

氣候變遷下颱風事件之台灣水稻農損受害程度推估

徐永衡 劉俊志 鄭兆尊 陳永明
國家災害防救科技中心

摘要

本研究探討1960~2009年單一颱風事件災害與水稻受害程度（%）的關係，利用類神經網路（artificial neural network, ANN）以30折交叉驗證法（30-fold cross-validation）建立經驗模式，並將訓練好的ANN模式應用於氣候變遷下颱風事件水稻農損模擬研究。本研究使用TCCIP（Taiwan Climate Change Projection and Information Platform Project）所產製的85場基期（1979-2003）MRI颱風事件與世紀末（2075-2099）情境RCP 8.5的43場颱風事件，進行氣候變遷下未來臺灣世紀末颱風水稻農損事件的評估。根據模擬結果顯示，全臺平均風險改變率皆呈現升高的趨勢，其中以中部地區改變率提高最多達到18.05%，冬季颱風事件所造成的風險也提高達到44.46%，因此，在RCP 8.5氣候變遷的暖化情境下，颱風事件對台灣水稻生產的威脅是明顯增加。

關鍵字：水稻、颱風、氣候變遷、類神經網路、交叉驗證法

一、前言

臺灣東岸毗鄰太平洋，是臺灣颱風事件災害發生的高風險地區，颱風所帶來的強風豪雨，直接或間接影響臺灣一期稻作的開花期、孕穗期、穀粒充實期與成熟期，以及二期稻作整體生育期，給水稻帶來物理上機械性的損害，產生穀粒充實不良、倒伏脫粒、穗上發芽、以及增加病害侵入受傷稻體的機會，如紋枯病、白葉枯病、穗稻熱病等，進而導致嚴重的農業災害損失。

全球在溫室氣體排放所造成氣候變遷暖化的衝擊下，極端氣候的出現頻率也相對增加。在未來氣候長期變遷的研究中，Liu et al. (2009) 指出未來強烈颱風的發生數目與規模將會增加，西北太平洋生成的颱風路徑也發生變化，在2000年開始有往北移的轉換趨勢 (Tu et al., 2009)，根據 Knutson et al. (2010)的研究指出，在2100年暖化的環境將使颱風強度增加2-11%，因此可能增加強烈颱風影響臺灣的個數，此外，暴風半徑100公里內的降雨將會增強20%，造成嚴重農業損失的機率可能會增加。因此，評估氣候變遷下之颱風事件所造成的農損災害程度，是規劃農臺灣未來農業生產氣候適應的重要工作項目。

颱風災害對農業生產而言是單一極端氣候的災害事件，不同於豪雨、乾旱、高溫、寒害的逆境災害，雖然引發作物生理的傷害機制上部分雷同，但仍存在相異之處，兩種災害

類型在未來氣候變遷下，發生頻率與產生程度，在變化上也不盡相同，本研究切入的角度，著重在單一極端氣候災害的影響，探討氣候變遷RCP 8.5情境下，單一颱風事件對於水稻受害程度的探討。

二、研究方法

本研究選用類神經網路（artificial neural network, ANN）進行農損經驗模式的建立，ANN是一種模擬人類大腦學習能力的演算法，具有強大的非線性建模能力，而且沒有傳統統計回歸方法的缺點，並不需要諸多前提假設的限制，如多重共線性（multicollinearity）的問題等，因此 ANN 被廣泛的應用在各個領域當中 (Hagan, 1994 ; Dayhoff, 2001)。本研究利用前授型（feed-forward）的倒傳遞網路（backpropagation networks）(Haykin, 1999)，建立具有單一隱藏層的網路模式，並彙整中央氣象局颱風資料庫與臺灣農業年報（民國 88 年後更名為農業統計年報）的歷史資料，以 1960-2009 年颱風事件縣市農業損失歷史資料，進行颱風災害各縣市水稻被害程度（%）的模式建立，資料樣本數為 1052 筆。本研究模式選擇使用被害程度（%）做為預測標的，為 ANN 模式中輸出層的依變數。使用被害程度，可以避免農損貨幣化的調查資料，因不同時期貨幣價值的變動所造成時間區段間的不均質，及水稻栽培面積因不同年份而發生消長的現象。此外，被害程度在模式推估應用上，可輕易換算成水稻災損面

積以及貨幣化的受災指標，為一種客觀的災害評估指標。

模式中輸入層的自變數考慮6種影響因子：月份、地區別、侵臺路徑分類、近中心最大風速（m/s）、各縣市平均日累積雨量、颱風影響台灣天數。月份因子在模式中為描述水稻不同的生長時期，5、6月份的颱風事件，常見於危害一期作水稻的孕穗期、穀粒充實期、成熟期，而8、9月時期，則常正逢二期作水稻的苗期與分蘖期等營養生長階段，9月份之後的颱風事件則威脅到二期作開花期、孕穗期、穀粒充實期、成熟期。颱風來襲期間，強風是造成水稻機械性傷害的主要原因之一，而風的強度常與颱風強度有關，但由於高品質網格化的觀測風速取得不易，為了模式的易用性，本模式中使用近中心最大風速描述颱風強度。各縣市平均日累積雨量與颱風影響台灣天數因子，則分別描述颱風期間的降雨強度與累積降雨量，地區別與侵臺路徑分類因子，則代表颱風侵臺位置與受害地區的相對空間屬性，首當其衝面對颱風來襲的地區所遭受的衝擊較大，地處中央山脈的東西岸，也會因颱風路徑的不同有著相異的衝擊程度。

本研究使用交叉驗證法（cross-validation），使模式更具廣義化（generalization）的能力，本研究模式建立的流程如下：

1. 資料標準化：將輸入變數進行z分數（z-score）標準化轉換，輸出變數不進行轉換。
2. 神經元數目選取：建立擁有單一隱藏層的ANN模式，共有8個輸入變數及1個輸出變數，隱藏層與輸出層之神經元使用轉換函數logsig函數，其中第1隱藏層包含1至40個神經元數目，利用30摺交叉驗證法將每個包含不同神經元數目的模式重複測試30次，根據模式表現效率決定ANN模式最佳神經元數目。
3. 模式建立：以步驟（2）搜尋到的最佳神經元個數，分別將資料分成70%檢量組（calibration set）與30%驗證組（validation set）用於模式訓練建立ANN模式。
4. 未來颱風事件水稻受害程度模擬：利用步驟（1）到（3）所建立的ANN模式，將TCCIP所產製的85場基期（1979-2003）MRI颱風事件與世紀末（2075-2099）情境RCP 8.5的43場颱風事件，計算全臺各縣市的每場颱風災害事件水稻受害程度，探討氣候變遷下臺灣世紀末颱風農損事件，並以基期與世紀末的改變率（%）作為評估標準：

$$\text{改變率}(\%) = (\text{世紀末平均值}/\text{基期平均值} - 1) \times 100\%$$

三、結果與討論

本研究使用1個隱藏層包含13個神經元的ANN模式架構，根據拔靴樣本建立經驗模式，並利用TCCIP（Taiwan Climate Change Projection and Information Platform Project）所產製的MRI基期與世紀末颱風事件，進行氣候變遷下（RCP 8.5）臺灣世紀末颱風農損事件的評估。根據整體模擬結果，基期縣市平均被害程度為28.82%，世紀末為33.11%，風險改變率上升14.89%（資料未呈現）。以臺灣各分區模擬結果而言（圖1），縣市平均被害程度由大到小排列分別為北、中、東、南區。臺灣中部地區在世紀末遭受颱風事件的改變率較基期提高18.05%，其次是南部地區15.09%，雖然東部地區的改變率為9.09%，但臺灣東部所面臨的颱風威脅仍就比其他區域高，基期的縣市平均被害程度為31.15%，為四大區中最高者，整體而言，在世紀末RCP 8.5情境下，臺灣全區遭受颱風事件的縣市平均被害程度將提高到32%以上，這些結果都與各分區雨量中東部有較高平均值、中部地區改變率最高的趨勢相同（雨量資料未呈現）。

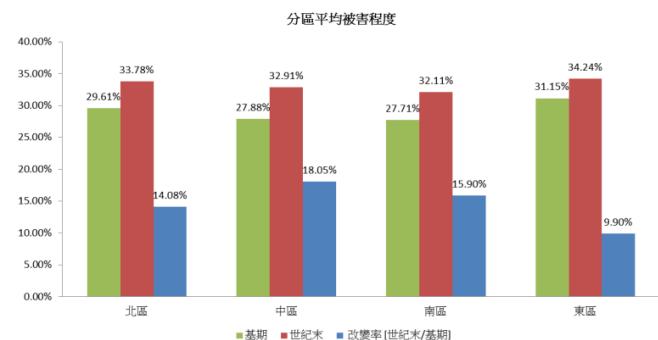


圖1. MRI 動力降尺度颱風事件模擬，農糧署各分署之轄區縣市水稻災害基期與世紀末（RCP 8.5）平均被害程度（%）及改變率。農糧署各分署負責地區為，北區分署：臺北、桃園、新竹、苗栗，中區分署：臺中、彰化、南投、雲林，南區分署：嘉義、臺南、高雄、屏東、東區分署：宜蘭、花蓮、臺東。

夏、秋兩季的颱風對於兩期作的水稻生產影響很大，不同季節颱風事件在世紀末的風險改變率皆為增加的趨勢，其中冬季颱風事件對於風險的提升達到了44.46%（圖2），在氣候變遷的暖化下，冬季颱風事件的增加對於臺灣水稻生產確實是一項需要提防的威脅，特別是二期作延後插秧的栽培管理方式，以及二期水稻補植的田區，皆會增加水稻成熟收穫期時遭遇颱風災害的風險。以另外的角度切入，世紀末的情境下台灣因氣候變遷而溫度升高，此變遷可能造成水稻生育日數縮短而使水稻減產（姚與陳，2009），再者，其他類型極端氣候所導致的農損災害出現頻率也可能會增加，因此，在水稻生產減災調適的研究工作非常值得再進一步探討。

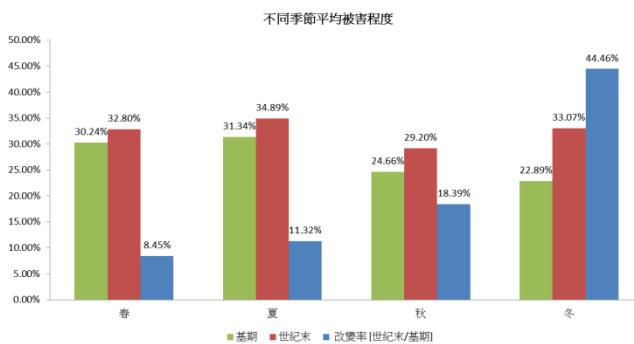


圖2. MRI 動力降尺度颱風事件模擬,不同季節之颱風所造成水稻災害基期與世紀末 (RCP8.5) 縣市平均被害程度(%)、及改變率(%)。

本研究所建立的水稻農損經驗模式，在變數的選擇上，考慮颱風事件發生的空間性與時間性，在水稻生產地區與生長週期交互的關係，也納入颱風對水稻植株物理傷害的影響因子，除了考慮變數解釋層面之外，模式變數的設計特別選用容易取得的資料類型，增加模式的可用性及易用性。此模式除了可應用於氣候變遷的模擬探討外，也能提供農政決策單位在颱風來臨前後，快速推估各縣市水稻災害可能受害比例，針對近未來資料模擬，則可提供現行水稻生產風險調適規劃協助有效及快速的進行農業災害評估。

整體而言，根據模擬結果顯示，世紀末臺灣水稻生產風險改變率為上升的趨勢，並以中部地區及冬季颱風事件改變率提高最多，因此，在氣候變遷RCP 8.5 的暖化情境下，颱風事件對臺灣水稻生產威脅的增加幅度不可小覷。

四、結論

本研究以探討單一事件颱風災害與水稻農損程度的關係，在RCP 8.5 氣候變遷暖化的情境下，颱風事件對臺灣水稻生產的威脅是明顯增加，並以中部地區、冬季颱風事件風險改變率提高最多。除水稻颱風災害事件世紀末的研究，近未來的情境模擬、更精確的雨量網格資料，甚至納入或開發其他網格化的氣象因子，如風速、濕度等，都是水稻颱風災害事件研究可改進的考慮方向。

參考資料

中央氣象局，颱風資料庫，<http://fdc28.cwb.gov.tw/TDB/>。
行政院農業委員會，農業統計年報，

<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。

李欣輯、陳怡臻、郭政君。2013。臺灣颱共災損評估系統之建置與應用。農業工程學報 59: 42-55。

姚詠暉、陳守泓。2009。氣候變遷下水稻生長及產量之衝擊評估。作物、環境與生物資訊 6: 141-156。

Dayhoff, J.E., DeLeo, J.M., 2001, Artificial neural networks: opening the black box. *Cancer Suppl.*, 91:1615-1635.

Hagan, M.T., Demuth, H.B., Beale, M.H., 1996, Neural network design. Thomson Learning, Singapore.

Haykin, S., 1999, Neural networks a comprehensive foundation. PP. 139-165. 2nd ed. Macmillan, US.

Knutson, T.R., McBride, J.L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., Held, I., Kossin, J.P., Srivastava, A.K., Sugi, M. 2010, Tropical cyclones and climate change. *Nat. Geosci.* 3: 157-163.

Liu, S.C., Fu, C., Shiu, C.J., Chen, J.P., Wu, F., 2009, Temperature dependence of global precipitation extremes. *Geophys. Res. Lett.*, 36:17.

Tu, Jien-Yi, Chou, C., Chu, P.S., 2009, The abrupt shift of typhoon activity in the vicinity of Taiwan and its association with western north Pacific - East Asian climate change. *J. Climate*, 22:3617-3628.