

科技應用於道路交通安全發展策略之研究

許添本¹、張太乙²、王嘉誠³、黃明正⁴、蘇宥宜⁵

摘要

隨著全世界智慧運輸系統（intelligent transportation system, ITS）技術快速發展，各國紛紛將科技應用導入交通安全體系之中，期望應用智慧科技，來減少交通事故及降低事故風險，提升道路交通安全。本研究旨在建構具前瞻性與可行的科技應用於道路交通安全的推動策略。基於我國事故及車流特性，以「路側科技」為基礎，聚焦於以偵測、決策、警示為核心的科技道安措施，探討其應用潛力與推動策略。

研究首先回顧我國科技應用於交通安全之發展脈絡及現有制度，如交通部頒佈之智慧運輸系統發展建設計畫及相關應用指引；並且蒐集國際案例，如歐洲、日本之科技應用於道安的政策與計畫，探討智慧科技的具體作法，做為借鏡。接著，針對我國交通環境特性與事故、違規資料進行分析，確定科技導入道安所需解決之交通問題，並做為科技應用之優先對象的參考依據。

連結上述之回顧與分析，提出一套具階段性邏輯之短、中、長期策略方向。涵蓋三種防護層級：短期聚焦於「固定防護」，以高風險熱點部署成熟之警示或照明等技術；中期進入「動態防護」階段，引入即時事件感知與規則式運算模型；長期則邁向「適應性防護」，整合 AI 演算法，實現風險預測動態應變，適用於複雜的交通環境。並且考慮三大科技應用主軸：行人穿越安全、路口車輛衝突與路段車流衝突。針對上述三者進行對應系統之雛形設計，以對應實施應用技術，做為我國先期發展之重點。研究成果將能有系統地成為我國推動科技交通安全之藍圖參考。

關鍵詞：智慧科技、科技應用、交通事故、交通安全。

一、緒論

我國 107 至 111 年間（除 110 年受疫情影響）道路交通事故件數、死亡人數、受傷人數呈現同步增加現象，死亡人數從 2,697 人上升至 3,064 人，受傷人數自 393,046 人上升至 496,887 人。隨著科技的進步，智慧運輸系統（intelligent transportation system, ITS）在國際各國已成為提升交通效率的重要手段。在交通安全方面，ITS 同時在也提供不同於傳統交通工程、道路工程的安全改善方案，亦為交通安全管理系統的重要部分。

¹ 國立臺灣大學退休教授，亞聯工程顧問股份有限公司董事長，臺北市松山區民生東路三段 130 巷 9 號 11 樓，02-2546-1656，hsutp@ntu.edu.tw。

² 亞聯工程顧問股份有限公司研究員。

³ 亞聯工程顧問股份有限公司副規劃師。

⁴ 交通部運輸研究所運輸安全組組長。

⁵ 交通部運輸研究所運輸安全組助理研究員。

國內在智慧運輸的發展過程中，自民國 106 年定期提出智慧運輸系統發展建設計畫，最近一期為「智慧運輸系統發展建設計畫（114 至 117 年）」¹。此最新一期計畫規劃達到以人為本價值共創（GO SAFE）、科技創新產業升級（GO SMART）、綠色永續智慧淨零（GO GREEN）的三大目標，並在三大目標下提出五項行動方案，分別是平權和諧的交通共善、綠色運輸移動服務、智慧路網服務精進、車路聯網技術整備、數據驅動韌性管理；當中與交通安全相關者有以人為本價值共創（GO SAFE）目標及車路聯網技術整備行動方案，包含：智慧安全警示系統擴大佈設、C-ITS 推動、車聯網科技服務發展等。

本研究之目的在於提出適用於我國的科技應用於道路交通安全之發展策略，依據臺灣在地道路環境特性、用路行為模式與既有基礎建設發展條件為基礎，擬定之技術路線與推動步驟，為政府推動科技交通安全之系統性參考，並支援後續政策規劃、試辦計畫與技術導入，期望我國交通可透過多階段的逐步推進，朝向更智慧化與安全的道路環境邁進。

二、國內外科技應用於交通安全之發展現況

2.1 國內之發展現況

本節說明我國科技應用於交通安全之發展脈絡及現有制度。回顧交通部提出自 106 年至 117 年的智慧運輸系統發展建設計畫，以及交通部頒佈之非號誌化路口主動式風險感知警示系統設置指引²。

2.1.1 國內科技輔助道安政策

1. 智慧運輸系統發展建設計畫（106 年 -113 年）^{[1][2]}

交通部自民國 106 年啟動「智慧運輸系統發展建設計畫」，第一期計畫期程為 106-109 年、預算規模計新臺幣 30 億元，第二期計畫期程為 110-113 年、預算規模計新臺幣 42.87 億元，持續導入科技以提升交通安全、順暢與無縫，並促進相關產業發展。依據行政院指導，以及投入之豐沛資源挹注下，已取得顯著成果，包括：

(1) 運輸資料整合與開放

- a. 運輸資料流通服務平台（TDX）已整合全國 95% 以上公共運輸旅運資料，並支援超過 4,500 筆動靜態運輸數據集。
- b. 全臺即時路況資料涵蓋率達 96%，大幅提升交通管理與決策精準度。

(2) 智慧號誌與安全優化

- a. AI 號誌控制模式導入後顯著提升行車效率，並協助 19 個縣市建置智慧交通戰情室與交控中心。
- b. 訂定相關技術指引，協助 12 個縣市導入 AI 影像辨識技術，建置主動式風險感知警示系統，累計至 113 年已補助 174 處智慧路口，提升行人與車輛安全。

(3) 公私協作與智慧交通場域擴散

- a. 促成 17 家企業參與智慧運輸創新計畫，帶動企業自籌約 6 億元，創造逾 9 億元交通服務創新資源。

b. 導入 18 處以上智慧交通實證場域，推動技術落地與應用驗證。

2. 智慧運輸系統發展建設計畫（114 年 -117 年）[3]

承襲前二期計畫，本期計畫之重點議題與說明如下：

(1) 服務展望 - 弱勢路人

我國正逐步從「高齡化社會」進入「超高齡社會」，人口老化將使長期照顧、就醫、復健等需求增加，間接造成弱勢用路人交通需求增加。偏鄉民眾、學童、機車、高齡者、身障者均為弱勢用路人，實需因應其不同需求，思考更多更細膩的作法，才能確實提升相關交通安全與便利。

(2) 績效指標 - 以人為本，價值共創（GO SAFE）指標

a. 平權共善體驗

b. 服務弱勢使用者

c. 擴大路口安全警示涵蓋面：於路口建置智慧安全警示系統，降低人與車、車與車之潛在衝突風險，預計所佈設可提供安全警示之智慧路口，至 117 年之數量可較基期 114 年擴大 400% 之路口涵蓋率。

(3) 行動方案 - 發展弱勢用路人友善之智慧交通輔助技術

為提升弱勢用路人交通安全與生活品質，此計畫將藉由資訊串聯持續開發友善易用的交通輔助技術，為特殊使用者提供個人化交通使用需求規劃，並與其他使用者協作。同時，當用路人遇到緊急情況時，科技還可以提供迅速的定位和救援，進一步減少事故發生率和傷亡程度透過相關技術進行資訊串接，完善路網末端最後一里路。

(4) 行動方案 - 精進道路安全警示技術

道路安全警示技術可提高民眾對交通環境的意識和關注度，使民眾更容易接收到有關交通安全的訊息和知識，間接促使他們遵守交通法規和安全行為，從而改善整體的交通環境。例如為了提高學生通學的安全，可結合新創晶片及新創演算邏輯的應用，藉由 AI 監控攝影機和感應設備的佈建與資訊串接評估通學巷周邊交通情況和行人流量，另一方面系統可以提醒駕駛人注意學生通行，營造整合型智慧運輸安全友善環境，降低校園周邊的交通事故風險。發展精進道路安全警示技術亦可應用在緊急車輛優先通行系統，藉由先進即時通訊向交通控制系統雙向發送需求與控制指令，以保證緊急車輛的優先通行權。如此可減少緊急車輛的延誤時間，提高救援效率。

2.1.2 非號誌化路口主動式風險感知警示系統設置指引

交通部頒布非號誌化路口主動式風險感知警示系統設置指引 [4]，近年已補助基隆市、新北市、桃園市、高雄市等地方政府推動智慧路口安全警示計畫。

1. 頒布目的

指引定位為輔助引導性質，因為非號誌化路口的交通安全改善措施仍以教育、工程、執法為主。因此，該指引允許地方政府因地制宜彈性調整，但在申請補助建置系統時，仍應依循指引要求，闡述其規劃考量、技術內容及預期成效目標。該指引之目的如下：

- (1) 提升非號誌化路口交通安全：該系統旨在透過在非號誌化路口設置感知或偵測設備，當感知到衝突方向有車輛到達時，利用顯示設備提供警示訊息，以警示衝突方向的車輛駕駛人。此舉旨在促使駕駛人進行必要的減速或停讓行為，從而避免交通事故的發生，最終達成提升非號誌化路口安全之目標。
- (2) 建立共同參考基準：鑑於各級政府部門近年已陸續投入試驗發展不同類型之非號誌化路口警示系統，並且普遍的執行成果顯示這些系統有助於改善交通安全。因此，為持續推廣相關警示系統的建置，並建立共同的設置參考基準，設置指引應運而生，以做為各縣市政府等單位建置本系統的參考依據。
- (3) 評估交通安全改善成效：為了能夠了解並量化評估該系統設置前後對交通安全改善的效果，指引鼓勵將該系統設施設置於具有肇事紀錄的路口，以便於後續追蹤交通事故的改善成效。設置指引亦建立相關的評估標準與方法，以進行交通安全參數分析（如速率、後侵佔時間）及肇事分析。

2. 規範原則

涵蓋了非號誌化路口主動式風險感知警示系統的各方面要求與建議，主要內容包括：

- (1) 明確的設置地點與選擇條件：指引詳細定義了系統的適用對象為非號誌化路口，包括特種閃光號誌路口、停讓管制路口和無管制路口。此外，指引明確指出系統可設置於視距不足的路口，例如具有明顯視距障礙物、轉角有建築物遮擋、建築物不滿足截角規定或實測安全視距不足的路口。指引參考《交通工程規範》提供了不同設計速率下的視距要求及坡度修正表。同時，指引建議在近3年平均每年至少有3件（含）以上涉入交叉撞事故的具備易肇事特性路口考量建置本系統，並要求以碰撞構圖呈現肇事分析。
- (2) 系統功能及設施設置規範：
 - a. 偵測功能：要求系統應能偵測任何造成衝突風險的移動物件，不限於車輛，也可包含行人或動物。偵測範圍應依《交通工程規範》訂定之停車視距，並遵守指引訂定之偵測範圍起終點要求。
 - b. 警示顯示：警示顯示方向應考量與偵測範圍存在潛在衝突的臨近路口，且當車輛位於偵測範圍內且存在衝突風險時，系統應向該車之鄰向臨近路口發送警示。警示時長原則上宜以車輛自停車視距行駛至衝突區域的歷時為參考，但不宜小於2.5秒。
 - c. 警示訊息內容：警示觸發時應以動態顯示，未觸發時可維持靜態顯示，動態警示可為閃爍黃色圓圈燈光或以CMS呈現圖案或文字顯示警示。
 - d. 顯示裝置尺寸與設置位置：規範了顯示裝置的標誌尺寸應依《道路交通標誌標線號誌設置規則》執行。設置位置建議於臨近路口方向近端的右側或車道上方，且宜設於停止線（若有）與橫向道路路緣延伸線之間。
- (3) 成效追蹤方法：指引建議使用速率和衝突風險相關指標（如後侵佔時間PET）進行事前事後分析。針對速率分析，提供了簡易量測法、錄影量測法及AI影像辨識自動分析法等三種方法。
- (4) 運作維護及可靠度監控要求：指引要求系統應確保每週7天24小時運作，並應於驗收時測試其可靠度。地方政府應進行故障維護，以24小時內修復

為原則。若經費許可，建議設置雲端功能以利監控和事後分析。此外，應設置系統故障通報機制，原則上應與號誌故障通報機制一致。

- (5) 其他注意事項：指引建議本系統的建置成本原則上應避免高於設置號誌化交叉口。同時，可納入民眾意見並進行滿意度分析，宜加強民眾宣導以增進理解。

2.2 國外之發展現況

本節回顧歐盟、日本之重要科技改善道安之政策或計畫，做為我國發展策略之參考。

2.2.1 歐盟

C-ROADS 平台所制定的協作智慧運輸系統（C-ITS）路線圖 [5]，目的是促進歐洲跨境 C-ITS 建立的協調性與互操作性。C-ROADS 由歐盟成員國和道路營運商共同發起，並與歐洲委員會合作，透過共享技術規範與跨場測試來確保 C-ITS 服務的標準化與實用性。C-ITS 系統的核心在於車輛與基礎設施間的通訊（V2I）以及車輛間的通訊（V2V），這需要具備統一且高效的技術規範，以支持短程（ITS-G5）和長程（IP-based）通訊。

C-ROADS 路線圖旨在為基礎設施管理者與原廠設備製造商（OEMs）提供關於現有與即將推出的 C-ITS 使用案例的整體藍圖。這些使用案例涵蓋基礎設施支持的協作服務，例如道路施工警示、危險地點通知及號誌化交叉口的公共運輸優先等，部分已在歐洲投入運營。未來將進一步擴展至車內訊息傳遞和先進駕駛輔助系統（ADAS）的支援，並長期發展至自動駕駛的應用。

C-ROADS 平台的另一重要特點是科技技術應用的綜合應用。在 ITS 初期設置建議指出，部設某些特定應用設備後，所需的基礎設施與系統設定可用於其他案例，進一步擴大其效益範圍。例如，在都市交叉口部署 C-ITS 時，初期可能專注於優化公共運輸，但該基礎設施可逐步支援緊急救援車輛與普通乘用車的使用案例。總體而言，C-ROADS 路線圖展示了如何通過統一規範與跨境合作，加速協作智慧運輸系統的普及與實用化，同時為自動駕駛的長期發展奠定基礎。

2.2.2 日本

日本 ITS 構想藍圖自 2014 年提出，以「建構與維持全球最佳的 ITS，為日本及世界作出貢獻」為宗旨，設定了在 2030 年前實現「全球最安全且順暢」的道路交通社會之目標。日本「官民 ITS 構想藍圖」[6][7] 自 2014 年至 2021 提出，接續於 2024 年提出「社會機動藍圖 2024」。「官民 ITS 構想藍圖」規劃 ITS 未來發展方向與檢視每年的達成進度。由政府相關部門及民間專家等關係人士，檢討自動駕駛實驗結果、實驗資料之共享，以及根據民間需求進行實驗計畫之工程管理制度的整備方向，預計於年內針對複雜的駕駛環境制定共通指標，以釐清哪些資料是應收集之實驗資料，建構自動駕駛實驗資訊共享、收集體制。

技術應用方面，日本採用 UTMS（Universal Traffic Management Systems，通用交通管理系統）做為智慧型運輸系統的一環 [8]，旨在透過資訊與通訊技術（ICT）整合交通管理，提升道路安全、交通效率與環境品質。系統由日本警察廳主導，並由 UTMS 協會負責研究與推廣。UTMS 結合多項子系統，如

DSSS (Driving Safety Support System, 駕駛安全輔助系統)、ITCS (Intelligent Traffic Control System, 智慧交通控制系統)、PTPS (Public Transportation Priority System, 大眾運輸優先系統)、FAST (Fast Emergency Vehicle Preemption System, 快速緊急車輛優先系統)等,實現全面的交通管理,這些子系統皆透過車載裝置與路側設備的雙向通訊實現協同運作,其中DSSS(駕駛安全支援系統)是UTMS中的一項關鍵子系統,目標在於交叉口事故預防、減少駕駛人決策負擔和增進駕駛人危險感知,DSSS的核心功能包括:交叉路口碰撞預防、追撞預防、停止標誌識別強化等。透過車路協調減少交通事故,提升行車安全。DSSS利用道路側偵測器與通訊技術,向車輛提供即時交通資訊和警告,輔助駕駛者進行安全駕駛決策,協助駕駛者預防因視野盲區或注意力不足而導致的交通事故。隨著高齡人口的增加,尤其針對高齡駕駛者與行人,提供即時交通安全資訊,以減少事故發生。

三、交通事故及違規分析與對策

透過參考及分析至少近三年的事故與違規資料,本章節進行重點防制對象、行為、地點及環境的深入分析,歸納影響車輛駕駛人與行人事故風險的道路環境與人為因素,並從人與道路環境的角度,提出我國道路交通安全的重點改善課題與具體對策。

3.1 交通事故分析與對策

首先以「人」為主體,分析用路人之年齡層事故特性,如表1所示,發現老年族群在交通事故中死亡的風險最高,不論24小時內或30日內每十萬人口數死亡率皆位居各年齡層之首,其中30日內每十萬人口數死亡率幾乎為24小時內每十萬人口數死亡率的兩倍。

此外,青年族群則是受傷事故比例最高的群體,雖然整體死亡率較低,但因活動頻率高且交通暴露風險較大,故在交通安全政策中,老年與青年族群皆應為重要防護對象。

表1 各年齡層平均每年死傷率

受傷程度	兒童 (0-11)	少年 (12-17)	青年 (18-24)	壯年 (25-39)	中年 (40-64)	老年 (65+)
24小時內死亡	0.6	4.8	14.0	5.9	6.3	15.6
30日死亡	0.8	5.6	17.7	7.6	10.8	30.1
受傷	385.2	1978.2	7120.7	2842.3	1597.6	1602.7

單位:人/十萬人口

從「車」的角度來看,如圖1所示,機車與小客車為交通事故死傷人數最多的運具,兩者合計占死亡人數超過五成、受傷人數超過七成,機車尤為突出。

此外,根據表2所示,大型車輛與行人及慢車的碰撞組合A1事故比例最高,如聯結車-人、聯結車-慢車組合,凸顯行人及慢車族群遭遇大型車輛碰撞時面臨較高的死亡風險,尤其是高齡行人更顯脆弱,因此需加強對這些交通弱勢族群的保護措施。

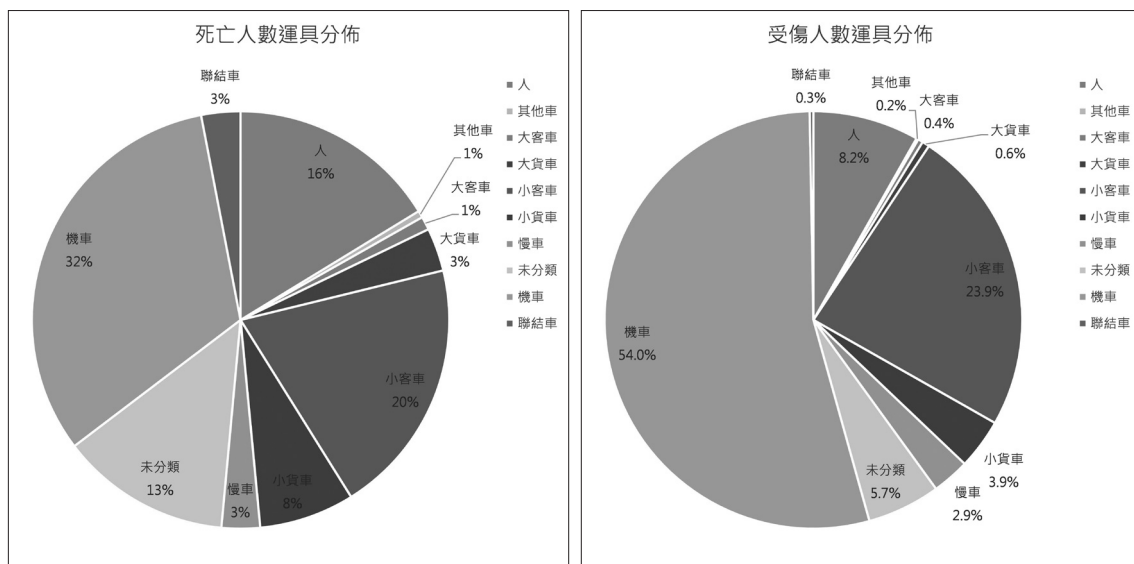


圖 1 死亡與受傷人數之運具分佈

表 2 車種組合之 A1 事故比例前五排行

排名	車種 - 車種	A1 比例 (%)	A1 事故數 (件)	死傷事故數 (件)
1	聯結車 - 人	17.4	6.3	36.3
2	聯結車 - 慢車	14.1	11.6	82.7
3	大貨車 - 其他車	10.5	1.3	12.7
3	大貨車 - 聯結車	10.5	7.6	72.0
5	大貨車 - 人	9.2	9.0	97.7

針對「機車」事故進行深入分析，如表 3 所示，發現其最常發生於交叉路口，且無論號誌化或非號誌化路口，機車事故皆以側撞為最主要事故型態，號誌化路口其次為擦撞，非號誌化路口則其次為交叉撞；A1 事故比例則以號誌化交叉路口中的交叉撞與非號誌化交叉路口中的行人涉入事故最為嚴重。此分析結果指出側撞及交叉撞事故為交叉路口之機車事故防制關鍵，需優先著手改善。

表 3 機車交叉路口事故之特性

碰撞型態	平均每年件數		EPDO 比例 (%)		A1 比例 (%)	
	號誌化	非號誌化	號誌化	非號誌化	號誌化	非號誌化
交叉撞	8092.3	23143.0	9	27	0.81	0.49
側撞	40837.0	34537.3	40	38	0.38	0.25
對撞	221.0	496.0	0	1	0.60	0.67
擦撞	14009.0	6866.7	14	7	0.15	0.15
不明	19073.7	15988.7	19	17	0.16	0.14
自撞	4570.3	3838.7	4	3	0.23	0.66
行人事故	978.7	1352.0	1	2	0.01	0.76
追撞	12735.0	4896.7	13	5	0.12	0.20

針對「行人」事故進行深入分析，將行人事故與各車種之事故位置與車行方向比例最高者彙整，如表 4 所示，顯示行人事故最常發生在路段 - 一般車道且車行方向為直行，及交叉路口 - 交叉路口內且車行方向為左轉彎者。而表 5 顯示行

人 A1 事故與死傷事故在不同號誌類型中之車行方向特性不同；A1 事故中，車輛以「直行」的比例最高，表示行人於道路穿越期間，直行車輛可能較難及時注意或避讓，造成嚴重事故。死傷事故（含 A1 及 A2）中，則以「左轉彎」比例最高，代表行人穿越路口時，左轉車輛可能因視線盲區、號誌與行穿線設計等因素造成碰撞，雖然傷害未必致命，但卻較常發生。因此，降低路段速度，及改善駕駛視野盲區可望有效降低行人事故之嚴重程度。

表 4 行人事故與各車種之事故位置與車行方向比例最高者

行人事故嚴重程度	車種	機車	小客車	小貨車	慢車	大客車
A1	事故位置	路段 一般車道	路段 一般車道	路段 一般車道	路段 慢車道	交叉路口 交叉路口內
	車行方向	直行	直行	直行	直行	左轉彎
死傷	事故位置	路段 一般車道	交叉路口 交叉路口內	交叉路口 交叉路口內	路段 一般車道	路段 一般車道
	車行方向	直行	左轉彎	左轉彎	直行	直行

表 5 行人 A1 與死傷事故於交叉口之號誌化分類與車行方向

單位：%

車行方向	行車管制號誌		行車管制號誌 (附設行人專用號誌)		閃光號誌		無號誌	
	A1	死傷	A1	死傷	A1	死傷	A1	死傷
左轉彎	20	51	25	55	14	63	8	65
直行	70	32	63	27	83	27	81	20
右轉彎	7	11	6	12	0	6	3	6

以「路」為主體進行分析，如表 6 所示，針對不同級別之道路，其中國道以追撞最為嚴重，而市區則普遍以側撞事故最為突出，反映出不同道路環境存在明顯不同的事故特性，須依據各道路特性制定適當的安全對策。

表 6 國道與市區道路之事故類型與事故類別件數

事故類型	A1 件數（件）		A2 件數（件）		EPDO		EPDO 比例（%）	
	國道	市區道路	國道	市區道路	國道	市區道路	國道	市區道路
交叉撞	0	102.3	2.3	27013.7	8	95519.8	0.1	9.1
側撞	0.7	232	17.3	92100	67.2	324554	0.6	31.1
對撞	2	22.3	4.3	2024.3	34	7296.9	0.3	0.7
擦撞	5.3	81.3	356.3	38149.3	1297.4	134294.9	11.9	12.9
未分類	8	149.7	171.3	61632.3	675.6	217135.2	6.2	20.8
自撞	19	195	566.7	22766.3	2164	81534.6	19.8	7.8
行人事故	1	147.7	6.7	11412	33	41345.2	0.3	4
追撞	22.3	76	1837	40618.3	6641.4	142886.1	60.8	13.7
總計	58.3	1006.3	2961.9	295716.2	10920.6	1044567	100	100

綜合上述分析，本章指出老年人口、機車與行人族群，特別是高齡行人，是交通事故中極需加強防護的對象，分析也顯示行人事故可從路段速度管理與左轉視野盲區的方面著手，而不同道路、車種及年齡等因素皆影響事故之嚴重性，因此，未來在規劃與制定交通安全政策與改善措施時，應同時考量道路環境、照明條件及交通弱勢族群的特殊需求，以有效降低交通事故造成的傷害與死亡風險。

3.2 交通違規分析與對策

將全體違規條款依數量排序後（表 7），與道路安全相關之違規項目中，最高者為「轉彎或變換車道不依標誌、標線、號誌指示」，平均每年發生 582,334 件，佔全體違規比例 16.64%；其次為「駕車行經有燈光號誌管制之交岔路口闖紅燈」，平均每年 463,511.7 件，比例 13.25%，第三名則為「駕車行經有燈光號誌管制之交岔路口紅燈右轉行為」，平均每年 123595 件，佔 3.53%。

進一步篩選出歸責於駕駛人之機車違規（表 8），同樣以「轉彎或變換車道不依標誌、標線、號誌指示」為最多，平均每年 411,374.7 件，佔機車違規比例 22.9%；次高為「駕車行經有燈光號誌管制之交岔路口闖紅燈」，平均每年 362,493.7 件，比例 20.18%；第三名「駕車行經有燈光號誌管制之交岔路口紅燈右轉行為」，平均每年 108704.3 件，比例 6.05%。與全體違規相比，機車違規的前三名條款佔比明顯高於其在全體違規中的比例，顯示機車駕駛人在標誌、標線，且尤其是號誌的遵守行為上更容易產生違規問題。以道路安全的角度而言，可針對號誌與標誌的可視性、醒目性進行強化，並且利用現代化的智慧路側設施，使駕駛對標誌的警覺性增加。

表 7 全體違規條款前五名

排行	條款	內容	數量 (件/年)	比例 (%)
1	4810201	轉彎或變換車道不依標誌、標線、號誌指示	582334	16.64
2	5310001	駕車行經有燈光號誌管制之交岔路口闖紅燈	463511.7	13.25
3	2710009	汽車行駛於應繳費之公路經催繳不依規定繳費	300585.3	8.59
4	5320001	駕車行經有燈光號誌管制之交岔路口紅燈右轉行為	123595	3.53
5	5630001	在道路收費停車處所停車經催繳不依規定繳費	120789	3.45

表 8 機車違規條款前五名

排行	條款	內容	數量 (件/年)	比例 (%)
1	4810201	轉彎或變換車道不依標誌、標線、號誌指示	411374.7	22.9
2	5310001	駕車行經有燈光號誌管制之交岔路口闖紅燈	362493.7	20.18
3	5320001	駕車行經有燈光號誌管制之交岔路口紅燈右轉行為	108704.3	6.05
4	2110101	未領有駕駛執照駕駛聯結車、大客車、大貨車	88773	4.94
5	3160001	機車駕駛人未依規定戴安全帽	86543.67	4.82

四、科技應用於交通安全發展策略

4.1 策略架構

事故資料的分析結果顯示，嚴重影響安全風險的碰撞型態集中於側撞、非號誌化路口的交叉撞，而行人安全之風險又與路段直行車速較高及路口左轉視野有關。這些問題多半源於駕駛警覺不足、視距受限、資訊傳遞延遲或誤判等因素，難以僅靠用路人主觀改善解決。而違規行為分析也指出，目前號誌、標誌與標線無法有效提醒與制約駕駛。因此，有系統性地導入科技化設施作為行為引導與風險預警工具，成為當前改善交通安全的輔助手段。

本研究發展規劃之提出，依據臺灣在地道路環境特性、用路行為模式與既有基礎建設發展條件為基礎，自主擬定之技術路線與推動步驟。國際經驗雖具參考價值，但目前國際上發展智慧運輸應用於交通安全的做法，主要集中於車聯網（V2X）與自動駕駛技術整合，歐盟透過 C-ITS 平台 C-ROADS，提供車輛與路側設施間即時資訊交換，例如事故提醒與交通壅塞預警；日本則在道路上部署日本 UTMS-DSSS，提供即時交通資訊與駕駛支援。我國當前仍處於道路設施數位化轉型初期階段，須考量本土建置進度、道路設計限制與人車互動特性，需兼顧密集都市紋理、機車使用比例高、行人空間不足等複雜因素，因此未直接套用國外架構，而是採取由「路側」出發的發展策略，逐步銜接「人-車-路-雲」之整合應用，配合可落地、可分期、可擴充的導入方式，以符應我國當前交通安全提升與智慧化轉型的雙重需求。

4.2 分期發展計畫

基於國家發展規劃的智慧運輸系統發展建設計畫，並結合其中之智慧安全警示系統、C-ITS、車路聯網技術，以 ITS 於交通安全應用發展規劃為範疇，本研究提出階段性之規畫與藍圖。本研究初擬規劃了三個階段的智慧運輸系統於交通安全發展，按照系統功能劃分階段並以落實推廣為階段考量（並非技術發展或試辦），三階段分別為短期之固定防護、中期之動態防護、以及長期之適應性 AI 防護進行規劃，以實現更安全的道路環境。此規劃針對車輛、行人及道路基礎設施三大要素，逐步提升交通管理與安全性能。此發展策略主要有助於降低交通事故率，亦能提升道路使用者的便利性與整體交通效率，為未來智慧交通奠定基礎。以下分別說明各階段之規畫目標，說明如下，各階段之多面向比較如表 9 所示。

1. 短期「固定防護」：

短期階段屬於基礎建置時期，著重於即時風險應對與初階警示功能導入。以路側基礎設施為核心，透過部署偵測器、警示標誌與輔助照明等裝置，提供明確可見的安全提示，建立基本的交通安全資訊提示系統。此階段之特點為技術成熟、設置快速，適用於高風險熱點或行人穿越地點，具備良好的基礎防護力與普及潛力，能針對高風險熱點或事故頻繁路段提供直接且清晰的風險提醒，協助用路人及早反應。系統主要運作邏輯為感知異常→判讀行為→廣播提示，資訊僅單向傳送，尚未涉及控制介入。設備建置亦涵蓋資料傳輸與平台連接功能，做為中期進一步應用的基礎。整體目標為建立即時感知能力，並以廣播方式支援駕駛與行人風險辨識，提升初階防護效益。

2. 中期「動態防護」：

中期階段開始導入進階邏輯與事件觸發功能，系統能根據即時人車動態主動啟動警示或調整提示內容，轉向具備初步反應能力的智慧化防護型態。此階段系統具備規則式邏輯運算或預測功能，可因應較多的交通情境。偵測設備將提升辨識精度與涵蓋範圍，搭配交通規則與行為特徵進行複合式判斷，實現針對特定情境的風險識別與即時提示。系統資訊除可提供更明確的圖文內容，也可透過連線傳送至車載裝置或行動設備，提高傳遞準確性與即時性。此外，不同路段或設施間亦可開始協同反應，如異常事件發生時，周邊設施自動同步調整相關訊息與引導行為。本階段強調資訊的對象化傳遞與系統間的互動協作，逐步朝向即時回饋與場景辨識邏輯邁進。

3. 長期「適應性防護」：

長期階段為智慧交通安全體系的擴展與成熟階段，系統整合即時資料與歷史行為，結合人工智慧與大數據分析，發展具自主調控能力的風險因應策略，即自行調整預警策略與控制方式。系統高度智慧化，適用於複雜、多變的交通環境。各項設施間將能建立多向連結，不僅支援路段與路段之間的互通，也可與行人、車輛與雲端管理中心實現整合應用。系統可依風險程度與使用者特性，主動調整警示強度與方式，甚至預測特定情境下的事故可能性，進而動態干預或引導。通訊技術也將全面升級，支援多種終端裝置接收警示資訊，使安全提示更加個人化與情境化。同時，整體資料將回饋於智慧運輸平台，協助政府建立風險地圖與優先改善策略。此階段的核心為實現自適應控制與場域即時調度，逐步構築出具備學習與調整能力的閉環式交通安全管理體系。

表 9 短中長期發展策略內容

面向	短期——固定防護	中期——動態防護	長期——適應性防護
偵測	固定區域物件偵測	物件軌跡偵測	決策支援物件偵測
	偵測區域 ROI 之劃定 物件無軌跡之概念	物件偵測後需能區分軌跡	須能夠進一步辨別物件特定時間之特性。如是否顯示方向燈或煞車燈等。
決策	立即做動	運算後做動：rule-based	引進 AI 運算：data-driven
	偵測即警示	偵測運算後警示 根據軌跡型態，依預先訂定之運算邏輯預測	偵測運算後警示 AI 軌跡預測，直接由 AI 判斷是否觸發警示
警示	有	有	有
警示時長	固定時長警示	動態運算	引進 AI 運算
	依預先訂定之時長而定	依預先訂定之邏輯運算 (軌跡預測等)	由 AI 直接決定
號誌控制	無	有	有
號誌 時制計算	無	動態運算	引進 AI 運算
	號誌時制須以運算為基礎	依預先訂定之邏輯運算 (軌跡預測等)	由 AI 直接決定
照明	固定時長照明	動態運算	引進 AI 運算
	依預先訂定之時長而定	依預先訂定之邏輯運算 (軌跡預測等)	由 AI 直接決定
運算基礎	無 (立即做動)	以規則為基礎 (rule-based)	AI 基礎 (data-driven)

整體而言我國智慧運輸系統於交通安全應用發展規劃，將基於路側設施系統為基礎開展，並透過蒐集用路人資料及環境資訊，在中期建立事件觸發與風險分級功能，長遠則透過 AI 演算法實現智慧控制為展望目標。期望我國國內科技技術應用的發展透過三階段的逐步推進，朝向更智慧化與安全的道路環境邁進。

整體技術的發展可能是多路並行的，但成熟的應用將隨著階段逐步推進，功能與應用上由短期支援中期、中期延伸長期之概念，使系統對風險之因應性能隨科技技術之發展增強，示意圖如圖 2 所示。透過上下交錯的推進概念，使不同技術在各階段間互相銜接與優化，讓偵測與警示逐步演進為偵測與控制，並在每一階段中不斷擴充情境、提升精準度，以達成全面增進道路交通安全的目標。

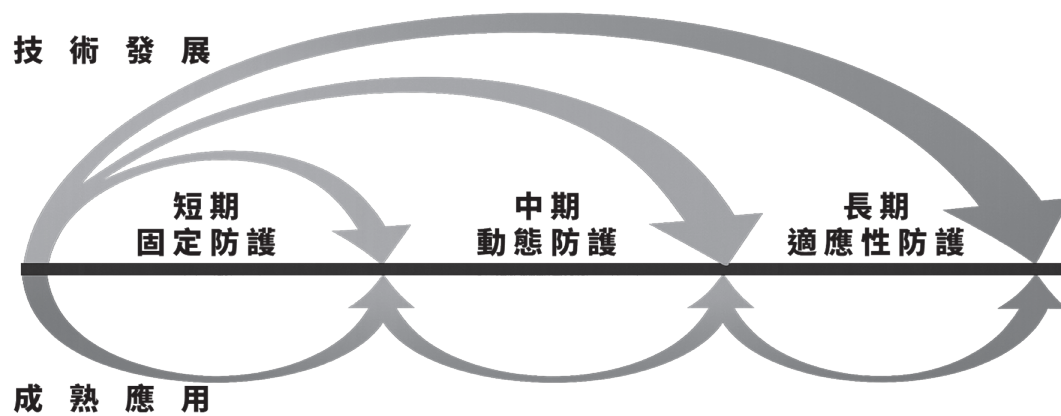


圖 2 短、中、長期發展策略示意圖

4.3 案例說明

本節旨在針對第 3 章之事故與違規分析，提出科技應用於交通安全之三大議題，分別為「行人穿越安全」、「路口車輛衝突」及「路段車流衝突」，針對各議題建構短期、中期與長期之科技應用階段路徑，做為分階段推動智慧交通安全策略之依據。

4.3.1 行人穿越安全

1. 短期：資料建置與初步警示

- (1) 目標：建立偵測基礎，啟動初步警示系統，並全面蒐集人車行為與環境參數，為後續預測與調控奠定資料基礎。
- (2) 主要做法：
 - a. 警示系統部署：安裝偵測設備掌握人車動態、設置警示牌提醒交會風險、行穿線感應照明提升能見度。
 - b. 用路人資料蒐集與行為觀察：記錄穿越行為與反應時間、分析高齡等族群與車種特性、評估停等位置與追撞風險。
 - c. 環境條件資料蒐集：分析縣市與道路類型差異、蒐集天候與光線下風險行為、建立晨間高齡活動風險樣態。

2. 中期：預測建模與族群友善設計

- (1) 目標：以短期累積資料為基礎，發展人車互動風險預測模型，並導入分級警示與族群導向設計，提升警示精準度與適用性。
- (2) 主要做法：
 - a. 風險預測模型開發：建構多參數風險預測模型，分析車速與軌跡以辨識人車潛在衝突，並於風險值達閾時啟動進階警示，強化預判能力。
 - b. 行為分析與族群導向提示：導入行人意圖預測與族群識別機制，並結合氣候感知與時段調節照明策略，於晨間或低照度時自動強化警示與可視性，提升通行安全。

- c. 行人手機 app 互動開發：開發行人友善 app 介面，提供語音與視覺輔助，支援事故即時通報與資料回溯，提升通行與應變安全性。

3. 長期：智慧調控與主動風險控制

- (1) 目標：將風險評估與族群識別能力導入實際號控邏輯，實現行人穿越的動態管理與主動保護。
- (2) 主要做法：
 - a. 智慧號誌控制：依交通流量與風險指標調整照明與綠燈時長，提升高風險情境下的行人可見度與警示強度，實現即時動態控制。
 - b. 強化情境反應式警示：依風險自動調整提示內容與強度，透過現場或手機互動介面，提供穿越建議與剩餘時間等多感官資訊。
 - c. 長期風險分析與政策支援：建構風險與光照需求地圖，提供照明優化與資源配置依據，協助精準推動行人設施改善工程。

4.3.2 路口車輛衝突

1. 短期：資料建置與初步警示

- (1) 目標：針對高風險或非號誌化路口導入偵測系統，建立基本警示機制，同時廣泛蒐集數據，做為後續系統開發之用。
- (2) 主要做法：
 - a. 路口橫向來車警示：於視距不良路口設置偵測器，辨識來車方向、速率與距離當車輛進入潛在交會區域時，即時啟動警示。
 - b. 右轉側撞警示：偵側右側機車與四輪以上車輛過於接近之情形，並發送警示。記錄各方向車輛速率、轉向比例與衝突點分析右轉車輛與外側機車交會行為，建立高碰撞風險模型
 - c. 左轉穿越側撞警示：偵測內側大型車輛與外側車輛並行之條件，分析對向車輛視距問題，建立遮蔽位置與衝突率關聯。
 - d. 路口淨空警示：辨識車輛因壅塞無法離開路口之情況並加以警示蒐集車輛因壅塞無法離開之情境資料建立號誌秒數與路口容量對應關係，辨識自鎖（gridlock）臨界條件。

2. 中期：風險預測與動態警示

- (1) 目標：依據短期所累積之行為與環境資料，建構車輛衝突風險預測模型、發展情境感知與分級警示機制，優化警示系統。逐步開發對應之號誌控制策略，從根本上降低車輛衝突。
- (2) 主要做法：
 - a. 交叉口衝突風險預測模型：分析車輛速率、軌跡與時間差等參數，預測潛在衝突，並提供精確警示。
 - b. 機車側撞風險辨識優化：根據車輛軌跡預測模型，優化側撞警示。
 - c. 回堵預測與視距警示：結合車流量數據，預測路口回堵風險並提前發出警示，避免車輛進入交叉口，造成衝突風險。

3. 長期：智慧調控與主動風險控制

- (1) 目標：整合中期預測與通報資料，發展智慧號誌調控邏輯與衝突資料整合分析平臺，實現主動式、系統化之路口安全管理。
- (2) 主要做法：
 - a. 衝突資料整合分析：建立路口面積與衝突風險之關聯模型，累積風險事件數據，建立路口風險輪廓。
 - b. 高風險情境分級管控：整合橫向衝突、視距遮蔽、右轉側撞等風險情境，依據風險等級 AI 自動套用對應提示方案。
 - c. 交叉口回堵風險控制：預測壅塞時自動調整綠燈時相長度與順序，確保交叉口空間暢通，避免車流自鎖。
 - d. 智慧號誌控制：根據即時車流與衝突預測結果，自動調整號誌時相（例如衝突方向遲開），降低車流重疊進入交叉口之風險。

4.3.3 路段車輛管理

1. 短期：資料建置與初步警示

- (1) 目標：於高風險路段部署基礎偵測與提示設備，提供事故、壅塞等情境之減速提醒，同時廣泛蒐集用路人行為數據。
- (2) 主要做法：
 - a. 即時事件偵測與減速提示：偵測壅塞或造成視線不良之情況，於上游適當距離啟動警示系統，避免追撞或二次事故。
 - b. 車輛速率變化記錄：建立不同時段與壅塞程度之速率變化資料庫，辨識高風險事故地點。
 - c. 追撞風險行為資料蒐集：記錄車距、速率差與連續急煞等情形，蒐集潛在追撞行為樣本。

2. 中期：情境感知與分級提示設計

- (1) 目標：結合壅塞與事件管理機制，開發行駛速率建議系統，進一步避免追撞。開發能辨識錯誤車道選擇與追撞樣態之風險模型，並依據不同情境觸發適應性提示與行為導引，提升用路人預判與應變能力。
- (2) 主要做法：
 - a. 壅塞與事件管理機制：依程度與狀態調整警示，分析疏解速率，動態調整資訊，預測發展趨勢。
 - b. 建議行駛速率：結合車速落差、急煞與車距數據，提供上游車輛建議行駛速率，避免急煞。
 - c. 智慧車道選擇導引：根據歷史錯誤率提前指示正確車道，減少急切變換，整合通報與事件紀錄。
 - d. 緊急車輛通行情境提示：引導車輛讓行緊急車輛，降低事故風險暨降低緊急車輛行駛延滯。

3. 長期：智慧調控與主動風險改善

- (1) 目標：整合路段車輛行為資料、環境條件與設備反應效能，建構動態速限與車道資訊調節系統，並針對高風險熱點提出結構性設計調整方案，實現由風險提示邁向主動防制。
- (2) 主要做法：
 - a. 動態速限管理與智慧控制：依據即時的天候與交通狀況，智慧調整速限，確保行車安全。並利用智慧號誌系統優化交通流動，從而降低事故風險。
 - b. 智慧車道預告與佈設優化：提供駕駛者即時的車道建議，優化行駛路線，減少變換車道的風險。利用先進的偵測技術和數據分析，提前預告前方道路的車道狀況。
 - c. 高風險地點路型改善：依據資料對經常發生事故的路段進行路型改造，如優化道路幾何設計、改善交通標誌可見性及重新配置車道，從根本上減少事故發生的可能性。

4.3.4 小結

綜上所呈現之三大應用主題與短中長期規劃，具體描繪出智慧交通安全系統從基礎偵測與警示出發，逐步導入風險預測、分級管理，再邁向整合控制與智慧調節的發展路徑。透過階段性策略推進，不僅可因應多元風險場景，亦可提升系統適應性與防護效能，為我國未來推動智慧交通安全奠定清晰且具操作性的技術與政策基礎。

五、結語

本研究透過事故與違規資料分析，確立高風險族群、重點場域及關鍵行為，並結合國內外智慧運輸系統應用經驗，提出以「路側科技」為核心的道路交通安全發展策略。研究結果顯示，我國交通事故仍以高齡行人及機車族群為主要風險對象，交叉路口與側撞、交叉撞事故為核心改善場景，違規則集中於號誌與標誌遵守行為。而相較於歐美日等國家，我國車聯網與智慧道路基礎建設尚處於起步階段，因此採取由「路側」出發，更符合現階段道路環境與用路行為特性。本研究建構了三階段科技應用於道路交通安全發展策略：短期「固定防護」、中期「動態防護」、長期「適應性防護」，並以行人穿越安全、路口車輛衝突及路段車流管理三大議題，進行策略推動之範例說明。

本研究提出之策略藍圖，基於路側設施系統做為短期基礎開展，並透過蒐集用路人資料及環境資訊，在中期建立事件觸發與風險分級功能，長遠則透過AI演算法實現智慧控制為展望目標，兼顧短期落地可行性與長期智慧化發展需求，可做為政府推動科技交通安全之系統性參考，並支援後續政策規劃、試辦計畫與技術導入，期望我國交通可透過三階段的逐步推進，朝向更智慧化與安全的道路環境邁進。未來，隨著車路聯網、AI與大數據等技術成熟，結合在地化的資料累積與實證經驗，將有助於建立動態調控與風險預測兼備的交通安全管理體系，實現以人為本、智慧永續的道路安全目標。

六、參考文獻

- 交通部 (2017)，智慧運輸系統發展建設計畫（106-109 年）。
- 交通部 (2020)，智慧運輸系統發展建設計畫（110-113 年）。
- 交通部 (2024)，智慧運輸系統發展建設計畫（114-117 年）。
- 台灣車聯網產業協會 (2024)，非號誌化路口主動式風險感知警示系統設置指引（第一版），交通部委託研究。
- C-ROADS Platform Working Group 2 Technical Aspects, Taskforce 2 (2024), *C-ITS Roadmap v1.0*.
- Cabinet Office of Japan (2020), *Public-Private ITS Initiative/Roadmap 2020*.
- Cabinet Office of Japan (2021), *Public-Private ITS Initiative/Roadmap 2021*.
- UTMS Society of Japan (n.d.), “Dynamic Support Signal System (DSSS),” Retrieved July 29, 2025, website: <https://utms.or.jp/japanese/system/dsss.html>.