

逢甲大學

營建及防災研究中心

實務工作研究論文

颱風時期空間致災風險推論系統於臺中市
災害應變中心防災決策應用研究

Establishment and application of disaster risk assessment method for decision support of disaster prevention and protection in Taichung city during typhoon period

申請人：陳柏蒼 助理教授

李彥德 助理研究員

吳婉甄 助理研究員

中華民國一〇六年八月三十日

摘要

臺灣位處置在平洋亞熱帶區，屬颱風活動頻繁範圍，颱風動態除受臺灣的地形影響外，也受到當下大氣環流分布影響，因此，氣候變化劇烈難以預測，而颱風對轄內可能影響程度及未來災害潛勢可能發生區域，皆為決策者關切之重點。如何有效預測颱風降雨為災前整備之參考，為我國相當重視的防災課題之一。為此，各地方政府在颱風事件可能危害轄區期間，於各縣市開設災害應變中心，以行應變前整備並就可能災情與臨災脆弱度較高的地方，提早布署相關人物力資源；隨事件在時間軸上的展開，各階段的事件變化與可能影響，決策者制定決策時，除既有的氣象局全國性預報資訊外，仍賴於地方災害情資研判團隊提供藉由應變經驗、歷史紀錄與既有的科技，在既有的預報基礎之上所能額外提供的地方災害決策輔助支援系統。本研究以此為出發點，嘗試發展適用於本市的颱風災害決策輔助支援系統，期可為本市災害應變中心提供多元與可信賴的輔助決策資訊，供決策者災中應變與相關決策制定參考之用。為提供臺中市災害應變中心多元的災害應變決策輔助支援資訊，本研究擬採歐氏距離評估法，就重新研議、定義的颱風氣象因子，另建颱風相似性評估各因子空間距離統計方式，藉以尋找歷史相似颱風以及過去致害之位置與特性，作為決策者決策輔助參考資訊之一；此外，本研究亦利用遺傳規劃法，找出歷史颱風氣象因子與降雨量之間的關係函數，建立颱風動態資訊與降雨量相關性函數關係，推估未來 24 小時累積降雨量，做為另一決策輔助參考資訊，必要時，此一資訊亦可結合本研究另行開發的地文性即時淹水模擬模式，提供決策者更進一步的決策輔助參考資訊。

關鍵詞：統計距離、相似性颱風、降雨預報、人工智慧

目錄

摘要	I
目錄	II
表目錄	III
圖目錄	IV
第一章 研究緣起	1
第二章 研究目的	2
第三章 文獻探討	3
3.1 颱風相似性比對	3
3.2 颱風降雨量預測模式	3
3.3 小結	4
第四章 研究架構與研究方法	5
4.1 研究架構	5
4.2 研究方法	6
4.2.1 颱風資料庫建置	6
4.2.2 颱風雨量資料庫建置	9
4.2.3 模式建置	11
第五章 結果與討論	19
5.1 氣象因子未標準化分析	19
5.2 氣象因子標準化分析	22
5.3 氣象因子兩階段分析	22
第六章 結論與建議	31
參考文獻	33

表目錄

表 1	1990 年至 2016 年颱風警報單一覽表	9
表 2	臺中市境內雨量測站資訊表	10
表 3	相似颱風分析結果(氣象因子未標準化)	20
表 4	尼伯特颱風與蓮花颱風氣象因子比較	21
表 5	相似颱風分析結果(氣象因子標準化).....	23
表 6	尼伯特颱風與歷史相似颱風氣象因子比較	24
表 7	第一階段以篩選不同數量颱風之最相似性颱風結果	26
表 8	梅姬颱風與杜鵑及薔密颱風氣象因子比較	26

圖目錄

圖 1	本研究架構	5
圖 2	2016 年梅姬颱風海上陸上颱風警報單	7
圖 3	臺中市境內雨量測站分佈圖	10
圖 4	方位之量化圖(陳昶憲, 2005, 颱風降雨早期推估於土石流防災之應用)	12
圖 5	颱風行進方向圖	12
圖 6	遺傳規劃颱風降雨預測模式示意圖	14
圖 7	遺傳規劃交配法示意圖	15
圖 8	遺傳規劃突變示意圖	16
圖 9	遺遺傳規劃突變示意圖	16
圖 10	遺傳規劃法流程圖(修改自 Koza,1992).....	18
圖 11	2016 年尼伯特颱風行進路線圖	21
圖 12	2009 年蓮花颱風行進路線圖	21
圖 13	2005 年海棠颱風行進路線圖	24
圖 14	2007 年聖帕颱風行進路線圖	25
圖 15	2011 年南瑪都颱風行進路線圖	25
圖 16	2016 年梅姬颱風行進路線圖	27
圖 17	2015 年杜鵑颱風行進路線圖	27
圖 18	2008 年薔密颱風行進路線圖	28
圖 19	臺中市災害應變中心現場照片(2017.07.29 尼莎颱風時期).....	29
圖 20	臺中市尼莎颱風分析研判報告(降雨預測).....	29
圖 21	2017 年尼莎颱風累積雨量圖	30
圖 22	臺中市災害應變中心海棠颱風分析研判報告	30

第一章 研究緣起

臺灣位處西北太平洋熱帶氣旋移動範圍內，依據中央氣象局統計，自1958年至今，於西北太平洋颱風場數計有1,545場，其中侵襲臺灣且發佈警報佔者有281場，平均每年侵臺颱風約4至5個，並以夏、秋兩季為最多。颱風為臺灣本島帶來豐沛的雨量，侵臺期間挾帶豪大雨暴雨及西南氣流影響，使各地大量降雨造成局部低窪地區發生積水或淹水情況，尤其近年在氣候條件造成水環境極大變化下，導致極端降雨事件頻率明顯增加，如2008年莫拉克風災均為臺灣本島帶來創紀錄的雨勢，導致嚴重水患造成近百人死亡與失蹤，農業及漁業帶來莫大的損失山地因豐沛雨量引發多起坡地土石災害；2016年尼伯特、莫蘭蒂及馬勒卡颱風強度前3名皆侵襲著臺灣，尤其尼伯特颱風重創東臺灣，造成嚴重傷亡，對於民生生命及財產安全及經濟發展影響甚鉅。

2012年8月天秤颱風來襲，中南部縣市多行停班停課之舉，唯前臺南市市長賴清德獨排眾議宣布正常上班上課，結果確實風雨不大，被封為「賴神」。隔年2013年8月康芮颱風襲台，臺南市上午降下超大豪雨，造成多數地區嚴重淹水，而前臺南市市長賴清德一早並未宣布停班停課，因此傳出民怨四起之情事；根據行政院人事行政總處「天然災害停止上班及上課作業辦法」，風力需達到一定的強度，或預估未來24小時來累積雨量達規定標準，始能停班停課，當天臺南市風力不強，故以降雨量判定是否放假，當日臺南市到早上6點累積降雨量約40mm，雖氣象局預報提示需嚴防豪大雨，但賴市長做了正常上班上課的決定，然而這次選擇，媒體報導卻為「賴神破功」；2016年9月的莫蘭蒂颱風，媒體更是放大停班課決策失準的事件。綜觀媒體報導，在當前氣象變化未能為科技所盡訴的情況下，如何兼顧體恤人民與保障工商業的正常運作，實為施政者最難的決斷，也因此各地方政府無不想方設法，藉由過去的應變經驗、歷史紀錄與既有的科技，在氣象局的專業報導之外，另設決策輔助支援機制或系統，以期做出適切的決策，同時兼顧民意與經濟兩者。

本研究團隊長期擔任臺中市政府的災害情資研判幕僚，亦期能由長年的應變經驗、歷史紀錄與既有的科技，另行發展一套決策輔助支援系統，根據既有能得到的資訊，研析期間的關聯性後，做出適切的降雨預報，進而啟

動本研究自行發展的地文性淹水即時模擬模式，及早研判可能致災區域，以供決策者研擬適當的災害應變決策。

第二章 研究目的

由於地理條件因素之影響，臺灣常年受到颱風侵襲，根據國家災害防救科技中心(NCDR)統計，去年 2016 年尼伯特造成 3 人死亡，11 億的產物損失，梅姬颱風造成 4 人死亡，高達 29 億的產物損失，顯示出颱風侵襲所造成的重大損害是非常嚴重的。為此，各地方政府在颱風事件可能危害轄區期間，於各縣市開設災害應變中心，以行應變前整備並就可能災情與臨災脆弱度較高的地方，提早布署相關人物力資源；隨事件在時間軸上的展開，各階段的事件變化與可能影響，決策者制定決策時，除既有的氣象局全國性預報資訊外，仍賴於地方災害情資研判團隊提供藉由應變經驗、歷史紀錄與既有的科技，在既有的預報基礎之上所能額外提供的地方災害決策輔助支援系統。本研究以此為出發點，嘗試發展適用於本市的颱風災害決策輔助支援系統，期可為本市災害應變中心提供多元與、可信賴的輔助決策資訊，供決策者災中應變與相關決策制定參考之用。

為能輔助臺中市災害應變中心在災害應變中心開設期間，就可能發生或加劇的災害，提供適切的輔助資訊，本研究擬以過去颱風事件相關紀錄，藉由歷史相似颱風，搜尋過去致災情況，並利用遺傳規劃法，找出歷史颱風氣象因子與降雨量之間的關係函數，建立颱風動態資訊與降雨量相關性函數關係，推估未來 24 小時累積降雨量，供決策者酌參。本研究所擬方法，根據所需資訊，概分為兩個面向，茲將之分述如下：

- 一、利用中央氣象局發布颱風警報單之颱風氣象因子特性，尋找出最相似歷史颱風，提供給決策者資訊，可藉由歷史颱風過去發生災情紀錄，以為災害應變決策參考資料之一。
- 二、發展能描述中央氣象局發布颱風警報單之颱風氣象因子與未來 24 小時降雨量間高度非線性關係之推論模式，藉推估各雨量站於颱風未來 24 小時降雨量，進而求得空間降雨分布並與既有災害與警機制結合，以供防救業務單位預警訊息發布之參考。

第三章 文獻探討

3.1 颱風相似性比對

颱風期間，當中央氣象局發佈海上陸上颱風警報後，為提早做出適切因應，颱風對轄內可能影響程度及未來災害潛勢可能發生區域，皆為決策者關切之重點。因氣候變化劇烈難以預測，降雨位置難以完全掌握，因此災害應變單位會以找出歷史相似颱風事件做為災害應變之參考。目前氣象局亦根據所定義的侵臺颱風九大路徑分類，以經驗透過比對相關紀錄後，在氣象預報當下附帶提出「相似路徑的歷史颱風」供決策參考的資訊來源之一。然颱風動態受當下大氣環流分布影響，仍需依靠人為判斷，而此一判斷方式端賴於操作人員的經驗，難有一具體且客觀的準則。陳昶憲(2005)等人採用 1953 至 2004 年 226 場颱風警報單共計 3,748 筆，建置颱風警報單資料庫，利用颱風警報單中的氣象因子做為颱風之特徵值，當颱風生成後，以中央氣象局最新警報單資訊，透過歐氏距離法(Euclidean distance)比對現況颱風與歷史颱風之氣象因子，進行颱風相似度分析，尋找最相似歷史颱風，本研究以其方法為基礎，而前人研究已有初步良好之相似結果，但其比對之氣象因子僅考慮 4 種參數，分別為颱風位置、行徑方向、行徑速度及月份，其中行徑方向分為 16 方位(東、東北東等)，需經由量化轉換，始能比對其差異，轉換方式由方位東起順時針至方位東北東，量化為 1 至 16 之自然數，而行進方向東與東北東為鄰近方向，數值呈現是 1 與 16，卻有最大之數值差距，但考量少數颱風會往東行徑之案例(如 2009 年芭瑪颱風、2012 年泰利颱風)，為避免結果上之差異，本研究提出將其方位均分為各個角度，接著再以餘弦定理，就各角度做基礎轉換，且前人研究中，氣象因子參數進行歐氏距離累加時，未考慮各氣象因子尺度間，計算分析時對結果之敏感度，為使各氣象因子有相同標準，就各數值進行標準化分析，使之數值對映到某個數值區間，修正尺度不同對分析結果造成影響，並增加 4 種氣象參數因子(颱風強度、颱風中心氣壓、中心最大風速、暴風半徑)，也同時考量各因子間的關聯性，分為時空參數及氣象參數，提升歷史颱風之相似性程度。

3.2 颱風降雨量預測模式

美國史丹福大學教授 Koza 於 1992 年提出遺傳規劃法(Genetic Programming, GP)，能在不提供詳細程式指令下，自發學習解決問題等，使

模式上更能快速及準確預測，如謝明昇(2005)使用 ECHAM4.5 季節性氣候預報資料進行降尺度，其降尺度模式是利用線性回歸法及遺傳規劃法，並以平均絕對誤差作為降尺度方法的依據，結合季節性氣候預報的物理特性做降尺度，以利進行季節性河川流量預報。邱欣姿(2010)將水文分布模式與遺傳規劃法理論結合，建構模擬流域內各次集水區演算模式及河道演算模式，並整合各演算模式使其成為系統模式，進而模擬流域內各次集水區間及整體流域之降雨-逕流概念模式關係。陳永祥等人(2010)利用遺傳規劃法預測水庫入流量，以助於水庫操作與管理。Kashid(2012)印度夏季風降水 (ISMR) 的預測對印度經濟至關重要，由於氣候預測影響關聯性複雜，因此利用遺傳規劃法建立印度季風降雨月與大氣環流模式指數 (ENSO 和 EQUINOO) 之間的複雜關係，演算出印度夏季風對降雨之相關係數。

3.3 小結

為提供臺中市災害應變中心多元的災害應變決策輔助支援資訊，本研究擬採歐氏距離評估法，就重新研議、定義的颱風氣象因子，另建颱風相似性評估各因子空間距離統計方式，藉以尋找歷史相似颱風以及過去致害之位置與特性，作為決策者決策輔助參考資訊之一；此外，本研究亦利用遺傳規劃法，找出歷史颱風氣象因子與降雨量之間的關係函數，建立颱風動態資訊與降雨量相關性函數關係，推估未來 24 小時累積降雨量，做為另一決策輔助參考資訊，必要時，此一資訊亦可結合本研究另行開發的地文性即時淹水模擬模式，提供決策者更進一步的決策輔助參考資訊。

第四章 研究架構與研究方法

4.1 研究架構

本研究架構圖 1 所示，首先蒐集中央氣象局歷史颱風警報資訊，參考過去研究的相關文獻，選取各場颱風之氣象因子與降雨資料，建立颱風警報單資料庫，以為後續模式建置之基礎。接著，以統計距離上資料的相似性，羅列新發布之警報單內容與過去紀錄颱風中最相近者，決策者可依據最相似颱風找出相近颱風下警戒地區受災型態與區位，作為決策者參考的資料來源之一，並同時建置颱風降雨量預測模式，以最新發報之颱風警報單所含資訊，利用人工智慧方法，進行集水區的降雨量推估，作為決策者另一重要參考資訊的來源。當新一場颱風警報單發布後，本研究可提供具相似路徑及氣候特徵之歷史颱風場次與相對致災紀錄，以及預測各雨量測站未來 24 小時累積降雨量，提供防救單位參考之用。

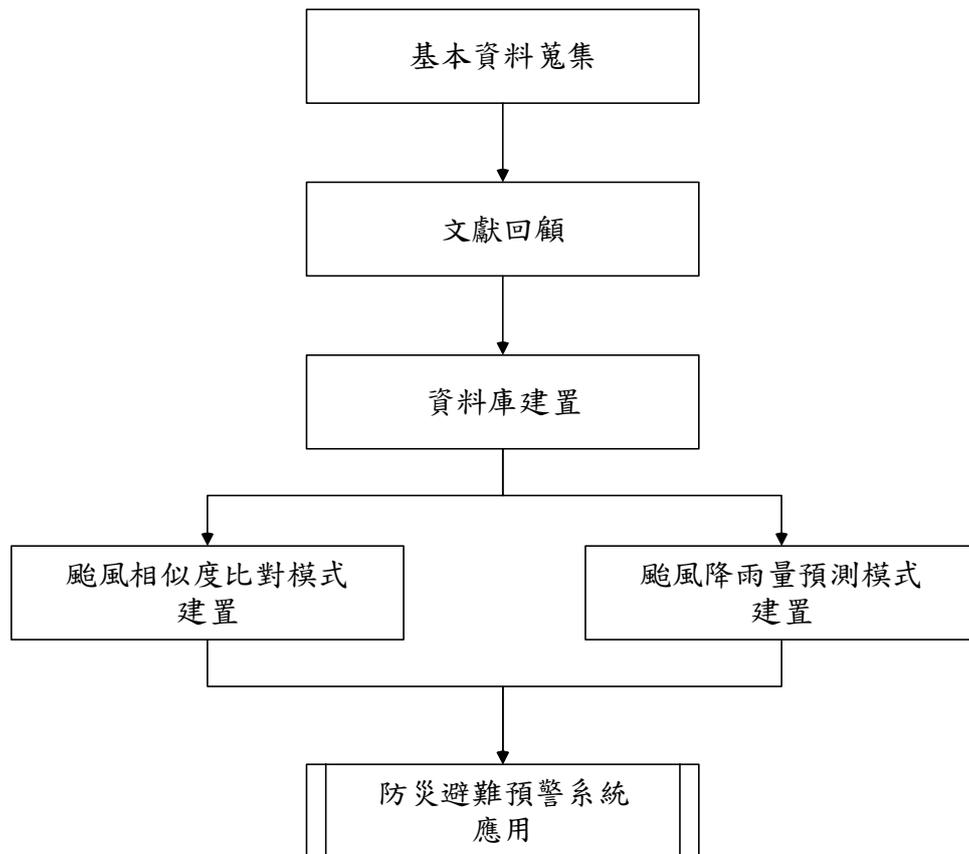


圖 1 本研究架構

4.2 研究方法

4.2.1 颱風資料庫建置

本研究建置颱風警報單資料庫及雨量資料庫，完整蒐集中央氣象局所發布之颱風警報單完整颱風動態資料，依據歷史颱風警報資料庫之氣象因子進行颱風相似度比對，以選取相似路徑與氣象特徵之颱風場次。颱風警報單種類與颱風氣象因子資料說明如下：

一、颱風警報單種類

當颱風形成，往臺灣本島接近時，中央氣象局發佈海上颱風警報、海上陸上颱風警報，其兩種警報單差異說明如下：

(一)海上颱風警報

為中央氣象局預測 24 小時後颱風的七級風暴風範圍可能侵襲臺灣本島或金門、馬祖 100 公里以內之海域，對該海域發佈海上颱風警報，之後每隔 3 小時發佈一次，必要時得追加發佈。

(二)海上陸上颱風警報

為預測 18 小時後颱風的七級風暴風範圍可能侵襲臺灣本島或金門、馬祖陸上之地區，即對該區域發佈海上陸上颱風警報，之後每隔 3 小時發佈一次，必要時得追加發佈，近幾年改為每小時發佈一次，颱風警報單樣式以 2016 梅姬颱風為例如圖 2 所示。

海上陸上颱風警報

中央氣象局 民國 105 年編號第 17 號颱風警報 第 9-1 報 9 月 27 日 0 時 15 分發布

颱風強度及命名：中度颱風，國際命名：MEGI，中文譯名：梅姬。
中心氣壓：950百帕。
中心位置：27日0時的中心位置在北緯 22.1 度，東經 124.7 度，即在花蓮的東南東方約 380 公里之海面上。
暴風半徑：7級風暴風半徑 250 公里，10級風暴風半徑 100 公里。
預測速度及方向：以每小時 21 公里速度，向西北西進行。
近中心最大風速：每秒 43 公尺(約每小時 155 公里)，相當於 14 級風。
瞬間之最大陣風：每秒 53 公尺(約每小時 191 公里)，相當於 16 級風。
預測位置：27日23時的中心位置在北緯 23.8 度，東經 120.3 度，即在花蓮的西方約 130 公里之處。
颱風動態：根據最新氣象資料顯示，第 17 號颱風中心目前在花蓮東南東方海面，向西北西移動，其暴風圈正逐漸進入臺灣東半部近海，朝臺灣東半部陸地接近，對臺灣各地及澎湖群島構成威脅。
警戒區域及事項：陸上：臺灣各地區(含蘭嶼、綠島)及澎湖應嚴加戒備，並防強風暴雨。 海上：臺灣附近各海面及巴士海峽、東沙島海面航行及作業船隻應嚴加戒備。 * 臺灣各沿海地區(含蘭嶼、綠島)及澎湖、金門、馬祖有較強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。適逢大潮期間，沿海低窪地區應防淹水及海水倒灌。 * 颱風影響，室外懸掛物、招牌、圍籬及屋架等應加強固牢，陽臺之盆景等應妥善放置，排水溝渠應加強清理。
* 暴雨特報：颱風及其外圍環流影響，今(27)日宜蘭山區及花蓮山區有局部大暴雨或超大暴雨；臺東、屏東、新北、桃園、新竹、苗栗、臺中、南投、高雄山區及宜蘭、花蓮平地有局部暴雨或大暴雨；臺北山區、嘉義山區、新北平地、臺東平地及蘭嶼、綠島有局部大雨或暴雨發生的機率；基隆、臺北平地、新竹以南至屏東平地及澎湖亦有局部大雨發生的機率，請注意坍方、落石、土石流，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。 超大暴雨：宜蘭縣、花蓮縣。 大暴雨：臺東縣、屏東縣、新北市、桃園市、新竹縣、苗栗縣、臺中市、南投縣、高雄市。
* 自 9 月 26 日 0 時至 27 日 0 時較大雨區如下：蘭嶼 13 級，綠島 10 級。
下次警報預定發布時間：9 月 27 日 2 時 30 分。

圖 2 2016 年梅姬颱風海上陸上颱風警報單

二、颱風氣象因子資料

本研究考量 1989 年後才有颱風中心氣壓(hPa)之氣象參數，為此採用年份為 1990 年至 2016 年，有海上颱風警報單與海上陸上警報單之颱風，共有 100 場歷史颱風(如表 1)，而警報單共計 3,884 筆，建立颱風氣象因子資料庫。資料庫包含颱風經緯度(位置)、颱風形成月份、中心最大風速、行進方向、行進速度、七級暴風半徑及颱風中心氣壓強度等資料，各颱風氣象因子敘述如下：

(一)颱風中心位置

颱風中心位置(經度、緯度)，颱風中心位置隱含颱風距臺中之遠近距離及颱風路徑的資訊。

(二)颱風形成月份

對於臺灣有較大影響的颱風多發生於夏秋兩季，分佈於 6~11 月，出現次數最為頻繁的月份為 8 月，其次是 7、9 月。5、6、7 月的颱風易發生西南氣流輻合效應，8、9、10、11 月的颱風易發生東北季

風共伴效應。

(三) 颱風中心氣壓(hPa)

颱風強度通常以颱風中心氣壓來判斷，中心氣壓越低，颱風的威力就越大，所夾帶的水汽量可能越多，而颱風中心氣壓愈低，在颱風範圍內氣壓梯度愈大，所以風力自然也愈猛烈。

(四) 颱風行進方向

中央氣象局預測颱風未來行進方向可分為 16 種行進方位，當颱風朝向臺灣的方向前進時，受到颱風威脅的程度較大。

(五) 颱風行進速度(km/hr)

行進速度影響颱風在臺灣地區停留的時間，進而影響降雨延續的時間。

(六) 七級暴風半徑

颱風眼牆的邊緣是颱風風力最強的地方，然後愈向外風愈小，從颱風中心向外一直到七級風風速下限(平均風速每秒 14 公尺)，這距離稱為暴風半徑，在這暴風半徑以內的區域，即為暴風範圍。

(七) 颱風強度

颱風強度是以暴風中心附近最大平均風速為基準，劃分為 3 種強度，風速每秒 17.2 至 32.6 公尺為「輕度颱風」，風速每秒 32.7 至 50.9 公尺為「中度颱風」，風速每秒 51.0 公尺以上為「強度颱風」。

(八) 中心最大風速(m/s)

中心最大風速就是指颱風中心附近地帶的風速在一定時間之內所測得的平均風速。臺灣中央氣象局、香港天文臺與日本氣象廳採「十分鐘平均風速」。

表 1 1990 年至 2016 年颱風警報單一覽表

年份	颱風命名
1990	瑪麗安 MARIAM、歐菲利 OFFLIA、波西 PERCY、楊希 YANCY、亞伯 ABE、黛特 DOT
1991	艾美 AMY、愛麗 ELLIE、奈特 NAT、露絲 RUTH
1992	芭比 BOBBIE、寶莉 POLLY、歐馬 OMAR、泰德 TED
1994	提姆 TIM、凱特琳 CAITLIN、道格 DOUG、弗雷特 FRED、葛拉絲 GLADYS、席斯 SETH
1995	荻安娜 DEANNA、蓋瑞 GARY、肯特 KENT、賴恩 RYAN
1996	凱姆 CAM、葛樂禮 GLORIA、賀伯 HERB
1997	溫妮 WINNIE、安珀 AMBER、卡絲 CASS
1998	奧托 OTTO、楊妮 YANNI、瑞伯 ZEB、芭比絲 BABS
1999	瑪姬 MAGGIE、丹恩 DAN
2000	啟德 KAITAK、碧莉斯 BILIS、巴比倫 BPRAPIROON、寶發 POPHA、象神 XANGSANE
2001	西馬隆 CIMARON、奇比 CHEBI、潭美 TRAMI、桃芝 TORAJI、納莉 NARI、利奇馬 LEKIMA、 海燕 HAIYAN
2002	娜克莉 NARKRI、辛樂克 SINLAKU
2003	莫拉克 MORAKOT、梵高 VAMCO、杜鵑 DUJAN
2004	敏督利 MINDULLE、蘭寧 RANANIM、艾利 AERE、海馬 HAIMA、納坦 NOCK-TEN、南瑪都 NANMADOL
2005	海棠 HAITANG、馬莎 MATSA、珊瑚 SANVU、泰利 TALIM、卡努 KHANUN、龍王 LONGWANG
2006	珍珠 CHANCHU、碧利斯 BILIS、凱米 KAEMI、寶發 BOPHA
2007	帕布 PABUK、聖帕 SEPAT、韋帕 WIPHA、柯羅莎 KROSA
2008	卡玫基 KALMAEGI、鳳凰 FUNG WONG、辛樂克 SINLAKU、薔蜜 JANGMI
2009	蓮花 LINFA、莫拉克 MORAKOT、芭瑪 PARMA
2010	萊羅克 LIONROCK、南修 NAMTHEUN、莫蘭蒂 MERANTI、凡那比 FANAPI
2011	南瑪都 NANMADOL
2012	泰利 TALIM、蘇拉 SAOLA、天秤 TEMBIN
2013	蘇力 SOULIK、潭美 TRAMI、康芮 KONG-REY、天兔 USAGI、菲特 FITOW
2014	麥德姆 MATMO、鳳凰 FUNG-WONG
2015	蘇迪勒 SOUDELOR、杜鵑 DUJUAN
2016	尼伯特 NEPARTAK、莫蘭蒂 MERANTI、梅姬 MEGI

4.2.2 颱風雨量資料庫建置

本研究以臺中市為研究標的，因此颱風資料選以中央氣象局對臺中市發佈海上陸上颱風警報者；雨量資料則採用中央氣象局於臺中市設置的自動雨量測站，資料蒐集以 1990 年至 2016 年逐時雨量觀測資料為標的，經篩選缺少雨量資料及已經淘汰等測站後，共計採用 20 個雨量站。本研究採用之雨量站資訊如表 2 所示，雨量站分布位置如圖 3 所示。

4.2.3 模式建置

為提供臺中市災害應變中心多元的災害應變決策輔助支援資訊，本研究另建颱風相似性評估各因子空間距離統計方式，藉以尋找歷史相似颱風以及過去致害之位置與特性，作為決策者決策輔助參考資訊之一；此外，本研究亦利用遺傳規劃法，找出歷史颱風氣象因子與降雨量之間的關係函數，建立颱風動態資訊與降雨量相關性函數關係，推估未來 24 小時累積降雨量，做為另一決策輔助參考資訊，茲將兩者操作方法分述於下

一、相似性颱風比對模式方法

中央氣象局發布颱風警報後，依據實際觀測之氣象因子與歷史颱風警報資料庫進行颱風相似度比對，以選取相似路徑與氣象特徵之颱風場次。颱風相似度比對係假設過去颱風可能重現情況，由歷史颱風警報單觀測之氣象因子，包含颱風中心位置、颱風中心氣壓、颱風中心行進速度、颱風中心最大風速、颱風形成月份、七級暴風半徑、颱風行徑方向與颱風強度等資料進行相似度比對，其中屬於名目尺度具有颱風強度(強烈、中度、輕度颱風)、颱風行進方向(東、東北東等 16 個方位)，前者採用自然數量化，後者採用角度餘弦量化。相似性度量分析採各類統計距離為之，係利用颱風警報單每報的氣象因子與歷史颱風警報單所有場次氣象因子進行比對，尋找與現況颱風相似的歷史颱風場次。說明如下：

(一) 颱風強度

強度資料分為強度資料分為輕度、中度及強烈三種資料格式，則將輕度颱風量化為 1、中度颱風量化為 2 及強烈颱風量化為 3 之自然數。

(二) 行進方向

行進方向依據中央氣象局預測颱風未來行進方向，可分為 16 種行進方位，由過去研究中提到將 16 種行進方向，考量颱風生成位置於臺灣東邊為多數，故由方位東起順時針至方位東北東，量化為 1 至 16 之自然數(如圖 4)，而行進方向東與東北東為鄰近方向，數值呈現

是 1 與 16，卻有最大之數值差距，但考量少數颱風會往東方行徑之案例(如 2009 年芭瑪颱風、2012 年泰利颱風)，為避免結果上之差異，本研究提出將其方位均分為各個角度(如圖 5)，接著再以餘弦定理，就各角度做基礎轉換，使方向最大數值差異介於 0~1 之間，方向越接近，其數值差距越接近 0，而角度起始位置以現況颱風行進方向為 0° 起點，當現況颱風行進方向改變，將重新定義 0° 位置，再以量化處理。處理量化公式如下：

$$(1 - \cos \theta) / 2 \quad (1)$$

θ ：各方位之角度

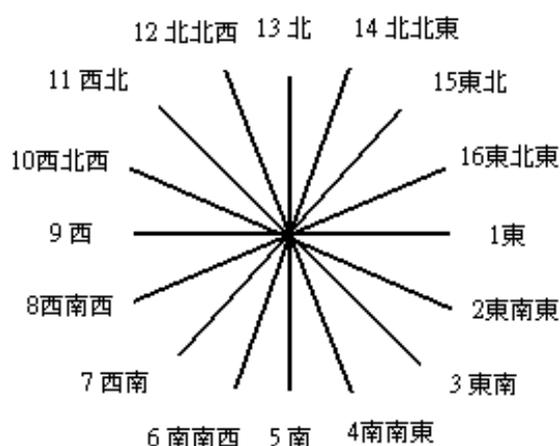


圖 4 方位之量化圖(陳祖憲，2005，颱風降雨早期推估於土石流防災之應用)

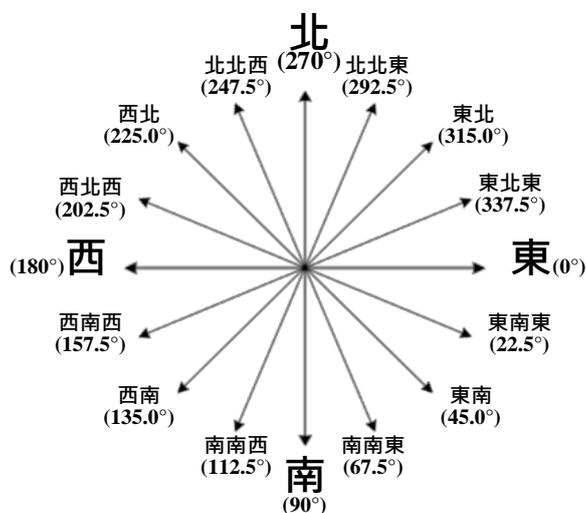


圖 5 颱風行進方向圖

(三)統計距離

本研究颱風相似度，係利用現況颱風逐時每報的氣象因子與歷史颱風所有場次氣象因子，採統計距離上資料的相似性，尋找歷史發生之相似颱風。本研究採歐氏距離公式尋找與現況颱風相似的歷史颱風場次，計算兩者間距離之大小。比對氣象因子之颱風資料庫係以1990年至2015年97場颱風3701筆颱風警報單，作為模式檢定資料；2016年3場颱風183筆颱風警報單，作為驗證資料。

歐氏距離(euclidean distance)常用於估算不同樣本間的相似性度量(similarity measurement)，將現況颱風之氣象因子與各歷史颱風之氣象因子，兩者氣象因子量化數值之差距(即直線距離)相加，當距離越小，表示與其歷史颱風越相似。歐氏距離公式如下所示：

$$D_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_j - x_{ij})^2}, (j=1,2,\dots,n) \quad (2)$$

n：氣象因子個數

D_j ：目前發生颱風與歷史第i個歷史颱風警報單之歐氏距離

X_j ：目前發生颱風第j個氣象因子

X_{ij} ：歷史第i個歷史颱風警報單第j個氣象因子

因各氣象因子之測量尺度不同，各數值變化對結果的影響敏感度不同，為使各氣象因子有相同標準，就各數值進行標準化分析，使之數值對映到某個數值區間，對分析結果造成影響。標準化公式如下所示：

$$x^* = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (3)$$

x：標準化前的值

μ ：分量的平均值

σ ：分量的標準差

x^* ：標準化後的值

二、颱風降雨量預測模式

以歷史颱風警報單資料庫為基礎，將歷史颱風動態資料與累積降雨量，應用人工智慧方法建置合宜之各雨量測站颱風降雨推論模式，本研究基於過去的研究經驗，將以遺傳規劃法(Genetic Programming, GP)為主要推論模式，其概念為沿襲遺傳演算法而來，同樣具有染色體、適合度函數、複製、交配及突變等運作機制；而遺傳規劃法係以語法樹取代基因樣式。經由演化過程的物競天擇，搜尋出輸入因子與輸出項間之最佳函數式。本研究建置之遺傳規劃颱風降雨量預測模式，係利用遺傳規劃法分別建立歷史颱風警報單之氣象因子與各雨量測站未來 24 小時累積降雨量間函數關係式，模式示意圖如圖 6。

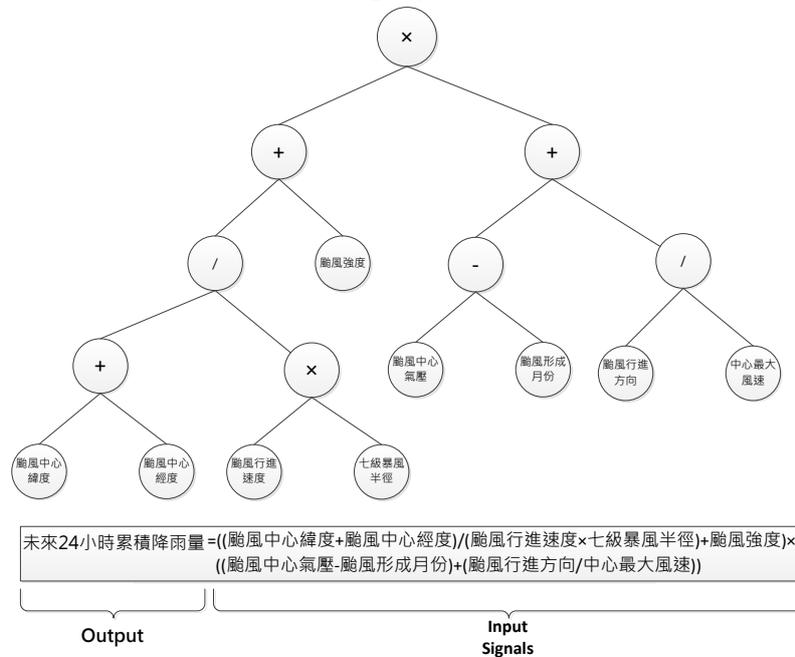


圖 6 遺傳規劃颱風降雨預測模式示意圖

(一)遺傳規劃法之基本結構

遺傳規劃的基本組成結構包括：

1. 終端集合(terminal set)：是由輸入遺傳規劃程式中的值所組成之集合，可為常數或是變數，由於處於樹狀結構枝幹終端之葉片部分，因此被稱為終端集合，如圖 7 中 S_1 之 2、4、5 部分。

2. 函數集合(function set)：函數集合可為算數運算函數(arithmetic operation)、邏輯函數(logical operation)或是使用者自行定義的函數等，如圖 7 中 S_1 之 1、3 部分。
3. 適合度函數(fitness function)：為了計算並且評估染色體好壞所設計的方程式，染色體在經由適合度函數運算後會得到一個適合度值。適合度值越接近我們希望的標準，表示被選取的機率越高。
4. 控制參數：包括族群的大小(population size)、交配的機率(crossover probability)及突變機率(mutation probability)等。
5. 中止條件：可設定為固定之世代數或是錯誤的容忍度。

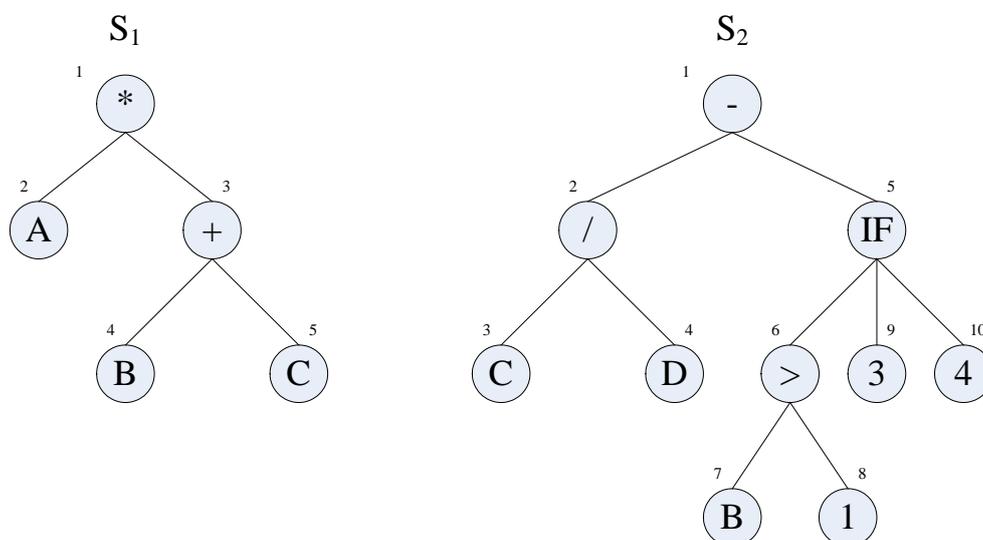


圖 7 遺傳規劃交配法示意圖

(二)遺傳規劃之主要運算子

1. 選擇(selection)：選擇的機制是基於達爾文進化論之物競天擇、適者生存之理論，在進行交配與突變之前先行做一個選擇與淘汰的工作，常用的方法包括輪盤法(roulette wheel selection)與競賽法(tournament selection)。
2. 複製(reproduction)：目的是希望優秀的染色體能夠完整的由母代複製到下一代。
3. 交配(crossover)：目的是希望母代染色體中優秀的基因可以延續到下一代，運作方式為隨機選擇母代，並且隨機選擇節點為交配點，之後交換交配點以下之部分製造出兩個不同的子代。分別選擇 S_1 及 S_2 的交配點 5 和 2，產生出不同於母代之子代，如圖 8 所示。

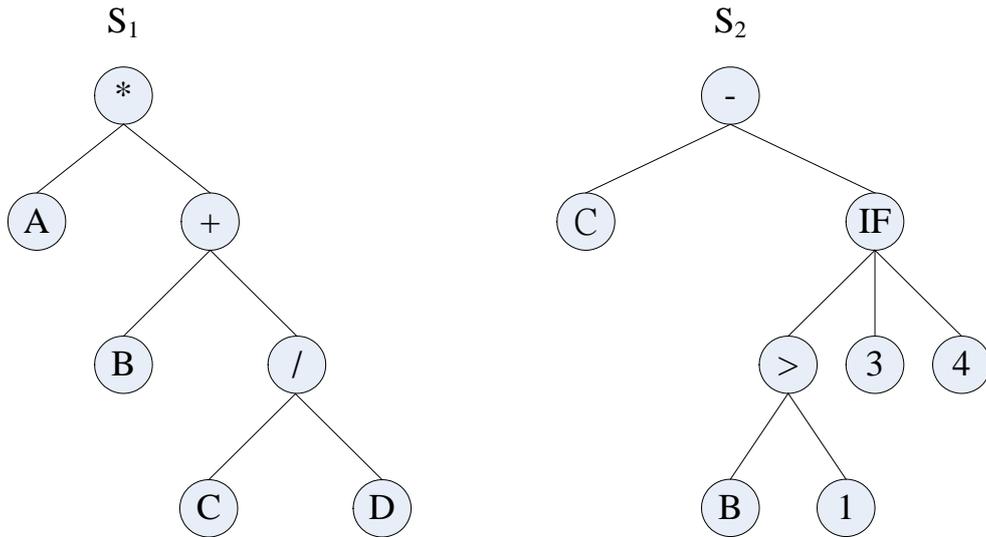


圖 8 遺傳規劃突變示意圖

4. 突變 (mutation)：目的是為了防止染色體掉入局部最佳解 (local optimal)，或是避免染色體層數無限制的膨脹。一般運作方式為隨機選擇一個節點作為突變點，接下來運算子會從函數集合或終端集合中隨機選出來取代原本的基因。但在某些情況下染色體在世代不斷增加下會有成長的趨勢，為了避免樹層的膨脹，突變開始於隨機選擇樹中的基因，選擇的基因會被移去而用緊接其後的基因所取代，先前基因的所有參數將會被刪除，這種方法稱為收縮式突變，如圖 9 所示。

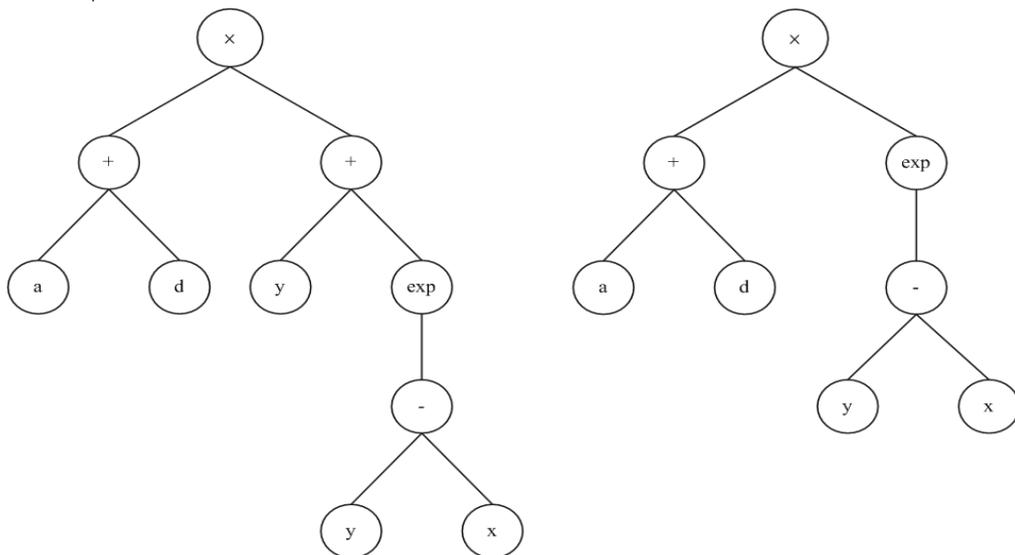


圖 9 遺傳規劃突變示意圖

(三)遺傳規劃法之特色

遺傳規劃法在決定函數集合與函數集合得組成之後，經過適合度之計算，在經由選擇、複製、交配與突變等機制，子代染色體取代了母體染色體，這個過程會一再重覆直到符合終止標準或是達到設定之世代數。

對照 GA 及其他的技術，GP 有幾點重要的特色：

階級特性：電腦程式在以函數及接點方式結合成語法樹後就會有類似階級的結構。

動態變化：母代的大小及形狀經由進化過程改變，若大小及形狀事先固定會限制了系統解題的能力。這種特性使得 GP 可以適合解一些未知架構的問題。

資料表示：在 GP 中，資料通常以自然的型式輸入及輸出，資料的前處理或輸出的再處理是不太或是根本不需要的。

結果解釋：不像一些需要譯出結果的技術，GP 的結果是很容易的用來解決問題。此外，結果的程式架構在問題與參數之間可以有更好的洞察力。遺傳規劃流程圖如圖 10 所示。

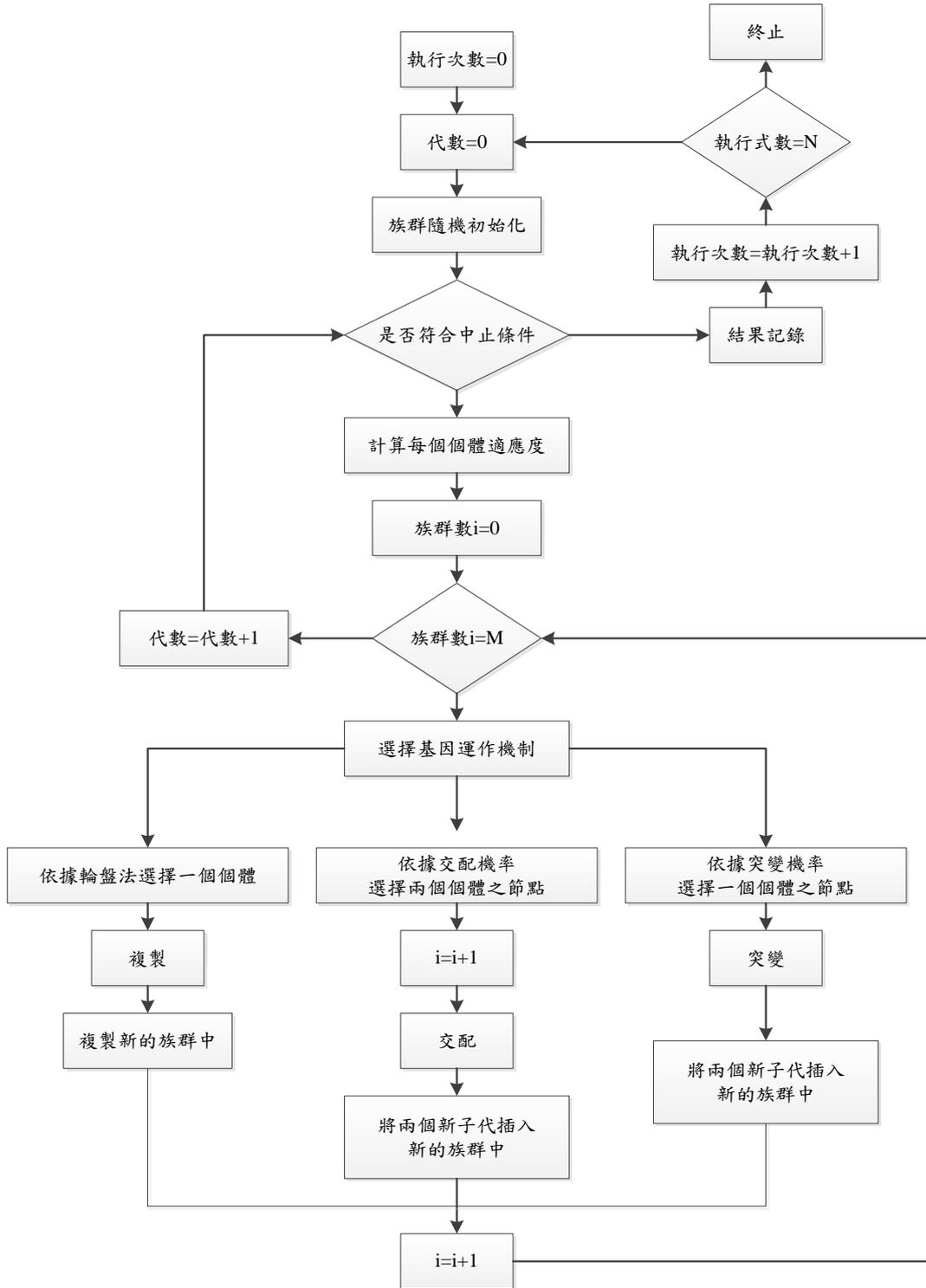


圖 10 遺傳規劃法流程圖(修改自 Koza,1992)

第五章 結果與討論

本研究以統計距離尋找相似之歷史颱風，當新一場颱風警報單發布後，提供相似路徑或氣候特徵之歷史颱風場次，作為災時應變之參考。分析資料庫採 1990 年至 2015 年間歷史颱風，以 2016 年 3 場颱風作為預測颱風。利用歐氏距離法尋找其相似歷史颱風，分析結果以應變中心應變會議召開之時間點(9:00、15:00、21:00)前最接近一報之最相似颱風，供決策者判斷，本研究以陳(2005)研究為基礎，增加 4 種氣象因子，以中心位置、形成月份、行進方向、中心氣壓、中心最大風速、七級暴風半徑、行進速度、颱風強度，8 種氣象因子進行相似性比對，歐氏距離於比對時，其比對之氣象因子分為未標準化，標準化及兩階段三部份分析探討，分析結果如下所示。

5.1 氣象因子未標準化分析

氣象因子未標準化分析結果如表 3 所示。由分析結果發現，因氣象因子未標準化，導致部分氣象因子影響相似性分析結果的敏感度較低，以 2016 年第 63 報的尼伯特颱風為例，歐氏距離找出最相似颱風為 2009 年第 4 報的蓮花颱風，由兩者之氣象因子比對(如表 4 所示、圖 11 及圖 12 所示)，評估氣象因子大部分數值相似，如相同氣壓、風速及暴風半徑，但兩者行徑方向卻有極大不同，由量化數值方面評估，行進方向量化後之數值，極端差異僅為 1，故在統計距離上，相比其餘氣象因子，對於分析結果影響有限，造成行徑路線完全不同，卻有最小歐氏距離之情形。

表 3 相似颱風分析結果(氣象因子未標準化)

預測颱風			最相似颱風				第二相似颱風				第三相似颱風			
名稱	日期	時間	日期	名稱	報數	歐氏距離	日期	名稱	報數	歐氏距離	日期	名稱	報數	歐氏距離
尼伯特	2016/7/6	15:00	2005	龍王	2	15.93518	2005	龍王	1	15.96903	2005	龍王	3	16.12452
尼伯特	2016/7/6	21:00	2005	龍王	10	21.58449	2005	龍王	11	21.61481	2005	龍王	12	21.62684
尼伯特	2016/7/7	09:00	2005	龍王	25	16.18889	2005	龍王	26	16.21234	2005	龍王	27	16.26592
尼伯特	2016/7/7	15:00	2005	龍王	25	16.71586	2005	龍王	26	16.72782	2005	龍王	27	16.76186
尼伯特	2016/7/7	21:00	2005	龍王	25	16.38815	2005	龍王	26	16.39059	2005	龍王	27	16.40888
尼伯特	2016/7/8	09:00	2015	杜鵑	1	7.164597	2010	凡那比	32	7.407526	2010	凡那比	31	7.459319
尼伯特	2016/7/8	09:00	2005	龍王	33	6.735833	2005	龍王	32	6.741769	2005	龍王	31	6.761764
尼伯特	2016/7/8	15:00	2015	杜鵑	43	4.857983	2015	杜鵑	44	4.924429	2015	杜鵑	45	5.020956
尼伯特	2016/7/9	21:00	2009	蓮花	4	5.026077	2009	蓮花	5	5.241321	2009	蓮花	3	5.468222
莫蘭蒂	2016/9/13	09:00	2005	龍王	9	21.43385	2005	龍王	8	21.44994	2005	龍王	10	21.45903
莫蘭蒂	2016/9/13	15:00	2005	龍王	13	21.41145	2005	龍王	15	21.41215	2005	龍王	12	21.41261
莫蘭蒂	2016/9/13	21:00	2015	杜鵑	9	26.8239	2015	杜鵑	8	26.84402	2015	杜鵑	6	26.86134
莫蘭蒂	2016/9/14	09:00	2015	杜鵑	32	21.43035	2015	杜鵑	33	21.43035	2015	杜鵑	31	21.46579
莫蘭蒂	2016/9/14	09:00	2005	龍王	30	1.855114	2005	龍王	29	2.184365	2005	龍王	28	2.334834
莫蘭蒂	2016/9/14	15:00	2005	龍王	30	6.308046	2005	龍王	29	6.508567	2005	龍王	28	6.587977
莫蘭蒂	2016/9/15	21:00	1999	丹恩	41	6.03407	2000	啟德	41	7.99071	2000	啟德	30	8.000091
梅姬	2016/9/26	09:00	2008	鳳凰	18	8.99611	2008	鳳凰	19	9.047099	2008	鳳凰	35	9.091284
梅姬	2016/9/26	15:00	2003	杜鵑	22	4.691636	2003	杜鵑	23	4.84267	2003	杜鵑	24	5.016119
梅姬	2016/9/26	21:00	2003	杜鵑	22	5.297306	2003	杜鵑	23	5.374146	2004	納坦	9	5.383442
梅姬	2016/9/27	09:00	2013	天兔	43	4.570558	2013	天兔	44	4.711688	2013	天兔	45	4.890808
梅姬	2016/9/27	15:00	2013	天兔	43	4.868265	2013	天兔	44	4.908156	2013	天兔	46	4.959839

表 4 尼伯特颱風與蓮花颱風氣象因子比較

	年份	名稱	侵臺強度	時間	中心氣壓	位置		預測進行速度及方向		中心最大風速	暴風半徑
				月	毫巴	緯度	經度	KM/HR	方位	m/s	KM (七級)
預測颱風	2016	尼伯特	強烈	7	990	24.3	119.1	12	北北西	23	120
最相似颱風	2009	蓮花	輕度	6	990	20.3	117.3	13	北北東	23	120

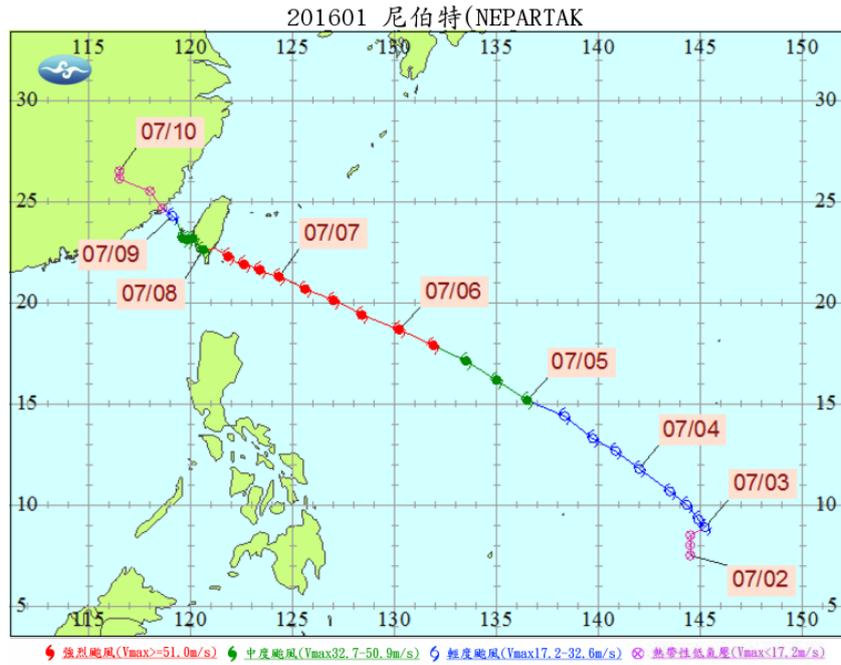


圖 11 2016 年尼伯特颱風行進路線圖

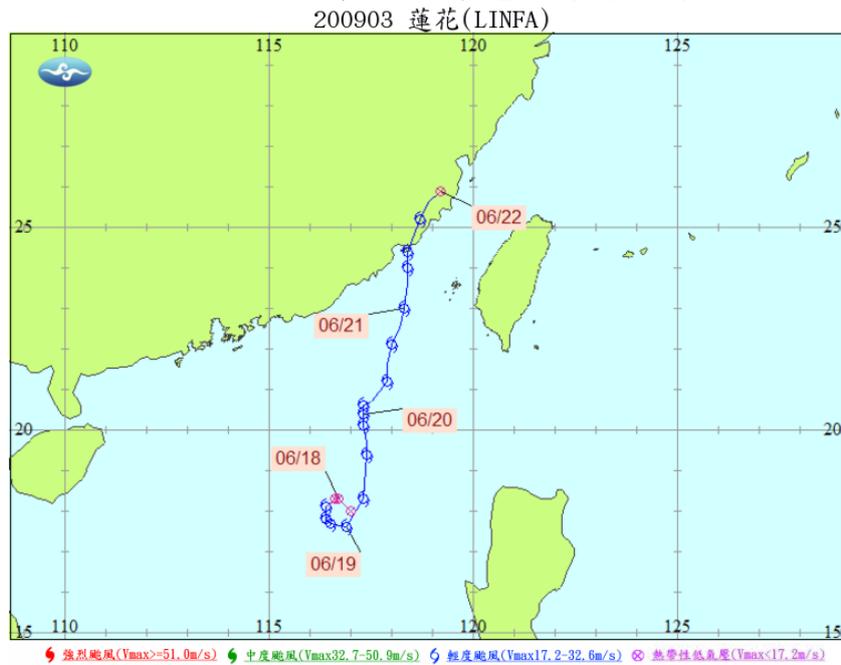


圖 12 2009 年蓮花颱風行進路線圖

5.2 氣象因子標準化分析

因此本研究進行各氣象因子採標準化分析，透過統計方法將其數值對映到某個數值區間，使其因子有相同影響標準，再進行歐氏距離分析，其分析結果如表 5 所示。標準化後之分析結果，以尼伯特颱風為例，尼伯特颱風警報單各時段分析出來相似颱風為 2005 年海棠、2007 年聖帕颱風及 2001 年南瑪都為主，由歷史路徑圖及氣象因子比較(如圖 13、圖 14、圖 15、表 6)，尼伯特颱風路徑與標準化後分析結果的相似性颱風有良好相似性，而莫蘭蒂颱風與梅姬颱風表現上亦有相當良好結果，故標準化能有效的修正氣象因子間尺度不同，對分析結果所造成影響。

5.3 氣象因子兩階段分析

考量歐氏距離理論方法各因子的權重相同，本研究將各颱風因子分為時空參數(中心位置、形成月份、行進方向)及氣象參數(中心氣壓、中心最大風速、七級暴風半徑、行進速度、強度)，其中形成月份以春冬颱風及夏秋颱風分類篩選，進行兩階段歐氏距離分析，第一階段先以時空參數篩選一定場次颱風數量，接著再以氣象參數將篩選出的颱風做相似性的排序。

以兩階段進行歐氏距離分析可提升相似性颱風之相似性，但第一階段篩選出的颱風需達到一定的數量場次，如表 7 所示，第一階段僅篩選 5 場颱風，其相似性颱風結果與篩選 10 場及 20 場不同，以 2016 年第 14 報的梅姬颱風為例，由氣象因子及路徑比對(如表 7 所示、圖 16、圖 17 及圖 18)顯示，第一階段篩選量僅 5 場颱風時，最相似颱風為 2008 年薔蜜颱風，而篩選量高於 10 場颱風時，最相似颱風為 2015 年杜鵑颱風，從兩者氣象因子及歷史路徑與現況颱風相互比較，顯示 2015 年杜鵑颱風與 2016 年梅姬颱風相似度較高，故當第一階段篩選量不足，其相似性颱風結果較差，而篩選量達一定數量時，在篩選相似性颱風上，有很良好的篩選結果。

表 5 相似颱風分析結果(氣象因子標準化)

預測颱風			最相似颱風				第二相似颱風				第三相似颱風			
名稱	日期	時間	日期	名稱	報數	歐氏距離	日期	名稱	報數	歐氏距離	日期	名稱	報數	歐氏距離
尼伯特	2016/7/6	15:00	2005	海棠	3	1.047275	2005	海棠	1	1.205667	2005	海棠	2	1.2058
尼伯特	2016/7/6	21:00	2005	海棠	3	1.177299	2005	海棠	7	1.329456	2005	海棠	8	1.329629
尼伯特	2016/7/7	09:00	2005	海棠	3	1.061957	2005	海棠	2	1.229294	2005	海棠	1	1.23745
尼伯特	2016/7/7	15:00	2011	南瑪都	1	1.320684	2005	海棠	3	1.328041	2005	海棠	26	1.352842
尼伯特	2016/7/7	21:00	2005	海棠	3	1.231718	2011	南瑪都	1	1.267406	2005	海棠	18	1.333108
尼伯特	2016/7/8	09:00	2011	南瑪都	7	1.064887	2011	南瑪都	8	1.064887	2011	南瑪都	6	1.065235
尼伯特	2016/7/8	09:00	2011	南瑪都	7	1.044376	2011	南瑪都	8	1.044376	2011	南瑪都	6	1.044901
尼伯特	2016/7/8	15:00	2007	聖帕	43	1.154791	2007	聖帕	42	1.155118	2007	聖帕	41	1.155602
尼伯特	2016/7/9	21:00	2005	海棠	76	0.644821	2005	海棠	77	0.646314	2005	海棠	78	0.647946
莫蘭蒂	2016/9/13	09:00	2005	龍王	2	1.200547	2005	龍王	1	1.208066	2015	杜鵑	10	1.226883
莫蘭蒂	2016/9/13	15:00	2015	杜鵑	12	1.214241	2015	杜鵑	10	1.214376	2015	杜鵑	14	1.214401
莫蘭蒂	2016/9/13	21:00	2013	天兔	13	1.174591	2013	天兔	12	1.174937	2013	天兔	11	1.17572
莫蘭蒂	2016/9/14	09:00	2013	天兔	21	1.047931	2013	天兔	13	1.049557	2013	天兔	20	1.049853
莫蘭蒂	2016/9/14	09:00	2015	杜鵑	33	0.44443	2015	杜鵑	32	0.44602	2015	杜鵑	31	0.45527
莫蘭蒂	2016/9/14	15:00	2015	杜鵑	33	0.716305	2015	杜鵑	32	0.71818	2015	杜鵑	31	0.725717
莫蘭蒂	2016/9/15	21:00	2015	杜鵑	48	0.870625	2015	杜鵑	47	0.870869	2015	杜鵑	46	0.871752
梅姬	2016/9/26	09:00	2007	韋帕	7	0.512628	2007	韋帕	8	0.515826	2007	韋帕	9	0.519355
梅姬	2016/9/26	15:00	2003	杜鵑	22	0.639929	2003	杜鵑	23	0.643866	2003	杜鵑	24	0.648548
梅姬	2016/9/26	21:00	2003	杜鵑	40	0.759434	2003	杜鵑	41	0.766299	2003	杜鵑	42	0.769777
梅姬	2016/9/27	09:00	2010	凡那比	27	0.852136	2010	凡那比	28	0.853194	2010	凡那比	29	0.854134
梅姬	2016/9/27	15:00	1997	安珀	6	0.871553	1997	安珀	15	0.919232	1997	安珀	14	0.922262

表 6 尼伯特颱風與歷史相似颱風氣象因子比較

年份	中文名稱	近臺強度	時間	中心氣壓	位置		預測進行速度及方向		中心最大風速	暴風半徑
			月	毫巴	緯度	經度	KM/HR	方位	m/s	KM(七級)
2016	尼伯特	強烈	7	910	21.6	123.4	13	西北西	55	200
2005	海棠	強烈	7	925	20.5	128.4	19	西北西	51	250
			時間	中心氣壓	位置		預測進行速度及方向		中心最大風速	暴風半徑
			月	毫巴	緯度	經度	KM/HR	方位	m/s	KM(七級)
2016	尼伯特	強烈	7	940	22.6	120.6	13	西北	45	200
2007	聖帕	強烈	8	930	23.5	121.2	14	西北	48	250
			時間	中心氣壓	位置		預測進行速度及方向		中心最大風速	暴風半徑
			月	毫巴	緯度	經度	KM/HR	方位	m/s	KM(七級)
2016	尼伯特	強烈	7	940	22.6	120.6	13	西北	45	200
2011	南瑪都	強烈	7	940	19.3	121.6	9	北北西	45	180

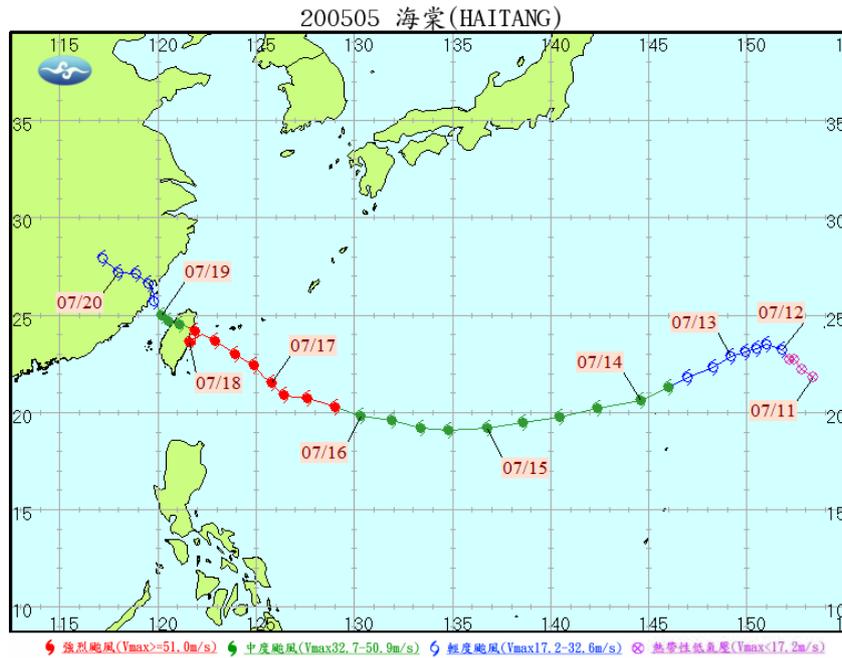


圖 13 2005 年海棠颱風行進路線圖

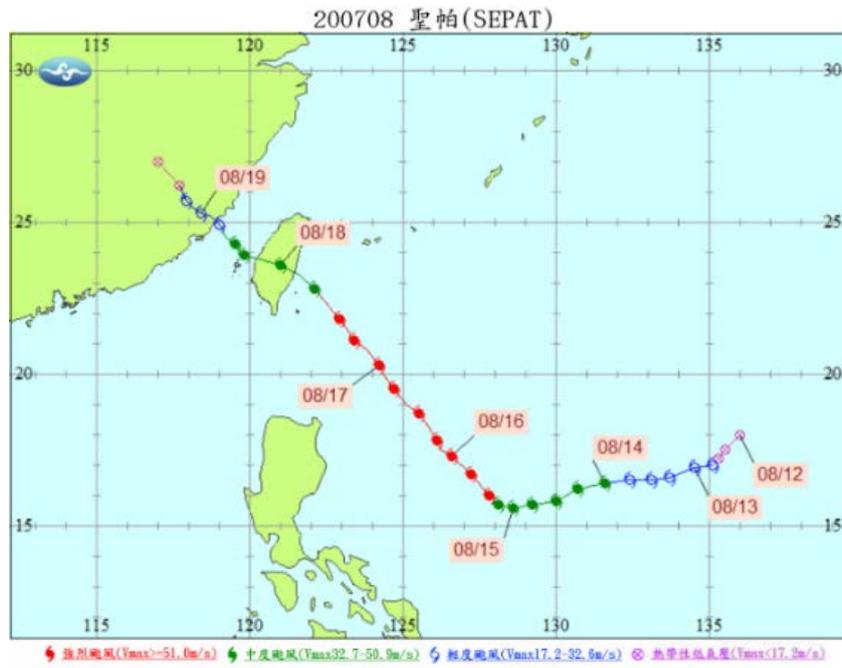


圖 14 2007 年聖帕颱風行進路線圖

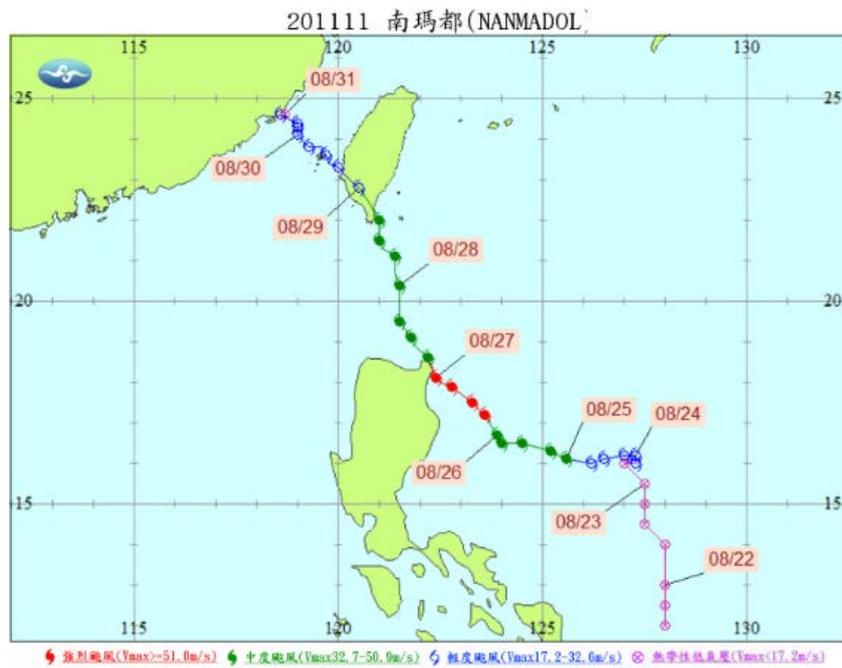


圖 15 2011 年南瑪都颱風行進路線圖

表 7 第一階段以篩選不同數量颱風之最相似性颱風結果

現況颱風			篩選 5 場颱風			篩選 10 場颱風			篩選 20 場颱風		
年份	名稱	報數	年份	名稱	報數	年份	名稱	報數	年份	名稱	報數
2016	尼伯特	1	2005	海棠	1	2005	海棠	1	2005	海棠	1
2016	尼伯特	3	2005	海棠	2	2005	海棠	2	2005	海棠	2
2016	尼伯特	15	2008	鳳凰	12	2008	鳳凰	12	2008	鳳凰	12
2016	尼伯特	21	2008	鳳凰	18	2008	鳳凰	21	2008	鳳凰	21
2016	尼伯特	27	1994	提姆	6	1994	提姆	6	1994	提姆	6
2016	尼伯特	39	1996	葛樂禮	19	1996	葛樂禮	18	1996	葛樂禮	18
2016	尼伯特	45	2008	鳳凰	40	2008	鳳凰	36	2008	鳳凰	36
2016	尼伯特	51	1996	葛樂禮	19	2008	鳳凰	40	2008	鳳凰	40
2016	尼伯特	63	2014	麥德姆	36	2014	麥德姆	36	2014	麥德姆	36
2016	莫蘭蒂	4	2013	天兔	5	2013	天兔	5	2013	天兔	5
2016	莫蘭蒂	10	2013	天兔	15	2013	天兔	15	2013	天兔	15
2016	莫蘭蒂	17	2001	利奇馬	26	2001	利奇馬	26	2001	利奇馬	26
2016	莫蘭蒂	29	2001	利奇馬	52	2001	利奇馬	52	2001	利奇馬	52
2016	莫蘭蒂	35	2001	利奇馬	68	2001	利奇馬	63	2001	利奇馬	63
2016	莫蘭蒂	41	2001	利奇馬	81	2001	利奇馬	81	2001	利奇馬	81
2016	莫蘭蒂	53	2007	韋帕	38	2007	韋帕	36	2007	韋帕	36
2016	梅姬	4	2003	杜鵑	10	1990	楊希	2	1990	楊希	2
2016	梅姬	8	1990	楊希	2	1990	楊希	2	1990	楊希	2
2016	梅姬	14	2008	薔蜜	14	2015	杜鵑	10	2015	杜鵑	10
2016	梅姬	26	2015	杜鵑	21	2015	杜鵑	21	2015	杜鵑	21
2016	梅姬	33	2015	杜鵑	30	2015	杜鵑	30	2015	杜鵑	30
2016	梅姬	40	2015	杜鵑	36	2015	杜鵑	36	2015	杜鵑	36
2016	梅姬	52	1990	黛特	10	1990	黛特	10	1990	黛特	10
2016	梅姬	58	2015	杜鵑	48	2015	杜鵑	48	2015	杜鵑	48

表 8 梅姬颱風與杜鵑及薔蜜颱風氣象因子比較

年份	中文名稱	侵臺強度	時間	中心氣壓	位置		預測進行速度及方向		中心最大風速	暴風半徑
			月	毫巴	緯度	經度	KM/HR	方位	m/s	KM(七級)
2016	梅姬	中度	9	950	21.8	125.3	21	西北西	43	250
2015	杜鵑	強烈	9	925	22.8	125.4	21	西北西	51	220
2008	薔蜜	強烈	9	925	21.2	124.9	17	西北西	53	280

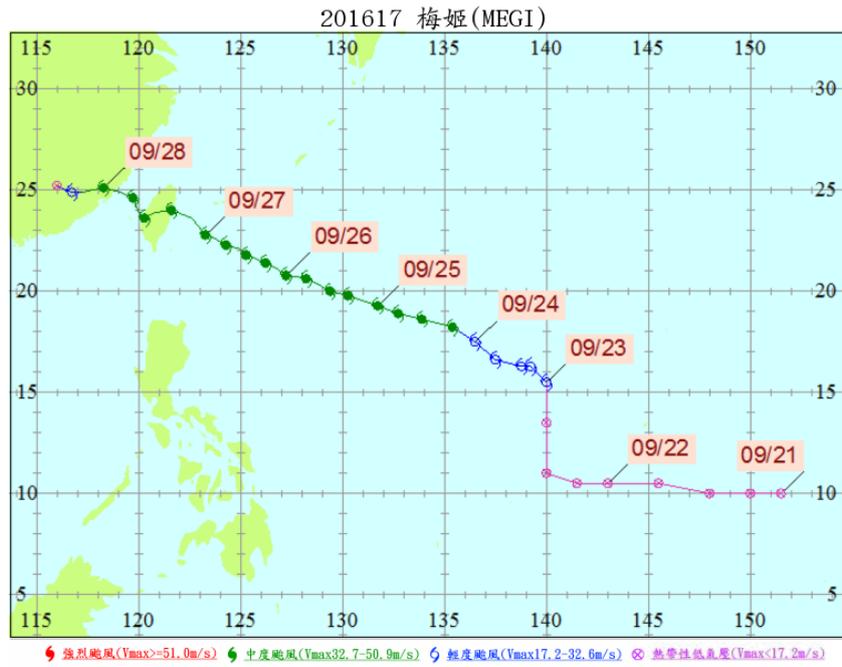


圖 16 2016 年梅姬颱風行進路線圖

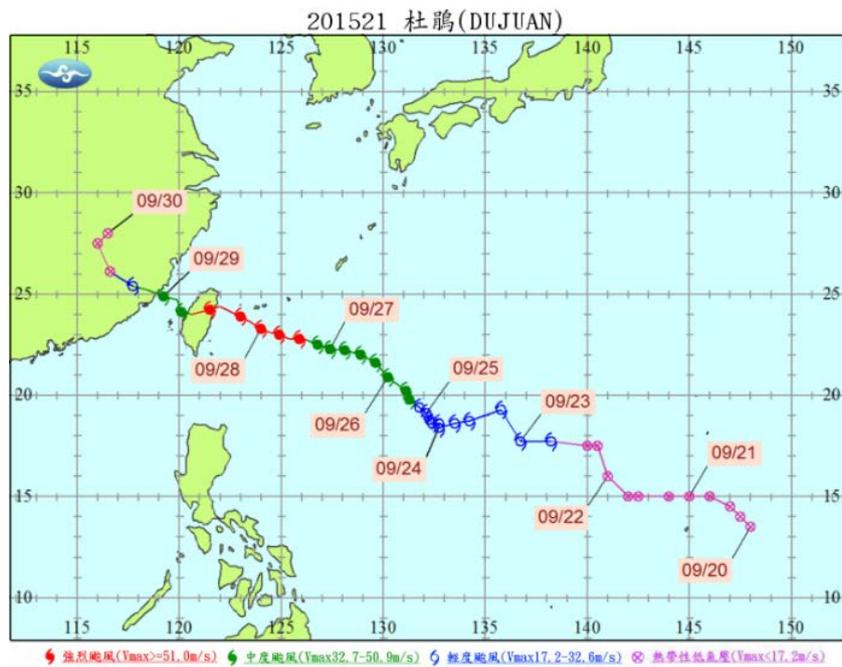


圖 17 2015 年杜鵑颱風行進路線圖

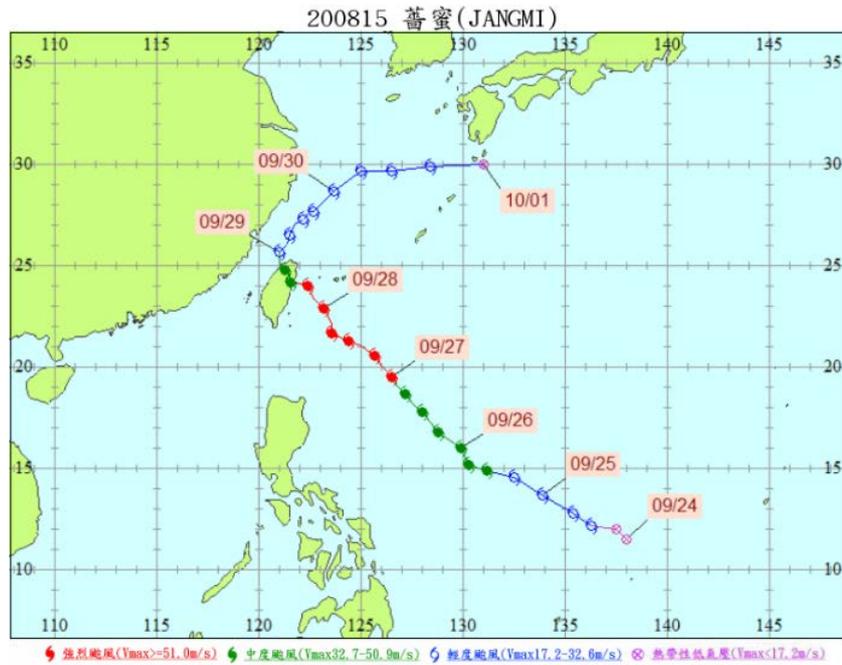


圖 18 2008 年薔蜜颱風行進路線圖

本研究目前已提供臺中市災害應變中心，於 2017 年 7 月 29 日至 7 月 30 日尼莎及海棠颱風警報時期，作為災害應變防範之參考，如圖 19 所示。本研究利用新發佈警報單之氣象因子，帶入本研究建置之遺傳演算法模式，推估颱風時期 24 小時累積降雨量，以 2017 年尼莎颱風為例，當時臺中市 7 月 29 日 0 點 0 分至 6 點 0 分最大累積降雨量僅 10mm，尚無淹水之虞慮，而本研究採 2017 年 7 月 29 日 7 點 15 分警報單之氣象因子，推估未來 24 小時累積降雨量，由本研究提供之尼莎颱風分析研判報告(如圖 20)與中央氣象局預測累積雨量相互比較，本模式推估未來 24 小時平地降雨量將達 100-200 mm，山地約 300-400 mm，由中央氣象局提供之累積雨量圖得知，7 月 30 日 0 點 0 分測得之累積降雨量(如圖 21)與本研究模式推估結果與實際量測值較為相符，而本研究以歷史颱風相似路徑與推估累積降雨量，於 7 月 30 日 21:00 發布研判結論，清晨雨勢將有所緩解，隔日雨勢明顯減緩，臺中市災害應變中心參考本研究提出之研判結論後，翌日早上八點解除颱風開設，令各單位各回本職，盡速進入災後復原作業，以利後續復原作業的操作。分析研判報告如圖 22 所示。



圖 19 臺中市災害應變中心現場照片(2017.07.29 尼莎颱風時期)



圖 20 臺中市尼莎颱風分析研判報告(降雨預測)

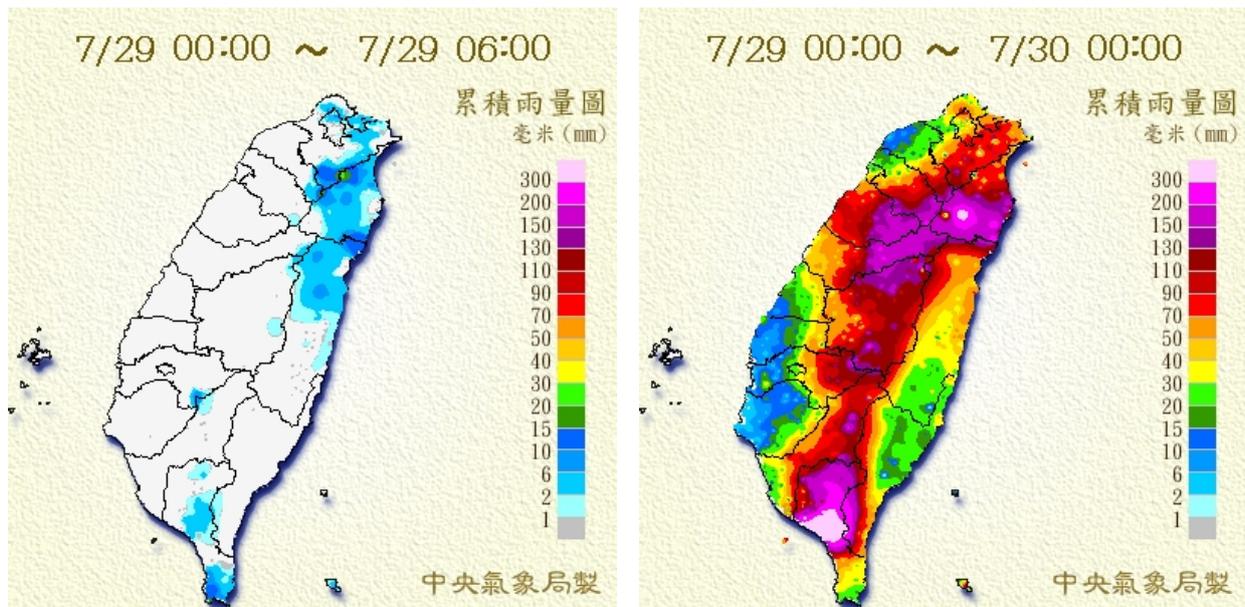


圖 21 2017 年尼莎颱風累積雨量圖

06 總結評估

- 注意颱風通過臺灣後**海棠颱風**及**西南氣流**影響
 - ✓ 後續應密切注意颱風路徑偏移動態
- 根據中央氣象局19:15發布之海棠颱風警報單，臺中市未列入陸警範圍，僅發布豪雨特報。
 - ✓ 明(31)清晨前會仍有一波雨勢，約70-100mm(大雨等級)，清晨後雨勢將有所緩解。
 - ✓ 8/1臺灣上方水氣散去，雨勢會有明顯緩解。

06 總結評估

- 臺中已不在海棠颱風警戒範圍，目前氣象局僅對臺中發布大雨特報
 - ✓ 建議解除臺中市災害應變中心開設，進入災後復原作業

圖 22 臺中市災害應變中心海棠颱風分析研判報告

第六章 結論與建議

本研究團隊長期擔任臺中市政府的災害情資研判幕僚，亦期能由長年的應變經驗、歷史紀錄與既有的科技，另行發展一套決策輔助支援系統，根據既能得到的資訊，及早研判可能致災區域，以供決策者研擬適當的災害應變決策。為能輔助臺中市災害應變中心在災害應變中心開設期間，就可能發生或加劇的災害，提供適切的輔助資訊，本研究擬以過去颱風事件相關紀錄，藉由歷史相似颱風，搜尋過去致災情況，並利用遺傳規劃法，找出歷史颱風氣象因子與降雨量之間的關係函數，建立颱風動態資訊與降雨量相關性函數關係，推估未來 24 小時累積降雨量。本研究係以中央氣象局發布颱風警報單及雨量站資料，建置資料庫，並利用其資料庫，當發佈颱風警報單後，採颱風警報單之氣象因子，透過兩階段歐氏距離法，將同相關性質參數分類(時空參數、氣象參數)分類並進行標準化分析，篩選資料庫中最相似之歷史颱風，其篩選結果良好，而颱風警報單之氣象因子同時帶入本研究以遺傳規劃法建置之預測降雨模式，預測未來 24 小時累積降雨量，其結果與實際量測值相符，可供災害應變中心做為評估之參考。本研究係以輔助災害應變中心擬定災害應變計畫，在未來操作上，本研究提出以下建議，做為未來應變中心防災之參考。

一、地文性淹排水模式

本研究以遺傳演算法推估降雨量，未來可引進地文性淹排水模式 (Physiographic drainage-inundation model, PHD)，當預測降雨量後，帶入 PHD 模式中，可推估淹水地區，達到預警之功效。

二、發展防災避難預警系統

災害預警係於天然災害發生或加劇前，就事件風險資訊對可能受到影響單位發出警報，以適時、適切地協助民眾採行應變作為，進而降低民眾生命財產的損失，未來可整合「氣象預警報」與「土石流警戒資訊」，前者為結合中央氣象局颱風警報發布與本研究預測未來 24 小時雨量結果，後者為行政院農業委員會水土保持局制定標準，給予防救業務單位參考。

三、建立空間雨量分布介面展示

目前僅採用警報單之氣象因子與中央氣象局雨量站資料進行關聯性建置，未來可利用克利金法(Kriging Method)計算，進行各雨量測站未來 24 小時累積降雨量之空間分布分析，展示地區上的雨量分布圖。

參考文獻

- P.A. Whigham and P.F. Crapper, 2001, "Modeling Rainfall-Runoff using Genetic Programming", *Mathematical and Computer Modeling* VOL.33, pp. 707-721 .
- Dragan A. Savic, Godfrey A. Waters and James W. Davidson, 1999, "A Genetic Programming Approach to Rainfall-Runoff Modeling", *Water Resources Management*, vol. 13, no. 3, pp. 219-231 .
- Dorado J, Rabunal J and Pazos A, 2003, "Prediction and modeling of the rainfall-runoff transformation of a typical urban basin using ANN and GP", *Applied Artificial Intelligence*, vol. 17, no. 4, pp. 329-343 .
- Gwo-Fong Lin , Ming-Chang Wu, 2009, "A hybrid neural network model for typhoon-rainfall forecasting", *Journal of Hydrology*, Vol.375, p.450-458.
- Koza, J.R., 1992, "Genetic programming - on the programming of computers by means of natural selection", Cambridge, MA. MIT Press.
- Kashid, S. S., & Maity, R., 2012, "Prediction of monthly rainfall on homogeneous monsoon regions of India based on large scale circulation patterns using Genetic", *Journal of Hydrology*, Vol. 454-455, pp. 26-41.
- Savic, D.A., G.A. Walters and J.W. Davidson, 1999, "A Genetic Programming Approach to Rainfall-Runoff Modeling", *Water Resources Management*, Vol. 13, No. 3, pp. 219-231.
- Sedki, A., Ouazar, D., & El Mazoudi, E., 2009, "Evolving neural network using real coded genetic algorithm for daily rainfall-runoff forecasting" , *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, Issue 3-1
- Whigham, P.A., Crapper, P.F., 2001, "Modeling Rainfall-Runoff using Genetic Programming", *Mathematical and Computer Modeling* 33, pp. 707-721.
- Yeh, T.-C., 2002, "Typhoon rainfall over Taiwan area: The empirical orthogonal function modes and their applications on the rainfall forecasting" , *TAO*, Vol.13, No.4, p.449-468.

中央氣象局，中央氣象局網站，<http://www.cwb.gov.tw>。

王如意、謝龍生、王鵬瑞，1998a，八掌溪流域降雨-逕流。

行政院農業委員會水土保持局，土石流防災資訊網，
<https://246.swcb.gov.tw/v2016/>。

李天浩、王時鼎、張志琳，1998b，「淡水河流域颱風面積定量降雨氣候預報模式研究」，第九屆水利工程研討會。

許佳容，2001，「台灣地區颱風降雨量預測之統計方法探討及校驗」，國立中央大學統計研究所碩士論文。

謝明昇，2005，「應用遺傳規劃法進行氣候預報降尺度分析於季節性河川流量預報」，國立台灣大學。

陳昶憲，2005，「颱風降雨早期推估於土石流防災之應用」，行政院農業委員會水土保持局。

邱欣姿，2010，「以遺傳規劃法建構集水區降雨 - 逕流分佈模式」，逢甲大學。

臺灣颱風洪水研究中心，大氣研究資料庫，<https://dbahr.narlabs.org.tw/>。

經濟部水利署，防災資訊服務網，<http://fhy.wra.gov.tw/fhy/>。

「天然災害停止上班及上課作業辦法」。行政院全球法規資料庫，
<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=S0110022>。

中央氣象局，<http://www.cwb.gov.tw/index-f.htm>。