



TReAD 日射量偏差修正資料

資料生產履歷



2023 年 9 月 5 日

臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台

Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform

TReAD 日射量偏差修正資料生產履歷

1. 資料紀錄

2023.07(上架)

2. 產製目的

為因應臺灣綠能發電及農作物生長研究之發展，產製所需要的高時空間解析度且長期的輻射資料，氣象署所產製的網格化衛星反演資料只有 6 年多，因此透過修正 TCCIP 團隊產製的臺灣歷史氣候重建資料(TReAD)來延伸資料的時間長度。TCCIP 團隊發展 Kernel Density Distribution Mapping(KDDM)的統計修正方法，利用上述兩組資料重疊的年份找出統計模型的關聯性，將 TReAD 輻射資料進行調整，使其資料特性能夠更接近實際觀測資料，且修正後輻射資料庫的時間長度可往前延長至 1980 年(共 42 年)，彌補網格化衛星反演資料時間長度不足的現況，並且可更適切的分析臺灣氣候資訊與日射量之長期變化趨勢訊號。

3. 資料來源

■ 觀測資料

中央氣象署團隊提供，由日本氣象衛星向日葵八號的觀測資料，經過日射量反演計算，產製出 1 公里解析度之網格化衛星反演時輻射資料庫，時間長度為 2015 年 7 月至 2021 年 12 月(詳見[網格化衛星反演日資料生產履歷](#))。

■ 重分析資料

TReAD 時輻射資料來源由 TCCIP 團隊提供，資料利用天氣研究和預報模式(Weather Research and Forecasting (WRF)將歐洲中期天氣預報中心(ECMWF)所產製 ERA5 (ECMWF, 2017)重分析資料經過動力降尺度後產製的臺灣歷史氣候重建資料庫(TReAD)，空間解析度為 2 公里，時間長度為 1980 年至 2021 年，(詳見[臺灣歷史氣候重建資料生產履歷](#))。

4. 產製流程



#建立兩組資料相對應的網格點，在不同月份、不同小時的映射函數。

圖 1、TReAD 日射量偏差修正資料產製流程圖

步驟一、

為配合中央氣象署網格化衛星反演資料的解析度(1 公里)，先將臺灣歷史氣候重建資料庫(TReAD)中 2 公里解析度的時輻射資料，做雙線性空間內插(bilinear interpolation)，得到空間解析度和網格化衛星反演網格資料相同的網格資料。

步驟二、

利用統計分配映射法(SDM: Statistical Distribution Mapping)中的 Kernel Density Distribution Mapping(KDDM, McGinnis et al., 2015)方法，使用兩組資料共有的時段 2015 年至 2021 年，對每一網格點，不同月份、不同小時的資料，分別建立 TReAD 時輻射資料和網格化衛星反演資料間的映射函數統計模型關係式。

步驟三、

用映射函數對 TReAD 時輻射資料進行統計修正，使修正後的輻射資料之統計特性更接近觀測網格資料，且資料長度可達 42 年。

5. 資料不確定性

■ 平均值分析:

圖 2 是 2015 年至 2021 年共 7 年的每年 7 月，每日 6 點至 19 時的日循環平均值。由圖中可知，原始的 TReAD 時輻射資料有數值偏高的情況，特別是靠近中午的時段(11~14 時)最為明顯。經過 KDDM 統計修正後，不同小時的平均值與空間分布，皆與網格化衛星反演資料十分相近，顯現出 KDDM 的統計修正效果顯著，其它月份也有相同的分析結果(圖略)。

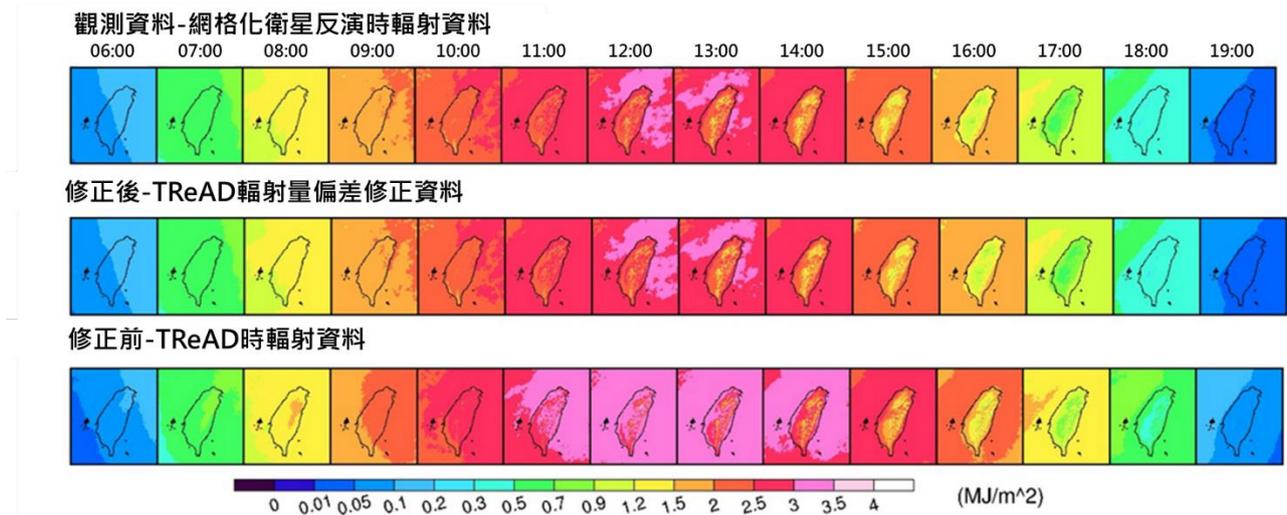


圖 2、2015 年至 2021 年 7 月每日 6~19 時(由左至右)的日循環平均值。上排為氣象署網格化衛星反演資料、中排為經過 KDDM 調整後的 TReAD 日射量偏差修正資料資料、下排是修正前的 TReAD 輻射資料，三組資料皆為 1km 解析度。(單位: MJ/m²)

■ 均方根誤差(Root Mean Squared Error, RMSE)分析:

為分析輻射資料修正前、後的誤差量改善程度，因此計算 TReAD 時輻射資料經 KDDM 修正前、後與網格化衛星反演資料的均方根誤差(RMSE)。此外，沒有網格化衛星反演資料的時段，則利用測站輻射觀測資料與最靠近測站位置的網格點資料，進行 TReAD 時輻射資料修正前、後的誤差分析。因測站輻射觀測資料，在早期有儀器更換和儀器校驗等問題，遂使用 8 個較具代表性的氣象署所屬測站，臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮、臺東、阿里山、日月潭站，2003 年至 2014 年的輻射資料做均方根誤差分析。

圖 3 是 TReAD 時輻射資料經過 KDDM 修正前、後，在 1、4、7、10 月的均方根誤差空間分布，分析結果顯示經過 KDDM 修正後的輻射資料，其均方根誤差明顯減小。1 月的均方根誤差從 0.4~0.8 MJ/m² 降至 0.3~0.5 MJ/m² 左右。TReAD 資料在 4 月和 7 月均方根誤差較大的區域主要在臺灣山區，可達 0.8 MJ/m² 以上，經過 KDDM 修正後，山區的均方根誤差明顯下降至 0.5~0.7 MJ/m² 之間。10 月份的均方根誤差分布顯示 TReAD 誤差較大的地區在山區和花東縱谷附近，經過 KDDM 修正後的誤差有明顯改善。

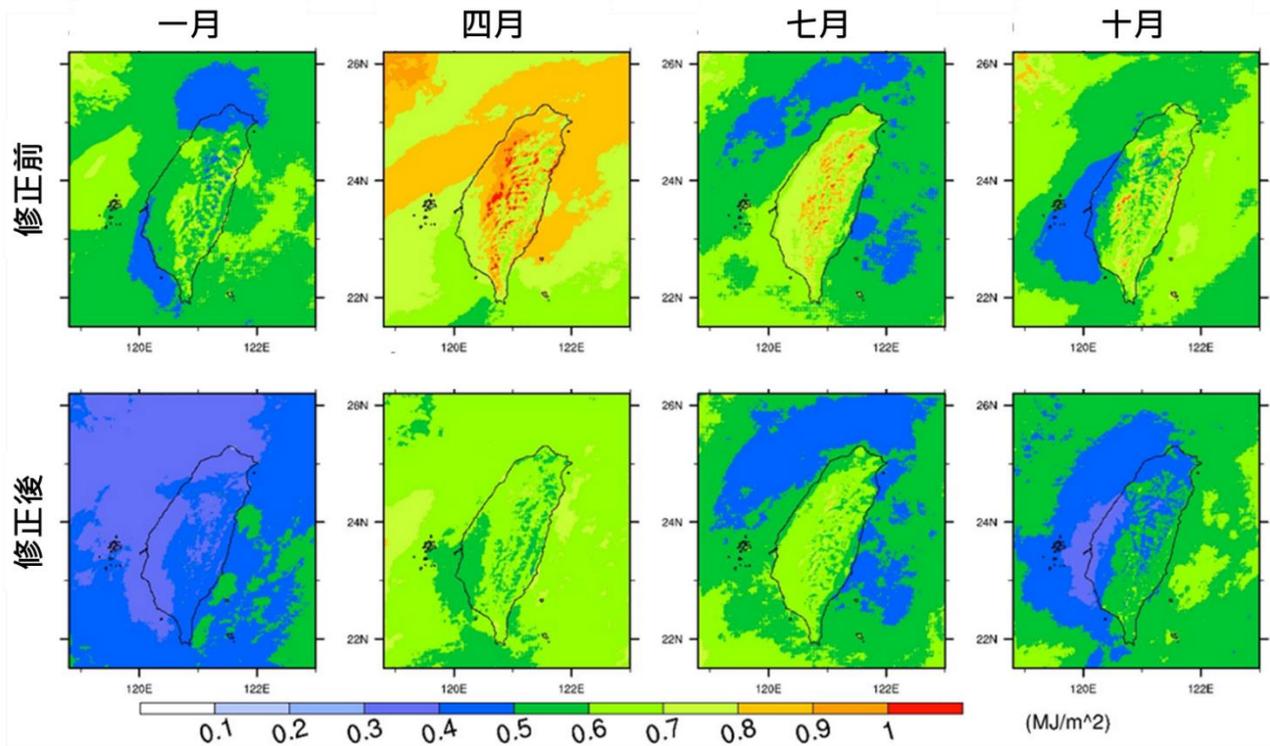


圖 3、時輻射資料修正前、後，2015 年至 2021 年 1、4、7、10 月(由左至右)，TReAD 輻射資料修正前(上排)、後(下排)與氣象署網格化衛星反演資料的均方根誤差(RMSE)空間分布。(單位: MJ/m²)

更進一步分析，針對不同月份，不同小時(6~19 時)的輻射資料，進行均方根誤差分析，從日循環中，找出 TReAD 資料在各月份均方根誤差(圖 3)的主要誤差源自於哪些時間點。以 7 月份為例(圖 4)，計算結果顯示均方根誤差主要來源是中午時段(11~14 時)，早上、傍晚時段的誤差量相對較小。TReAD 修正前的誤差量最大可達 1.6 MJ/m² 左右，且山區的誤差量比平地大。KDDM 修正後的輻射資料，均方根誤差明顯減小，山區的誤差量大幅下降。其它月份也有相似的分析結果(圖略)。

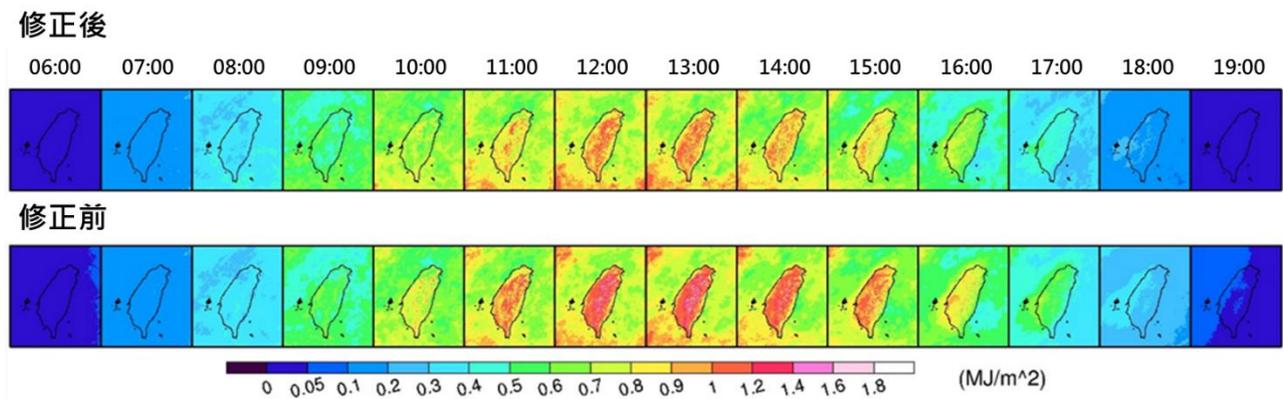


圖 4、氣象署網格化衛星反演資料和 TReAD 資料修正前(下排)、後(上排)的時輻射資料，在

2015~2021 年 7 月份，每小時(6~19 時)的均方根誤差(RMSE)空間分布。(單位: MJ/m²)

早期沒有網格化衛星反演資料做依據，故使用氣象署 8 個所屬測站 2003 年至 2014 年的輻射資料與鄰近測站的網格點資料進行均方根誤差(RMSE)計算，分析 TReAD 輻射資料修正前、後，臺灣不同地區之鄰近測站格點的誤差情況(表 1)，結果顯示經過 KDDM 修正後的誤差量皆有改善。

表 1、TReAD 時輻射資料修正前、後，鄰近測站格點的資料和測站觀測資料在 2003 年至 2014 年期間各月份裡每小時均方根誤差(RMSE)的平均值。(單位: MJ/m²)

RMSE		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
臺北	前	0.43	0.52	0.67	0.80	0.79	0.79	0.71	0.67	0.62	0.55	0.42	0.40
	後	0.32	0.38	0.46	0.57	0.58	0.62	0.60	0.55	0.51	0.43	0.31	0.29
臺中	前	0.57	0.67	0.81	0.85	0.81	0.80	0.67	0.72	0.63	0.48	0.44	0.41
	後	0.43	0.50	0.57	0.57	0.60	0.64	0.58	0.58	0.53	0.34	0.30	0.29
臺南	前	0.47	0.53	0.69	0.78	0.74	0.75	0.68	0.67	0.61	0.50	0.46	0.43
	後	0.31	0.37	0.50	0.53	0.57	0.62	0.56	0.55	0.49	0.38	0.30	0.29
恆春	前	0.54	0.60	0.68	0.74	0.72	0.70	0.65	0.70	0.62	0.53	0.52	0.47
	後	0.41	0.47	0.56	0.59	0.60	0.64	0.57	0.65	0.56	0.46	0.44	0.37
花蓮	前	0.51	0.59	0.71	0.81	0.88	0.81	0.65	0.71	0.82	0.69	0.56	0.47
	後	0.41	0.45	0.54	0.63	0.71	0.71	0.58	0.60	0.69	0.56	0.44	0.38
臺東	前	0.50	0.55	0.70	0.73	0.74	0.65	0.53	0.58	0.58	0.52	0.48	0.44
	後	0.41	0.47	0.57	0.59	0.65	0.62	0.47	0.55	0.50	0.44	0.41	0.34
阿里山	前	0.45	0.54	0.64	0.79	0.78	0.77	0.66	0.65	0.64	0.53	0.45	0.42
	後	0.37	0.44	0.54	0.62	0.61	0.60	0.53	0.54	0.56	0.46	0.38	0.34
日月潭	前	0.55	0.64	0.84	0.94	0.87	0.85	0.81	0.79	0.77	0.71	0.56	0.51
	後	0.38	0.44	0.55	0.66	0.66	0.66	0.67	0.63	0.60	0.51	0.40	0.39

■ Leave-one-out 交叉驗證實驗:

本研究使用 Leave-one-out cross validation 的方法進行交叉驗證實驗，評估 TReAD 時輻射資料用 Kernel Density Distribution Mapping(KDDM)統計方法的修正效果。利用 TReAD 資料和網格化衛星反演資料重複的時段 2015 年至 2021 年進行驗證，以 7 月份為例，利用 2016 年至 2021 年 7 月的資料當 KDDM 統計模型訓練期，並用來修正 2015 年 7 月的資料，以此類推至其它年份、月份，得到一組 2015~2021 年的時輻射資料。再進一步分析此組資料與網格化衛星反演資料間的均方根誤差(RMSE)，評估 KDDM 統計模型的效果與穩定性。圖 5 為 Leave-one-out cross validation 交叉驗證實驗在 1、4、7、10 月的分析結果，均方根誤差主要來源是

中午時段(11~14 時)，早上、下午時段的誤差量相對較小。比較圖 4(上排)和圖 5 中 7 月份的圖可發現空間分布很相似，其它月份也有相同的情況(圖略)，這代表用 KDDM 統計模型修正 TReAD 時輻射資料具有一定的可靠性與穩定度。

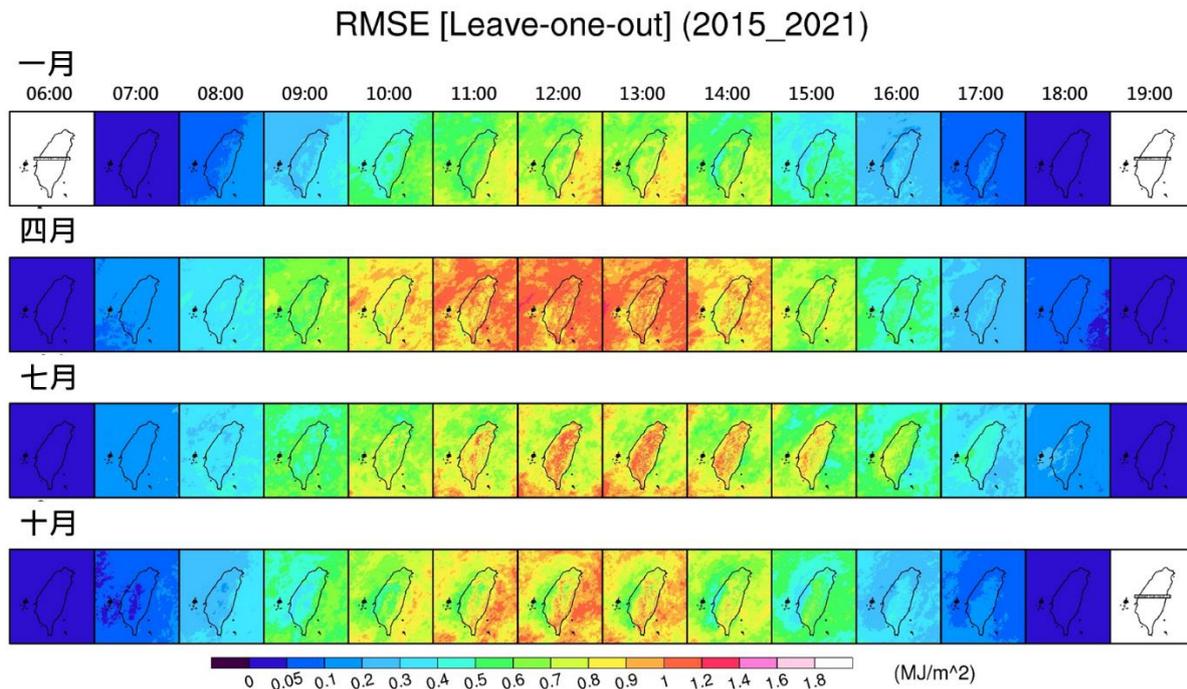


圖 5、利用 TReAD 時輻射資料和網格化衛星反演資料進行 Leave-one-out cross validation 交叉驗證實驗後 2015 年至 2021 年期間，1、4、7、10 月(由上至下)，6~19 時(由左至右)的均方根誤差誤差(RMSE)空間分布。(單位: MJ/m²)

6. 參考文獻

- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, 2017, updated monthly. ERA5 Reanalysis. Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory. <https://doi.org/10.5065/D6X34W69>.
- McGinnis S, Nychka D, Mearns L., 2015: A new distribution mapping technique for climate model bias correction. In: Lakshmanan, V., Gilleland, E., McGovern, A. and Tingley, M. (Eds.) Machine Learning and Data Mining Approaches to Climate Science. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17220-0_9.

7. 發表文章

暫無

8. 文件引用

楊承道，林士堯（民 112 年 9 月 5 日）。TReAD 日射量偏差修正資料生產履歷(1.0.1 版)。[擷取日期]，取自臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台：

https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/upload/data_profile/20230719170640.pdf

附件一、時輻射資料統計修正方法 Kernel Density Distribution

Mapping(KDDM)

以圖 6 為例，Kernel Density Distribution Mapping(KDDM)的基本原理是使用所謂的核密度估計子(kernel density estimator, KDE)去配適 $M_h(x)$ 和 $O_h(x)$ 的每一筆資料(圖 6a)，個別產生平滑的機率密度函數(probability density functions, PDFs)後，積分這些 PDFs 後得到的累積分布函數(Cumulative Density Function, CDF)即是轉換(映射)函數。如圖中之紅色曲線所示，為了對 TReAD 資料 $M_f(x)$ 進行誤差修正，平滑的轉換函數有利於縮小誤差，此轉換函數是連續函數，沒有 out-of-bounds(OOB)問題，可用於修正外推值，換句話說，發生 OOB 情形的 $M_f(x)$ ，外推得到的 $D_f(x)$ 也相對更有可靠性。

原圖出處:McGinnis et al. (2015)

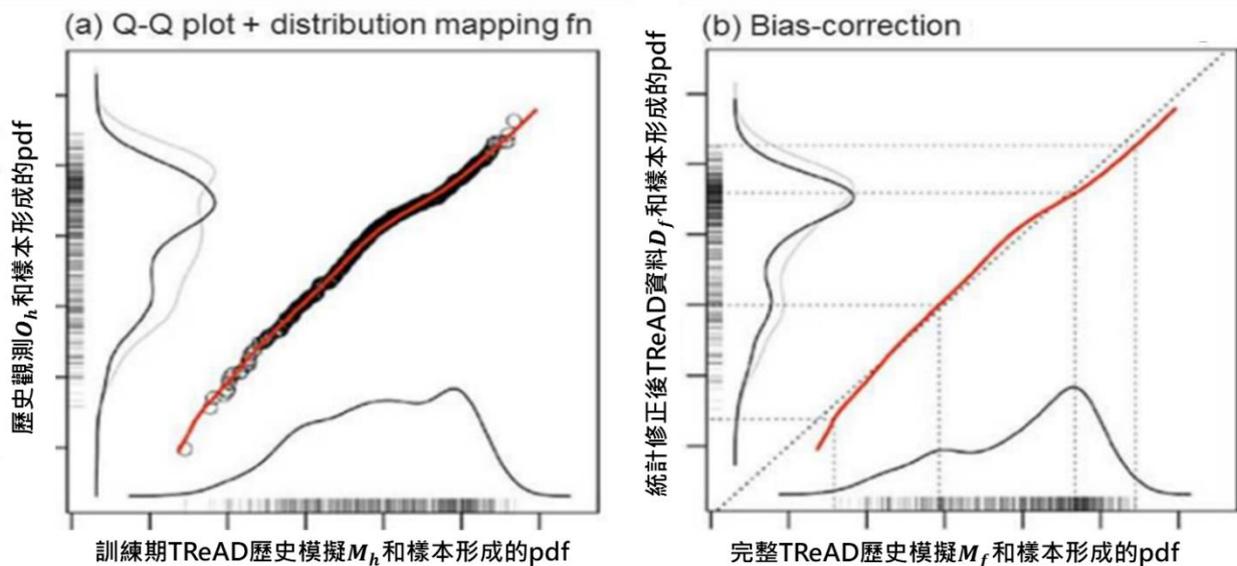


圖 6、圖 6a 顯示假定的訓練期 TReAD 歷史模擬(X 軸)和衛星反演歷史觀測(Y 軸)的 Q-Q plot 散點圖，以及特定的映射函數(紅色曲線)。圖 6b 中 4 條虛線顯示如何應用映射函數進行誤差修正。圖中個別的細黑實線代表其各自的樣本群所形成的機率密度函數(probability density function, PDF)。另外，在 X 軸顯示 TReAD 輻射資料樣本所形成的 PDF 再額外鏡射在 Y 軸上(細灰實線)，以突顯修正前後造成的改變。圖 6b 中統計修正後的 TReAD 資料應產生和歷史觀測樣本有近乎一致的 PDF。

本研究遂利用氣象署網格化衛星反演資料與 TReAD 歷史重建資料庫，共有的資料時段，2015 年至 2021 年，當作訓練期，採取分月份、分小時訓練的方式，對每一相對應的網格點輻射資料樣本進行 KDDM 統計模型參數估計，得到估計出來的映射函數後，對 TReAD 完整時間序列的時輻射資料(1980 年至 2021 年)進行統計修正，最後得到與網格化衛星反演資料有相似資料統計特性的 TReAD 日射量偏差修正資料。