

結合 NWP 代理訓練與真實觀測微調之都卜勒雷達速度反折錯初步研究

林冠成¹ (Lin K.-C.) 張景陽¹ (Zhang J.-Y.) 張保亮¹ (Chang P.-L.) 陳俊諺¹ (Chen C.-Y.)

¹國立中興大學 ²中央氣象署科技發展組

¹National Chung Hsing University

²Technology Development Division, Central Weather Administration

摘 要

都卜勒氣象雷達之徑向速度受奈奎斯特速度 (Nyquist velocity) 限制，當真實風速超過可觀測範圍時，觀測速度會產生速度折錯 (velocity aliasing)，使速度場出現不連續、方向反轉與局部跳變，進而影響後續風場分析、強天氣判識與資料同化品質。台灣雷達觀測環境受地形遮蔽、非全方位掃描、低奈奎斯特速度與強對流系統影響，速度場常呈現破碎與高度不連續特徵，使傳統基於空間連續性假設之反折錯方法面臨挑戰。

本研究初步探討結合數值天氣預報 (Numerical Weather Prediction, NWP) 資料與真實觀測微調之深度學習反折錯方法。模型先以 NWP 合成雷達速度資料進行代理訓練，使其學習基本折錯型態與速度場修正關係；再以真實雷達觀測資料進行微調，以縮小模擬資料與真實觀測之間的領域差距 (domain gap)。模型設計上結合折錯類別之軟分類 (soft classification) 損失與空間物理約束 (spatial physical constraint)，前者用以提升模型對不同折錯嚴重度與模糊邊界的辨識能力，後者則用以抑制修正後速度場中相鄰像素間不合理之局部跳變，使輸出結果更符合徑向速度場之空間連續性。

本階段以 200 個真實觀測個案進行初步評估。結果顯示，所提方法可將徑向速度均方根誤差 (Root Mean Square Error, RMSE) 由原始觀測場之 10.07 m/s 降至 3.19 m/s，並維持約 88% 之反折錯成功率。相較於未經在地化調整之深度學習基準模型，所提方法亦呈現較低之誤修傾向與較佳之速度場連續性。整體而言，初步結果支持以 NWP 代理訓練結合真實觀測微調作為台灣都卜勒雷達速度反折錯方法之可行性；後續將進一步擴充跨事件測試、物理一致性分析與外部基準比較，以建立更完整之雷達速度品質控制框架。

關鍵字：都卜勒雷達、速度反折錯、NWP 代理訓練、遷移學習、物理一致性、深度學習