

未來一週風場與太陽短波輻射預報評比- DCA與DMOS預報技術之評比

陳奕翰¹ 鄭育昆¹ 馮智勇¹ 張惠玲²
多采科技有限公司¹ 中央氣象局科技中心²

摘要

本研究嘗試採用動態模式輸出統計法(Dynamic Model Output Statistics, DMOS)與誤差衰退平均法(Decaying Average, DCA)兩種統計後處理技術進行模式校正並進行評比。模式資料使用中央氣象局 GFS 全球數值模式，風場分析場使用中央氣象局 WRF 區域數值模式，而太陽短波輻射分析場則採用向日葵 8 號衛星太陽日射量反演資料。使用 2018 年 9 月 20 日至 2018 年 11 月 13 日的資料測試 DMOS 建模訓練期及預報因子個數以及 DCA 最佳權重係數，以訓練期 45 天、東西向百米風選 3 個預報因子、南北向百米風選 1 個因子及太陽短波輻射選 1 個因子為 DMOS 模型建置策略，而東西向風、南北向風與太陽短波輻射的 DCA 最佳權重則分別為 0.06、0.06 與 0.12。

利用 2018 年 12 月 1 日至 2019 年 2 月 28 日間之資料評比 DMOS 與 DCA 校正成效，範圍涵蓋台灣本島及鄰近海域(117.8~123.52°E、21.48~26.72°N)，以平均絕對誤差、方均根誤差等統計值作為比較依據，結果顯示，DMOS 校正之太陽短波輻射能明顯的改善 GFS 模式之系統性偏差；風場校正結果顯示 DMOS 於 168 時校正會優於 DCA，其餘預報時間兩者相近。

關鍵字: 綠能、統計後處理、偏差校正

Keyword: green energy, statistical post-processing, bias correction

一、前言

天氣變化影響綠能發電穩定性甚鉅，需倚賴氣象數值模式提供未來1~7日變化趨勢以利降低風險。然而，考量風場與太陽短波輻射數值預報與觀測存有預報偏差，必須予以移除後方能提高實用性。

本研究嘗試採用動態模式輸出統計法(Dynamic Model Output Statistics, DMOS)與誤差衰退平均法(Decaying Average, DCA)兩種統計後處理技術進行數值預報模式校正並進行評比。首先於使用資料與研究方法中簡述本研究使用之數值模式預報場與分析場，以及DMOS與DCA之方法與統計校驗方法，本文第三段探討DMOS最佳建模策略，並與DCA統計方法一起校驗評比，最後則為研究總結與討論。

二、使用資料與研究方法

百米風場以及太陽短波輻射數值預報模式資料使用來自中央氣象局(Central Weather Bureau, CWB)全球數值預報系統(Global Forecast System, GFS)，此預報系統每日提供4次預報，預報的初始時間分別為

00、06、12及18 UTC，每6小時一筆，預報時間長度共384小時每6小時一筆。

另百米風分析場取自CWB WRF模式資料，取四個報次的預報時間000為百米風場真實場資料；太陽短波輻射觀測資料來自向日葵8號衛星的太陽日射量反演資料，取08、14、20、02 時(LST)資料作為真實場資料。

下面將逐一簡介DMOS、DCA與統計校驗方法：

(一) 動態模式輸出統計法 (Dynamic Model Output Statistics):

原理是利用訓練期的數值模式輸出之三維大氣要素與觀測歷史資料，透過如前進選擇法(forward selection)的篩選程序得到具解釋能力的預報因子並建立複迴歸模型(multivariate regression)，再將數值模式最新模擬輸出的要素代入複迴歸模型得到新的預報值。

由於訓練期資料是動態選用近期N組資料，因此複迴歸模型建模周期與數值模式模擬相同，具有反應模式特性可能隨時間變化而異的潛力，亦大幅減

少統計迴歸時的資料處理量，提升實務上的預報度與適用性。

(二) 誤差衰退平均法(Decaying average)

1. 原理：將數值模式近期模擬的平均誤差視為模式系統性偏差，藉由簡化形式卡門濾波(Kalman Filter)動態估計後予以移除。
2. 作法：

(1) 誤差估計：

以下式估計 t 時刻格點 i,j 的 τ 時間預報場誤差值 $b_{i,j}^{\tau}(t)$ 。其中， $f_{i,j}^{\tau}(t)$ 為 t 時刻格點 i,j 的 τ 時間預報場預報值，而 $a_{i,j}(t)$ 為 t 時刻格點 i,j 的分析值/真實值。

$$b_{i,j}^{\tau}(t) = f_{i,j}^{\tau}(t) - a_{i,j}(t) \quad (1)$$

(2) 更新系統性偏差：

以下式與 $t-1$ 時刻校正結果更新系統性偏差 $B_{i,j}^{\tau}(t)$ 。其中權重係數 w 代表該更新值考量幾次近期計算的偏差資訊。若以每日00Z模擬為例，權重係數0.02代表掌握最近100-150次(權重係數倒數的2-3倍)模式模擬與分析場的系統偏差。

$$B_{i,j}^{\tau}(t) = (1-w) \cdot B_{i,j}^{\tau}(t-1) + w \cdot b_{i,j}^{\tau}(t) \quad (2)$$

(3) 以系統性偏差校正預報值：

將 t 時刻格點 i,j 的 τ 時間預報場預報值減去更新後的系統性偏差值 $B_{i,j}^{\tau}(t)$ ，得到 t 時刻格點 i,j 的 τ 時間預報場校正值 $F_{i,j}^{\tau}(t)$ ，即：

$$F_{i,j}^{\tau}(t) = f_{i,j}^{\tau}(t) - B_{i,j}^{\tau}(t) \quad (3)$$

(三) 定量校驗方法：

採均方根誤差(Root Mean Square Error)、平均絕對誤差(Mean Absolute Error)、相關係數(Correlation Coefficient)分析模式逐格點預報經DMOS與DCA校正後的預報誤差。

1. 均方根差(Root Mean Square Error):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{day=1}^{Nday} (F-A)^2}{Nday}}$$

2. 平均絕對誤差(Mean Absolute Error):

$$MAE = \frac{\sum_{day=1}^{Nday} |(F-A)|}{Nday}$$

3. 相關係數 (Correlation Coefficient)

三、結果分析

本小節將分為兩部份做討論，一為DMOS建模策略分析；二為DMOS與DCA校正評比。

(一) DMOS建模策略分析：

為找出較佳的DMOS預報策略，訓練期長短以及被挑選幾個因子會有不同結果，所以在建模訓練期(建模時間段的過去幾日資料列入建模)及預報因子個數的組合做了下面幾種評估測試，訓練期20、30、45及60天分別搭配1、2、3、5及10個因子。由圖1(a)(b)可知，訓練期20天與30天有較高的RMSE，而45天或60天的RMSE則沒有差很多，因此本計畫最終使用45天較少筆資料作為訓練期。

而在預報因子個數方面，曾嘗試將導出量場加入預報因子清單被挑選，但整體預報結果不盡理想，容易有異常值出現，所以本計畫中預報因子清單就不加入導出量場，先採用基本場作為候選因子。東西向百米風與太陽短波輻射，被挑選到2個或3個RMSE值差異不大，表現也較佳；5個居次，而最差的是挑選1個或10個，在有些格點上的調整判定係數值(Adjusted_R²)的確變得很差，使得整體預報結果不盡理想，這時RMSE就變得較大，因此，本研究最終使用3個預報因子以及45天訓練做為建模策略。南北向百米風則是挑選1個因子表現最好，但是1至3個的因子RMSE差距不大在0.1~0.2左右，而5個因子及以上RMSE則是較差。

(二) DMOS與DCA校正評比：

本小節將會使用DMOS與DCA校正前後結果，以統計定量方法來比較DMOS與DCA之校正效果差異，兩種方法之優劣勢各為何。

DMOS東西向百米風及太陽短波輻射使用建模策略訓練期45天3個預報因子及南北向百米風是訓練期45天1個預報因子，而DCA，東西向百米風及南北向百米風之最佳權重為0.06，太陽短波輻射最佳權重為0.12，系統性偏差皆從0開始累積，兩個統計預報模型網格點皆輸出為X方向25個，Y方向22個，總網格點數550個，起始經度為117.78°，經向網格解析度為0.234375°，起始緯度為21.665579°，緯向網格解析度為高斯不等間距網格點。

此次分析使用2018年9月20日至11月13日之預報時間f024與f168來做DMOS與DCA之定量統計分析比較，並分為東西向風、南北向風、太陽短波輻射三個部分討論。

1. 東西向百米風分量：

圖3為DMOS與DCA之東西向百米風分量校正前後之MAE、RMSE、的差值，MAE與RMSE之差值越藍代表校正效果越佳，在預報時間f024時，DMOS校正後之MAE、RMSE皆比DCA來的好；到預報時間f168時，如圖4可以看到DMOS於陸地上與西南邊海上校正效果皆比DCA好，但與f024時的校正效果相比，DMOS隨著預報時間拉長校正效果會有衰退的跡象。

2. 南北向百米風分量:

圖5為DMOS與DCA之南北向百米風分量校正前後之MAE、RMSE的差值，可以看到在f024時臺灣東面之MAE與RMSE在校正後反而是升高的情況，陸地上與西南海則依然有良好的校正效果；而f168時，如圖6，校正效果與f024時差異不大，與DCA相比效果也是較佳。

3. 太陽短波輻射:

圖7為預報時間f024時，DMOS與DCA之太陽短波輻射校正前後之MAE、RMSE的差值，可以看到不論是DMOS或是DCA之MAE與RMSE差值顯示兩種預報模型效果差異不大；圖8為預報時間f168時，結果與f024時一樣。

另外，本研究亦使用2018年12月1日至2019年2月28日之預報時間f024與f168來做DMOS與DCA之長期校驗分析，並分為風速及太陽短波輻射來討論。

1. 風速:

圖9為DMOS與DCA之風速校正後MAE、RMSE的差值，MAE與RMSE之差值越藍代表DMOS校正效果越佳，反之則為DCA效果較佳，在預報時間f024時，可以看到DMOS於陸地上之校正效果較DCA好，海面上之校正效果略輸DCA；到預報時間f168時，DMOS於臺灣西部海域以及陸地校正效果優於DCA。

2. 太陽短波輻射:

圖10為DMOS與DCA之太陽短波輻射校正後MAE、RMSE的差值，可以看到不論在f024、f168時DMOS之校正效果皆優於DCA。

四、總結與討論

本研究DMOS校正東西向百米風與太陽短波輻射採用訓練期45天3個預報因子，南北向百米風採用訓練期45天1個預報因子為模型建置策略，分析DMOS與DCA校正結果可知DMOS於風場校正效果普遍優於DCA，其原因在於DMOS為複線性迴歸方程式，除了可以往分析場做修正外，亦具有改變原始預報場趨勢的能力，而DCA即是簡單平移，校正能力較不如DMOS，本研究會持續觀察在季節交替時，DMOS與DCA之優劣，並改進統計後處理方法，達到最佳校正預報效果。

從短波輻射校正結果顯示DMOS之校正效果皆優於DCA。

五、參考文獻

1. Cui, B., Z. Toth, Y. Zhu, and D. Hou, 2012: Bias correction for global ensemble forecast. *Wea. Forecasting*, 27, 396-410.

2. Mao Q., R. T. McNider, S.F. Mueller, H. H. Juang, 1999: An optimal model output calibration algorithm suitable for objective temperature forecasting. *Wea. Forecasting.*, 14, 190-202.
3. Neilley, P., W. Myers and G. Young, 2001: Dynamic Ensemble MOS. *Proceedings of the 20th AMS Conf. On Prob and Statistics.*
4. 高裕哲, 馮智勇, 詹智雄, 沈里音 2016: 應用 Decaying Average發展測站即時溫度觀測檢核技術,105年天氣分析與預報研討會。

六、附圖

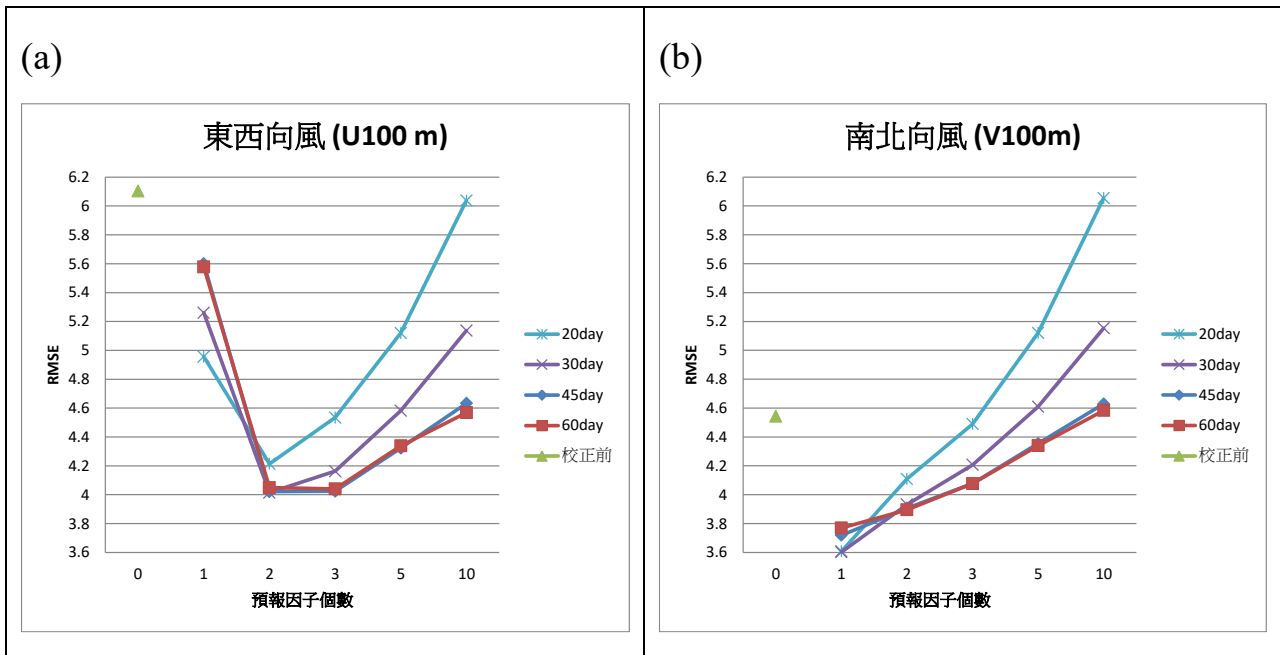


圖 1 (a)東西向 100 公尺風及(b)南北向 100 公尺風，米字形淡藍線 20 天、叉字形紫線 30 天、菱形藍線 45 天及方形紅線 60 天為校正後與三角形綠點為校正前，橫軸為預報因子個數，縱軸為預報至 1~7 日所有網格點平均 RMSE，是為空間平均。

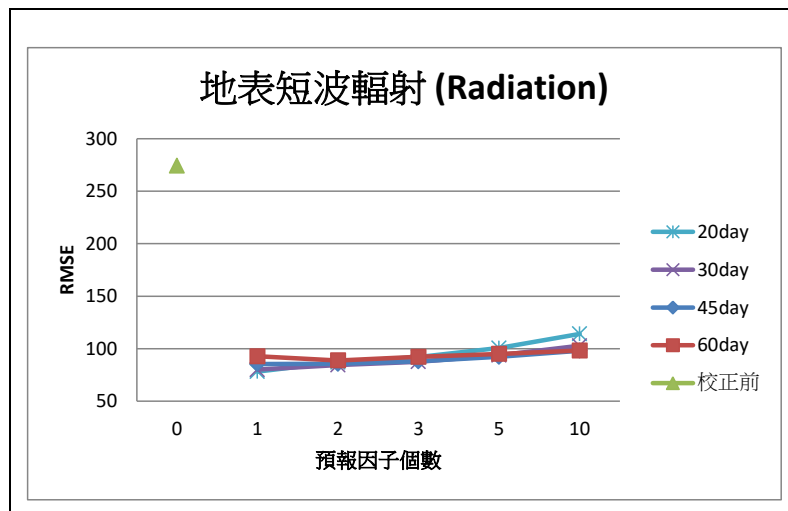


圖 2 太陽短波輻射，米字形淡藍線 20 天、叉字形紫線 30 天、菱形藍線 45 天及方形紅線 60 天為校正後與三角形綠點為校正前，橫軸為預報因子個數，縱軸為預報至 1~7 日所有網格點平均 RMSE，是為空間平均。

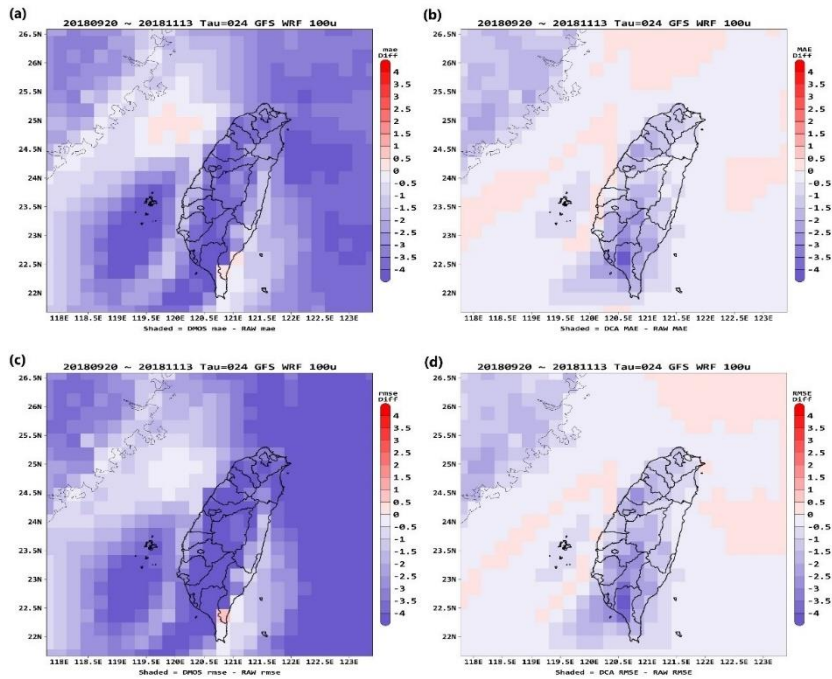


圖 3 東西向百米風 f_{024} 時，DMOS 校正後減校正前的差值(a)MAE、(c)RMSE、；DCA 校正後減校正前的差值(b)MAE、(d)RMSE

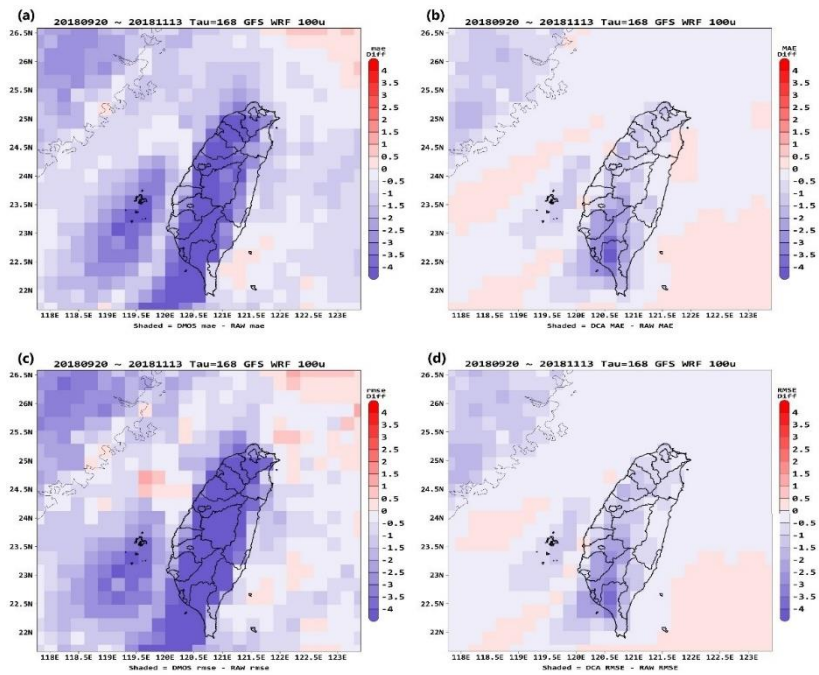


圖 4 東西向百米風 f_{168} 時，DMOS 校正後減校正前的差值(a)MAE、(c)RMSE、；DCA 校正後減校正前的差值(b)MAE、(d)RMSE

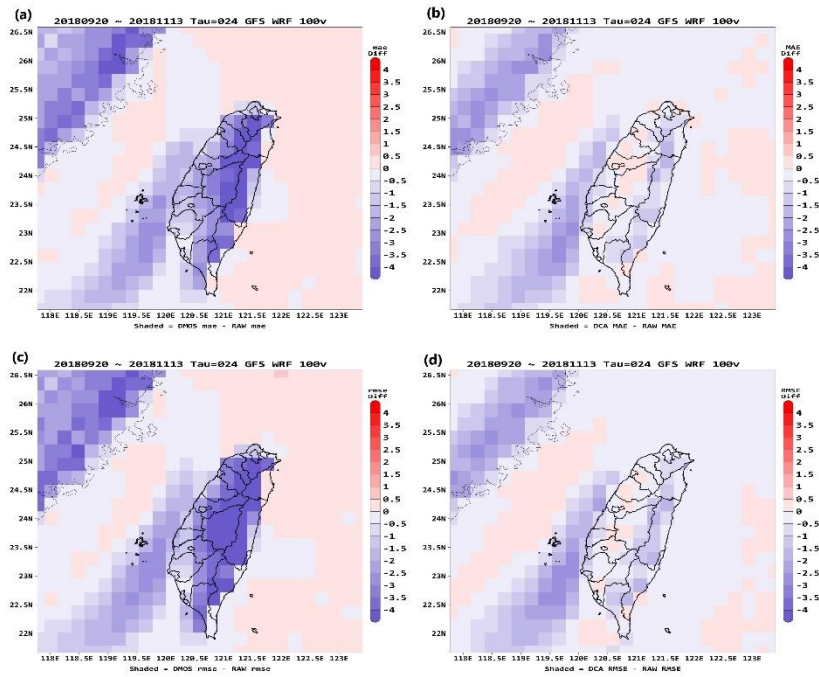


圖 5 南北向百米風 f_{024} 時，DMOS 校正後減校正前的差值(a)MAE、(c)RMSE、；DCA 校正後減校正前的差值(b)MAE、(d)RMSE

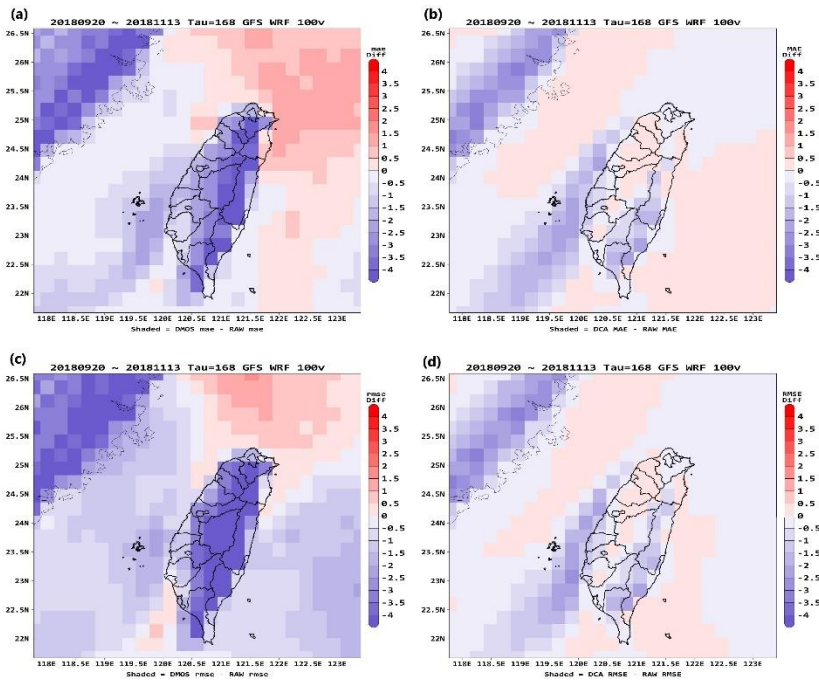


圖 6 南北向百米風 f_{168} 時，DMOS 校正後減校正前的差值(a)MAE、(c)RMSE、；DCA 校正後減校正前的差值(b)MAE、(d)RMSE

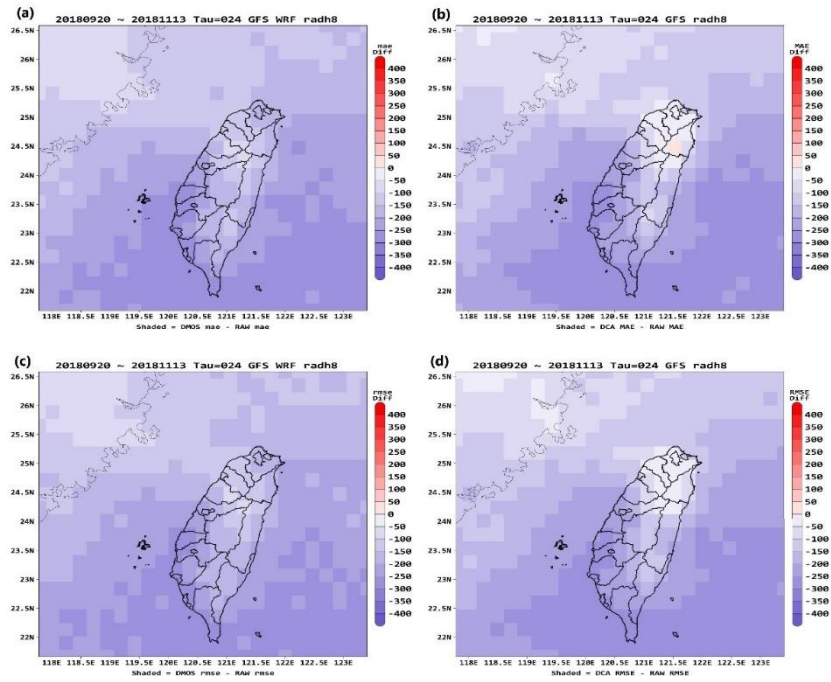


圖 7 太陽短波輻射 f_{024} 時，DMOS 校正後減校正前的差值(a)MAE、(c)RMSE；DCA 校正後減校正前的差值(b)MAE、(d)RMSE

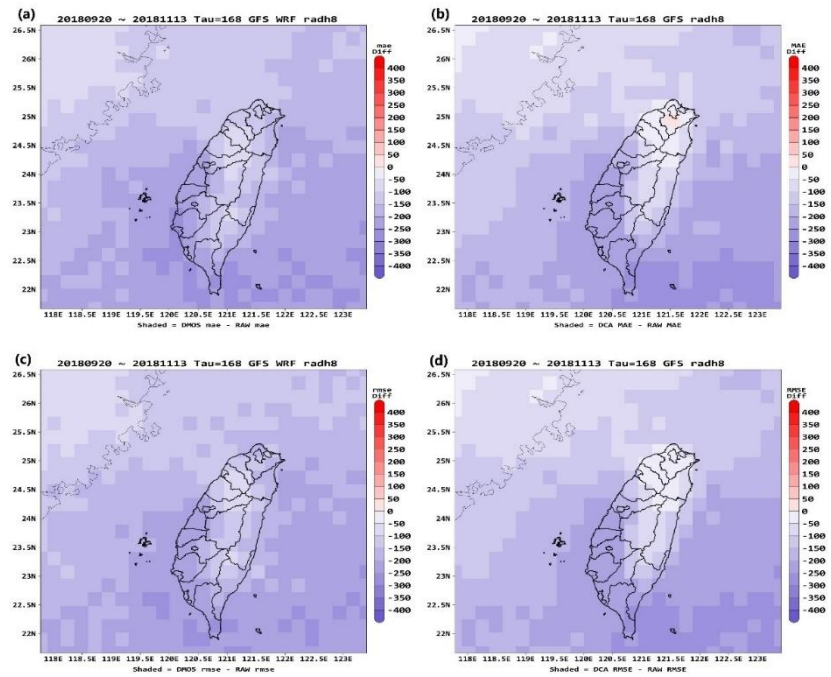


圖 8 太陽短波輻射 f_{168} 時，DMOS 校正後減校正前的差值(a)MAE、(c)RMSE；DCA 校正後減校正前的差值(b)MAE、(d)RMSE

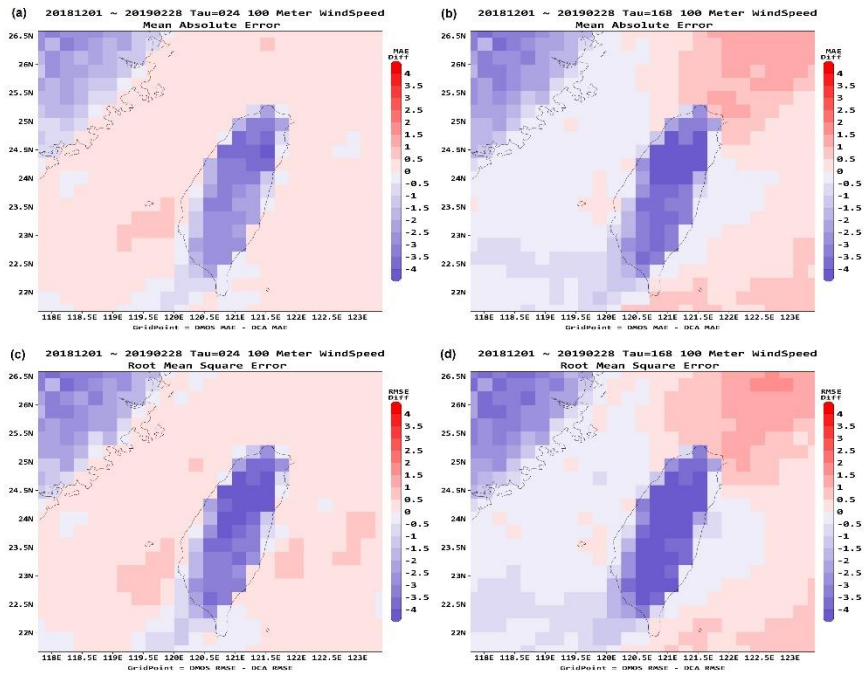


圖 9 近地面 100 公尺風速，DMOS 減 DCA 之差值；(a)TAU=024，MAE；(b) TAU=168，MAE；
(c) TAU=024，RMSE；(d) TAU=168，RMSE。

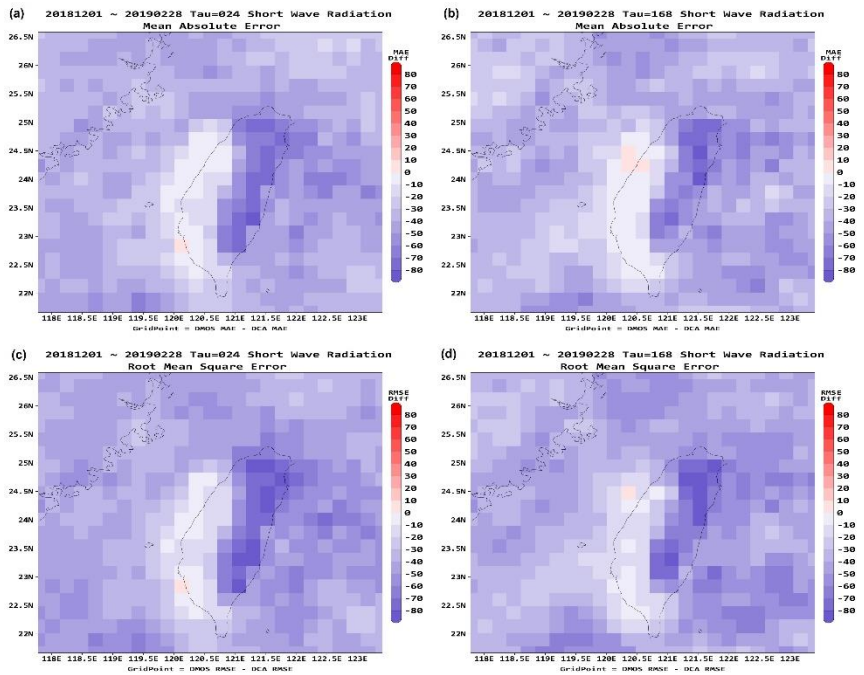


圖 10 太陽短波輻射，DMOS 減 DCA 之差值；(a)TAU=024，MAE；(b) TAU=168，MAE；(c)
TAU=024，RMSE；(d) TAU=168，RMSE。