



洪災曝險街區之即時動態演算架構

張哲豪／國立臺北科技大學土木工程 副教授

鍾明格／國立臺北科技大學工程科技研究所 博士班

許至璉／國家高速網路與計算中心 副研究員

吳祥禎／國家高速網路與計算中心 副研究員

陳春宏／經濟部水利署水利規劃試驗所 所長

楊松岳／經濟部水利署水利規劃試驗所 正工程司

黃思瑋／安研科技股份有限公司 營運長

淹水潛勢圖的製作，乃是依據降雨情境設計雨量的不同，結合淹水模式計算後得出相對應的淹水範圍。在防災應變任務中比對區域降雨量，提供洪災曝險的可能區域資訊，以掌握整體受災情勢。從民國88年以來淹水潛勢圖已更新至第三代，投入極大的資源與人力時間，為防救災應變工作提供了良好的參考依據。

在水利署的研究下，第三代更新後的淹水模式包含了細緻的空間基礎資訊，加入雨水下水道系統、區域排水、易淹水地區治理規劃已施作完成的成果、防洪設施（滯洪池及抽水站）、越波量、暴潮，且採用40 m解析度的數值地形模型來建立模擬區域，相當具有代表性。若能結合當下即時測預報雨量，則可計算得到更為接近真實的洪災曝險範圍。然而，也因為內含高解析度的空間資訊，整體計算時間過長，無法符合防災應變在時間緊迫下的需求。

本文提出「淹水模擬即時動態演算架構」來克服淹水模擬計算量過大的問題：以第三代更新的淹水模式為基礎，採用氣象局提供的QPESUMS即時降雨資料與預報降水產品，取代設計雨量，並以平行化與作業化的方式，在1小時之內計算未來3小時淹水模擬結果，每日24小時作業化方式，持續不停運作，達到即時洪災曝險街區估算的可能性。

前言

在日益嚴峻之極端氣候與環境條件下，面對颱風災害，為達成精確、迅速且有效之研判決策與防救災資源之最佳化調配，各類監測、運算以及歷史資料之彙綜分析與多元應用實屬不可或缺，各項防災資訊與系統服務正是因應這樣的需求而逐步發展。目前常用曝險指標（exposure index）評估受災的嚴重程度^[1,2]，若從水利防災執行實務上的系統流程來分析，曝險範圍（exposure area）的推估與確認，正是啟動所有應變作為的核心資訊。

隨著水利資訊應用技術的提高，颱風防災任務已經從「通報與作為」的現況，將逐步轉換到「感知與預判」的應用型態。在「通報與作為」的現況下，防災任務主要以匯集全國水情與災害訊息為主，並歸納轉知各級應變中心；收集、傳遞、展示與分享就成為訊息處理上的主要任務。然而，在跟時間賽跑的水利防災任務中，只能以即時水情監測數據或是收集災害訊息來執行，終究仍是被動反應，確實讓我們思考是否仍有主動作為的可能。

在未來「感知與預判」的應用願景上，可以想見將會以料敵機先與主動防護這兩種避災觀念，來逐漸進入防災體系中，成為水利防災作為的主要依據。例如氣象預報產品的逐漸成長，無論是短時預報產品如 STMAS WRF，與系集產品如 ETQPFs 與 WEPS 等，都在預報時間長度以及可靠度上加強，印證料敵機先的重要性；又如實際應變作為中，地方政府提前佈設移動式抽水機，就可以說明主動防護的實務性。綜合來看，對於「感知與預判」的具體實踐，就是提早預估曝險範圍，進而掌握此空間資訊，主動針對這些區域提早啟動各項應變措施，將是邁向智慧防災的一大步。

淹水潛勢圖

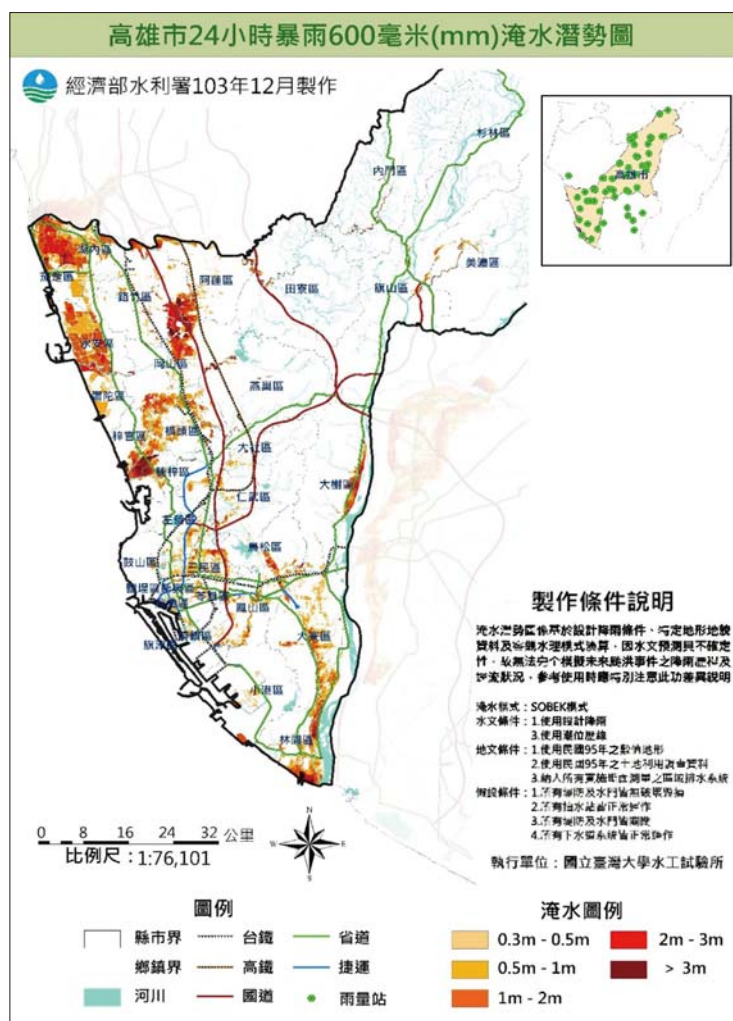
推估颱風災害曝險範圍，淹水潛勢圖是目前最為主要的技術服務之一：以各種可能致災雨量，結合空間資訊與水利計算科技，分析得到對應的淹水範圍，並製作成為靜態圖資。在防災應變過程中，即可針對當下或是預判雨量的大小，選擇適當淹水潛勢圖資，判斷可能淹水範圍，作為各項決策依據。目前實務上，政府單位亦採用淹水潛勢圖的結果，評估可能的災害地點，作為防救災計畫的參考。

淹水潛勢圖的製作，初期是在民國 88 年至 90 年，由行政院國家災害防救科技中心進行，完成全台 22 縣市淹水潛勢圖的分析與製作，供防災機關作為基本防災圖資所用，常稱第一代淹水潛勢圖；後續因各式圖資的資訊化，與淹水模擬程式的進展，水利署由民國 96 年至 98 年進行全國淹水潛勢圖的更新，為第二代淹水潛勢圖；爾後為提升淹水潛勢圖製作的整合性與準確性，水利署水利規劃試驗所於 102 年擬定「淹水潛勢圖製作及測試手冊（草案）」，作為製作淹水潛勢圖的標準作業程序，水利署並依此辦法於 103 年起，進行淹水潛勢圖的第二次更新計畫，即為第三代淹水潛勢圖，其製作成果如圖 1 所示^[3]。

各代淹水潛勢圖的製作內容可整理說明如表 1 所列。在更新歷程中，有幾個重要進展的因子：除了基本資料的完備與資訊化，模式的

進步與電腦計算能力的提升，都強化了淹水潛勢圖的精確性，敘述如下：

1. 模擬情境的增加：淹水潛勢圖對於降雨的模擬，第一代主要採用定量降雨的方式；第二代後則加入重現期降雨的模擬；第三代則增加模擬的情境數量。
2. 地形精度的提升：第一代淹水潛勢圖係依據農林航測所拍攝的相片基本圖，台北縣為 120 m 網格、其他縣市為 200 m 網格；第二代淹水潛勢圖採用內政部於民國 94 年製作之 DEM，為 40 m 網格；第三代淹水潛勢圖則使用內政部於民國 95 年提供之 DEM，為 40 m 網格解析度或更精細之網格。
3. 淹水模擬條件的精進：第二代淹水潛勢圖較第一代，考慮了暴潮與外水溢流的因素；第三代淹水潛勢圖加入了雨水下水道、區域排水、防洪設施等因素，對於模擬的準確度提升有極大的助益。



資料來源：水利署水利規劃試驗所^[3]

圖 1 第三代淹水潛勢圖更新成果圖(高雄市 24 小時暴雨 600 毫米為例)

表 1 國內淹水潛勢圖資製作比較表

	第一代	第二代	最新版本（第三代）
時間	民國 88~90 年	民國 96~98 年	103 年~
網格精度 (x,y,z)	台北縣：120 m × 120 m 其他縣市：200 m × 200 m	40 m × 40 m × 0.1 m	≤ 40 m × 40 m × 0.1 m
DTM	採農林航測所於民國 70~78 年間測量相片基本圖之資料	採內政部於民國 94 年更新完成之數值高程，無第一代之人工地整情況	採內政部提供最新年份（民國 95 年）完成之數值高程
模式選定	全面採用同一種模式產製，無邊界銜接的問題	全國分區採數種模式製作，存在邊界銜接問題	制訂模式檢定驗證標準，去除縣市邊界銜接問題
模擬情境	定量降雨： 150、300、450、600 毫米 / 日	定量降雨： 200、350、450、600 毫米 / 日；450、600、750、900 毫米 / 二日；750、900、1050、1200 毫米 / 三日； 重現期： 1.1、2、5、10、20、25、50、100、200、500 年	定量降雨： 6 小時： 50、100、150、200、250、300、350、400、450、500 毫米 12 小時： 100、150、200、250、300、350、400、450、500、550 毫米 24 小時： 150、200、250、300、350、400、450、500、550、600 毫米 重現期： 2、5、10、25、50、100、200、500 年
淹水模擬	---	加入暴潮、加入外水溢流因素	加入雨水下水道系統、區域排水、易淹水地區治理規劃已施作完成的成果、防洪設施（滯洪池及抽水站）、越波量、暴潮
色階	顏色鮮明	漸層	漸層

資料來源：水利署水利規劃試驗所^[3]

製作淹水潛勢圖包含了基本三種主要技術在內：氣象水文分析、空間資訊對應、水理模式計算。而這三項各屬不同領域專業與管理，如降雨資料來自中央氣象局與水利署；空間資訊則內容包含廣泛，如河川斷面來自水利署，區域排水由縣市政府負責，下水道與地形圖籍則由內政部統籌等；淹水模擬程式來自各研究單位或是軟體科技業者。連結以上全部技術內容來製作淹水潛勢圖，實屬多專業與多領域的整合。特別是各方面技術的與時俱進，資料面與計算面都有長足發展，也說明了淹水潛勢圖並非一成不變，需要隨著資料與技術推進而有所更新。

淹水潛勢圖乃是採用設計雨量，即定量降雨或特定重現期等各式降雨，作為淹水模式的輸入資料，經由運算後，模擬出多少雨量會造成哪些地區的淹水景況。因此第三代淹水潛勢圖當中，考慮了更為多種數量與型式的設計雨量，對於災害防救與應變，就能夠有更為豐富與周全的參考依據。除設計雨量的周全性，精密細緻的數值地形模型與集排水設施都被納入

水文水理計算模式中。所以，第三代淹水潛勢圖的模式運算成果，在空間尺度上，就能夠反映更多淹水範圍的細節：從原本鄉鎮等級的解析度逐漸提高，應用與需求層面也從區域性的防災規劃對應到決策分析。

隨著淹水潛勢圖包含資料解析度提高，多元來源空間資料的一致性，就更挑戰模式編修的作業內容。如圖 2 所示，採用第三代淹水潛勢圖的模擬計算，主要淹水範圍在水道南側，是正確的模擬計算淹水範圍。圖中分別以棕色深淺表示不同地形高度，各種彩色則表示不同淹水深度。與圖 2 比較，圖 3 顯示在相同的淹水模擬計算設定下，淹水範圍則主要分布在水道北側。這樣的差別來自於圖 2 中表示一維河道的藍色水路線，與棕色地形所顯示的水道相符，但在圖 3 中，該藍色水路線則不是與棕色地形所顯示的水道完全相符。這個一二維模式溢淹介接點的整合匹配，在過去單純一維水道或是單純二維漫地流模擬時，並不需要特別考量；但在一二維綜合演算與高解析度地形應用時，就可以看出細節所造成的差距。

不僅如此，圖 4 仍是與圖 2 採用了相同淹水模擬計算的設定，且顯示了藍色水路線與棕色地形所顯示的水道在地理位置上已經相符，但模擬淹水範圍則集中在水道當中與圖面西南側，與圖 2 的計算內容顯然不相同。其原因在於圖 4 中的水道地形維持原來的河槽，一二維模式介接處的溢淹點讓原來已經在一維河道上演算過的水流，仍直接進入地形上的河槽，而不是溢淹到河槽以外的地形上，未能反映真實流況。因此，在進行水理模擬計算時，其實還需要將河槽地形修正到與斷面齊平，才能讓模擬計算時，溢淹水流漫流到河槽外，顯示正確溢淹範圍。

由圖 2 到 圖 4 的比較可知，淹水模擬技術在第三代淹水潛勢圖更新後，在空間資訊尺度上已經有不少提升，地形資料網格精度從 200 m 提升至 40 m，代表淹水模式的模擬結果，可反映更細緻的變化。對於暴露在洪災風險的評估，地形資料網格精度的提升，可從原先的區域尺度，提升到鄉鎮尺度，甚至於村里等級，直接帶來淹水模擬計算的整合需求與挑戰。新型的計算架構中，必須能夠從淹水模擬建模開始，直接考量高解析度空間資訊，才能跨過水利與空間資訊領域的知識門檻。

淹水模擬即時動態演算架構

設計雨量因時間與空間分佈上的條件，終究與當下真實降雨狀態不同；使用設計雨量進行淹水計算時，仍屬於景況模擬，目前第三代淹水潛勢圖的靜態圖資，主要仍適用於區域性淹水範圍的參考表達。然而，此次淹水潛勢圖更新所產出的具體成果，並非只有靜態圖資，還包含了具備相當細緻空間資訊的淹水模式，如圖 2 所示的淹水模擬成果。若能以此模式，加上真實降雨，是否將有機會大幅改善使用設計雨量的不足呢？

在真實降雨部分，目前氣象局已經針對全台提供 1.3 km 網格的 QPESUMS 即時降雨資料，以及多種定量降水預報產品。對照設計雨量而言，即時測預報降雨產品的時間與空間分佈相對趨近於真實狀況。若採用氣象局即時觀測與預報雨量，隨著降雨資料更新，可以持續重新計算淹水模式的話，或可逐時計算出淹水景況，對於實際評估颱風災害的曝險範圍將有相當助益。

然而，由於具備高解析度的空間資訊，第三代淹水潛勢圖的淹水模式計算相當費時，用此模式加上真實降雨來模擬計算淹水範圍，對於災中分秒必爭的緊急應變，確實緩不濟急。針對此淹水模式，本文提出如圖 5 的「淹水模擬即時動態演算架構」，分別考量下列四個條

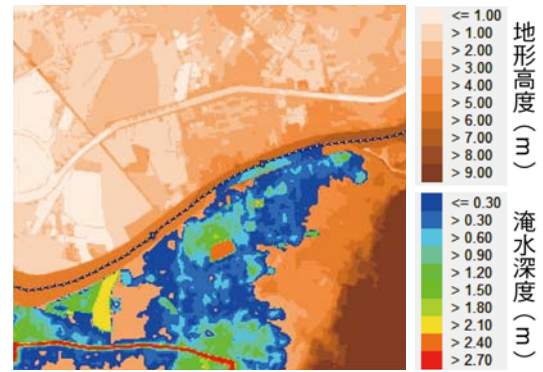


圖 2 正確模擬計算淹水範圍

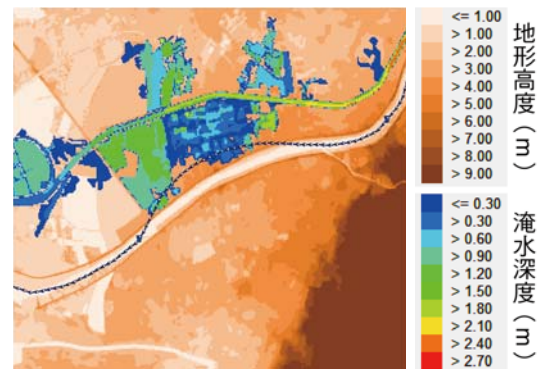


圖 3 水道設定與地形位置不盡相同造成模擬計算淹水範圍不同

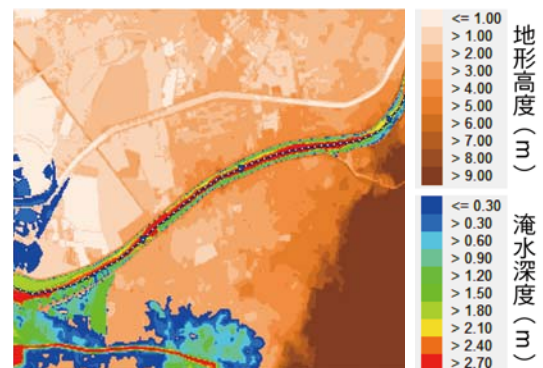


圖 4 水道地形未修整造成模擬計算淹水範圍不同

件來改善淹水範圍模擬計算的精度與時效：

1. DEM 解析度反映淹水模擬的精細程度，要模擬至村里或街廓等級必須使用對應解析度的地形資料；
2. 淹水模式建置的合理性與基礎資料的正確性、完整性，決定計算的速度與模擬的結果；
3. 因應即時作業化淹水模擬的需求，利用模式切割分區與平行運算的方式，達成快速計算淹水模擬的目標；
4. 大量 IoT Flood Sensor 回傳即時淹水資料，即時確認災害地點，驗證與校正淹水模式。

以下各節將分別針對此四個部分加以說明。

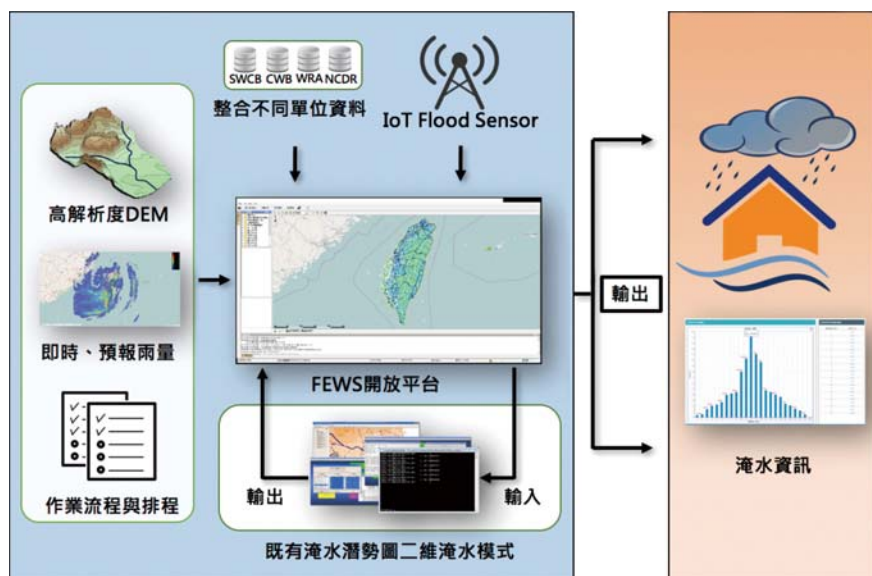


圖 5 淹水模擬即時動態演算架構圖

DEM 對於淹水模擬之影響

目前常用的地形資料為 DEM (Digital Elevation Model) 及 DSM (Digital Surface Model)，是以二維矩陣方式處存高程資料的格式，DEM 記錄地型高程，DSM 則記錄包含地物的高程，而地物包含人工構造物與自然植被等。傳統上製作 DEM 及 DSM 的方法為航空攝影測量，利用人工量測或自動匹配的方法，在立體模型中量出足夠密度的高程點，再用內插方式計算出等間距的網格；近年來地調所則利用空載光達的方式，進行全台 1 m 解析度 DEM 及 DSM 的製作。

無論是採用航空攝影或光達的測量方法，皆會受到地表覆蓋物，如房屋、橋梁、植被數目等影響，不完全能夠測到真實的地表高程，因此為了製作 DEM，必須以自動化或人工的方式去除地表覆蓋物，再利用內插方式得出 DEM。此項去除地表覆蓋物的工作，在資料解析度愈來愈精細的情況下，往往需要耗費大量的人力與時間處理。

而在二維淹水模式上，理論上無法單純使用 DEM 資料或 DSM 資料：為模擬水在地表流動的情況，實際會阻礙水流通的資料必須被保留在地形模型上，如建築物，但在 DEM 中卻沒有建築物的資料；而在跨河橋梁或高架橋梁，因其底部是容許水流通過（橋墩則會阻礙水流），而 DSM 資料中卻無法保留這樣的特性。此外地形模型的解析度也會影響上述資料細節的處理方式及

程度，如建築物在 1 m 解析度時可明顯反映於資料中，但在 40 m 解析度時卻可能是可忽略的。

上述的說明可由下列圖說來加以解釋：圖 6 的航照圖中，可明顯看出道路、橋梁、建築物及植被等，紅線 1~4 號標示處為高架橋梁路段，這些構造物在 DEM 的製作過程中將會被移除。圖 7 為 1 m 解析度 DEM 的結果，可明顯看出 1~4 號屬於高架橋梁的資料被移除，但與其所連接道路，若是屬於土堤段，則是認定將被保留於 DEM 中。

圖 8 則為 1 m 解析度 DSM，高架橋梁與建築物等都被保留，不過可明顯看出由於保留了高架橋梁，造成內插後變成地形的一部份，在圖 8 中明顯位於水道上，若依此設定在淹水模式中，就會阻礙水的流通。圖 9 為 10 m 解析度與圖 10 是 20 m 解析度的 DSM，可看出當解析度降低時，DEM 或是 DSM 地表資料的差異影響不再顯著，在不同尺度探討下或許可以忽略，如建築物在 20 m 解析度下幾乎消失。



圖 6 航照圖與高架橋梁路段位置

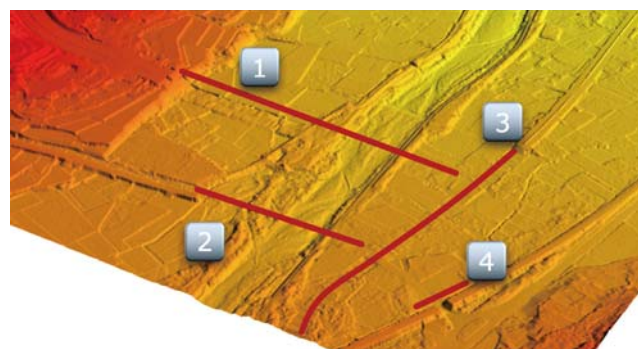


圖 7 1 m 解析度 DEM

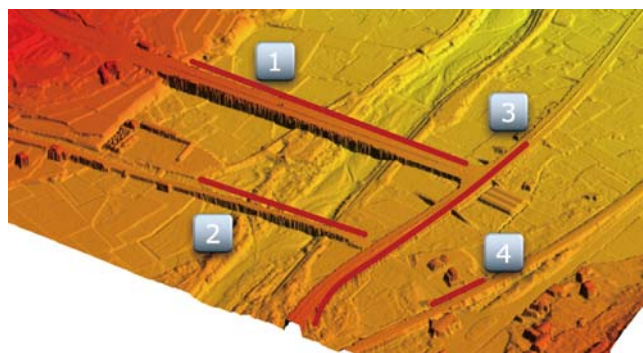


圖 8 1 m 解析度 DSM

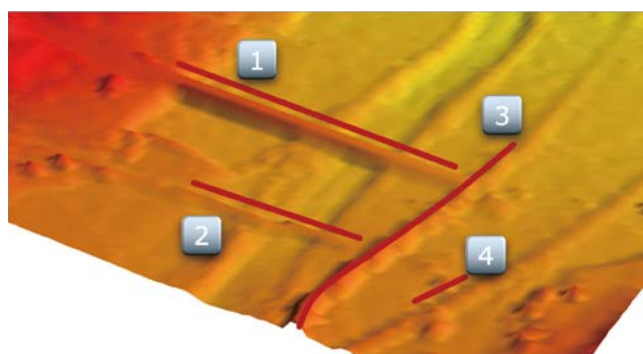


圖 9 10 m 解析度 DSM (保留高架橋梁與房屋)

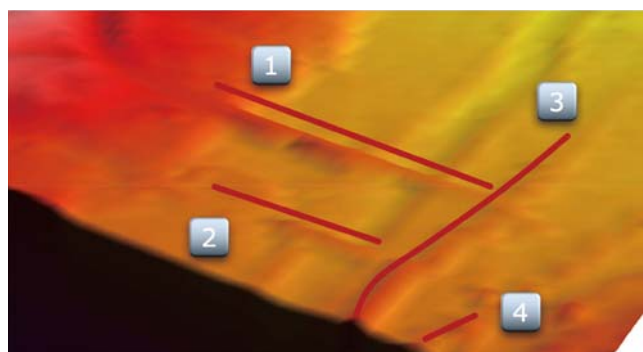


圖 10 20 m 解析度 DSM

此節說明，二維淹水模式所採用的基本地形資料，決定了模擬結果的精細程度，將會影響判讀的結果。如想知道鄉鎮的淹水景況，可能以 40 m 解析度的資料即可；但若要知道村里，甚或是街道的淹水景況，則至少需使用 20 m 以上解析度的地形資料。綜合而論，淹水模式雖可考量各種物理狀態，但資料的精細程度決定了模擬的細節，但愈精細的資料，對獲取技術與資料處理的能力也愈有挑戰性。

淹水模式精進

圖 11 說明影響二維淹水模式之主要因素，包括模式功能完整性、模式演算穩定性、模型建置的合理性、基

礎資料完整性、基礎資料正確性及邊界條件準確性等幾項因素。水利規劃試驗所推動「高效能二維淹水模擬應用於整合平台」計畫^[4,5]，與「二維淹水模式地文資料補充及模式更新研究計畫」^[6]中，就提到根據各個因素的改善，提出淹水模式的三個發展階段：潛勢圖版，高效能版，以及精進版。

模式功能完整性與演算穩定性屬於數值模式的先天條件，決定了模式的適用性。以目前的淹水潛勢圖製作而言，採用 SOBEK 模式，除了包括水工結構物建置功能，並涵蓋了一維河道水理模組 (1DFLOW-Rural)、二維淹水模組 (Overland Flow-2D)、下水道模組 (1DFLOW-Urban)，以及水工結構物即時控制模組 (RTC) 等，就功能的完整性而言，可滿足建置仿真模型之需求。就演算穩定性來說，SOBEK 模式可處理複雜的流場問題，從實務應用的經驗來看，無論是現場地形的空間變化、邊界條件的時序列變化，抑或是水工結構物的操作等，SOBEK 模式都具有良好的穩定性來確保預報資料的產出，適合用於預報作業。

模型建置的合理性方面，簡單來說就是使用者是否正確的使用模式所提供的各項功能，以符合模式本身特定的物理條件限制與使用規則，如此才能獲得最適化的模型，一方面能避免模擬結果出現重大謬誤，另一方面能發揮模式原有的演算能力，達到提升計算效能之目的。

基礎資料的完整性與正確性方面，直接影響數值建置模型描述現場實際情況的完整性與正確性。顯而易見的，當模型與現場實際情況有很大的差異時，模擬結果當然也會與實際情況不同，這就降低了模式反映實際情況的可靠度，影響後續所採取的應變作為。在基礎資料的完整性與正確性仍不足的情況下，可透過模式檢定與驗證等步驟，來提升模擬的可靠度，但長遠來說仍應該從強化基礎資料掌握度的方向來精進。此外，當基礎資料存在重大的不合理時，例如下水道高程高於地表高程、河道縱向坡度存在不合理的逆坡或高程變化不連續，及水工結構物不合理的操作等，都可能大大的降低模式計算的效能。

再者，有關邊界條件的準確性方面，屬於其它領域的研究範疇，例如降雨的觀測與預報屬於氣象領域，而河口潮位的觀測與預報又屬於海洋領域的範疇。就淹水模擬來說，其實就是反映降雨及河口潮位造成的淹水現象，因此實務上需要整合這兩個領域的成果應用。當引用的降雨或潮位資料與實際情況有差異時，對於模式來

說等於是模擬了與現況不同的情境，所獲得的模擬結果就可能與實際情況有所不同。

將上述影響模式表現的各項主要因素，對應水利署水利規劃試驗所，近幾年所推動的二維淹水模擬相關計畫，可以大致將模式精進的過程分成三個階段：

階段一：

第三代淹水潛勢圖計畫所建置的 SOBEK 淹水模式，該階段主要考量模式功能的完整性與演算穩定性，透過大量的資料蒐集、彙整與模型建置工作，完成潛勢圖版淹水模式。

階段二：

高效能淹水模擬計畫所建置的 SOBEK 淹水模式，該階段以潛勢圖版淹水模式為基礎，主要透過模式調校來增強模式設定的合理性，同時進行資料檢核與修正，以達到提升計算效能之目的，完成高效能版淹水模式。

階段三：

地文資料調查與更新計畫所建置的 SOBEK 淹水模式，該階段以高效能版淹水模式為基礎，透過現地測量與調查來強化基礎資料的完整性與正確性，可大幅度改善模擬結果的可靠度，同時提升計算效能，完成精進版淹水模式。隨著環境的變化，基礎資料的更新與維護將是動態的且持續的工作，因此精進版模式也將會不斷的

調整與改善，再配合雨量及潮位資料的持續精進，將可以使模式的可靠度不斷的提升。

隨著電腦運算速度不斷提升，加上穩定排程作業能力，以高效能為目標，利用快速的計算架構，將即時淹水模擬應用於水情資訊整合平台，已是可以實現的技術。但二維淹水模擬若要在計算正確性上獲得更進一步的提昇，基礎資料的提供是非常重要的關鍵，包括各項異質性資料高程銜接的合理性，因此除了水工結構物的資料需要盡可能周全外，地文資料的細緻度，將是影響淹水模擬結果正確性最為關鍵的因素。

即時作業化計算

當淹水模式配合大範圍高精度數值地形資料，雖能大幅提升模式成果精確度，但會同時提高本身所需運算資源及增加計算時間，使其在防汛應變時期有著無法達到預報時效性之風險。研究中藉由水利署 FEWS_Taiwan 平台分散式運算之平行機制，如圖 12 所示，分散進行淹水模擬的工作。

FEWS_Taiwan 整體控制由 MC (Master Control) 主控伺服器來統一傳訊，可將整個縣市之淹水模式拆成多個小範圍專案，以小範圍專案對應之模擬流程，分配給不同 FSS (Forecast Shell Server) 運算單元。在符合水文

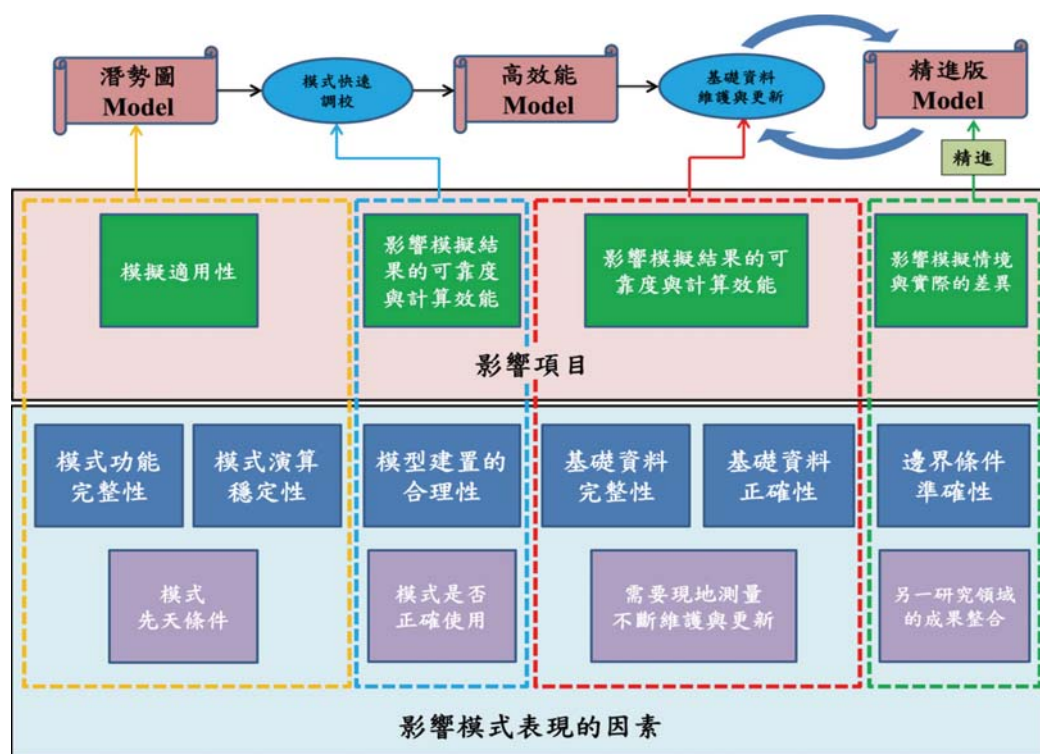


圖 11 影響二維淹水模式之主要因素

水理法則情況下，可定義每個小範圍專案，再結合多重格網架構，如圖 13 所示，即可將每個小範圍計算，控制在時間要求之內。將模式淹水成果進行後處理整併組合，進而呈現整個縣市多條流域於汛期時模式所預報可能淹水範圍。因此，原本大範圍高精度數值地形資料所需要的大量淹水範圍模擬計算時間，可因而降低，但卻仍能保有其高精度地形資料，與其模式成果精確度。

考慮全台二維即時淹水預報情況下，將需要在 FEWS_Taiwan 平台上，配置大量數目的 FSS 運算元件，如圖 12 所示，建立其淹水模擬的平行運算架構。因此，

採用虛擬機器（Virtual Machine）群的雲端機制，在颱風期間才配置大量的運算資源，平常時間則保持必要的基礎系統運算，是較有效率的系統管理方法。建構 FEWS_Taiwan 即時作業版本，採用高效能軟硬體，提供多核心處理及穩定之硬體架構，同時利用虛擬機器建構需求項目平台 FSS 運算元件，當整個系統 FSS 數目不足時，藉由虛擬機器需求項目可快速建置增加 FSS 數目，無須尋找可用之硬體設備來建置 FSS 運算元件。同時在 FEWS_Taiwan 所有部分皆使用虛擬機器需求項目建置之情況下，在後續平台會更容易維護、更新擴充。

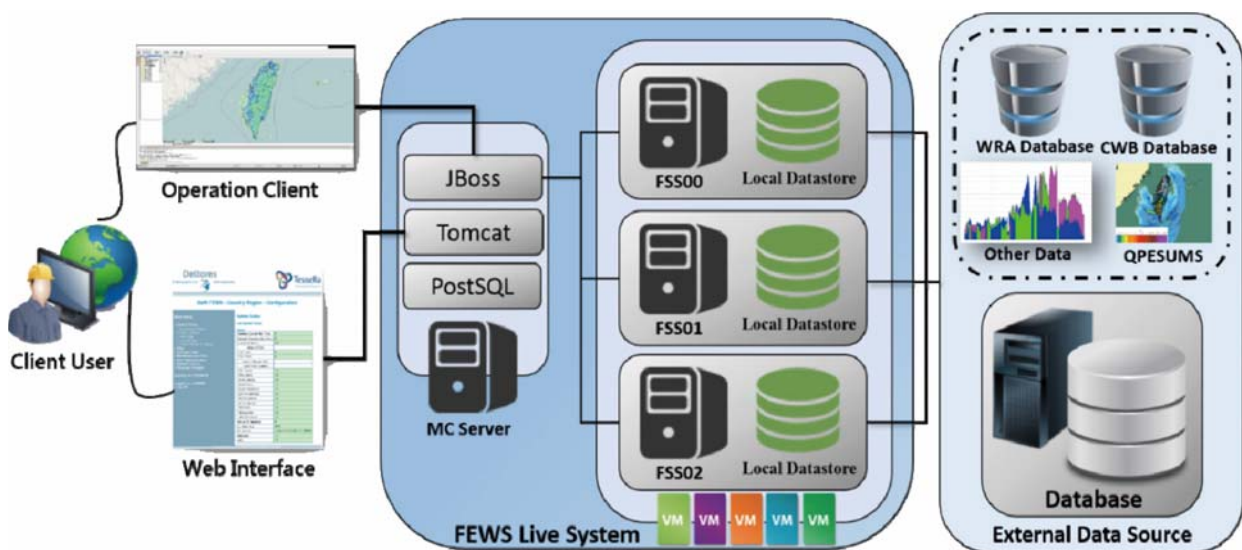


圖 12 FEWS_Taiwan Live System 平行運作架構圖

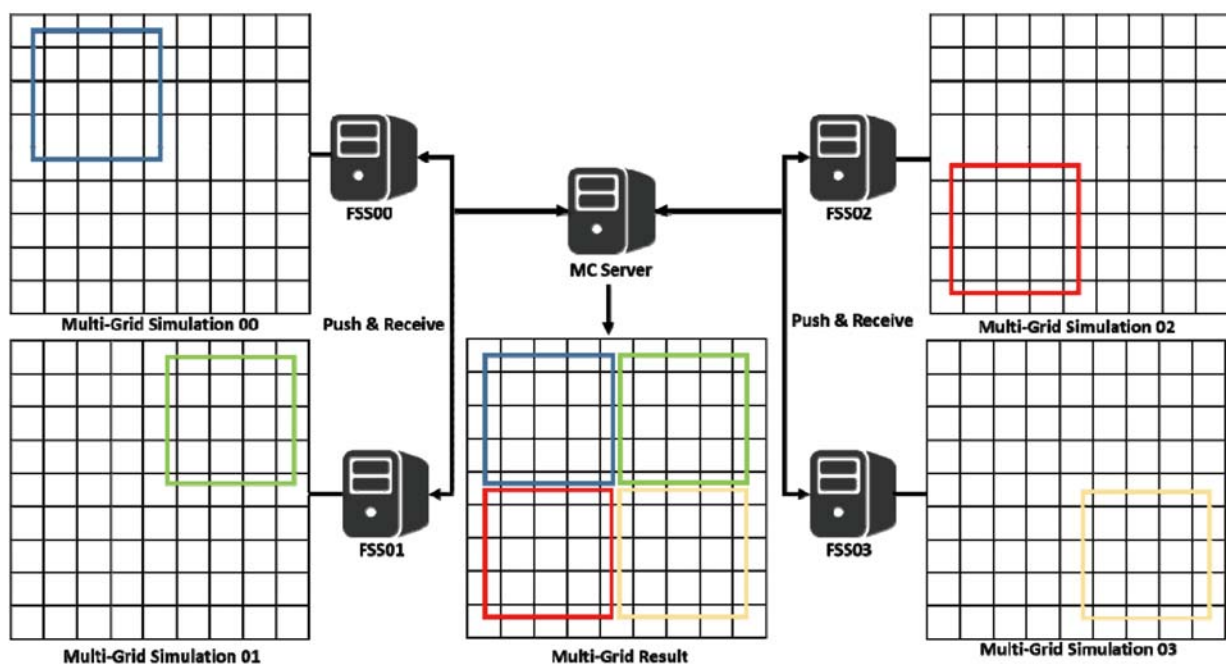


圖 13 二維淹水模式於 FEWS_Taiwan 平行運作概念圖

IoT 淹水水位計

雖然淹水模式與基本資料持續在發展與更新，但在各種環境、資料、模式所存在的不確定性之下，淹水範圍的界定仍然有一定的困難。且由於應用尺度上的需求，實務上需要村里等級甚至於街廓等級才能滿足。因此，加強對於淹水的觀測與計算，來提高必要的準確度與可靠度，都是必要的措施。

在觀測方面，包含數據，文字，影音方式，都有可能記錄片段時刻的淹水位置與深度，這些訊息將在颱風期間持續供應，數量與頻率可能遠遠超過河川水位站的規格。考慮到在物聯網技術下，多種感測器也可能提供低耗能且價格低廉的淹水水位計，更將增加感測記錄的傳輸與派送量。此外即時淹水水位資料，在颱風期間有高頻率及大資料量，對照平常時期卻幾乎沒有任何淹水水位記錄產生，以及颱風期間資訊系統群與外部使用者的超大淹水水位資料需求，因此資訊系統必須能滿足即時數據的派送，減少資料庫負擔；同時建立混合式資料庫的處理能力，保有一維二維不同數據管理機制；更在軟硬體上以雲端技術實作，包含 SaaS、PaaS、IaaS 各部份，確保系統可因應颱風期間大量需求因而彈性擴增的可能性。

要能夠模擬計算淹水範圍，並且獲得驗證，還需要結合許多觀測數據來輔助，例如區域排水等級的水情監測網，以及淹水水位監測等。研究團隊已經具有智慧整合感測系統的開發經驗，已研發出整合型傳輸液位計，將充電、紀錄、傳輸、感測整合為單一設備，並可快速安裝於電桿、燈桿，以每 30 秒的週期，傳輸即時水位至雲端系統。這項結合感測、紀錄、傳輸三者一體的智慧整合感測系統 CPS，並可搭配 LPWAN 通訊、能量回收、低功耗晶片的物聯網技術，以及淹水潛勢圖搜圖演算法，推估出即時淹水範圍。若利用所收集累積之淹水歷史資料，還可進行淹水模擬計算之驗證。此系統已於台南安南區試行安裝 16 處^[7]，如圖 14，於 105 年度 0611 豪雨以及 9 月梅姬颱風兩事件，模擬計算的淹水深度變化，都能夠與淹水動態觀測歷線相當，並且在 1 小時內產出即時二維淹水範圍圖。

結論

在第三代淹水潛勢圖的架構下，不只是靜態淹水圖資可資應用，本文提出「淹水模擬即時動態演算架構」，整合氣象局提供的即時與預報降雨資料，搭配既有淹水潛勢圖的淹水模式與 IoT 淹水水位計，在每 1 小

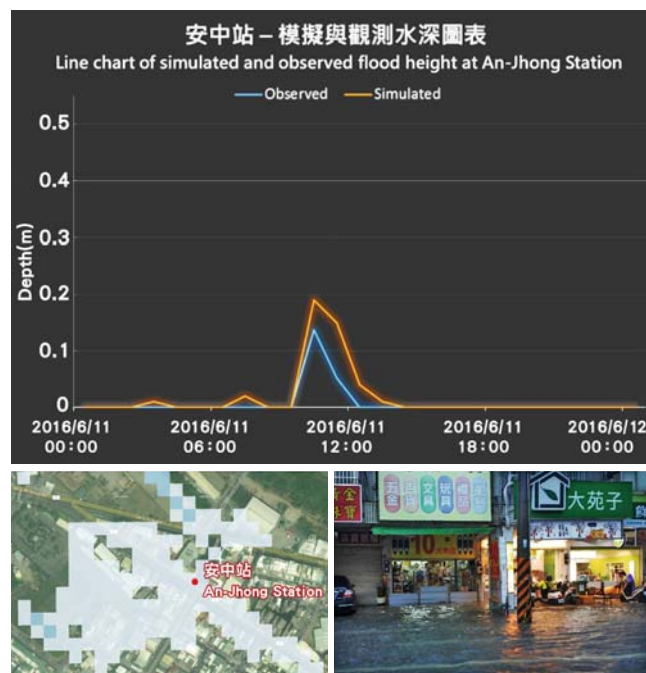


圖 14 105 年 0611 豪雨臺南安中站淹水觀測與模擬計算之比較

時都可計算完成的狀況下，即時評估洪災曝險街區。在此架構下，應用了既有淹水潛勢圖的淹水模式結果，並導入氣象局提供的降雨資料，讓其作用不再僅限於模擬降雨情境的評估，可使已投入的資源效益最大化。同時已經考量未來 IoT 技術的可能發展，實作淹水水位計獲取大量即時的淹水水位觀測歷程，確實可作為淹水模擬的驗證依據。此架構的整合工作亦橫跨防災、水利、空間資訊、大氣與資通訊，利用各項技術與成果，評估洪災曝險街區。印證在科技飛快發展的時代，快速統合各式資料與資源，將是未來防災工作的重要課題。

參考文獻

- Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.), "Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation", A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2012).
- De Moel, H., Aerts, J.C.J.H., Koomen, E., "Development of flood exposure in the Netherlands during the 20th and 21st century", Global Environmental Change, 21 (2), pp. 620-627 (2011).
- http://epaper.wra.gov.tw/Article_Detail.aspx?s=1BC4B6AA25CB4164
- 經濟部水利署利規劃試驗所，「高效能二維淹水模擬應用於整合平台（1/2）」，國家高速網路與計算中心，民國 104 年。
- 經濟部水利署利規劃試驗所，「高效能二維淹水模擬應用於整合平台（2/2）」，國家高速網路與計算中心，民國 105 年。
- 經濟部水利署利規劃試驗所，「二維淹水模式地文資料補充及模式更新研究計畫」，國立臺北科技大學，民國 105 年。
- 新竹科學園區管理局，「主動式無線叢集感測器與平台用於都會防洪協同感知預警」，MG+4C 垂直整合推動專案計畫成果報告，民國 105 年。