

總降水量校驗指標介紹與特性分析

葉世瑄¹ 黃椿喜¹ 呂國臣¹ 劉承昕² 馮智勇²

¹中央氣象局氣象預報中心

²多采科技有限公司

摘要

針對定量降水預報，目前常用列聯表的方式進行校驗，通常選取某一降雨門檻計算其預兆得分(Threat Score, TS)與偏差得分(Bias Score, BS)等校驗指標，進行討論。這些指標皆需細分降雨門檻進行計算，雖然可看出中小雨、大雨與極端雨量各自的預報能力，卻沒辦法只用一個數值來代表模式預報的整體規模與表現。因此，本研究試圖由數值預報系統於臺灣地區模擬之總降水量進行校驗，提出總降水量校驗指標(Total Precipitation Proportion, TPP)之概念。將慣用的定門檻雨量預報校驗推廣至代表降雨規模的總降水量校驗，重新定義總降水量之列聯表關係式，計算其預兆得分、偏差得分等技術。總降水量之定義相對於定門檻雨量在水文上之應用更加直觀，可代表一個區域的整體降水規模，以此為指標進行校驗，可避免雨量校驗門檻選擇的困難，進而導致因降雨規模不同而衍生出校驗基礎不同的歧異，而單一個校驗指標對於降雨事件之整體分析亦能大幅簡化後續討論之複雜度。本文以 2019 梅雨季統計與 2018 年 8 月 20 日至 8 月 31 日之西南氣流豪雨致災事件為例，24 小時累積雨量之總降水量校驗指標_預兆得分(TPP_TS)大致落在原本的 10-50 毫米預兆得分(TS)之間。TPP_TS 得分特性與原本之 TS 得分相同，若降雨規模越大與模式預報結果越好，則 TPP_TS 得分將會越高，而總降水量校驗指標_偏差得分(TPP_BS)也與原本之 BS 得分擁有相同的特性。

關鍵字：定量降水預報、預兆得分、偏差得分、總降水量校驗

一、前言

為了防災應用上的需求，中央氣象局(Central Weather Bureau)在近幾年積極發展定量降水預報(Quantitative Precipitation Forecast, QPF)整合系統，統整歐洲作業中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)、美國國家環境預報中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)、日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA)、CWB 決定性區域模式 WRFD(Weather Research and Forecasting Model)、TWRP(Typhoon Weather Research and Forecasting Model)與 CWB 系集預報系統(WEPS)，後處理方法除了簡單的系集平均以外，也進一步發展進階的統計方法如 NPM (葉等 2014)與定量降水預報百分位數(Quantitative Precipitation Forecast Percentile,

QPF, 黃 2014)等預報指引，以提供預報員做 QPF 的評估。

基於此，QPF 校驗一直都是非常重要的環節，普遍做法為選取某一降雨門檻以列聯表(表 1)的方式進行校驗，雖可看出模式對於不同雨勢的預報特性，但常因個案雨量規模的不同導致雨量校驗門檻選擇的困難，而衍生出校驗基礎不同的歧異。故本研究將針對降雨事件中代表降雨規模之總降水量進行校驗，提出總降水量校驗指標(Total Precipitation Proportion, TPP)之概念，簡單使用單一數值做後續分析與探討。

本研究選取 2019 年梅雨季節(5 至 6 月)與 2018 年 8 月西南氣流豪雨致災事件，以 24 小時累積雨量分析降水量校驗指標之特性，提供預報員做使用的參考。

二、資料收集與分析方法

(一) 資料來源與模式簡介

本研究使用的觀測格點雨量資料為中央氣象局自 2002 年起整合多重觀測資料並結合地理資訊發展劇烈天氣監測系統 QPESUMS (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor) 之定量降水估計產品。

模式格點雨量資料則分別使用全球模式 ECMWF、NCEP 與氣象局決定性區域模式 WRFD、TWRP 與氣象局系集模式之系集平均(WEPS)、系集後處理產品 NPM、QPFP20%與氣象局官方主觀預報(GFE)。

(二) 研究與校驗方法

總降水量校驗指標為計算實際之整體降水量與預報之整體降水量後(如圖 1)，將之代入各種校驗指標進行計算。本研究將以總降水量校驗指標_預兆得分 (Total Precipitation Proportion_Threat Score, TPP_TS) 與總降水量校驗指標_偏差得分 (Total Precipitation Proportion_Bias Score, TPP_BS) 進行後續定量分析與探討。TPP_TS 為了解模式正確預報總降水量占預報與觀測總降水量兩者總和的比值，TPP_BS 則為模式預報總降水量與觀測總降水量之比值。TPP_TS、TPP_BS 分別與 TS、BS 特性相同，TPP_TS 越接近 1 表現越好，越接近 0 表現越差；TPP_BS 越接近 1 表現越好，數值小於 1 代表預報低估，大於 1 代表預報高估。四種校驗分數公式如下：

$$TS = \frac{a}{a + b + c}$$

$$BS = \frac{a + b}{a + c}$$

$$TPP_TS = \frac{A}{A + B + C}$$

$$TPP_BS = \frac{A + B}{A + C}$$

a、b、c 定義，a 代表預報有降雨且觀測也有降雨的次數(hit)，b 代表預報有降雨但觀測無降雨的次數(false alarm)，c 代表預報無降雨但觀測有降雨的次數(miss)。

A、B、C 定義，A 代表預報有降雨且觀測也有降雨的總降水量(hit)，B 代表預報有降雨但觀測無降雨的總降水量(false alarm)，C 代表預報無降雨但觀測有降

雨的總降水量(miss)。

三、個案分析與結果討論

(一) 2019 年梅雨季統計

圖 2 為各種模式 QPF 的 2019 年梅雨季統計(5 至 6 月)之平均預報技術得分，長條圖的顏色代表不同門檻值的校驗得分(TS、BS)，黑色三角標示則為以總降水量計算之總降水量校驗指標得分 (TPP_TS、TPP_BS)。從圖 2a~b 顯示，全部模式之 TPP_TS 大致位在 10 毫米與 20 毫米 TS 得分之間，量值約為 0.3~0.45，推論因中小雨面積占總降水面積之比例較大，故 TPP_TS 得分也跟中小雨 TS 得分相距不遠。全體模式之 TPP_BS 除系集後處理方法 QPFP20%較明顯高估(TPP_BS 為 1.437)，以及官方預報(GFE)和系集後處理方法 NPM 接近於 1 之外，其他模式則有略為低估的情形，值約在 0.69~0.96 之間。進一步分析顯示區域模式整體表現優於全球模式(TPP_TS 較高，TPP_BS 也較接近於 1)，可知區域模式對於整體降水規模有較好的掌握度；官方預報與區域模式相比，表現則與 NPM、QPFP20%得分相當，但因 QPFP20%的 TPP_BS 有較高估情形，故整體表現以官方預報與 NPM 為最佳。

(二) 個案分析

本研究個案分析為 2018 年 8 月 20 日至 8 月 31 日之西南氣流豪雨致災事件，校驗結果如圖 3。從圖 3a~b 顯示，全部模式之 TPP_TS 大致位在 20 毫米與 50 毫米 TS 得分之間，量值約為 0.38~0.52，推論因此個案降水規模較大，故 50 毫米以下降水面積占總降水面積的比例夠高，使 TPP_TS 得分相當於個案中相對的中小雨 TS 得分，與前述梅雨季統計結果相同。全體模式之 TPP_BS 皆有略為高估的情形，值約在 1.03~1.58 之間。進一步分析也顯示區域模式整體表現優於全球模式，類同梅雨季統計結果，另外區域模式對於較大雨量(50 毫米以上)的掌握度對於整體降水規模的預報能力也有較高的技術。官方預報與區域模式表現相當，不過其 TPP_BS 為所有模式最高(TPP_BS 為 1.58)，推論官方預報可能因風險考量而有預報高估的情形。

四、結論

中央氣象局近幾年極力發展定量降水預報技術，QPF

校驗是其中非常重要的環節，本研究試圖由數值預報系統於臺灣地區模擬之總降水量進行校驗，提出總降水量校驗指標 TPP 之概念。將慣用的定門檻雨量預報校驗推廣至代表降雨規模的總降水量校驗。總降水量之定義相對於定門檻雨量在水文上之應用更加直觀，可代表一個區域的整體降水規模，以此為指標進行校驗，可避免雨量校驗門檻選擇的困難，進而導致因降雨規模不同而衍生出校驗基礎不同的歧異，而單一個校驗指標對於降雨事件之整體分析亦能大幅簡化後續討論之複雜度。從 2019 年梅雨季統計與 2018 年 8 月 20 日至 8 月 31 日之西南氣流豪雨致災事件進行 TPP_TS 與 TPP_BS 特性分析，皆顯示 TPP_TS 得分大致上相當於一個事件中相對之中小雨 TS 得分，而中小雨的門檻範圍將因每次的降雨規模而有所不同，但如果降雨規模越大且模式預報越好，TPP_TS 得分也會越高。實例分析結果也顯示區域模式整體表現優於全球模式，另外區域模式對於較大雨量(50 毫米以上)的掌

握度對於整體降水規模的預報能力也有較高的技術。官方預報與區域模式表現相當，不過其 TPP_BS 得分與 QFP20% 一樣高估情況都較為明顯，推論官方預報可能因風險考量而有預報高估的情形。

五、參考資料

- 李志昕、洪景山，2011：區域系集預報系統研究：物理參數化擾動。大氣科學，39，95 - 116。
- 李志昕、洪景山，2013：“區域系集預報系統強化研究—物理參數法擾動強化”，102 年天氣分析與預報研討會論文彙編，A2，37—42。
- 黃椿喜、洪景山、葉世瑄、張博雄、呂國臣，2014：“從定量降水預報、定量降水機率預報到機率定量降水預報”，103 年天氣分析與預報研討會論文摘要彙編，A6-1。
- 葉世瑄、林沛練、洪景山、黃椿喜，2014：“機率擬合之系集定量降水預報後處理方法”，103 年天氣分析與預報研討會論文摘要彙編，A6-6。
- Ebert, Elizabeth E., 2001: Ability of a Poor Man's Ensemble to Predict the Probability and Distribution of Precipitation. Mon. Wea. Rev., 129, 2461–2480.

附件

表 1、列聯表關係，其中 a 為命中格點(hits)、b 為誤報格點(false alarms)、c 為漏報格點(misses)、d 為正確識別格點(correct negatives)。

Contingency table (Finley, 1884)

Fct. \ Obs.	Yes	No	Total
Yes	<i>a</i> (<u>Hits</u>)	<i>b</i> (<u>False alarms</u>)	<i>a+b</i> (<u>Fct. Yes</u>)
No	<i>c</i> (<u>Misses</u>)	<i>d</i> (<u>Correct negatives</u>)	<i>c+d</i> (<u>Fct. No</u>)
Total	<i>a+c</i> (<u>Obs. Yes</u>)	<i>b+d</i> (<u>Obs. No</u>)	<i>a+b+c+d</i> (<u>Total</u>)

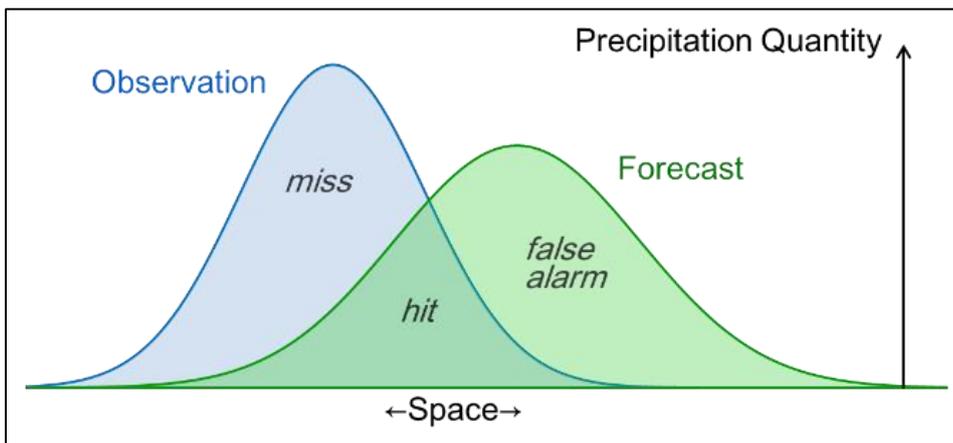


圖 1、總降水量校驗指標之計算示意圖，橫軸為降水面積，縱軸為 z 軸上的降水累積量，故降水面積往 z 軸積分即為總降水量。藍色曲線底下體積為觀測總降水量，綠色曲線底下體積為預報總降水量，兩者重疊部分即為命中格點(hit)之總降水量，預報有降水而觀測無降水則為誤報格點(false alarm)之總降水量，預報無降水而觀測有降水則為漏報格點(miss)之總降水量。

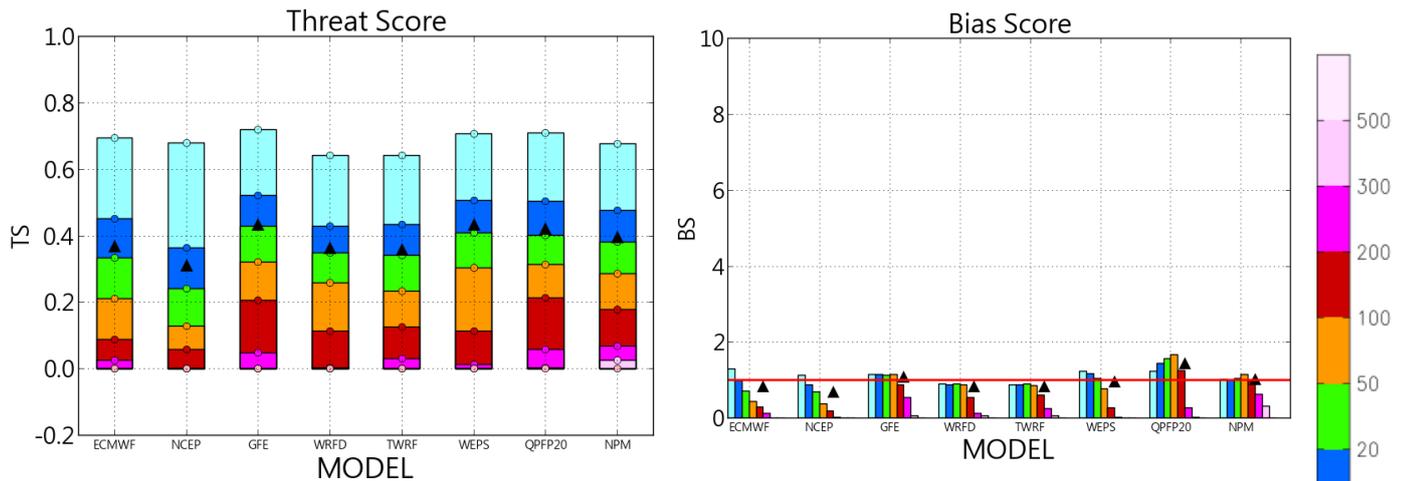


圖 2、模式於 2019 年梅雨季統計的平均校驗得分。縱軸為各校驗分數，依序為(a)預兆得分 TS(b)偏差得分 BS (紅線為 BS=1 基準線)。橫軸為模式，依序為 ECMWF, NCEP, 氣象局官方預報(GFE), WRFD, TWRF, 系集平均(WEPS), QFP20%與 NPM。長條圖的顏色代表不同門檻值的校驗分數，門檻值的設定請參考色標。黑色三角標示分別為(a)總降水量校驗指標_預兆得分 TPP_TS(b)總降水量校驗指標_偏差得分 TPP_BS。

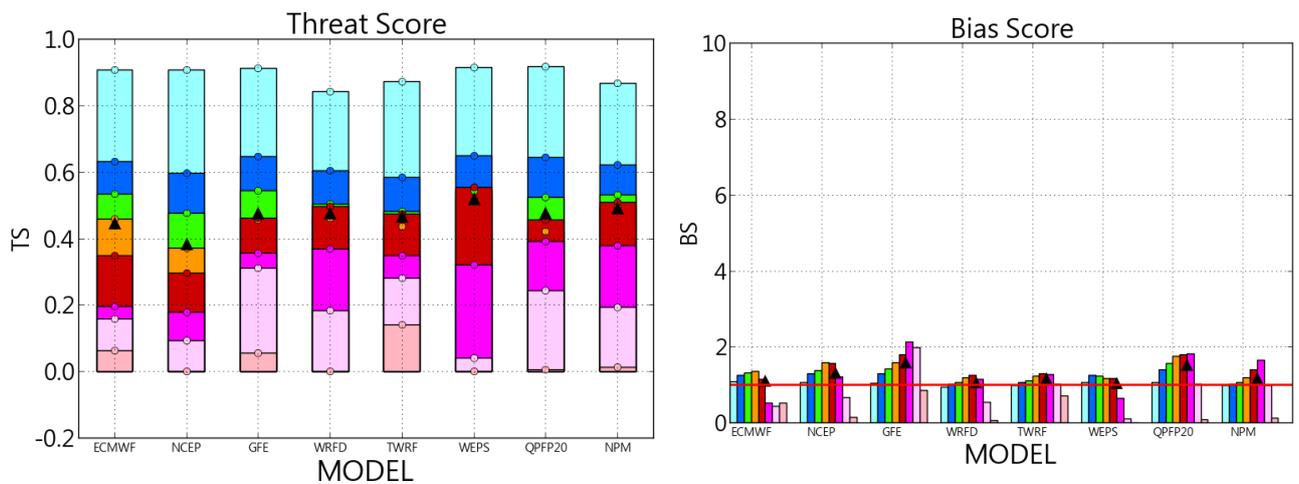


圖 3、模式於 2018 年 8 月 20 日至 8 月 31 日之西南氣流豪雨致災事件的平均校驗得分。其他圖說如圖 2。