

高效能突發性水患預警展示研發與衝擊分析

Development of High-performance Early Warning Visualization and Impact Analysis Models for Flash Flood Disasters

主管單位：國家科學與技術委員會

陳偉柏 郭文達 江申 魏曉萍 林嫩瑛 張志新

國家災害防救科技中心

摘要

國家災害防救科技中心 111 年度於智慧防災架構下，執行「高效能突發性水患預警展示研發與衝擊分析」計畫，本防災科研究計畫 111 年度各項災害預警技術研發工作分為三大主軸，包括「應用人工智慧、影像分析及統計分析技術完成水文水理災害預警模擬程序架構」、「導入暴雨逕流與平行計算技術開發突發性高效能洪災預警分析模式」以及「開發劇烈海象衝擊分析模擬技術」。計畫年度成果已完成項目條列如下：

1. 應用人工智慧技術完成水文水理災害預警模擬程序架構；
2. 應用人工智慧技術完成水理災害預警模擬程序架構；
3. 開發影像數據驅動水理災害預警技術；
4. 不同降水延時之動態淹水警戒值的應用與分析；
5. 導入暴雨逕流模組及平行計算技術開發都會區閃洪預警分析模式；
6. 開發劇烈海象衝擊分析模擬技術

關鍵詞：人工智慧、影像分析、統計分析、平行計算、劇烈海象

Abstract

In 2022, the National Science and Technology Center for Disaster Reduction (NCDR) carried out the "Development of High-performance Early Warning Visualization and Impact Analysis Models for Flash Flood Disasters" project in the

framework of "Intelligent Disaster Prevention." The three primary purposes of this project have been implemented this year. There are "Application of artificial intelligence, image analysis, and statistical analysis technology to attain the early warning simulation program framework of hydrological and hydraulic disasters," "Introduction of storm runoff and parallel computing technology to develop sudden high-efficiency flood early warning analysis model," and "Development of severe walrus Shock Analysis Simulation Technology." The annual results of the plan and the completed projects are listed as follows:

1. Apply artificial intelligence technology to complete the early warning and simulation program structure of hydrological and hydraulic disasters;
2. Application of artificial intelligence technology to complete the framework of hydraulic disaster early warning simulation program;
3. Develop image data-driven hydraulic disaster early warning technology;
4. Application and analysis of dynamic flooding warning values with different precipitation delays;
5. Introduce the rainstorm runoff module and parallel computing technology to develop a flash flood warning model for urban areas;
6. Development of severe marine weather impact analysis and simulation techniques.

Keywords : artificial intelligence, image analysis, statistical analysis, parallel computing, severe marine weather

一、前言

閃洪是一種快速洪水，通常是由極端暴雨引起的，其短暫的時間尺度和強度與一般的淹水或洪水事件不同。研究表明，閃洪淹水通常持續時間不超過六小時 (Yin et al., 2016)。在颱風、季風或西南風 (特別是在臺灣) 盛行期間，閃洪是全球範圍內普遍可能發生的自然災害。氣候變遷的影響將加劇閃洪災害的強度和頻率，對於擁有大面積低窪或平坦地區的都會區而言，這種災害可能導致巨大的損失(The University Corporation for Atmospheric Research, 2010)。

因此，為了有效地應對閃洪災害，需要開發一個高效的都市尺度閃洪預警模組，該模組可以提供準確的預報和避難路徑的建議。這個模組需要能夠監測天氣

變化和地形變化，並將這些數據與過去的氣象和水文數據相結合，以預測可能的閃洪事件。該模組還需要能夠在發生閃洪事件時提供即時的預警信息和疏散指導，以幫助減少淹水災損和提高人民生命安全。

為完成閃洪預警模組，需要整合多種數據來源與數值模式，包括天氣預報模式、水文推估模式、數值地形模式及流體動力模式等。在模式開發過程中，還需要考慮地區特點和當地環境因素，例如地形、降雨分佈、土地利用等等。此外，為了有效地使用這個模組，也需要建立良好的溝通渠道，以便及時傳遞預警信息和疏散指導給當地居民和當局。這將需要包括網絡、手機應用程序和社交媒體等多種通訊手段。以災害防救業務需求面而言，開發一個高效能的都市尺度閃洪預警模組是減少閃洪災害損失的重要措施之一。

二、閃洪預警研究方法

在淹水模擬中，由於垂直水深尺度遠小於水體的水平方向尺度，因此，透過求解深度平均之 Navier-Stokes equation (動力波) 足以模擬大範圍的積淹水流動 (Chang et al., 2021; Chen et al., 2019)。本計畫基於 Zhang et al. (2016) 所開發的 SCHISM (semi-implicit cross-scale hydroscience integrated system model) 模式中，垂直平均水平二維 (2DH) 和擬似一維 (quasi-1D) 之模擬功能，建置 SCHISM-FLOOD-2D 閃洪預警核心水動力模式，用於追報或模擬強降雨引發之城市尺度瞬時淹水。平行計算 (Parallel Computing)，相對於序列計算 (Serial Computing) 而言，是指同時使用多個(種)計算資源，處理同一個計算問題的過程。平行計算是提高電腦系統計算速度和處理能力的一種有效方式。平行計算的基本概念是協同多個處理器，用以求解同一個問題，亦即，將被求解的問題拆解成若干個部分，各部分均由一個獨立處理器計算，通過平行計算叢集 (Cluster) 完成各部分的數據處理，最後，再將分析結果整合，回饋至使用者。圖 1 為作業化高效能閃洪預警模組之運作流程圖及其組成模式元件。

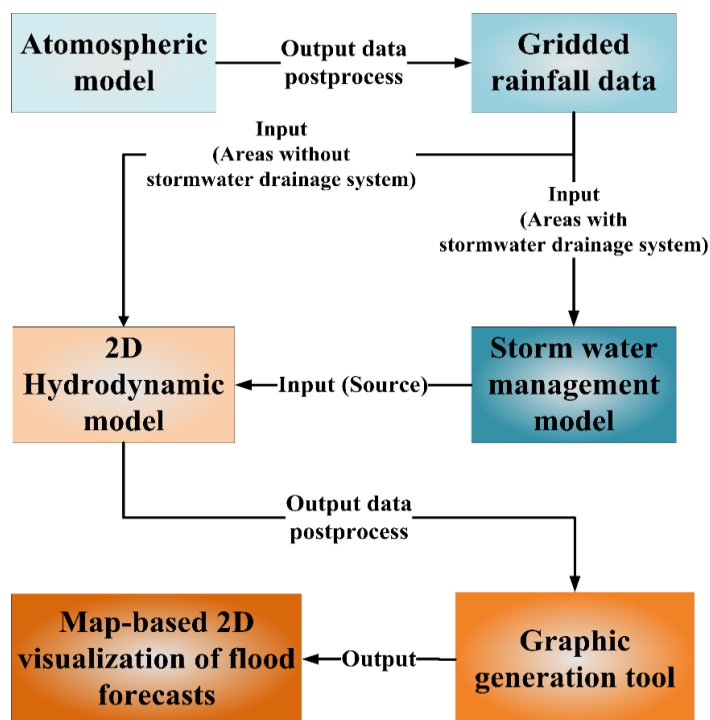


圖 1、作業化高效能閃洪預警模組之流程圖與其主要組成模式

三、閃洪預警亮點成果

為考慮雨水下水道系統對都會區短延時、強降雨涵容內水與排洪之能力，本計畫應用暴雨管理模式 (Storm Water Management Model, SWMM) 耦合二維水動力模式 (SCHISM-FLOOD-2D)，成為一個完整之都會尺度閃洪預警分析水文水理模組，並作業化產出示警成果。SWMM 為美國環保署 (U.S.EPA) 公開發行 (open source) 之軟體，已被廣泛應用於規劃、分析和設計都市區域或非都市區域之暴雨逕流排水系統、混合流式下水道系統及其它排水系統，並可用以模擬都市區域因單一事件或長期 (連續) 降雨事件衍生之逕流所引起水量變化現象。在導入暴雨逕流模組後，都會區閃洪預警可於 8 分鐘內，完成過去 24 小時積淹水模擬及未來 24 小時積淹水預警，結合三維建物，可進行 4D (立體三維加上時間) 數位視覺化展示，民眾可易於掌握閃洪警戒點位。本計畫今年的最大年度亮點即是提出一個平行計算的高速預警模組，並克服使用二維動力波進行大區域暴雨暴洪模擬時，過於耗時的重大弱點，亦填補目前研究與實際應用之間的技術落差。本年度導入多中央處理器 (CPU) 平行計算技術於水動力數值模式中，開發完成突發性高效能洪災預警分析模式，並用以預警 2022 年 5 月 26-27 日因豪雨引起之彰

析，以預測降雨空間分布和時間序列、都會區雨水下水道排洪能力等因素，進而進行淹水範圍和深度的四維展示處理。此外，該模組還提供地圖式導向之視覺化呈現，使民眾可以檢視未來 24 小時內可能發生閃洪災情之區域。

透過本計畫開發的高解析度的閃洪預警模組，城市尺度之淹水分析與評估得以更加有效地進行，從而提高疏散避難工作的效率。此外，該模組已在國家災害防救科技中心作業化運行，並用於城市尺度的閃洪預警，未來還將建置更多與水有關的大範圍災害或危害的作業化預警模組。

此外，通過都會區綿密的街道監控閉路電視 (CCTV) 網絡和衛星影像，可以立即驗證閃洪預警的成果，從而大幅減少災後現場調查之誤差。因此，該閃洪預警模組是一種高效能且可靠的災害防救工具，可以提高城市防洪減災的能力，減少災害對人民生命和財產的傷害。

五、 參考文獻

- Chang, T.-Y., Chen, H., Fu, H.-S., Chen, W.-B., Yu, Y.-C., Su, W.-R., Lin, L.-Y. (2021). An Operational High-Performance Forecasting System for City-Scale Pluvial Flash Floods in the Southwestern Plain Areas of Taiwan. *Water*, 13(4), 405.
- Chen, Y.-M., Liu, C.-H., Shih, H.-J., Chang, C.-H., Chen, W.-B., Yu, Y.-C., Su, W.-R., Lin, L.-Y. (2019). An Operational Forecasting System for Flash Floods in Mountainous Areas in Taiwan. *Water*, 11, 2100.
- Yin, J., Yu, D., Yin, Z., Liu, M., He, Q. (2016). Evaluating the impact and risk of pluvial flash flood on intra-urban road network: A case study in the city center of Shanghai, China. *J. Hydrol.* 2016, 537, 138–145.
- The University Corporation for Atmospheric Research. *Flash Flood Early Warning System Reference Guide*; The University Corporation for Atmospheric Research: Boulder, CO, USA, 2010.
- Zhang, Y., Stanev, E.V., Grashorn, S. (2016). Unstructured-grid model for the North Sea and Baltic Sea: Validation against observations. *Ocean Model.*, 97, 91–108.