

第三代淹水潛勢圖於防災預警之應用

王璿璋 林欣弘 于宜強

國家災害防救科技中心

摘要

台灣因特殊的地理環境與氣候條件，每年均會發生數起豪雨及颱風事件，並造成嚴重的淹水災情。水利署利用水利模型進行降水延時6、12、24小時的模擬，製作第三代淹水潛勢圖，發布10種降雨情境的淹水潛勢範圍，提供給地方做為淹水風險範圍的評估依據。

近年來，短延時強降雨事件頻率增加，需要快速且更精細的研判技術。配合此需求，本研究嘗試利用第三代淹水潛勢圖，開發可應用於短延時降雨的淹水示警技術。先從淹水潛勢圖的兩型分布，定義短延時1、3小時累積雨量的淹水門檻，再使用地理資訊系統(ArcGIS)，進行淹水潛勢圖的鄉鎮區切割及面積計算，綜整出適合1、3、6、12、24小時各鄉鎮區的淹水潛勢圖。透過氣象局自動雨量站的即時資料分析，並自動進行各鄉鎮區所對應雨量站的降雨情境判識，即可篩選出符合現狀的淹水潛勢範圍。此方法已針對2019至2020年高雄市淹水事件進行分析，並利用消防署淹水災點通報資料對此技術示警的淹水範圍進行初步校驗。在2019年7月19日與2020年5月22日高雄市淹水事件中，鄉鎮預警的準確率分別為0.82與0.81。

關鍵字：淹水潛勢圖、短延時降雨

一、前言

台灣地區常受颱風及豪雨侵襲造成淹水災害，淹水示警及災害範圍評估是應變工作重要的一環。在淹水風險範圍的評估上，目前都是使用水利署發布的第三代淹水潛勢圖。民國88年起至90年，本中心首次進行並完成全台22個縣市淹水潛勢圖(第一代)。近年來，由於圖庫資訊化及淹水模擬分析程式快速演進，水利署於民國96年起進行全台淹水潛勢圖更新工作(第二代)。目前已經更新到第三代(民國103至106年)。第三代淹水潛勢地圖共涵蓋10種降雨情境，這10種降雨情境分別以6、12、24小時累積雨量的不同兩型所模擬而得淹水狀況(林等人，2020)。

近年來，短延時強降雨頻率增加，1~3小時的強降雨就能引發嚴重的淹水災情。第三代淹水潛勢圖模擬降雨情境的最小單位為6小時(水利署，2015)，但其模擬使用的兩型資料中，已經包含了逐時的降雨訊息可供更細緻的研判。此外，潛勢圖的製作與發布是以縣市為單位(水規試驗所，2017)，但可以使用圖資系統去閱覽鄉鎮尺度等區域性的資訊，擷取個別的淹水潛勢範圍。因此，本研究應用第三代潛勢圖，針對短延時強降雨及鄉鎮尺度的區域示警，開發快速淹水示警技術。

二、方法

快速淹水示警技術的開發流程分為兩部分(圖1)。第一部分為基礎資料處理，利用第三代淹水潛勢圖的兩型資料，進行分析定義短延時累積雨量的淹水門檻。然後將淹水潛勢圖重新分割，得到鄉鎮尺度的淹水潛勢範圍。

第二部份為資料研判部分，利用即時觀測雨量進行門檻值的篩選，判定最適合該區域的淹水情境，得到各鄉鎮區的淹水範圍，利用地理圖資系統整合成縣市淹水區域。最後將資訊彙整建置於天氣與氣候監測網(NCDR WATCH)的淹水示警系統。

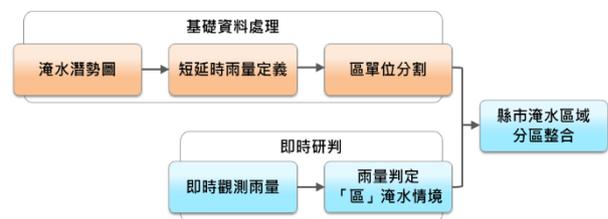


圖1 開發的技術流程分為基礎資料處理及資料研判，分為基礎資料處理及即時研判兩部分。

時間尺度上，第三代淹水潛勢圖模擬最小單位為6小時，但其模擬使用的兩型資料中，已經包含了

逐時1~3小時的降雨情境。故本研究分析淹水潛勢圖的兩型資料，定義出適於於短延降雨的淹水門檻。

淹水潛勢圖模擬降雨使用的兩型為Hornor模型，由圖2可知Hornor模型在模擬降雨型態分布時，會利用統計的方法計算出符合所需重現期的降雨時序，在按照大小順序、右高左低方式依序排列(余濬，2009)。因此從已模擬的降水情境中，取出前三高的時序來定義短延時1、3小時累積降雨的門檻，可符合該雨量站的統計資訊。

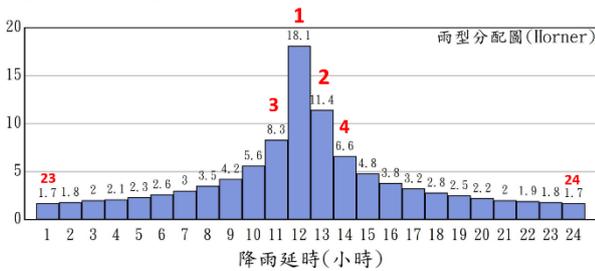


圖2 24小時累積降雨的Hornor模型，雨量統計結果會按照大小順序右高左低方式排列。(雨型圖示引用政府開放平台第三代淹水潛勢圖)

以高雄市為例，定義出的門檻值如表1，原本水利署公開的10種降雨情境的淹水潛勢圖，可分別訂出對應的短延時門檻值，共衍生出20種短延時的降雨情境。

表1 高雄市1、3小時的累積雨量門檻值。(此表引用技術報告NCDR 108-T22)

淹水潛勢圖		1小時	3小時
6小時	150 mm	65	110
	250 mm	85	175
	350 mm	110	240
12小時	200 mm	60	110
	300 mm	80	150
	400 mm	100	200
24小時	200 mm	45	80
	350 mm	80	140
	500 mm	95	195
	650 mm	125	235

空間分布上，第三代淹水潛勢圖是以縣市為最小單位，當縣市中的觀測雨量達到門檻值時，對縣市發布淹水潛勢範圍(10種降雨情境之一)，但防災人員可以使用圖資系統去閱覽更小尺度的資訊，額外取得鄉鎮的淹水潛勢範圍。故本研究直接使用地理資

訊系統(ArcGIS)，將原本潛勢圖重新分割成鄉鎮尺度，如圖3所示，提供細緻的淹水潛勢範圍，以分辨區域性降雨造成的淹水。

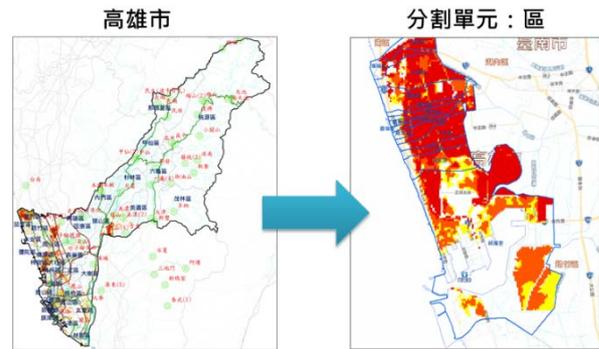


圖3 左方為高雄市第三代淹水潛勢圖。右方是利用ArcGIS分割出鄉鎮尺度的淹水潛勢範圍。

經過以上流程的處理，原本的淹水潛勢圖，可以綜整成1、3、6、12、24小時各鄉鎮區的淹水潛勢圖。接著輸入氣象局自動雨量站的即時資料分析，並自動進行各鄉鎮區所對應雨量站的降雨情境判識，篩選出最符合的淹水潛勢圖。此快速淹水示警技術已經建置於天氣與氣候監測網(NCDR WATCH)的淹水示警系統(圖4)。

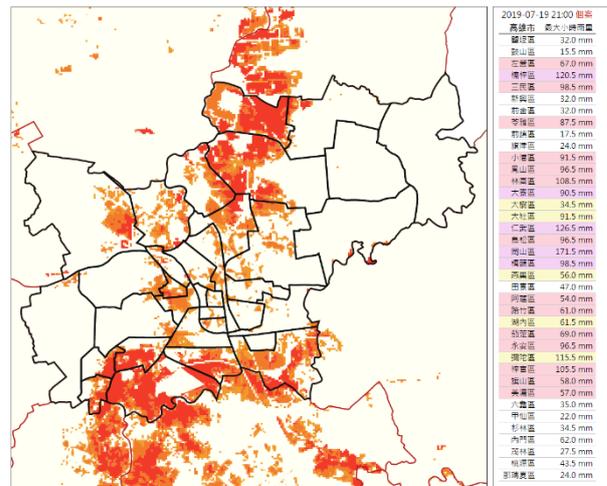


圖4 淹水示警系統，右方為觀測的時雨量，當監測雨量達到警戒門檻值時，標示顏色燈號顯示不同淹水程度，左方為篩選出的淹水潛勢圖，點選可以放大到鄉鎮尺度，方便操作者評估使用。

三、事件分析與災點校驗

2019年7月16日丹娜絲颱風在菲律賓東方海面生成，在通過台灣東部海面時，離台灣陸地尚遠，並未直接影響台灣，但留在呂宋島西方海面的低壓雲系，19日起隨著颱風遠離西南風增強的導引下逐漸北移，午後中尺度對流系統接連的發展，在高雄外海因為山區對流系統的下衝氣流與海上西南風的輻合

作用產生強的線狀對流，當對流系統移入高屏地區帶來非常強烈的暴雨。(廖等人，2019)。觀測資料顯示最大時雨量位於高雄楠梓測站102毫米，日累積降雨最大為高雄大寮測站204毫米。消防署淹水災情通報資料顯示共有279災點，其中高雄的回報數占了9成，共253災點。(圖5)

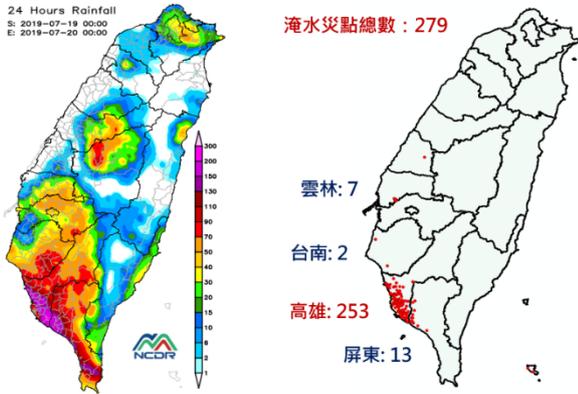


圖5 0719豪雨事件日累積雨量(左)及消防署淹水災點通報資料的災點(右)。

20190719豪雨災點校驗部分，將快速淹水示警技術研判的淹水鄉鎮跟消防署淹水災情通報的鄉鎮進行比對，以鄉鎮區為比較單元分析(圖6)，藍點為淹水災點，紅框黃底標註的行政區為研判的淹水區域。其中假陽性FP(False Positives)表示研判有淹水，但是沒有收到回報災點，共計3個區；假陰性FN(False Negatives)表示研判沒有淹水，但是有回報災點，共計4個區。

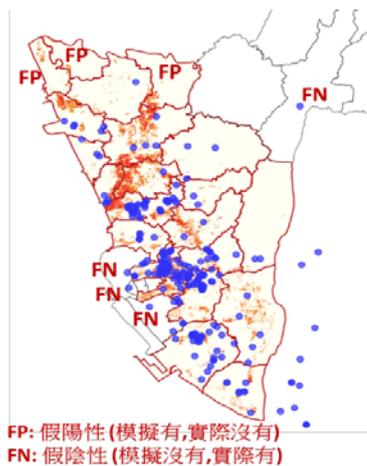


圖6 0719事件模擬淹水範圍(紅色)及通報災點(藍色)。(此圖引用技術報告NCDR 108-T22)

鄉鎮尺度分析數據(表2)，在高雄市的鄉鎮命中率為81%，準確率為82%，預兆得分為0.73。

表2 20190719淹水事件鄉鎮尺度校驗數據

2019/07/19	命中率	準確率	TS
快速示警技術	0.81	0.82	0.73

從災點座標進行分析，比對快速示警技術的淹水範圍跟消防署的淹水災情點位，發現部分災點很接近淹水研判區域。考量淹水潛勢圖的網格解析度及通報資料定位差異，為避免造成命中率的誤判，將回報的災點擴大成50公尺的圓圈(圖7)，當災點圓圈落在技術示警的淹水範圍內時，視為命中災點，結果可以彙集成圖8，在高雄市淹水災點數最多的三民區，命中率為81%，整體平均命中率為54%，與淹水潛勢圖檢定標準60%相近。

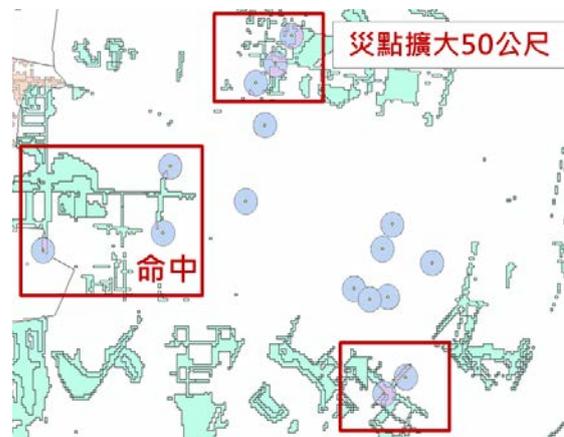


圖7 0719事件的原始災點範圍擴大50m的結果(藍圈)，如果50m的擴大範圍有落在模擬的淹水潛勢範圍會標上紫色。

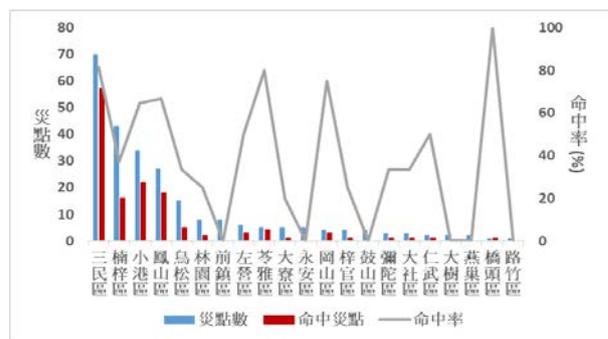


圖8 20190719事件，分區災點資訊。藍線為實際災點數，紅線為落在示警淹水範圍的災點(命中)，灰線為命中率。

2020年5月22日，台灣受到鋒面與西南氣流持續增強的影響，導致南部多處地區降雨顯著，觀測資料顯示最大時雨量位於屏東縣春日鄉大漢山測站的65.5毫米，日累積雨量723.5毫米。淹水災情統計結果如圖9所示，此事件共有295筆淹水通報點位，其中最嚴重的區域為高雄市，共有166個通報點。

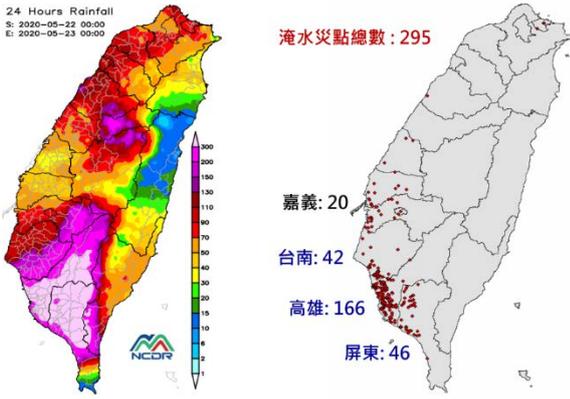


圖9 0522豪雨事件日累積降雨(左)與消防署淹水災點通報資料的災點(右)。

20200522豪雨災點校驗部分，從鄉鎮尺度分析，快速淹水示警技術研判的淹水鄉鎮跟實際通報的鄉鎮進行比對，鄉鎮命中率為91%，準確率為81%，預兆得分為0.77 (表3)。

表3 20200522淹水事件鄉鎮尺度校驗數據

2020/05/22	命中率	準確率	TS
快速示警技術	0.92	0.81	0.77

同樣方法，將原始災點進行50公尺擴大後，進行座標點比對，分析20200522事件(圖10)，在高雄市淹水災點數最多的兩區(左營、岡山)，左營的命中率為61%，岡山區的命中率為96%，高雄市整體平均命中率為78%，符合淹水潛勢圖檢定標準。

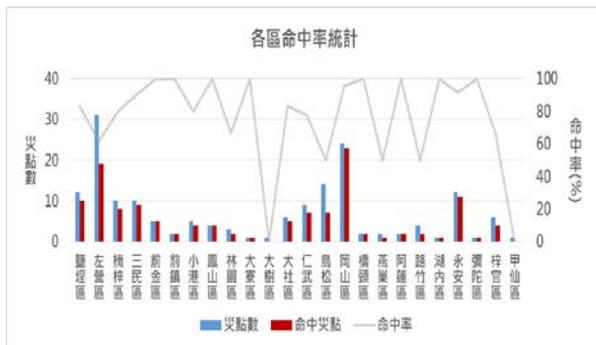


圖10 20200522事件，分區災點資訊。藍線為實際災點數，紅線為落在示警淹水範圍的災點(命中)，灰線為命中率。

四、結論

現行淹水範圍的評估使用的是水利署第三代淹水潛勢圖，該方法透過淹水模型及歷史事件的雨量資料，進行多種降雨情境的模擬。此方法可以快速評估潛在的淹水風險區域，雖然發布降雨情境的最小單位為6小時，但是在淹水模擬使用的兩型資料中，其實已經包含逐時雨量至3小時累積雨量的降雨分布。此外，水利署是以縣市為基本單位去發布淹水潛勢圖，但使用者可以額外利用圖資系統去讀取更小尺度的淹水潛勢資訊。

本研究應用第三代淹水潛勢圖和即時雨量資料開發的快速淹水示警技術。此方法定義出1及3小時累積降雨的淹水門檻值，可以應用在短延時強降雨及淹水區域集中的事件，提供細緻化的淹水潛勢圖資。在2019年7月19日與2020年5月22日高雄市淹水事件中，校驗鄉鎮的命中率分別為0.81與0.92，準確率分別為0.82與0.81。不但符合淹水潛勢圖的檢定標準，且能提供鄉鎮尺度的淹水潛勢範圍，使防災單位能有效評估淹水風險區域。

快速淹水示警技術在高雄這兩事件中，大致能掌握淹水發生的區域。但此技術仍需要更多事件進行檢定校驗，且短延時降雨門檻值的篩選方法也有改進的空間，例如應用大數據及AI方法去分析選取淹水潛勢圖。本研究將持續進行淹水災害事件分析與示警技術的校驗工作，未來能有助於提升台灣在淹水事件的應變能力。

參考文獻

- 林欣弘、王璿璋、陳奕如、王潔如、林冠伶、黃麗蓉、陳淡容、劉嘉騏、廖信豪、吳佳純、林忠義、于宜強，2020：區域短時淹水示警需求與災害監測預警技術開發。國家災害防救科技中心，NCDR 108-T22
- 經濟部水利署，2015。淹水潛勢圖製作手冊。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所，2017。淹水潛勢圖製作及應用
- 余濬，2009：由雨型推估流量方法之差異探討－以河川治理與區域排水整治為例。水利會訊 第12期。
- 廖信豪、黃紹欽、李宗融、于宜強，2019：丹娜絲颱風期間高雄0719豪雨事件。國家災害防救科技中心災害防救電子報，171

Application of the 3rd Edition Potential Inundation Maps in Disaster Prevention

Hsuan-Wei Wang, Hsin-Hung Lin, Yi-Chiang Yu

National Science and Technology Center for Disaster Reduction

Abstract

In Taiwan, we experience several heavy rainfall events such as typhoons or Meiyu that cause severe inundation. For inundation warning, Water Resources Agency (WRA) produces the 3rd edition Potential Inundation Maps based on hydrological model simulations within 6, 12, and 24 hours and announces ten rainfall scenarios. These maps provide useful information to local authorities for the inundation risk assessment.

Due to the increased frequency of short-duration intense rainfall events, the authorities need efficient approaches for inundation early warning. This research attempts to develop the short-duration rainfall inundation early warning technology base on the 3rd edition Potential Inundation Maps and rain gauge data. Due to the short-duration rainfall information included in the rainfall pattern of Potential Inundation Maps, we define the 1 and 3 hours accumulated rainfall threshold from the rainfall intensity-duration pattern. After that, we use real-time gauge data to pick out the possible scenario and the potential inundation area automatically. This method is verified using investigation data collected from Emergency Management Information Cloud (EMIC) in Kaohsiung inundation events in 2019 and 2020. The Accuracy of the township warning are 82% and 81% in the inundation events of Kaohsiung on July 19, 2019 and May 22, 2020.

Keywords: potential inundation map, short-duration intense rainfall