

國科會工程處114年度學門主題式計畫 「氣候變遷與永續發展下的智慧交通安全創新解決方案」 計畫徵求公告

壹、計畫背景

隨著全球氣候變化的持續加劇，極端天氣事件如前所未見的降雨強度和高溫頻繁發生，對城市運輸系統構成空前的挑戰。在國際上，歐洲、日本和北美等地區在落石監測和預警技術上已取得顯著成就，其應用地面雷達監測、光纖感應技術及衛星遙測等多項先進技術，顯著提升公路坡地災害預警的能力。

台灣面臨著獨特的氣候條件、高機車使用率和特殊的地形環境，使得「永續交通安全」的實踐變得尤為關鍵。雖然「永續交通安全」在實際操作中仍需加強，但對極端天氣條件下交通安全風險的認識和應對措施已成為一個緊迫的研究領域。整合上述資訊，我們可以更清晰地瞭解氣候條件和空氣品質對交通安全的影響，並認識到透過深入研究和技術創新——尤其是在人工智慧領域——應對這些挑戰的可能性。

台灣在 2023 年每千人持有機車數為 620 輛，坐落全球機車持有率之首，使得空氣污染對不同類型車輛的影響研究對於交通安全尤為關鍵。未來幾年國內亦將有國一甲線、國五延伸及國道七號等大型交通基礎建設。此外，根據台灣公路總局的數據，山區道路延伸總長占比近一半，主要分布於中央、雪山及阿里山山脈等地區。面對落石等自然災害，國內產業正在積極開發創新防護技術，增進山區道路的安全性。

現今居住環境常面臨短延時強降雨，如暴雨與洪水，對交通安全產生重大影響。這些氣候條件導致道路積水、打滑，降低道路容量，增加交通阻斷與事故風險。對於越益頻仍的極端氣候致災狀況，國內產業界在交通路網和相關基礎設施的維運、管理上仍缺乏系統性之決策工具、準則，以對於整體路網韌性和身處其中的用路人觀點有較為整合式的思維。

在台灣，追求道路安全的努力永無止境，尤其是在運輸工程領域。學界致力於針對特定安全挑戰——如路口的改造——提出有效解決方案，這些成果在局部問題上已取得顯著進展。然而，我們認識到，在「永續安全」的全面發展方面，仍有較大的空間需要探索。特別是面對極端氣候條件下的挑戰，需要跨學科的知識與合作，從水文學、氣象學、地質學、永續防災、道路鋪面型態、交通安全管理乃至用路人行為心理學，並結合數據科學和人工智慧技術，以更全面地理解並應對這些安全問題。

本學門主題式計畫擬就「氣候變遷與永續發展下的智慧交通安全創新解決方案」，聚焦交通系統之「極端氣候適應」、「交通安全永續」和「監測系統創新」對關鍵議題，透過跨學科合作和先進技術的應用，提出有效的交通安全改善策略和管理措施，具體研究議題包括：

一、極端氣候與空氣污染下市區道路交通安全暨路網管理整合

(一)降雨事件與交通事故頻率相關性分析

1. 分析降雨事件對交通事故頻率的影響。首先，需對降雨事件進行分類，包括強度、持續時間、發生頻率、形成機制和空間分布分類，精確評估不同降雨條件下的交通事故風險。
2. 利用多變數經驗模態分解等時頻分析方法研究交通事故數據和降雨記錄，以揭示變化模式和潛在趨勢，瞭解事故發生的時間分布和降雨事件的頻譜特性，從而識別高風險時段。
3. 應用時間延遲交互資訊分析方法，追蹤降雨模式與交通安全之間的動態關聯，辨識不同時間尺度下的關聯，找出降雨事件對交通事故影響最顯著的時間點，為交通管理的事務預防作為提供參考。
4. 基於分析結果，提出針對性的交通管理和安全改善策略，包括提高應急響應能力、優化交通流量控制、加強宣傳教育和改善道路設施，降低降雨事件對交通安全的負面影響，提高整體交通系統的安全性和可靠性。

(二)空氣污染對生命安全及公眾健康的衝擊分析

1. 應用人工智慧技術和解釋性模型探討和解釋導致交通事故的原因，特別關注空氣污染物和能見度（包括氣象因素）。
2. 分析空氣污染物和能見度之間的關聯，透過組成化學實驗和數值模型進行研究。
3. 研究現有道路車輛電動化政策對台灣空氣品質和公眾健康（如呼吸道疾病、心血管疾病等）的影響。
4. 評估電動化政策對潛在空氣品質改善進一步對交通事故發生率的影響，並分別分析對兩輪車和四輪車的差異。

(三)用路人行為的微觀尺度分析

1. 透過先進技術(例如無人機、影像辨識...等)等對用路人高風險行為之動作進行精密觀察，如剎車施力、軌跡變化等與安全程度對應之指標。
2. 不同氣候或外在環境對於道路使用者的永續安全原則(例如功能性、均質性、容錯性)之影響。

3. 對用路人行為的時空(例如安全代理量度);碰撞後果(例如重傷 MAIS3+)、動能管理方法(KEMM)進行分析,以落實相關安全政策,減少交通事故,提高道路之安全。
4. 對碰撞產生的傷亡數據進行分析(例如消防救護 EMT 表)

(四)極端氣候影響下的旅運行為分析與路網管理決策

1. 建立極端氣候條件下(主要關注短延時強降雨事件)的用路人行為模式,包含旅次產生、運具和路徑選擇之轉變。
2. 建立極端氣候條件下(多運具)運輸系統之安全性、服務性指標及其衡量方法,從而對於系統韌性提出完整、明確且可操作之定義。
3. 建立降雨事件下的淹水模擬模式,分析道路阻斷或容量折減狀況,進而與用路人行為模式整合,藉以預測、評估路網車流動態,並判斷潛在安全風險路段。
4. 基於降雨事件下的路網車流預測、分析,提出因應極端氣候影響、以安全為導向之路網管理決策,包含:短期,路網資訊發布與車流導引策略;中長期,針對整體路網韌性提升之基礎設施布設規劃。

二、山區公路邊坡落石道路監測系統開發

(一)落石邊坡地貌重建與落石試驗及分析技術開發

1. 利用影像資訊進行三維重建和圖像處理,以及相應之定位資訊,於現有計算機技術下,運用高等數學運算能力取代傳統高成本之點雲建制方式,對目標落石邊坡完成快速且低成本之測量及建模。
2. 基於圖像處理所得之公路邊坡模型,透過幾何及材料屬性之設定,於數值分析軟體中進行模擬,並將其結合現地落石試驗、即時監測資訊,以及數值分析之結果於比對後,進行反覆參數調整,以評估落石轉速、運動與破碎軌跡,以及危害範圍。
3. 數值分析應能合理考慮真實材料組構與力學行為,且擬建立之數值模型可透過中小尺度物理模型試驗與足尺度之現地落石試驗進行材料參數校正與驗證,以期能透過數值模擬實現單粒落石或多粒落石運動行為之多目標運動軌跡預測,建立供人工智慧技術應用在公路落石管理中的即時監測與風險評估開發之資料庫建置。
4. 根據公路邊坡現地情況,設計試驗所需之試體,開發並進行不同落石能量之試驗,以及研發測定落石速度與轉速之儀器,將其作為數值分析與即時監測之驗證,充分發揮其校正數值分析模型之功能。

(二)人工智慧技術在公路落石管理中的即時監測與風險評估技術整合

1. 以即時落石影像偵測技術，發展落石尺寸、速度，和轉速推估之快速多目標辨識系統，提高落石監測的精度和效率。
2. 透過人工智慧模型訓練，優化數值分析流程，有效減少落石風險預估的時間，提升分析技術的效率。
3. 發展即時判斷落石防護設施狀況的高精度、實時性和可靠性的監測預警機制。

(三)落石防護措施與公路安全應變策略與決策關鍵

1. 評估和改進現有落石防護策略，包括主動和被動防護措施，以應對超過設計承受範圍的落石事件。
2. 結合台灣山區道路的特點和落石風險，制定相應之安全危害判釋與即時預警系統，提升用路人的安全。
3. 推動落石防護相關產業發展，基於試驗、人工智慧與數值分析之安全危害判視結果，探討現地防護裝置之效果，並對其影響進行探討，透過跨領域合作強化台灣山區道路的養護與改善，提高通行安全。

貳、計畫目標與範圍

一、 深入探究降雨與空氣污染對交通安全的複雜影響

- (一)透過創新的分析方法，包括利用改良式 IDF 曲線、多變數經驗模態分解及時間依賴性內在關聯性分析，精確預測不同降雨條件及空氣污染下交通事故的風險，進而整合用路人行為模式，提出交通流管理與路網韌性提升之基礎設施布設規劃。
- (二)建立極端氣候和空氣污染致災風險以及路網系統服務性、安全性的量化指標，以具體評估相關模式之具體成效和整體計畫對於社會與經濟面之效益。
- (三)通過綜合分析（如人工智慧技術、分析化學實驗、大氣化學模擬）及創新應用（交通安全、車輛電動化政策），揭示空氣污染對公眾健康及交通安全的影響，從而提出具體的政策建議，以支持制定有效的公共衛生和交通安全措施。研提措施預期需能改善空氣品質和交通安全，從而減少醫療成本和因健康問題及交通事故引起的生產力損失。
- (四)此外，提升道路安全和公共健康水平將有助於提高整體生活品質並減少社會資源浪費。故研究成果需能促進電動車市場的發展，推動相關產業的增長和就業機會的創造，進而提升經濟效益。

二、山區公路落石防護與即時監測技術的創新與應用

- (一)確認落石衝擊能量偵測技術，透過影像處理技術辨識及追蹤多目標落石重量、速度及轉速，結合人工智慧技術提高分析效率和預警的即時性。
- (二)結合新型邊坡監測技術，建立實時監測與預警機制，以提升公路落石安全危害的判識與及時預警能力。
- (三)整合現地資訊系統、人工智慧與數值分析，通過邊緣運算之技術，於現地架設具支援人工智能運算之設備，以減少訊息傳輸過程之通信量，避免處理過程中會產生過多的延遲。
- (四)建構山區公路網之落石熱點地圖動態資料庫，作為日後落石防護策略精進、長期災害防治資料探勘，及可為後續研究提供監測創新技術實測之示範場域。

研提之計畫需以科技創新促進交通安全與永續環境發展的願景，能夠解決當前都市道路、鄉區山間公路及用路人行為面臨的安全挑戰，還將為台灣乃至全球的交通安全與環境保護領域帶來創新的解決方案。

參、計畫書撰寫說明

- 一、本項學門主題式計畫申請時請以三年期計畫進行規劃，並以單一整合型計畫之方式提案。需說明總計畫與各子計畫間整合之邏輯與必要性，說明逐年執行內容與預計達成之目標與預期效益，並說明逐年查核點。
- 二、計畫內容必須具備完整性、可行性與應用性，且需陳述國內外現狀、所欲達成之技術指標以及與世界技術水準同步（或超前）之情形。
- 三、單一整合型計畫之申請經費以每年 1000 萬元為上限。
- 四、計畫書中需說明團隊成員組成、以及過去在本學門主題涉之技術項目發展經驗，並說明團隊成員分工合作方式與其互補性。
- 五、申請團隊之研究如需與業界銜接，當提出計畫書時，請於計畫內容簡述申請團隊與業界預計之合作方式。
- 六、申請團隊之研究如需進行國際合作研發，必須填寫國際合作研究計畫資料表（申請書表 IM01-IM03），說明所洽談合作計畫內容與共同研發之進行方式、智財歸屬情形。
- 七、有關計畫書表 CM03「三、研究計畫內容」之篇幅上限調整為至多 50 頁。超頁部分不予審查。
- 八、計畫形成、推動及最終研究成果產出，無可避免受到計畫初期目標制定及參與人員背景與前理解影響，將研究導向特定方向，繼而得出特定結果，為轉

化偏見與歧視造成的不對等，請於補助計畫中導入多元、公平及包容(DEI)概念(請參考附件 1-2 推廣文件)，並依此於申請書規劃落實此概念作法，將作為計畫審查考量要項之一。請於研究計畫申請書內融入多元、公平及包容(DEI)概念之說明。

九、若在計畫整合上需要協助，請聯繫土木水利工程學門召集人(周瑞生)。

肆、計畫內容審查與考核

一、計畫審查重點

- (一)計畫之研究主題必須具有關鍵性、創新性、可行性、及應用性；技術自主與國際領先程度為主要考量。
- (二)總計畫與各子計畫間整合之邏輯性與必要性。

二、考評機制

- (一)計畫主持人需以每 3 個月為期訂立詳細之技術里程碑、查核點、評量指標，以為評審委員查核之依據；此查核點須依審查委員意見從事修正。
- (二)計畫預期的執行方向與進度。
- (三)計畫產出及成果效益。
- (四)所規劃技術突破之達成度及應用價值。
- (五)培育優秀研究學者的成果。