授權邏輯與參數設計方式進行處理。惟本期計畫受限於時間經費問題，先以單一車輛單一路口測試，建議可於後續相關計畫擴大測試。	同意辦理
十七、本所運資組(書面意見)		
1. 請將報告書第二章擴充為文獻回顧章節，收納與彙整目前各章(第七章與第九章除外)屬於文獻回顧性質之各節內容，並請補充回顧國際上與本案相關之城市先進智慧運輸應用情	因本報告涉及範圍甚廣，考量報告各工項完整性，爰建議第二章仍以整體性之文獻為主，相關研究內容之文獻回顧則維持在各自章節中。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
境與使用案例，以為本案各項工作之 規劃與執行參考。		
2. 報告書第 2.2 節，文獻回顧中提及部 分國外案例(例如波蘭/德國緊急車輛 應用)，惟僅呈現情境描述，建議團隊 再加以蒐集更多技術細節(例如通訊/ 資訊流通方式)，另外針對國內目前 正在進行開發應用之案例(如消防署/ 高雄市)，建議應持續了解該案例之 實際執行方式與進度，以利本計畫規 劃參考。	遵照辦理，已補充於報告書 8.1 節。	同意辦理
3. 報告書第 2.3 節，主要是為了探討多 元資料結合 5G 技術在「智慧交通數 位神經中樞」可扮演之角色及應用方 向，然而 P39-P.41 所提出的幾項應 用，看不出可能應用哪些多元資料， 且部分項目似乎並無應用多元資料 之需求(如偵測相關運輸設施)，建請 團隊再參考 RFP 工項要求加以修正。	遵照辦理，已修正補充於報告 書 2.3 節。	同意辦理
4. 報告書第 3.3 節，章節標題與內容呈 現似有落差，內容在比較完邊緣和雲 端之特性後，又提出資料訓練、模型 優化等，請團隊再加以釐清該章節欲 表述內容後進行修正。另 P.60 提及準 確率從 48%提升至 95%，但是 P.54 提 及準確率可達 80%以上讓人不解，請 再確認修正。	已重新檢視修正各小節標題與 內容，詳如報告書第六章。	同意辦理
5. 報告書第 3.4 節，看不出這小節想說 什麼以及與本計畫之關連，請團隊再 補充說明。	已重新檢視修正於報告書 6.2 節。	同意辦理
6. 報告書 P.74~P.77 在探討與比較美國 號誌控制與我國都市交通控制之運 作邏輯，認為我國作法無法處理或提 供動態號誌控制或時制轉換補償之 各分項正確剩餘秒數，惟報告尚未具 體就此課題參考美國作法提出具體 建議，請於後續補充此部分內容。	根據研討決議，目前協定修訂 對於時制補償與動態控制，可 透過主動回報於週期開始之前 提供時制化內容，步階轉換時 主動回報的資訊也具備執行開 始時間與執行秒數，透過上述	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	資訊，可以獲得步階運作剩餘秒數。	
7. 報告書第 4.1 節回顧各縣市交控中心與號誌控制器業者的時制轉換與時制補償、行人/行車倒數秒數時，請進行差異分析，並加以彙整成小節結論。	遵照辦理，已補充於報告書 5.2.5 節與 5.2.6 節。	同意辦理
8. 報告書第四章，請補充 8 月 4 日產官學研線上座談會各單位意見，並據以檢討期中階段成果。	遵照辦理，已補充於報告書 5.4.2 節。	同意辦理
9. 報告書第 4.2.4 節回顧國際車聯網通訊協定與交通部「淡海試驗場域之車聯網應用服務」計畫，請將交通計畫所擬「號誌控制器與車聯網路側設施間資通訊標準(TCRO)」初稿納入本研究，並進一步進行探討與可能之檢討。	遵照辦理。	敬悉
10. 報告書 P.148 所進行共用通訊協定之設備硬體狀態部分，請再進一步探討各式(含新式)交通控制設備與號誌燈頭異常狀態之管理需求，以研提檢討內容與配套之施工需求規範(例如：1 燈 1 線)。	遵照辦理。	敬悉
11. 報告書 P.159 臺北市政府所擬號誌控制器綠衝突表相關通訊協定，請改為 WORD 檔案格式。	遵照辦理。	敬悉
12. 報告書第 4.4.3 節資料蒐集通訊協定中，對於自行車與大型重機之車種屬性，請再加以確認，以利通訊協定之增修；對於路口偵測器部分，請再進一步進行探討，以利通訊協定或應用程式介面(API)之研擬與新增。	遵照辦理。	敬悉
13. 報告書第四章章節內容編排略顯凌亂，請再重新調整文章結構；先蒐集與彙整各單位對於通訊協定 3.0 版使用意見，以及未來「智慧交通數位神經中樞」之交通控制服務需求與資通	遵照辦理，已修正詳如報告書第五章。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
訊科技發展，再據以進行國內外發展 相關文獻蒐集與分析，最後具體提出 通訊協定 3.0 版檢討初稿。		
14. 請於報告中統一使用「都市交通控 制通訊協定 3.0 版」或其縮寫「通訊 協定 3.0 版」，以及統一使用「號誌控 制器」用詞。	遵照辦理。	敬悉
15. 由於書面報告並非彩色印刷，因此 報告中請避免使用顏色來進行敘述 或呈現內容。	遵照辦理。	敬悉
16. 報告書第五章章節編排邏輯性似乎 有點亂，不易閱讀，請團隊會後再與 本組討論後調整修正。	遵照辦理。	敬悉
17. 報告書 P.220，有關平台功能特色， 亦請團隊納入模組化設計考量，以利 後續複製擴散。	已重新審視整體架構，相關規 劃內容說明於報告書 3.5.1 節。	同意辦理
18. 報告書 P.223 提及初步功能規劃之 方向，需請團隊加以說明本計畫後續 如欲發展這些功能，與目前中央/地 方管理單位既有功能之差異。	已重新審視整體架構，並依據 問卷、訪談結果進行調整相關 內容，相關規劃內容說明於報 告書 3.5.1 節。	同意辦理
19. 報告書第六章，有關交通資訊推播 服務，之前已在工作會議中討論過應 先釐清該服務之使用對象，如主要對 象為交通管理單位，建議報告書 6.1 節(多為對民眾之交通資訊服務系統) 可盡量省略，反而應該蒐集交控/交 管中心或戰情室之類的服務系統，以 作為計畫規劃參考。	遵照辦理，本計畫提出之決策 資訊主要係提供管理機關參 考，已刪除對民眾之交通資訊 服務系統等相關內容。	同意辦理
20. 報告書第七章，有關示範場域遴選 作業，內容提及初步優先排序僅為團 隊內部分析，請刪除相關文字。本項 作業實際仍以後續辦理評選會議之 評定結果為主。	遵照辦理。	敬悉
21. 報告書第八章所規劃測試情境部 分，請納入本案 5G 智慧交通數位神 經中樞的 5G (含 C-V2X)與人工智慧 影像分析等核心元素，在路側服務內	本計畫目前緊急車輛優先通行 係以路段發生事件為情境進行 測試，結合雲端資訊提前進行 路徑規劃，並接收路側 AI 影像	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
容部分，可納入緊急車輛行經路口提供智慧安全通行服務等。	辨識事件資訊並進行改道。	
22. 報告書第八章，本案受限於經費與時程，對於前項所擬創新服務，得以透過實驗室模擬方式，來展示都市數位神經中樞環境下的緊急車輛智慧號誌運作。	遵照辦理。	敬悉
23. 部分章節圖表順序請依文章出現內容編排，以免影響閱讀。另有關報告初稿中錯別字、格式錯誤、圖表清晰度不夠與資料來源未敘明部分，請於會後洽本所。	遵照辦理。	敬悉
十八、主席結論		
1. 有關「5G 智慧交通數位神經中樞」之定義、系統範圍、架構等相關闡述與內容，請團隊再進一步釐清確認，並做必要之補充。	遵照辦理。	敬悉
2. 本計畫因執行啟動時間較晚，以致期中階段之研究時程(約 2 個半月)稍有壓縮，針對期中階段成果之章節安排、部分工項的初步規劃成果歸納、以及國外文獻列表說明等，請團隊再行檢討與補充。	遵照辦理。	敬悉
3. 對於資安議題，請團隊針對資安整體規劃、惡意攻擊防護等方面多加著墨。	遵照辦理，已補充於期末報告 3.6.1 節。	同意辦理
4. 對於參考交通部「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」所擬「號誌控制器與車聯網路側設施間資通訊標準」初稿部分，雖已於期中階段納入本計畫通訊協定內容探討，後續仍須請團隊配合相關測試作業進行進一步檢視與必要之調整，並納為車聯網與自駕車運作環境下的新版都市交通控制通訊協定。	遵照辦理。	敬悉
5. 後續再進一步探討緊急車輛優先號誌概念性驗證的運作情境規劃時，請	遵照辦理。	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
研究團隊再強化 5G 通訊環境所能提供之創新運作模式。		
6. 本次期中審查報告內容經審視尚符合期中成果要求，經本所承辦單位、各委員及單位審閱後原則通過。各位委員及單位代表所提供的寶貴意見，請合作團隊加以採納參考，並針對各項意見列表整理回應說明處理情形，依本所出版品印製規範進行後續報告修訂作業。	遵照辦理。	敬悉

附件二、 期末報告審查意見處理情形表

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
一、臺灣車聯網產業協會		
報告書中較少提及車聯網產業之現況及待強化方面，建議團隊於未來制定規範與標準時，可多與產業界溝通。	本計畫所運用之車聯網標準主要為交通部所訂定之 TCROS 內容，後續亦將透過產官學研座談會持續與產業多方溝通。	同意辦理
二、社團法人中華智慧運輸協會		
1. 產業界之 5G 應用場景，於資料上傳速度方面與 4G 網路環境有明顯差異，若未來應用於交通領域之影像資料蒐集與上傳，其產生之成果與效益可觀。	敬悉。	敬悉
2. 若從產業界之角度切入，期望未來計畫能針對各類標準進行制定並與國際接軌。	本計畫已持續針對都市交通控制協定進行檢討制定並與國際標準接軌。	同意辦理
3. 本計畫之成功關鍵在於「資料」，未來蒐集資料與清洗資料將耗費大量成本，建議團隊可思考公私協力之可能性，以降低公部門成本支出。	本計畫因涉及許多資料分析與探討，為讓資料有效應用，團隊成員中亦包含數據分析單位並進行公私協力之數據分析。	同意辦理
4. 元宇宙之發展以數位雙生為基礎，未來亦可能邁進為兆元產業，後續計畫如何將先進技術實證，並作為培養產業持續發展之基礎。	本計畫針對交通數位神經中樞實作議題(如交通資訊預測、緊急車輛優先號誌等)，已規劃後續計畫逐年進行相關實證。	同意辦理
三、臺中市政府交通局		
1. 感謝運研所明年選定臺中進行示範計畫，過去也和團隊在臺中有需多合作的計畫，成果也都相當不錯，期待明年的協作能在其他縣市的經驗基礎上有不一樣的成果，落實在消防救護成效的提升。	敬悉。	敬悉
2. 本計畫相關規劃成果與目前臺中市推動之 TOPIS 系統方向一致，後續若有相關計畫，臺中市亦將予以配合。	敬悉。	敬悉
四、臺北市政府交通局		

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
1. 本年度計畫成果可做為地方政府未來執行智慧交通規劃時參考，由中央訂定各類標準與細項，以供地方政府依循。	敬悉。	敬悉
2. 本計畫今年度交通預測部分，著重於高快速道路，期望後續計畫能有市區道路之預測。	已建議納入後續年度計畫工項執行。	擬規劃於 111 年度計畫工作項目辦理
3. 「都市交通控制通訊協定 3.0 版」透過許多會議與地方政府充分討論並訂定之，後續實務執行後可能還會衍生其他問題，建議團隊可持續透過類似會議模式進行，亦可將該模式應用於未來所方欲執行之計畫中，藉此與地方政府有更密切之研討。	遵照辦理，後續進行檢討過程仍將持續與各地方政府及產業先進溝通，蒐集需求與意見，凝聚共識，達成「都市交通控制通訊協定 3.0 版」修訂之目標。	同意辦理
4. 因臺北市明年也有進行緊急車輛優先號誌通行試辦的想法，惟當交通不壅塞的時候實施優先號誌調控是較容易且接受的，但當交通壅塞時候施行，團隊能否提供相關經驗建議或提出須注意事項，以避免對路況衝擊過大。	交通壅塞時緊急車輛優先號誌的施作勢必造成較大路口衝擊，尤其當進行主線紅燈切斷時容易造成路口壅塞增加，並且在補償時亦會花費較多週期。此外當路口過飽和時，對於優先號誌施作效益會較差，以時間觸發的方式可能源自於預估抵達路口時間的估算準度，採取空間點位觸發可能發生時比調整遇到上限值仍無法通過，因此建議時制計畫與優先號誌調整之參數皆須通盤考慮。	同意辦理
5. 針對優先號誌實施方式有多種，所需要的資料品質(例如：GPS 精度、車機準確度或是傳輸延遲)也是相當重要，請教團隊針對資料品質是否有相關的標準可供遵循，藉此提升後續計畫之遂行。	本計畫使用的車聯網設備 C-V2X 在傳輸上具備低延遲特性，並且在場域測試(較空曠)時的傳輸範圍自 300m 至 500m，多封包傳輸的延遲也都能低於 1 秒，本計畫主要係就資料通訊協定進行探討，所使用設備品質尚符合需求。	同意辦理
五、內政部消防署		
1. 針對明年規劃在臺中的緊急車輛驗證提供意見，若使用臺中市消防局之車輛，團隊需要與臺中消防局密切配合。	敬悉，本計畫已與臺中市政府相關單位保持密切連繫與配合，確保計畫之遂行。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
2. 明年度計畫於臺中場域進行緊急車輛優先實作，囿於經費限制，優先號誌應集中佈設進而形成救護廊道，但緊急車輛是否經過優先號誌佈設的位置，仍需與導航配合。	本計畫已規劃針對救護廊道結合導航進行測試驗證，透過導航導引緊急車輛行經優先號誌路口，藉此提供調整號誌達到優先通行之目的。	同意辦理
3. 針對行人避讓議題，若緊急車輛欲通過之路口有行人正在穿越馬路該如何避讓，建議團隊審慎思考。	本計畫之實作邏輯為當行人燈閃爍與行人紅燈時是不可以進行紅燈切斷之限制，考慮實作路口的時制計畫內容設計此兩個階段的秒數為 13 秒，再加上黃燈與紅燈即有 18 秒的限制，依照街廓的長度判斷是足夠通過路口的。因此設計相關優先號誌邏輯時應考量原本時制計畫的內容，需在對的分相步階進行調整，方可確保行人通過的安全性。	同意辦理
4. 目前計畫透過勤威導航王的方式發布給其他用路人緊急車輛訊息，表示僅能發佈給勤威導航王的用戶接收資訊，非用戶的部分如何接收相關訊息，仍是需要注意與探討的課題。	本計畫目前採用的通訊內容為參考車聯網國際標準 SAE 中的 EVA 進行設計，只要該車輛具備 OBU 時便可接收 EVA 訊息，非僅能發佈特定導航用戶。	同意辦理
六、交通部公路總局		
報告書 P.393，交通管理應用情境評估分析之相關內容，是否應調整至報告書第二章，請再加以確認。	此部分主要係探討 AI 影像偵測在交通應用情境之初探後所得之結論，故呈現於報告書 6.3 節。	同意辦理
七、交通部高速公路局		
1. 簡報 P.54，施工地區之預測速率，封閉二車道速率仍有 90 公里/小時多，是否有誤？建議釐清。	此處係為四車道車流量兩千多之情境，因此速率仍可維持 90 公里/小時多。	敬悉
2. 目前高公局於高速公路已佈設許多 CCTV，若使用既有 CCTV 進行影像辨識，團隊是否可提供注意事項之相關說明。	使用既有 CCTV 應避免攝影機畫質低於 1920*1080 或毀損，並確認辨識項目所需的攝影機角度與高度，以及確保網路品質。	同意辦理
八、交通部科技顧問室 王主任穆衡		
1. 本計畫主題為建構 5G 智慧交通數位神經中樞，惟目前報告之重點內容多為系統功能與系統技術為介紹與需求調查。但是對於 5G 之必要關聯及	敬悉。未來智慧交通數位神經中樞系統將面對數以萬計的偵測數據之即時傳輸需求，包含影像、音訊等，若系統要能達到即時的	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
交通數位神經中樞之定義與架構探討較少，建議能加以強化，以便釐清本計畫之範疇與後續工作重點。	分析與決策，則需透過 5G 技術最大限度地降低延遲。	
2. 建議團隊說明智慧交通數位神經中樞與傳統交控中心之區別與現況落差，並描繪未來願景，供地方政府或產業界做為建置、開發與生產設備之參考。	已針對智慧交通數位神經中樞與傳統交控中心之區別與現況落差，以及智慧交通數位神經中樞系統未來應具備之功能願景，補充於報告書 3.7 節。	同意辦理
3. 以人體大腦為例，觸覺、視覺、味覺等感知透過神經連結，將所有訊息接收、處理與反射等動作，其功能類似智慧交通數位神經中樞，在該架構下，有哪些事情是可預先準備，並在事件發生時以最快時間對應與處理，且處理完畢後將執行經驗和結果進行儲存。	敬悉。本計畫於交通數位神經中樞系統之架構內涵即以此概念進行規劃。	同意辦理
4. 過去各個獨立系統多為單獨運算與運作，若在神經連結與大腦資源活化的概念下，建議未來智慧交通數位神經中樞，如遇到複雜之事件時，應具備資源集中整合處理之能力，而非屬於單一系統之運作。	敬悉。本計畫於交通數位神經中樞系統之架構內涵即以此概念進行規劃。	同意辦理
5. 在此神經中樞運作概念下，需透過何種方式保護大腦，建議團隊加以探討。	已於期末報告 3.6.2 節之系統資安控管規劃之內容加以說明。	同意辦理
6. 透過 CCTV、AICCTV、CVP 等方式進行多元資料偵測與蒐集，多元資料如氣象資料、路口資料、過去執行經驗等資料，可將資料進行鏈結，用於制定事件處理時之完整機制與流程，處理完畢後將良好與不慎理想之經驗皆累積起來，做為下次大腦決策時之判斷依據。	敬悉。本計畫於交通數位神經中樞系統之架構內涵即以此概念進行規劃。	同意辦理
九、桃園市政府交通局 張副局長新福		
1. 報告書 P.61，提到 5 項基本核心價值，後續的數位中樞神經系統規劃似乎與核心價值並沒有明顯關聯，建議規劃依循核心價值，比較能夠達到預	針對數位神經中樞系統規劃之內容已重新進行論述之調整，從六都訪談結果、蒐集實務管理問題，進而進行架構探討調整、發	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
期的目標，不會侷限在一點或發散，以建議將各縣市政府做為數位中樞神經系統一環的發展方向也納入規劃，以做為縣市發展的方針。	展課題與功能分期建議、資安管 控課題等項目之整體規劃。	
2. 報告書 P.84 的核心功能彙整及 P.87 的分期規劃較偏向傳統的應用，建議補充數位中樞神經系統整體發展架構，再進到短中長期分期計畫，並與之前訪談中的痛點做一個對照。	此處短中長期之規劃，主要著重於經訪談後所歸納之公共運輸、交通管理及事件管理三大項目，再以現有資料完整度、技術困難度等項目進一步建議分期計畫。	
3. 報告書 P.107，現況及未來與智慧交通數位神經中樞系統之整合模式，是否可以再加說明，帶出未來整合架構的精髓。	已補充說明於報告書 3.6.2 節。	同意辦理
4. 報告書第 4 章的交通資訊預測與推播服務及第 6 章的 AI 影像在數位中樞神經系統的角色是什麼？是否也是數位中樞神經系統功能中的一環，是否屬第 3 章規劃的一部分，章節配置建議明確一些。	數位神經中樞系統包含即時偵測、資料分析、預測模型、3D 視覺化、人工智慧規劃決策、規則式即時決策知識庫，而第四章交通資訊預測則是對應神經中樞系統功能中的預測模型，AI 影像偵測則是對應神經中樞系統功能中的即時偵測，皆屬於數位神經中樞系統功能中的一環。	敬悉
5. 報告書第 5 章交通控制協定的更新規劃，可否有考量新舊相容，以讓現有的系統仍能正常運作，另是否也要考慮納入新應用，如車聯網等。未來產業界的支持是關鍵，應用上需要有一定的市場與商機。	已有納入新舊相容及新應用考量。如透過調整指令碼和設備碼，以擴增的方式來取代舊指令，達成向前相容性。另新應用如車聯網亦有納入可支援 TCROS 協定。	同意辦理
十、交通部公路總局 李副總工程司忠璋		
1. 報告書 P.8、P.9、P.56，報告書中常會有「智慧交通數位神經中樞」、「智慧交通數位中樞神經」的不同寫法，建議應一致。	已全面檢視並將「智慧交通數位中樞神經」統一改為「智慧交通數位神經中樞」。	同意辦理
2. 報告書 P.58 最後第二行，「教育反射弧」重複 1 次，建請修正。	內容誤繕，已修正。	同意辦理
3. 報告書 P.58~59，報告書從人體的神經系統反應的類型來區分反應中樞，而以「反射弧」而言，其反應是無需	報告書該內容係講述智慧城市面臨日常例行性事務與緊急事務等不需經由大腦思考之事件時之處	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
大腦意識的，也就是直接反應，這種不經由大腦意識的直接反應是人體受到外界的刺激時第一時間所作的安全保護。而在報告書中對於都市的多項功能的反應皆是以「OO 反射弧」來表示，是否意味著這些都市功能對於外在環境的變化都是直接的反應，不需要經「分析、判斷、決策」然後執行；但這似乎不太可能，因此建議釐清「反應弧(reflex arc)」在都市功能反應的定義及用法。	理機制，可類似以反射弧之概念進行運作，並非所有事件都是以類似反射弧之方式進行處理，仍須經由大腦進行分析、判斷、決策。相關補充說明詳見報告書 3.3 節。	
4. 報告書 P.60，倒數第 2 行「智慧致力」是否為「智慧智力」之誤植，建議釐清。	內容誤繕，已修正為「智慧治理」。	同意辦理
5. 報告書第 3.4 節，交通治理的痛點應該包括「執法」、「教育」兩項，報告書中在和卸任交通局長、交通局基層同仁的問卷調查結果都有列出執法人力不足的問題，建議在表 3-8 中納為課題。	本計畫已於報告書中敘明有關政策面、交通工程面等課題，非屬數位神經中樞系統需處理課題，爰予以排除後再進行規劃課題彙整歸納。	同意辦理
6. 報告書 P.64，表 3-3 在基層幹部問卷發放對象，臺北市部分沒有交通管制工程處，似乎有點不足。	本計畫於掌握問卷對象時稍有疏漏，不過透過其他縣市相關業務之交管單位進行問卷，應已掌握多數交管單位治理痛點。	同意辦理
7. 報告書 P.67，整體而言國家的 CCTV 並非不足，尤其在都會區，只是跨部會的 CCTV 無法共享使用在交通管理，應該要思考如何打破這種藩籬，讓資料能共享。	敬悉，跨部會資料共享課題涉及機關間溝通，暫非本計畫範圍。	同意辦理
8. 報告書 P.109，有關 VD 設施特性，根據運研所委託陽明交通大學辦理高快速公路容量分析計畫中，認為環路線圈偵測交通量的準確率是最高的，而且比較不受到氣候及光線的影響。所以環路線圈偵測器可納入考量，建請再確認。	敬悉，報告書內容係介紹本案主要或相關的資料來源，環路線圈為車輛偵測器最為廣泛應用的種類之一。	敬悉
9. 報告書 P.126，重現性事件交通預測分析中的「交通資料源界定與資料蒐集」	本計畫重現性事件交通預測分析中的「交通資料源界定與資料蒐集」，包含 EVP、GVP 等資料，	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
集」有 2 條連接線連結到非重現性事件交通影響分析的「施工相關資料源界定與資料蒐集」、「事故相關資料源界定與資料蒐集」，因為重現性的交通資料型態和非重現性的交通資料的型態應該還是有差異的，不太能夠理解重現性資料蒐集和非重現性資料蒐集的關聯性。另最左側的流程圖中，有關不可預期性「事件」界定、有「事故」相關資料源界定與資料蒐集，建議「事件」、「事故」應一致。	該類屬於交通基本參數之資料，於施工及事故交通影響預測模型中亦會使用到，遂有此連接線進行連結。 另由於不可預期事件涵蓋範圍廣泛，包含事故、車輛故障、暴雨...等。本期計畫係以事故事件進行探討，因此針對流程圖中之不可預期性「事件」之範圍界定係以「事故」做為後續交通影響預測模式之主要對象。	
10. 報告書 P.127，在重現性事件交通預測分析在這一小節研究範圍界定在高快速公路，但在報告書中對於「智慧交通數位神經中樞」是以都市交通為探討，而六都中有屬於自行管轄的道路很少有高快速公路系統，高速公路有交控中心，省道快速公路也有交控中心，這兩者是否都能應用於數位神經中樞的範疇。	數位神經中樞所涵蓋之系統範圍主要偏重於都會地區，都會地區道路除一般市區道路外，部分高快速道路亦為都會地區之主要道路及交通管理的一環。因此本期 POC 驗證部分，係依據計畫工項，先於高速公路進行，後續計畫可依據本期結果，以都會地區道路為研究對象進行探討。	同意辦理
11. 報告書 P.127，一般駕駛人對於速率多少的認知或反應，不如像車流「正常」、「車多」、「壅塞」來的直接有效，而且在不同等級的道路相同的速率在交的服務績效就有可能不同；就像在播報氣象預報時通常會用「大雨」、「豪雨」、「大豪雨」、「超大豪雨」形容雨勢，而不會用時雨量來表達。建議還是用定性表達方式比較妥適。	本計畫有關道路速率預測之資訊播報服務，初步規劃建議以類似氣象預報的方式進行(例如「2021/7/26 18:00 XX 路段之壅塞機率為 50%」)，主要係提供管理機關參考，至於推播給民眾部分，建議可由各機關自行規劃設計。	同意辦理
12. 報告書 P.203，表 4-41 施工情境驗證比較表中 16:00~17:00 和 17:00~18:00 的總交通量相同，但平均速率卻相差近 2 倍，MAPE 值也差異非常大，另外雖然 MAPE 的平均值只有 12.05；但彼此間差異也很高，是否能表示模擬成果不錯？	表 4-41 施工情境驗證比較表之結果，可判斷在 17:00~18:00 該時段已提早結束施工狀態恢復穩定車流。由於高公局所提供之該案例道路封閉時間為 13:00~18:00，並無準確之施工開始與結束時間點，因此在驗證部分透過實際速率判斷所使用之模擬模式，12:00~19:00 的 MAPE 值為	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	12.5%，而 13:00~17:00 的 MAPE 值為 20.2%，在各時段之間雖然彼此差異很高，但結果均表示落於合理範圍。	
13. 報告書 P.221，第 4.4.5 節在推播服務應用 1 節描述的大多是施工事件交通量及行駛速率的預測，比較沒有說明預測成果如何提供給用路人。	本計畫所提出之速率預測模式，主要係提供管理機關參考，至於推播給民眾部分，建議可由各機關自行規劃設計。	同意辦理
14. 報告書 P.367，槍型攝影機對於最小偵測物件只要 200pixels，那是否攝影機的解析度愈高可辨識的物件愈小，對於若用邊緣運算的方式是否就能獲得更多的資訊。	目前槍型的影像辨識模型之最小偵測物件必須大於 200pixels，至於中心端與邊緣端僅是辨識分析運算位置的不同。	敬悉
15. 建議增加神經中樞自我系統檢測功能的論述。	本期計畫著重於 6 都執行業務上所遭遇之問題、痛點進而提出未來系統應包含之內容。另於後續開發時則應朝向資安控管為基礎，並同時強化自我系統檢測，建議可納入後續計畫處理。	敬悉
十一、交通部高速公路局 廖副局長肇昌		
1. 報告書 P.13~P.24，圖 2.1~圖 2.5 的內容係以原文(英文、日文)直接拷貝國外文獻，為便於閱讀及知識傳遞，建議考量是否加註中文說明。	因內容採自原文獻遂以原圖呈現，相關文字已於報告內文中說明。	同意辦理
2. 報告書 P.13、P.24，「Oughton et al.(2019)指出 5G 是使用高頻段大約 30-300GHz 之間的毫米波(mmWave)進行傳輸移動通信，」；「日本…該測試使用 28GHz 頻段的 5G 無線設備進行飛行視圖圖像的傳輸…」，亦有國家將 ITS 選定在 5.9GHz 為專用頻譜。未來我國推動 5G 智慧交通，有否評估採 5G 專用頻段？建議補充說明。	我國 5G 公網頻譜為 3.5GHz，另有關車聯網專用頻段國際共識則為 5.9GHz，相關差異先予敘明。目前我國若需使用 5.9GHz 進行車聯網相關試驗，須依電信法規向 NCC 進行申請。爰若後續推動車聯網智慧交通，應建請交通部與 NCC 共同研議專用頻段。	敬悉
3. 報告書 P.33~P.34，表 2-2 國內外 5G 應用於智慧交通與交通管理之案例彙整」提到波蘭使用「OBU、GPS」應用、美國整合「DSRC 與 C-V2X」	本計畫範圍未涵蓋探討預防車輛相互碰撞及 V2V 部分應用情境，因此較無探討各車廠開發之 OBU 與相關訊息。	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
應用，還有多個國家使用「V2I」的路側設置計算雲伺服器，提供特種車輛優先通行規劃。惟涉及預防車輛相互碰撞的「V2V」部分，因涉及到各車廠開發的「OBU」有關，不知在文獻方面是否有此類訊息與發展狀況？建議補充說明。		
4. 5G 智慧化系統發展應用，應考慮如下因素：(1)安全性：應能確保使用者在道路上和車內的安全。(2)具可靠性和高品質使用環境：確保車輛連接5G 保持穩定，無論路況、天候及環境障礙如何，且連通使用所有資訊都是100%準確和可靠。(3)資料安全：路側及推播資訊將通過雲端架構蒐集，可預期雲端必會處理大量資料，故維護資料安全，防範潛在網路攻擊至關重要。(4)即時(Real-Time)架構系統的維護：人工智慧技術和網絡有助於提高汽車平臺上訊息靈活性和主動的應用，而智慧化系統需要付出更多的努力來建置、支撐及維護。	本計畫針對智慧化系統發展應用過程中已有進行相關文獻探討，以做為後續研擬數位神經中樞系統之依據。	同意辦理
5. 報告書 P.35，臺灣地狹人稠，車輛密度高，集中在西部地區，尤其在6都還有數量龐大的機車，路口眾多，路線曲折，用路人的駕駛習慣更有差異性，道路容量有限，交通工程設施亦非健全，替代道路路況難掌握，尚未能發揮路網效能等因素存在，建議推動5G 智慧化系統，選擇項目上，宜先評估需求性、可及性及績效指標。	本計畫在數位交通神經中樞系統之未來智慧化發展課題，係透過三類互動關係人進行需求調查與蒐集，歸納三項需求課題：分別為公共運輸、交通管理及事件管理，並且以資料現況、技術困難度及經費需求三項指標判斷其可行性，藉此提出短中長期之發展方向，規劃探討過程業已納入相關指標評估。	同意辦理
6. 第三章 P.77~P.80，圖 3.21~圖 3.26，上述各項議題的策略決策，似有涉及人員組織、管理方法及既有道路容量等面向，考量本研究是以「5G 智慧交通」為主軸，建議在各面向若有可以5G 技術解決者，在圖上加以標示。	圖示中即時需求反應之標示即是透過5G 高傳輸速度進行，將各項資料來源導入後進行決策的同時即進行反應。	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
7. 未來的研究建議及早評估實務應用之可行性，並藉由結合電信公司、工研院、汽車業、ITS 資訊業者合作研擬短、中長期的推動項目與時程。	敬悉，本計畫將持續針對 5G 對智慧交通管理與服務應用等案例進行蒐集，進而評估實務應用可行性，滾動調整計畫推動方向。	敬悉
8. 有關報告書 P.515~P.516，第 10.2 節之建議三和建議五，內容與高速公路局有關，請研究單位在報告定稿前洽詢高速公路局共同討論確認。	已與高速公路局交通管理組進行相關討論並與之確認目前做法之 SOP，相關建議可規劃納入後續研究參考。	敬悉
十二、國立陽明交通大學 邱教授裕鈞		
1. 第五章 P.308，5G C-V2X 是否將取代 DSRC 車聯網通訊技術成為我國之發展主流？「都市交通控制通訊協定 3.0 版」是否需要配合修訂？建議補充說明。	DSRC 已擁有技術穩定性高與網路安全性強的特性，但產業發展較為緩慢，C-V2X 是 3GPP 主導推動以 4G/5G 蜂巢式通訊網路為基礎發展的 V2X 技術，藉由導入 5G，電信廠商亦為推展主力，目前各國主流的車聯網通訊技術的確有往 C-V2X 靠攏之趨勢。至於「都市交通控制通訊協定 3.0 版」並不僅應用於車聯網，主要係針對車輛與交控中心間的溝通，並納入 TCROS 協定與車聯網介接。	同意辦理
2. 第三章 P.40，本研究所規劃的 5G 智慧交通數位神經中樞與現有各縣市及城際道路的交控中心/戰情室的功能究竟有何差別？兩者軟硬體設備有無差別？有無相容性？需要增建何種設備才能發揮預期功能？現有那些不相容設備不宜再持續添購？建議加以詳列。	5G 智慧交通數位神經中樞與現有各縣市及城際道路的交控中心/戰情室之差異性已補充修正於報告書 3.6.3 節。 另軟硬體部分，因現行各縣市交控中心均已行之有年，且亦配合縣市交通管理之需求建立不同環境架構，建議維持該縣市現有架構環境，後續可於規劃納入本計畫開發之相關決策支援模組時再行配合檢討所需相關設備環境。	同意辦理
3. 第四章 P.246，高速公路事故預測模式分為三階段，第一階段是事故是否對交通造成影響，第二階段則預測最長回堵距離，第三階段預測事故影響時間。但何謂「對交通造成影響」卻	本計畫「對交通造成影響」之定義為，經 GVP 資料分析後，該筆事故有「回堵長度」產生，代表該事故有對交通造成影響；而「事故發生前」之速率與流量，係指該筆事	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
未清楚定義(旅行速率 U 型或非 U 型)? 為何不能預測每一件事務對交通造成之影響(回堵長度及延滯時間), 再由決策者或系統判斷是否要採取交通管理措施? 而本預測模式之輸入變數是事故發生前及當下之速率與流量, 是前多久? 是事故發生地? 還是上游、下游? 此一預測的目的是用於使旅行時間預測更精準, 還是用以產製因應交管對策之用? 建議補充說明。	故發生位置在發生事故前之 5 分鐘流量與速率。另本計畫所預測之事故回堵距離以及影響時間, 主要即為提供交通管理單位用以產製因應交管對策之基礎資訊。	
4. 第四章 P.125, 第四章彙整各交控或資訊中心系統均以縣市為主, 但 4.2 節以後之交通資訊(旅行時間預測、事故及施工影響)卻都以高速公路為主, 前後並不一致。而且也看不出 4.2、4.3、4.4 及 4.5 節之模式建構驗證後如何融入旅行時間預測中。	數位交通神經中樞所涵蓋之系統範圍雖主要偏重於都會地區, 惟都會地區道路除一般市區道路外, 部分高快速道路亦為都會地區之主要道路及交通管理的一環。另本計畫 4.2 至 4.5 節之模式建構係以流量、速率、事故之影響時間及回堵距離為主, 做為交通資訊播報服務中之壅塞機率播報使用, 亦可進一步做為旅行時間估算參數。	同意辦理
5. 第五章 P.325, 專家學者、交控中心第一線主管及業者等座談會之會議紀錄過於詳細, 不利報告整體性及可讀性, 建議將其列在附錄, 並於正文中加以摘述彙整。	已依委員意見摘述彙整重要會議紀要與結論。	同意辦理
6. 第八章 P.415, 緊急救援車輛在路口上本就具有優先性, 國內用路人也大多都會禮讓, 故其優先號誌之必要性宜再加以審視。現況發生緊急車輛無法順利通行的主要原因都是車流壅塞, 用路人無處可讓的結果。如何偵測其行駛路徑上下游車流壅塞之疏解策略才是緊急車輛順利通行的關鍵。	本計畫回顧國外使用 SAE 中的 SRM 與 SSM 進行優先號誌施作, 其中 SRM 所需提供的預估抵達時間便是由車輛判斷路況或是阻擋情況可進行調整之數值, 但此部分仍可能無法準確預估。	敬悉
7. 第十章 P.512, 共享化、電動化、互聯化, 以及自動化應是未來發展趨勢, 其對道路交通安全與效率之影響, 以及對 5G 智慧交通數位神經中樞所	本計畫係從交通治理角度規劃「智慧交通數位神經中樞系統」功能, 其中即包括自動化、互聯化、電動化和共享化等四個未來科技	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
需功能與設備之影響？宜加以補充說明。	發展趨勢之共融概念，除了考量介接既有資訊(如 TDX)外，亦同時考量將電子偵測或紀錄結果導入進行模擬驗算，進而建構預測模型持續校正調整後即可將此資料納入知識庫與需求庫中；另本計畫亦同時將 AI 自動偵測技術、發展緊急車輛智慧號誌控制系統之規劃與概念導入且實作之，各項資料均可經過累積提供決策者進行下一步的智慧決策等管理作為。	
十三、本所運資組(書面意見)		
1. 報告書 1.4 節提及研究範圍與限制，其中第四、五點似乎非屬範圍或限制，請檢視後修訂。	已修正。	同意辦理
2. 報告書第 4.3~4.5 節主要在建立重現性及非重現性(包括可預期施工及不可預期事故兩類)交通壅塞機率預測模式，建請各節最後都應以一小結方式說明預測結果(良好或尚可或不佳)、預測模式之限制或困難、後續可精進作法以及可能應用情境，以提供下一年度計畫參採。	已針對重現性及非重現性(施工及事故)預測模式分別彙整小結如報告書 4.3~4.5 節所示。	同意辦理
3. 報告書第 4.3.4 節提及交通壅塞機率之推播服務規劃，後續亦將會應用在數位神經中樞系統之儀表板呈現，建議團隊應妥善思考大量資訊內容如何有效呈現，方可對都市交通管理達有效助益。	本期計畫針對交通壅塞機率之推播服務進行模式構建，針對後續大量資料之應用呈現建議可於後續計畫進行探討。	敬悉
4. 報告書第 4.6 節標題應為交通資訊推播服務規劃設計，且缺乏規劃設計架構、內容稍嫌簡略，請參考期中報告 6.7 節之架構內容進行該小節內容調整與增修。	已重新調整該小節內容論述架構。	同意辦理
5. 第五章與第八章對於「都市交通控制通訊協定 3.0 版」有多種不同表示方式，請統一使用全名，或簡稱為「通	遵照辦理，已全面檢視修正。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
訊協定 3.0 版」；號誌控制器亦請使用全名。		
6. 報告書第 5.2 節之名稱請調整為「我國都市交通控制通訊協定使用現況與課題探討」，目前 5.2 節第一段後請補充說明本案要蒐集與探討課題及緣由。接下來新的 5.2.1 節探討號誌群組與時制轉換機制，此部分納入目前 5.2.4 節內容；新的 5.2.2 節探討行人倒數規範與機制；新的 5.2.3 節探討行車倒數規範與機制；新的 5.2.4 節探討動態號誌控制，此部分納入目前 5.3.2 節相關內容；5.2.5 節探討動態號誌控制；5.2.6 節探討人工智慧影像辨識下的人流與車流偵測；5.2.7 節探討車聯網與自駕車運行下之需求，此部分納入目前 5.2.2 節相關內容。	遵照辦理，已修正報告書章節內容。	同意辦理
7. 請將目前報告書第 5.4.2 節調整為 5.3 節「本案歷次座談會各界意見綜整與處理」，內容應說明歷次座談會舉時間、方式、人數、討論課題，並請將歷次討論議題彙整成表，以及說明本案之看法。請將表 5-8 至表 5-13 移至附錄。	遵照辦理，已修正報告書內容。	同意辦理
8. 新的報告書第 5.4 節為依據 5.2 節與 5.3 節之課題探討與座談會回饋意見，分別從共用設備訊息、號誌控制器訊息、車輛偵測器訊息等面向，逐議題進行「都市交通控制通訊協定 3.0 版」檢討，以及處理原則與檢討方式。最後之檢討結果則詳如附件。	遵照辦理，已修正報告書內容。	同意辦理
9. 目前報告書 P.272 對於美國號誌控制邏輯介紹部分，請補充說明為何須納入考慮其與本案之關聯以及第八章 P.463 TCROS 是否已解決 P.273 所提到待處理課題。	經討論，美國號誌控制邏輯與本案協定研討關聯性不高，已經刪除其部分。	同意辦理
10. 報告書第 7.2 節有關 111 年實作場域設備佈建規劃作業，請將之前於	遵照辦理，相關內容已補充於報告書 7.2 節。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
10月份工作會議中歸納盤點之現有設備及通訊環境納入，再說明尚需佈建之設備環境建議。		
11. 報告書第 8.1 節部分請補充臺南市與高雄市最新緊急車輛優先號誌計畫成果。	遵照辦理，相關內容已補充於報告書 8.1 節。	同意辦理
12. 報告書 P.493，請再補充說明所建議後續實作 LikelyTime 與 Confidence 之需求與可能作法。	遵照辦理，相關內容已補充於報告書 8.5 節。	同意辦理
13. 報告書第十章內容稍嫌雜亂無序，請依重要工項列點(如智慧交通數位神經中樞之規劃、都市交通控制通訊協定檢討、實作示範場域遴選與設備佈建規劃、交通資訊推播服務之規劃設計、緊急車輛之智慧號控系統發展之規劃與概念性驗證等)，逐項說明本期執行成果與後續推動建議。	遵照辦理，已調整修正報告書第十章內容。	同意辦理
14. 報告書第十章，建議第六點有關「都市交通控制通訊協定 3.0 版」部分，請再具體從需求面具體說明後續應持續檢討之通訊協定項目。	遵照辦理，相關內容已補充於報告書 10.2 節。	同意辦理
15. 報告書第十章，建議第八點有關緊急車輛優先號誌部分之建議內容不夠具體，請再從今年試作經驗補充說明後續應檢討與精進之具體項目與內容。	遵照辦理，相關內容已補充於報告書 10.2 節。	同意辦理
16. 報告中所引述的文獻應編碼，並與參考文獻的編碼互相對應，另有關報告內文錯別字、語意不清、段落編排等部分請於會後洽本所運資組，至於編排格式則請依本所出版品印製規範修正。	遵照辦理。	敬悉
十四、主席結論		
1. 請逢甲大學針對智慧交通數位神經中樞之定義、應用範圍、與現有交控中心之異同(包括發展目標、資源條件、功能需求等)進行比較說明，同時	遵照辦理，相關內容已補充於報告書 3.7 節。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
對於現有交控中心與未來數位神經中樞間之互動與整合關係，亦請進一步加以論述說明。		
2. 後續在智慧交通數位神經中樞之推動上，產業界之協同與投入亦非常重要，請逢甲大學於期末報告適當章節呈現國內產業可配合之相關技術與產品現況，進而說明未來可能利基與機會。	遵照辦理，相關內容已補充於報告書 3.2.1、4.1.1、4.1.2 節以及 8.1.1 節。	同意辦理
3. 本計畫於交通資訊推播服務規劃設計工項上，於今年度已建立重現性及非重現性(包括可預期施工及不可預期事故兩類)之交通壅塞機率預測模式，請逢甲大學於報告書 4.3~4.5 節各以一小結方式說明預測結果(良好或尚可或不佳)、預測模式之限制或困難、後續可精進作法以及可能應用情境，以提供下一年度計畫執行參採。	遵照辦理，相關內容已補充於報告書 4.3~4.5 節。	同意辦理
4. 都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討工項上，本年度逢甲大學已針對「現場設備共用訊息」、「號誌控制器訊息」、「車輛偵測器訊息」等內容進行資料蒐集與 3.0 版內容檢討並提出初稿；對於辦理初稿內容座談會過程，產官學研界提出之相關建議，請逢甲大學確實蒐整說明於期末報告中，以提供後續執行建議。	遵照辦理，相關內容已補充於報告書 5.3 節。	同意辦理
5. 報告書第十章結論與建議部分，由於本計畫研究課題較多，請逢甲大學依據重要工項(如智慧交通數位神經中樞之規劃、都市交通控制通訊協定檢討、實作示範場域遴選與設備佈建規劃、交通資訊推播服務之規劃設計、緊急車輛之智慧號控系統發展之規劃與概念性驗證等)，逐項列點說明研究規劃之成果，以及後續推動執行之建議。	遵照辦理，已依工項順序進行調整。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
6. 審查會議各委員及各單位研提之口頭及書面意見，請逢甲大學整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	遵照辦理。	同意辦理
7. 本計畫經徵詢審查委員意見，期末審查原則通過，請逢甲大學於 110 年 12 月 28 日前提送期末報告修正定稿。	遵照辦理。	同意辦理

ISBN 978-986-531-403-3



9 789865 314033

GPN : 1011100644

定價 620 元