

# 應用Decaying Average發展測站即時溫度觀測檢核技術

高裕哲<sup>1</sup> 馮智勇<sup>1</sup> 詹智雄<sup>2</sup> 沈里音<sup>2</sup>  
多采科技有限公司<sup>1</sup> 中央氣象局科技中心<sup>2</sup>

## 摘要

測站即時溫度觀測資料檢核往往受限於作業時間，除了依賴比較測站自身觀測時序變化是否合理外，常見藉由比較同時間其他測站觀測資料是否發生相同變化特性或者是應用空間統計方法進行遮蔽測站實驗(OSSE)加以判讀。然而，由於空間統計方法的估計值不易反應測站局部差異產生的影響，因此需要先透過歷史資料分析掌握系統性偏差特徵後再行修正，而不便於即時檢核作業。

美國NCEP發展的Decaying average方法原理係以卡門濾波(Kalman Filter)為基礎，無須在作業主機中保有大量歷史資料即可逐步找出預報與觀測的系統性偏差，具有簡便且高運作效率的特性。因此，本研究將利用1993年至2015年測站逐時溫度觀測紀錄，嘗試將通用克利金法(以下簡稱UK)溫度遮蔽測站結果視為一種預報值，並且利用Decaying Average系統性偏差移除方法建構其與觀測值的系統性偏差區間，再依此區間進行溫度逐時檢核之測試，以期有利於發展更為便利的即時溫度檢核作業流程。

關鍵字：Decaying Average，Universal Kriging，QC

## 一、前言

正確的觀測記錄，可供許多學術或研究單位進行後續分析，如氣候變遷、全球升溫對環境造成之衝擊等議題之研究，且因不正確之觀測記錄可能造成錯誤的推論，故發展有效的資料檢核方法是相當重要的議題。

因使用1998年至2015年的網格點資料，進行一年內最高溫與最低溫的發生日數統計時，在測站點或網格點上，以當日24小時溫度皆大於25°C且至少有一小時溫度大於35°C的條件進行日數統計時，觀察到2000年的鹿港站及其周圍的格點資料一年內約有25天達到此條件，而2001年約有30天達到，相較於台灣其他地區大都不到5天達到此條件，鹿港站的統計結果的確較為特殊，如附圖1。

而本研究將UK法之溫度遮蔽測站結果視為一種預報值，並且利用Decaying average方法動態估計其與觀測值的系統性偏差，再依據此系統性偏差是否超出歷史資料所推估之系統性偏差區間進行資料的檢核。以此方式針對2000年與2001之鹿港站資料進行檢驗，詳細的資料處理方式與分析流程將於第二章進行說明。

第三章將說明檢驗與分析結果以及相關數據與圖表，第四章為研究總結與討論。

## 二、研究方法

使用1998年至2015年的溫度網格點資料，針對測站與網格點以當日24小時溫度皆大於25°C且至少有一小時溫度大於35°C的條件進行日數統計時，觀察到鹿港站在2000年與2001年的夏季(7月份、8月份)溫度觀測記錄與其鄰近的測站(臺中站、梧棲站)的溫度觀測記錄相比，雖具有相當高的相關性，即資料具有同升同降的現象，但其溫度增加速度似乎高於其鄰近站，如附圖2(僅列出2001年之散布圖)，故將針對鹿港站2000年、2001年夏季資料逐時進行檢驗，且因溫度呈現季節性的變化，故將資料分為不同月份不同小時，各自進行系統性偏差之估計。

因針對鹿港站2000年與2001年夏季之觀測記錄進行檢驗，故將使用1993年至1999年之溫度資料，分月分時以Decaying average方法進行系統性偏差的估算，例如，使用鹿港站1993年至1999年7月12時之溫度觀測記錄與其UK溫度遮蔽測站實驗之估計值，以Decaying average方法可推估一系統性偏差序列，扣除其訓練期(訓練期長短與Decaying average中所設定之權重有關，後續會對此進行說明)之數值，取剩餘序列之平均值與標準差建構一區間，再以此區間檢驗該站7月12時之資料。實際以Decaying average方法進行系統性偏差之估算流程可分為以下幾個步驟

### 1. 偏差估計

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

其中， $b_{i,j}(t)$  為  $t$  時間測站  $i, j$  的偏差值， $f_{i,j}(t)$  為  $t$  時間測站  $i, j$  的預報值，即UK遮蔽測站實驗的溫度估計值， $a_{i,j}(t)$  為  $t$  時間測站  $i, j$  的真實值，即測站觀測值。

## 2. Decaying average

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

其中， $B_{i,j}(t)$  為  $t$  時間測站  $i, j$  的平均偏差值，以前一時間平均偏差值  $B_{i,j}(t-1)$ ，及  $t$  時間的偏差值  $b_{i,j}(t)$ ，進行權重平均，由此式可知，歷史資料對平均偏差值的影響會隨時間而不斷減小，若權重為  $\omega$ ，表示將會考慮約  $1/\omega$  天前迄今的偏差值，參考美國NCEP之文獻，本研究將設定  $\omega = 0.05$ 。

## 3. 偏差修正

$t$  時間測站  $i, j$  的修正預報值

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

$f_{i,j}(t)$  為  $t$  時間測站  $i, j$  的預報值。

以上述幾個步驟，針對鹿港站1993年至1999年7月、8月的1時至24時之溫度觀測記錄與其UK遮蔽測站實驗之估計值，分別進行系統性偏差之估計，可得7月與8月，每個月24個小時，共48個系統性偏差序列  $B_{mon,hr}(\tilde{t})$  (捨去訓練期部分，本研究設定為三年，約93筆溫度時資料)，並以此48個系統性偏差序列的平均值與標準差建構系統性偏差區間估計

$$\left[ \begin{aligned} & \text{mean}(B_{mon,hr}(\tilde{t})) - 2 \cdot \text{sd}(B_{mon,hr}(\tilde{t})), \\ & \text{mean}(B_{mon,hr}(\tilde{t})) + 2 \cdot \text{sd}(B_{mon,hr}(\tilde{t})) \end{aligned} \right] \quad (4)$$

其中，因只針對鹿港站進行分析，故不須有表示測站或格點位置之下標  $i, j$ ，而  $mon$ 、 $hr$  分別表示對應之月份與小時， $\tilde{t}$  表示起迄年度內分月分時後，第幾個時間點，如  $B_{7,12}(\tilde{t})$  表示1993年至1999年(捨去三年訓練期)所有7月12時之資料所推估之系統性偏差序列，時間點依序為1996年7月1日12時、1996年7月2日12時、1996年7月3日12時、...、1999年7月30日12時、1999年7月31日； $\text{mean}(B_{7,12}(\tilde{t}))$ 、

$\text{sd}(B_{7,12}(\tilde{t}))$  分別表示該系統性偏差序列的平均值與標準差。

進行鹿港站2000年及2001年7月、8月之溫度逐時檢驗時，先以  $B_{mon,hr}(\tilde{t})$  序列之平均值，分別作為平均偏差的起始值，即  $B_{mon,hr}(0)$ ，並利用公式(2)即可逐時計算出平均偏差  $B_{mon,hr}(t)$ ，其中  $t$  表示2000年至2001年分月分時後，第幾個時間點；若即時計算之平均偏差  $B_{mon,hr}(t)$  超出其對應之檢核區間，即式(4)，則該時間點之觀測記錄會被提列為潛在可能異常值，且捨去該時間點之平均偏差值  $B_{mon,hr}(t)$ ，而下個時間點的平均偏差計算權重平均時，則以該時間點前一個不為潛在可能異常值之平均偏差值進行權重平均。

而以系統性偏差序列之平均值加減其2倍標準差所建構之區間進行資料之檢核，為預期Decaying average所估算的系統性偏差序列，扣除訓練期部分剩餘序列之行為，會在平均值上下來回振盪，而振幅超過2倍標準差可能為潛在異常值，如一常態分布序列，約95%數值分佈在距離平均值有2個標準差以內的範圍。

## 三、結果分析

觀察以鹿港站1993年至2015年溫度資料，分月分時所繪製之UK遮蔽測站實驗估計值與觀測記錄的差值序列圖，如附圖3(僅列出7月分月分時之差值序列)，可發現7月、8月某幾個小時(10時至15時)之序列圖，約在2000年至2001年間，觀測記錄明顯高於UK遮蔽測站實驗估計值，與使用1993年至2015年的網格點資料，以當日24小時溫度皆大於25°C且至少有一小時溫度大於35°C的條件進行日數統計時，所觀察到鹿港站夏季溫度明顯高於鄰近測站的現象類似。故將利用1993年至1999年之溫度觀測記錄建構系統性偏差的檢核區間，藉此檢驗鹿港站2000年至2001年的溫度觀測記錄。

而以1993年至1999年鹿港站溫度觀測資料與其UK溫度遮蔽測站實驗之估計值所估算之系統性偏差序列，如附圖4所示(僅列出7月)，訓練期後剩餘序列可能出現在某個數值來回振盪(如附圖4，19時至09時)、不規律擾動，甚至有遞增或遞減之趨勢等狀況(如附圖4，10時至18時)。

然而，以本研究的方法所建構區間進行資料檢驗，對於使用變動較為穩定的偏差序列所建構的區間可能較有效果，但對於遞增、遞減或波動劇烈的偏差序列，因其標準差相較於在某數值附近振盪之序列的標準差為大，造成其所建構之區間較大，可能無法有效找出異常值或是其檢驗結果較不可信。

而以Decaying average方法所推估之系統性偏差區間，針對鹿港站逐時進行資料檢核結果如附錄所示，分別列出系統性偏差值超出Decaying average方法所推估之系統性偏差區間時間點、觀測值、UK遮蔽測站實驗估計值、該時間點所計算出之系統性偏差值、Decaying average方法所推估之系統性偏差區間之下界與上界。

因7月、8月19時至09時之系統性偏差序列，其行為較近於某數值附近來回振盪，故所建構之檢核區間，應較能有效找出潛在異常值，而觀察7月、8月10時至15時之系統性偏差序列，大都出現先減少後遞增的現象，因此可能造成序列的標準差較大，故所建構之檢核區間可能難以有效找出潛在異常值。然而，8月10時至18時之間仍然找出一些觀測記錄明顯高於其UK遮蔽測站實驗之估計值，即使所建構之檢核區間較不合理，但可能因為數值差異過大，逐時計算平均偏差時仍然被提列至潛在異常值分類中。

#### 四、總結與討論

本研究採用歷史資料、UK遮蔽測站實驗之估計值，以Decaying average方法推估一系統性偏差區間，以期發展一即時溫度檢核作業流程，即時找出潛在可能的異常觀測記錄。

由於UK遮蔽測站實驗估計值為去除鹿港站本身之觀測值後，使用其餘測站之觀測記錄估計鹿港站，且鹿港站空間分布上可找到鄰近的幾個觀測站，如臺中站、梧棲站等，故其估計值表現之行為或特性應與其鄰近站相似，若鹿港站之觀測記錄明顯大於或小於此估計值，計算出之系統性偏差值，則可能超出以Decaying average方法所推估之系統性偏差區間之下界與上界，藉此找出潛在可能有問題的觀測值。

而對於較不穩定的系統性偏差序列，即其行為並非在某個數值來回振盪，若使用序列平均值加減其2倍標準差，因標準差的數值可能較大，故所建構之區間可能不易找出潛在異常值或是其檢驗結果較不可信。而在訓練期後，系統性偏差仍然不如預期的穩定，造成因素可能有估計值不易反應測站局部差異產生的影響，導致Decaying average方法的偏差估計表現不佳，經由權重平均後，影響系統性偏差的推估，或是區間估算期間內的觀測資料可能出現異常值或人為造成非均一之現象，也可能對偏差估計造成影響。未來可能繼續探討導致系統性偏差序列出現較不穩定的波動的造成因素，否則本研究中檢驗區間之建構不易發揮預期之效果。

#### 五、附錄

yyyymmddhh	obs	est	sys_bias	lower	upper
2001070403	26	27.2	-0.05	-0.50	-0.10
2001070503	27.8	28.4	-0.08	-0.50	-0.10
2000071304	25.2	25.8	-0.09	-0.44	-0.13
2000071404	26.2	26.9	-0.09	-0.44	-0.13
2000071504	26.5	27.1	-0.09	-0.44	-0.13
2000071704	24.8	24.9	-0.13	-0.44	-0.13
2000071505	26.2	27.1	-0.04	-0.37	-0.06
2001072205	27.6	26.8	-0.39	-0.37	-0.06
2001072305	27.2	26.4	-0.39	-0.37	-0.06
2001072405	28	27	-0.40	-0.37	-0.06
2001072505	27.8	26.7	-0.40	-0.37	-0.06
2001072905	27.7	27.1	-0.38	-0.37	-0.06
2000073119	24	26.3	0.15	-0.87	0.12
2001070419	28.7	30.9	0.19	-0.87	0.12
2001070519	29.1	29.9	0.12	-0.87	0.12
2001070520	28.6	29.3	0.19	-0.37	0.17
2001071920	28.2	27.2	-0.40	-0.37	0.17
2001071721	27.6	26.3	-0.33	-0.30	0.16
2001071821	28.3	27.3	-0.31	-0.30	0.16
2001071522	27.7	26.5	-0.38	-0.37	0.03
2001071622	28.2	27	-0.38	-0.37	0.03
2001071722	27.3	26.2	-0.38	-0.37	0.03
2001071822	28.2	27.1	-0.38	-0.37	0.03
2001071423	28.1	27.1	-0.45	-0.43	0.00
2001071523	27.4	26.3	-0.46	-0.43	0.00
2001071623	28	26.8	-0.46	-0.43	0.00
2001071723	27.1	26	-0.46	-0.43	0.00
2001071823	28	26.8	-0.46	-0.43	0.00
2001072423	28.2	27.4	-0.44	-0.43	0.00
2001072424	28	27.2	-0.49	-0.47	-0.04
2001082910	35.1	31	-2.58	-2.54	0.70
2001081811	36.6	31.6	-2.37	-2.30	0.16
2001082411	36.5	33	-2.35	-2.30	0.16
2001082511	35.2	32.3	-2.32	-2.30	0.16
2001082611	35.7	32.6	-2.33	-2.30	0.16
2001082711	36	32	-2.37	-2.30	0.16
2001082811	35.5	32.1	-2.34	-2.30	0.16
2001082911	35.5	31.4	-2.38	-2.30	0.16
2001081212	35.3	32.9	-1.95	-1.94	0.18
2001081412	36	33.1	-1.98	-1.94	0.18
2001081512	36.5	33.3	-1.99	-1.94	0.18
2001081612	36	32.9	-1.99	-1.94	0.18
2001081712	35.9	32.6	-2.00	-1.94	0.18
2001081812	35.1	32.2	-1.98	-1.94	0.18
2001081912	35.3	33.1	-1.94	-1.94	0.18
2001082012	35.1	32.9	-1.94	-1.94	0.18

2001082112	35.1	32.7	-1.95	-1.94	0.18
2001082312	37.1	33.3	-1.99	-1.94	0.18
2001082412	36.5	33.4	-1.96	-1.94	0.18
2001082512	35.8	32.8	-1.95	-1.94	0.18
2001082612	35.9	33.1	-1.94	-1.94	0.18
2001082712	35.3	32.3	-1.95	-1.94	0.18
2001082812	35.6	31.5	-2.01	-1.94	0.18
2001082912	34.5	31.6	-1.95	-1.94	0.18
2001081013	35.5	33	-1.74	-1.74	0.13
2001081413	35.8	33.2	-1.76	-1.74	0.13
2001081513	36.1	33.4	-1.77	-1.74	0.13
2001081613	36	32.2	-1.82	-1.74	0.13
2001081713	35.9	32.9	-1.78	-1.74	0.13
2001081813	36	32.5	-1.81	-1.74	0.13
2001081913	35.5	33.2	-1.75	-1.74	0.13
2001082113	35.6	32.9	-1.78	-1.74	0.13
2001082313	36.6	33.5	-1.77	-1.74	0.13
2001082413	36.5	33.3	-1.77	-1.74	0.13
2001082813	34.4	31.9	-1.77	-1.74	0.13
2001082913	36.1	30.7	-1.92	-1.74	0.13
2001083013	33	31.1	-1.74	-1.74	0.13
2001081714	36.3	32.9	-2.18	-2.14	-0.07
2001081914	36.7	32.5	-2.21	-2.14	-0.07
2001082114	36.2	32.7	-2.17	-2.14	-0.07
2001082314	36.4	33.4	-2.15	-2.14	-0.07
2001082414	35.9	32.9	-2.15	-2.14	-0.07
2001082514	35.3	32.3	-2.15	-2.14	-0.07
2001082714	35.2	32.9	-2.15	-2.14	-0.07
2001082914	35.6	30.8	-2.27	-2.14	-0.07
2001083014	32.6	29.6	-2.18	-2.14	-0.07
2001082415	35.7	31.9	-2.56	-2.53	0.02
2001082515	35.9	31.8	-2.57	-2.53	0.02
2001082915	33.5	29.4	-2.55	-2.53	0.02
2001082420	28.2	28.8	-0.02	-0.53	-0.02
2001082520	28.4	29.1	-0.01	-0.53	-0.02
2001082720	29.4	30	-0.01	-0.53	-0.02
2001082821	26	26.4	-0.08	-0.49	-0.08
2001082422	27.7	28.4	-0.05	-0.54	-0.09
2001082522	28.2	28.6	-0.07	-0.54	-0.09
2001082622	28.9	28.9	-0.09	-0.54	-0.09
2001082822	26.2	26.6	-0.07	-0.54	-0.09
2001082323	27.7	28	-0.16	-0.65	-0.18
2001082423	27.9	28	-0.17	-0.65	-0.18
2001082823	26.3	26.6	-0.17	-0.65	-0.18

## 六、附圖

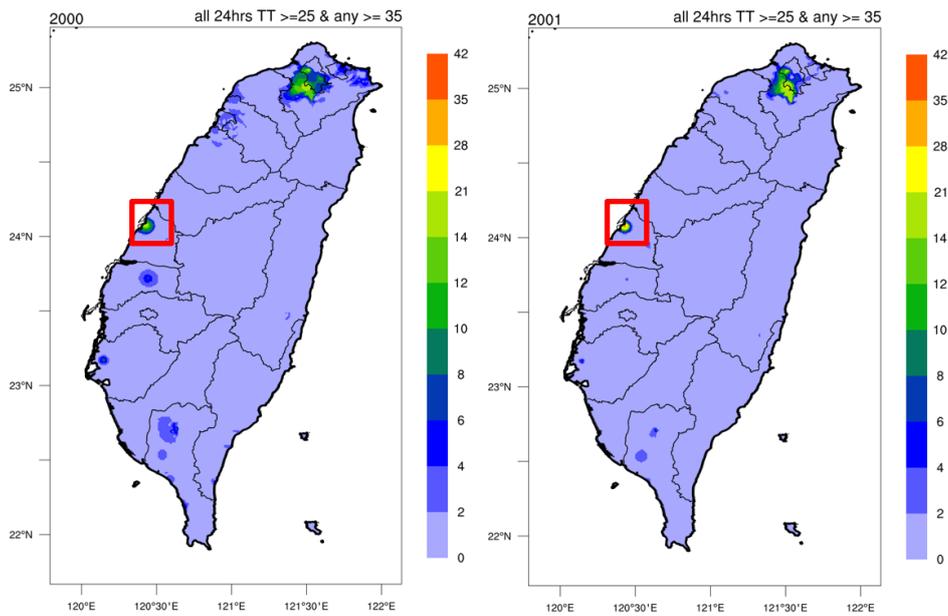


圖1：網格點上當日24小時溫度皆 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ，且至少有1小時 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的發生日數/年，左圖為2000年，右圖為2001年，紅色框線之區域為本研究探討之鹿港站及其鄰近地區

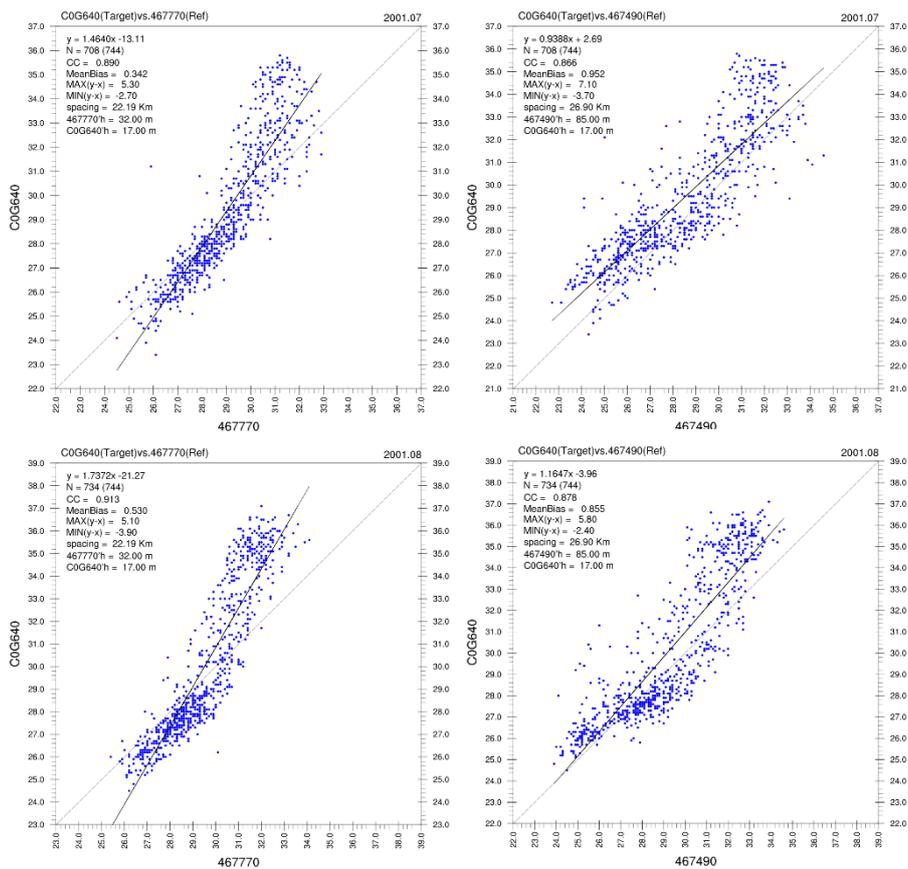


圖2：鹿港站(COG640)在2001年7月份、8月份溫度觀測記錄與其鄰近站臺中(467490)、梧棲(467770)的溫度觀測記錄散布圖，可看出鹿港站增溫速度較快，僅列出2001年之散布圖

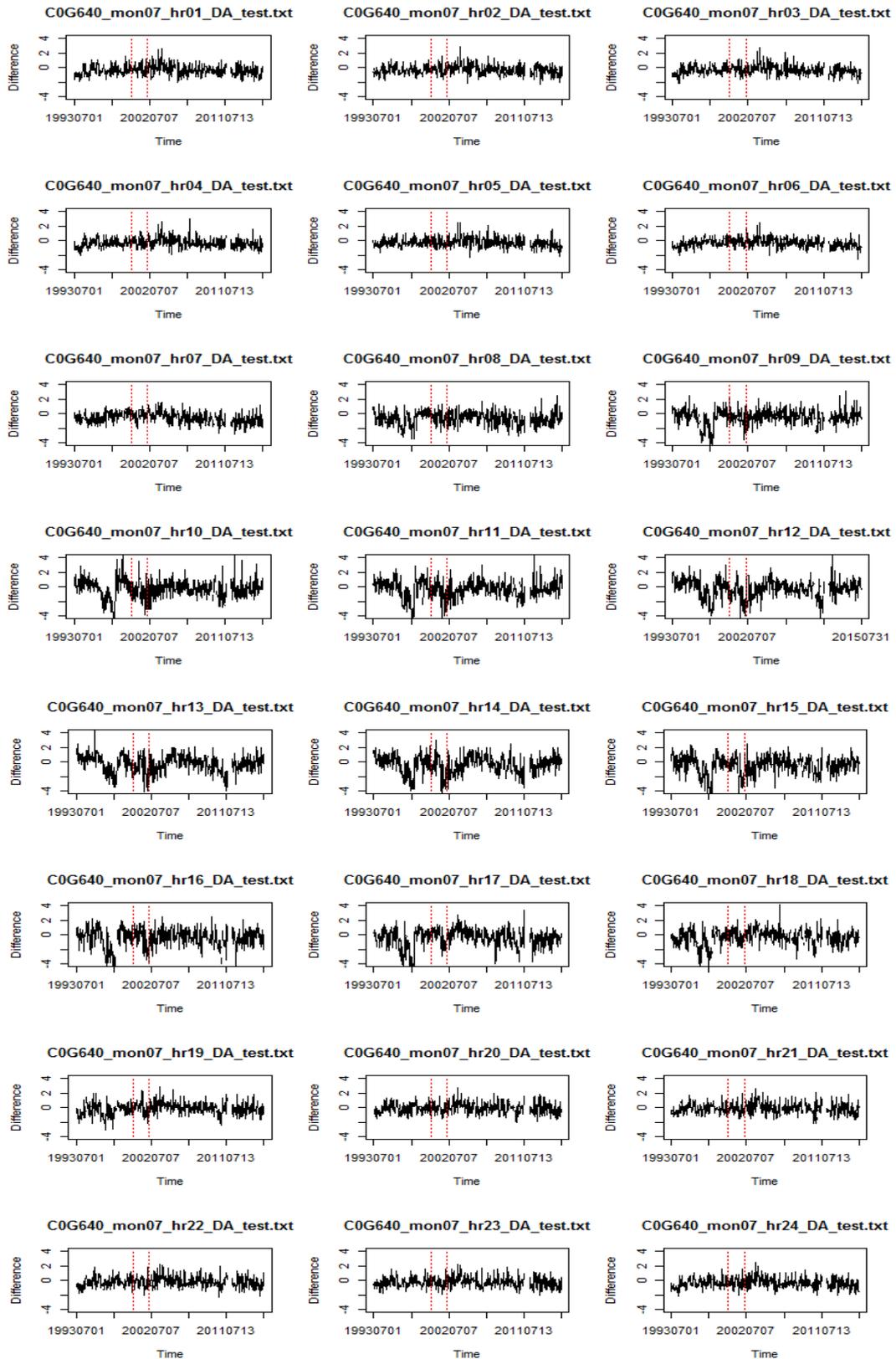


圖3：鹿港站1998年至2015年溫度資料，分月分時繪製之UK遮蔽測站實驗估計值與觀測值的差值序列圖，紅色線段間為2000年至2001年，圖標題mon07、hr01表示使用1998年07月1日至2015年07月31日所有01時之資料進行繪製而成

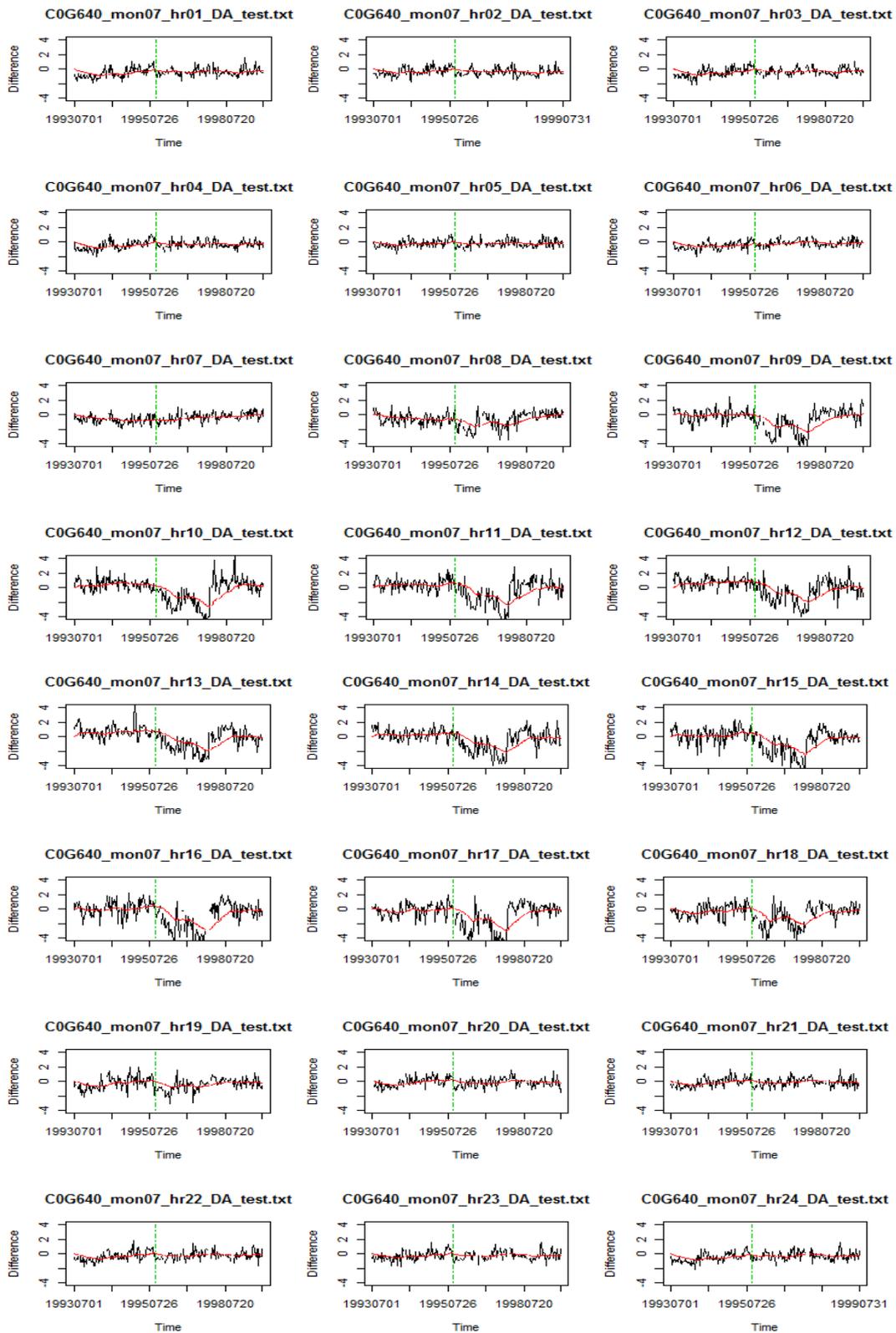


圖4：使用1993年至1999年鹿港站溫度觀測資料與其UK溫度遮蔽測站實驗之估計值所估算之系統性偏差序列(紅色折線)，訓練期後剩餘序列(綠色線段後的部分)出現在某個數值來回振盪、不規律擾動，甚至遞增或遞減之趨勢等狀況

