



災害監測 新思維 — AIoT 解決方案

方耀民／逢甲大學地理資訊系統研究中心 處長、準線智慧科技股份有限公司 總經理

蔡明璋／逢甲大學地理資訊系統研究中心 資深副處長

簡甫任／逢甲大學地理資訊系統研究中心 副處長

災害監測在過去都需要投入大量的建置與人力成本，是為了解決災害期間的電力與通訊中斷和異質資訊整合的問題。隨著物聯網（Internet of Things, IoT）技術漸趨成熟，系統與資料必須透過標準和共同協定，整合在同一個平台進行無縫介接，完備資料同步化與存取功能，才能協同運作與同步處理災害問題，也正是台灣複合式災害的特性。利用 Web 或 Apps，即可隨時隨地掌握監測資訊，除了本身資料之外，更介接了相關公開資料與其他允許公開資料，可更便利地整合所有數據，應用在所需之監測領域上，使資源配置更加完善。以人工智慧（Artificial Intelligence, AI）機器學習的方式進行影像辨識分析，並建立影像判釋演算法之運算流程，可提升災害監測的成效。所謂「工欲善其事，必先利其器」，感測器再結合 AIoT 技術，串聯出最佳監測網絡應用，將防災成果達到最高效益，守護珍貴的環境與生命資產。

緣起

全球氣候變遷及極端氣候影響，加上台灣自然環境脆弱，所造成之環境災害日趨頻繁，風災、豪雨、山崩、土石流和淹水等，造成的生命財產安全損失居高不下，近年更有災難級的豪雨警報，增加防災預警的困難性，也讓防範淹水成了都市防災的首要課題。防災監測在過去都需要投入大量的建置與人力成本，是為了解決災害期間的電力與通訊中斷和異質資訊整合的問題。自 2010 年開始，物聯網（Internet of Things 以下簡稱 IoT）各環節技術漸趨成熟，在物聯網時代，設施多樣、廠商不一、採用資料傳輸協定多元多樣並存、開放架構存在專屬協定等因素影響，系統與資料必須整合在同一個雲端平台進行無縫介接，完備資料同步化與存取功能，才能協同運作與同步處理，正是台灣複合式災害的特性。

新的藍牙通訊技術最大的優點是設備體積小、短距離、低功耗，一般智慧型手機都有此功能，目前所稱得 Beacon 設備即是使用藍牙 4.0（BLE, Bluetooth

Low Energy）或稱為低功耗藍牙。藍牙傳輸不受視距的影響，但對於複雜的空間環境，藍牙系統的穩定性稍差。而 iBeacons 是基於藍牙 4.0 中 BLE 這個特性發展而來的，是由蘋果公司主導且大力推廣的應用，只要產品經過蘋果公司發布的標準進行資料傳遞且經過認證後即可稱之為 iBeacons 產品，未來能讓使用者得知目前位置以及了解周遭資訊，當裝置接收到使用者靠近的訊號時，當下可立即推播相關資料，提升防災監測訊息發布的工作。

而低功耗感應器可做為環境監測的前端佈設使用，可依據監測的特殊性需求籌組開發相關感測器類別設備及功能，並可依照監測對象的特性調整資料截取類別及發送頻率。因此可以透過廣佈低功耗感測器方式取得初步結構是否有明顯變異的資訊，在不耗費龐大經費的情況下可先確認其變化情形及是否需要精密儀器進行量測，對於後續投入測量及修復的能量有所依據，對於許多礙於經費而缺乏監測的工作，可藉

由此方式做為初步的資料蒐集，在有限的經費下取得廣布監測的效益。透過 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) 的通訊協定，再搭配影像串流開發出多領域通用之雲端平台，以利應用於各項產業，未來將透過此一雲端平台能透過 AI 機器學習和深度學習找出預測或可再利用價值。本文介紹不同應用 AIoT 技術在不同的場域驗證。

工區安全示警智慧化

本文特別針對施工人員安全及健康等方面，協助規劃設計及建置阿姆坪隧道工程 IoT 物聯網監控系統，整體監控系統架構 (圖 1) 從車輛進出工區之門禁管制，進入隧道前出勤人員進行簽到及酒測血壓量測，進入隧道後人員定位追蹤，且提供隧道內全區 Wi-Fi 環境，將觀測數據回傳並整合於石門水庫阿姆坪防淤隧道監控系統平台^[1]。

以下就協助建置之車牌影像辨識門禁管制、施工前人員簽到及生理監測、人員定位追蹤及全區 Wi-Fi 環境等安全監控系統分別進行介紹。



圖 1 阿姆坪隧道 IoT 物聯網監控環境架構

車牌影像辨識門禁管制

工區車輛出入以攝影機進行車牌影像辨識，可事先設定車牌白名單，進行出入工區車輛之身份識別，透過系統自動化管理有利於後端人員查詢及統計車次及材料進出場數量，能更快速且方便地管理及填寫施工日誌，如圖 2 和圖 3 所示。

施工前人員簽到及生理監測

為維護工程施工安全，隧道進水口及出水口處皆設置酒測打卡簽到機 (圖 4) 及血壓量測機 (圖 5)，於施工人員出勤前，透過臉部或指紋識別打卡簽到之



圖 2 車輛進出門禁管制



圖 3 車牌辨識系統設定

同時需進行酒精濃度及血壓脈搏量測，若酒精濃度不符合標準則不得進入工區執行任務，並自動將量測數據回傳至後端平台，每月協助產製報表提供職安主管預警，同時針對異常之人員進行關懷與健康追蹤，以確實掌握施工人員身體狀態，降低發生意外事故風險。

人員定位追蹤及全區 Wi-Fi 環境

為建立隧道內無死角人員位置追蹤，首先需將隧道內全區建立 Wi-Fi 環境，每 500 公尺架設 1 組「Mesh Wi-Fi 雙向 AP」，每 20 公尺處安裝 1 組「BLE Wi-Fi 開道器」(圖 6)，每個人進入隧道前需配戴「微型定位感測器」，微型定位感測器每 2 秒會傳送一次訊號給 BLE Wi-Fi 開道器，透過 Mesh Wi-Fi 雙向 AP 回傳至後端系統，再由系統定位演算出人員位置，並即時將人員位置顯示於隧道監控系統平台。而微型定位感測器裝置則安裝於個人安全帽內，後端人員可事先於電腦批次登入個人基本資料，並同時連動指紋打卡簽到機，參訪來賓可直接掃描微型定位感測器之 QR Code (圖 7)，迅速且方便地建立個人基本資料。此外，即使人員在隧道內行動裝置無 3G/4G 訊號，緊急狀況時仍可透過 Wi-Fi 訊號對外通訊聯繫，主管亦可透過隧道監控系統 (圖 8) 即時查看隧道內人員健康及位置等狀況。



圖 4 酒測結合打卡簽到機



圖 5 血壓量測機



圖 6 BLE Wi-Fi 開道器安裝



圖 7 透過 QR Code 建立基本資料



(a) 電腦版

(b) 手機版

圖 8 電腦版和手機版監控系統

智慧水情資訊系統

受到全球氣候變遷影響，極端降雨事件越發頻繁，為了因應嚴峻水情之挑戰，地方政府皆積極進行各項治理工程，然而工程手段有其限制，許多都會區發展多已定型，實務上難以將所有下水道防洪標準提升至 25 年甚至 50 年以上重現期，因此，除了持續規劃進行分洪、滯洪管理之水利治理工程外，如何透過掌握水情訊息、進行水情預報作業，盡早提供民眾正確的防災應變訊息，在災前即有系統地逐步引導民眾自主避災、減災實為當務之急。

因應豪大雨、颱風來臨時必須有效掌握各地的水情與土石流等災情之課題，各縣市開始建置符合地方政府層級災害應變決策的防災應變中心以及水情防災應變系統，從災害發生前之預防、災害發生時之應變及災害發生後之復原的災害循環的生命週期角度進行水情防災應變系統的開發與整合。水情防災應變系統主要包含防災整備子系統、災害應變子系統與主管資訊展示平台三大階段之資訊，整合現有各防災單位之相關資源，包含中央氣象局、國家災害防救科技中心、水利署、消防局、水土保持局、公路總局等單位，以服務導向架構（Service-Oriented Architecture, SOA）相關技術進行資料共享與介接，讓災害應變時的相關資訊能夠即時傳遞與共享，提供災情彙整研判、救災派遣、資源調度等作業，而針對決策支援方面，透過警戒儀表板展示與兵棋圖台方式，可提供早期預警與主管決策資訊，作為各項防救災整備作業與防災應變決策的資訊管理整合平台。

水情資訊系統除了整合各防災單位災情資訊雲端服務外，同時與地方政府共同建置區排河川水位偵測站、

雨量站、路面淹水監測站、下水道水位與流量監測站等水情監測服務，透過廣布監測設備的方式有效掌握地方即時水情資訊，而為了讓防汛人員以最有效率的方式執行應變輪值作業，對各式監測站設定警示門檻值，當達警示門檻值時透過資通科技的自動通知預警功能，主動即時通知防災人員與民眾，並可依據不同的水情警示通知，馬上進行應有的整備作為，例如是否有沙包堆置需求、抽水機預布、水門啟閉、封路封橋、疏散撤離等，建構多層次、全方位的水情監測網絡^[2]。

除了地方政府內部的水情防災應變決策平台外，並以親民、高閱讀性、易理解性的視覺化方式建立民眾版與行動版系統，由地方政府向下垂直提供所有民眾最即時的防災訊息，民眾可自行訂閱接收推播資訊，包括氣象局會發佈大雨預報、河川警戒、淹水警戒、水位站警戒與土石流紅黃警戒等，供民眾及早預防，提前準備，讓防災訊息精準、即時傳送到民眾手中，此外，一旦發生淹水、路面積水、土石崩落等災情時，無論第一線防災人員或是一般民眾，皆可透過行動 APP 的淹水通報功能進行最快速、最即時的災情通報，透過適地性服務（Location Based Service, LBS）技術，主動將附近災害訊息反饋推播給所在位置 500 公尺範圍內的民眾，透過群眾的力量將防災效益發揮極致。

AI 影像判釋

本文介紹道路淹水辨識模組中所使用的影像訓練與辨識方法，該項模組採用物件辨識模型來判斷道路是否淹水。目前已蒐集路口影像，訓練模型用以辨識車輛輪胎與車輛行駛積水路面時激起的水花如圖 9、路面標記線與積水時標記線的水波紋變化，判斷是否有淹水事件發生^[3]。

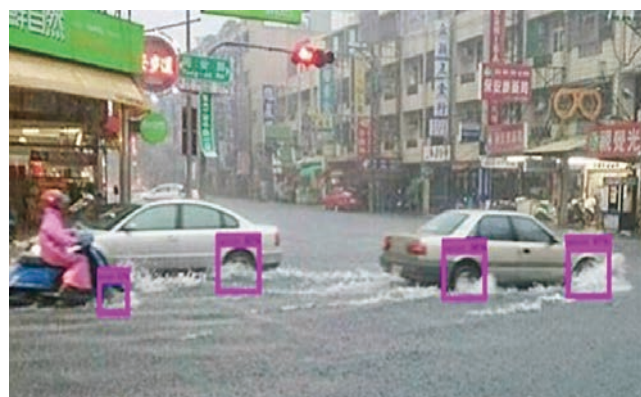


圖 9 輪胎水花

影像收集

現行本文提供之攝影機於淹水事件之影像數量有限，圖 10 為計畫所提供的攝影機影像，然而足夠的樣本影像為模型訓練重要因素之一，因此除現有影像外，額外使用桃園市路口淹水影像如圖 11，作為模型訓練之影像來源。

資料標記

應用 AI 實作影像物體偵測需要大量已知的資料集進行訓練，資料集需含有影像照片上標示物件所在位置及名稱，此作業流程稱為資料標記，為 AI 監督式學習中最重要且最花人力的步驟，由人員對每張影像進

行標記並使用在模型訓練。本項目應用 LabelImg 軟體標記影像中物體的位置、大小及名稱，如圖 12，標記的物體為輪胎、標記線、斑馬線、水花以及水波紋。

模型訓練

本項目以 python 語言進行開發，並以 TensorFlow 為開發架構，採用 Faster-RCNN 演算法進行物件辨識。訓練的樣本為依據前述原則已標記影像約 15,000 張，訓練過程如圖 13 所示，整體訓練時間約花費 28 小時，圖 14 為模型訓練期間損失函數趨勢圖，透過每次模型參數更新，損失函數逐漸減，待收斂後停止模型參數更新。



圖 10 攝影機影像 — 參考文獻提供

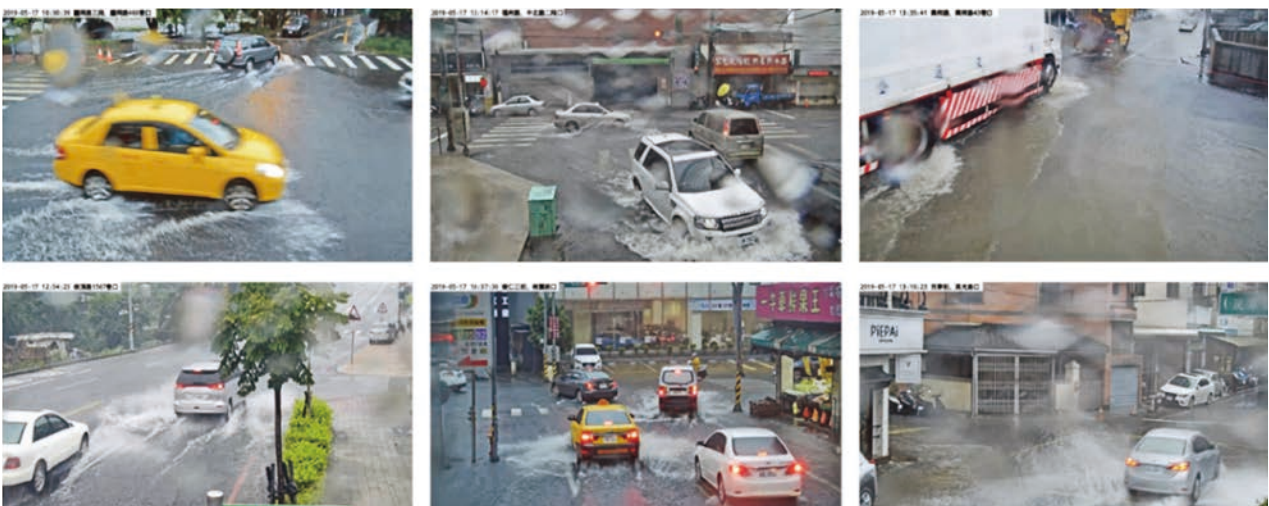


圖 11 攝影機影像 — 桃園市路口

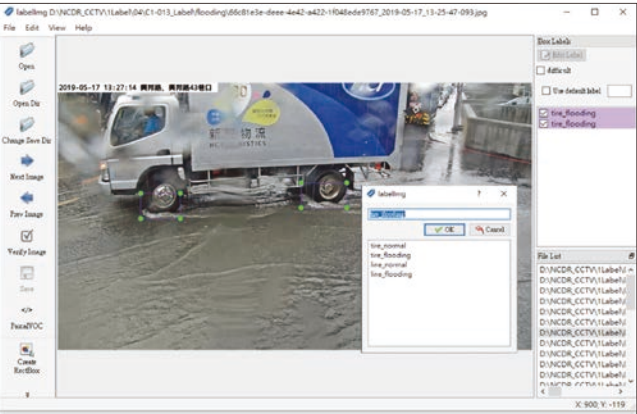


圖 12 資料標記 — Labelling

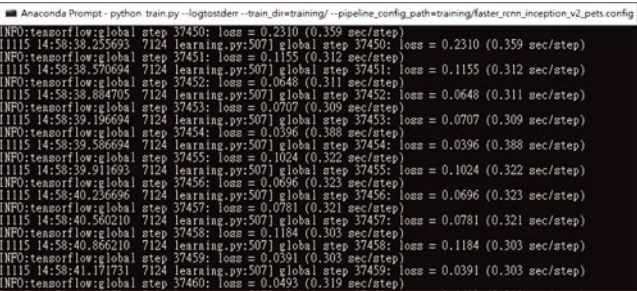


圖 13 模型訓練

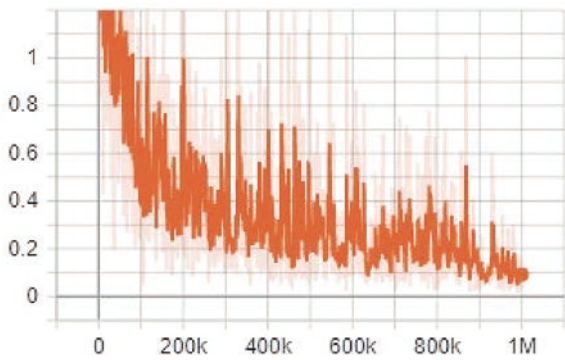


圖 13 損失函數趨勢圖

模型測試

在本文提供的攝影機影像測試方面，受到影像品質的限制（解析度、明暗度、拍攝範圍大、目標物偏小），使得影像中目標物特徵不明顯，進而增加物體偵測辨識的難度。表 1 以第三群設置於宜蘭 108 年 10 月 31 日降雨影像為例，該影像解析度為 352 × 240，從原始影像可以看出車輛行進時激起的水花，但由於解析度有限，在輪胎的特徵上並不顯著。應用初期所訓練

表 1 宜蘭大雨影像（108/10/31）

	第一張（10:08:33）	第二張（14:42:23）
原始影像		
初始模型		
目前模型		

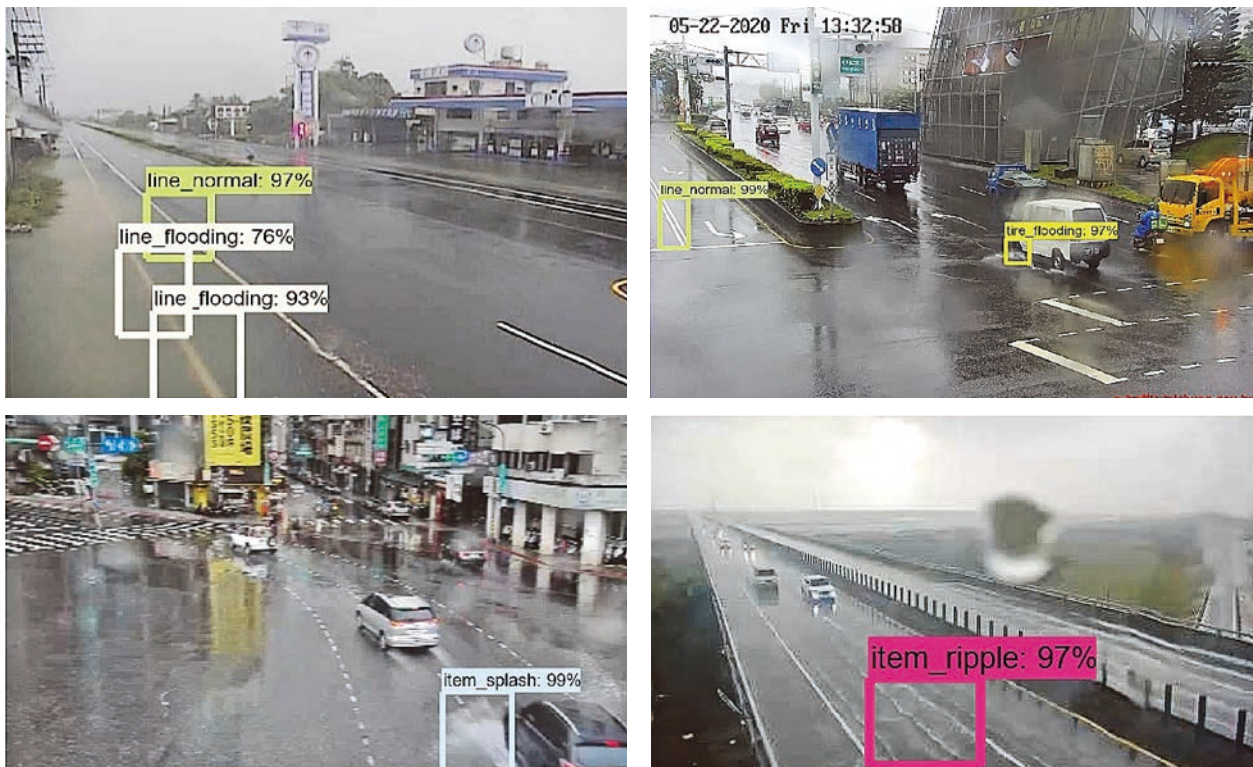


圖 15 實際辨識出之路面淹水結果

的版本為測試結果，第一張影像無偵測出特徵，第二張影像則偵測出有淹水及沒淹水兩種標籤。經團隊討論後，目前影像上輪胎特徵不顯著，但水花或水波紋等特徵可以有效被模型辨識，因此在目前版本已加入水花與水波紋標記重新進行模型訓練，訓練結果第一張及第二張影像皆有辨識出淹水及水花的特徵。

由於本文提供的攝影機隸屬不同單位管理，在解析度、影像角度、拍攝範圍或拍攝標的皆無法做設定，要確實從影像上辨識出是否淹水有其限度，為改善該現象，目前模型所使用的 15,000 張訓練樣本也涵蓋了從 320×240 至 $1,920 \times 1,080$ 的解析度影像，盡可能模擬各種會出現的解析度影像。系統上線後，實際淹水影像之辨識結果如圖 15 所示。

結論

最後透過符合國際標準的監測整合平台，可以利用 Web 或 Apps，即可隨時隨地掌握監測資訊，除了本身資料之外，更介接了相關公開資料與其他允許公開資料，可更便利地整合所有數據，應用在所需之監測領域上，使資源配置更加完善，不論是山區、河川、

道路、橋梁或是下水道等，皆是應用範疇。所謂「工欲善其事，必先利其器」，一個好的感測器再結合物聯網和 AI 影像辨識技術，串聯出最佳監測網絡，將防災成果達到最高效益，守護珍貴的環境與生命資產。

參考文獻

1. 經濟部水利署北區水資源局，阿姆坪防淤隧道計畫全球資訊網，網址：<https://amp.wranb.gov.tw/>
2. 桃園市政府水務局，109 年度桃園市水情防災資訊系統擴充及維護計畫，(2020)。
3. 國家災害防救科技中心，CCTV 影像異常即時辨識與警示模組開發，(2020)。

歡迎加入學會



www.ciche.org.tw

下載入會申請書



中國土木工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

e-mail: service@ciche.org.tw

電話：(02) 2392-6325

傳真：(02) 2396-4260