

2014 年災害預警技術研發報告



國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center
for Disaster Reduction

2014 年災害預警技術研發報告

林欣弘、陳奕如、于宜強



國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center
for Disaster Reduction

中文摘要

本年度計畫配合中心定位與目標，主要是支援中央災害應變中心與滿足應變決策分析需求，故研發目標將持續針對颱風豪雨災害應變期間的降雨、坡地崩塌及淹水災害等在時、空間的技術進行開發，並以跨領域模式整合架構開發，提昇淹水與坡地崩塌境況模擬的應用，落實災害風險及社會影響與災害衝擊評估分析。另外，配合地方政府的應變資訊需求，落實即時災害預警資訊等的支援技術之發展，以縣市為單位進行技術落實開發。此外，亦持續以跨單位交流合作方式，介接氣象模式系集預報資料，並持續針對定量降雨預報能力的提升進行研究，期望改進降雨預報的不確定性。另外，也透過系集颱風路徑預報的應用發展，研擬多颱風路徑情境下可能造成的災害評估，透過情境風險分析，提供颱風應變的災害風險建議。

關鍵字：災害情境、災害衝擊評估、鄉鎮災害預警、系集預報應用

ABSTRACT

The major target of this project is to support the works in Central Emergency Operational Center (CEOC) and to satisfy the needs of decision making in the emergency operation. For this purpose, the research and technology development are focus on the disaster warning application of flood and land-slope disaster for the typhoon and heavy rainfall emergency operation. In this project, the interdisciplinary model integrated framework is fulfilled gradually through the integration of weather model, disaster model and society assessment model. Besides, in order to support the requirements of local government in the emergency operation, the township disaster warning technology have been developed in each county area and will build up a realtime disaster warning system. The technology developments include the realtime probability model predictions for the flood and land-slope warning. The next step further is to assess the disaster impact for society and economy for making suggestion to CEOC. Furthermore, the application of ensemble rainfall forecast and typhoon track forecast will be established by the cooperation with CWB and TTFRI continuously. The method will make a deep study for evaluating best ensemble rainfall forecast and apply to the disaster warning and disaster impact assessment in the future.

Keywords: disaster scenario, disaster impact assessment, township disaster warning, ensemble forecast application

目錄

第一章 前言.....	1
第二章 鄉鎮預警技術發展.....	5
2.1 鄉鎮災害歷線與研判.....	5
2.2 縣市與鄉鎮空間預警監測研發.....	8
第三章 跨領域預警技術提升與災害衝擊評估落實.....	14
3.1 災害預警與衝擊評估整合概念.....	14
3.2 跨領域模式介紹.....	17
3.2.1 即時雨量分析與系集定量降雨預報.....	18
3.2.2 災害機率模式.....	19
3.2.3 災害物理模式.....	20
3.2.4 社會經濟影響評估.....	21
3.3 災害衝擊評估.....	25
3.4 坡地邊坡穩定模式 TRIGRS 穩定度即時計算模組更新.....	30
第四章 系集預報校驗與應用.....	33
4.1 系集成員介紹.....	33
4.2 系集雨量校驗.....	35

4.2.1 校驗方法.....	35
4.2.2 個案分析.....	40
4.2.3 最佳化雨量挑選.....	43
4.3 系集颱風路徑校驗.....	45
4.3.1 系集路徑校驗方法.....	46
4.3.2 個案分析.....	47
4.4 系集預報應用系統發展.....	51
4.4.1 系集最佳化雨量與災害整合評估.....	52
4.4.2 颱風多路徑情境與災害整合評估.....	53
第五章 未來展望.....	61

圖目錄

圖 1：水保局強降雨警戒值動態調整機制.....	6
圖 2：動態調整警戒值更新展示.....	6
圖 3：1、3、6、12 與 24 小時觀測/預報累積雨量整合淹水警戒值歷 線圖	7
圖 4：1 小時觀測/預報累積雨量整合都會區下水道設計標準歷線圖	8
圖 5：24 小時累積雨量縣市警戒圖，(a)2013 年舊版警戒圖、(b)2014 年新版警戒圖	9
圖 6：縣市範圍鄉鎮警戒圖，(a) 1 小時與(b) 24 小時累積雨量警戒 圖	10
圖 7：(a)水利署即時淹水警戒縣市分布與(b)氣象局預報 6 及 12 小 時雨量超過該鄉鎮淹水警戒值的縣市警戒分布區	11
圖 8：(a)水利署即時淹水警戒鄉鎮分布與(b)氣象局預報 6 及 12 小 時雨量超過該鄉鎮淹水警戒值的警戒分布區	12
圖 9：縣市範圍鄉鎮警戒控制介面.....	13
圖 10：災害預警概念架構.....	14
圖 11：跨領域整合模式架構.....	18
圖 12：全台人口網格分布，網格解析度 0.0125°	22

圖 13：土地利用 103 類型調查資料統計網格化為 5 公尺網格資料比對	23
圖 14：統計模式各網格中 28 土地類型面積統計	24
圖 15：災害衝擊分析系統架構	26
圖 16：災害衝擊分析系統	26
圖 17：土地類型災害面積統計圖	27
圖 18：即時災害衝擊預警評估系統架構	28
圖 19：預報 0-48 小時災害影響人口期望值	29
圖 20：預報 0-48 小時災害影響人口期望值的鄉鎮統計	29
圖 21：預報 0-48 小時災害影響衝擊土地類型面積統計	30
圖 22：坡地物理模式整合系統架構	31
圖 23：邊坡穩定模式安全係數分布，(a)2013 年舊版安全係數分布圖，與(b)2014 年新版安全係數超過警戒係數之分布圖	32
圖 24：系集雨量預報 12 小時累積圖。圖例為 2014 年 06 月 06 日 18 時預報，預報 12 小時至 24 小時累積雨量。左下圖為觀測雨量；其餘小圖為系集成員雨量，資料提供單位及系集成員代碼標註於右下角，每張累積降雨圖左上角有標註模式起初時間及選取預報之累積雨量區間，供雨場雨型分布參考	34
圖 25：群組化系集雨量預報 12 小時累積圖。圖例為 2014 年 06 月	

06 日 18 時預報，預報 12 小時至 24 小時累積雨量。最左圖為觀測雨量，其餘為群組化系集成員雨量	35
圖 26：2014/07/06 ~ 2014/07/19；f00-f12 累積降雨量與觀測資料 TS 方法校驗得分，每格為選取前四報得分結果。(上圖) 降雨門檻值 30mm/12hr；(下圖) 降雨門檻值 50mm/12hr。著色代表各成員校驗結果，綠色、黃色、灰色分別代表表現良好、中等、準確率低	39
圖 27：2014 年麥德姆颱風 (MATMO) 登陸前，2014 年 07 月 22 日 00 時至 07 月 22 日 12 時 12 小時累積雨量圖 (UTC)。左上圖為觀測雨量；其餘小圖為系集成員雨量；是下列為分類群組雨量。每張累積降雨圖左上角有標註模式起初時間及選取預報之累積雨量區間，供雨場雨型分布參考	40
圖 28：NCDR WATCH 系統系集預報雨量頁面，圖片上方顏色標柱為權重得分表現，標註星星符號者為此雨量預報校驗得分最佳之系集成員	45
圖 29：以麥德姆颱風為例，各系集成員於不同預報時段路徑校驗成果。當值愈小，表示愈接近實際觀測路徑	46
圖 30：2014 年 07 月 21 日 12 時 (UTC) 麥德姆颱風系集成員路徑預報。白線為中央氣象局官方預報路徑 (圖片左段) 及觀測 (圖片	

右段);藍線為中央氣象局 WEPS 及 WRF 決定性預報成員預報路徑； 綠色為國研院颱風中心系集成員預報路徑；紅色為本中心所模擬 之颱風路徑預報	48
圖 31 2014 年 07 月 21 日 00 時 (UTC) 麥德姆颱風情境路徑，包括 官方預報路徑(白線)、近官方路徑成員 E04、偏北路徑成員 E02 與偏南路徑成員 E19.....	49
圖 32：2014 年麥德姆颱風，2014 年 07 月 21 日 00 時 (UTC)，選取 系集成員路徑預報所對應之 12 小時累積雨量圖。(a)偏北路徑對 應之雨量分布，成員為 E02；(b)官方預報路徑對應之雨量分布， 成員為 E04；(c)偏南路徑對應之雨量分布，成員為 E19	49
圖 33：2014 年 07 月 22 日 00 時 (UTC) 麥德姆颱風官方預報路徑(白 線)、近官方預報成員 E16(藍線)與偏南路徑成員 M18(紅線)之路 徑分布	50
圖 34：2014 年麥德姆颱風，2014 年 07 月 22 日 00 時 (UTC)，選取 系集成員路徑預報所對應之 12 小時累積雨量圖。(a)官方預報路 徑對應下雨量分布成員 E16；(b)偏南路徑對應之雨量分布，成員 為 M18；(c)為實際觀測雨量.....	51
圖 35：系集雨量最佳化成員比對介面.....	52
圖 36：系集最佳成員雨量與災害衝擊評估整合架構流程.....	53

圖 37：颱風多路徑情境與雨量分布特性.....	54
圖 38：颱風災害情境路徑判識與災害衝擊評估整合架構流程...	55
圖 39：多情境預警系統頁面，系集颱風路徑與情境路徑挑選圖示	60
圖 40：多情境預警系統頁面，單一情境路徑下預報雨量、災害機率、 影響人口與衝擊面積統計	60

表目錄

- 表 1 降雨預報事件命中分布列聯表，分別表列降雨觀測事件數與預報命中次數代碼，其中 a 值代表命中，b 值為錯誤預報，c 值為失誤，d 為未命中..... 36
- 表 2：2014/05/09~2014/06/09；f00-f12 累積降雨量與觀測資料 TS 方法校驗得分。降雨門檻值為 1、5、10、30、50、70、100、130、200、350mm/12hr 38
- 表 3：2014 麥德姆颱風期間 2014/07/21 00Z 至 2014/07/23 18Z，(a) f00-f12hr；(b) f12-24hr；(c) f24-36hr，累積降雨量與觀測資料以 TS 方法校驗得分結果。降雨門檻值為 1、5、10、20、30、50、70、85、100、130、200、350mm/12hr。著色代表各成員校驗結果，綠色、橘色、灰色分別代表表現良好、中等、準確率低，以色階方式快速檢視各成員表現狀況 42

第一章 前言

本年度計畫配合中心定位與目標，以支援中央災害應變中心 (Central Emergency Operation Center, CEOC)，與滿足應變決策分析需求進行技術發展。因此，研發項目主要針對颱風、豪雨災害應變期間的災害預警技術及即時演算能力等進行研發。另外也針對災害預警技術研發需求，研究探討降雨引發坡地崩塌及淹水災害發生在時、空間的關聯性。並配合中心發展之全流域預測模式進行整合式發展，期望提昇淹水境況模擬與預警技術，增進坡地崩塌境況模擬之精確度，進而改善災害風險及社會影響之分析模式。同時，配合即時災情之分析，研判地方政府災害承受與應變反應能力。

本計畫為延續性計畫，103 年度已研發項目著重於預警技術之落實(于等，2014)，嘗試整合氣象模式預報與災害模式模擬等的技術研發。並開發各種技術、工具與平台，提供支援颱風應變時分析研判。今年度持續精進預警技術的落實，並進一步研發災害衝擊研判分析技術，目的為支援颱風應變期間分析研判，因應指揮官策略調整與現況臨時異動等需求，了解在某種災害的規模之下，考量防災能量後，評估區域遭受經濟損失、社會影響、關鍵設施之衝擊程度。此外，還深入了解災害對地域之影響，結合防救災體系與救災資源，提出有效應

變對策，確保防災能量有效傳遞，提供指揮官決策參考。本中心因應颱風洪水所造成的災害損失評估，已針對災害經濟損失評估建置一評估系統，臺灣颱風災損評估系統 Taiwan Typhoon Loss Assessment System (TLAS Taiwan) (李等，2013)。此系統可以針對災害事件範圍實際調查情形，進行詳細的經濟損失評估。因此，在災害衝擊評估落實上，採用(李等，2013)的評估步驟方法，包含災害影響土地範圍與分類項目，將災損估計方法與步驟逐一引進災害即時評估系統中建置。

上年度研發項目亦開始針對災害防救相關工作落實於縣市政府應用進行研究，嘗試以過去發生災害事件為基準，分析各鄉鎮區為主的災害規模的衝擊分析。除可作為地方落實防災應用先期研究，也可回饋至中央應變中心之災害規模判定的需求。對基層政府組織-鄉鎮區公所而言，在地性的考量、對容易受災的地域特性進行分析。因此，本年度進一步嘗試將災害預警落實於縣市地方政府防災應用為目標，持續進行研發與技術落實等工作。

在技術落實應用方面，目前雖透過整合中心內部發展之氣象、淹水、坡地崩塌及社會經濟災損等模式。逐步落實災害與災損即時預報的目標，但對於整合系統最上游的雨量預報資訊，仍有很大的改進空間。為了改進氣象模式預報雨量的不確定性，藉由與交通部中央氣象

局與國研院颱風洪水研究中心在防災交流合作機制，嘗試結合各單位的研究成果，提升雨量預報的精確度。其中，台灣氣象研究以系集預報方法可以改善氣象模式預報的系統性誤差，氣象局與台灣颱風洪水研究中心業已針對系集預報進行研究與預報結果評估(Lee, et al., 2011、江等，2014)。

今年度亦持續透過合作機制介接各氣象單位即時預報之系集多成員預報的 72 小時逐時雨量預報資料，期望透過系集多成員預報降低單一成員預報之不確定性。然而系集預報過多的預報資訊中，如何估計出最佳的預報結果，仍為是氣象研究上的另一目標。在定量降雨預報方面，雖然系集平均雨量對每一個降雨事件預報已有不錯的預報能力。但對於防災著重的強降雨預報方面，系集平均雨量仍有低估的偏差存在。颱風中心為進一步改善系集雨量的精確度，研究新的系集估計方法嘗試改善定量降雨預報。吳等(2014)則是採用人工智慧理論中遺傳演算法(Genetic Algorithm, GA) 即時校正策略發展預估資訊的即時整合技術，來改善即時降雨預報評估。另外，在颱風降雨預報方面，由於颱風路徑預報偏差亦會造成降雨分布的差異，目前研究可以應用系集預報的颱風路徑修正來改進路徑偏差的問題(于等，2011、曹和洪，2011、曾等，2014)。今年度本中心則會持續透過合作交流方式，應用系集成員分析方法的研發提升定量降雨預報的準確度，以

及透過系集颱風路徑修正方法，研擬不同颱風情境路徑下，颱風可能造成的降雨情境。並分析災害風險，以提供未來颱風豪雨災害預警預報之參考。

第二章 鄉鎮預警技術發展

一直以來災害預警技術與產品的研發，主要是針對中央災害應變層級所規劃發展。然而，對於各縣市政府而言，大部分的產品在應用不夠細緻，未足以讓地方政府進行災害預警研判。因此，本年度工作重點項目，將以縣市政府的防災視角，開發鄉鎮預警資訊以縣市範圍透過全國鄉鎮行政區為一單位的視覺化圖示方式展示，預期能有效的提高縣市地方政府災害應變研判能力。

2.1 鄉鎮災害歷線與研判

在災害預警時間研判方面，去年度已經完成土石流警戒值與鄉鎮觀測/預報雨量歷線圖(于等，2014)。今年度因應水保局針對土石流警戒值修改動態警戒值調整，依據短延時強降雨的發生進行動態調整，調整機制如圖 1 所示。調整機制分成三級，一級調整為 3 小時累積雨量超過 200 mm；2 級調整為 3 小時累積雨量超過 150 mm；三級調整為 2 小時累積雨量超過 100 mm，雨量警戒值則依此三級標準調降 50 mm 至 150 mm 不等。因此，此產品亦同步更新此動態警戒值調整條件，由降雨歷線圖範例(圖 2)所示，原土石流警戒基準值為有效累積雨量 350 mm(紫色橫線)，當發生短延時強降雨後，警戒基準值降為 300 mm(紅色橫線)，而相對應的紅、黃警戒時間判定則會依據當

時調整後的警戒雨量進行判定。

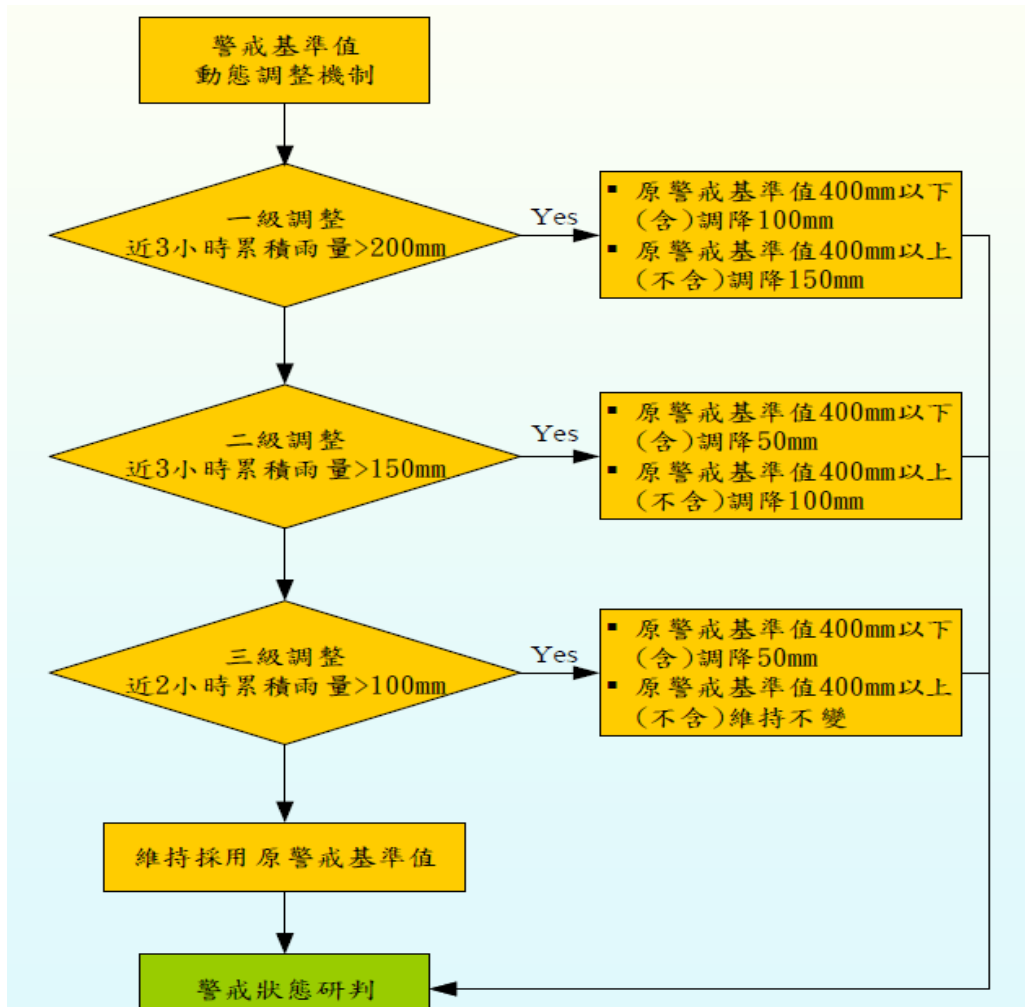


圖 1：水保局強降雨警戒值動態調整機制

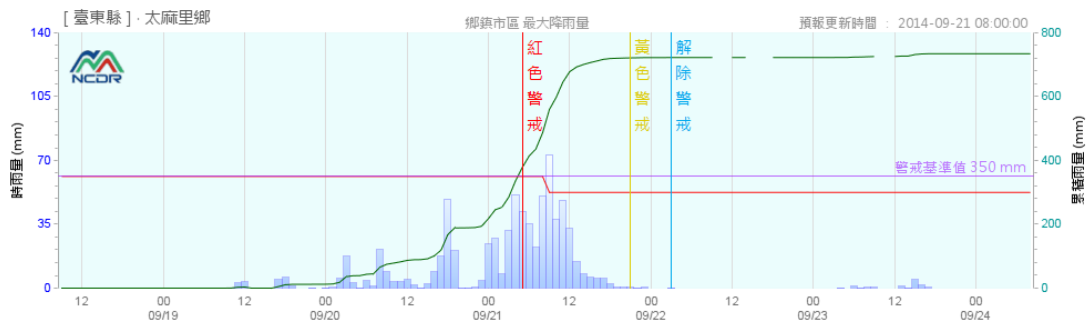


圖 2：動態調整警戒值更新展示

此外，今年度還整合水利署的淹水警戒值，完成各延時累積雨量警戒值與鄉鎮觀測/預報雨量歷線圖(圖 3)。其中，淹水警戒值包含

了 1、3、6、12 與 24 小時累積雨量警戒標準，因此可透過這五種降雨延時現在及未來預報可能超過警戒值時的時間進行研判。雨量預報的部分亦使用系集最大雨量、系集平均雨量以及系集最小雨量作為雨量風險研判標準，因此在圖上預報雨量歷線的直條圖會以三顏色依顏色深淺表示，呈現此系集風險分布。

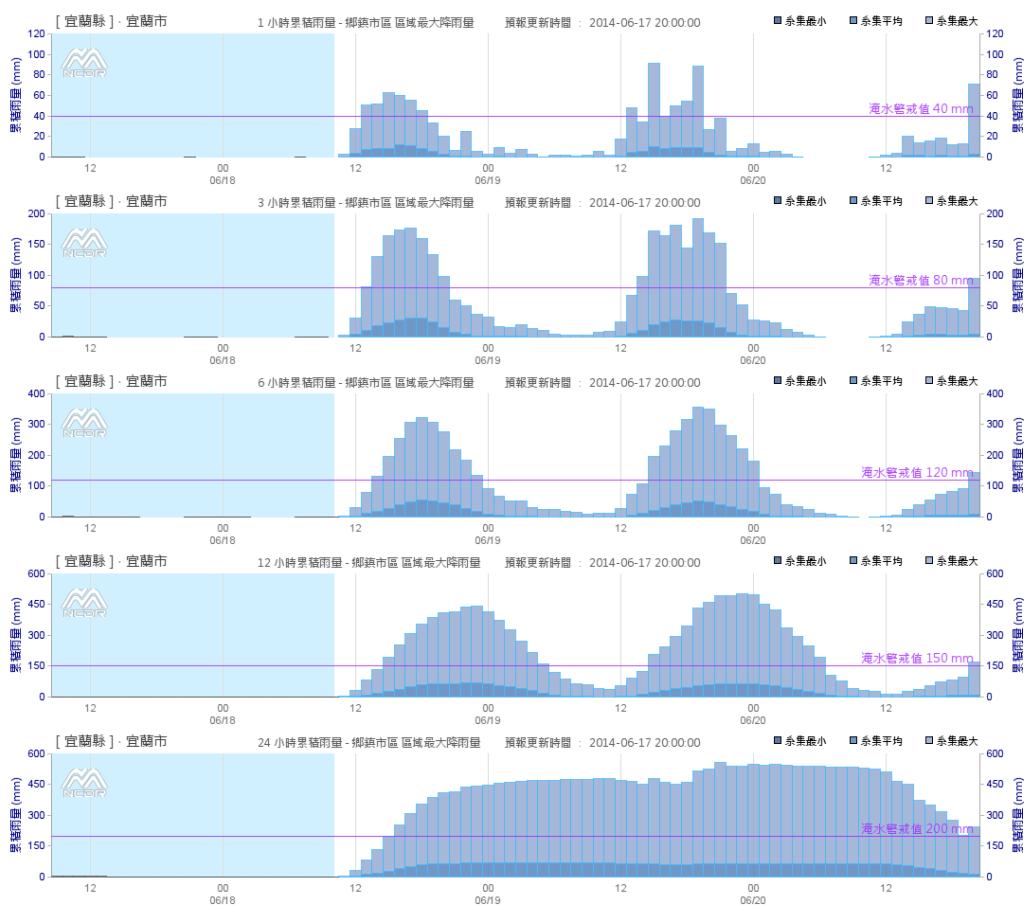


圖 3：1、3、6、12 與 24 小時觀測/預報累積雨量整合淹水警戒值歷線圖

相同的，營建署亦彙整了各地都會區的下水道設計標準，做為都會區淹水預警的參考標準。因此，透過與營建署合作，取得最新下水道設計標準值，再經由本中心坡地洪旱組專業的分析，彙整而得各鄉

鎮都會區的下水道設計標準值。

「都會區淹水警戒研判」與「水利署淹水警戒研判」兩項產品採用的同樣展示方式，整合觀測/預報雨與下水道設計標準製成的雨量歷線圖(圖 4)，可應用於都會區評估未來降雨是否有超出下水道容許之排水能力，進而研判都會區淹水的可能性。

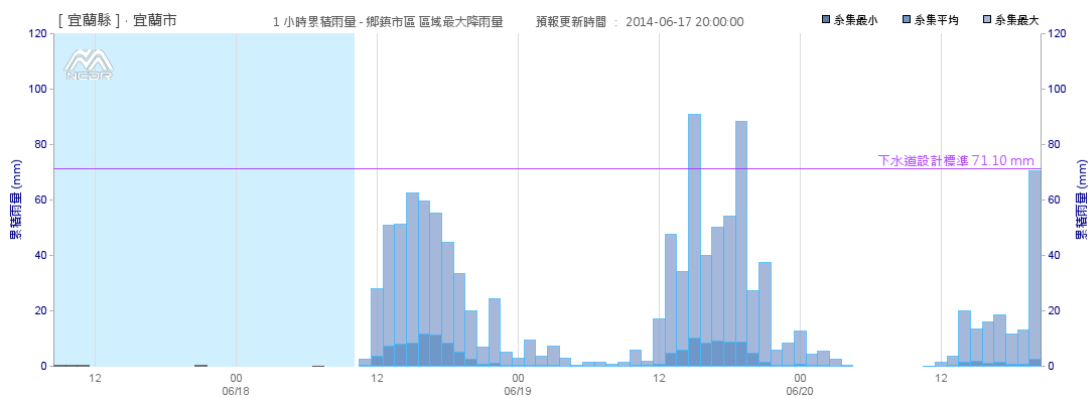


圖 4：1 小時觀測/預報累積雨量整合都會區下水道設計標準歷線圖

2.2 縣市與鄉鎮空間預警監測研發

由於災害歷線研判產品是以單一鄉鎮為單位，將災害歷線隨時間變化繪製而成，於應用上不便於快速掌握多鄉鎮的空間預警分布的監測方式，因此嘗試以空間地理資訊的展示方式進行災害預警的產品開發，開發項目分別針對中央政府需求的縣市預警以及地方政府監測需求的鄉鎮預警項目進行研發。

2013 年度所開發全台雨量站 24 小時累積雨量進行縣市警戒監測圖，警戒雨量採用氣象局豪雨定義的 24 小時累積雨量標準做為分級，

包含豪雨 130 毫米、大豪雨 200 毫米以及超大豪雨 350 毫米共三級，作為豪雨、大豪雨與超大豪雨縣市警戒監測使用。今年度提高此產品即時訊息提醒，並加入全台測站於 24 小時內之最大累積雨量所在測站位置點位以及最大值，並修改色系與展示方式。本年度新修訂版本將更助於使用者掌握即時雨量狀況。修正前後版本如圖 5 所示。

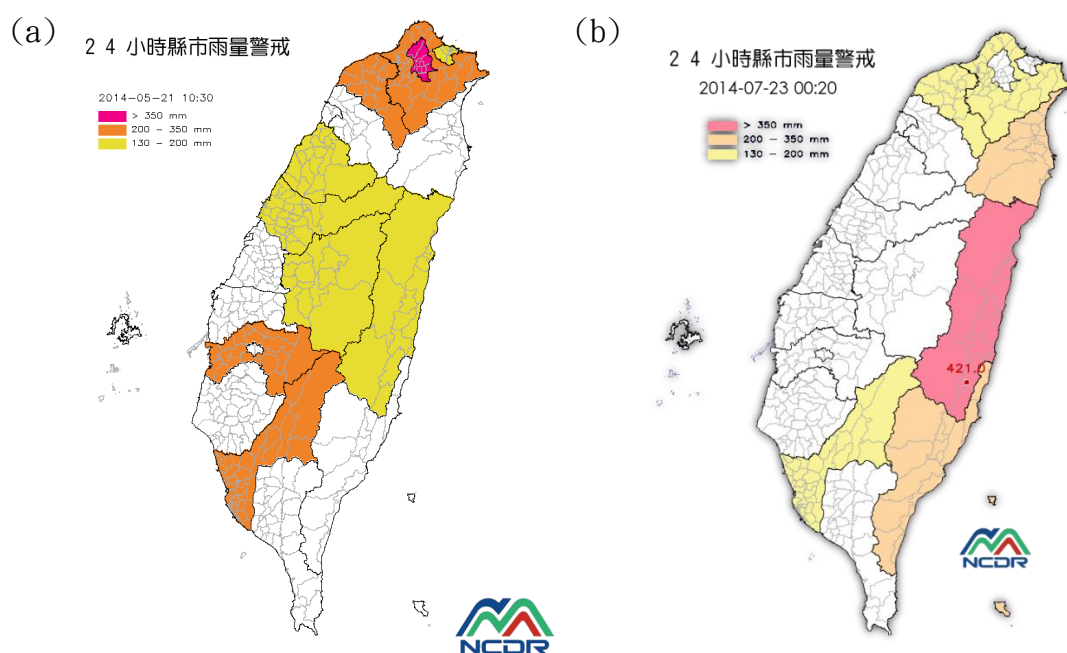


圖 5：24 小時累積雨量縣市警戒圖，(a)2013 年舊版警戒圖、(b)2014 年新版警戒圖

各縣市也以上述方式，以各縣市界內全部測站於 24 小時內之累積雨量鄉鎮警戒產品。完成全國地區包含離島之所有縣市的鄉鎮雨量警戒圖(圖 6a)。此外，為能建立監測瞬間暴雨所造成災害研判功能，再以製作時雨量的鄉鎮警戒圖(圖 6b)，時雨量的標準則分別以 50、75 及 100 毫米區別三種等級。當累積雨量超過分級最低的雨量時，

此兩種累積雨量警戒圖上各會標示該縣市最大累積雨量的雨量站位置與累積雨量值，以利分析研判。

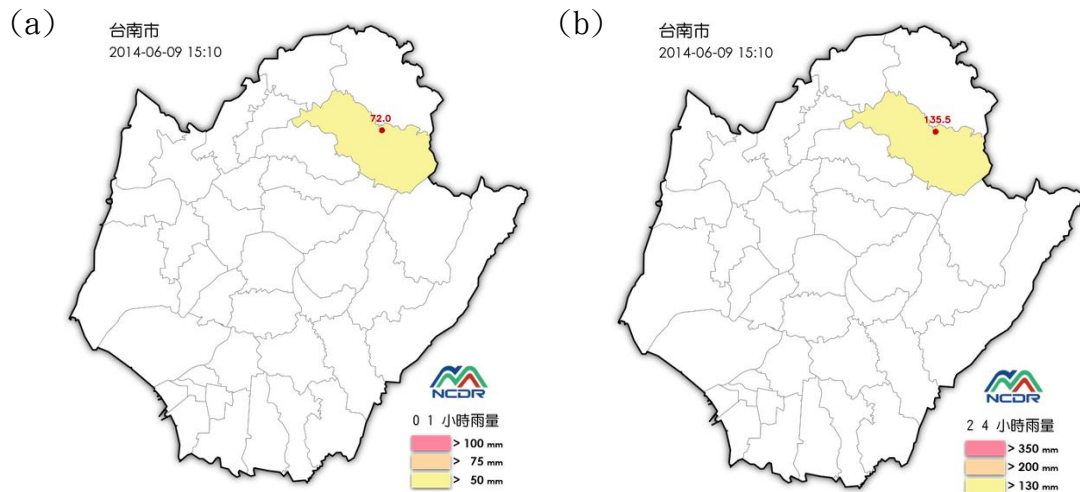


圖 6：縣市範圍鄉鎮警戒圖，(a) 1 小時與(b) 24 小時累積雨量警戒圖

另外，配合水利署即時淹水預警資訊的發布，亦以相同的概念開發縣市與鄉鎮預警產品提供服務—水利署即時淹水預警。「水利署即時淹水預警」介接本中心所整合開發之災害示警公開資料平台(CAP, Common Alerting Protocol)中的水利署預警資料，透過視覺圖示化製作成縣市與鄉鎮預警圖。此外，更進一步整合氣象局官方所發布之定量降雨預報資料以及水利署各鄉鎮淹水警戒值，利用氣象局預報未來 6 小時及 12 小時累積雨量可能達到 6 小時或 12 小時淹水警戒值之鄉鎮預警產品 (圖 7)。圖 7 為縣市淹水預警圖，其中圖 7a 為水利署即時發布資料，若當時該縣市有超過一鄉鎮發布一級或二級淹水預警，則該縣市會依等級標示為紅、黃警戒；而圖 7b 為進一步圖資開

發，利用氣象局預報雨量進行 6 小時與 12 小時累積雨量鄉鎮淹水研判後，當該縣市超過 1 鄉鎮達水利署 6 小時或 12 小時警戒雨量，則分別標示該縣市為紅色(6 小時累積雨量)與黃色(12 小時累積雨量)警戒。圖 8 則是以相同方式所發布之鄉鎮預警圖，其中圖 8a 為縣市範圍內所有發布紅色(一級)與黃色(二級)淹水警戒之鄉鎮範圍；圖 8b 縣市範圍內所有預報雨量達淹水警戒值之鄉鎮範圍，紅色警戒為 6 小時預報雨量達警戒值，黃色警戒為 12 小時預報雨量達警戒值。

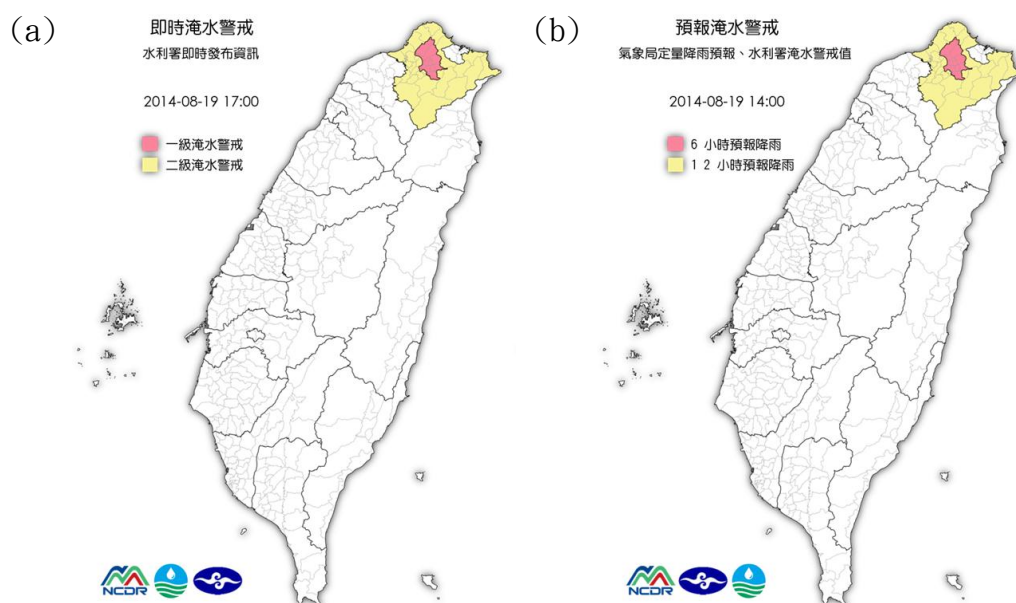


圖 7：(a)水利署即時淹水警戒縣市分布與(b)氣象局預報 6 及 12 小時雨量超過該鄉鎮淹水警戒值的縣市警戒分布區

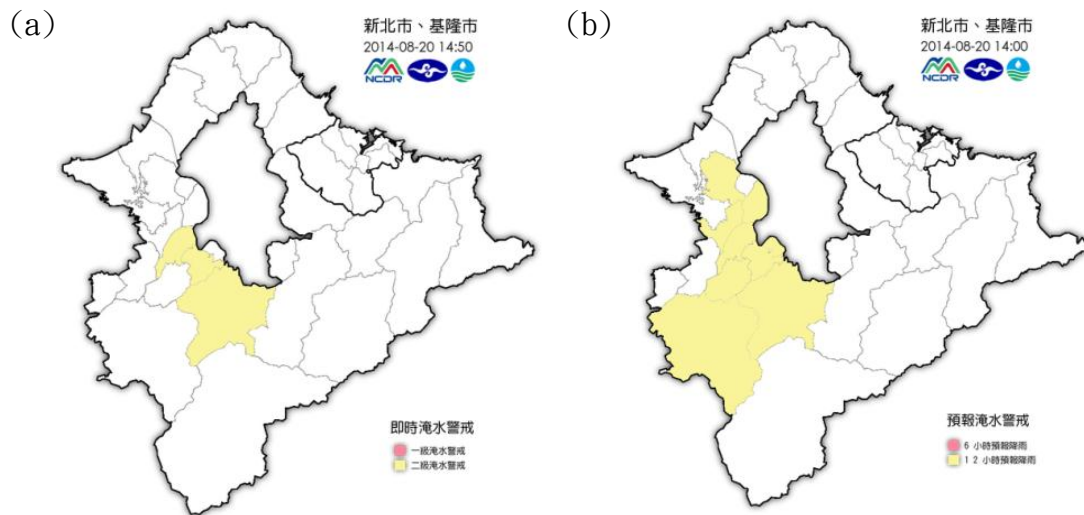


圖 8：(a)水利署即時淹水警戒鄉鎮分布與(b)氣象局預報 6 及 12 小時雨量超過該鄉鎮淹水警戒值的警戒分布區

上述以縣市範圍之鄉鎮預警產品於今年度下旬開發完成，並已上架至即時服務網頁開放使用，下年度仍會持續維護產品供各縣市政府參考，用以評估未來災害事件發生，並藉著實際產品操作應用，檢視其此產品之適用性，進一步提供修正建議，提昇產品效用。

防災是一項政府與民眾皆需要付諸行動的工作，為方便地方應變單位與在地民眾警示使用，「縣市範圍之鄉鎮預警產品」在產品控制介面(圖 9)上可選擇所在縣市，並可設定為所在地，當瀏覽其他網頁頁面後，再次回到鄉鎮警戒監測頁面時，若有設定所在地選項，則網頁會自動導向先前使用者所設定的所在地縣市，毋需每次操作時必須重新選擇一次所在地縣市，提供智慧便捷的監測方式。

新北市、基隆市 ▼	設定為所在地	回新北市、基隆市 (所在地)
臺北市		
新北市、基隆市		
宜蘭縣		
桃園縣		
新竹縣、新竹市		
苗栗縣		
臺中市		
南投縣		
彰化縣		
雲林縣		
嘉義縣、嘉義市		
臺南市		
高雄市		
屏東縣		
花蓮縣		
臺東縣		
澎湖縣		
金門縣		
連江縣		

圖 9：縣市範圍鄉鎮警戒控制介面

第三章 跨領域預警技術提升與災害衝擊評估落實

3.1 災害預警與衝擊評估整合概念

多年來台灣學術與研究單位致力於發展各專業領域的災害評估或災害預報模式，至今已有不錯的成果，而為了強化各災害的連結，落實跨領域技術應用合作，首要規劃因不同領域災害模式之相異的架構，將之整合為一，進而將現有技術應用於實際防災作為之上。因此，期望在建立災害預警的概念流程時，可透過跨領域整合技術，將不同領域的災害模式與評估技術整合以進行災害預警研判。

災害預警概念架構如圖 10 所示，災害預警共分四個階段並以五個技術研究發展步驟整合串接，其中四個預警階段包含災害風險研判、災害情境推估、災害規模評估與防災作為。在這四個災害預警階段之下將現有的研究技術進行整合發展，此五步驟分述如下：

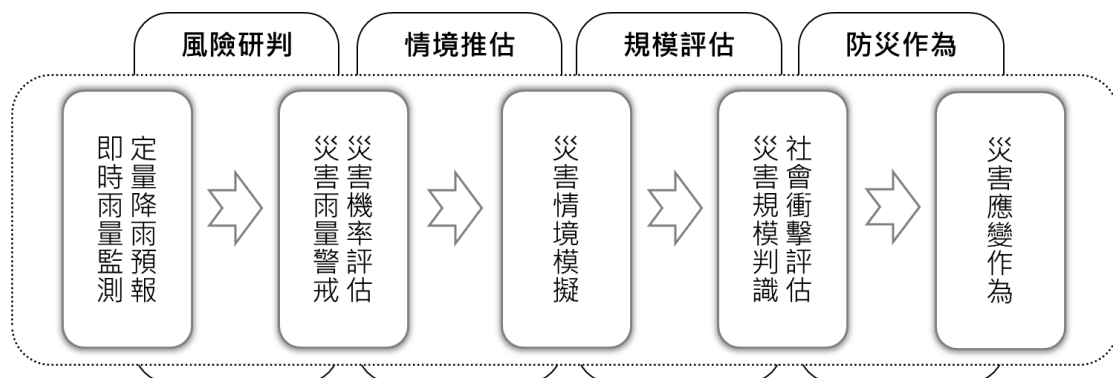


圖 10：災害預警概念架構

(1) 即時雨量監測與定量降雨預報

雨量監測與預報資料是淹水災害與坡地崩塌災害的最上游資訊，透過即時介接雨量觀測與預報資訊，再提供予後續災害研判分析，將有助於更精確與快速的進行災害評估。然而雨量觀測因儀器誤差及設置位置無法遍及所有地區，而有觀測盲點，另外降雨預報也有其預報不確定性，因此需要透過雷達降雨估計與系集降雨預報方法的改善，來獲得更精確的定量降雨估計與預報結果。

(2) 災害雨量警戒與災害機率評估

對災害而言，降雨非必然定會造成災害，且每個地區因地理地貌差異，以致會造成災害的雨量臨界值也不盡相同。因此在災害風險研判階段時，必須將各地區雨量與災害進行關聯式整合，考量防災為一項與時間競爭的工作，在整合過程中，以最快速與更即時的方法進行災害風險評估。此步驟則透過水保局坡地雨量警戒值、水利署淹水警戒值與營建署都會區淹水警戒值進行災害警戒雨量快速研判，另外也透過歷史災害與雨量關聯統計進行災害機率評估等的災害風險快速研判。

(3) 災害情境模擬

風險研判階段的主要目的為能於快速判斷災害可能發生的風險，

相對是一種範圍比較大精確度比較低的研判方法，雖有精確度較低之虞，但以綜觀全國的視野，仍需為之。而為了更提昇評估災害範圍的準確度，在災害情境推估階段透過高解析度災害物理模式進行模擬，針對高災害機率與風險地區進行細部模擬，以獲得更精確的災害分布情境。

(4) 災害規模判識與社會衝擊評估

為更進一步研判災害影響規模，必須從影響人口、社會活動與經濟損失等層面切入進行分析，並以歷史災害所造成的損失為基礎，進行災害衝擊評估比較。在規模評估階段，是由前兩個步驟的災害機率與災害情境模擬的結果，針對災害影響之人口密度、建物類型及產業類型等變量快速分析，並以災害所造成的經濟損失估計作為最終的災害規模評估依據。

(5) 災害應變作為

最後的防災作為階段，則是彙整前述幾個研判步驟中的結果，向防災指揮權責單位（中央災害應變中心、地方防災單位等）發布致災重點區域、災害類型、災害規模……等防災訊息。此步驟主要是人為綜整與分析研判步驟，透過各災害領域專家進行研判討論，並將研議結果做為最後防災決策參考依據。

3.2 跨領域模式介紹

技術落實推動的主軸在於串聯「氣象」、「災害」與「社會經濟災損評估」等模式，透過即時運算對災害情境進行客觀性評估，再將分析結果以資料視覺化設計，並以網頁形式公佈，提供防災單位依據參考。為達到各領域模式的即時高速運算與技術串聯，因此模式整合計算平台的硬體計算資源採用高速叢集電腦(High-Performance Computing Cluster)伺服器，對於不同運算需求的數值模式，可以達到分散式運算及高速平行運算等功能。另外，為了有效整合所有數值模式，在模式運算開發平台系統則統一以 LINUX 系統環境架構下開發，而部分已於 WINSOWS 系統上發展之數值模式，則需修改程式碼並移植至 LINUX 系統架構下進行跨領域模式整合發展。

因此在整合系統計算硬體資源與系統規畫之下，對現有的各領域數值模式與估計方法進行整合性規劃，評估適合進行串聯整合的跨領域模式。規劃整合的方法與數值模式串聯架構如圖 11 所示，包含前端的運算結果視覺化展示介面，以及後端的氣象、災害與社經等三領域模式計算。氣象方面包括使用定量降雨估計的網格雨量以及系集多成員預報雨量；災害模式則彙整坡地洪旱組已經發展之淹水、坡地崩塌的統計機率模式與物理模式；社會經濟影響則先著重於人口影響以及嘗試評估產物、建物等類型評估方面。由於不同領域模式所需輸入

及輸出資料格式與使用座標系統迥異，因此在串接過程中，部分串聯過程需進行格式與座標轉換程序。由氣象資料輸入災害模式的座標轉換稱為前處理程序，而災害模式計算結果輸入社經災損評估的座標轉換稱為後處理程序。在氣象、災害與社經三領域的各模式即時運算結果皆會各以合適的視覺化設計並即時於網頁平台上展示，以利於檢視模式串聯運算分析結果。

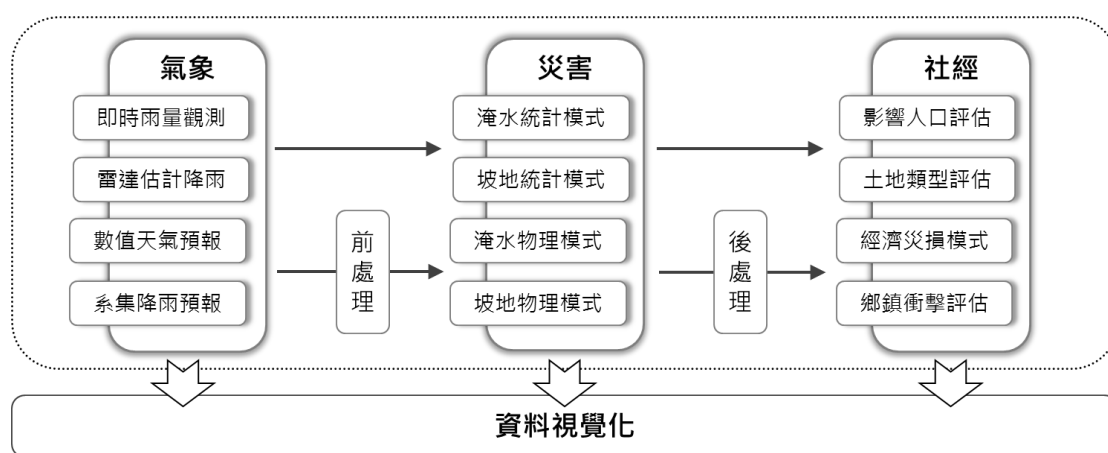


圖 11：跨領域整合模式架構

3.2.1 即時雨量分析與系集定量降雨預報

由於目前所規畫的災害類型為降雨所造成的淹水以及坡地崩塌災害為主，因此最上游的氣象資訊僅針對雨量監測與預報進行評估。在雨量監測方面，為落實防災應用，必須達到即時性災害預測能力，以利落實防災應用，故在氣象的雨量觀測與預報整合部分是以逐時更新觀測雨量的方式，達到近即時預報能力。而為能有效整合觀測與預報雨量，及考量後續產品開發擴充性功能與提升運算效率，必須先將

觀測與預報雨量統一至相同的網格點上。其中，觀測雨量使用 NCDR 研發的雷達回波與自動雨量站的整合估計定量降雨時雨量，網格解析度為經緯度 0.0125° ；而預報雨量則是使用 WRF 的 5 公里解析度預報降雨時雨量，並內插至定量降雨估計的 0.0125° 網格點上。而改善預報不確定性則是透過系集預報雨量應用進行不確定性分析與災害情境模擬分析之用。

3.2.2 災害機率模式

2013 年災害預警技術研發已完成災害機率模式落實即時應用，根據崩塌災害或淹水災害所需的累積雨量時間（雨場），於選定區域內之網格點進行觀測雨量與預報雨量的總累積計算，隨即進行災害機率模式的運算過程。災害機率模式係使用 NCDR 坡地洪旱組發展的統計機率模式，其中淹水機率模式由張駿暉博士發展的模式 (Jang et al., 2011)，機率方程式如下：

$$\text{淹水機率} = 1 - 1/(1 + R^b \times e^a),$$

其中 R 為 24 小時累積雨量，a、b 為統計參數。統計參數依雨量網格逐一進行統計，完成與雨量網格相同解析度之參數 a、b。

另外，坡地崩塌機率模式則是使用林聖琪助研究員發展的統計機率模式，機率方程式如下所示：

$$\text{崩塌機率} = 1/(1 + e^{-(a+b \times R)}),$$

其中 R 為有效雨場累積雨量，a、b 為統計參數。有效雨場的判定方式為 24 小時累積雨量小於 4 毫米時則歸零重新累積，每個網格點的所判定的雨量總累積時間依各網格點降雨情況而有所不同。

3.2.3 災害物理模式

(1) 二維快速淹水模式

整合模式架構中災害物理模式亦分別針對淹水與坡地崩塌進行模式技術開發。在淹水模式的部分，採用坡地洪旱組發展多年的二維快速淹水模式(黃等，2014)，此模式原設計建置於 WINDOWS 作業系統中使用分散式運算進行多流域模擬，常應用於淹水模擬分析。為了更即時、更有效地應用快速淹水模式的結果，今年度與坡地洪旱組研發合作，將「二維快速淹水模式」移植至 LINUX 作業系統中，並採用高速運算叢集電腦進行多流域分散運算，以達到災害預報的目標。此外，坡地洪旱組亦透過模式移植過程，優化地表高程資料，改採用 5 公尺 DTM 地形資料取代原本利用 40 公尺高程資料所製作的地表高程分布。

(2) 邊坡穩定模式

坡地物理模式研發採用美國發展的邊坡穩定模式(Transient

Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Model)，此模式是美國地質調查所 USGS 所開發之網格式無限邊坡穩定分析程式，其發布網址如為：

<http://pubs.usgs.gov/of/2002/ofr-02-424/>，

在移植至 NCDR 的應用研發過程，是經由修改原程式架構，調整成適用於 LINUX 叢集電腦上能進行多流域分散運算的版本。相較於原始 USGS 版本，僅修改原始碼內部分檔案路徑指定與檔案命名處，以及為配合 CPU 最佳化編譯，部分資料輸出格式稍作修改，物理運算部分皆未更動。

而新增編碼方面，則是為了將觀測與預報雨量格式轉換與內插至流域網格所進程式編寫，係配合 NCDR 即時產製的觀測與預報雨量網格資料，撰寫內插與格式轉換程式以提供 TRIGRS 模擬所需資料。此外，流域分散運算採用 Shell Script 的程式語言撰寫，適用於 LINUX 系統叢集架構下可分散數個流域同時運算，提高運算效率。

3.2.4 社會經濟影響評估

(1) 災害影響人口分析

配合災害機率模式網格的災害人口影響分析，透過地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS)，將內政部戶籍人口調查資

料以解析度經緯度 0.0125° 的區域大小，統計區塊內的人口數量，圖 12 為將全台網格化後之人口分布圖。

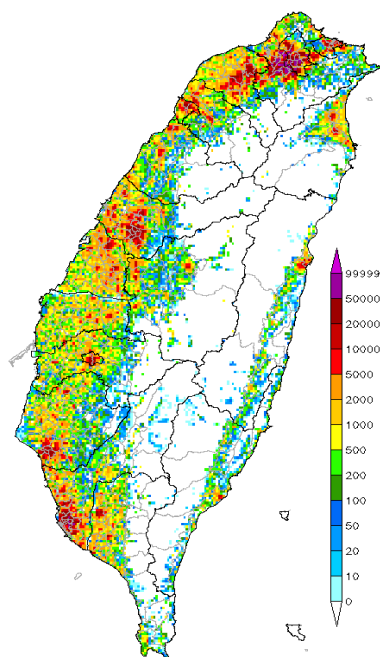


圖 12：全台人口網格分布，網格解析度 0.0125° 。

(2) 災害影響土地類型分析

災害社會衝擊影響除了對所在地人口進行分析，還需要針對產業、人文與建築等進行災害衝擊分析評估。103 年災害預警技術研發項目中已將國土測繪中心於 2005~2006 年的調查分類之 103 類土地利用類型，利用地理資訊系統(GIS)進行網格化製成 5 公尺網格資料。103 年業已完成全台 5 公尺的基礎資料之建置，資料涵蓋台灣本島、蘭嶼綠島等，暫無澎湖、金門與馬祖等外島縣市之土地調查資料。圖 13 為網格化前後之土地利用類型範圍比對圖，網格化後之土地各類型涵蓋範圍誤差甚小。

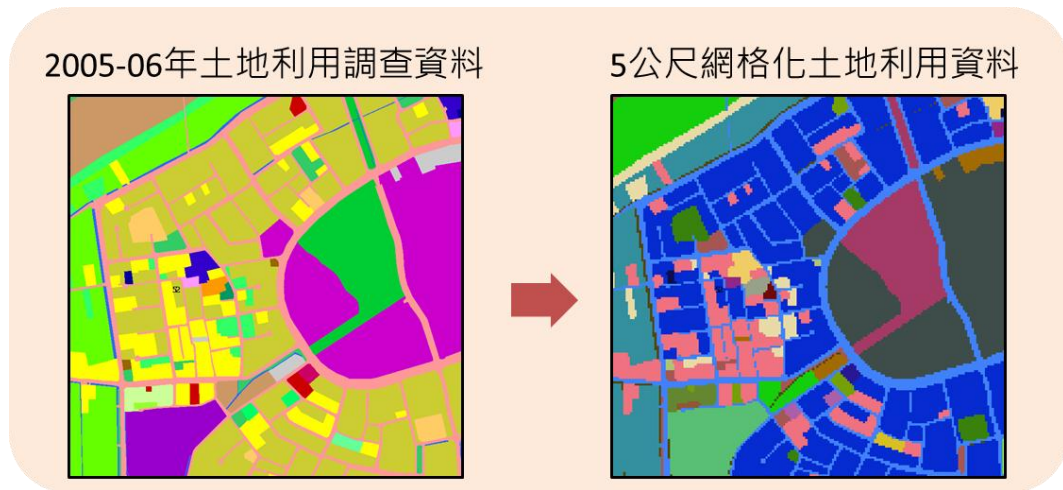


圖 13：土地利用 103 類型調查資料統計網格化為 5 公尺網格資料比對

為進一步統計高災害機率區域中可能衝擊到的人文、產業等社會影響，透過上年度由氣象組組內研發成果所製成的 5 公尺全國土地類型網格資料，統計災害模式所需之網格解析度 0.0125° 網格內不同土地類型的面積，並將原本 103 類土地調查分類統計成各統計模式網格中 28 種土地分類面積統計的基礎資料(圖 14)，此 28 種土地類型分類包含：商業、住宅、工業、其他建築用地、政府機關、學校、醫療保健、社會福利設施、公用設備、環保設施、文化設施、休閒設施、農作、水產養殖、畜牧、農業附帶設施、天然林、人工林、其他森林使用土地、鐵路、道路、港口、河川、溝渠、堤防、水閘門、抽水站、防汛道路等 28 類。

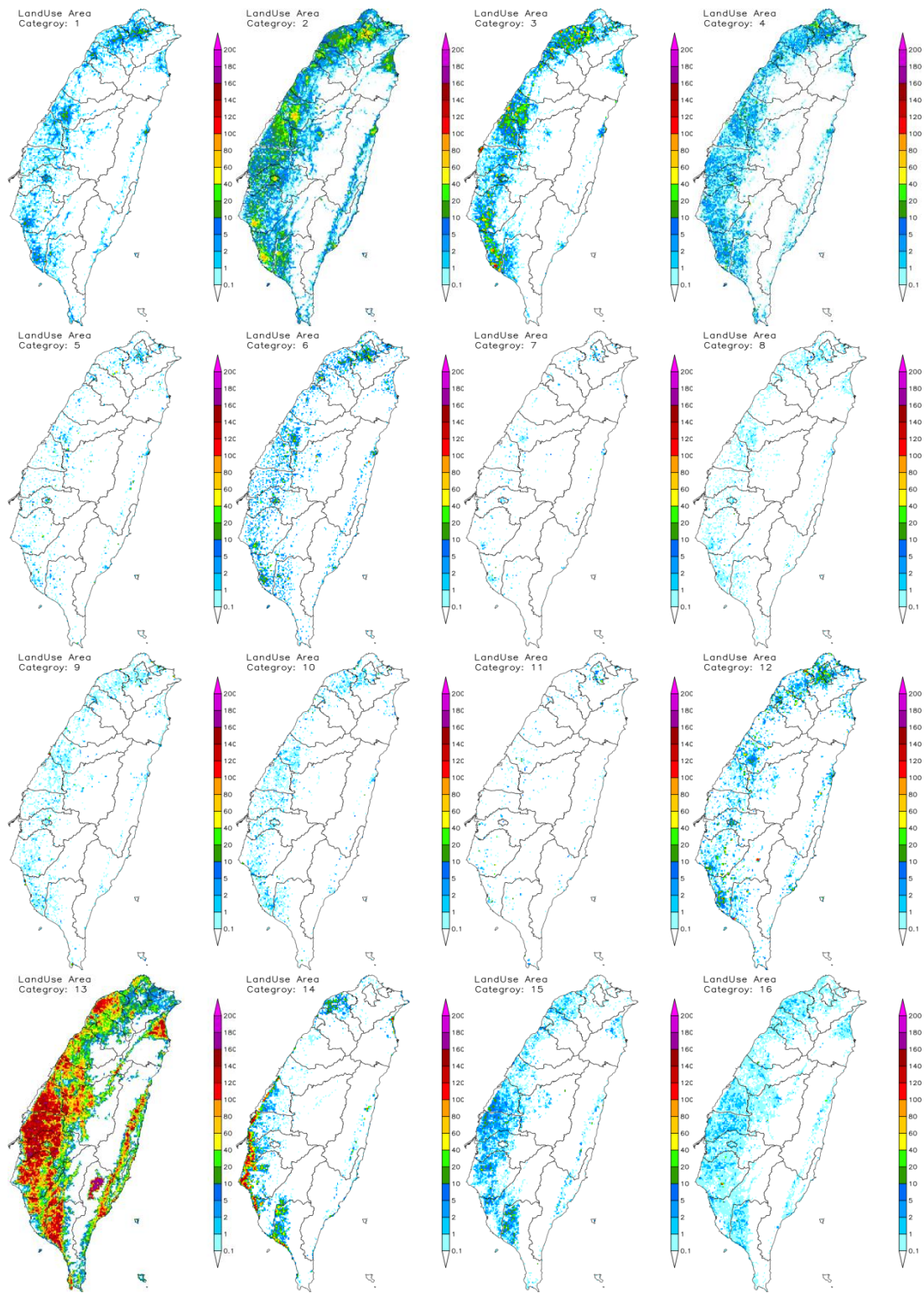
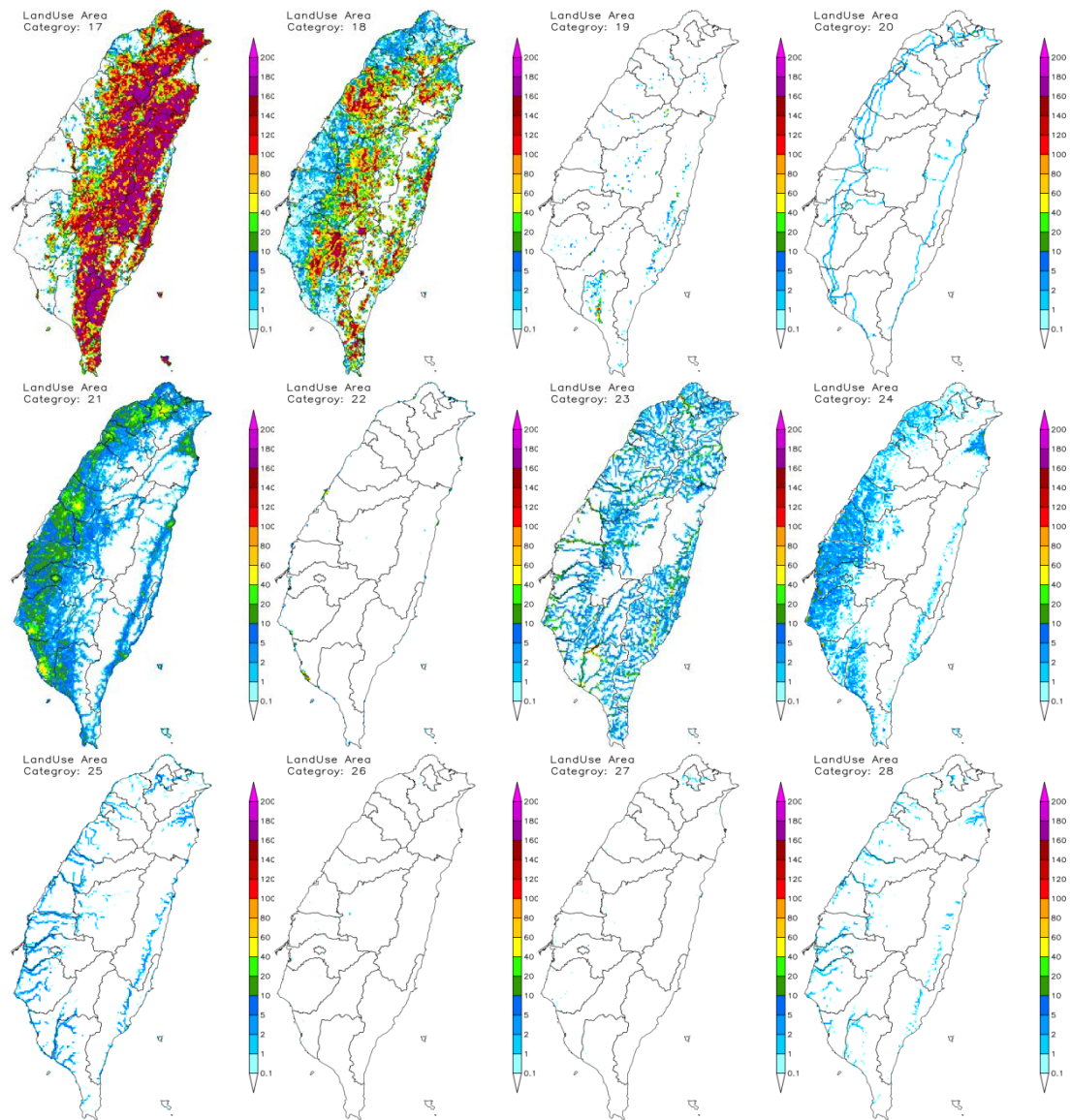


圖 14：統計模式各網格中 28 土地類型面積統計



續圖 14：統計模式各網格中 28 土地類型面積統計

3.3 災害衝擊評估

為提升災害應變時的各種災害預警與災害衝擊評估能力，本年度持續針對已發展中的跨領域災害預警與衝擊評估技術方法進行研發，並且將可應用的研發技術，透過網頁產品化方式，將現有預警評估技術落實。目前已發展落實之災害衝擊評估系統是透過災害機率模式快速運算後，再經社會經濟基礎資料的災害區域統計進行災害衝擊評估。

2013 年技術發展僅於過去個案研究之災害衝擊分析系統中完成災害影響人口評估的發展，今年於此災害衝擊分析系統中新增災害影響土地類型影響面積統計，新增之系統架構如圖 15 所示。

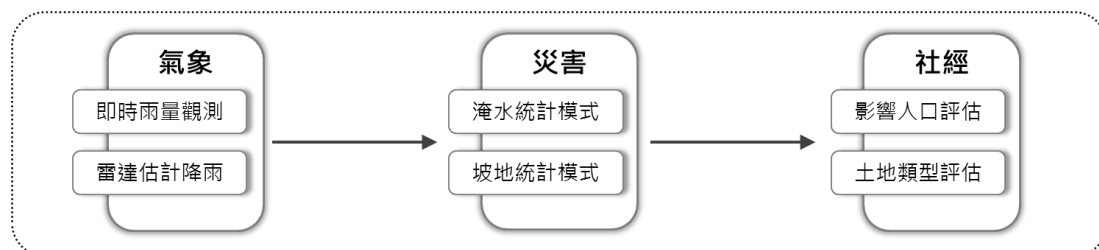


圖 15：災害衝擊分析系統架構

災害影響衝擊分析系統操作介面(圖 16)如「2013 年災害預警技術研發報告」中所介紹一致，無新增控制選項，但線上計算後會額外輸出「土地類型災害面積統計」直條圖，並顯示於圖 16 右下圖示。

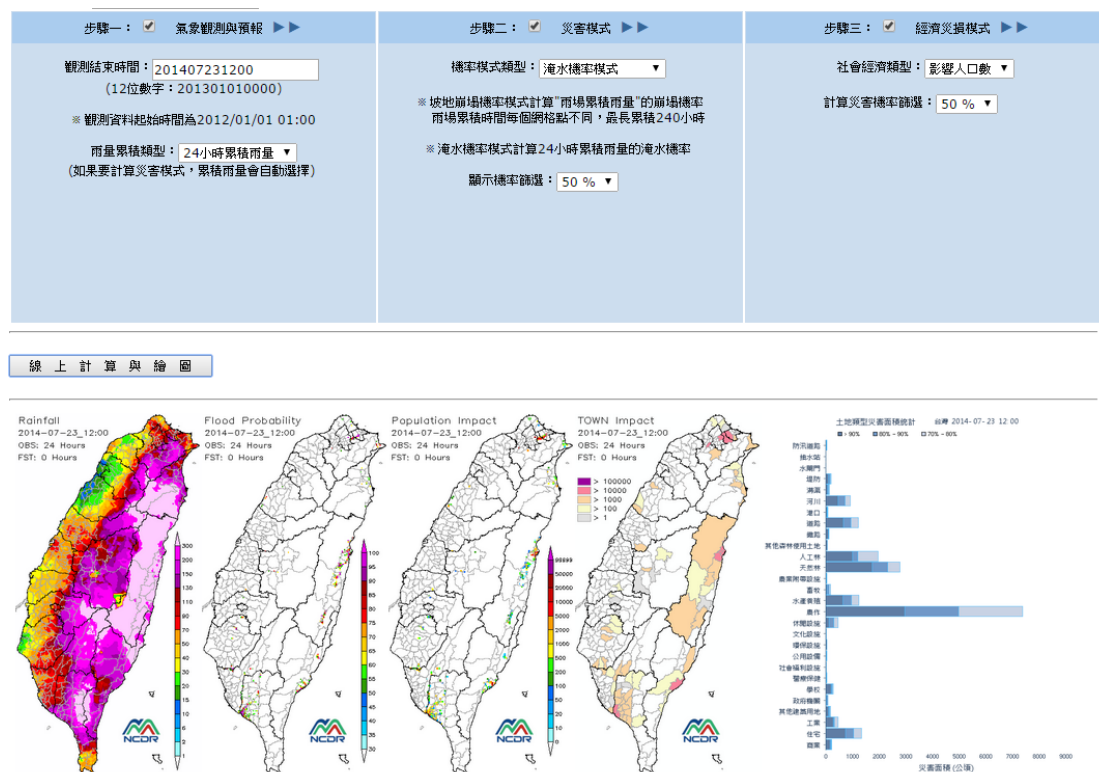


圖 16：災害衝擊分析系統

經由災害影響衝擊統計而得的「土地類型災害面積統計」如圖 17 所示。此災害面積統計僅統計全台災害機率大於 70% 的高災害機率網格內 28 種土地類型各自所佔的面積，並分別標示 70%-80%、80%-90% 以及 90% 以上三種機率各自所佔的面積大小。其中，面積計算採用單一網格內土地類型面積乘上災害機率作為該網格內災害影響面積，之後將全台網格各種土地類型進行統計而得。

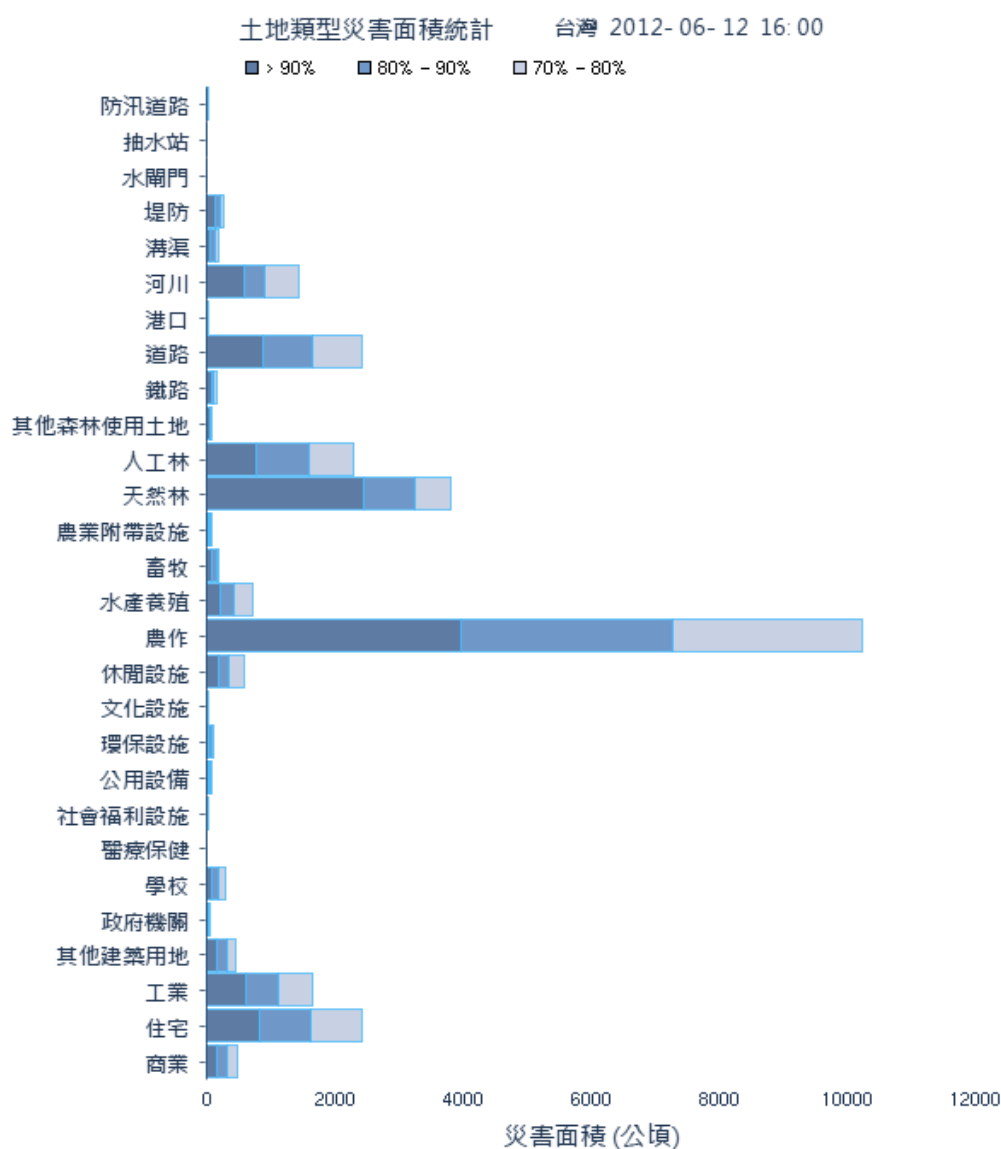


圖 17：土地類型災害面積統計圖

另外，配合颱洪應變即時災害評估，去年度與坡地洪旱組跨組合作，將淹水與坡地崩塌機率，結合氣象組即時數值天氣預報的雨量及氣象局即時觀測雨量，進行即時災害機率分析，研判未來 48 小時可能致災的機率，但尚缺乏社會經濟層面的影響評估。因此，今年度將災害影響人口與土地類型評估加入即時災害衝擊評估系統之中，系統整合架構如圖 18，相較於災害衝擊分析系統架構(圖 15)，增加數值天氣預報雨量做為應變時即時災害預警評估使用。

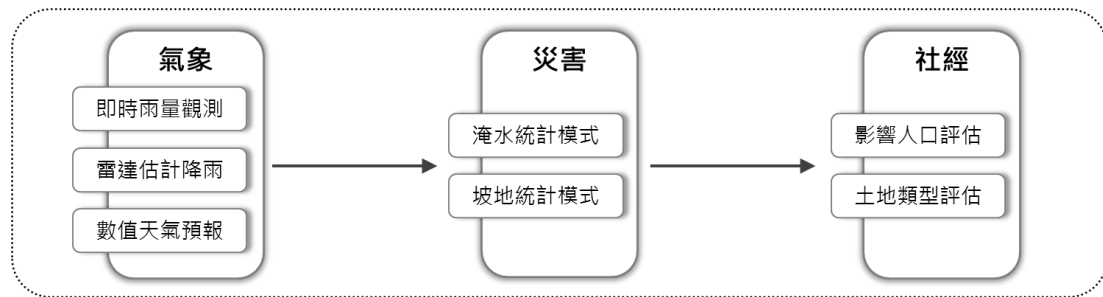


圖 18：即時災害衝擊預警評估系統架構

透過網格化的人口數與即時災害機率分析整合，計算各網格上災害影響人口的期望值，完成即時計算模組，再透過逐時更新累積雨量後，計算而得災害機率以及網格上的災害影響人口期望值，可以獲得最即時的災害影響分析，避免時間差所造成的分析誤差，並由此研判未來 48 小時內因降雨而可能造成社會人口影響的趨勢變化(圖 19)。此外，為了快速研判各鄉鎮行政區內的總影響人口，透過該行政區內災害影響人口期望值的加總統計，並以全國鄉鎮行政區為一單位的視覺化圖示方式展示(圖 20)，可以清楚分辨研判鄉鎮行政區的災害對

人口衝擊的影響程度。

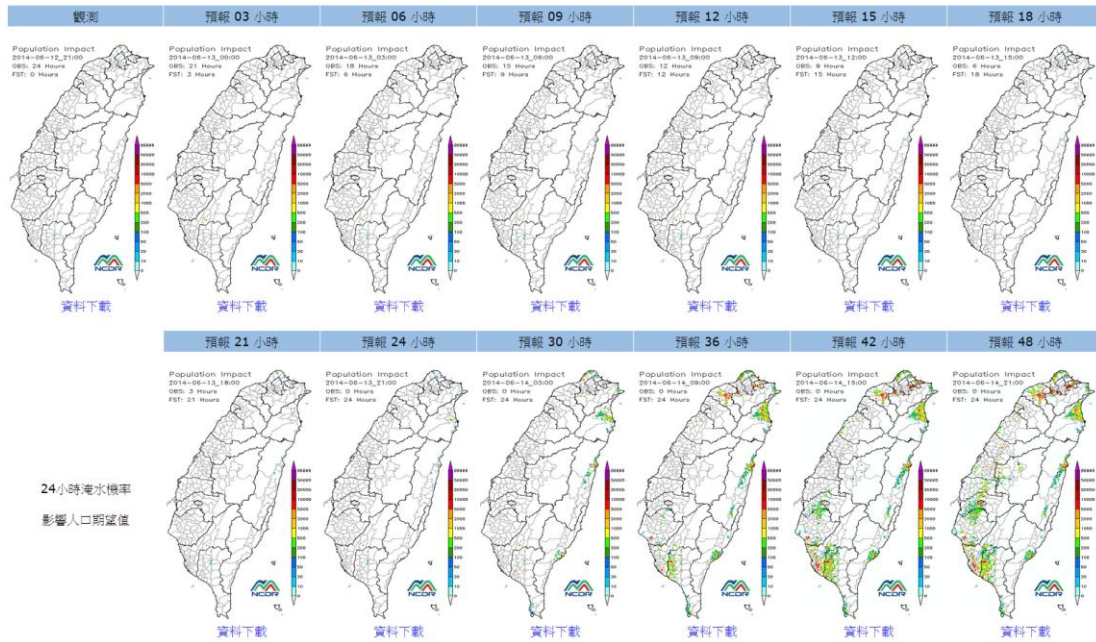


圖 19：預報 0-48 小時災害影響人口期望值

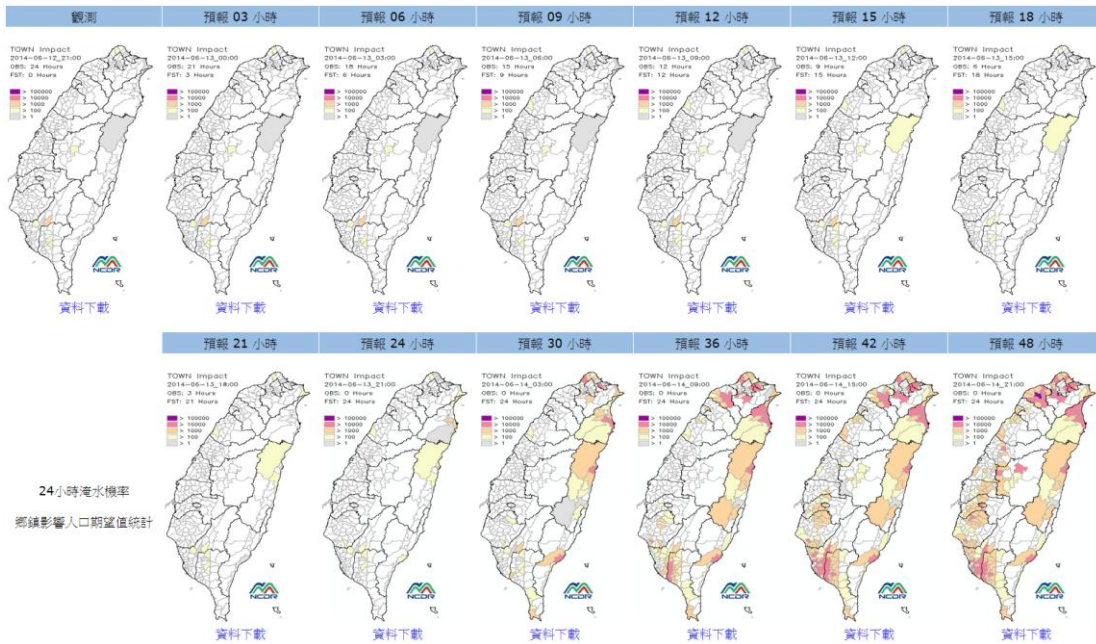


圖 20：預報 0-48 小時災害影響人口期望值的鄉鎮統計

另外，配合土地類型面積等基礎資料建置，經由災害統計機率模式預報後的高災害機率網格區域統計，可以即時分析未來 0-48 小時

災害衝擊對不同人文、產業類型等 28 種分類的高災害機率衝擊面積範圍統計(圖 21)，藉此即時統計圖表分析研判個別的災害事件對社會衝擊的規模大小，提供防災更進一步的研判結果。



圖 21：預報 0-48 小時災害影響衝擊土地類型面積統計

3.4 坡地邊坡穩定模式 TRIGRS 穩定度即時計算模組更新

去年度與坡地洪旱組跨組合作，將邊坡穩定模式 TRIGRS 移植至 LINUX 系統上，進行氣象與災害模式整合系統開發，整合系統架構如圖 22，並利用快速運算叢集電腦的優勢，開發成多流域分散計算系統。由於去年度開發過程中，所使用的參數並未經過實際值的校正。今年度持續對此模式進行開發，坡地洪旱組於今年度更新模擬區成全國行政區的模擬區域，並且將 200 公尺網格參數進行全國的均一化統一調整，並定義安全係數 1.1 以下為紅色警戒指標。

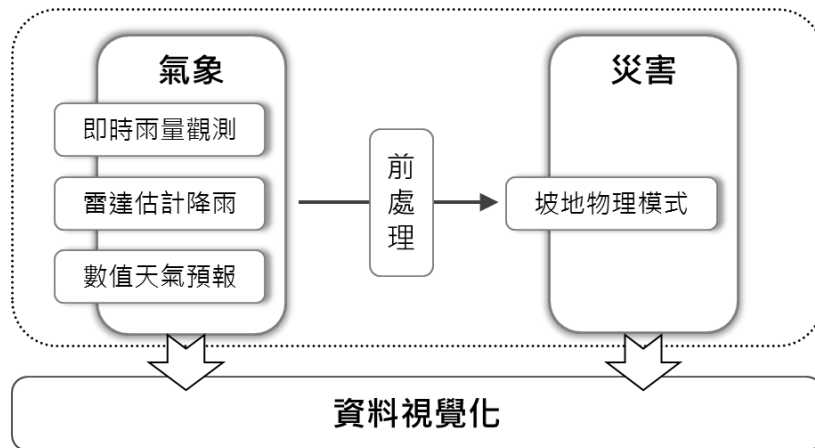


圖 22：坡地物理模式整合系統架構

TRIGRS 模式模擬區今年度變更以行政區劃分，全台共分成 15 個大小不同的模擬區，網格解析度仍維持 200 公尺，模式資料以二度分帶 TWD97 TM2 儲存。模式模擬使用雨量分別採用 7 天觀測雨量與 2 天數值天氣模式 WRF 預報雨量，每隔三小時會更新最新觀測雨量與預報雨量進行模擬與預報，因此每天將會有 8 次啟動模式模擬程序。另外模擬結果僅輸出預報 0 至 48 小時的坡地安全係數，每隔 3 小時輸出結果，前七天的模擬結果僅輸出最後一個時間的資料，其餘皆為預報結果。

配合今年度坡地洪旱組的模擬區域與參數的更新，已於 TRIGRS 即時分散自動模擬系統中進行更新。經實際上線測試，此系統可在 40 分鐘內完成全國 15 個行政區 200 公尺網格模擬。另外，配合參數均一化更新的模擬結果，變更視覺化圖示前後之效果(圖 23)，僅標示安全係數低於 1.1 的坡地紅色警戒網格點位(圖 23b 藍色點)，並

以色塊區分各鄉、鎮、區中紅色警戒網格點數的多寡，以區分該行政區內危險程度。展示部分則是整合 15 個模擬區結果至全台地圖上，預報 0-48 小時每三小時輸出一張全台坡地超過紅色警戒指標的鄉鎮區域，每次預報共產製 17 張圖，最後會以網頁介面形式模擬結束後即時展示於網頁之上，以利即時分析研判。

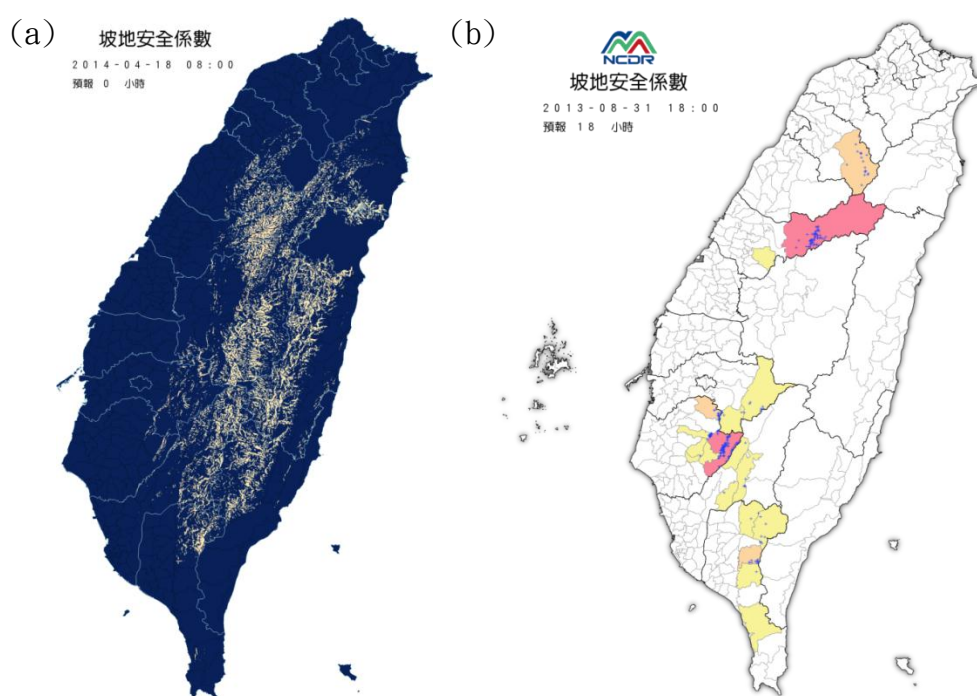


圖 23：邊坡穩定模式安全係數分布，(a)2013 年舊版安全係數分布圖，與(b)2014 年新版安全係數超過警戒係數之分布圖

第四章 系集預報校驗與應用

為改進模式預報的不確定性，提高定量降雨預報能力，本中心、中央氣象局及其他學研單位與國家實驗研究室台灣颱風洪水研究中心合作進行「台灣定量降雨系集預報實驗 (Taiwan Cooperative Precipitation Ensemble Forecast Experiment ,TAPEX)」，依照不同的參數化設定，多方假設物理特性之降雨行為，以期能將各種可能降雨狀況涵蓋其中。此外，期望更進一步利用系集預報雨量以及系集颱風路徑預報等資料的落實應用，於實際颱洪防災應變時提供更多的預報不確定性與風險分析研判之資訊，降低防災應變期間誤判的可能，並且快速的提供防災應變決策反應作為。

4.1 系集成員介紹

本中心為台灣定量降雨系集預報實驗 TAPEX 其中一員，參與預報資料交換合作，於去年度介接 33 組預報成員，包含中央氣象局 20 組預報成員、颱洪中心 12 組預報成員與本中心 1 組預報成員，另於熱帶低壓發展時，時颱洪中心會再增加 3 組颱風預報成員。今年度系集成員資料再把中央氣象局已有 3 組決定性預報成員納入本中心系集預報成員之中，而颱洪中心今年度又增加 4 組例行預報成員，以及 1 組颱風預報成員。統計本中心至今共有介接系集成員含 40 組例行預

報成員以及 4 組熱帶低壓發展期間的颱風預報成員，總共 44 組系集預報資料可供參考應用。

本年度新增成員，已即時將各組系集成員的預報雨量製成 12 小時累積降雨分佈圖於網頁上，提供各組成員預報結果分析（圖 24）。各成員編號規則區分，氣象局決定性預報 3 組編號由 W00 至 W02；氣象局系集預報 20 組編號為 E01 至 E20；颱洪中心系集預報編號由 M01 至 M26，包含例行性預報與低壓發展期間預報，其中部分成員為氣象局提供決定性預報做為其部分成員，為避免系集成員重複，則以氣象局編號為主，因此颱洪中心系集成員編號會有空缺情況。

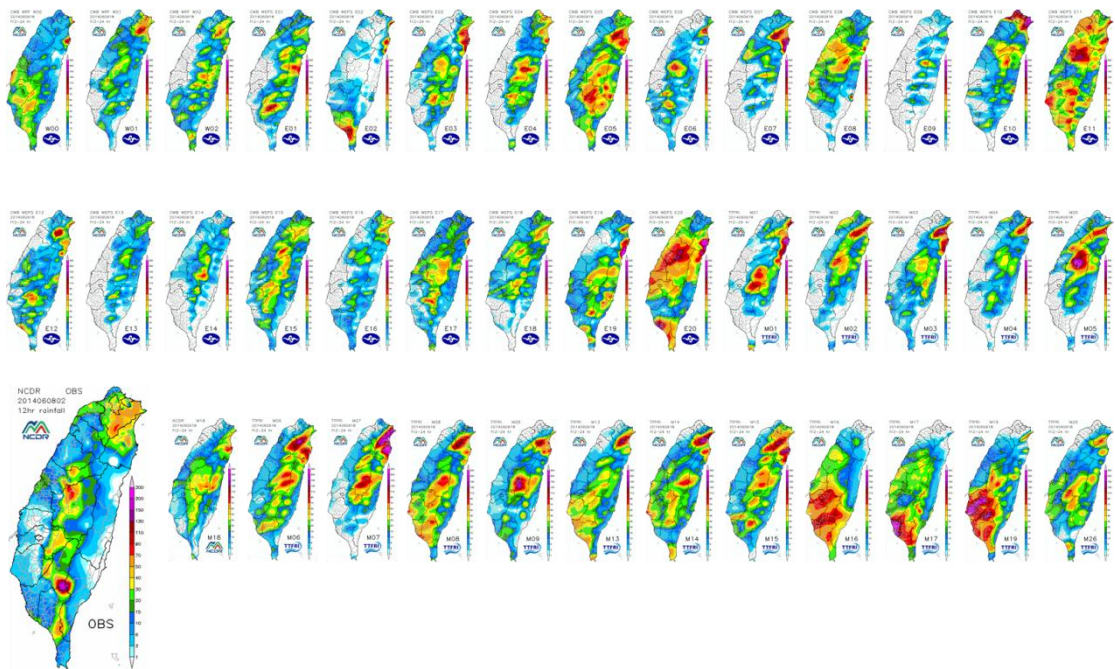


圖 24：系集雨量預報 12 小時累積圖。圖例為 2014 年 06 月 06 日 18 時預報，預報 12 小時至 24 小時累積雨量。左下圖為觀測雨量；其餘小圖為系集成員雨量，資料提供單位及系集成員代碼標註於右下角，每張累積降雨圖左上角有標註模式起初時間及選取預報之累積雨量區間，供雨場雨型分布參考

由於提供應用參考的系集成員日益增多，為能系統化、組織化檢視系集成員的平均降雨特性，進行群組挑選 12 小時平均累積降雨分佈圖 (圖 25)，分別為：所有成員平均、CWB 群組成員平均、CWB WEPS 群組成員平均、CWB 決定性預報群組成員平均、颱風中心群組成員平均。透過此系集群組平均雨量初步了解氣象局與颱風中心個系集預報設計上的系統性差異。

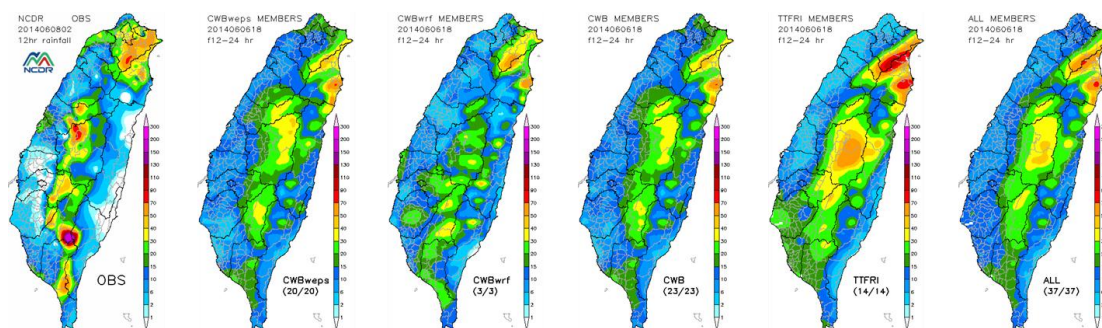


圖 25：群組化系集雨量預報 12 小時累積圖。圖例為 2014 年 06 月 06 日 18 時預報，預報 12 小時至 24 小時累積雨量。最左圖為觀測雨量，其餘為群組化系集成員雨量

4.2 系集雨量校驗

而由於系集預報成員眾多，對使用者而言，選擇哪一組系集成員或是複合成員，做為應用的評估依據，多成員預報雨量展示可能會令使用者無從挑選。因此，檢視系集成員的降雨預報表現，進而挑選較佳雨量成員，對於落實應用，提供下游使用者有更好的選擇。

4.2.1 校驗方法

為能客觀且具科學性的檢視定量降水預報的成果，以觀測雨量值

與預報雨量值採用預兆得分 TS (Threat Score)、公正預兆得分 ETS (Equitable Threat Score) 及偏離指數 BIAS 等方法計算命中得分，各方法的說明請參閱 (表 1) 及下列說明：

表 1 降雨預報事件命中分布列聯表，分別表列降雨觀測事件數與預報命中次數代碼，其中 a 值代表命中，b 值為錯誤預報，c 值為失誤，d 為未命中

forecast \ Event	觀測事件 Event observed		
	Yes ≥ 門檻值	No < 門檻值	Marginal total
Yes ≥ 門檻值	a	b	a+b
No < 門檻值	c 失誤	d	c+d
Marginal total	a+c	b+d	a+b+c+d=n

- 預兆得分 (TS)：為了解模式對於區域超過某一定降雨量的預報能力，用來評估模對降雨區域的預報能力。TS 值越接近 1 表示模式正確預報降雨的能力越高。

$$\text{預兆得分 } TS = \frac{a}{a+b+c} \quad (1)$$

- 公正預兆得分 (ETS)：公正預兆得分是計算除了模式與觀測皆無降水且不是隨機猜中的情況下，模式能正確預測降水的機率。ETS 越接近 1 表示模式降雨預報越準確，接近 0 則表示此模式預報能力較低。

$$\text{公正預兆得分 } ETS = \frac{a-a_r}{a+b+c-a_r} \quad (2)$$

$$n = a + b + c + d \quad (3)$$

$$a_r = \frac{(a+b)(a+c)}{n} \quad (4)$$

- 偏離指數 (Bias)：評估預報降水量是屬於低估或高估。Bias 值小於 1，表示預報模式值為偏乾，反之大於 1 則偏濕，BS 值越接近 1 則表示模式正確預報能力越高。

$$\text{偏離指數 } Bias = \frac{a+b}{a+c} \quad (5)$$

為搭配系集累積雨量圖參考使用，系集定量降雨校驗亦選擇以 12 小時累積 1、5、10、20、30、50、70、85、100、130、200、350mm 做為雨量門檻值，並配合預報產品更新時間，自動化每 6 小時進行一次即時校驗運算。

每次進行的雨量校驗結果，分別紀錄系集成員、選用之校驗方法、選定之雨量門檻值及其得分（表 2）。由於系集成員在各天氣條件下表現不一，為客觀地檢視系集各成員表現，不受單一預報影響，集合各時序校驗結果一同檢視（圖 26）。以圖 26 為例，橫軸為日期，縱軸為系集成員名稱，每一小格代表在此時間點下，所進行的雨量校驗得分情況，為提高使用者對校驗產品的了解以及方便檢視，選用將得分成果以色階表示，綠色、黃色、灰色分別代表預報表現良好、中等、準備率低。規劃未來時序圖搭配天氣事件標籤，可推估不同成員於不

同天氣事件下的表現狀況。

由於校驗時非個案挑選，故在數據呈現上得分值會較低，但仍然可循依此方法，檢視各成員表現情況。

表 2：2014/05/09~2014/06/09；f00-f12 累積降雨量與觀測資料 TS 方法校驗得分。降雨門檻值為 1、5、10、30、50、70、100、130、200、350mm/12hr

TS	1	5	10	30	50	70	100	130	200	350
E01	0.26	0.22	0.21	0.14	0.11	0.08	0.02	0	0	0
E02	0.21	0.17	0.15	0.11	0.06	0.03	0.01	0	0	0
E03	0.22	0.18	0.15	0.12	0.08	0.04	0.01	0	0	--
E04	0.24	0.2	0.17	0.12	0.09	0.05	0.02	0	0	0
E05	0.23	0.19	0.18	0.11	0.05	0.02	0	0	0	--
E06	0.23	0.18	0.17	0.13	0.11	0.08	0.03	0	0	--
E07	0.22	0.18	0.15	0.09	0.05	0.03	0.01	0	0	0
E08	0.24	0.18	0.14	0.11	0.08	0.06	0.04	0.02	0	0
E09	0.25	0.21	0.19	0.11	0.08	0.07	0.02	0	0	0
E10	0.18	0.15	0.14	0.09	0.08	0.04	0.04	0.02	0	0
E11	0.25	0.19	0.18	0.14	0.08	0.05	0.03	0	0	0
E12	0.19	0.14	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0	0	--
E13	0.19	0.14	0.13	0.1	0.05	0.03	0.01	0	0	0
E14	0.21	0.17	0.14	0.1	0.06	0.03	0.03	0.02	0	0
E15	0.22	0.19	0.16	0.12	0.09	0.05	0.01	0	0	0
E16	0.2	0.16	0.15	0.12	0.09	0.07	0.02	0	0	0
E17	0.21	0.16	0.14	0.09	0.06	0.04	0	0	0	0
E18	0.19	0.18	0.15	0.1	0.09	0.07	0.03	0	0	0
E19	0.24	0.16	0.12	0.06	0.04	0.01	0	0	0	0
E20	0.2	0.15	0.11	0.07	0.04	0.03	0.02	0	0	0
W00	0.27	0.21	0.18	0.12	0.05	0.02	0	0	0	--
W01	0.21	0.19	0.17	0.1	0.06	0.05	0.03	0	0	--
W02	0.25	0.21	0.18	0.13	0.09	0.05	0.02	0	0	--
M01	0.19	0.16	0.14	0.08	0.06	0.04	0.01	0	0	--
M02	0.21	0.19	0.16	0.09	0.04	0.01	0	0	0	--
M03	0.24	0.22	0.19	0.13	0.08	0.04	0.02	0	0	--
M04	0.23	0.2	0.18	0.11	0.06	0.04	0.02	0.02	0	--
M05	0.23	0.21	0.18	0.12	0.08	0.07	0.05	0.01	0	--
M06	0.27	0.2	0.15	0.08	0.05	0.02	0	0	0	--
M07	0.25	0.19	0.14	0.08	0.04	0.02	0.01	0	0	--
M08	0.25	0.19	0.15	0.1	0.06	0.02	0.01	0	0	--
M09	0.23	0.17	0.14	0.08	0.04	0.02	0	0	0	--
M13	0.24	0.21	0.18	0.13	0.09	0.06	0.02	0	0	--
M14	0.25	0.18	0.15	0.1	0.05	0.02	0	0	0	--
M15	0.26	0.2	0.15	0.09	0.04	0.02	0	0	0	--
M18	0.25	0.22	0.19	0.12	0.05	0.01	0	0	0	0
M19	0.24	0.19	0.15	0.1	0.07	0.04	0.01	0	0	0

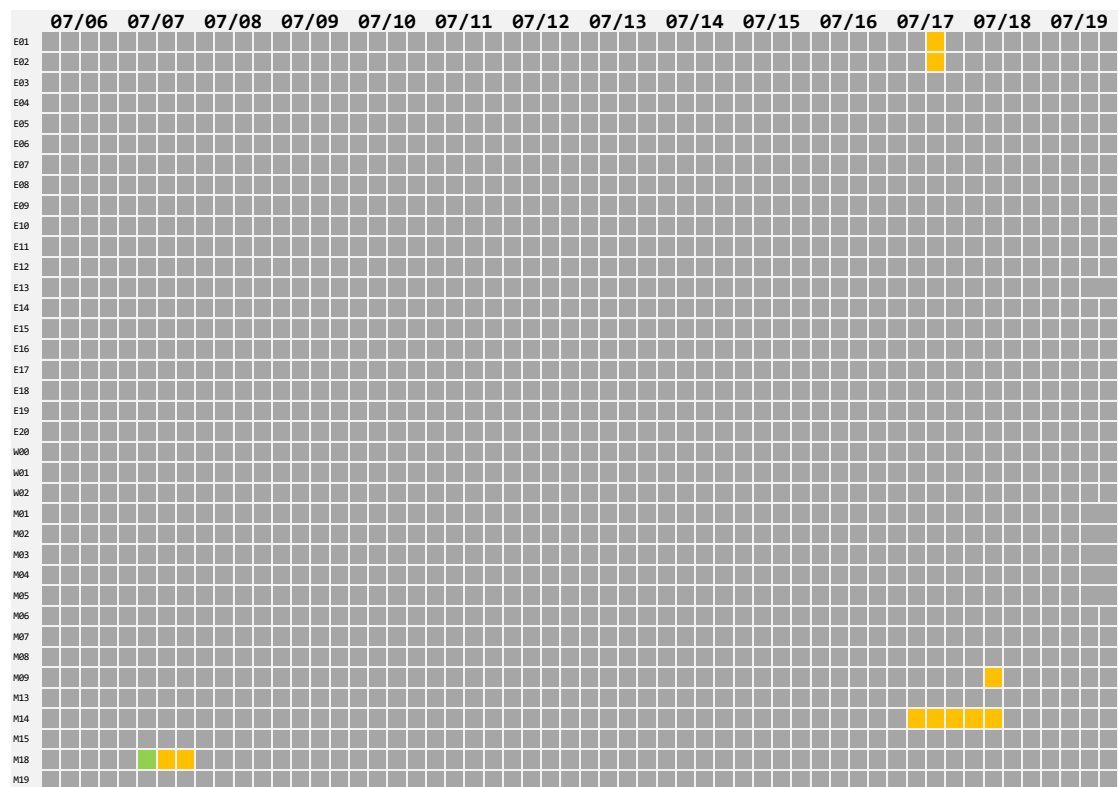
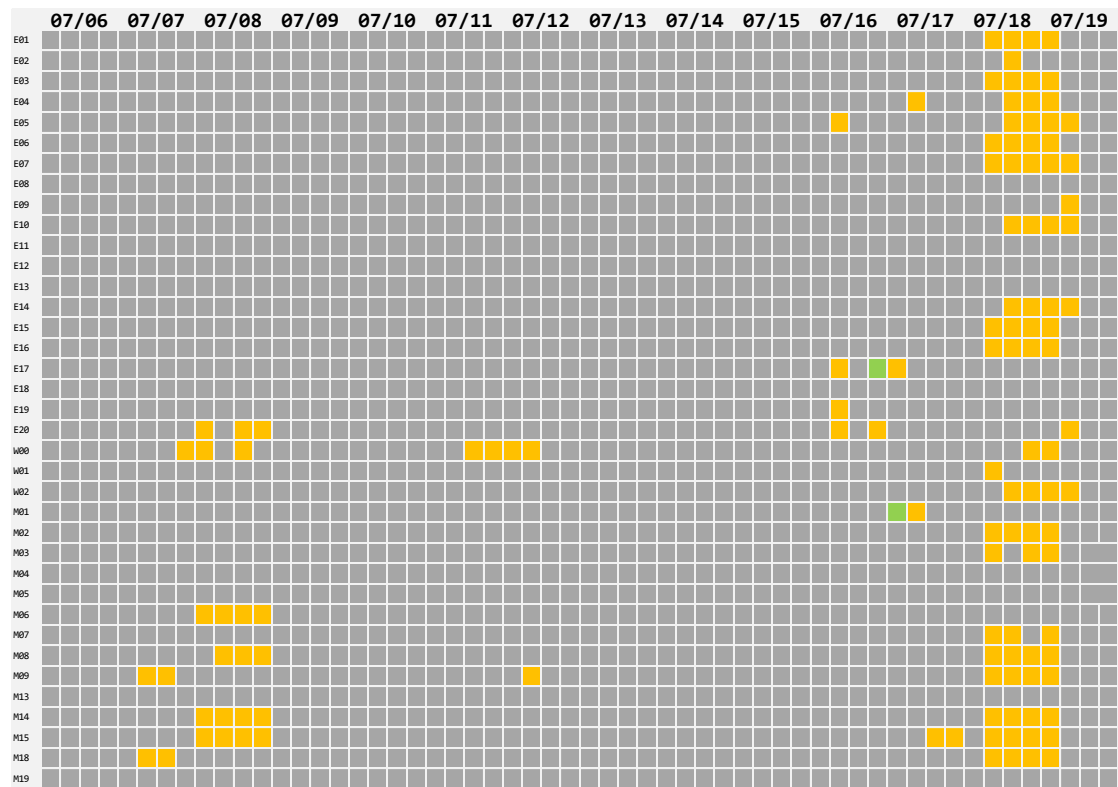


圖 26：2014/07/06 ~ 2014/07/19；f00-f12 累積降雨量與觀測資料 TS 方法校驗得分，每格為選取前四報得分結果。(上圖)降雨門檻值 30mm/12hr；(下圖)降雨門檻值 50mm/12hr。著色代表各成員校驗結果，綠色、黃色、灰色分別代表表現良好、中等、準確率低

4.2.2 個案分析

以 2014 年第 10 號颱風麥德姆 (MATMO) 為例，資料選取區間為台灣地區受颱風外圍環流影響始至 (海上警報發佈前) 海上警報解除時，2014 年 07 月 21 日 00 時至 2014 年 07 月 23 日 18 時 (UTC)，將近 3 天。其系集成員 12 小時累積雨量圖如 (圖 27)，做為雨場雨型分布參考，在此僅以 2014 年 07 月 22 日 00Z 為例，其餘未列。

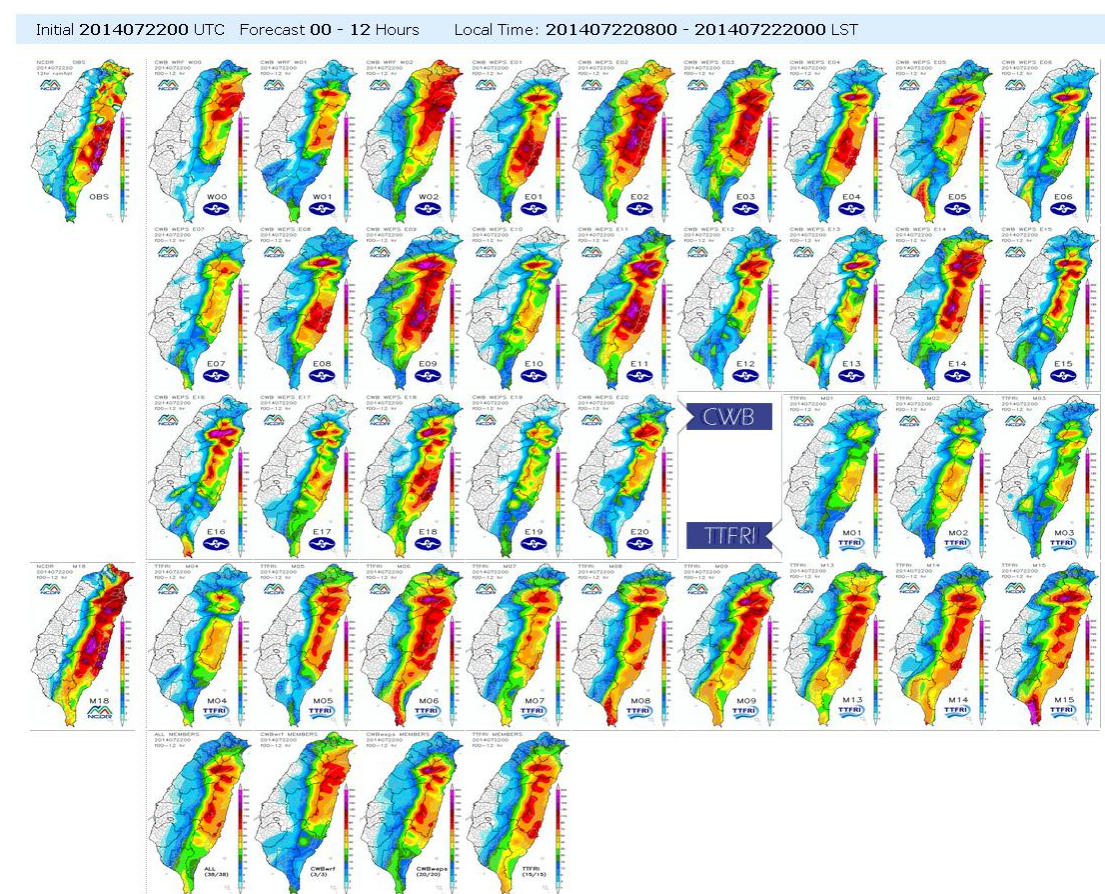


圖 27：2014 年麥德姆颱風 (MATMO) 登陸前，2014 年 07 月 22 日 00 時至 07 月 22 日 12 時 12 小時累積雨量圖 (UTC)。左上圖為觀測雨量；其餘小圖為系集成員雨量；是下列為分類群組雨量。每張累積降雨圖左上角有標註模式起初時間及選取預報之累積雨量區間，供雨場雨型分布參考

由於在防災操作時，會著重情境為大雨等級以上狀況，故在參考前，亦會檢視各成員在過去近兩週的表現（圖 26）。圖 26 於麥德姆颱風個案累積降雨量與觀測資料以 TS 方法校驗得分結果，設定降雨門檻值為 1、5、10、20、30、50、70、85、100、130、200、350mm/12hr，著色代表各成員校驗結果，其中綠色、橘色、灰色分別代表表現良好（TS 值大於 0.45）、中等（TS 值小於 0.45、大於 0.2）、準確率低（TS 值小於 0.2），以色階方式快速檢視各成員表現狀況。因此，以麥德姆颱風為例，可看出在預報 f00-12 時，在大於 50mm/12hr 的門檻下，約有 1/3 系集成員表現良好，而在下一階段 f12-24 時，所有成員對於接近 50mm/12hr 表現為中等，再往下一階段 f24-36 時，則對於降雨事件的掌握較為不足。故最佳應用時機為 f00-f24 區間，而重點雨場挑選時間為 f00-12，其準確性最高。

以本次颱風個案為例，（表 4）為各系集成員於門檻值 50mm/12hr 的表現，故在情資判斷時，將優先採用 f00-12 表現良好，f12-24 表現中等的系集成員雨量做為參考。

(a)	TS		1	5	10	20	30	50	70	85	100	130	200	350
E01	(12/12)	0.74	0.73	0.73	0.67	0.61	0.51	0.41	0.35	0.3	0.25	0.12	0.05	
E02	(12/12)	0.76	0.73	0.69	0.6	0.55	0.5	0.39	0.35	0.33	0.27	0.08	0	
E03	(12/12)	0.74	0.68	0.65	0.56	0.49	0.39	0.31	0.28	0.28	0.17	0.03	0	
E04	(12/12)	0.76	0.68	0.65	0.59	0.53	0.42	0.34	0.31	0.26	0.21	0.08	0	
E05	(12/12)	0.74	0.73	0.72	0.63	0.6	0.48	0.41	0.38	0.35	0.29	0.1	0	
E06	(12/12)	0.72	0.62	0.54	0.48	0.44	0.35	0.3	0.27	0.27	0.19	0.05	0	
E07	(12/12)	0.69	0.61	0.59	0.53	0.46	0.35	0.29	0.27	0.24	0.17	0.08	0	
E08	(12/12)	0.75	0.72	0.72	0.66	0.58	0.46	0.35	0.33	0.29	0.27	0.08	0	
E09	(12/12)	0.72	0.65	0.62	0.57	0.5	0.36	0.31	0.29	0.28	0.31	0.11	0	
E10	(12/12)	0.68	0.58	0.53	0.48	0.44	0.36	0.27	0.23	0.23	0.2	0.08	0	
E11	(12/12)	0.74	0.7	0.67	0.61	0.57	0.48	0.39	0.36	0.34	0.33	0.15	0.09	
E12	(12/12)	0.75	0.71	0.66	0.57	0.52	0.39	0.34	0.32	0.3	0.23	0.12	0.1	
E13	(12/12)	0.77	0.74	0.7	0.6	0.5	0.37	0.3	0.27	0.24	0.23	0.13	0.04	
E14	(12/12)	0.78	0.68	0.63	0.6	0.55	0.42	0.36	0.33	0.32	0.29	0.1	0.03	
E15	(12/12)	0.74	0.69	0.65	0.54	0.49	0.38	0.34	0.33	0.3	0.22	0.06	0	
E16	(12/12)	0.75	0.65	0.58	0.5	0.45	0.35	0.28	0.25	0.22	0.17	0.05	0	
E17	(12/12)	0.67	0.69	0.67	0.59	0.52	0.44	0.38	0.34	0.34	0.32	0.22	0.06	
E18	(12/12)	0.72	0.67	0.65	0.59	0.52	0.46	0.39	0.37	0.36	0.33	0.13	0	
E19	(12/12)	0.71	0.65	0.59	0.52	0.44	0.34	0.29	0.27	0.26	0.23	0.14	0.13	
E20	(12/12)	0.7	0.67	0.61	0.53	0.5	0.42	0.39	0.35	0.32	0.26	0.15	0.13	
E00	(12/12)	0.81	0.75	0.73	0.65	0.6	0.53	0.44	0.39	0.37	0.31	0.19	0.05	
M01	(12/12)	0.81	0.76	0.73	0.68	0.63	0.54	0.5	0.43	0.39	0.31	0.18	0	
M02	(12/12)	0.73	0.67	0.63	0.54	0.51	0.4	0.36	0.32	0.3	0.23	0.09	0	
M01	(12/12)	0.74	0.68	0.63	0.59	0.55	0.46	0.43	0.37	0.28	0.2	0.14	0.04	
M02	(12/12)	0.8	0.71	0.69	0.71	0.66	0.55	0.51	0.48	0.43	0.32	0.2	0	
M03	(12/12)	0.73	0.69	0.66	0.6	0.57	0.5	0.47	0.37	0.32	0.25	0.2	0.04	
M04	(12/12)	0.79	0.72	0.69	0.66	0.65	0.56	0.55	0.49	0.44	0.37	0.28	0.09	
M05	(12/12)	0.78	0.74	0.73	0.69	0.64	0.54	0.47	0.43	0.43	0.37	0.15	0.13	
M06	(12/12)	0.75	0.69	0.7	0.64	0.59	0.55	0.49	0.45	0.45	0.47	0.36	0.16	
M07	(12/12)	0.76	0.72	0.73	0.68	0.61	0.58	0.54	0.49	0.45	0.43	0.36	0.03	
M08	(12/12)	0.76	0.72	0.72	0.68	0.62	0.58	0.53	0.5	0.48	0.45	0.35	0.09	
M09	(12/12)	0.75	0.71	0.69	0.66	0.61	0.54	0.49	0.47	0.47	0.37	0.23	0	
M13	(12/12)	0.76	0.73	0.75	0.68	0.63	0.56	0.51	0.5	0.48	0.45	0.35	0.09	
M14	(12/12)	0.77	0.73	0.73	0.67	0.63	0.59	0.55	0.47	0.47	0.46	0.33	0.12	
M15	(12/12)	0.76	0.72	0.73	0.67	0.6	0.55	0.51	0.47	0.45	0.43	0.33	0.05	
M18	(12/12)	0.74	0.7	0.68	0.57	0.52	0.47	0.44	0.42	0.41	0.37	0.31	0.16	
M19	(12/12)	0.76	0.68	0.65	0.63	0.6	0.55	0.48	0.46	0.44	0.43	0.35	0.18	

(b)	TS		1	5	10	20	30	50	70	85	100	130	200	350
E01	(12/12)	0.58	0.43	0.36	0.27	0.22	0.16	0.14	0.11	0.09	0.04	0.01	0	
E02	(12/12)	0.62	0.55	0.49	0.41	0.33	0.21	0.15	0.12	0.1	0.05	0	0	
E03	(12/12)	0.55	0.47	0.41	0.31	0.25	0.2	0.16	0.12	0.09	0.05	0.02	0	
E04	(12/12)	0.6	0.47	0.41	0.33	0.27	0.19	0.15	0.12	0.1	0.07	0.02	0	
E05	(12/12)	0.59	0.45	0.38	0.32	0.26	0.18	0.14	0.11	0.09	0.06	0	0	
E06	(12/12)	0.54	0.42	0.35	0.28	0.23	0.16	0.13	0.1	0.08	0.03	0	0	
E07	(12/12)	0.55	0.44	0.39	0.32	0.27	0.19	0.16	0.13	0.1	0.06	0	0	
E08	(12/12)	0.53	0.42	0.36	0.29	0.25	0.18	0.15	0.13	0.11	0.08	0.04	0	
E09	(12/12)	0.59	0.49	0.43	0.31	0.27	0.17	0.15	0.13	0.11	0.08	0.01	0	
E10	(12/12)	0.53	0.41	0.36	0.3	0.25	0.16	0.12	0.1	0.07	0.03	0	0	
E11	(12/12)	0.61	0.5	0.42	0.35	0.28	0.21	0.15	0.12	0.1	0.06	0.02	0	
E12	(12/12)	0.55	0.41	0.33	0.26	0.23	0.18	0.13	0.09	0.05	0.03	0	0	
E13	(12/12)	0.58	0.45	0.38	0.29	0.24	0.18	0.15	0.13	0.12	0.1	0.04	0.05	
E14	(12/12)	0.62	0.53	0.46	0.37	0.32	0.22	0.18	0.15	0.14	0.11	0.06	0	
E15	(12/12)	0.58	0.45	0.37	0.27	0.21	0.17	0.15	0.14	0.11	0.08	0.02	0	
E16	(12/12)	0.53	0.41	0.37	0.3	0.25	0.19	0.14	0.1	0.07	0.04	0.03	0	
E17	(12/12)	0.5	0.39	0.33	0.26	0.22	0.17	0.13	0.11	0.09	0.06	0.01	0	
E18	(12/12)	0.57	0.47	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.18	0.15	0.1	0.05	0	
E19	(12/12)	0.51	0.4	0.35	0.29	0.25	0.19	0.15	0.13	0.11	0.07	0	0	
E20	(12/12)	0.61	0.44	0.33	0.25	0.2	0.14	0.11	0.07	0.04	0.01	0	0	
M00	(12/12)	0.56	0.44	0.37	0.28	0.22	0.16	0.13	0.12	0.09	0.09	0.03	0	
M01	(12/12)	0.55	0.44	0.36	0.28	0.23	0.17	0.13	0.1	0.08	0.06	0.04	0	
M02	(12/12)	0.64	0.55	0.5	0.45	0.38	0.26	0.21	0.17	0.12	0.06	0	0	
M01	(12/12)	0.54	0.37	0.29	0.22	0.19	0.13	0.1	0.08	0.06	0.05	0.01	0	
M02	(12/12)	0.57	0.42	0.35	0.27	0.23	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04	0	0	
M03	(12/12)	0.51	0.4	0.32	0.22	0.19	0.14	0.08	0.05	0.04	0.02	0	0	
M04	(12/12)	0.57	0.43	0.35	0.28	0.23	0.15	0.12	0.09	0.07	0.06	0.04	0	
M05	(12/12)	0.58	0.47	0.42	0.36	0.28	0.2	0.15	0.12	0.1	0.07	0.02	0	
M06	(12/12)	0.58	0.48	0.42	0.35	0.3	0.23	0.19	0.16	0.13	0.1	0.04	0	
M07	(12/12)	0.58	0.45	0.4	0.32	0.25	0.2	0.17	0.14	0.12	0.08	0.02	0	
M08	(12/12)	0.58	0.46	0.39	0.31	0.28	0.21	0.16	0.13	0.11	0.07	0.02	0	
M09	(12/12)	0.56	0.45	0.38	0.32	0.28	0.22	0.17	0.14	0.11	0.07	0.01	0	
M13	(12/12)	0.61	0.48	0.42	0.33	0.28	0.21	0.16	0.12	0.09	0.07	0.01	0	
M14	(12/12)	0.6	0.48	0.42	0.33	0.29	0.21	0.17	0.13	0.11	0.08	0.02	0	
M15	(12/12)	0.58	0.47	0.41	0.34	0.28	0.22	0.17	0.14	0.12	0.09	0.01	0	
M18	(12/12)	0.53	0.44	0.38	0.33	0.31	0.26	0.22	0.18	0.16	0.1	0.04	0.03	
M19	(12/12)	0.59	0.5	0.43	0.35	0.3	0.24	0.21	0.19	0.17	0.13	0.06	0.04	

表 3：2014 麥德姆颱風期間 2014/07/21 00Z 至 2014/07/23 18Z，(a) f00-f12hr；(b) f12-24hr；(c) f24-36hr，累積降雨量與觀測資料以 TS 方法校驗得分結果。降雨門檻值為 1、5、10、20、30、50、70、85、100、130、200、350mm/12hr。著色代表各成員校驗結果，綠色、橘色、灰色分別代表表現良好、中等、準確率低，以色階方式快速檢視各成員表現狀況

(c)	TS	1	5	10	20	30	50	70	85	100	130	200	350
E01	(12/ 12)	0.36	0.17	0.09	0.04	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0
E02	(12/ 12)	0.39	0.26	0.18	0.11	0.07	0.02	0.01	0	0	0	0	0
E03	(12/ 12)	0.38	0.24	0.17	0.09	0.06	0.02	0	0	0	0	0	0
E04	(12/ 12)	0.37	0.19	0.12	0.05	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
E05	(12/ 12)	0.41	0.2	0.12	0.06	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
E06	(12/ 12)	0.35	0.17	0.1	0.05	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
E07	(12/ 12)	0.34	0.16	0.09	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0
E08	(12/ 12)	0.3	0.16	0.09	0.04	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0
E09	(12/ 12)	0.38	0.24	0.16	0.08	0.05	0.01	0.01	0	0	0	0	0
E10	(12/ 12)	0.3	0.14	0.09	0.04	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0
E11	(12/ 12)	0.41	0.24	0.15	0.08	0.05	0.02	0.01	0	0	0	0	0
E12	(12/ 12)	0.39	0.18	0.1	0.05	0.03	0.01	0.01	0	0	0	0	0
E13	(12/ 12)	0.36	0.18	0.1	0.05	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
E14	(12/ 12)	0.42	0.27	0.19	0.1	0.06	0.02	0.01	0	0	0	0	0
E15	(12/ 12)	0.41	0.2	0.12	0.05	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0
E16	(12/ 12)	0.32	0.15	0.07	0.04	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0
E17	(12/ 12)	0.29	0.13	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0
E18	(12/ 12)	0.36	0.22	0.17	0.12	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03	0.01	0	0
E19	(12/ 12)	0.27	0.13	0.08	0.04	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0
E20	(12/ 12)	0.43	0.19	0.1	0.04	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
W00	(12/ 12)	0.37	0.2	0.11	0.06	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
W01	(12/ 12)	0.37	0.19	0.11	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0
W02	(12/ 12)	0.44	0.29	0.22	0.15	0.1	0.05	0.02	0.01	0.01	0	0	0
M01	(12/ 12)	0.4	0.19	0.1	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0
M02	(12/ 12)	0.43	0.22	0.11	0.05	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
M03	(12/ 12)	0.4	0.21	0.12	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0
M04	(12/ 12)	0.44	0.24	0.13	0.06	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
M05	(12/ 12)	0.45	0.26	0.17	0.09	0.06	0.02	0.01	0	0	0	0	0
M06	(12/ 12)	0.43	0.26	0.18	0.11	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01	0	0	0
M07	(12/ 12)	0.41	0.23	0.15	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0	0
M08	(12/ 12)	0.45	0.24	0.15	0.08	0.06	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0	0
M09	(12/ 12)	0.44	0.24	0.14	0.08	0.06	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0	0
M13	(12/ 12)	0.46	0.26	0.17	0.1	0.06	0.02	0.02	0.01	0.01	0	0	0
M14	(12/ 12)	0.46	0.25	0.17	0.09	0.07	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0	0
M15	(12/ 12)	0.45	0.25	0.17	0.09	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0	0
M18	(12/ 12)	0.37	0.23	0.16	0.11	0.08	0.04	0.03	0.02	0.01	0	0	0
M19	(12/ 12)	0.42	0.27	0.18	0.11	0.07	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0	0

續表 3：2014 麥德姆颱風期間 2014/07/21 00Z 至 2014/07/23 18Z，(a) f00-f12hr；(b) f12-24hr；(c) f24-36hr，累積降雨量與觀測資料以 TS 方法校驗得分結果。降雨門檻值為 1、5、10、20、30、50、70、85、100、130、200、350mm/12hr。著色代表各成員校驗結果，綠色、橘色、灰色分別代表表現良好、中等、準確率低，以色階方式快速檢視各成員表現狀況

4.2.3 最佳化雨量挑選

綜合上一小節成果，可由色階圖快速檢視表現較佳成員，而為優化流程，自動判別反應各系集成員對於豪大雨事件的掌握，我們設定一組權重得分方式，進行計算分析，進而得以挑選於豪雨事件表現較佳之系集成員。

與上述設定相同，選取半個月的預報資訊，以 12 小時做為雨場累積的區間，意即選取區間為預報 00-12 小時，12-24 小時…以此類推至 60-72 小時，並選定代表小雨的降雨門檻值 10mm/12hr、

30mm/12hr 及代表大雨的 50mm/12hr 及 70mm/12hr，給定各權重值，得到一組新的預報得分，配合預報產品更新時間，每 6 小時進行一次校驗運算。此組得分設定會放大符合大雨門檻之降雨表現，而非颱風季平時監測時，降雨狀況可能未達大雨等級，亦可利用小雨門檻值的權重來檢視降雨表現。

因此，每六小時會得到一組最新的綜合半個月降雨表現的評估結果，再以此結果重組一組雨量，稱之為系集最佳化雨量。系集最佳化雨量，因考量模式過去表現，為一組通過校驗之較佳雨場組合，可提供各專業組於颱風期間模擬使用，期望降低單一數值預報模式可能造成的降雨預報誤差。

即時系集雨量校驗成果已利用視覺化呈現於「WATCH 系統」系集降雨頁面，提供使用者判識各系集成員近期預報表現。圖 28 為 NCDR WATCH 系統系集雨量預報範例頁面，左上圖為觀測雨量，其餘為系集成員雨量與系集群組平均雨量。每張累積降雨圖左上角有標註模式起初時間及選取預報之累積雨量區間，供雨場雨型分布參考。圖片上方顏色標柱為權重得分表現，愈偏重暖色系代表得分表現較佳，有標註星星符號者，代表為此雨量預報校驗得分最佳之系集成員。

影響災害預警及疏散配置。因此，系集颱風路徑模擬，可助於挑選定量降雨預報的可行性。

4.3.1 系集路徑校驗方法

當應用路徑預報資料時，了解系集成員的路徑模擬與實際颱風路徑的相關性，有助於選擇適當的兩場分布進行災害情境推估。

將系集成員每一個預測路徑點與觀測路徑進行距離偏差計算，再將每 12 小時的路徑距離偏差其平均，以平滑可能因觀測誤差的差異，每 12 小時做為區間設定與雨量校驗時間區間設定相同，如此可方便比較路徑與雨量的校驗成果相對應關係（圖 29）。

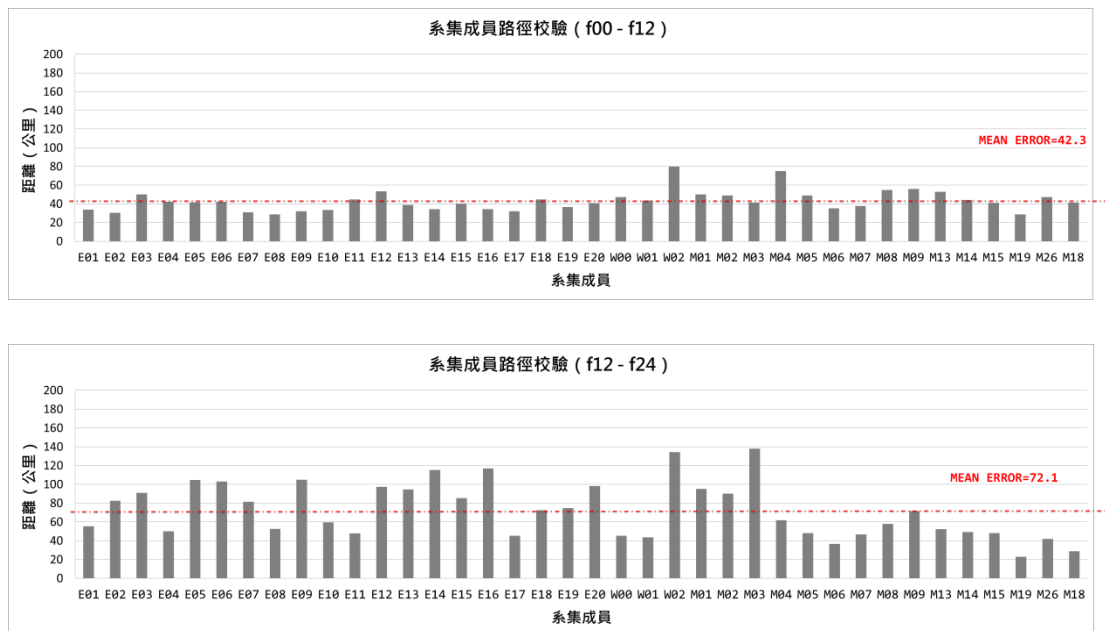
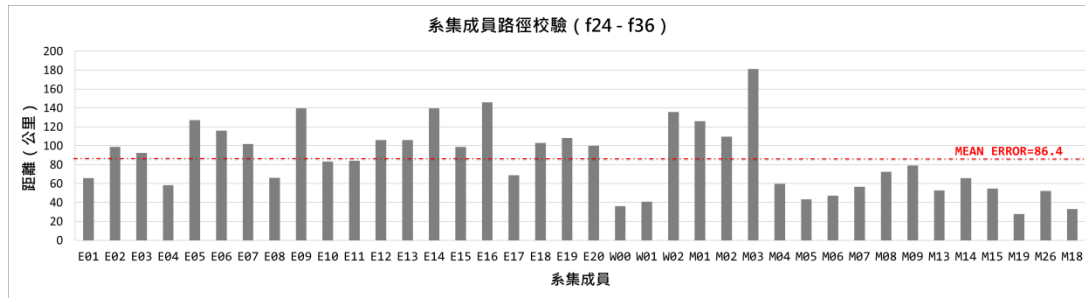


圖 29：以麥德姆颱風為例，各系集成員於不同預報時段路徑校驗成果。當值愈小，表示愈接近實際觀測路徑



續圖 29：以麥德姆颱風為例，各系集成員於不同預報時段路徑校驗成果。當值愈小，表示愈接近實際觀測路徑

4.3.2 個案分析

以 2014 年第 10 號颱風麥德姆 (MATMO) 為例，當海上警報發佈，中央災害應變中心二級開設時，檢視距離此時段最近之系集路徑預報 (圖 30)，可看出預報路徑趨式仍有分歧，路徑偏離差異由台灣北部海上至台灣南部皆在預報可能路徑範圍內，因此數值天氣預報的不確定性風險仍然較高。然而颱風由北部與由南部穿過台灣時災害預警的區域差異很大，此時要挑選較適當的降雨分布預測方式，若颱風預報路徑趨勢一致，可由氣象局官方路徑為基礎，挑選系集成員中較接近路徑之降雨分布，或者考量模式過去降雨得分狀況及路徑偏差分析，挑選得分狀況較佳之成員。若路徑趨勢不一致時，則需考量路徑預報偏差趨勢，並輔以人為趨勢判識，挑選可能的颱風路徑情境與颱風情境雨量分布，提供下游災害模擬使用。

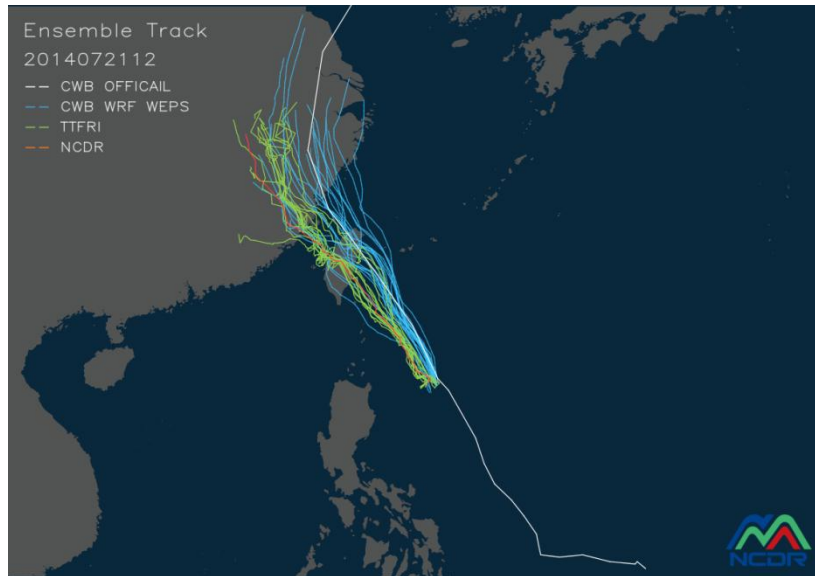


圖 30：2014 年 07 月 21 日 12 時 (UTC) 麥德姆颱風系集成員路徑預報。白線為中央氣象局官方預報路徑 (圖片左段) 及觀測 (圖片右段)；藍線為中央氣象局 WEPS 及 WRF 決定性預報成員預報路徑；綠色為國研院颱洪中心系集成員預報路徑；紅色為本中心所模擬之颱風路徑預報

在此颱風個案中央災害應變中心二級開設前，進行先置評估作業，應情境模擬設定所需，挑選近官方路徑、官方偏北路徑、官方偏南路徑之雨場進行災害模擬 (圖 31、圖 32)，由 (圖 31、圖 32) 可看出，當颱風路徑不同，相對應之雨量分布也會有明顯差異，當路徑走向為偏北路徑時，降雨集中區位於台北地區；若路徑走向為官方預報時，則颱風在登陸前降雨集中區在東部地區，登陸後集中於中部地區；若為官方路徑偏南走向時，則颱風登陸後，降雨集中區在中南部地區；因此，提前預擬颱風路徑情境，並透過了解路徑不確定性所造成的降雨特性差異，提供決策者對災害警戒區域有更明確作為之操考依據。

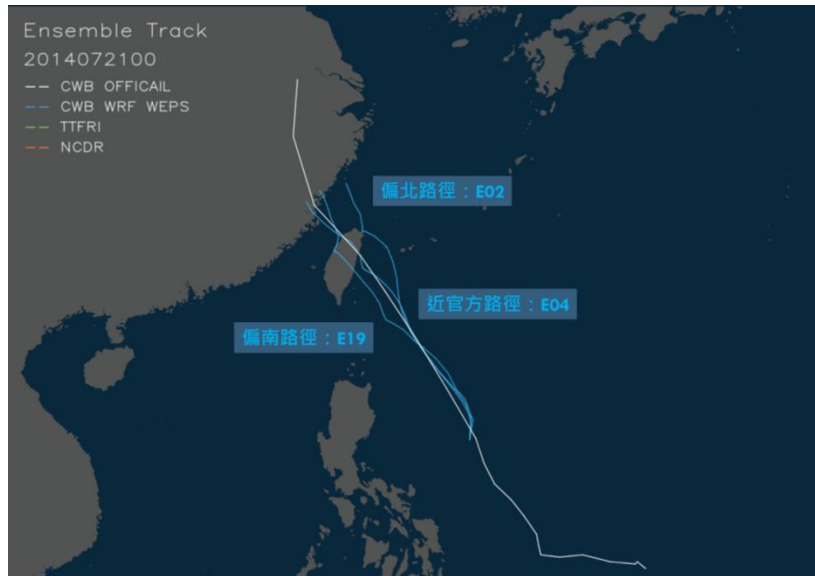


圖 31 2014 年 07 月 21 日 00 時 (UTC) 麥德姆颱風情境路徑，包括官方預報路徑(白線)、近官方路徑成員 E04、偏北路徑成員 E02 與偏南路徑成員 E19

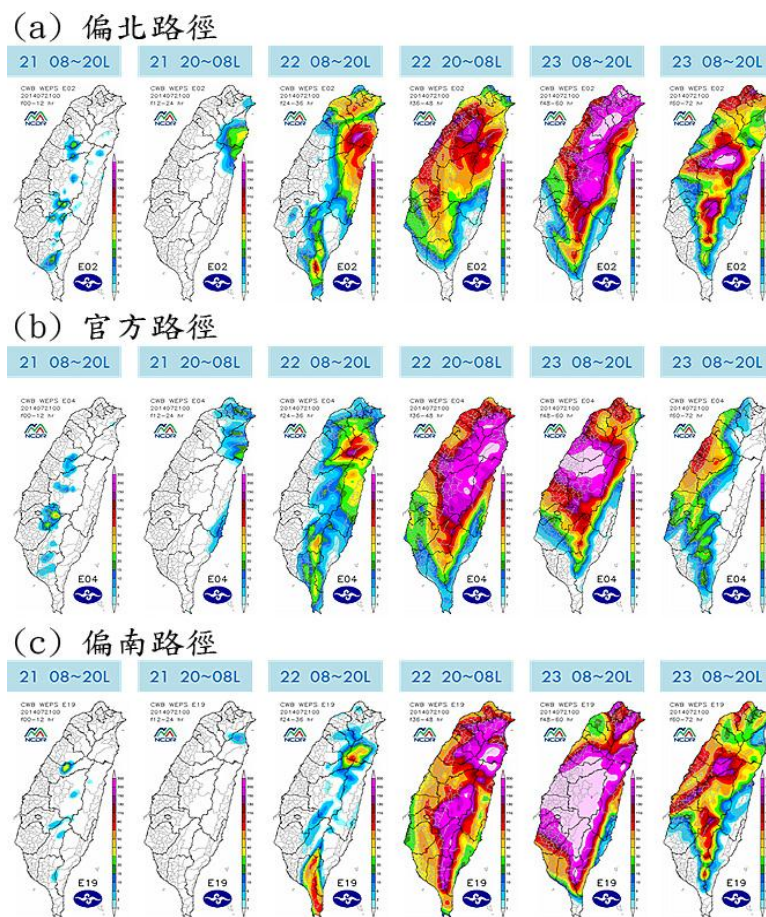


圖 32：2014 年麥德姆颱風，2014 年 07 月 21 日 00 時 (UTC)，選取系集成員路徑預報所對應之 12 小時累積雨量圖。(a)偏北路徑對應之雨量分布，成員為 E02；(b)官方預報路徑對應之雨量分布，成員為 E04；(c)偏南路徑對應之雨量分布，成員為 E19

2014年07月22日00時(UTC)的系集颱風路徑預報，麥德姆颱風登陸台灣前路徑仍具有相同不確定性，並由前幾次預報路徑趨勢分析，系集颱風路徑預報趨勢逐漸往南偏移修正，當時人為研判颱風登陸點可能比當時的官方預報路徑更偏南。因此為提前因應颱風可能偏南移動時造成的雨量預估偏差所造成的情勢錯估的可能，因此災害情境則挑選兩組不同路徑走向之雨量分布進行分析研判(圖33)，一組為接近官方預報路徑之系集成員E16，另一組則為偏南路徑的參考組M18，並於颱風應變期間同時提供做為預警之用。由事後降雨分布比較(圖34)，當時人為預判路徑偏南所挑選的颱風路徑及降雨情境皆較接近實際情況，避免南部降雨嚴重低估的錯誤。氣象局官方預報路徑亦於下一報中將颱風路徑預報往南修正，然而偏南路徑的情境挑選可以提前因應颱風變化的應變作為，延長颱風防災的準備時間。



圖 33：2014年07月22日00時(UTC)麥德姆颱風官方預報路徑(白線)、近官方預報成員E16(藍線)與偏南路徑成員M18(紅線)之路徑分布

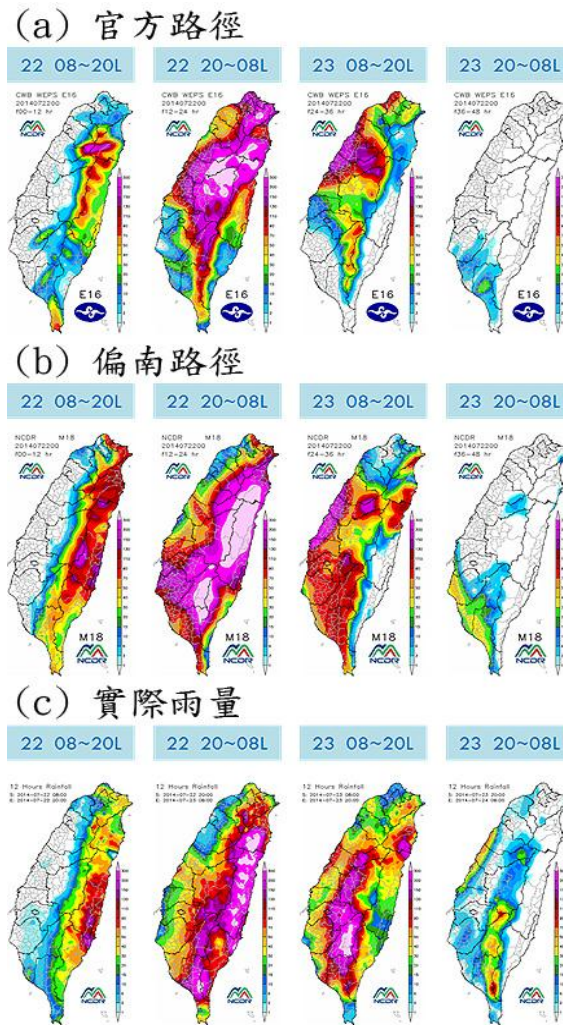


圖 34：2014 年麥德姆颱風，2014 年 07 月 22 日 00 時 (UTC)，選取系集成員路徑預報所對應之 12 小時累積雨量圖。(a)官方預報路徑對應下雨量分布成員 E16；(b)偏南路徑對應之雨量分布，成員為 M18；(c)為實際觀測雨量

4.4 系集預報應用系統發展

配合系集雨量預報與系集颱風路徑預報校驗方法的建立，進一步將系集預報資料研發作為颱洪應變可研判的資訊，並透過應用系統的發展，建立應變即時研判的系統工具，提供即時災害分析與預警使用。

4.4.1 系集最佳化雨量與災害整合評估

應用 4.2 章節中所研擬之系集降雨能力即時評估方法，評估最佳系集降雨成員。為即時檢驗與評估最佳成員挑選方法的優劣，因此製作降雨預報比對的網頁介面(圖 35)，透過人員的分析比對，評估降雨能力權重得分所挑選成員的適切性。比對介面上分別羅列觀測雨量以及三組 72 小時系集預報雨量，預報雨量分別為本中心的系集成員 NCDR WRF、系集群組平均與最佳得分成員。

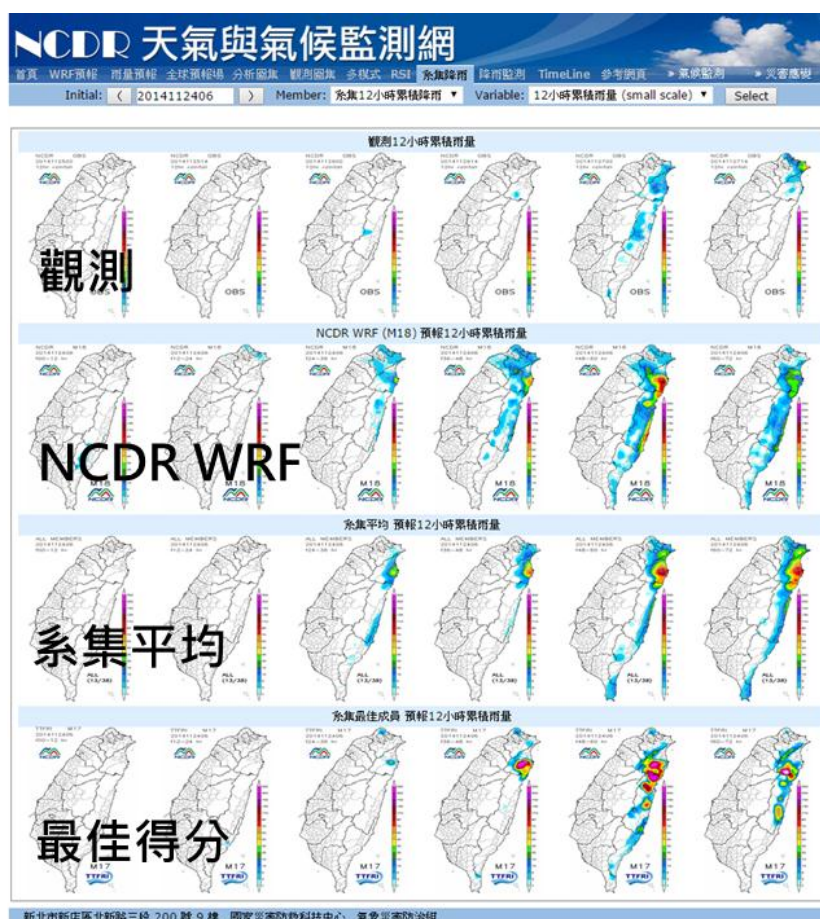


圖 35：系集雨量最佳化成員比對介面

另外，為了有效改善災害預警評估使用預報雨量中所存在的預報

誤差，研擬以系集最佳成員的預報雨量取代。前述 3.3 章節中所提已研發完成的即時災害衝擊評估系統，使用的預報雨量原為本中心所預報的單一系集成員，此單一成員預報雨量存在可能的系統性誤差，其預報能力無法滿足每一個降雨事件需求，因此透過系集最佳成員雨量取代單一預報模式雨量，希望能降低此系統性誤差。改進之後的災害衝擊評估整合架構流程如圖 36 所示。整合流程首先經由系集即時預報評估後，自動選取系集最佳成員的預報雨量，之後再使用災害統計機率模式評估淹水與坡地崩塌機率，最後再針對高災害機率區進行災害影響人口以及災害影響土地類型面積等地衝擊評估。

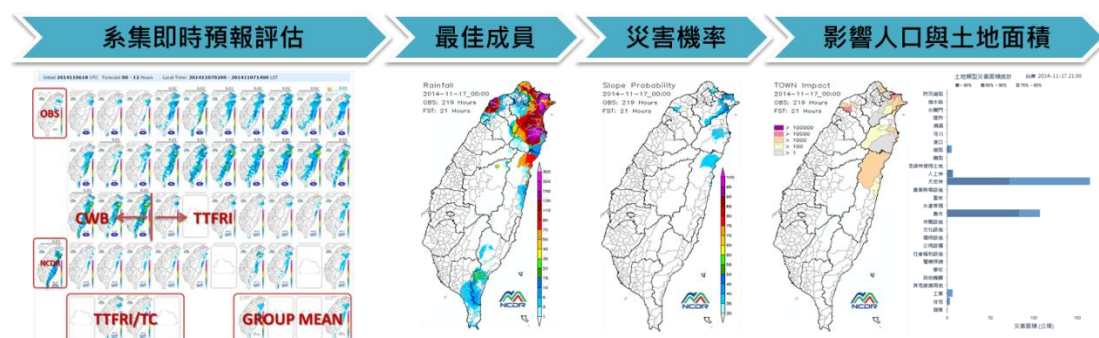


圖 36：系集最佳成員雨量與災害衝擊評估整合架構流程

4.4.2 颱風多路徑情境與災害整合評估

在颱風應變期間，預報不確定性影響最大為颱風路徑不確定性風險。相較於颱風暴風範圍，台灣地理縱深寬幅皆不大，再加上山勢陡峭又高聳的中央山脈分隔東西兩側，因此僅數十公里的颱風路徑誤差在台灣所造成的降雨分布差異亦會非常不同。為避免這樣的路徑不確

定性風險所造成災害評估的影響，在颱風應變期間除了需要透過專業氣象人員的分析研判颱風路徑偏移的可能性，也需要即時的雨量研判工具，提供可能的降雨情境資料的製作，並提供下游災害分析研判使用。為了解決颱風路徑不確定因素所造成的降雨分布研判的困擾，透過系集颱風路徑預報以及系集雨量預報的資料應用，研擬颱風多路徑情境下預報雨量的分析方法。由於系集颱風路徑預報會因為各系集成員預報差異使得系集颱風路徑有一定的分散範圍，因此透過選取此系集颱風位置中任一路徑範圍下可以合成該路徑下的雨量。透過這樣的路徑挑選與雨量合成方法，以及氣象局官方預報路徑的發布訊息，預先選定五條颱風路徑，包含氣象局官方預報路徑，以及官方預報 70% 可能路徑範圍內的偏快、偏慢、偏左及偏右等四種路徑情境(圖 37)，進行路徑挑選與雨量合成。

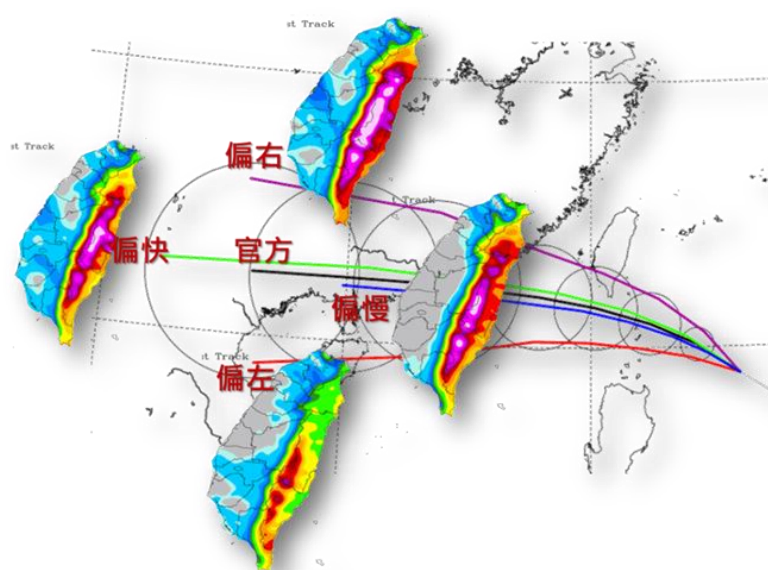


圖 37：颱風多路徑情境與雨量分布特性

透過颱風多路徑情境所做的降雨分析，亦可進一步進行災害模擬與災害衝擊評估。為了達到颱風應變時的即時研判作業，後續的災害評估流程與 4.4.1 章節最佳成員雨量預報應用於災害衝擊評估步驟相同。颱風情境災害評估整合架構流程如圖 38 所示，整合架構流程首先經由系集預報路徑與預報雨量資料蒐集，並以氣象局官方預報颱風路徑為基礎，擬定 5 條颱風情境路徑，並同時合成此 5 路徑下的預報 60 小時之時雨量。之後再利用此 5 個颱風情境雨量資料進行下游災害評估，包含淹水/坡地崩塌機率預報，以及災害影響人口與災害影響土地類型面積統計等之災害衝擊評估分析。

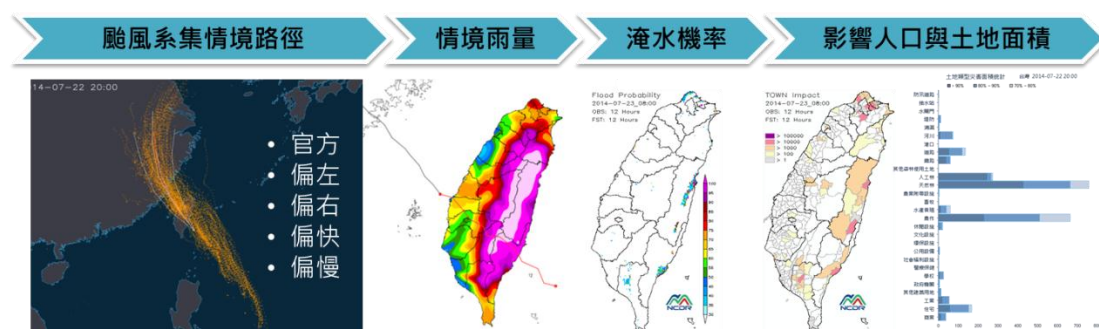


圖 38：颱風災害情境路徑判識與災害衝擊評估整合架構流程

在此颱風情境災害衝擊評估整合架構的研發構想之下，結合第三章即時災害衝擊評估系統的發展，再配合颱風路徑情境設定與雨量合成方法，判斷未來颱風所造成的災害衝擊程度，作為災害應變操作的依據。因此，在颱風應變技術發展的落實下，開發一自動化颱風情境災害預警評估系統。此系統包含兩個部分，一為背景計算模組，另一

為視覺化展示介面。背景計算模組則是將今年研發的災害衝擊評估模組進行串接與自動化系統模組程序，透過接收氣象局與颱洪中心之系集颱風路徑與系集預報雨量後，自動完成 5 颱風情境路徑之降雨合成、災害機率模擬以及災害衝擊評估等步驟。

背景計算模組自動化計算結果會透過網頁形式的視覺化展示平台進行展示，以利颱風應變期間快速研判分析使用。視覺化展示平台主頁面如圖 39 所示，所展示圖示包含系集颱風路徑以及颱風 5 情境路徑。而災害衝擊評估結果，可透過下拉式選單挑選 5 情境路徑下之災害評估結果。災害衝擊評估結果(圖 40)包含預報 0-60 小時之各 12 小時累積雨量，以及相對應時間下之災害機率、災害影響鄉鎮統計人口期望值以及災害社會衝擊面積統計。

此多情境預警系統今年度已初步建構完成，並已經開始上線測試階段，待系統穩定後會於災害應變期間測試使用，期望於颱風應變期間提供有效的災害研判依據。

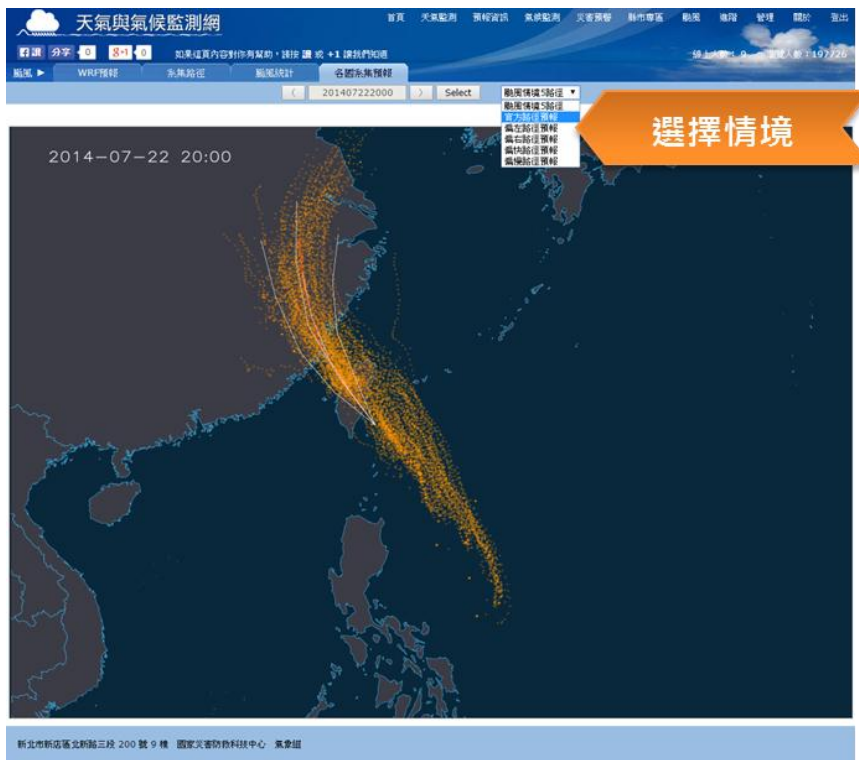


圖 39：多情境預警系統頁面，系集颱風路徑與情境路徑挑選圖示

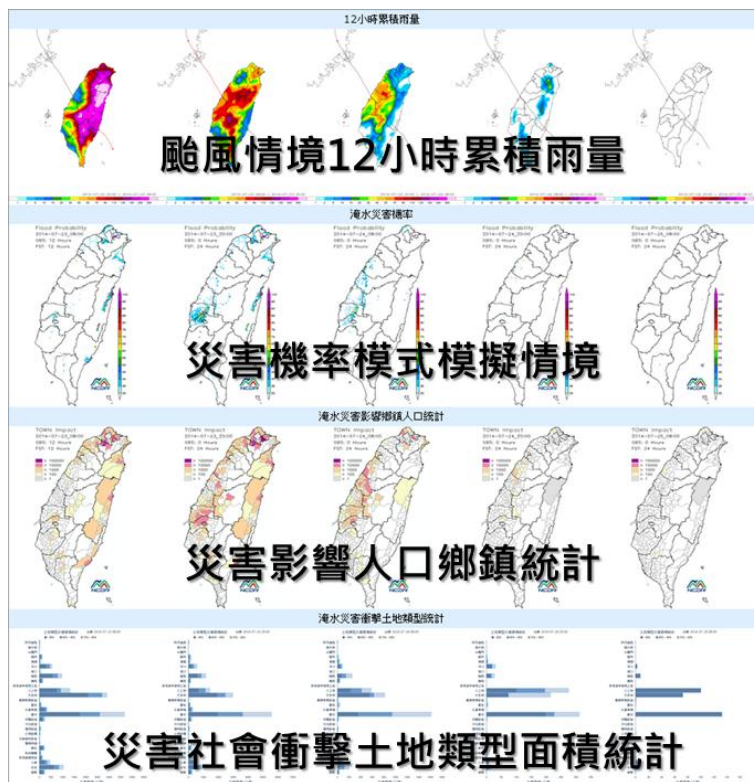


圖 40：多情境預警系統頁面，單一情境路徑下預報雨量、災害機率、影響人口與衝擊面積統計

第五章 未來展望

今年度針對災害預警整合仍持續發展中，完成即時災害衝擊評估等項目。而模式整合架構的最終目標是期望可以針對災害造成的損失進行預估，以期於颱風災害應變期間可以提供災害事件定量估計的參考依據。此外，提升災害衝擊評估的精準性亦是另一的未來需求，尤其對於縣市地方政府而言，防災應變需求的提升需透過技術精確度來改善。因此，期望未來透過更高解析度的氣象、災害模式的預報以及後續的災害衝擊評估來達成。

數值模式系集成員應用方面，透過跨單位交流合作方式，提供更多氣象情境參考。目前以即時預報雨量得分分析，協助挑選較佳系集雨量。未來將更進行進一步降雨預報評估分析，評估不同季節、不同天氣系統以及不同地區，系集成員的降雨預報能力，檢視各模式成員在各天氣條件下及各區域的表現成果，進一步挑選複合成員組合，以期得到更合適的雨量分佈，提供防災落實應用。另外，路徑校驗分析可提供颱風季時，多種颱風路徑情境設定與情境雨量合成。未來如何評估何種颱風路徑情境的機率與可能性，對於應用在颱風應變分析上，仍需進一步的研究與討論。

參考文獻

- 于宜強、林欣弘、李宗融、龔楚嫻，2014。2013 年災害預警技術研發報告。國家災害防救科技中心，NCDR 102-T24。
- 于宜強、鄭兆尊、林李耀，2011：颱風定量降雨技術發展與改進。建國百年天氣分析預報與地震測報研討會論文彙編， 167-172。
- 江宙君、陳嫻竹、黃麗蓉、吳明璋、鳳雷、李清勝，2014。2013 年台灣定量降雨系集預報實驗平台(TAPEX)在路徑及雨量表現評估。103 年天氣分析與預報研討會。中央氣象局，台北。
- 李欣輯、陳怡臻、郭政君（2013）。台灣颱風災損評估系統之建置與應用。農業工程學報，Vo59(4)，42-55。
- 吳明璋、黃麗蓉、陳嫻竹、江宙君、黃公度、李清勝，2014。應用即時校正策略於整合定量降雨系集產品之研究。103 年天氣分析與預報研討會。中央氣象局，台北。
- 曾千祐、洪景山、曹嘉宏，2014：系集模式颱風定量降水預報之預報效能評估。103 年天氣分析與預報研討會。中央氣象局，台北。
- 黃成甲、許銘熙、陳彥宏（2014）。格網局部細化之淹水模式。臺灣水利，62(1)，1-12。
- 曹嘉宏、洪景山，2011：系集模式颱風定量降水：個案研究。建國百年天氣分析預報與地震測報研討會論文彙編， 278-282。
- Lee, C.-S., L. Y. Chang, M.-J. Yang, L.-F. Hsiao and H.-C. Kuo, 2011: Typhoon Quantitatively Precipitation Forecast Ensemble Experiment In Taiwan: 2010. 8th Annual Meeting and Geosciences World Community Exhibition (AOGS), Taipei, Taiwan.

Jiun-Huei Jang, Pao-Shan Yu, Sen-Hai Yeh, Jin-Cheng Fu and Cheng-Jia Huang.
(2011) A probabilistic model for real-time flood warning based on deterministic
flood inundation mapping. *Hydrological Processes*, **26(7)**, 1079–1089.

書名：2014 年災害預警技術研發報告

發行人：陳宏宇

出版機關：國家災害防救科技中心

地址：新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

電話：02-8195-8600

出版年月：中華民國 104 年 4 月

版次：第一版

非賣品

地址：23143新北市新店區北新路三段 200號9樓

電話： ++886-2-8195-8600

傳真： ++886-2-8912-7766

網址： <http://www.ncdr.nat.gov.tw>