

應用深度學習於颱風強度與中心氣壓估測之研究： 模型發展歷程、模型泛化驗證、在地化調整及自動化作業

廖宣諭¹、蔡宗育¹、陳柏孚²、林憫惠³、周鑑本³、劉豫臻³、蔡政達¹、趙俊傑¹

資拓宏宇國際股份有限公司¹、國立臺灣大學氣候天氣災害研究中心²
中央氣象署科技發展組³

摘要

颱風強度與位置的準確估測為災害預警與應變的重要基礎。過去全球氣象單位廣泛採用德氏法 (Dvorak Technique, DT; Dvorak 1975, 1984) 與其進階版本 ADT (Advanced Dvorak Technique, Olander and Velden 2007) 進行颱風強度估測，雖具實務效能，惟 ADT 在面對風暴結構不典型 (如雲層遮蔽、眼牆模糊) 時仍易誤判中心位置，導致強度推估偏差；此外，對於極強颱風存在強度飽和現象，難以反映真實增強情形。近年來，隨著深度學習技術的進展，卷積神經網路 (CNN) 已廣泛應用於影像特徵提取，並展現出自動化與高準確性之潛力。

本研究提出一套基於深度學習的颱風強度估測架構，整合多頻道紅外線衛星雲圖影像，以分類模型區分颱風等級 (熱帶性低壓至強烈颱風)，並針對不同強度分別建立回歸模型估算最大風速與中心氣壓。相較於傳統 ADTv9，本研究模型在強烈颱風最大風速估算上有較佳的結果 (RMSE 由 $6.8\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 降至 $4.98\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)，優於既有方法；中心氣壓推估誤差 (RMSE 為 10.49hPa)，與 ADTv9 (RMSE 為 10 - 14hPa) 相比，雖然未低於最低值，但仍屬較低誤差。

本研究同時引入「編碼-解碼 (encoder-decoder) 架構」與「注意力機制」提升特徵學習能力，成功提升颱風中心自動定位之準確性，並整合 NNI 工具進行超參數優化，使強度估測誤差進一步降低。為提升模型泛化能力與自動化程度，本研究亦持續加入新年度資料進行模型再訓練，並針對國內防救災應用需求進行在地化調整。

本研究成果證實深度學習方法可有效輔助乃至取代傳統颱風強度估測技術，提供更具客觀性與精確度的判斷依據，對於強化防災預警系統具有重要貢獻。

關鍵字：深度學習，卷積神經網路，氣象衛星遙測，中心定位，強度判定，在地化