

跨領域模式整合預報與災害預警應變管理

Integrated Prediction of Interdisciplinary Model and Manage of Disaster Warning in Emergency Operation

主管單位：國家災害防救科技中心

于宜強
Yu, Yi-Chiang

林欣弘
Lin, Hsin-Hung

龔楚嫻
Kung, Chu-Ying

張駿暉
Jang, Jiun-Huei

林聖琪
Lin, Sheng-Chi

劉哲欣
Liu, Che-Hsin

國家災害防救科技中心

摘要

本計畫目標為透過跨領域合作方式，有效整合雨量預報、災害預報以及社會經濟影響評估等模式，達到快速預報與預警的目的，並經由災害規模與災害損失評估，期望於災害應變期間，有效管理災害預警的反應能力。

研發項目在降雨預報方面，包括使用定量降雨估計的觀測網格雨量以及中尺度氣象模式預報雨量進行下游模式串接工作；災害模式則彙整災防中心坡地洪旱組已經發展之淹水、坡地崩塌的統計機率模式與並持續發展解析度更高的淹水物理模式及邊坡穩定模式；社會經濟影響估計研發則先著重於人口影響以及嘗試評估產物、建物等類型影響規模分析。

本年度技術發展針對災害預警與災害情境研判進行研發，部分研發產品也於102年度汛期期間應用測試，也獲得正面評價，對於落實應用與推廣使用，本研發項目有很重大的成果與貢獻。

關鍵詞：機率模式、二維淹水模式、邊坡穩定模式、災害預警

Abstract

The major aims of this project are to integrate the multidisciplinary prediction model by way of interdisciplinary cooperation. In order to response rapidly in the emergency operation and to manage the disaster warning effectively, the rainfall forecast model, disaster prediction models and society-economic impact estimated model are collected to combine to form an integrated warning system.

The items of research and technology development include rainfall forecast

combined the Quantitative Precipitation Estimation (QPE) from rain gauge and radar observations and the Quantitative Precipitation Forecast (QPF) from mesoscale weather model forecasting. The flood and slopeland disaster probabilistic models, 2-Dimension flood physical model and slope-stability physical model are injected into the integrated system to predict disaster occurrence. The society-economic estimated methods are developed to estimate the impact scale from disaster attack.

Some practicable products of the development and research in this project are used for disaster warning manages in Central Emergency Operational Center (CEOC) during the typhoon season in 2013. The results of emergency operation are confirmed that the research and development are effective in reality and worth to progress continually.

Keywords : probabilistic model, 2-D flood model, slope-stability model, disaster warning.

一、前言

國家災害防救科技中心各專業組多年來致力於發展各專業的災害規模評估(林等, 2013)、災害預報模式與經濟災損評估(李等, 2013)已有不錯的成果, 為了有效落實跨專業組與跨領域技術應用合作成果, 透過技術落實計畫推動, 整合現有技術於實際防災應用上。推動技術落實的主軸在於串聯氣象、災害與社經災損模式, 透過即時運算對災害情境進行客觀性評估, 並以網頁等形式提供參考。預警技術整合架構如圖 1, 其中氣象方面包括使用定量降雨估計的網格雨量以及中尺度氣象模式預報雨量; 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。

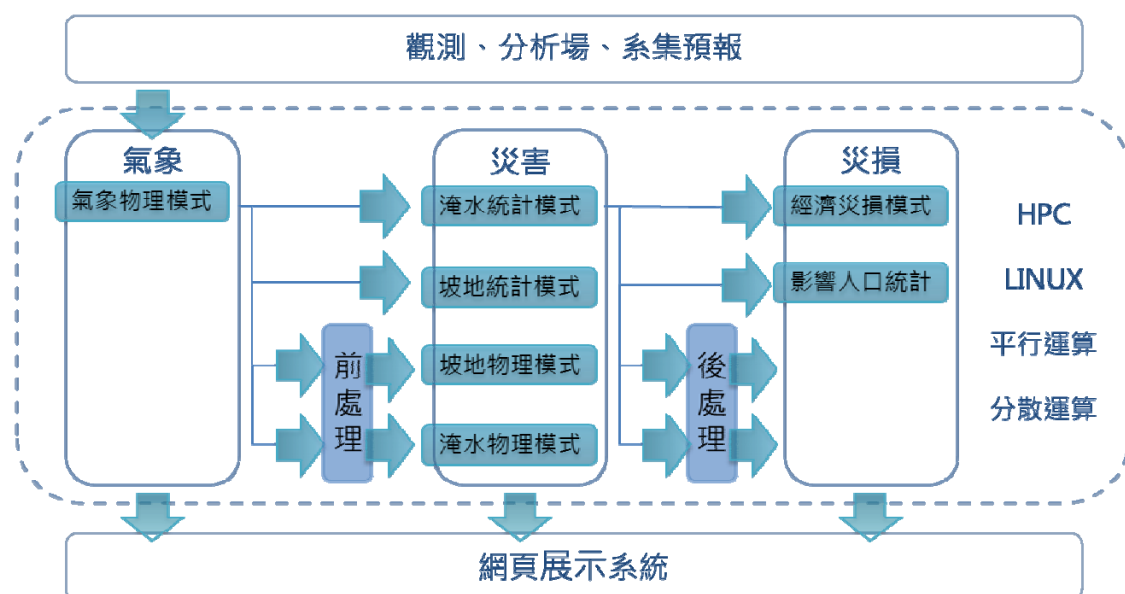


圖 1：氣象模式、災害模式與社會經濟評估模式整合架構

二、坡地災害與淹水災害機率模式落實

坡洪組多年來致力發展淹水與崩塌機率模式, 配合今年度氣象組完成的雨量觀測與預報整合, 開發即時災害機率預警技術。此外, 更結合人口分布, 計算災害影響人口期望值, 並統計鄉鎮影響總人口, 作為災害規模參考指標。目前也已經透過網頁平台發布逐時更新淹水與坡地崩塌機率的分析結果。此外, 也發展使用者介面, 提供過去資料進行線上計算功能, 並產出計算網格資料供進一步研究之用。

2.1 方法與模式介紹

為落實防災應用, 因此必須做到即時性的災害預測的能力之上, 故在氣象的雨量觀測與預報整合部分以逐時更新觀測雨量的方式, 達到近即時預報能力。為有效整合觀測與預報雨量, 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。之後根據崩塌災害或淹水災害所需的累積雨量時間進行觀測雨量與預報雨量網格點上的總累積計算，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., 2013)，崩塌機率方程式如下：

$$\text{Flood Probability} = 1 - 1/(1 + R^b \times e^a), \quad (1)$$

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：

$$\text{Land Slope Probability} = 1/(1 + e^{-(a+b \times R)}), \quad (2)$$

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。

為研判災害規模情境，經由淹水與崩塌機率模式計算後的災害機率值，透過網格點上的人口數統計(圖2)與災害機率期望值的統計計算，可以獲得災害影響人口期望值，再經由累計各村里行政區的影響人口，作為行政區災害影響規模指標。其中，人口數統計是由GSI全台人口點位資料經由網格化累計至0.0125°的網格人口統計資料，此網格解析度與災害機率模式相同，因此經由相同網格上的災害機率與人口數計算，即可獲得影響人口的期望值。

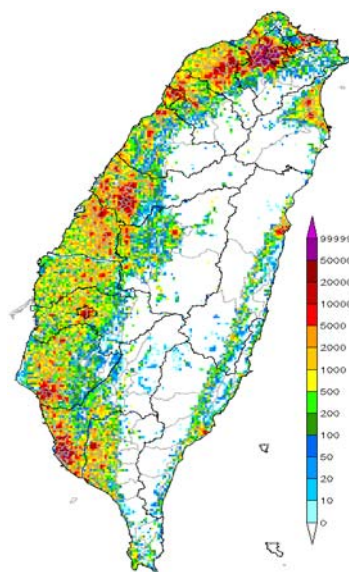


圖 2：全台人口網格分布

2.2 應用落實

統計機率模式在應用落實上分為兩方面，一為即時災害機率研判，另一為研究分析應用。配合數值天氣預報的預報時間最長為 72 小時，由於前幾個小時的預報作業延遲時間，因此在災害機率預報上設定最長的預報時間為 48 小時，並依序產製預報 3、6、9、12、15、18、21、24、30、36、42 與 48 小時的災害機率預報。另外為了有效的加入即時雨量觀測評估，預報系統會於每小時整點時刻彙整最新雨量資料，配合該時間之後的預報雨量進行運算評估與繪圖，並於網頁上展示，展示網址如下：<http://watch.ncdr.nat.gov.tw/prob.aspx>。

以 2013 年蘇力颱風實際個案為例，坡地崩塌機率會於網頁上展示即時觀測雨量以及預報至 3-48 小時的有效雨場累積雨量(圖 3)，並計算出相對應之坡地崩塌災害機率。此颱風個案崩塌高機率區位於中部山區、雪山山脈南側與台中苗栗平原區域(圖 4)。

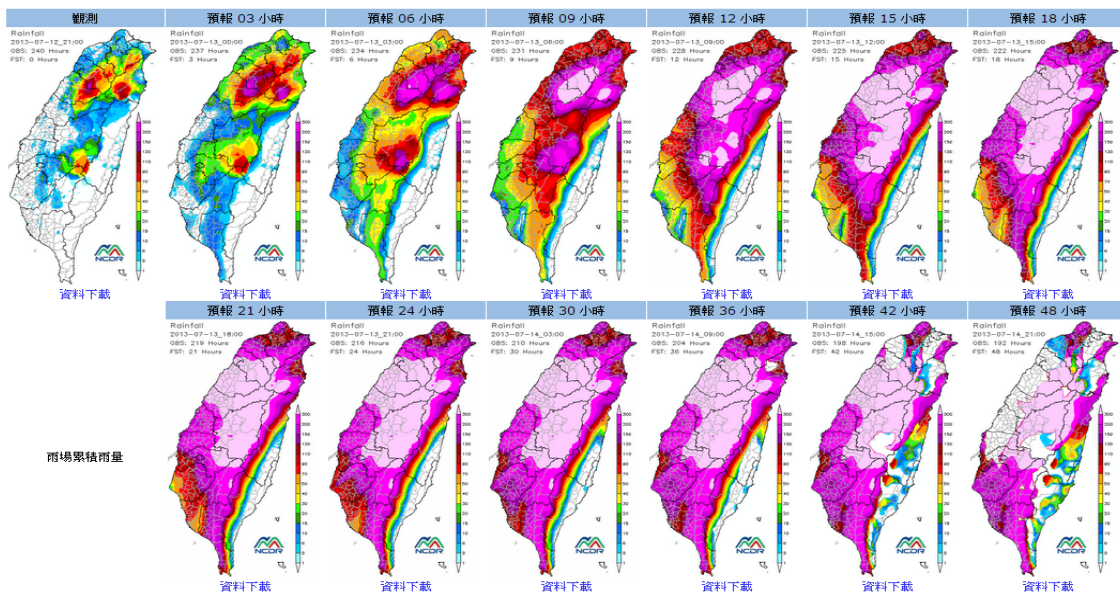


圖 3：坡地崩塌機率模式使用之有效雨場累積雨量各預報時期分布

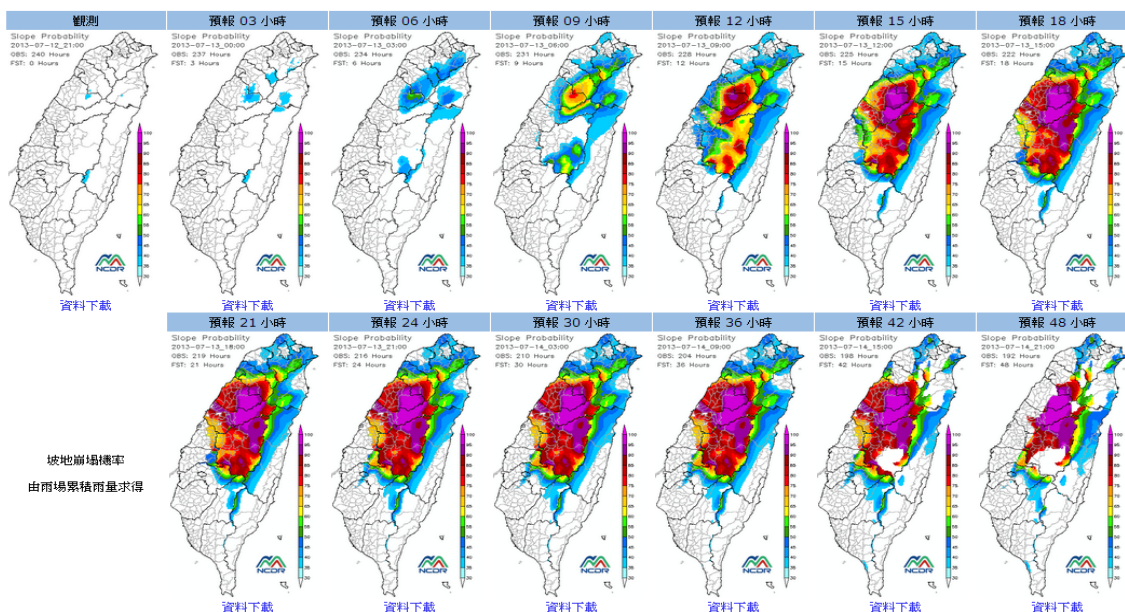


圖 4：坡地崩塌機率各預報期間之機率分布

相同蘇力颱風個案下，因淹水機率模式使用 24 小時累積雨量計算，因此在預報 30 小時之後的累積雨量(圖 5)已逐漸減小，相較於崩塌機率模式有效雨場所使用長延時累積雨量的分布不同。而在淹水機率結果顯示(圖 6)，由淹水機率模式預測在宜蘭與台灣西半部各縣市皆有淹水機率發生，其中，中部縣市有較大的範圍有淹水機率。

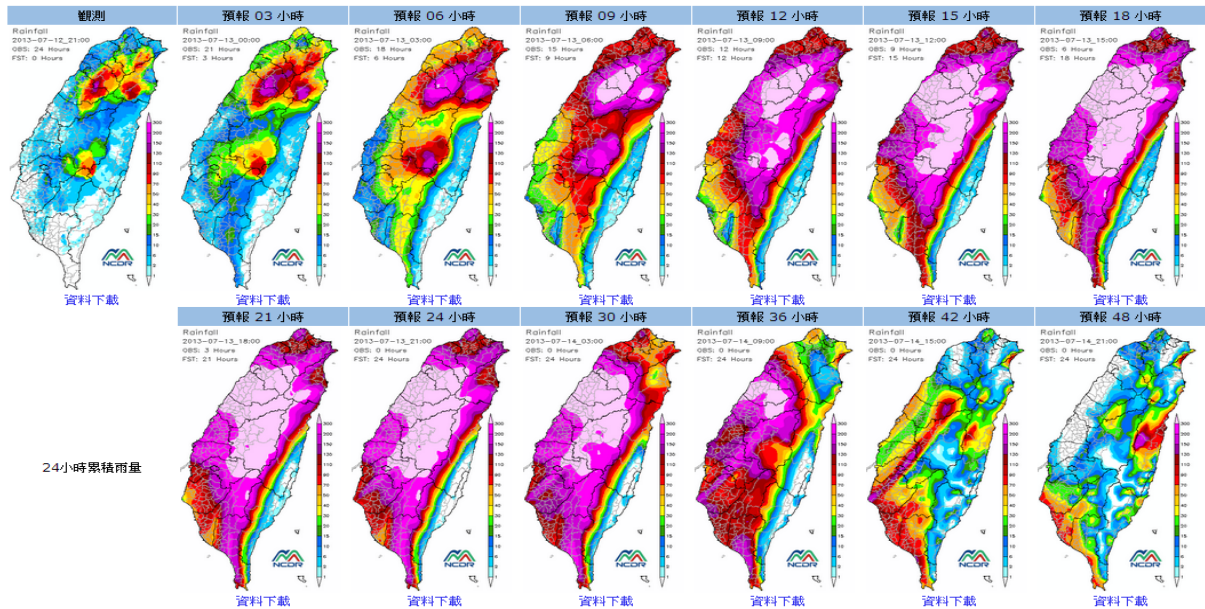


圖 5：淹水機率模式使用之 24 小時累積雨量各預報時期分布

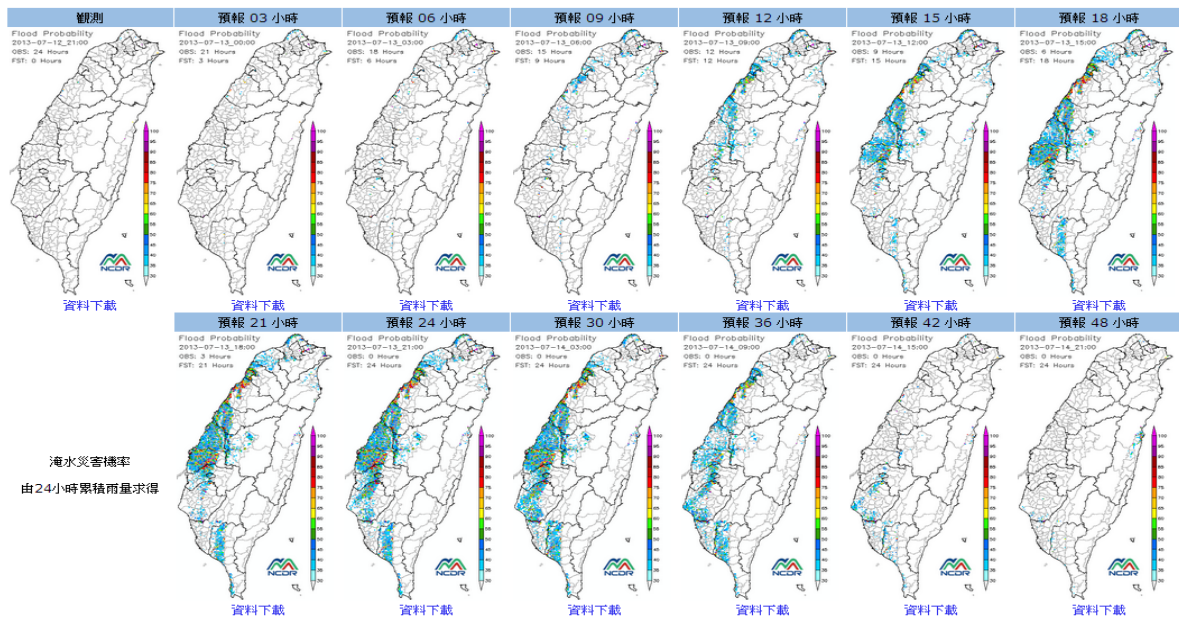
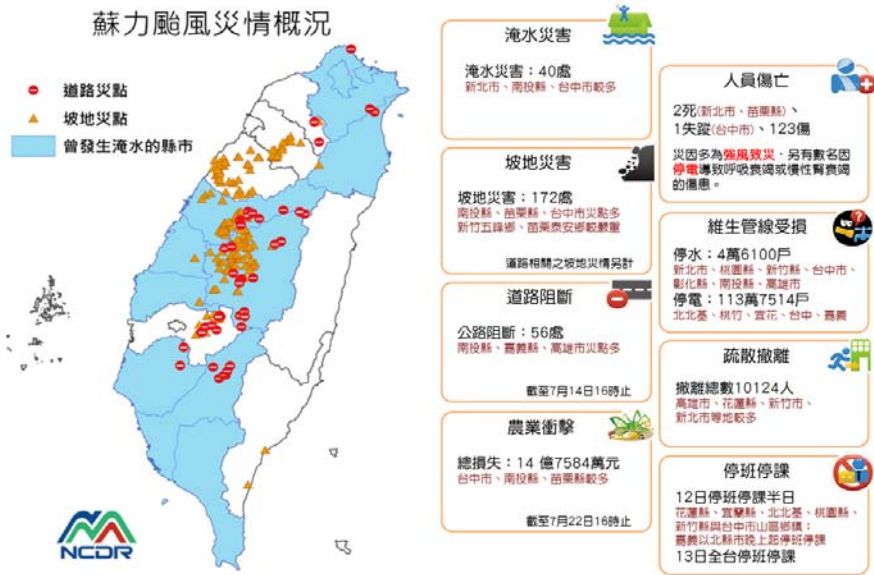


圖 6：淹水災害機率各預報期間之災害機率分布

由實際災害發生的災情分布調查校驗蘇力颱風個案的災害機率預報結果。圖 7 為各政府部門彙整蘇力颱風侵台整場期間造成的災情統計，其中道路災點與坡地災點主要分布在中部山區以及部分台中、苗栗平原區域，與崩塌機率預測的主要分布位置相近。另外實際淹水的縣市分布在大部分的西部縣市，但是淹水機率預報桃園、新竹與苗栗靠海的淹水情境，在實際災情上並無發生，有過度預警的情況，但是對

西半部大部分縣市仍為有效預警。



▲ 蘇力颱風來襲造成之災情與衝擊彙整。(資料來源：消防署、公路總局、水利署、水土保持局、農委會；分析與製圖：國家災害防救科技中心)

圖 7：蘇力颱風災情彙整資料

由於災害發生的位置及影響程度與人口聚落有密切的關係，因此為研判災害的影響程度，除了從災害發生的可能機率去研判之外，還透過相同網格大小中的人口數乘上災害機率，以災害影響人口期望值表示災害影響規模，另外也統計鄉鎮影響人口，以鄉鎮規模分析。圖8為2012梅雨季6月12日北台灣淹水個案分析，由於受到滯留鋒的影響，在中部、南部山區與北部造成劇烈降雨。經由機率模式計算，北部台北、桃園及新竹有較大的淹水機率，其中桃園與台北有部分地區淹水機率相當高，經由影響人口期望值統計，在桃園與台北部分鄉鎮區影響人口規模相當的大，與當時淹水實際影響程度與範圍相當。經由降雨、災害機率與人口分布的整合計算可以迅速分析災害影響的規模程度，以供災害應變決策參考。

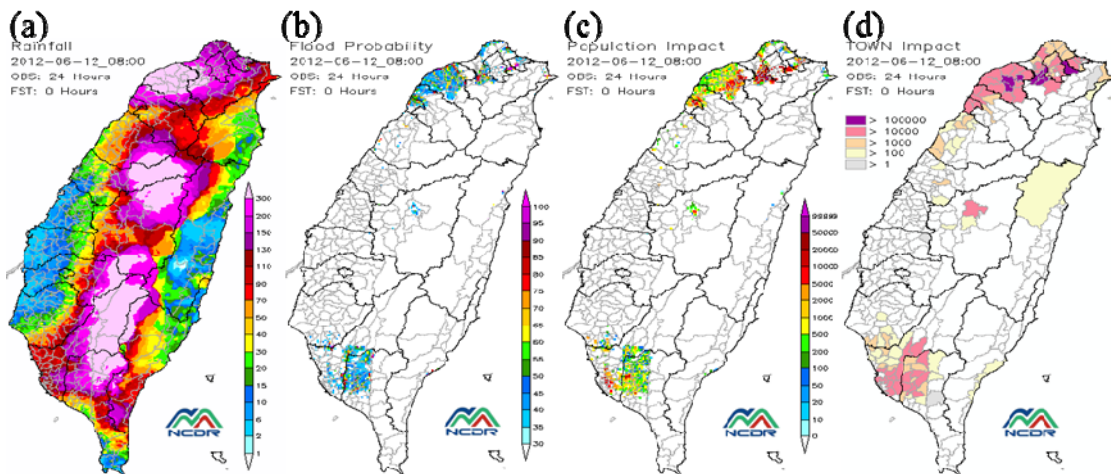


圖 8：2012 年 6 月 12 日梅雨季北台灣淹水個案(a)24 小時累積雨量；(b)淹水機率；(c)影響人口期望值；(d)鄉鎮影響人口統計。

為有利於使用者分析需求，除了繪圖輸出之外，另外也將網格雨量、網格機率值、網格影響人口等資料輸出，另外鄉鎮影響人口數也以鄉鎮代碼方式輸出各鄉鎮的影響人口統計。此外也將GIS使用的shapefile檔與google earth用的kmz檔輸出，google earth使用的kmz檔可經點選雨量、災害機率與影響人口網格繪圖，將可連結至google map開啟kmz檔展示(圖9)。

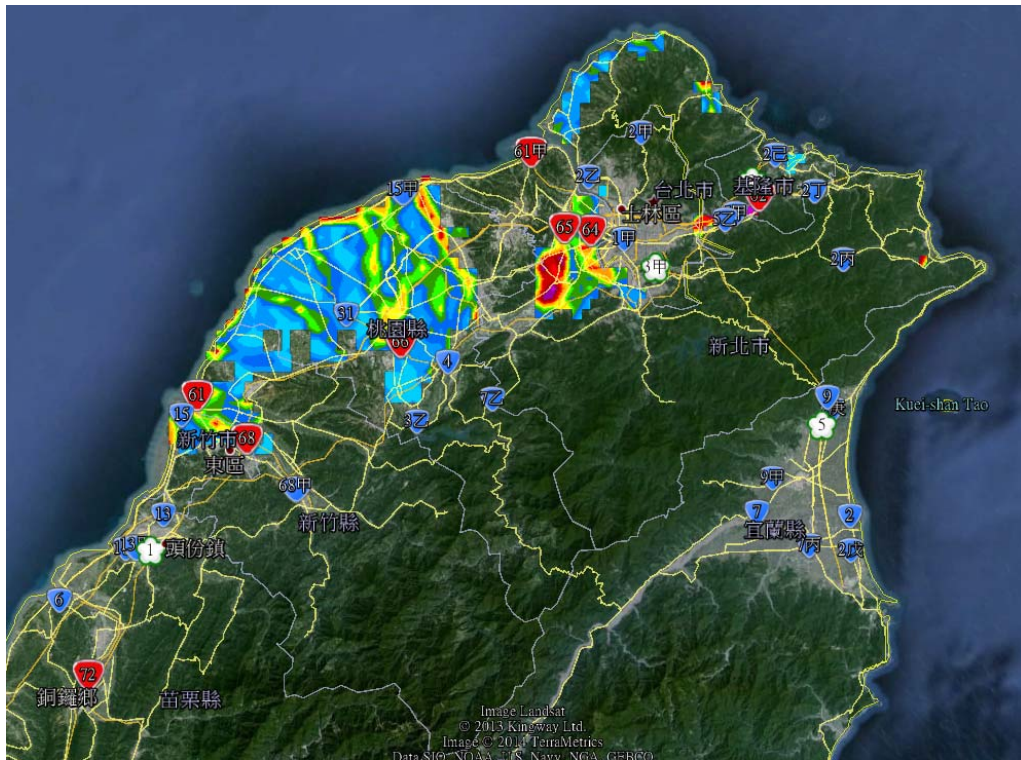


圖 9：Google earth 展示災害機率 kmz 格式畫面

三、災害物理模式發展

3.1 二維淹水模式

坡地洪旱組發展多年的快速淹水模式(黃，2014)，多用於淹水模擬分析。為了更即時、更有效的應用快速淹水模式的結果，今年度配合各事件的淹水模擬結果進行加值應用研究。二維快速淹水模式目前建採用分散式運算方式進行多流域分散模擬，全台灣共分成51個模擬流域，模擬流域範圍大小不一，模擬網格解析度大部分為200公尺，少數幾個較小模擬流域以40公尺的網格進行模擬，模擬每小時輸出網格淹水高度。

為有效快速研判分析，目前整合淹水模式51模擬流域的淹水深度分布於全台地圖上(圖10 a)。另外，為配合淹水情境研究與預判作業，也統計其模擬24小的內的網格最大淹水深度，並將最大淹水深度網格點位以經緯度座標方式儲存輸出。未來可透過各土地類型的淹水面積統計(圖10 b)，可以針對災害情境進行快速研判與分析。

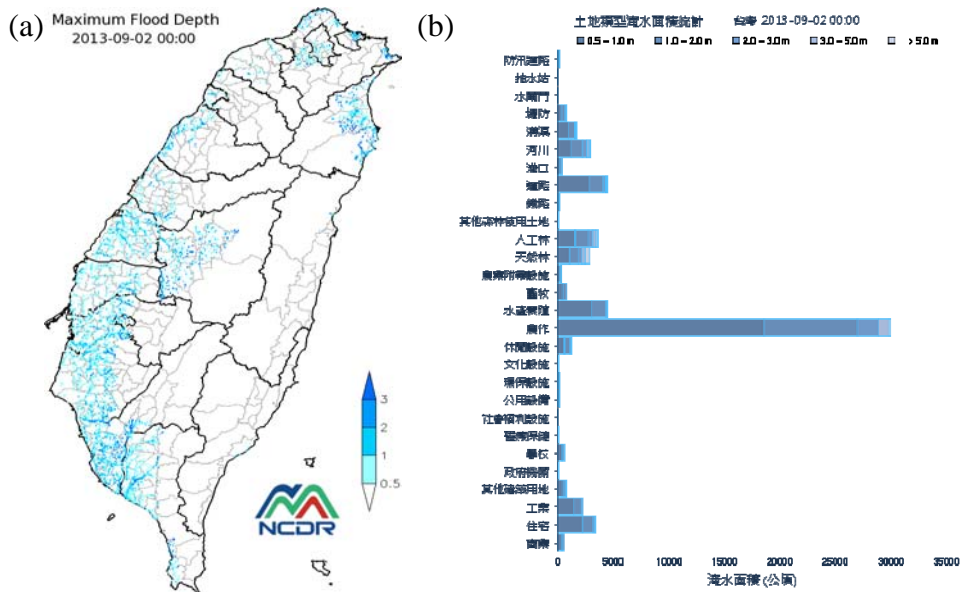


圖 10：二維淹水模式模擬(a)最大淹水深度分布；(b)各種土地類型淹水面積

3.2 坡地邊坡穩定度模式

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，在移植至NCDR的應用研發上，是經由修改原程式架構成適用於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。

TRIGRS模式模擬設定全台共分成25個大小不同的模擬流域，網格解析度為200公尺。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。展示部分則是整合25個流域結果至全台地圖上(如圖11)，配合雨量預報0-48小時，將穩定度模擬結果以每三小時輸出一張全台坡地穩定度圖，以利即時分析研判。



圖 11：邊坡穩定度指數分布

四、結論

本計畫針對災害預警與災害情境研判進行研發，部分研發產品也於102年度汛期期間應用測試，也獲得正面評價。然而，對於落實應用仍需更客觀的評估後才能真正的推廣使用，尤其對於鄉鎮地方政府的使用上，是災害預警研發的一大挑戰，除了要提升預警技術的精確度、細緻度之外，還需讓使用者了解預警的可信度。

未來持續發展的技術，包含系集多成員雨量預報、淹水物理模式、坡地穩定度模式以及災害情境推估等，如何有效的整合這些上下游方法與模式，以及應變期間如何有效且即時的應用這些產品，將會是下一階段的重大挑戰。由於這麼多跨領域的預報模式、評估方法的研發需要各專業領域的支援，未來仍需透過跨領域合作，才能快速且正確的將這些研發技術真正的落實。

參考文獻

1. 林沛練、于宜強、李宗融、龔楚嫻、王安翔、林又青、王俞婷、傅鑣漩、葉森海、陳怡臻、黃泰霖、張志新、張駿暉 (2013)。颱風災害規模研究。國家災害防救科技中心，NCDR 101-T21。
2. 李欣輯、陳怡臻、郭玫君 (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。
3. 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)**，第 1-12 頁。
4. 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.