

國際都市溫度預報技術與天氣預報指引

陳昱璵¹ 馮智勇¹ 賈愛玫² 許乃寧²
多采科技有限公司¹ 中央氣象局預報中心²

摘要

本研究以Decaying Average對模式輸出之地表上兩公尺溫度場移除系統性偏差，並測試應用於國際都市溫度預報的表現。實作策略上分為兩種，第一種是以逐6小時輸出的NCEP數值預報模式資料進行國際都市每日高、低溫預報，必須先挑出模式預報中代表高、低溫的預報時間，以及各都市高、低溫發生時間與其鄰近格點。第二種是以逐時輸出的CWB-GFS數值預報模式的溫度預報，逐小時進行一對一校正；若觀測僅有逐3或逐6小時資料可供使用，則可透過cubic spline內插方式得到逐時溫度估計值，並從中取得當日高低溫預報值。兩種策略的溫度修正預報值配合雲量與降水量的預報值，即可依照分類表得到天氣現象預報指引衍生產品。本研究將介紹Decaying Average用於國際都市預報的策略流程，以及在各區域的預報表現情形。

關鍵字：Decaying Average，國際都市溫度

一、前言

Decaying Average是一個類似以時間移動平均概念並根據時間遠近給予不同權重去掌握系統性偏差的方法，此方法由Cui等人於2012年所提出[Cui 等人, 2012]，此方法在儲存空間上只需要存入前一個時間點的系統性偏差估計值再配上最近一次的預報誤差值便可以更新為本次預報所要使用的系統性偏差估計值。陳與洪[2015]研究指出此方法用於台灣GFE網絡點上的WRF預報能有效改善模式對台灣地區的系統性偏差。

本研究接續前一年度應用Decaying Average發展國際都市高低溫預報之成果[陳等人, 2016]，在使用Decaying Average方法移除模式地表兩公尺預報之系統性偏差基礎上，調整對應測站高低溫的模式高低溫時間選擇策略以及對應測站的格點選擇策略，配合模式所輸出之雲量與降水量產製天氣現象預報指引。並嘗試將逐時模式預報以相似流程發展國際都市逐時天氣預報指引。

二、以Decaying Average誤差修正法用於國際都市溫度預報

美國NOAA NCEP針對NCEP GEFS模式與CMC GEFS模式輸出包含溫度在內共35個具空間分布均勻特性變數的系統性誤差，發展採簡化形式卡門濾

波(Kalman Filter)的Decaying Average校正方式(以下簡稱DCA)，目前已實作於1.0經緯度解析度的逐6小時模式輸出場作業流程，證實可有效移除系統誤差[Cui 等人, 2012]。步驟如下：

1. 系統誤差估計

以式1估計t時刻格點i, j的 τ 延時場誤差值 $b_{i,j}^{\tau}(t)$ 。其中， $f_{i,j}^{\tau}(t)$ 為t時刻格點i, j的 τ 延時場預報值，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. 以誤差衰減平均方式更新系統誤差值

以式2與t-1時刻校正結果計算系統誤差值更新值 $B_{i,j}^{\tau}(t)$ 。其中，權重係數w代表該更新值包含幾日的誤差資訊。

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

3. 以系統誤差值更新值修正預報值，完成校正作業。

將t時刻格點i, j的 τ 延時場預報值減去系統誤差值更新值 $B_{i,j}^{\tau}(t)$ ，得到t時刻格點i, j的 τ 延時場校正預報值 $F_{i,j}^{\tau}(t)$ ，即：

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

在國際都市高低溫溫度預報的實作上，我們選用逐六小時的NCEP地表上兩公尺溫度層場，格點密度為0.25度一格，觀測資料使用SYNOP所記錄的各都市溫度觀測，我們首先要估計出每個都市的高溫與低溫預報所使用的模式代表格點，以及對應到高溫與低溫

的模式延時(以下簡稱TAU)。格點選擇的基本概念是，在模式網格點中先選出測站四周的四個格點，再從中選用近期相關係數最高的格點，但是為了省去讀取近期N天資料的讀取時間，因此我們採用了類似DCA的運作方式，以式子(4)與(5)的方式估計近期的預報及觀測平均，在這邊的 \bar{x} 代表預報的近期平均值而 x 代表當次的預報值，對應的 y 則是用於表示觀測， w 代表時間上的權重，目前使用的數值為0.07。

$$\bar{x}(t) = \bar{x}(t-1) \cdot (1-w) + x \cdot w \quad (4)$$

$$\bar{y}(t) = \bar{y}(t-1) \cdot (1-w) + y \cdot w \quad (5)$$

在得到平均值之後，再參考式子(6)、(7)、(8)以相似的方法取得 S_{xx} 、 S_{yy} 、 S_{xy} 的時間加權平均值

$$\overline{S_{xx}}(t) = \overline{S_{xx}}(t-1) \cdot (1-w) + S_{xx}(t) \cdot w \quad (6)$$

$$\overline{S_{yy}}(t) = \overline{S_{yy}}(t-1) \cdot (1-w) + S_{yy}(t) \cdot w \quad (7)$$

$$\overline{S_{xy}}(t) = \overline{S_{xy}}(t-1) \cdot (1-w) + S_{xy}(t) \cdot w \quad (8)$$

在時間選擇的部分，我們先分別估計了近期高溫與低溫的平均觀測發生時間，而預報方面則是直接選出該日預報的最高溫以及最低溫，現在採用的方式是，不論預報的當日最高溫或者當日最低溫發生在何時，我們都選用此預報去進行修正作為修正後的DCA預報值，但是為了維持系統性偏差的正確性，當模式的高低溫發生時間與觀測相差較多時，則不對系統性偏差值進行更新。觀測發生時間的估計值如下式：

$$\min(hr, \bar{hr}) = \min(hr, \bar{hr}) - 24 \text{ if } \text{abs}(hr - \bar{hr}) \geq 12 \quad (9)$$

$$\bar{hr} = \bar{hr} \cdot (1-w) + hr \cdot w \quad (10)$$

$$\bar{hr} = \text{mod}(\bar{hr}, 24) \quad (11)$$

其中式子(9)的意思是，因為我們不希望23點與01點發生的事件所得到的時間平均落在中午12點，因此若兩者差距大於12小時，則要將較小的值加上24，才能在經過式子(10)與(11)的計算後得到00點的估計值，式子(10)是將時間估計值按照時間加權平均後的結果，式子(11)則是因為先前可能有將較小的值加上24小時，所以需要除以24取於數讓值落在0到24之

間。而我們是否更新系統性偏差估計值的判斷方式，就是計算模式最高溫與最低溫所選出來的時間，是否落在各自估計值 $\bar{hr} \pm \frac{3}{4} \cdot \text{taustep}$ 的範圍內，這邊的 taustep 代表模式輸出預報的延時密度，在本研究中所使用的是逐六小時的NCEP預報($\text{taustep}=6$)。

而國際都市逐時預報的部分，因為採用的是每個TAU與對應的時間進行配對，因此不存在著高低溫時間選擇的問題，而格點選擇方式則是以相同的方式每個TAU各自進行選擇並且進行DAC修正。

在得到修正過後的溫度高低溫預報之後，再藉由模式所預報的各都市雲量、降水量、低溫值按照自訂的分類表分類得到天氣描述預報指引，其分類方式如圖1所示，在降水值小時再以雲量判斷天氣種類，或者當降水值大於門檻時，再按照降水強度與預報低溫值來分類降雨種類，而若前一日到最新的觀測中有出現雷雨事件，則推估未來3日內的有降水預報為雷雨事件。

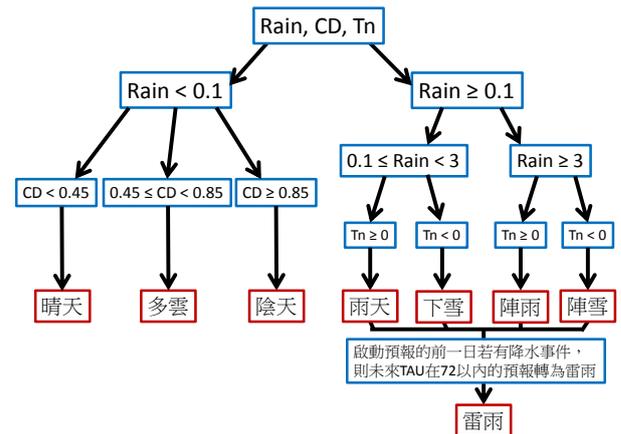


圖1. 天氣描述預報指引產製分類方式

二、結果與討論

我們以近期的預報與觀測來分析國際都市高低溫預報系統表現情形，觀測時間範圍從2017/06/01到2017/07/25，我們討論每日1H為00z的NCEP預報值經過DCA處理後預報隔天溫度的預報結果，我們整理各都市的平均絕對誤差(以下簡稱MAE)，並將之繪製於地圖上。

從圖2的國際都市高溫MAE分布圖上的顏色可以看出各都市預報MAE的大小，從圖中可以看到大概有3個誤差較大的都市其MAE落在大約2.5度以

上，在東南太平洋附近以1.25度以下的MAE居多，而其餘的MAE則是多數落在1.00到1.75度之間。

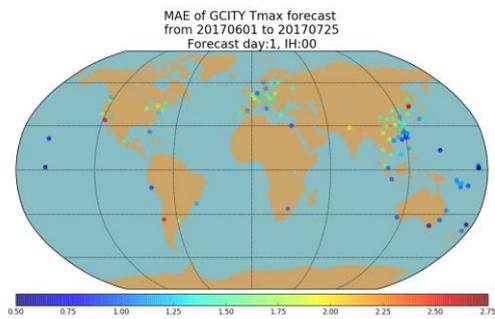


圖 2. 國際都市高溫預報平均絕對誤差分布情形，預報日期介於 20170601 到 20170725，預報目標為未來一日，模式啟動時間為每日 UTC 00:00

我們將誤差大於2.5的三個紅色站的時序圖繪製出來並且討論其特徵，圖3為海參崴的高溫預報時序圖，橫軸是不同的日期，縱軸代表溫度，各線條代表的意義可參考下方的圖示框，綠色是觀測值，橘黃色是NCEP的選取格點預報值，紅色是經過DCA修正後的溫度預報值，從圖上可以發現在大約6/19之前的預報對於高溫的掌握能力相較於6/19之後要良好許多，在6/19之後有出現次4觀測值突然上升而NCEP原始預報抓不到這4次事件的情形發生，在圖示框中的相關係數統計結果中NCEP的預報值與觀測的相關係數可達0.803，表示對趨勢掌握能力並不差，造成誤差較大的問題在於這幾次溫度上升事件的量值未掌握到所造成。圖4為洛杉磯的預報時序圖，首先可以看到下方統計框中的NCEP模式預報值與觀測之間的相關係數為0.242表現不佳，而DCA預報結果在6/28前後的部分系統性偏差值比較起來，在6/28之前的部分NCEP的預報值高過觀測6度左右，而在6/28則是縮小許多，系統性偏差的不穩定導致DCA方法無法有效地藉由掌握系統性偏差並將之移除。圖5為聖地牙哥的預報時序圖，先從相關係數看起，NCEP與觀測值的相關係數有0.709代表趨勢有抓到，整體來說NCEP預報與觀測的誤差值也還算穩定，但是從圖上可以看到有有數次NCEP對高溫的估計值驟降，原本保持高估溫度值的現象消失，導致DCA修正值比起其他預報大幅地低於觀測值。

圖6為低溫的溫度預報MAE分布情形，在東亞與東南亞的部分預報誤差較低，大致上落在1度誤差以

下，在中國的部分有著越內陸誤差越大的趨勢，在大洋洲的誤差大概落在1.25至1.75度之間，在歐洲大致上落在1.75度以下，地圖上誤差較大的站則是南美洲的聖地牙哥，時序圖如圖7所示，從圖中可見NCEP與觀測的相關係數不佳，模式對於此站的系統性偏差忽大忽小，平均誤差達4.179，而DCA已經將預報的MAE由4.179降低到2.438，但誤差值與其他都市點相比還是偏多。

圖8與9分別是以同樣格點與TAU選出的高溫與低溫NCEP預報值在同樣時段的預報誤差，也就是未經過DCA修正的高低溫溫度預報值MAE，將這兩張圖與圖2與圖3相比較，可以發現DCA方法確實降低了整體的預報誤差，同時也因為此方法只能降低兩條預報線之間的距離，也就是降低MAE的差距，而對相關係數無修正效果，表示此修正方法對模式的趨勢掌握能力無法修正，必須依賴模式本身的預報能力。

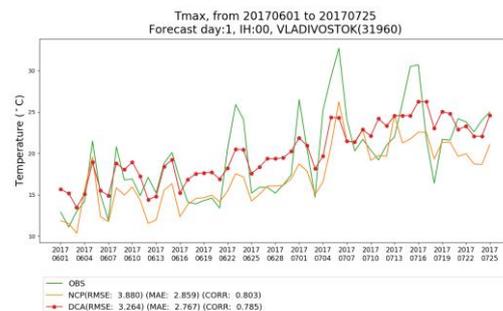


圖 3. 海參崴的高溫預報時序圖，橫軸代表日期，縱軸代表溫度(C.)，預報目標為未來一日，模式啟動時間為每日 UTC 00:00，綠線代表觀測，橘黃線代表所選格點的 NCEP 預報值，紅線代表 DCA 溫度預報，相關統計值列在下方圖示中

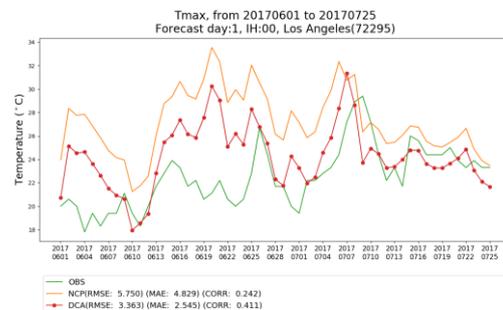


圖 4. 洛杉磯的高溫預報時序圖，其餘同圖 3

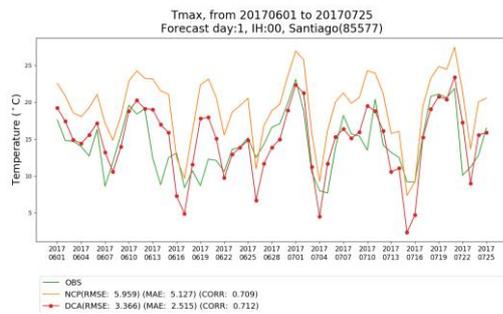


圖 5. 聖地牙哥的高溫預報時序圖，其餘同圖 3

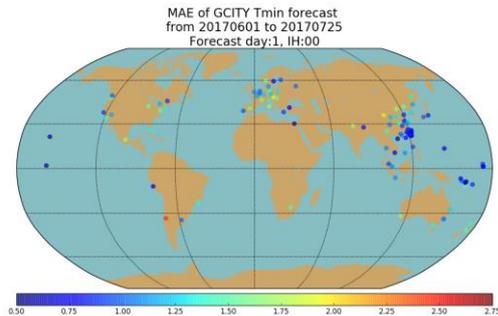


圖 6. 國際都市低溫預報平均絕對誤差分布情形，預報日期介於 20170601 到 20170725，預報目標為未來一日，模式啟動時間為每日 UTC 00:00

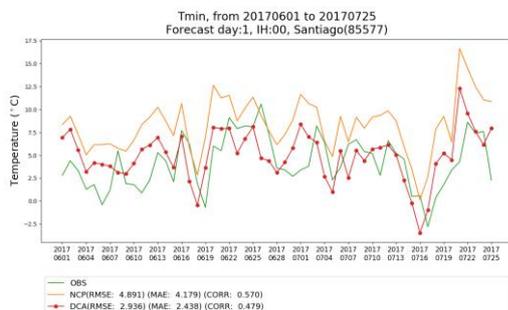


圖 7. 聖地牙哥的低溫預報時序圖，其餘同圖 3

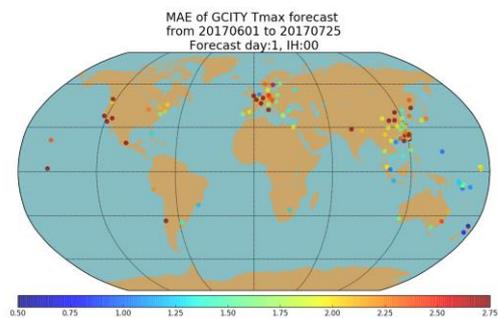


圖 8. NCEP 高溫預報平均絕對誤差分布情形，預報日期介於 20170601 到 20170725，預報目標為未來一日，

模式啟動時間為每日 UTC 00:00

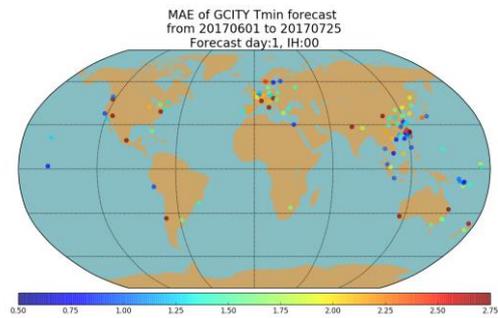


圖 9. NCEP 低溫預報平均絕對誤差分布情形，預報日期介於 20170601 到 20170725，預報目標為未來一日，模式啟動時間為每日 UTC 00:00

三、 結論

本研究嘗試以Decaying Average配上前文所提之使用方法，將Decaying Average方法用於國際都市高溫與低溫預報上，並且證明此輕便簡易的修正方式可以對NCEP的地表兩公尺溫度預報進行有效率的誤差修正，但是DCA方法僅能修正預報與觀測之間的絕對誤差，無法對模式的趨勢掌握能力提供調整，因此若想得到相關係數的表現上升則無法透過DCA來達成。我們同時也嘗試以DCA修正逐時的CWB-GFS模式來測試發展國際都市逐時預報的效果，雖然也可由逐時預報選出每日最高與最低溫比較兩種方式的國際都市溫度預報，但由於兩種國際都市溫度預報方法所使用的模式不同，因此目前難以在同個基準點上比較方法的好壞，但目前的測試結果皆證實此簡易的誤差修正方法可以改善各地測站的溫度預報結果。

五、 參考文獻

1. Cui, Bo, Zoltan Toth, Yuejian Zhu, Dingchen Hou, 2012: Bias Correction for Global Ensemble Forecast. *Wea. Forecasting*, 27, 396–410.
2. 陳怡儒, 洪景山 2015: 應用decaying average方法修正WRF模式在台灣地區地面溫度預報, 104年天氣分析與預報研討會
3. 陳昱璵, 馮智勇, 黃嘉美, 賈愛玫 2016: 應用Decaying Average發展國際都市高低溫預報技術, 105年天氣分析與預報研討會