

驟發型淹水風暴之災害衝擊研究

Research on the disaster impact of storm induced flash flood

主管單位：國家災害防救科技中心

江申 葉森海 陳偉柏 魏曉萍 張志新

摘要

台灣受海島型氣候及地形之影響，降雨之時空間分佈不均。除對水資源之開發利用造成困難外，近年來都會區由於城市建設以及人口集中，短時間風暴降雨引致驟發型淹水事件所造成之災害頻傳。本研究之先前研究發現，十分鐘短延時之強降雨與較長延時之六十分鐘之強降雨所標定之空間區位不同，不同氣象因子（颱風、梅雨及午後對流）下之短延時強降雨空間區位亦有所不同。爰此本研究結合過去短延時強降雨之研究成果及歷史災害資料庫，進行短延時降雨與地形之關聯特性分析，並發展短延時強降雨引致驟發型淹水於都會區之空間區位標定方法。研究發現三小時延時之可能致災降雨之氣候因子主要為颱風，其發生次數為梅雨之 11 倍、午後對流之 20 倍；二小時延時之可能致災降雨之氣候因子亦主要為颱風，其發生次數為梅雨之 7 倍、午後對流之 16 倍；相較於三及二小時，一小時延時之可能致災降雨氣候因子雖亦主要為颱風，但數量級相差不大：颱風之發生次數為梅雨之 4 倍、午後對流之 5 倍。研究中以相對地形高程之概念作為區域內水積淹難易程度之衡量指標，並以此指標作為機器學習之模式訓練特徵值之一，建立示範區之驟發型淹水致災之空間區位標定方法。研究最後部分為對象區域內之減災工程方案研擬，透過示範區淹水減災工程方案實施前後之二維淹水模式淹水模擬，可知淹水減災工程方案改善淹水面積及影響人口之情形，此結果可提供相關單位規劃淹水減災工程方案之參考。

關鍵詞：短延時強降雨、減災工程、淹水模擬、機器學習、氣象因子

Abstract

As affected by its sea-island type of climate and complex terrain, the temporal and spatial distribution of precipitation is uneven in Taiwan. Which not only caused issue of water resources allocation and utilization, but also, companion with urbanization and population concentration, the urban flooding disasters induced by sudden rainstorm

became severer and more frequently. Previous studies shown that the spatial location of short-term heavy rainfall with a duration of 10 minutes is not the same as that of a longer duration of 60-minute rainfall. The short-term heavy rainfall spatial location under different meteorological factors (typhoon, plum rain and afternoon convection) are also different. So that, the research result of previous study which related to short-term heavy rainfall and historical disaster database are manipulated in this study to analyze the correlation between short-term heavy rainfall and terrain, and developed a methodology of spatial location for sudden storm induced flood disaster in the metropolitan area. The study shows that typhoon induced disaster rainfall event number is 11 times to plum rain, 20 times to afternoon convective storm for 3 hours of rainfall duration. As for 2 hours of rainfall duration, the number of typhoon induced disaster rainfall event is 7 times to plum rain and 16 times to afternoon convective storm. By comparison to 2 and 3 hours of rainfall duration, 1 hour rainfall, the order of magnitude is smaller than previous two. The number of typhoons induced disaster rainfall event is 4 times of plum rain and 5 times of afternoon convective storm. In the study, the concept of relative topographic elevation was utilized as a measurement of the degree of flooding in the area, and this

index was used as one of the training feature values of the machine learning model to establish a methodology for the locating of the zoning of sudden flooding in the demonstration area. The final part of the study is the development of the disaster reduction project plan in the target area. Through the two-dimensional flood simulation, before and after of the implementation of the flood reduction project plan in the demonstration area, the flood reduction project plan improves the flooded area and affects the population can be acquired. The result of the study could be a reference for flood disaster reduction planning and studying.

Keywords : Short-Time Heavy Rainfall, disaster mitigation, inundation simulation, machine learning, meteorological factor.

一、前言

驟發型淹水之特徵為短時間之強降雨情境下，雖河川未達到警戒水位，但區域排水系統已無法負荷此短時間之降雨量，從而造成此主要發生於都會區之積淹。近年來台灣地區驟發型淹水的事件有增加愈烈之趨勢。此類驟發型淹水之發生和降雨型態以及區域之排水特性有直接關聯，本研究經由分析此類驟發型暴雨致災之水文及地文關聯特性，試圖建立一指標型之水文地文因子，作為機器學習模式之訓練值。本研究最後並以二維淹水模式，進行示範區淹水減災工程方案實施前後之淹水模擬，並比較淹水面積及影響人口。研究結果可應用於預警分析以及減災規劃之用。

二、研究地區與研究方法

本研究專案之先前研究中發現，十分鐘延時之強降雨與較長延時之六十分鐘之強降雨所標定之空間區位不同，甚至不同氣象因子（颱風、梅雨及午後對流）下之短延時強降雨空間區位亦有所不同。因此，本研究整合中心過去於短延時強降雨之研究成果及歷史災害資料庫，進行短延時降雨與地形之關聯特性分析，並建立短延時強降雨引致驟發型淹水於都會區之空間區位標定方法。希冀結果可作為都會區積淹預警及防減災策略規劃之參考。

2.1 雨量、雨型及淹水驗證資料

使用氣象局之2006年1月至2019年1月全台10分鐘雨量資料（原始總資料站數為1171站，去除外島及無法使用資料，有效站數為1118站），經初步資料清洗處理後，進行所有雨量站資料年限內之10分鐘最大雨量於不同地形高程區間，及將台灣本島分為北(343站，包括臺北市、基隆市、臺北縣、桃園縣、新竹縣及宜蘭縣)、中(353站，包括臺中市、苗栗縣、臺中縣、南投縣、彰化縣及雲林縣)、南(240站，包括高雄市、臺南市、嘉義縣、臺南縣、高雄縣、屏東縣)及東(182站，包括臺東縣及花蓮縣)等四個不同地理區間進行分析。

為進行淹水減災工程方案之效果模擬，研究中使用莫拉克及尼莎颱風之降雨以及中心之歷史颱風淹水資料庫之淹水範圍調查資料進行二維淹水模式驗證，圖1為莫拉克及尼莎颱風之10分鐘降雨時序列及淹水範圍（黑色）資料。

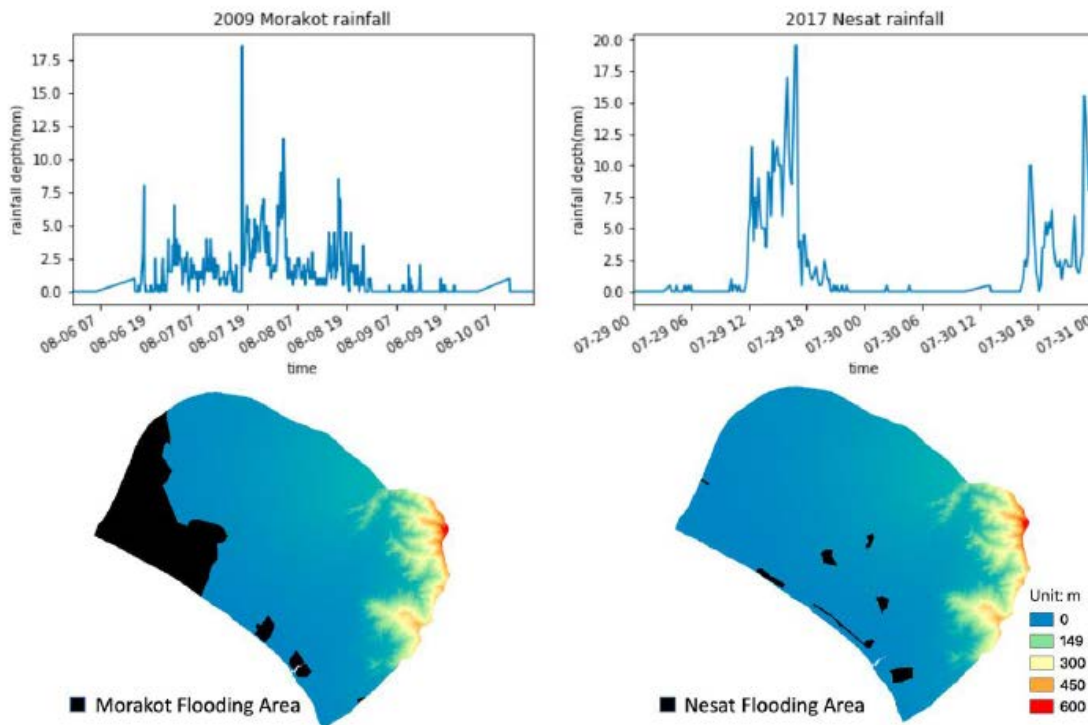


圖1 莫拉克及尼莎颱風之10分鐘降雨時序列及淹水範圍

2.2 示範區數值高程資料及地表利用

從過去淹水災情可知，佳冬鄉及枋寮鄉為屏東縣易淹水區，故本研究以屏東縣佳冬鄉及枋寮鄉為淹水減災示範區。研究中使用之數值地形高程資料，係由內政部提供，其資料型態為ASCII碼，資料內容含各點之UTM國際座標與高程資料，屏東縣佳冬鄉及枋寮鄉數值地形高程如圖2所示。

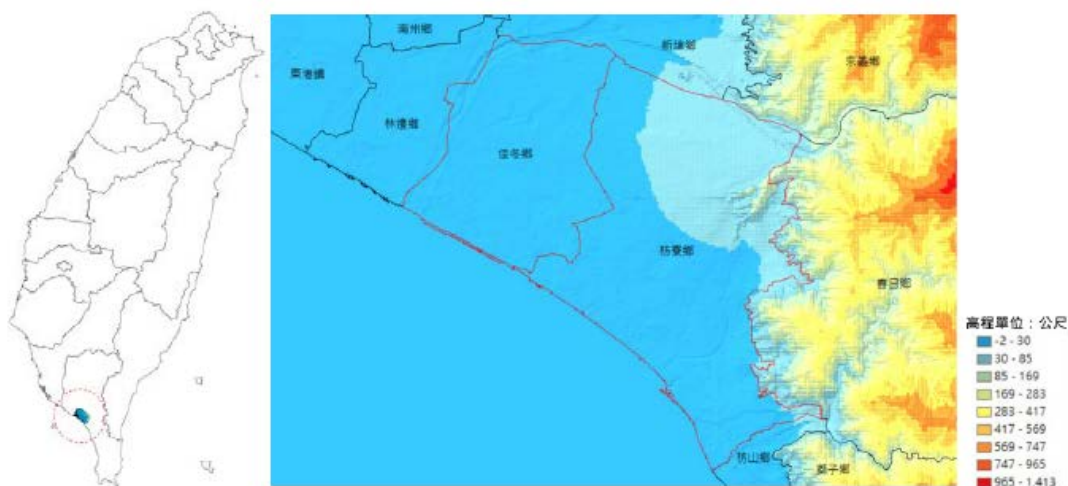


圖2 屏東縣佳冬鄉及枋寮鄉數值地形高程

2.3 相對地表高程指數計算

為了解地形與致災之關係，研究中以相對地表高程之概念進行地文特性分析。相對地表高程之計算方法為：

1. 以數值高程網格內之指定一網格點作為中心網格為，並取N之網格距離構成 $(2N+1) \times (2N+1)$ 之網格矩陣。
2. 計算此 $(2N+1) \times (2N+1)$ 空間矩陣之 i. 平均地盤高程、ii. 地盤回歸平面（一階回歸）或 iii. 地盤回歸曲面（二階回歸），作為相對高程之判斷依據。
3. 計算範圍內所有網格於此 $(2N+1) \times (2N+1)$ 空間矩陣中與 i. 平均地盤高程、ii. 地盤回歸平面（一階回歸）或 iii. 地盤回歸曲面（二階回歸）之相對距離，並由小至大排序。
4. 將此排序無因次化後可得 $0 \sim 1$ 之此點於區域內之高程相對比率值，數字愈小代表在此範圍內此點相對愈不容易排水，數字愈高代表愈不容易有積淹情況之發生。研究中以此作為研判內水氾濫潛勢地區之指標。下圖所示：

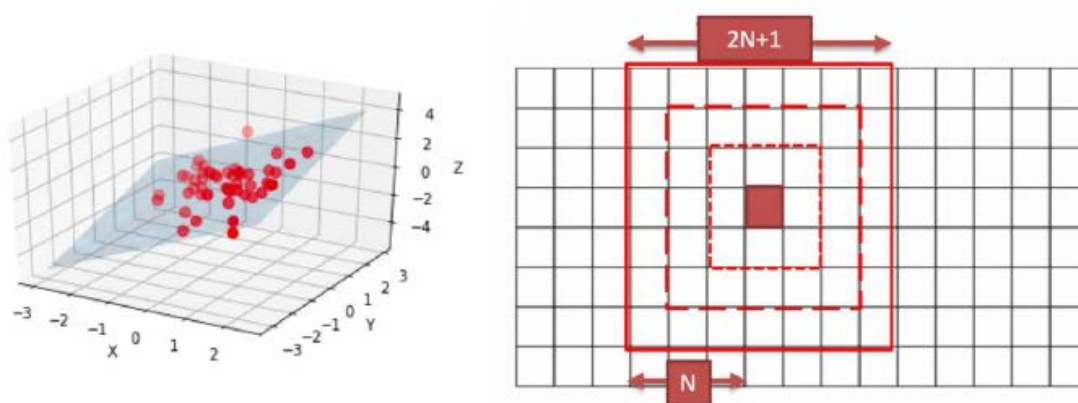


圖 3 相對地表高程擷取方法圖示

三、研究成果

3.1 暴雨致災之水文及地文特性分析

驟發型淹水主要是由於區域排水不及，而於短時間內由強降雨導致之積淹型態，可知此現象與區域內之降雨特性及排水設計基準有相當程度關聯。下圖4為表示台灣本島雨量站十分鐘最大降雨記錄與其高程及地理分區關聯之散佈圖。

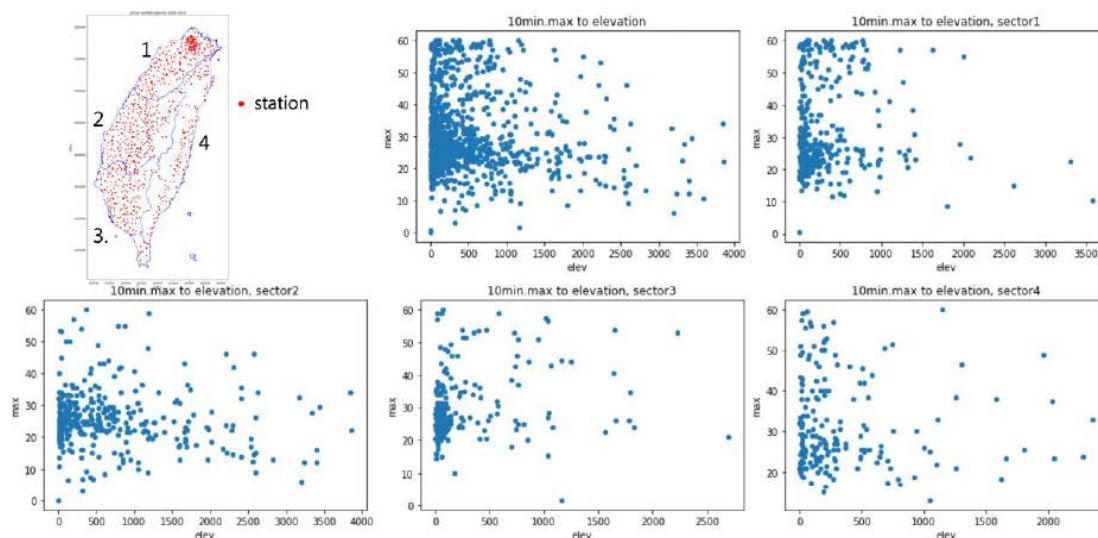


圖 4 台灣本島雨量站十分鐘最大降雨記錄與其高程及地理分區

由圖中可看出並無特定之相關趨勢呈現，由於一般之散佈圖無法看出趨勢，因此研究中試以K-means群聚（Clustering）分析之方式試圖辨認水文特性與高程之可能關聯。群聚分析之目的在於辨認資料之相似特性，並將資料依此特性分為不同群聚（或稱群集），同一群聚之對象具有均一性（homogeneity）之特徵，而不同群聚之對象則具有明顯之異質性（heterogeneity）。K-means 群聚分析之進行概略流程如下：

1. 設定資料空間之群聚數為K
2. 於資料空間中隨機設定K個點作為群聚中心。
3. 計算空間內每一資料點至K個群聚中心之距離
4. 指定各資料屬於其距離最近之群聚中心。
5. 所有資料點分配計算完畢後，每一群聚再次以所分配之資料點計算平均（means）以更新群聚中心。
6. 重複以上距離計算、分配群聚及更新群聚中心之流程直至收斂（每次更新後群聚中心無太大變動）。

圖5為K-means群聚分析之結果，圖中X軸為各雨量站之記錄最大10分鐘雨量，Y軸為各雨量站之高程，圖中群聚數由左至右由上至下為2至10，並以不同顏色表示之，可看出群聚與高程有對應關係。

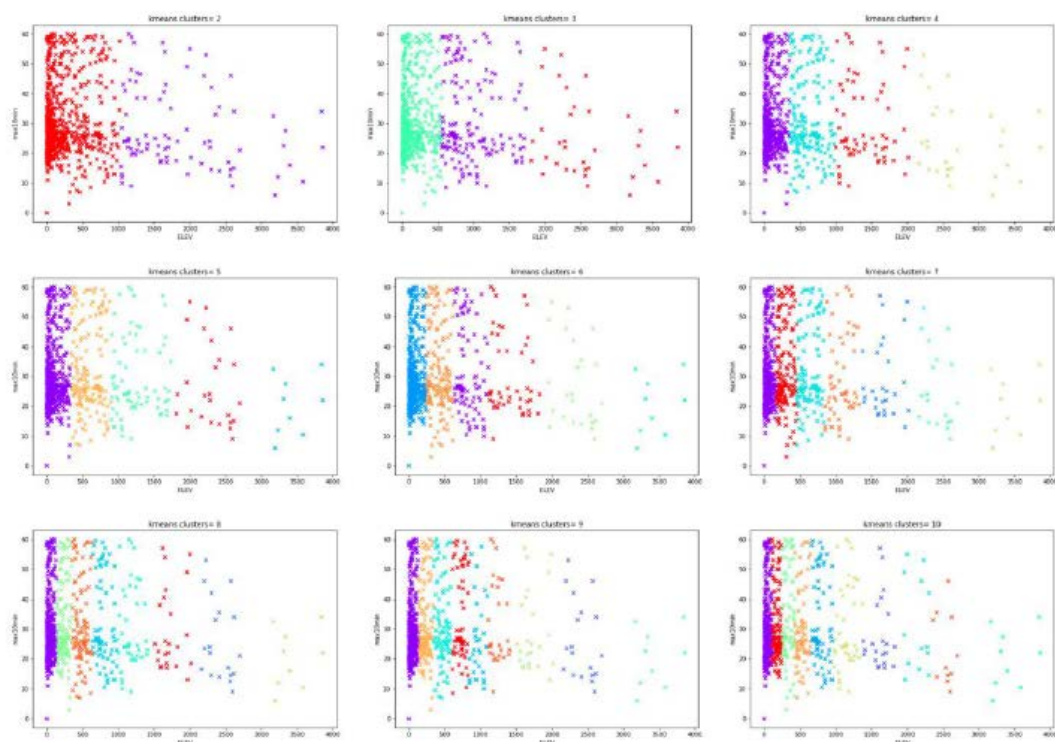


圖5 全台雨量站10分鐘最大雨量與高程之K-means群聚分析

為了解最大雨量之空間分布，下圖6 為各雨量站記錄中最大10分鐘雨量經內插處理後之空間分布圖。由圖中可看出10分鐘最大雨量出現最多之空間區位為中部及北部，其次為南部及東部。而100公尺以下之平原地區較100公尺以上之地區之頻率為高。

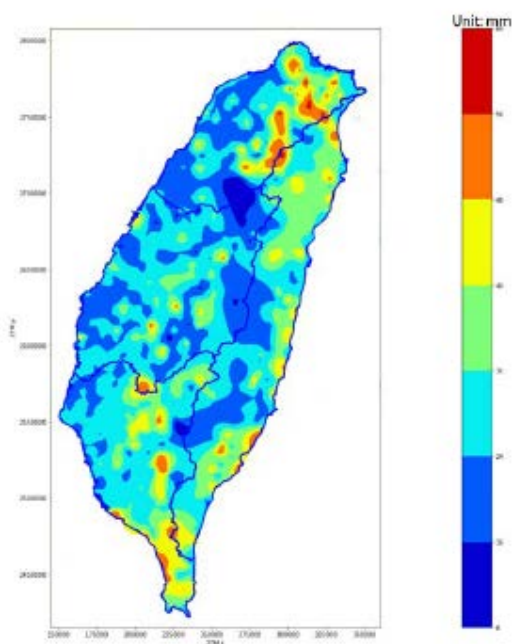


圖6 各雨量站記錄中最大10分鐘雨量經內插處理後之空間分布圖

3.2 致災暴雨門檻值分析

台灣之下水道設計一般使用五年設計頻率，部分地方政府由於財政關係或是地方工程建設之先後考量，會使用三年或是二年之設計頻率。內政部之下水道設計指南中對於造成都市淹水之原因有相當詳細之敘述可參考。圖7為台灣本島雨量站之一、二及三小時降雨量與其延時內最大10分鐘降雨量散佈圖。其中紅色點表示颱風降雨，藍色點表示非颱風降雨。圖內黃色線為台北市下水道設計標準中台北市中正橋測站Horner公式2、10、25、50、100、200年重現期之降雨量，紅色虛線為5年重現期之降雨量。若以此作為致災門檻值之設定，降雨量超過此設計標準代表超出下水道之容受範圍，將有局部內水積淹之可能。X 軸及Y 軸之5 年重現期線可將點散佈空間分為四個象限，其中第一象限表示10 分鐘及一、二及三小時雨量均超過設計規範，第二象限表示10 分鐘雨量未超過設計規範但一、二及三小時雨量超過設計規範，此代表較長延時之雨量超過設計基準後可能致災；第三象限表示10 分鐘雨量及一、二及三小時雨量均未超過設計規範，亦即若無管線阻塞或其他突發事故較不會發生積淹事件；第四象限表示10 分鐘雨量超過設計規範但一、二及三小時雨量未超過設計規範，即有短延時降雨積淹事件發生之可能。圖中除第三象限外均有內水積淹之可能。圖中X 軸為10 分鐘雨量（mm），Y 軸為一、二及三小時雨量（mm）。

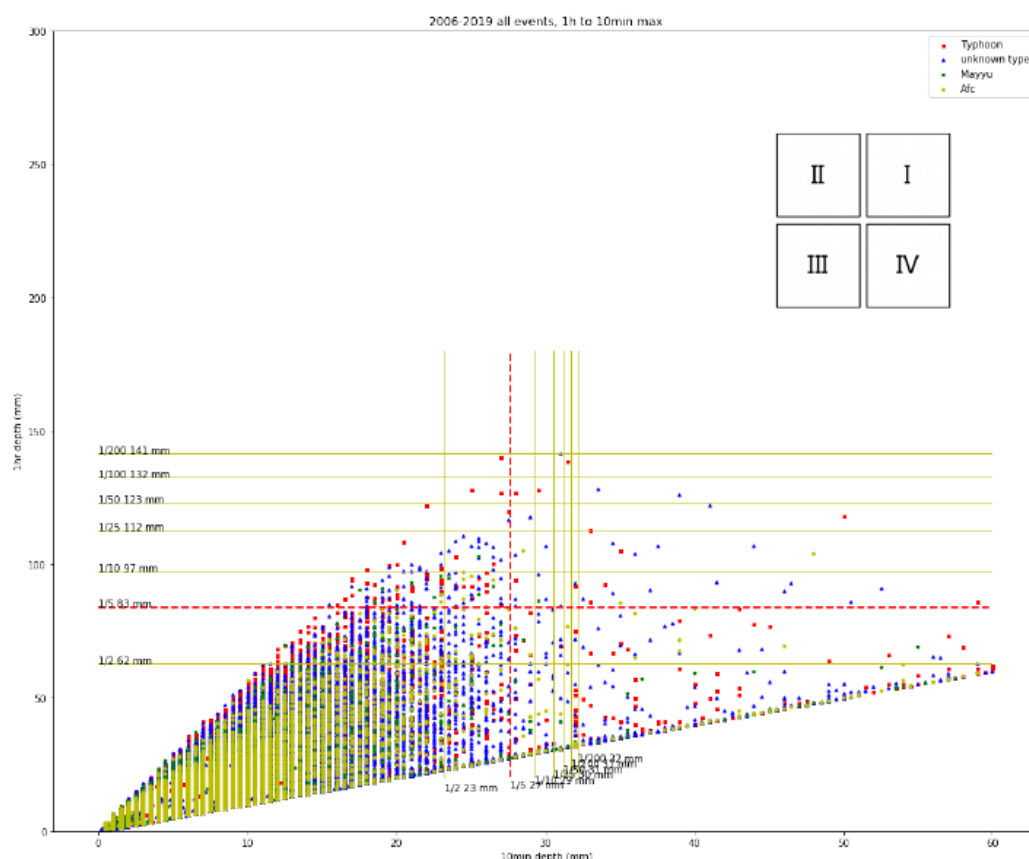


圖7 一小時降雨量與其延時內最大10 分鐘降雨量散佈圖(舉例一小時)

3.3 示範區暴雨與地形高程及致災門檻值分析

為了解地形高程與致災之關係，研究中以相對地表高程指數之計算進行。相對地表高程指數之計算方法為：以特定區域之一點為中心點，並取一定距離作為計算範圍，以此範圍之平均地盤高程作為判斷依據，計算此點之高程相對比率值，以此作為研判內水氾濫潛勢地區之指標。此相對地表高程指數為 0~1 之指數，數字愈小代表愈不容易排水，數字愈高代表愈不容易有積淹情況之發生。在此計算範圍以漫地流之長度作為參數，研究中以內政部之空間解析度 20 米之數值高程資料，假設區域內之漫地流長度為 80 公尺進行計算。圖 8 中由上至下為地面相對高程由數值高程、地盤回歸平面（一階回歸）或地盤回歸曲面（二階回歸）進行判定之結果，圖由左至右為區域面積參數為 102m^2 、 602m^2 、 1202m^2 所擷取之示範區相對地表高程指數。

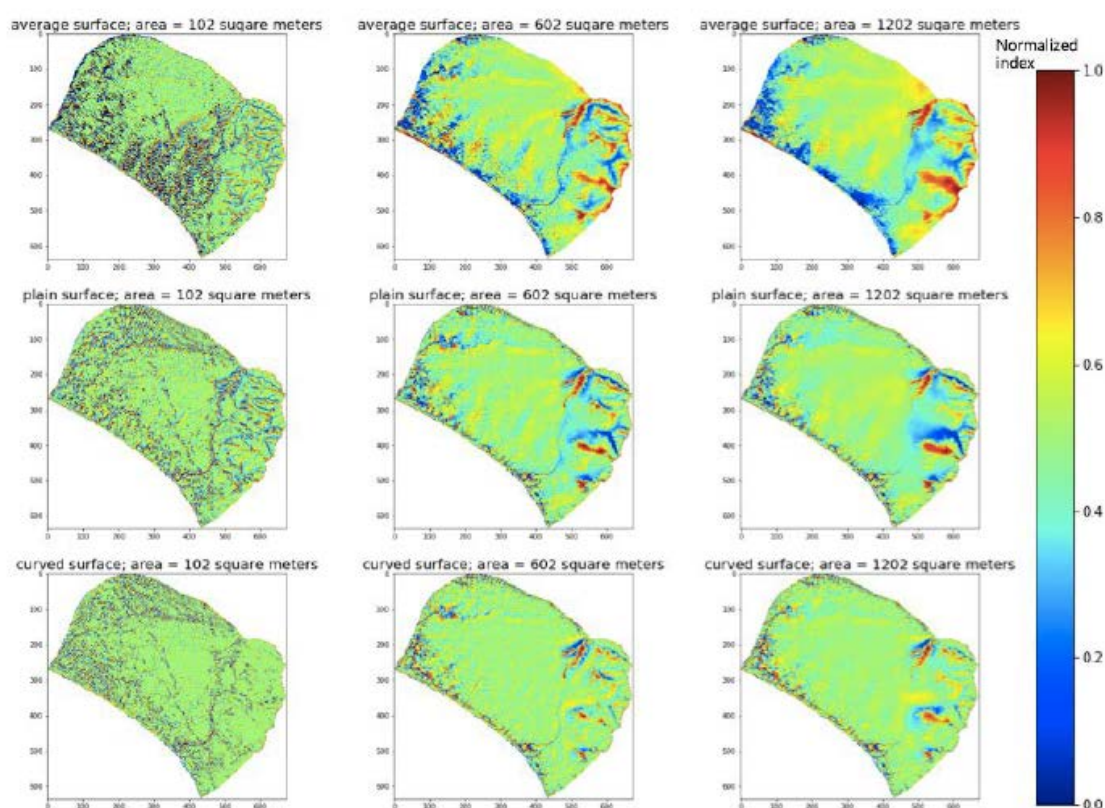


圖 8 不同相對高程判定方式所擷取之相對地表高程指數比較

為了解相對高程指數於致災門檻值之應用性，研究中試以研究區域之相對高程指數作為支持向量機 (SVM) 之模式訓練用特徵。由 Lin and Chen 之研究中可知模式訓練時輸入項之決定對於模式輸出有一定的影響，不同的輸入項將產生不同的模式結果。研究中訓練使用之特徵值 (feature, 或有研究稱為 attribute) 為區域內之高程、地形相對高程指數、地表利用、點位空間位置、颱風淹水範圍以及最大 10 分鐘雨量。由於模式訓練之特徵值選用對於 SVM 模式之建立亦有影響，研究中以不同參數所擷取之地形相對高程指數，配合不同之其他特徵值，試圖建立可以快速反應

示範區內淹水範圍之機器學習模式。使用線性核或 RBF(Radial Basis Function)所需之計算時間不同外，所得之訓練結果也不相同。以下是以不同核函數進行訓練所得之結果比較。圖 9 為使用線性核函數之不同 10 分鐘雨量之預測結果。

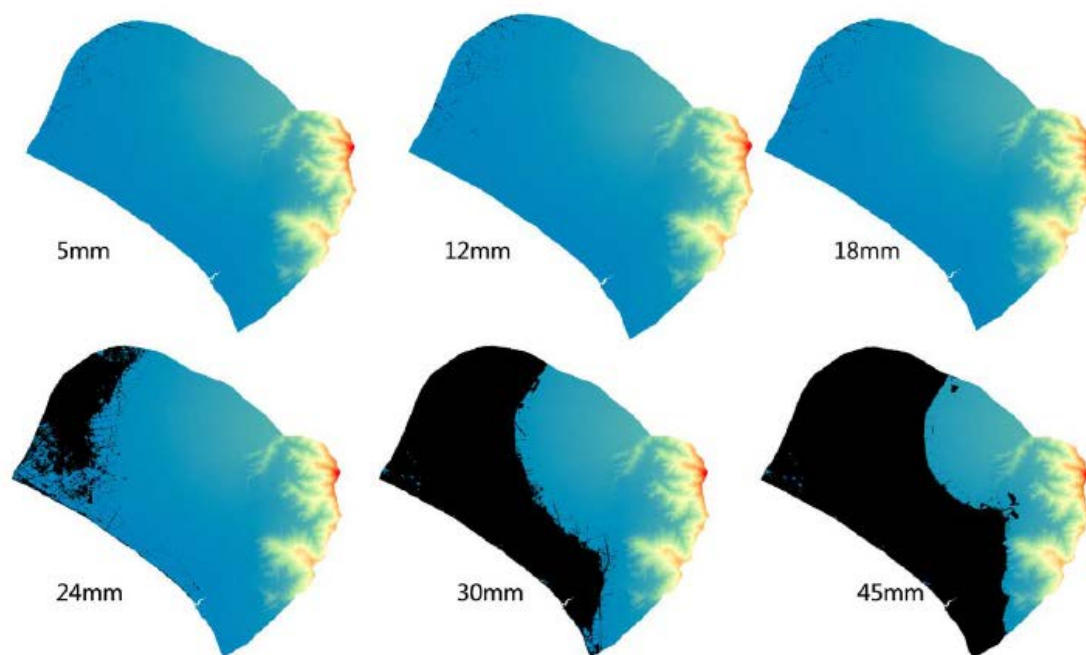


圖 9 使用線性核函數之不同 10 分鐘降雨量之預測結果

四、結論與建議

- 降雨資料精度方面：

研究中使用之十分鐘降雨資料，由於並未經過QA及QC之處理，資料清洗方面除指定單站之降雨特性，可能需要利用K-means群聚分析結果，使用指定單站之降雨特性有相關之其他站資料進行比對，以得到更好的資料清洗結果。
- 降雨資料應用方面：

研究中使用之降雨資料為地面觀測站資料，由圖中可看出地面觀測站(COR380)之單點資料未必能代表研究區域內降雨之空間趨勢，未來若能使用QPESUMS之空間分布降雨資料，將能提高模擬之精度。
- 地形相對高程指數方面：

研究中使用三種方式決定指定點於相對範圍內之相對高程，其中相對範圍對應於漫地流之最長長度，而相對高程則表示重力排水之難易度。相對高程之決定係以指定點與相對範圍內其他點與(1)區域內平均高程、(2) 區域之一維回歸平面以及(3) 區域之二維回歸曲面之垂直距離排序所決定。其中所需決定之主要參數為使用之DEM空間解析度以及相對範圍之大小選定。研究中係使用20 米空間解析度之數值高程資料，選用之相對範圍為1,488,400 平方公尺。由於研究中主要著眼之淹水現象為內水，未來若欲將外水現象亦納入考量，則範圍之選取可能需更大。

參考文獻

1. 屏東縣淹水潛勢資料，防災國家型科技計畫辦公室，民國 89 年
2. 屏東縣淹水潛勢圖第二次更新計畫，經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 103 年
3. 水文設計應用手冊，2001，經濟部水資源局。
4. 雨水下水道設計指南。內政部營建署。中華民國九十九年七月。
5. 2017 尼莎暨海棠颱風災害報告，行政法人國家災害防救科技中心民國 107 年。
6. 黃鵬、譚紅專、周立波、奉水東。支持向量機在洪災區創傷性應激障礙預測中的應用。Chin J. Epidemiol, January 2009, Vol. 30, No. 1。
7. 林旭信、蔡孝忠、甘稟玄、廖英博，結合群聚分析與人工智慧於颱風時雨量預測，台灣水利，第 57 卷第 3 期，民國 98 年。
8. 王志煌、鐘秉宸、林國峰。颱風期間即時淹水地圖預報之研究。農業工程學報第 62 卷第 4 期，2016.12
9. 黃成甲、葉森海、許銘熙、葉克家。二維淹水分散計算系統簡介。災害防救電子報，2013/04，第 093 期
10. Yu, P.S., Chen, S.T., Chang, I.F., "Support vector regression for real-time flood stage forecasting", Journal of Hydrology, Vol. 328, Issues 3-4, pp. 704-716, 2006.
11. Zbyněk Sokola, Vojtěch Bližňák, Areal distribution and precipitation–altitude relationship of heavy short-term precipitation in the Czech Republic in the warm part of the year, Atmospheric Research, Volume 94, Issue 4, December 2009, Pages 652-662
12. Lin, Keng-Pei & Chen, Ming-Syan. (2008). Releasing the SVM Classifier with Privacy-Preservation. 899-904. 10.1109/ICDM.2008.19.
13. V. Vapnik. The Nature of Statistical Learning Theory. Springer-Verlag, New York, NY, 1995.
14. <https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/?fbclid=IwAR0OC88La6d6lLgpC0QjSgYDfUbWz3YEQWwF13b164Tn-6mOAdP4qzcIb0A>

精簡報告格式

1. 檔案格式 word
2. 單欄，最少 8 頁最多 15 頁(含圖表、參考文獻)。
3. 內容需有中英文摘要。
4. 檔名：精簡報告-計畫名稱.doc, 精簡報告-計畫名稱.pdf