

中央氣象局新一代區域預報系統(NFS)降水預報之診斷評估

盛揚帆¹ 林松錦² 柳再明³ 林淑卿³ 劉其聖⁴

中央氣象局科技中心¹

國立中央大學大氣物理研究所²

中央氣象局資訊中心³

美國海軍實驗室⁴

摘要

本報告利用量化的降水預報評估方法檢驗中央氣象局新一代區域預報系統(NFS)對台灣地區降水預報的能力，一方面做為預報作業的參考，另一方面也可做為模式改進的依據。校驗評估的結果顯示預報系統第二層網域與第三層網域的降水預報在高雨量(低限值大於 40mm/24hrs)上均有過度預報的現象，而在中低雨量(低限值小於 40mm/24hrs)上則有不足預報的現象。此外，各層網域的預報表現隨不同月份的變化是類似的，但無法評定何層網域的表現較佳。比較同一時期 MM5 系集預報的評估結果則顯示 NFS 在台灣地區的降水預報表現已達到相當的水準。

一、前言

近來台灣地區經常出現豪大雨的天氣現象，除造成水患外，亦伴隨土石流的災情，對生命財產均造成嚴重的危害，所以降水預報即成為氣象預報作業中重要的項目，降水預報準確率的要求也成為預報系統的一大挑戰。中央氣象局新一代的中尺度區域預報系統(NFS)已正式作業，此系統可提供台灣地區高解析度的天氣變化狀況，其降水預報可作為預報作業的重要參考。本報告即希望利用客觀量化的校驗方法來評估現階段作業中NFS的降水預報能力，以作為實際降水預報作業的參考及NFS改進的依據。

二、NFS概述

NFS 係由靜力穩定(hydrostatic)的模式逐漸發展成非靜力穩定(nonhydrostatic)的模式，所以具有模擬此二種不同條件下大氣運動的能力。NFS 具有巢狀網格的功能，目前的設計最多可同時進行三層巢狀網格的模擬。模式在垂直方向是採用追隨地勢座標。模式中包含大氣輻射的計算，可預報地面溫度的變化。水汽的處理除凝結與蒸發外，也包含微物

理的變化與積雲參數化的計算。微物理變化由簡單到複雜可有三種選擇，積雲參數化法的選擇有郭氏積雲參數化法(Kuo,1974)及 Arakawa-Schubert 積雲參數化法(Arakawa and Schubert, 1974)兩種方法。模式中使用 TKE/E-ε 的邊界層參數化方法來模擬大氣邊界層的變化。

在現行的預報作業中NFS是選擇靜力穩定的條件，並使用三層巢狀網格的設計(圖1)，最外層(第一層網域)的網格間距為45km，中層(第二層網域)的網格間距為15km，最內層(第三層網域)的網格間距為5km。各巢狀網格垂直層數均為30層。水汽微物理的變化只考慮凝結與蒸發，積雲參數化法則使用郭氏積雲參數化法。

三、校驗評估方法

本報告採用 ETS 評分(Equitable Threat Score; Schaefer,1990;Du et al., 1997)與偏倚評分(Bias Score; Anthes,1983; Du et al., 1997)來了解 NFS 降水預報在定性、定量、定點、區域及機率預報上的能力與特性。ETS 評分的定義為：

$$ETS = \frac{C - E}{F + O - C - E}, E = \frac{F * O}{T}$$

偏倚評分的定義為：

$$BIAS = \frac{F}{O}$$

其中 F 為預報降水大於或等於某一低限值(threshold)的模式網格點數， O 為觀測降水大於或等於某一低限值的模式網格點數， C 為預報降水及觀測降水均大於或等於某一低限值的模式網格點數， T 為校驗使用的所有模式網格點數。上述各數值的計算分析是採用美國國家環境預報中心(NCEP)的方法(Staudenmaier, 1996)，所有的計算分析均在模式網格點上進行。模式網格點上的觀測降水是將網格點周圍的觀測降水資料平均得來。若網格點周圍均無降水資料(無測站)，則校驗計算時此網格點的預報降水不做校驗。

ETS 評分基本上為正確預報降水的面積與預報及觀測降水面積總合的比值，可用來評估降水預報的技術得分(skill score)。當預報降水出現在錯誤的地方或在有觀測降水的地方沒有預報降水都會使 ETS 評分值下降。ETS>0 代表有技術得分的預報(相較於隨機預報)，ETS=1 為完美的預報，而 ETS<0 則代表沒有技術得分的預報。偏倚評分則用來評估大於某一降水低限值的模式降水預報出現頻率之預報能力，BIAS>1 代表過度預報(overprediction)，BIAS<1 則代表不足預報(underprediction)。

由於希望了解的是 NFS 降水預報在台灣地區的表現，所以本報告校驗評估的區域將僅限於台灣本島，所使用的觀測降水資料為遍佈全省的自動雨量站(圖 2)資料。考慮各巢狀網域解析度的限制，本報告校驗評估的模式網域為網格間距 15km 的第二層網域及網格間距 5km 的第三層。校驗評估之降水預報為 24 小時累積降水量，評估的時段為 0~24 小時與 12~36 小時二個時段的預報。評估的時間為 2001/5 月至 2001/6 月。評估時所用的降水低限值分別為 1mm、3mm、5mm、10mm、20mm、30mm、40mm、50mm、75mm 及 100mm。台灣 24 小時降雨極值可高達千公厘，所以特將最大低限值定為 100mm。

四、校驗評估結果

圖 3 為 NFS 第二層網域 2001 年 5 月的降水預報的 ETS 評分與偏倚評分，ETS 評分均為正值，代表有技術得分，評分值最高超過 0.25，隨降水低限值的增加而減少，即模式對高降水量的預報較差。偏倚評分則顯示模式對高雨量(低限值大於 40mm/24hrs)的預報有過度預報的現象，但當評估的範圍將中低雨量(低限值小於 40mm/24hrs)納入時，預報則有不足預報的現象，顯示模式對中低雨量部分有低估的現象。但評估全部降雨量(低限值大於 1mm/24hrs)時，則顯示預報的降水發生機率與觀測

相當。圖 4 為 NFS 第二層網域 2001 年 6 月的 ETS 評分與偏倚評分，ETS 評分最大值與最小值均較 5 月減小，顯示 6 月的降水預報準確率較 5 月下降。由偏倚評分的圖中也可看出相同的情形，即預報不足的極小值減小與過度預報的極大值增加。由模式的其他校驗資料(如 S1 得分與平均誤差)中知道模式的表現在此二月中並無明顯差異。而由圖中可知 6 月的觀測降水點數較 5 月少，顯示 6 月降水較 5 月少。此降水差異是否即為造成降水預報準確率變化的主要原因？亦或是預報系統或評估方法的錯誤？顯然需檢視長時間的校驗評估結果才可確定。圖 5 為 NFS 第三層網域 2001 年 5 月的 ETS 評分與偏倚評分，顯示第三層網域的降水預報表現較第二層網域稍佳，但差異不大。圖 6 為 NFS 第三層網域 2001 年 6 月的 ETS 評分與偏倚評分，其表現較 5 月差，此結果與第二層網域 5、6 月的比較類似。但其表現比 6 月第二層網域的預報為差，卻與 5 月二、三層網域的比較結果相反。此一現象是否與 6 月的預報表現較差有關，值得作進一步的探討。

參考 NCEP 對其中心諸多模式的評估結果發現其 ETS 評分極大值平均可超過 0.3，但由於評估的地理位置與模式網格解析度的不同，此 ETS 評分值無法做為 NFS 對台灣地區降水預報的評估標準。為檢驗 NFS 對台灣地區降水預報的能力是否偏低，特將 2001 年綠島中尺度實驗計劃(GIMEX)實驗期間(2001/5/1-2001/6/30) MM5 系集預報(ensemble forecast)的降水預報作相同的評估分析以做為比較。此系集預報所用的 MM5 模式解析度為 15km。圖 7 與圖 8 分別為 MM5 系集預報 2001 年 5 月與 6 月降水預報的 ETS 評分與偏倚評分，顯示 MM5 系集預報的預報降水在不同的降水低限值與 NFS 有不同的表現。但 MM5 系集預報 ETS 評分的極大值則與 NFS 相近，而且 6 月的表現也是比 5 月差，不過變化的幅度不若 NFS 大。此一結果顯示 NFS 對台灣地區降水預報的 ETS 評分是合理的，所以 NFS 對台灣地區的降水預報已達到相當的水準，可提供預報作業在降水預報上的參考。

五、結論與展望

本報告利用量化的降水預報評估方法來校驗中央氣象局新一代區域預報系統對台灣地區降水預報的能力，其結果一方面可做為預報作業的參考，另一方面也可做為模式改進的依據。

比較偏倚評分的結果顯示預報系統第二層網域與第三層網域的降水預報在高雨量(低限值大於 40mm/24hrs)部分均有過度預報的現象，而在中低雨量(低限值小於 40mm/24hrs)上則有不足預報的現象。而由 ETS 評分的比較顯示降水量較多的 5 月各

層網域的預報表現均較降水量較少的 6 月為佳，顯示各層網域隨不同月份的變化是一致的。而二層網域之間的降水預報比較在降水量較多的 5 月是第三層網域表現較佳，而在降水量較少的 6 月卻是第二層網域表現較佳，所以由目前的評估結果示並無法評定何層網域的表現較佳，需作長時間的評估分析才可有較確定的結論。

雖然 NFS 降水預報的 ETS 評分極大值較 NCEP 各預報模式的紀錄為低，但同一時期 MM5 系集預報的評估結果卻顯示與 NFS 相近的 ETS 值，顯示 NFS 在臺灣地區的降水預報表現具有相當的可信度。

雖然 NFS 的降水預報表現已達相當的水準，但由校驗的結果顯示降水預報的能力仍須持續改進以提供更好的降水預報結果。短期內 NFS 將改進調整的方向為轉換靜力穩定條件至非靜力穩定條件、測試微調模式參數、使用複雜的微物理變化機制及使用 Arakawa-Schubert 積雲參數化方法。相信這些改進與測試可使 NFS 的預報降水表現有更進一步的提昇。

六、參考文獻

- 柳再明、林淑卿、張美玉與劉其聖，2000: 中央氣象局新區域預報系統的建置與研發。天氣分析與預報研討會論文集。中央氣象局。303-308。
- Anthes, R.A., 1983: Regional models of the atmosphere in middle latitudes. *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 1306-1335.
- Arakawa, A., and W.H. Schubert, 1974: Interaction of cumulus cloud ensemble with the large-scale environment. Part I. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 674-701.
- Du, J., S.T. Mullen, and F. Sanders, 1997: Short-range ensemble forecasting of quantitative precipitation. *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 2427-2459.
- Kuo, H.L., 1974: Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection of large-scale flow. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 1232-1240.
- Schaefer, J.T., 1990: The critical success index as an indicator of warning skill. *Wea. Forecasting*, **5**, 570-575.
- Staudenmaier, M.J., 1996: Precipitation verification statistics from the NCEP operational mode suite. *WR-Technical Attachment*. 96-28.

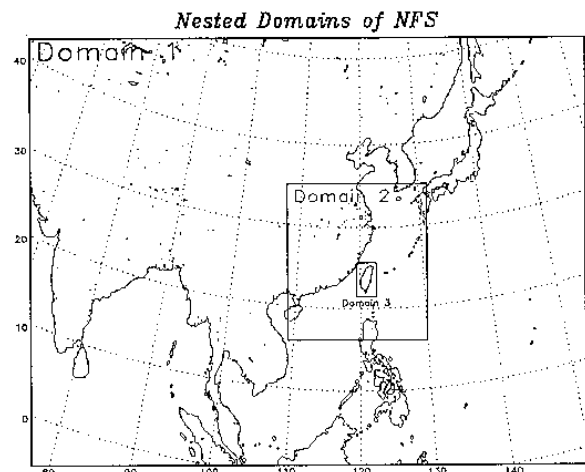


圖 1 中央氣象局現行預報作業中 NFS 的巢狀網格設計。各層的網格間距分別是最外層(第一層網域)的 45 公里，中層(第二層網域)的 15 公里，最內層(第三層網域)的 5 公里。

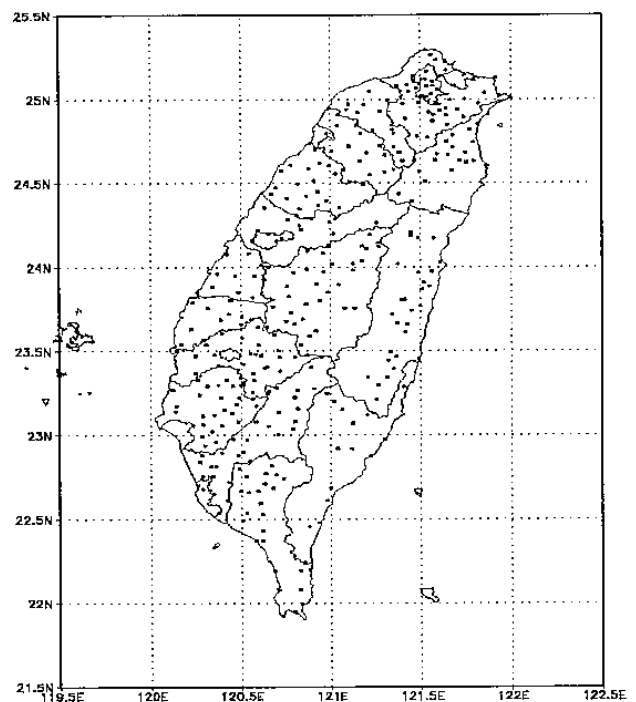


圖 2 台灣地區自動雨量站的分佈圖。

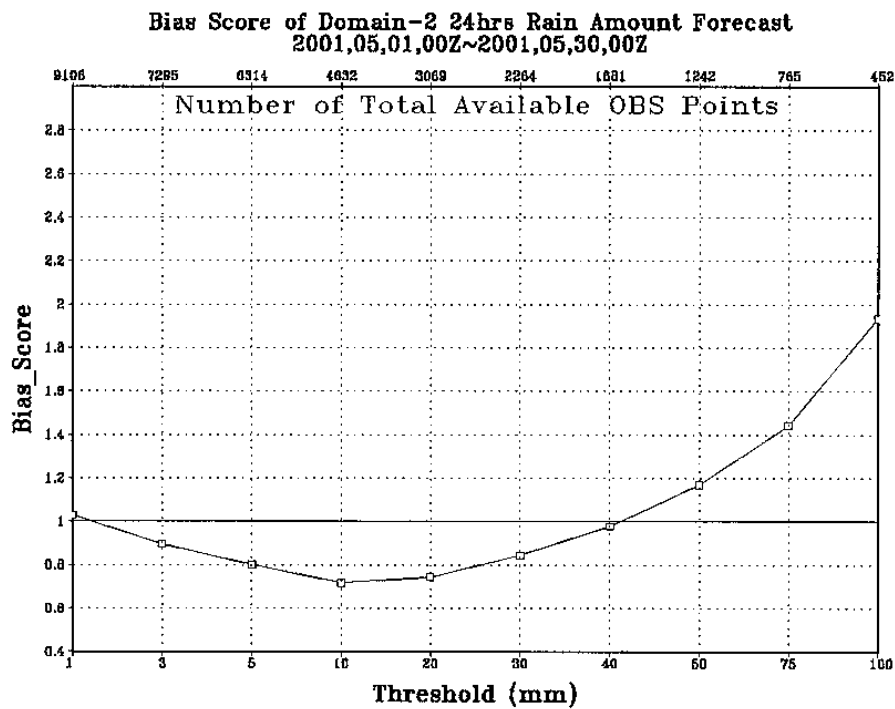
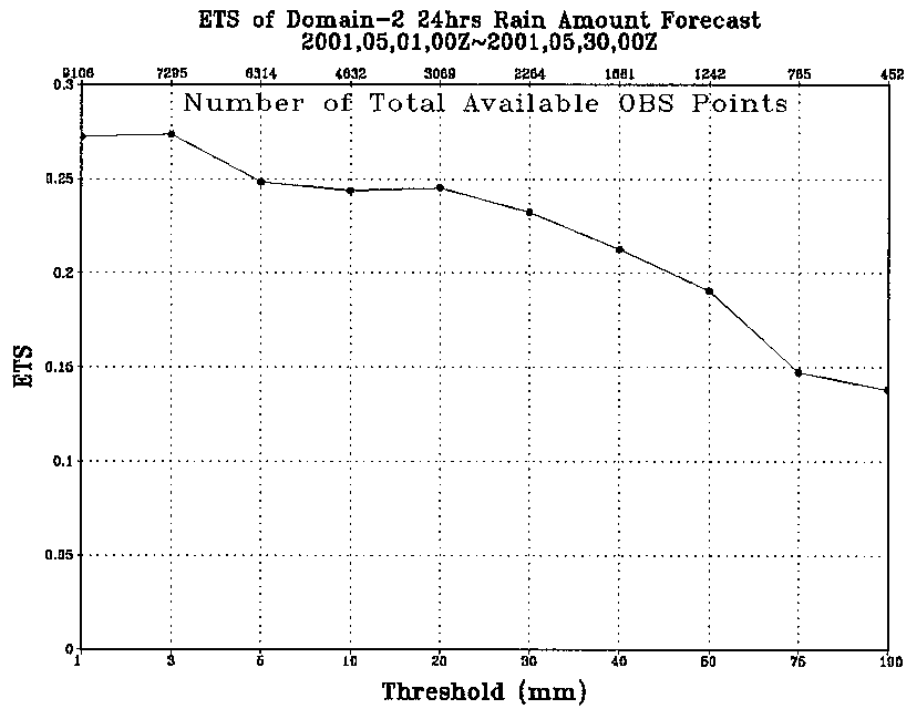


圖 3 2001 年 5 月 NFS 第二層網域(網格間距 15km)降水預報的 ETS 評分(上圖)及偏倚評分(下圖)。各圖上方的數值為觀測降水大於或等於某一降水低限值的網格點數。

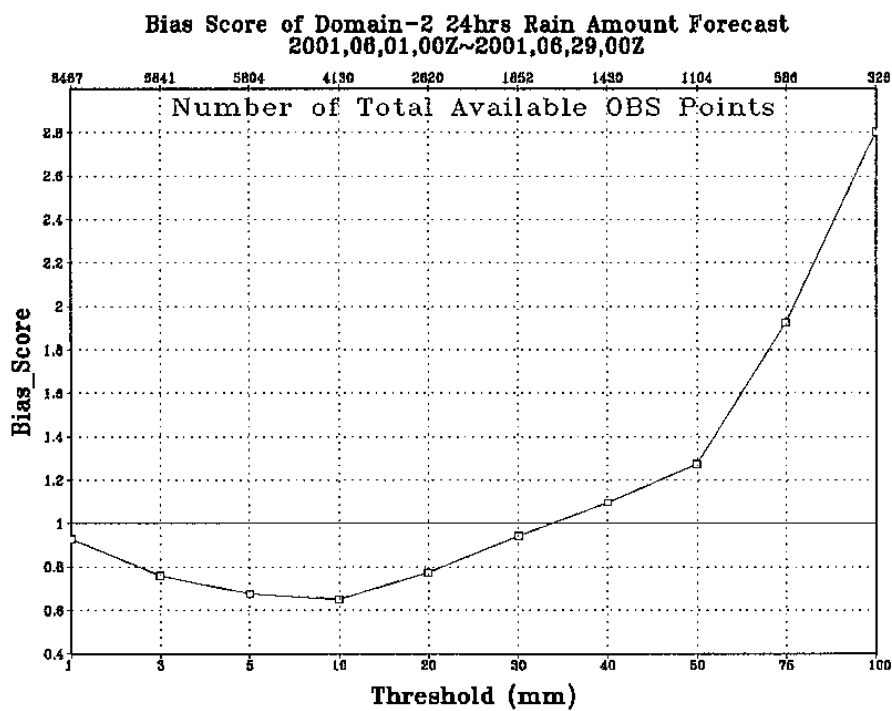
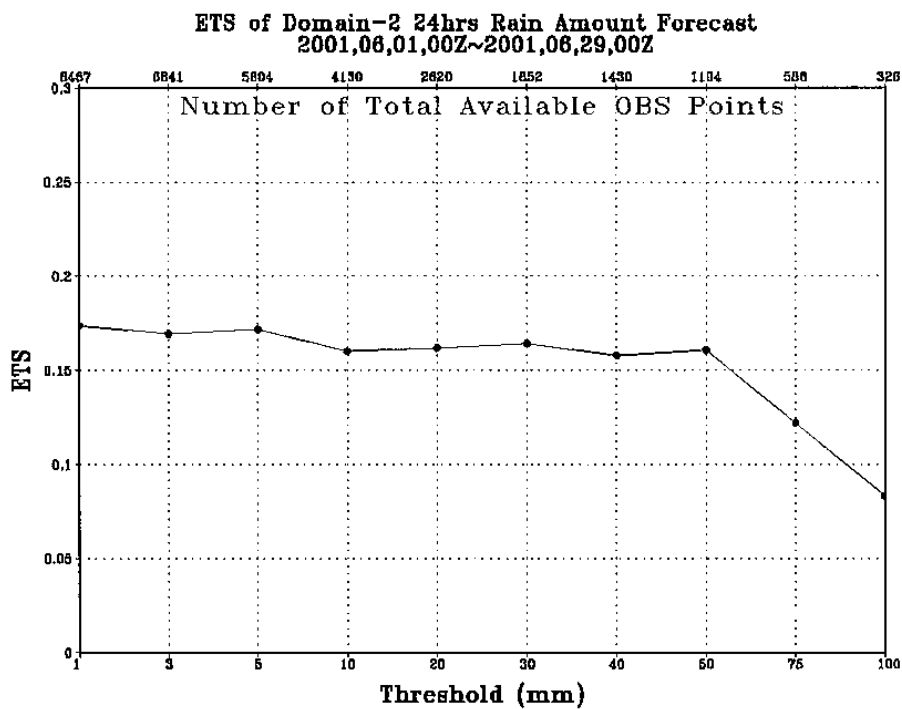


圖4 2001年6月NFS第二層網域(網格間距15km)降水預報的ETS評分(上圖)及偏倚評分(下圖)。各圖上方的數值為觀測降水大於或等於某一降水低限值的網格點數。

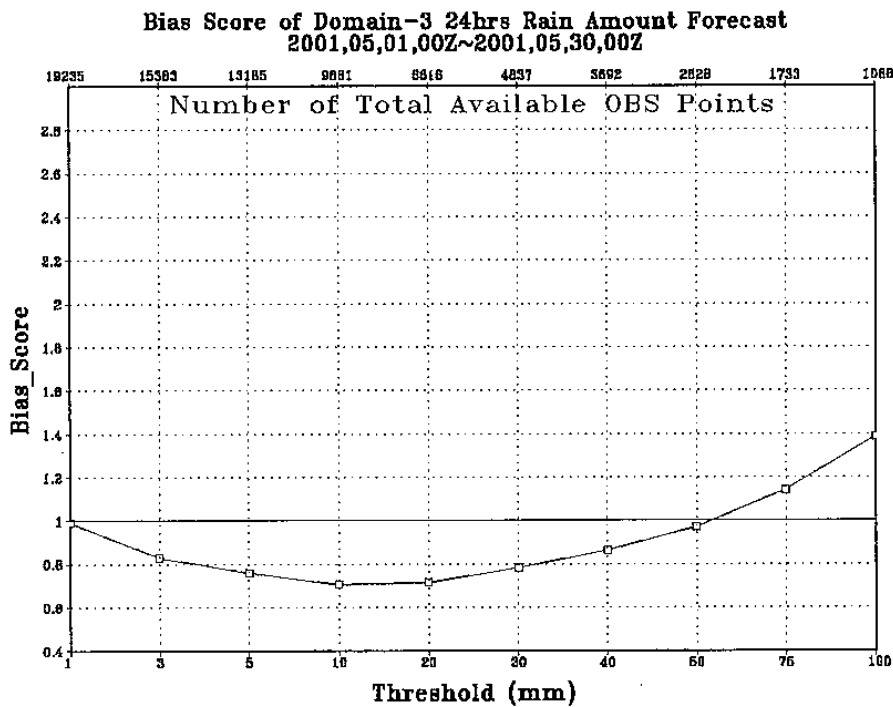
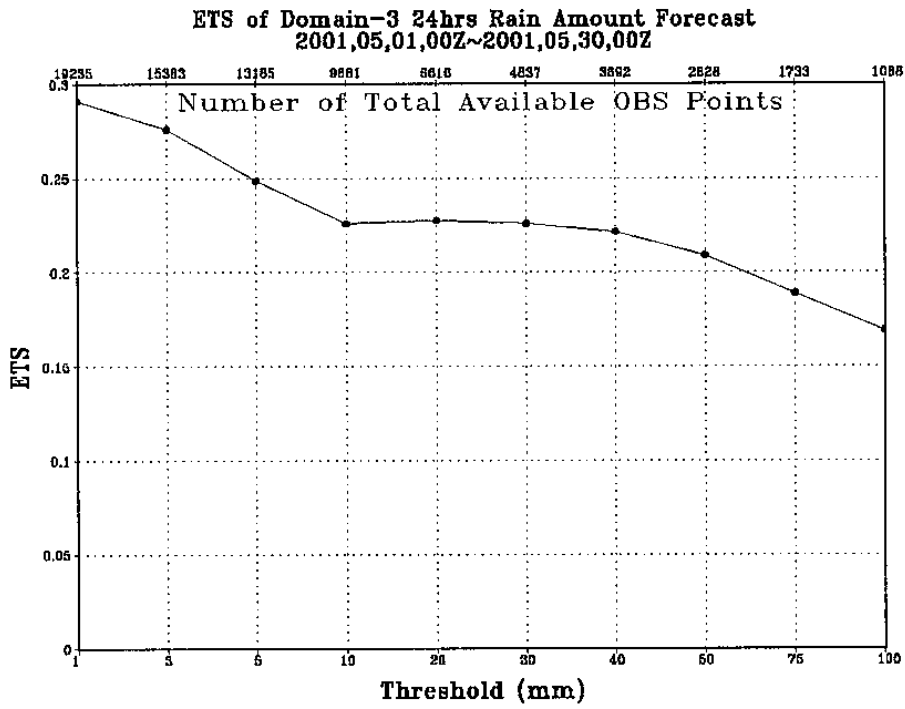


圖 5 2001 年 5 月 NFS 第三層網域(網格間距 5km)降水預報的 ETS 評分(上圖)及偏倚評分(下圖)。各圖上方的數值為觀測降水大於或等於某一降水低限值的網格點數。

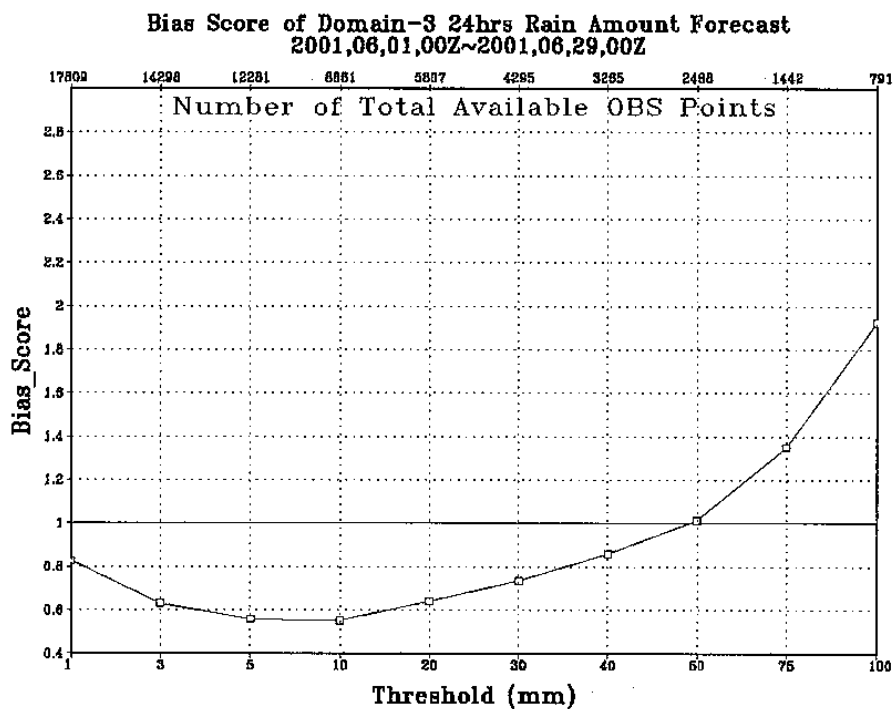
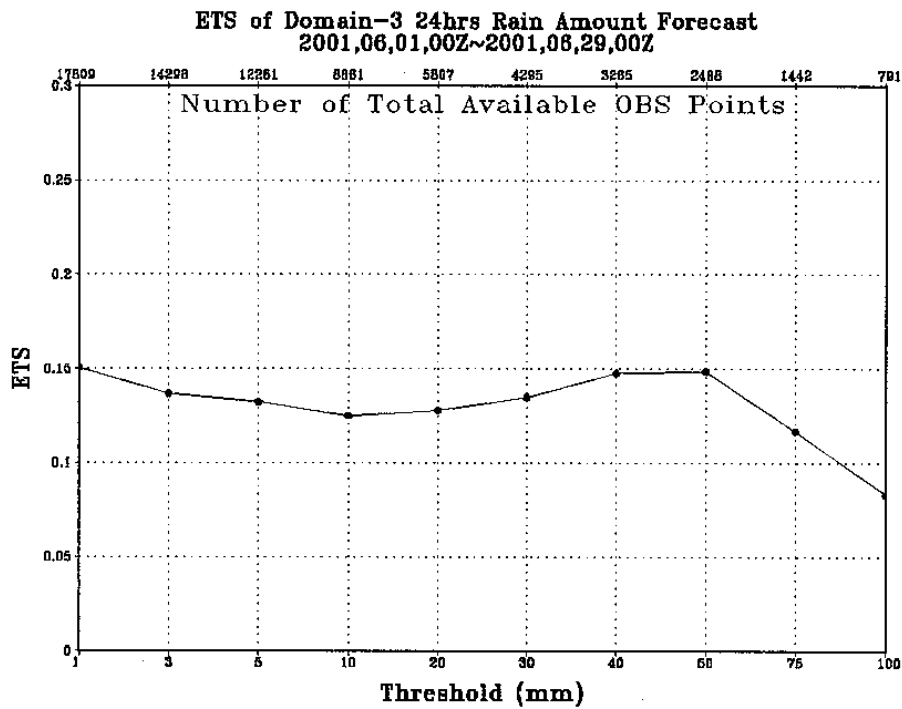


圖 6 2001 年 6 月 NFS 第三層網域(網格間距 5km)降水預報的 ETS 評分(上圖)及偏倚評分(下圖)。各圖上方的數值為觀測降水大於或等於某一降水低限值的網格點數。

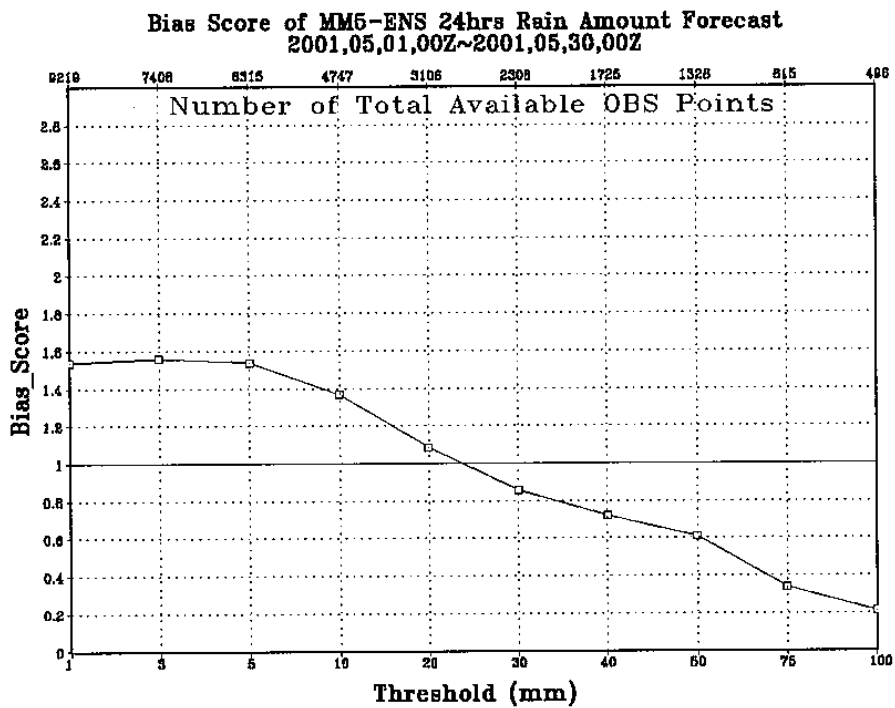
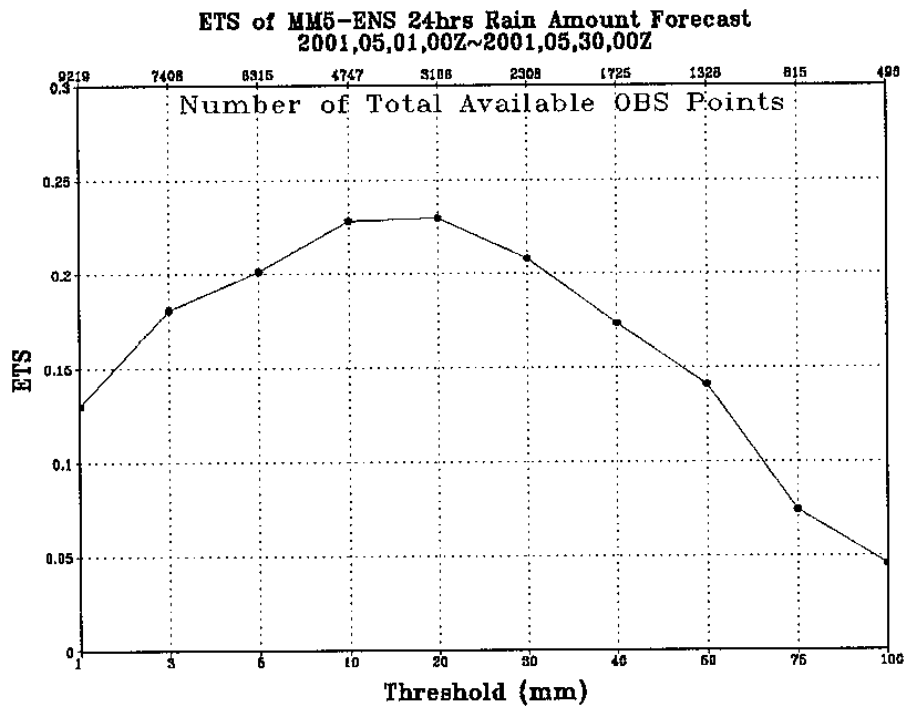


圖 7 2001 年 5 月 MM5 系集預報降水預報的 ETS 評分(上圖)及偏倚評分(下圖)。各圖上方的數值為觀測降水大於或等於某一降水低限值的網格點數。

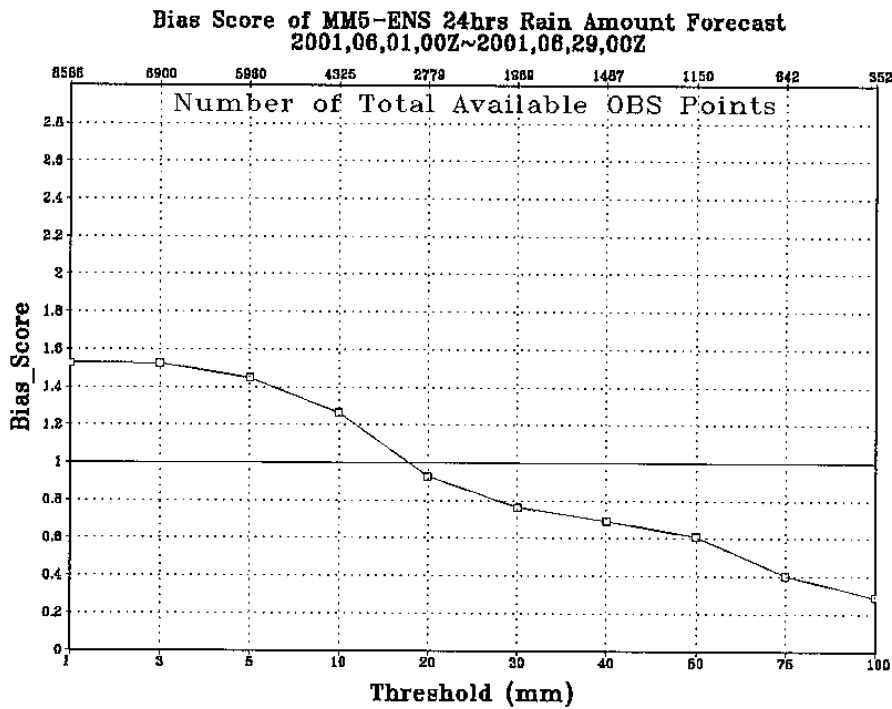
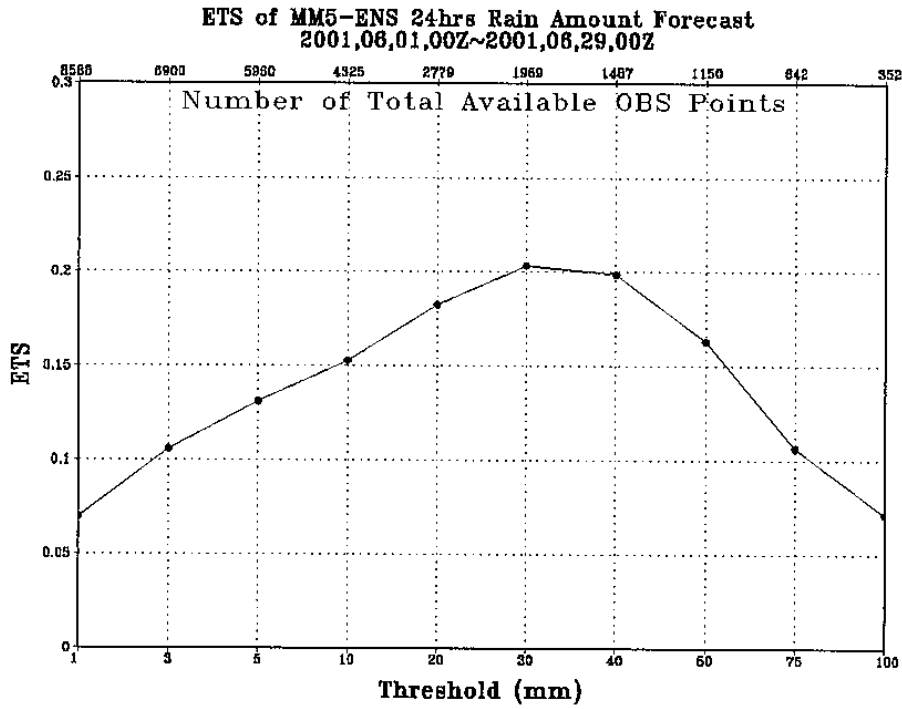


圖 8 2001 年 6 月 MM5 系集預報降水預報的 ETS 評分(上圖)及偏倚評分(下圖)。各圖上方的數值為觀測降水大於或等於某一降水低限值的網格點數。