

智慧化預警技術於跨尺度防災氣象之應用研發

Application of Artificial Intelligent Warning Technologies on Multi-Scale Meteorological Disasters

國家災害防救科技中心 氣象組

Meteorology Division , National Science and Technology Center for Disaster Reduction

摘要

本研究嘗試從中尺度即時預警、綜觀展期預警，乃至極端氣候的雙週預報及季節預報等不同時空尺度的氣象數據，分別研發多種智慧化預警技術，以因應不同尺度的災害。研發課題包含高衝擊閃洪暴雨偵測、高致災天氣模式後處理技術開發、極端氣候以及能見度預警技術的發展。相關研發成果將於文中說明。

關鍵字：閃洪、資料後處理、能見度、人工智慧

ABSTRACT

This study attempts to develop various intelligent warning technologies to cope with disasters at different spatial and temporal scales, including medium-scale real-time warning, comprehensive medium-term warning, and bi-weekly and seasonal forecasting of extreme weather. Research topics include high-impact flash flood detection, post-processing techniques for highly hazardous weather patterns, development of extreme climate and visibility warning technologies. The relevant research findings will be elaborated in the article.

Key Words: flash flood, post-processing techniques, visibility, Artificial Intelligent

一、前言

智慧化泛指透過建置軟體與硬體來了解與分析周遭環境的變化，進而替代人類尋求最佳解決實際問題的運算系統(Muller 1996、Russell and Norvig 2014)。智慧化防災預警技術的研發必須結合大數據資料庫、人工智慧(Artificial Intelligence，簡稱 AI)以及相關的防災領域知識等三大面向才可滿足應用需求。隨著高階演算法的不斷推陳出新，利用機器學習演算

法處理器項防災問題已然是近年來 AI 於氣象應用的主流。所使用的演算法包含了類神經網路(Artificial Neural Network, 簡稱 ANN)、支持向量機(Support Vector Machine, 簡稱 SVM)、決策樹、基因演算法、模糊邏輯與主成分分析(Haupt et al., 2009)。此外, 卷積神經網路(Convolutional Neural Network, 簡稱 CNN)與自動編碼器(AutoEncoder, 簡稱 AE)等深度學習演算法, 也因具有高效的特徵擷取能力而逐漸受到青睞(McGovern et al., 2019)。應用範圍擴及災害性天氣的預警, 如颶風、強風、冰雹、極端降雨、雷達回波、龍捲風……等。

本研究即利用災防氣象大數據, 結合 AI 與傳統分析方法, 針對各種時-空尺度的災害性天氣進行落實應用技術研發。研發重點有(1)高衝擊閃洪暴雨智慧化氣象預警技術進化研究、(2) 高致災天氣多模式預警技術智慧化、(3)極端氣候預警研究與(4)離島能見度 AI 預警技術發展。

二、 專案研究方法

本專案所研究的智慧化策略與 AI 演算法在防災課題的發展上扮演著關鍵的角色。首先, AI 能夠處理大量的氣象數據, 提取關鍵特徵進行分析, 協助判識潛在的災害風險。另外藉由智慧化的資訊系統設計, 則可強化預警時效, 優化防災情資, 並提出有效防災策略, 在支援災害應變決策來說, 具有高度潛力。

三、 專案亮點成果

1. 高衝擊閃洪暴雨智慧化氣象預警技術進化研究

在中央氣象署於 2023 年完成七股、墾丁、花蓮等氣象雷達雙偏極化功能更新後, 目前台灣雙偏極化防災氣象雷達網已日趨完整, 計有氣象署、民航局、空軍以及氣象防災雷達等共 11 座雷達所組成。本專案利用現行的雙偏極化雷達網與過去研究雙偏極化估計降雨流

程(如圖 1)，進行估計雷達降雨系統的更新。

新估計雷達降雨系統還針對不同降雨情況採用混合方法進行調整。每 10 分鐘執行一次降雨估計程序，並在 2 分鐘內產製 R(Z_H)、R(K_DP)及 R(Z_H 與 K_DP 混合)等三種降雨率的估計結果，以迅速更新全臺多種方法的降雨資訊，從而強化對豪大雨的監測能力。這些成果已即時展示於天氣與氣候監測網「短延時強降雨」專區。更多成果請參閱以下網址：

https://watch.ncdr.nat.gov.tw/watch_page_nowcast

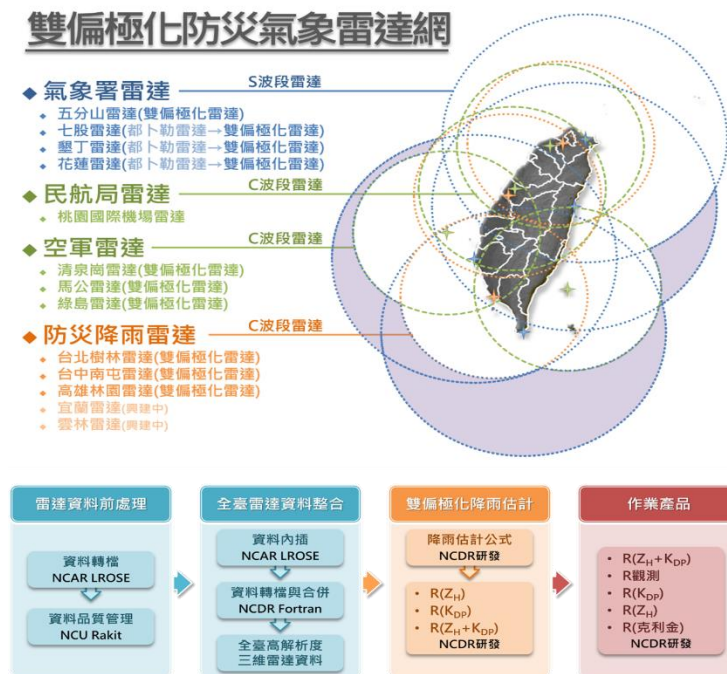


圖 1：雙偏極化防災氣象雷達網及降雨估計的自動化流程

2. 高致災天氣多模式預警技術智慧化落實與應用

本研究採用機器學習的支持向量回歸方法(Support Vector Regression, 簡稱 SVR)來開發單一模式預報資料的最佳化修正方法。SVR 的方法需要透過資料的訓練完成系統的建模，包括選擇核函數(kernel function)、調整參數以及最優化求解等步驟。目前我們使用系集的單一成員進行測試，訓練資料來自 2018 年至 2022 年的模式預報

溫度，進行氣象署測站點的系統建模，並將回歸模型應用於 2023 年溫度預報資料的修正(詳見圖 2)。圖中顯示，利用 SVR 回歸可修正原本模式低估所有測站溫度的現象，修正後的機率密度分布曲線(粉色線)與觀測結果(黑色線)較為一致，顯示 SVR 應用於預報溫度的修正效果良好。

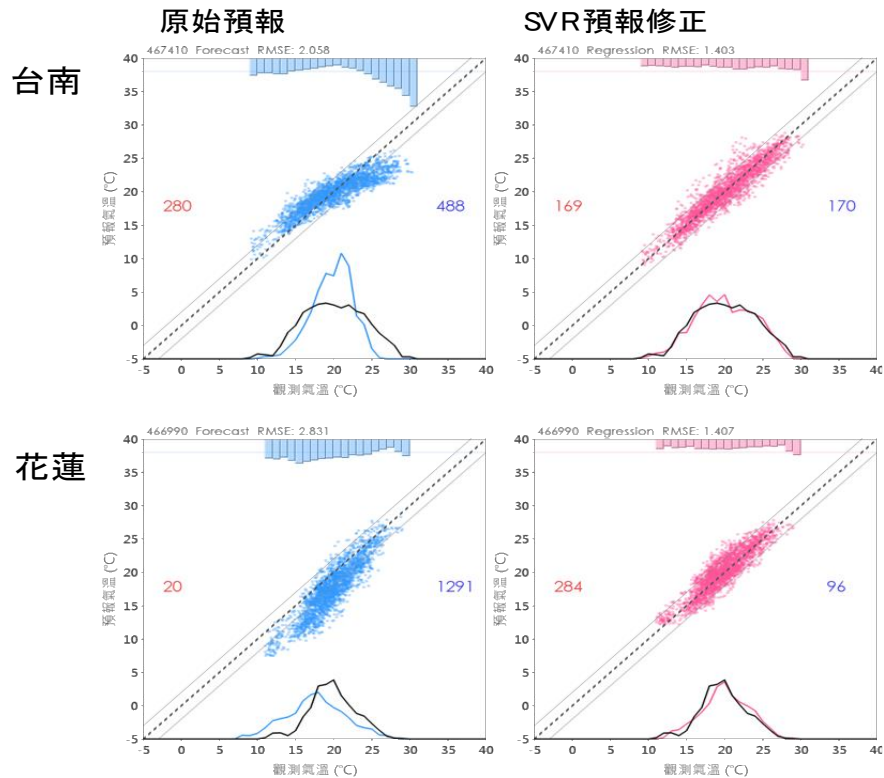


圖 2：台南與花蓮測站溫度預報與 SVR 修正結果

3. 極端氣候預警研究

本研究融合觀測資料與人工智慧演算法，針對季節曆進行判識，如圖 3 所示。利用 17 項關鍵氣象變數，使用卷積神經網路自動編碼器(CNN-AutoEncoder)演算法對過去 44 年的歷史觀測進行特徵提取訓練，再將此訓練完成的模組應用於 44 年的氣候平均狀態特徵擷取。最後，透過相似度比對技術，確定當下的候平均環流位於氣候季節曆中的哪個時間點，以判識氣候狀態。

目前季節曆判識模組與流程已初步建立，以 2023 年為例，從模組的診斷結果可知，台灣的梅雨季和長江梅雨季的開始和結束日期與氣候值接近，相差不超過 1 候(5 天)。但西北太平洋的颱風季開始(40 候)和結束(54 候)日期，則是分別提前了 1 候和延後 3 候，顯示當年颱風季持續時間較長且較為活躍，情況吻合。

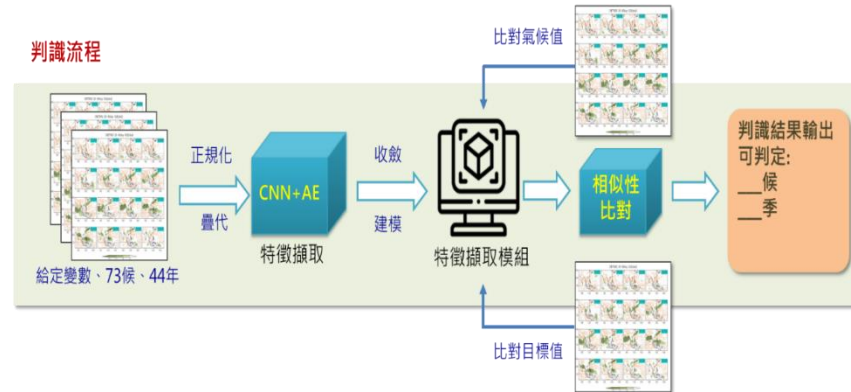


圖 3：季節曆判識模組架構與作業流程

4. 離島能見度 AI 預警技術發展

為了提高離島能見度推估結果的準確性，本研究利用多元支援向量機(One-against-Rest, 簡稱 OVR)演算法，結合氣象模式預警因子，建構離島能見度 AI 分析模組。此模組在三個離島機場的預警資訊均有明顯的改善，均方根誤差改善率在北竿、南竿與金門機場分別為 78%、72%以及 72%。相關研發成果已呈現於天氣與氣候監測網，每日即時提供最新離島地區的機場能見度預警資訊(如圖 4)。更多成果請參閱以下網址：

https://watch.ncdr.nat.gov.tw/watch_page_islandvis

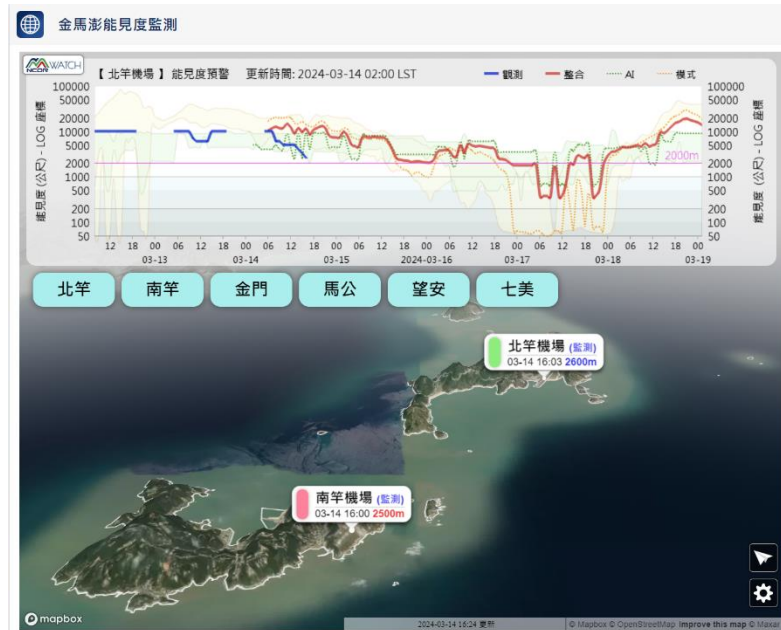


圖 4：離島機場能見度監測及智慧化預警技術落實

四、 結論與建議 / 未來執行與規劃

氣象大數據結合 AI 演算法的智慧化解決方案，為傳統的氣象防災技術研發提供了一個新的選擇。本研究嘗試研發了多種智慧化預警技術，包含高衝擊閃洪暴雨偵測、高致災天氣模式後處理技術開發、極端氣候以及能見度預警技術等課題。從研究的結果顯示，以 AI 為基底所開發的氣象應用技術，在面對多重時空尺度的氣象防災複雜議題時，有其正面效益。未來若考慮擴大其應用層面，異質性數據資料庫的建構是首要工作，其次則是各式 AI 演算法的引進。在此二者緊密連結下，朝智慧化防災的目標逐步前進。

五、 參考文獻

Haupt, S. E., A. Pasini, and C. Marzban, Eds., 2009: Artificial Intelligence Methods in the Environmental Sciences. *Springer*, 424 pp.

McGovern, A., R. Lagerquist, D. J. Gagne, G. E. Jergensen, K. L. Elmore, C. R. Homeyer, and T. Smith, 2019: Making the black box more transparent: Understanding the physical implications of machine learning. *Bull. Amer.*

Meteor. Soc., **100**, 2175–2199.

Müller, J., 1996: The Agent Architecture InteRRaP. In: Müller, J.P. (ed.) *The Design of Intelligent Agents*. LNCS, 1177, pp. 45–123.

Russell, S., Norvig, P., 2014: *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd edition). Pearson Education.