

氣象局官方與主要數值天氣預報指引之定量降水預報校驗與綜合比較

黃椿喜¹ 葉世瑄¹ 呂國臣¹ 洪景山²

中央氣象局氣象預報中心 中央氣象局資訊中心

摘要

氣象局雖然早在 2005 年底正式發布官方的定量降水預報(Quantitative Precipitation Forecast, QPF)，但受限於當時數值預報模式之掌握度仍有限，且預報員對於 QPF 的了解與經驗不足，因此定量降水預報一直是天氣預報上的重大挑戰。但自 2009 莫拉克颱風造成重大傷亡以來，國家防災上對於 QPF 的迫切需求日益增壓，因此氣象局基於精緻化的鄉鎮天氣預報的架構，持續發展高解析的區域數值天氣預報模式與系集天氣預報系統，同時積極整合各種短期 QPF 方法，以改進 QPF 之技術與觀念。近年的官方 QPF 作業已針對不同全球預報系統、區域預報模式與區域系集預報系統，引進巨量系集預報技術，預報員可依據客觀的系集或統計方法產生各種主觀的決定性 QPF。本研究將進一步針對氣象局官方 QPF 及目前參考的主要數值預報指引，進行系統性的校驗與綜合評估，提供國內防災機構、學界與預報員目前官方與預報指引的 QPF 的預報技術現況，作為預報員進行官方 QPF 或各機構未來提升 QPF 的參考。

關鍵字：定量降水預報、系集、校驗

一、 前言

中央氣象局自 2005 年起正式發布未來 1 日之逐 12 小時定量降水預報，初期受限於數值模式對於 QPF 的掌握度有限，且預報員對於數位化之 QPF 之了解及經驗尚不足，因此預報之技術有限。而自莫拉克颱風造成重大影響以來，國家防災對於 QPF 的迫切需求日益增加。2012 年以後，氣象局的一般天氣預報正式邁入數位天氣預報的里程碑，定點定量的數位鄉鎮天氣預報取代傳統的縣市單點預報，因應數位化及圖形化的預報觀念，應用客觀技術產生最佳預報的觀念也有蓬勃的發展。而在此同時，預報員對於數位資料的處理也開始建立更系統化的方式，因此中央氣象局(Central Weather Bureau)開始積極發展短期的定量降水預報(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 區域系集預報系統(CWB WEPS)，以此為巨量系及資料庫，利用不同延時策略及統計方法產生定量降水預報，除了簡單的系集平均以外，也

進一步發展進階的統計方法，如利用系集平均雨量之相對空間分布為基礎，以整體系集雨量之降雨頻率分布或以個別系集雨量頻率分布之平均，做為新的雨量頻率之 2 種機率擬合平均(Probable-matched Mean, PM, Ebert 2001；NPM，葉等 2014)分法；另外也採取定量降水預報百分位數(Quantitative Precipitation Forecast Percentile, QPFP, 葉 2014)分布等方法。現行預報作業即以上述的單一模式、簡單或進階的系集方法產生之 QPF 作為預報指引，提供預報員做短期 QPF 的評估。

目前在格點的鄉鎮天氣預報中，也以發展相對應的短期定量降水預報工具，

二、 資料收集與分析方法

本研究使用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 UsingMultiple Sensor)之定量降水估計產品，其定量降水估計採用台灣地區可取得的最低仰角雷達迴波，以適合的 Z-R 關係式估計每 10 分鐘之降雨率，後輔以氣象局檢核通過的雨量站資料校正而得。

用以進行較驗的模式包括歐洲作業中心

(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) 0.125 度解析之全球預報模式、美國國家環境預報中心 0.5 度解析之全球預報系統(National Centers for Environmental Prediction, NCEP GFS)、日本氣象廳之 0.5 度解析之全球預報系統 (Japan Meteorological Agency, JMA)、氣象局 5 公里解析的 WRF(Weather Research and Forecasting Model)區域預報模式(WRFD)、氣象局 5 公里解析的 WRF 區域颱風預報模式(TWRF)、氣象局 5 公里解析的 WRF 區域系集預報系統(CWB WEPS)等。其中針對系集預報的 QPF 校驗的產品包括簡單的系集平均(WEPS)，整合系集平均之空間相對分布與系集預報系統整體之降雨頻率產生的機率擬合平均(Probability Matched Mean, PM)，考慮系集平均之空間相對分布與系集成員降雨頻率之平均的 NPM 方法(new PM, 葉等 2014)。另外若小至大在不同的定量降雨機率的(Probability of QPF, PQPF)空間上給定機率門檻，可再將機率空間轉換為雨量空間，產生隱含機率形式的定量降水預報，可稱為超過 $x\%$ 機率的定量降水預報(QPF- $y\%$, QPF exceeding $y\%$ threshold probability)，更簡化來看，在連續雨量門檻的角度上即為百分位數(percentile)的概念。

(三) 校驗方法

本研究針對台灣本島陸地上每 0.02 度的格點進行校驗，將不同解析度的 QPF 產品及 QPE 皆內插至 0.02 度解析度後再進行校驗，本文使用列連表(contingency table)計算校驗格點上的 QPF，並以計算預兆得分(Threat Score, TS)、公正預兆得分(Equitable Threat Score, ETS)、偵測率(Probability of Detection, POD)、誤報率(False Alarm Rate, FAR)、漏報率(Missed Rate)與偏差指數(Bias Score, BS)等參數進行定量分析(葉等 2014)。

三、統計校驗結果

(一) 梅雨季平均

圖 1 為 2014 年 7 至 9 月颱風季氣象局使用的所有數值模式及官方 24 小時定量降水預報之校驗結果。由於官方進行 QPF 時，同時間初始場的預報尚未完成，因此在圖 1 中中官方預報為 0-24h，其餘模式之初始時間則依據更新時間的差異落後 6 小時，為 EC 因為更

新時間為 12 小時，因此落後 12 小時。一般而言 7 至 9 月主要的劇烈天氣系統以颱風、西南氣流與午後雷陣雨為主。2014 年 7 月及 9 月分別受到第 10 號麥德姆(Matmo)颱風及第 16 號鳳凰颱風(Fung-Wong)影響，另外在 8 月 7 日至 14 日間受到西南氣流事件影響，為此段時間大豪雨(200 毫米)以上的主要降雨事件。

依據圖 1 的結果 2014 年 1 毫米門檻的 QPF 技術 TS 為 0.51、ETS 為 0.21、FAR 為 0.45、MS 為 0.13、POD 為 0.87、BIAS 為 1.59，100 毫米之 TS 為 0.30、ETS 為 0.29、FAR 為 0.62、MS 為 0.35、POD 為 0.65、BIAS 為 2.14，200 毫米之 TS 為 0.18、ETS 為 0.18、FAR 為 0.79、MS 為 0.43、POD 為 0.57、BIAS 為 2.74，且 300 毫米之 TS 及 ETS 仍有 0.086 及 0.084。其中 100 毫米之 TS，全球預報系統 EC 為 0.40、NCEP 為 0.29、JMA 為 0.29，區域預報模式 WRFD 為 0.32、TWRF 為 0.34，系集預報系統 WEPS-MEAN 為 0.36、WEPS-QPFP20% 為 0.28、WEPS-NPM 為 0.28、WEPS-PM 為 0.26。

官方預報對於 100 毫米之雨量預報能力 TS 及 ETS 技術得分分別為 0.32 及 0.31，BIAS 約為 2.14，顯示 100 毫米雨量之預報面積為觀測之面積的 2.14 倍，有 114% 的高估，而約有 30% 的區域重疊，其 FAR 約 0.66 表示預報的面積中僅有小於 66% 的範圍是誤報，MISS 約 0.27 表示觀測的面積中有約 27% 沒被預測，POD 約 0.73 表示觀測的面積中有 73% 被預測到。200 毫米之雨量預報能力 TS 及 ETS 技術得分約 0.18，BIAS 約為 2.74，顯示 200 毫米雨量之預報面積為觀測之面積的 2.74 倍，有 174% 的高估，而約有 18% 的區域重疊，其 FAR 約 0.79 表示預報的面積中有 79% 的範圍是誤報，MISS 約 0.43 表示觀測的面積中有約 43% 沒被預測，POD 約 0.57 表示觀測的面積中有 57% 被預測到。而 300 毫米之雨量預報能力 TS 及 ETS 技術得分略小於 0.09，BIAS 約為 1.78，顯示 300 毫米雨量之預報面積為觀測之面積的 1.78 倍，有 78% 的高估，而約有 9% 的區域重疊，其 FAR 約 0.88 表示預報的面積中有 88% 的範圍是誤報，MISS 約 0.78 表示觀測的面積中有約 78% 沒被預測，POD 約 0.22 表示觀測的面積中僅有 22% 被預測到。

EC 對於 100 毫米之雨量預測具有最佳的預報能力，TS 及 ETS 技術得分皆約 0.4 高於官方 QPF，BIAS

約為 1.08，顯示 100 毫米雨量之預報面積與觀測之面積比例相似，僅有 8%的高估，而約有 40%的區域重疊，表現較官方預報為佳；其 FAR 約 0.45 表示預報的面積中僅有小於 50%的範圍是誤報，MISS 約 0.41 表示觀測的面積中有約 41%沒被預測，POD 約 0.59 表示觀測的面積中有 59%被預測到；然而對於 200 毫米以上，由於解析度的關係，全球預報系統的預報技術 TS 下降至 0.2 左右，且 BIAS 明顯下降。

系集預報系統 WEPS 對於 100 毫米之雨量之 TS 及 ETS 技術得分皆約 0.35-0.36，BIAS 約為 1.47，顯示 100 毫米雨量之預報面積約為觀測之面積 1.47 倍，有 47%高估，而約有 36%的區域重疊，其 FAR 約 0.70 表示預報的面積中有 70%的範圍是誤報，MISS 約 0.34 表示觀測的面積中有約 34%沒被預測，POD 約 0.66 表示觀測的面積中有 66%被預測到；300 毫米之雨量之 TS 及 ETS 技術得分仍有 0.24，BIAS 約為 0.97，顯示 300 毫米雨量之預報面積與觀測之面積相當，約有 24%的區域重疊，其 FAR 約 0.68 表示預報的面積中有 68%的範圍是誤報，MISS 約 0.69 表示觀測的面積中有約 69%沒被預測，POD 約 0.31 表示觀測的面積中有 31%被預測到。500 毫米之 TS 及 ETS 仍有 0.04，但預報面積略有低估 BS 約 0.67。

顯然全球預報系統在於 300 毫米以上幾乎沒有預報技術，對於極端降雨的預報有明顯低估或根本無法預報，只有高解析的系集預報系統或區域模式對 300 毫米，甚至 500 毫米以上的極端降雨才有部分的預報技術。而官方的定量降水預報通常具有較高的預報技術 TS 及 ETS，較高的偵測率 POD，有較低的誤報率 FAR 及漏報率 MISS，但偏差 BIAS 通常稍大。

整體而論，全球預報系統在 7 至 9 月對於強綜觀，較大尺度主導的天氣系統降水有不錯的預報能力，如颱風及西南氣流等，尤其 200 毫米以下之降水預報；但對於弱綜觀，中尺度主導之天氣系統，如午後雷陣雨預報能力較差，

四、結論

氣象局雖然早在 2005 年底正式發布官方的定量降水預報(Quantitative Precipitation Forecast, QPF)，但受限於當時數值預報模式之掌握度仍有限，且預報員

對於 QPF 的了解與經驗不足，因此定量降水預報一直是天氣預報上的重大挑戰。但自 2009 莫拉克颱風造成重大傷亡以來，國家防災上對於 QPF 的迫切需求日益增壓，因此氣象局基於精緻化的鄉鎮天氣預報的架構，持續發展高解析的區域數值天氣預報模式與系集天氣預報系統，同時積極整合各種短期 QPF 方法，以改進 QPF 之技術與觀念。近年的官方 QPF 作業已針對不同全球預報系統、區域預報模式與區域系集預報系統，引進巨量系集預報技術，預報員可依據客觀的系集或統計方法產生各種主觀的決定性 QPF。本研究將進一步針對氣象局官方 QPF 及目前參考的主要數值預報指引，進行系統性的校驗與綜合評估，提供國內防災機構、學界與預報員目前官方與預報指引的 QPF 的預報技術現況，作為預報員進行官方 QPF 或各機構未來提升 QPF 的參考。

對於颱風季而言，全球預報系統在於 300 毫米以上幾乎沒有預報技術，對於極端降雨的預報有明顯低估或根本無法預報，只有高解析的系集預報系統或區域模式對 300 毫米，甚至 500 毫米以上的極端降雨才有部分的預報技術。而官方的定量降水預報通常具有較高的預報技術 TS 及 ETS，較高的偵測率 POD，有較低的誤報率 FAR 及漏報率 MISS，但偏差 BIAS 通常稍大。

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。
- 葉天降、滕春慈、黃麗玲、馮欽賜、張庭槐, 2012：中央氣象局數值天氣預報作業系統(一)歷史演進。氣象學報第 48 卷第 4 期, 53 - 68。
- 呂國臣, 2011：中央氣象局發展鄉鎮逐時天氣預報系統之研究。建國百年天氣分析預報與地偵測報研討會, 231-232。
- 張博雄, 2011 網格化天氣預報編輯系統之研究。建國百年天氣分析預報與地偵測報研討會, 233-234。
- 郭閔超、李孟軒、蔡甫甸, 2012：中央氣象局 2013~2011 年官方降水預報之分析與探討。天氣分析與預報研討會, 143-146。
- 陳新淦、黃椿喜、呂國臣、洪景山、張博雄, 2014：“發展模式與觀測雷達回波影像比對技術及改善極短期降水預報之研究”，103 年天氣分析與預報研討會論文摘要彙編, A6-3。

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。

Chang, H. L., H. Yuan, P. L. Lin, 2012: Short-Range (0-12h) PQPFs

from time-Lagged Multimodel Ensembles Using LAPS. *Mon. Wea. Rev.*, 140, 1496–1516.

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.

2014 Jul-Sep 24h-QPF Guidance Verification

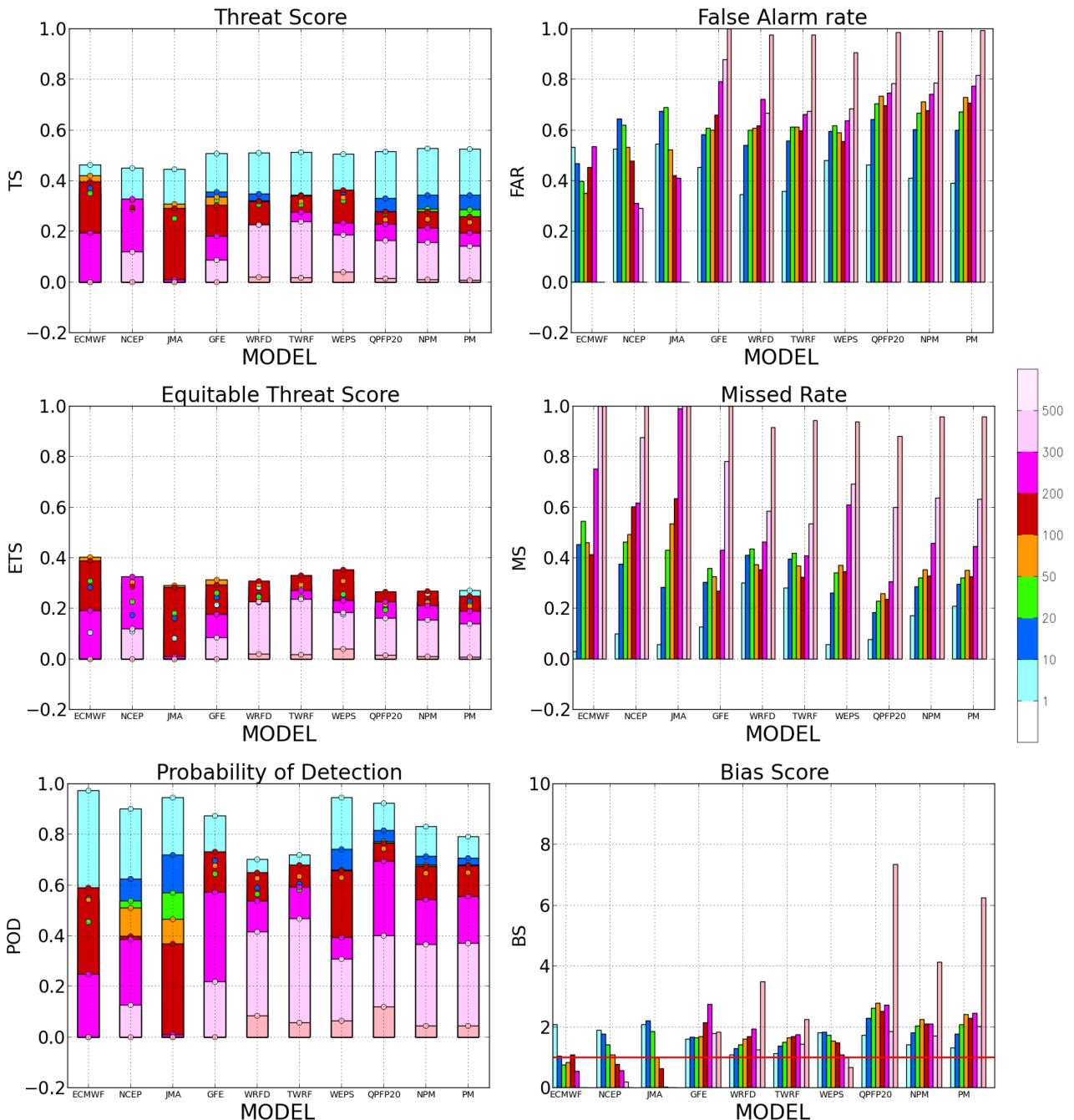


圖 1 2014 年 7 至 9 月，所有數值模式對於定量降水預報之校驗得分，依序為(a)預兆得分(b)公正預兆得分(c)偵測率(d)誤報率(e)漏報率(f)偏差得分。

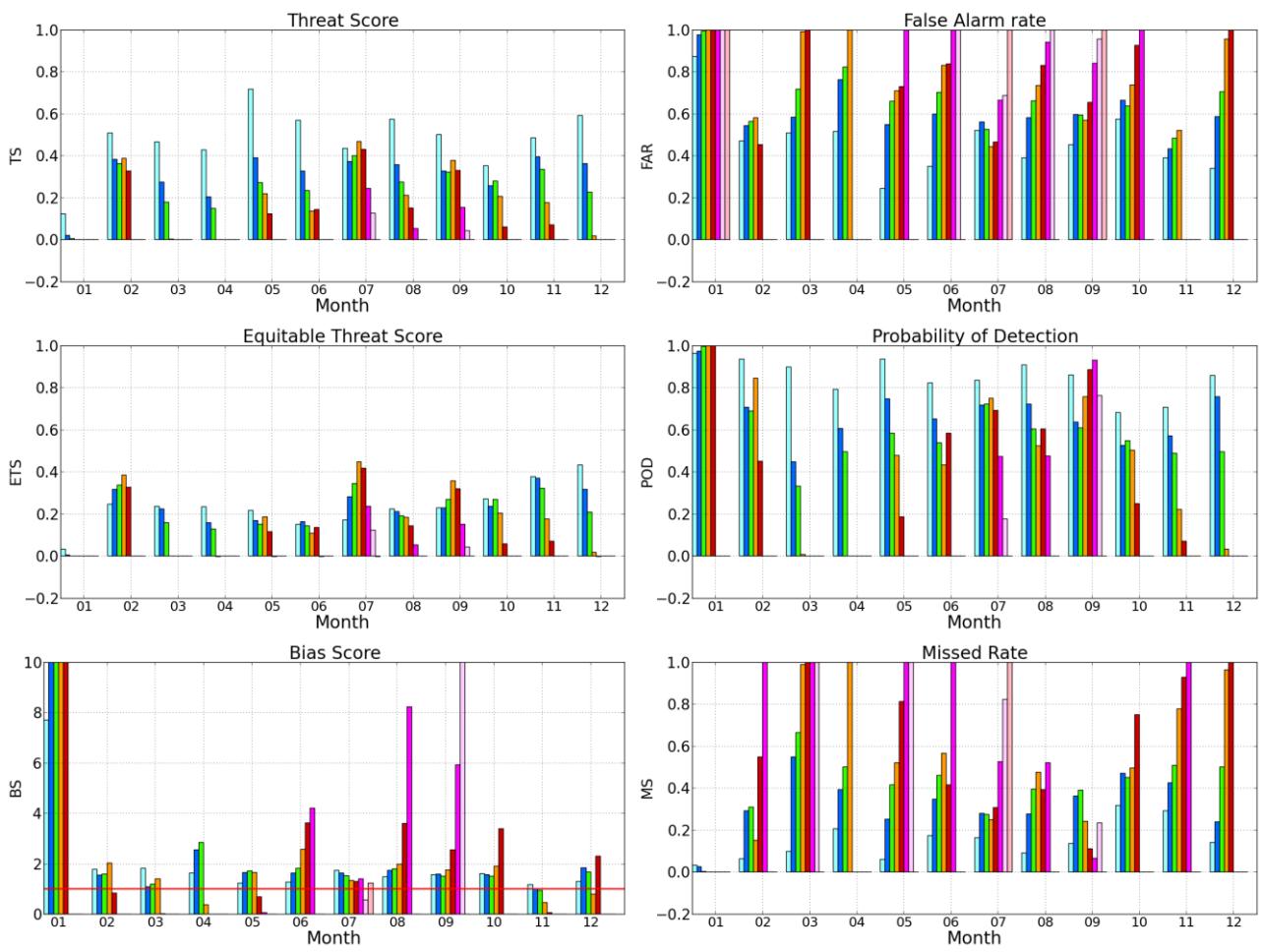


圖 2 2014 年 1 至 12 月官方定量降水預報技術之表現，依序為(a)預兆得分(b)公正預兆得分(c)偵測率(d)誤報率(e)漏報率(f)偏差得分。