

聯合風險分析方法於台灣沿海地區淹水災害之應用

林熾瑛¹ 吳宜昭²
坡地與洪旱組¹ 氣象組²
國家災害防救科技中心

摘 要

本研究使用聯合風險分析方法，探討雨量和沿海潮位對台灣沿海地區淹水風險的影響。傳統淹水風險分析方法，多使用單一因子(例如，雨量)劃分區域淹水的風險等級，然而，使用雨量做為淹水與否的單一評估依據，常有誤判情形。以2001-2015年的在雲林嘉義沿海地區的淹水事件為例，與致災事件同等級的累積降雨事件數，大約是致災事件數的2倍。因此，除了考慮雨量對淹水風險的影響外，同時考量其他因子(例如，沿海潮位)的影響，可提升判別區域是否淹水的準確度。本研究以20場淹水事件為例，透過雨量和沿海潮位觀測資料，說明沿海水位會影響城市排水系統的疏洪能力，影響區域淹水風險高低。當大雨和滿潮同時發生時，區域淹水風險較高；當大雨發生在沿海水位較低時，區域淹水風險較低。雨量和潮位的聯合風險分析結果顯示，法蘭克聯合函數(Frank Copula)可用來詮釋淹水情境受雨量和沿海潮位影響的情形，所對應之聯合參數為-4.83。最後，我們可透過法蘭克聯合函數產生多組虛擬資料，推估相同淹水風險情境下，不同累積雨量和沿海水位高度之組合，協助辨識淹水潛在風險。

關鍵字：聯合函數、淹水風險分析、颱風、雨量、暴潮位

一、前言

台灣地形多為高聳山林，僅約三分之一的土地為河川沖積平原。隨著台灣人口增加，河川沖積平原除了作為耕地使用外，常被開發為都市用地，致使滯洪綠地逐漸變少。因此，當颱風帶來的強降雨降落地表時，都市排水系統的疏洪能力，決定了區域淹水風險的高低。然而，都市排水系統的疏洪能力，除了與渠道的管徑大小有關之外，沿海潮位也會影響排水系統的疏洪能力。當沿海潮位較高時，洪水無法有效透過重力排至外海，導致洪水沿著渠道兩側溢淹至馬路與鄰近住宅區，影響都市居民的生活與運作。

在歷史淹水事件中，颱風納莉(2001)、莫拉克(2009)、凡娜比(2010)和蘇迪勒(2015)帶來的強降雨在路面上形成洪水，加上沿海有暴潮發生，都市排水系統受阻，導致洪水在低窪地區堆積，發生大範圍淹水情形。其中，納莉颱風(2001)侵台期間在淡水河流域的台北雨量站，觀測到854毫米的累積雨量。同時，在沿海地區的淡水潮位站，觀測到高達2.2公尺的水位(比平均大潮水位高出約70公分)。在洪水無處宣洩的情況下，洪水溢淹至地下捷運系統，使台北捷運板南線停擺6個月無法正常運作。

為了解台灣沿海地區淹水特性，本研究分析2001-2016年之颱風侵台期間的觀測雨量、沿海水位

和公民回報之淹水點位，檢視淹水發生的區域是否和雨量與潮位有相關性存在。其中，研究區域選在嘉義和雲林沿海地區，包含北港溪、朴子溪、龍宮溪和八掌溪等感潮河川。

研究所使用之分析方法為聯合風險分析法(Copulas Analysis)，可透過聯合函數，呈現多種致災因子與淹水風險之間的相關。聯合風險分析方法，早期多應用在經濟學領域，用來找出獲利最高或風險最低的投資標的組合；近年已被廣泛應用在天然災害風險分析領域。例如，Lian et al. (2013)、Zheng et al. (2013)、Zellou and Rahali (2019)和Hendry et al. (2019)皆使用聯合分析法計算單一天然災害(例如，淹水)受雙變因(例如，雨量和暴潮位)影響的風險機率。由於，台灣沿海區域的淹水特性也受雨量和潮位影響，因此我們使用聯合分析法，找出聯合函數，並透過此函數推演極端事件之發生機率。

二、觀測

台灣沿海城市之淹水特性，我們以2001-2016年期間的雨量站、潮位站和公民淹水回報點的觀測資料，呈現三者之間的相關。首先，對事件總累積雨量分布(圖1)而言，與淹水發生位置(圖2)相關性較低。例如，圖1中的颱風事件Mindulle(2004)和Sepat(2007)，在屏東的降雨量相近，但是，只有Sepat(2007)造成高屏溪出海口附近地區淹水。另一方

面，雲林和嘉義沿海地區在這兩場颱風事件中，皆有淹水情形發生，但是兩者的降雨分布型態則有明顯差異。接著，我們以雲林和嘉義的北港溪、朴子溪、龍宮溪和八掌溪等感潮河域為研究對象，發現使用累積雨量作為警戒值，猜中淹水的機率僅約達0.34。因此，雨量在沿海地區並非判斷該區域是否淹水的唯一指標。

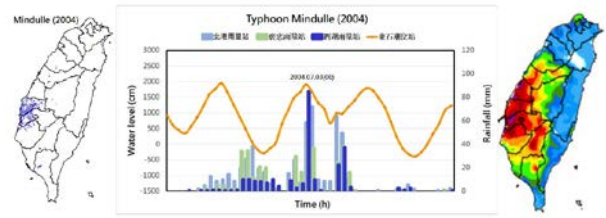


圖3 颱風事件之淹水發生位置

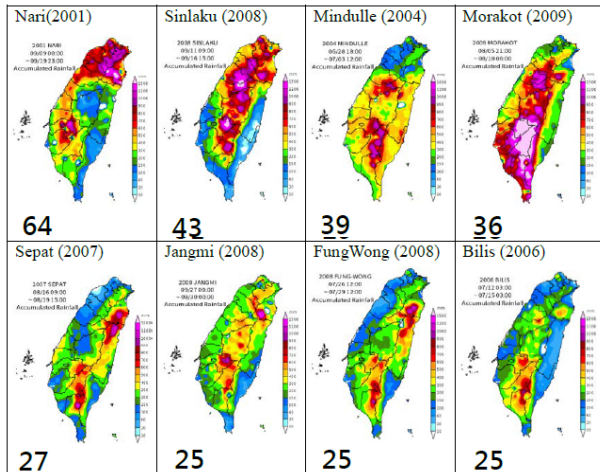


圖1 颱風事件總累積降雨量

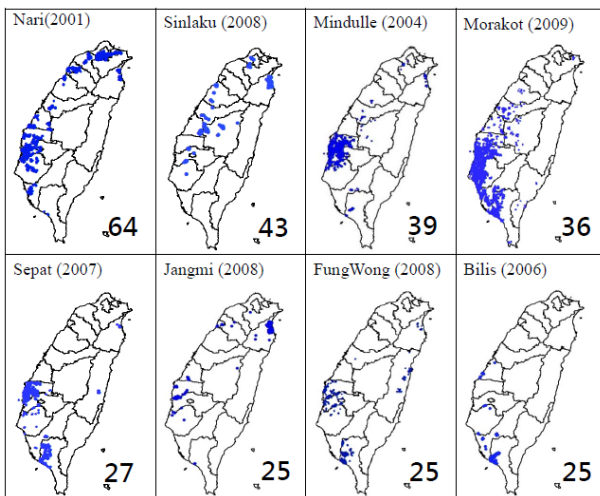


圖2 颱風事件之淹水發生位置

接著為了判別潮位是否是決定區域是否淹水的重要指標之一，我們分析了2001-2016年期間在雲林和嘉義地區所發生的淹水事件中雨量和潮位的關係，發現淹水較為嚴重的事件，通常發生在短時強降雨和大潮同時發生的情境下，如圖3所示。而淹水情況較輕微的情境，通常降雨發生在沿海潮位較低的時候。

三、分析

圖4顯示雲林和嘉義地區，在2001-2016年期間，所有淹水事件的雨量和潮位分布圖。其中橫軸為時雨量，縱軸為時潮位。圖5顯示雨量和潮位的聯合風險分析結果，說明法蘭克聯合函數(Frank Copula)可用來詮釋淹水情境受雨量和沿海潮位影響的情形，所對應之聯合參數為-4.83。

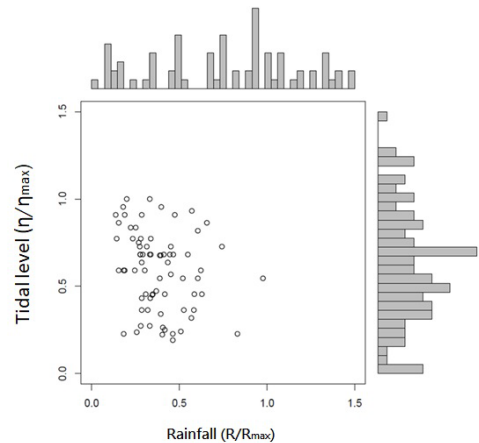


圖4 颱風事件之淹水發生位置

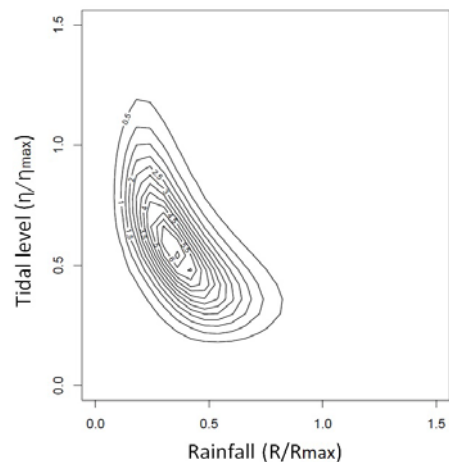


圖5 颱風事件之淹水發生位置

四、結論

本報告完成至少20場歷史颱風淹水事件分析，發現西南沿海地區，地理高度通常小於1公尺，若降雨和滿潮位同時發生，該地區的淹水風險高。聯合風險分析的結果亦顯示，沿海地區的淹水情境同時受雨量和潮位影響，最適相關函數為法蘭克函數，相關參數為-4.83。說明同一淹水發生機率的情況下，可由不同的雨量和潮位相互搭配組合。

由於台灣沿海地區的集水區較小，能作為分析的事件不多，聯合風險分析方法所得到的法蘭克函數，可用來產生其他淹水情境的雨量和潮位的組合，探討極端淹水事件的可能發生機率。未來，可透過蒙地卡羅模擬法補足極端颱風事件所產生的暴潮偏差，同時考慮潮汐和暴潮水位的影響。

五、參考文獻

- Hendry A., Haigh I.D., Nicholls R.J., Winter H., Neal R., Wahi T., Joly-Laugel A., and Darby S.E., 2019: "Assessing the characteristics and drivers of compound flooding events around the UK coast", *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 23, 3117-3139
- Lian J. J., Xu K., and Ma C., 2013: "Joint impact of rainfall and tidal level on flood risk in a coastal city with a complex river network: a case study of Fuzhou City, China", *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 679-689
- Zellou B., and Rahali H., 2019: "Assessment of the joint impact of extreme rainfall and storm surge on the risk of flooding in a coastal area", *Journal of Hydrology*, 569, 647-665
- Zheng F., Westra S., and Sisson S. A., 2013: "Quantifying the dependence between extreme rainfall and storm surge in the coastal zone", *Journal of Hydrology*, 505, 172-187

Using Copulas for risk analysis of flood disaster along coastal area of Taiwan

Mei-Ying Lin¹

Yi-Chao Wu²

Slopeland and Hydrology Division¹,

Meteorology Division²

National Science and Technology Center for Disaster Reduction

Abstract

The impact of rainfall and storm tides on flood risk is analyzed by copulas function based on flood events during 2001-2015 along coastal area of Yu-Lin and Chia-Yi counties of Taiwan. Due to storm tides will influence the capacity of drainage system, the risk of flooding will differ when flood water formed by heavy rainfall meets different tidal levels at coast. According to the flood events during 2001-2015 at coastal area of Yu-Lin and Chia-Yi counties, the catastrophic rainfall events is about 3 times the flooding events. The hit rate of flood forecasting is about 0.33 if rainfall is the only indicator to estimate flood risk. Also, some observations show that most severe flood events occurred at heavy rainfall accompany with high tides, and slight flooding events occurred at catastrophic rainfall accompany with low tides. Therefore, using copulas analysis to describe the dependence between multivariate factors for flooding will help to quantify their impact. With the application of copulas analysis on our study area, we obtained that frank copula is the best fitting copula and the correlative parameter of the frank copulas is about -4.83. After the frank copula is obtained, we are able to retrieve more combination of rainfall and storm tides of potential flood risk.

Key word: Copulas function, flood risk analysis, rainfall, storm tides