



桃園市 道路養護資訊管理平臺 — 智慧巡路 幸福公路

劉軍希 / 桃園市政府養護工程處 處長

羅中森 / 桃園市政府養護工程處養護工程隊 隊長

許家成* / 台灣世曦工程顧問股份有限公司地理空間資訊部 副理

隨著物質生活水準逐步提高，民眾對道路服務品質的期待已由傳統「行的功能」擴展至「安全」、「舒適」與「美觀」等多元面向。道路服務水準的提升亦成為近年縣市首長施政與競選時的重要政績指標，使得道路養護主管機關承擔更為沉重的管理責任。在有限資源下如何有效提升道路服務品質，遂成為當前亟需解決的關鍵課題。為因應此需求，建立科學化與系統化的道路分級評估與養護決策模式已成為必然趨勢。透過整合日常巡查作業所蒐集之即時資訊，並以數據分析方法調整現行道路養護管理機制及策略，可更有效率地配置養護資源，維持道路體系的正常運作，同時提升用路人之整體滿意度。

桃園市政府養護工程處近年導入先進地理空間資訊技術，全面改版並建置「桃園市道路養護資訊管理平台」，作為新世代道路管理核心系統。該平台結合 AI 影像辨識技術，即時偵測道路破損類型，並同步回傳破損位置、嚴重度及時間戳記至資料庫，提供管理人員掌握道路狀況與決定修補工程優先順序之依據。此作法有效克服傳統人工巡查需耗費大量人力與時間之限制，使道路管理由被動反應轉向主動部署。此外，平台亦整合巡查車之即時位置與作業資訊，使管理單位能即時掌握全市巡查動態，並支援人力調度與派工規劃。透過資訊化、智慧化的整合應用，不僅提升道路養護效率與服務品質，也強化城市競爭力與永續發展基礎，展現桃園市邁向世界一流道路養護管理標竿之決心。

工程簡介

近年來，隨著民眾生活水準提升，道路服務品質的需求已不再僅限於基本通行功能，而進一步強調安全性、舒適性與景觀美觀等多元價值。道路養護水準亦成為各地方政府施政績效的重要指標。然而，桃園市政府在道路養護資訊管理之專責人力相較其他六都明顯不足，專業人力配置面臨資源匱乏的挑戰，使得在有限人力下維持高品質之道路養護作業難度日益增加。在現行作業模式中，道路巡查主要仰賴人工目視

方式進行，但巡查過程易受車速、交通流量及環境可視度等因素影響，導致破損資訊遭忽略而產生遺漏。此外，依契約規定，廠商應於 2 ~ 5 日內完成轄區道路巡查，然而主管機關欠缺系統化工具以掌握廠商巡查是否依約執行，目前僅能依每 4 小時之回報資料進行管理，造成巡查品質與巡查覆蓋率難以有效監督。在上述限制下，智慧化技術的導入成為改善道路養護管理效率的關鍵。透過地理資訊技術、AI 影像辨識、即時定位與大數據分析等智慧巡查設備，主管機關得以即時掌握巡查車輛位置、行駛軌跡與巡查進度，並每週檢視巡查率是否符合契

* 通訊作者，terryshiu@ceci.com.tw

約需求。此舉不僅提升巡查透明度，也強化道路破損判釋的準確性，使管理單位能以科學化方式執行監督與決策。綜上所述，在人力有限的情況下，透過智慧化平台整合巡查資訊、提升道路破損偵測精度、強化契約查核機制，已成為桃園市道路養護管理提升效率與品質的必然方向。

數位創新成果

本研究團隊依據實務需求與現況問題，提出五項關鍵解決策略，分別為數據分析 (Stat)、地圖展示 (Map)、智能辨識 (AI)、即時資訊 (Real-Time) 以及巡查設備 (Thing)，如圖 1 所示。此五項核心工作之設計與整合，對整體計畫之推動與成效具有關鍵影響。透過多元資料的整合應用、智慧感知技術的導入與即時資訊回饋機制的建構，能使主管單位有效提升巡查效率與養護決策品質，進而實現「智慧巡查」之整體目標。以下章節將針對上述五項關鍵策略逐一進行說明，並闡述其如何共同支撐智慧化道路巡查系統之建構與應用。



圖 1 本計畫數位創新五大面向

數據分析

在道路養護管理中，運用大數據以調整既有管理機制，並依據分析結果選擇合適之養護策略，已成為維持道路正常運作與提升用路人滿意度的關鍵手段。於有限經費與人力條件下，如何以科學化方法提升養護效率，是各道路管理單位追求之核心目標。本系統以巡查車所回傳之高頻資料為基礎（每 5 秒或每 20 公尺產生一筆資料），透過大數據分析技術協助養護工程處評估各家契約廠商之巡查品質是否符合規範。系統會將巡查軌跡與週期性應巡查道路路段進行比對，據以計算各廠商每週的巡查覆蓋率與巡修達成率，如圖 2 所示。藉由此分析結果，主管機關得以具體檢視不同廠商巡查品質之差異，並進一步探討巡查率偏低或巡查不完整之原因，作為後續契約管理、績效考核與改善策略之重要依據。

依據養工處轄管道路之檢測資料，本系統可產製多項歷年統計與視覺化分析報表，包括 IRI (International Roughness Index) 累計分布圖、IRI 里程散佈圖，以及其他與道路養護決策相關之統計成果，如圖 3 所示。此類報表功能有助於主管單位掌握鋪面長期變化趨勢、識別劣化熱區，並作為年度維護、計畫編列與資源配置的重要依據。

此外，系統亦針對路面破壞情形與道路路面指標 (Pavement Condition Index, PCI) 提供即時分析功能。透過持續累積與更新的巡查影像資料，系統可自動辨識並統計出每週 PCI 最差路段，以及每月 PCI 變化幅度最大的路段，如圖 4 所示。此種即時化的路況監測機制，有助於主管單位迅速掌握路面劣化情形，並及時派遣人員執行修補作業，進而提升道路服務水準與使用安全性。



圖 2 智慧路巡每週進度檢視範例圖



圖 3 道路路段分析統計範例圖



圖 4 智慧路巡統計資訊檢視範例圖

地圖展示 (Map)

本系統以地圖為核心介面，將地圖視覺化展示、屬性查詢與管理資訊系統功能整合於單一頁面。使用者可在同一介面中同時進行空間查詢、檢視表單式屬性資料，並透過地圖與資料表之雙向互動提升操作效率。使用者需專注於地圖瀏覽，可隨時隱藏頁籤及工具列，以獲得最大化之地圖視野與最佳化使用體驗，如圖 5 至圖 7 所示。

智能辨識 (AI)

本系統導入鋪面破壞影像辨識技術，採用最佳灰階門檻值（熵法）進行影像分割，以計算各灰階值之機率分布，並輸出分析結果，用以達成裂縫、坑洞與完整鋪面區域之最佳區隔效果。為提升辨識精度，本系統針對原始影像可能存在之雜訊與模糊現象，採用濾波（Filter）、腐蝕（Erode）與擴散（Dilate）等影像前處理程序，以強化特徵邊界並減少誤判。在完成影像分割後，系統進一步進行鋪面破壞影像之分類與標籤化處理，統計各破壞標籤的數量及其空間分布。分類結果依據常見鋪面破壞型態，區分為五大類別：縱

向與橫向裂縫（Cracking）、坑洞（Pothole）、人手孔、補錠（Patch），以及鱷魚狀裂縫（Alligator Cracking），如圖 8 與圖 9 所示。此分類資訊將作為後續鋪面狀況評估與養護策略制定之重要依據。

鋪面破壞辨識軟體以深度學習技術為核心。深度學習為機器學習的重要分支，其透過多層人工神經網路架構進行表徵學習（representation learning），能從大量資料中自動萃取多層次特徵，並有效提升影像辨識之準確度與穩定性。在本系統中，輸入之路面影像資料可採多種形式表現，包括以像素強度值構成之特徵向量，或透過邊緣、紋理與形狀等高階特徵之表徵方式進行模型訓練與推論。完成影像辨識後，系統進一步將辨識結果量化，並依據鋪面破壞量化公式計算各項評估指標，包括 X_Profile 與 Y_Profile 剖面平均值、破壞面積、破壞長度、破壞總寬度及破壞等級等量化參數。此量化機制確保破壞鑑定結果具備一致性與客觀性，並可直接應用於鋪面狀況評估、養護需求判定及維修優先順序之決策制定，提升道路養護之科學化與系統化程度。

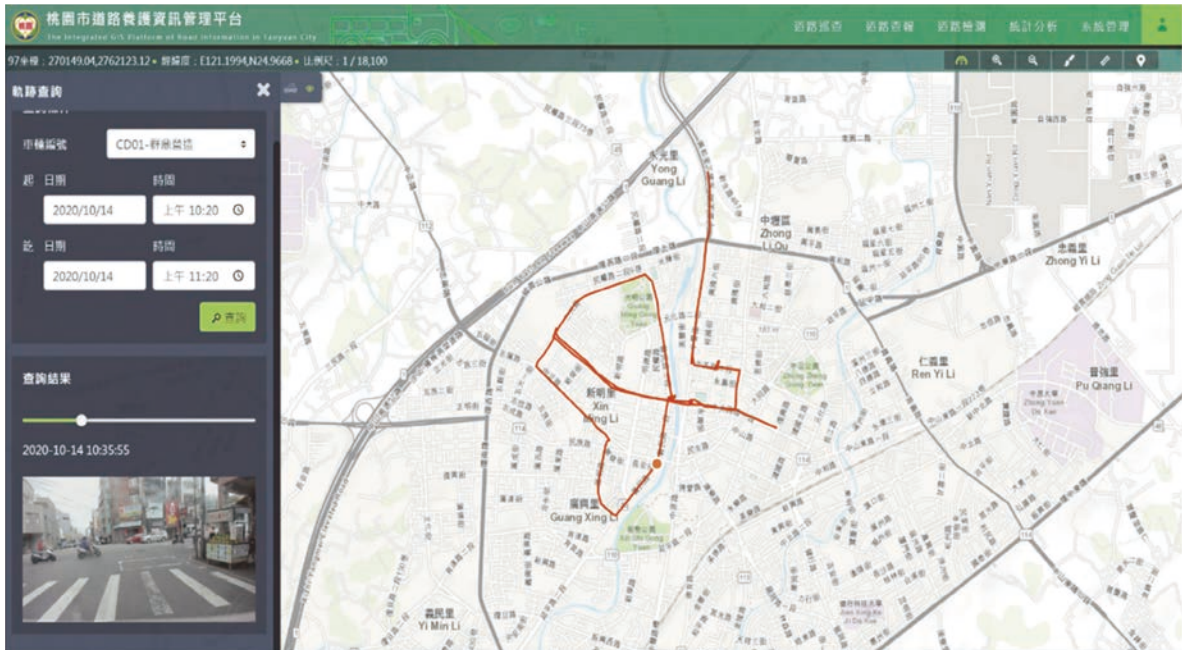


圖 5 以地圖為核心的版面設計圖

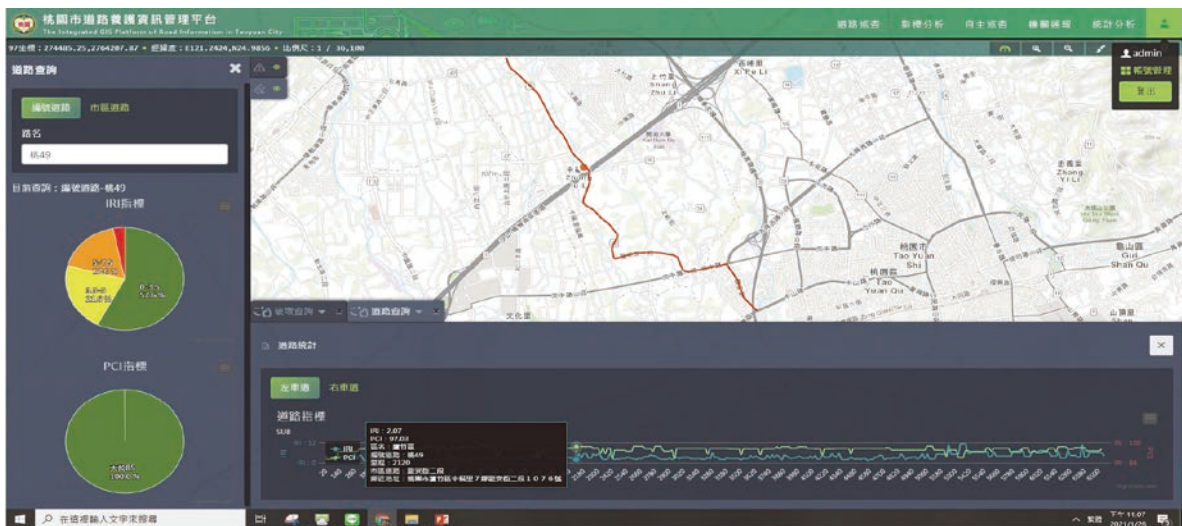


圖 6 路段 IRI 及 PCI 指標與地圖互動範例圖



圖 7 路段區塊 IRI 及 PCI 指標檢視範例圖

即時資訊 (Real-Time)

本系統結合 AIoT 與 GIS 技術，將 IoT 設備部署於巡查車上，透過即時資料收集與 AI 影像辨識，將資訊整合至後端資料庫，並於 GIS 平台中進行彙整與視覺化展示。平台可顯示巡查車的即時位置（如圖 10），並可開啟檢視最新回傳之相片資訊，亦提供時間範圍查詢功能，以查看巡查車於特定期間的行經軌跡。此

外，巡查車上傳的相片經人工智能辨識後，系統會自動記錄每一處路面破壞的位置、類型與影像資料，並寫入資料庫，使用者可於平台上檢視破壞點位置與對應照片（如圖 11），形成完整的路況監測與管理流程。

巡查設備 (Thing)

109 年起，養工處率先將巡查車用於道路破壞巡查，不僅大量降低耗費巡查人員的人力資源，巡查設

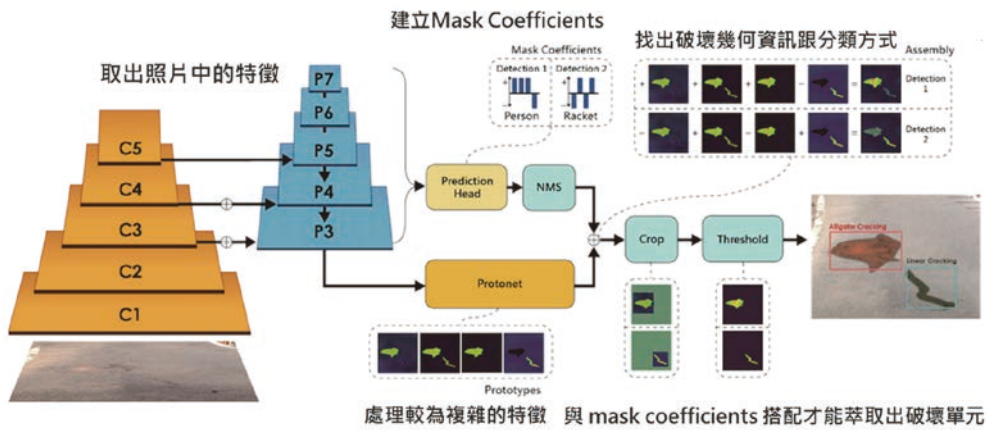


圖 8 自動化路面影像即時辨識流程圖



圖 9 自動化路面影像辨識類別圖

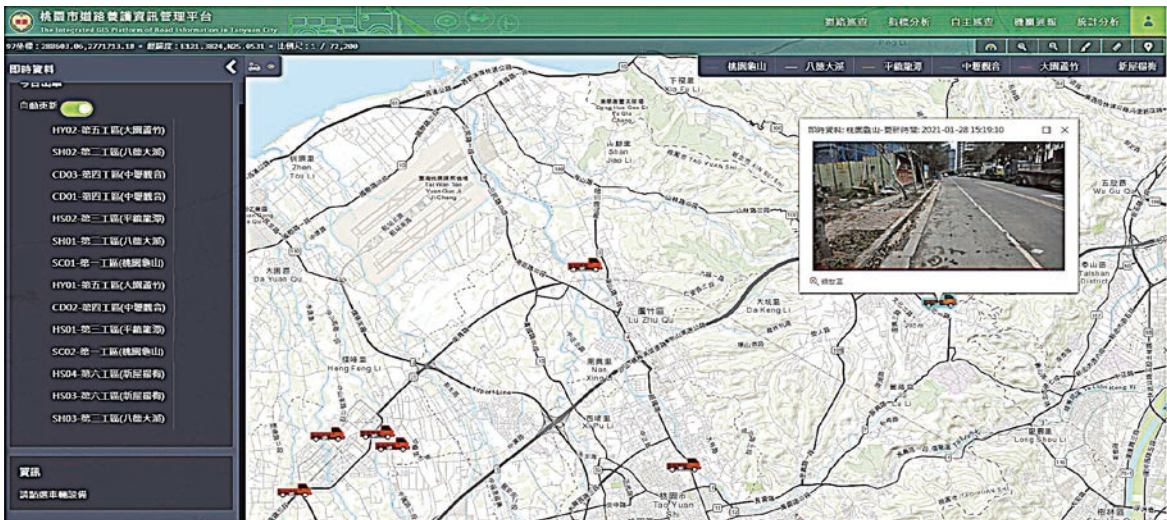


圖 10 顯示最新位置照片範例圖



圖 11 顯示最新位置照片範例圖

備（如圖 12）也會自動將資料傳進資料庫，後端可進行檢測數據計算，例如 PCI、IRI 等等。並透過自動化擷取破壞資料的方式將大幅降低人為因素影響檢測與破壞之成果，將達到養護路段準確確立之績效。

智能道路巡查除了需要道路工程養護專業判斷外，更整合 IT 與通訊相關的技術，其主要目的為整合 GPS 軌跡、破壞情形，透過 4G 的通訊整合配合 IoT 技



圖 13 系統跨專業領域整合應用圖

術即時回傳到後端伺服器中進行辨識，以自動化檢測之方式主要可快速蒐集道路影像資訊，檢測資料結合 GPS 座標以輔助提升辨識平台建檔之效率，在系統主要功能為路面視影像蒐集，後續為鋪面影像判讀及鋪面現況指標計算，並將所有鋪面破壞狀況紀錄於資料庫中，以提供養護輔助。

結語

本案計畫成果具備跨領域整合特性（如圖 13），結合 MIS、GIS 地圖應用、AI 路面缺失自動辨識、IoT 感測設備及鋪面指標化養護管理等多項技術，建構出一套完整且高度自動化的道路養護決策支援平臺。系統以 MIS 提供資料管理與流程控管，以 GIS 作為地理空間展示與查詢核心，並透過 AI 技術自動辨識各類路面破損之類型與範圍。同時，藉由 IoT 設備即時蒐集現地數據，結合鋪面性能指標（PCI）進行狀況評估與優先順序排序，使平臺得以提供精準養護建議與最佳化資源配置，全面提升日常道路巡查與維護作業效率。



圖 12 智能道路巡查