



中華科技大學

土木防災與管理碩士班

碩士學位論文

花蓮地區颱風降雨量預測之研究

The Study of Typhoon Rainfall

Forecasting in Hualien Area

研究生：賴泓宇 撰

指導教授：楊宏宇 博士

中華民國一〇二年六月

中 華 科 技 大 學
土 木 防 災 與 管 理 碩 士 班

碩 士 論 文

花 蓮 地 區 颱 風 降 雨 量 預 測 之 研 究

研 究 生：賴 泓 宇

2013

中華科技大學

土木防災與管理碩士班

碩士學位論文

花蓮地區颱風降雨量預測之研究

**The Study of Typhoon Rainfall
Forecasting in Hualien Area**

研究生：賴泓宇 撰

指導教授：楊宏宇 博士

中華民國一〇二年六月

誌謝

首先要感謝指導教授楊宏宇博士的指導與勉勵，論文得以順利完成。回憶這二年來每當論文研撰過程發生瓶頸時，老師總是能給予適時的指導與建議，方能順利繼續往前推進。另，老師嚴謹的教學態度及治學精神，讓學生不僅論文研究時獲益匪淺，更學習到正確的人生態度，在此對恩師致上由衷的感謝與敬意。

論文口試期間口試委員明新科技大學劉崇治教授及本所廖克弘教授撥冗詳閱論文，並不吝指正與建議，特此致上誠摯的感謝及感激。

其次氣象聯隊第八天氣中心張副主任，因她多次鼓勵學生報考研究所，讓我有機會拓展知識與見聞，在此深表謝意。二年的求學生涯，轉眼即過，唯仍歷歷在目。研究過程雖難免遇到挫折，但仍要感謝所有幫助過我的學姐及一起學習成長的同學們：添富、子慧、青樺及俊儀等人，有你們真好。除此之外，我要特別謝謝兩個工作上的好夥伴—光翰及厚任，有他們的幫助、提醒及鼓勵，讓我終於有毅力完成論文，如期能畢業。那段攜手扶持共渡難關的日子我將永銘在心。

最後，我要感謝我的家人，尤其要特別感謝我的爸媽，他們總是做為我背後的最大支持者，鼓勵我專心向學，且默默的付出不讓我為家事操心。同時也要謝謝老婆的鼓勵與支持，我才能專注在論文的寫作，不用為瑣事煩心。

要感謝的人實在太多，謝謝所有曾經關心、幫助過我的人，在此一併致謝。謹將此論文的喜悅與榮耀，獻予生命中不期而遇、支持與愛護我的人一起分享，謝謝您們。

賴泓宇謹誌於

中華科技大學土木防災與管理碩士班

摘要

考量台灣地區的颱風多半是由東部登陸居多，且迎風面的降雨量較大。本文擬以花蓮地區為對象，進行研究，主要是希望藉由不同颱風路徑降雨量預測模式之建置，而有效掌握不同颱風路徑發生時的降雨量預測，達到降低颱風侵台期間降雨量所帶來的災損。本文擬探討如何針對降雨預報能力之提昇，以降低颱風侵台期間降雨量所帶來的災損。因此本文希望藉由相關單位提供降雨量資料的研究，以達成目的：1.運用線性迴歸模式建立不同颱風路徑的降雨預測模式。2.與歷年各相對應路徑颱風降雨資料進行比對分析預報結果的精準度。3.比較 2、3、4 號颱風路徑降雨量的預測效果，以作為未來颱風降雨量預測的參考工具。研究結果顯示 1.颱風路徑 2 其颱風降雨量線性迴歸預測模式的 R^2 達到 0.175。其 F 值為 8.934，顯著性 0.000(<0.001)，已達顯著水準。2. 颱風路徑 3 其颱風降雨量線性迴歸預測模式的 R^2 達到 0.207。其 F 值為 14.105，顯著性為 0.000(<0.001)，具顯著水準。3. 颱風路徑 4 其颱風降雨量線性迴歸預測模式的 R^2 達到 0.294。其 F 值為 14.105，顯著性為 0.000(<0.001)，達顯著水準。4. 颱風路徑 2、3、4 合成其颱風降雨量線性迴歸預測模式的 R^2 達到 0.176。其 F 值為 31.143，顯著性為 0.000(<0.001)，具顯著水準。上述模式模擬結果，得知模式預測能力皆具有顯著性。另，所有模式根據 MAPE 評估結果，路徑 2 及合成路徑其 MAPE 數值分別為 1.64% 及 1.71% 可以看出評估結果為良好。本文研究顯示颱風降雨量線性迴歸預測模式執行簡便且整體預測效果也不錯，可提供相關單位進行颱風降雨量預測的參考。

關鍵字：颱風路徑、颱風降雨量、線性迴歸模式、平均絕對百分比誤差 (MPSE)

Abstract

Majority of Typhoons mostly land from the east side of Taiwan, and were higher rainfall in windward side. The research focuses on the Hualien area located on the east of Taiwan, and is objected to set up a rainfall prediction modeling by looking at different typhoons' routes, then effectively predict rainfall when different typhoons occur, to reduce the loss caused by the typhoon when it occurs. This paper is to discuss how to reduce the loss caused by rainfall when typhoon occurs by enhancing the ability of rainfall prediction.

This study adopts the rainfall data provided by corresponding authorities, to achieve the aims described as follows: (1) Using linear regression models to create different typhoon rainfall forecasting model. (2) The precision of the outcome that is analyzed and compared with each typhoon with similar route in the past accordingly, and (3) Comparing the prediction effects as to the different typhoon rainfall routes for future reference. The results show: 1. Typhoon path 2 In terms of linear regression prediction model, R^2 was 0.175- and value F was 8.934, significant functionality was 0.000 (<0.001), which shows it reaches the level of significance. 2. In Typhoon Rainfall path 3, its linear regression prediction model R^2 was 0.207 and value F was 14.105, significant functionality was 0.000(<0.001), which shows it reaches the level of significance. 3. In Typhoon Rainfall path 4, its linear regression prediction model R^2 was 0.294 and value F was 14.105, significant 0.000(<0.001), which shows it reaches the level of significance. 4. In the combination of Typhoon Rainfall path 2、3、4, its linear regression prediction model R^2 was 0.176 and value F was 31.143, significant functionality was 0.000(<0.001), which shows it reaches the level of significance. Based on the simulation outcomes, it shows that significant functionality existing in each model. In addition, all models are based on MAPE assessment, MAPE values of path 2 and the combination of

path 2、3、4 were 1.64% and 1.71%, respectively, results seem to be good. This study shows typhoon rainfall linear regression prediction model were easy to operate and the overall effects were great in general. Thus it can be further referred by the corresponding authorities in the area of typhoon rainfall forecasting.

Keywords: typhoon path , typhoon rainfall, the linear regression model,
Mean Absolute Percentage Errors

目次

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目次.....	IV
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VIII
第一章 緒論	1
第一節 研究動機	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究範圍及流程	3
第二章 文獻探討	6
第一節 颱風路徑分類的定義及發生百分比	6
第二節 衛星資料預測颱風降雨量相關文獻	7
第三節 統計資料探勘預測颱風降雨量相關文獻	12
第三章 研究方法	30
第一節 資料來源	30
第二節 迴歸分析	31
第三節 模式分類	36
第四節 預測效果評估指標	37

第四章 結果分析與討論	40
第一節 敘述統計分析	40
第二節 路徑 2-由台灣東部登陸及通過台灣北部向西或西北離開	42
第三節 路徑 3-由台灣東部登陸及通過台灣中部向西或西北離開	47
第四節 路徑 4-由台灣南部登陸及通過台灣中部向西或西北離開	52
第五節 2、3、4 類合成路徑之預測結果	57
第五章 結論與建議	62
第一節 結論	62
第二節 建議	63
參考文獻	64
作者簡介	69

表目錄

表 1-1 2002-2012 年各月份及全年侵襲臺灣颱風統計表	2
表 2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表	19
表 3-1 自變數及因變數氣象因子表	31
表 3-2 線性迴歸模式組合表	37
表 3-3 MAPE 預測能力判定表	39
表 4-1 不同路徑颱風相關資料表—影響時間、平均風向、平均風速及平均溫度	40
表 4-2 不同路徑颱風相關資料表—平均露點、平均海平面氣壓、平均相對濕度、	41
總雨量.....	41
表 4-3 2、3、4 各颱風路徑敘述統計分析表	42
表 4-4 路徑 2 預測線性迴歸模式之模式判定係數	42
表 4-5 路徑 2 預測線性迴歸模式之單因子變異數分析結果	43
表 4-6 路徑 2 預測線性迴歸模式之迴歸係數	44
表 4-7 路徑 2 預測之驗證結果	45
表 4-8 路徑 3 預測線性迴歸模式之模式摘要	47
表 4-9 路徑 3 預測線性迴歸模式之單因子變異數分析結果	48
表 4-10 路徑 3 預測線性迴歸模式之迴歸係數	49
表 4-11 路徑 3 預測之驗證結果	49
表 4-12 路徑 4 預測線性迴歸模式之模式摘要	52
表 4-13 路徑 4 預測線性迴歸模式之單因子變異數分析結果	53
表 4-14 路徑 4 預測線性迴歸模式之迴歸係數	54
表 4-15 路徑 4 預測之驗證結果	54
表 4-16 2、3、4 類合成路徑預測線性迴歸模式之模式摘要	57

表 4-17 2、3、4 類合成路徑預測線性迴歸模式之單因子變異數分析結果	57
表 4-18 2、3、4 類合成路徑預測線性迴歸模式之迴歸係數	59
表 4-19 2、3、4 類合成路徑預測之驗證結果	59

圖目錄

圖 1-1 侵臺颱風路徑分類累積百分比圖	2
圖 1-2 研究步驟流程圖	5
圖 2-1 侵臺颱風路徑分類 10 類及歷年發生百分比圖 (1897 年至 2011 年)	6
圖 4-1 路徑 2 迴歸標準化殘差的常態圖	44
圖 4-2 路徑 3 迴歸標準化殘差的常態圖	48
圖 4-3 路徑 4 迴歸標準化殘差的常態圖	53
圖 4-4 2、3、4 類合成路徑迴歸標準化殘差的常態圖	58

第一章 緒論

第一節 研究動機

颱風是自然界最具破壞力的天氣現象之一，亦是台灣地區發生天然災害之主要來源。颱風所夾帶的豪雨，除會造成土壤流失、人員傷亡及經濟上的重大損失外，其所帶來的強風，對民眾日常作息影響甚鉅。因而行政院於 91.9.3 頒布「天然災害停止辦公及上課作業辦法」及 102.1.22 修正發布施行，名稱修正為「天然災害停止上班及上課作業辦法」規定：「颱風暴風半徑於四小時內可能經過之地區，其平均風力可達七級以上或陣風可達十級以上時，停止上班及上課」。根據中央氣象局以往的統計資料顯示，平均每年至少有 3.5 個颱風會侵襲台灣。颱風所帶來強風暴雨，往往形成大量之降雨及伴隨土石流的發生，造成降雨的災害。故在颱風災害的防救災措施上，我們需要提昇降雨預報之能力及即時降雨預警系統之建置，提高颱風降雨量預報的準確性，以減少災害損失，實是一個刻不容緩的課題。

依據中央氣象局歷年颱風資料顯示，近百年(1911-2010 年)來的颱風發生紀錄，一共有 174 次颱風在臺灣登陸。以登陸地區來分，彭佳嶼至宜蘭之間有 22 次佔 12.6%，宜蘭至花蓮之間有 37 次佔 21.3%，花蓮至成功之間有 36 次佔 20.7%，成功至臺東之間有 28 次佔 16.1%，臺東至恆春之間有 27 次佔 15.5%，恆春至高雄之間有 15 次佔 8.6%，高雄至東石之間有 5 次佔 2.9%，東石至臺中之間有 3 次佔 1.7%，至於臺灣西北沿岸則無颱風登陸。可以看出，颱風登陸次數以臺灣東岸宜蘭花蓮之間為最多。

1970 年起，10 種侵台路徑之颱風個數與各分類總和所佔之百分比累積圖，如圖 1-1 所示。依其特徵發現 8 號路徑自 1995 年後快速增加，唯因只有 4 次記錄，數據過少，無法看出趨勢。而 2、3、4 號路徑自 1897 至 2011 間發生次數佔百分之 32%。而 2000 年起次數急遽陡升，皆為越過中央山脈經臺灣陸地而向西行之颱風，其中強烈颱風佔 46.3%、中度颱風佔

31.3%、輕度颱風則佔 22.4%。颱風登陸受到中央山脈的阻隔，將會在迎風面的東部地區降下豪大雨造成災害。特別引人注意的是 2009 年造成南臺灣重創的莫拉克颱風(3 號路徑)亦名列其中。

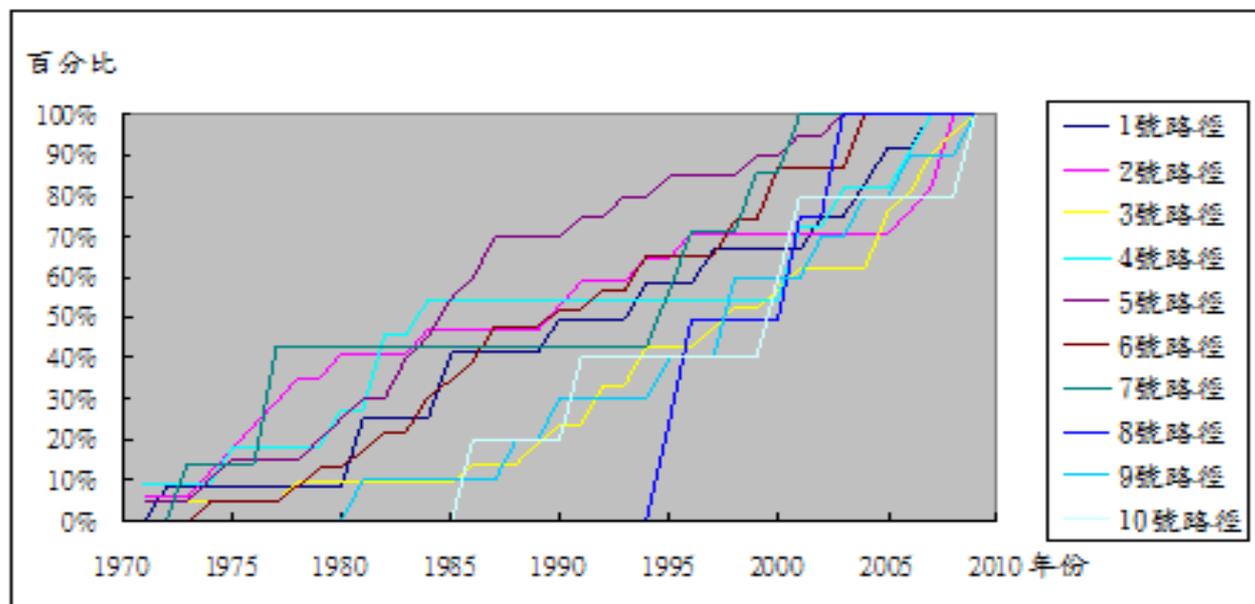


圖1-1 侵臺颱風路徑分類累積百分比圖

由 2002-2012 年各月份及全年侵襲臺灣颱風統計資料顯示，可看出以七、八、九等三個月所發生颱風機率為最高，詳見表 1-1。2、3、4 號路徑自 2000 年起侵襲臺灣發生頻數相對較以往多，其中又以花蓮地區首當其衝，詳如圖 1-1。故本文嘗試以花蓮地區為研究對象，進行颱風發生時期降雨量預測的可行性探討。

表1-1 2002-2012年各月份及全年侵襲臺灣颱風統計表

月份	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
總共侵台次數	1	3	8	10	13	13	4	2	1	55
佔全年百分比	2%	5%	15%	18%	24%	24%	7%	3%	2%	100

單位：次/年

第二節 研究目的

基於前述理由，擬探討如何針對降雨預報能力之提昇，以降低颱風侵台期間降雨量所帶來的災損。因此本文希望藉由相關單位提供降雨量資料的研究，以達成下列目的：

- 1.運用線性迴歸模式建立不同颱風路徑的降雨預測模式。
- 2.與歷年各相對應路徑颱風降雨資料進行比對分析預報結果的精準度。
- 3.比較2、3、4號颱風路徑降雨量的預測效果，以作為未來颱風降雨量預測的參考工具。

第三節 研究範圍及流程

考量台灣地區的颱風多半是由東部登陸居多，且迎風面的降雨量較大。由圖 1-1 得知花蓮地區首當其衝，故本文擬以花蓮地區為對象，進行研究，主要是希望藉由不同颱風路徑降雨量預測模式之建置，而有效掌握不同颱風路徑發生時的降雨量預測，達到降低颱風侵台期間降雨量所帶來的災損。基於此本研究流程可分為六個步驟進行，如圖 1-2 所示。詳見如后說明：

一、研究動機與目的：

研究動機具體化，以利於研究之進行與操作，並確定本研究之目的。

二、相關文獻探討：

針對所形成的研究目的，搜集國內外相關文獻，探討與問題相關的知識，作為解決問題的基石，並根據文獻探討適度修改問題。

三、研究方法：

針對目的的特性，擬定研究架構，並且選定所要使用的方法，對問題進行研究。

四、資料蒐集：

針對中央氣象局歷年不同颱風路徑之降雨量及氣象因子資料，配合相關統計分析的知識，探討影響颱風降雨量之氣象因子。

五、研究結果分析與討論：

根據統計分析的特徵建置不同颱風路徑降雨量預測模式進行預測分析與討論，並透過平均絕對百分比誤差(MAPE)驗證所建立預測模型是否精準有效，作為後續研究之參考。

六、結論與建議：

針對研究結果，提出結論與建議。

本研究流程圖如下圖 1-2 所示。

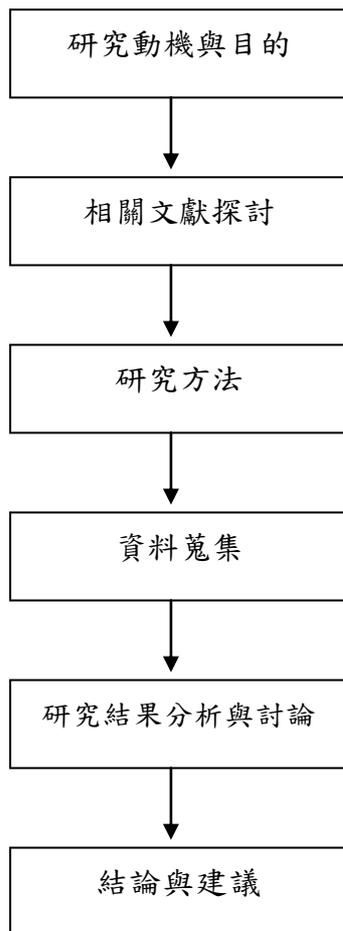


圖1-2 研究步驟流程圖

第二章 文獻探討

第一節 颱風路徑分類的定義及發生百分比

根據中央氣象局定義之臺灣地區大致上分為 10 類颱風路徑，其颱風路徑圖及歷年來發生百分比，詳如圖 2-1 所示。

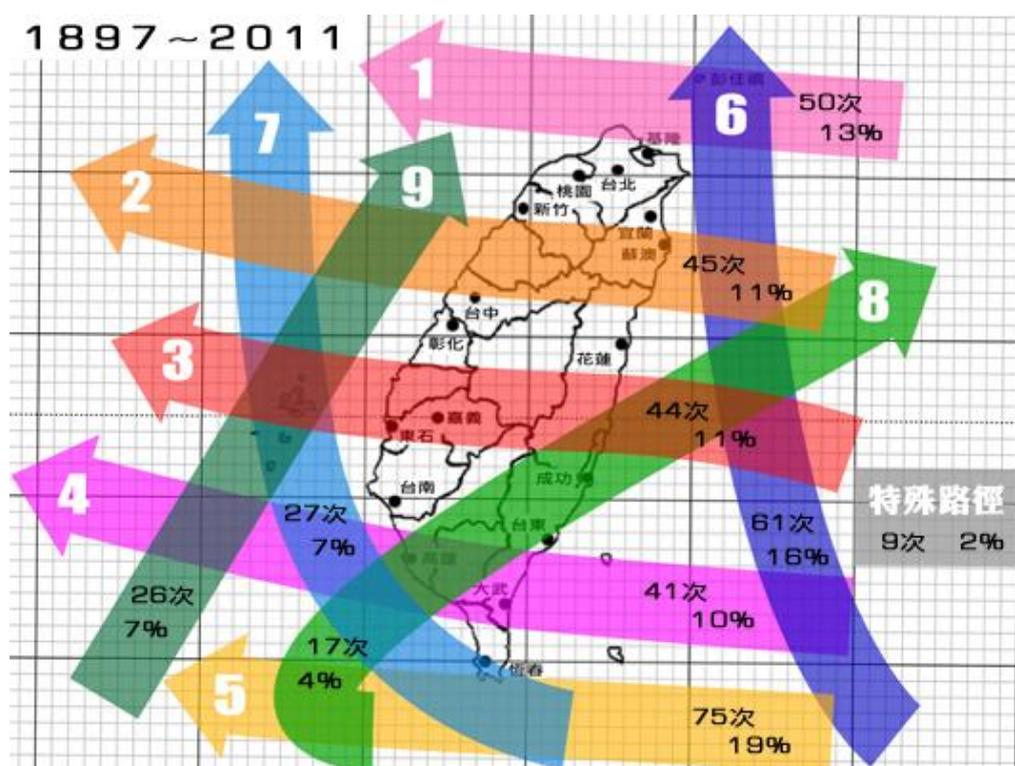


圖2-1 侵臺颱風路徑分類10類及歷年發生百分比圖（1897年至2011年）

其中，侵台颱風 10 大路徑分類為：

第一類：通過台灣北部海面向西或西北進行者

第二類：通過台灣北部向西或西北進行者

第三類：通過台灣中部向西或西北進行者

第四類：通過台灣南部向西或西北進行者

第五類：通過台灣南方海面向西或西北進行者

第六類：沿東岸或東部海面北上者

第七類：沿西岸或台灣海峽北上者

第八類：通過台灣南方海面向東或東北進行者

第九類：通過台灣南部向東或東北進行者

第十類：無法分類者歸為其他類型（特殊路徑）

從圖 2-1 可以看出，類型 1 至 5 為由台灣東部登陸而西部出海，類型 6 至 9 為由台灣南部登陸而北部出海，而除 5 號及 6 號颱風發生比例在 15% 以上，其餘則在 4%~13%。

第二節 衛星資料預測颱風降雨量相關文獻

1. 洪景舜（2002）論文「區域波譜模式在颱風預報上之應用」，曾模擬三個於 2000 年和 2001 年侵台之颱風個案，利用區域波譜模式之可變水平解析度內嵌特性進行直接內嵌與多重內嵌之比較，以分析模式在颱風預報上之特性。研究結果指出，在區域波譜模式上作颱風渦旋初始化植入有助於颱風強度與路徑之預報；模式對單一植入與多重植入實驗在路徑上表現並不敏感，但多重植入實驗有較強之颱風強度與降雨，且一般在高解析之模組中和直接內嵌至高解析模組之實驗，模擬之颱風強度與路徑表現較好。與雷達回波圖比對，模式能合理模擬出颱風之不對稱結構及其關聯之降雨的分佈。
2. 項義華（2002）於「應用 SSM/I 衛星資料分析桃芝與納莉颱風之降雨及海洋大氣參數的變化」，文中利用 SSM/I 微波資料來分析颱風的降雨強度及它生成發展的海洋大氣參數背景作研究探討。研究結果顯示：
(1) 颱風降雨所釋出的潛熱釋放和公佈中心最大風速有關，即潛熱釋放的改變會影響隨後的最大風速發生變化；
(2) 將颱風的降雨分為四個象限，觀察颱風下一個時間轉向與左右半圓降雨量分布多寡的關係，得知約 69% 颱風的轉向與左右半圓降雨量分布不對稱的情形是有關，且當颱風下一個時間的偏轉機會不大時，其左右半圓降雨量分佈大小可能較為平均；
(3) 中心附近平均最低亮度溫度值與 SSM/I 所反演的各個海洋大氣參數(如潛熱通量、可感熱通量等)的時序變化

之間有相關性，且兩者約略可看出颱風強度增強與減弱的變化。

- 3.林家幹（2003）的「應用衛星資料分析颱風降雨與颱風強度變化之關係」論文，指出利用 DMSP 衛星上 SSM/I 微波的資料對颱風進行研究。主要探討八個環中，降雨量與颱風強度之關係，研究結果顯示，時間延遲部份，碧利斯、雷馬遜和柯吉拉颱風經過較客觀的相關性分析後，發現 6 小時和 12 小時均有高度正相關。颱風最大風速與降雨量的相關性，當颱風強度愈強則降雨量愈高。颱風螺旋雨帶與颱風中心間距增加。
- 4.楊政潭（2003）的「雷達回波應用於颱風降雨空間分佈與總量之研究——以納莉颱風為例」一文中指出，其利用雷達資料在時間與空間的高解析特性，描述雷達估計降雨量在空間上的分佈，研究結果顯示，各種空間統計方法，通常都只採用網格點與雨量站之距離作為分析依據，所描述之降雨空間分佈特性較接近。即以各種雷達回波配合地面雨量站之方法計算皆較地面雨量站使用空間統計方法所計算之總量為高，主要原因為以任何空間統計方法估計集水區總量，最大網格降雨量必定發生於地面雨量站所在網格，但最強雷達回波發生位置不一定位於雨量站上方。
- 5.鳳錦暉（2004）「TRMM 衛星降雨雷達資料在颱風降雨強度及結構之分析」，其利用 TRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission)實驗衛星上所搭載的降水雷達儀器，針對 1998 年至 2002 年所有西北太平洋上被 PR 觀測到的颱風加以搜整，並利用 GMS-5 同步衛星(Geostationary Meteorological Satellite 5)每小時獲得的紅外線衛星影像，以連續時間的觀測，做為觀測颱風變化情況的依據。研究結果顯示，在颱風降水強度方面，初生期主要以對流胞和對流集合體為最強的降雨；進入成熟期後，這些對流成為有組織的對流系統，並且眼牆降雨是這時期最主要也最強的降雨區域；消散期的颱風主要是以層狀的降水再加上淺

對流為主。此外颱風眼牆隨高度傾斜程度的不同，低層內傾而高層外傾，甚至有從低層至高層完全向內傾斜的現象。

6. Demuth 等人 (2004) 利用微波影像的 AMSU 估算熱帶氣旋的強度及大小，由靜力平衡方程和梯度風平衡方程求得颱風每層的風速及壓力，進而估算颱風強度的各種參數，再利用迴歸方法求得颱風強度，不同於以往的估算強度方法，此方法還可求得颱風的大小資訊，利用 34kt 與 64kt 的等風速線，可以大致推得颱風的暴風範圍。
7. Kidder 等人 (2005) 使用被動微波儀估算，參考美國官方之颱風最佳路徑，利用雨量平移方法作為豪大雨 24 小時潛勢預報之預測，此熱帶降雨潛勢預報技術(Tropical Rainfall Potential, 簡稱 TRaP)提供快速又實用的方法。在預測降雨量大小方面比中尺度數值預測模式更接近於實際觀測。
8. 陳永強 (2004) 論文「利用 AMSU 微波頻道資料估算颱風定量降水」，利用 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 15 系列衛星所載 AMSU-A(Advanced Microwave Sounding Unit-A)微波輻射資料反演估算台灣鄰近海域之颱風定量降水。研究結果顯示，放射機制型降雨迴歸關係式的判定係數為 0.77，而散射機制型降雨迴歸式的判定係數較優於單一高頻資料的迴歸式 (R^2 分別為 0.74 與 0.57)，探其原因，為凍結高度以上的冰晶對所覆蓋的降雨層產生高、低頻道亮度溫度的差異性反應。可提供台灣鄰近海域之衛星微波資料對颱風定量降水反演的估算工具，助於海上颱風降雨分佈及特徵的瞭解。
9. 洪維均 (2005) 的「氣象衛星影像應用於雨量即時預報系統之研發」，利用 GMS-5 同步氣象衛星影像及中部地區自動記錄雨量站之時雨量紀錄，進行對南投縣陳有蘭溪流域降雨事件時空分配模式之研究，並藉由相關性進行未來累積 1 至 6 小時總雨量之預測。研究結果，經已完成之碧利斯颱風及桃芝颱風降雨事件之不同累積小時試驗進行演算，

已可針對事件進行趨勢之預測及針對可能高強度雨量之警戒性予以提出。

- 10.何姿儀（2005）的「應用 SSM/I 衛星觀測資料估算颱風定量降水」其使用 SSM/I 衛星觀測資料進行台灣地區 2000~2004 年颱風即時降雨量之推估，預測未來 6 小時內可能的累積降雨量，且與台灣的島嶼測站雨量資料進行比較及分析，並就颱風移動路徑和雨帶隨颱風旋轉變化兩項因素，進行分析討論。研究結果發現，將兩項因素都考慮進去，對提高降雨估算的準確度，有相當程度的助益。
- 11.張智昌（2006）的「整合氣象雷達與即時降雨資料於颱風降雨推估之研究」其利用中央氣象局 QPESUMS (Quantitative Precipitation Estimation Segregation Using Multiple Sensor) 系統之雷達估計雨量進行雨量特性分析，整合地面雨量站觀測並透過數值與統計分析方法，求得具代表性的定量降雨估計資訊。研究成果發現，數值分析方法之 Kriging 方法在差值校正上的表現較 Barnes 為佳，故可作為未來災害即時預警之降雨指標。
- 12.陳美心（2006）的「熱帶降雨潛勢預報法於侵台颱風定量降雨預報之校驗分析」，以美國國家衛星中心所發展之熱帶降雨潛勢 Tropical Rainfall Potential (TRaP)及中央氣象局雷達網資料所建立之 QPEsums 雨量估計產品進行定量降雨預報校驗分析研究。研究結果顯示 TRaP 預報時常低估降雨量，並顯示以 SSM/I 反演之 TRaP 預報最適用於台灣之颱風降雨預報。
- 13.林佑蓉（2009）的「颱風風雨型態分析辨識與分類氣候法定量推估降雨之研究」其利用路徑類似歷史颱風的風雨觀測資料，建立可以辨識、分類颱風型態的「分類差異距離指標」，區分為型態接近與不同路徑的颱風，排除型態不同的類似路徑颱風，並利用指標為「類似」的歷史颱風事件計算氣候平均降雨。研究結果發現，「分類氣候法」在特殊降

雨分布之颱風案例，若從延遲 1 小時預報開始，其預報的誤差變異數會比傳統氣候法高；而當預報時數增加時，分類氣候法估計颱風降雨的準確度可能比傳統氣候預測法更差，而在典型降雨分佈之颱風案例中，傳統氣候法的降雨推估誤差已較低，但分類氣候法的預測效果更佳。

14. 陳昱璋 (2010) 的「客觀分離法識別熱帶氣旋降雨雲帶分佈之研究-以莫拉克颱風為例」，其依據的是既有降雨和颱風路徑及各測站距離建立模式分離出非颱風雨帶，並使之成為適合預測颱風因子和降雨量之間複雜關係的模型。研究係利用莫拉克颱風過境台灣時的降雨數據資料及颱風中心路徑作為雲帶分離識別分析的來源，並以客觀分離進行識別，建立參數模式，研析颱風時期颱風和測站之距離與台灣各區域降雨的關係。研究結果顯示該方法在台灣受熱帶氣影響下，可有效識別雲帶雨量，並依劃分熱帶氣旋(颱風)影響層次，明確掌握台灣雨量分布。以界定雲帶降雨測站範圍。
15. 趙俊傑 (2011) 的「SSM/I 衛星資料在颱風降雨潛勢預報上之應用」，其參考 TRaP 方法，加上颱風螺旋雨帶的變化，以台灣附近外島雨量站當作驗證，結果發現可增進 TRaP 的降雨準確率將近 40%，另利用中國大陸東南沿海地區測站驗證，結果可增進 TRaP 的降雨準確率將近 12%，若考慮強度變化加入 TRaP 中，則有微幅的改善，另探討地形效應對 TRaP 潛勢降雨預測之影響，研究結果顯示迎風面對於 TRaP 有低估的情況，背風面則有高估的情形。
16. 蔡宜君 (2012) 的「使用偏極化/多都卜勒雷達資料研究莫拉克颱風(2009)地形降雨特性」，係利用七股雷達與馬公雷達及地面雨量站觀測資料探討這些雨帶與地形之間的關係，並利用多都卜勒雷達合成方法了解分析範圍內的三維風場結構。研究結果顯示，在中央山脈迎風坡(西側)的累積降雨量比背風坡(東側)更高。在迎風面地區，平均降雨強度大於

平地、沿海地區。最後，利用偏極化雷達參數定量估計降雨量，發現以馬公雷達 KDP(比差異相位差)參數估計降雨強度結果最好，但六小時降雨量估計，大雨會有低估情形。

- 17.鍾承儒(2012)的「應用衛星資料估算西行侵台颱風降雨潛勢之研究」，其針對地形作用與環境風場對西行侵台颱風降雨的影響，建立 TRaP 估算降雨與中央氣象局自動觀測站時雨量關係。以 1997 年至 2008 年的 25 個非獨立颱風個案所得結果顯示，本研究可改善原始 TRaP 估算之結果，故在台灣地區應用 TRaP 估算颱風降雨時，颱風路徑是必須考量的因素。

第三節 統計資料探勘預測颱風降雨量相關文獻

1.一般統計方法及線性迴歸模式

- (1)林建發(2000)的「颱風降雨量之統計迴歸預測」。採用中央氣象局在台北和台南氣象觀測站，1961-1994 觀測之 145 個颱風時降雨量及相關資料，主要以迴歸模式進行颱風雨量之統計分析，並篩選影響降水量之重要因子。另使用貝氏迴歸模式來進行貝氏預測。結果顯示，此研究所採用之預測分析方法對台北測站之預報結果較中央氣象局使用的平均法為佳，但對台南測站之預報結果仍有較大進步空間。
- (2)李昶寰(2001)的「颱風降雨量與風速之統計預測」。其將所觀測颱風風速與降雨量及相關颱風資料建立迴歸模式、羅吉斯迴歸模式、貝氏二元分析和混合模型進行統計分析與預測校驗。研究結果顯示，迴歸模式、羅吉斯迴歸模式、貝氏二元資料分析與混合法較中央氣象局以往使用之平均法為佳，但這些預測方法仍有改善的空間。
- (3)許佳容(2002)的「台灣地區颱風降雨量預測之統計方法探討及校

驗」，主要針對李昀寰（2001）「颱風降雨量與風速之統計預測」的方法進行校驗與比較，並擴大預測範圍，並應用貝氏迴歸法、加權的迴歸模式、混合模型和貝氏模型平均法進行統計分析與預測校，結果顯示，貝氏模型平均法較其他方法為佳。

(4)林淑玲（2002）「宜蘭地區颱風降雨與地形、空間分布關係之探討」，以宜蘭地區為例，蒐集 1971-1999 年侵台颱風降雨資料，探討颱風強度、颱風路徑及地形因素與降雨量及降雨強度之關係，利用多重線性迴歸的方法，進行宜蘭地區颱風路徑降雨推估模式之建立。研究結果顯示，第一、二及第四類路徑的颱風對本區域的影響較直接。並經迴歸分析檢定，以高程及颱風中心最大風速為各路徑颱風迴歸模式中影響降雨之最大的因子。

(5)陳亭蓉（2006）的「以高斯過程迴歸分析台灣中部山區颱風降雨量之空間分佈」，文中使用貝氏分析配合高斯過程作為分析方法，並建立颱風侵襲台灣時，受台灣中央山脈的特殊地形影響而產生的降雨結構模式，包括地形因子、圖資因子、颱風因子等七種影響因子，分析發現，雨量站的平面地理座標比高程空間更有顯著性，而雨量站附近地形的平均高程比雨量站自身高程更具代表性。

2. 類神經網路

(1)林柏承（2000）的「應用類神經網路於颱風降雨量的推估」及王珍貴（2007）的「應用類神經網路模式模擬颱風降雨量」，皆使用類神經網路中的倒傳遞網路建立颱風降雨推估模式。並以曾文水庫管理中心的曾文電傳雨量站為例，採多個連續時段的颱風中心位置、中心最大風速、十級風暴風半徑、七級風暴風半徑、中心氣壓、颱風特性參數，及雨量站與鄰近地區之高空風速、高空風向、地面風速、地面風向、氣溫、氣壓、地形高度屏障、前期觀測雨量等資料作為輸入因子，模擬目標時段降雨量。結果顯示，採用颱風特性參數、測站屏障高度、

高空風速與風向、地面風速與風向、氣溫、氣壓等反應降雨機制的重要因子及前期雨量等之網路模式可達到網路精簡、提升學習效率與模擬精度。

(2)黃謙順等人(2001)的「類神經網路應用於颱風降雨量的資料探勘」及莊益誠(2001)的「類神經網路模式的資料探勘以颱風降雨分佈為例」。皆考量傳統類神經網路的向後傳導計算模式對於複雜的非線性關係的推導能力有限，先後將資料探勘中的類神經網路應用於颱風降雨量的研究，將傳統類神經網路的向後傳導計算模式加上特定的函式，推導出新的模型，將30年颱風的龐大母體資料輸入至新的模式，並和傳統的公式預測模式作比較，分析結果證明類神經網路模式幾乎模擬出相近的降雨組體，其預估值也較傳統的公式模式精確許多。

(3)段智懷(2004)的「倒傳遞類神經網路小區域颱風降雨預報-前饋式與遞迴式之比較」，其使用倒傳遞類神經網路的前饋式網路及遞迴式網路兩種模式來建立颱風降雨推估模式。研究發現，遞迴式類神經網路由於使用線上學習法來更新權重值，對新資訊能進行即時反應。研究結果顯示，遞迴式類神經網路具有較佳的預測效率及推估結果，但與其一階延遲的情況比較之下，前饋式則為較適合的模式。

(4)許伯駿(2005)的「颱風降雨特性與土石流關係之分析」，以中度颱風所引發16個土石流案例為主，並利用倒傳遞類神經網路推估未來時段的降雨量，最後以降雨強度及累積雨量的關係作為評估土石流發生可能性的降雨指標(C值)，並訂定降雨警戒模式。研究結果顯示，土石流災害發生的位置有偏向於颱風路徑左半邊的趨勢，而以倒傳遞類神經網路所建立的雨量推估模式，則可有效的預測颱風雨量的趨勢。

(5)蔡孟蓉(2006)的「類神經網路結合衛星影像預報颱風降雨量」，其

架構氣象站颱風時期下一時刻之定量降雨預報模式。首先建構三種不同之輸入模型，輸入變數包含地面氣象站所測得的時雨量資料、颱風特性資料以及 GMS-5 衛星資料，經複迴歸分析與 BPNN 二種模式預報淡水氣象站下一時刻的颱風降雨量，其結果以使用 GMS-5 三個紅外光波段相對於氣象站的 9 格雲頂溫度及雨量資料，作為模式之輸入項目，所得結果最佳，模式改善率最大。

(6)黃明宏(2008)的「格網型類神經網路颱風降雨量模擬模式」，其利用倒傳遞類神經網路，其採用颱風中心位置、中心最大風速、十級風暴風半徑、七級風暴風半徑、中心氣壓、颱風特性參數、目標雨量站與其鄰近地區之地面風速、風向、氣溫、氣壓、推估之高空風速、高空風向、前一時段降雨量等資料，做為類神經網路的輸入因子以模擬降雨量。研究建立兩種類神經網路模式，模式 I 以全部氣象資料訓練網路；模式 II 則將模式 I 中無降雨之事件剔除，本研究建置之模式效能較先其為佳。

(7)陳奕任(2010)的「結合支撐向量機與倒傳遞神經網路於颱風降雨預測之研究」，其利用支撐向量機及倒傳遞神經網路應用於颱風期間之即時雨量預測。選用延時 1 小時之雨量資料及颱風因子作為模式之輸入項。並以 SVM 對雨量資料進行二元分類，發現其平均分類正確率不佳，經由實際驗證之結果證明分類正確率高低確實對預測之結果有影響。

(8)羅竣文(2010)的「應用類神經網路於颱風降雨量即時預報之研究」，利用調適性網路模糊推論系統進行颱風降雨量即時預測，並與傳統常使用之倒傳遞類神經網路進行比較。研究結果顯示，禁忌演算法來優選 ANFIS 之最佳初始參數，並以雙模式混合法與耦合之架構來做短至長延時之颱風降雨預報，可得到最精確、快速且穩定之預報效果。

3.分類樹

黃世承(2002)的「資料探勘在颱風降雨量與風速預測上之應用」，採

用資料探勘方法進行颱風降雨量與風速預測，其分類迴歸樹 (CART) 與卡方自動互動檢視法 (CHAID)，分別探討反應變數與解釋變數間之相互關係，並對資料進行分類及預測校驗，研究結果顯示，變數間存在著某些關聯關係，這些關係可以讓我們更瞭解資料間的性質；而分類迴歸樹的預測結果比已有的羅吉斯迴歸模式、區別分析等預測方法好；而卡方自動互動檢視法卻因為資料分割上的問題，結果未如預期佳。

4. 模糊理論

- (1) 陳正斌 (2004) 的「應用模糊理論於颱風降雨量之推估」，其利用模糊理論，依颱風路徑分類，藉由歷年颱風資料建構模式，並與近年颱風降雨資料比對檢驗，檢討模式之適用性。並選取影響颱風之降雨因子，選用鐘型函數將 30 哩暴風半徑、50 哩暴風半徑、中心氣壓、近中心最大風速，作為輸入變數，建立模糊隸屬函數。驗證結果發現，颱風路徑是影響各地降雨量的主要因素，依颱風路徑分類，台灣北部以第六類、東部以第四類、中部以第三類、南部以第六類路徑之颱風，其檢證誤差值最小。
- (2) 徐福燦 (2005) 的「灰色理論應用於颱風降雨量推估之研究—以嘉義地區為例」，其以灰色模型 GM(1,N) 建立 GM 颱風降雨量建構颱風降雨量灰色預測模型，並以颱風期間之最大溼度、最高氣溫、最大氣壓與最大風速等四個因子，作為輸入變數。研究結果顯示，各種路徑類型之颱風預估總降雨量其平均誤差均在 17% 以內。
- (3) 李俊賢 (2008) 的「不同隸屬函數應用於西北颱降雨之分析比較」，其選用三角形函數、梯形函數、鐘形函數及高斯曲線函數等四種隸屬函數當輸入函數，將影響西北颱降雨量的五個氣象因子—平均相對溼度、暴風半徑、測站最低氣壓、颱風中心與測站之距離、颱風移動速度，作為輸入變數，模擬推估西北颱的降雨量。先將輸入變數值做模糊化的轉換，利用 MATLAB 中之 ANFIS 軟體做模糊類神經網路演算

建立模糊資料庫。研究結果顯示，可看出四種隸屬函數於颱風降雨量之模擬及推估的整體趨勢相似，且誤差尚為合理。

5.時間序列

(1)曾印堂(2006)的「台灣地區颱風降雨量預測之長時間追蹤資料迴歸模型」，其應用具AR(1)誤差之長時間追蹤資料迴歸模式分析颱風降雨量的相關資料。與過去的方法相較，研究結果顯示，長時期追蹤資料迴歸模式對颱風進入北緯22度至26度和東經120度至125度之間某時段後之降雨量預測與實際降雨量間之均方誤差較小相關係數較高。

6.案例式推理法

梁嘉翔(2008)的「案例式推理法推估颱風降雨量研究」，其以歐幾里得距離法及權重法，作為案例式推理求相似度的準則。並將颱風侵台近中心最低氣壓、侵台近中心最大風速、全程近中心最大風速、逼近台灣時移動速度、路徑分類及雨量等屬性，建立資料庫。研究結果發現，以歐幾里得距離法求相似度時，所得推估雨量與觀測雨量之相對誤差總平均為較差；以權重法求相似度時，所得推估雨量與觀測雨量之相對誤差總平均為較佳。若取兩方法所得之推估雨量平均值與觀測雨量作比較，其誤差總平均則可有效提昇。

7.人工智慧

(1)甘秉玄(2009)的「結合聚類分析與人工智慧於颱風時雨量即時預測」，其以聚類分析(Clustering Analysis)及人工智慧結合的颱風時雨量即時預測模式。預測模式分兩資料前處理與預測模式兩階段，於預測模式階段對於各群組分別建立調適性網路模糊推論系統預測模式與自主非線性系統預測模式預測颱風降雨。測試颱風事件得知，於較長提前預測時間中，調適性網路模糊推論系統預測模式表現較自主非線性系統預測模式佳。

(2)蔡祐竹(2010)的「應用人工智慧模式預測石門水庫颱風降雨之研

究」，以人工智慧模式將颱風歷史資料，選取西行颱風按其路徑分成五類分別建立颱風資料庫。研究結果指出遺傳演算法結合運算樹預測各路徑颱風之下一時刻降雨及總降雨量較迴歸分析與類神經網路之預測降雨量更為準確。

(3)邱昌宏(2011)的「應用人工智慧最佳化模式推估颱風降雨量-以北行颱風為研究案例」，其應用人工智慧最佳化模式建立颱風降雨量預測模式。研究結果顯示將路徑類別加入模式中，有效提升預測降雨量之精準度，另應用遺傳演算法結合運算樹亦考預測各路徑颱風下一小時降雨量與總雨量之結果較迴歸分析與類神經網路更為精準，且前一小時降雨量對於未來一小時降雨量的預測具相當之影響程度。

有關颱風降雨量預測參考文獻整理如表 2-1 所示。

表2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表

年份	作者	論文名稱	內容摘要	預測方法
2002	洪景舜	區域波譜模式在颱風預報上之應用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用區域波譜模式之可變水平解析度內嵌特性進行直接內嵌與多重內嵌之比較，以分析模式在颱風預報上之特性。 2. 研究結果指出，在區域波譜模式作颱風渦旋初始化植入有助於颱風強度與路徑之預報與雷達回波圖比對，模式能合理模擬出颱風之不對稱結構及其關聯之降雨的分佈。 	衛星資料預測法
2002	項義華	應用 SSM/I 衛星資料分析桃芝與納莉颱風之降雨及海洋大氣參數的變化	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用 SSM/I 微波資料來分析颱風的降雨強度及它生成發展的海洋大氣參數背景作研究探討。 2. 約 69% 颱風的轉向與左右半圓降雨量分布不對稱的情形是有關係的，且當颱風下一個時間的偏轉機會不大時，其左右半圓降雨量分布大小可能就較為平均。 	衛星資料預測法
2003	林家幹	應用衛星資料分析颱風降雨與颱風強度變化之關係	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用 DMSP 衛星上 SSM/I 微波的資料對颱風進行研究。主要探討八個環中，降雨量與颱風強度之關係。 2. 結果顯示，碧利斯、雷馬遜和柯吉拉颱風經過較客觀的相關性分析後發現，在 6 小時和 12 小時都有高的正相關性。 	衛星資料預測法
2003	楊政潭	雷達回波應用於颱風降雨空間分佈與總量之研究—以納莉颱風為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用雷達資料描述雷達估計降雨在空間的分佈， 2. 通常都只採用網格點與雨量站之距離作為分析依據，故所描述之降雨空間分佈特性也較接近 3. 任何空間統計方法估計集水區總量，最大網格降雨量必定發生於地面雨量站所在網格，但最強雷達回波發生位置不一定。 	衛星資料預測法

表 2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表 (續 1)

年份	作者	論文名稱	內容摘要	預測方法
2004	鳳錦暉	TRMM 衛星降雨雷達資料在颱風降雨強度及結構之分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 針對 1998 年至 2002 年所有西北太平洋上被 PR 觀測到的颱風加以蒐整，並利用 GMS-5 衛星每小時紅外線衛星影像，以連續時間的觀測，做為觀測颱風變化情況的依據。 2. 研究結果發現，颱風降水強度，初生期主要是以對流胞和對流集合體為最強的降雨；進入成熟期之後，這些對流成為有組織的對流系統，並且眼牆降雨是這時期最主要也最強的降雨區域；消散期的颱風主要是以層狀的降水再加上淺對流為主。 	衛星資料預測法
2004	陳永強	利用 AMSU 微波頻道資料估算颱風定量降水	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用 NOAA15+ 系列衛星所載 AMSU-A 微波輻射資料反演估算台灣鄰近海域之颱風定量降水。 2. 研究結果發現放射機制型降雨迴歸關係式的判定係數為 0.77，而散射機制型降雨迴歸式的判定係數較優於單一高頻資料的迴歸式。 3. 提供台灣鄰近海域衛星微波資料對颱風定量降水反演估算，助於海上颱風降雨分佈及特徵瞭解。 	衛星資料預測法
2005	洪維均	氣象衛星影像應用於雨量即時預報系統之研發	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用 GMS-5 同步氣象衛星影像及中部地區自動記錄雨量站之時雨量紀錄，進行對南投縣陳有蘭河流域降雨事件時空分配模式研究，並進行累積一至六小時總雨量預測。 2. 研究結果，經已完成之碧利斯颱風及桃芝颱風降雨事件之不同累積小時試驗進行演算，已可針對事件進行趨勢之預測及針對可能高強度雨量之警戒性予以提出。 	衛星資料預測法

表 2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表 (續 2)

年份	作者	論文名稱	內容摘要	預測方法
2005	何姿儀	何姿儀	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用 SSM/I 衛星觀測資料進行台灣地區 2000~2004 年颱風即時降雨量之推估，預測未來 6 小時內可能累積降雨量，與台灣的島嶼測站雨量資料進行比較及分析。 2. 研究結果發現，將兩項因素都考慮，對提高降雨估算準確度，有相當助益。 	衛星資料預測法
2006	張智昌	整合氣象雷達與即時降雨資料於颱風降雨推估之研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用氣象局 QPESUMS 系統雷達估計雨量進行雨量特性分析，整合地面雨量站觀測並透過數值與統計分析法，求得具代表性定量降雨估計資訊。 2. 研究成果發現，數值分析方法 Kriging 方法在差值校正上的表現較 Barnes 為佳，故可作為未來災害即時預警之降雨指標。 	衛星資料預測法
2006	陳美心	熱帶降雨潛勢預報法於侵台颱風定量降雨預報之校驗分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用美國國家衛星中心所發展之熱帶降雨潛勢 (TRaP) 及中央氣象局雷達網資料建立之 QPESUMS 雨量估計產品進行定量降雨預報校驗分析研究。 2. 校驗結果顯示 TRaP 預報常低估降雨量，並以 SSM/I 反演 TRaP 預報最適用台灣颱風降雨預報。 	衛星資料預測法
2009	林佑蓉	颱風風雨型態分析辨識與分類氣候法定量推估降雨之研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用路徑類似歷史颱風的風雨觀測資料，建立可辨識、分類颱風型態指標 2. 研究結果發現，分類氣候法在特殊降雨分布之颱風案例若從延時 1 小時預報開始，其預報的誤差變異數會比傳統氣候法高； 3. 預報時數增加時，分類氣候法估計颱風降雨的準確度較差，在典型降雨分佈颱風案例，傳統氣候法降雨推估誤差較低，但分類氣候法預測效果更佳。 	衛星資料預測法

表 2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表 (續 3)

年份	作者	論文名稱	內容摘要	預測方法
2010	陳昱璋	客觀分離法 識別熱帶氣 旋降雨雲帶 分佈之研究 -以莫拉克 颱風為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究利用莫拉克颱風過境台灣時的降雨數據資料及颱風中心路徑作為雲帶分離識別分析的來源，研析颱風時期颱風和測站之距離與台灣各區域降雨的關係。 2. 研究結果顯示該方法在台灣受熱帶氣影響下，可有效識別雲帶雨量，並依劃分熱帶氣旋(颱風)影響層次，明確掌握台灣雨量分布。以界定雲帶降雨測站範圍。 	衛星資料預測法
2011	趙俊傑	SSM/I 衛星 資料在颱風 降雨潛勢預 報上之應用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參考 TRaP 方法，加颱風螺旋雨帶的變化，以台灣附近外島雨量站作驗證。 2. 結果發現可增進 TRaP 的降雨準確率將近 40%， 3. 利用中國大陸東南沿海測站驗證，結果增進 TRaP 降雨準確率近 12% 4. 探討地形效應對 TRaP 潛勢降雨預測影響，結果為迎風面對 TRaP 有低估情況，背風面有高估情形。 	衛星資料預測法
2012	蔡宜君	使用偏極化 /多都卜勒 雷達資料研 究莫拉克颱 風(2009)地 形降雨特性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用七股雷達與馬公雷達及地面雨量站觀測資料探討雨帶與地形之間的關係，並利用多都卜勒雷達合成方法了解分析範圍內的三維風場結構。 2. 研究結果發現中央山脈迎風坡(西側)累積降雨量比背風坡(東側)更高。在迎風面地區，平均降雨強度大於平地、沿海地區。 3. 利用偏極化雷達參數定量估計降雨量，發現以馬公雷達 KDP(比差異相位差)參數估計降雨強度結果最好，但 6 小時降雨量估計，大雨有低估情形。 	衛星資料預測法

表 2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表 (續 4)

年份	作者	論文名稱	內容摘要	預測方法
2012	鍾承儒	應用衛星資料估算西行侵台颱風降雨潛勢之研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 針對地形作用與環境風場對西行侵台颱風降雨的影響，建立 TRaP 估算降雨與中央氣象局自動觀測站時雨量關係。以 1997 年至 2008 年的 25 個非獨立颱風個案。 2. 結果顯示，研究可改善原始 TRaP 估算之結果，故在臺灣地區應用 TRaP 估算颱風降雨時，颱風路徑是必須考量的因素。 	衛星資料預測法
2000	林建發	颱風降雨量之統計迴歸預測	<ol style="list-style-type: none"> 1. 採用中央氣象局在台北和台南測站自 1961 年至 1994 年觀測之 145 個颱風時降雨量及相關資料，以迴歸模式進行颱風降雨量之統計分析，並篩選影響降水量之重要因子。 2. 結果顯示，此研究所採用之預測分析方法較中央氣象局使用的平均法為佳，但對台南測站之預報結果仍有很大進步空間。 	線性迴歸模式
2001	李昀寰	颱風降雨量與風速之統計預測	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將觀測颱風風速與降雨量及相關颱風資料建立迴歸模式、羅吉斯迴歸模式、貝氏二元分析和混合模型進行統計分析與預測校驗。 2. 研究結果顯示，迴歸模式、羅吉斯迴歸模式、貝氏二元資料分析與混合法較中央氣象局以往使用平均法為佳，但這些預測方法仍有改善的空間。 	一般統計及線性迴歸模式
2002	許佳容	台灣地區颱風降雨量預測之統計方法探討及校驗	<ol style="list-style-type: none"> 1. 對李昀寰 (2001) 進行校驗與比較，並擴大預測範圍，應用貝氏迴歸法、加權迴歸模式、混合模型和貝氏模型平均法進行統計分析與預測校驗。 2. 結果顯示，貝氏模型平均法較其他方法為佳。 	一般統計及線性迴歸模式

表 2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表 (續 5)

年份	作者	論文名稱	內容摘要	預測方法
2002	林淑玲	宜蘭地區颱風降雨與地形、空間分布關係之探討	<ol style="list-style-type: none"> 宜蘭地區為例，蒐集 1971~1999 年侵台颱風降雨資料，探討颱風強度、颱風路徑及地形因素與降雨量及降雨強度關係。 研究結果顯示，第一、二及第四類路徑的颱風對本區域的影響較直接。並經迴歸分析檢定，以高程及颱風中心最大風速為各路徑颱風迴歸模式中影響降雨之最大的因子。 	線性迴歸模式
2006	陳亭蓉	以高斯過程迴歸分析台灣中部山區颱風降雨量之空間分佈	<ol style="list-style-type: none"> 使用貝氏分析配合高斯過程作為分析方法，並建立颱風侵襲台灣時受中央山脈特殊地形影響而產生降雨結構模式，包括地形因子、圖資因子、颱風因子等七種影響因子。 分析發現，雨量站的平面地理座標比高程空間更有顯著性，而雨量站附近地形的平均高程比雨量站自身高程更具代表性。 	線性迴歸模式
2000	林柏承	應用類神經網路於颱風降雨量的推估	<ol style="list-style-type: none"> 以曾文電傳雨量站為例，採多個連續時段的颱風中心位置、風速、氣壓、七級暴風半徑、特性參數等颱風資料及雨量站與鄰近地區降雨量、風速、相對溼度、露點溫度及地形參數等資料。 研究建立之類神經網路颱風降雨推估模式，在推估目標時段雨量站之降雨量具有不錯的精度。 	類神經網路
2001	黃謙順等人	類神經網路應用於颱風降雨量的資料探勘	<ol style="list-style-type: none"> 將傳統類神經網路向後傳導計算模式加上特定的函式，將 30 年颱風的龐大母體資料輸入至新的模式，和傳統作比較， 結果證明類神經網路模式幾乎模擬出相近的降雨組體，其預估值較傳統的公式模式精確許多。 	類神經網路

表 2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表 (續 6)

年份	作者	論文名稱	內容摘要	預測方法
2001	莊益誠	類神經網路模式的資料探勘以颱風降雨分佈為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將傳統的後傳導計算模式加上特定的函式，推導出新的模型，將三十年颱風的龐大母體資料輸入至新的探勘模式和傳統的公式預測模式作比較， 2. 分析結果證明類神經網路模式幾乎模擬出相近的降雨組體，其預估值也較傳統公式模式精確。 	類神經網路
2004	段智懷	倒傳遞類神經網路小區域颱風降雨預報-前饋式與遞迴式之比較	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用倒傳遞類神經網路的前饋式網路及遞迴式網路兩種模式來建立颱風降雨推估模式。 2. 研究發現，遞迴式類神經網路由於使用線上學習法來更新權重值，對新資訊能進行即時反應。 3. 遞迴式類神經網路具有較佳的預測效率及推估結果，但與其一階延遲的情況比較之下，前饋式則為較適合的模式。 	類神經網路
2005	許伯駿	颱風降雨特性與土石流關係之分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 中度颱風 16 個土石流案例為主，並利用倒傳遞類神經網路推估未來時段的降雨量，最後評估降雨強度及累積雨量的關係。 2. 結果發現土石流災害發生的位置有偏向於颱風路徑左半趨勢，而以倒傳遞類神經網路所建立的雨量推估模式，則可有效的預測颱風雨量的趨勢。 	類神經網路
2006	蔡孟蓉	類神經網路結合衛星影像預報颱風降雨量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 輸入包含地面氣象站的時雨量資料、颱風特性資料及 GMS-5 衛星資料，經複迴歸與 BPNN 二種模式預報淡水氣象站下一時刻的颱風降雨量， 2. 結果以使用 GMS-5 三個紅外光波段相對於氣象站的 9 個雲頂溫度及雨量資料，所得結果最佳，模式改善率最大。 	類神經網路

表 2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表 (續 7)

年份	作者	論文名稱	內容摘要	預測方法
2007	王珍貴	應用類神經網路模式模擬颱風降雨量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用倒傳遞神經網路建立颱風降雨推估模式。以曾文水庫管理中心的曾文電傳雨量站為例，模擬目標時段降雨量。 2. 結果顯示，採用颱風特性參數、測站屏障高度、高空風速與風向、地面風速與風向、氣溫、氣壓等反應降雨機制的重要因子及前期雨量等之網路模式可達到網路精簡、提升學習效率與模擬精度。 	類神經網路
2008	李俊賢	不同隸屬函數應用於西北颱降雨之分析比較	<ol style="list-style-type: none"> 1. 選用三角形函數、梯形函數、鐘形函數及高斯曲線函數等四種隸屬函數當輸入函數，將影響西北颱降雨量的氣象因子作為輸入變數，模擬推估西北颱的降雨量。先將輸入變數值做模糊化的轉換。 2. 研究結果可看出四種隸屬函數於颱風降雨量之模擬及推估的整體趨勢相似，且誤差尚為合理。 	類神經網路
2008	黃明宏	格網型類神經網路颱風降雨量模擬模式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用倒傳遞類神經網路，其採用中心位置、最大風速、十級風暴風半徑等資料，做為類神經網路輸入因子以模擬降雨量。 2. 研究建立兩種類神經網路模式，模式 I 以全部氣象資料訓練網路；模式 II 則將模式 I 中無降雨之事件剔除，本研究建置之模式效能較先其為佳。 	類神經網路
2010	陳奕任	結合支撐向量機與倒傳遞神經網路於颱風降雨預測之研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用支撐向量機及倒傳遞神經網路應用於颱風期間之即時雨量預測。選用延時 1 小時之雨量資料及颱風因子作為輸入項。 2. 發現其平均分類正確率不佳，經由實際驗證之結果證明分類正確率高低確實對預測結果有影響。 	類神經網路

表 2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表 (續 8)

年份	作者	論文名稱	內容摘要	預測方法
2010	羅竣文	應用類神經網路於颱風降雨量即時預報之研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用調適性網路模糊推論系統進行颱風降雨量即時預測，並與傳統常使用之倒傳遞類神經網路進行做比較 2. 研究結果顯示，禁忌演算法來優選 ANFIS 之最佳初始參數，並以雙模式混合法與耦合之架構來做短至長延時之颱風降雨預報，可得到最精確、快速且穩定之預報效果。 	類神經網路
2002	黃世承	資料探勘在颱風降雨量與風速預測上之應用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以分類迴歸樹與卡方自動互動檢視法分別探討反應變數與解釋變數間之相互關係。 2. 研究結果顯示，分類迴歸樹的預測結果則比已有的羅吉斯迴歸模式、區別分析等預測方法好；而卡方自動互動檢視法卻因為資料分割上的問題，使其結果未如預期的好。 	分類樹
2004	陳正斌	應用模糊理論於颱風降雨量之推估	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依颱風路徑分類，藉由歷年颱風資料建構模式，與近年颱風降雨資料比對檢驗，檢討模式適用性。 2. 驗證結果發現，颱風路徑是影響各地降雨量的主要因素，依颱風路徑分類，台灣北部以第六類、東部以第四類、中部以第三類、南部以第六類路徑之颱風，檢證誤差最小。 	模糊理論
2005	徐福燦	灰色理論應用於颱風降雨量推估之研究—以嘉義地區為例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以灰色模型 GM(1,N) 建立 GM 颱風降雨量建構颱風降雨量灰色預測模型，並以颱風期間之最大溼度、最高氣溫、最大氣壓與最大風速等四個因子為輸入變數。 2. 研究結果顯示，各種路徑類型之颱風預估總降雨量其平均誤差均在 17% 以內。 	模糊理論

表 2-1 颱風降雨量預測參考文獻整理表 (續 9)

年份	作者	論文名稱	內容摘要	預測方法
2006	曾印堂	台灣地區颱風降雨量預測之長時間追蹤資料迴歸模式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 應用 AR(1)誤差之長時間追蹤資料迴歸模式分析颱風降雨量的相關資料，並與過去方法相較。 2. 研究結果發現，長時期追蹤資料迴歸模式對颱風進入北緯 22 度至 26 度和東經 120 度至 125 度間某時段後之降雨量預測與實際降雨量間之均方誤差較小，相關係數較高。 	時間序列
2008	梁嘉翔	案例式推理法推估颱風降雨量研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以歐幾里得距離法及權重法，作為案例式推理求相似度的準則。 2. 研究結果發現歐幾里得距離法求相似度時，所得推估雨量與觀測雨量之相對誤差總平均較差；以權重法求相似度時，所得推估雨量與觀測雨量之相對誤差總平均為較佳。 	案例式推理法
2009	甘秉玄	結合聚類分析與人工智慧於颱風時雨量即時預測	<ol style="list-style-type: none"> 1. 預測模式階段對於各群組分別建立調適性網路模糊推論系統預測模式與自主非線性系統預測模式預測颱風降雨。 2. 於較長提前預測時間中，調適性網路模糊推論系統預測模式表現較自主非線性系統預測佳。 	人工智慧
2010	蔡祐竹	應用人工智慧模式預測石門水庫颱風降雨之研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將颱風歷史資料選取西行颱風按其路徑分成五類分別建立颱風資料庫。 2. 研究結果指出遺傳演算法結合運算樹預測各路徑颱風之下一時刻降雨及總降雨量較為準確。 	人工智慧
2011	邱昌宏	應用人工智慧最佳化模式推估颱風降雨量-以北行颱風為研究案例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究應用將路徑類別加入模式，探討是否有效提升預測降雨量之精準度， 2. 考量預測各路徑颱風一小時降雨量與總雨量結果較更為精準，且前一小時降雨量對未來一小時降雨量預測具相當影響。 	人工智慧

有鑒於目前在各種統計及資料探勘工具已漸趨成熟，本研究擬應用線性迴歸模式方式，建立不同路徑颱風的降雨量預測模式，與歷年颱風降雨資料進行比對分析，並確認模式之適用性。以作為未來不同路徑颱風降雨量預測的參考工具。

第三章 研究方法

在迴歸分析之預測模型最主要有兩個部分，一是自變數，另一為應變數。預測分析的目的就是要把這兩者之間的關係具體的表示出來。在本研究探討的議題中，降雨量為應變數，而相關的颱風因子如平均風向、平均風速、平均溫度、平均露點、海平面平均氣壓、平均相對濕度等為自變數。在建立預測模式時，先由文獻回顧得知有哪些氣象因子會影響颱風降雨量。依據影響颱風降雨量大小之因子，選取針對應變數具顯著影響之因子作為自變數，方能達成預測的效益。根據篩選出的自變數與依變數相關性所決定預測模型，我們可以用自變數之即時資料來對應變數進行預測，同時也可直接估出預測之誤差以掌握預測結果的準確度。

本研究擬採用 SPSS(或稱 PASW) 18.0 中文版作為資料統計工具，其具有操作簡單、應用方便的特性。目前尚未有相關研究採用此工具，本文初步嘗試利用 PASW 18.0 中文版進行颱風降雨量之預測分析與研究。

第一節 資料來源

一、資料期間

本研究所採用之資料，以 2002 至 2012 年中央氣象局相關地面觀測站資料為主，並以有登陸花蓮的 2、3、4 號路徑為研究範圍。

二、自變數

本研究所採用自變數，均採用中央氣象局的氣象資料為主。包括有陸上颱風警報發布期間之平均風向、平均風速、平均溫度、平均露點、海平面平均氣壓、平均相對濕度等。

三、依變數

花蓮地面氣象觀測站逐時雨量。

有關研究變數如表 3-1 所示。

表3-1 自變數及因變數氣象因子表

類別	變數名稱					
自變數	平均風向 (度度量)	平均風速 (m/s)	平均溫度 (°C)	平均露點 (°C)	平均海平面 氣壓 (hPa)	平均相對濕 度(%)
因變數	雨量 (m m)					

第二節 迴歸分析

壹、迴歸分析的類型

迴歸分析包含很多不同分析模式，可分為以下幾類：

一、依自變數個數區分

- 1.簡單迴歸：單一自變數對依變數的影響。如： $y = \beta_0 + \beta_1 x$
- 2.複迴歸：二個以上的自變數對依變數的影響。如： $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k$

二、依線性性質區分

- 1.線性迴歸：自變數與依變數間具直線特性。如： $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k$
- 2.非線性迴歸：自變數與依變數間具非線性特性。如： $y = AL^\alpha K^\beta$

由於非線性迴歸在應用上要選擇合適的曲線類型不是一件輕而易舉的工作，主要依靠專業知識和經驗，而一般應用非線性迴歸多半在經濟預測分析上，故本研究選擇線性迴歸的複迴歸模式進行分析。

貳、迴歸模式的原理

假設有兩個變數 x, y ，它們之關係為隨機性，我們要利用收集到的資料 (x_i, y_i) 來構建一個連接兩變數 x, y 之數學模型，稱為迴歸模式。構建模型的目的有二，其一個是試圖了解 x 與 y 間概略之函數關係型態，它們是

線性、曲線、週期性或其他數學關係；另一目的是希望根據這模型，對某特定之 x 值來預測其所對應的 y 的值。

(x, y) 之觀察值通常是藉由以下兩種方法產生：一種是同時觀察 x, y 值，這種方法適用於 x, y 服從一個二維分佈，另一種方法是先控制 x 在不同的值，然後觀察 y 在這些不同 x 值的反應值。

在迴歸模式中， x 稱為自變數(independent variable)或輸入變數(input variable)， y 稱為因變數(dependent variable)或反應變數(response variable)。我們假設反應變數 y 是一個 x 的決定性函數 $g(x)$ 與一隨機項 ε 之和，即 $y = g(x) + \varepsilon$ ， $g(x)$ 顯示 x 能影響 y 之變化的部分，該函數裡可能含有未知參數。隨機項 ε 涵蓋所有除 x 以外影響反應值 y 的因素，對 y 之變化的影響，由於這些因素的不確定性，我們假設其影響量為隨機，並假定 ε 之期望值為 0，變異數為 σ^2 。

在此假定 $g(x)$ 為一個 x 之線性函數即 $g(x) = \beta_0 + \beta_1 x$ ， β_0, β_1 為未知參數，則連接 x 與 y 之模型為 $y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$ ，這模型稱為簡單線性迴歸模式(simple linear regression model)，其中 $E(\varepsilon) = 0$ ， $\text{var}(\varepsilon) = \sigma^2$ 。若我們假設 ε 之分佈為常態，則 y 之分佈為 $N(\beta_0 + \beta_1 x_i, \sigma^2)$ 。假我們有 n 對 (x, y) 觀察值： $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ ，則 y_i 之分佈為 $N(\beta_0 + \beta_1 x_i, \sigma^2)$ ， $i = 1, \dots, n$ 。換言之，上述 n 個 y 之觀察值是從 n 個獨立的常態母群體取得其平均數與其所對應之 x 值有線性關係，亦即這 n 個常態母群體之期望值落在一條直線 $\mu_{y/x} = \beta_0 + \beta_1 x$ 上，此直線稱為母群體迴歸線(population regression line)。

參、最小平方方法的原理

假設 y 與 x 之關係可接受為線性，第二步我們就要估計 β_0, β_1 。在此我們採用的方法是求 β_0, β_1 ，使 $s^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2$ 為最小，這方法稱為最小平方法(method of least squares)，而所得之估計量稱為最小平方估計量(Least Squares Estimator, LSE)。

$$\text{令 } ss(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2$$

$$ss(y) = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2$$

$$ss(xy) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)$$

$$\begin{aligned} \text{則 } s^2 &= \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 \\ &= \sum_{i=1}^n [(y_i - \bar{y}) - (\beta_0 - \bar{y} + \beta_1 \bar{x}) - \beta_1 (x_i - \bar{x})]^2 \\ &= \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 + \sum_{i=1}^n (\beta_0 - \bar{y} + \beta_1 \bar{x})^2 + \beta_1^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \\ &\quad - 2\beta_1 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \\ &= ss(y) + n(\beta_0 - \bar{y} + \beta_1 \bar{x})^2 + \beta_1^2 ss(x) - 2\beta_1 ss(xy) \\ &= ss(y) + n(\beta_0 - \bar{y} + \beta_1 \bar{x})^2 + ss(x) \left[\beta_1 - \frac{ss(xy)}{ss(x)} \right]^2 - \frac{[ss(xy)]^2}{ss(x)} \end{aligned}$$

要使 s^2 最小，必須取 $\beta_1 = \frac{ss(xy)}{ss(x)}$ ， $\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x}$ 。

上述求 LSE 的過程，利用配方法，則 β_0 與 β_1 之最小平方估計量可由解下列聯立方程式求得：

$$\begin{cases} \frac{\partial s^2}{\partial \beta_0} = 0 \\ \frac{\partial s^2}{\partial \beta_1} = 0 \end{cases} \quad \text{即} \quad \begin{cases} \sum (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i) = 0 \\ \sum (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i) x_i = 0 \end{cases}$$

令 b_1, b_0 分別表 β_1 與 β_0 之最小平方估計量，即

$$b_1 = \frac{ss(xy)}{ss(x)}, \quad b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x},$$

以 \hat{y} 表示 $\mu_{y/x}$ 之估計量（此符號常用卻易誤導），亦即取 $\hat{y} = b_0 + b_1 x$ ，則 x 與 \hat{y} 之關係為線性，此直線 $\hat{y} = b_0 + b_1 x$ 稱為樣本迴歸線 (sample regression line) 或最小平方線 (least-squares line)，它是在座標平面上所有直線當中使得觀察點 (x_i, y_i) 與估計點 (x_i, \hat{y}_i) 間之距離平方和最小的直線。

根據最小平方估計量之意義，平方和的最小值為

$$\begin{aligned} s^2 &= \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum (y_i - (b_0 + b_1 x_i))^2 = \sum (y_i - \bar{y} - b_1 \bar{x} - b_1 x_i)^2 \\ &= \sum (y_i - \bar{y})^2 + b_1^2 \sum (x_i - \bar{x})^2 = ss(y) - \frac{[ss(xy)]^2}{ss(x)} \end{aligned}$$

$e_i \equiv y_i - \hat{y}_i$ 稱為殘差項 (Residual)，它可以用來初步的檢視模型中的假

設是否合理。 σ^2 如何估計呢？因為 $\varepsilon_i \sim iid N(0, \sigma^2)$ ， ε_i 之樣本變異數

$\frac{1}{n-1} \sum (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2$ 似乎可以用來估計 σ^2 ，但 ε_i 卻無法取得觀察值（樣本），故

此路不通。 σ^2 也是 y_i 之變異數， y_i 的樣本變異數 $\frac{1}{n-1} \sum (y_i - \bar{y})^2$ 似乎也是

一個好的選擇，但不同的 y_i 來自不相同的母群體（平均值不同），故以

此為 σ^2 之估計量亦有瑕疵。在此，選擇 $s_e^2 \equiv \frac{1}{n-2} \sum e_i^2 = \frac{1}{n-2} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$ 為

σ^2 之估計量， s_e^2 為 σ^2 之不偏估計量， $\sum e_i^2$ 之自由度為 $n-2$ 。

肆、迴歸模式的預測

構建迴歸模式之另一個目的是希望藉它預測(predict)當 $X = X_0$ 時反應值 Y 會是多少。這是一個隨機變數的預測問題。隨機變數的預測與參數的估計在方法上有些類似的。但基本概念卻完全不同。若 X 之分佈完全知道，也就是說知道它的分佈及其參數值，則其新觀察值 X_{new} 之預測區間可由機率函數求得。

迴歸分析主要有三個步驟：

第一、利用單變項和雙變項分析來檢視各個準備納入複迴歸分析的變項是否符合 OLS 線性迴歸分析的基本假定。

第二、選定迴歸模式，並評估所得到的參數估計和適合度檢定 (goodness of fit)。

第三、在認真考慮所得到的迴歸分析結果前，應做殘餘值 (residuals) 之診斷分析 (diagnosis)。但通常是先確定迴歸模式之設定 (specification) 是否恰當後，才會做深入之殘餘值分析。

迴歸分析的第一步是——檢視每個即將納入迴歸分析模式的變項。首先，我們必須先確定應變項有足夠的變異 (variability)，而且是接近常態分配 (迴歸係數的估計並不要求應變項是常態分配，但對此估計做假設測定時，則是要求殘餘值應為常態分配。而應變項離開常態分配的狀態很遠時，殘餘值不是常態分配的可能性增大)。其次，各自變項也應該有適當的變異，並且要瞭解其分配之形狀和異常的個案 (outlying cases; outliers)。

我們可用直方圖 (histogram) 和 Normal P-P (probability plot) 圖等來測定應變項是否拒絕其為常態分配的假設，以及是否有異常之個案。同樣的，我們可用直方圖和其他單變項之統計來檢視各個自變項之分配形狀、程度，以及異常個案等。

檢視迴歸分析之結果的步驟是先檢視整體模式之適合度 (goodness of

fit)。這是看迴歸分析結果之 ANOVA 表中之 F test 是否達到顯著。如果是的話，我們可說此模式在母群體之 R^2 不是 0，或至少有一個自變項對應變項有解釋力。 R^2 （或納入自變項數目做了調整後之 adjusted R^2 ）的意義是所有自變項解釋了多少比例之應變項的變異量。

在檢視完整體模式之解釋力後，下一步是逐一檢視各自變項之斜率（slope），也就是迴歸係數是否達到顯著（即測定其是否為 0 之虛無假設）。這是要看每一自變項迴歸係數的 T-test 及 p 值（通常應至少小於 0.05）。如果某一自變項之係數達顯著水準的話，則其意義是在控制其他自變項的情況下，此一自變項對應變項之獨特影響力（unique effect）為何。

以一個數學函數來加以表示。一般公式為

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i + \varepsilon;$$

式中 Y=因變數，X=自變數， ε =殘差項， β_0 為截距項， X_1, \dots, X_i 為自變數， β_1, \dots, β_i 的迴歸係數。

第三節 模式分類

一、分析組別

路徑 2、路徑 3、路徑 4 及 2.3.4 類路徑

二、影響颱風雨量因素之選取

包括：陸上颱風警報發佈期間之平均風向、平均風速、平均溫度、平均露點、海平面平均氣壓、平均相對濕度。

三、預測及驗證期間

模式 1 共有 5 組颱風，其中前 4 組颱風為預測期間，而第 5 組颱風為驗證期間。模式 2 共有 7 組颱風，其中前 6 組颱風為預測期間，而第 7 組颱風為驗證期間。模式 3 共有 4 組颱風，其中前 3 組颱風為預測期間，而第 4 組颱風為驗證期間。模式 4 共有 16 組颱風，其中前 15 組颱風為預測期間，而第 16 組颱風為驗證期間。

有關本研究線性迴歸模式組合表，如表 3-2 所示。

表3-2 線性迴歸模式組合表

模式編號	類別	預測期間(颱風)	驗證期間(颱風)
模式 1	路徑 2	碧利斯 卡玫基 辛樂克 薔蜜	蘇拉
模式 2	路徑 3	海棠 泰利 凱米 梧提 聖帕 鳳凰	莫拉克
模式 3	路徑 4	寶發 帕布 凡那比	南瑪都
模式 4	234 類路徑	碧利斯 卡玫基 辛樂克 薔蜜 海棠 泰利 凱米 梧提 聖帕 鳳凰 寶發 帕布 凡那比	蘇拉

第四節 預測效果評估指標

預測本身存在不確定性，誤差是無法避免的，而預測模式的準確與否如何判定則需指標衡量。本文引用曾治璋（2009）對於評估指標的衡量作為依據。其主要的評估指標包括：

一、平均絕對百分比誤差 MAPE(Mean Absolute Percentage Errors)

$$= \frac{\sum |(A_t - F_t) / A_t|}{n} \quad (3-4)$$

二、平均均方誤差根 RMSE(Root Mean Squares Errors)

$$= \sqrt{\frac{\sum (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (3-5)$$

三、AIC(Akaike Information Criterion)

$$= n \ln(RMSE) + 2m \quad (3-6)$$

其中： A_t = 在 t 期的實際值

F_t = 在 t 期的預測值

n = 計算期數

m = 模型估計參數個數

R^2 : 判定係數 (Coefficient of Determination)

$$\frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST} = r^2 \quad (3-7)$$

可以衡量 y 值與 y 的均值平方差異的關係，表可以用迴歸方程解釋的部分 (以百分比表示)。 R^2 越大，表示預測模型擬合程度越好。

SSE：被解釋變數 y 的實際值和 y 在迴歸線上的預測值之間差異平方的總和。(無法用迴歸線來解釋的部分)

SSR： y 的預測值和 y 的均值之間差異平方的總和。(可以用迴歸線來解釋的部分)

$$SST = SSE + SSR \quad (2.5)$$

以上指標除 R^2 外其餘指標，愈小代表效果愈好，指標選擇通常沒有一定標準，實際上較常運用 RMSE 與 AIC 值在預測模型的配適上， R^2 也可表示預測模型擬合程度是否夠好，如果 R^2 愈大表示愈好。

MAPE 較常運用在評估模型的預測能力，一般預測模型模擬結果藉由預測與驗證過程，確保模擬可靠性，使預測模型參數適切表達實際的模擬情形。Lewis (1982) 依據 MAPE 大小將模型預測能力分為四個等級，如表 3-3 所示。在預測模型的選擇上，以 R^2 、MSE、AIC 以及 MAPE 四種指標選擇適合的預測模型。本研究使用 MAPE 作為迴歸模式預測颱風降雨量時，評估其預測效果優劣的指標。

表3-3 MAPE預測能力判定表

MAPE	預測能力
<10%	高度精確
10%~20%	良好
20%~50%	合理
>50%	不正確

第四章 結果分析與討論

本文先針對基本資料統計量進行分析，進而以不同颱風路徑迴歸預測模型分別進行颱風降雨量預測，最後針對上述進行綜合性分析比較。

第一節 敘述統計分析

一、影響時間、平均風向、平均風速及平均溫度

歷年颱風影響時間、平均風向、平均風速及平均溫度之統計資料，如表 4-1 所示。可以看出在影響時間部份以莫拉克颱風為最久（長達 95 小時），其次為辛樂克颱風（89 小時）；在平均風向部份以辛樂克颱風為最廣（241.8 度，WSW），其次為帕布颱風（235.8 度，WSW）；在平均風速部份以鳳凰颱風為最大（9.11 m/s），其次為海棠颱風（8.53 m/s）；在平均溫度部份分佈則較為平均，約在 25~29℃ 的範圍。

表4-1 不同路徑颱風相關資料表－影響時間、平均風向、平均風速及平均溫度

類別	颱風名稱	發生時間(西元年/ 月日起-月日止)	影響時間(小時)	平均風向 (度度量)	平均風速 (m/s)	平均溫度(°C)
路徑 2	碧利斯	2006/0712-0715	67	141.18	6.23	28.30
路徑 2	卡玫基	2008/0717-0718	44	205.00	4.73	27.01
路徑 2	辛樂克	2008/0912-0915	89	241.80	3.77	26.04
路徑 2	薔蜜	2008/0927-0929	58	141.38	7.87	26.32
路徑 2	蘇拉	2012/0731-0803	68	167.50	5.14	26.65
路徑 3	海棠	2005/0716-0720	77	201.95	8.53	26.22
路徑 3	泰利	2005/0830-0901	52	158.08	7.62	27.19
路徑 3	凱米	2006/0723-0726	52	134.42	6.58	27.94
路徑 3	梧提	2007/0808-0809	26	128.85	4.26	27.54
路徑 3	聖帕	2007/0816-0819	67	166.42	7.69	25.98
路徑 3	鳳凰	2008/0726-0729	58	135.34	9.11	26.80
路徑 3	莫拉克	2009/0805-0810	95	186.84	5.97	27.13
路徑 4	寶發	2006/0808-0809	22	182.27	4.92	26.48
路徑 4	帕布	2007/0807-0808	31	235.81	3.12	25.61
路徑 4	凡那比	2010/0917-0921	58	200.34	6.14	26.34
路徑 4	南瑪都	2011/0827-0831	84	178.93	3.06	26.15

二、平均露點、海平面平均氣壓、平均相對濕度、總雨量

歷年颱風平均露點、海平面平均氣壓、平均相對濕度及總雨量之統計資料，如表 4-2 所示。可以看出在平均露點部份則分佈較為平均，約在 21~28 °C 的範圍；海平面平均氣壓部份則均在 980 hPa 以上，以碧利斯颱風為最強（1253.68hPa），其次為凡那比颱風（1155.26hPa）；在平均相對濕度部份以聖帕颱風為最高（93.96%），其次為梧提颱風（93.85%）；在總雨量部份以鳳凰颱風為最高（404.5 mm），其次為聖帕颱風（351.9mm）。

表 4-2 不同路徑颱風相關資料表—平均露點、平均海平面氣壓、平均相對濕度、

總雨量

類別	颱風名稱	平均露點(°C)	平均海平面氣壓 (hPa)	平均相對濕度(%)	總雨量 (mm)
路徑 2	碧利斯	24.10	1253.68	79.24	43
路徑 2	卡玫基	24.45	997.64	86.25	209
路徑 2	辛樂克	23.77	994.24	87.94	120
路徑 2	薔蜜	23.68	980.59	85.66	250.3
路徑 2	蘇拉	23.71	987.54	84.21	250.5
路徑 3	海棠	23.59	989.39	86.60	484
路徑 3	泰利	23.54	990.19	81.79	393
路徑 3	凱米	24.19	1001.02	80.69	74.5
路徑 3	梧提	26.43	1000.27	93.85	53.5
路徑 3	聖帕	27.89	985.28	93.96	351.9
路徑 3	鳳凰	24.83	993.00	89.83	404.5
路徑 3	莫拉克	25.18	1053.74	89.77	147
路徑 4	寶發	23.10	1001.32	82.86	192
路徑 4	帕布	23.53	1003.13	92.81	395
路徑 4	凡那比	21.89	1155.26	77.34	242.1
路徑 4	南瑪都	23.60	995.71	86.11	45.2

三、本研究各路徑颱風敘述統計

本研究各路徑颱風敘述統計，如表 4-3 所示。可以看出在影響時間以路徑 2 為最久，平均風向以路徑 4 為最廣，平均風速以路徑 3 為最強，平均溫度相差不大，平均露點以路徑 3 為最高，海平面平均氣壓以路徑 2 為最強，平均相對濕度以路徑 3 為最高，平均總雨量以路徑 3 為最高。

表4-3 2、3、4各颱風路徑敘述統計分析表

類別	颱風數	影響時間(小時)	平均風向(度度量)	平均風速 (m/s)	平均溫度(°C)
路徑 2	6	65	179.37	5.55	26.86
路徑 3	7	61	158.84	7.11	26.97
路徑 4	4	49	199.34	4.31	26.14
全部	17	58.33	179.18	5.66	26.66
類別		平均露點(°C)	平均海平面氣壓 (hPa)	平均相對濕度 (%)	平均總雨量 (mm)
路徑 2		23.94	1042.74	84.66	174.56
路徑 3		25.09	1001.84	88.07	273.00
路徑 4		23.03	1038.86	84.78	219.00
全部		24.02	1027.81	85.84	222.19

第二節 路徑2-由台灣東部登陸及通過台灣北部 向西或西北離開

一、預測結果分析

表 4-4 為路徑 2 預測線性迴歸模式之模式摘要。即顯示出模式的適合度量數，可以看出達到 0.175。此處採用 R^2 ，並不採用調整後的 R^2 ，此部分由模式所解釋，主要是因為此統計量可以反映出實際的 R^2 ，可以真實反映出模式的解釋能力，故比調整後的 R^2 更好。

表4-4 路徑2預測線性迴歸模式之模式判定係數

模式	R	R^2	調整後的 R^2
1	.410	.175	.156

而表 4-5 為路徑 2 預測線性迴歸模式其單因子變異數分析之結果。主要是反映出線性迴歸模式是否具有顯著的預測能力，可以看出 F 值為 8.934（數值越大越好），而顯著性為 0.000(<0.001)，已達顯著水準，故表示本線性迴歸模式是具有顯著預測能力。

表4-5 路徑2預測線性迴歸模式之單因子變異數分析結果

模式		平方和	df	平均平方和	F	顯著性
1	迴歸	1778.430	6	296.405	8.934	.000***
	殘差	8360.958	252	33.178		
	總數	10139.388	258			

圖 4-1 為路徑 2 迴歸標準化殘差的常態圖。將每個殘差分別描繪在圖上，若殘差變數是常態分配，則圖上點之連線應近似一 45 度之直線，反之則形成散布情形。可以看出形成約 45 度角的直線，即殘差的機率分配接近常態機率分配，代表預測結果相當不錯。

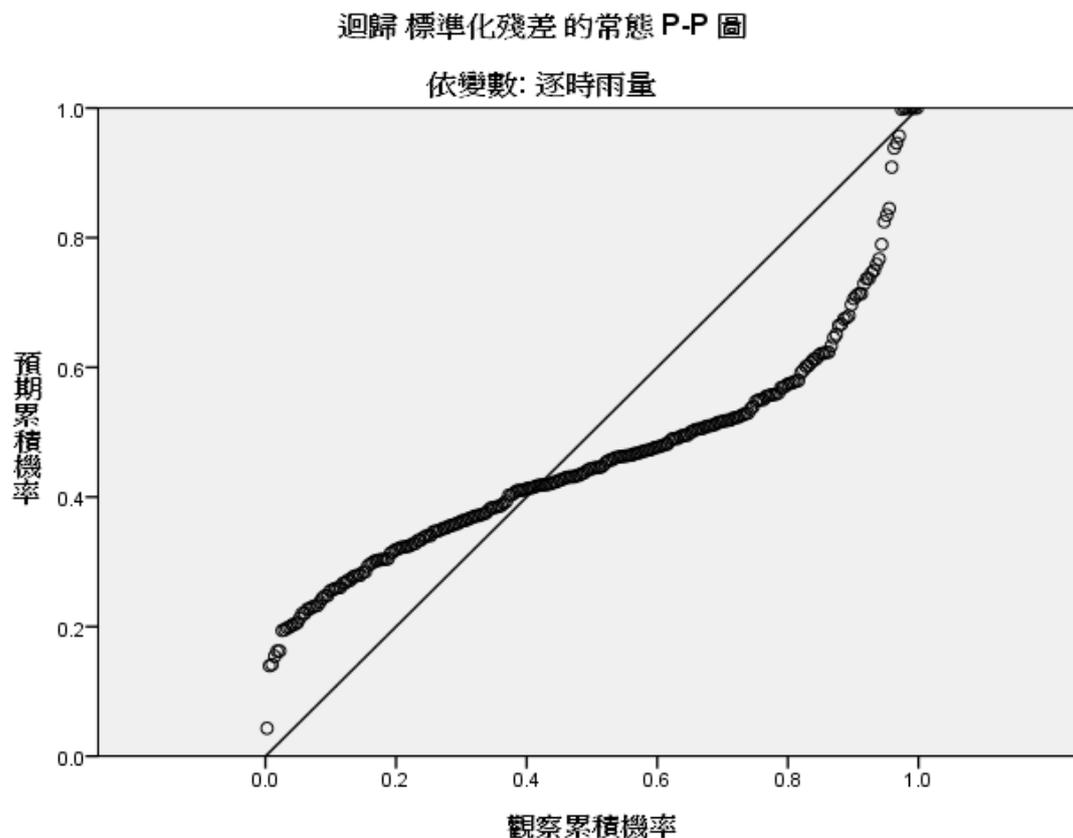


圖4-1 路徑2迴歸標準化殘差的常態圖

表 4-6 為路徑 2 預測線性迴歸模式之迴歸係數。可以看出其模式參數的分佈情形。其方程式的形式表示如下：

$$\text{路徑 2 雨量值}(Y) = -49.434 + (-0.004) * \text{風向} + 0.542 * \text{風速} + 1.036 * \text{溫度} + (-0.689) * \text{露點} + (-7.609E-5) * \text{海平面氣壓} + 0.451 * \text{相對濕度}$$

表4-6 路徑2預測線性迴歸模式之迴歸係數

類別	參數估計值	標準誤差	t 值	顯著性
常數	-49.434	22.388		
風向	-.004	.004	-.893	.373
風速	.542	.129	4.206	.000
溫度	1.036	.900	1.152	.251
露點	-.689	.919	-.750	.454
海平面氣壓	-7.609E-5	.000	-.166	.868

相對濕度	.451	.191	2.358	.019
------	------	------	-------	------

線性迴歸模式係數的表達方式有兩種，一是未標準化係數，二是標準化係數。未標準化係數是加入常數，故各變數的係數會有超過 1 的情形，而標準化係數則是未加入常數，故各變數的係數不會有超過 1 的情形。由於本研究是應用在預測模型上，故以未標準化係數形式來表示。

二、驗證結果分析

表 4-7 為路徑 2 預測之驗證結果。可以看出 MAPE 值為 1.44%，小於 10%，為高度精確。

表4-7 路徑2預測之驗證結果

蘇拉颱風陸 警發佈時間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
蘇拉	1.0	5.25	4.25
蘇拉	0.5	5.30	4.80
蘇拉	4.0	5.15	1.15
蘇拉	6.5	5.59	0.91
蘇拉	2.0	5.23	3.23
蘇拉	0.5	1.63	1.13
蘇拉	2.0	2.18	0.18
蘇拉	1.5	4.20	2.70
蘇拉	0.0	3.78	3.78
蘇拉	0.0	1.00	1.00
蘇拉	0.0	2.24	2.24
蘇拉	0.5	1.69	1.19
蘇拉	3.5	5.30	1.80
蘇拉	2.0	4.32	2.32
蘇拉	0.0	4.69	4.69
蘇拉	3.0	2.60	0.40
蘇拉	1.0	3.91	2.91
蘇拉	6.0	0.62	5.38
蘇拉	3.0	5.23	2.23
蘇拉	3.5	0.01	3.49
蘇拉	1.0	-0.26	1.26
蘇拉	5.0	1.19	3.81

蘇拉颱風陸 警發佈時間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
蘇拉	7.5	1.82	5.68
蘇拉	1.0	-1.43	2.43
蘇拉	4.5	1.82	2.68
蘇拉	5.5	2.19	3.31
蘇拉	11.5	2.57	8.93
蘇拉	16.0	3.19	12.81
蘇拉	8.5	2.23	6.27
蘇拉	4.5	4.58	0.08
蘇拉	2.5	3.99	1.49
蘇拉	8.5	3.49	5.01
蘇拉	40.0	7.17	32.83
蘇拉	48.5	4.29	44.21
蘇拉	15.0	1.68	13.32
蘇拉	22.5	4.29	18.21
蘇拉	3.0	3.01	0.01
蘇拉	1.5	0.71	0.79
蘇拉	0.5	3.58	3.08
蘇拉	0.0	4.77	4.77
蘇拉	0.0	0.92	0.92
蘇拉	0.0	0.62	0.62
蘇拉	0.0	-0.93	0.93
蘇拉	0.0	0.63	0.63
蘇拉	0.0	0.50	0.50
蘇拉	1.5	0.62	0.88
蘇拉	1.5	0.70	0.80
蘇拉	0.0	2.08	2.08
蘇拉	0.0	1.57	1.57
蘇拉	0.0	0.48	0.48
蘇拉	0.0	0.53	0.53
蘇拉	0.0	-0.17	0.17
蘇拉	0.0	0.18	0.18
蘇拉	0.0	0.94	0.94
蘇拉	0.0	1.12	1.12
蘇拉	0.0	0.09	0.09
蘇拉	0.0	0.52	0.52

蘇拉颱風陸 警發佈時間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
蘇拉	0.0	0.08	0.08
蘇拉	0.0	0.39	0.39
蘇拉	0.0	0.51	0.51
蘇拉	0.0	-0.88	0.88
蘇拉	0.0	-2.27	2.27
蘇拉	0.0	-1.98	1.98
蘇拉	0.0	-2.02	2.02
蘇拉	0.0	-1.58	1.58
蘇拉	0.0	-0.39	0.39
蘇拉	0.0	-0.52	0.52
蘇拉	0.0	-0.38	0.38
	250.5	126.14	MAPE 1.44%

第三節 路徑3-由台灣東部登陸及通過台灣中部 向西或西北離開

一、預測結果分析

表 4-8 為路徑 3 預測線性迴歸模式之模式摘要。即顯示出模式的適合度量數，可以看出達到 0.207。

表4-8 路徑3預測線性迴歸模式之模式摘要

模式	R	R ²	調整後的 R ²
1	.455	.207	.192

而表 4-9 為路徑 3 預測線性迴歸模式其單因子變異數分析之結果。主要是可以反映出線性迴歸模式是否具有顯著的預測能力，可以看出 F 值為 14.105，而顯著性為 0.000(<0.001)，已達顯著水準，故表示本線性迴歸模式是具有顯著預測能力。

表4-9 路徑3預測線性迴歸模式之單因子變異數分析結果

模式	平方和	df	平均平方和	F	顯著性	
1	迴歸	6734.789	6	1122.465	14.105	.000***
	殘差	25782.898	324	79.577		
	總數	32517.688	330			

圖 4-2 為路徑 3 迴歸標準化殘差的常態圖，可以看出形成約 45 度角的直線，即殘差的機率分配接近常態機率分配，代表預測結果相當不錯。

迴歸標準化殘差的常態 P-P 圖

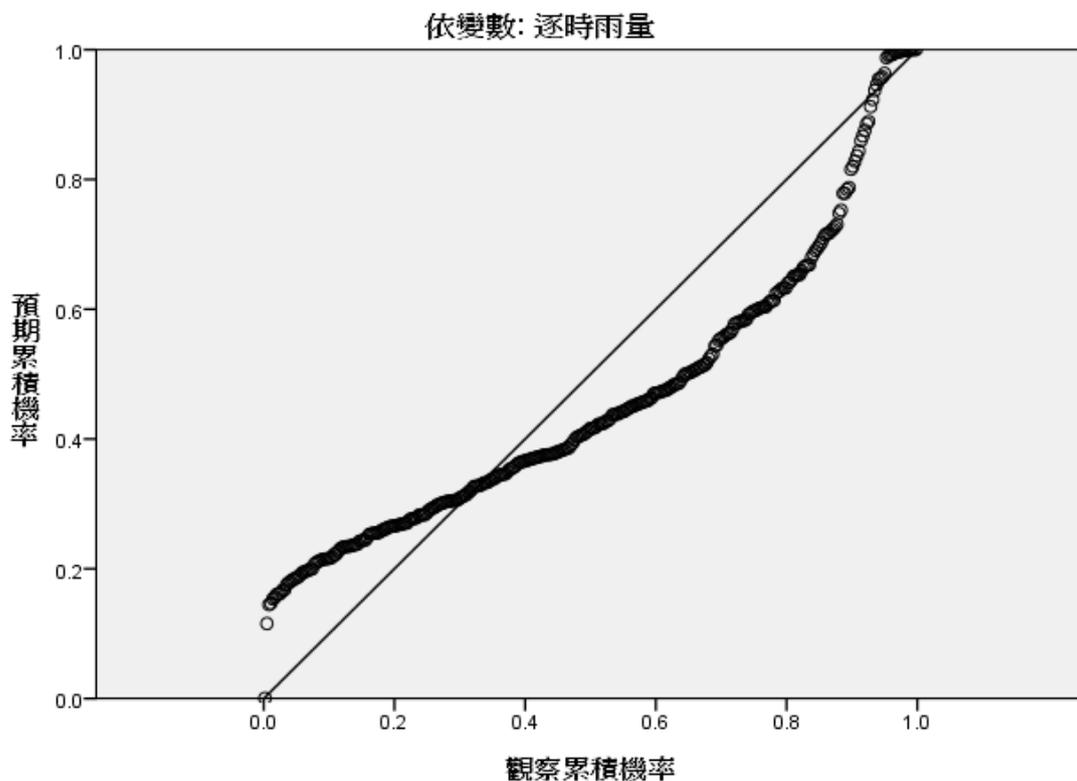


圖4-2 路徑3迴歸標準化殘差的常態圖

表 4-10 為路徑 3 預測線性迴歸模式之迴歸係數。可以看出其模式參數的分佈情形。將其表示成方程式的形式如下：

$$\text{路徑 3 雨量值}(Y) = 64.952 + (-0.012) * \text{風向} + 0.333 * \text{風速} + (-1.990) * \text{溫度} +$$

$(-0.013) * \text{露點} + (-0.009) * \text{海平面氣壓} + 0.029 * \text{相對濕度}$

表4-10 路徑3預測線性迴歸模式之迴歸係數

類別	參數估計值	標準誤差	t 值	顯著性
常數	64.952	22.464		2.891
風向	-.012	.005	-.138	-2.493
風速	.333	.068	.252	4.913
溫度	-1.990	.508	-.371	-3.919
露點	-.013	.045	-.015	-.287
海平面氣壓	-.009	.010	-.046	-.930
相對濕度	.029	.077	.035	.380

二、驗證結果分析

表 4-11 為路徑 3 預測之驗證結果。可以看出 MAPE 值為 3.18%，小於 10%，為高度精確。

表4-11 路徑3預測之驗證結果

莫拉克颱風 陸警發佈時 間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
莫拉克	0.0	-1.66	1.66
莫拉克	0.0	-2.92	2.92
莫拉克	0.0	-5.55	5.55
莫拉克	0.0	-4.77	4.77
莫拉克	0.0	-5.38	5.38
莫拉克	0.0	5.48	5.48
莫拉克	0.0	-1.32	1.32
莫拉克	0.0	-2.35	2.35
莫拉克	0.5	-0.17	0.67
莫拉克	0.5	0.41	0.09
莫拉克	2.5	12.40	9.90
莫拉克	0.0	3.08	3.08
莫拉克	0.0	3.19	3.19
莫拉克	0.0	2.37	2.37

莫拉克颱風 陸警發佈時 間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
莫拉克	0.0	2.81	2.81
莫拉克	0.0	3.19	3.19
莫拉克	0.0	2.86	2.86
莫拉克	0.0	2.77	2.77
莫拉克	0.0	2.04	2.04
莫拉克	0.0	1.44	1.44
莫拉克	0.0	2.97	2.97
莫拉克	0.5	5.06	4.56
莫拉克	1.0	5.19	4.19
莫拉克	0.5	1.75	1.25
莫拉克	0.0	-3.33	3.33
莫拉克	0.0	1.09	1.09
莫拉克	0.0	0.28	0.28
莫拉克	0.0	3.92	3.92
莫拉克	7.0	10.84	3.84
莫拉克	3.0	8.82	5.82
莫拉克	0.0	7.37	7.37
莫拉克	0.5	9.43	8.93
莫拉克	9.5	8.60	0.90
莫拉克	1.5	10.02	8.52
莫拉克	2.0	10.62	8.62
莫拉克	11.0	10.53	0.47
莫拉克	3.0	10.33	7.33
莫拉克	0.5	10.79	10.29
莫拉克	2.5	6.71	4.21
莫拉克	2.5	5.52	3.02
莫拉克	14.0	8.45	5.55
莫拉克	22.0	6.64	15.36
莫拉克	5.0	3.18	1.82
莫拉克	1.0	7.51	6.51
莫拉克	0.0	7.04	7.04
莫拉克	0.0	2.38	2.38
莫拉克	0.0	2.88	2.88
莫拉克	1.0	4.84	3.84

莫拉克颱風 陸警發佈時 間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
莫拉克	2.0	4.76	2.76
莫拉克	1.0	2.81	1.81
莫拉克	0.5	0.96	0.46
莫拉克	0.5	5.60	5.10
莫拉克	1.5	8.69	7.19
莫拉克	0.5	-1.22	1.72
莫拉克	1.0	1.77	0.77
莫拉克	1.0	2.57	1.57
莫拉克	3.5	1.43	2.07
莫拉克	0.5	3.64	3.14
莫拉克	2.5	3.97	1.47
莫拉克	4.5	5.29	0.79
莫拉克	1.0	4.93	3.93
莫拉克	1.5	4.31	2.81
莫拉克	2.5	5.15	2.65
莫拉克	1.5	5.49	3.99
莫拉克	2.5	5.80	3.30
莫拉克	4.5	6.76	2.26
莫拉克	3.5	6.67	3.17
莫拉克	4.5	6.27	1.77
莫拉克	1.5	7.35	5.85
莫拉克	1.5	-71.75	73.25
莫拉克	1.0	5.68	4.68
莫拉克	0.0	4.35	4.35
莫拉克	0.0	3.74	3.74
莫拉克	0.5	5.31	4.81
莫拉克	1.0	6.17	5.17
莫拉克	2.5	7.01	4.51
莫拉克	2.5	5.16	2.66
莫拉克	1.5	4.94	3.44
莫拉克	2.0	4.45	2.45
莫拉克	0.5	1.97	1.47
莫拉克	0.0	3.09	3.09
莫拉克	0.0	2.07	2.07

莫拉克颱風 陸警發佈時 間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
莫拉克	0.0	2.89	2.89
莫拉克	0.0	3.48	3.48
莫拉克	0.0	5.70	5.70
莫拉克	0.0	5.13	5.13
莫拉克	0.0	4.60	4.60
莫拉克	0.0	5.18	5.18
莫拉克	0.0	6.00	6.00
莫拉克	0.0	5.21	5.21
莫拉克	0.0	8.63	8.63
莫拉克	0.0	7.87	7.87
莫拉克	0.0	6.05	6.05
莫拉克	0.0	5.06	5.06
莫拉克	0.5	5.00	4.50
	147.0	333.4	MAPE 3.18%

第四節 路徑4-由台灣南部登陸及通過台灣中部 向西或西北離開

一、預測結果分析

表 4-12 為路徑 4 預測線性迴歸模式之模式摘要。即顯示出模式的適合度量數，可以看出達到 0.294。

表4-12 路徑4預測線性迴歸模式之模式摘要

模式	R	R ²	調整後的 R ²
1	.542	.294	.253

而表 4-13 為路徑 4 預測線性迴歸模式其單因子變異數分析之結果。主要是可否反映出線性迴歸模式具有顯著的預測能力，由表看出 F 值為 7.225，而顯著性為 0.000(<0.001)，已達顯著水準，故表示本線性迴歸模式

是具有顯著預測能力。

表4-13 路徑4預測線性迴歸模式之單因子變異數分析結果

模式		平方和	df	平均平方和	F	顯著性
1	迴歸	6142.145	6	1023.691	7.225	.000***
	殘差	14734.510	104	141.678		
	總數	20876.656	110			

圖 4-3 為路徑 4 迴歸標準化殘差的常態圖，可以看出形成小於 45 度角的直線，即殘差的機率分配較不接近常態機率分配，代表預測結果較其他稍差。

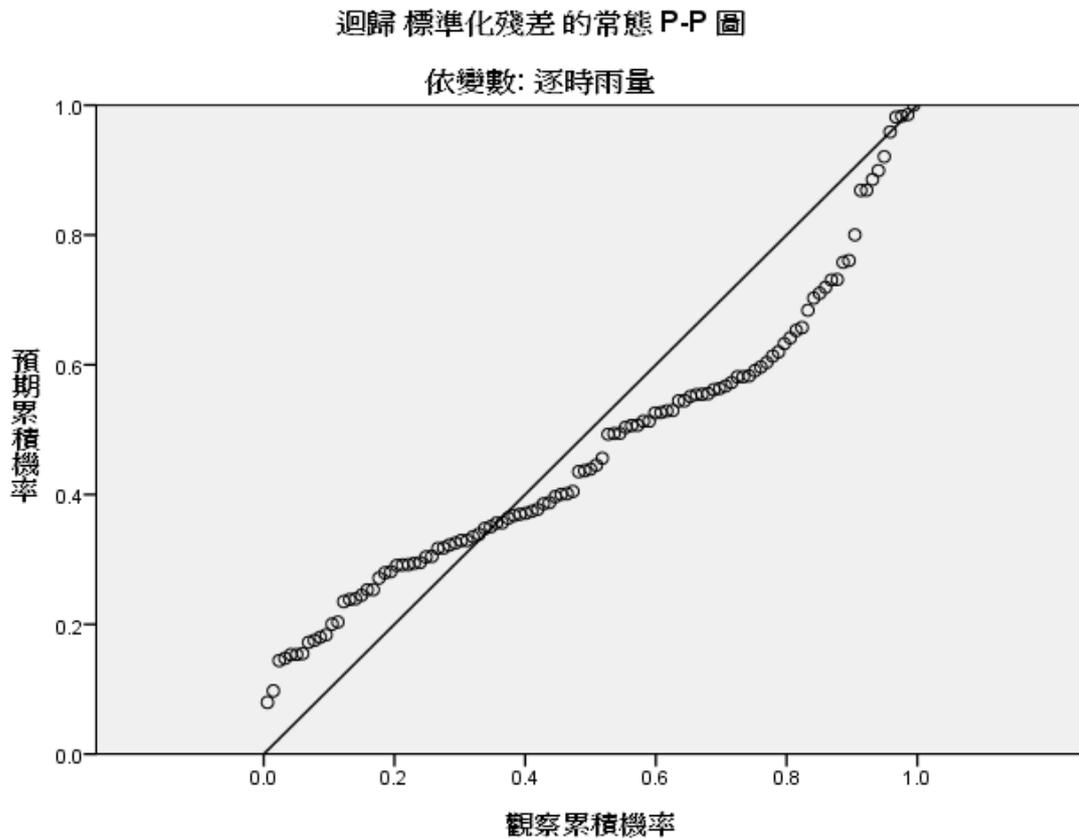


圖4-3 路徑4迴歸標準化殘差的常態圖

表 4-14 為路徑 4 預測線性迴歸模式之迴歸係數。可以看出其模式參數

的分佈情形。其方程式的形式表示如下：

$$\text{路徑 4 雨量值}(Y) = -60.961 + 0.008 * \text{風向} + 1.063 * \text{風速} + 0.959 * \text{溫度} + (-0.643) \\ * \text{露點} + 0.001 * \text{海平面氣壓} + 0.606 * \text{相對濕度}$$

表4-14 路徑4預測線性迴歸模式之迴歸係數

類別	參數估計值	標準誤差	t 值	顯著性
常數	-60.961	37.292		-1.635
風向	.008	.012	.063	.690
風速	1.063	.301	.312	3.533
溫度	.959	1.123	.123	.853
露點	-.643	.547	-.125	-1.175
海平面氣壓	.001	.001	.036	.432
相對濕度	.606	.169	.579	3.578

二、驗證結果分析

表 4-15 為路徑 4 預測之驗證結果。可以看出 MAPE 值為 13.86%，介於 10~20%，為良好。但為四組模式中效果最差，而從方程式中可以看出，除了常數以外，而以風速的參數值為最大（1.063），其次為溫度（0.959），第三為相對濕度（0.606），其他各組中並未有超過 0.6 以上的參數，說明風速、溫度及相對濕度參數會造成影響模式的預測結果。

表4-15 路徑4預測之驗證結果

南瑪都颱風 陸警發佈時 間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
南瑪都	0.5	3.19	2.69
南瑪都	0.0	1.68	1.68
南瑪都	0.0	4.24	4.24
南瑪都	0.6	8.82	8.22
南瑪都	0.8	8.10	7.30
南瑪都	1.0	8.03	7.03
南瑪都	1.0	7.03	6.03
南瑪都	1.0	7.05	6.05

南瑪都颱風 陸警發佈時 間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
南瑪都	1.0	8.61	7.61
南瑪都	1.0	9.81	8.81
南瑪都	1.0	7.94	6.94
南瑪都	1.0	7.07	6.07
南瑪都	1.0	6.46	5.46
南瑪都	0.8	7.39	6.59
南瑪都	0.8	5.21	4.41
南瑪都	1.0	11.50	10.50
南瑪都	1.0	8.51	7.51
南瑪都	1.0	10.12	9.12
南瑪都	1.0	6.08	5.08
南瑪都	1.0	8.56	7.56
南瑪都	1.0	9.15	8.15
南瑪都	0.8	6.48	5.68
南瑪都	0.5	7.34	6.84
南瑪都	1.0	10.42	9.42
南瑪都	0.5	8.94	8.44
南瑪都	0.9	8.12	7.22
南瑪都	1.0	8.20	7.20
南瑪都	1.0	8.24	7.24
南瑪都	1.0	4.20	3.20
南瑪都	1.0	8.80	7.80
南瑪都	1.0	5.21	4.21
南瑪都	1.0	5.79	4.79
南瑪都	1.0	6.59	5.59
南瑪都	1.0	9.53	8.53
南瑪都	1.0	14.87	13.87
南瑪都	1.0	12.36	11.36
南瑪都	1.0	11.43	10.43
南瑪都	0.5	10.46	9.96
南瑪都	0.8	6.67	5.87
南瑪都	0.8	8.52	7.72
南瑪都	0.3	10.39	10.09
南瑪都	0.2	3.43	3.23

南瑪都颱風 陸警發佈時 間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
南瑪都	0.3	4.46	4.16
南瑪都	0.8	5.13	4.33
南瑪都	0.8	6.22	5.42
南瑪都	0.9	6.95	6.05
南瑪都	1.0	7.16	6.16
南瑪都	1.0	8.87	7.87
南瑪都	0.8	7.79	6.99
南瑪都	0.0	8.67	8.67
南瑪都	0.0	6.62	6.62
南瑪都	0.0	5.55	5.55
南瑪都	0.0	5.21	5.21
南瑪都	0.0	3.11	3.11
南瑪都	0.0	6.04	6.04
南瑪都	0.0	6.76	6.76
南瑪都	0.0	8.43	8.43
南瑪都	0.0	8.30	8.30
南瑪都	0.0	8.80	8.80
南瑪都	0.0	10.40	10.40
南瑪都	0.0	8.77	8.77
南瑪都	0.0	7.09	7.09
南瑪都	0.0	1.15	1.15
南瑪都	0.0	5.60	5.60
南瑪都	0.5	8.68	8.18
南瑪都	1.0	8.37	7.37
南瑪都	1.0	7.66	6.66
南瑪都	1.0	7.07	6.07
南瑪都	1.0	4.94	3.94
南瑪都	0.3	3.14	2.84
南瑪都	0.0	2.48	2.48
南瑪都	0.0	3.91	3.91
南瑪都	0.0	6.80	6.80
南瑪都	0.0	2.51	2.51
南瑪都	0.0	3.05	3.05
南瑪都	0.0	3.89	3.89

南瑪都颱風 陸警發佈時 間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
南瑪都	0.0	4.67	4.67
南瑪都	0.0	3.19	3.19
南瑪都	0.0	0.94	0.94
南瑪都	0.0	3.80	3.80
南瑪都	0.0	5.22	5.22
南瑪都	0.0	7.44	7.44
南瑪都	0.0	4.52	4.52
南瑪都	0.0	1.59	1.59
	45.2	571.5	MAPE 13.86%

第五節 2、3、4類合成路徑之預測結果

一、預測結果分析

表 4-16 為 2、3、4 類合成路徑預測線性迴歸模式之模式摘要。即顯示出模式的適合度量數，可以看出達到 0.176。

表4-16 2、3、4類合成路徑預測線性迴歸模式之模式摘要

模式	R	R ²	調整後的 R ²
1	.420	.176	.171

表 4-17 為 2、3、4 類合成路徑預測線性迴歸模式其單因子變異數分析之結果。主要是反映出線性迴歸模式是否具有顯著的預測能力，可以看出 F 值為 31.143，而顯著性為 0.000(<0.001)，已達顯著水準，故表示本線性迴歸模式是具有顯著預測能力。

表4-17 2、3、4類合成路徑預測線性迴歸模式之單因子變異數分析結果

模式	平方和	df	平均平方和	F	顯著性	
1	迴歸	12104.184	6	2017.364	31.143	.000***
	殘差	56550.700	873	64.777		
	總數	68654.884	879			

圖 4-4 為 2、3、4 類合成路徑迴歸標準化殘差的常態圖，可以看出形成約 45 度角的直線，即殘差的機率分配接近常態機率分配，代表預測結果相當不錯。

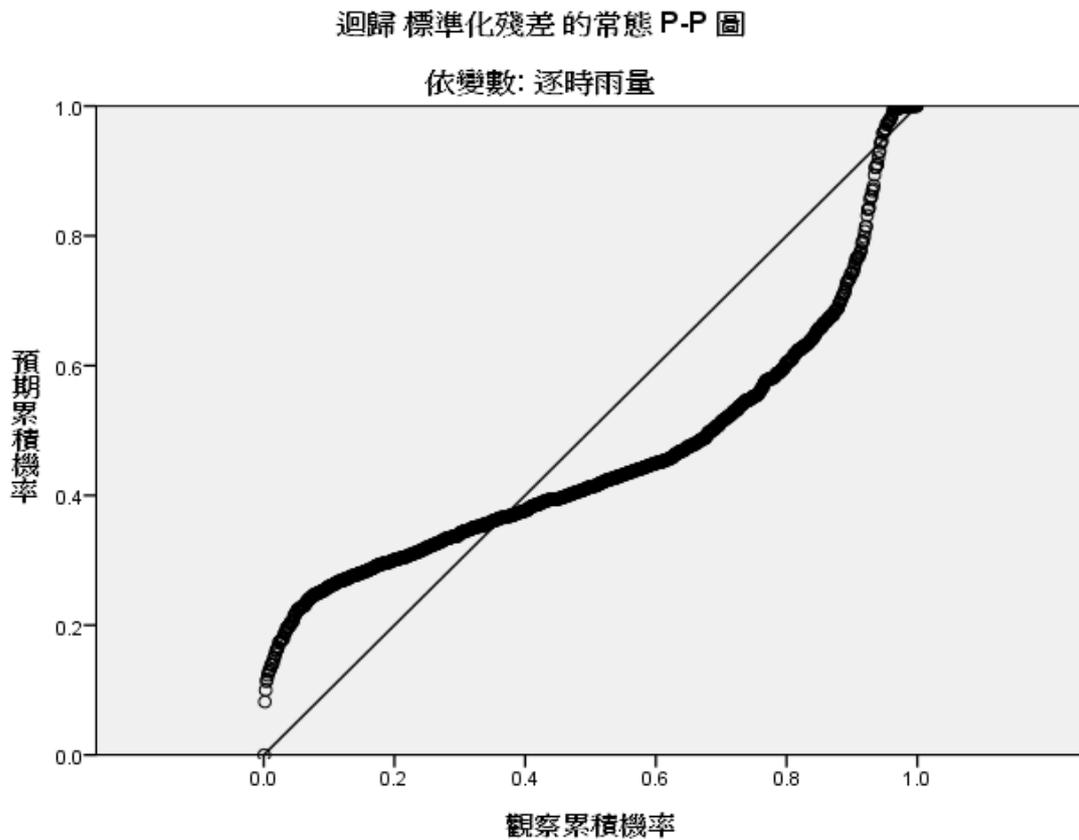


圖4-4 2、3、4類合成路徑迴歸標準化殘差的常態圖

表 4-18 為 2、3、4 類合成路徑預測線性迴歸模式之迴歸係數。可以看出其模式參數的分佈情形。以方程式的形式表示如下：

$$234 \text{ 類路徑雨量值}(Y) = 17.445 + (-0.006) * \text{風向} + 0.417 * \text{風速} + (-0.972) * \text{溫度} + (-0.032) * \text{露點} + (0.000) * \text{海平面氣壓} + 0.139 * \text{相對濕度}$$

表4-18 2、3、4類合成路徑預測線性迴歸模式之迴歸係數

類別	參數估計值	標準誤差	t 值	顯著性
常數	17.445	9.683		
風向	-.006	.003	-.077	-2.244
風速	.417	.050	.272	8.272
溫度	-.972	.252	-.203	-3.855
露點	-.032	.040	-.025	-.789
海平面氣壓	.000	.000	-.018	-.571
相對濕度	.139	.040	.178	3.471

二、驗證結果分析

表 4-19 為 2、3、4 類合成路徑預測之驗證結果。可以看出 MAPE 值為 1.71%，小於 10%，為高度精確。預測效果為四組最佳，雖然 MAPE 值為第二，但預測雨量與實際雨量只相差 4mm（實際為 250.5mm，預測為 246.40 mm），故應以全部颱風進行預測其效果會最佳。

表4-19 2、3、4類合成路徑預測之驗證結果

蘇拉颱風陸警發佈時間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際-預測)絕對值
蘇拉	1.0	6.67	5.67
蘇拉	0.5	5.74	5.24
蘇拉	4.0	6.11	2.11
蘇拉	6.5	6.06	0.44
蘇拉	2.0	5.98	3.98
蘇拉	0.5	4.02	3.52
蘇拉	2.0	3.98	1.98
蘇拉	1.5	5.74	4.24
蘇拉	0.0	4.89	4.89
蘇拉	0.0	2.74	2.74
蘇拉	0.0	4.73	4.73

蘇拉颱風陸 警發佈時間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
蘇拉	0.5	2.33	1.83
蘇拉	3.5	6.53	3.03
蘇拉	2.0	5.19	3.19
蘇拉	0.0	5.97	5.97
蘇拉	3.0	4.49	1.49
蘇拉	1.0	5.83	4.83
蘇拉	6.0	3.09	2.91
蘇拉	3.0	7.09	4.09
蘇拉	3.5	1.75	1.75
蘇拉	1.0	1.88	0.88
蘇拉	5.0	3.99	1.01
蘇拉	7.5	4.64	2.86
蘇拉	1.0	1.65	0.65
蘇拉	4.5	4.78	0.28
蘇拉	5.5	5.48	0.02
蘇拉	11.5	5.65	5.85
蘇拉	16.0	6.88	9.12
蘇拉	8.5	6.28	2.22
蘇拉	4.5	7.92	3.42
蘇拉	2.5	6.48	3.98
蘇拉	8.5	5.66	2.84
蘇拉	40.0	7.42	32.58
蘇拉	48.5	6.30	42.20
蘇拉	15.0	4.18	10.82
蘇拉	22.5	6.82	15.68
蘇拉	3.0	6.43	3.43
蘇拉	1.5	3.66	2.16
蘇拉	0.5	5.70	5.20
蘇拉	0.0	5.55	5.55
蘇拉	0.0	1.67	1.67
蘇拉	0.0	1.50	1.50
蘇拉	0.0	0.32	0.32
蘇拉	0.0	1.82	1.82
蘇拉	0.0	2.09	2.09
蘇拉	1.5	1.99	0.49

蘇拉颱風陸 警發佈時間	逐時雨量-實際	逐時雨量-預測	逐時雨量(實際- 預測)絕對值
蘇拉	1.5	2.55	1.05
蘇拉	0.0	4.26	4.26
蘇拉	0.0	3.81	3.81
蘇拉	0.0	2.84	2.84
蘇拉	0.0	3.10	3.10
蘇拉	0.0	2.52	2.52
蘇拉	0.0	3.21	3.21
蘇拉	0.0	3.97	3.97
蘇拉	0.0	4.24	4.24
蘇拉	0.0	3.62	3.62
蘇拉	0.0	4.23	4.23
蘇拉	0.0	3.44	3.44
蘇拉	0.0	3.85	3.85
蘇拉	0.0	2.61	2.61
蘇拉	0.0	-0.18	0.18
蘇拉	0.0	-2.71	2.71
蘇拉	0.0	-2.58	2.58
蘇拉	0.0	-3.13	3.13
蘇拉	0.0	-3.23	3.23
蘇拉	0.0	-2.18	2.18
蘇拉	0.0	-1.94	1.94
蘇拉	0.0	-1.59	1.59
	250.5	246.40	MAPE 1.71%

第五章 結論與建議

第一節 結論

綜合上述各模式預測結果顯示如后：

1. 路徑 2 預測線性迴歸模式的 R^2 達到 0.175。其 F 值為 8.934，而顯著性為 0.000(<0.001)，已達顯著水準，表示模型具顯著預測能力。其方程式形式表示：路徑 2 雨量值(Y) = $-49.434 + (-0.004) * \text{風向} + 0.542 * \text{風速} + 1.036 * \text{溫度} + (-0.689) * \text{露點} + (-7.609E-5) * \text{海平面氣壓} + 0.451 * \text{相對濕度}$ 。
2. 路徑 3 預測線性迴歸模式的 R^2 達到 0.207。其 F 值為 14.105，而顯著性為 0.000(<0.001)，已達顯著水準，表示模型具顯著預測能力。其方程式形式表示：路徑 3 雨量值(Y) = $64.952 + (-0.012) * \text{風向} + 0.333 * \text{風速} + (-1.990) * \text{溫度} + (-0.013) * \text{露點} + (-0.009) * \text{海平面氣壓} + 0.029 * \text{相對濕度}$ 。
3. 路徑 4 預測線性迴歸模式的 R^2 達到 0.294。其 F 值為 14.105，而顯著性為 0.000(<0.001)，已達顯著水準，表示模型具有顯著預測能力。其方程式的形式表示：路徑 4 雨量值(Y) = $-60.961 + 0.008 * \text{風向} + 1.063 * \text{風速} + 0.959 * \text{溫度} + (-0.643) * \text{露點} + 0.001 * \text{海平面氣壓} + 0.606 * \text{相對濕度}$ 。
4. 2、3、4 類合成路徑預測線性迴歸模式的 R^2 達到 0.176。其 F 值為 31.143，而顯著性為 0.000(<0.001)，已達顯著水準，表示模型具有顯著預測能力。其方程式的形式表示：234 類路徑雨量值(Y) = $17.445 + (-0.006) * \text{風向} + 0.417 * \text{風速} + (-0.972) * \text{溫度} + (-0.032) * \text{露點} + (0.000) * \text{海平面氣壓} + 0.139 * \text{相對濕度}$ 。
5. 所有模式根據 MAPE 評估結果，路徑 2 及不分路徑情況下其 MAPE 數值分別為 1.64% 及 1.71% 較為良好。雖然不分路徑之 MAPE 值為第二

(1.71%)，但預測雨量與實際雨量相差只有 4mm (實際為 250.5mm，預測為 246.40 mm)，研究結果顯示，以全部颱風進行預測其效果可能有較佳之結果。

。

第二節 建議

- 1.未來後續研究者可以嘗試增列其他預測模式，如灰關聯法及氣象衛星資料，以提昇颱風降雨預測精準度。
- 2.建請爾後研究者可考慮採逐時雨量監測數據以改善及提昇預測分析。

參考文獻

一、英文部分

1. Demuth, J. L., M. DeMaria, J. Knaff, and T. H. Vonder Harr, (2004) :
Evaluation of Advanced Microwave Sounding Unit tropical-cyclone
intensity and size estimation algorithm. *J. Appl. Meteor.*, 43, 282-296.
2. Lewis, C. D. (1982), "Industrial and Business Forecasting Methods", London:
Butterworths.
3. Kidder, S. Q., S. J. Kusselson, J. A. Knaff, R. R. Ferraro, R. J. Kuligowski
and M. Turk, (2005) : The tropical rainfall potential (TRaP) technique.
Part I : Description and examples. *Weather and Forecasting*, 20, 456-464.

二、中文部分

1. 王珍貴 (2007)，應用類神經網路模式模擬颱風降雨量，國立成功大學水利及海洋研究所碩士論文。
2. 王時鼎、顏清連、陳泰然與謝信良 (1986)，台灣颱風降雨特性及其預報研究(三)，國家科學委員會防災科技研究報告 74-51，頁 152。
3. 甘秉玄 (2009)，結合聚類分析與人工智慧於颱風時雨量即時預測，中原大學土木工程研究所碩士論文。
4. 石棟鑫 (2001)，台灣地區颱風雨降雨型態之分析研究，國立中央大學土木工程研究所博士論文。
5. 何姿儀 (2005)，應用 SSM/I 衛星觀測資料估算颱風定量降水」國立中央大學大氣物理研究所碩士論文。
6. 吳宗堯與謝信良 (1990)，現有颱風預報成果作業化之研究(三)，國家科學委員會防災科技研究報告 79-37，頁 137。
7. 李昀寰 (2001)，颱風降雨量與風速之統計預測，國立中央大學統計研究

- 所碩士論文。
- 8.李俊賢(2008)，不同隸屬函數應用於西北颱降雨之分析比較，中原大學土木工程研究所碩士論文。
 - 9.林佑蓉(2009)，颱風風雨型態分析辨識與分類氣候法定量推估降雨之研究，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
 - 10.林建發(2000)，颱風降雨量之統計迴歸預測，中央大學統計學研究所碩士論文。
 - 11.林建發(2000)，颱風降雨量之統計迴歸預測，國立中央大學統計研究所碩士論文。
 - 12.林柏承(2000)，應用類神經網路於颱風降雨量的推估，國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。
 - 13.林家幹(2003)，應用衛星資料分析颱風降雨與颱風強度變化之關係，國立中央大學大氣物理研究所碩士論文。
 - 14.林淑玲(2002)，宜蘭地區颱風降雨與地形、空間分布關係之探討，國立中興大學水土保持學系碩士論文。
 - 15.邱昌宏(2011)，應用人工智慧最佳化模式推估颱風降雨量-以北行颱風為研究案例，中華大學土木工程學系碩士班碩士論文。
 - 16.段智懷(2004)，倒傳遞類神經網路小區域颱風降雨預報-前饋式與遞迴式之比較，逢甲大學水利工程所碩士論文。
 - 17.洪景舜(2002)，區域波譜模式在颱風預報上之應用，國防大學中正理工學院應用物理研究所碩士論文。
 - 18.洪維均(2005)，氣象衛星影像應用於雨量即時預報系統之研發，臺灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文。
 - 19.徐福燦(2005)，灰色理論應用於颱風降雨量推估之研究—以嘉義地區為例，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
 - 20.張智昌(2006)，整合氣象雷達與即時降雨資料於颱風降雨推估之研究，

- 臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文。
- 21.梁嘉翔(2008), 案例式推理法推估颱風降雨量研究, 中原大學土木工程研究所碩士論文。
 - 22.莊益誠(2001), 類神經網路模式的資料探勘以颱風降雨分佈為例, 中國文化大學資訊管理研究所碩士論文。
 - 23.許文揚(2006), 應用支援向量迴歸於颱風雨量之預測, 大葉大學工業工程與科技管理學系碩士論文。
 - 24.許伯駿(2005), 颱風降雨特性與土石流關係之分析, 華梵大學環境與防災設計學系碩士班碩士論文。
 - 25.許佳容(2002), 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。
 - 26.陳正斌(2004), 應用模糊理論於颱風降雨量之推估, 國立成功大學水利及海洋工程學系專班碩士論文。
 - 27.陳永強(2004), 利用 AMSU 微波頻道資料估算颱風定量降水, 國防大學中正理工學院應用物理研究所碩士論文。
 - 28.陳亭蓉(2006), 以高斯過程回歸分析台灣中部山區颱風降雨量之空間分佈, 國立臺灣科技大學營建工程系碩士論文。
 - 29.陳奕任(2010), 結合支撐向量機與倒傳遞神經網路於颱風降雨預測之研究, 國立嘉義大學土木與水資源工程學系研究所碩士論文。
 - 30.陳政安(2010), 侵台颱風路徑變化對台灣降雨影響, 中國文化大學地學研究所大氣科學組碩士班碩士論文。
 - 31.陳昱璋(2010), 客觀分離法識別熱帶氣旋降雨雲帶分佈之研究-以莫拉克颱風為例, 中華科技大學土木防災工程研究所碩士論文。
 - 32.陳美心(2006), 熱帶降雨潛勢預報法於侵台颱風定量降雨預報之校驗分析, 臺灣大學大氣科學研究所碩士論文。
 - 33.曾印堂(2006), 台灣地區颱風降雨量預測之長時間追蹤資料迴歸模式,

- 國立中央大學統計研究所碩士論文。
- 34.曾治璋(2009),應用適應性模糊類神經系統於台灣地區汽車銷售預測,國立臺灣科技大學工業管理系碩士論文。
- 35.項義華(2002),應用SSM/I衛星資料分析桃芝與納莉颱風之降雨及海氣參數的變化,國立中央大學大氣物理研究所碩士論文。
- 36.黃丰儀(2010),颱風移動路徑與累積降雨關係之研究,屏東科技大學水土保持系所碩士論文。
- 37.黃世承(2002),資料探勘在颱風降雨量與風速預測上之應用,國立中央大學統計研究所碩士論文。
- 38.黃明宏(2008),格網型類神經網路颱風降雨量模擬試驗,國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
- 39.黃泳樹(2006),西北颱降雨分析,中原大學土木工程研究所碩士論文。
- 40.黃謙順、陳熙揚、戴文彬、蔡敦仁、莊益誠(2001),類神經網路應用於颱風降雨量的資料探勘,第一屆離島資訊技術與應用研討會,頁235-244。
- 41.楊政潭(2003),雷達回波應用於颱風降雨空間分佈與總量之研究—以納莉颱風為例,國立中央大學水文所碩士論文。
- 42.葉天降、樊采虹與李昀寰(2001),台灣地區颱風降水之迴歸預測(一)台北颱風降水線性迴歸預測模式。大氣科學,29期,頁77-95。
- 43.趙俊傑(2011),SSM/I衛星資料在颱風降雨潛勢預報上之應用,國立中央大學大氣物理研究所博士論文。
- 44.鳳錦暉(2004),TRMM衛星降雨雷達資料在颱風降雨強度及結構之分析,國防大學中正理工學院應用物理研究所碩士論文。
- 45.蔡孟蓉(2006),類神經網路結合衛星影像預報颱風降雨量,臺灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文。
- 46.蔡宜君(2012),使用偏極化/多都卜勒雷達資料研究莫拉克颱風(2009)

- 地形降雨特性，國立中央大學大氣物理研究所碩士論文。
- 47.蔡祐竹（2010），應用人工智慧模式預測石門水庫颱風降雨之研究，中華大學土木工程學系碩士班碩士論文。
- 48.鍾承儒（2012），應用衛星資料估算西行侵台颱風降雨潛勢之研究，國立中央大學大氣物理研究所碩士論文。
- 49.羅竣文（2010），應用類神經網路於颱風降雨量即時預報之研究，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。