

# 以倒傳遞類神經網路建構颱風降雨預測模式

童偉安<sup>[1]</sup> 謝平城<sup>[2\*]</sup>

**摘 要** 颱風挾帶的龐大雨量為台灣中南部地區的主要降水之一，颱風降雨雖能緩和中南部地區乾旱情形，但有時亦會造成災害。其降雨量除了受颱風本身特性影響外，降雨地區之地文因子亦為影響因素，且這些因子與降雨量間多為非線性相關。本研究係以倒傳遞類神經網路建構一個預測台灣西部之特定雨量站於颱風侵台期間的總降雨量之模式。目前雖已有以倒傳遞類神經網路建構颱風期間即時降雨預測之研究，本文有別於以往之研究，目標為建構一組於颱風侵台前，利用位於台灣東部之氣象站資訊、中央氣象局之觀測資料及預測資料，即可預測台灣西部某特定雨量站於颱風侵台期間所帶來的總降雨量之模式。

關鍵詞：颱風降雨預測、倒傳遞類神經網路

## Establishing a Back-propagation Neural Networks to Forecast the Total Rainfall of a Typhoon Event

Wei-An Tong<sup>[1]</sup> Ping-Cheng Hsieh<sup>[2\*]</sup>

**ABSTRACT** The abundant rainfall brought by a typhoon event is the main source of precipitation in mid-south Taiwan. Although the rainfall can soften the drought problem in the area, it might also cause a disaster. Typhoon rainfall is impacted by its characteristics and the geomorphic factors of the local area, and most of the factors' correlations with rainfall are non-linearly correlated. There are few researches about the real time forecasting of rainfall during the typhoon event. In this study, our purpose is to build a back-propagation neural networks model which can forecast the total rainfall at a specific area in west Taiwan when typhoon is coming, with the information from rain-gauge station in east Taiwan and the Central Weather Bureau.

**Key Words:** Typhoon rainfall forecasting, Back-propagation Neural Network

---

[1] 國立中興大學水土保持學系碩士生

Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichng 402, Taiwan

[2] 國立中興大學水土保持學系教授(\* 通訊作者 E-mail: [pchsieh@nchu.edu.tw](mailto:pchsieh@nchu.edu.tw))

Professor, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichng 402, Taiwan

## 一、前言

台灣位於亞熱帶季風氣候區，終年多雨，且年雨量為世界降雨量平均值之 2.6 倍。然因台灣本島地勢多變、坡陡流急，且降雨於時間及空間上之分布極度不均勻，導致蓄水不易；加上台灣地狹人稠，每用水人每年所分配用水量更為世界平均值之七分之一，故台灣雖擁豐沛降雨量，但依然為聯合國所認定之缺水地區之一。

中南部為台灣最常拉起缺水警報的地區，因該地區降雨集中於每年五到十月的颱風季，然而每逢颱風來臨，雖然解決了乾旱問題，卻也常造成洪災。若是能建構一組長時據預測颱風所帶來雨量的模式，在颱風入侵台灣中南部時即可預估此次颱風所帶來的總雨量，如此一來除了可以防洪避難，對於水資源的利用也有極大的幫助。

## 二、文獻回顧

倒傳遞類神經網路因具有能解高度非線性問題之特性，而被大量應用於水文預測之相關問題上，如地下水位之預測(黃俊霖等, 2013; 徐年盛等, 2009)、颱風暴潮預測(曾志民, 2010)而颱風降雨量亦為近年來利用類神經網路的預測目標之一，不過近年來關於颱風雨量之預測皆為即時降雨預測，並無總降雨量預測模式之研究。

張斐章等(2007)透過複迴歸分析、倒傳遞類神經網路以及輻狀基底函數網路，分別架構淡水氣象站颱風時期下一時刻之定量降雨預報模式。模式輸入資料為 23 場颱風事件之觀測時雨量及 GMS-5 衛星影像資料。此外，為有效減少輸入維度，研究中以平均值法及主成份分析法於資料前處理過程中針對 27 個雲頂溫度值進行分析。藉由上述模式與不同輸入組合測試可得知，預報之成果以輻狀基底函數網路最佳，其所建立之雨量預報相較於複迴歸模式在精確度上有 12.4% 的改善；而在模式輸入

組合部份則以主成份分析法縮減之輸入組合優於各方案，相較於僅以雨量為輸入之方案有 8.5% 之改善。證實類神經網路結合衛星影像資料確實能有效建立精確之颱風降雨預報。李鴻源等(2007)利用中正機場都卜勒雷達資料以及石門水庫上游集水區之各雨量站資料，配合類神經網路建立一套在颱風期間降雨量的即時推估系統，尋找出雷達回波資料與降雨量間之最佳關係式，並且進行定量降雨的分析，進而提供未來建立集水區相關水文模式的基礎。王珍貴(2000)應用倒傳遞類神經網路建立颱風降雨推估模式，透過倒傳遞網路的非線性關係的處理能力，將複雜的颱風降雨機制記憶在類神經網路架構內，以達到推估颱風降雨量之目的。研究中以曾文水庫管理中心的曾文電傳雨量站為例，採雨量站多個連續時段的颱風中心位置、風速、氣壓、七級暴風半徑、特性參數等颱風特性資料及雨量站降雨量、風速、相對溼度、露點溫度及地形參數等資料，推估目標時段降雨量，並具有不錯的精度可供未來更進一步的應用與研究。

而颱風總降雨量預測之相關研究則有陳昶憲等(2006)利用颱風之行進方向、經緯度、風速、速度等較完整且較易取得的氣象因子，以案例式推理之歐幾里得距離法及權重相似度法，比對歷史颱風找出相似度最高者，以其預測颱風降雨空間分布，再利用對降雨量影響最大的氣壓參數進行回歸分析以逕行降雨量推估修正。分析結果顯示，降雨量預測準確率可達百分之七十至七十五，降雨中心位置預測上，歐幾里得距離法預測誤差大致在相鄰兩縣市之間。

## 三、理論概述

倒傳遞類神經網路(Back Propagation Neural Network, BPNN)屬多層前饋式網路的一種監督式學習法，藉由輸入-輸出(input-output pairs)的觀測資料以建立輸入與

輸出信號間的映射關係，其類神經網路架構為多層感知器(Multilayer Perceptron, MLP)，學習演算法為誤差到傳遞(Error Back Propagation, EBP)演算法，簡稱為BP(Back Propagation)演算法，其學習目的在降低網路輸出值與目標輸出值間的差距，透過修改各層神經元的權重與偏權值，使誤差值達到容忍誤差範圍之內。其優點為學習精度高、回想速度快，為目前最具代表性且應用最普遍的類神經網路模式。

到傳遞類神經網路之架構如圖 3-1 所示，包含輸入層、隱藏層及輸出層，每層架構中都包含了數個神經元，神經元是網路系統中最小的訊息處理及傳遞單元，其中包含了一組權重、輸入信號疊加器、活化函數，如圖 3-2 所示。由權重連結各層內之神經元，將輸入訊號由輸入層傳入隱藏層，於隱藏層中加權計算並透過活化函數轉換處理後傳遞至輸出層計算網路輸出值。其數學式可表示如下：

$$y_j^n = f(\text{net}_j^n) \quad (3-1)$$

$$f(\text{net}_j^n) = f(\sum_i w_{ij}^n y_i^{n-1}) + b_j^n \quad (3-2)$$

$y_j^n$  為第  $n$  層第  $j$  個神經元輸出訊號； $f(\text{net}_j^n)$  為神經元的活化函數； $\text{net}_j^n$  為第  $n-1$  層輸出值的權重累加值； $w_{ij}^n$  為第  $n$  層第  $j$  個神經元與第  $n-1$  層第  $i$  個神經元的連結權重， $b_j^n$  為第  $n$  層第  $j$  個神經元的偏權值。誤差函數  $E$  定義為：

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (d_k - y_k)^2 \quad (3-3)$$

$d_k$  為第  $k$  個神經元的目標輸出值， $y_k$  為輸出層第  $k$  個神經元的網路輸出值。

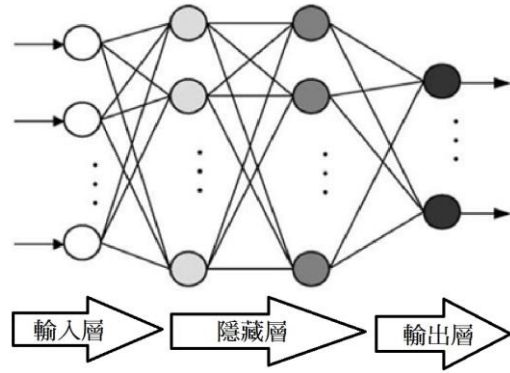


圖 3-1 類神經網路架構圖 (圖片來源：修改自

Chaing, Y.M., “Comparison of static-feedforward and dynamic-feedback neural networks for rainfall-runoff modeling”)

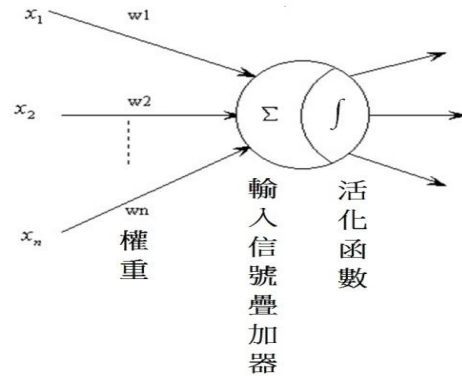


圖 3-2 類神經元圖(圖片來源：修改自網路)

## 四、研究方法與結果

### 1. 資料蒐集

本研究之資料分為颱風特性及雨量站特性兩類，分別說明如下：

#### a. 颱風特性

本研究自中央氣象局颱風資料庫搜集自 1990 年至 2012 年間侵台路徑編號 2、3 號颱風之特性資料(圖 4-1, 台灣颱風路徑編號圖)，包括：生命期近中心最低氣壓、近臺近中心最大風速、近臺 7 級風暴風半徑、近臺 10 級風暴風半徑，再由颱風路徑資料計算個颱風於侵台前之移動速度及強度(表 4-1)。另外於台灣東部宜蘭、花蓮各選兩個靠海岸之自計式雨量站於颱風侵台前期之降雨量作為颱風特性資料，分別選擇宜蘭武塔、冬山雨量站，與花蓮豐濱、北浦雨量站(表 4-2、表 4-3)。

## b. 雨量站特性

本研究自中央氣象局颱風資料庫搜集了桃園、新竹、苗栗、台中、彰化、雲林、嘉義等 7 個城市之自計式雨量站於上述 23 場侵台颱風之降雨資料，提供作為網路訓練輸入向量和輸出目標值。

## 2. 輸入因子

輸入因子除颱風特性外，另外加入了雨量站特性，經過回歸分析後採用雨量站高程與颱風侵台前 6 小時中心位置與雨量站之距離作為雨量站特性之輸入因子，其回歸分析如下所示：

雨量站高程與颱風降雨量之迴歸分析分別取 2012 年蘇拉颱風於桃園、新竹、苗栗三縣市內之總降雨量及 2008 年鳳凰颱風於台中、彰化、雲林、嘉義四縣市內之總降雨量與雨量站高程作回歸分析，如圖 4-2、圖 4-3 所示。

颱風侵台前 6 小時之中心位置距雨量站之距離與颱風總降雨量之回歸分析，於七個縣市內各取一個雨量資料最為完整之自計式雨量站與上述颱風作回歸分析，其結果如圖 4-4 所示。



圖 4-1 台灣颱風路徑編號圖(資料來源：中央氣象局颱風資料庫)

表 4-1 1990-2012 年 2、3 號路徑颱風列表(修改自中央氣象局颱風資料庫)

年份	中文名稱	英文名稱	侵臺路徑分類	近臺強度	最低氣壓 (hPa)	最大風速 (m/s)	7 級風暴風半徑	10 級風暴風半徑
2012	蘇拉	<a href="#">SAOLA</a>	2	中度	960	38	220	80
2009	莫拉克	<a href="#">MORAKOT</a>	3	中度	955	40	250	100
2008	薔蜜	<a href="#">JANGMI</a>	2	強烈	925	53	280	100
2008	辛樂克	<a href="#">SINLAKU</a>	2	強烈	925	51	250	100
2008	鳳凰	<a href="#">FUNG-WONG</a>	3	中度	948	43	220	80
2008	卡玫基	<a href="#">KALMAEGI</a>	2	中度	970	33	120	50
2007	柯羅莎	<a href="#">KROSA</a>	2	強烈	925	51	300	120
2007	聖帕	<a href="#">SEPAT</a>	3	強烈	920	53	250	100
2006	凱米	<a href="#">KAEMI</a>	3	中度	960	38	200	80

年份	中文名稱	英文名稱	侵臺路徑分類	近臺強度	最低氣壓(hPa)	最大風速(m/s)	7級風暴風半徑	10級風暴風半徑
2006	碧利斯	<a href="#">BILIS</a>	2	輕度	978	25	300	---
2005	泰利	<a href="#">TALIM</a>	3	強烈	920	53	250	100
2005	海棠	<a href="#">HAITANG</a>	3	強烈	912	55	280	120
2001	桃芝	<a href="#">TORAJI</a>	3	中度	962	38	250	100
2000	碧利斯	<a href="#">BILIS</a>	3	強烈	930	53	300	120
1998	奧托	<a href="#">OTTO</a>	3	輕度	985	30	150	---
1997	安珀	<a href="#">AMBER</a>	3	中度	945	48	250	100
1996	賀伯	<a href="#">HERB</a>	2	強烈	920	53	350	150
1994	葛拉絲	<a href="#">GLADYS</a>	2	中度	970	35	200	100
1994	凱特琳	<a href="#">CAITLIN</a>	3	輕度	987	25	120	---
1994	提姆	<a href="#">TIM</a>	3	強烈	945	53	250	120
1992	寶莉	<a href="#">POLLY</a>	3	輕度	975	23	200	---
1990	黛特	<a href="#">DOT</a>	3	中度	960	38	350	100
1990	楊希	<a href="#">YANCY</a>	2	中度	960	40	200	100

表 4-2 2 號路徑颱風侵台前期於宜蘭冬山、武塔雨量站之降雨量(mm)

雨量站 \ 颱風名稱	楊希	葛拉絲	賀伯	碧利斯	柯羅莎	卡玫基	辛樂克	薈蜜	蘇拉
冬山	14	30	42	23	29	27	62	36	43
武塔	34	44	43	20	15	17	43	46	39

表 4-3 3 號路徑颱風侵台前期於花蓮豐濱、北浦雨量站之降雨量(mm)

雨量站 \ 颱風名稱	戴特	寶莉	提姆	凱特琳	安珀	奧托	碧利斯
豐濱	21	24	32	10	--	11	18
北浦	24	30	17	10	29	10	14

雨量站 \ 颱風名稱	桃芝	海棠	泰利	凱米	聖帕	鳳凰	莫拉克
豐濱	21	50	21	34	40	35	42
北浦	18	39	26	29	34	25	42

### 3. 模式建立與結果

模式建立將 23 場颱風資料分為訓練、驗證、測試三組，於驗證及測試兩組分別取用 2、3 號路徑颱風資料各一場，分別為驗證組：2008

年卡孜基颱風、1992 年寶利颱風；測試組：2006 年碧利斯颱風、2008 年鳳凰颱風。

測試組所得之預測降雨量及實際降雨量如表 4-4、表 4-5 所示。

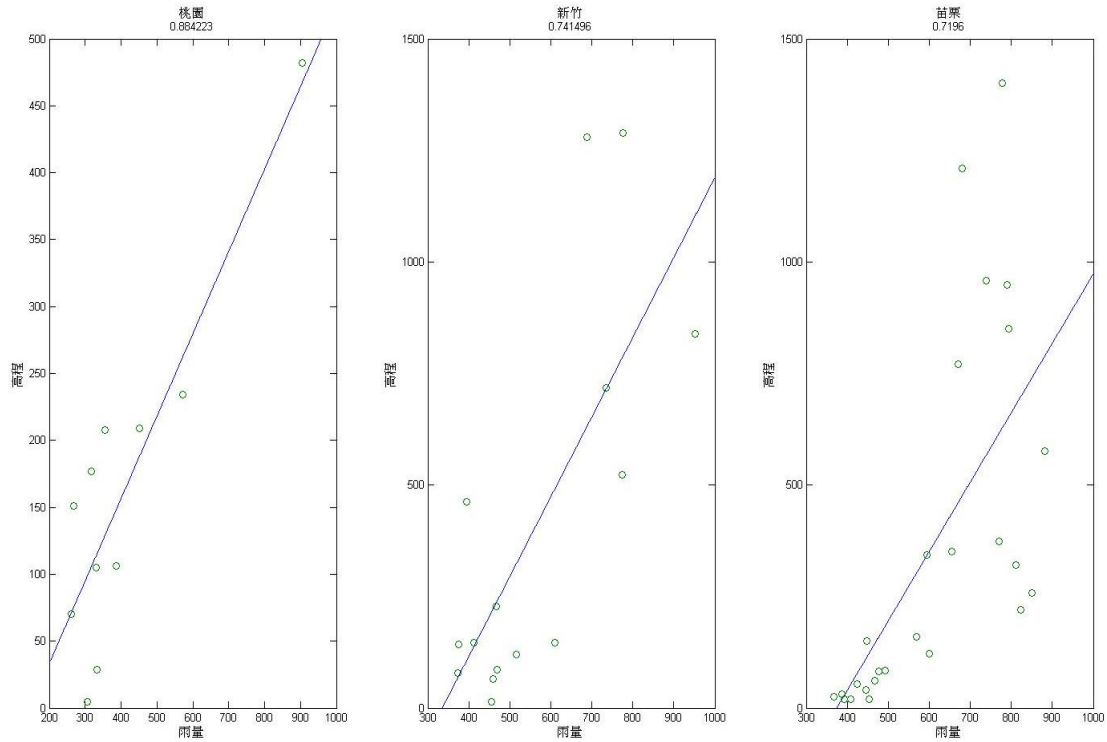


圖 4-2 2012 年蘇拉颱風於桃園、新竹、苗栗三縣市內之總降雨量與雨量站高程之回歸分析

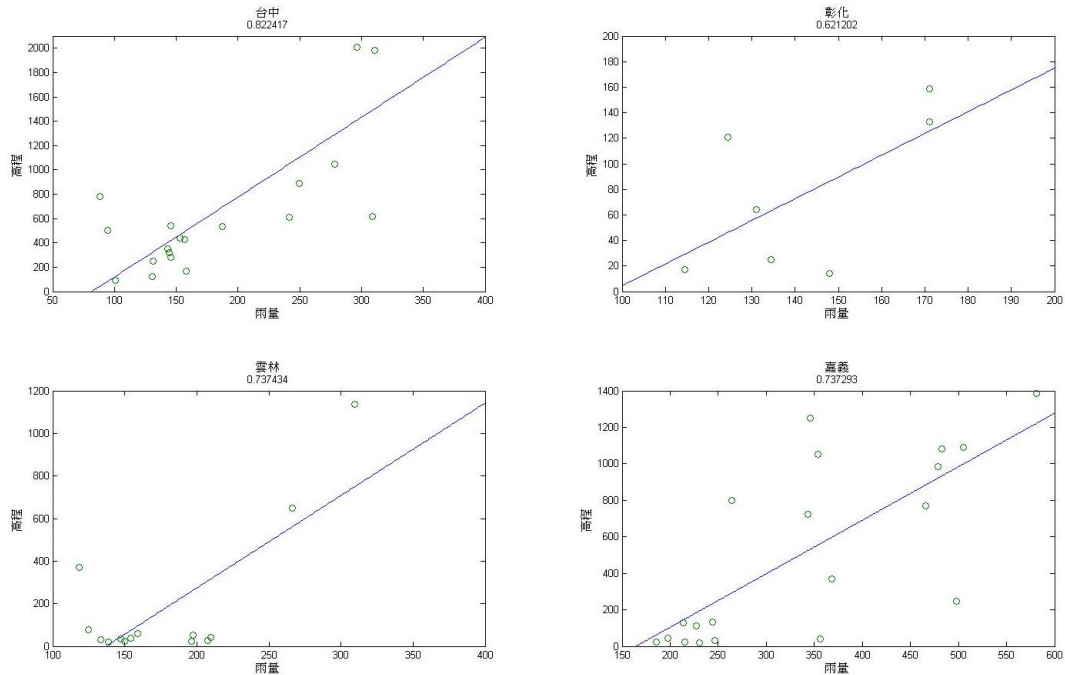


圖 4-3 2008 年鳳凰颱風於台中、彰化、雲林、嘉義四縣市內之總降雨量與雨量站高程之回歸分析

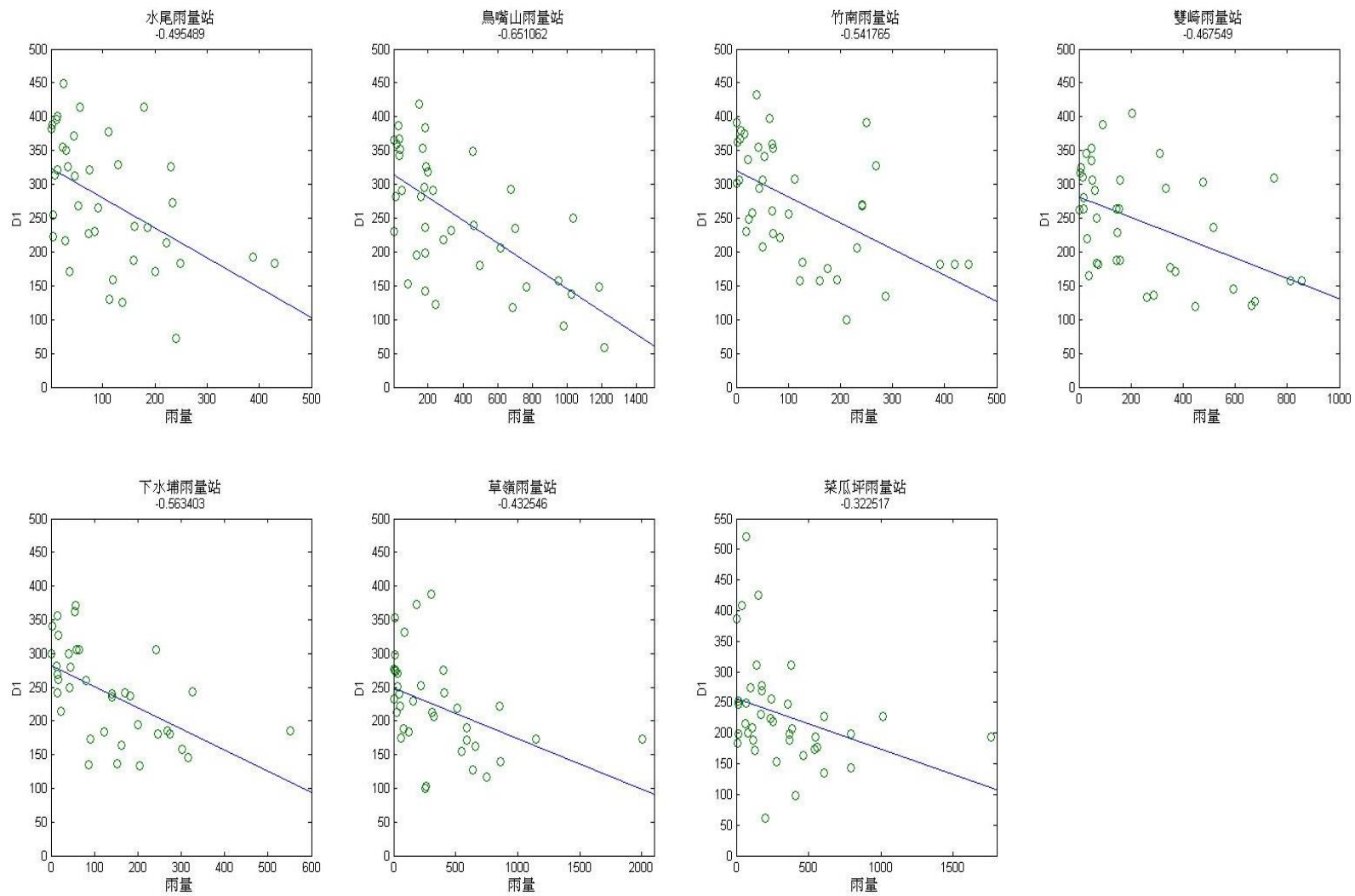


圖 4-4 桃園水尾雨量站、新竹鳥嘴山雨量站、苗栗竹南雨量站、台中雙崎雨量站、彰化下水埔雨量站、雲林草嶺雨量站、嘉義菜瓜坪雨量站之颱風降雨量與測站—颱風距離(D1)回歸分析。

表 4-4 2006 年碧利斯颱風之降雨預測

桃園	新屋	大溪	桃園	楊梅	水尾							
實際雨量值(mm)	118.5	167	85.5	92.5	119							
預測雨量值(mm)	151.2	198.62	151.2	168.5	153.62							
差值(mm)	-32.7	-31.62	-65.7	-76	-34.62	平均值						
準確度(%)	72	81	23	18	71	53						
新竹	梅花	竹東	觀霧	湖口	新埔	關西	鳥嘴山	峨眉	新竹	打鐵坑		
實際雨量值(mm)	156	133	332	125	146	152.5	244.5	121.5	118.5	121.5		
預測雨量值(mm)	238.67	174.28	588.21	153.34	144.88	145	305.91	149.44	139.74	174.28		
差值(mm)	-82.67	-41.28	-256.21	-28.34	1.12	7.5	-61.41	-27.94	-21.24	-52.78	平均值	
準確度(%)	47	69	23	70	99	95	75	77	82	57	70	
苗栗	竹南	南庄	三義	苑裡	馬嘯安	大河	象鼻	松安	鳳美	卓蘭	新開	
實際雨量值(mm)	160.5	195	337	160	212	150	318	306.5	285.5	238.5	247.5	
預測雨量值(mm)	136.84	180.65	208.75	145.45	310.07	153.81	316.35	311.41	252.8	200.63	201.71	
差值(mm)	23.66	14.35	128.25	14.55	-98.07	-3.81	1.65	-4.91	32.7	37.87	45.79	
準確度(%)	85	93	62	91	54	97	99	98	89	84	81	
苗栗	大湖	後龍	合興	公館	土城	南勢	南曠	南勢山	八卦	馬拉邦山	泰安	
實際雨量值(mm)	253	189	259	175.5	178.5	120	322	215.5	276	270.5	314.5	
預測雨量值(mm)	201.3	141.56	211.04	159.63	147.17	163.15	294.24	317.04	293.48	316.98	299.85	
差值(mm)	51.7	47.44	47.96	15.87	31.33	-43.15	27.76	-101.54	-17.48	-46.48	14.65	平均值
準確度(%)	80	75	81	91	82	64	91	53	94	83	95	84
台中	雙崎	大肚	東勢	上谷關	阿梅	新伯公	石岡	大甲	雪嶺	大坑	橫山	
實際雨量值(mm)	260	253.5	223	311	431.5	476	229.5	271.5	195.5	644.5	225.5	
預測雨量值(mm)	244.89	205.72	194.17	309.68	410.13	551.26	221.32	186.96	151.3	835.32	164.06	
差值(mm)	15.11	47.78	28.83	1.32	21.37	-75.26	8.18	84.54	44.2	-190.82	61.44	
準確度(%)	94	81	87	99	95	84	96	69	77	70	73	
台中	中竹林	桐林	白冷	白毛台	龍安	烏石坑						
實際雨量值(mm)	306.5	265	233	281.5	272.5	336.5						
預測雨量值(mm)	160.64	221.01	154.58	261.94	261.33	244.32						
差值(mm)	145.86	43.99	78.42	19.56	11.17	92.18	平均值					
準確度(%)	52	83	66	93	96	73	81					



彰化	鹿港	員林	台西	芬園	彰化	西湖	溪州	草湖	下水埔	中西	
實際雨量值(mm)	180.5	172	235.5	215.5	145	202.5	184	179.5	163	159	
預測雨量值(mm)	140.97	138.9	152.89	158.75	137.9	159.45	138.89	187.07	165.16	142.18	
差值(mm)	39.53	33.1	82.61	56.75	7.1	43.05	45.11	-7.57	-2.16	16.82	平均值
準確度(%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
雲林	草嶺	四湖	官梧	大埔	虎尾	西螺	崙背	後安	寶忠	斗六	阿丹
實際雨量值(mm)	548	173	202	226	174.5	188.5	206.5	226	130	190.5	196.5
預測雨量值(mm)	303.43	147.01	149.29	210.11	144.79	152.02	151.26	147.48	144.58	143.58	145.91
差值(mm)	244.57	25.99	52.71	15.89	29.71	36.48	55.24	78.52	-14.58	46.92	50.59
準確度(%)	55	85	74	93	83	81	73	65	89	75	74
雲林	土庫	北港	山豬湖								
實際雨量值(mm)	218	186	428								
預測雨量值(mm)	145.06	145.95	276.65								
差值(mm)	72.94	40.05	151.35	平均值							
準確度(%)	67	78	65	76							
嘉義	菜瓜坪	中坑	溪口	鰲鼓	張討寮	內埔	魚寮	補子	東後寮	小公田	中埔
實際雨量值(mm)	558.5	232.5	227.5	209.5	607.5	326.5	247.5	215.5	258.5	435	320
預測雨量值(mm)	213.01	160.95	140.76	147.58	304.54	159.55	146.75	145.61	145.61	302.12	155.55
差值(mm)	345.49	71.55	86.74	61.92	302.96	166.95	100.75	69.89	112.89	132.88	164.45
準確度(%)	38	69	62	70	50	49	59	68	56	69	49
嘉義	南靖	大湖	頭動	石盤龍	瑞里	豐山					
實際雨量值(mm)	285	706.5	696.5	849	604	634.5					
預測雨量值(mm)	145.73	290.35	319.73	310.15	296.58	311.94					
差值(mm)	139.27	416.15	376.77	538.85	307.42	322.56	平均值				
準確度(%)	51	41	46	37	49	49	54				



彰化	鹿港	員林	台西	芬園	西湖	溪州	草湖	下水埔				
實際雨量值(mm)	114.5	134.5	131	171	124.5	148	124	171				
預測雨量值(mm)	110.52	110.86	120.77	136.51	133.85	108.26	165.73	142.14				
差值(mm)	3.98	23.64	10.23	34.49	-9.35	39.74	-41.73	28.86	平均值			
準確度(%)	97	82	92	80	92	73	66	83	83			
雲林	草嶺	四湖	官梧	虎尾	西螺	崙背	後安	寶忠	斗六	阿丹	土庫	
實際雨量值(mm)	309.5	150	207.5	154	125	159	133.5	138.5	209.5	197.5	147	
預測雨量值(mm)	429.12	110.6	111.41	113.3	123.18	118.93	112.67	110.05	113.33	115.65	112.27	
差值(mm)	-119.62	39.4	96.09	40.7	1.82	40.07	20.83	28.45	96.17	81.85	34.73	
準確度(%)	61	74	54	74	99	75	84	79	54	59	76	
雲林	北港	山豬湖										
實際雨量值(mm)	196.5	266.5										
預測雨量值(mm)	110.17	281.53										
差值(mm)	86.33	-15.03	平均值									
準確度(%)	56	94	72									
嘉義	奮起湖	龍美	菜瓜坪	中坑	溪口	鰲鼓	張討療	內埔	魚寮	補子	東後寮	
實際雨量值(mm)	581	505.5	368	244	185.5	215	264	214	356	246.5	230.5	
預測雨量值(mm)	438.54	417.71	195.53	134.89	109.44	110.42	329.38	133.3	113.65	111.41	108.31	
差值(mm)	142.46	87.79	172.47	109.11	76.06	104.58	-65.38	80.7	242.35	135.09	122.19	
準確度(%)	75	83	53	55	59	51	75	62	32	45	47	
嘉義	小公田	中埔	南靖	大湖	頭動	石盤龍	瑞里	豐山				
實際雨量值(mm)	466	227.5	197.5	343.5	479	483	346	353.5				
預測雨量值(mm)	319.55	128.3	113.37	304.43	389.39	417.09	443.52	409.1				
差值(mm)	146.45	99.2	84.13	39.07	89.61	65.91	-97.52	-55.6	平均值			
準確度(%)	69	56	1	89	81	86	72	84	62			

## 五、結論與建議

本研究利用倒傳遞類神經網路以及方便取得之颱風、雨量站資訊建立一颱風降雨預測模式，所得結論如下：

1. 該模式係以 2、3 號路徑颱風作為測試對象，其結果顯示 2 號路徑颱風於模式中在臺灣中部城市(苗栗、台中、彰化、雲林)皆有 75% 以上之平均準確率，但於桃園、新竹、雲林之結果則不理想。
2. 結果顯示 3 號路徑颱風於模式中除台中、彰化、雲林三個城市達 70% 以上之準確率外，於剩下的地區預測結果皆不理想。
3. 該模式所欲預測之範圍過大，然雨量站特性輸入因子只有雨量站高程及颱風侵台前 6 小時之中心位置距雨量站之距離兩項，若是能在加入其他雨量站特性輸入因子應能改善該模式。

## 參考文獻

- [1] 黃俊霖、蔡文炳、陳逸鴻、張斐章(2013)，「應用類神經網路建立濁水溪水系長時距地下水位之預測模式」，農業工程研討會，2013。(Hung, J.L., Tsai, W.P., Chen, Y.H., and Chang, F.J.(2013).“Artificial Neural Networks for Groundwater Level long-term Prediction in the Zhuoshui River Basin.”)
- [2] 陳昶憲、鐘侑達、梁家瑋、王晉倫(2006)，「颱風早期降雨預測」，中華水土保持學報，37(2)，201-208。(Chen, C.S., Chung, Y.D., Liang, C.W., and Wang, C.L. (2006), “Early Phase of Typhoon Rainfall Forecast.” *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*, 37(2), 201-208. ( in Chinese ) )
- [3] 王珍貴(2005)，「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

- (Wang, J.G.(2005). “Simulating Typhoon Rainfall with Artificial Neural Network.” Master thesis, National Cheng Kung University, Taiwan, ROC. (in Chinese ))
- [4] 張斐章、張麗秋(2010)，類神經網路導論—原理與應用，滄海書局
- [5] Tseng, C.M., Jan, C.D., Wang, J.S., and Wang, C.M. (2007) “Application of artificial of Artificial Neural Networks in Typhoon Surge Forecasting.” *Ocean Engineering*, 34 (2007), 1757-1768.
- [6] Chiang, Y.M., Chang, L.C., Chang, F.J.(2004) “Comparison of static-feedforward and dynamic-feedback neural networks for rainfall-runoff modeling” *Journal of Hydrology*, 290 (2004),297-311