

94-19-7126

MOTC-IOT-93-H2DB003

臺灣港灣地區颱風波浪推算 之應用研究（三）



交通部運輸研究所
國立交通大學
合作辦理

中華民國九十四年三月

94-19-7126
MOTC-IOT-93-H2DB003

臺灣港灣地區颱風波浪推算 之應用研究（三）

著者：江玟德、張憲國、錢維安、何良勝

交通部運輸研究所
國立交通大學
合作辦理

中華民國九十四年三月

臺灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究(三)

交通部運輸研究所

GPN : 1009400771

定價 300 元

國家圖書館出版品預行編目資料

臺灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究. 三 /
江玟德等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部
運輸研究所, 民 94
面; 公分
參考書目：面
ISBN 986-00-0736-5(平裝)

1. 波動 - 臺灣

351.941

94005059

臺灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究(三)

著 者：江玟德、張憲國、錢維安、何良勝
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：台北市敦化北路 240 號
網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版/中心出版品)
電 話：(02)23496789
出版年月：中華民國九十四年三月
印 刷 者：萬達打字印刷有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定 價：300 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓•電話：(02)23617511
三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓•電話：(02)25006600
國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1•電話：(02)25787542
五南文化廣場：台中市中山路 6 號•電話：(04)22260330
新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號•電話：(04)7252792
青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓•電話：(07)3324910

GPN：1009400771

ISBN：986-00-0736-5 (平裝)

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究（三）			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 986-00-0736-5 (平裝)	政府出版品統一編號 1009400771	運輸研究所出版品編號 94-19-7126	計畫編號 93-H2DB003
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：何良勝 研究人員：江玟德 聯絡電話：04-26587126 傳真號碼：04-26560661	合作研究單位：國立交通大學 計畫主持人：張憲國 研究人員：錢維安、陳蔚璋、蔡勻達 地址：新竹市大學路 1001 號 聯絡電話：03-5131488		研究期間 自 93 年 3 月 至 93 年 10 月
關鍵詞：颱風波浪、類神經網路、波浪預報			
摘要： 本計畫應用類神經網路與模糊理論建立颱風波浪預報模式，本模式能快速且正確的計算颱風波浪，以提供更佳的資訊予海岸防災系統，並做為預防或減低人員的生命安全和財產損害。本研究收集台灣花蓮及蘇澳港的颱風波浪資料，配合相對應颱風路徑、規模及陸地效應分類，以神經網路建立颱風波浪及對應之風場資料的推薦波浪模式。本模式網路學習及測試颱風波浪推算上與實測值頗為一致。 在預報模式建立完成之後，本計畫將預報模式建構成為圖形化使用者界面之視窗化操作系統。目的在於提升模式的使用性，使操作者能更簡單的進行整個預報，並提升整體工作效率。圖形化使用者介面中並包含詳細的使用手冊，讓初次使用的操作者不用經過任何訓練課程即可展開作業。本研究並利用去年各個颱風侵襲時進行預報的測試，展現模式預報的機動性。 此外，本計畫利用天體引力產生水位變化的關係，應用類神經網路建立 ANN-AST 模式來進行天文潮預測。以去年各颱風為例，推算結果之精度與調和分析法相似。藉由該網路模式可求得較精確之潮汐水位，進而可求得在颱風期間之暴潮偏差，完成暴潮預測的初步研究。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
94 年 3 月	128	300	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 限閱 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密【限】條件： ☐ 年 月 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Typhoon Wave Calculation Models around Harbor Areas in Taiwan (III)			
ISBN(OR ISSN) ISBN 986-00-0736-5 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009400771	IOT SERIAL NUMBER 94-19-7126	PROJECT NUMBER 93-H2DB003
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu, Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ho, Liang-sheng PROJECT STAFF: Jiang, Wen-der PHONE: (04) 26587126 FAX: (04) 26560661			PROJECT PERIOD FROM March 2004 TO October 2004
RESEARCH AGENCY: National Chiao Tung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang, Hsien-kuo PROJECT STAFF: Chien, Wei-An, Chen, Wei-wei, Tsai, Yun-da ADDRESS: 1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu 300, Taiwan (R.O.C.) PHONE: (03) 5131488			
KEY WORDS: Typhoon Waves ; Neural Network ; Wave Prediction			
ABSTRACT: The project presents a typhoon wave model using neural network associated with fuzzy theory. The present model provides fast and accurate calculation on typhoon waves and offers rapid information for a marine warning system so as to prevent from possible life loss and property damage. Wave data were collected at Hualien and Suao Harbors in Taiwan, and classified into some groups by their paths, scales, and land effects. A neural network is adopted to set up a wave prediction model, which combining wave heights measured and the corresponding typhoon's position and scales. The proposed model has a high performance of calculating typhoon waves in both learning and verification stages. After having the typhoon wave model established, the project constructed a Graphical User Interface (GUI) in a Window Operating System. A detailed user-manual is included in GUI to help users easily operate this model. The proposed GUI was examined for accurately evaluating the wave heights of the typhoons happened in last year. Another part of the project is to propose a model to calculate wave elevation. An ANN-AST model based on astronomical tide theory was proposed in the project. The proposed ANN-AST model was evaluated to have equivalent prediction results with the harmonic method. Meanwhile, storm surge was estimated during the period of a typhoon by the proposed ANN-AST model.			
DATE OF PUBLICATION March 2005	NUMBER OF PAGES 128	PRICE 300	CLASSIFICATION ☐ SECRET ☐ CONFIDENTIAL ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

中文摘要表.....	I
英文摘要表.....	II
目錄.....	V
圖目錄.....	VII
表目錄.....	XI
第一章 緒論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 工作內容.....	3
第二章 颱風結構與颱風模型.....	5
2.1 能量平衡方程式.....	5
2.2 類神經網路.....	10
第三章 模式架構.....	15
3.1 颱風波浪資料分析.....	15
3.2 類神經網路推算模式轉移函數.....	18
3.3 類神經網路推算模式架構.....	24
3.4 Aere 颱風預測流程.....	25
第四章 圖形化使用者介面.....	29
4.1 圖形化使用者介面之介紹.....	29
4.2 颱風波浪預測模式圖形化介面介紹.....	33
第五章 目前介面開發進度及操作.....	43
5.1 介面操作流程.....	43
5.2 目前介面開發進度.....	51
第六章 暴潮模式之建立.....	55
6.1 天文潮之神經網路模式.....	55

6.1.1 天文潮引力理論.....	55
6.1.2 神經網路模式.....	57
6.1.3 天文潮神經網路模式之建構.....	58
6.2 颱風暴潮分析.....	61
第七章 結論.....	73
參考文獻.....	75
簡報內容.....	77
審查意見.....	107

圖目錄

圖 2.1 颱風運動參數符號說明	6
圖 3.1 花蓮港觀測站儀器安裝位置圖	16
圖 3.2 蘇澳港觀測站儀器安裝位置圖	17
圖 3.3 花蓮觀測站實測波浪資料示性波高與颱風距離關係	17
圖 3.4 花蓮觀測站實測波浪資料示性週期與颱風距離關係	18
圖 3.5 測站風速 $\bar{V}_{10}$ 與波高及轉移函數關係	19
圖 3.6 測站至颱風中心距離 r 與波高及轉移函數關係	20
圖 3.7 颱風風場風速向量圖	21
圖 3.8 颱風風場分區圖	22
圖 3.9 $f_r = 1$, 颱風行進方向夾角 θ_2 與轉移函數 $f_{\theta_{21}}$ 關係	22
圖 3.10 $f_r = 1$, 颱風行進方向夾角 θ_2 與轉移函數 $f_{\theta_{22}}$ 關係	23
圖 3.11 $f_r = 1$, 颱風行進方向夾角 θ_2 與轉移函數 $f_{\theta_{23}}$ 關係	23
圖 3.12 $f_r = 1$, 颱風行進方向夾角 θ_2 與轉移函數 $f_{\theta_{24}}$ 關係	24
圖 3.13 Unisys Weather 於 2004/08/23 AM 02:00 預測 Aere 颱風未來 72 小時的颱風路徑	26
圖 3.14 Unisys Weather 於 2004/08/23 AM 02:00 預測 Aere 颱風未來 72 小時的颱風風速	27
圖 3.15 Unisys Weather 於 2004/08/24 PM 02:00 預測 Aere 颱風未來 72 小時的颱風路徑	27

圖 3.16 Unisys Weather 於 2004/08/24 PM 02:00 預測 Aere 颱風未來 72 小時的颱風風速	28
圖 3.17 各不同時間點所推估的波高值以及實測資料	28
圖 4.1 GUI 的開發對於使用者族群的分布變化	30
圖 4.2 本介面主視窗	34
圖 4.3 樹狀結構的工具列	34
圖 4.4 颱風資料輸入視窗	35
圖 4.5 模擬結果輸出視窗	37
圖 4.6 模擬結果資料存檔視窗	38
圖 4.7 模擬結果圖形存檔視窗	39
圖 4.8 颱風路徑圖	39
圖 4.9 預測波高圖	40
圖 4.10 預測波高表	41
圖 5.1 操作流程介紹 1：Matlab 主要視窗	43
圖 5.2 操作流程介紹 2：本介面主視窗	44
圖 5.3 操作流程介紹 3：颱風資料輸入視窗	45
圖 5.4 操作流程介紹 4：讀取資料完成	45
圖 5.5 操作流程介紹 5：進行模擬程序	46
圖 5.6 操作流程介紹 6：模擬結果輸出視窗	46
圖 5.7 操作流程介紹 7：檢視颱風路徑圖並儲存圖檔	47

圖 5.8 操作流程介紹 8：檢視波高歷時圖並儲存圖檔.....	47
圖 5.9 操作流程介紹 9：檢視波高歷時表.....	48
圖 5.10 操作流程介紹 10：儲存預測資料結束介面流程.....	48
圖 5.11 使用 GUI 介面模擬 Conson 颱風(2004).....	49
圖 5.12 使用 GUI 介面模擬 Mindulle 颱風(2004)	50
圖 5.13 使用 GUI 介面模擬 Rananim 颱風(2004).....	50
圖 5.14 使用 GUI 介面模擬 Nock_tek 颱風(2004).....	51
圖 6.1 月球對地表水體引潮力分析圖	55
圖 6.2 倒傳遞類神經網路結構示意圖	57
圖 6.3 太陽、月球相對地球角度.....	59
圖 6.4 ANN-AST 與調和分析法推算潮汐之每月誤差均方根的比較61	
圖 6.5 以調和分析法計算雷瑪遜颱風發生期間之暴潮偏差	62
圖 6.6 以 ANN-AST 計算雷瑪遜颱風發生期間之暴潮偏差	62
圖 6.7 ANN-AST 模式與調和分析法暴潮結果比較	63
圖 6.8 以調和分析法分析暴潮偏差	63
圖 6.9 以 ANN-AST 計算康森颱風期間之潮位與實測值之比較 .	64
圖 6.10 ANN-AST 模式推算康森颱風之暴潮偏差	65
圖 6.11 以 ANN-AST 計算敏督利颱風期間之潮位與實測值之比較65	
圖 6.12 ANN-AST 模式推算敏督利颱風之暴潮偏差	66
圖 6.13 以 ANN-AST 計算蘭寧颱風期間之潮位與實測值之比較66	

圖 6.14 ANN-AST 模式推算蘭寧颱風之暴潮偏差	67
------------------------------------	----

表目錄

表 3.1 近海觀測站颱風與波浪收集資料與資料屬性	15
表 4.1 使用 GUI 介面之效率比較表	31
表 5.1 GUI 開發進度表	51
表 6.1 天文潮神經網路輸入參數	59
表 6.2 網路模式與調和分析法之誤差均方根	60
表 6.3 康森颱風路徑與中心氣壓(資料來源：中央氣象局)	67
表 6.4 敏督利颱風路徑與中心氣壓(資料來源：中央氣象局)	68
表 6.5 蘭寧颱風路徑與中心氣壓(資料來源：中央氣象局)	71

第一章 緒論

1.1 前言

台灣的經濟及貿易發展與航運有著密不可分的關係，而港灣內部靜穩的程度關係到船隻碇泊與貨物裝卸的作業，多變的環境現象為港灣內安定的主要影響變數之一。台灣的地理位置正處於颱風發生及主要行進的區域，颱風的豪雨、強風及其引起的巨浪，使台灣海域的漁撈、航運交通、建築物、農作物遭受損害，甚至造成人員的傷亡，颱風所引起的巨浪為破壞港灣的重要因素。

對颱風所產生的波浪可藉由推算波浪模式預測波浪的大小及時間，而提早知道波浪可能的未來狀況，使人有較充裕時間來處理必需的應變措施，以降低可能的損失。此種預警模式的預測是減少港灣及港內船隻損失的有效方法之一。目前對於波浪推算的方法多採用經驗公式配合現場資料分析，以迴歸或數值模擬方式計算。然而，此兩種方法對於中小尺度的地理位置差異並無法充分反應，所以本次計畫將利用過去研究經驗，配合類神經網路與模糊理論等技術，建立一個以台灣港灣為主的颱風波浪、暴潮推算模式，並開發易操作的視窗化介面系統，讓使用單位能避免模式繁雜的軟體操作，簡易且快速地預測颱風波浪、暴潮，而能提高預警防災的能力。

本計畫的主要目的是利用交通部運輸研究所港灣技術研究中心所收集台灣東岸之歷年氣象及海象資料，包括花蓮、蘇澳港等測站的波浪資料，進行分類與分析，並藉由初步的分析瞭解颱風波浪與氣象上的差異，建構颱風波浪的推算模式。由模式的建立、比對、驗證後，進一步建構颱風波浪推算模式視窗化的操作系統，降低颱風波浪推算應用的困難度，增加使用者的操作便利性。

對特定台灣區域目前發展的類神經網路預報模式系統，針對颱風

波浪的推算歷年的研究包括：

1.台灣東部波浪預警系統之應用研究—港外波浪動態特性（2000 年）

颱風波浪推算模式採用類神經網路，將學習颱風資料在類神經網路結構的輸入、隱藏、輸出分別建立了串聯及並聯類神經架構的兩個推算模式，並同時考慮 1 個小時波浪延時的效應。由結果發現此兩種模式除了可提高波浪推算的能力，對於相似路徑及規模相仿的颱風具有較高推算的能力，但對於未學習過的颱風，推算的颱風波浪還有較大的誤差。

2.台灣地區波浪預警系統之應用研究（2001 年）

颱風波浪推算模式利用模糊網路建立颱風波浪資料與颱風運動的模糊邏輯關係，將颱風運動型態進行分類，再配合 6 個小時的延時輸入的類神經網路組成一個完整模組化的學習模式，利用波浪及颱風資料來增加模式的記憶及判斷能力。此計畫提出模組化的學習模式，可以隨時加入不同型態的颱風或波浪資料當作資料庫，而能提供推算模式運算的參考，增加推算不同型態颱風之颱風波浪的能力。

3.台灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究（2002 年）

颱風波浪推算模式主要結構是混和（Hybrid）模糊理論及類神經網路，推算模式的重點為滿足各個港口的地理環境特性及相對台灣地形的氣象關係，另一個重點是對颱風的機制或特性建立與各個測站間的關係，以提高模式應用的範圍及推算的準確性。

4.台灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究（二）（2003 年）

颱風波浪推算模式結構混和模糊理論及類神經網路外，並對推算模式各個港口的地理環境特性及相對台灣地形的氣象關係進行修正，此外對颱風風場作用的機制或特性，修正、建立與各個測站間的關係，以提高模式應用的範圍及推算的準確性。

由相關文獻的研究結果建構類神經網路預報模式系統，波浪預報模式主要由三個部分主成，首先是風浪的推算模式，將以風場分佈為主要參考實測資料而建構，湧浪推算模式的建構，將以大氣氣象資料及波浪實測數據為主要參考資料，最後藉由類神經網路將風浪及湧浪模式計算的結果整合，推算出觀測站的波浪資料。

對於推算結果準確度提升方式將分為兩個方向，一是將颱風風場模式與陸地間關係進行分析，來修正影響風場變化的方式，另一為增加收集颱風波浪資料，藉由多種可能的學習改善類神經網路的推算精確度。由於目前颱風波浪數值推算分析的方法，大多無法直接應用在台灣沿岸。本計畫主要建立一個符合區域特性的颱風波浪推算模式，藉由前二年模式發展的經驗，今年將對颱風與陸地交互影響的關係進一步探討，期望能大幅提昇波浪算的準確性，有效增加預測的能力。本模式採用模糊理論及類神經網路為主要架構，利用模糊理論及類神經網路能夠處理非線性關係的優點，由分析颱風波浪、颱風波高、颱風週期、氣象及地理環境的關係特性輸入颱風推算模式，建立颱風與波浪的關係。

目前本颱風波浪推算模式可以藉由港灣內設置的波浪觀測站的及時波浪資料，連結至颱風波浪推算模式，以減少運算的時間，達到及時推算颱風波浪，提高預警的效果。在操作介面上的改進，將以視窗化的介面為主進行模式的操作，除了增加操作的方便性，也使的推算、預測結果容易檢視與評估。

1.2 工作內容

利用相關氣象單位及中央氣象局發佈的颱風資料，包括颱風路徑、中心氣壓、暴風半徑等以及已量測所得之現場波浪資料，經由具備(1)高速計算能力，(2)自我學習能力，(3)大容量記憶力與(4)容錯能力的類神經網路方法的分析下，配合模糊理論的模糊關係連結影詳颱風波浪的參數，建立所須的颱風波浪推算模式。本推算模式的運作過程

如下：

- 1.收集颱風、波浪等海氣象資料，進行整理分析比對工作。
- 2.針對風波、颱風結構、風場結構等，探討模式的使用範圍及限制。
- 3.推算模式之驗證及預測能力之探討。
- 4.建構颱風波浪即時性反應之視窗化操作系統。

本研究計畫的完整工作項目為：

- 1.分析、收集港研中心及相關單位現有海域颱風波浪資料。
- 2.建立颱風風場特性與颱風波浪特性之關係。
- 3.以模糊理論與類神經網路分析方法建立颱風推算模式。
- 4.建構颱風波浪即時性反應之視窗化操作系統。
- 5.建立颱風風場與暴潮特性之關係。
- 6.以模糊理論與類神經網路分析方法初步建立暴潮推算模式。

期中報告的進度已完成 1-4 項 而期末報告中更進一步使視窗化颱風波浪預測模式更加完善，亦初步由颱風風場與暴潮特性之關係，建立暴潮推算模式達到目標的所有工作項目。

第二章 颱風結構與颱風模型

2.1 能量平衡方程式

自第一代發展的大區域波浪推算模式，經不斷的修改控制方程式中能量交換的過程及作用機制，到目前的第三代波浪推算模式，如 WAM (1988)或 Tolman (1997)等，在風場作用下的二維波譜 $N(t, \phi, \theta, \lambda)$ 能量守恆方程式表示為：

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (N \dot{\phi} \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (N \dot{\lambda}) + \frac{\partial}{\partial \theta} (N \dot{\theta}) = \frac{S}{\sigma} \dots\dots\dots (2-1)$$

而

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} \dots\dots\dots (2-2)$$

其中 t 為時間， θ 是波浪的前進方向， ϕ 、 λ 是經度及緯度， σ 為成分波的頻率， $\dot{\phi}$ 、 $\dot{\lambda}$ 是群波速度在經度及緯度方向的分量， $\dot{\theta}$ 為波浪前進方向改變率， s 是總和的能量交換，包括風能輸入作用項 (S_{in})，波波間非線性交互作用項 (S_{nl})，由白沫現象或是碎波波浪產生之能量散逸 (S_{ds})，及底床摩擦的能量消耗 (S_{bot})。

颱風風場變動與能量輸入機制的瞭解對以能量平衡式推算颱風事件進行波浪相當重要。由於颱風風場的變動包括颱風移動速度及方向、颱風規模、颱風移動軌跡以及颱風位置的經緯度等，且颱風風場需要足夠的作用時間方能提供海面形成颱風波浪的能量，因此，颱風波浪波波間非線性交互作用、波浪白沫現象及碎波波浪產生之能量散逸皆與颱風運動行為及颱風規模的變動有密切的關係。

颱風運動行為可以分為二種颱風 2D 平面運動，另一為因颱風移動方向改變使得颱風風場分佈改變。對於固定區域內的波浪推算，若颱

風波浪的能量交互影響的結果假設總和能量 s 是颱風風場風速及颱風運動行為、軌跡變動的函數。本文為方便描述颱風中心的變化，乃以極座標 r 、 θ_1 取代一般的颱風中心經緯度 ϕ 、 λ ，其中 r 為颱風中心至觀測站的距離， θ_1 為颱風中心至觀測站的方位角。

由於颱風風場對海面波浪的作用需要有足夠的作用時間才能產生成熟的颱風波浪，因此在風場作用期間的變化將影響颱風波浪的行為，對於颱風連續性的變化包括有颱風規模 $v_{\max}$ 的變化、颱風移動速度 v_f 的變化、颱風相對移動位置 r 、 θ_1 的變化以及颱風風場分佈旋轉，即颱風行進方向與觀測夾角 θ_2 的變化，颱風運動參數符號說明示如圖 1。至於颱風波浪及颱風運動行為如何在式(2-2)的呈現方式詳述如下。

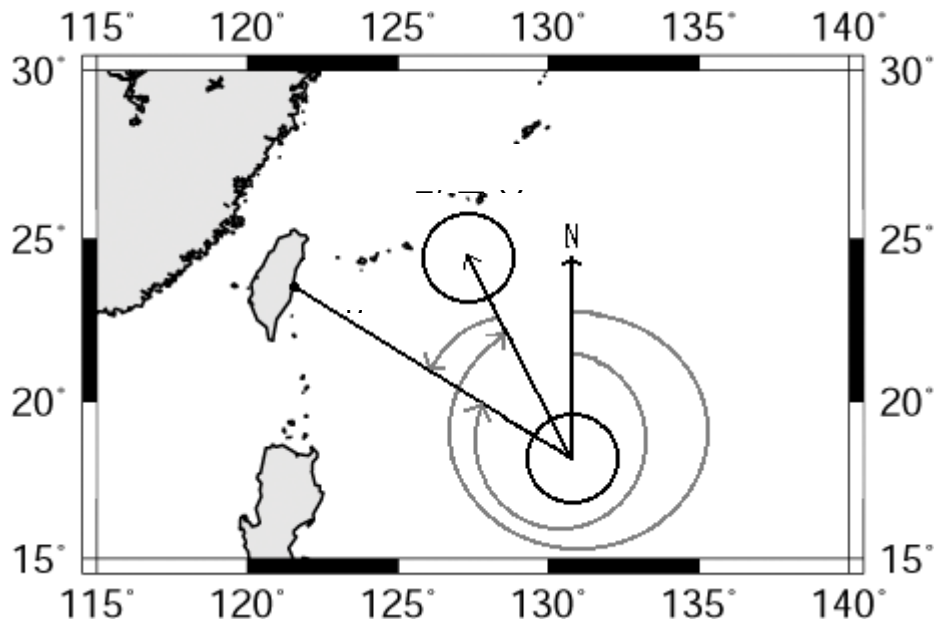


圖 2.1 颱風運動參數符號說明

1. 風能輸入作用項(S_{in})

颱風風場能量輸入的建構方式可使用即時衛星觀測資料、大氣氣象模式模擬以及參數颱風風場模式等三種方式。前兩種需相當多的軟、硬體資源及冗長複雜的計算過程，而參數颱風風場模式提供較為簡潔的計算方式，因此目前應用上較為普遍。本研究亦以採用參數形式的颱風風場模式當作能量輸入的計算模式，本文選擇 Holland (1980) 的經驗參數模式來描述颱風風場，其為

$$\frac{p - p_c}{p_n - p_c} = \exp\left[-\left(\frac{R}{r}\right)^B\right] \dots\dots\dots(2-3)$$

其中 p_n 為颱風影響範外的氣壓，本文設定為 1 大氣壓(1013.3 mb)， p_c 為颱風中心氣壓(mb)， p (mb)為距離颱風中心 r (km)的氣壓。風場內距離颱風中心 r 的風速 V (m/s) 如下式所示：

$$V = \left[\frac{B(p_n - p_c)}{\rho} \left(\frac{R}{r}\right)^B \exp\left[-\left(\frac{R}{r}\right)^B\right] + \frac{r^2 f^2}{4} \right]^{0.5} - \frac{rf}{2} \dots\dots\dots(2-4)$$

其中 f 為柯氏參數(Coriolis parameter)。若忽略柯氏力的影響，颱風最大風速可表示為：

$$V_{\max} = \left[\frac{B(p_n - p_c)}{\rho \cdot e} \right]^{0.5} \dots\dots\dots(2-5)$$

係數 B 採用 Harper and Holland (1999)建議的關係式：

$$B = 2 - \frac{p_c - 900}{160}, \quad 1.0 < B < 2.5 \dots\dots\dots(2-6)$$

風場在海面上 10 公尺的風速為：

$$V_{10} = K_m V \dots\dots\dots(2-7)$$

Harper and Holland (1999)建議 $K_m = 0.7$ ，而颱風風場的風傾角假設為 25° 。颱風移動速度 V_f 對颱風風場內的影響，採用 Jelesnianski (1966)建議的關係式：

$$V(r) = \frac{R \cdot r}{R^2 + r^2} V_f \dots\dots\dots(2-8)$$

由風場的規模變動及推算點的距離 角度藉由式(2-3)至式(2-8)可推算出區域的 V_{10} ，此 V_{10} 可充分表現出該區域颱風風場特性與颱風波浪的相對關係，所以，考慮颱風運動及颱風規模連續的變動則 S_{in} 隨時間的變動即可由 V_{10} 、 r 、 θ_1 及時間 t 的函數表示之。

2. 波波間非線性交互作用項(S_{nl})

颱風波浪在生成與傳遞的過程中由於風場 颱風行為與颱風位置的快速變動等因素會造成不同週期、波高的波浪，因而形成波浪間的交互作用複雜的現象。假設交互作用的波浪都來自於颱風風場，並考慮颱風波浪場內的波浪大於當地的波浪或是忽略當地的波浪，在這樣的假設下波波間非線性交互作用項(S_{nl})只與颱風風場結構以及颱風運動有關，相似的颱風結構及颱風運動行為有相似的波波間非線性交互作用結果。所以波波間非線性交互作用可以利用颱風運動軌跡以及颱風規模的變動描述。

3. 能量散逸項(S_{ds})

對於颱風波浪能量散逸的型態主要來自於波浪的摩擦 碎波或是白沫現象，通常發生因素包括風速的驟變、地形的影響，在固定區域的考量下這些現象的發生也是來自於颱風型態及行為變化，如果相似的颱風結構及颱風運動行為有相似的能量散逸作用的結果。對能量散逸項(S_{ds})的描述也可以利用颱風運動軌跡以及颱風規模的變化進行描述。

4. 底床摩擦的能量消耗(S_{bot})

底床摩擦的能量消耗(S_{bot})因外海颱風所處的水深較深，底床地形對颱風及波浪影響甚低，若推算點的水深約為 20 公尺，不在近岸淺水區，波浪傳遞受底床摩擦力影響甚小，因此底床能量消耗因素，在本文不予以考慮。

5. 其他影響波浪傳遞的因素

颱風移動速度的變化直接影響颱風風場內波浪傳遞的情形，當颱風移動速度接近颱風波浪傳遞速度時，颱風波浪在颱風前進方向的傳遞就受到限制，使得波浪無法傳出颱風風場，當然，颱風移動速度緩慢時颱風波浪的傳遞就能夠容易的傳出風場的範圍，然而颱風移動速度並不會固定不變，加上風場作用海面的過程並非即時反應在生成波浪與改變波浪行為，因此某時刻的颱風波浪除了應該與 t 時刻的颱風位置及移動速度有關外，也應該與前時刻內發生過的颱風軌跡與移動速度的變化有關，也就是與 V_f 的變化有關。如果颱風中心的資料的取樣間距固定時， V_f 依速度定義就可以利用颱風中心位置的變動表示之，即為颱風的運動軌跡。

在颱風風場內不同位置的風速及風向而成非對稱，而此特性直接反應到颱風波浪的分佈，通常在北半球行進間的颱風，右半圓風速較左半圓在相同半徑的風速大而波浪分佈亦相同，當颱風行為變化時，相對應的風場結構也會出現變動，對應不同颱風風場位置的波浪也因為風場結構的變動而出現變化。作用在海面的風場特性變動不大時，颱風波浪的行為相對單純，如果考慮颱風風場範圍內因颱風行進方向改變，造成海面受颱風作用區域內風場連續的變化對颱風波浪產生的連續影響，就必須同時考慮風場變動時間延時對風域內波浪的影響。假設相似行為、規模的颱風風場結構變動相似，颱風風場因為行進方向改變而產生的變動可以利用颱風行進方向與觀測站的夾角 θ_2 隨時間的變動表示。

由以上的討論了解風速 V_{10} 是提供及影響颱風波浪大小主要的因素，而颱風的路徑及行為是影響颱風波浪變化的因素，在固定位置上即使兩個同樣的颱風規模但運動方向不同的路徑颱風波浪亦會不同。為了簡化能量方程式的架構，利用限制推算颱風波浪區域減少影響變數，對於固定區域颱風波浪推算總和能量 S 的能量交換在路徑及規模相似的颱風條件下，可用前 m 個小時 $V_{10}, r, \theta_1, \theta_2$ 的函數線性組合表示之：

$$S(t) = f_1[V_{10}(t), r(t), \theta_1(t), \theta_2(t)] \dots\dots\dots (2-9)$$

式(2-9)中 a_i 為係數， f_i 為函數， t_m 為時間。根據以上的能量平衡觀念，颱風波浪為 m 小時內能量 s 的函數：

$$H_s(t) = \sum_{m=0}^n a_m f_2[S(t - m\Delta t)] \dots\dots\dots(2-10)$$

結合式(2-9)及式(2-10)可表示颱風波浪之示性波高為不同時間 $V_{10}, r, \theta_1, \theta_2$ 的函數

$$H_s(t) = \sum_{m=0}^n b_m f(V_{10}, r, \theta_1, \theta_2; t - m\Delta t) \dots\dots\dots(2-11)$$

式(2-11)中 m 表示颱風開始影響颱風波浪的時間，即 t 時刻的颱風波浪只受過去 m 小時內的颱風行為影響， m 即為計算颱風波浪資料的延時時間。

2.2 類神經網路

推算模式主要核心採用類神經網路理論，類神經網路具備著一些優良的特性其中包括(1)高速的計算能力(2)自我學習能力(3)高容量的記憶力(4)容錯的能力。

人工神經元輸出值與輸入值的關係式，可以表示如下：

$$Y_i = f\left(\sum_j W_{ij} X_j - \theta_i\right) \dots\dots\dots(2-12)$$

Y_i ：人工神經元模型的輸出訊號。

f ：人工神經元模型的轉換函數(transfer function)，將人工神經元的輸出，經由轉換函數處理後，得到輸出訊號。

W_{ij} ：人工神經元模型連結加權值。

X_j ：人工神經元模型的輸入訊號。

θ_i ：人工神經元模型的閾值。

本研究使用 MATLAB 類神經網路軟體，選擇其中的工具程式庫之倒傳遞網路作為颱風推算的工具。倒傳遞類神經網路(back-propagation neural network, BPN)，屬於前向監督式學習網路，其基本原理是利用最陡坡降法(gradient steepest descent method)，疊代修正誤差函數而使誤差函數達到最小。倒傳遞類神經網路的總體運作學習方式有兩種，一為學習過程，就是網路依既定的學習演算法，從使用的輸入資料中學習，並藉以調整網路連結的加權值；使得網路演算結果與目標輸出值相同；另一種為回想過程，網路依照設定的回想法則，以輸入資料來決定網路的輸出值。

倒傳遞類神經網路學習演算法中，加權值矩陣為 w_1 及 w_2 ，偏權值量為 θ_1 及 θ_2 ，輸入量為 X ，目標輸出量為 T ，轉換函數則採用雙曲函數(hyperbolic tangent function)，而網路輸出量為 Y ，網路的學習過程大致可分為下列幾個單元：

1.計算隱藏層輸出量 Z 與網路輸出量 Y

$$net_1 = \sum_i W_{1i} X_i - \theta_1 \quad \dots\dots\dots (2-13)$$

$$Z = f(net_1) = \frac{e^{net_1} - e^{-net_1}}{e^{net_1} + e^{-net_1}} \quad \dots\dots\dots (2-14)$$

$$net_2 = \sum_j W_{2j} X_j - \theta_2 \quad \dots\dots\dots (2-15)$$

$$Y = f(net_2) = \frac{e^{net_2} - e^{-net_2}}{e^{net_2} + e^{-net_2}} \quad \dots\dots\dots (2-16)$$

2.計算隱藏層差距量 δ_1 與輸出層差距量 δ_2

$$\delta_1 = Z(1-Z)\sum_j (w_{2j}\delta_j) \dots\dots\dots(2-17)$$

$$\delta_2 = (1+Y)(1-Y)(Z-Y) \dots\dots\dots(2-18)$$

3.計算加權值矩陣的修正量 ΔW

由於監督式學習目的在降低網路的目標輸出值 T_j 與網路輸出值 Y_j 之間的差距，為了達到這個目的，以誤差函數 E 做為修正的加權值指標，並藉由轉換函數降低誤差函數值，誤差函數 E 設為：

$$E = \frac{1}{2} \sum_j (T_j - Y_j)^2 \dots\dots\dots(2-19)$$

此時加權值的修正量可表示為：

$$\Delta W = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial W} \dots\dots\dots(2-20)$$

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = -\delta_j^n A_i^{n-1} \dots\dots\dots(2-21)$$

其中 η 為學習速率(learning rate)，主要控制每次誤差函數最小化的速率快慢， δ_j^n 為 W_{ij} 所連結第 n 層之處理單元差距量， A_i^{n-1} 為 W_{ij} 所連結第 $n-1$ 層之處理單元值。

4.隱藏層與輸出層加權值矩陣 W_1 、 W_2 及偏權值向量 θ_1 、 θ_2 的更新

$$W_1 = W_1 + \Delta W_1 \dots\dots\dots(2-22)$$

$$\theta_1 = \theta_1 + \Delta \theta_1 \dots\dots\dots(2-23)$$

$$W_2 = W_2 + \Delta W_2 \dots\dots\dots(2-24)$$

$$\theta_2 = \theta_2 + \Delta \theta_2 \dots\dots\dots(2-25)$$

當倒傳遞類神經網路經過輸入值與目標輸出值一次的學習，便算是經過一個學習的循環，而學習循環的次數將取決於誤差函數收斂與否以及是否達到容許的誤差量。一般而言，倒傳遞類神經網路較其他的類神經網路需要較多的學習循環次數。由測試用的資料數據，利用學習完成的網路參數進行網路回想的過程，由網路回想過程得到的網路輸出值與目標輸出值比較，以評估網路學習的精度。

為了能評鑑倒傳遞類神經網路的網路學習的效能，本文將採用均方根誤差量（Root Mean Squared Error）做為評鑑指標，計算式如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n (T_i - Y_i)^2} \dots\dots\dots(2-26)$$

其中 n 為學習資料的筆數。

第三章 模式架構

3.1 颱風波浪資料分析

本文模式選擇台灣東部花蓮港外海的觀測站颱風波浪資料來進行颱風波浪的推算模式，並嘗試推算接近花蓮測站的蘇澳測站之颱風波浪，二個測站相關位置如圖 3.1 與圖 3.2 所示。颱風氣象資料的來源有取自中央氣象局、JTWC 及 UNISYS WEATHER，波浪資料取自交通部運研所港灣技術研究中心，颱風的名稱與發生時間採用 JTWC 發佈的資料為準，時間格式統一以格林威治時間表示。颱風氣象資料每 6 小時一筆，波浪資料為每 1 小時一筆，測量波浪儀器使用 Datawell 公司之浮球方向波浪儀(directional waverider)，每小時記錄 20 分，原始資料的取樣頻率為 1.28 Hz，波浪觀測站之位置經緯度為 ($N23^{\circ}58'45''$, $E121^{\circ}37'46''$)。波浪儀所在的水深平均約為 25 公尺。為配合波浪資料的時間間距將颱風氣象資料利用 3 次多項式內差技術，內差颱風氣象資料間距為 1 小時。颱風波浪實測資料及資料屬性如表 3.1 所示。

表 3.1 近海觀測站颱風與波浪收集資料與資料屬性

年代	颱風名稱	颱風資料時段	波浪資料時段	測站	C.C.	資料屬性
1997	Levi(里維)	05/25(1800)~05/30(0600)	05/25(1800)~05/30(0600)	花蓮	0.907	學習資料
	Opal(歐珀)	06/15(0600)~06/21(0600)	06/15(0600)~06/21(0600)	花蓮	0.884	學習資料
	Peter(彼德)	06/23(0600)~06/29(0000)	06/23(0600)~06/29(0000)	花蓮	0.925	學習資料
1998	Otto(奧托)	08/02(0000)~08/05(0600)	08/02(0000)~08/05(0600)	花蓮	0.908	學習資料
1999	Sam(山姆)	08/18(0600)~08/23(0000)	08/18(0600)~08/23(0000)	花蓮	0.577	學習資料
2000	Jelawat(杰拉華)	08/01(0000)~08/11(0000)	08/03(0800)~08/11(0000)	花蓮	0.503	學習資料
	Bilis(碧利斯)	08/18(0600)~08/24(0000)	08/18(0600)~08/22(1200)	花蓮	0.861	學習資料
	Bopha(寶發)	09/05(1800)~09/11(0600)	09/08(0400)~09/11(0600)	花蓮	0.935	學習資料
	Yagi(雅吉)	10/22(1200)~10/27(0600)	10/22(1200)~10/27(0600)	花蓮	0.978	學習資料
1994	Tim(提姆)	07/05(0000)~07/12(0000)	07/09(1600)~07/10(1400)	花蓮	0.939	測試資料
	Fred(弗雷特)	08/19(0000)~09/02(1800)	08/19(0000)~09/02(1800)	花蓮	0.788	測試資料
1995	Kent(肯特)	08/24(0000)~09/01(1800)	08/24(0000)~08/30(2200)	花蓮	0.934	測試資料

1999	Maggie(瑪姬)	06/01(1200)~06/06(1800)	06/01(1200)~06/06(1800)	蘇澳	0.801	測試資料
2001	Haiyan(海燕)	10/11(1200)~10/17(1800)	10/11(1200)~10/17(1800)	花蓮	0.964	測試資料

將颱風氣象資料與花蓮觀測站實測波浪資料的示性波高、週期與颱風距離做比較結果如圖 3.3 及圖 3.4 所示，配合圖 3.3 可以觀察出測站波高與颱風距離的關係，並圈定目前最大颱風事件的颱風波浪影響的範圍，由圖 3.5 可以觀察出颱風波浪在距離觀測站 1500km 開始颱風波浪波高明顯隨著距離減少而增加，因此對於颱風波浪推算模式的範圍圈定以颱風中心向外延伸 1500km 的圓形區域。

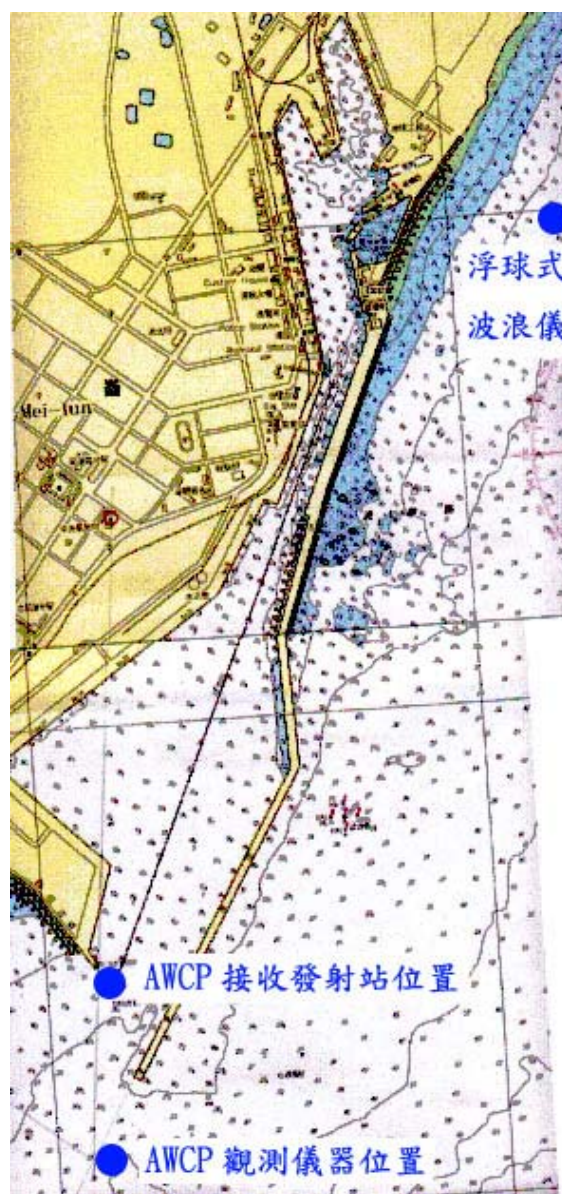


圖 3.1 花蓮港觀測站儀器安裝位置圖



圖 3.2 蘇澳港觀測站儀器安裝位置圖

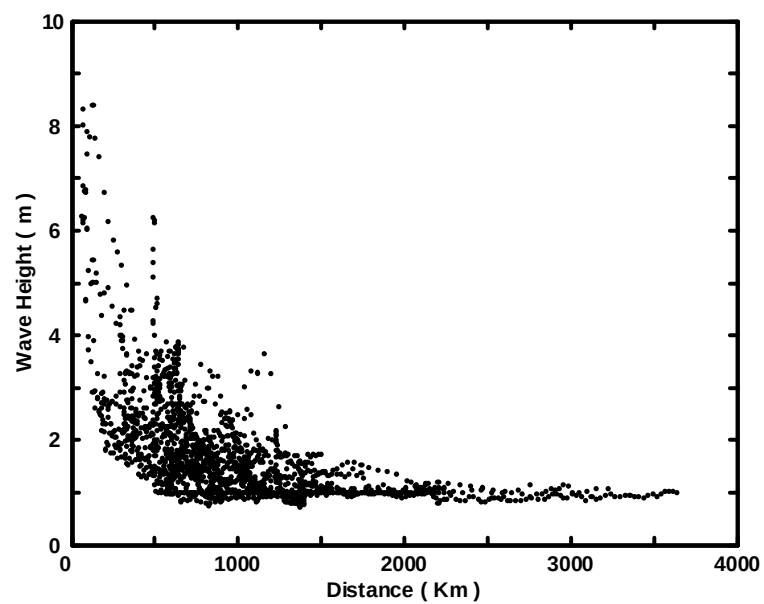


圖 3.3 花蓮觀測站實測波浪資料示性波高與颱風距離關係

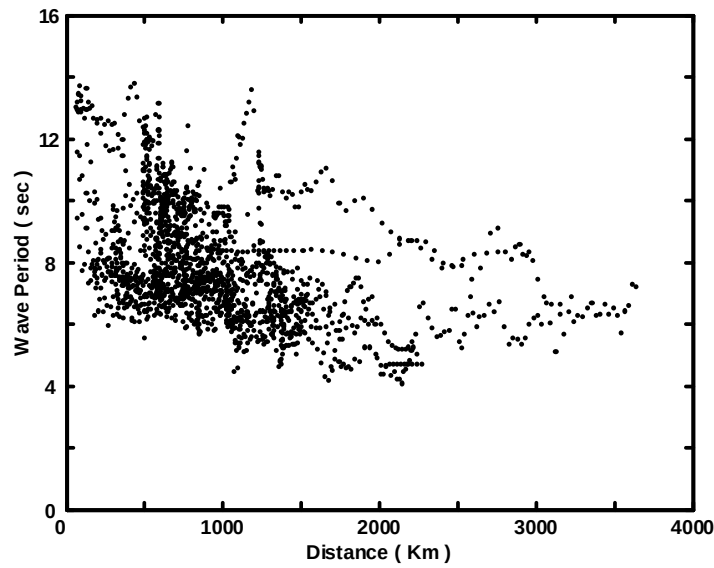


圖 3.4 花蓮觀測站實測波浪資料示性週期與颱風距離關係

延時效應對颱風波浪的影響相當複雜，因此先假設在颱風波浪場的範圍內能夠達到 1500km 的波浪是颱風最大風速區域產生的最大週期最大波高的颱風波浪，圖 3.4 顯示颱風至測站的距離與示性週期的關係，圖中顯示示性週期 6 - 8 sec 為颱風遠離或是受到陸地遮蔽時的結果，當距離 500km 颱風直接影響觀測站示性週期約 10-14 sec 之間，若選擇一般颱風最大風速區域波浪的示性週期為 12 sec，假設波浪傳遞在深水區域則波浪由颱風中心向外傳遞波速為 18.72 m/s 達到 1500km 時需要 22.25 小時，在考慮颱風氣象每次更新的時間為 6 小時因此將延時範圍設定在 24 小時，所以式(2-11)中選取 $m = 24$ 。

3.2 類神經網路推算模式轉移函數

由式(2-11)所示，選擇的模式輸入參數 V_{10} 、 r 、 θ_1 、 θ_2 共四個，在作為模式輸入參數前先對各個參數進行無因次化，由於平均水深為 25 公尺，假設波高最大值為 12 公尺，週期最大值的選取則以接近實測最大值為參考選用 15sec，最大風速的最大值則經由計算達到 38 m/s，但是當風速達到 27m/s 時已產生實測波高的最大值 8 公尺，因此最大風速的最大值選用 30m/s，距離 r 則選用 1500km、 θ_1 、 θ_2 選用 360 度作為

無因次化的標準，無因次後各參數可表達為 $\bar{V}_{10}$ 、 $\bar{r}$ 、 $\bar{\theta}_1$ 、 $\bar{\theta}_2$ 。

風速 V_{10} 與示性波高 H_s 的關係在觀測上為正比關係，當 H_s 隨著 V_{10} 增加接近波浪成長極限時， V_{10} 對 H_s 的影響也逐漸降低。在類神經網路輸入參數端 V_{10} 與 H_s 的關係可以利用轉移函數對輸入函數變動的趨勢做初步模擬，測站風速 V_{10} 與 H_s 及轉移函數關係如圖 3.5 所示，風速 V_{10} 轉移函數 $f_{V_{10}}$ 表示式可以表示為：

$$f_{V_{10}}(\bar{V}_{10}) = \frac{2}{(1 + e^{(-2 \times \bar{V}_{10})})} - 1 \dots\dots\dots(3-1)$$

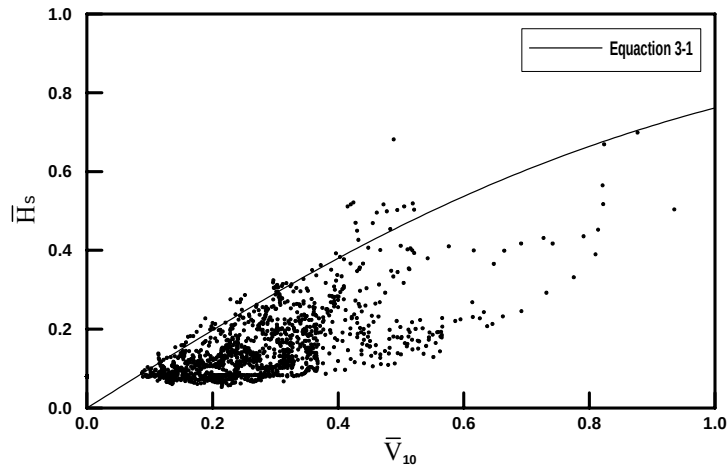


圖 3.5 測站風速 $\bar{V}_{10}$ 與波高及轉移函數關係

颱風影響波浪的發展主要在颱風風場的範圍內，颱風風場內的風場分佈由接近颱風中心的最大風速位置向外遞減，因此示性波高 H_s 與颱風接近測站的距離 r 成反比，由實測數據比較的結果，颱風在不同距離下作用波浪的關係亦不相同，因此利用多個函數(Symmetric Gaussian function)組合成 r 與 H_s 的轉移函數， r 與 H_s 及轉移函數關係如圖 3.6 所示， r 轉移函數 f_r 表示式可以表示為：

$$f_{\bar{r}} = \text{Max}(f_{\bar{r}_1}, 0.5 f_{\bar{r}_2}, 0.3 f_{\bar{r}_3}, 0.2 f_{\bar{r}_4}) \dots\dots\dots(3-2)$$

其中 $f_{\bar{r}_i} = e^{\frac{-(\bar{r}-c)^2}{2\sigma^2}}$, $i=1,2,3,4$, 而 f_{r_1} 、 f_{r_2} 、 f_{r_3} 以及 f_{r_4} 所對應的兩個 Gaussian function 參數 (c, σ) 分別為 $(0, 0.05)$ 、 $(0.15, 0.1)$ 、 $(0.2, 0.3)$ 及 $(0.4, 0.5)$ 。

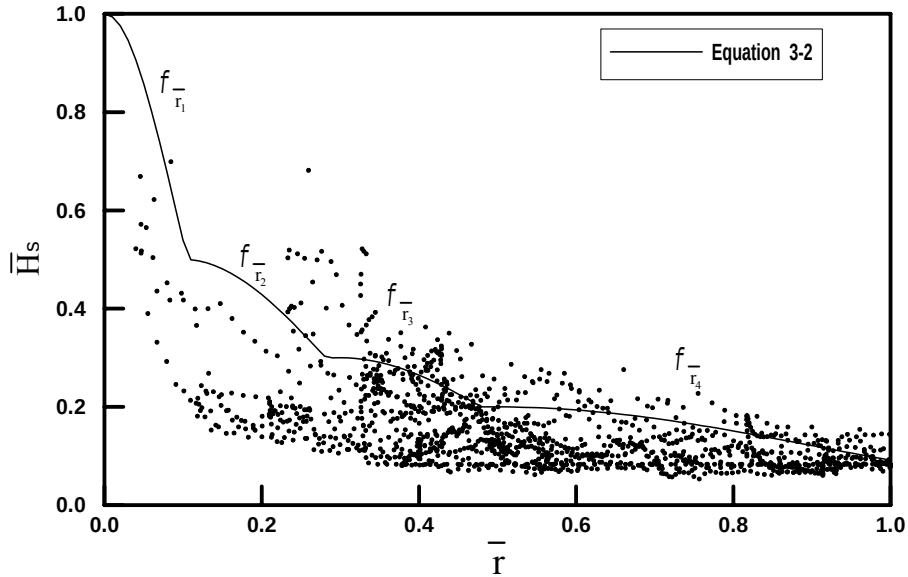


圖 3.6 測站至颱風中心距離 r 與波高及轉移函數關係

在颱風位置與波浪的關係，因測站與颱風中心方位角 θ_1 與距離 r 取代經緯度的座標，在假設颱風風場未受地形影響的假設下， θ_1 對波浪的影響就不明顯，因此 θ_1 與波高的轉移函數採用線性函數， θ_1 轉移函數 f_{θ_1} 表示式可以表示為：

$$f_{\bar{\theta}_1} = \bar{\theta}_1, \quad 0 \leq \bar{\theta}_1 \leq 1 \quad \dots\dots\dots(3-3)$$

由圖 3.7 所示為颱風風場內風速及風向的分佈情形，可以明顯看出颱風風場內風速、風向大致可依颱風行進方向區分左右半圓，但是利用兩個作用區間無法有效區分風波的關係。當考慮以風向進行區分時，則可以分成 4 個區域，如圖 3.8 所示，由於颱風對波浪的影響受到距離的限制，因此必須考慮 4 個區間與觀測站距離影響颱風波浪的行為，而相鄰區域的風向是連續的逐漸變化同時影響波浪的行為，所以轉移函數的選擇上亦需由多個函數組合以表達其特性，測站的颱風行

進方向夾角 θ_2 與波高的轉移函數 $f_{\theta 21}$ 、 $f_{\theta 22}$ 、 $f_{\theta 23}$ 、 $f_{\theta 24}$ 表示式可以表示為：

$$f_{\bar{\theta}_2} = \text{Max} \left(e^{\frac{-(\bar{\theta}_2 - c_1)^2}{2\sigma_1^2}}, e^{\frac{-(\bar{\theta}_2 - c_2)^2}{2\sigma_2^2}} \right) f_{\bar{r}}, \quad c_1 > c_2 \dots\dots\dots(3-4)$$

$$= f_{\bar{r}}, \quad c_1 < c_2$$

其中 $f_{\theta 21}$ 、 $f_{\theta 22}$ 、 $f_{\theta 23}$ 以及 $f_{\theta 24}$ 所分別對應的參數 $(c_1, \sigma_1, c_2, \sigma_2)$ 各為 $(0.66, 0.05, 0.84, 0.05)$ 、 $(0.41, 0.05, 0.59, 0.05)$ 、 $(0.16, 0.05, 0.34, 0.05)$ 及 $\text{Max} [(c_1=0.91, \sigma_1=0.05, c_2=1, \sigma_2=0.05), (c_1=0, \sigma_1=0.05, c_2=0.09, \sigma_2=0.05)]$

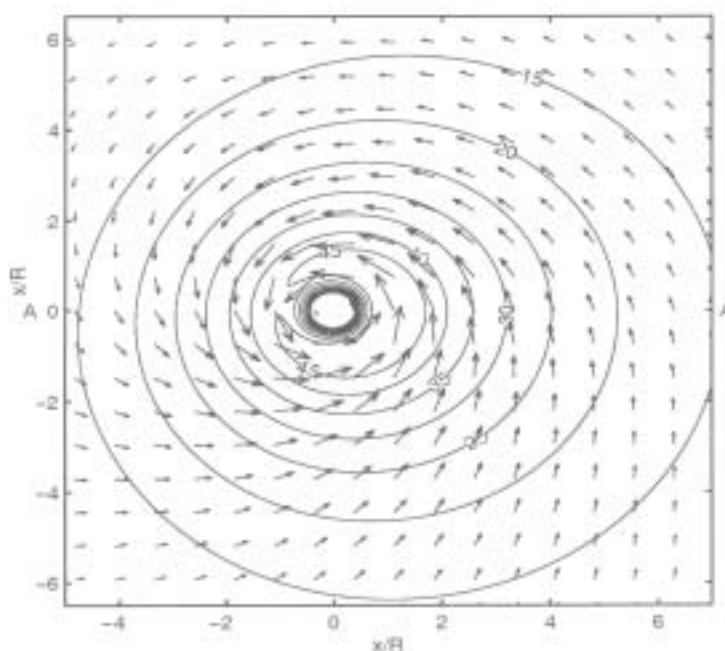


圖 3.7 颱風風場風速向量圖

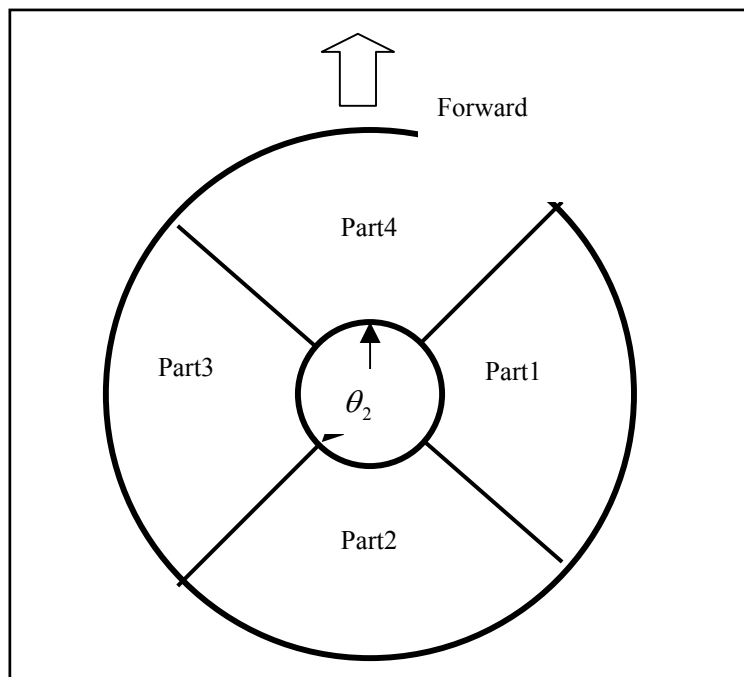


圖 3.8 颱風風場分區圖

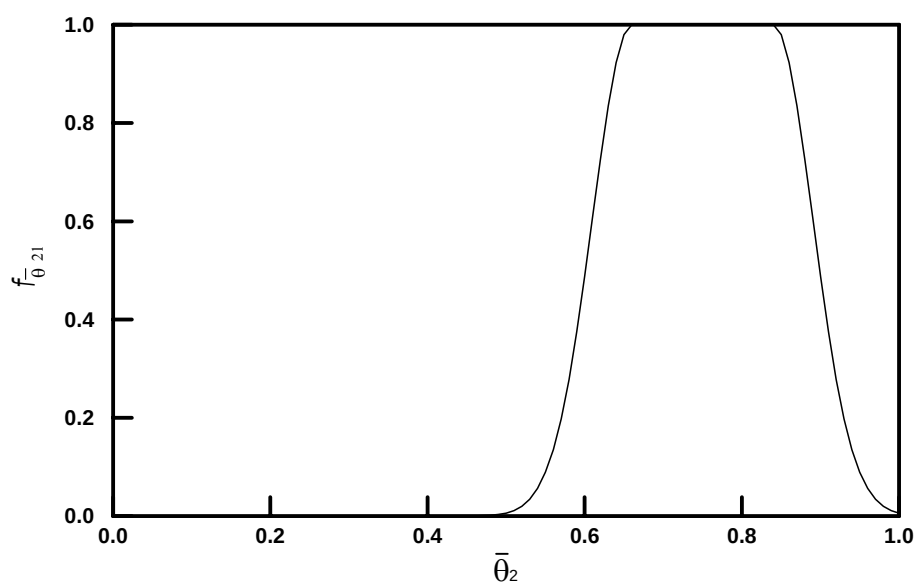


圖 3.9 $f_r = 1$, 颱風行進方向夾角 θ_2 與轉移函數 $f_{\theta 21}$ 關係

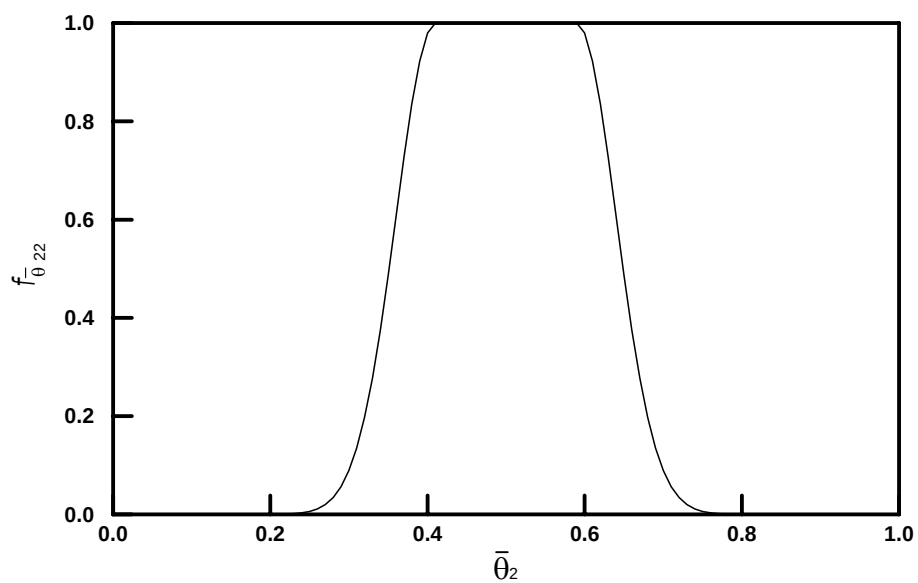


圖 3.10 $f_r = 1$ ，颱風行進方向夾角 θ_2 與轉移函數 $f_{\theta 22}$ 關係

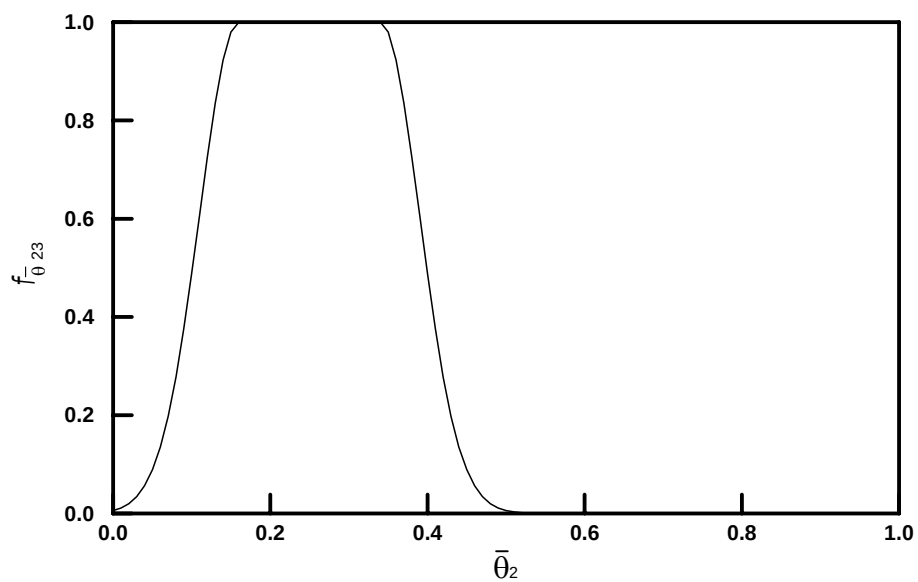


圖 3.11 $f_r = 1$ ，颱風行進方向夾角 θ_2 與轉移函數 $f_{\theta 23}$ 關係

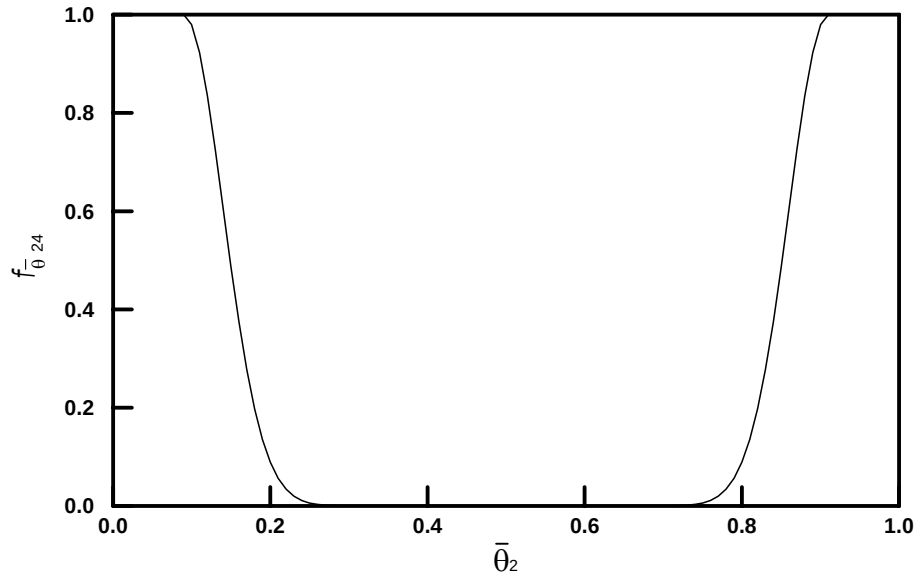


圖 3.12 $f_r = 1$ ，颱風行進方向夾角 θ_2 與轉移函數 $f_{\theta 24}$ 關係

3.3 類神經網路推算模式架構

類神經網路模式採用倒傳遞類神經網路架構(Backpropagation Neural Network, BPNN)，關於倒傳遞神經網路的理論與演算詳見 Eberhar and Dobbins (1990)的說明與推導。倒傳遞類神經網路對於線性及非線性函數有良好的模擬能力，而類神經網路在適當的結構組織下能夠模擬有限範圍的隨機函數，也就是類神經結構擁有極佳的記憶能力，模擬能力的好壞受限制於學習資料的完整性及類神經網路結構，Lippman (1987)指出採用 2 個隱藏層的神經網路對非線性、片段連續的函數具有足夠的模擬能力。

倒傳遞類神經網路藉由學習資料與模擬結果的誤差修正各個加權值，同時藉由學習的過程建構正確的輸入參數與輸出值間的關係。對於具有一個隱藏層的倒傳遞類神經網路通常表示為：

$$O_{P \times 1} = f(W_{S \times R} I_{R \times 1} + b_{S \times 1}) \dots\dots\dots (3-5)$$

其中 $O_{P \times 1}$ 為神經網路具有 P 個向量的輸出矩陣， f 為轉移函數， $I_{R \times 1}$

為具有 R 個向量的輸入矩陣， $W_{S \times R}$ 為具有 S 個神經元的神經網路權重矩陣， $b_{S \times 1}$ 為網路偏權值矩陣。式(3-5)簡單的表示方法為 ”S-P”，所以一個具有 2 個隱藏層神經元的個數分別為 10 及 20，且一個輸出單元時，簡單的表示法為 1-10-20-1。

針對式(2-11)的函數結構架構類神經網路，在類神經網路學習資料有限的限制下，為了能夠分離出不同的颱風行為對造成颱風波浪的影響，由公式(2-11)中分離函數中的 V_{10} 、 r 、 θ_1 與 θ_2 對颱風波浪影響的成分，經過轉移函數的連結後輸入參數共 7 個。假設在颱風波浪示性週期與示性波高有相似的作用機制，則模式可同時推算相似颱風行為的示性波高與週期的條件下，模式輸出參數為 H_s 。本類神經網路模式可以表示為

$$H_s = f_2(W_{S2 \times S1} \cdot f_1(W_{S1 \times (R \cdot n)} [I_{R \times 1}]_{n \times 1} + b_{S1 \times 1}) + b_{S2 \times 1}) \dots\dots\dots (3-6)$$

模式的輸出，輸入函數 $I = [f_{\bar{V}_{10}}, f_{\bar{r}}, f_{\bar{\theta}_1}, f_{\bar{\theta}_{21}}, f_{\bar{\theta}_{22}}, f_{\bar{\theta}_{23}}, f_{\bar{\theta}_{24}}]^T$ ， n 為風場作用下影響颱風波浪延時的時間，在花蓮觀測站的條件下延時採用 24 小時。

式 (3-6) 的類神經架構的輸入為 24 個小時內的 $f_{\bar{V}_{10}}, f_{\bar{r}}, f_{\bar{\theta}_1}, f_{\bar{\theta}_{21}}, f_{\bar{\theta}_{22}}, f_{\bar{\theta}_{23}}, f_{\bar{\theta}_{24}}$ 的資料，為降低類神經網路結構的複雜性，將以每 4 小時的 $f_{\bar{V}_{10}}, f_{\bar{r}}, f_{\bar{\theta}_1}, f_{\bar{\theta}_{21}}, f_{\bar{\theta}_{22}}, f_{\bar{\theta}_{23}}, f_{\bar{\theta}_{24}}$ 資料值為輸入資料，即 t 、 $t-4$ 、 $t-8$ $t-24$ 時刻的輸入參數共 49 個。經試誤法的結果，選擇類神經組織結構第一個隱藏層使用 80 個神經元，第二個隱藏層採用 40 個神經元，輸出為波浪示性波高 H_s ，即為 (49-80-40-1) 網路，此類神經網路架構即為颱風波浪推算模式。

3.4 Aere 颱風預測流程

本介面於颱風接近時，利用 Unisys Weather 網站 (<http://www.>

weather.unisys.com/hurricane/)所提供的颱風預測路徑及風速資料，來進行即時的波浪預報，並可隨著 Unisys 資料的更新來修正推估的波高。

於 Unisys Weather 網站中可免費取得 72 小時後的颱風動態，其中包括颱風最大風速以及移動路徑。利用這些資料輸入至颱風波浪預警介面中即可得到未來 72 小時內的颱風波浪預測值。此外 Unisys Weather 將每六個小時更新一次所預測的颱風資料，故使用者也可透過颱風波浪預警介面每六個小時更新預測波高值。圖 3.13 及圖 3.14 分別為 Unisys Weather 於 2004/08/23 AM 02:00 預測 Aere 颱風未來 72 小時的颱風路徑以及颱風風速。圖 3.15 及圖 3.16 分別為 Unisys Weather 於 2004/08/24 PM 02:00 預測 Aere 颱風未來 72 小時的颱風路徑以及颱風風速。圖 3.17 則為各不同時間點所推估的波高值以及實測資料。

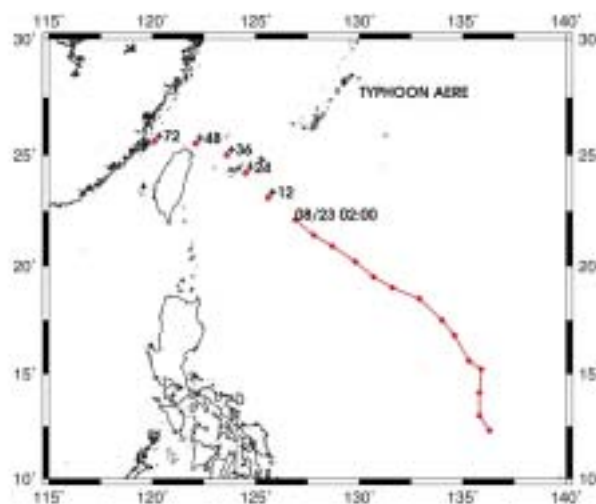


圖 3.13 Unisys Weather 於 2004/08/23 AM 02:00 預測 Aere 颱風未來 72 小時的颱風路徑

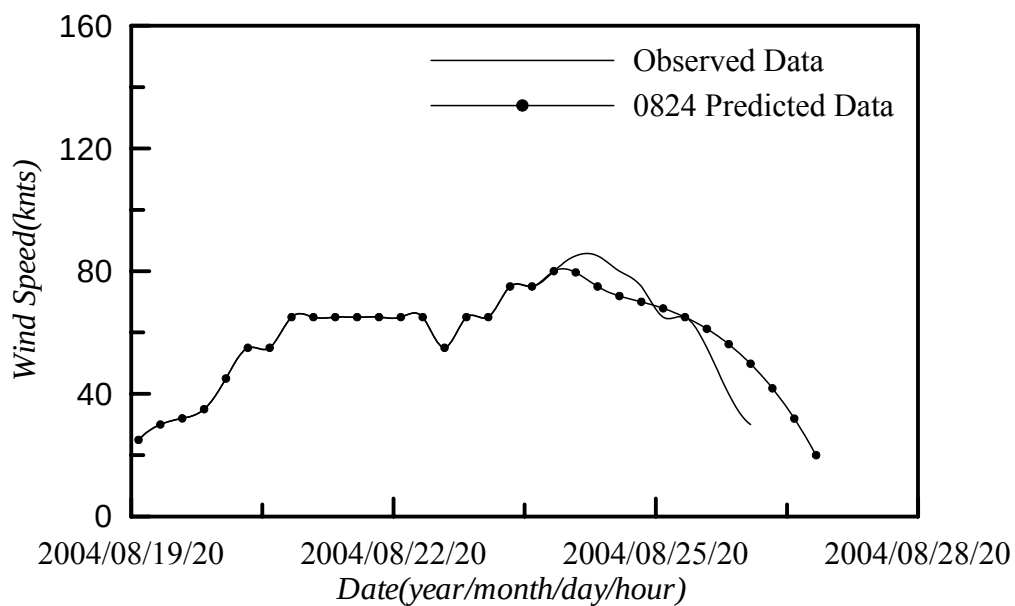


圖 3.14 Unisys Weather 於 2004/08/23 AM 02:00 預測 Aere 颱風未來 72 小時的颱風風速

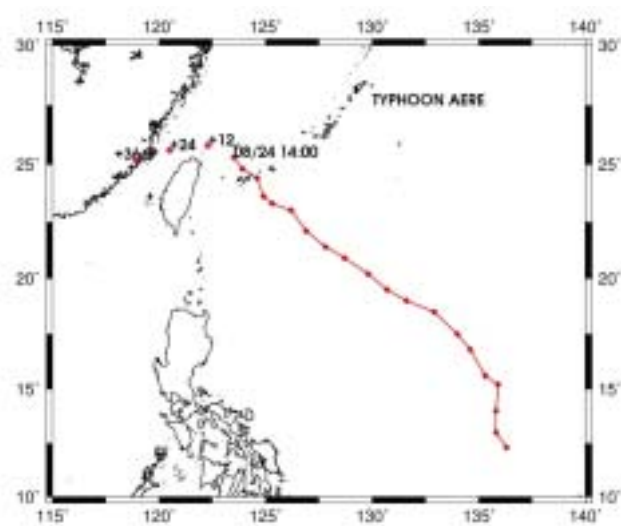


圖 3.15 Unisys Weather 於 2004/08/24 PM 02:00 預測 Aere 颱風未來 72 小時的颱風路徑

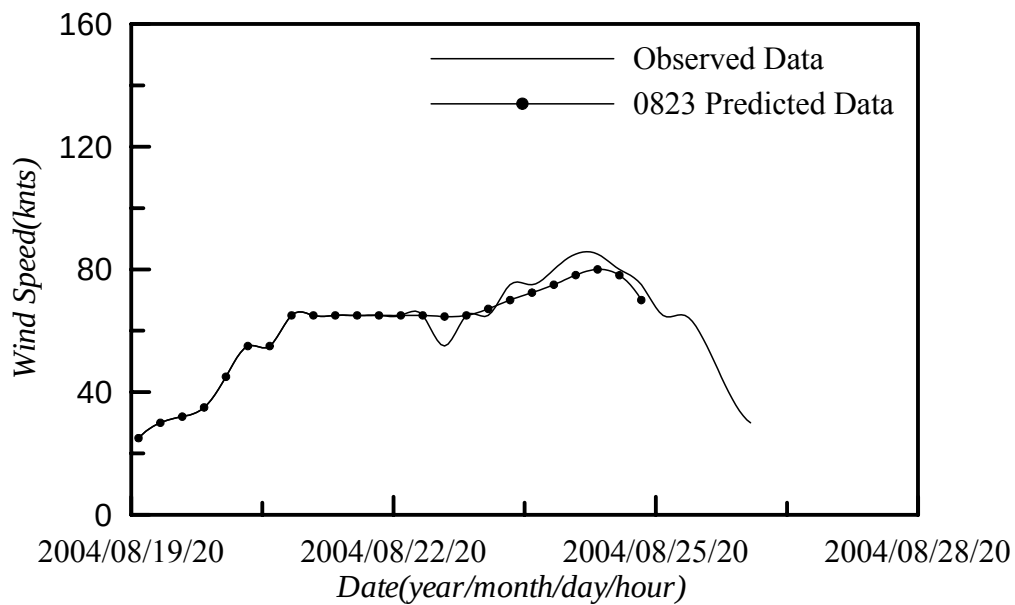


圖 3.16 Unisys Weather 於 2004/08/24 PM 02:00 預測 Aere 颱風未來 72 小時的颱風風速

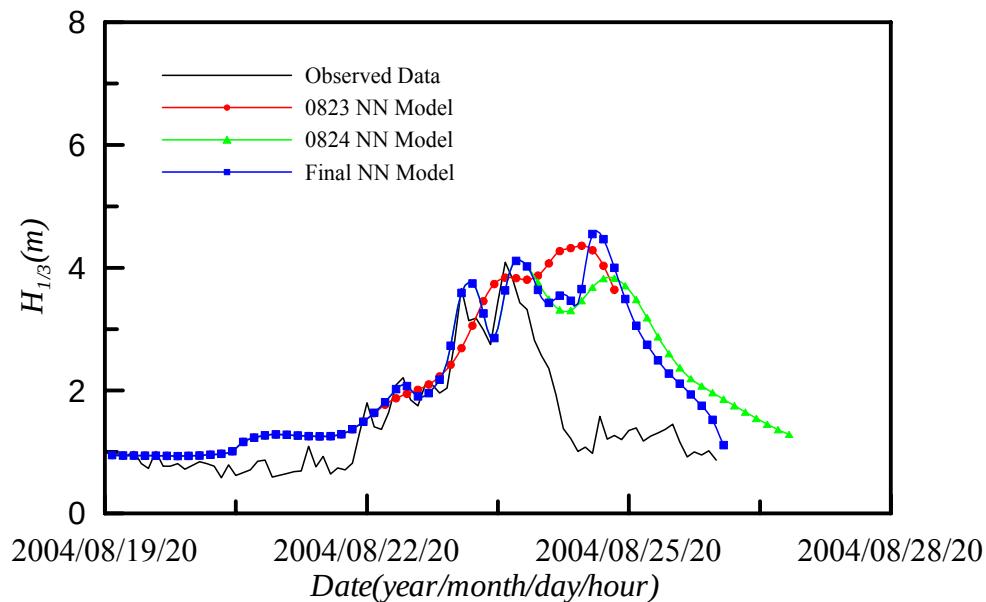


圖 3.17 各不同時間點所推估的波高值以及實測資料

第四章 圖形化使用者介面

4.1 圖形化使用者介面之介紹

對於一般使用者而言，在完全沒有程式開發基礎的情況下，想要使用一套工程或研究人員所開發的程式或是模式來說，是一項非常大的挑戰。所以在本年度的工作項目主要為開發颱風波浪預測模式的圖形化使用者介面(Graphical User Interface)的觀念。此介面基本上是以之前年度計畫所開發的颱風波浪預測模式為核心計算模組，加上人性化的操控介面整合而成。此外本介面融合許多外部的資料處理步驟，省去大量操控程序，縮短整體操作上的時間與流程。在介面外觀方面，採用類似一般使用者常接觸的 Windows 介面樣式來作設計，圖形化的表現能提升本介面與使用者之間的互動。而此介面的建立與整合，可視為未來發展全自動監測預報系統的前置研究。

本研究初步構想的圖形化使用者介面有四個主要目標，詳述於下：

1. 擴展使用者族群

近年來在專業領域中的應用程式開發，不論是在任何一種作業平台上，都開始趨向於採用對於使用者較為友善的圖形化介面。其目的除了介面視覺上的美觀之外，還能由圖示選項來代替原本程式操作所需要用的指令。如此一來可使原本颱風波浪預報模式的使用者，由原本所需要的富有程式操控能力且有颱風波浪相關知識的工作人員，擴展到擁有颱風波浪相關知識的工作人員，示如圖 4.1。

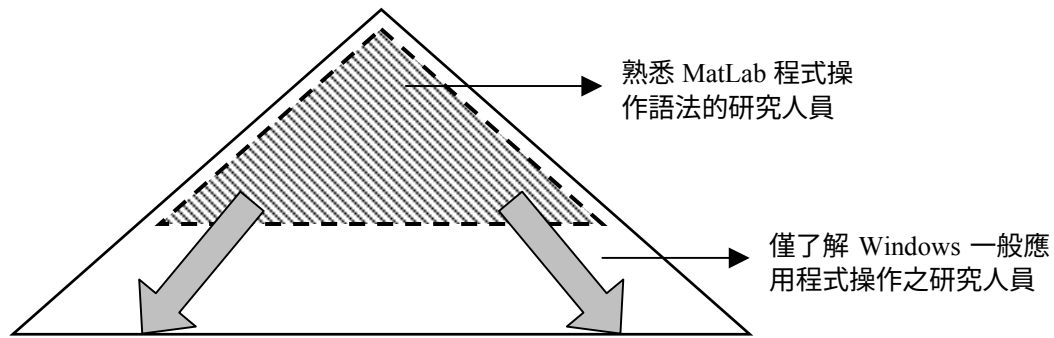


圖 4.1 GUI 的開發對於使用者族群的分布變化

圖 4.1 為表示所有研究人員中對 Matlab 程式操作語法之能力分布圖，位於金字塔行分布圖頂部的斜線區域中的是較少數熟悉 Matlab 程式操作的研究人員，本介面的發展，可以將颱風波浪預測模式的使用者族群擴展至所有了解一般應用程式之研究人員。使得本模式的使用範圍更為廣泛，使用者所需具備的程式操控能力限制將會大幅降低。詳細的圖形介面以及完整的說明文件可以讓不具有程式語言能力的使用者輕鬆地就可以利用本介面進行颱風波浪的預測與評估。使用者只要熟練滑鼠的基本操作(單擊、雙擊、拖曳)，幾乎可以完成絕大部分的操作指令。

2. 縮短模式操作程序時間

原本颱風波浪推算模式之中的工作程序，可簡單分為：

(1) 輸入資料整合

在颱風波浪預測模式的輸入資料整合的部分包括颱風與波浪資料的比對以及內插，目的在於確定輸入的資料固定為每小時一筆，故所有的資料在此步驟需作補遺且經過嚴格的比對。在本圖形化介面輸入的部分是利用圖形化的友善介面進行輸入檔案的選取並會對輸入資料長度進行長度檢核，但資料的內插與補遺由於需要更多的人為判斷，故將此動作移至外部的作業程序。

(2) 由輸入資料計算模式所需參數

經由以上遊圖形介面選取所需要的輸入資料檔案後，還需要進行一些參數的計算如颱風行進速度、颱風中心距離、颱風行進方向定義以及較為複雜的風場模式計算，這些繁瑣的步驟都能在資料輸入後直接整合進行運算並以矩陣的方式儲存於記憶體中，以便於後續程式即時讀取使用。

(3)模擬(Simulation)

本圖形化介面在選取適當 Model、預測區域以及資料的輸入後，只要由上方工具列直接選取即可直接開始 Simulation 的動作，在此可省去原來使用大量程式指令來選取類神經架構增加許多執行速度。

(4)輸出結果

使用圖形化介面執行輸出結果時，可以直接將結果以繪圖方式表現，節省許多後續資料處理以及繪圖時間。並可即時與輸入資料作比對。在下半年工作期間本介面在輸出結果的選擇上變得更多樣化，除了基本輸入以及預測波高歷時圖的顯示之外，更額外加入颱風路徑的顯示。此外預測波高圖可配合預測波高表讓使用者能更容易瞭解數據以及圖表之中的特性。

使用圖形化介面操作整個模式，可以整合以上四個部分中的所有繁瑣過程，完全不必使用到指令，取而代之的是圖形介面上的滑鼠操作。此介面與原來模式操作相較之下以進行單一颱風波浪資料預測而言，可以縮短操作時間至原來的十分之一。

表 4.1 使用 GUI 介面之效率比較表

工作項目	原有模式操作	使用本介面操作
輸入資料處理	內插、補遺	開啟介面後選取欲讀入之資料檔案，自動計算並繪圖
資料輸入	讀取資料檔案	
輸入資料檢核	手動檢核	
計算所需參數	呼叫副程式另行處理	

繪出各資料隨時間變化圖	繪圖應用程式	
進行模擬	讀取檔案進行模擬	選取合適模式進行模擬並自動繪圖
繪圖顯示模擬結果	繪圖應用程式	
模擬結果資料存檔	指令儲存陣列並輸出至檔案	直接指定欲儲存之檔案
模擬結果繪圖存檔	繪圖應用程式	
操作方式	指令 外部應用程式	滑鼠
展示或比較資料	經由繪圖應用軟體印出整合	在 GUI 輸出視窗中直接進行
整體效率	較費時	較省時

3. 增加模式親和力

在模式中輸入資料以備妥的情況下，本圖形化介面只需使用滑鼠的點選即可完成整個颱風波浪的預測工作(包含資料輸入至結果輸出)。搭配輸入資料狀態視窗，可以清楚地列出輸入資料的長度，加上中文化介面以及完整的說明文件，提昇本介面的親和力。介面中的開發環境是以目前一般使用者所熟稔的 Windows 系統為基礎，滑鼠的點擊、鍵盤的快速鍵操作以及開啟檔案的檔案列表，都是與 Windows 系統相同。使用者只要能夠具備有 Windows 的基本操作觀念甚至不需要操作手冊就可以對本介面輕鬆上手。這也使得本介面不像一般專業工程應用軟體一般令人感到困難。

4. 提升未來自動化環境可行性

本介面的開發不但提供使用者在操作上的便利，並且在開發過程中整合了整個模式的運作。整合後的模式可提升對於未來自動化環境的配合度。未來可應用於提供網路即時波浪預報，可以在無人操作的環境中直接擷取颱風觀測資料以計算出波浪變化關係並同時以該伺服器作即時發布。

4.2 颱風波浪預測模式圖形化介面介紹

本介面開發環境為 Matlab 中的 GUIDE(Graphical User Interfaces Development Environment)。操作環境為 Mathworks 公司的科技運算應用軟體 Matlab，版本支援 Matlab 5.0 以上系統。本介面測試環境有 Microsoft Windows98、Windows2000、WindowsXP 各版本，已知支援作業系統並有 Mac 以及 Unix 其餘系統的可行性請詳見 Matlab 使用手冊。

圖形化介面的開發目標期望能以最少的操作程序作最多的流程以及展現最多的資訊，如此一來可以減少視窗的切換以及提升操作流程的流暢度。目前整個圖形化介面主要由七個視窗組成、分別為 1.主介面視窗 2.資料輸入視窗 3.模擬輸出視窗 4.資料存檔視窗(包含圖片存檔以及資料存檔) 5.颱風路徑圖 6.預測波高圖 7.預測波高表，分別介紹如下：

1.主介面視窗

(1)介面主視窗標題列：標題列明確列出目前介面所在視窗並註明介面版本等資訊。

(2)介面主視窗工具列：工具列包含控制、模擬以及其他三個部分。工具列的編排主要符合一般 Windows 應用程式的架構，以樹狀的結構將所要選取的指令存放於內，示如圖 4.3。

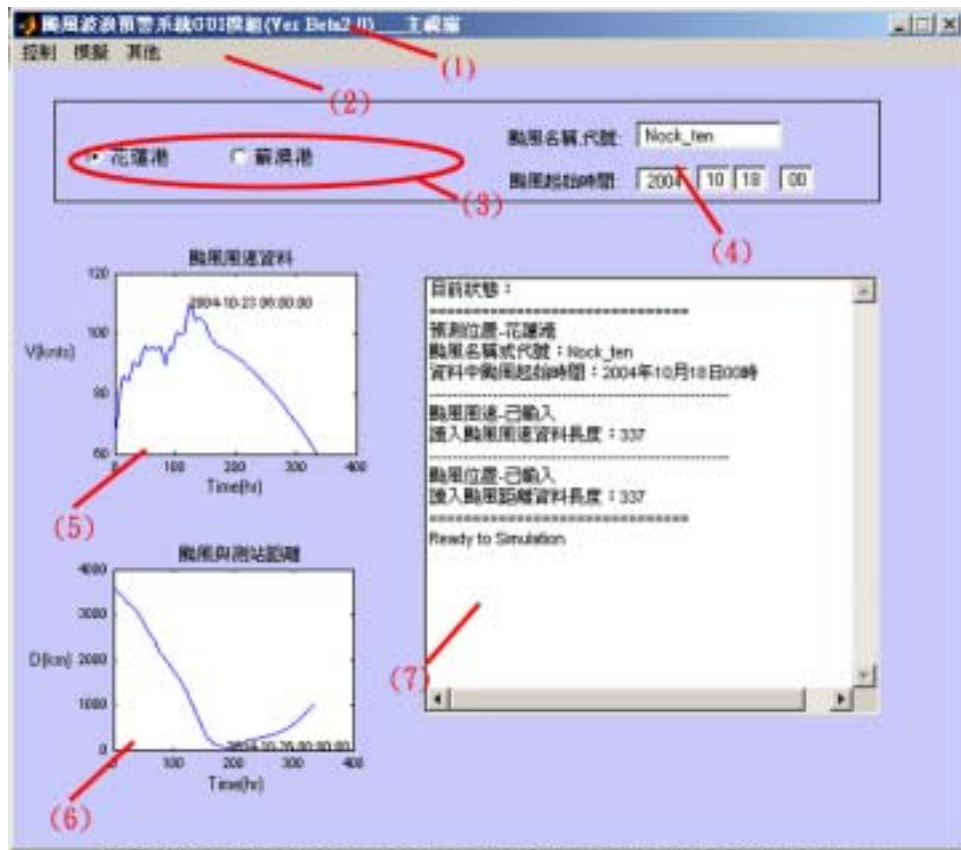


圖 4.2 本介面主視窗

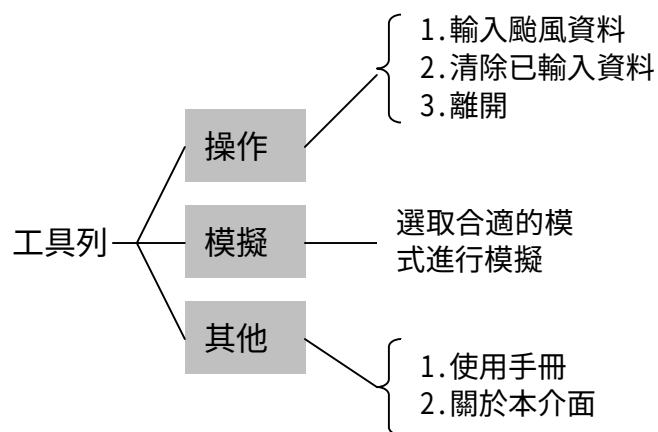


圖 4.3 樹狀結構的工具列

如圖 4.3 中所示第一子工具列為控制部分包括颱風資料的輸入、波浪資料的輸入、清除已輸入的資料及離開本介面。清除已輸入資料目的在於當輸入資料發生錯誤或是欲另外輸入資料前先將記憶體中的暫存資料清除。第二子工具列為模擬部分，此部份為資料輸入確定無誤

後選取適當的類神經架構進行模擬。第三子工具列為其他部分，包含呼叫完整的使用手冊以及關於本介面的版本資訊視窗開啟，使用手冊的開啟將呼叫外部程式以開啟 HTML 資料的瀏覽器。

- (3)選擇預測模式區域：目前颱風波浪預測模式的測試資料有花蓮港以及蘇澳港的波浪資料，在此可選擇預測的區域。
- (4)颱風名稱以及颱風資料起始時間輸入：本介面於下半年度新增此框架，目的在於能在輸出視窗中明確列出處理中的颱風名稱或編號。此外，透過輸入的颱風資料起始時間，能在各個時序圖中標示出正確的時間，進而提供比時間序列更明確的圖軸表示。
- (5)輸入資料之颱風風速變化圖：此區域可即時將所輸入的颱風風速資料以繪圖方式來表示，幫助使用者即時了解所輸入之颱風資料，並標示出風速最大值所發生的時間。
- (6)輸入資料之颱風距離變化圖：此區域可即時將所輸入的颱風位置資料運算成颱風與港口之間距離變化並以繪圖方式來表示，幫助使用者即時了解所輸入之颱風資料以及颱風最接近點的時間。
- (7)輸入資料之狀態視窗：本文字狀態區域能即時顯示輸入之颱風資料筆數以及颱風的基本資訊，以便檢核資料良缺，判斷輸入之資料是否適合進行下一階段的模擬程序。

2. 資料輸入視窗

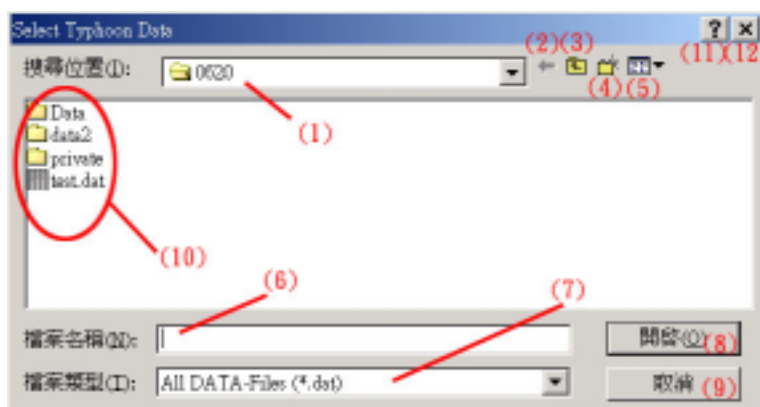


圖 4.4 颱風資料輸入視窗

資料輸入視窗與一般 Windows 檔案開啟視窗相似，操作部分詳述於下：

- (1)目前資料夾位置：顯示目前所在資料夾，使用者能在此區域切換各個位於該電腦中的儲存設備或是網路儲存設備以更改目前資料夾位置。
- (2)回上一頁按鈕：本按鈕功能為回到之前所在目錄。
- (3)回上一層按鈕：本按鈕功能為回到目前所在資料夾的上一層，若是以處在最上層資料夾則會回到磁碟根目錄，Windows 作業系統根目錄的上一層則為我的電腦。
- (4)新增資料夾按鈕：本按鈕能在所在資料夾內再新增一子資料夾。
- (5)檢視模式變換按鈕：本按鈕可將目前所在資料夾內的檔案表現方式做適當的改變，包含大型圖示、小型圖示、清單、詳細資料以及縮圖五種方式。
- (6)檔案名稱區域：使用者可在本區域輸入欲開啟的輸入資料檔名。
- (7)選取檔案類型：本區域能夠設定檔案列表區內顯示的檔案類型，本介面在此內定為顯示附檔名為*.dat 之所有檔案，使用者可視需要更改為顯示所有檔案。
- (8)開啟檔案按鈕：本按鈕可在選取檔案後執行開啟的動作，並回到主視窗進行下一步的運算以及檢核。
- (9)取消按鈕：不作任何更動離開本視窗。
- (10)檔案區列表區：列出本資料夾中所有檔案以及子資料夾。
- (11)說明按鈕：按下此按鈕後滑鼠游標會呈現問號，再點及本視窗中各個元件後，會出現各元件的簡單說明。
- (12)關閉視窗按鈕：同於取消按鈕，不作任何改變離開本視窗。

3. 模擬輸出視窗

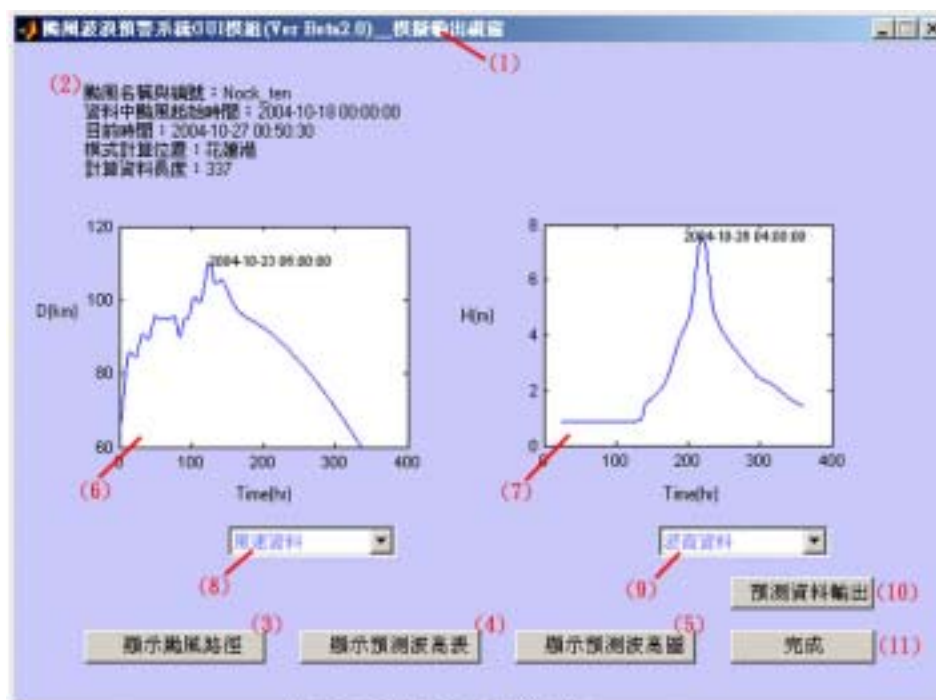


圖 4.5 模擬結果輸出視窗

- (1)模擬輸出視窗標題列：標題列明確列出目前介面所在視窗並註明介面版本等資訊。
- (2)本區域列出颱風名稱及颱風資料起始時間，另外還有介面推算過程中的基本資訊，包括目前時間、計算位置以及輸入資料筆數。
- (3)顯示颱風路徑按鈕：此按鈕可以開啟颱風路徑圖視窗，並可提供圖檔儲存之功能。
- (4)顯示預測波高表按鈕：此按鈕可以開啟波高預測表視窗，可提供逐筆檢視預測波高值。
- (5)顯示預測波高圖按鈕：此按鈕可以開啟波高預測圖視窗，可檢視波高歷時圖，並提供圖檔儲存之功能。
- (6)模擬結果繪圖區 A：本繪圖區可展現風速-時間、距離-時間、海面上 10 米風速-時間以及波高-時間圖，並且標示出各個歷時圖中較重要的峰值。

- (7)模擬結果繪圖區 B：同於模擬結果繪圖區 A、本介面利用雙圖框讓使用者能在同一時刻比較兩種不同資料。
- (8)本區域以下拉式功能表選取顯示在模擬結果繪圖區 A 的變化圖。
- (9)本區域以下拉式功能表選取顯示在模擬結果繪圖區 B 的變化圖。
- (10)預測資料輸出按鈕：開啟資料存檔視窗，以便儲存模擬後的輸出資料，目前支援格式為純文字文件。
- (11)完成按鈕：結束模擬輸出視窗，並關閉一切展示視窗，回到主視窗重新接受資料輸入。

4. 資料存檔視窗

由模擬輸出視窗中的預測資料輸出按鈕以及各個展示視窗(颱風路徑圖視窗、預測波高圖視窗)中的圖形資料存檔按鈕可以開啟這兩個存檔視窗，視窗中各元件介紹同於資料輸入視窗；差異在於圖 4.6 為將資料檔儲存為純文字文件格式，而圖 4.7 則為將圖形的部分作存檔的動作。而存檔的檔案格式限制以及更動都是在(7)存檔類型的區域，兩個不同的視窗會對存檔的格式作限制，使用者無須擔心會將 ascii 的資料檔儲存為附檔名 jpg 的圖形檔格式。



圖 4.6 模擬結果資料存檔視窗



圖 4.7 模擬結果圖形存檔視窗

5. 颱風路徑圖

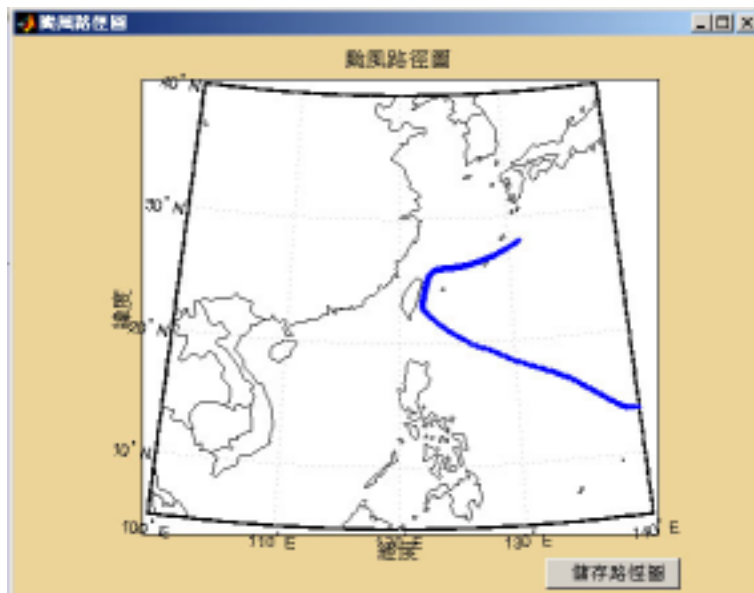


圖 4.8 颱風路徑圖

颱風路徑圖視窗中展示該颱風在北緯 5~40 度、東經 100~140 度範圍內的颱風行進路徑。並提供颱風路徑圖的圖檔儲存，視窗大小可自由拉伸做大小、長寬的調整，在儲存時儲存按鈕會自動消失使存檔的圖片較為美觀且圖形橫軸不會被該按鈕遮蔽。本世界地圖採用 MATLAB 內建之 Basemap。

6. 預測波高圖

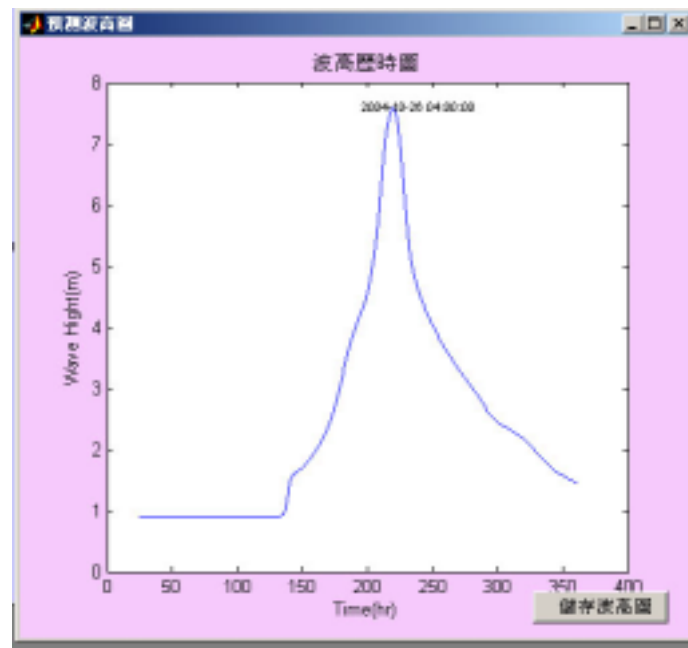


圖 4.9 預測波高圖

預測波高圖視窗中展示該颱風在預測點所造成的波高值，橫軸為時間序列，縱軸為波高，途中並標示出波高最大值所發生的時間。並提供圖檔儲存，視窗大小可自由拉伸做大小、長寬的調整，在儲存時儲存按鈕會自動消失使存檔的圖片較為美觀且圖形橫軸不會被該按鈕遮蔽。

7. 預測波高表

預測波高表提供操作者即時檢視預測波高值以及時間的列表，使操作者更能了解波高值的細部變化。由於在模擬輸出視窗中已提供預測資料的純文字資料輸出，故本視窗沒有提供儲存功能。

預測波高表

颱風經濟預測值

時間	波高
2004-10-18 00:00:00	0.89977
2004-10-18 01:00:00	0.89977
2004-10-18 02:00:00	0.89977
2004-10-18 03:00:00	0.89977
2004-10-18 04:00:00	0.89977
2004-10-18 05:00:00	0.89977
2004-10-18 06:00:00	0.89977
2004-10-18 07:00:00	0.89977
2004-10-18 08:00:00	0.89977
2004-10-18 09:00:00	0.89977
2004-10-18 10:00:00	0.89977
2004-10-18 11:00:00	0.89977
2004-10-18 12:00:00	0.89977
2004-10-18 13:00:00	0.89977
2004-10-18 14:00:00	0.89977
2004-10-18 15:00:00	0.89977
2004-10-18 16:00:00	0.89977
2004-10-18 17:00:00	0.89977
2004-10-18 18:00:00	0.89977
2004-10-18 19:00:00	0.89977
2004-10-18 20:00:00	0.89977
2004-10-18 21:00:00	0.89977
2004-10-18 22:00:00	0.89977
2004-10-18 23:00:00	0.89977
2004-10-19 00:00:00	0.89977

圖 4.10 預測波高表

第五章 目前介面開發進度及操作

5.1 介面操作流程

本介面將原來模式操作流程簡化為四個視窗的簡易操作，基本操作流程將詳述如下。在 Matlab 環境中可利用工具列的檔案開啟功能或是直接於 Command Window 直接輸入 GUI 介面檔名開啟本介面，檔名目前暫定為 TWGUIB2.p(如圖 5.1)。此外為避免介面執行時程式連結與存檔的混亂，建議操作者能在執行介面前先將畫面中上方的工作目錄先設定為本介面安裝的目錄。

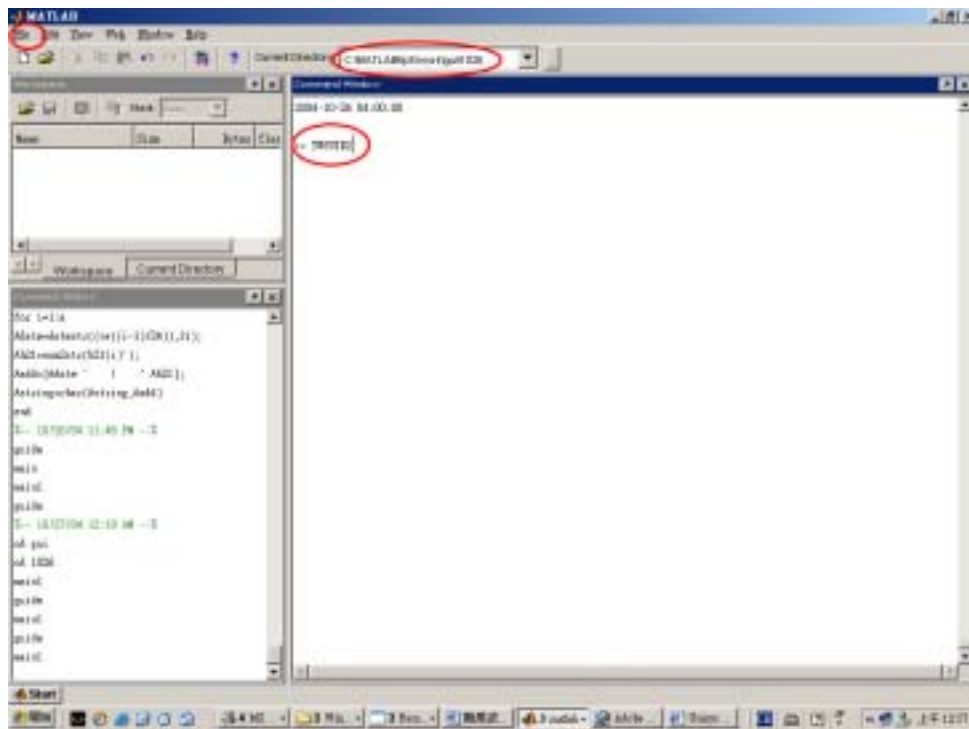


圖 5.1 操作流程介紹 1：Matlab 主要視窗

開啟本介面後桌面系統最上層會出現本介面主視窗如圖 5.2，於右上方輸入框架中可輸入颱風名稱(或編號)以及颱風資料的起始時間。輸入之後可由左上方工具列中"控制"中的"輸入颱風資料"開啟檔案選擇視窗如圖 5.3 開始進行新資料的讀取。目前颱風資料輸入格式採用最簡單的純文字文件，文件中只要包含四列颱風資料：1.時間序列 2.經度

3.緯度 4.風速即可，格式並無嚴格限制，使用者可利用 EXCEL 或是文書編輯軟體都可以做成此輸入檔，每列資料中可用 Tab、Space、逗點等用來表示間隔。若是資料中有遺漏則需要由操作者先做內插或補遺處理，處理後調整時間序列(由 0 開始至最後一筆資料)即可開始做輸入。

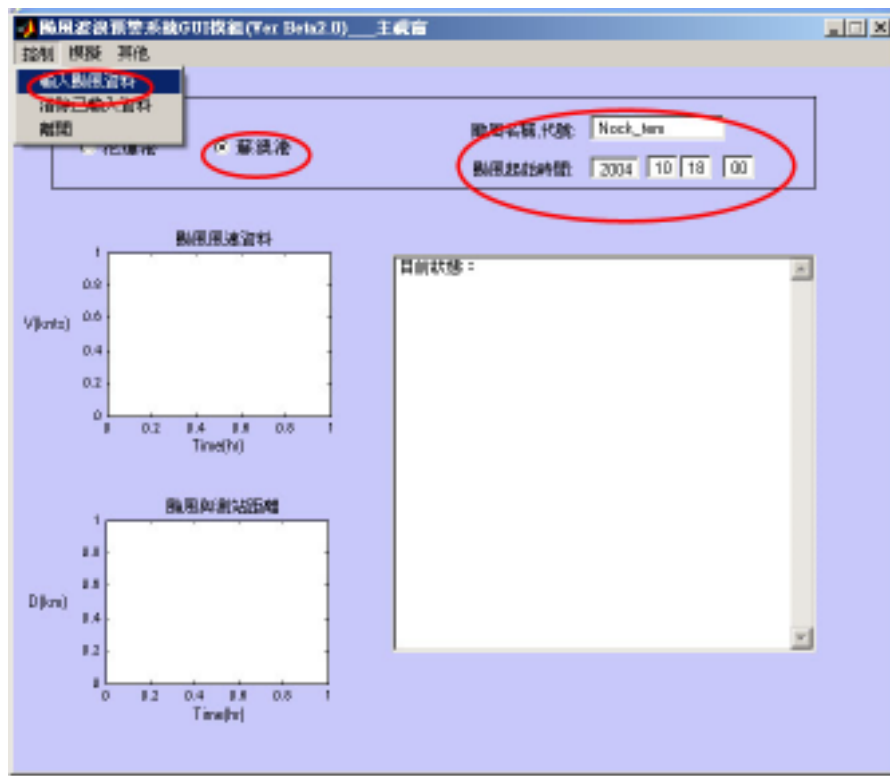


圖 5.2 操作流程介紹 2：本介面主視窗

輸入檔案選擇視窗中可切換該主機硬碟中或是網路硬碟中的檔案，所開啟檔案之副檔名內定為(*.dat)，使用者可調整檔案類型(*.*)來尋找欲輸入的任何 ascii 檔案名稱。

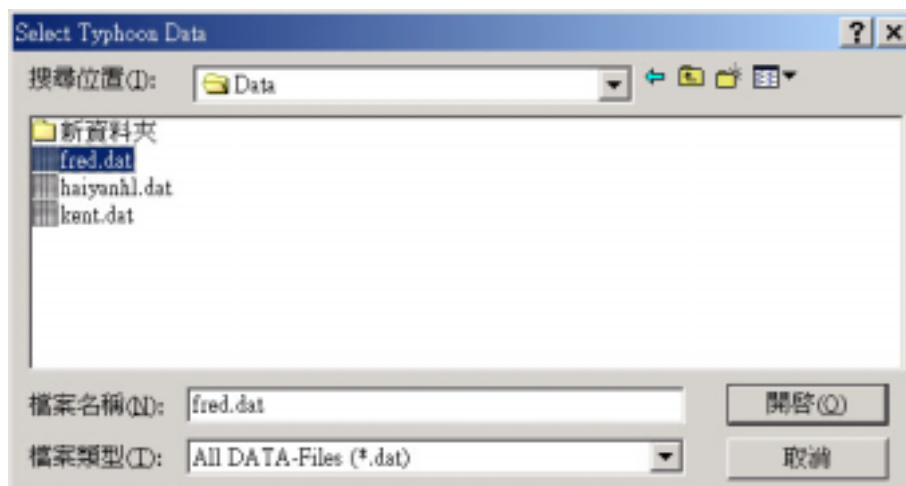


圖 5.3 操作流程介紹 3：颱風資料輸入視窗

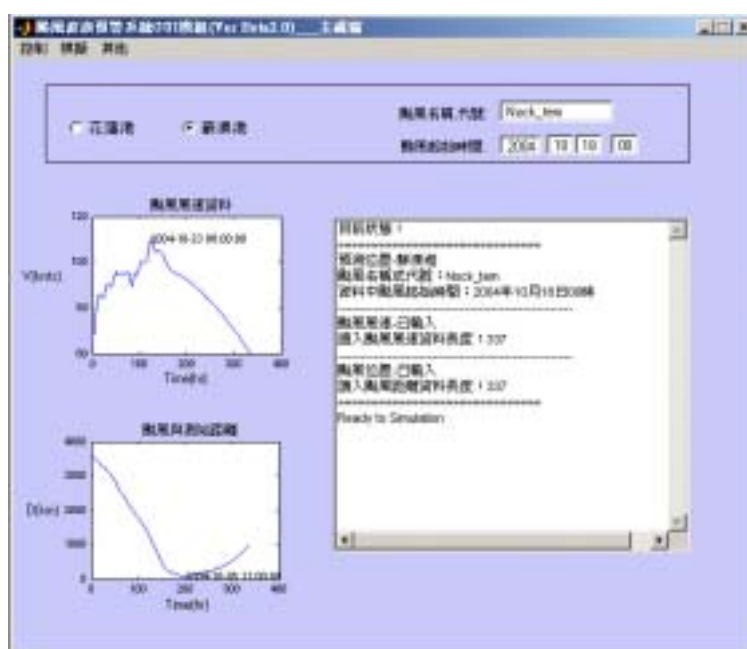


圖 5.4 操作流程介紹 4：讀取資料完成

輸入颱風資料後介面會將檔案中的資料讀入至記憶體中進行運算以及繪圖，示如圖 5.4。資料運算以及繪圖後會自動作檢核，並將檢核結果列於圖 5.5 右側之狀態視窗。視窗中列出所讀入的資料筆數以及是否可以開始進行模擬。若是輸入資料無誤狀態視窗顯示 Ready to Simulation 即可直接於上方工具列選取模式開始進行模擬(如圖 5.5)。

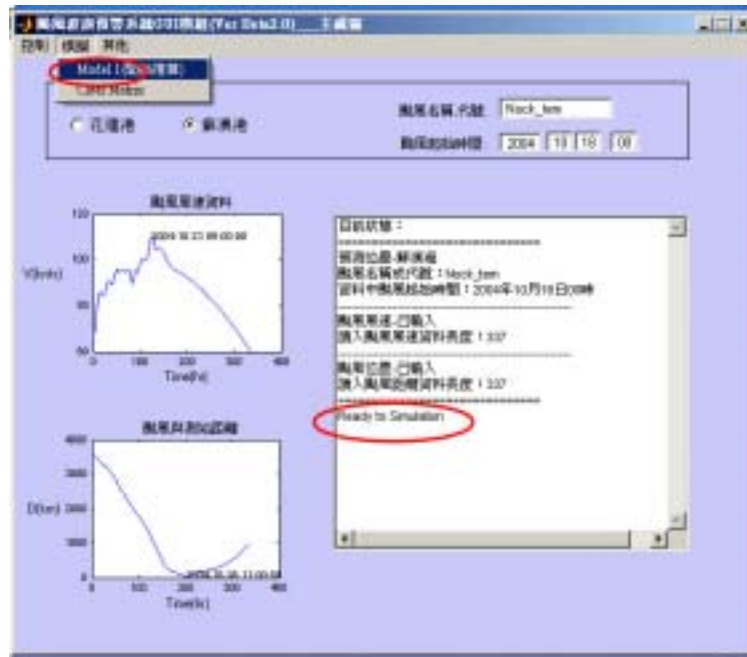


圖 5.5 操作流程介紹 5：進行模擬程序

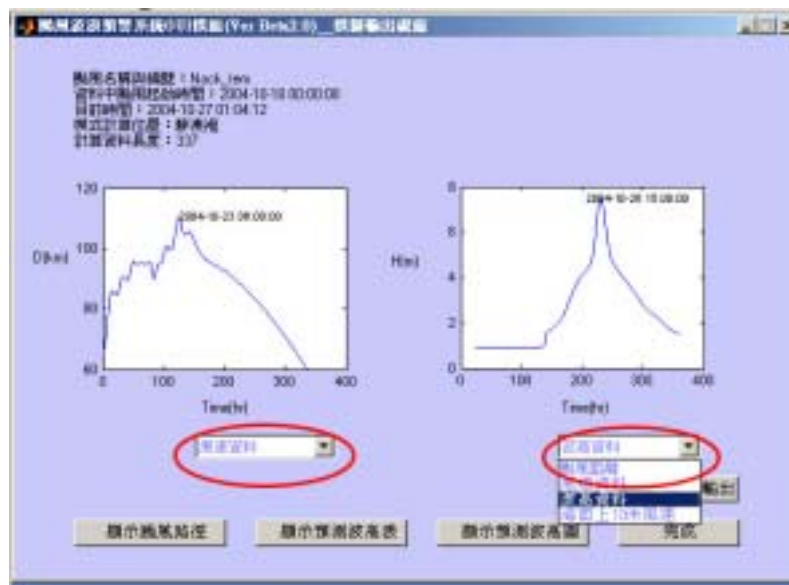


圖 5.6 操作流程介紹 6：模擬結果輸出視窗

開始進行模擬後介面主視窗會自動關閉，取而代之的是模擬輸出視窗，模擬結果如圖 5.6 所示。模擬完成後可於圖 5.6 中的兩個下拉式功能表中選取所要顯示的資料。繪圖會出現在兩個圖軸中，方便使用者作比較。圖 5.6 中下方的顯示颱風路徑按鈕可開啟颱風路徑圖展示視窗，本視窗可自由調整視窗的長寬與大小，以便設定合適的大小進行圖檔儲存，如圖 5.7 所示。



圖 5.7 操作流程介紹 7：檢視颱風路徑圖並儲存圖檔

圖 5.6 中的顯示預測波高圖按鈕可開啟預測波高圖，如圖 5.8，同於颱風路徑圖視窗，本視窗亦提供圖檔儲存功能。在儲存圖檔的瞬間，儲存按鈕會自動消失，以免在儲存圖檔內出現此按鈕。故即使展示視窗中的儲存按鈕有遮蔽波高歷時圖的現象發生，也不會對儲存之圖檔造成影響。

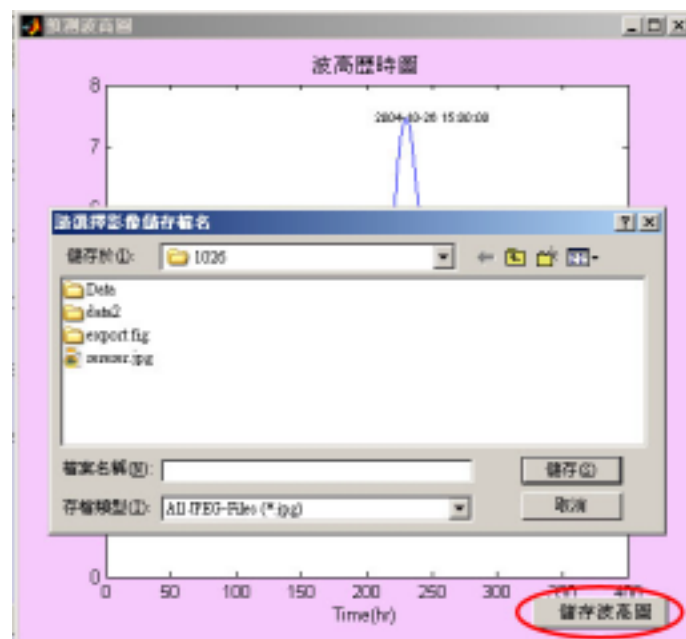


圖 5.8 操作流程介紹 8：檢視波高歷時圖並儲存圖檔

時間	波高
2004-10-18 00:00:00	0.89977
2004-10-18 01:00:00	0.89977
2004-10-18 02:00:00	0.89977
2004-10-18 03:00:00	0.89977
2004-10-18 04:00:00	0.89977
2004-10-18 05:00:00	0.89977
2004-10-18 06:00:00	0.89977
2004-10-18 07:00:00	0.89977
2004-10-18 08:00:00	0.89977
2004-10-18 09:00:00	0.89977
2004-10-18 10:00:00	0.89977
2004-10-18 11:00:00	0.89977
2004-10-18 12:00:00	0.89977
2004-10-18 13:00:00	0.89977
2004-10-18 14:00:00	0.89977
2004-10-18 15:00:00	0.89977
2004-10-18 16:00:00	0.89977
2004-10-18 17:00:00	0.89977
2004-10-18 18:00:00	0.89977
2004-10-18 19:00:00	0.89977
2004-10-18 20:00:00	0.89977
2004-10-18 21:00:00	0.89977
2004-10-18 22:00:00	0.89977
2004-10-18 23:00:00	0.89977
2004-10-19 00:00:00	0.89977

圖 5.9 操作流程介紹 9：檢視波高歷時表

圖 5.6 中的顯示預測波高表按鈕可開啟預測波高表，如圖 5.9。本資料列表不提供儲存以及複製功能，僅提供操作者即時對照預測波高圖，使操作者能更清楚波高的變化。操作者可利用圖 5.9 右方捲軸瀏覽預測波高資料。

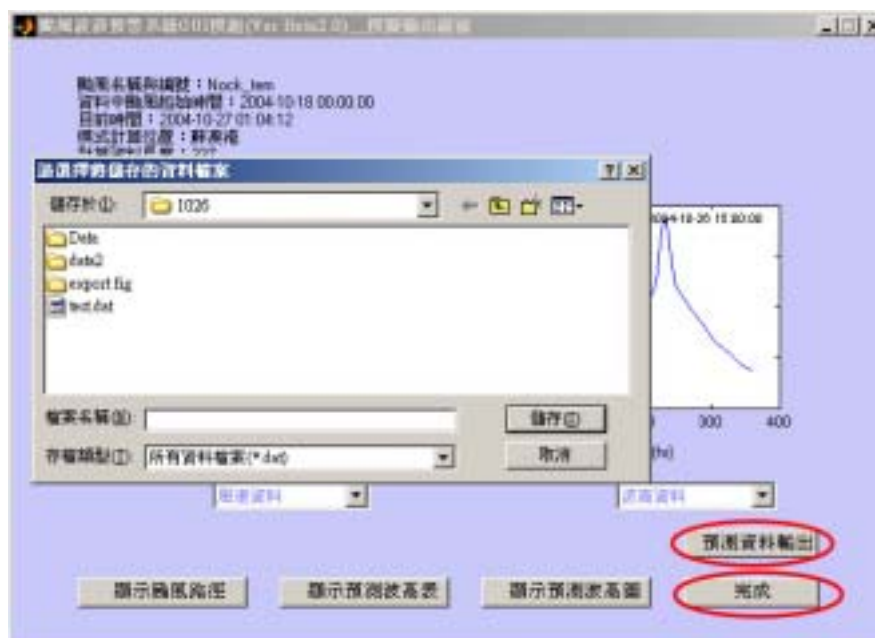


圖 5.10 操作流程介紹 10：儲存預測資料結束介面流程

選取圖 5.10 的右下角的預測資料輸出按鈕可以進行資料檔案的儲

存，儲存視窗如圖 5.10 中浮現視窗，設定將要儲存的位置以及檔名後即可以按存檔按鈕進行儲存。儲存完畢之後整個颱風波浪預測流程結束，使用者可按圖 5.10 右下角的完成按鈕以關閉模擬輸出視窗，關閉視窗的同時，介面會自動關閉所有展示視窗，在重新開啟介面主視窗進行下一次的颱風資料輸入。

由以上操作步驟即可進行颱風波浪資料的預測計算，可以減少原本模式操作的時間以及大量簡化操作步驟，並可以快速展示所有的輸出以及輸入資料。圖 5.12、圖 5.13、圖 5.14 以及圖 5.15 分別為以此介面推算 2004 年 Conson、Mindulle、Rananim 以及 Nock_ten 四場颱風的結果。

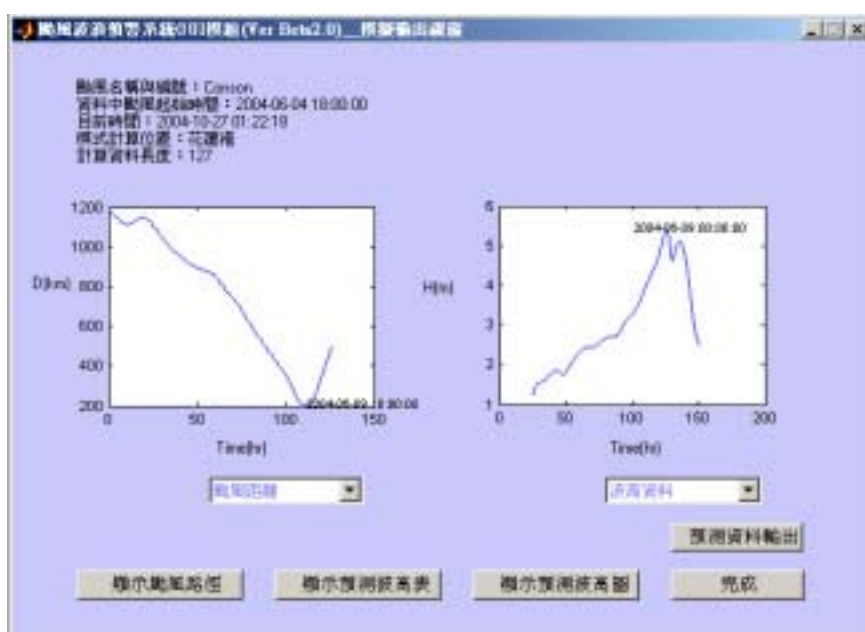


圖 5.11 使用 GUI 介面模擬 Conson 颱風(2004)

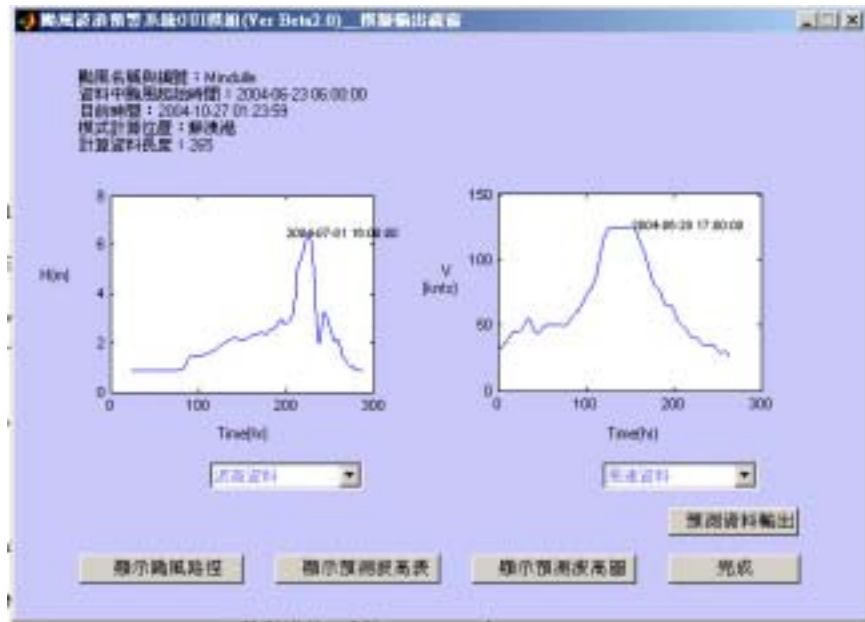


圖 5.12 使用 GUI 介面模擬 Mindulle 颱風(2004)

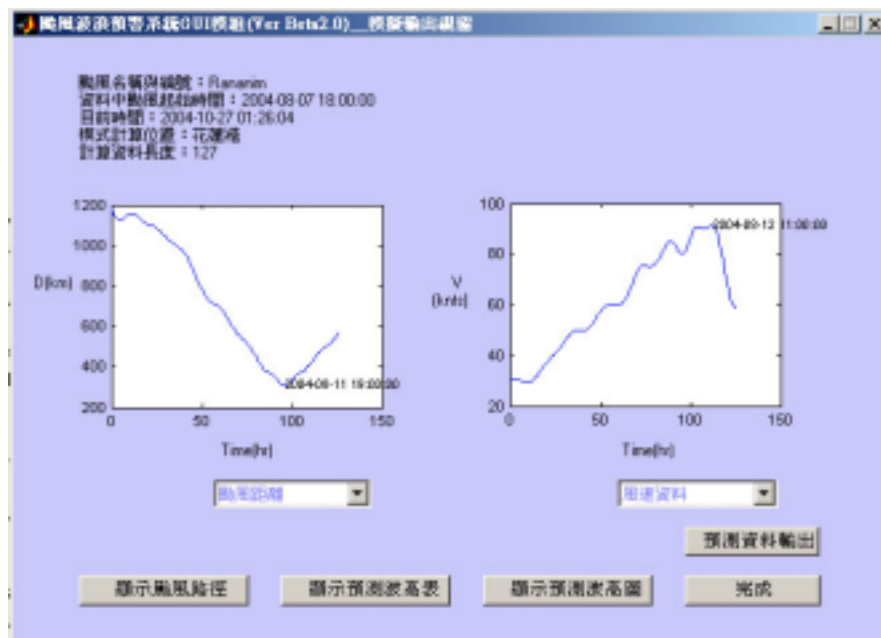


圖 5.13 使用 GUI 介面模擬 Rananim 颱風(2004)

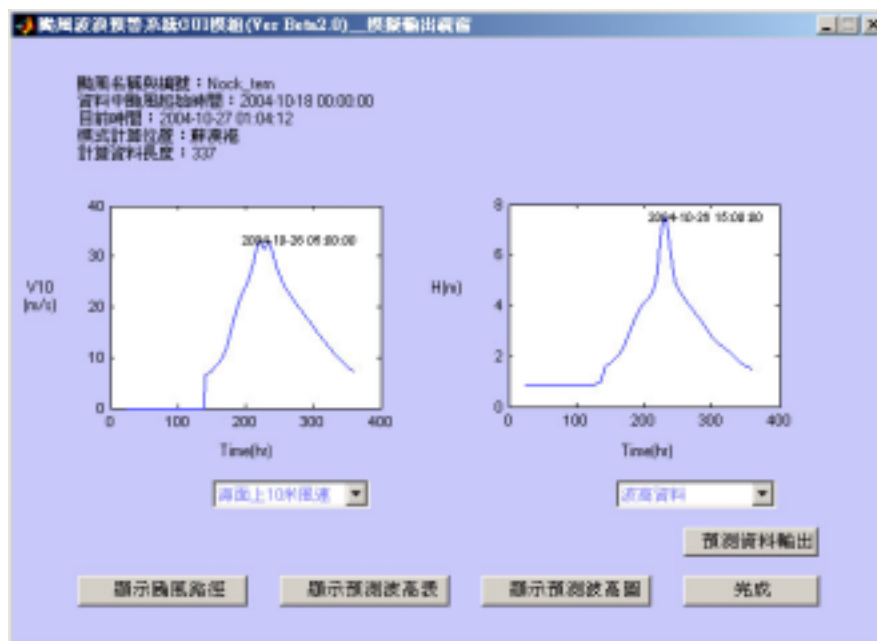


圖 5.14 使用 GUI 介面模擬 Nock_tek 颱風(2004)

5.2 目前介面開發進度

圖形化介面開發進度即上述之功能，目前已全部完成資料輸出部分，包括資料及繪圖輸出。此外並撰寫完整且清楚的說明文件，以方便讓使用者能以圖片明確地了解各個操作步驟以及流程的控制。

表 5.1 GUI 開發進度表

工作項目	期中 完成度	期末 完成度
1.介面外觀	80%	100%
2.資料輸入	100%	100%
3.自動進行內插補遺	20%	0%
4.自動檢核輸入資料	100%	100%
5.輸入資料之繪圖	100%	100%

6.計算所需參數	100%	100%
7.模式模擬	100%	100%
8.模擬結果之繪圖	100%	100%
9.繪圖與資料之存檔	100%	100%
10.計算更多的颱風統計參數	20%	100%
11.支援更多繪圖存檔之格式	50%	100%
12.使用手冊	50%	100%
13.繪圖表示颱風路徑	20%	100%
14.加入更詳細的時間標註	0%	100%
15.在各圖表中標示出峰值	0%	100%
16.波浪預測資料的列表	0%	100%
17.加入颱風行進路徑圖	0%	100%

下半年度計劃中在本介面加入颱風路徑圖的即時顯示，設定在我國周圍海域標示出颱風目前軌跡及路線。目的在於提供比颱風中心距離更加明確的颱風動態。此外為了因應不同類型以及格式的外部資料，本介面將期中預計要加入的自動內插及補遺的程序移除。如此除了能夠減少介面執行所需的時間，也能避免介面輸入資料變得複雜。

本介面加入了颱風名稱以及颱風起始時間的輸入框架，雖然在整個介面操作流程中不是必要的操作，但輸入颱風資料可以提供介面的輸出視窗列出颱風名稱，清楚地表示出目前推算的颱風名稱或是資料編號；而颱風起始時間的輸入能夠使原來介面中所使用的時間序列轉換為目前的時刻，也能在圖表中顯示資料的最大值發生時間，讓使用者能即時知道颱風波浪可能會造成災害的時間。介面中所新增的預測

波高表以及颱風路徑圖能夠幫助介面操作者能更清楚地了解預測波高圖的內容特性。

第六章 暴潮模式之建立

6.1 天文潮之神經網路模式

6.1.1 天文潮引力理論

本計劃將利用天體引力產生水位變化的關係，應用類神經網路來進行潮汐預測。當地球與月球相對運動位置示意，如圖 6.1，若令月球與地球兩中心距離為 D ， X 點為地球上水體的位置，而其與月球中心的距離為 ρ ，地球半徑為 R ，地月的質量各為 E 與 M ，重力加速度為 g ，並令 X 處的水體為單位質量，月球引力， F_a ，及運動離心力， F_c ，分別為

$$F_a = \frac{gR^2 M}{E \rho^2} \dots\dots\dots(6-1)$$

$$F_c = g \left(\frac{M}{E} \right) \left(\frac{R^2}{D^2} \right) \dots\dots\dots(6-2)$$

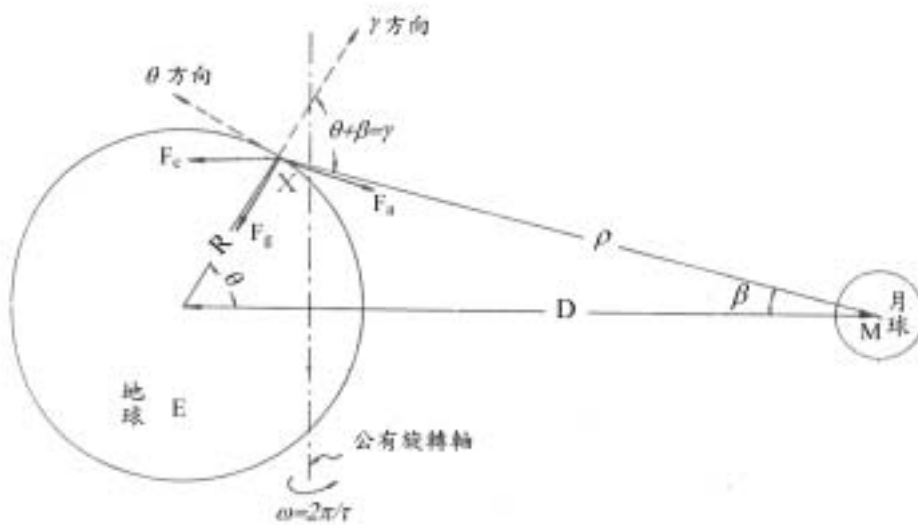


圖 6.1 月球對地表水體引潮力分析圖

其中天體引力與離心力的合力，以極座標 r 與 θ 表示其分力為

$$F_r = g \left(\frac{M}{E} \right) R^2 \left(\frac{\cos \gamma}{\rho^2} - \frac{\cos \theta}{D^2} \right) \dots\dots\dots (6-3)$$

$$F_\theta = g \left(\frac{M}{E} \right) R^2 \left(\frac{\sin \theta}{D^2} - \frac{\sin \gamma}{\rho^2} \right) \dots\dots\dots (6-4)$$

式(6-3)及式(6-4)中， $\gamma = \theta + \beta$ ， β 為月球中心與 X 點及地心兩連線的夾角， θ 為觀測點 X 頭頂方向與地心及月球中心之連線的夾角，稱為天頂距離。上述雖以月球為例，但也可適用於其他天體。

為了讓網路學習大小潮變化的特性，在此引入重要的天體在各時刻的相關平面位置，以及其所對應的位能形式，以期在類神經網路中給予其應有的資訊。

$$\frac{\partial \Omega}{\partial r} = F_r \dots\dots\dots (6-5)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial \Omega}{\partial \theta} = F_\theta \dots\dots\dots (6-6)$$

代入共同旋轉的離心力 F_c 之 r 方向與 θ 方向之分力於式(6-5)及式(6-6)，得位勢為 Ω_c

$$\Omega_c = -\frac{KM}{D^2} r \cos \theta + C_0 \dots\dots\dots (6-7)$$

C_0 為常數，故引潮力的位勢總合為

$$\Omega = \Omega_a + \Omega_c = \frac{KM}{\rho} - \frac{KM r}{D^2} \cos \theta + C_0 \dots\dots\dots (6-8)$$

若代入條件地心 $r=0$ ， $\rho=D$ 處無引潮力則 $\Omega=0$ ，可得常數 $C_0=-KM/D$ 。若以地球表面來看 $r=R$ ， θ 為 X 點的天頂距離，則

$$\Omega = KM \left(\frac{1}{\rho} - \frac{R \cos \theta}{D^2} - \frac{1}{D} \right) \dots\dots\dots(6-9)$$

6.1.2 神經網路模式

本文之神經網路為類神經網路具有學習最佳化的功能，並透過輸出值與學習目標值間的連結建立起其相關性，利用網路權重與門限值來表示其關係的強弱。由於倒傳遞網路具有監督式的學習，神經元間的交互作用經由該學習方式求得網路之最小均方根誤差。本文架構神經網路使用 Matlab 軟體來建置倒傳遞類神經網路，如圖 6.2 所示。

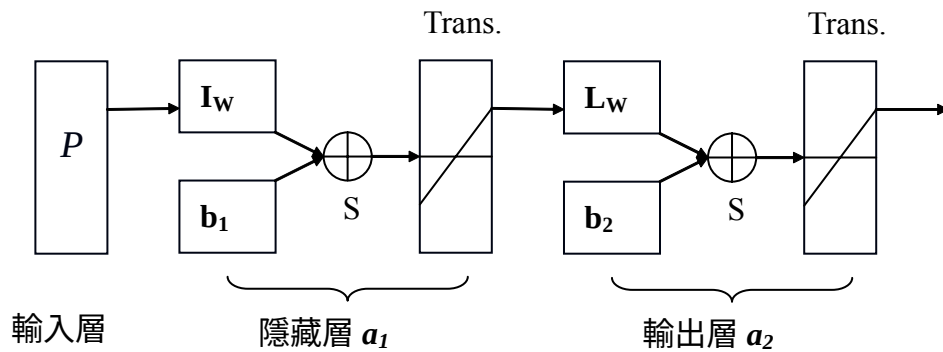


圖 6.2 倒傳遞類神經網路結構示意圖

圖 6.2 所架構之網路為一層隱藏層及一層輸出層，Trans.為轉換函數，S 為神經元個數，P 為輸入變數矩陣，IW 和 b1 為輸入層與隱藏層間的權重和閾值矩陣，LW 和 b2 為輸出層與隱藏層間的權重和閾值矩陣。經由網路學習誤差最佳化的過程，神經網路將輸入值及學習目標值的關係紀錄在閾值與權重上，以此表示輸入值與學習目標值間的關係強弱。其中，神經網路使用轉換函數使隱藏層模仿生物神經元處理非線性的機能，以輸入值之加權乘積和轉換成處理單元之輸出值。整個倒傳遞網路模式由隱藏層與輸入參數及輸出層的關係可用方程式表示為

$$a_1 = f(I_w P + b_1) \dots\dots\dots(6-10)$$

$$a_2 = f(L_w a_1 + b_2) \dots\dots\dots(6-11)$$

其中 a_1 為隱藏層之輸出值矩陣， a_2 為倒傳遞網路輸出值矩陣， f 為轉換函數。

藉由上式之運算後求出網路輸出值，其與學習目標值 Y 間之誤差平方定義為誤差函數 E ，示如下式

$$E = \frac{1}{2}(a_2 - Y)^2 \dots\dots\dots(6-12)$$

因此，整個網路學習的過程為了最佳化各神經元間之權重與閾值使誤差函數達到最小值，即使網路輸出值趨近學習目標值。當網路完成學習過程，建立最合適的權重和閾值後即可以此網路的回想過程來進行預測分析。一般而言，在函數逼近的問題上 Levenberg-Marquardt 演算法將有最快之收斂性 (Neural Network Toolbox User's Guide)。因此，本文選擇使用 L-M 演算法做為達到網路誤差函數最小之最佳化過程。

6.1.3 天文潮神經網路模式之建構

本文使用之潮位數據如遇遺缺，將以調合分析法進行補遺。其步驟如下：

- 1.標記遺缺之潮位數據，並補上其值為零。
- 2.將步驟 1 處理完成後之水位資料，進行調合分析法。
- 3.將標記部份之水位，與調合分析法之預測值，計算誤差均方根。
- 4.當誤差均方根小於所設定之最小誤差時，該標記之水位，則以調合分析水位值替補，完成資料補遺。

本文將以第二章所述之天文潮引力理論為基礎，進行神經網路之分析。利用日、月及地球天體運行之三維空間資料，計算式(6-9)所述日與月之 D 、 ρ 及 θ 值，並增加日、月與地球之相對角度 ϕ ，示如圖 6.3，而本文之神經網路之輸入值共有七種參數，每一種參數之延時各為 3 小時，輸出值則對應之實測潮汐水位 η ，示如表 6.1，其中 R 為地球半徑。本神經網路稱為 ANN-AST，使用一層隱藏層，5 個神經元，轉換函數為雙曲線函數，學習長度為花蓮港 2001 年 8760 筆資料，疊代次數 1500 代。預測時間為花蓮港 2002 年 8760 筆資料。

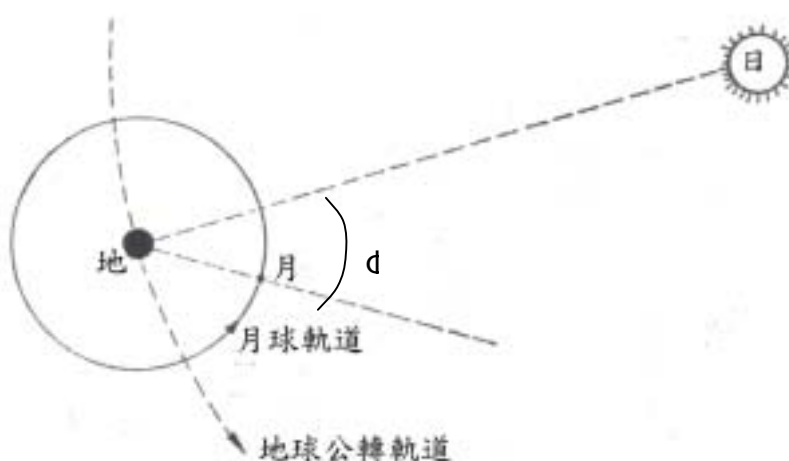


圖 6.3 太陽、月球相對地球角度

表 6.1 天文潮神經網路輸入參數

	t	t-1	t-2
Moon	$\left(\frac{R}{D_m}\right)_t$	$\left(\frac{R}{D_m}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{D_m}\right)_{t-2}$
Moon	$\left(\frac{R}{\rho_m}\right)_t$	$\left(\frac{R}{\rho_m}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{\rho_m}\right)_{t-2}$
Moon	$\left[\left(\frac{R}{D_m}\right)^2 \cos \theta_m\right]_t$	$\left[\left(\frac{R}{D_m}\right)^2 \cos \theta_m\right]_{t-1}$	$\left[\left(\frac{R}{D_m}\right)^2 \cos \theta_m\right]_{t-2}$

Sun	$\left(\frac{R}{D_s}\right)_t$	$\left(\frac{R}{D_s}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{D_s}\right)_{t-2}$
Sun	$\left(\frac{R}{\rho_s}\right)_t$	$\left(\frac{R}{\rho_s}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{\rho_s}\right)_{t-2}$
Sun	$\left[\left(\frac{R}{D_s}\right)^2 \cos \theta_s\right]_t$	$\left[\left(\frac{R}{D_s}\right)^2 \cos \theta_s\right]_{t-1}$	$\left[\left(\frac{R}{D_s}\right)^2 \cos \theta_s\right]_{t-2}$
M-S	$(\cos \varphi)_t$	$(\cos \varphi)_{t-1}$	$(\cos \varphi)_{t-2}$

由天文潮神經網路模式之建構，經學習一年資料後，預測下一年資料。並計算預測值與實測值之每月誤差均方根，另與調和分析結果比較，示如圖 6.4。由圖 6.4 可知，網路學習之部分(前 12 個月)之誤差均方根值為 6.37 略低於調和分析法之結果，網路預測部分(後 12 個月)之誤差均方根值為 10.57，略高於調和分析法之結果，示如表 6.2。由上述結果顯示，本研究之 ANN-AST 模式之精度與調和分析法之結果相似，因此，本文將利用該模式於颱風期間暴潮偏差之求解。

表 6.2 網路模式與調和分析法之誤差均方根

誤差均方根(cm)	HA	ANN-AST
學習(第一年)	6.57	6.37
預測(第二年)	10.28	10.57

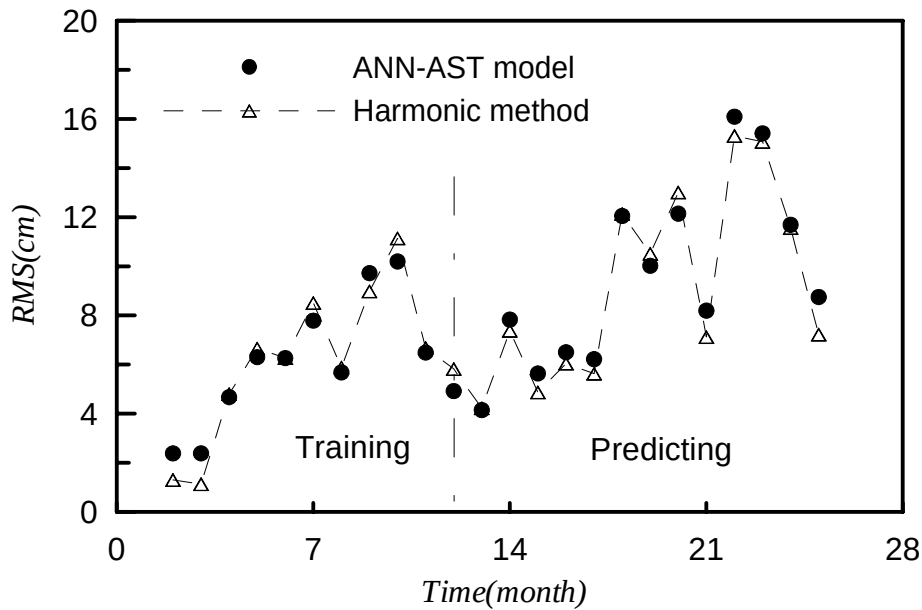


圖 6.4 ANN-AST 與調和分析法推算潮汐之每月誤差均方根的比較

6.2 颱風暴潮分析

本文將建構完成之 ANN-AST 模式應用於颱風暴潮分析，本文以 2002 年 7 月 2 日 14 時至 4 日 17 時之雷瑪遜(Rammasun)颱風資料，應用花蓮港暴潮水位之分析，而本模式和調和分析法之結果比較，示如圖 6.5 至圖 6.8。由圖 6.5 至圖 6.6 可知，ANN-AST 模式之推算水位與調和分析法相似，由圖 6.7 可知 ANN-AST 模式之暴潮偏差略低於調和分析之結果，顯示，ANN-AST 於暴潮推算具有與調和分析相似之結果，因此，可應用本模式於颱風暴潮之推算。另外，由調和分析法推算之雷瑪遜颱風暴潮，並前後增加共五天之實際水位與調和分析資料之差，示如圖 6.8。由圖 6.8 可知，前後五天颱風現象對花蓮港之影響小於颱風期間之結果，但是實際水位與推算水位之差約 5-15 公分左右，顯示，實際水位除了颱風影響所產生之暴潮外，可能另含其他因素於實際水位之影響。

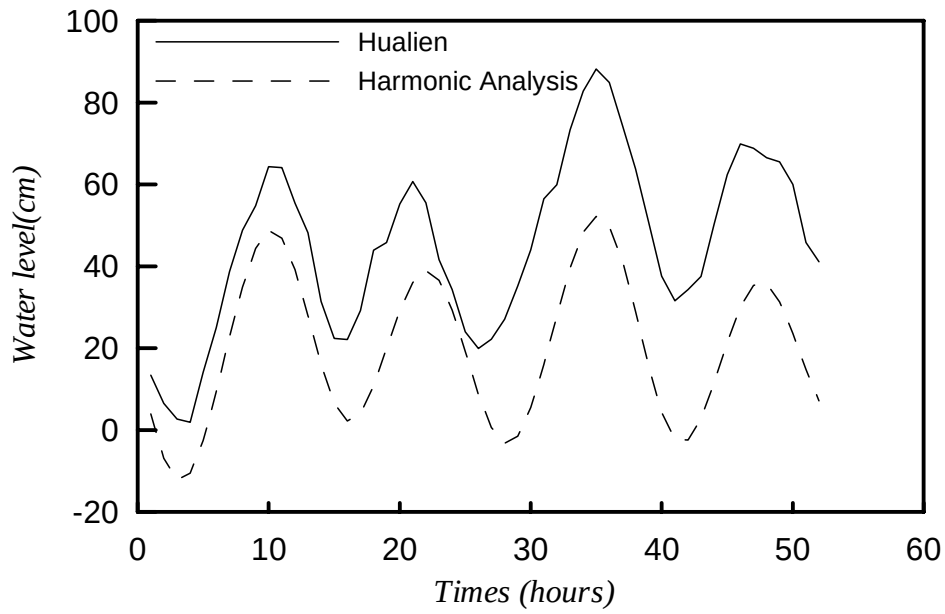


圖 6.5 以調和分析法計算雷瑪遜颱風發生期間之暴潮偏差

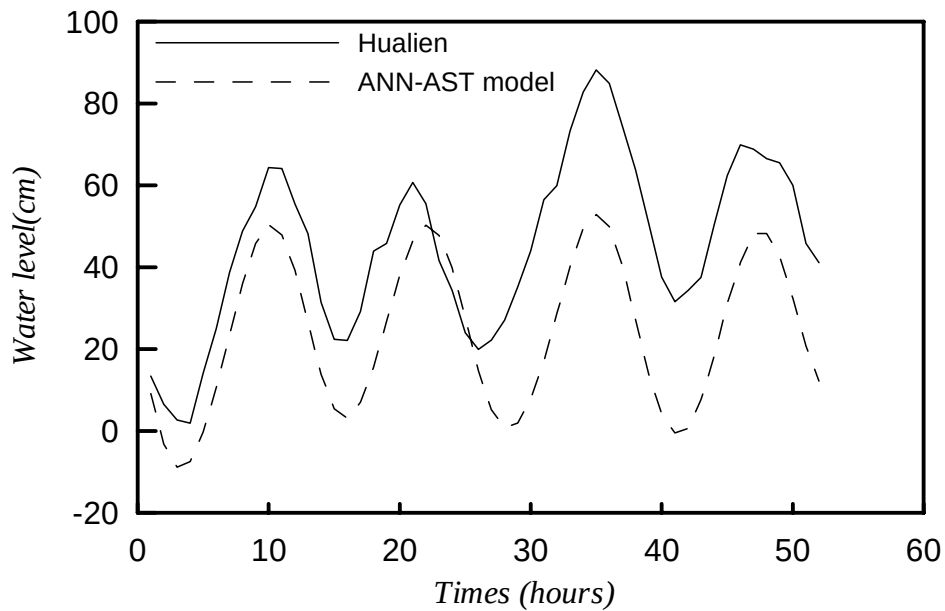


圖 6.6 以 ANN-AST 計算雷瑪遜颱風發生期間之暴潮偏差

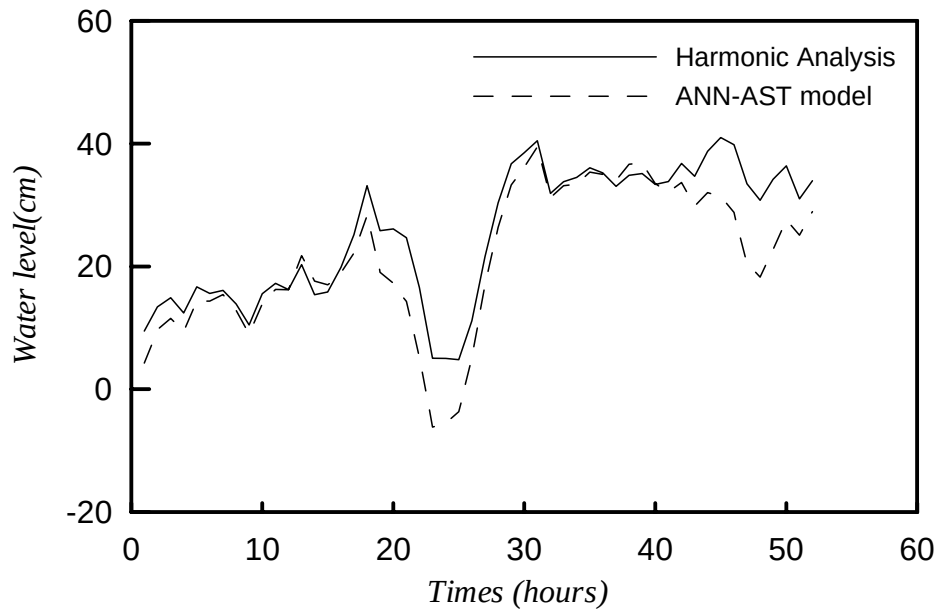


圖 6.7 ANN-AST 模式與調和分析法暴潮結果比較

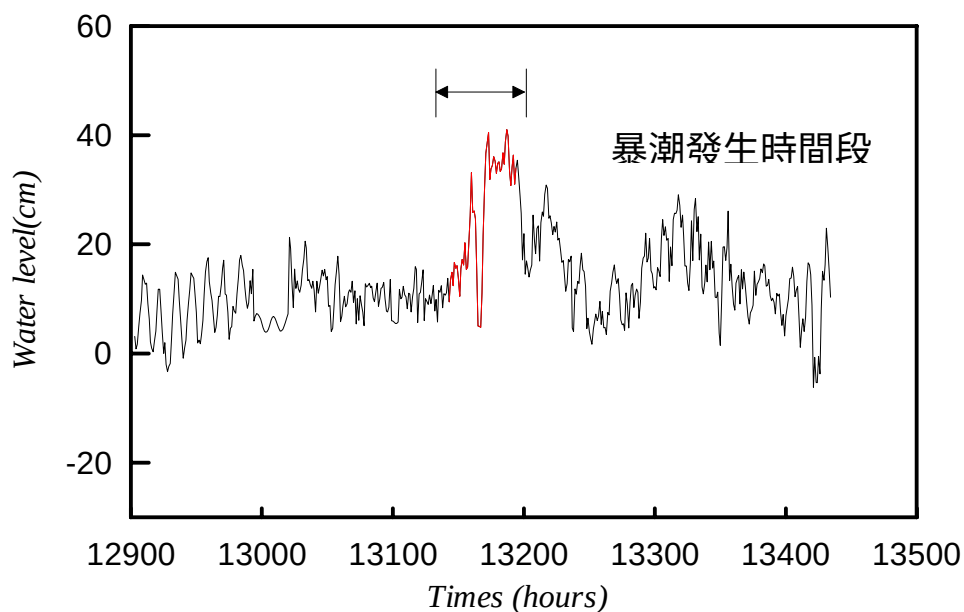


圖 6.8 以調和分析法分析暴潮偏差

由上述之結果，顯示 ANN-AST 可應用花蓮港暴潮偏差之推算。本文將以 2004 之 6 月 7 日 17 時至 9 日 23 時之康森(Conson)颱風，6 月 28 日 17 時至 7 月 3 日 11 時之敏督利(Mindulle)颱風；8 月 10 日 23 時至 13 日 02 時之蘭寧(Rananim)颱風共三場颱風資料，其路徑與中心氣壓示如表 6.3 至 6.5，並進行颱風暴潮 ANN-AST 模式之推算，並示

如圖 6.9 至圖 6.14，圖 6.9、圖 6.11 及圖 6.13 為 ANN-AST 模式在花蓮港之推算水位與實測值之比較。

由圖 6.10 及表 6.3 可知在 6 月 8 日 4 時至 14 時及 9 日 4 時至 16 時兩個時間段，有大於零之暴潮偏差。第一個時段之颱風中心氣壓由 985 毫巴降低為 982 毫巴，與花蓮港之距離為 675 公里縮短至 539 公里；第二個時段之颱風中心氣壓皆為 970 毫巴，與花蓮港之距離為 373 公里縮短至 194 公里。由圖 6.14 及表 6.4 可知在 6 月 29 日 7 時至 14 時，有大於零之暴潮偏差。該時段之颱風中心氣壓為 942 毫巴，與花蓮港之距離為 615 公里縮短至 603 公里。由圖 6.16 及表 6.5 可知在 8 月 10 日 23 時至 11 日 9 時及 8 月 11 日 13 時至 12 日 11 時，有大於零之暴潮偏差。第一個時段之颱風中心氣壓由 970 毫巴降低為 975 毫巴，與花蓮港之距離為 605 公里縮短至 496 公里；第二個時段之颱風中心氣壓由 965 毫巴降低為 960 毫巴，與花蓮港之距離為 424 公里縮短至 376 公里。由上述結果可知颱風中心氣壓越大，且越靠近測站位置，則暴潮偏差越大。反之，暴潮偏差則不明顯。

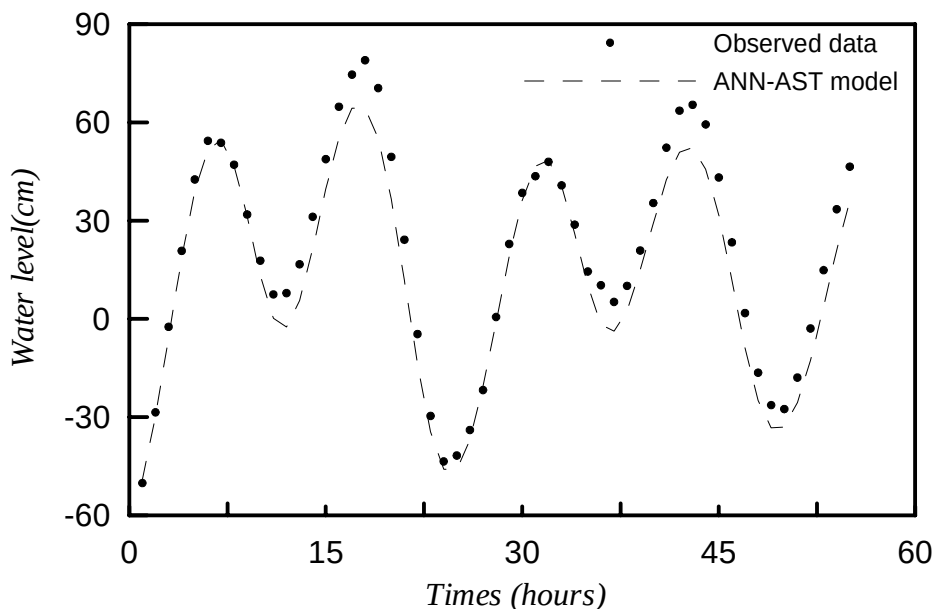


圖 6.9 以 ANN-AST 計算康森颱風期間之潮位與實測值之比較

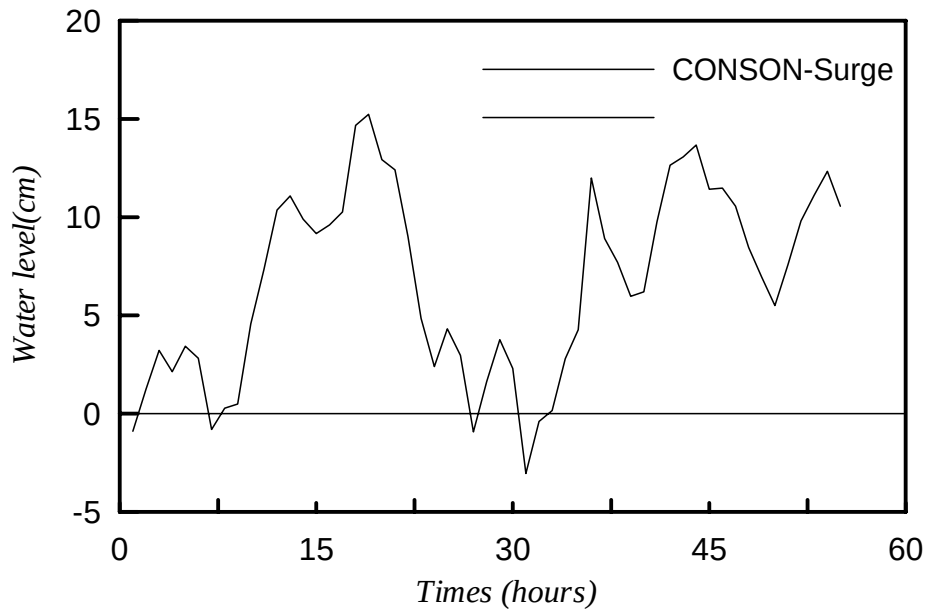


圖 6.10 ANN-AST 模式推算康森颱風之暴潮偏差

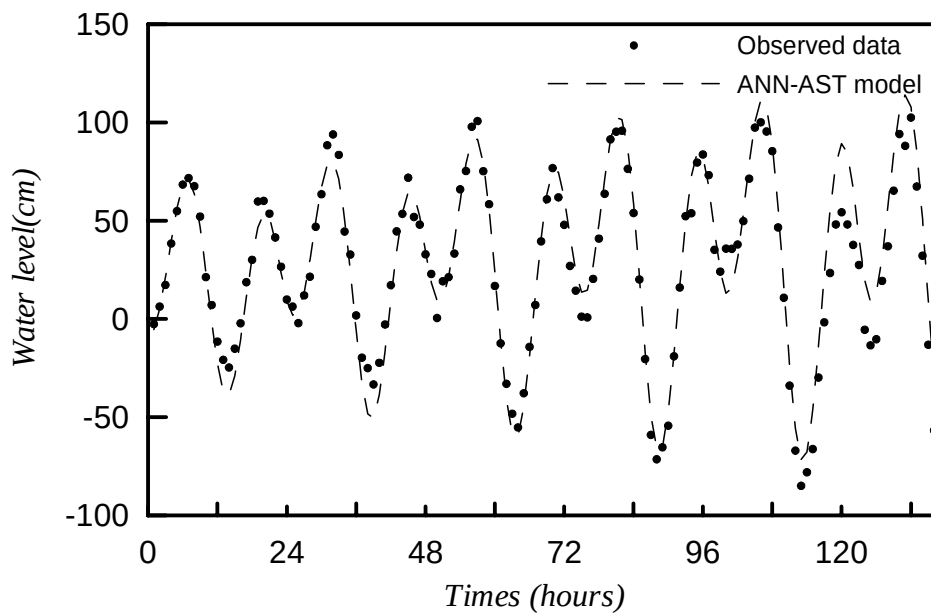


圖 6.11 以 ANN-AST 計算敏督利颱風期間之潮位與實測值之比較

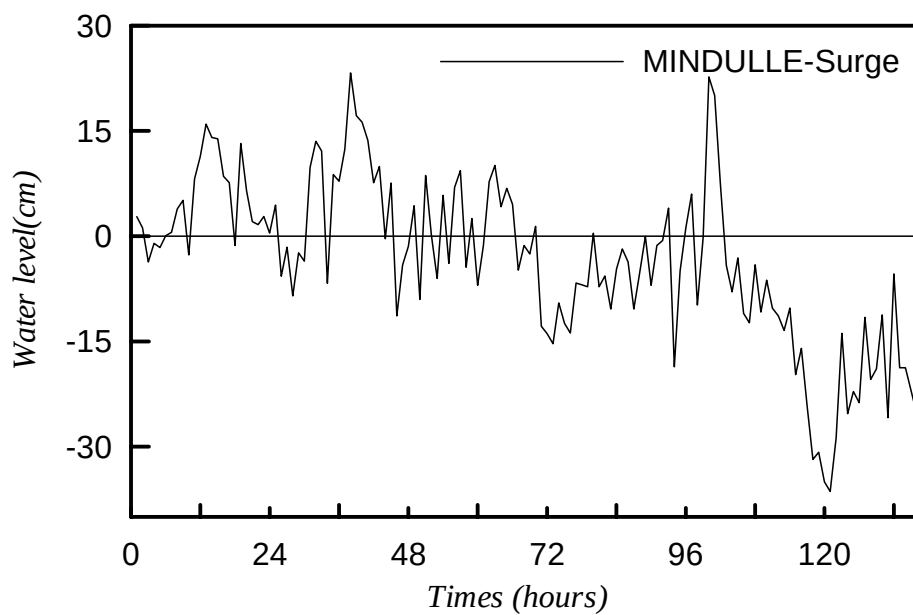


圖 6.12 ANN-AST 模式推算敏督利颱風之暴潮偏差

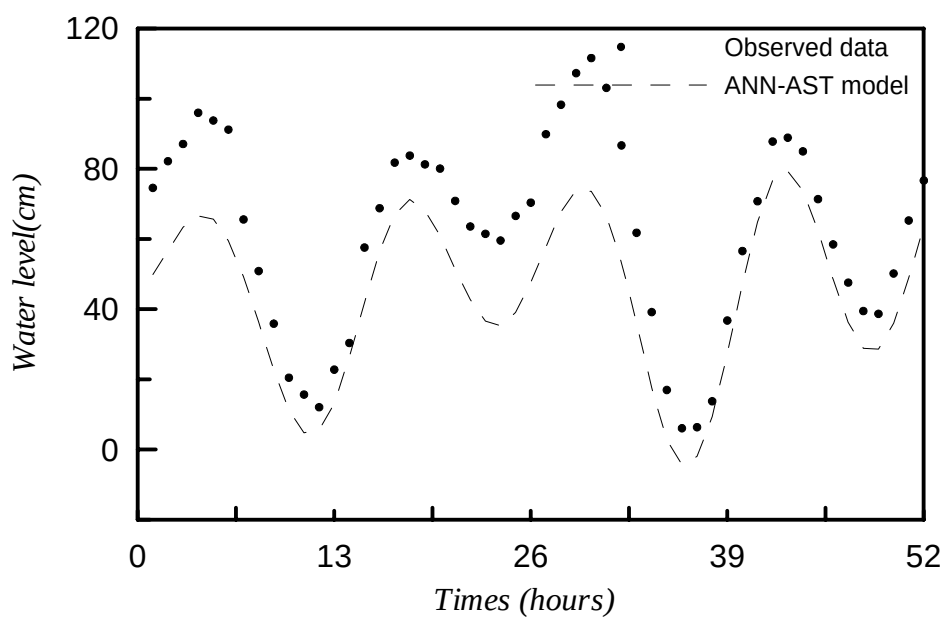


圖 6.13 以 ANN-AST 計算蘭寧颱風期間之潮位與實測值之比較

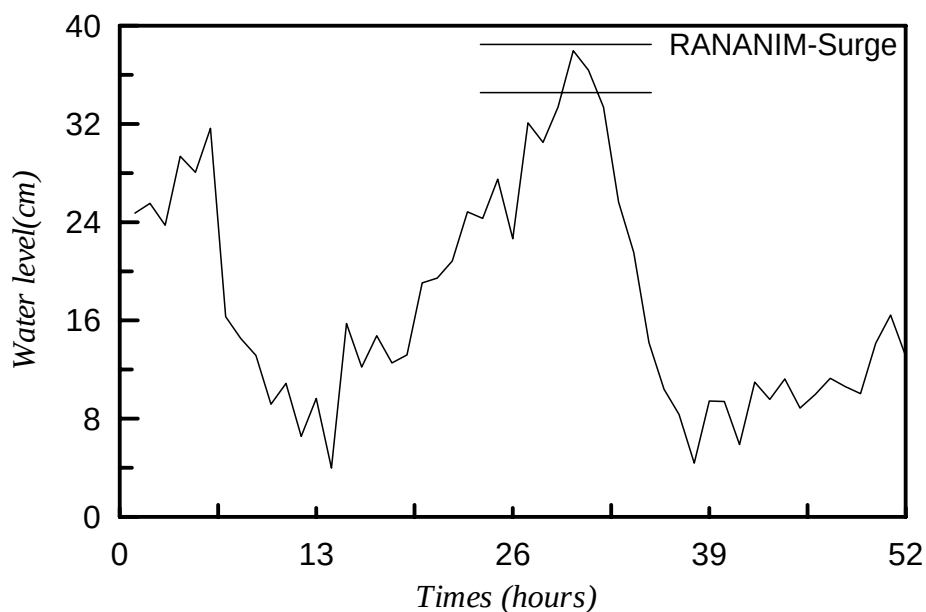


圖 6.14 ANN-AST 模式推算蘭寧颱風之暴潮偏差

表 6.3 康森颱風路徑與中心氣壓(資料來源：中央氣象局)

時間	中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	風暴半徑 (公里)	
	北緯	東經		七級風	十級風
7 日 17 時	16.9	118.9	985	150	-
7 日 20 時	17.3	119.0	985	150	-
7 日 23 時	17.7	119.1	985	150	-
8 日 02 時	18.1	119.2	985	150	-
8 日 05 時	18.3	119.3	985	150	-
8 日 08 時	18.7	119.5	985	150	-
8 日 11 時	19.1	119.6	982	150	-
8 日 12 時	19.2	119.6	982	150	
8 日 13 時	19.4	119.6	982	150	-
8 日 14 時	19.5	119.6	982	150	-
8 日 15 時	19.6	119.7	982	150	-
8 日 16 時	19.7	119.8	982	150	-
8 日 17 時	19.7	119.8	975	150	-
8 日 18 時	19.8	119.9	975	150	-
8 日 19 時	19.9	120.0	975	150	-
8 日 20 時	20.0	120.1	970	150	-
8 日 21 時	20.0	120.2	970	150	-
8 日 22 時	20.1	120.3	970	150	-

時間	中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	風暴半徑 (公里)	
	北緯	東經		七級風	十級風
8 日 23 時	20.3	120.5	970	150	-
9 日 00 時	20.3	120.5	970	150	-
9 日 01 時	20.4	120.5	970	150	-
9 日 02 時	20.5	120.6	970	150	-
9 日 03 時	20.6	120.7	970	150	-
9 日 04 時	20.7	120.8	970	150	-
9 日 05 時	20.8	120.9	970	150	50
9 日 06 時	20.9	121.0	970	150	50
9 日 07 時	21.0	121.2	970	150	50
9 日 08 時	21.2	121.3	970	150	50
9 日 09 時	21.3	121.5	970	150	50
9 日 10 時	21.4	121.7	970	150	50
9 日 11 時	21.7	121.9	970	150	50
9 日 12 時	22.1	122.4	970	150	50
9 日 14 時	22.3	122.6	970	150	50
9 日 15 時	22.5	122.7	970	150	50
9 日 16 時	22.6	122.8	970	150	50
9 日 17 時	22.9	123.0	970	150	50
9 日 20 時	23.5	123.8	970	150	50
9 日 23 時	24.3	124.4	970	150	50

表 6.4 敏督利颱風路徑與中心氣壓(資料來源：中央氣象局)

時間	中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	風暴半徑 (公里)	
	北緯	東經		七級風	十級風
27 日 20 時	17.4	127.0	973	200	50
28 日 17 時	18.5	125.3	950	250	100
28 日 20 時	18.5	125.1	950	250	100
28 日 23 時	18.7	124.7	950	250	100
29 日 02 時	18.8	124.4	950	250	100
29 日 08 時	18.9	124.0	942	250	100
29 日 11 時	18.9	123.9	942	250	100
29 日 14 時	18.9	123.7	942	250	100

時間	中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	風暴半徑 (公里)	
	北緯	東經		七級風	十級風
29 日 17 時	18.9	123.4	942	250	100
29 日 20 時	19.0	123.2	942	250	100
29 日 23 時	19.0	122.9	945	250	100
30 日 00 時	19.0	122.9	945	250	100
30 日 01 時	19.0	122.8	945	250	100
30 日 02 時	19.1	122.7	945	250	100
30 日 03 時	19.1	122.7	945	250	100
30 日 04 時	19.1	122.6	945	250	100
30 日 05 時	19.1	122.5	945	250	100
30 日 06 時	19.1	122.4	945	250	100
30 日 07 時	19.1	122.3	945	250	100
30 日 08 時	19.1	122.3	952	250	100
30 日 09 時	19.1	122.3	952	250	100
30 日 10 時	19.1	122.2	952	250	100
30 日 11 時	19.2	122.1	952	250	100
30 日 12 時	19.2	122.1	952	250	100
30 日 13 時	19.2	122.1	952	250	100
30 日 14 時	19.3	122.0	952	250	100
30 日 15 時	19.4	122.0	952	250	100
30 日 16 時	19.4	122.0	952	250	100
30 日 17 時	19.6	122.1	952	250	100
30 日 18 時	19.6	122.1	952	250	100
30 日 19 時	19.7	122.1	952	250	100
30 日 20 時	19.8	122.1	952	250	100
30 日 21 時	19.9	122.1	952	250	100
30 日 22 時	20.0	122.1	952	250	100
30 日 23 時	20.2	122.1	965	250	100
1 日 00 時	20.3	122.1	965	250	100
1 日 01 時	20.4	122.1	965	250	100
1 日 02 時	20.6	122.0	968	200	80
1 日 03 時	20.7	122.0	968	200	80
1 日 04 時	20.8	122.0	968	200	80
1 日 05 時	21.1	122.0	968	200	80

時間	中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	風暴半徑 (公里)	
	北緯	東經		七級風	十級風
1 日 06 時	21.3	122.0	968	200	80
1 日 07 時	21.5	121.9	968	200	80
1 日 08 時	21.7	121.8	975	200	-
1 日 09 時	21.8	121.7	975	200	-
1 日 10 時	21.9	121.7	975	200	-
1 日 11 時	21.9	121.6	975	200	-
1 日 12 時	22.0	121.6	975	200	-
1 日 13 時	22.1	121.6	975	200	-
1 日 14 時	22.2	121.6	975	200	-
1 日 15 時	22.4	121.7	975	200	-
1 日 16 時	22.6	121.7	975	200	-
1 日 17 時	22.8	121.7	975	200	-
1 日 18 時	23.0	121.8	975	200	-
1 日 19 時	23.1	121.8	975	200	-
1 日 20 時	23.3	121.8	975	200	-
1 日 21 時	23.5	121.8	975	200	-
1 日 22 時	23.7	121.7	975	200	-
1 日 23 時	23.9	121.5	975	200	-
2 日 00 時	24.0	121.5	975	200	-
2 日 01 時	24.1	121.5	975	200	-
2 日 02 時	24.3	121.5	980	200	-
2 日 03 時	24.4	121.5	980	200	-
2 日 04 時	24.6	121.6	980	200	-
2 日 05 時	24.8	121.6	980	200	-
2 日 06 時	24.9	121.6	980	200	-
2 日 07 時	25.0	121.6	980	200	-
2 日 08 時	25.0	121.6	980	200	-
2 日 09 時	25.0	121.5	980	200	-
2 日 10 時	25.1	121.4	980	200	-
2 日 11 時	25.2	121.0	983	150	-
2 日 12 時	25.2	121.1	983	150	-
2 日 13 時	25.2	121.1	983	150	-
2 日 14 時	25.3	121.1	983	150	-

時間	中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	風暴半徑 (公里)	
	北緯	東經		七級風	十級風
2 日 15 時	25.4	121.2	983	150	-
2 日 16 時	25.6	121.3	983	150	-
2 日 17 時	25.8	121.4	983	150	-
2 日 18 時	25.9	121.5	983	150	-
2 日 19 時	26.0	121.5	983	150	-
2 日 20 時	26.2	121.6	983	150	-
2 日 21 時	26.3	121.7	983	150	-
2 日 22 時	26.5	121.8	983	150	-
2 日 23 時	26.7	121.9	983	150	-
3 日 02 時	27.0	122.0	983	150	-
3 日 05 時	27.3	122.1	983	150	-
3 日 08 時	27.5	122.2	983	150	-
3 日 11 時	27.7	122.1	990	120	-

表 6.5 蘭寧颱風路徑與中心氣壓(資料來源：中央氣象局)

時間	中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	風暴半徑 (公里)	
	北緯	東經		七級風	十級風
10 日 23 時	22.7	127.4	970	250	100
11 日 02 時	22.9	127.1	970	250	100
11 日 05 時	23.0	126.6	965	250	100
11 日 08 時	23.1	126.4	965	250	100
11 日 11 時	23.5	126.0	965	250	100
11 日 12 時	23.8	125.8	965	250	100
11 日 13 時	23.8	125.8	965	250	100
11 日 14 時	23.9	125.6	960	250	100
11 日 15 時	23.9	125.5	960	250	100
11 日 16 時	24.0	125.4	960	250	100
11 日 17 時	24.1	125.2	960	250	100
11 日 18 時	24.2	125.2	960	250	100
11 日 19 時	24.3	125.1	960	250	100
11 日 20 時	24.3	125.1	960	250	100
11 日 21 時	24.6	125.0	960	250	100

時間	中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	風暴半徑 (公里)	
	北緯	東經		七級風	十級風
11 日 22 時	24.8	124.9	960	250	100
11 日 23 時	25.0	124.8	960	250	100
12 日 00 時	25.1	124.8	960	250	100
12 日 01 時	25.3	124.6	960	250	100
12 日 02 時	25.5	124.5	960	250	100
12 日 03 時	25.6	124.3	960	250	100
12 日 04 時	25.7	124.2	960	250	100
12 日 05 時	25.9	124.2	960	250	100
12 日 06 時	26.2	124.1	960	250	100
12 日 07 時	26.4	123.9	960	250	100
12 日 08 時	26.5	123.8	960	250	100
12 日 09 時	26.7	123.5	960	250	100
12 日 10 時	26.9	123.3	960	250	100
12 日 11 時	27.1	123.1	960	250	100
12 日 12 時	27.2	122.8	960	250	100
12 日 13 時	27.3	122.7	960	250	100
12 日 14 時	27.5	122.5	955	250	100
12 日 15 時	27.5	122.4	955	250	100
12 日 16 時	27.7	122.2	955	250	100
12 日 17 時	27.9	122.0	955	250	100
12 日 18 時	28.0	121.8	955	250	100
12 日 19 時	28.1	121.6	955	250	100
12 日 20 時	28.2	121.3	955	250	100
12 日 21 時	28.3	120.9	955	250	100
12 日 22 時	28.3	120.7	955	250	100
12 日 23 時	28.4	120.5	975	200	50
13 日 02 時	28.5	120.0	980	150	-

第七章 結論

由於近岸的海象複雜目前推算、預測近岸波浪的計算模式需要相當多的相關資料以及電腦資源，相關資料的量測品質如地形、水深等以及電腦計算的複雜度都會影響計算結果的精確度。海象觀測儀器隨著科技、技術的成熟，量測資料的品質亦大幅提昇，本研究利用觀測站的波浪資料、颱風氣象資料及類神經網路模式的架構，經過簡單的模式建構過程建構颱風波浪推算模式，可以滿足特殊地形或區域的颱風預測及預警防災的功能。

模式以能量平衡方程式為基礎並配合參數形式的颱風模式 Holland Model 藉由輸入參數與輸出函數間的關係，修正類神經網路轉換函數組成颱風波浪推算模式，並以台灣東部海域花蓮港為例。模式測試的結果顯示，颱風波浪推算模式可以有效且穩定的計算出推算區域內颱風波浪的行為。本模式以 Holland Model 模擬的颱風風場無法計算颱風風場與陸地交互影像後的風場分佈，所以當風場受到地形影響時模式無法充分反應出颱風波浪行為，對於這樣的限制可以藉由結合及時風場資料或是更精準的颱風風場計算模式得到改善。

本研究發展的颱風波浪推算模式以類神經網路為基礎，因此，模式亦具有自我學習的能力，利用每次颱風事件後的颱風波浪資料對颱風波浪推算模式進行修正，以因應該區域的地形地貌或是海象的改變。此外，在地形條件無劇烈變化的限制下，本模式可以擴大推算範圍，以提供鄰近區域颱風波浪推算的模擬與校正。因此，以類神經網路為核心並修正轉換函數所建構的颱風波浪推算模式，達到模式建構過程容易、計算快速、計算結果準確及模式具自我修正調校功能的目標，同時避免於一般數值模式需較長計算時間並且有相當精度之預測能力。

圖形化使用者介面的發展能有效提昇本模式的操作效率以及擴展使用者族群，經過更完善的整合能夠使本模式的應用性更加廣泛，對

於未來颱風波浪預報系統的實質應用有很大的幫助。本介面隨著颱風波浪預報模式的發展與進步將不斷提昇其品質與功能，目標在於建立一套使整個預報模式作業更加完美的操作介面。

往昔由天體位勢求得之潮汐水位，其振幅大小皆小於實測值。因此，本研究應用天體引力之相關天體參數，以建構神經網路模式。該模式稱之為天文潮神經網路模式(ANN-AST)。該模式在延時為 3 小時、輸入參數共 21 個及學習時間為花蓮港 2001 年數據 8760 小時，其 ANN-AST 模式推算結果之精度與調和分析法相似。藉由該網路模式可求得較精確之潮汐水位，進而可求得在颱風期間之暴潮偏差。本研究並應用該模式於 2004 年在花蓮港之康森、敏督利及蘭寧等三個颱風暴潮偏差推算，其結果顯示，颱風之中心氣壓越大，中心位置越靠近花蓮港者，其暴潮偏差越明顯。若中心氣壓大，但離花蓮港較遠或中心氣壓小，但離花蓮港較近者，暴潮偏差則較不明顯。故，藉由天體作用參數所建構之神經網路，可實際應用於花蓮港潮位預測，並可推算暴潮偏差。

參考文獻

- 1.交通部中央氣象局(1998)「颱風百問」，第 10-20 頁。
- 2.簡仲璟、曾相茂（1999）「花蓮港颱風波浪特性研究」，第 25 屆海洋工程研討會論文集，第 55-62 頁。
- 3.張憲國、錢維安（2001）「臺灣東部港灣預警系統之應用研究-港外波浪動態特性」，交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究報告。
- 4.張憲國、錢維安（2002）「台灣港灣地區颱風波浪推算模式之應用研究（一）」，交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究報告。
- 5.郭鴻基、吳俊傑、李勝清（2002）「天搖地動—颱風研究的挑戰」，科學發展月刊第 29 卷第 12 期，第 859-866 頁。
- 6.張憲國、錢維安（2003）「台灣港灣地區颱風波浪推算模式之應用研究（二）」，交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究報告。
- 7.Eberhart, R. C., and Dobbins, R. W. (1990) Neural Network PC Tools – A Practical Guide, Academic Press, Ins., pp. 10-250.
- 8.Harper, B. A., and Holland, G. J. (1999) “An Updated Parametric Model of the Tropical Cyclone,” Proceedings of the 23rd Conference of Hurricane and Tropical Meteorology, Dallas, Texas, pp. 893–896.
- 9.Holland, G. J. (1980) “An Analytical Model of the Wind and Pressure Profiles in Hurricanes,” Monthly Weather Review, Vol. 108, pp. 1212-1218.
- 10.Jelesnianski, C. P. (1966) “Numerical Computations of Storm Surges without Bottom Stress,” Monthly Weather Review, Vol. 94, No. 6, pp. 379–394.
- 11.Lippman, R. P. (1987) “An Introduction to Computing With Neural Nets,” IEEE ASSP Magazine, Vol.4, pp.14-24.
- 12.Tolman, H. L. (1997) User manual and system documentation of WAVEWATCH-3, version 1.15, NOAA / NWS /NCEP / OMB Technical Note 151, 97pp.

13. WAMDI group The WAM model (1988) "A Third Generation Ocean Wave Prediction Model," *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 18, pp. 1775-7810.

台灣港灣地區颱風波浪推算之 應用研究(III)



期末報告
簡報：張憲國 副教授
2004/11/11

簡報綱要

- 計畫目的
- 颱風波浪推算模式組織架構
- 颱風波浪預測模式圖形化介面
- 颱風暴潮推算模式組織架構
- 結論

計畫目的與工作綱要

- 分析、收集港研中心及相關單位現有海域颱風波浪資料。
- 建立颱風風場特性與颱風波浪特性之關係。
- 以模糊理論與類神經網路分析方法建立颱風推算模式。
- 建構颱風波浪即時性反應之視窗化操作系統。
- 以模糊理論與類神經網路分析方法初步建立暴潮推算模式。

計畫期中研究內容

- 由研究計畫『台灣港灣地區颱風波浪推算模式之應用研究(I)、(II)』的研究結果發現：
 - 模式推算能力受限資料的數量與品質。
 - 有效描述颱風規模及颱風運動特性將有助於推算能力的提升以及推算範圍的擴大。
 - 因此期中報告為針對颱風波浪推算模式的類神經網路建構推算核心進行改進，以達到擴大推算區域提高準確度的目的。
- 颱風波浪預測模式圖形化介面(GUI)的建構與測試。

計畫期末研究內容

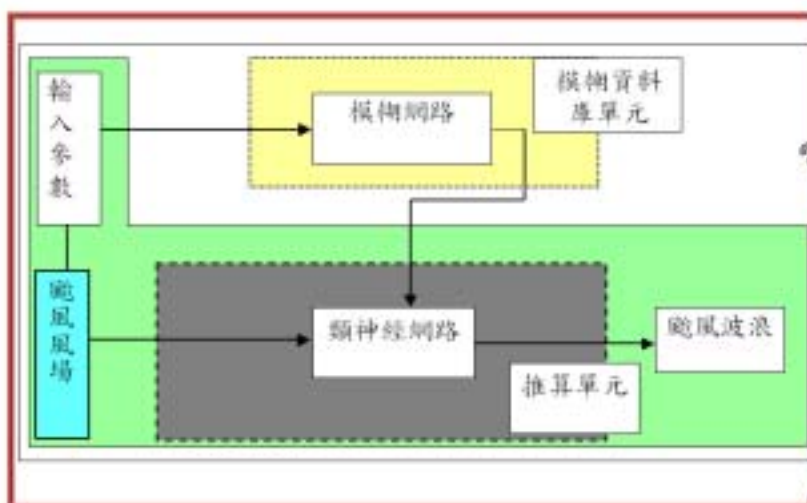
➤ 颱風波浪預測模式圖形化介面(GUI)的建構與測試完成：

- 圖形化使用者介面(GUI)各功能之改良與修正。
- GUI整合及程式封裝。

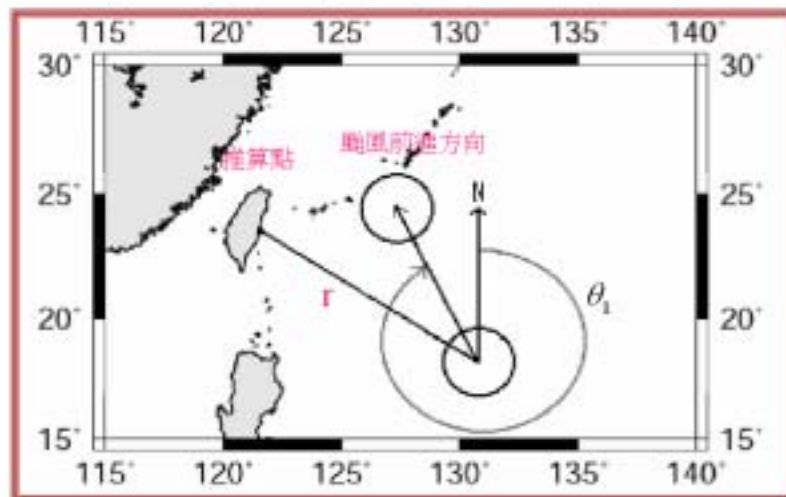
➤ 初步建立颱風暴潮模式：

- 天文潮神經網路模式之建構。
- 天文潮神經網路模式與調和分析法之比較。
- 應用天文潮神經網路模式於實際颱風中求得暴潮偏差。

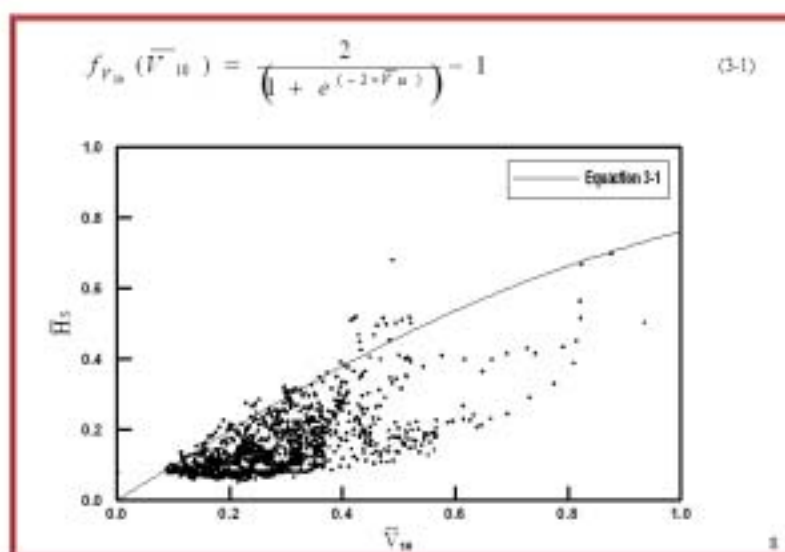
颱風波浪推算模式架構



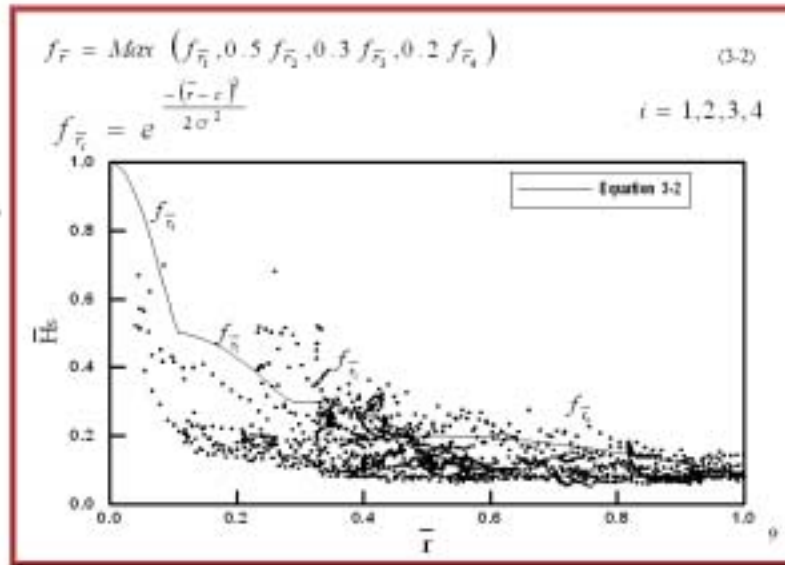
參數說明



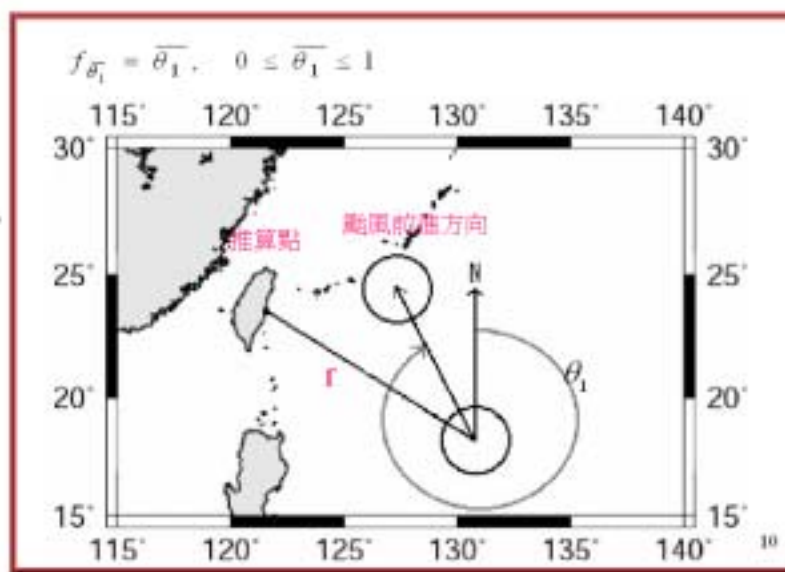
轉換函數(1/4)



轉換函數(2/4)



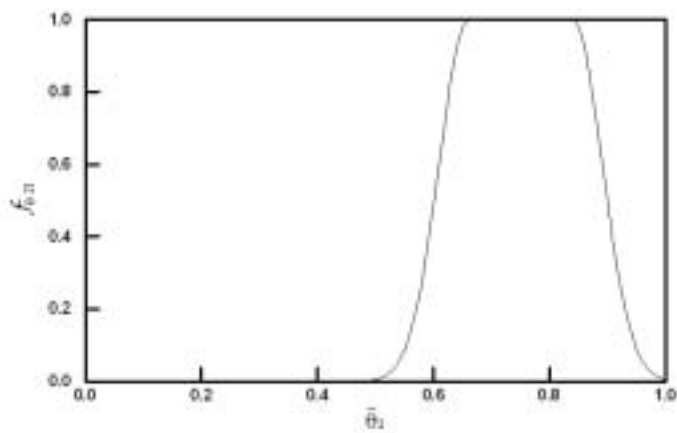
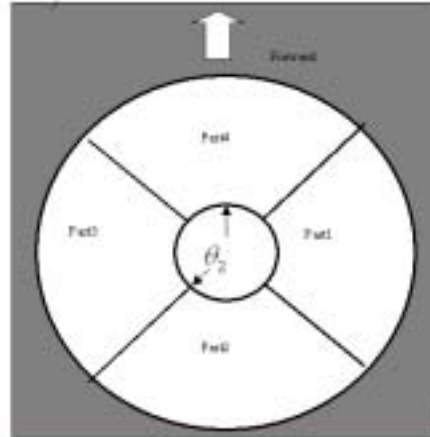
轉換函數(3/4)



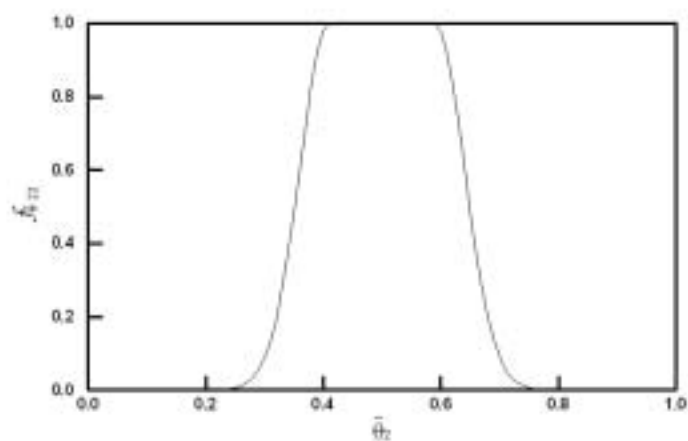
轉換函數(4/4)

$$f_{\theta_2} = \text{Max} \left(e^{-\frac{(\bar{\theta}_2 - c_1)^2}{2\sigma_1^2}}, e^{-\frac{(\bar{\theta}_2 - c_2)^2}{2\sigma_2^2}} \right) f_F, \quad c_1 > c_2$$

$$= f_F, \quad c_1 < c_2$$



12



13

模式架構內容(1/2)

類神經網路模式可以表示為：

$$H_x = f_2(W_{S2 \times S1} \cdot f_1(W_{S1 \times (R+n)} [I_{R+1}]_{n+1} + b_{S1 \times 1}) + b_{S2 \times 1})$$

$$I = [f_{\bar{\theta}_{10}}, f_{\bar{r}}, f_{\bar{\theta}_1}, f_{\bar{\theta}_{21}}, f_{\bar{\theta}_{22}}, f_{\bar{\theta}_{23}}, f_{\bar{\theta}_{24}}]^T$$

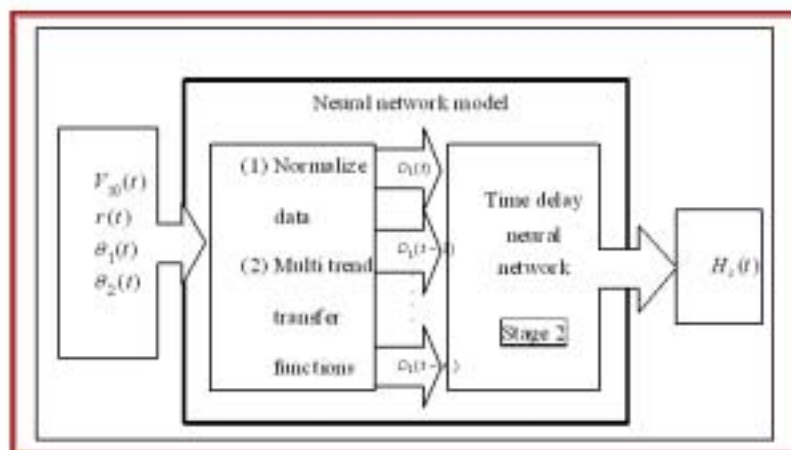
$$f_{\bar{\theta}_k}(\bar{\theta}^{(n)}) = \left(\frac{2}{1 + e^{(-2\bar{\theta}_k)}} \right)^{-1} \quad f_{\bar{r}} = \text{Max}(f_{\bar{r}_1}, 0.5f_{\bar{r}_2}, 0.3f_{\bar{r}_3}, 0.2f_{\bar{r}_4})$$

$$f_{\bar{\theta}_1} = \bar{\theta}_1, \quad 0 \leq \bar{\theta}_1 \leq 1 \quad f_{\bar{\theta}_2} = \text{Max} \left(e^{\frac{-(\bar{\theta}_2 - c_1)^2}{2\sigma_1^2}}, e^{\frac{-(\bar{\theta}_2 - c_2)^2}{2\sigma_2^2}} \right) f_{\bar{r}}, \quad c_1 > c_2$$

$$= f_{\bar{r}}, \quad c_1 < c_2$$

14

模式架構內容(2/2)



15

驗證結果

typhoon name	RMS (m)			ΔH_p (m)			Δt_p (hr)		
	NN2	NN3	NN-MT	NN2	NN3	NN-MT	NN2	NN3	NN-MT
Fred	1.01	1.24	1.18	-1.47	-1.00	0.45	3	2	1
Kent	0.76	0.88	0.60	-0.47	-1.09	-1.14	-2	0	-1
Haiyan	0.29	0.49	0.33	-0.96	-0.98	-0.55	1	-7	-3
Maggie	0.78	0.99	0.80	0.13	0.03	-0.65	-1	-1	2

16

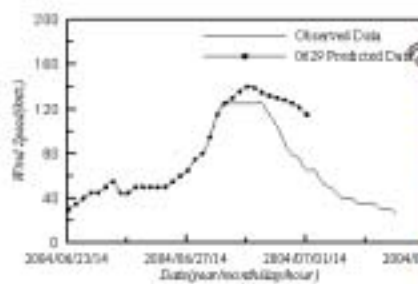
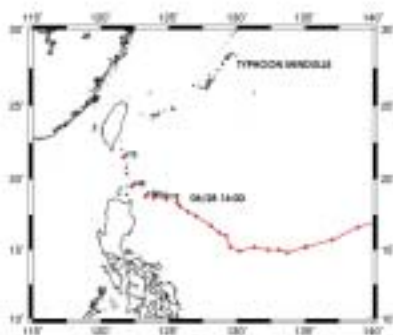
颱風波浪預測流程

由Unisys取得颱風未來風速
與路徑，每6小時可取得
後72小時的颱風動態預測

輸入至颱風波浪預警介面
推算出未來72小時內的波高

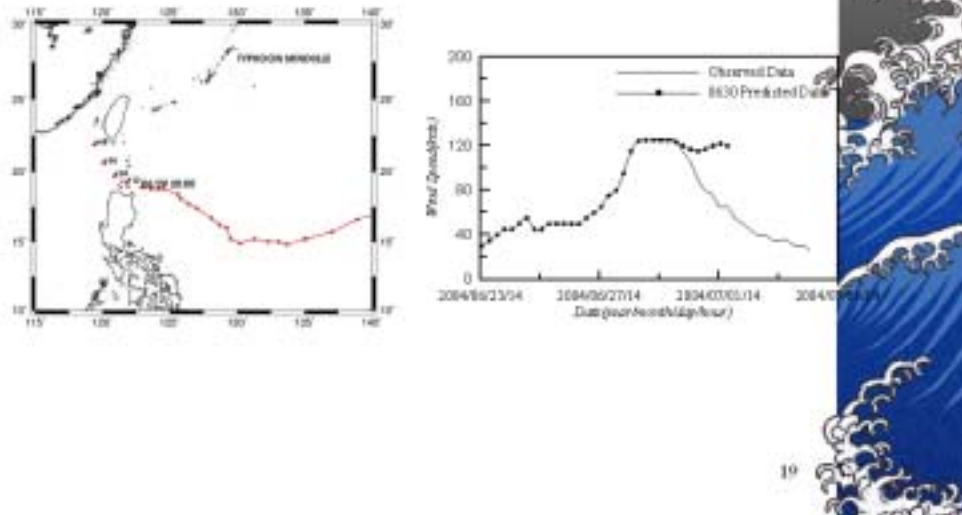
17

2004/06/29Mindulle颱風之預測路徑及風速



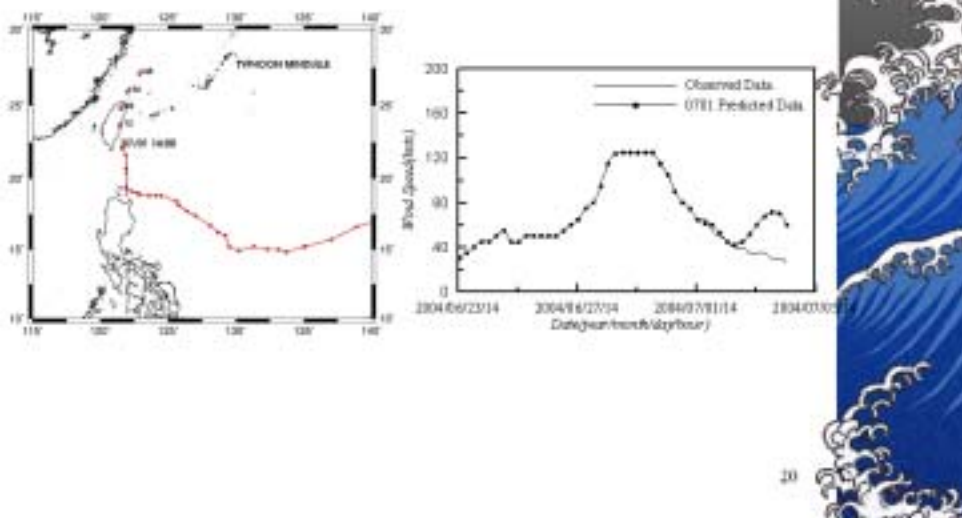
18

2004/06/30 Mindulle 颱風之預測路徑及風速



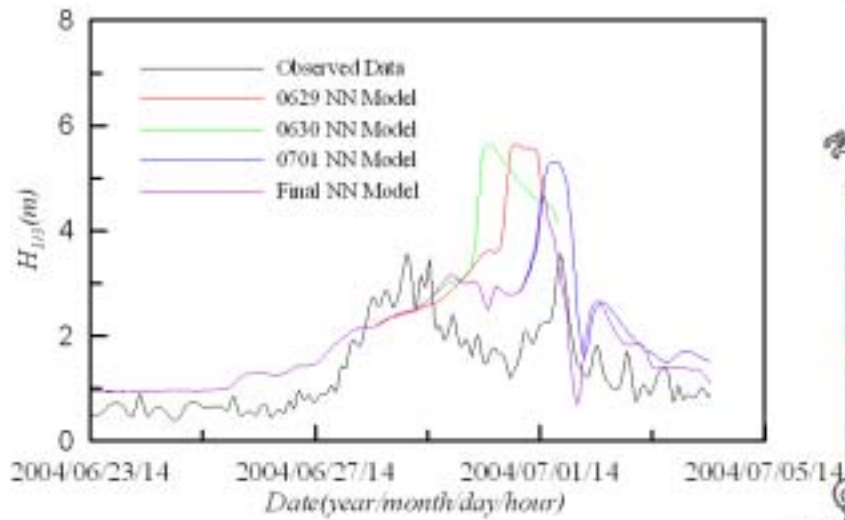
19

2004/07/01 Mindulle 颱風之預測路徑及風速



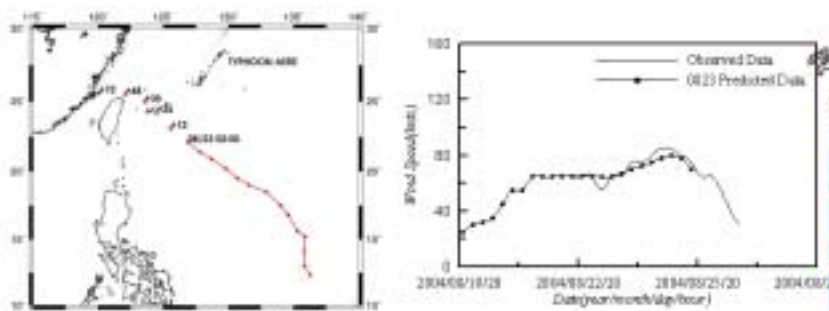
20

Mindulle颱風之預測波高



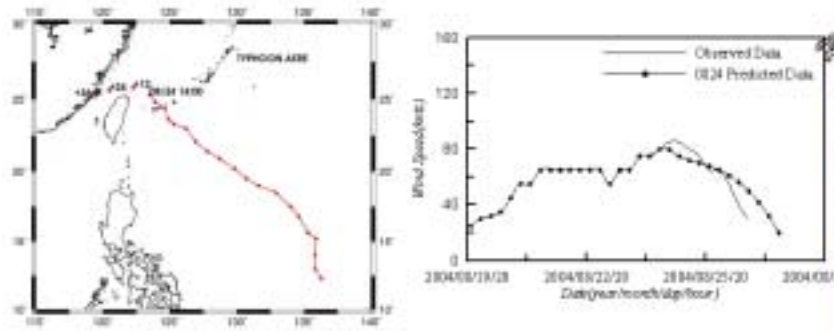
21

2004/08/23Aere颱風之預測路徑及風速



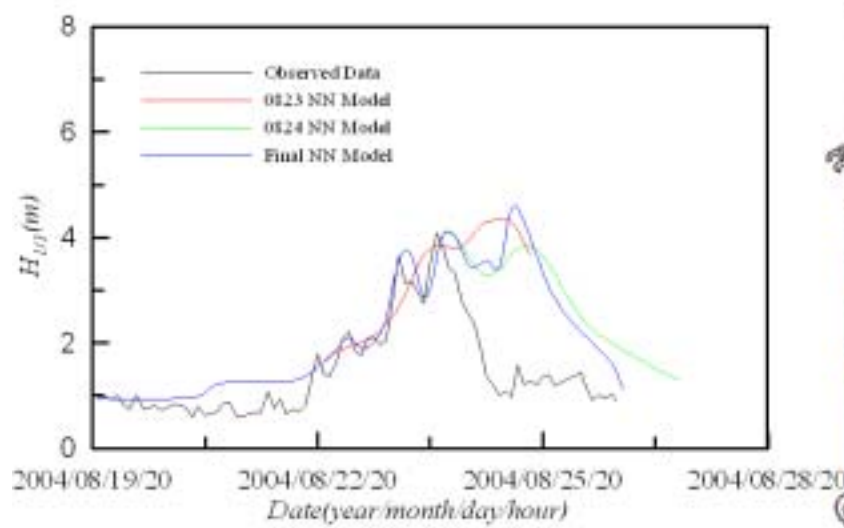
22

2004/08/24Aere颱風之預測路徑及風速



23

Aere颱風之預測波高

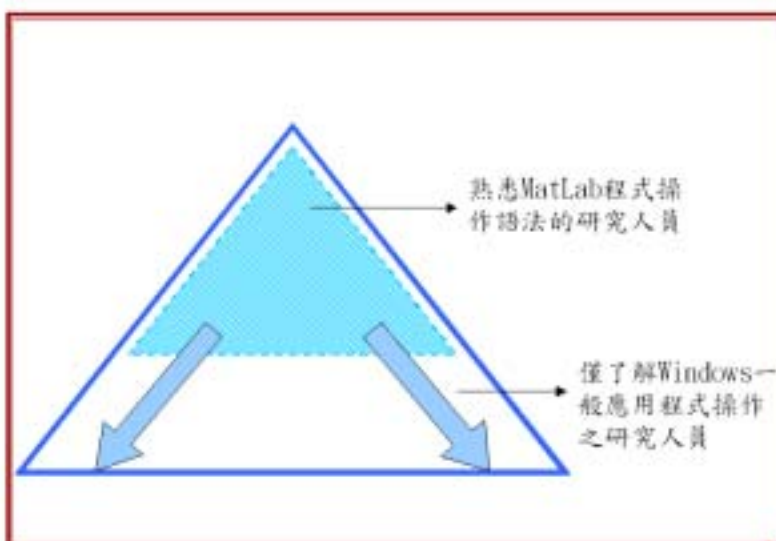


24

圖形化使用者介面

- 擴展使用者族群
- 縮短模式操作程序及時間
- 增加模式親合力
- 提升未來自動化環境可行性

擴展使用者族群



縮短模式操作程序及時間

工作項目	原有模式操作	使用本介面操作
輸入資料處理	內插、補遺	開啟介面後選取欲讀入之資料檔案，自動計算並繪圖
資料輸入	讀取資料檔案	
輸入資料檢核	手動檢核	
計算所需參數	呼叫副程式另行處理	
繪出各資料隨時間變化圖	繪圖應用程式	選取合適模式進行模擬並自動繪圖
進行模擬	讀取檔案進行模擬	
繪圖顯示模擬結果	繪圖應用程式	直接指定欲儲存之檔案
模擬結果資料存檔	指令儲存陣列並輸出至檔案	
模擬結果繪圖存檔	繪圖應用程式	滑鼠
操作方式	指令、外部應用程式	
顯示或比較資料	經由繪圖應用軟體印出整合	在 GUI 輸出視窗中直接進行
整體效率	較費時	較省時

27



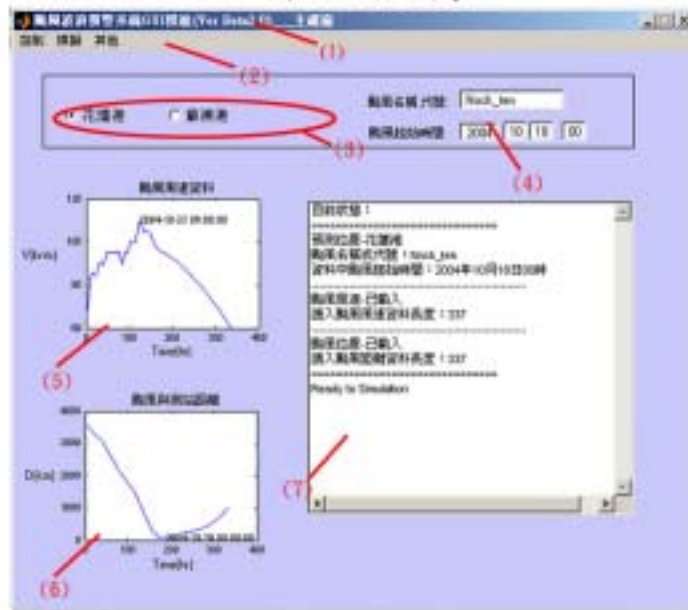
颱風波浪預測模式圖形化介面介紹

- 主介面視窗
- 輸入視窗
- 模擬輸出視窗
- 資料存檔視窗
- 颱風路徑圖
- 預測波高圖
- 預測波高表

28

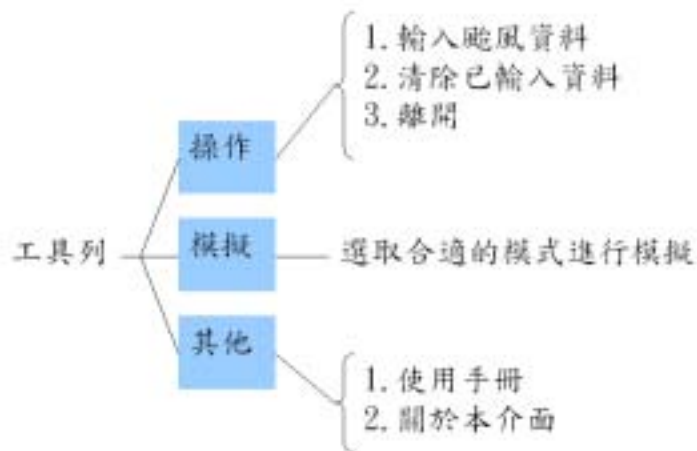


主介面視窗



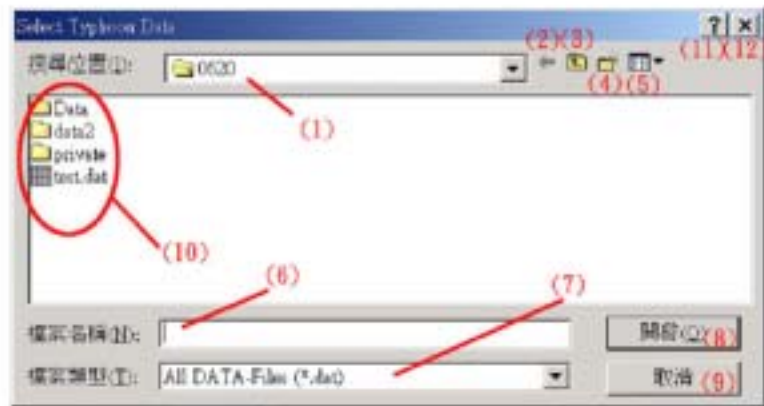
29

主介面視窗-工具列選項



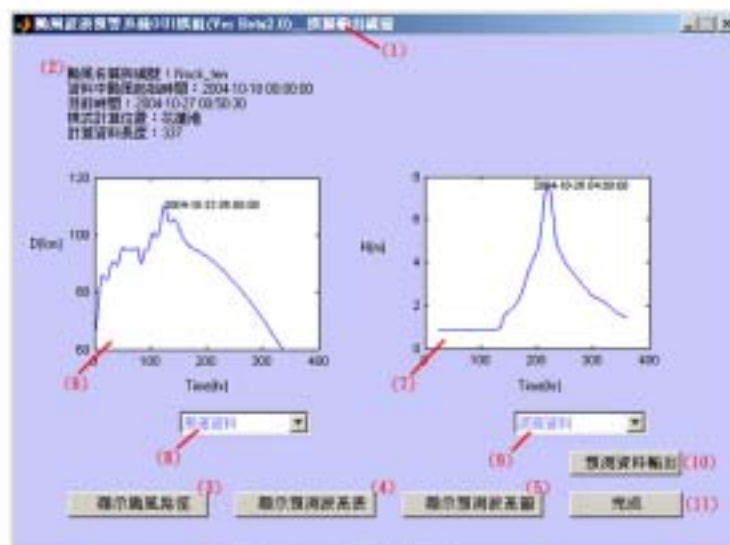
30

輸入視窗



31

模擬輸出視窗



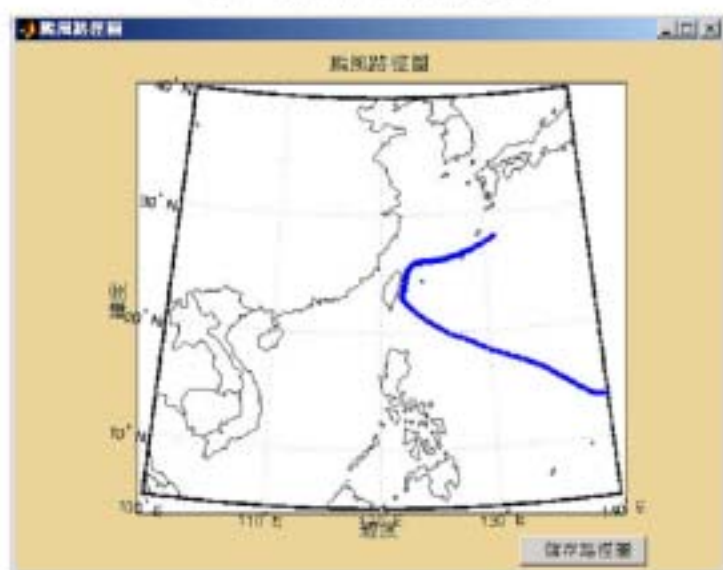
32

資料存檔視窗



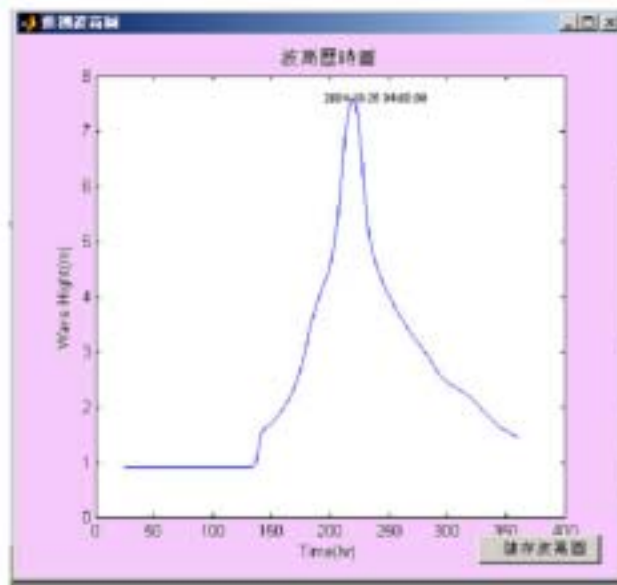
33

颱風路徑圖視窗



34

預測波高圖視窗



35

颱風預測表視窗

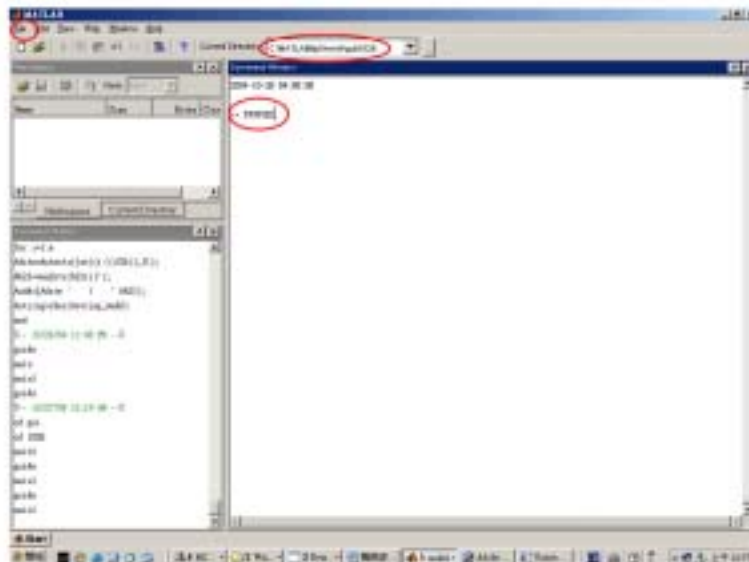
The screenshot shows a window titled '颱風預測表' (Typhoon Prediction Table). The table contains the following data:

時間	風速
2004-10-18 00:00:00	0.88977
2004-10-18 01:00:00	0.88977
2004-10-18 02:00:00	0.88977
2004-10-18 03:00:00	0.88977
2004-10-18 04:00:00	0.88977
2004-10-18 05:00:00	0.88977
2004-10-18 06:00:00	0.88977
2004-10-18 07:00:00	0.88977
2004-10-18 08:00:00	0.88977
2004-10-18 09:00:00	0.88977
2004-10-18 10:00:00	0.88977
2004-10-18 11:00:00	0.88977
2004-10-18 12:00:00	0.88977
2004-10-18 13:00:00	0.88977
2004-10-18 14:00:00	0.88977
2004-10-18 15:00:00	0.88977
2004-10-18 16:00:00	0.88977
2004-10-18 17:00:00	0.88977
2004-10-18 18:00:00	0.88977
2004-10-18 19:00:00	0.88977
2004-10-18 20:00:00	0.88977
2004-10-18 21:00:00	0.88977
2004-10-18 22:00:00	0.88977
2004-10-18 23:00:00	0.88977
2004-10-19 00:00:00	0.88977
2004-10-19 01:00:00	0.88977

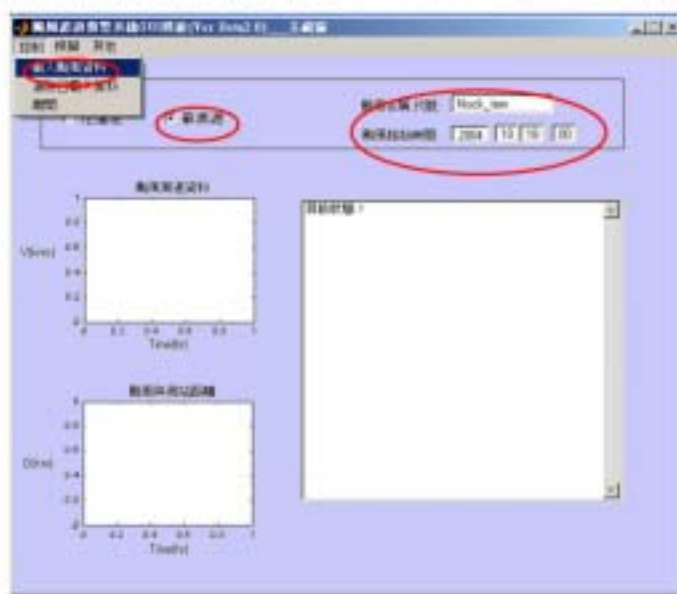


36

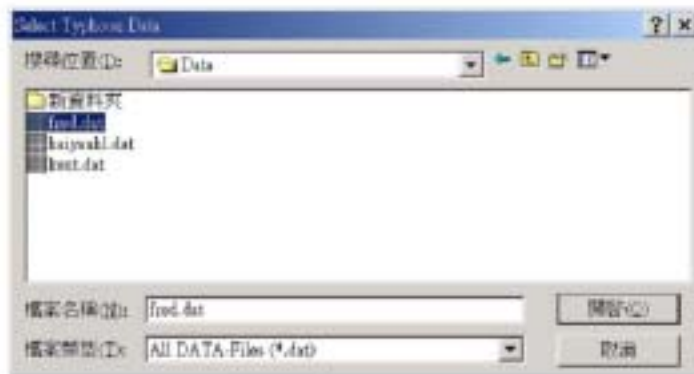
操作流程介紹(1/10)：開啟介面



操作流程介紹(2/10)：輸入資料

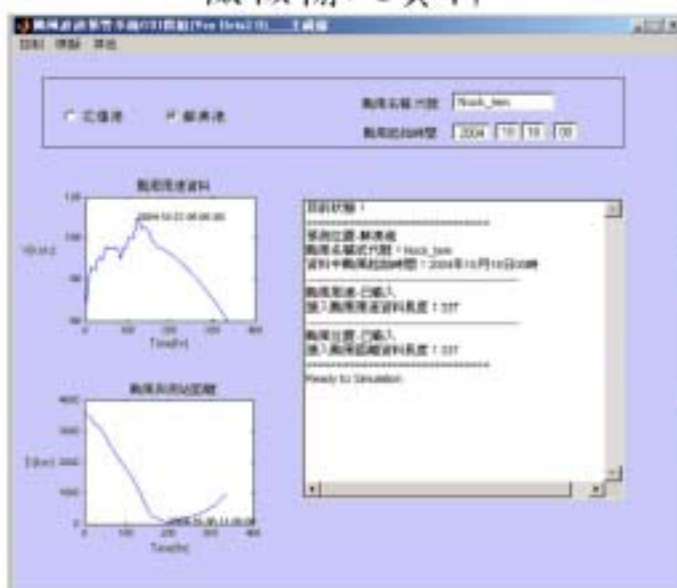


操作流程介紹(3/10)：輸入資料



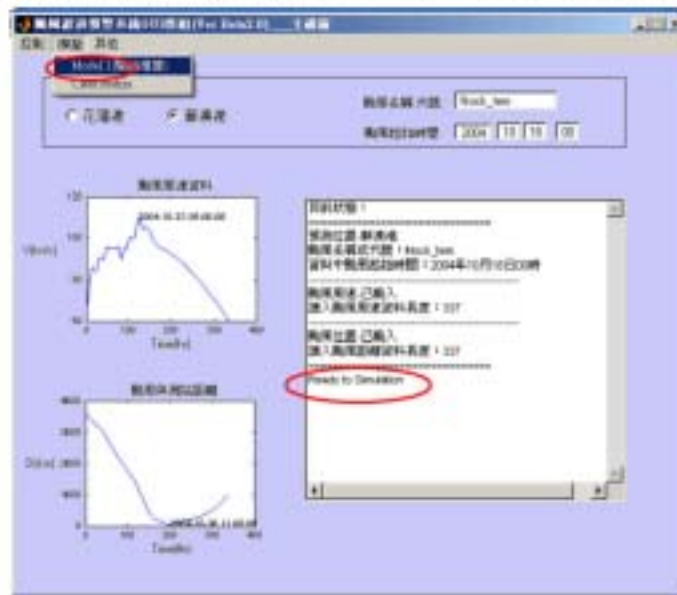
39

操作流程介紹(4/10)： 檢核輸入資料



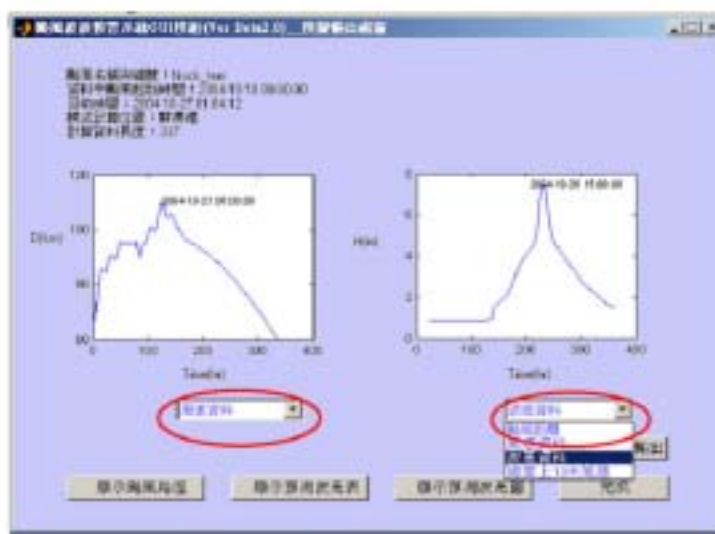
40

操作流程介紹(5/10)：開始模擬



41

操作流程介紹(6/10)：模擬結果



42

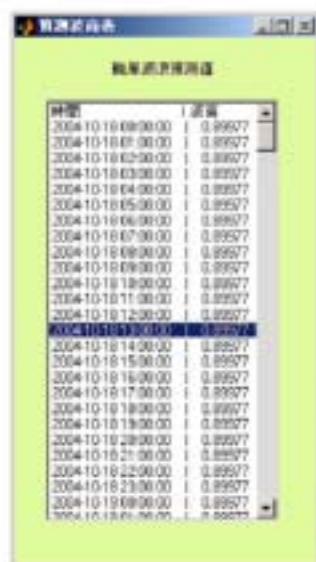
操作流程介紹(7/10)：檢視颱風路徑圖並儲存圖檔



操作流程介紹(8/10)：檢視颱風預測波高圖並儲存圖檔



操作流程介紹(9/10)：檢視颱風
預測波高表



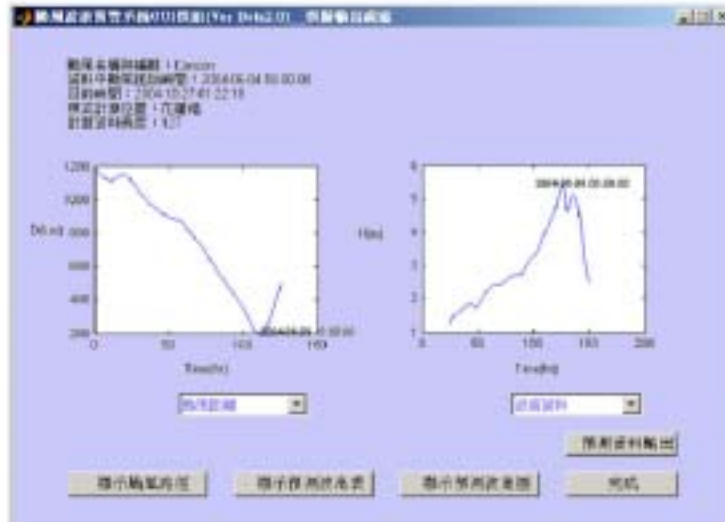
19

操作流程介紹(10/10)：結果存檔

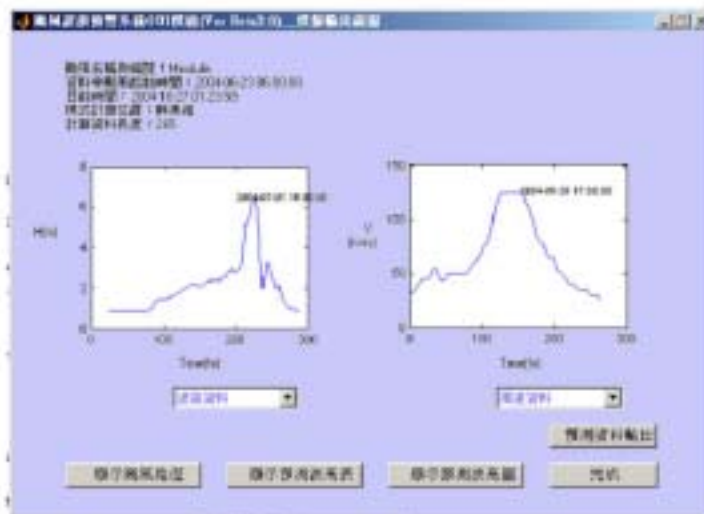


10

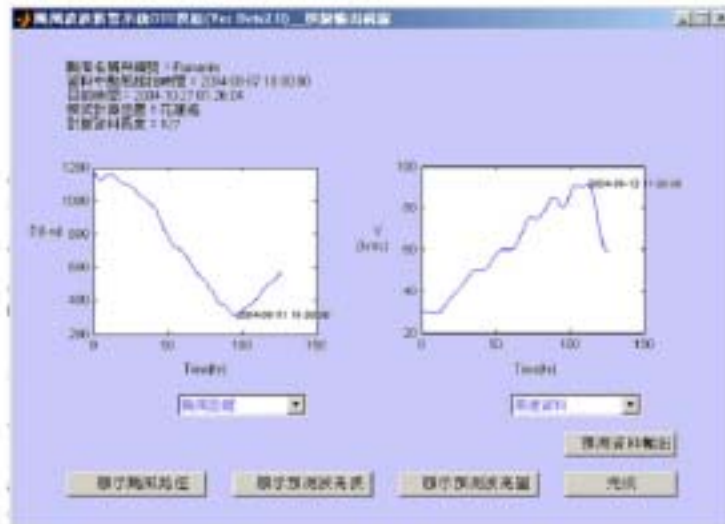
Conson颱風(2004)模擬結果



Mindulle颱風(2004)模擬結果

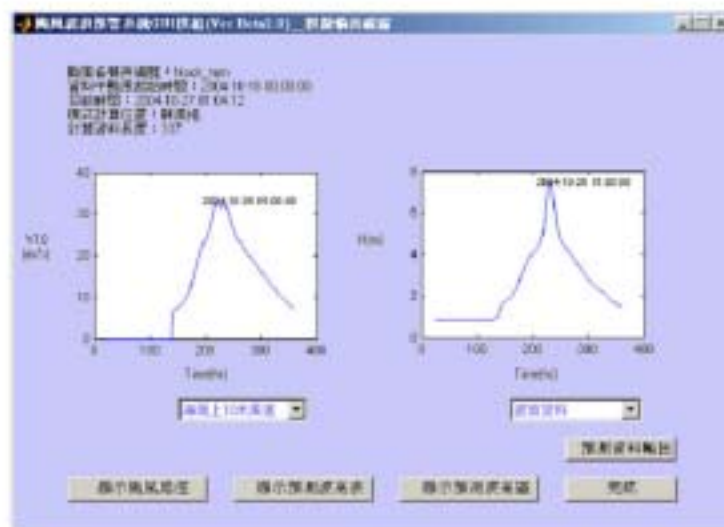


Rananim颱風(2004)模擬結果



49

Nock_tek颱風(2004)模擬結果



50

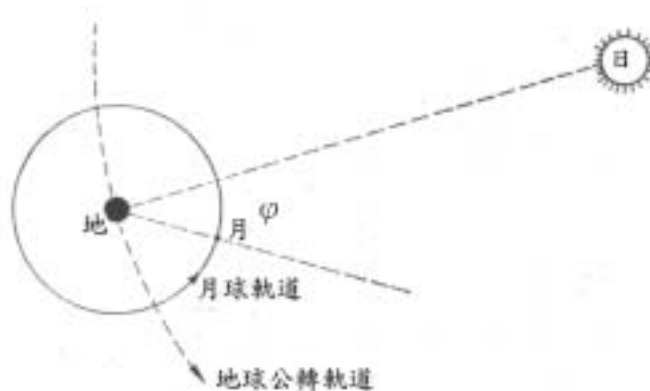
目前開發進度

工作項目	期中 完成度	期末 完成度
1. 介面外觀	80%	100%
2. 資料輸入	100%	100%
3. 自動進行內插補遺	20%	0%
4. 自動檢核輸入資料	100%	100%
5. 輸入資料之繪圖	100%	100%
6. 計算所需參數	100%	100%
7. 模式模擬	100%	100%
8. 模擬結果之繪圖	100%	100%
9. 繪圖與資料之存檔	100%	100%
10. 計算更多的颱風統計參數	20%	100%
11. 支援更多繪圖存檔之格式	50%	100%
12. 使用手冊	50%	100%
13. 繪圖表示颱風路徑	20%	100%
14. 加入更詳細的時間標註	0%	100%
15. 在各圖表中標示出峰值	0%	100%
16. 波浪預測資料的列表	0%	100%
17. 加入颱風行進路徑圖	0%	100%



51

颱風暴潮推算模式組織架構



52

天文潮神經網路輸入參數

	t	$t-1$	$t-2$
Moon	$\left(\frac{R}{D_m}\right)_t$	$\left(\frac{R}{D_m}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{D_m}\right)_{t-2}$
Moon	$\left(\frac{R}{\rho_m}\right)_t$	$\left(\frac{R}{\rho_m}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{\rho_m}\right)_{t-2}$
Moon	$\left[\left(\frac{R}{D_m}\right)^2 \cos \theta_m\right]_t$	$\left[\left(\frac{R}{D_m}\right)^2 \cos \theta_m\right]_{t-1}$	$\left[\left(\frac{R}{D_m}\right)^2 \cos \theta_m\right]_{t-2}$
Sun	$\left(\frac{R}{D_s}\right)_t$	$\left(\frac{R}{D_s}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{D_s}\right)_{t-2}$
Sun	$\left(\frac{R}{\rho_s}\right)_t$	$\left(\frac{R}{\rho_s}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{\rho_s}\right)_{t-2}$
Sun	$\left[\left(\frac{R}{D_s}\right)^2 \cos \theta_s\right]_t$	$\left[\left(\frac{R}{D_s}\right)^2 \cos \theta_s\right]_{t-1}$	$\left[\left(\frac{R}{D_s}\right)^2 \cos \theta_s\right]_{t-2}$
M-S	$(\cos \varphi)_t$	$(\cos \varphi)_{t-1}$	$(\cos \varphi)_{t-2}$

59



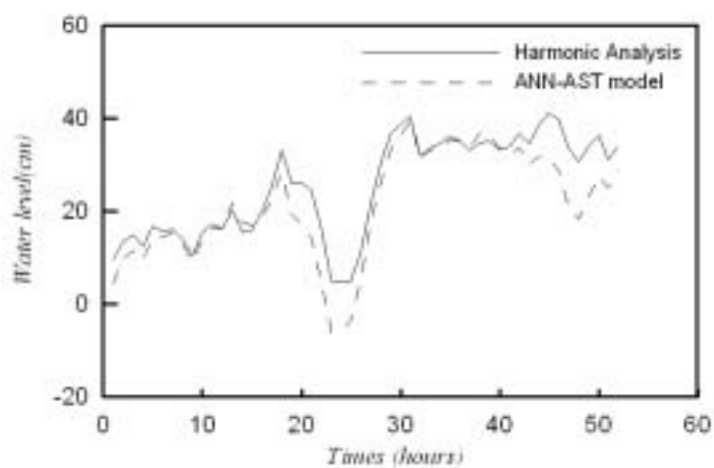
天文潮神經網路輸入參數

	t	$t-1$	$t-2$
Moon	$\left(\frac{R}{D_m}\right)_t$	$\left(\frac{R}{D_m}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{D_m}\right)_{t-2}$
Moon	$\left(\frac{R}{\rho_m}\right)_t$	$\left(\frac{R}{\rho_m}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{\rho_m}\right)_{t-2}$
Moon	$\left[\left(\frac{R}{D_m}\right)^2 \cos \theta_m\right]_t$	$\left[\left(\frac{R}{D_m}\right)^2 \cos \theta_m\right]_{t-1}$	$\left[\left(\frac{R}{D_m}\right)^2 \cos \theta_m\right]_{t-2}$
Sun	$\left(\frac{R}{D_s}\right)_t$	$\left(\frac{R}{D_s}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{D_s}\right)_{t-2}$
Sun	$\left(\frac{R}{\rho_s}\right)_t$	$\left(\frac{R}{\rho_s}\right)_{t-1}$	$\left(\frac{R}{\rho_s}\right)_{t-2}$
Sun	$\left[\left(\frac{R}{D_s}\right)^2 \cos \theta_s\right]_t$	$\left[\left(\frac{R}{D_s}\right)^2 \cos \theta_s\right]_{t-1}$	$\left[\left(\frac{R}{D_s}\right)^2 \cos \theta_s\right]_{t-2}$
M-S	$(\cos \varphi)_t$	$(\cos \varphi)_{t-1}$	$(\cos \varphi)_{t-2}$

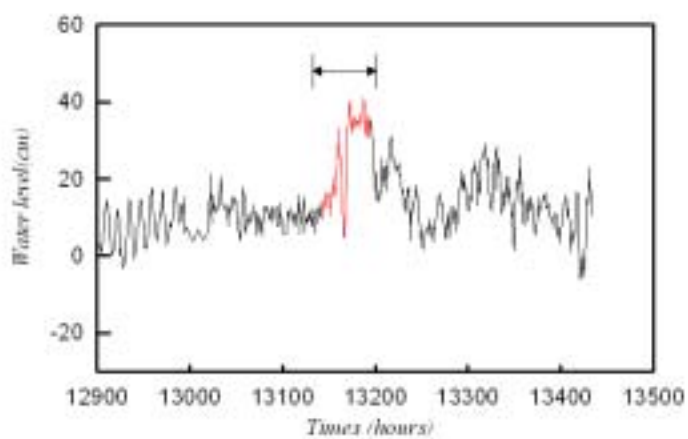
59



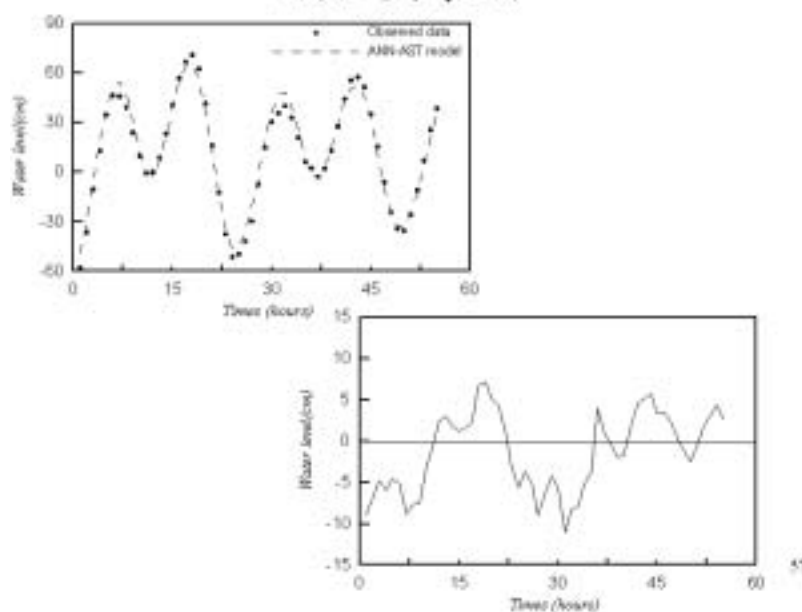
ANN-AST模式與調和分析法暴潮 結果比較



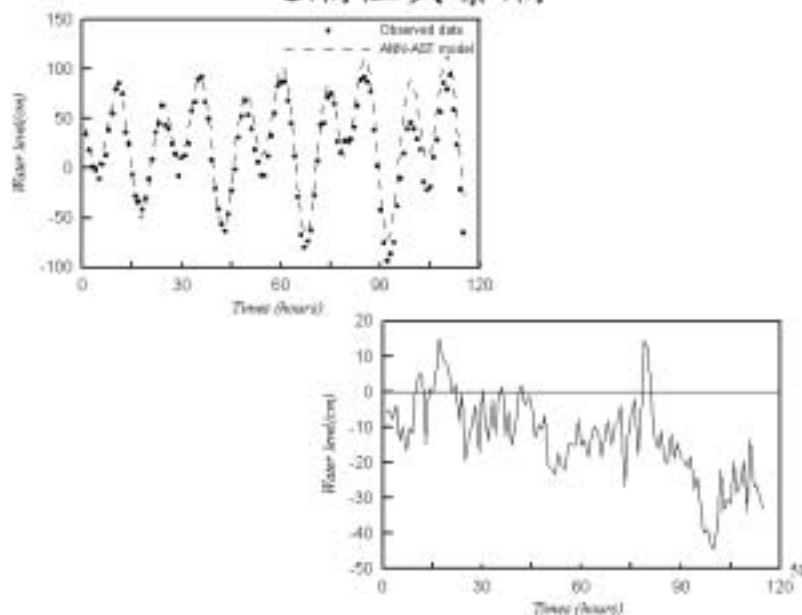
以調和分析法分析暴潮偏差



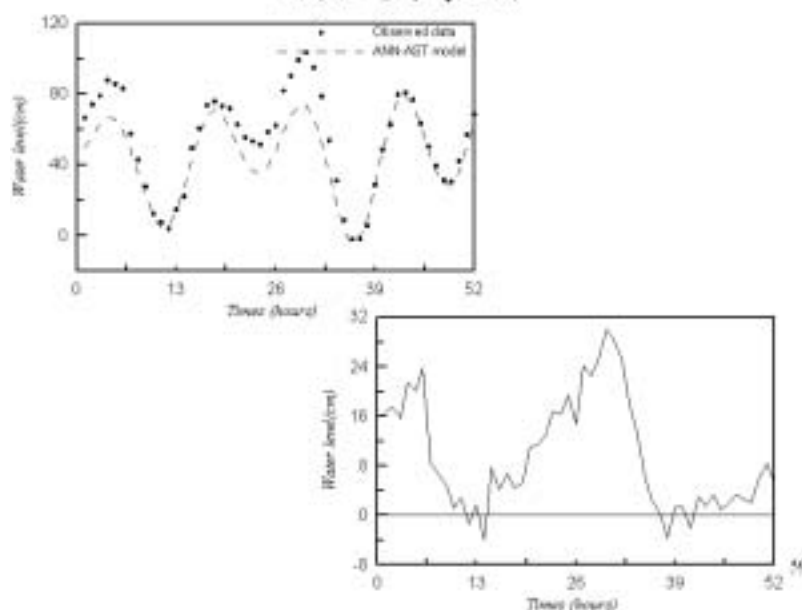
ANN-AST模式推算康森颱風期間之潮位與暴潮



ANN-AST模式推算敏督利颱風期間之潮位與暴潮



ANN-AST模式推算蘭寧颱風期間之潮位與暴潮



結論

- 修正轉換函數之類神經網路架構完成
- 圖形化使用者界面的發展能有效提昇本模式的作業效率以及擴展使用者族群
- 暴潮模式之初步建立已完成天文潮神經網路模式(ANN-AST)之架構，本模式較引潮理論更能估算天文潮，可達調和分析法之精度，進而更精確地估算暴潮。

交通部運輸研究所九十三年度合作研究計畫

台灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究(三)期中報告審查意見回覆

李忠潘委員：	意見回覆
一、颱風的路徑影響其產生的波浪至巨。而颱風的路徑受亞洲大陸及太平洋甚至南海上的大範圍氣壓分佈所左右。因此，可否將上述氣壓分佈的參數放入模式內，以增加預測的準確性。 二、肯定目前的研究成果。	一、如果計畫執行時間與收集的資料許可，可以嘗試委員的建議。 二、謝謝委員的肯定。
蔡清標委員：	
一、本研究為第三年計畫，旨在以類神經網路建立颱風波浪推算模式，並以圖形化介面建立容易操作之應用，期中報告具成果，應用性高。 二、類神經網路效能指標，建議可增加相關係數值 (c.c.)，並列出 RMSE 值。 三、期末研究報告請增加簡報之內容，如用哪些颱風實測資料學習、測試及其學習精度 (RMSE 值)？ 四、本研究以倒傳遞類神經網路模式，使用雙曲轉換函數，資料輸入前之資料前置如何處理，GUI 介面是否內建此功能。 五、簡報展示之敏督利颱風情況，顯示本計畫對即時預報之功能極有意義，並具時效	一、謝謝委員的肯定。 二、將嘗試增列於期末報告中。 三、將嘗試增列於期末報告中。 四、前置處理只需建立每小時的颱風位置與最大風速即可，相關轉換函數設定於程式中自動執行。 五、謝謝委員的肯定。

性。	
翁文凱委員：	
一、測站風速 V_{10} 與 H_S 及轉換函數，即圖 3.4 其準確度為何？是否能於報告中說明。 二、r 與 H_S 轉換函數關係圖，即圖 3.5，請說明為何用四個函數代表，其代表性為何？是否能用其他數目的函數表示？	一、由於缺乏詳細風場資料，所以風場資料以 Halland Model 模擬。相關說明將增列於期末報告中。 二、多個轉換函數組合的目的是為了模擬實際現象，增加非線性現象的描述能力，函數數量與形式是經過試誤法與計算時間的考慮而決定。
何良勝委員：	
一、本年度所引用相關風場公式及類神經推算公式中之轉移函數等，與往年計畫有所不同，其推算結果準確性如何？ 二、圖形(視窗)介面方面，其顯示圖形之時間，建議改為日期，另外，其曲線顯示是否可改進為即時即刻顯示(即指標所指位置，即可顯示當時之數值)，且是否可增列數字之整體數列(time series)。	一、這樣的模式架構增加模式穩定性與降低學習訓練的時間，也相對提高準確性。 二、將嘗試修改並增列於期末報告中。
曾相茂委員：	
一、此計畫研究已第三年而已，而此種研究是須要長時間分析研究，其推算模式之結果才會越精確，因此本中心能繼續做下去，亦希望本中心人員能盡早投入學習，才能在技術轉移時能操作順利。	一、謝謝委員的肯定。 二、將修正增列於期末報告中。 三、謝謝委員的肯定。

二、報告第二頁中之西元年度(如2001)請加“年”。 三、結果值得肯定而且成功的。	
邱永芳委員：	
一、預測結果與實測資料之相互校核，二種資料同化處理應可找出其轉換關係。 二、把歷年研究過程與結果做統一說明，整理完整報告。 三、本計畫如有對外發表或展示，應列出港研中心的合作關係。	一、將利用目前資料進行測試。 二、將修正增列於期末報告中。 三、若有以上情況必遵守規定辦理。

交通部運輸研究所九十三年度合作研究計畫

台灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究(三)期末報告審查意見回覆

許泰文委員：	意見回覆
一、本計畫已執行三年、利用類神經網路建立颱風波浪推算模式，並建立介面以便容易操作，成果值得肯定。 二、在輸入參數方面，颱風參數如颱風路徑、半徑和中心氣壓差是否加以考量，以增加模式準確性。 三、將三年研究成果在結論中綜合展現。	一、謝謝委員的肯定。 二、颱風路徑為本模式基本考量，此外颱風半徑及中心氣壓差分別為本模式中風場推算及風速輸入中的關鍵因子。 三、已列於期末報告前言中。
蔡清標委員：	
一、由實例操作結果顯示本研究具有高度之應用性，對颱風波浪之推算或預報具有精度，尤其圖形化介面具有容易操作之特性。 二、類神經網路預報之精度，一般可以相關係數 C.C 值作為一指標，希望研究結果仍能增列該值，並說明其結果代表之意義。 三、簡報內容(power point)有關之實例說明部份，請增列於第三章中。	一、謝謝委員的肯定。 二、已增列於期末報告完稿中。 三、已增列於期末報告完稿中。
何良勝委員：	
一、請增列中、英文摘要。 二、增列有關颱風波浪推算之結果。	一、已增列於期末報告完稿中。 二、已增列於期末報告完稿中。

果。 三、表 3.1 增列颱風之中文名稱。 四、相關理論引用、推算結果分析符合實際應用情況。	三、已增列於期末報告完稿中。 四、謝謝委員的肯定。
曾相茂委員：	
一、計畫研究成果具利用之實務，其利用價值是值得肯定且成功完成三年的研究，對本中心是很大的效用。 二、報告第二頁第(3)台灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究(一)(2002)。 三、第 13 頁第三章取樣頻率為 1.28HZ 如是無方向 waverider 才是 2.56HZ 即 100 秒取 128 筆資料，所以 1200 秒共 1536 筆。第 13 頁 2000 年 9 月以後更改在 st3 使用超音波式加壓力式挪威之 Nortek 儀，且頻率亦不一樣而是 2HZ 共取 2048 筆資料。 四、第 14 頁建議可參考本所研究報告，增加花蓮、蘇澳觀測站位置圖。	一、謝謝委員的肯定。 二、已修正增列於期末報告完稿中。 三、多謝委員說明 四、已增列於期末報告完稿中。
邱永芳委員：	
一、天文潮位如採用調和分析結果，颱風期間之差值皆視為暴潮偏差。 二、三年報告請整合成一本完整報告提供研參。	一、多謝委員說明，往昔處理方法，即為委員所定義。 二、本計劃為三年連續計劃，每年均已繳交報告及電子檔，委託單位欲彙整或單冊發行，可自行處理。

三、本模式可否申請專利，請研參。	發行，可自行處理。 三、委託單位可以本模式申請介面之專利，但模式理論屬於學術範疇，故不建議申請專利。
-------------------------	--