

國立交通大學

工學院工程技術與管理學程

碩士論文

應用類神經網路於橋梁檢測之研究——以彰化縣橋梁為例



A Study of Artificial Neural Network Model
for Bridge Inspection in Chung-Hua County.

研究生：葉行健

指導教授：洪士林 博士

中華民國九十九年七月

應用類神經網路於橋梁檢測之研究--以彰化縣橋梁為例

A Study of Artificial Neural Network Model for Bridge Inspection in Chung-Hua County

研 究 生：葉行健

Student : Hsing-Chien Yeh

指 導 教 授：洪士林

Advisor : Dr. Shih-Lin Hung

國 立 交 通 大 學

工學院工程技術與管理學程

碩 士 論 文



A Thesis
Submitted to Degree Program of Engineering Technology and Management
College of Engineering
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in

Engineering Technology and Management

June 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九 年 七 月

應用類神經網路於橋樑檢測之研究--以彰化縣橋樑為例

學生：葉行健

指導教授：洪士林 博士

國立交通大學工學院工程技術與管理學程

摘 要

台灣地區經濟的發展，交通運輸系統佔有重要的地位，而橋樑工程更是整個交通運輸系統的重要角色，所以不論高山或平地皆有橋樑工程的蹤跡。所以，橋樑功能若受損，勢必造成社會、民生與經濟之重大衝擊；尤其是台灣地區天然災害頗多，更凸顯出橋樑養護工作之重要性。因此，如何維護數量相當的橋樑並發揮應有功能變得相當重要。另外，維護此一數量龐大的橋樑勢必花費相當的金錢與人力，也因此，如何有效率並在有限人力與經費下，維護橋樑並避免劣化，係為橋樑管理單位首要課題。

目前國內針對橋樑管理建立了一套橋樑管理系統，並由全國各橋樑維護機關使用當中，然台灣地區地形高山至平原皆有，各縣市位處地形之並非完全相似，因此本研究以地勢較平坦地區之橋樑（彰化縣之橋樑）做為研究對象，並以該縣利用 DERU 橋樑目視檢測之 463 筆成果與應用類神經網路之學習及預測能力，檢討地勢平坦地區較可能之橋樑損壞模式。研究結果顯示，相較於 DERU 檢測法，類神經網路模式對訓練與驗證案例均可提供準確評估（預測）橋損壞等級；亦證實利用類神經網路模式於橋樑損壞模式評估之可行性。

關鍵字：類神經網路；橋樑；橋樑管理系統

A Study of Artificial Neural Network Model for Bridge Inspection in Chung-Hua County

student : Hsing-Chien Yeh

Advisors : Dr. Shih-Lin Hung

Degree Program of Engineering Technology and Management
College of Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

Transportation system plays the most important role for the rapidly economic developing in Taiwan. In which, bridges take part in the major function in the system; hence, there are numerous bridges located among plain and mountain area of Taiwan. Therefore, the damage of bridges may result in inconvenient and distress in many points, such as social, civil, and economic concern. The issue is more essential in Taiwan since Taiwan locates in frequently natural disaster region. Hence, how to maintain these numerous bridges health in well function with low cost and less manpower is vital.

Currently, a bridge management system based on the evaluation of DERU has been developed and employed in various bridge management bureaus in Taiwan. However, the locations and types of bridges are deviation county to county. This work aims to develop an artificial neural network (ANN) bridge damage detection model based on the investigation data by established DERU approach. The target of this study focus on plate or beam type bridges in plain area, says Chang-Hua County. There are 463 investigated data used in this work and divided into training and verify instances. The optimal topology of ANN model is studied first. The verified results illustrate that ANN model can accurately detect the degree of damage for both training and verification cases. The performance of ANN model is better than conventional DERU approach by comparing with detecting accuracy. The work also confirms that the feasibility of applying ANN bridge damage detection models in different locations and types of bridges.

Key words : Artificial Neural Network ; Bridges ; Bridge Management System

誌 謝

本論文能順利完成首先感謝指導教授洪士林教授，在研究期間對學生的悉心指導、持續的提供協助，讓學生能夠在公務繁忙下順利完成論文，在此致上最深的謝意。

口試期間承蒙黃炯憲教授、鄭復平副教授及詹君治副教授於口試期間的指正與寶貴意見，在此至上謝意。

研究期間感謝詹君治副教授對類神經網路的指導，及阿修學弟對類神經網路的協助，謹此表示謝意。

感謝榮技工程顧問的王修文技師、荔盛工程顧問的文彬兄、全勝工程顧問的詹裕銘總經理與陳睿宇技師以及同事小馬等人的打氣與協助提供研究資料，使本人的論文內容更加充實。尤其文彬兄無私的分享研究經驗使本人獲益良多，謹此誌謝。

另外還要感謝內人青樺的支持和鼓勵，使本人能夠在工作極為繁重的壓力下，給我無比的衝勁與動力，成功克服在漫長求學過程中所有挑戰，完成本論文。

最後，謹以本文獻給我敬愛的父母，願將此喜悅與你們分享。

葉行健
謹誌於國立交通大學
民國 99 年 7 月

目 錄

中文提要	.....	i
英文提要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
表目錄	.....	vii
圖目錄	.....	viii
第一章	緒論.....	1
1.1	研究動機.....	1
1.2	研究目的.....	1
1.3	研究範圍、方法與流程.....	2
第二章	文獻回顧.....	4
2.1	橋樑分類與構件.....	4
2.1.1	橋樑的分類.....	4
2.1.2	橋樑構件.....	4
2.2	橋樑劣化現象探討.....	6
2.2.1	鋼筋混凝土常見的損壞現象.....	6
2.2.2	鋼筋混凝土橋一般裂化原因.....	9
2.2.3	台灣地區橋樑較常見損壞原因.....	12
2.3	橋樑檢測之重要性.....	14
2.4	橋樑檢測方法.....	16
2.4.1	橋樑檢測目的.....	16
2.4.2	橋樑檢測方法.....	16
2.4.3	國內現有檢測評等法介紹.....	18
2.4.4	D. E. R. U. 評等法探討.....	19
2.4.5	台灣地區橋樑管理系統.....	27
2.4.6	橋樑評估指標.....	29
2.4.7	類神經網路應用.....	31
第三章	研究方法.....	34
3.1	類神經網路介紹.....	34
3.1.1	生物神經元.....	35
3.1.2	人工神經元模型.....	37
3.1.3	類神經網路之學習規則.....	38
3.1.4	倒傳遞類神經網路.....	39
3.1.5	網路架構.....	40
3.2	案例資料整理.....	43

3.2.1	案例資料來源簡介	43
3.2.2	公路運輸系統	44
3.2.3	案例基本資料分析及統計	45
3.2.4	案例資料正規化	48
3.2.5	案例資料數量分類	52
3.3	類神經網路之架構	53
3.3.1	MATLAB 簡介	53
3.3.2	隱藏層層數	54
3.3.3	隱藏層神經元	55
3.3.4	類神經網路架構成果分析	56
第四章	研究結果之討論與比較	58
4.1	案例數量之研究	58
4.1.1	案例數量之學習與預測成果	58
4.1.2	案例數量研究之成果分析	61
4.2	類神經網路架構之研究	62
4.2.1	類神經網路之訓練結果	62
4.2.2	類神經網路之訓練結果分析	64
4.2.3	類神經網路之測試結果	65
4.2.4	類神經網路之測試結果分析	68
4.3	類神經網路研究成果比較	68
第五章	結論與建議	72
5.1	結論	72
5.2	建議	72
參考文獻		74
附錄一	232 個訓練案例於網路架構為 20-21-1 訓練完成之正規化輸出值	76
附錄二	231 個測試案例於網路架構為 20-21-1 測試完成之正規化輸出值	77
附錄三	各網路架構之 MSE 收斂畫面及訓練完成狀況畫面	78
附錄四	各網路架構訓練完成之正規化輸出值	87
附錄五	各網路架構訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較	94
附錄六	各網路架構訓練完成之輸出值	99
附錄七	各網路架構訓練完成輸出值與原輸出值之比較	106
附錄八	各網路架構測試完成之正規化輸出值	111
附錄九	各網路架構測試完成輸出值與原輸出值之比較	113
附錄十	各網路架構測試完成之輸出值	118
附錄十一	各網路架構測試完成輸出值與原輸出值之比較	120

附錄十二 各網路架構測試完成之迴歸分析圖..... 125



表目錄

表 1	RC 與 PC 橋樑產生缺陷與破壞原因·····	13
表 2	國內目前主要使用的檢測評估準則·····	18
表 3	D. E. R. U. 評等法之檢查項目·····	20
表 4	D. E. R. U. 評等法之評估準則·····	21
表 5	D. E. R. U. 檢測程序·····	25
表 6	D. E. R. U. 檢測表格·····	26
表 7	各組合構件對橋梁重要性權重表·····	30
表 8	彰化縣各鄉鎮市橋梁數量統計表·····	46
表 9	輸入值正規化·····	49
表 10	輸出值正規化·····	50
表 11	橋梁輸出值數量表·····	51
表 12	誤差狀況分類定義表·····	57
表 13	案例數量比例為 1：1，網路架構為 20-21-1 之誤判率··	60
表 14	各網路架構訓練完成之各種誤差狀況數量·····	63
表 15	各網路架構訓練完成之誤判率·····	63
表 16	各網路架構測試完成之各種誤差狀況數量·····	65
表 17	各網路架構測試完成之誤判率·····	65
表 18	網路架構為 20-20-1 之預測輸出值與 CI 值之比較·····	69
表 19	232 個訓練案例於網路架構為 20-21-1 訓練完成之正規 化輸出值·····	76
表 20	231 個測試案例於網路架構為 20-21-1 測試完成之正規 化輸出值·····	77
表 21	各網路架構訓練完成之正規化輸出值·····	87
表 22	各網路架構訓練完成之輸出值·····	99
表 23	各網路架構測試完成之正規化輸出值·····	111
表 24	各網路架構測試完成之輸出值·····	118

圖目錄

圖 1	橋梁之上部結構及下部結構.....	5
圖 2	橋樑生命週期圖.....	15
圖 3	養護-使用年限關係圖.....	15
圖 4	真實系統與系統模型（類神經網路）之比較.....	34
圖 5	生物神經元模型圖.....	36
圖 6	神經信號之傳遞示意圖.....	36
圖 7	人工神經元模型圖.....	38
圖 8	正切雙彎曲轉移函數圖.....	40
圖 9	線性轉移函數圖.....	41
圖 10	對數雙彎曲轉移函數圖.....	41
圖 11	倒傳遞類神經網路架構圖.....	42
圖 12	長度與橋梁數量統計圖.....	47
圖 13	橋梁數量與型式統計圖.....	47
圖 14	橋梁數量與橋齡統計圖.....	47
圖 15	案例數量比例為 1:1，網路架構為 20-21-1 之 MSE 收斂圖.....	59
圖 16	案例數量比例為 1:1，網路架構為 20-21-1 訓練完成畫面.....	59
圖 17	類神經網路訓練完成之正規化輸出值與正規化原輸出值之比較.....	60
圖 18	類神經網路測試完成之迴歸分析圖.....	61
圖 19	各網路架構於訓練完成之 MSE 彙整.....	63
圖 20	各網路架構訓練完成之誤判率.....	64
圖 21	各網路架構測試完成之誤判率.....	66
圖 22	網路架構為 20-20-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	66
圖 23	網路架構為 20-20-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	67
圖 24	網路架構為 20-20-1 測試完成之迴歸分析圖.....	67
圖 25	預測輸出值與 CI 值/10 之比較.....	70
圖 26	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-10-1 之 MSE 收斂畫面.....	78
圖 27	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-11-1 之 MSE 收斂畫面.....	78

圖 28	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-20-1 之 MSE 收斂畫面	79
圖 29	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-21-1 之 MSE 收斂畫面	79
圖 30	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-30-1 之 MSE 收斂畫面	80
圖 31	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-40-1 之 MSE 收斂畫面	80
圖 32	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-42-1 之 MSE 收斂畫面	81
圖 33	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-50-1 之 MSE 收斂畫面	81
圖 34	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-60-1 之 MSE 收斂畫面	82
圖 35	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-10-1 訓練完成狀況畫面	82
圖 36	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-11-1 訓練完成狀況畫面	83
圖 37	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-20-1 訓練完成狀況畫面	83
圖 38	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-21-1 訓練完成狀況畫面	84
圖 39	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-30-1 訓練完成狀況畫面	84
圖 40	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-40-1 訓練完成狀況畫面	85
圖 41	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-42-1 訓練完成狀況畫面	85
圖 42	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-50-1 訓練完成狀況畫面	86
圖 43	訓練與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-60-1 訓練完成狀況畫面	86
圖 44	網路架構為 20-10-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較	94
圖 45	網路架構為 20-11-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較	94

圖 46	網路架構為 20-20-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	95
圖 47	網路架構為 20-21-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	95
圖 48	網路架構為 20-30-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	96
圖 49	網路架構為 20-40-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	96
圖 50	網路架構為 20-42-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	97
圖 51	網路架構為 20-50-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	97
圖 52	網路架構為 20-60-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	98
圖 53	網路架構為 20-10-1 訓練完成輸出值與原輸出值比較...	106
圖 54	網路架構為 20-11-1 訓練完成輸出值與原輸出值比較...	106
圖 55	網路架構為 20-20-1 訓練完成輸出值與原輸出值比較...	107
圖 56	網路架構為 20-21-1 訓練完成輸出值與原輸出值比較...	107
圖 57	網路架構為 20-30-1 訓練完成輸出值與原輸出值比較...	108
圖 58	網路架構為 20-40-1 訓練完成輸出值與原輸出值比較...	108
圖 59	網路架構為 20-42-1 訓練完成輸出值與原輸出值比較...	109
圖 60	網路架構為 20-50-1 訓練完成輸出值與原輸出值比較...	109
圖 61	網路架構為 20-60-1 訓練完成輸出值與原輸出值比較...	110
圖 62	網路架構為 20-10-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	113
圖 63	網路架構為 20-11-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	113
圖 64	網路架構為 20-20-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	114
圖 65	網路架構為 20-21-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	114
圖 66	網路架構為 20-30-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	115

圖 67	網路架構為 20-40-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	115
圖 68	網路架構為 20-42-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	116
圖 69	網路架構為 20-50-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	116
圖 70	網路架構為 20-60-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較.....	117
圖 71	網路架構為 20-10-1 測試完成輸出值與原輸出值比較...	120
圖 72	網路架構為 20-11-1 測試完成輸出值與原輸出值比較...	120
圖 73	網路架構為 20-20-1 測試完成輸出值與原輸出值比較...	121
圖 74	網路架構為 20-21-1 測試完成輸出值與原輸出值比較...	121
圖 75	網路架構為 20-30-1 測試完成輸出值與原輸出值比較...	122
圖 76	網路架構為 20-40-1 測試完成輸出值與原輸出值比較...	122
圖 77	網路架構為 20-42-1 測試完成輸出值與原輸出值比較...	123
圖 78	網路架構為 20-50-1 測試完成輸出值與原輸出值比較...	123
圖 79	網路架構為 20-60-1 測試完成輸出值與原輸出值比較...	124
圖 80	網路架構為 20-10-1 測試完成之迴歸分析圖.....	125
圖 81	網路架構為 20-11-1 測試完成之迴歸分析圖.....	125
圖 82	網路架構為 20-20-1 測試完成之迴歸分析圖.....	126
圖 83	網路架構為 20-21-1 測試完成之迴歸分析圖.....	126
圖 84	網路架構為 20-30-1 測試完成之迴歸分析圖.....	127
圖 85	網路架構為 20-40-1 測試完成之迴歸分析圖.....	127
圖 86	網路架構為 20-42-1 測試完成之迴歸分析圖.....	128
圖 87	網路架構為 20-50-1 測試完成之迴歸分析圖.....	128
圖 88	網路架構為 20-60-1 測試完成之迴歸分析圖.....	129

第一章 緒論

1.1 研究動機

交通運輸系統中，橋梁扮演者不可或缺、極為重要的角色，它克服了地形的障礙並建立了立體交叉，節省人們的時間，促進運輸系統的效率。因此，橋梁在我們的生活當中，扮演了極為重要的角色。

臺灣地形變化極大，高山至平原皆有，山多水急，加上臺灣都會地區的發展，到處皆有橋梁的蹤跡，由此可見橋梁對臺灣地區的重要性，也因此，一旦橋梁受損，致其運輸功能喪失或降低，將造成用路人相當不便，更甚者，造成社會成本極大損失，更直接威脅用路人生命財產的安全。臺灣地區不利於橋梁的自然災害特多，從地震到颱風，外加人為使用不當，如超載或養護等問題，使得臺灣地區的橋梁備受考驗。

最直接案例，民國八十八年的 921 大地震、民國八十九年的高屏溪斷橋事件、近年發生的后豐斷橋事件，各個事件不僅是直接威脅人民生命財產，並且讓社會付出龐大的代價。橋梁若維護管理不當，所造成的災害將極為嚴重。因此落實橋梁維護管理，是橋梁管理機關之首要任務。

落實橋梁管理之首要工作是平日之巡檢及基本資料建立，如此方能於橋梁使用期間，針對各項結構物產生劣化、損壞等種種功能性降低時，進行維修，使橋梁發揮應有功能。

橋梁結構物自完工以後，隨者時間增加及人們的使用，將會逐漸老化，尤其目前臺灣地區橋梁數量眾多，日後維護橋梁量的經費將會逐漸增加，以維護橋梁維持一定的服務水準，但橋梁數量眾多，如何以有限的經費做有效的管理與管理，有賴於橋梁管理機關採宏觀及專業機制。

1.2 研究目的

為了維護既有橋梁，發揮應有服務水準，有賴於建立完整之檢測資料，而目前臺灣地區常用的橋梁管理系統〔1〕係採用以 D.E.R.U. 評等法，並由該系統之指標，作為橋梁管理機關維護橋梁之依據。

橋梁管理之制度應符合該地區的地理環境，方能提供管理機關較客觀的標準並作為維修之參考。台灣地區的橋梁管理系統發展迄今，仍以該系統用於台灣各地區的橋梁檢測為主，但是台灣地理環境差異頗大，故希望經由本研究，針對平原地區的橋梁研究，作為該系統可改進之參考。

因此，本研究為提昇目前橋梁管理系統之功能，並檢討以平原地區的橋梁以現行橋梁管理系統做管理，是否仍有改善空間，並應用類神經網路於嘗試預測平原地區橋梁之損壞狀況，以加強既有橋梁管理系統的功能，並提供橋梁管理機關作為橋梁維護及改善的參考指標，使橋梁管理機關於由限經費下做有效運用。

1.3 研究方法與範圍

本研究為了提昇橋梁檢測系統之功能，並檢討該系統應用於平原地區之橋梁檢測是否有改善空間。本研究之資料取自 95 年、97 年委託工程顧問公司完成之彰化縣橋梁基本資料建檔及安全檢測工作之成果，該檢測報告共有 500 餘筆資料，因基本資料中橋梁形式可分為版橋、梁式橋、箱型橋…等各種形式，其中大多數為版橋及梁式橋，本研究為避免形式之不同影響判斷成果，故取較具代表性之版橋及梁式橋作為主要研究對象，並作為累神經網路訓練學習及預測、分析之資料。

本研究除將對前述整理完畢之基本資料，依現場相片加以比對，將橋梁劣化損壞程度做分類，並檢討其分類結果是否與橋梁檢測系統要求之排序相符，並將橋梁檢測基本資料隨機分類成訓練資料及測試分析用資料，並以 MATLAB 軟體所提供之類神經網路模式，嘗試做橋梁損壞劣化之驗證，以作為未來維護橋梁之參考。

本論文架構簡述如下：

第一章為緒論，內容有研究動機、目的、方法與範圍。第二章為文獻回顧，內容係將目前橋梁構件做簡述及探討劣化現象，並對橋梁檢測方法做文獻回顧。第三章為研究方法，其內容係將橋梁檢測基本資料作整理與分析，並說明研究過程中，擬採用類神經網路做損壞模式預測之網路架構。第四

章為研究結果之討論與比較，即依據第三章所載方法實際執行 MATLAB 軟體之過程與結果作討論與比較。第五章為結論與建議，彙整研究過程與成果之結論並作研究建議。



第二章 文獻回顧

2.1 橋梁分類與構件

橋梁檢測員必須了解橋梁之類型與構件，方能了解各構件對橋梁之影響，正確辦理橋梁檢測工作，做正確之評估。以下對橋梁分類及構件作簡述〔1〕，因橋梁之類型、構件相當複雜，簡述如下。

2.1.1 橋梁的分類

橋梁的分類依材料、路面（車道）位置、平面型狀、支承連續性及構造形式之不同，有不同分類。

如依使用材料分類，可分為木橋、石橋、混凝土橋（含鋼筋混凝土）、鋼橋。依路面（車道）位置可分為上路橋、中路橋、下路橋等三類，依平面形狀（即支承線與橋梁中心線）之關係可分為直橋、斜橋及曲橋等三類，依支承連續性可分為簡支橋、連續橋、懸臂橋等三類、依構造型式可分為版橋（含箱型橋）、桁架橋、拱橋、吊橋、斜張橋。

2.1.2 橋梁構件

構件概分為上部結構及下部結構，支承墊為其分界，如下圖 1 所示。

1. 上部結構

上部結構之功能，可提供車輛行駛，支撐做作用於橋面板上之載重及橋面版，並傳遞載重至下部結構。

上部結構之組成，計有底版系統、支撐構件、支承墊及維護行車安全之附屬設施等四部分所組成。各部分之介紹如下：

- (1) 版系統 (Floor System)：底版系統在於提供車輛行駛及承受橋面版之載重，並傳遞至支撐構件，本構件包括有橋面版、摩擦層、伸縮縫、排水系統。

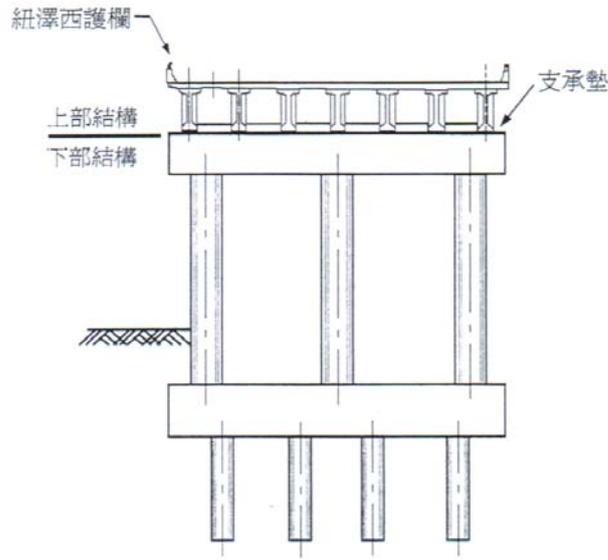


圖 1 橋梁之上部結構及下部結構 [1]

- (2) 支撐構件 (Support Element)：傳遞底版系統載重至支承墊及下部結構，包含主要支撐構件（如大梁）及次要支撐構件（如橫隔梁）。
- (3) 支承墊 (Bearing)：為上部結構及下部結構之介面。
- (4) 附屬設施：維護交通安全之構件，包括橋欄杆、防撞設施、標誌、照明。

2. 下部結構

下部構件為不包含支承墊以下所有構件，下部結構用於支撐上部結構所有構件及載重，並將載重傳遞之基礎土層或岩盤，下部結構計有橋台、橋墩與基礎。

- (1) 橋台：橋台作用在提供橋梁起點及終點兩端點之支撐，穩定兩端橋台背後路堤，並支撐上部結構之重量。一般橋台包括胸牆 (Breast Wall)、背牆 (Backwall)、橋座 (Bridge Seat)、基礎 (Footings)。
- (2) 橋墩：橋墩之功能在支撐橋面板及其上載重，並傳遞至基礎土層及岩盤。橋墩包括帽梁及墩柱。

- (3) 基礎：基礎之功用係承受橋梁上部結構及下部結構之載重，並傳遞至基礎下方土層及岩盤，影響橋梁之穩定性。

2.2 橋梁劣化現象探討

橋梁檢測員必須了解各種劣化現象與原因，才能根據各種劣化現象判斷對橋梁影響程度，做出正確的評估。根據至 88 年 921 大地震時之交通部調查資料顯示〔1〕，台灣地區鐵路管理局所管理橋梁，鋼筋混凝土橋梁（含預力混凝土橋）約佔全部橋梁之 84%，公路局管理橋梁中，鋼筋混凝土橋梁（含預力混凝土橋）約佔全部橋梁之 99%，高速公路局所管理橋梁中鋼筋混凝土橋梁（含預力混凝土橋）約佔全部橋梁之 98%，前述資料顯示，經調查台灣地區各主要交通運輸系統之橋梁以鋼筋混凝土橋居多。另據資料顯示〔2〕，彰化縣轄內各鄉鎮橋梁類型，RC 橋佔列管橋梁之 93.19%，PC 橋佔列管橋梁之 6.81%，總計鋼筋混凝土橋超過 99%。以上資料可見，台灣地區各地區，從中央政府至地方政府所管理之橋梁，以鋼筋混凝土橋梁佔大多數。

2.2.1 鋼筋混凝土常見的損壞現象

橋梁檢測員也必須對鋼筋混凝土材料有所認識，並對之損壞劣化現象有所瞭解，如此才能對橋梁的劣化狀況作正確評估。以下對鋼筋混凝土橋常見之損壞及劣化現象作簡介〔1、3〕。

1. 劣化 (Deterioration):

劣化是混凝土結構物在其生命中不可避免的老化現象，該現象可解釋為混凝土的老化現象。

2. 鱗狀剝落 (Scaling):

混凝土表面水泥砂漿脫離所造成，剝落過程會造成粗骨材外露，最後結果是鬆脫。

3. 表皮髮裂 (Crazing):

表皮髮裂是混凝土結構表面層 (Surface Layer) 之微細裂紋，

形狀通常不具規則性，又因裂紋非常細小，又稱為毛細裂縫(Hairline Crack)。

4. 剝離 (Spalling):

剝離是混凝土結構物成片塊狀之脫離現象，其主要成因為鋼筋鏽蝕或混凝土受力超過其容許值，剝離又可細分為深度未達 25mm 且淨寬小於 150mm 之小型剝離(Small Spall)及更嚴重之(Large Spall)。

5. 爆開 (popout):

爆開係接近混凝土表面處之不健全粗骨材顆粒所造成，這些顆粒會隨時吸水，如在冰凍狀況下，將會膨脹且破壞。

6. 窪坑 (Pitting) 或碎裂:

混凝土之碎裂範圍大約成網狀之圓形或橢圓形，自混凝土面成平行或傾斜之剝離，低窪之邊緣常與表面成直角，有時會導致鋼筋暴露。

7. 蜂窩 (Honeycombing):

蜂窩是由於施工時漏漿使水泥砂將無法填充骨材間之孔隙所形成。

8. 白華、析晶 (Efflorescence):

因混凝土之表面分解現象，風化是一種鹽分解作用，通常呈現白色，係混凝土內部氫氧化鈣溶液流到表面所形成，此現象稱為白華。滲出物由混凝土表面開口處材料析離出造成。

9. 脫層 (Delamination):

混凝土結構物的裂紋並不一定在表面，可能隱藏在表面的某一距離。如鋼筋鏽蝕膨脹後將混凝土向外推擠，而混凝土尚未剝落前之空洞區域，亦為脫層現象。

10. 孔蝕 (Cavitation):

孔蝕之外觀非常類似蜂窩，通常在混凝土澆置數月後數年才會出現，無論在何處當有水流通過混凝土突出物體，或一不平的垂直牆面，孔蝕將出現在下游凹凸不平部分。

11. 失色 (Discoloration):

混凝土結構物完工後之顏色必屬均勻且一致，失色則是指混凝土某一部分之色澤退化，形成混凝土結構物表面整體色澤不一致之現象。

12. 脫皮 (Peeling):

混凝土表面薄片狀之脫皮現象，通常由於混凝土之劣化或因模版拆除而造成。

13. 滲膠 (Exudation):

某種液狀或膠狀 (Gel) 之物質由混凝土之裂縫或孔流出，滯留在混凝土表面之現象。

14. 滲漏 (Leaching):

主要發生於橋面版，水份由橋面版表面滲透而由橋面版底部漏出。

15. 鹼骨材反應 (Alkali-Aggregate Reaction):

混凝土中內水泥的鹼化物與骨材的活性二氧化矽 (活性骨材) 在足夠的濕氣及溫度環境的催化下所產生的一種膨脹性化學反應，該反應結果將造成混凝土膨脹應變、龜裂及強度隨時間降低等裂化現象。

16. 裂縫 (Cracks):

基本上可視為固體材料的不連續 (Discontinuity) 現象，其成因幾乎與混凝土結構物的形成過程中的所有因素都有關，如水泥與骨材之品質、設計內容、施工方法、養護、使用狀況等。一般裂縫成因可分為三類，即塑性階段、硬固階段、荷重階段。

17. 鋼筋鏽蝕 (Corrosion):

鋼筋是由鐵礦經加熱冶煉而成，若發生氧化，鋼筋便回到原來的狀況 (鐵銹)。鋼筋腐蝕的生成物體積比鋼筋體積大，最高可達六倍，鋼筋鏽蝕膨脹向外推擠，使混凝土受到向外推力，將導致混凝土表面發生裂縫、剝落。造成混凝土中鋼筋鏽蝕之最主要原因是氯離子侵入及混凝土中性化。

18. 保護層不足 (Deficiency of Protection):

混凝土中之鋼筋之所以能防蝕，在於其四周包裹高鹼性之混

土，因此鋼筋之耐蝕能力，視混凝土之保護層厚度而定，一般均因施工不當造成。濱海地區若未將保護層加厚，將造成鋼筋腐蝕，混凝土剝落。

19. 磨損 (Wear):

車輛通行將造成橋面版磨損，其他如維護清潔時使用掃街車，將造成橋面版或緣石或護欄等之混凝土面磨損。

20. 撞損 (Collision Damage):

市區高架橋或過水橋位於河道內之橋墩及大梁，易為過往之車輛或船隻、飄木、滾石撞擊，造成橋墩破壞、裂縫、甚至鋼筋外露。

21. 沖刷 (Abrasion):

急流之河水將造成沖刷，尤其濫採河川砂石將導致河床降低，基樁外露，使基樁失去側撐力及摩擦力，影響橋梁穩定性及耐震力，甚至受到撞損。

22. 橋台結構體傾斜或位移:

橋台背部承受路堤之土壓，若橋台基礎無法承受土壓力，或基礎下之地盤變形，均將使橋台往橋梁方向傾斜、橋台結構體造成裂縫、破壞、伸縮縫損壞，甚至翼牆及進橋版受損、破壞、變形。

2.2.2 鋼筋混凝土橋一般裂化原因

既鋼筋混凝土橋梁佔台灣地區大多數橋梁，辦理橋梁檢測工作亦必須了解其裂化原因，如此方能就橋梁檢測時所發現之裂化現象，研擬適當之修復方案，一般鋼筋混凝土橋梁劣化之原因，根據相關文獻指出〔1、4〕，計有設計不當、施工不良、使用材料不當、環境因素、自然現象及人為破壞等，以下將說明如下。

1. 設計不當

(1) 結構佈置不當

結構形式、斷面形式與尺寸、及鋼筋配置不符力學要求，或撓度過大不符合舒適度之要求。

(2) 材料設計不當

設計材料時，選擇水泥類型不當、及鋼筋配置不符力學要求，或撓度過大不符合舒適度之要求。

2. 施工不良

水泥混凝土拌合不完全、模版接合不良產生漏漿、過早拆模、鋼筋位置配置不當致保護層厚度不足、搗實不足或過度致產生蜂窩或析離、施工縫處理不當、水泥硬化前震動或承受荷重、以及養治不良等。

3. 使用材料不當

(1) 使用不當材料

使用不當材料，如使用某些易與水泥產生鹼骨材反應之骨材、使用健性不良之水泥、使用會產生過度脹縮裂縫之不良材料、使用含泥量高之骨材及使用不當添加物或拌合水。較常見之不當骨材有鹼骨材反應 (Alkali Aggregate Reaction)。

(2) 混凝土品質不良

使用含氣量或含氯量高之混凝土，將促成鋼筋腐蝕。

4. 環境因素

(1) 侵蝕性廢水

結構物附近環境有侵蝕性之化學物質，如工廠排放之廢水。

(2) 酸性地下水

混凝土為鹼性，當地面下之混凝土鈎件與酸性地下水接觸後，混凝土將漸成中性，除降低結構物強度外，並喪失保護鋼筋免於鏽蝕之能力。

(3) 含硫酸鹽之地下水

含硫酸鹽之地下水，會使混凝土強度減弱，混凝土表面會出現白色物質。

(4) 中性化 (亦稱為碳化)

混凝土水化後產生約 24% 之氫氧化鈣。氫氧化鈣之 pH 值高達 12~14，成高鹼性。混凝土之所以能保護鋼筋，免於鏽蝕，即因具

高鹼性之氫氧化鈣所提供。若混凝土之滲透性大、或有裂縫或孔隙時，空氣中之二氧化碳侵入混凝土，和氫氧化鈣作用產生碳酸鈣，若繼續中性化，碳酸鈣將轉成溶解性高之碳酸氫鈣析出混凝土，增加孔隙並降低強度。混凝土中性化後，降低鹼性，保護鋼筋能力降低，鋼筋易於鏽蝕。

(5) 氯離子反應

氯離子造成混凝土之劣化現象，稱為鹽害。混凝土中含有氯離子，將破壞鋼筋之鈍態氧化鐵保護膜，此部份為陽極，未破壞部分之鋼筋為陰極，電化作用即開始，加速鋼筋中之鏽蝕。因鋼筋鏽蝕，產生體積膨脹，推擠混凝土形成裂縫或造成混凝土剝離。

一般氯離子的來源有兩種，一種為構件材料本身含有氯離子，如水泥製造或運輸過程中不慎摻入氯離子、海砂、附加劑、鄰近海邊之地下水；另一中來源是周遭環境含氯離子，如鄰近海洋的環境，下雪地區使用去冰鹽或工業廢水含氯離子。

5. 自然現象

自然現象一般可分類為 1. 乾縮、潛變與預力損失 2. 溫度效應 3. 地震、洪水沖刷。

(1) 乾縮、潛變與預力損失

混凝土之乾縮、潛變、以及預力構建之預力損失為不可避免之自然現象，惟均將造成混凝土內部張應力逐漸增加，產生裂縫，並降低構件強度。

裂縫將造成構建內之鋼筋或預力鍵鏽蝕，以及鋼筋與混凝土間之握果力降低，並造成構件之失敗。

(2) 溫度效應

設計時未考慮足夠之隔熱與散熱設施，尤其澆注大體積之混凝土，未考慮水化熱之散熱，將造成混凝土之龜裂。

(3) 地震、洪水沖刷

地震對構建將產生額外之應力，造成構件裂縫、撓曲或扭曲，

降低構建之耐震力，甚至造成橋梁斷裂破壞。

洪水沖刷將造成河床下降、橋墩基礎外露，基樁失去側撐力造成斷裂，降低橋梁之穩定能力，使橋梁耐震能力相對不足，甚至造成橋梁斷裂破壞。

6. 人為破壞

人為破壞如交通超載、橋下放置易燃物造成之火害、橋面版無摩擦層造成之磨損及橋下方車輛、船隻之撞擊。

以上橋梁各種裂化現象繁多，分類方法甚多，橋梁結構之損壞亦可分類如下〔5〕，依修復時間而分為永久性損壞、短暫性損壞與臨時性損壞等等。總而言之，橋梁工程師可依其目的，將橋梁之損壞模式作適當之分類，表 1 係將不同損壞裂化原因作分類及分項。

2.2.3 台灣地區橋梁較常見損壞原因

前述為橋梁較常見之損壞原因探討，但台灣地區位處亞熱帶，屬高溫潮溼之海島型氣候，又常有颱風、豪雨、地震、腐蝕及超載等眾多有害橋梁因素，故以下對台灣地區較常見之橋梁列化原因作歸納整理〔6〕。

1. 材料腐蝕

混凝土橋梁由於中性化、鹽害、保護層不足或龜裂等問題，將使腐蝕因子容易侵入內部，造成鋼筋腐蝕，而腐蝕之鋼筋體積膨脹造成周圍混凝土產生張力，保護層剝離，而混凝土保護層剝離又加速鋼筋腐蝕。

2. 材料劣化

橋梁因使用材料不當、橋齡、環境及車輛長期頻繁通行等因素之影響，將造成構造表面劣化、混凝土中性化、使防蝕能力、強度與耐久性降低。另鋼橋材料最普遍的因素為「疲勞」與「鏽蝕」，鋼橋由於反覆應力、過大荷重或應力集中等外力，容易產生材料疲勞、裂縫、變形、螺栓鬆動脫落現象。

表 1 RC 與 PC 橋梁產生缺陷與破壞原因

RC 與 PC 橋梁產生缺陷與破壞原因		
規劃與設計不當	結構佈置不合理	1. 結構型式，跨徑規劃不當 2. 斷面型式、形狀尺寸不合力學要求
	計算偏差	1. 設計規劃、標準與條件誤用 2. 簡化計算過程 3. 應力分析錯誤 4. 計算錯誤、漏算吾人檢核 5. 結構模擬有誤
	設計圖說不全	1. 鋼筋、鋼棒或鋼鍵佈置不合理 2. 抄圖未經檢查 3. 施工說明不全 4. 設計圖無法照著施工，必須變更設計 5. 結構細部設計不佳，或欠缺細部詳圖
施工品質	材質不良	1. 混凝土品質不佳 2. 鋼筋、鋼鍵材質不佳 3. 使用品質不合之材料 4. 使用較便宜之替代品 5. 材料未經檢驗，儲放不當
	品質不佳	1. 施工方法，程序有誤 2. 施工工人員技術不夠成熟 3. 臨時工程(如裝模、鷹架、拆模)不當 4. 營建管理不當
外在原因	交通因素	交通量增加、車輛超載
	天然因素	地震、洪水、颱風、凍脹、暴雨
	人為因素	蓄意破壞
	環境衝擊	受附近工程(如水利工程)影響
	化學作用	海水侵蝕、污水腐化

RC=鋼筋混凝土，PC=預力混凝土

資料來源：〔5〕

3. 車輛超載

臺灣地區由於經濟成長，交通運輸日益頻繁、重刑車輛常超載使用，車輛超載將使橋梁構造因超載應力產生裂縫、撓曲過大等劣化現象，進而降低橋梁強度與耐久性。

4. 火害

國內橋梁下方常被民眾放置易燃物或垃圾，易造成火災，火災時之高溫常使混凝土龜（爆）裂，甚至剝落，造成混凝土中性化，並降低混凝土強度與勁度。嚴重火災甚至可能影響混凝土內部鋼筋強度與預力鋼鍵之預力及鋼材強度，為及橋梁安全。

5. 地震

臺灣地區位於歐亞大陸板塊與菲律賓板塊交界處，由於板塊間碰撞擠壓、能量傳遞結果，使台灣地區由東向西產生一系列南北走向之褶皺與斷層，也因此，臺灣地區之地震活動相當頻繁。目前科技上無法準確預測地震發生時間，且地震往往在極短時間內即造成橋梁嚴重損壞及民眾慘重傷亡。

6. 水害

臺灣因地形特性，河川多成東西走向，至南北通行跨河橋梁眾多，而本省河川多屬陡坡流急，颱風豪雨侵襲過，常造成橋基局部沖刷裸露現象。另外臺灣造山運動激烈，岩層不連續面普遍發達，致堆積山腹或山谷中之崩落土石，一旦遇到颱風豪雨帶來足夠之雨量，即引發土石流，土石流一旦發生，常造成橋梁沖毀、道路中斷與人民財產損失，因此土石流問題已是各界重視的焦點。

2.3 橋梁檢測之重要性

橋梁當建造完成後，隨著人們的使用，無法避免其老化及劣化，從規劃設計、新建、養護、改建等流程是不變的循環，如下圖 2 所示 [3]。

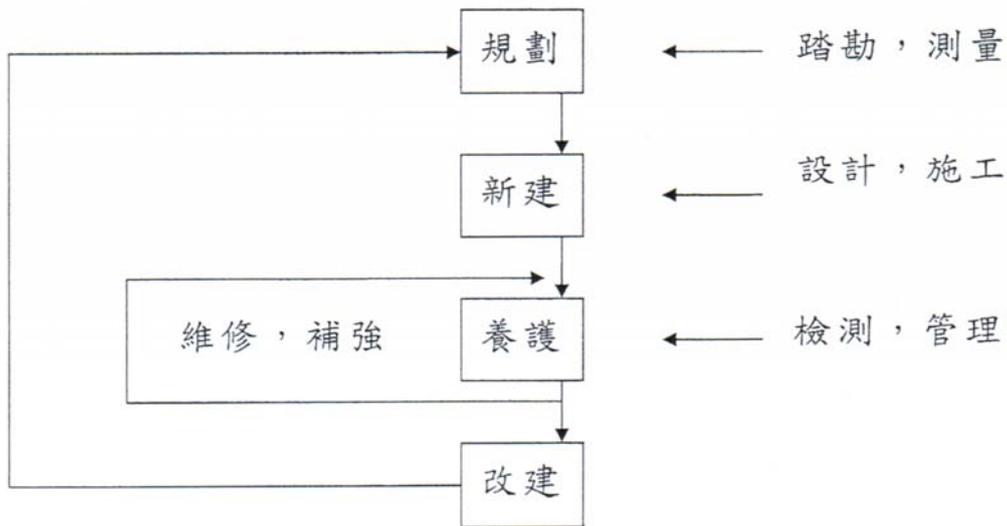


圖 2 橋梁生命週期圖 [3]

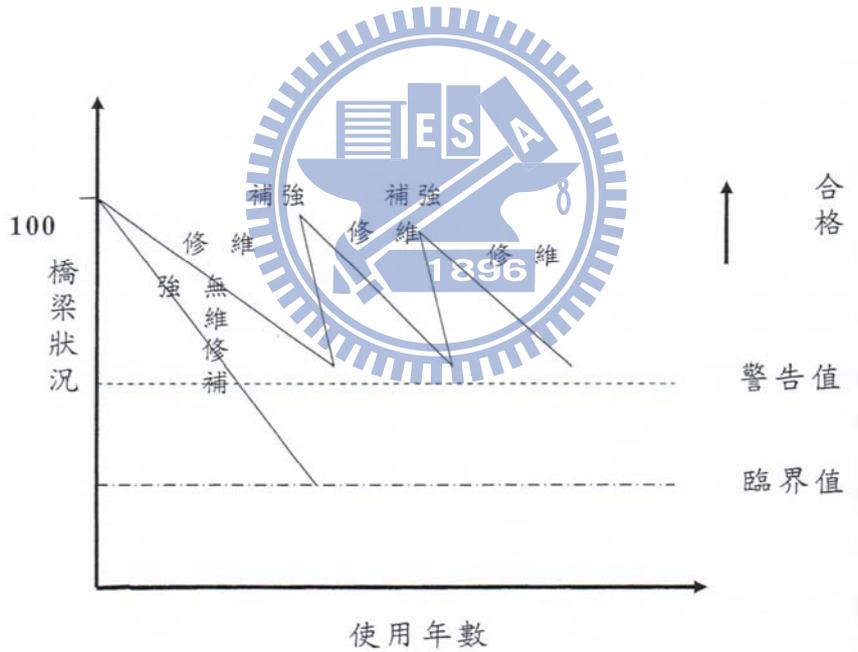


圖 3 養護-使用年限關係圖 [3]

也因為橋梁之構件劣化，影響橋梁安全性及使用性，因此，有必要於平常作檢查及維護，以維持橋梁構件之功能，若平時未做好養護，萬一發生事故所造成意外事故時社會成本的支出，並非一般平時養護時之經費可以相比，圖 3 為橋梁生命週期與養護的關係 [3]，雖然橋梁之壽命有限，但可以藉由平日的檢測、養護及維修來增加使用年限。

2.4 橋梁檢測方法

本章節將先說明橋樑檢測之目的與方法，並說明台灣地區較常見之橋梁檢測方法。

2.4.1 橋梁檢測目的

目前經由上述探討可得知適當、適時的橋梁檢測可以及早發現橋梁劣化、避免發生災害，維護橋梁正常功能。因此，以下將探討橋梁檢測的各種方法，了解各項方法之優缺點，並依據橋梁檢測之成果，作為日後並確定橋梁養護之依據，即時發現橋梁之缺陷並予以維護，延長橋梁之壽命〔3〕。因此橋梁檢測之目的有下列各項：

1. 確保橋梁經常處於良好狀況，以利公路交通流暢。
2. 使橋梁養護人員實際了解橋梁現況與使用情形，同時對構造物受損狀況能充分掌握，且能視構造物損害程度及交通狀況，適時對用路者提出有關警訊。
3. 安全檢測結果可評定橋梁之危險等級，供研判修復方法、限速載重及經費之編列。
4. 將本質極為繁雜之養護業務整理成有系統、效率之資訊體系與管理系統。
5. 提高公路運輸機能。

2.4.2 橋梁檢測方法

橋梁檢測依所使用之方法可分為一般檢測及特殊檢測，分別說明如下〔3〕：

1. 一般檢測

一般檢測是利用目視的方法對整座橋梁做全面性的檢查。檢測過程中視需要於重要的部位、破裂部位、缺陷、或異常現象部位拍攝照片，以為日後研判橋梁維修之參考，另以數量化步驟對各個構建進行評估，以建立橋梁現況之基本資料，最後依權重分配得到本橋的綜合評估。

目視檢測之最大優點是執行容易、省時且耗費不多，但缺點是此法易拘泥於檢測者之主觀意識，所評估之結果有時與現場儀器檢測或載重實驗有甚大差異。因此，目視檢測之評估結果只能作為橋梁現況之參考值，但無法完全正確的反應結構現況。

2. 特殊檢測

當橋梁目視檢查完成之後，可以就品質較差或功能異常的部份來進行特殊檢測，以進一步鑑定材料劣化的範圍和程度，並推論發生的原因，以作為橋梁評估與養護工作的依據。特殊檢測一般依其性質可分為非破壞性檢測及部分破壞性檢測等兩種。

(1) 非破壞性檢測

所謂非破壞性檢測是利用不會對結構體有所傷害的試驗方法來達到檢定結構體現況的目的。

(2) 部分破壞性檢測

破壞性檢測的主要目的是決定結構物部分區域之抗壓或抗拉強度，因此需要結構物部分區域加壓力或拉力已達到破壞來評估強度，俟試驗完成後，必須對結構破壞區域做適當之修補工作。在某些情況下，部分破壞性檢測是用來驗證非破壞性檢測之結果是否正確。

經以上探討結果，橋梁目視檢測由於對結構體未具任何破壞作用、簡單、容易應用、很快有結果且費用較低、因此是最常被利用之檢測方式。但是目視檢測無法深入了解結構物內部之真正狀況，因此在檢測完成之後，通常選擇整體狀況較差之區域進行非破壞檢測或部分破壞性檢測，以鑑定並確認結構混凝土及鋼筋品質。

雖然橋梁目視檢測有前述之優點，但根據部分文獻所載〔7〕，目視檢測之結果得到之評定值最廣為採用，不外乎省時省力，但此法最為工程界所詬病，因其評定值與當事人之主觀意識極有關係，不同的人其評定值可能相去甚遠。因此，如果用較具相關經驗的人來從事檢測，所得之評定值應較客觀，且其可信度較高。

2.4.3 國內現有檢測評等法介紹

目前世界各國對於橋梁檢測評估制度與實施方法均不相同，檢測之評等記錄方式亦不一樣，各國所發展的制度與方式皆以考慮該國之橋梁特性為出發點，並配合其特殊的人文、地理環境，而建立適合該國的橋梁檢測評估制度與評等模式，以下將就國內之評等法作簡介〔8、9〕。

國內橋梁主管機關則陸續各自發展出各具特色且實用的評估準則與評等記錄模式，本節將針對這些檢測評等方式探討其特性與優缺點。國內目前現用的主要評估準則，發展較為齊全的應為針對橋梁目視檢查所作的劣化評等法，即D. E. R. U. 評等法與A. B. C. D. 評等法。

D. E. R. U. 評等法為昭凌工程顧問公司為交通部國道高速公路局開發橋梁管理系統時所制定的目視檢查評估準則，而A. B. C. D. 評等法則為財團法人中華顧問工程司為當時的台灣省住都局所編訂的「混凝土、鋼橋一般檢查手冊」，所制定的目視檢查評估準則，二者均有其他橋梁管理機關採用作為構件劣化的評等準則，並各有其特色與優缺點。表2將兩種評等法就其檢查類別、項目與標準作比較。

因本文所以D. E. R. U. 評等法為主，而A. B. C. D. 評等法因為並非本論文所探討之評等法，故以下將針對D. E. R. U. 評等法做探討，不對A. B. C. D. 評等法作探討與說明。

表2 國內目前主要使用的檢測評估準則

評估準則類別	檢測類別	檢測項目分類方式	劣化評等標準	
D. E. R. U. 評等法	目視檢查	依構件分為20項目，第21項為其它	分為1~4級	分為CI, PI, FI, OP1 四種指標
	儀器檢測	分為7種檢測項目		
A. B. C. D 評等法	目視檢測	分為8大類，及其細項分類	分為A~D級	無

資料來源：〔1〕

2.4.4 D. E. R. U. 評等法探討

1. D. E. R. U. 評等法說明與特色

所謂 D. E. R. U. 評等法，就是將橋梁之劣化情形，分成劣化的嚴重程度(Degree)、劣化範圍(Extend)及該種劣化情形或現象對橋梁結構安全性與服務性之影響度(Relevancy)三部份加以評估，並由檢查員依據劣化構件維修的急迫性(Urgency)作處置對策之評估建議。以下就 D. E. R. U. 評等法說明其特色 [8、9]：

(1) 可簡化檢測工作

因為 D. E. R. U. 評等法僅針對有劣化部份加以評估，對於良好之構件不需進行評估，因此可簡化橋梁檢測工作，並且使橋梁之損壞狀況與問題一目了然。

(2) 特別考慮劣化對橋梁重要性的影響

D. E. R. U. 評等法不但針對劣化嚴重程度與劣化範圍作評估，同時亦考慮劣化對整體橋梁結構的安全性影響及其是否對交通安全造成影響等加以考慮。此為 D. E. R. U. 評等法最大的特色與優點。

(3) 減少填寫資料

由於僅針對有缺陷的構件進行評估，且僅以 0~4 之數字來記錄檢查結果，可大量減少資料的填寫，使現場檢測人員方便記錄，使檢測報告簡潔扼要，一目了然。

(4) 針對維修之急迫性提出維修之時程

D. E. R. U. 評等法對於構件檢查後之處置對策有清楚且明確的建議，如此可使維修之時程有具體之概念，並方便進行維修作業之規劃。

(5) 建議維修工法及經費概算

D. E. R. U. 評等法可配合維修工法表，建議劣化處維修對策所需之數量與單價；並進行經費的概算，如此可利於橋梁主管單位進行維修預算之編列。

(6) 可計算橋梁之各種分析指標，並作優選排列

D. E. R. U. 評等法可以 D. E. R. 值，配合構件對橋梁重要性之權重，而以理論模式計算橋梁之狀況指標與優選排列等指標之分析。

2. D. E. R. U. 評等法之檢查項目

D. E. R. U. 評等法的檢查項目共分為 21 項，其中第 1 至第 11 項為一般檢測項目，亦即橋梁的整體性(全橋性)與橋梁兩端的項目，第 12 至第 20 項檢查項目則針對每一座橋墩與橋孔逐跨進行檢視，第 21 項為其他〔4、9〕，目視檢查項目如表 3 所示。

3. D. E. R. U. 評等法之判定標準

D. E. R. U. 評等法將判定等級分成 1~4 級予以評等，但若「無此項目」或「無法檢測」或「無法判定」時，則以 0 予以記錄。對於構件維修的急迫性(U)為 1 時表示例行性維護即可；U 值等於 2 時則表示 3 年內進行維護即可；U 值等於 3 時，表示 1 年內應進行維護；U 但等於 4 時，表示需緊急維修處理。其評等準則如表 4 所示〔10〕。

表 3 D. E. R. U. 評等法之檢查項目

項次	檢查項目	項目分類	項次	檢查項目	項目分類
1	引道路堤	A、B 兩端	12	橋墩保護設施	逐橋墩
2	引道護欄	A、B 兩端	13	橋墩基礎	逐橋墩
3	河道	單項	14	橋墩墩體	逐橋墩
4	引道路堤-保護措施	A、B 兩端	15	支承/支承墊	逐橋墩及橋台
45	橋台基礎或沉箱	A、B 兩端	16	止震塊/防震拉桿	逐橋墩及橋台
6	橋台	A、B 兩端	17	伸縮縫	逐橋面伸縮縫裝置
7	翼橋/擋土牆	A、B 兩端	18	主構件(大梁)	逐橋孔
8	橋面版排水設施	單項	19	副構件(橫隔梁)	逐橋孔
9	橋面版排水設施	單項	20	橋面版、繳接版	逐橋孔
10	緣石及人行道	單項	21	其他	單項
11	欄杆及護欄	單項	備註:如為連續橋面，則無伸縮縫項目		

資料來源：〔10〕

表 4 D. E. R. U. 評等法之評估準則

	0	1	2	3	4
D	無此項目	良好	尚可	差	嚴重損壞
E	無法檢測	< 10%	< 30%	< 60%	<
R	無法判定重要性	微	小	中	大
U	無法判定急迫性	例行維護	3 年內	1 年內	緊急處理維修

資料來源：〔10〕

4. D. E. R. U. 評等法之記錄方式

D. E. R. U. 評等法為精簡檢測記錄之作業，達到快速、大量的檢測工作，故對檢查記錄表格之版面安排作相當審慎的規劃與設計，每座橋 20 項檢查項目(外加第 21 項「其他」)之記錄均集中於同一張紙上，如此可使檢查人員每次出外檢測，不必攜帶太多的記錄紙，且可方便記錄，一目瞭了然；若一座橋超過一頁記錄紙，則耐換新的一頁記錄。而為簡化記錄，其採取每一構件若有二處以上之破損，則選擇最嚴重處記錄 D. E. R. 值，其餘損傷則可在同一張表格下方逐項記錄其發生位置、數重、維修急迫性，及其維修處置對策等〔11〕。

D. E. R. U. 評等法之檢測表格可分成五個主要部份：基本資料欄、橋梁整體性(全橋性)的一般檢測項目 1 欄(1 到 11 項及第 21 項)、各橋跨結構構件檢測項目欄(12 到 20 項)、各項破損與瑕疵的說明及維修工法建議欄、檢測員意見欄。另外再配合一張維修工法與處置對策一覽表，即可讓檢查員攜帶至現場展開檢查作業〔11〕。

5. D. E. R. U. 評等法之優缺點

D. E. R. U. 評等法為本論文探討之橋梁檢測方法，因此以下將本評法之優缺點作探討〔1、11〕。

- (1) 檢查記錄表格精簡且包容性廣，但仍有其缺點，即表格記錄紙之版面設計較缺乏擴充彈性，雖然目前已涵括相當完整的 20 項檢

查項目(第 21 項為「其他」)，但若有新增加檢查項目時，表格記錄紙之修改較為麻煩。如以資訊系統而言，若依此表格記錄紙樣式設計畫面與報表，當有檢查項目增刪時，畫面與報表之修改將較為麻煩。

- (2) 當 $D=1$ 時， E 、 R 、 U 亦必為 0，故 $D=1$ 與 D 未填值之意思相同，因此 $D=1$ 表示「良好」之評等，似乎多餘。既然 $D.E.R.U.$ 評等法強調僅針對有劣化部分才加以評估，對於良好之構件不需行評估，故應不必有「良好」之評定等級，而應以損傷輕微(例如 $A.B.C.D.$ 評等法之 A 等級)來表示較佳。
- (3) $D.E.R.U.$ 評等法強調的是大規模、快速的進行龐大數量橋梁的初步普檢與篩選評估，故檢測記錄方式需甚為精簡、快速，其 $D.E.R.$ 之記錄方法相當符合此精簡與快速之精神，但對於新進或較無經驗者，並無一具體的檢查項目與重點可供參考，較容易遺漏某些劣化情況或流於主觀意識。
- (4) $D.E.R.U.$ 評等法已針對混凝土剝落、路堤沖刷或侵蝕、基礎沖刷、路堤沉陷、蜂窩、撓曲裂縫、剪力裂縫、排水設施阻塞、護欄劣化、保護層厚度不足、摩擦層表面劣化、支承劣化、伸縮縫劣化、混凝土表面劣化、洪水沖積物等十五項劣化現象的劣化程度(D 值)，由輕微到嚴重逐條列表說明，並提供案例照片說明，以提供檢查人員作為檢測判斷之參考。此為相當需要也非常必要的輔助參考表，然而此些參考表最好能讓檢查員事先熟悉，否則現場若須經常翻閱，將會減慢檢查速度與時間。
- (5) $D.E.R.U.$ 評等法對劣化程度(D 值)判斷等級之原則性「定義不夠明確，第 1 點中已說明 $D=1$ 表示「良好」之評等，應為多餘，而 $D=2$ 表示「尚可」之評等定義亦令人混淆，究竟「尚可」是指無損傷、無劣化，但非「良好」；還是僅有輕微損傷，對結構沒有什麼影響而已？高公局雖然已另行編訂一般目視檢側手冊，列表說明各種劣化現象的劣化程度該如何判斷，並舉辦檢測前之職

前訓練，但對於其他利用 D. E. R. U. 評等法進行檢測的機關或人員（如委外之顧問公司），不見得會完全熟悉高公局之一般目視檢測手冊的說明，而主要仍以劣化程度判斷之「等級定義」作為檢測判斷之標準，因此 D. E. R. U. 評等法應對劣化程度判斷等級之「定義」重新檢討與定義，或作明確的說明與解釋，則該評等法將會更加理想，並值得廣為推廣使用。

- (6) D. E. R. U. 評等法對於 R 值而言，將因不同的構件、不同的劣化現象、以及發生位置的不同，而在評等記錄上有所差異，如何正確的評估，即有賴於檢查員的工程經驗與工程素養來判斷。對於一般初用 D. E. R. U. 評等法的工程師而言，R 值的判定可能是一個困擾，因此高公局在「公路橋梁一般目視檢測手冊」中，針對各個構件各種劣化情形的 R 值與 U 值列成表格，提供檢測人員作為參考。此表格為使用 D. E. R. U. 評等法不可或缺的參考資料，故應隨 D. E. R. U. 評等法之等級判斷定義一同被瞭解及使用。
- (7) 使用 D. E. R. U. 評等法之前，應作有系統的實際案例說明講解與專職訓練，並對橋梁結構系統與力學特性先進行瞭解，使不同的檢查員在不同的時間、不同的橋梁，儘可能達到一致的評等記錄；否則此種評估法極易受檢查員主觀因素、工作態度、身體狀況與專業經驗能力等人為因素之影響，而使橋況優選評估失去標準一致的意義。
- (8) D. E. R. U. 評等法提供相當完整的橋況指標、優選排序指標之理論模式分析準則，使檢測者可依照 D. E. R. 記錄值，結合各構件對橋梁重要性之權重值，計算出橋梁狀況指標(Condition Index, CI)與優選指標(Priority Index, PI)，進而結合橋梁功能性評估之功能指標(Functional Index, FI)，而達到分析橋梁整體性優選指標(Overall Priority Index, OPI)的整體評估。

6. D. E. R. U. 檢測程序

一座橋梁之構件既多且雜，為避免受檢測橋梁構件有遺漏，應

制定檢測標準作業程序。基於作業習性及一般常理，目視檢測程序原則為由上而下，亦即先上部結構，再下部結構；惟若受橋梁型式、構件狀況、檢測種類、橋梁規模大小、複雜性、檢測地點交通狀況等影響，仍可就實際狀況調整其檢測程序。

有關一般檢測程序訂為：(1) 橋面版以上之上部結構，(2) 橋面版以下之上部結構，(3) 下部結構，(4) 水道。檢測程序詳細列於表 5 所示〔8〕。

7. D. E. R. U. 檢測表格

D. E. R. 檢測表格計分五個主要部份詳如表 6，分別代表之意義及功能如下說明〔1〕：

(1) 基本資料欄

此欄位係說明橋梁的基本資料，以便於檢測員或決策者能很快瞭解受檢測橋梁的基本資料，這些資料包括：橋梁編號、橋梁名稱、中心樁號、結構型式(預力 I 型橋梁、箱型橋梁、吊橋、斜張橋)、橋梁地點(橋梁所在之縣市名稱)、材料(鋼筋混凝土橋、鋼橋)、橋面板斷面、南向、北向、東向或西向(車行方向)、橋孔數、橋墩數、橋梁長度、橋梁淨寬、檢測單位(工程處及工務段)、檢測員、檢測日期、建造日期。

(2) 一般檢測項目

檢測員到達橋梁所在位置時，應先對該橋梁進行全面性宏觀檢視，目的在對橋梁之服務性與整體結構安全性作評估。一般檢測項目包括檢測項目之 1 到 11 項及第 21 項(其他)：引道路堤、引道護欄、河道、引道護坡—保護設施、橋台基礎及沈箱、橋台、翼牆/擋土牆、摩擦層、排水設施、緣石及人行道、欄杆及護欄、其他。

(3) 結構構件檢測項目

全面性之一般檢測後，應即對各跨之結構構件作仔細檢測。檢測順序可依前述之「檢測程序」進行檢測。第三欄中之 12 項至 20 項即為橋梁各跨結構構件之檢測項目：橋墩保護設

施、橋墩基礎、橋墩墩體、支承/支承墊、止震塊/防震拉桿、伸縮縫(鉸接版)、主構件(大梁)、副構件(隔梁)、橋面版。

(4) 各項劣化之說明及維修工法

本欄位供檢測員記載檢測項目、劣化構件所在位置、所須之維修工法、數量、維修之急迫性及對各構件劣化之詳細說明。檢測員可利用本欄記錄構件劣化之現象，填寫個人對發生劣化之可能原因之判斷，並初步評估所需之維修工法，或建議是否作進一步之補強。

表 5 D. E. R. U. 檢測程序

<p>1. 橋面版以上之上部結構</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 引道 ■ 引道欄杆 ■ 橋面版上表面 ■ 橋面欄杆 ■ 伸縮縫 ■ 人行道及緣石 ■ 排水孔 ■ 標誌及照明等設施 	<p>3. 下部結構</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 橋台基礎 ◆ 橋台台體(背牆、台座、胸牆) ◆ 翼牆/擋土牆 ◆ 護坡 ◆ 橋墩墩體(墩柱及帽梁) ◆ 橋墩保護措施 ◆ 橋墩基礎(基樁、沉箱)
<p>2. 橋面版以下之上部結構</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 橋面版上表面 ● 支承墊 ● 大梁構件 ● 隔梁構件 ● 止震塊或其他防震設施 	<p>4. 水道</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 排水斷面(有無阻礙) ● 河堤設施 ● 水流方向 ● 一般沖刷 ● 局部沖刷

資料來源：〔8〕

(5) 檢測員意見

本欄供檢測員填寫個人對此橋之意見，包括對整體橋梁結構安全性及服務性之評估及是否應安排作進一步之檢測等。本欄並附記 D. E. R. 值及劣化維修急迫性之簡表，供檢測員參考。

2.4.5 台灣地區橋梁管理系統

台灣地區橋梁管理系統(Taiwan Bridge Management System, TBMS)，一套具層級觀念，供交通部、營建署和其所屬單位如交通部國道高速公路局、交通部公路總局、臺灣鐵路管理局、各縣市政府以至於各鄉鎮市公所使用之橋梁管理系統，藉由系統化、有效率的電腦化管理方法，以協助橋梁管理機關提高橋梁服務水準，確保橋梁結構穩定性與安全性及維護陸路運輸機能，以最經濟有效的方式執行橋梁管理工作減輕政府負擔〔2〕。

本管理系統網址為 <http://bms.iot.gov.tw/>，為交通部運輸研究所與中央大學開發完成，相關資料庫在 90 年 8 月建檔完成並開放提供國內各橋梁管理單位使用〔11〕。

本管理系統目前提供使用管理單位之功能包括有：1. 基本資料模組 2. 檢測資料模組 3. 維修記錄模組 4. 統計分析模組 5. 成本估算模組 6. 系統參數設定 7. 地理資訊模組 8. 整合型決策模組。有關各模組之詳細操作內容可參考由系統下載之作業手冊。以下就各模組作簡介〔11、12〕。

1. 基本資料模組：

記錄橋梁基本資料，如同橋梁橋籍一般代表其身份，其內容由橋梁管理資料、幾何資料、結構資料、設計資料、基本相片及附註等六大部分。

2. 檢測資料模組：

記錄橋梁各筆檢測資料，包括檢測紀錄、檢測員意見、檢測照片、維修工作項目及維修工作數量等。橋梁檢測資料模組的目的，是將於進行檢測工作時所得之紀錄資料、該檢測員意見、相關之檢測照片及建議維修之工作項目等資訊作一有系統的彙整及管理，並

提供其他模組所需要的參考資訊。

3. 維修記錄模組：

維修記錄模組之功能，在於管理及監控橋梁維修工作之進度，同時，亦可由橋梁維修資料之累積，發現橋梁劣化之趨勢，若發現維修工作之頻率異常，或服務年限過短，橋梁管理單位便可針對此一現象深入探討其成因，以做出適當之決策，避免不必要之花費。

4. 統計分析模組：

此一功能主要提供橋梁管理單位進行各種橋梁資料統計分析；統計分析模組可依據基本資料、檢測資料及維修資料等三種資料，進行各種主題之統計方法。

5. 成本估算模組：

在橋梁檢測的過程中，檢測員除須對有缺陷之構件，就其損壞狀況加以評估記錄之外，並須參照維修工法表，概估該損壞構件所需之維修方法去、數量與急迫性。利用此一資料，配合系統內預先建立之維修工法成本分析資料，根據不同分區之單價，即可計算各座橋梁所需之維護成本。根據 D. E. R. U. 目視檢測準則中所示，針對不同 U 值之維修急迫性如下。

U=0：在該表單出現之構件，目前無法判斷其急迫性，需進一步評估後才決定其維護急迫性。

U=1：在該表單出現之構件，進行例行性維護即可。

U=2：在該表單出現之構件，應在三年內編列預算進行維護。

U=3：在該表單出現之構件，應在一年內編列預算進行維修。

U=4：在該表單出現之構件，應進行緊急維修。

6. 系統參數設定：

為使本系統各模組所使用之參數能夠適時更新，使用者可使用本模組功能以適時更新系統參數，使各模組中運算時所使用之參數能夠適時反應現況，使輸出的結果能更加的正確。本模組主要提供系統管理員使用，一般使用者僅能操作個人資料查詢及密碼變更。

7. 地理資訊模組：

本模組係利用 GIS 圖形界面提供使用者更為簡易的橋梁查詢方式，可以將橋梁直接顯示在地圖上，在圖面上可直接得知橋梁的交通機能與相關地理資訊，經由此模組可以在圖面上查詢橋梁的基本資料與檢測資料。

8. 整合性決策模組：

整合性決策模組的功能，為如何在有限的預算下，評選出決策期中的每一年度所應進行維修或改善工作的最佳橋梁組合，以達整體最大效益。

2.4.6 橋梁評估指標

橋梁評估指標利用橋梁檢測所得之 D、E、R 資料，以及相關的橋梁基本資料，可分別為檢測橋梁計算其狀況指標(CI)、優選指標(PI)、功能指標(FI)以及整體優選指標(OPI)等四種指標，以上四種橋梁指標分別依橋梁之結構性及功能性評估橋梁之整體狀況，提供橋梁管理者一個概略性的判斷，以作為橋梁維修優選排序之依據 [12]。

經實際操作系統發現，台灣地區橋梁管理系統目前僅提供以上四種指標中狀況指標(CI)，故本研究亦針對狀況指標(CI)作探討，以下就狀況指標加以介紹。

狀況指標(Condition Index, CI)：

不同組合構件對於橋梁之重要性有所不同，故計算橋梁之狀況指標時，管理系統對不同組合構件給予不同之權重，並根據該座橋梁所有構件目視檢測結果計算而得之構件狀況指標，再考量構件權重後計算而得 [11]。

單構件狀況指標 (IC_{ij})：

$$IC_{ij} = 100 - 100 \times \frac{(D \times E) \times R^a}{(4 \times 4) \times 4^a} \quad (1)$$

組合構件狀況指標 (IC_i):

$$IC_i = \frac{\sum_{j=1}^n IC_{ij}}{n} \quad (2)$$

橋梁狀況指標 (CI):

$$CI = \frac{\left(\sum_{i=1}^{20} IC_i \times W_i \right)}{\sum_{i=1}^{20} W_i} \quad (3)$$

其中

內定值 a=1

n = 構件數目

W_i = 各組合構件對橋梁重要性權重

其中 W_i 權重係由管理系統參照高速公路局之「高速公路橋梁管理系統」訂定橋梁各組合構件(1~20項)重要性權重，詳表 7。

表 7 各組合構件對橋梁重要性權重表

構 件	權 重	構 件	權 重	構 件	權 重
橋墩保護措施	6	副構件(隔梁)	6	橋台	6
橋墩基礎	8	橋面版或絞接版	7	翼牆/擋土牆	5
橋墩墩體	7	引道路堤	3	磨擦層	3
支承墊	5	引道護欄	2	排水設施	4
止震塊/防震拉桿	5	河道	4	緣石及人行道	2
伸縮縫	6	引道路堤保護措施	3	護欄	3
主構件(大梁)	8	橋台基礎	7		

資料來源 [1]

以上系統之權重係經集合高速公路局有關橋梁檢測人員研商結果所訂定橋梁各組合構件重要性之權重 [1]。

目前台灣地區橋梁管理系統由台灣各橋梁管理單位使用中，然台灣各橋梁管理單位所管理橋梁規模不同，又個地方政府管轄地區之地形不同，橋梁之特性亦隨之不同，現將高速公路橋梁之權重套用於台灣各地區之橋梁，是否符合各單位之需求，尚有探討空間，故本研究將針對彰化縣所處之平原地形，應用類神經網路之預測功能加以研究探討。

2.4.7 類神經網路應用

類神經網路自 1943 年發展至今，直到 80 年代末期，國外才開始有土木工程領域相關之研究。如 Adeli 與 Yeh 以類神經網路作鋼梁斷面最佳化預測；Vanluchene 與 Sun 討論混凝土簡支梁設計問題；Ganett、Cohn 和 Ghaboussi 提供了類神經網路在土木建築結構工程的可能應目之綜合剖析；Ellis 等人預測砂土受剪時之應力應變行為曲線；Goh 則用以推估打擊式基樁之極限承載力。惟其討論幾乎以結構設計及材料性質分析為主，鮮少觸及預測模式〔13〕。近幾年來陸續有專家學者開始嘗試以類神經網路，針對土木工程進行研究。

類神經網路很難告訴我們它學到了些什麼，或者應該說類神經網路可「模仿」的還不錯。模仿成功的類神經網路可當成專家系統知識的一部份，不過目前成熟的系統中並不多見〔14〕。以下列舉一些國內應用類神經網路針對土木工程的應用的研究資料。

洪士林應用類神經網路於土木結構工程之應用並討論學習效果，並以矩形斷面鋼筋混凝土（RC）梁設計與鋼結構最輕斷面梁選用作為應用實例〔15〕。

管樂齊應用類神經網路於 4 個土木工程相關案例，該案例分別為交通流量預測、混凝土強度預測，多向度結構塑性分析以及結構物受損後修復方式診斷，採用網路型式為倒傳遞類神經網路。經由研究結果顯示，類神經網路展現出接近訓練範例的特性，同時較其他分析方式有較佳的結果〔16〕。

褚朝慶利用其他文獻所載之系統識別方法，作為碧潭橋系統識別之工

具，並以橋上儀器實測資料為內容，進行系統識別了解碧潭橋之動力特性。而系統識別所得到的橋梁動力參數，作為類神經網路的輸入，除應用於簡單橋梁模型外，也應用於碧潭橋上，並以其輸出值作為橋梁安全性評估之依據，並驗證類神經網路的確具有檢測橋梁安全性的能力〔17〕。

謝獻仁應用類神經網路於落石坡危險度評估，利用類神經網路所具有之平行處理能力，來處理各項參數對落石坡危險度之影響，進行對其危險度之分析。利用類神經網路程式加以分析預測，分析結果證明了類神經網路具有評估落石坡危險度之能力〔18〕。

謝豐隆類神經網路系統建立落石坡危險度與危害度等級評估模式及因降雨引致落石坡危險度評估預報模式，透過類神經網路系統在案例學習與預測都有顯著的成果。危險度與危害度分級結果，可供道路整治優先順序選定及警告標誌設置參考；降雨引致落石坡危險度評估分級結果，則可配合氣象局發布豪大雨預報進行管理路段的危險度評估，必要時，道路管理者可因危險路段過多應該將道路暫時封閉或示警〔19〕。

郭得和利用竹崎聯絡道獅子頭溪河川橋蒐集之地震資料進行非參數系統識別，增加輸入值(加速度、速度、位移)對於類神經網路確實能有效的訓練，並藉由八個訓練法則對於實地蒐集真實地震資料做探討，並驗證類神經網路應用在實測資料的效果〔20〕。

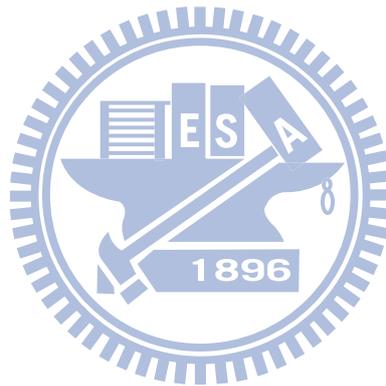
陳添宇以橋梁構件為基礎，包括橋台、橋墩墩體、支承、止震塊、伸縮縫、主構件、副構件、橋面版等，八個檢測評估中較容易發生劣化情形為對象，尋找出影響構件劣化因素。經研究結果以學習方式所組成類神經網路技術來預測橋梁劣化趨勢確有成效，透過類似條件基礎下，對於高速公路現有橋梁於橋梁檢測時，針對損壞率高之構件能更加注意進而提高檢測精度，縮短檢測時間與節省經費〔13〕。

張文彬分別對分析層級程序法、倒傳遞神經網路與『台灣地區橋梁管理系統』三種方法的權重值進行比較。結果顯示倒傳遞類神經網路所得之權重值與「台灣地區橋梁管理系統」所使用之權重值較為相近，維修優選排序的結果以類神經網路產生的結果最好，並找出符合縣管橋梁之橋梁

檢測個項目之權重值，並建立其評估維修優選模式〔8〕。

陳克劼嘗試以公路總局轄下部份的省道橋梁檢測資料及相關基本資料，應用類神經網路為分析工具，建立起省道橋梁劣化因素與劣化情形的因果關係，初步瞭解省道橋梁未來的劣化趨勢，期望在日後的橋梁檢測及橋梁維護時能及早因應，並作妥善處理，以達到節省人力，物力，讓資源有作效利用。該研究確實能將構建劣化因素及劣化評估建立相關性及模式化，並表示類神經工具的確具有輔助判斷及針對未來預測之功能〔4〕。

葉長青藉由橋梁構件權重前 30%之重要構件來預測整體橋梁之健康狀況，以建立整體橋梁健康狀況預測模型。針對橋梁之各重要構構件，本研究分別找出影響其劣化之顯著因子，並透過類神經模型預測各重重要構件之劣化趨勢，進而推估預測整體橋梁之劣化趨勢〔21〕。



第三章 研究方法

本研究係採用類神經網路應用於橋梁狀況之預測，以下將針對本論文所採用之類神經網路做扼要之介紹，並說明相關輸入及輸出資料。

3.1 類神經網路介紹 (Artificial Neural Network, ANN)

經查相關文獻提出較精確的定義為：「類神經網路是一種計算系統，包含軟體和硬體，它使用大量簡單的相連人工神經元(neuron) 來模仿生物神經網路的能力。」[4]，類神經網路是「一種基於腦與神經系統研究所啟發的資訊處理技術」。它可以利用一組範例(即系統輸入與輸出所組成的資料)建立系統模型(輸入與輸出間的關係)，有了這樣的系統模型便可用於推估、預測、決策、診斷 [13、21]。下圖為真實系統與系統模型(類神經網路)之比較。

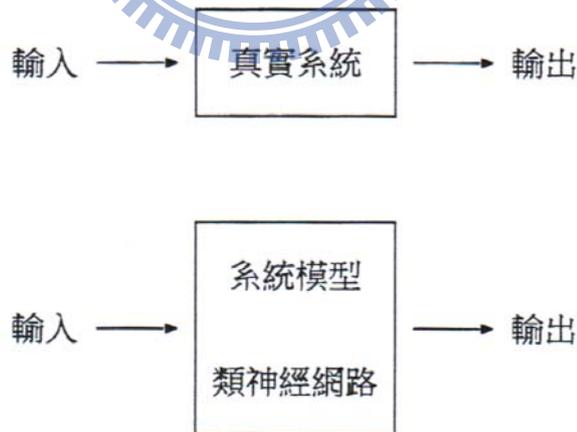


圖 4 真實系統與系統模型 (類神經網路) 之比較 [22]

3.1.1 生物神經元

由前述可知，類神經網路係模仿生物神經網路得資訊技術，因此，必須對生物神經網路有所認識，才了解類神經網路的基本概念，故以下將對生物神經元做介紹。

人類的大腦是由大約 10^{11} 個神經細胞(nerve cells)所構成，每個神經細胞又經由約 104 個突觸(或譯為胞突纏絡) (synapses)與其它神經細胞互相聯結成一個高度非線性且複雜，但具有平行處理能力的資訊處理系統 [22]。

一般來說，一個典型的神經元可分為以下四個部分：1. 細胞體(Soma) 2. 樹突(Dendrites) 3. 軸突(Axon) 4. 突觸(Synapse)等四部分，其示意圖如圖 5，各部分說明如下 [13]。

1. 細胞體(Soma)

由細胞核、細胞質及細胞膜所組成，為神經細胞的中心體。

2. 樹突(Dendrites)

樹突佔據了約 80%左右的細胞膜面積，看起來像是極端茂密的樹枝，其主要的功能是接收其他神經元所傳遞而來的信號。

3. 軸突(Axon)

由細胞本體向外伸出最長的一條分支，其功能是由細胞本體所激發的電位脈衝傳遞到其他相連接的神經元。

4. 突觸(Synapse)

所謂的突觸，即是指在軸突的終點處幾乎快接觸到其他相鄰細胞樹突的部分，這種細胞間的信號傳遞以化學性的方式居多。

生物神經細胞間的信號傳遞以化學性的方式居多，當活化電位的脈衝到達軸突端點時，會迫使某種神經傳導物質(neurotransmitter)的分泌，進而導致樹突的細胞膜性質改變，而產生電位差的變化，所有這些電位的改變會沿著樹突傳至軸突丘，因而完成信號的傳遞。該傳遞過程如圖 6 所示。

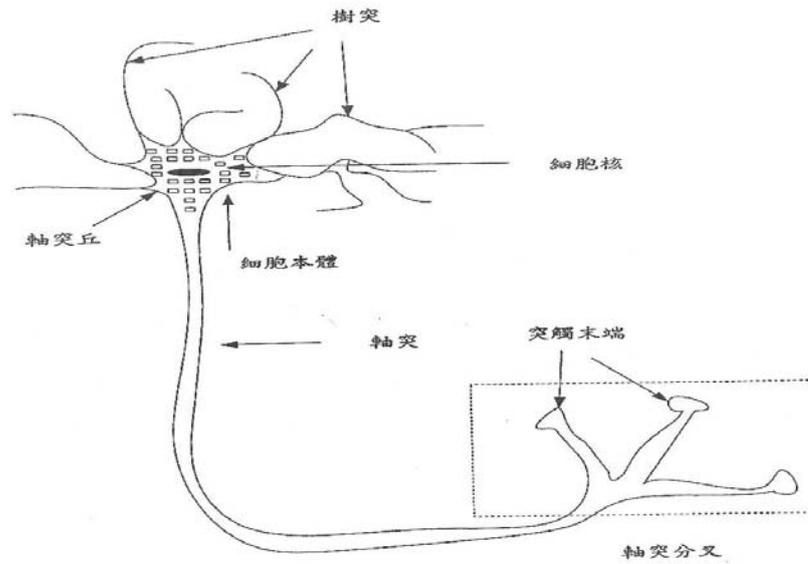


圖 5 生物神經元模型圖 [22]

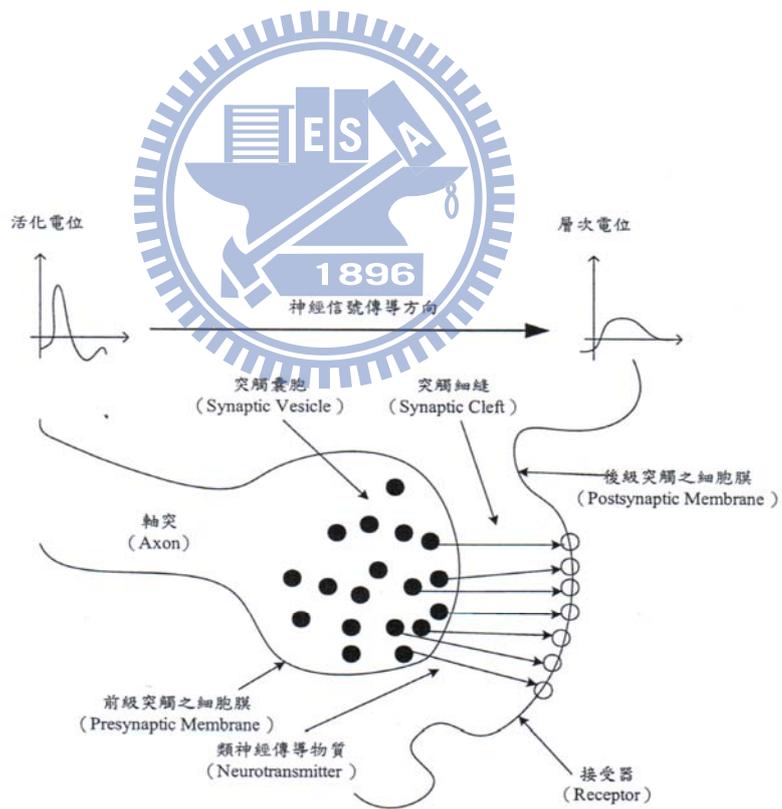


圖 6 神經信號之傳遞示意圖 [22]

3.1.2 人工神經元模型

現介紹人工神經元模型(Artificial Neuron)，人工神經元又稱為處理單元(Processing unit)，每一個處理單元的輸出以扇狀送出，成為其它許多處理單元的輸入〔23〕。人工神經元(Artificial Neuron)是最基本的類神經網路處理單元，一個人工神經元包括了結點、門檻值、轉換函數以及輸入和輸出值，其架構(如圖 7 所示)，輸入值($X_1 \sim X_n$)藉由各自權重($W_1 \sim W_n$)加總後與門檻值(θ)進行比對，透過門檻值的過濾，繼而傳給活化函數(f)，進行轉換計算工作，最後產生輸出值(Y)〔4、13〕。

人工神經元的運算式如下

$$Y_i = f(\sum W_{ij}X_i - \theta_j) \quad (4)$$

(4) 式之說明如下〔22〕：

1. X_i 輸入變數：

人工神經元的輸入值，亦為模仿生物神經元的模型的輸入訊號。

2. Y_i 輸出變數：

人工神經元的輸出值，亦為模仿生物神經元的模型的輸出訊號。

3. W_{ij} 連結加權值(Synaptic Weight)：

人工神經元用一組加權值來模擬突觸的運作：正值的加權值代表是突觸電位是刺激型(細胞膜的電位往增加的方向改變)，而抑制型則由負值(細胞膜的電位往更負的方向改變)的加權值來代表〔4、13〕。

4. Σ 加法單元(Summation)：

當神經傳導物質到達後級突觸時，「時間性相加(Temporal Summation) (不同時間到達的刺激相加)」和「空間性相加(Spatial Summation) (刺激型和抑制型的刺激相加)」會將所有到達後級突

觸的刺激加以整合。此一複雜的過程，在簡單的工神經元的模型中，通常以一個加法單元來簡化此過程〔4、13〕。

5. θ_j 閾值(Bias)：

在軸突丘部位所呈現的整體細胞膜電位，若超過一門檻值，則活化電位脈衝才會激發。在人工神經元的模型中，以閾值 θ_j 模擬〔4、13〕。

6. f 活化函數 (Activation Function)：

軸突丘的整體細胞膜電位若超過一門檻值，則活化電位脈衝會被激發，整個傳遞而來的資訊在這裡被調變(Modulation)處理〔4、13〕。

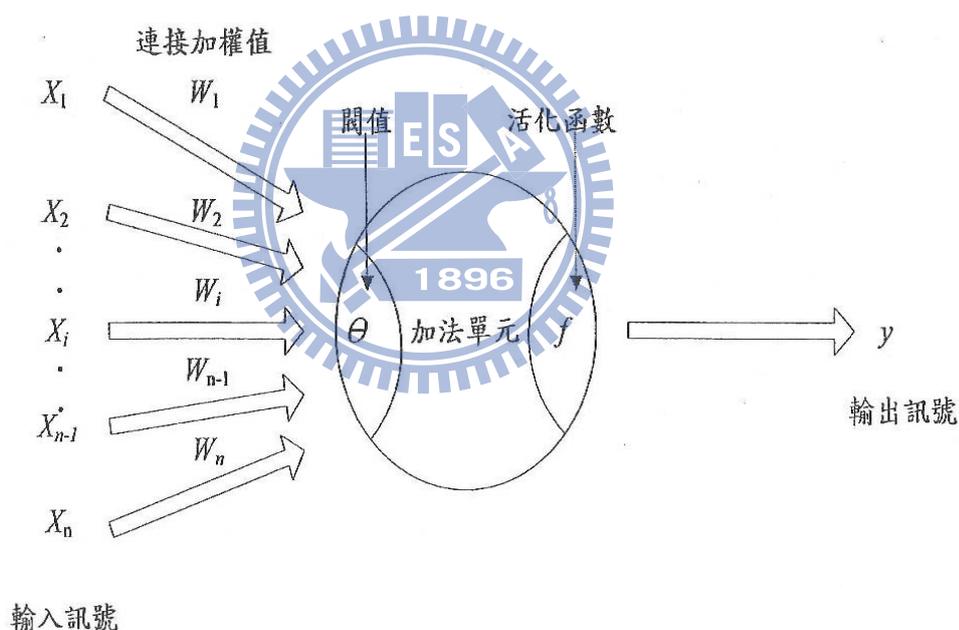


圖 7 人工神經元模型圖〔13〕

3.1.3 類神經網路之學習規則

從經驗中學習是大腦特性之一，類神經網路中利用各種不同的學習演算法來模擬此一特性。學習演算法就是藉著訓練過程來調整類神經網路中各神經元間的「連結」強弱，亦即模擬各層神經元將所要隱合的知識 (knowledge or intelligence) 放入神經元間的「連結權重」，於訓練完成

後，所有的知識就儲存於這些連結權重上〔24〕。

通常我們以權重值的大小來代表神經元間連結的強弱，如果單從改變網路神經元間連結強弱的學習演算法來分類，大致可分成監督式學習(supervised learning)與非監督式學習(un-supervised learning)二類，以下簡要說明〔24〕。

1. 監督式學習(supervised learning)：

學習的過程中，我們會給予類神經網路一個訓練範例，每一個訓練範例中都會同時包含輸入項和目標輸出值，這個目標輸出值便扮演著老師的角色，不斷地督促網路修正傳遞權重的值，藉由訓練過程中一次又一次地調整網路連結的強弱，來降低網路輸出值與目標輸出值(desired output)之間的差距，直到差距小於一定的「臨界值」才告停止。

2. 非監督式學習(unsupervised learning)：

其特色在於訓練過程中只需提供輸入資料，而不提供輸出資料，網路依輸入資料(向量)的特性自己去學習及調整權重。事實上，這種學習方式通常應用於聚類(clustering)的問題。在訓練時輸入變數藉由學習法則找出聚類的規則，當有新的輸入資料輸入時可判斷該筆輸入資料所屬的類別。因為能夠輕易找出輸入資料的聚類類邊界及聚類特性，非監督式學習模式常被運用於輸出值特性不明顯時。

3.1.4 倒傳遞類神經網路

倒傳遞類神經網路(Backpropagation Neural Network)模式於1986年類神經網路的研究帶入了新的里程碑，因該年發表的書中詳細介紹了倒傳遞網路原理，因利用倒傳遞類神經網路通用差距法則(generalized delta™)，使得類神經網路克服了XOR(exclusive or 互斥或)問題，並且以理論證明此種演算法的收斂性，此種模式已成為目前最廣為使用也最具代表性的網路〔4〕。

倒傳遞類神經網路模式是目前類神經網路學習模式中最具代表性，反應用最普遍的模式。已發表的應用至少在數千個以上，不勝枚舉。倒傳遞類神經網路基本原理是利用最陡坡降法(Gradient Steepest Descent Method)的觀念將誤差函數予以最小化 [23]。

倒傳遞類神經網路應用在諸如語音辨識、影像壓縮、訊號過濾及文字識別等各個領域中，皆獲致良好的成效 [4、13]。

3.1.5 網路架構

倒傳遞類神經網路常使用的線性及非線性轉換函數(轉換函數用於模仿生物神經元的非線性處理能力，是一個將從其它神經元傳入之輸入值，加權乘積後再予轉換成神經元的輸出)如圖 8~圖 10 所示，其它可微分的轉換函數，如有需要也可用於倒傳遞類神經網路 [4]。

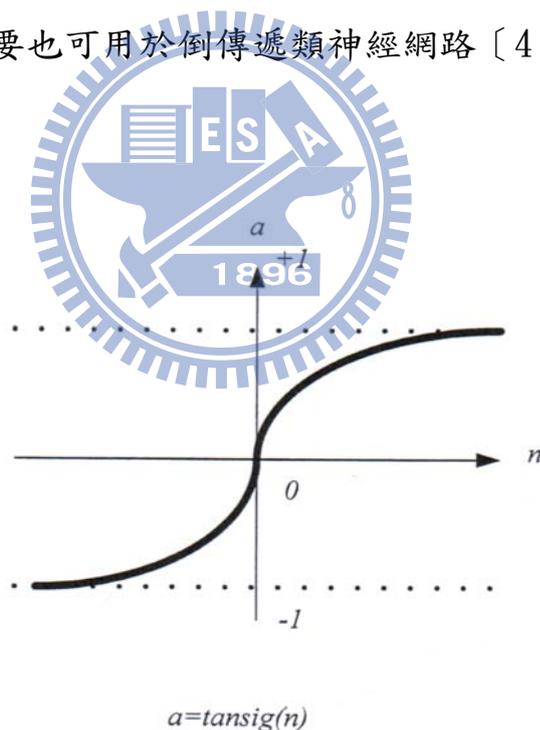
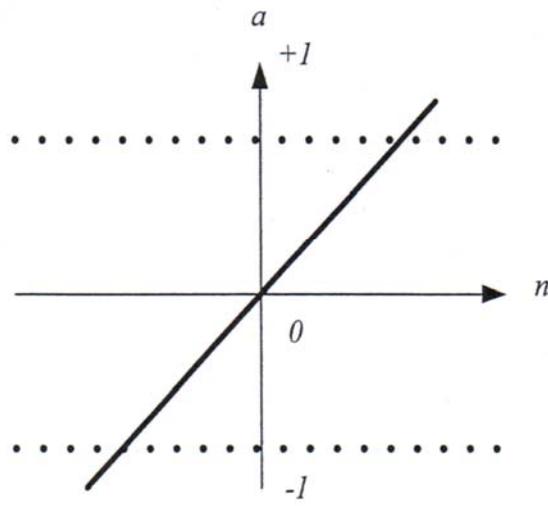
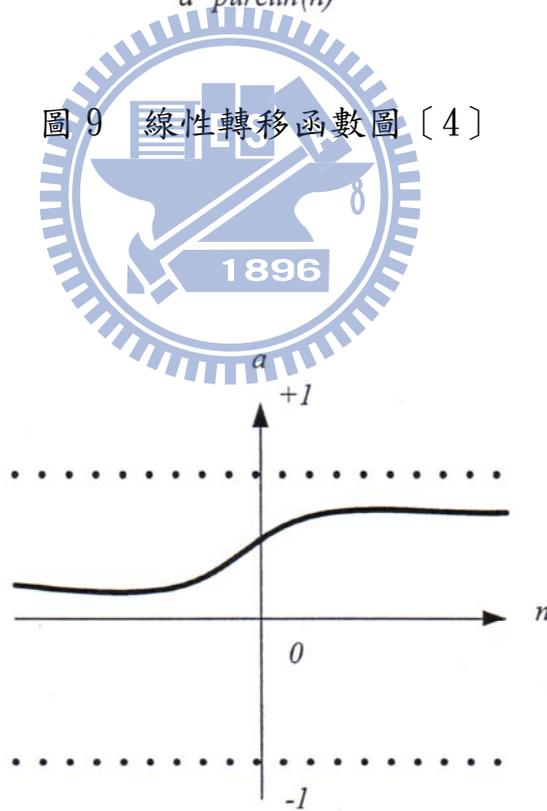


圖 8 正切雙彎曲轉移函數圖 [4]



$$a = \text{purelin}(n)$$

圖 9 線性轉移函數圖 [4]



$$a = \text{logsig}(n)$$

圖 10 對數雙彎曲轉移函數圖 [4]

倒傳遞類神經網路之架構包含輸入層、隱藏層及輸出層，其架構圖如圖 11 所示，說明如下〔23〕。

1. 輸入層

用以表現網路的輸入變數，其處理單元數目依問題而定，使用線性轉換函數，即 $f(x)=x$ 。

2. 隱藏層

用以表現輸入處理單元間的交互影響，其處理單元數目並無標準方法可以決定，經常需以試驗方式決定其最佳數目。使用非線性轉換函數。網路可以不只一層隱藏層，也可以沒有隱藏層。

3. 輸出層

用以表現網路的輸出變數，其處理單元數目依問題而定。使用非線性轉換函數。

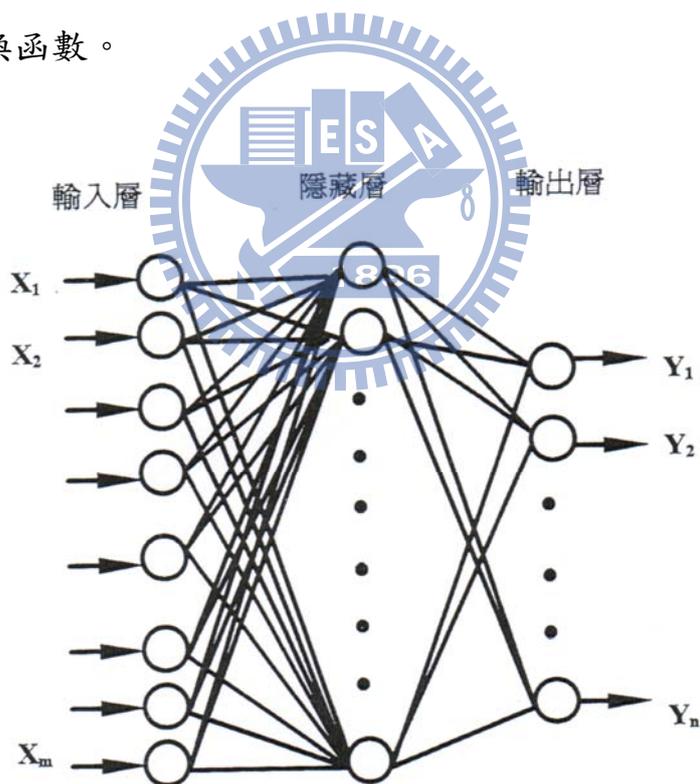


圖 11 倒傳遞類神經網路架構圖〔22〕

處理單元其輸出值及輸入值的關係式，一般可用輸入值的加權乘積和之函數來表示，如前述 (5) 式所表示

$$Y_i = f(\sum W_{ij}X_i - \theta_j) \quad (5)$$

其中 Y_i 為活化函數(或稱轉換函數)，模仿生物神經元的模型的非線性處理機能，是一個用以將從其他處理單元輸入的輸入值之加權乘積和，轉換成處理單元輸出的數學公式。通常用下列函數，此函數在自變數趨近正負無限大時，函數值趨近(0, 1)。

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (6)$$

3.2 案例資料整理

本研究案例資料取自彰化縣政府內近期(95、97年)橋梁檢測資料，且彰化縣轄內大多數地形為平原區，符合本研究之取材案例，故以下就本研究之需，就彰化縣之地形及公路系統做介紹〔11〕。

3.2.1 案例資料來源簡介

彰化縣位於台灣西部正中央，南北長 44 公里，北部東西寬約 12 公里，南部寬約 40 公里，面積 1,074.40 平方公里，佔全省土地面積 2.99%。彰化縣西臨台灣海峽，北以大肚溪與台中縣為界，南邊以寬廣的濁水溪與雲林縣遙遙相隔，東倚八卦山脈與南投縣為臨。行政區域包括有一個縣轄市(彰化市)，七個鎮及十八個鄉，合計 26 個鄉鎮市(圖 2-1)，縣治所在地為彰化市。

彰化縣土地以平地面積最大，為彰化平原區，共約 94,240 公頃，佔 87.71%。其次為山坡地區，凡標高 100 公尺至 1,000 公尺下或未滿 100 公尺，而坡度在 5% 以上之丘陵地及淺山區域傾斜地區均屬之，面積為 10,020 公頃，佔 9.33%，主要分布於彰化縣東側之八卦山脈地區。

高山林區面積為 3,180 公頃，佔全縣面積 2.96%，主要分布於東部之社頭、田中、二水、員林、花壇及彰化等鄉鎮市，地勢陡峻，極少緩坡地，不適用於農牧生產，為保安林地。

3.2.2 公路運輸系統

彰化縣境內公路網包括高(快)速公路、省道、縣道、鄉道、市區道路、村里道路、產業道路及其他重要聯外道路等，就其運輸功能與管理單位分別說明如下：

1. 高速公路：

為主要的聯外道路，彰化縣境內主要高速公路包括有國道 1 號與國道 3 號，主管機關為交通部台灣區國道高速公路局。

2. 快速公路：

主要的聯外道路，彰化縣境內主要快速公路包括有台 61 線西濱快速公路、台 74 線中彰快速公路、台 76 線東西快速公路。中彰快速公路主管機關為交通部公路總局。

3. 省道：

亦為主要的聯外道路，同時兼有縣市內各鄉鎮市間聯繫的功能，彰化縣境內主要省道包括南北向之台一線、台 17 線、台 19 線，東西向台 14 線，主管機關均為交通部公路總局。

4. 縣道：

為各鄉鎮市間聯繫之主要幹道，主管機關均為縣府，惟目前依公路法委託公路總局代養。南北向縣道計有縣道 135、137、143、145 線、東西向縣道計有 134、138、142、144、146、150、152 線。

5. 鄉道：

主要為鄉鎮各村里間聯絡道路，部分重要鄉道同時為各鄉鎮市間聯繫之主要幹道，主管機關為彰化縣政府，目前由縣政府負責養護工作。

6. 市區道路：

汎指一般市區內道路及都市計畫道路，主管機關在中央為內政部，在地方為彰化縣政府，養護單位則為鄉鎮市公所。

7. 村里道路：

主要為一般集散道路，與民眾生活息息相關，主管機關為彰化

縣政府，養護單位則為鄉鎮市公所。

8. 產業道路：

一般為山區農民耕作、運輸之道路，主管機關在中央為農委會，在地方為彰化縣政府。

3.2.3 案例基本資料分析及統計

根據台灣地區橋梁管理系統提供之資料，彰化縣於民國 90 年曾委託工程顧問有限公司針對全線鄉道橋梁進行基本資料普查及目視安全檢測，合計檢測橋梁數量 2332 座，總面積 201,923M²，為該資料距今已久，該縣又於 95、97 年間辦理橋梁檢測，所做橋梁數量為 594 座，佔全縣轄橋梁數量之 25.47%，面積為 75,259 M²，佔全縣轄橋梁面積 37.27%，本研究採較新資料做分析，即採 95、97 年之資料作研究。

依據橋梁管理系統之分析統計模組，就 95、97 年較新橋梁資料，就行政區分佈、道路等級分佈、橋梁長度、橋梁型式、橋齡及等條件，加以分析統計如下。

1. 行政區域分佈：

彰化縣轄內有 26 個鄉鎮市行政區，各鄉鎮市橋梁數量統計如表 8 所示(鄉道及市區道路之橋梁)。

2. 道路等級分佈：

經整理發現，道路等級為鄉道之橋梁數量最多，計有 437 座，佔全部 594 座橋梁 73.57%。市區道路之橋梁數量有 157 座，佔全部 594 座橋梁 26.43%。

3. 橋梁長度：

縣轄 20m 以下短跨度橋梁計 527 座，佔全部橋梁 88.7%，有關長度與橋梁數量統計另詳圖 12。

4. 橋梁型式：

橋梁型式以版橋及梁式橋為主，版橋合計數量有 243 座，佔全部橋梁 40.9%，其次為梁式橋，佔全部橋梁 39.4%，有關橋梁型式與

數量統計另詳圖 13。

5. 橋齡：

橋齡紀錄所示，0~20 年內數量有 144 座，占 24.24%，但有 371 座橋梁不可考。有關橋齡與數量統計另詳圖 14。

由以上橋梁檢測分析可見，以絕大部分多是 20 公尺以下之橋梁，且橋梁型式又以版橋及梁式橋最有代表性，占全部橋梁檢測資料中之 80.3%，故本研究以版橋及梁式橋作為研究樣本資料。

表 8 彰化縣各鄉鎮市橋梁數量統計表

行政區	伸港鄉	線西鄉	和美鎮	鹿港鎮	彰化市	福興鄉	秀水鄉
橋數量	11	3	6	36	110	34	19
橋面積(M ²)	920	236	344	2963	13053	3962	4831
行政區	花壇鄉	芳苑鄉	埔鹽鄉	大村鄉	芬園鄉	二林鎮	溪湖鎮
橋數量	16	32	20	19	3	50	7
橋面積(M ²)	2877	9997	2169	3269	428	5219	931
行政區	埔心鄉	員林鎮	埤頭鄉	田尾鄉	永靖鄉	社頭鄉	大城鄉
橋數量	9	17	19	23	14	15	33
橋面積(M ²)	1826	1803	1308	3483	947	1865	2064
行政區	竹塘鄉	溪洲鄉	北斗鄉	田中鎮	二水鄉		
橋數量	23	34	3	22	13		
橋面積(M ²)	1693	3012	1963	3006	1090		

資料來源：〔11〕

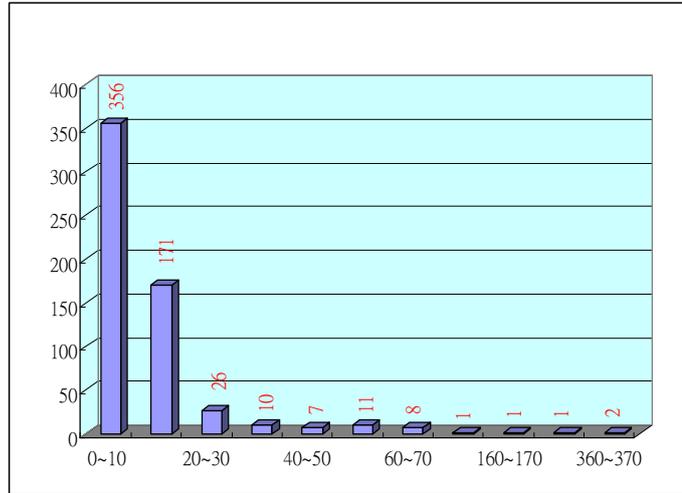


圖 12 長度與橋梁數量統計圖〔11〕

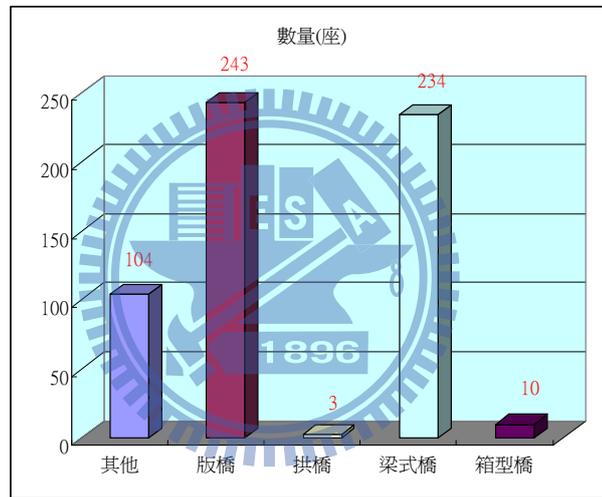


圖 13 橋梁數量與型式統計圖〔11〕

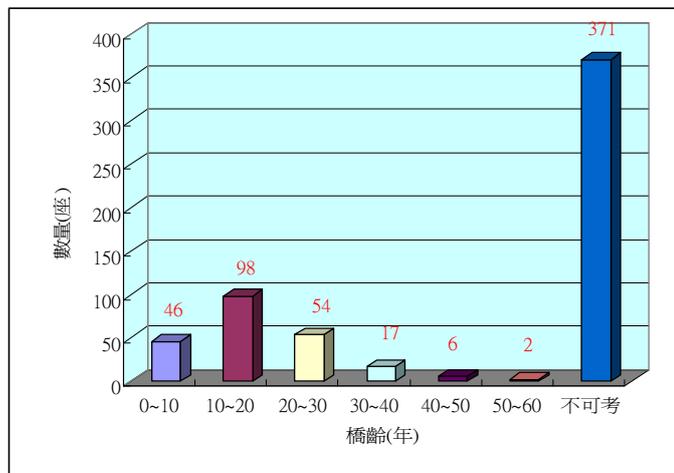


圖 14 橋梁數量與橋齡統計圖〔11〕

3.2.4 案例資料正規化

本研究採用倒傳遞類神經網路(Backpropagation Neural Network)嘗試預測橋梁之損壞，而倒傳遞類神經網路之網路架構有輸入層、隱藏層及輸出層，以下就輸入層及輸出層所需之資料正規化作說明。

1. 輸入層項目及輸入值正規化：

本研究之輸入層資料，採自彰化縣政府內近期（95、97年）橋梁檢測資料作為訓練案例，為利作為倒傳遞類神經網路之輸入資料，需定義類神經網路之輸入變數，因本研究資料採自 D.E.R.U. 評等法，故本研究選用 D.E.R.U. 評等法之檢測項目計 21 項，作為類神經網路之輸入變數項目，又因目前 D.E.R.U. 評等法之第 21 項為其他，幾乎相關橋梁無檢測資料，故予以刪除，因此，本研究之輸入變數項目計 20 項。

輸入變數項目以 X_n 表示，其中 $n=1$ 至 20，即 X_1 至 X_{20} ，各項目如下所示。

引道路堤 = X_1

引道護欄 = X_2

河道 = X_3

引道設施-保護措施 = X_4

橋台基礎 = X_5

橋台 = X_6

翼牆/擋土牆 = X_7

摩擦層 = X_8

橋面排水設施 = X_9

緣石及人行道 = X_{10}

欄杆及護牆 = X_{11}

橋墩保護措施 = X_{12}

橋墩基礎 = X_{13}

橋墩 = X_{14}

支承/支承墊 = X_{15}

止震塊/拉桿 = X_{16}

伸縮縫 = X_{17}

主構件/大梁 = X_{18}

副構件/橫隔梁 = X_{19}

橋面版/絞接版 = X_{20}

該 20 項輸入變數之值域，因 D. E. R. U. 評等法中，橋梁單構件指標單構件狀況指標 (IC_{ij}) 之計算結果之數值範圍為 0 至 100，故輸入層之數據即用該構件指標，又橋梁各項構件之數量並非單一數量，因此非單一數量構件之輸入資料採用組合構件狀況指標 (IC_i) 作為輸入資料。因此，輸入層計 20 項輸入值之範圍以組合構件狀況指標 IC_i 予以轉換，其值域為 0 至 100。

即 $0 \leq X_n \leq 100$

又該值之 X_n 之正規化值配合 $0 \leq X_n \leq 100$ 之範圍，將資料正規化為 0.1~0.9，其正規化值 = $0.1 + 0.008 \times X_n$ ，如下表 9 所示。

表 9 輸入值正規化

X_n 值	各組合構件狀況	正規化
0	最差	0.1
$0 < X_n < 100$	最差漸變至最佳	$0.1 + 0.008 \times X_n$
100	最佳	0.9

2. 輸出層項目及輸出值正規化

本研究之輸出層項目及輸入值範圍，參考 D. E. R. U. 評等法之 U 值之精神，輸出項目取 1 項，輸出值為 1、2、3、4 等 4 數字，代表

將橋梁評估結果分成 4 類，又該數字所代表意義說明如下。

第一類，輸出值為 1，橋梁整體狀況良好。

第二類，輸出值為 2，輕微損壞，整體狀況稍差。

第三類，輸出值為 3，橋梁部分構件損壞，但不危及橋梁安全。

第四類，輸出值為 4，橋梁有安全疑慮，應立即評估或修復。

該值之正規化配合輸出值 $1 \leq \text{輸出值} \leq 4$ 之範圍，將該值正規化為 0.9~0.1，其正規化值 = $(3.5 - 0.8 \times \text{輸出值}) / 3$ ，如下表 10 所示。

表 10 輸出值正規化

輸出值	橋梁狀況	正規化
1	最佳	0.9
$1 < \text{輸出值} < 4$	最佳漸變至最差	$(3.5 - 0.8 \times \text{輸出值}) / 3$
4	最差	0.1

3. 案例資料分析

本研究訓練案例取自彰化縣政府內近期（95、97 年）橋梁檢測資料，彰化縣共 26 鄉鎮，彰化市為人口密集且較都市化地區，與其他鄉鎮之差異性較大，故該地區橋梁資料不列入，僅取用其他 25 鄉鎮之資料。

另因 95 年及 97 年之年份相差僅一年，年份相近，橋梁檢測資料大多未改變，故同一座橋梁之檢測資料隨機取 95 年或 97 年之資料，據此，列入研究共計 463 座橋梁資料。

而該 463 座橋梁檢測資料，依據 3.2.4.2 中之輸出資料分類結果並分析之，其分類結果如下表 11 所示。

表 11 橋梁輸出值數量表

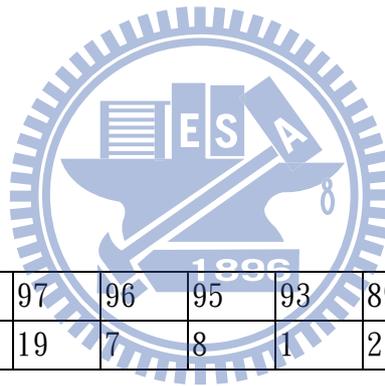
輸出值	數量	說明
1	100	橋梁整體狀況良好。
2	245	輕微損壞，整體狀況稍差。
3	69	橋梁部分構件損壞，但不危及橋梁安全。
4	49	橋梁有安全疑慮，應立即評估或修復。

又該 463 筆案例資料依表 9、10 將所有輸入值及輸出值正規化後，作為往後研究、輸入 MATLAB 及比對類神經網路測試成果之用。

又針對各別輸出值與 CI 值之統計分析結果如下所示

輸出值為 1 部份

CI 值	100	89
數量	99	1



輸出值為 2 部份

CI 值	100	99	98	97	96	95	93	89
數量	73	91	44	19	7	8	1	2

輸出值為 3 部份

CI 值	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	86
數量	1	11	21	7	9	10	3	4	1	1	1

輸出值為 4 部分

CI 值	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	68
數量	1	2	7	7	4	4	5	1	1	5	1	1	2	4	1	1	1

輸出值越小，顯示橋梁狀況越佳，反之輸出值越大者，橋梁狀況越差，而 CI 值之數值越小，表示橋梁狀況越差，故橋梁之狀況越佳，輸出值應越小，而 CI 值越高。本次訓練資料經依據 3.2.4.2 節輸出值分為四大類之原則分類後，經分類結果中，CI 值之分布範圍確實依據輸出值越大，同輸出

值中 CI 值分佈範圍越大，尚符合分類之原則。

惟僅 CI 值之分佈範圍與輸出值意義相符，然 CI 值有分佈狀況有不合理之現象，即同一 CI 值，卻有不同輸出值之結果。

如 CI 值為 100 為例，卻同時有列於輸出值 1~3，其他不少 CI 值亦有相同數值，卻列於不同輸出值之狀況，顯然使用 CI 值作橋梁檢測之分類或排序，有損壞狀況判斷不易之現象，故本研究擬用類神經網路之方法作探討，並應用類神經網路嘗試將橋梁損壞狀況予以分類，解決前述問題，並符合橋梁管理單位之實際需求，將有限之經費發揮其維護效用。

3.2.5 案例資料數量分類

所有案例資料必須分類為訓練案例及測試範例，以利輸入類神經網路，本研究之案例資料計 463 筆，為符合類神經網路學習與測試之需求，必須將該 463 筆資料作適當之分類，避免出現學習或預測成果不佳，因此，不論是學習或測試案例應有適當之數量。

經查相關文獻指出 [23]，訓練範例數目要大到足以確保所訓練的網路具有普遍性為原則，這必須訓練範例數涵蓋所有具有代表性的範例才能達到。一般而言，訓練範例愈多愈有可能涵蓋具有代表性的範例，因此訓練範例愈多，對網路的準確度可能愈有助益。

本研究之輸入處理單元計 20 項，輸出處理單元計 1 項，若類神經網路之學習案例越多，對類神經網路準確度提昇越有助益，擬隨機先取 200、400 等二種數量先做研究。

綜上所述，取得約 200 及 400 個訓練案例，現將訓練與測試案例數量以大約 1:1 及 4:1 之比例作隨機分配以大致符合前述擬定數量比例，如以 1:1 作分配，其數量計有訓練案例有 232 個及測試案例 231 個，如以 4:1 作分配，其數量計有 370 個訓練案例與 93 個測試案例，該數量與前述建議大致接近，往後先就以 1:1 分類數量先予訓練並作測試，並以測試成果來判斷該數量分配是否適當，如測試成果尚可接受，則繼續作本研究，如測試成果不佳，則該數量分配不予考慮，改用 4:1 分配比例研究。

另依據以上正規化方法，本研究中計 463 筆案例資料將其輸出值及輸入值正規化結果如附錄一，並作為輸入類神經網路訓練或測試之依據。

3.3 類神經網路之架構

本研究係使用 MATLAB 程式中工具箱所提供之 nntool，以下就該程式作簡介〔20〕。

3.3.1 MATLAB 簡介

MATLAB 是由 Math Works 公司於 1984 年所推出的數學軟體，其名稱是由「矩陣實驗室」(MATrix LABoratory)所合成，最早的發展理念是提供一套非常完善的矩陣運算指令，但隨著數值運算需求的演變，MATLAB 已成為各種系統模擬、數位訊號處理、科學目視(Scientific Visualization)的標準語言〔20〕。

MATLAB 早期以矩陣運算為主，但隨著使用者需求日增，於是在 MATLAB 第四版推出握把式圖形(Handle Graphics)，自此之後所有的 Demo 都包含使用者圖形介面。在 MATLAB 第五版，其允許使用者建立許多不同的資料型態(如多維陣列、結構陣列和異質陣列等)，不再侷限於二維的矩陣。而隨著 MATLAB 程式已發展第七版，有許多針對不同應用所開發的應用程式，稱之為工具箱(Toolbox)，由 Math Work 公司所提供的工具箱大概有四十多個，尚有其他公司或研究單位所提供之工具，這些工具已累積上百個〔20〕。

本研究係使用工具箱中的 nntool (Neural Network Tool)，nntool 使用圖形介面，利於使用者使用。nntool 工具包括了以下幾個重要的功能〔20〕：

1. 輸入訓練用數據集，瀏覽數據並設定輸入資料型態。
2. 創建與管理類神經網路，瀏覽網路各個參數設定值並實現網路的初始化，訓練及模擬。
3. 輸出網路計算結果，瀏覽數據並設定輸出資料的方式。

由上述功能可知，nntool 已經大大地簡化了必須要運用一連串指令才

能使用網路的整個運作過程。

經查相關文獻所載〔20〕，LM 演算法具有最快收斂性，且其 nntool 內定參數足以執行整個問題，故本論文使用 nntool 內之 LM 演算法，其相關參數值即用 nntool 之內定值，不改變其訓練參數。

3.3.2 隱藏層層數

在許多理論研究的結果與工程領域的模擬應用上都顯示〔24〕，隱藏層的層數不需要超過兩層以上，至於一層隱藏層比較好還是兩層比較好，則在不同的研究或問題中有不同的結論，如 Hush 和 Home 便指出在某些問題中使用兩層隱藏層的網路，各隱藏層只需有少量神經元，可以取代使用一層需要數量龐大神經元隱藏層的網路。

至於類神經網路採用一層或二層隱藏層，依據相關文獻指出〔24〕，一般可以使用特定的問題或目標函數來決定哪一種架構比較好，比較的方式包括：網路大小、訓練時間、精確度以及對硬體的需求。依文獻所載之使用經驗，一般使用一層隱藏層的網路架構就已經足以描述大部分問題的特性或訓練範例資料。

又另有文獻指出〔23〕，對隱藏層之數量表示，通常隱藏層之數目為一層或二層時有最好的收斂性質，而少於一層或多於二層時，誤差逐漸增高。這可解釋成：沒有隱藏層不能建構問題輸出入問的非線性關係，因而有較大的誤差；而有一、二層隱藏層已足以反應問題的輸入單元間的交互作用；更多的隱藏層反而使網路過度複雜，減緩收斂速度。建議如範例較少、雜訊較多、非線性程度較低的問題可取一層隱藏層；反之，可取二層隱藏層。一般而言，對大多數實際的應用問題來說，用一層隱藏層就已足夠。

根據前述，使用多少隱藏層需依據各案例之條件而定，且一般問題一層以足夠，故本研究先採用一層隱藏層作研究，再視實際研究狀況決定是否調整隱藏層。

3.3.3 隱藏層神經元

各隱藏層的神經元個數的多寡對網路有相當重大的影響，如決定網路的參數的多寡及影響網路描述系統(問題)的能力，也就是影響其歸納推演的能力。因此，過少的神經元個數是無法建構適當的函數來描述問題，因為網路沒有足夠的參數來描述(fit)訓練範例；反之，過多的神經元個數造成參數自由度(freedom)太高，進而對訓練範例過度地描述(Over-fitting)，甚至也隱合了雜訊的描述，而失去歸納推演的能力〔24〕。

隱藏層處理單元之數目太少，則不足以建構問題輸出入間的非線性關係，因而有較大的誤差；數目越多，則網路的連結加權值與閾值越多，網路的可塑性越高，可以建立充份反應輸入變數間的交互作用的模式，因此使網路對訓練範例有較小的誤差值。因此，隱藏層處理單元數目以取適當的數目為宜〔23〕，經查閱有文獻建議隱藏層之數量選取如下。

- (1) 問題雜訊高，隱藏層單元數目宜少。
- (2) 問題複雜性高，即非線性、交互作用程度高，隱藏層單元數目且多。
- (3) 測試範例誤差遠高於訓練範例誤差，則發生「過度學習」(overlearning)，隱藏層單元數目宜減少。

另有文獻說明確定隱藏層神經元個數的常用方法有兩種〔8、24〕，其一是使用網路修剪法(pruning algorithm)，這個方法是先設定大數量的隱藏層神經元個數開始訓練，再逐一減少神經元個數，直到找到適當的隱藏層神經元個數為止，不過，這個方法浪費大量的計算時間，比較不經濟；另一種方法則是網路增長法(constructive algorithm)，此法與網路修剪法剛好相反，是先設定小數目的隱藏層神經元個數開始訓練，再逐一增加神經元個數，直到均方差(MSE)達到容忍範圍或均差的變化不大時之最少神經元個數，即為最適當的神經元個數。

本研究之案例其輸入層計有 20 個單元，輸出層有 1 個單元，考量以上文獻所載屬試誤法，故隨機取隱藏層神經元數量為 11 個、21 個及 42 個，考量逐各測試較無效率，故本研究將依據該數量作研究測試外，即建立 20-11-1、20-21-1、20-42-1 等 3 種網路架構，並配合前開隨機數量之周邊

取鄰近之整數如 10、20、30、40、50、60 個隱藏層神經元做初步測試，即建立 20-10-1、20-20-1、20-30-1、20-40-1、20-50-1、20-60-1 等 6 種網路架構，並觀察哪些數量之神經元數量區間其學習及預測成果狀況，以利尋找適合之網路架構，如以上之類神經網路架構之訓練及測試成效不佳，再另研究尋找適宜之隱藏層神經元數量。

3.3.4 類神經網路架構成果分析

網路學習方式則以每載入一個訓練案例即更新加權值和閾值一次，當所有訓練案例都載入一次時，則完成一次學習循環，網路即以訓練案例或測試案例進行誤差函數計算，監測網路學習的品質。以下就常用之誤差作說明〔8〕。

1. 誤差均方根(Mean-Squared Error; MSE)：

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum_P \sum_J (T_j^P - Y_j^P)^2}{M \cdot N}}$$

(7)

其中

Y_j^P ：第P個訓練(測試)範例的第j個輸出單元之推論輸出值。

T_j^P ：第P個訓練(測試)範例的第j個輸出單元之目標輸出值。

M：訓練(測試)範例數目。

N：輸出層單元數目。

2. 誤判率 (Error Rate)〔23〕

此處的誤判率是指網路整體的誤判率：

$$\text{誤判率} = (\text{範例總數} - \text{正判範例數}) / \text{範例總數} \quad (8)$$

本研究係利用 MATLAB 之 Toolbox 之 Nerual Network Tool 來做網路學習，而 MSE 將由該軟體計算得知，但是誤判率無法由該軟體計算，故俟 Nerual Network Tool 學習完畢並對測試案例作預測後，本研究將分析其測試結果，將其測試正規化輸出值先依表 10 之公式轉換為 1、2、3、之輸出值，在與原本預期得到之輸出值作比對，以得知經完成學習後，應用於實際案例測試之成果為何。

如測試案例由類神經網路之輸出值與 3.2.4.2 節中所分類相同，表示無誤差，預測結果正確，如測試案例經由類神經網路之輸出值與 3.2.4.2 節中所分類不同，表示有誤差，預測結果不佳。因本研究輸出結果分 1、2、3、4 等四類，依其誤差狀況可分類並定義如下表 12 所示，舉例如類神經輸出值為 1 且該測試案例原輸出值為 1，則視為「無誤差」，若類神經輸出值為 2，但該測試案例原輸出值為 3，則視為「誤差小」。相關可能狀況列如下表 12 之「實際狀況」欄位。

考量本研究目的之一係對橋梁狀況作預測，以期能做實務上之應用，故類神經網路之成果將以預測結果之誤差狀況作為該類神經網路架構預測成果好壞之判斷。

表 12 誤差狀況分類定義表

誤差狀況	類神經網路學習或預測狀況	輸出值-期望值 或 期望值-輸出值
無誤差	類神經輸出值與案例原輸出值相同	1-1、2-2、3-3、4-4
誤差小	類神經輸出值與案例原輸出值差 1	1-2、2-3、3-4
誤差大	類神經輸出值與案例原輸出值差 2	1-3、2-4
錯誤	類神經輸出值與案例原輸出值差 3	1-4

第四章 研究結果之討論與比較

以下本研究將利用 MATLAB 軟體中 Toolbox 之 Neural Network Tool 功能，將已正規化完畢之案例輸入及輸出資料，配合不同之學習及測試案例數量比例及不同之類神經網路架構作研究，以探討各種狀況下之預測成效，並檢視其預測成效可否作為實務應用。以下相關學習成果畫面如收斂狀況圖及迴歸分析圖係擷取自 MATLAB 軟體之執行畫面。

4.1 案例數量之研究

4.1.1 案例數量之學習與預測成果

依據第 3.2.4 節案例資料數量分類中所載，本研究有關訓練案例與測試案例之數量分配將採用 1:1 及 4:1 之比例作隨機分配並予研究，可研究該比例是否適合本類神經網路之架構。以下先 1:1 之分配比例做試驗，有關其網路架構，為求研究效率，該比例直接採單一隱藏層，有關神經元數量部分，先隨機取 21 個隱藏層神經元作測試。

以下就先做訓練案例與測試案例數量採用 232 與 231 個隨機數量，其網路架構為一層隱藏層，神經元數量為 21 個的網路構架 (20-21-1) 作類神經網路之學習與測試，經輸入 MATLAB 之 NNTool 後，MSE 之收斂狀況如圖 15，類神經網路訓練完成畫面如圖 16，232 個訓練案例其訓練完成之正規化輸出值列表於附錄一，231 個測試案例之正規化輸出值列表如附錄二，以上附錄一及附錄二皆與原正規化輸出值後數據並列，現彙整其訓練及測試之誤判率狀況如表 13。另分別將類神經網路訓練完成之正規化輸出值與原正規化輸出值以遞增排序之散佈圖如圖 17，又因測試程完成之誤判率與訓練成果相近，測試部分於此不再以散佈圖表示，另以測試完成之迴歸分析圖顯示如圖 18。

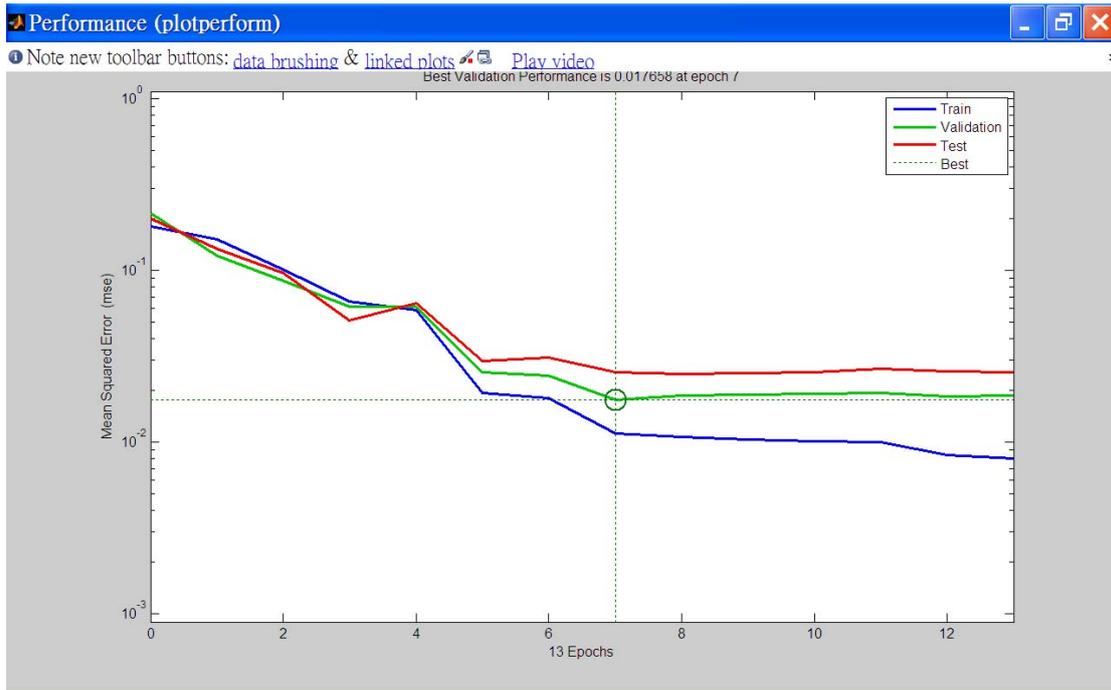


圖 15 案例數量比例為 1 : 1，網路架構為 20-21-1 之 MSE 收斂圖

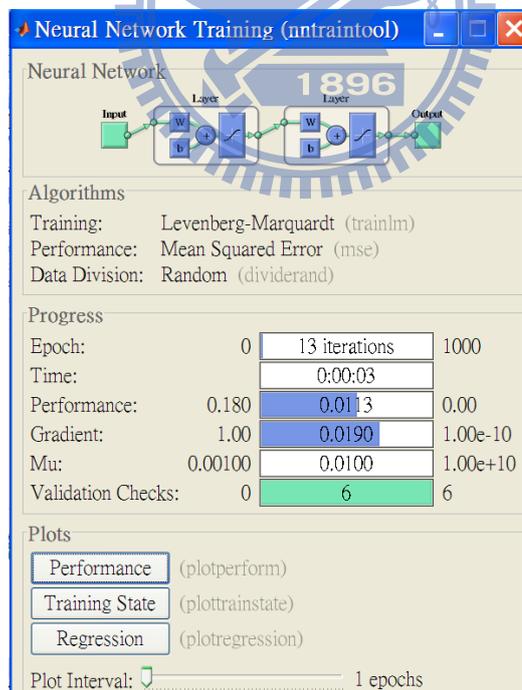


圖 16 案例數量比例為 1 : 1，網路架構為 20-21-1 訓練完成畫面

表 13 案例數量比例為 1：1，網路架構為 20-21-1 之誤判率

誤差狀況	訓練		預測	
	數量	百分比(%)	數量	百分比(%)
無誤差	121	52.16	144	62.34
誤差小	90	38.79	77	33.33
誤差大	18	7.76	7	3.03
錯誤	3	1.29	3	1.3
	232		231	

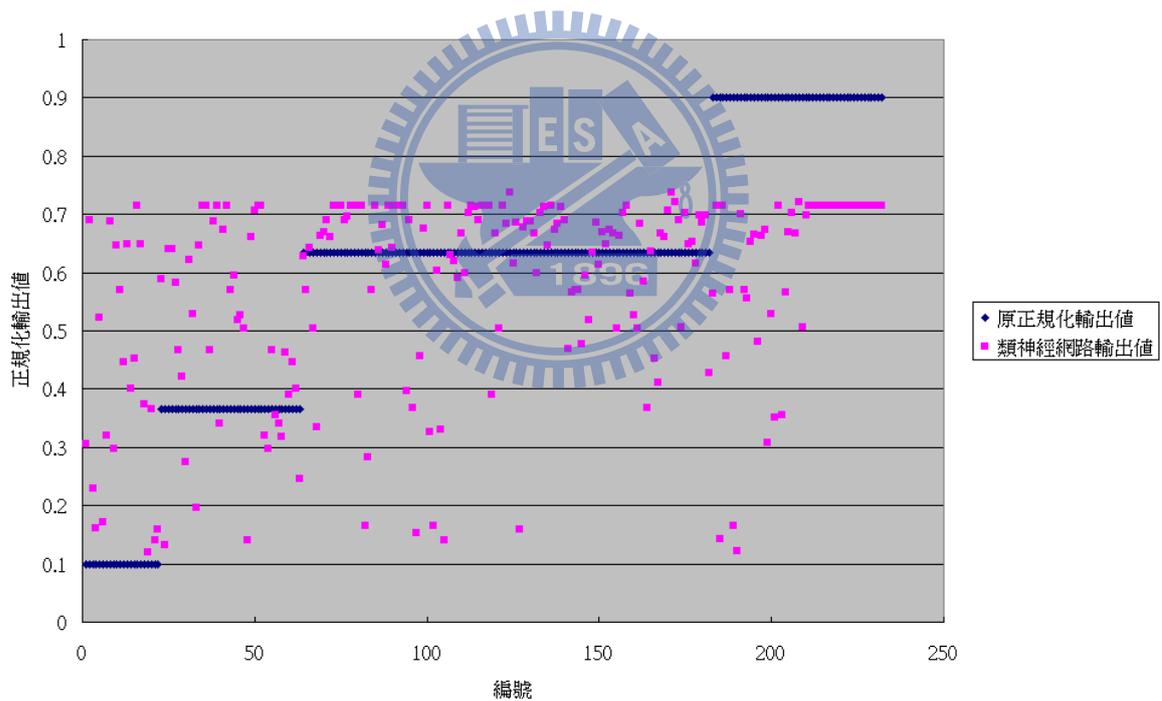


圖 17 類神經網路訓練完成之正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

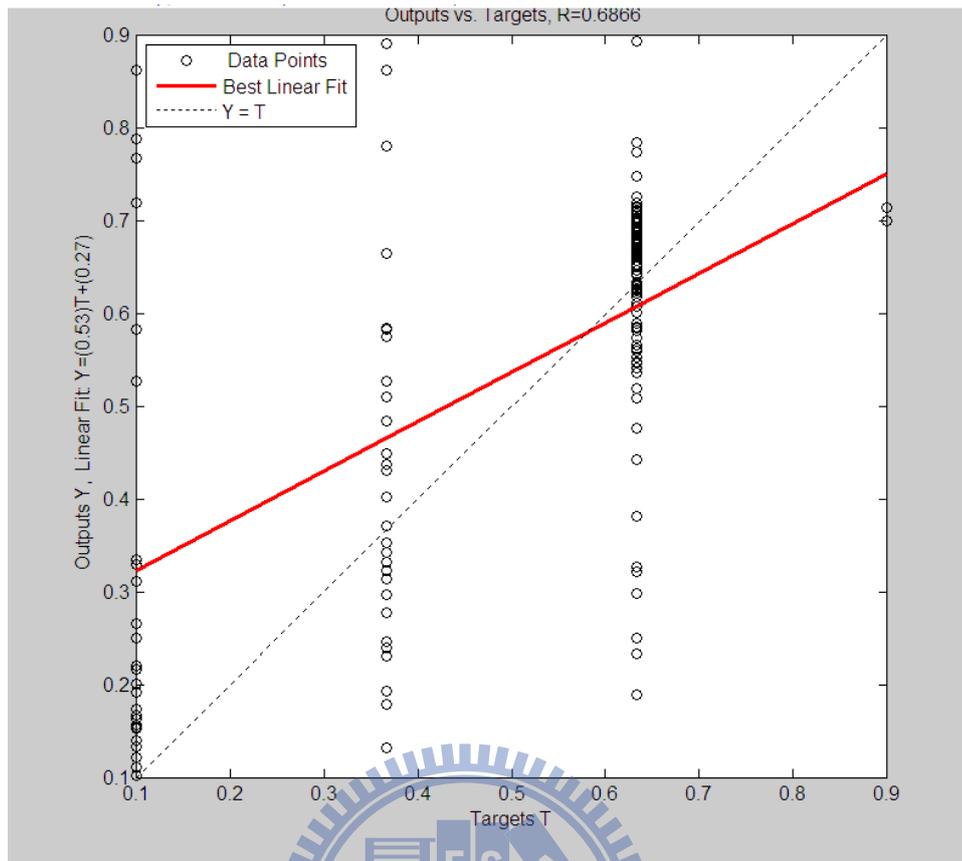


圖 18 類神經網路測試完成之迴歸分析圖

4.1.2 案例數量研究之成果分析

由表 13 可知，以訓練與測試數量比例為 1:1，網路架構為 20-21-1 之訓練狀況與測試成果不佳，其訓練成果中，「無誤差」狀況僅有 52.16%，約有五成之準確率，其測試成果「無誤差」狀況為 62.34%，約 6 成之準確率，如連誤差狀況為「誤差小」都算可接受範圍，其準確率方可達 9 成，故顯然本研究以目前案例數量分配比例之假設有誤，數量分配比例不佳，目前研判狀況屬於訓練案例不足之可能性極大，故吾人認為已無作其他網路架構調整研究之必要，應嘗試作第二種比例，即訓練案例與測試案例之數量分配採用 4:1，即訓練案例 370 筆、測試案例 93 筆以增加類神經網路之訓練案例，提昇類神經網路之預測之準確度，提昇其預測準確率。

4.2 類神經網路架構之研究

往後之研究，根據前節之研究成果分析，因採訓練與測試數量比例為 1:1 之預測成效不佳，故不與採用，改採訓練與測試數量比例為 4:1，並配合 3.3.3 節有關類神經網路之網路架構所擬定之研究策略，先隨機建立 20-11-1、20-21-1、20-42-1 等 3 種網路架構作研究外，並於周邊鄰近數量取較大範圍如 10、20、30、40、50、60 等數量之神經元，建立 20-10-1、20-20-1、20-30-1、20-40-1、20-50-1、20-60-1 等 6 種網路就夠作研究。

因此，本研究將繼續建立 9 種網路架構，並採訓練與測試數量比例皆為 4:1 之相同案例資料，以利判斷所建立 9 種網路架構其預測成效之優劣。以下相關成果依類神經網路架構中隱藏層神經元數量由少至多依序排列，即依 20-10-1、20-11-1、20-20-1、20-21-1、20-30-1、20-40-1、20-42-1、20-50-1、20-60-1 等順序執行 MATLAB 之 Nerual Network Tool。

4.2.1 類神經網路之訓練結果

經執行 MATLAB 後，20-10-1、20-11-1、20-20-1、20-21-1、20-30-1、20-40-1、20-42-1、20-50-1、20-60-1 等 9 種網路架構於訓練完成後之 MSE 收斂畫面及訓練完成狀況畫面皆由 MATLAB 擷取至附錄三，各網路架構於類神經網路訓練完成之收斂 MSE 彙整如圖 19 所示，各網路架構下訓練案例由類神經網路訓練完成之正規化輸出值整理於附錄四，各網路架構訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較以散佈圖方式列於附錄五，各網路架構之輸出值整理於附錄六，各網路架構訓練完成輸出值與原輸出值之比較以散佈圖方式列於附錄七，並將各網路架構之訓練成果之各種誤差狀況數量整理如表 14，並將各種誤差狀況之數量換算成誤判率如表 15，又將各網路架構於各種誤差狀況之誤判率轉換成折線圖如圖 20 以利往後分析。

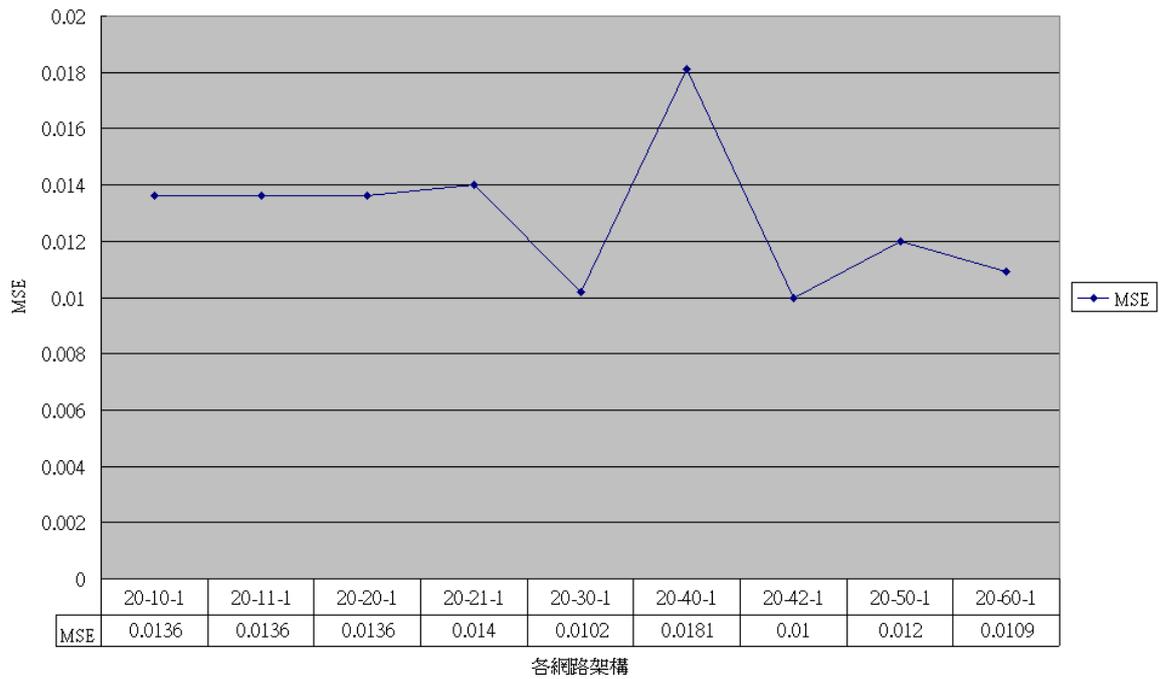


圖 19 各網路架構於訓練完成之 MSE 彙整

表 14 各網路架構訓練完成之各種誤差狀況數量

	20-10-1	20-11-1	20-20-1	20-21-1	20-30-1	20-40-1	20-42-1	20-50-1	20-60-1
無誤差	197	201	216	198	209	193	199	226	201
誤差小	128	138	114	140	109	133	123	99	138
誤差大	40	26	36	43	43	41	40	33	26
錯誤	5	5	4	9	9	3	8	12	5

表 15 各網路架構訓練完成之誤判率

	20-10-1	20-11-1	20-20-1	20-21-1	20-30-1	20-40-1	20-42-1	20-50-1	20-60-1	平均
	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
無誤差	53.24	54.32	58.38	53.51	56.49	52.16	53.78	61.08	54.32	55.25
誤差小	34.59	37.30	30.81	37.84	29.46	35.95	33.24	26.76	37.30	33.69
誤差大	10.81	7.03	9.73	7.84	11.62	11.08	10.81	8.92	7.03	9.43
錯誤	1.35	1.35	1.08	0.81	2.43	0.81	2.16	3.24	1.35	1.62

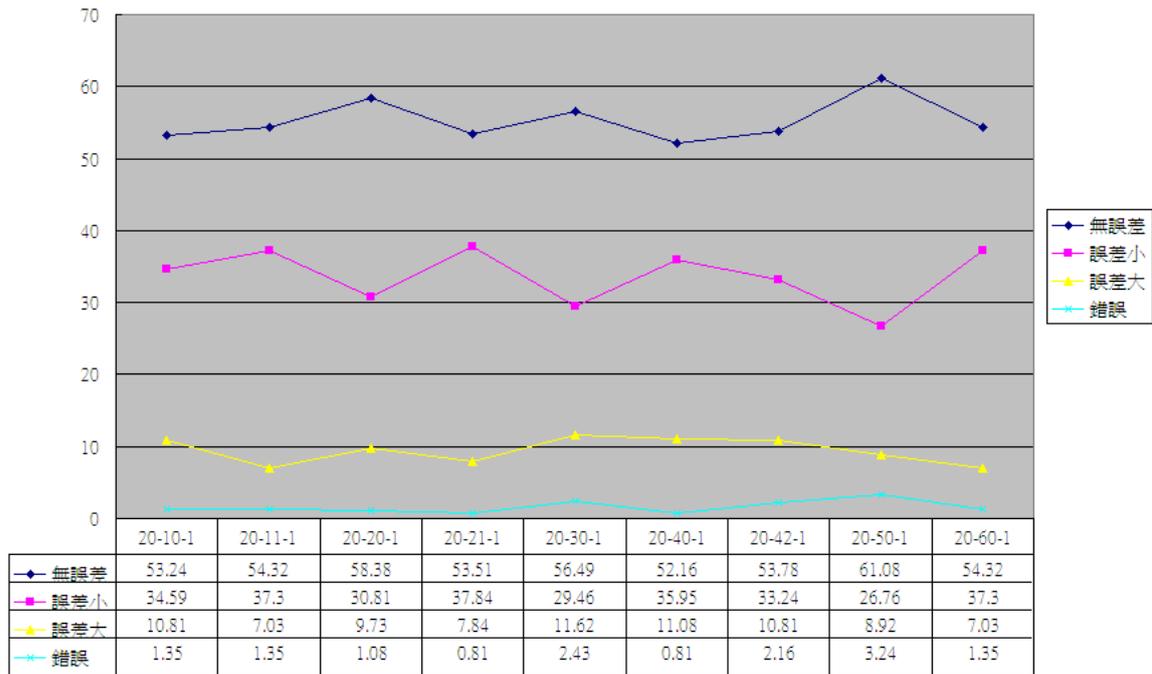


圖 20 各網路架構訓練完成之誤判率

4.2.2 類神經網路之訓練結果分析

以上所列 9 種類神經網路訓練完成之 MSE 之收斂狀況，全部皆小於 0.02，其中以 20-40-1 之網路架構之 MSE 較高，收斂狀況對其他網路架構較高，其中以 20-30-1 及 20-42-1 等二個網路架構其 MSE 都較低，相當接近 0.01。

再檢視各網路架構之「無誤差」狀況比率，20-30-1 及 20-42-1 之準確率相對於 20-40-1 確實較高，與 MSE 收斂狀況尚符，且網路架構為 20-40-1 之準確率若以無誤差狀況研判，該網路架構之學習準確率較低，但是網路架構為 20-50-1 之 MSE 收斂狀況雖然不是最佳，但是該網路架構之訓練成過中，「無誤差」比率卻是最佳，達 61.08%，約 6 成以上之準確率。

又各網路架構之誤差大及錯誤部分之百分比明顯相當平均，且數量不多，「誤差大」百分比約有 1 成上下比例，「錯誤」部分之百分比極低，僅有個位數百分比，且最大僅約 3%，最小比 1% 更低。

4.2.3 類神經網路之測試結果

經類神經網路完成訓練之後，現將其餘之 93 筆測試案例資料輸入類神經網路作預測，以下就將執行 MATLAB 後，由訓練完成之類神經網路就 20-10-1、20-11-1、20-20-1、20-21-1、20-30-1、20-40-1、20-42-1、20-50-1、20-60-1 等 9 種網路架構之測試完成之正規化輸出值列附錄八，各網路架構測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較以散佈圖列於附錄九，各網路架構測試完成之輸出值列於附錄十，各網路架構測試完成輸出值與原輸出值之比較以散佈圖列於附錄十一，另將各網路架構測試完成之迴歸分析圖列於附錄十二。以下並將各網路架構之學習成果之各種誤差狀況數量整理如表 16，並將各種誤差狀況之數量換算成誤判率如表 17，又將各網路架構於各種誤差狀況之誤判率轉換成折線圖如圖 21，以利往後分析。

表 16 各網路架構測試完成之各種誤差狀況數量

	20-10-1	20-11-1	20-20-1	20-21-1	20-30-1	20-40-1	20-42-1	20-50-1	20-60-1
無誤差	79	70	85	65	89	64	84	83	67
誤差小	13	23	8	28	9	28	8	10	26
誤差大	1	0	0	0	1	1	1	0	0
錯誤	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 17 各網路架構測試完成之誤判率

	20-10-1	20-11-1	20-20-1	20-21-1	20-30-1	20-40-1	20-42-1	20-50-1	20-60-1	平均
無誤差	84.95	75.27	91.4	69.89	89.25	68.82	90.32	89.25	72.04	81.24
誤差小	13.98	24.73	8.6	30.11	9.68	30.11	8.6	10.75	27.96	18.61
誤差大	1.08	0	0	0	1.08	1.08	1.08	0	0	0.48
錯誤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

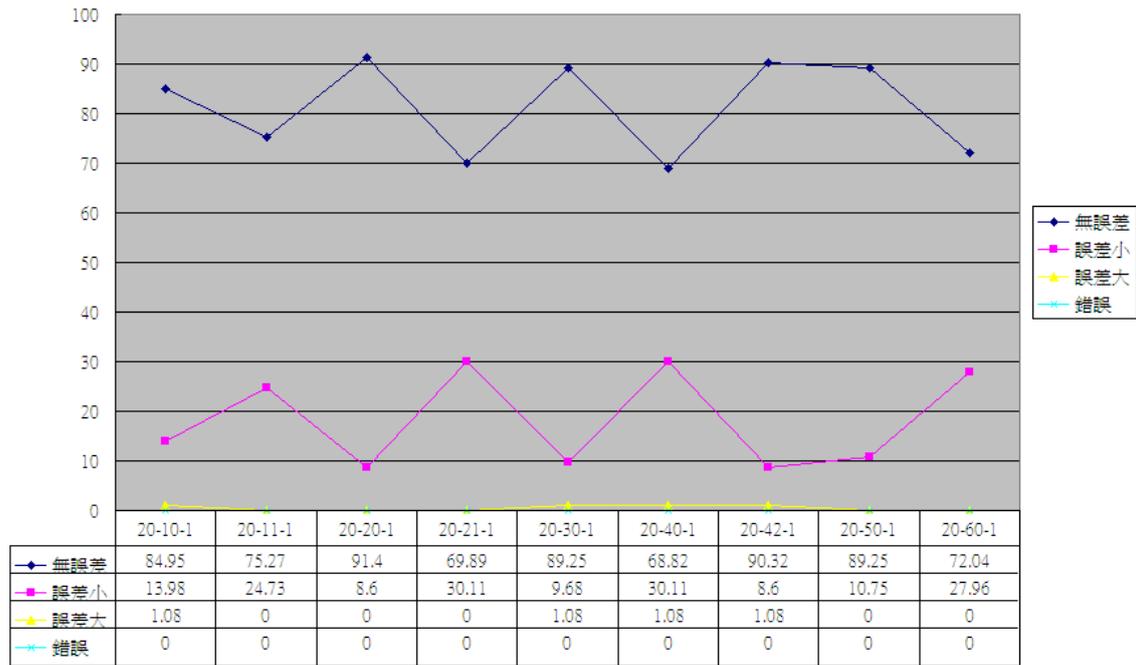


圖 21 各網路架構測試完成之誤判率

以上因網路架構以 20-20-1 之「無誤差」部分高達 91.4%，預測結果最佳，故另針對該網路架構已完成訓練之 370 筆正規化輸入值及 93 筆正規化輸出值皆與原輸出值作比較如圖 22 及圖 23。

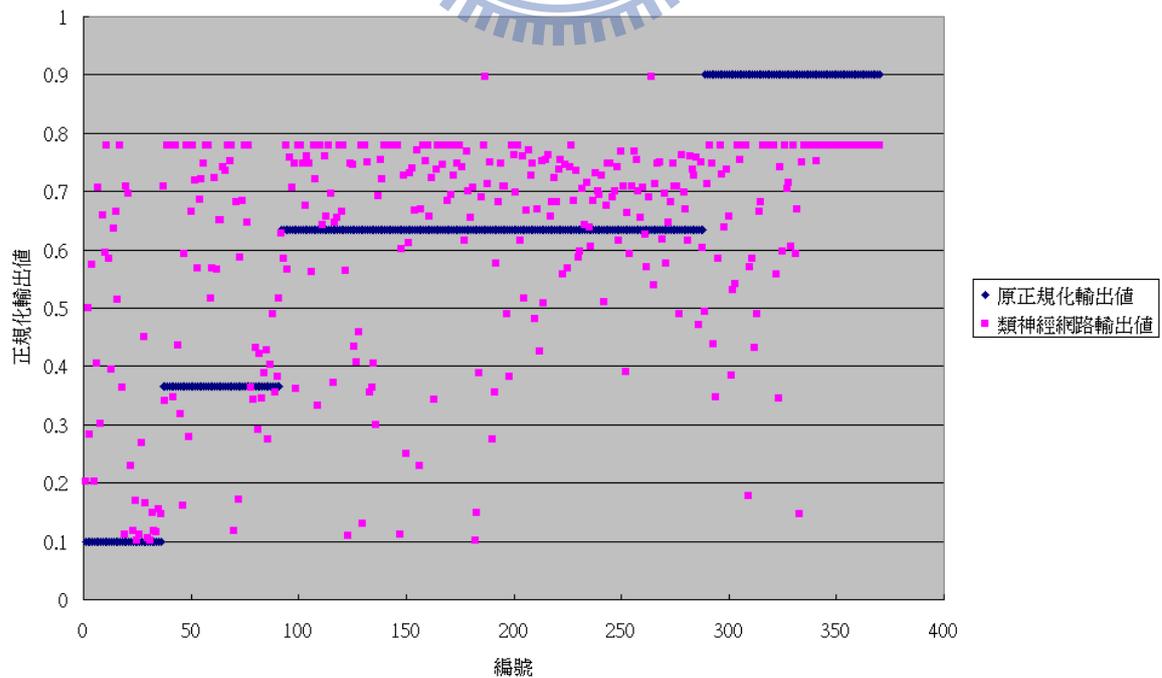


圖 22 網路架構為 20-20-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

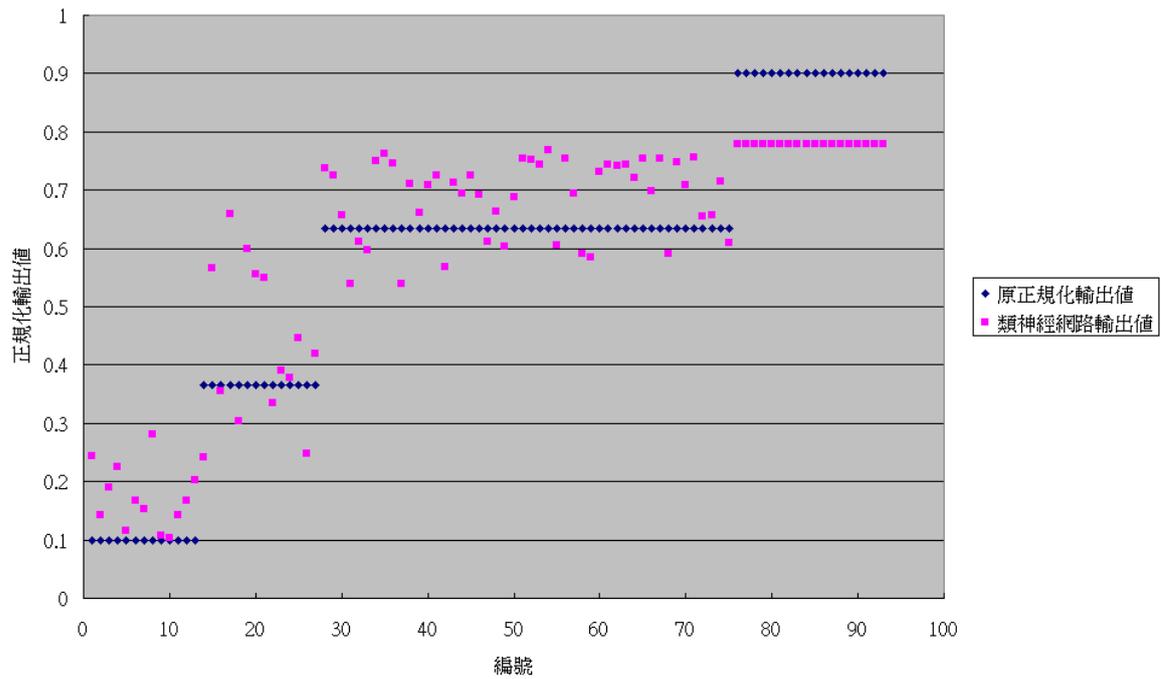


圖 23 網路架構為 20-20-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

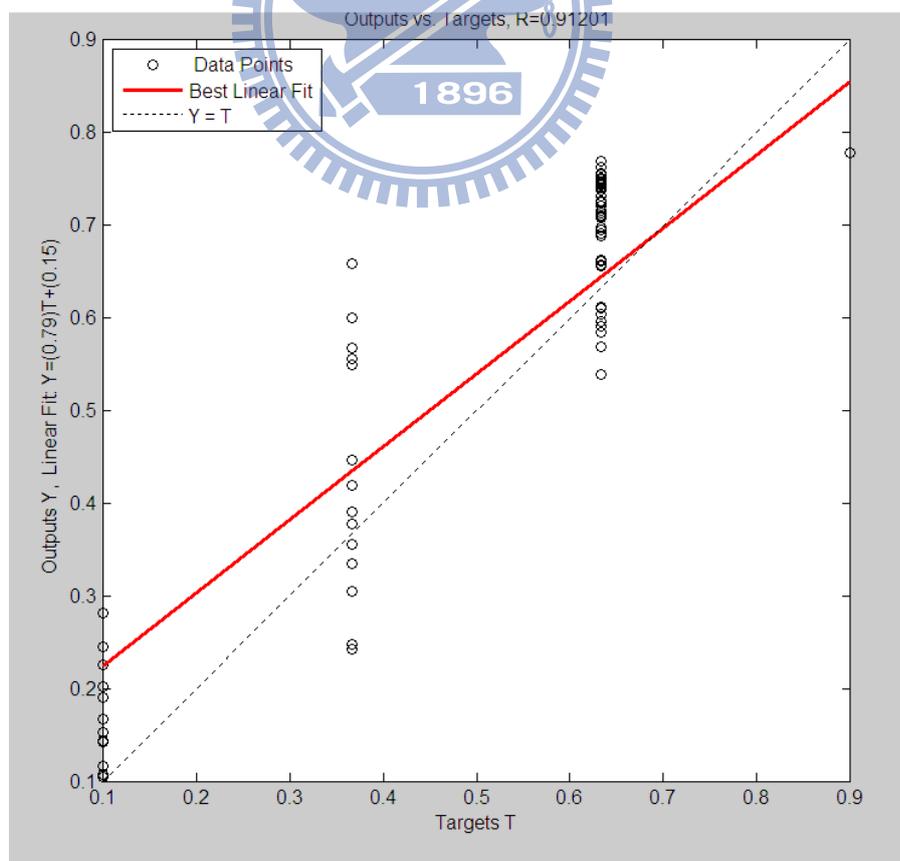


圖 24 網路架構為 20-20-1 測試完成之迴歸分析圖

4.2.4 類神經網路之測試結果分析

以上各不同網路架構之類神經網路經執行預測後，經檢視表 17 所示，4 個網路架構之「誤差大」部分之比率約 1%，其案例數量只有 1 個，5 個網路架構測試之「誤差大」案例數量為零，且各網路架構誤差狀況為「錯誤」之數量皆為零，顯示本研究之類神經網路誤判之機率極低。

另觀察「誤差小」部分，各網路架構之預測結果約 3 成以下之，甚至 20-20-1 及 20-42-1 等二種網路架構其「誤差小」部分之百分比低於 1 成。再觀察各種架構「無誤差」部分，準確率最差約 68%，接近 7 成以上之準確率，且部分網路架構如至 20-20-1、20-30-1、20-42-1、20-50-1 等 4 種網路架構其準確率達約 9 成，且 20-20-1 及 20-42-1 等二種網路架構已達 9 成以上，準確率相當高。

以上分析討論顯示，訓練案例與測試案例之數量分配採用 4:1 之比例之預測結果良好，「無誤差」狀況於各種不同類神經網路架構之最差紀錄也接近 7 成之準確率，且最佳紀錄可達 9 成以上，顯示推論訓練案例與測試案例之數量分配比例採用 4:1 方有足夠之訓練案例之假設正確，且類神經網路架構之隱藏層採用 20、30、42、50 個神經元之預測準確率良好，約 9 成上下，其中又以 20、42 個隱藏層神經元之預測準確率 9 成以上。

4.3 類神經網路研究成果比較

經以上研究成果得知，類神經網路於 20-20-1 之預測成果良好，現將類神經網路於該網路往架構之預測輸出數據依 3.2.4.2 節所述之正規化方法，再將其轉換為 1~4 等三種數據，並將該數據與原有橋梁管理系統中之 CI 值作比較，以觀察同一座橋梁以類神經網路預測成果與橋梁管理系統中作為分類排序依據之 CI 值有何不同。

類神經網路以 20-20-1 之網路架構之正規化輸出值轉換為 1~4 之數據列於表 18。

表 18 網路架構為 20-20-1 之預測輸出值與 CI 值之比較

編號	預測輸出值	輸出值轉換	CI 值	編號	預測輸出值	輸出值轉換	CI 值
1	0.244435	3	97	51	0.599945	2	96
2	0.242214	3	99	52	0.751212	2	100
3	0.567077	2	99	53	0.104257	4	89
4	0.73812	2	99	54	0.744761	2	100
5	0.724491	2	99	55	0.556509	2	95
6	0.356151	3	95	56	0.769337	1	100
7	0.143313	4	94	57	0.604485	2	99
8	0.656352	2	99	58	0.75498	2	100
9	0.778604	1	100	59	0.548846	2	96
10	0.778604	1	100	60	0.334822	3	98
11	0.539224	2	95	61	0.695111	2	100
12	0.611088	2	99	62	0.390513	3	97
13	0.596591	2	98	63	0.590594	2	99
14	0.749717	2	100	64	0.778604	1	100
15	0.778604	1	100	65	0.58482	2	99
16	0.762571	2	100	66	0.731152	2	100
17	0.190689	4	90	67	0.778604	1	100
18	0.745944	2	99	68	0.743563	2	100
19	0.539224	2	95	69	0.741296	2	100
20	0.711206	2	99	70	0.142475	4	96
21	0.661662	2	99	71	0.378295	3	96
22	0.707899	2	99	72	0.744311	2	99
23	0.725314	2	96	73	0.778604	1	100
24	0.569207	2	98	74	0.721553	2	100
25	0.65814	2	98	75	0.75498	2	100
26	0.713083	2	99	76	0.698067	2	99
27	0.778604	1	100	77	0.778604	1	100
28	0.695111	2	100	78	0.447051	3	96
29	0.725929	2	100	79	0.778604	1	100
30	0.691288	2	99	80	0.755006	2	100
31	0.611662	2	96	81	0.590594	2	99
32	0.778604	1	100	82	0.747162	2	100
33	0.778604	1	100	83	0.709137	2	98
34	0.662319	2	98	84	0.756558	2	100
35	0.22593	4	88	85	0.247165	3	95

36	0.778604	1	100	86	0.166965	4	96
37	0.778604	1	100	87	0.655758	2	98
38	0.603582	2	97	88	0.201572	4	93
39	0.68806	2	97	89	0.6572	2	99
40	0.75498	2	99	90	0.715323	2	99
41	0.115615	4	85	91	0.778604	1	100
42	0.778604	1	100	92	0.61013	2	97
43	0.778604	1	100	93	0.419583	3	98
44	0.778604	1	100				
45	0.778604	1	100				
46	0.304553	3	97				
47	0.16735	4	90				
48	0.152376	4	93				
49	0.280909	3	97				
50	0.107391	4	90				

以下在將表列之類神經網路輸出值經轉換後數據與原 CI 值作散佈圖，因 CI 值數值較大，值域為 0~100，為利於放置同一張散佈圖故將該值除以 10 後，再以該值列入散佈圖內以利觀察，現該散佈圖如下圖 25。

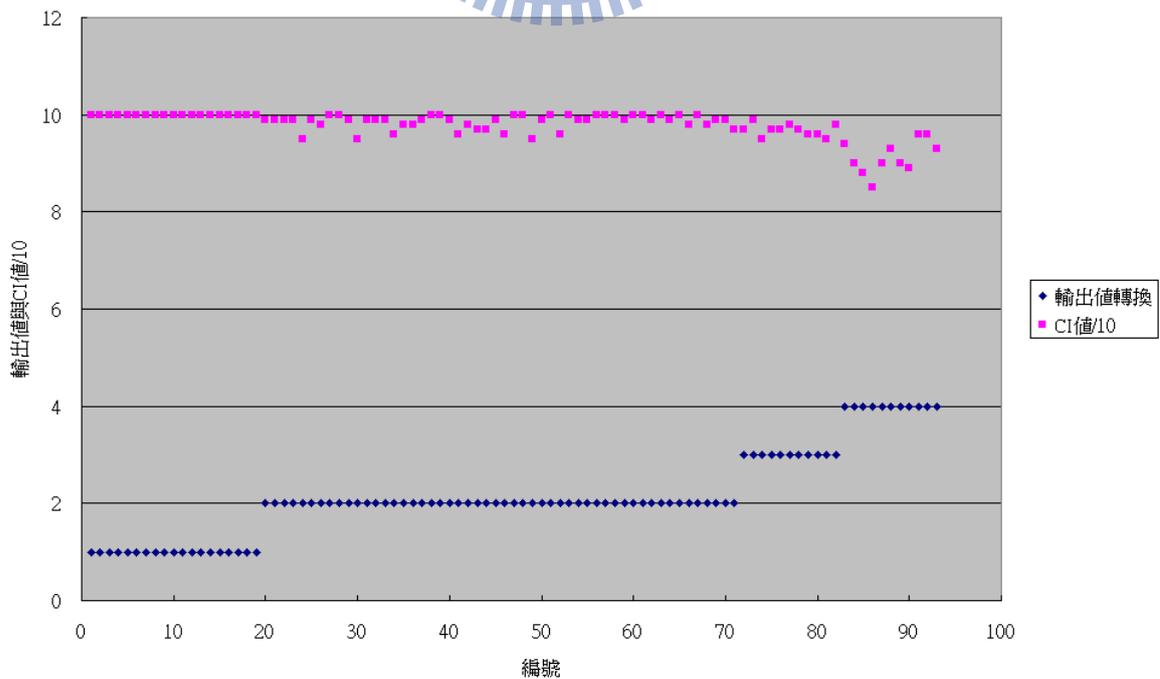


圖 25 預測輸出值與 CI 值/10 之比較

由圖 25 觀察可知，CI 值之值皆相當接近，且大部份之案例之數值皆為 80 分以上，因此，雖尚可依 CI 值作橋梁維修之排序，惟由各橋梁 CI 值相當接近，吾人由該相當接近之數據需分辨出各種橋梁之損壞狀況，顯然較不明確，更何況經 3.2.4.3 節之分析後發現，有相同 CI 值之不同橋梁，卻有不同之損壞狀況之奇怪現象，顯然，僅靠 CI 值作為橋梁損壞判斷及橋梁管理，尚有改善空間。

再由圖 25 觀察得知，經訓練完成之類神經網路可以依據得到 CI 值相同之 D、E、R 數值，將該 D、E、R 值依本研究之方式由類神經網路預測為另一輸出值，並可將輸出值再轉換成橋梁狀況之分類，並以 1、2、3、4 等四種數據來將橋梁損壞狀況做分類，如圖 25 所示，相當明確，並無模糊地帶，且其準確率相當高，可以應用為橋梁管理機關於維修橋梁時為重要參考指標，協助橋梁管理機關判斷該橋梁之損壞狀況。



第五章 結論與建議

本研究之目的為應用類神經網路對平原地區橋梁之損壞狀況做分析及驗證，並選取平原地區（以彰化縣為例）之版橋及梁式橋作為案例共計 463 筆，並以其中之 370 筆為訓練案例，其餘 93 筆作為測試案例，嘗試對本研究之 463 座橋梁之損壞狀況做評估，並對研究過程及成果做歸納及結論，整理如下數點結論與建議。

5.1 結論

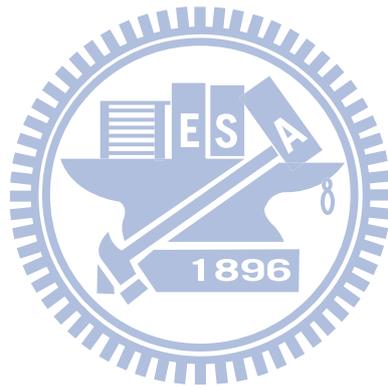
- 一、目前國內各機關常用之橋梁檢測方即 D. E. R. U. 評等法，該檢測方法所得之 CI 值數值過於集中致分辨不易，故作為橋梁維修之依據尚有改善空間。
- 二、應用類神經網路於橋梁檢測並對橋梁之損壞狀況作預測，確實得到良好之成效。以類神經網路之網路架構為 20-20-1 為例，其預測之準確度可以達到 91.4% 超過 9 成之準確率，因此以類神經網路應用於平原地區之橋梁檢測具有可行性。且類神經網路必須有足夠之訓練案例數量，如訓練案例數量不足，應用於預測時之準確率將大為降低，且類神經網路之最適合網路架構難以一般公式決定，就本研究之過程所知，必須多加嘗試方可找到其最適合之架構。
- 三、本研究應用類神經網路對平原地區之橋梁損壞狀況做預測及判斷，其準確度達 9 成以上，因此可以作為實務上橋梁管理機關之重要參考，提升橋梁管理之品質，維護用路人安全。

5.2 建議

- 一、本研究之案例係針對平原地區橋梁，橋梁型式為版橋及梁式橋，故建

議國內相關交通或橋梁管理機關或研究單位，可以針對其他型式橋梁或不同地形做後續研究。

- 二、本研究應用類神經網路作為橋梁檢測之預測成果良好，因此可以就橋梁檢測之 20 個輸入項目其權重作探討，修正適合不同地形之權重，作為未來之研究方向。
- 三、本研究係針對管理單位為縣級機關以下之橋梁做研究，建議可以對不同橋梁之大小、跨距之橋梁作研究，以利實務上根據不同等級橋梁維護管理機關之預測模式。



參考文獻

1. 李有豐、林安彥，橋梁檢測評估與補強，全華科技圖書股份有限公司，初版，民國 89 年 10 月。
2. 「橋梁基本資料及目視安全檢測」人員訓練講習會訓練講義，磐石工程技術顧問有限公司，97 年 12 月。
3. 橋梁檢測評估與維修人員訓練講義，交通部運輸研究所，民國 92 年 6 月。
4. 陳克劼，「類神經網路於台灣省道橋梁橋梁檢測資料分析及劣化預測之研究」，國立台北科技大學，碩士學位論文，民國 96 年 1 月。
5. 徐耀賜，「橋梁形式及損壞模式」，台灣省土木技師公會橋梁檢測評估補強研討會，E10~E14 頁，台北，民國 89 年 9 月 8 日~9 日。
6. 葉昭雄、何鴻文，「臺灣地區橋梁損壞及養護問題之探討」，臺灣公路工程、第二十九卷第十一期，2~25 頁，民國 92 年 5 月。
7. 橋梁工程研習系列 橋梁之檢測與評定，偉轟工程顧問有限公司。
8. 張文彬，「縣管橋梁維修優選排序之研究」，逢甲大學，碩士論文，民國 94 年。
9. 蘇暉傑，「既有橋梁損壞相關影響因素之研究—以台中縣為例」，逢甲大學，碩士論文，民國 92 年。
10. 混凝土、鋼橋一般檢測手冊，台灣省住宅及都市發展局。
11. 彰化縣橋梁基本資料建檔及安全檢作業委託技術顧問機構服務案服務建議書，全勝工程顧問有限公司，民國 95 年 10 月。
12. 台灣地區橋梁管理系統（各縣市政府）使用手冊，委託單位：交通部運輸研究所，執行單位：國立中央大學營建管理研究所，民國 96 年 7 月。
13. 陳添宇，「類神經網路於橋梁老劣化預測之研究」，國立臺北科技大學，碩士論文，民國 94 年。
14. 陳珍誠，「專家系統及其於土木工程的應用」，營建知訊，第 138 期，4~10 頁，民國 83 年 3 月。
15. 洪士林，「類神經網路系統在土木結構設計之應用」，營建知訊，第 138 期，39~49 頁，民國 83 年 3 月。

16. 管樂齊，「應用類神經網路於不同土木工程案例之研究」，國立台灣大學，碩士論文，民國85年6月。
17. 褚朝慶，「系統識別與類神經網路在橋梁破壞檢測的應用」，國立台灣大學，碩士論文，民國87年6月。
18. 謝獻仁，「類神經網路於落石坡危險度評估」，國立交通大學，碩士論文，民國87年8月。
19. 謝豐隆，「落石邊坡危險度與危害度分級與預報」，國立交通大學，碩士論文，民國89年6月。
20. 郭得和，「類神經網路於橋梁分析之應用」，逢甲大學，碩士論文，民國94年。
21. 葉長青，「橋梁健康狀況預測模型之建立」，國立雲林科技大學，碩士論文，民國97年6月。
22. 蘇木春、張孝德，機器學習類神經網路、模糊系統以及基因演算法，全華科技圖書股份有限公司，初版一刷，民國86年。
23. 葉怡成，應用類神經網路，儒林圖書有限公司，三版，民國90年。
24. 張斐章、張麗秋、黃浩倫，類神經網路理論與實務，臺灣東華書局股份有限公司，初版，民國92年。

附 錄 一

表19 232個訓練案例於網路架構為20-21-1訓練完成之正規化輸出值

編號	訓練目標	訓練結果	編號	訓練目標	訓練結果	編號	訓練目標	訓練結果	編號	訓練目標	訓練結果	編號	訓練目標	訓練結果
1	0.633333	0.628148	56	0.1	0.523253	111	0.366667	0.595112	166	0.9	0.714401	221	0.9	0.714401
2	0.366667	0.587999	57	0.9	0.665048	112	0.366667	0.518656	167	0.633333	0.690926	222	0.633333	0.652942
3	0.633333	0.569863	58	0.366667	0.275294	113	0.1	0.446448	168	0.1	0.119138	223	0.633333	0.616169
4	0.633333	0.642275	59	0.633333	0.368237	114	0.9	0.668463	169	0.633333	0.469018	224	0.9	0.714401
5	0.9	0.563735	60	0.633333	0.153651	115	0.1	0.648543	170	0.366667	0.462505	225	0.633333	0.699104
6	0.633333	0.505052	61	0.9	0.481673	116	0.633333	0.668154	171	0.9	0.714401	226	0.9	0.714401
7	0.366667	0.132808	62	0.633333	0.455751	117	0.633333	0.5043	172	0.9	0.714401	227	0.9	0.714401
8	0.633333	0.334773	63	0.366667	0.622786	118	0.9	0.702362	173	0.9	0.714401	228	0.633333	0.685331
9	0.9	0.714401	64	0.633333	0.675735	119	0.633333	0.714917	174	0.9	0.714401	229	0.1	0.15831
10	0.633333	0.663101	65	0.9	0.664213	120	0.366667	0.525884	175	0.9	0.714401	230	0.633333	0.699307
11	0.633333	0.669081	66	0.633333	0.714401	121	0.366667	0.503849	176	0.9	0.714401	231	0.633333	0.426829
12	0.633333	0.690926	67	0.1	0.17098	122	0.633333	0.684501	177	0.366667	0.3905	232	0.9	0.714401
13	0.1	0.305069	68	0.633333	0.326633	123	0.366667	0.139849	178	0.633333	0.566428			
14	0.366667	0.640801	69	0.366667	0.529212	124	0.1	0.400881	179	0.633333	0.569863			
15	0.633333	0.66051	70	0.633333	0.164793	125	0.1	0.45146	180	0.633333	0.569863			
16	0.9	0.143461	71	0.633333	0.604045	126	0.9	0.667644	181	0.633333	0.477933			
17	0.633333	0.714401	72	0.633333	0.329844	127	0.366667	0.661681	182	0.633333	0.595112			
18	0.633333	0.714917	73	0.9	0.674464	128	0.366667	0.705969	183	0.633333	0.518656			
19	0.633333	0.714401	74	0.633333	0.139915	129	0.633333	0.737594	184	0.633333	0.634166			
20	0.633333	0.690926	75	0.633333	0.714401	130	0.9	0.720618	185	0.633333	0.685331			
21	0.366667	0.640361	76	0.9	0.307782	131	0.9	0.506776	186	0.366667	0.446448			
22	0.633333	0.695647	77	0.9	0.529212	132	0.1	0.714401	187	0.9	0.714401			
23	0.633333	0.714401	78	0.633333	0.630709	133	0.1	0.648525	188	0.1	0.365381			
24	0.633333	0.714401	79	0.366667	0.197224	134	0.366667	0.714401	189	0.633333	0.613331			
25	0.1	0.690926	80	0.9	0.351201	135	0.633333	0.616169	190	0.633333	0.668463			
26	0.366667	0.58365	81	0.366667	0.647497	136	0.9	0.699104	191	0.633333	0.648543			
27	0.9	0.714401	82	0.366667	0.714401	137	0.366667	0.714401	192	0.633333	0.672565			
28	0.9	0.455608	83	0.633333	0.619169	138	0.633333	0.685331	193	0.633333	0.668154			
29	0.633333	0.391507	84	0.633333	0.591939	139	0.633333	0.15831	194	0.633333	0.5043			
30	0.9	0.569863	85	0.9	0.714401	140	0.9	0.714401	195	0.633333	0.663375			
31	0.9	0.165633	86	0.1	0.321208	141	0.366667	0.321208	196	0.633333	0.702362			
32	0.633333	0.715865	87	0.366667	0.714401	142	0.633333	0.677252	197	0.633333	0.714917			
33	0.633333	0.165633	88	0.1	0.687532	143	0.9	0.714401	198	0.633333	0.563119			
34	0.633333	0.283341	89	0.1	0.296588	144	0.633333	0.687532	199	0.633333	0.525884			
35	0.633333	0.569863	90	0.366667	0.46746	145	0.366667	0.296588	200	0.633333	0.503849			
36	0.9	0.122129	91	0.366667	0.688542	146	0.366667	0.46746	201	0.633333	0.684501			
37	0.9	0.70129	92	0.9	0.355864	147	0.633333	0.688542	202	0.1	0.139849			
38	0.9	0.569863	93	0.633333	0.666538	148	0.1	0.374448	203	0.633333	0.585282			
39	0.633333	0.714401	94	0.633333	0.600022	149	0.366667	0.355864	204	0.633333	0.367476			
40	0.633333	0.638541	95	0.633333	0.701478	150	0.633333	0.666538	205	0.366667	0.400881			
41	0.633333	0.681	96	0.366667	0.714401	151	0.633333	0.600022	206	0.633333	0.637024			
42	0.633333	0.613843	97	0.366667	0.341922	152	0.633333	0.701478	207	0.633333	0.45146			
43	0.9	0.555864	98	0.1	0.646354	153	0.9	0.714401	208	0.633333	0.411885			
44	0.633333	0.714401	99	0.633333	0.715865	154	0.366667	0.341922	209	0.633333	0.667644			
45	0.9	0.652614	100	0.366667	0.674291	155	0.633333	0.713504	210	0.633333	0.661681			
46	0.633333	0.641775	101	0.633333	0.713005	156	0.366667	0.318161	211	0.633333	0.705969			
47	0.633333	0.714401	102	0.366667	0.714401	157	0.633333	0.646354	212	0.366667	0.245681			
48	0.633333	0.714401	103	0.633333	0.690926	158	0.9	0.714401	213	0.633333	0.737594			
49	0.366667	0.466687	104	0.633333	0.714401	159	0.633333	0.715865	214	0.633333	0.720618			
50	0.633333	0.714401	105	0.633333	0.714401	160	0.633333	0.674291	215	0.633333	0.689139			
51	0.1	0.228354	106	0.633333	0.714401	161	0.9	0.714401	216	0.633333	0.506776			
52	0.633333	0.395929	107	0.633333	0.3905	162	0.633333	0.684501	217	0.9	0.714401			
53	0.1	0.161978	108	0.9	0.566428	163	0.9	0.714401	218	0.633333	0.702362			
54	0.366667	0.421093	109	0.1	0.569863	164	0.633333	0.713005	219	0.633333	0.648525			
55	0.633333	0.690926	110	0.366667	0.569863	165	0.9	0.714401	220	0.9	0.714401			

附 錄 二

表20 232個測試案例於網路架構為20-21-1測試完成之正規化輸出值

編號	測試目標	測試結果	編號	測試目標	測試結果	編號	測試目標	測試結果	編號	測試目標	測試結果	編號	測試目標	測試結果
1	0.633333	0.668664	56	0.633333	0.656863	111	0.633333	0.64184	166	0.633333	0.682731	221	0.633333	0.657078
2	0.633333	0.618023	57	0.633333	0.6474	112	0.633333	0.699307	167	0.633333	0.675727	222	0.633333	0.712445
3	0.633333	0.710145	58	0.633333	0.682731	113	0.633333	0.664213	168	0.633333	0.651432	223	0.366667	0.527456
4	0.9	0.714401	59	0.633333	0.784539	114	0.633333	0.664213	169	0.633333	0.653237	224	0.1	0.162769
5	0.9	0.714401	60	0.633333	0.542275	115	0.633333	0.233708	170	0.9	0.714401	225	0.633333	0.608024
6	0.366667	0.246752	61	0.9	0.714401	116	0.366667	0.483823	171	0.9	0.714401	226	0.1	0.173574
7	0.633333	0.519547	62	0.633333	0.509327	117	0.9	0.714401	172	0.633333	0.624484	227	0.633333	0.622081
8	0.1	0.139615	63	0.633333	0.699307	118	0.9	0.714401	173	0.1	0.157211	228	0.633333	0.748287
9	0.9	0.700639	64	0.633333	0.699307	119	0.9	0.714401	174	0.9	0.714401	229	0.9	0.714401
10	0.633333	0.715164	65	0.633333	0.652614	120	0.633333	0.697686	175	0.9	0.714401	230	0.633333	0.547716
11	0.9	0.714401	66	0.9	0.714401	121	0.9	0.714401	176	0.633333	0.56699	231	0.366667	0.431548
12	0.633333	0.714917	67	0.633333	0.625535	122	0.633333	0.700913	177	0.633333	0.585794			
13	0.633333	0.611498	68	0.9	0.714401	123	0.9	0.714401	178	0.633333	0.666538			
14	0.9	0.714401	69	0.633333	0.67477	124	0.633333	0.643553	179	0.1	0.720074			
15	0.633333	0.689139	70	0.633333	0.546783	125	0.633333	0.584529	180	0.9	0.714401			
16	0.633333	0.681218	71	0.633333	0.699687	126	0.1	0.863202	181	0.9	0.714401			
17	0.1	0.173013	72	0.9	0.714401	127	0.633333	0.697718	182	0.9	0.714401			
18	0.366667	0.323736	73	0.9	0.714401	128	0.1	0.152261	183	0.9	0.714401			
19	0.9	0.714401	74	0.633333	0.719201	129	0.633333	0.678355	184	0.366667	0.297408			
20	0.9	0.714401	75	0.633333	0.32652	130	0.633333	0.630671	185	0.1	0.111633			
21	0.9	0.714401	76	0.633333	0.249921	131	0.9	0.714401	186	0.1	0.191759			
22	0.366667	0.780497	77	0.633333	0.189231	132	0.9	0.714401	187	0.1	0.3291			
23	0.633333	0.664296	78	0.633333	0.704316	133	0.9	0.714401	188	0.1	0.788268			
24	0.366667	0.230284	79	0.1	0.526832	134	0.633333	0.691074	189	0.366667	0.575842			
25	0.633333	0.29825	80	0.633333	0.710251	135	0.633333	0.476061	190	0.633333	0.700639			
26	0.9	0.714401	81	0.633333	0.666538	136	0.633333	0.725943	191	0.1	0.767716			
27	0.633333	0.715164	82	0.1	0.133073	137	0.366667	0.331802	192	0.633333	0.710693			
28	0.9	0.714401	83	0.633333	0.62997	138	0.633333	0.5821	193	0.366667	0.352549			
29	0.1	0.101642	84	0.633333	0.657893	139	0.1	0.582824	194	0.633333	0.699687			
30	0.9	0.714401	85	0.633333	0.631879	140	0.366667	0.371517	195	0.633333	0.601585			
31	0.9	0.714401	86	0.1	0.220933	141	0.366667	0.582877	196	0.633333	0.666538			
32	0.9	0.714401	87	0.1	0.216159	142	0.633333	0.694358	197	0.366667	0.510209			
33	0.633333	0.566774	88	0.633333	0.562122	143	0.633333	0.662383	198	0.366667	0.343153			
34	0.633333	0.678475	89	0.1	0.250602	144	0.366667	0.193549	199	0.633333	0.682731			
35	0.633333	0.627464	90	0.1	0.200889	145	0.1	0.166785	200	0.366667	0.27802			
36	0.366667	0.437426	91	0.366667	0.240015	146	0.633333	0.624625	201	0.633333	0.585238			
37	0.366667	0.401908	92	0.633333	0.553072	147	0.9	0.714401	202	0.9	0.714401			
38	0.633333	0.715581	93	0.9	0.714401	148	0.9	0.714401	203	0.633333	0.585081			
39	0.633333	0.711467	94	0.633333	0.711529	149	0.633333	0.442674	204	0.633333	0.685254			
40	0.1	0.26628	95	0.9	0.714401	150	0.633333	0.652519	205	0.9	0.714401			
41	0.633333	0.560152	96	0.633333	0.714401	151	0.633333	0.774611	206	0.633333	0.701418			
42	0.9	0.714401	97	0.633333	0.573778	152	0.633333	0.725943	207	0.633333	0.702362			
43	0.633333	0.691773	98	0.1	0.334877	153	0.9	0.714401	208	0.1	0.154413			
44	0.633333	0.611721	99	0.633333	0.665628	154	0.633333	0.714917	209	0.366667	0.178895			
45	0.633333	0.589477	100	0.633333	0.690926	155	0.1	0.121248	210	0.633333	0.661415			
46	0.1	0.311586	101	0.366667	0.891781	156	0.633333	0.687388	211	0.9	0.714401			
47	0.9	0.714401	102	0.633333	0.668408	157	0.633333	0.442674	212	0.633333	0.702429			
48	0.633333	0.634231	103	0.633333	0.708682	158	0.633333	0.687852	213	0.633333	0.666538			
49	0.633333	0.585166	104	0.366667	0.131662	159	0.633333	0.633119	214	0.633333	0.702456			
50	0.633333	0.701422	105	0.633333	0.679799	160	0.633333	0.664213	215	0.9	0.714401			
51	0.633333	0.32232	106	0.366667	0.862295	161	0.633333	0.38187	216	0.366667	0.448842			
52	0.633333	0.670046	107	0.366667	0.665256	162	0.633333	0.536198	217	0.9	0.714401			
53	0.9	0.714401	108	0.366667	0.314392	163	0.366667	0.584544	218	0.633333	0.715164			
54	0.633333	0.630456	109	0.633333	0.893906	164	0.633333	0.665628	219	0.633333	0.585238			
55	0.9	0.714401	110	0.633333	0.630703	165	0.9	0.714401	220	0.633333	0.690926			

附 錄 三

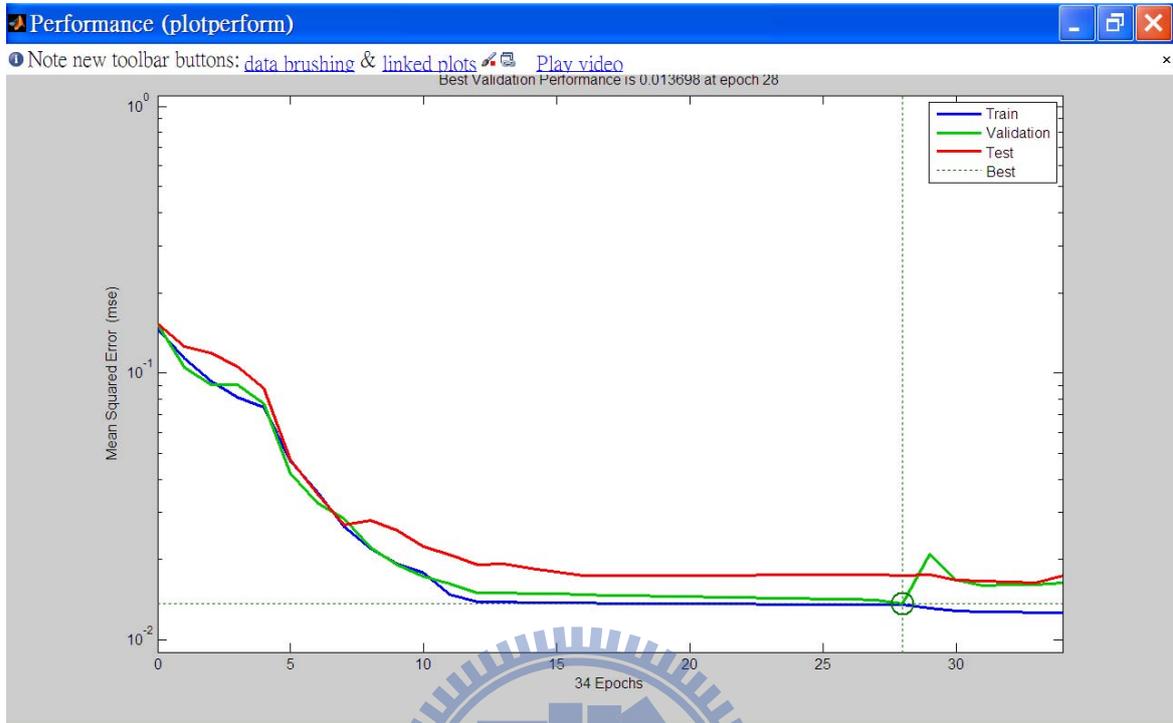


圖 26 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-10-1 之 MSE 收斂畫面

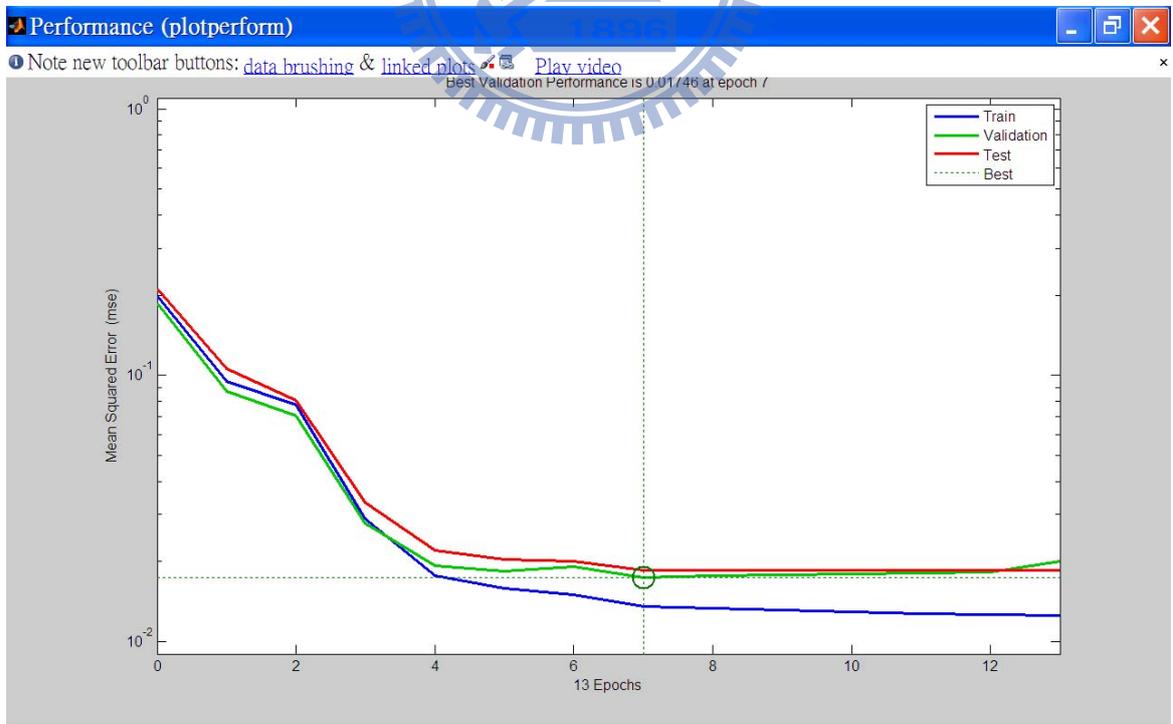


圖 27 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-11-1 之 MSE 收斂畫面

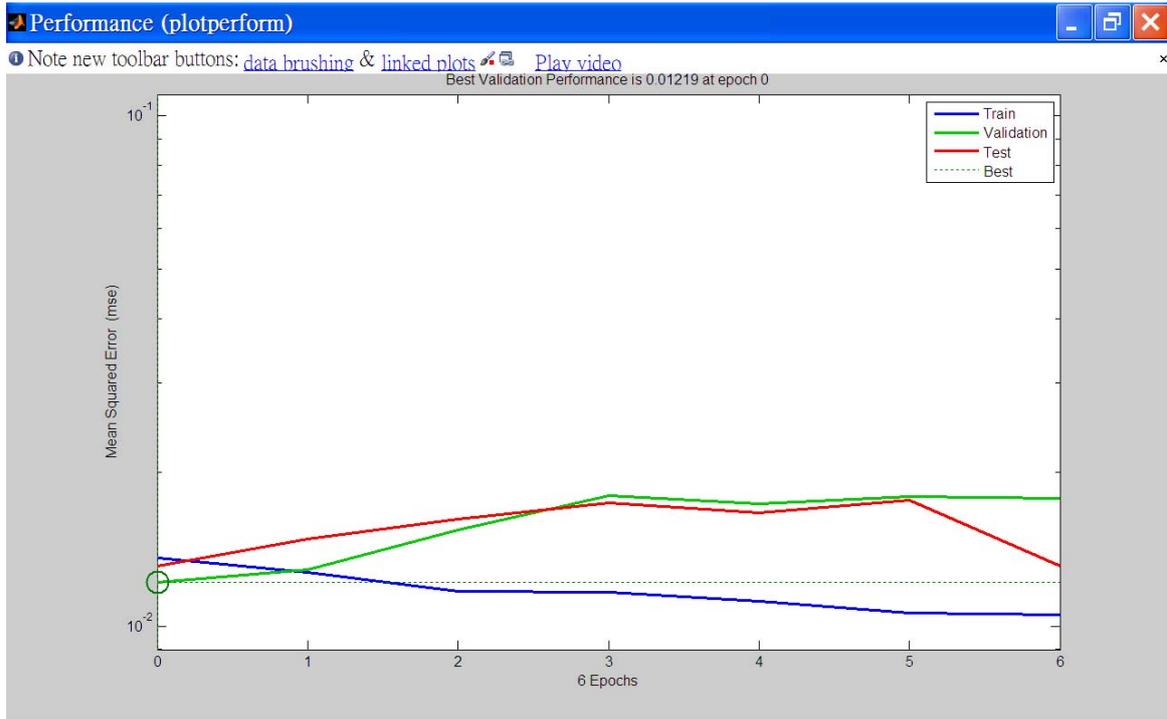


圖 28 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-20-1 之 MSE 收斂畫面

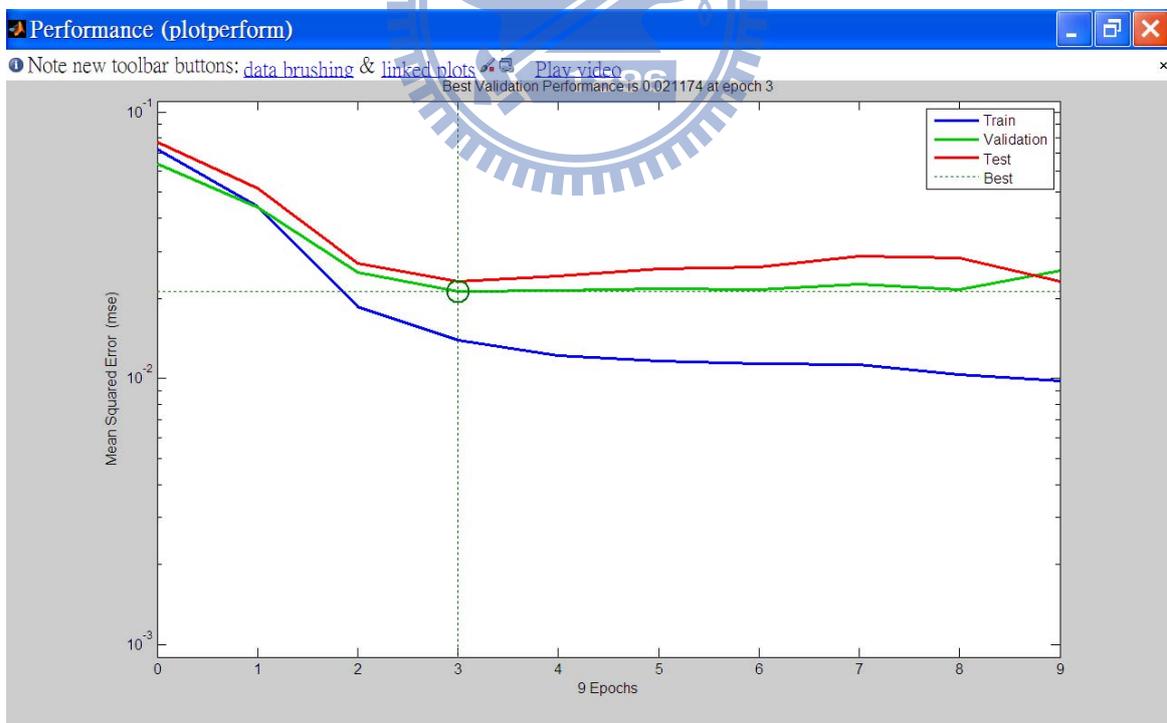


圖 29 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-21-1 之 MSE 收斂畫面

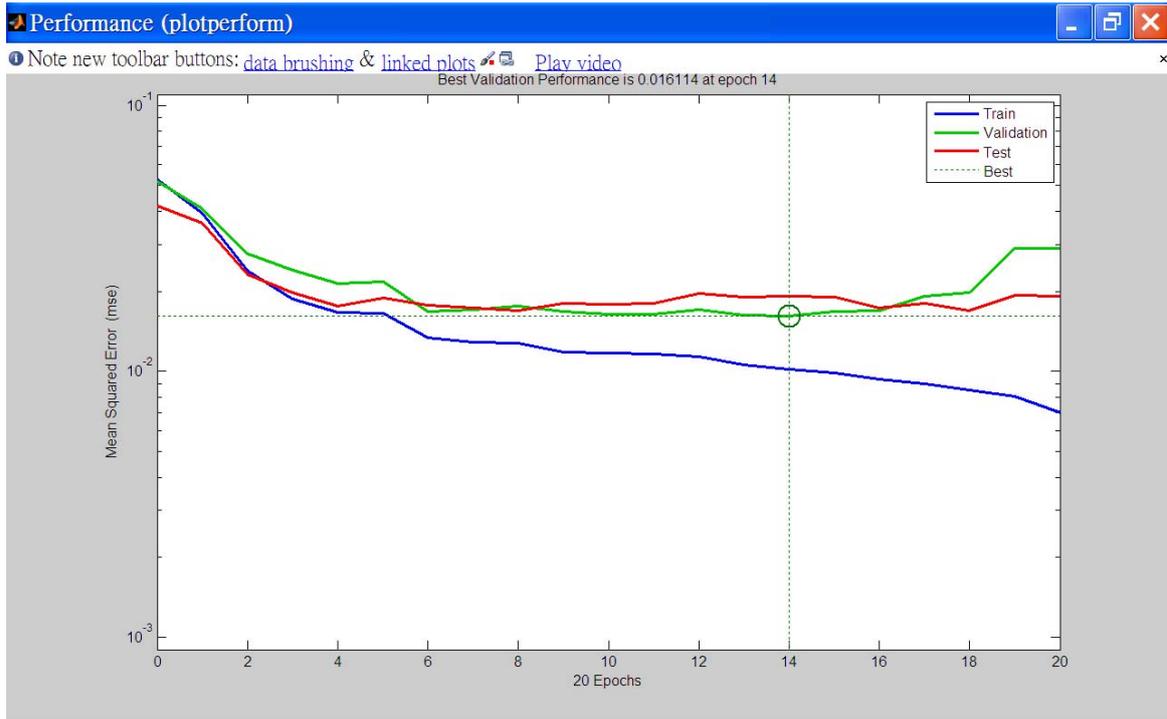


圖 30 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-30-1 之 MSE 收斂畫面

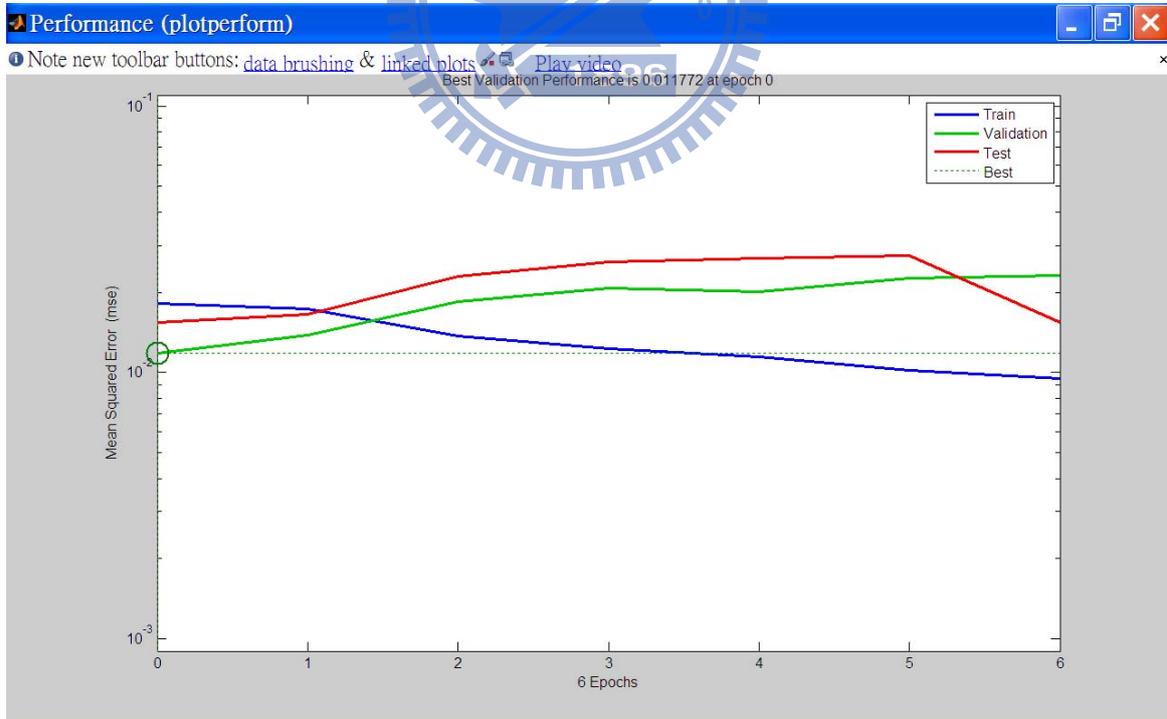


圖 31 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-40-1 之 MSE 收斂畫面

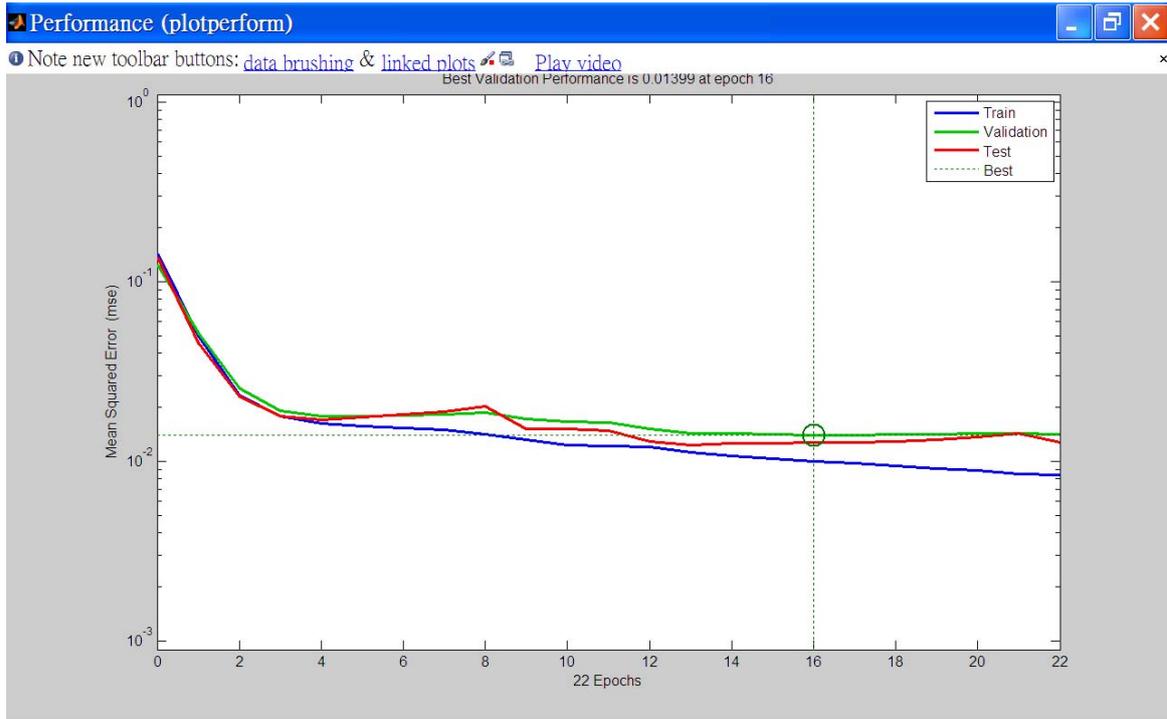


圖 32 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-42-1 之 MSE 收斂畫面

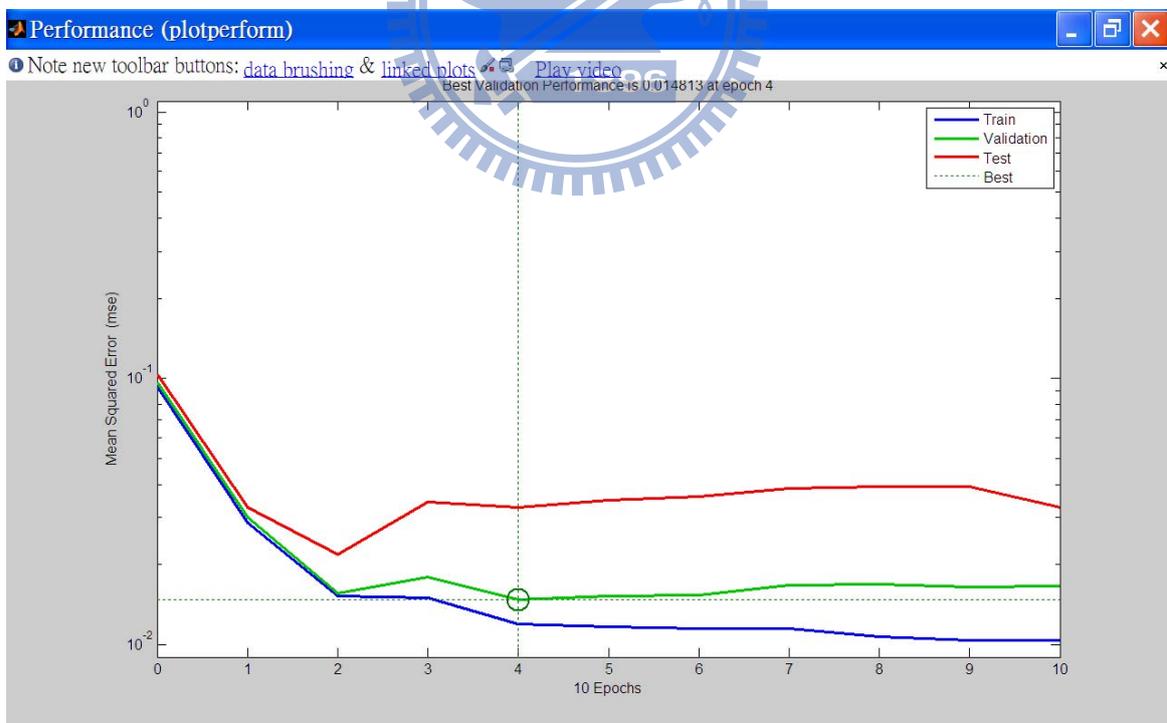


圖 33 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-50-1 之 MSE 收斂畫面

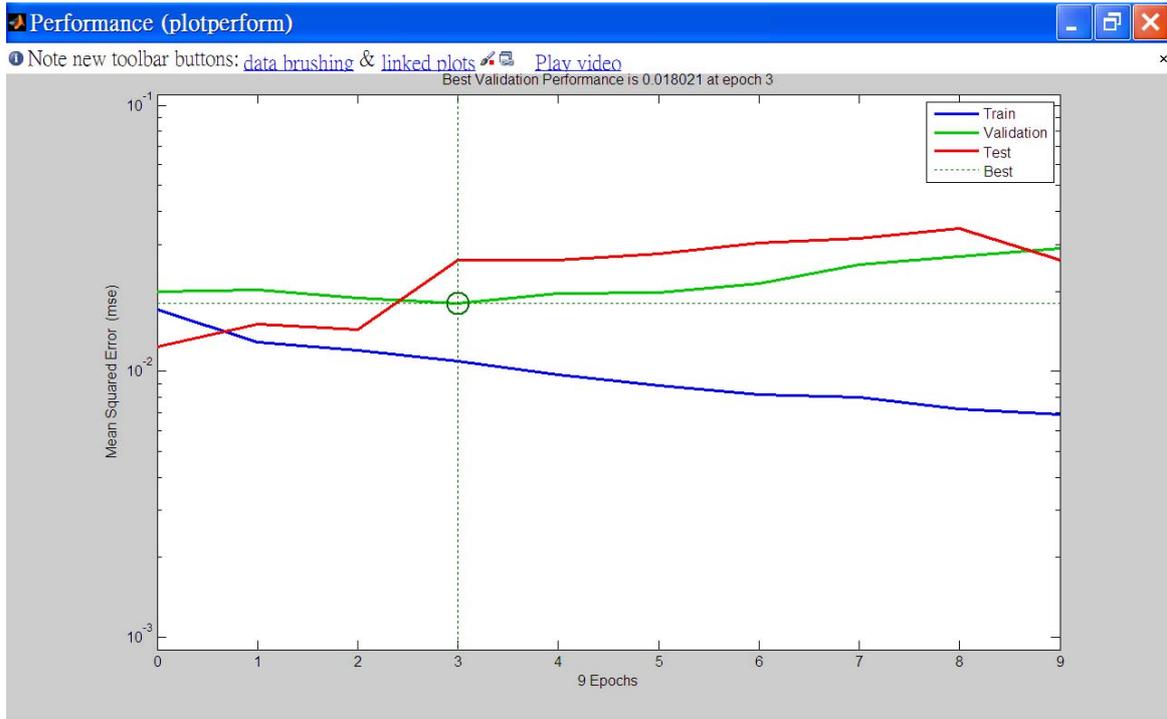


圖 34 學習與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-60-1 之 MSE 收斂畫面

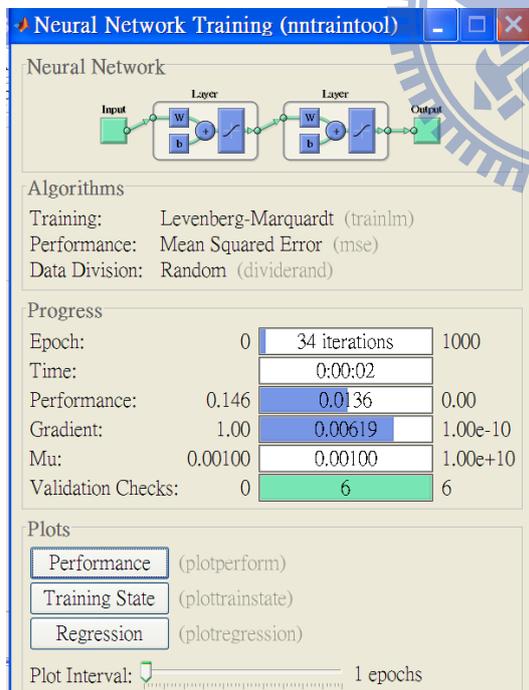


圖 35 學習與測試數量比例為 4:1，網路架構為 20-10-1 訓練完成狀況畫面

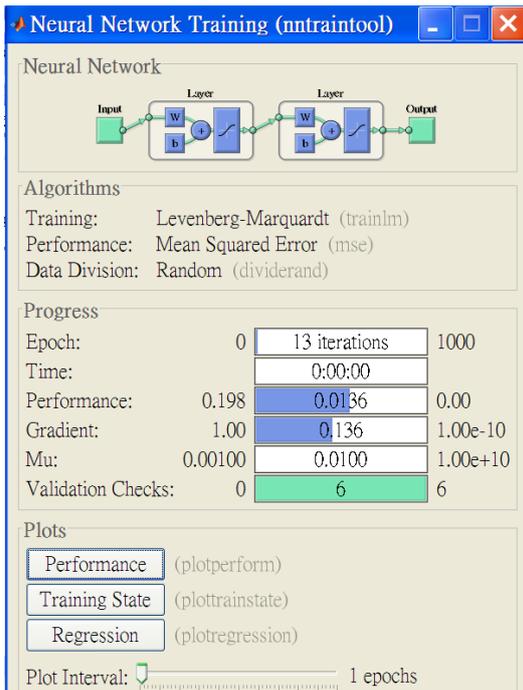


圖 36 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-11-1 訓練完成狀況畫面

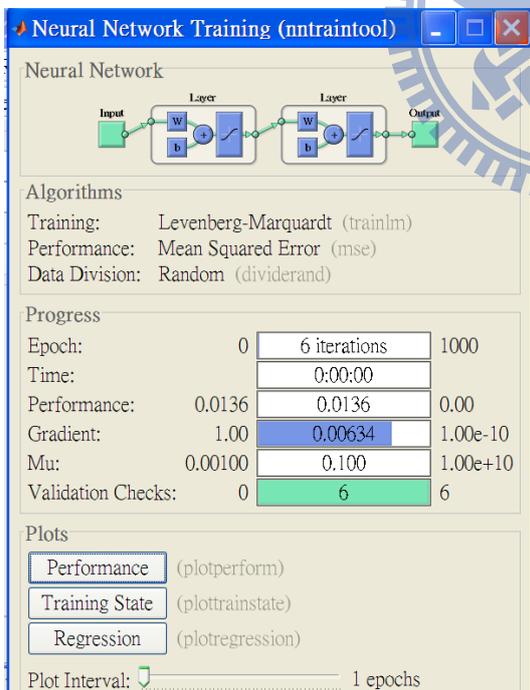


圖 37 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-20-1 訓練完成狀況畫面

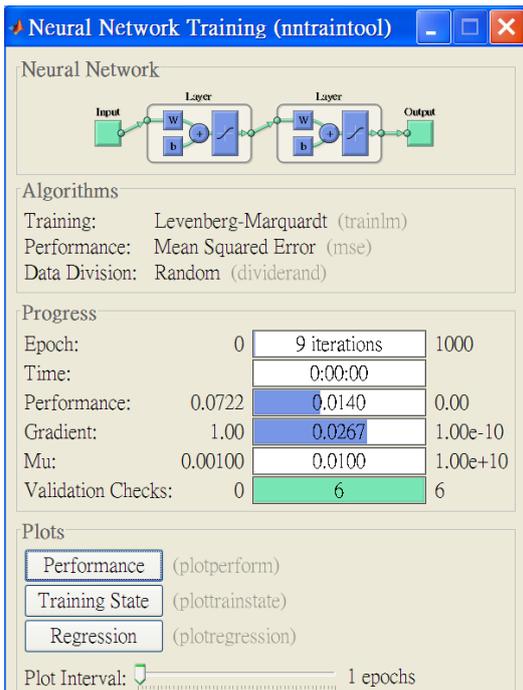


圖 38 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-21-1 訓練完成狀況畫面

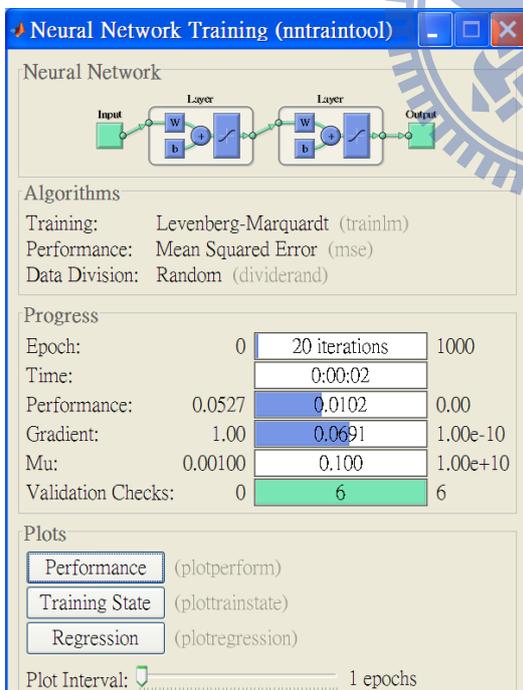


圖 39 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-30-1 訓練完成狀況畫面

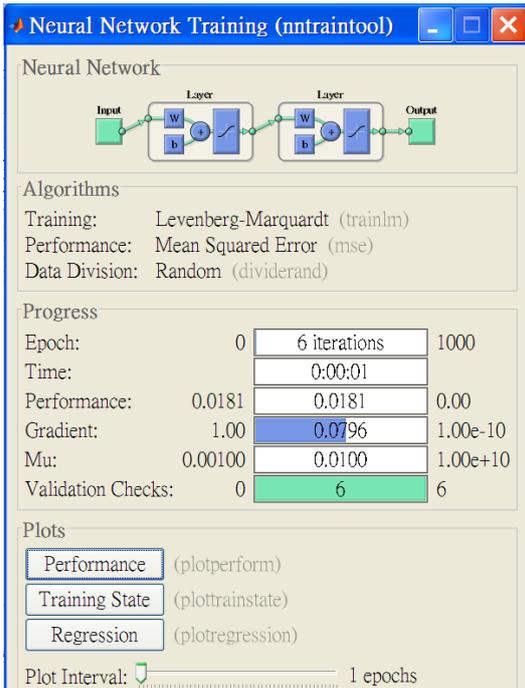


圖 40 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-40-1 訓練完成狀況畫面

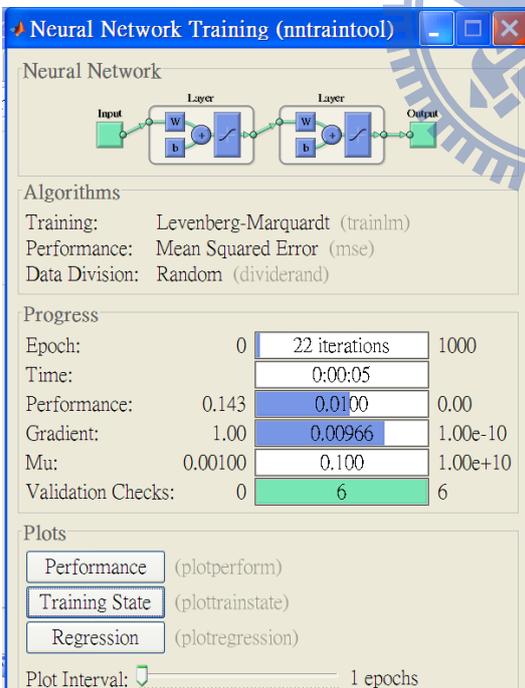


圖 41 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-42-1 訓練完成狀況畫面

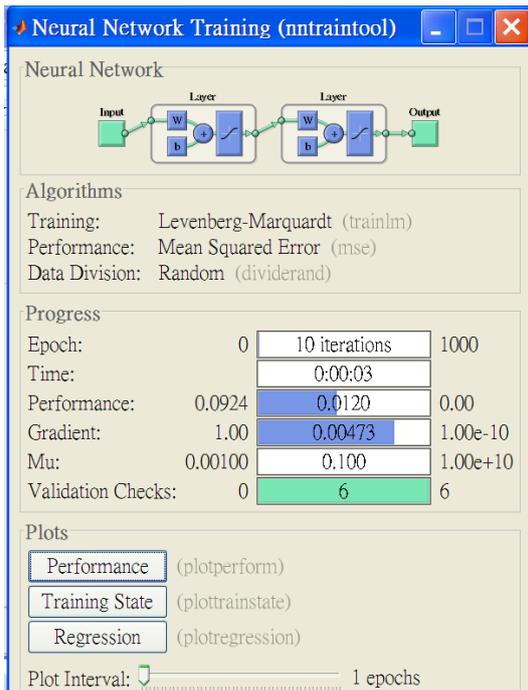


圖 42 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-50-1 訓練完成狀況畫面

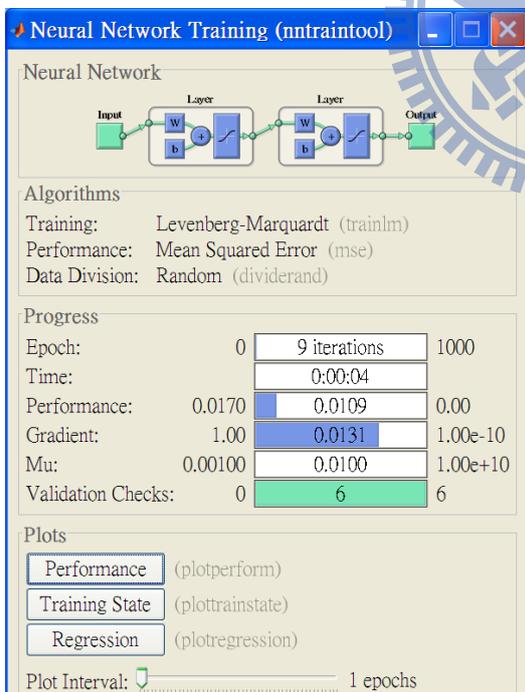


圖 43 學習與測試數量比例為 4 : 1，網路架構為 20-60-1 訓練完成狀況畫面

附 錄 四

表21 各網路架構訓練完成之正規化輸出值

類神經 架構	N20-10-1	N20-11-1	N20-20-1	N20-21-1	N20-30-1	N20-40-1	N20-42-1	N20-50-1	N20-60-1
編號	類神經 訓練成果	類神經 學習成果	類神經 學習成果	類神經 學習成果	類神經 學習成果	類神經 學習成果	類神經 學習成果	類神經 學習成果	類神經 學習成果
1	0.190675	0.519797	0.628599	0.581121	0.360559	0.101578	0.594933	0.313109	0.605353
2	0.602634	0.3826	0.707899	0.354027	0.76724	0.372546	0.581513	0.428443	0.389876
3	0.767662	0.678299	0.584174	0.666448	0.622916	0.707269	0.66441	0.753531	0.459343
4	0.694583	0.555464	0.778604	0.680846	0.571162	0.73366	0.6439	0.772758	0.707657
5	0.392454	0.720756	0.492807	0.549711	0.603987	0.691732	0.553366	0.686499	0.810696
6	0.684461	0.684736	0.566396	0.354927	0.351108	0.550077	0.685088	0.561341	0.696581
7	0.185928	0.365854	0.341257	0.668406	0.732875	0.73366	0.780745	0.548446	0.589494
8	0.211717	0.740331	0.758875	0.247037	0.76724	0.263825	0.609821	0.208091	0.810696
9	0.767662	0.680459	0.713083	0.215669	0.69924	0.430486	0.741047	0.254092	0.601456
10	0.664247	0.718759	0.705638	0.647528	0.677243	0.686082	0.706658	0.772758	0.722648
11	0.621255	0.682266	0.747162	0.60898	0.734102	0.113455	0.727072	0.666489	0.142389
12	0.710295	0.522198	0.361925	0.70147	0.391433	0.731767	0.375556	0.735894	0.782291
13	0.716723	0.757284	0.203292	0.680402	0.66881	0.73366	0.659329	0.731466	0.73196
14	0.359604	0.757284	0.778604	0.674456	0.7486	0.662978	0.761491	0.38627	0.590564
15	0.590064	0.757284	0.778604	0.614649	0.112808	0.730676	0.171701	0.695698	0.772617
16	0.739672	0.718759	0.778604	0.695391	0.744209	0.697924	0.464932	0.641859	0.789428
17	0.767662	0.718759	0.778604	0.490893	0.76724	0.634607	0.780745	0.173629	0.134635
18	0.767662	0.654378	0.747162	0.716088	0.734102	0.128526	0.780745	0.76044	0.50637
19	0.762169	0.757284	0.6755	0.71311	0.734014	0.732947	0.745874	0.731466	0.810696
20	0.767662	0.757284	0.760771	0.716088	0.76724	0.73366	0.745874	0.736329	0.810696
21	0.716723	0.757284	0.778604	0.680402	0.76724	0.697924	0.780745	0.772758	0.802134
22	0.731295	0.718759	0.747162	0.680402	0.734102	0.663378	0.745874	0.772758	0.810696
23	0.767662	0.680459	0.562338	0.684183	0.734102	0.700693	0.641493	0.772758	0.810696
24	0.767662	0.582439	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.690834	0.772617
25	0.767662	0.405404	0.500803	0.680402	0.514221	0.73366	0.780745	0.772758	0.677139
26	0.716723	0.757284	0.778604	0.680402	0.76724	0.73366	0.622015	0.4321	0.761293
27	0.716723	0.714288	0.747162	0.716088	0.716707	0.697924	0.737122	0.772758	0.810696
28	0.664247	0.709834	0.438938	0.442069	0.734102	0.662978	0.745874	0.728729	0.772617
29	0.640047	0.718759	0.721417	0.716088	0.571162	0.73366	0.424332	0.721955	0.810696
30	0.520523	0.349312	0.347432	0.673792	0.151193	0.73366	0.553366	0.731466	0.763356
31	0.704299	0.555464	0.584174	0.672545	0.571162	0.65182	0.707521	0.561341	0.772617
32	0.716723	0.152606	0.333659	0.680402	0.124876	0.224747	0.190302	0.706977	0.589494
33	0.302709	0.152606	0.778604	0.698818	0.76724	0.550077	0.370523	0.561341	0.759031
34	0.52097	0.33501	0.641835	0.201801	0.610091	0.177138	0.553366	0.772758	0.789428
35	0.738144	0.187563	0.761051	0.394184	0.7486	0.726783	0.780745	0.644381	0.810696
36	0.229727	0.735355	0.778604	0.549711	0.733823	0.177138	0.549062	0.749213	0.74962
37	0.354673	0.757284	0.730079	0.716088	0.665674	0.380406	0.761491	0.561341	0.641497
38	0.52097	0.612096	0.638978	0.716088	0.360926	0.550077	0.627856	0.772758	0.810696
39	0.518161	0.67607	0.657864	0.688928	0.717717	0.648077	0.684938	0.739328	0.698569
40	0.739672	0.644267	0.778604	0.716088	0.582837	0.550077	0.780745	0.616302	0.437188
41	0.767662	0.710816	0.697046	0.650572	0.585025	0.612085	0.681396	0.708772	0.755518
42	0.767662	0.651786	0.37088	0.68649	0.656947	0.706273	0.593611	0.698571	0.661373
43	0.680492	0.6563	0.736861	0.662065	0.76724	0.73366	0.6744	0.378948	0.651952
44	0.397557	0.620557	0.646805	0.632884	0.658409	0.351606	0.780745	0.735609	0.58097
45	0.626063	0.757284	0.657773	0.716088	0.76724	0.705215	0.780745	0.675762	0.810696
46	0.68076	0.708117	0.654063	0.716088	0.648235	0.693017	0.635614	0.683731	0.695353
47	0.767662	0.697816	0.778604	0.716088	0.76724	0.688184	0.308596	0.698953	0.810696
48	0.491223	0.757284	0.665237	0.32089	0.393295	0.624833	0.4566	0.772758	0.581682
49	0.767662	0.278092	0.346914	0.716088	0.551217	0.73366	0.493294	0.718348	0.380194
50	0.327271	0.757284	0.778604	0.280487	0.740955	0.7034	0.112481	0.702288	0.810696
51	0.510682	0.242485	0.283429	0.536697	0.76724	0.73366	0.42201	0.772758	0.288498
52	0.744207	0.524909	0.564015	0.716088	0.147174	0.130637	0.369584	0.772758	0.770231

附 錄 四

表21 各網路架構訓練完成之正規化輸出值

53	0.377124	0.537568	0.57421	0.180322	0.105258	0.284289	0.745874	0.557372	0.810696
54	0.361802	0.153189	0.778604	0.439216	0.387967	0.507231	0.56372	0.772758	0.10199
55	0.716723	0.405504	0.108922	0.113039	0.358822	0.100103	0.693524	0.518906	0.406551
56	0.627661	0.122506	0.20278	0.374586	0.373302	0.503638	0.622168	0.536688	0.410935
57	0.441899	0.358937	0.383311	0.533483	0.616292	0.290298	0.108004	0.772758	0.772617
58	0.341615	0.453952	0.43558	0.599477	0.415693	0.697924	0.460222	0.112353	0.615645
59	0.604172	0.718759	0.747162	0.667127	0.53106	0.432214	0.382968	0.396191	0.627336
60	0.518606	0.528148	0.74602	0.126854	0.739554	0.374512	0.640976	0.182541	0.343469
61	0.58436	0.682204	0.531796	0.499146	0.743775	0.394569	0.623317	0.109927	0.571778
62	0.479156	0.352845	0.434607	0.551343	0.622916	0.111436	0.751664	0.332599	0.798384
63	0.731105	0.316229	0.317922	0.690028	0.130813	0.470305	0.6439	0.494617	0.788317
64	0.709354	0.239886	0.407106	0.502243	0.477293	0.544554	0.469193	0.731466	0.810696
65	0.677254	0.111003	0.540558	0.680846	0.105146	0.538782	0.435299	0.654394	0.188889
66	0.373966	0.485782	0.458449	0.716088	0.76724	0.686808	0.103867	0.341921	0.102389
67	0.65159	0.541341	0.40513	0.189181	0.740955	0.691732	0.104175	0.105891	0.658295
68	0.744207	0.425293	0.778604	0.610071	0.592369	0.73366	0.780894	0.528511	0.810696
69	0.681019	0.749045	0.161643	0.636893	0.76724	0.144551	0.574037	0.425678	0.668985
70	0.627731	0.678299	0.130743	0.135102	0.357607	0.409638	0.780745	0.50931	0.322813
71	0.423196	0.757284	0.778604	0.700028	0.58317	0.68043	0.371318	0.513173	0.145304
72	0.367714	0.16148	0.749717	0.587445	0.723671	0.117936	0.313424	0.738368	0.810696
73	0.497027	0.61505	0.778604	0.509947	0.130079	0.73366	0.505946	0.499942	0.319943
74	0.106151	0.12548	0.355276	0.18741	0.346882	0.543989	0.720456	0.113648	0.616422
75	0.767662	0.757284	0.364341	0.716088	0.546057	0.648632	0.18933	0.772758	0.734804
76	0.445982	0.230596	0.753926	0.789199	0.164234	0.35357	0.37701	0.145496	0.810696
77	0.595688	0.633204	0.778604	0.716088	0.172667	0.358757	0.584375	0.75687	0.810696
78	0.767662	0.618753	0.404593	0.716088	0.76724	0.704235	0.780745	0.65467	0.150122
79	0.109298	0.373917	0.592926	0.410262	0.678974	0.158132	0.780745	0.34647	0.146663
80	0.273145	0.462762	0.778604	0.304815	0.269404	0.251276	0.154644	0.380891	0.671275
81	0.664236	0.714812	0.778604	0.472456	0.629667	0.448986	0.106898	0.511027	0.585172
82	0.767662	0.757284	0.278975	0.612934	0.688581	0.73366	0.404896	0.141263	0.309776
83	0.532727	0.53571	0.300288	0.716088	0.574036	0.73366	0.780745	0.772758	0.640459
84	0.542085	0.681531	0.691961	0.622374	0.727028	0.674431	0.650781	0.670345	0.810696
85	0.591469	0.757284	0.778604	0.641183	0.327417	0.31016	0.602749	0.772758	0.390321
86	0.767662	0.314625	0.706146	0.350953	0.691121	0.726793	0.780745	0.258368	0.693404
87	0.767662	0.254481	0.664854	0.716088	0.76724	0.132542	0.780745	0.209137	0.749978
88	0.299591	0.447559	0.30099	0.699783	0.31701	0.401173	0.636845	0.482329	0.10113
89	0.645254	0.649975	0.658824	0.324627	0.642077	0.730605	0.748436	0.772758	0.642035
90	0.723804	0.757284	0.778604	0.703023	0.76724	0.73366	0.3635	0.689735	0.810696
91	0.379279	0.625031	0.719877	0.712106	0.659458	0.633512	0.567583	0.304486	0.451104
92	0.593871	0.635831	0.178188	0.675234	0.678067	0.73366	0.72817	0.697291	0.810696
93	0.399331	0.757284	0.75498	0.68706	0.76724	0.726783	0.371146	0.712964	0.721219
94	0.556815	0.305061	0.720684	0.498914	0.76724	0.70823	0.780745	0.31579	0.810696
95	0.767662	0.652032	0.778604	0.654038	0.76724	0.73366	0.684467	0.734991	0.810696
96	0.722516	0.757284	0.567603	0.407942	0.101077	0.73366	0.746326	0.16773	0.801986
97	0.767662	0.709198	0.685782	0.625686	0.597849	0.730468	0.780745	0.3627	0.810696
98	0.662223	0.210015	0.594368	0.716088	0.435977	0.73366	0.773145	0.755343	0.117961
99	0.767662	0.365229	0.778604	0.698818	0.76724	0.73366	0.780745	0.634135	0.564724
100	0.767662	0.450103	0.721417	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.712215	0.810696
101	0.767662	0.358158	0.778604	0.695463	0.76724	0.73366	0.102137	0.772758	0.810696
102	0.514631	0.587116	0.747307	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.382971	0.810696
103	0.767662	0.757284	0.77948	0.712745	0.76724	0.73366	0.780745	0.377235	0.495251
104	0.767662	0.711921	0.778604	0.716088	0.315839	0.73366	0.780745	0.569421	0.630095
105	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.495284	0.73366	0.780745	0.772758	0.599937
106	0.767662	0.754437	0.778604	0.11002	0.571162	0.587668	0.780745	0.73931	0.597176
107	0.767662	0.757284	0.112055	0.502023	0.571162	0.550077	0.560695	0.772758	0.755026
108	0.468514	0.110969	0.570408	0.461188	0.587995	0.631336	0.553366	0.769391	0.437317
109	0.52097	0.436283	0.778604	0.716088	0.519428	0.704882	0.553366	0.772758	0.677937

附 錄 四

表21 各網路架構訓練完成之正規化輸出值

110	0.52097	0.757284	0.778604	0.716088	0.592058	0.733537	0.575421	0.426989	0.688125
111	0.466334	0.757284	0.778604	0.716088	0.686849	0.73366	0.56075	0.772758	0.744702
112	0.608121	0.757284	0.517329	0.716088	0.577823	0.317029	0.640363	0.772758	0.720626
113	0.575236	0.757284	0.584174	0.787768	0.753822	0.613134	0.370411	0.772758	0.606009
114	0.418603	0.509754	0.584174	0.549711	0.744209	0.699183	0.257473	0.772758	0.802134
115	0.570289	0.635292	0.39376	0.566988	0.601918	0.713212	0.699327	0.586132	0.571231
116	0.66551	0.555464	0.602085	0.510163	0.634896	0.686461	0.728729	0.561341	0.600817
117	0.551224	0.555464	0.72639	0.605535	0.515311	0.700292	0.708283	0.595439	0.74351
118	0.760399	0.533729	0.431566	0.623774	0.71862	0.375446	0.761078	0.648535	0.612957
119	0.762169	0.734965	0.25033	0.662342	0.140309	0.716352	0.767068	0.70767	0.454759
120	0.537141	0.301885	0.568212	0.662292	0.577421	0.732947	0.648155	0.696769	0.733104
121	0.587514	0.603742	0.722677	0.67575	0.536235	0.697218	0.713645	0.707521	0.660936
122	0.498457	0.681834	0.6119	0.71311	0.537208	0.654115	0.575128	0.707002	0.767121
123	0.707416	0.708657	0.567096	0.611767	0.462121	0.132243	0.366008	0.612472	0.525587
124	0.159926	0.693124	0.635595	0.484882	0.447582	0.543989	0.563402	0.693071	0.814298
125	0.447894	0.587389	0.665232	0.587445	0.636688	0.61329	0.447462	0.76044	0.675213
126	0.392708	0.616713	0.489869	0.463715	0.58209	0.502023	0.48879	0.620124	0.725752
127	0.602285	0.707357	0.65038	0.610718	0.753822	0.668264	0.688192	0.613881	0.580749
128	0.705688	0.215303	0.650722	0.697157	0.687916	0.584365	0.780745	0.71707	0.810696
129	0.75668	0.390524	0.731087	0.517338	0.63553	0.713907	0.780745	0.285301	0.794653
130	0.625612	0.68313	0.666025	0.690402	0.715868	0.557257	0.780745	0.438225	0.714965
131	0.767662	0.538929	0.681564	0.716088	0.76724	0.73366	0.706254	0.734934	0.810696
132	0.760399	0.639484	0.514601	0.664584	0.76724	0.648755	0.683581	0.635827	0.75848
133	0.61305	0.477024	0.778604	0.700763	0.703749	0.73366	0.780745	0.753585	0.643259
134	0.712146	0.757284	0.741296	0.716088	0.197314	0.709945	0.72649	0.748364	0.810696
135	0.623572	0.745371	0.740109	0.716088	0.742063	0.708756	0.250709	0.581154	0.76137
136	0.767662	0.6687	0.778604	0.708117	0.51388	0.73366	0.76076	0.65508	0.810696
137	0.736875	0.757284	0.736158	0.374731	0.76724	0.73366	0.452025	0.559836	0.810696
138	0.767662	0.757284	0.666718	0.697995	0.556651	0.42919	0.780745	0.772758	0.755026
139	0.767662	0.669956	0.770258	0.708967	0.734726	0.330573	0.780745	0.716132	0.779047
140	0.733588	0.757284	0.778604	0.716088	0.732295	0.73366	0.359197	0.745835	0.520386
141	0.285531	0.757284	0.778604	0.616893	0.76724	0.729826	0.471944	0.672767	0.572426
142	0.525054	0.250155	0.228324	0.713016	0.76724	0.73366	0.11401	0.772758	0.765306
143	0.687638	0.408224	0.778604	0.71143	0.13023	0.342585	0.763209	0.75109	0.810696
144	0.767662	0.757284	0.66933	0.716088	0.414942	0.734567	0.767068	0.274511	0.493972
145	0.100061	0.704949	0.7524	0.350449	0.76724	0.732415	0.626232	0.748922	0.10325
146	0.754325	0.726445	0.778604	0.716088	0.76724	0.732947	0.688192	0.434079	0.797099
147	0.75916	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.584004	0.351603	0.750003	0.810696
148	0.473551	0.293252	0.364283	0.530336	0.371956	0.73366	0.780745	0.772758	0.614226
149	0.682259	0.138677	0.116818	0.643331	0.667576	0.691363	0.380213	0.772758	0.810696
150	0.340087	0.750411	0.751212	0.290524	0.634282	0.681815	0.691773	0.322803	0.740166
151	0.767662	0.682625	0.778604	0.673779	0.76724	0.41086	0.649936	0.514809	0.176418
152	0.767662	0.695623	0.657202	0.71143	0.732295	0.73366	0.101087	0.105094	0.810696
153	0.106307	0.169237	0.778604	0.716088	0.76724	0.243166	0.780745	0.763462	0.810696
154	0.649356	0.316234	0.681564	0.107803	0.10249	0.73366	0.780745	0.772758	0.303228
155	0.649455	0.757284	0.72325	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.76044	0.797099
156	0.75916	0.757284	0.172426	0.716088	0.76724	0.100929	0.714326	0.65508	0.100049
157	0.767662	0.757284	0.342802	0.716088	0.723322	0.73366	0.580082	0.728265	0.810696
158	0.10032	0.363345	0.778604	0.670753	0.526438	0.674283	0.348986	0.155898	0.810696
159	0.767662	0.706253	0.736767	0.628924	0.390637	0.430276	0.372927	0.379303	0.810696
160	0.767662	0.757284	0.778604	0.459469	0.708018	0.431675	0.743975	0.772758	0.59013
161	0.511234	0.750411	0.778604	0.440725	0.758741	0.731002	0.765341	0.772758	0.406355
162	0.610774	0.757284	0.778604	0.707698	0.108153	0.7066	0.100134	0.665543	0.785682
163	0.37787	0.757284	0.558521	0.124833	0.612904	0.657738	0.61003	0.242874	0.100109
164	0.76345	0.564874	0.745915	0.661022	0.679717	0.707876	0.750278	0.772758	0.617255
165	0.633883	0.751416	0.344961	0.716088	0.498227	0.168586	0.531424	0.101688	0.655464
166	0.767662	0.139689	0.74137	0.676738	0.76724	0.702814	0.17468	0.772758	0.713558

附 錄 四

表21 各網路架構訓練完成之正規化輸出值

167	0.741392	0.657998	0.779788	0.285804	0.644195	0.686797	0.691224	0.772758	0.810696
168	0.65361	0.757284	0.112412	0.716088	0.728462	0.709881	0.62098	0.542899	0.676944
169	0.342141	0.728867	0.683574	0.639972	0.610738	0.655732	0.669504	0.727396	0.768623
170	0.767662	0.596847	0.586566	0.685015	0.76724	0.630487	0.780745	0.557	0.681251
171	0.767662	0.233475	0.597497	0.620072	0.546363	0.73366	0.628828	0.419673	0.810696
172	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.657086	0.624625	0.780745	0.739521	0.620418
173	0.69232	0.757284	0.705078	0.647485	0.76724	0.556846	0.624256	0.104839	0.695353
174	0.734412	0.757284	0.714312	0.701846	0.76724	0.73366	0.730546	0.601348	0.810696
175	0.666454	0.66443	0.606386	0.605737	0.477179	0.673664	0.61979	0.663779	0.68795
176	0.608877	0.725981	0.778604	0.528811	0.730741	0.732492	0.76076	0.262572	0.810696
177	0.739732	0.59214	0.68359	0.716088	0.76724	0.732492	0.76076	0.716835	0.753001
178	0.669648	0.449639	0.778604	0.620654	0.698675	0.72606	0.710791	0.574243	0.625991
179	0.699432	0.63701	0.695111	0.716088	0.566167	0.73366	0.780745	0.639528	0.724504
180	0.469835	0.731429	0.728073	0.608707	0.759541	0.73366	0.780745	0.772758	0.415952
181	0.767662	0.731429	0.778604	0.716088	0.725571	0.701534	0.713397	0.772758	0.71817
182	0.767662	0.708117	0.748408	0.670819	0.133432	0.623309	0.571753	0.723977	0.475108
183	0.707638	0.757284	0.778604	0.701446	0.673775	0.727553	0.763123	0.748922	0.131661
184	0.49276	0.706996	0.742605	0.66821	0.661865	0.73366	0.485736	0.748922	0.688827
185	0.391644	0.741159	0.616371	0.562549	0.100628	0.681858	0.484347	0.718348	0.662782
186	0.750905	0.757284	0.778604	0.713654	0.107865	0.578467	0.329668	0.772758	0.100015
187	0.670925	0.680382	0.592603	0.712106	0.11838	0.461641	0.65927	0.769074	0.100211
188	0.672628	0.354973	0.709048	0.162981	0.342365	0.672629	0.102478	0.772758	0.651587
189	0.100033	0.600293	0.769362	0.615239	0.566405	0.734152	0.101383	0.772758	0.118904
190	0.100058	0.524044	0.7004	0.111125	0.552261	0.730605	0.659944	0.720779	0.301735
191	0.551078	0.736621	0.654754	0.155271	0.76724	0.581804	0.115273	0.475766	0.59211
192	0.223152	0.662286	0.706158	0.117945	0.62045	0.101286	0.128465	0.715617	0.810696
193	0.186874	0.104349	0.102127	0.323175	0.588688	0.123171	0.38699	0.67617	0.810696
194	0.352056	0.122966	0.149211	0.528406	0.118674	0.277724	0.543144	0.72792	0.605838
195	0.542191	0.116879	0.387693	0.66947	0.734102	0.510669	0.780745	0.443258	0.123296
196	0.219896	0.521429	0.690155	0.775336	0.355873	0.73366	0.579338	0.117005	0.73196
197	0.716723	0.680363	0.778604	0.126351	0.694557	0.584057	0.780745	0.692182	0.772617
198	0.355615	0.757284	0.897669	0.647528	0.609704	0.662978	0.613956	0.619852	0.461562
199	0.716145	0.680459	0.713083	0.473892	0.348553	0.711401	0.745874	0.54954	0.371661
200	0.295483	0.718759	0.749193	0.672867	0.677239	0.588882	0.360484	0.604977	0.471313
201	0.645508	0.429635	0.275399	0.674233	0.36248	0.550445	0.694229	0.772758	0.383416
202	0.240556	0.704119	0.695984	0.291266	0.355265	0.22154	0.369871	0.187208	0.629139
203	0.573564	0.648587	0.355331	0.681172	0.647487	0.421004	0.36626	0.690834	0.632414
204	0.694517	0.690487	0.575999	0.596902	0.742063	0.567584	0.364055	0.731466	0.779047
205	0.668207	0.517036	0.646351	0.680846	0.622916	0.722033	0.643835	0.653167	0.696581
206	0.739732	0.364288	0.680978	0.680846	0.622916	0.691732	0.571269	0.432289	0.333368
207	0.71043	0.449263	0.748408	0.374234	0.76724	0.691732	0.76076	0.638405	0.810696
208	0.382437	0.640403	0.707899	0.716088	0.76724	0.535903	0.585068	0.705696	0.810696
209	0.337566	0.698014	0.707899	0.716088	0.739278	0.262571	0.780745	0.686499	0.770541
210	0.767662	0.731429	0.489711	0.716088	0.76724	0.73366	0.74277	0.431973	0.810696
211	0.734129	0.678299	0.382094	0.678181	0.646574	0.73366	0.780745	0.425245	0.686422
212	0.767662	0.404615	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.697224	0.772758	0.608862
213	0.692512	0.757284	0.778604	0.607426	0.661429	0.706488	0.780745	0.772758	0.119777
214	0.596722	0.757284	0.761503	0.217545	0.10171	0.713305	0.694141	0.740884	0.733855
215	0.1	0.757284	0.699031	0.66084	0.753222	0.259434	0.624108	0.676863	0.810696
216	0.73384	0.728599	0.778604	0.651415	0.144158	0.712674	0.101342	0.587553	0.810696
217	0.260457	0.757284	0.66912	0.716088	0.710224	0.153361	0.761427	0.76524	0.810696
218	0.670414	0.583938	0.615975	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.706776	0.7437
219	0.767662	0.186603	0.761341	0.675564	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.526801
220	0.725507	0.757284	0.146605	0.700028	0.72223	0.73366	0.780745	0.726392	0.770231
221	0.503178	0.757284	0.749717	0.537227	0.47587	0.602309	0.504334	0.75687	0.541567
222	0.617378	0.488534	0.517323	0.677626	0.462634	0.616438	0.780894	0.645157	0.576686
223	0.623572	0.669956	0.666718	0.667411	0.63553	0.708756	0.683581	0.672767	0.643259

附 錄 四

表21 各網路架構訓練完成之正規化輸出值

224	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
225	0.736875	0.731501	0.770258	0.69	0.715868	0.716392	0.72649	0.75797	0.76137
226	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
227	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
228	0.733588	0.734965	0.72639	0.708117	0.703749	0.733537	0.744904	0.75109	0.755026
229	0.285531	0.250155	0.228324	0.374731	0.197314	0.42919	0.250709	0.274511	0.590067
230	0.739732	0.731429	0.748408	0.707996	0.742063	0.732492	0.76076	0.748922	0.779047
231	0.525054	0.408224	0.481759	0.435719	0.51388	0.330573	0.452025	0.434079	0.520386
232	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
233	0.717443	0.704949	0.66933	0.697995	0.637381	0.729826	0.647184	0.698413	0.722385
234	0.378878	0.42713	0.424872	0.477071	0.475531	0.414683	0.367519	0.446068	0.572426
235	0.687638	0.726445	0.7524	0.708967	0.700672	0.720128	0.702064	0.750003	0.765306
236	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
237	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
238	0.478093	0.293252	0.364283	0.379668	0.384207	0.342585	0.359197	0.322803	0.493972
239	0.505192	0.504658	0.508492	0.616893	0.556651	0.535735	0.471944	0.514809	0.407026
240	0.100061	0.138677	0.116818	0.156029	0.236901	0.100258	0.11401	0.105094	0.10325
241	0.754325	0.746638	0.751212	0.713016	0.734726	0.734567	0.763209	0.763462	0.784118
242	0.75916	0.750411	0.755006	0.71143	0.732295	0.732415	0.759729	0.753797	0.797099
243	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
244	0.762169	0.752887	0.762571	0.71311	0.744209	0.732947	0.767068	0.76044	0.802134
245	0.473551	0.596702	0.657202	0.636246	0.664403	0.584004	0.626232	0.674016	0.614226
246	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
247	0.67555	0.682625	0.681564	0.663414	0.636688	0.691363	0.688192	0.65508	0.725752
248	0.682259	0.695623	0.72325	0.679909	0.694272	0.681815	0.705276	0.728265	0.740166
249	0.237514	0.165031	0.169207	0.194206	0.130818	0.149938	0.112391	0.14814	0.179792
250	0.340087	0.316234	0.342802	0.350449	0.414942	0.41086	0.351603	0.379303	0.575344
251	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
252	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
253	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
254	0.106307	0.363345	0.430859	0.530336	0.371956	0.222722	0.380213	0.834313	0.313293
255	0.649356	0.667676	0.682577	0.643331	0.667576	0.662376	0.691773	0.665543	0.72183
256	0.274572	0.253397	0.290327	0.290524	0.298975	0.243166	0.263163	0.242874	0.303228
257	0.649455	0.706253	0.736767	0.673779	0.634282	0.580421	0.649936	0.648703	0.685905
258	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
259	0.75916	0.750411	0.755006	0.71143	0.732295	0.732415	0.759729	0.753797	0.797099
260	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
261	0.10032	0.109493	0.100715	0.107803	0.10249	0.100929	0.101087	0.101688	0.100049
262	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
263	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
264	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
265	0.511234	0.542624	0.558521	0.548265	0.557122	0.550894	0.551176	0.542899	0.59013
266	0.725937	0.697486	0.745915	0.670753	0.723322	0.674283	0.714326	0.727396	0.746614
267	0.610774	0.564874	0.568543	0.628924	0.526438	0.626211	0.580082	0.557	0.543154
268	0.397658	0.417319	0.422211	0.459469	0.399811	0.430276	0.348986	0.419673	0.4271
269	0.37787	0.368021	0.344961	0.440725	0.390637	0.431675	0.372927	0.3552	0.406355
270	0.752679	0.744869	0.74137	0.707698	0.708018	0.731002	0.743975	0.739521	0.785682
271	0.76345	0.751416	0.779788	0.709187	0.758741	0.726917	0.765341	0.7658	0.793167
272	0.113479	0.139689	0.112412	0.124833	0.108153	0.101566	0.100134	0.104839	0.100109
273	0.633883	0.657998	0.683574	0.661022	0.647497	0.728898	0.61003	0.673256	0.617255
274	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
275	0.741392	0.728867	0.736069	0.693009	0.73975	0.7066	0.750278	0.735522	0.775527
276	0.65361	0.596847	0.586566	0.640271	0.518949	0.657738	0.498865	0.601348	0.625229

附 錄 四

表21 各網路架構訓練完成之正規化輸出值

277	0.650546	0.664811	0.597497	0.676738	0.528842	0.707876	0.531424	0.663779	0.655464
278	0.342141	0.233475	0.268914	0.285804	0.327746	0.168586	0.17468	0.262572	0.32585
279	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
280	0.723029	0.705928	0.705078	0.69091	0.694018	0.702814	0.691224	0.716835	0.731855
281	0.579932	0.639091	0.643387	0.639972	0.612904	0.686797	0.670336	0.642004	0.649275
282	0.715391	0.71616	0.714312	0.685015	0.679717	0.709881	0.720876	0.703844	0.759348
283	0.514283	0.549872	0.638763	0.620072	0.496523	0.655732	0.62098	0.574243	0.703392
284	0.62858	0.571212	0.606386	0.621537	0.498227	0.630487	0.669504	0.639528	0.615597
285	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
286	0.723634	0.70276	0.68359	0.697233	0.644195	0.718744	0.628828	0.707151	0.713558
287	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
288	0.69232	0.66443	0.731482	0.647485	0.700489	0.63034	0.67247	0.703265	0.717344
289	0.643134	0.651578	0.69948	0.621159	0.660186	0.624625	0.624256	0.652832	0.676944
290	0.734412	0.725981	0.695111	0.701846	0.728462	0.703019	0.730546	0.723977	0.768623
291	0.666454	0.59214	0.728073	0.605737	0.47957	0.612792	0.659135	0.559409	0.620266
292	0.45404	0.449639	0.511034	0.528811	0.610738	0.556846	0.61979	0.536044	0.681251
293	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
294	0.608877	0.63701	0.675307	0.620654	0.546363	0.673664	0.602126	0.713562	0.620418
295	0.739732	0.731429	0.748408	0.707996	0.742063	0.732492	0.76076	0.748922	0.779047
296	0.739732	0.731429	0.748408	0.707996	0.742063	0.732492	0.76076	0.748922	0.779047
297	0.685439	0.708117	0.689412	0.693137	0.657086	0.72606	0.710791	0.718348	0.695353
298	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
299	0.669648	0.617298	0.700087	0.608707	0.665782	0.561431	0.613981	0.654629	0.68795
300	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
301	0.699432	0.706996	0.742605	0.670819	0.690661	0.701534	0.713397	0.741908	0.753001
302	0.469835	0.580644	0.616371	0.611093	0.477179	0.623309	0.571753	0.600115	0.625991
303	0.743944	0.741159	0.769337	0.701446	0.730741	0.727553	0.753256	0.769074	0.791072
304	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
305	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
306	0.707638	0.680382	0.70939	0.66821	0.698675	0.681858	0.763123	0.720779	0.724504
307	0.345729	0.354973	0.389762	0.465096	0.566167	0.374639	0.485736	0.475766	0.415952
308	0.567557	0.600293	0.664008	0.562549	0.470612	0.578467	0.553388	0.715617	0.59849
309	0.49276	0.524044	0.592603	0.484199	0.397958	0.461641	0.484347	0.67617	0.49514
310	0.649291	0.667687	0.709048	0.666903	0.704909	0.672629	0.735649	0.72792	0.71817
311	0.391644	0.448078	0.449874	0.465944	0.447814	0.431425	0.329668	0.443258	0.475108
312	0.758893	0.749323	0.769362	0.713654	0.759541	0.734152	0.774714	0.765367	0.802923
313	0.750905	0.736621	0.75498	0.712106	0.725571	0.730605	0.732384	0.755343	0.776269
314	0.175252	0.151384	0.164276	0.162981	0.133432	0.110306	0.184184	0.117005	0.131661
315	0.670925	0.62169	0.7004	0.615239	0.673775	0.581804	0.631939	0.664552	0.693103
316	0.627008	0.641938	0.654754	0.630783	0.623265	0.650483	0.65927	0.62525	0.688827
317	0.672628	0.662286	0.706158	0.655881	0.661865	0.690529	0.646833	0.692182	0.662782
318	0.100033	0.104349	0.105937	0.104126	0.100356	0.101286	0.102478	0.102469	0.100015
319	0.100058	0.118361	0.102127	0.111125	0.100628	0.117289	0.101383	0.103708	0.100211
320	0.551078	0.616598	0.625834	0.620348	0.59624	0.67071	0.659944	0.619852	0.651587
321	0.223152	0.122966	0.149211	0.155271	0.107865	0.123171	0.115273	0.122783	0.118904
322	0.186874	0.116879	0.117329	0.117945	0.11838	0.110817	0.128465	0.124657	0.101915
323	0.352056	0.338687	0.387693	0.323175	0.342365	0.277724	0.38699	0.524455	0.301735
324	0.531879	0.521429	0.570108	0.528406	0.566405	0.510669	0.543144	0.54954	0.59211
325	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
326	0.695236	0.680363	0.690155	0.66947	0.552261	0.707969	0.579338	0.604977	0.69582
327	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
328	0.897736	0.889125	0.897669	0.775336	0.62045	0.734509	0.89992	0.755742	0.605838

附 錄 四

表21 各網路架構訓練完成之正規化輸出值

329	0.542191	0.595972	0.539636	0.628337	0.588688	0.584057	0.613956	0.599513	0.605399
330	0.219896	0.114179	0.116508	0.126351	0.118674	0.100021	0.13725	0.187208	0.123296
331	0.664247	0.680459	0.713083	0.647528	0.69924	0.662978	0.706658	0.690834	0.73196
332	0.716723	0.718759	0.747162	0.680402	0.734102	0.697924	0.745874	0.731466	0.772617
333	0.355615	0.429635	0.427586	0.473892	0.355873	0.375918	0.360484	0.311122	0.461562
334	0.716145	0.704119	0.749193	0.672867	0.694557	0.689266	0.694229	0.715575	0.723859
335	0.66877	0.648587	0.617392	0.674233	0.609704	0.711401	0.686065	0.653167	0.649302
336	0.295483	0.201303	0.275399	0.291266	0.348553	0.344025	0.369871	0.242675	0.371661
337	0.645508	0.690487	0.695984	0.681172	0.677239	0.686752	0.697753	0.724364	0.743209
338	0.612861	0.517036	0.402173	0.570094	0.39372	0.588882	0.36626	0.432289	0.471313
339	0.444498	0.364288	0.489515	0.528976	0.36248	0.550445	0.285964	0.253241	0.306192
340	0.240556	0.195923	0.355331	0.320523	0.355265	0.22154	0.364055	0.66795	0.383416
341	0.573564	0.449263	0.575999	0.425856	0.344997	0.421004	0.643835	0.304608	0.629139
342	0.694517	0.640403	0.646351	0.596902	0.596513	0.567584	0.571269	0.638405	0.632414
343	0.668207	0.698014	0.680978	0.68667	0.647487	0.722033	0.701246	0.705696	0.677246
344	0.739732	0.731429	0.748408	0.707996	0.742063	0.732492	0.76076	0.748922	0.779047
345	0.71043	0.678299	0.707899	0.680846	0.622916	0.691732	0.6439	0.686499	0.696581
346	0.71043	0.678299	0.707899	0.680846	0.622916	0.691732	0.6439	0.686499	0.696581
347	0.382437	0.404485	0.489711	0.508449	0.26156	0.535903	0.585068	0.431973	0.592998
348	0.337566	0.404615	0.382094	0.374234	0.392966	0.262571	0.323156	0.425245	0.333368
349	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
350	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
351	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
352	0.734129	0.728599	0.761503	0.688144	0.739278	0.705284	0.74277	0.740884	0.770541
353	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
354	0.702111	0.70346	0.699031	0.678181	0.646574	0.706488	0.697224	0.676863	0.740133
355	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
356	0.692512	0.687246	0.66912	0.683418	0.661429	0.713305	0.694141	0.712255	0.686422
357	0.596722	0.583938	0.615975	0.607426	0.519235	0.612363	0.624108	0.587553	0.608862
358	0.1	0.186603	0.155605	0.412599	0.10171	0.259434	0.101342	0.174946	0.119777
359	0.73384	0.732399	0.761341	0.70427	0.753222	0.712674	0.761427	0.76524	0.79208
360	0.260457	0.172072	0.146605	0.217545	0.144158	0.153361	0.16809	0.150024	0.167854
361	0.694617	0.697924	0.737782	0.66084	0.710224	0.675138	0.702855	0.706776	0.733855
362	0.670414	0.685399	0.727273	0.651415	0.647093	0.687572	0.677639	0.735126	0.723996
363	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
364	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
365	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
366	0.725507	0.716982	0.757244	0.675564	0.72223	0.69016	0.713223	0.726392	0.7437
367	0.457985	0.50224	0.471987	0.521005	0.47587	0.55822	0.504334	0.506907	0.526801
368	0.744207	0.726279	0.749717	0.700028	0.740955	0.71763	0.780894	0.75687	0.770231
369	0.503178	0.488534	0.517323	0.537227	0.462634	0.602309	0.554827	0.559536	0.541567
370	0.617378	0.553239	0.603822	0.677626	0.672162	0.616438	0.627287	0.645157	0.576686

附 錄 五

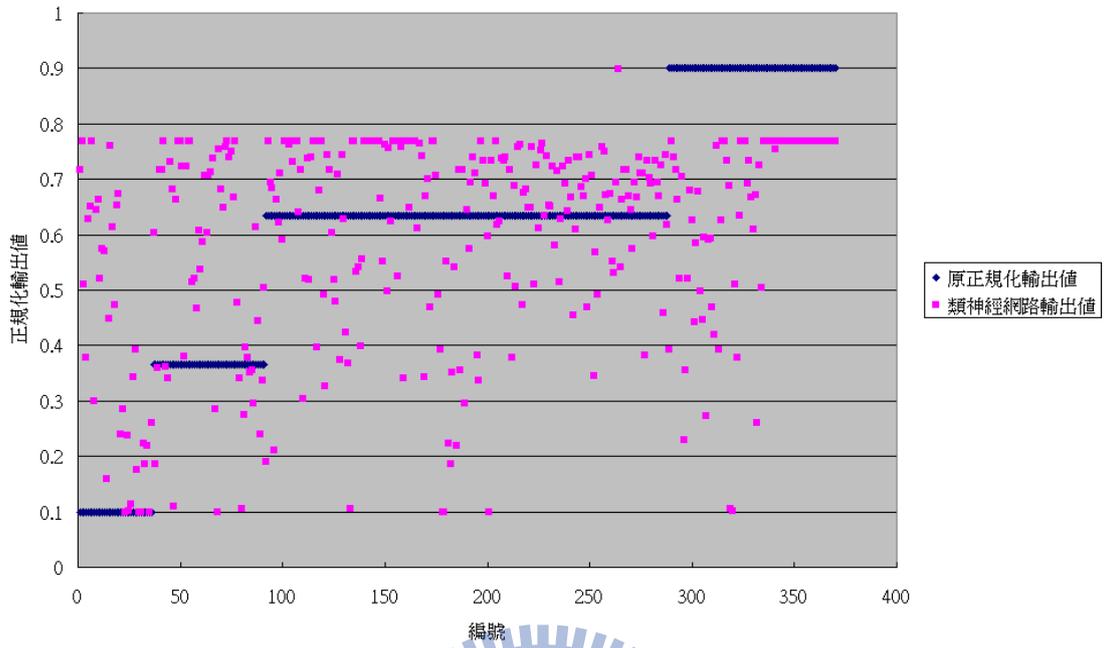


圖 44 網路架構為 20-10-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

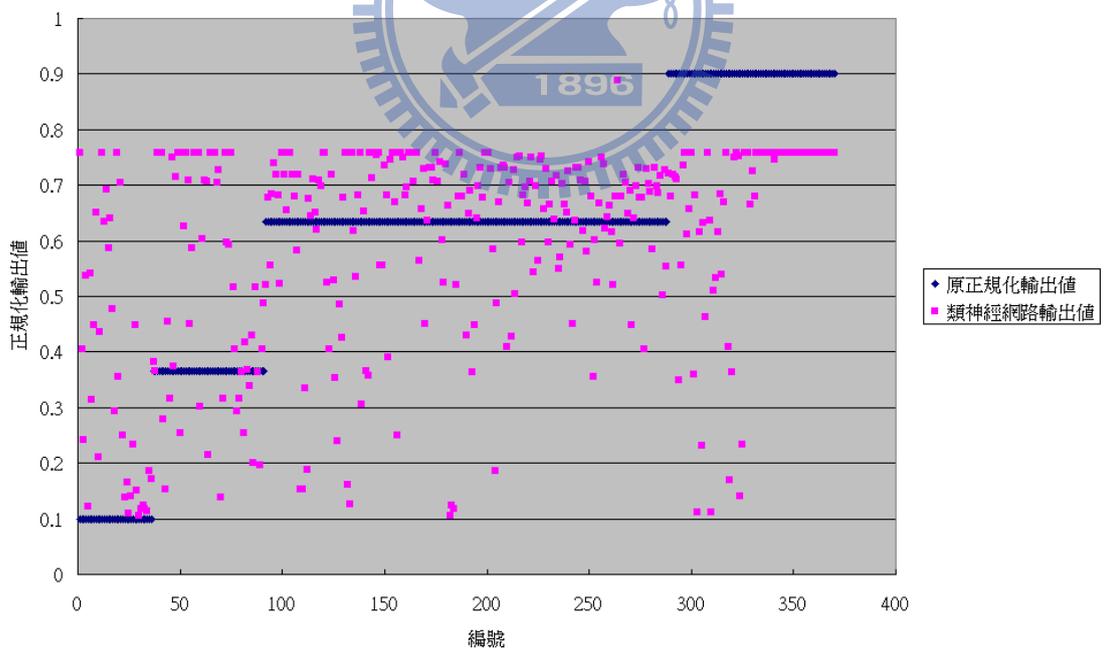


圖 45 網路架構為 20-11-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

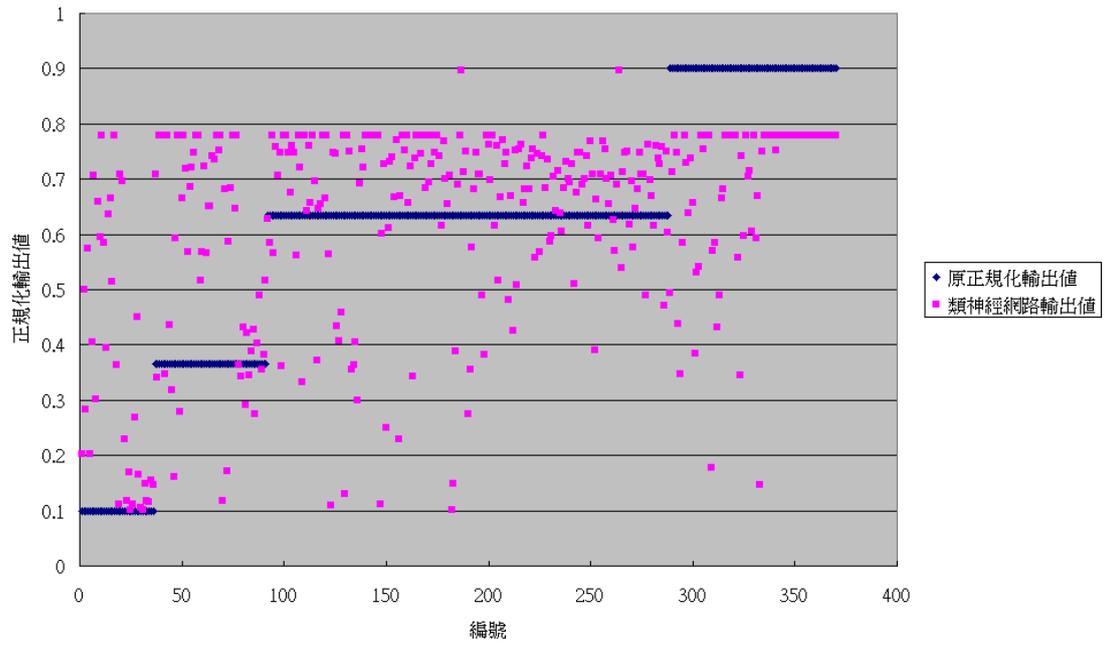


圖 46 網路架構為 20-20-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

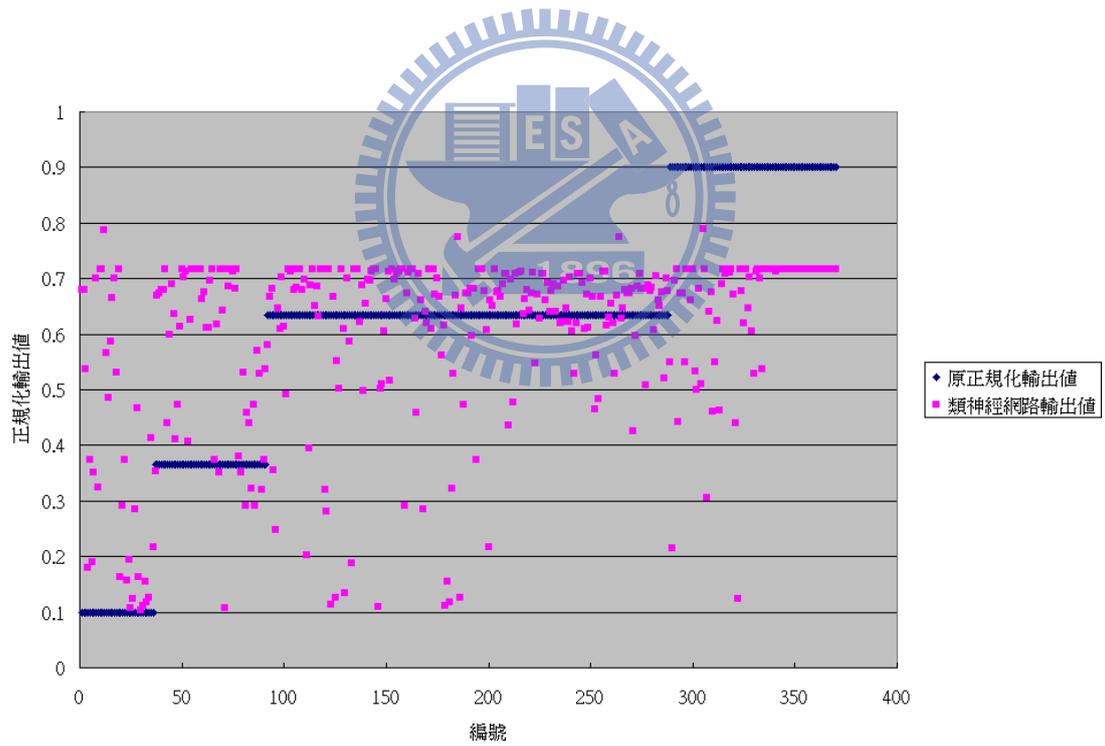


圖 47 網路架構為 20-21-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

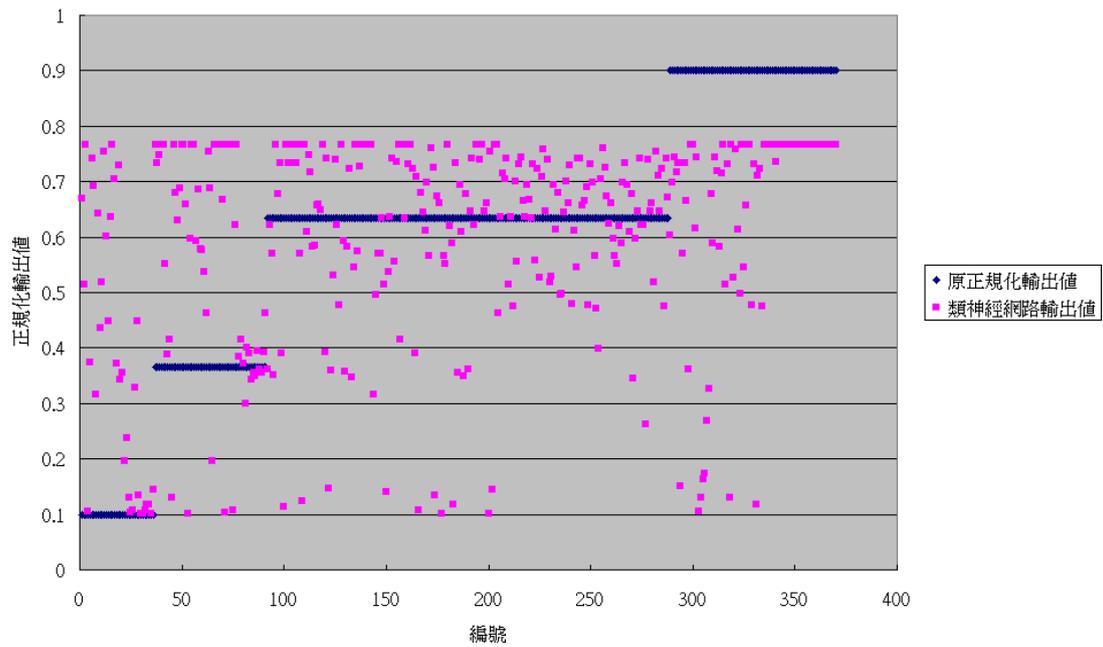


圖 48 網路架構為 20-30-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

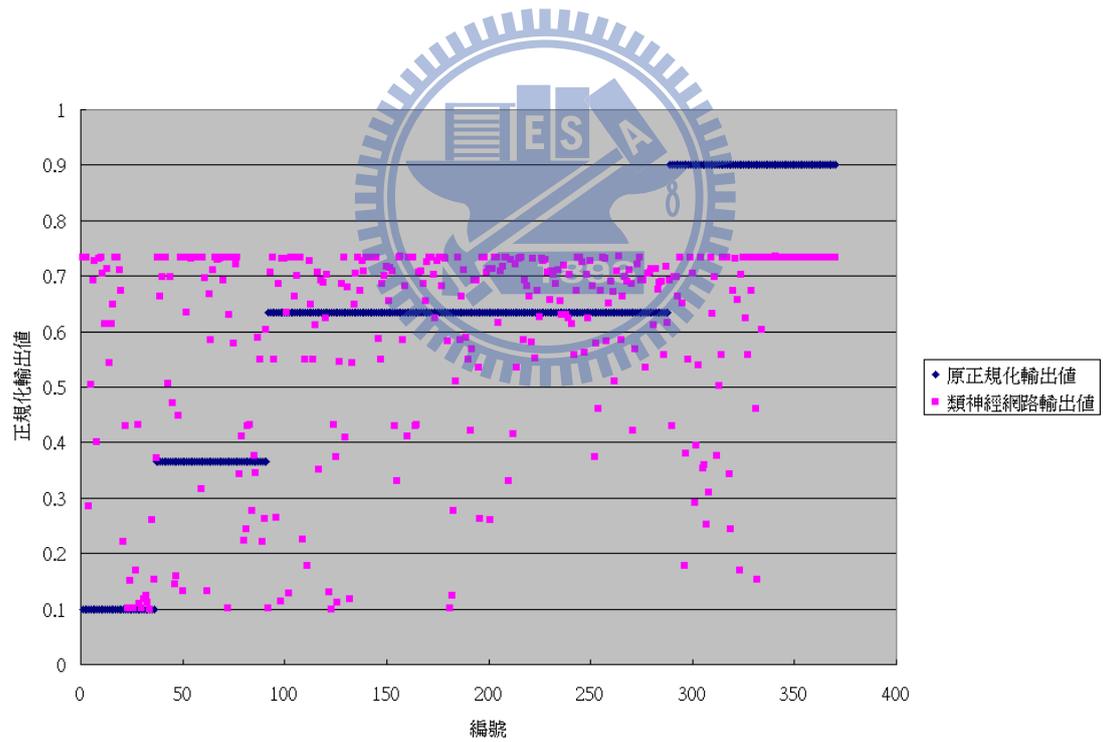


圖 49 網路架構為 20-40-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

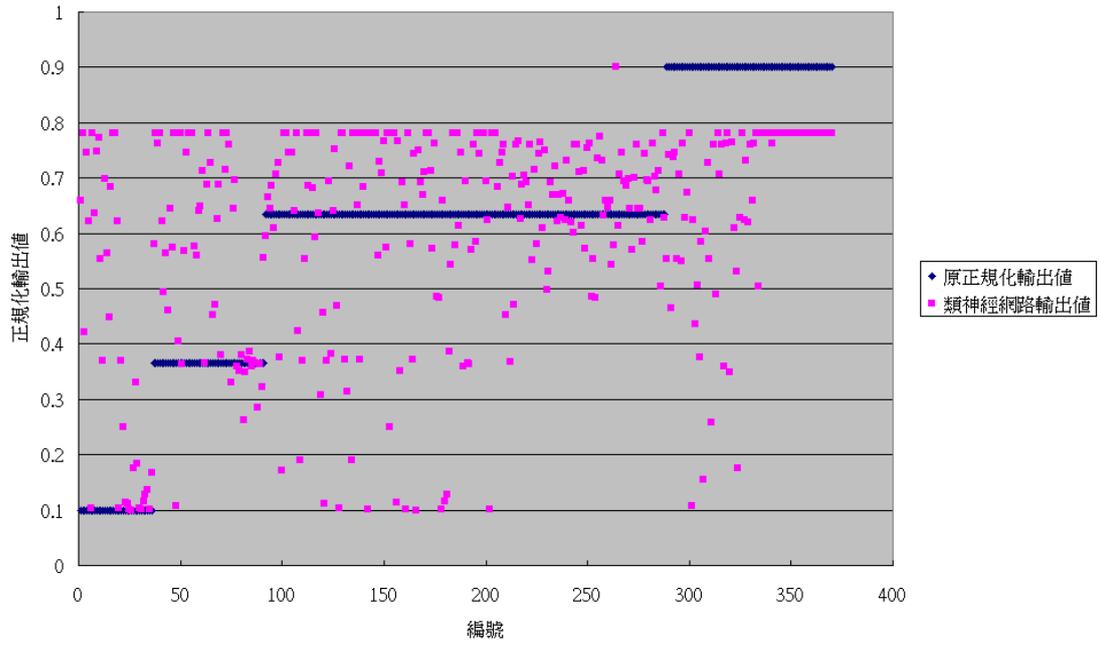


圖 50 網路架構為 20-42-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

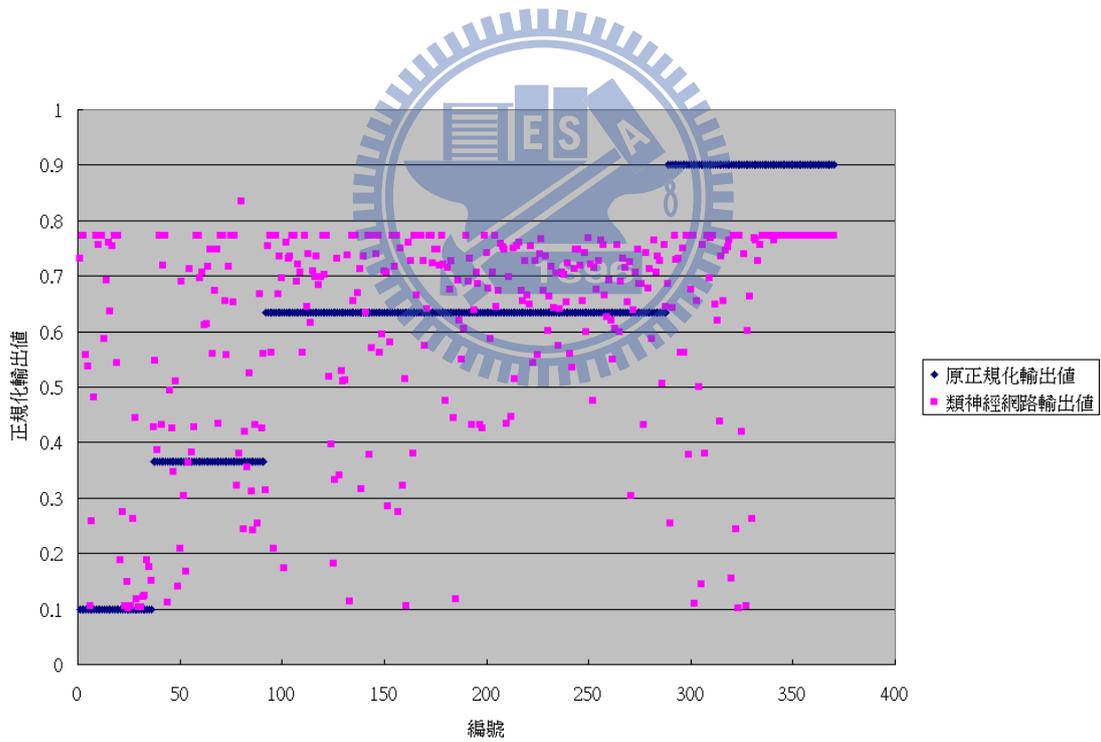


圖 51 網路架構為 20-50-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

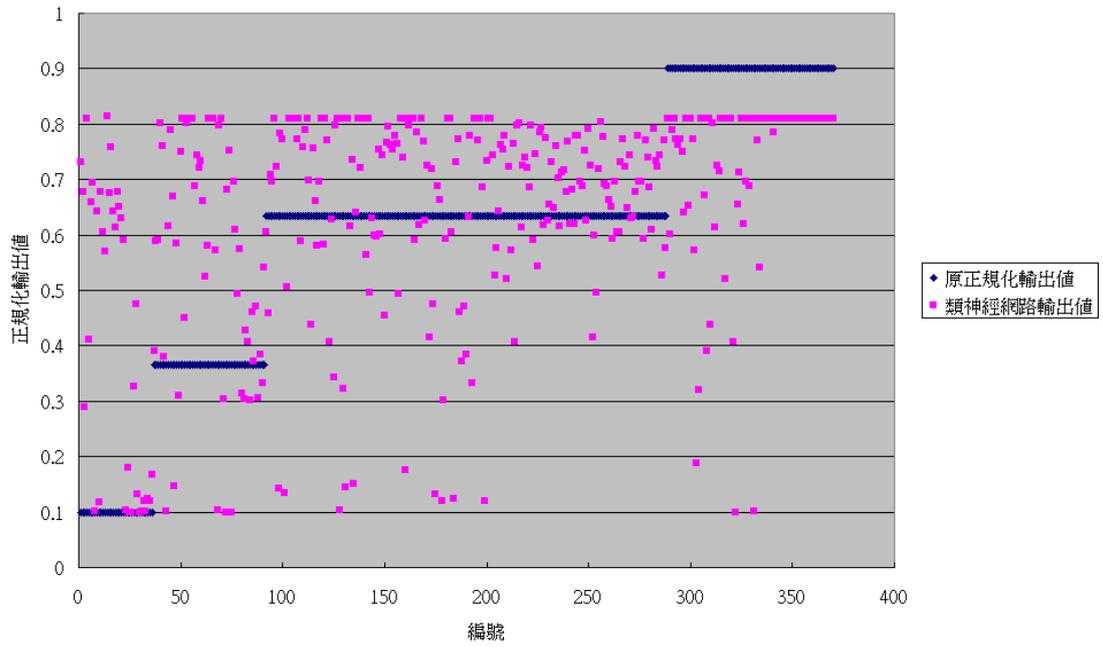
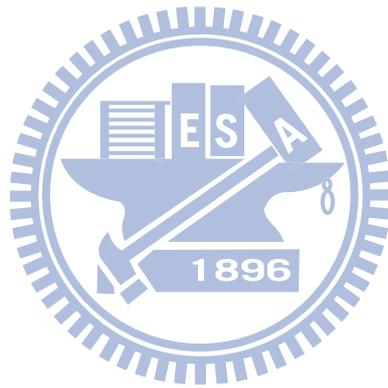


圖 52 網路架構為 20-60-1 訓練完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較



附 錄 六

表22 各網路架構訓練完成之輸出值

類神經 架構	N20-10-1	N20-11-1	N20-20-1	N20-21-1	N20-30-1	N20-40-1	N20-42-1	N20-50-1	N20-60-1
編號	類神經 訓練成果	類神經 學習成果							
1	4	2	2	2	3	4	2	3	2
2	2	3	2	3	1	3	2	3	3
3	1	2	2	2	2	2	2	2	3
4	2	2	1	2	2	2	2	1	2
5	3	2	3	2	2	2	2	2	1
6	2	2	2	3	3	2	2	2	2
7	4	3	3	2	2	2	1	2	2
8	4	2	2	3	1	3	2	4	1
9	1	2	2	4	2	3	2	3	2
10	2	2	2	2	2	2	2	1	2
11	2	2	2	2	2	4	2	2	4
12	2	2	3	2	3	2	3	2	1
13	2	2	4	2	2	2	2	2	2
14	3	2	1	2	2	2	2	3	2
15	2	2	1	2	4	2	4	2	1
16	2	2	1	2	2	2	3	2	1
17	1	2	1	3	1	2	1	4	4
18	1	2	2	2	2	4	1	2	2
19	2	2	2	2	2	2	2	2	1
20	1	2	2	2	1	2	2	2	1
21	2	2	1	2	1	2	1	1	1
22	2	2	2	2	2	2	2	1	1
23	1	2	2	2	2	2	2	1	1
24	1	2	1	2	1	2	1	2	1
25	1	3	2	2	2	2	1	1	2
26	2	2	1	2	2	2	2	3	2
27	2	2	2	2	2	2	2	1	1
28	2	2	3	3	2	2	2	2	1
29	2	2	2	2	2	2	3	2	1
30	2	3	3	2	4	2	2	2	2
31	2	2	2	2	2	2	2	2	1
32	2	4	3	2	4	4	4	2	2
33	3	4	1	2	1	2	3	2	2
34	2	3	2	4	2	4	2	1	1
35	2	4	2	3	2	2	1	2	1
36	4	2	1	2	2	4	2	2	2
37	3	2	2	2	2	3	2	2	2
38	2	2	2	2	3	2	2	1	1
39	2	2	2	2	2	2	2	2	2
40	2	2	1	2	2	2	1	2	3
41	1	2	2	2	2	2	2	2	2
42	1	2	3	2	2	2	2	2	2
43	2	2	2	2	1	2	2	3	2
44	3	2	2	2	2	3	1	2	2
45	2	2	2	2	1	2	1	2	1
46	2	2	2	2	2	2	2	2	2
47	1	2	1	2	1	2	3	2	1
48	3	2	2	3	3	2	3	1	2
49	1	3	3	2	2	2	3	2	3
50	3	2	1	3	2	2	4	2	1
51	2	3	3	2	1	2	3	1	3
52	2	2	2	2	4	4	3	1	1

附 錄 六

表22 各網路架構訓練完成之輸出值

53	3	2	2	4	4	3	2	2	1
54	3	4	1	3	3	2	2	1	4
55	2	3	4	4	3	4	2	2	3
56	2	4	4	3	3	2	2	2	3
57	3	3	3	2	2	3	4	1	1
58	3	3	3	2	3	2	3	4	2
59	2	2	2	2	2	3	3	3	2
60	2	2	2	4	2	3	2	4	3
61	2	2	2	3	2	3	2	4	2
62	3	3	3	2	2	4	2	3	1
63	2	3	3	2	4	3	2	3	1
64	2	3	3	2	3	2	3	2	1
65	2	4	2	2	4	2	3	2	4
66	3	3	3	2	1	2	4	3	4
67	2	2	3	4	2	2	4	4	2
68	2	3	1	2	2	2	1	2	1
69	2	2	4	2	1	4	2	3	2
70	2	2	4	4	3	3	1	2	3
71	3	2	1	2	2	2	3	2	4
72	3	4	2	2	2	4	3	2	1
73	3	2	1	2	4	2	2	3	3
74	4	4	3	4	3	2	2	4	2
75	1	2	3	2	2	2	4	1	2
76	3	4	2	1	4	3	3	4	1
77	2	2	1	2	4	3	2	2	1
78	1	2	3	2	1	2	1	2	4
79	4	3	2	3	2	4	1	3	4
80	3	3	1	3	3	3	4	3	2
81	2	2	1	3	2	3	4	2	2
82	1	2	3	2	2	2	3	4	3
83	2	2	3	2	2	2	1	1	2
84	2	2	2	2	2	2	2	2	1
85	2	2	1	2	3	3	2	1	3
86	1	3	2	3	2	2	1	3	2
87	1	3	2	2	1	4	1	4	2
88	3	3	3	2	3	3	2	3	4
89	2	2	2	3	2	2	2	1	2
90	2	2	1	2	1	2	3	2	1
91	3	2	2	2	2	2	2	3	3
92	2	2	4	2	2	2	2	2	1
93	3	2	2	2	1	2	3	2	2
94	2	3	2	3	1	2	1	3	1
95	1	2	1	2	1	2	2	2	1
96	2	2	2	3	4	2	2	4	1
97	1	2	2	2	2	2	1	3	1
98	2	4	2	2	3	2	1	2	4
99	1	3	1	2	1	2	1	2	2
100	1	3	2	2	1	2	1	2	1
101	1	3	1	2	1	2	4	1	1
102	2	2	2	2	1	2	1	3	1
103	1	2	1	2	1	2	1	3	3
104	1	2	1	2	3	2	1	2	2
105	1	2	1	2	3	2	1	1	2
106	1	2	1	4	2	2	1	2	2
107	1	2	4	2	2	2	2	1	2
108	3	4	2	3	2	2	2	1	3
109	2	3	1	2	2	2	2	1	2

附 錄 六

表22 各網路架構訓練完成之輸出值

110	2	2	1	2	2	2	2	3	2
111	3	2	1	2	2	2	2	1	2
112	2	2	2	2	2	3	2	1	2
113	2	2	2	1	2	2	3	1	2
114	3	2	2	2	2	2	3	1	1
115	2	2	3	2	2	2	2	2	2
116	2	2	2	2	2	2	2	2	2
117	2	2	2	2	2	2	2	2	2
118	2	2	3	2	2	3	2	2	2
119	2	2	3	2	4	2	1	2	3
120	2	3	2	2	2	2	2	2	2
121	2	2	2	2	2	2	2	2	2
122	3	2	2	2	2	2	2	2	1
123	2	2	2	2	3	4	3	2	2
124	4	2	2	3	3	2	2	2	1
125	3	2	2	2	2	2	3	2	2
126	3	2	3	3	2	2	3	2	2
127	2	2	2	2	2	2	2	2	2
128	2	4	2	2	2	2	1	2	1
129	2	3	2	2	2	2	1	3	1
130	2	2	2	2	2	2	1	3	2
131	1	2	2	2	1	2	2	2	1
132	2	2	2	2	1	2	2	2	2
133	2	3	1	2	2	2	1	2	2
134	2	2	2	2	4	2	2	2	1
135	2	2	2	2	2	2	3	2	2
136	1	2	1	2	2	2	2	2	1
137	2	2	2	3	1	2	3	2	1
138	1	2	2	2	2	3	1	1	2
139	1	2	1	2	2	3	1	2	1
140	2	2	1	2	2	2	3	2	2
141	3	2	1	2	1	2	3	2	2
142	2	3	4	2	1	2	4	1	2
143	2	3	1	2	4	3	2	2	1
144	1	2	2	2	3	2	1	3	3
145	4	2	2	3	1	2	2	2	4
146	2	2	1	2	1	2	2	3	1
147	2	2	1	2	1	2	3	2	1
148	3	3	3	2	3	2	1	1	2
149	2	4	4	2	2	2	3	1	1
150	3	2	2	3	2	2	2	3	2
151	1	2	1	2	1	3	2	2	4
152	1	2	2	2	2	2	4	4	1
153	4	4	1	2	1	3	1	2	1
154	2	3	2	4	4	2	1	1	3
155	2	2	2	2	1	2	1	2	1
156	2	2	4	2	1	4	2	2	4
157	1	2	3	2	2	2	2	2	1
158	4	3	1	2	2	2	3	4	1
159	1	2	2	2	3	3	3	3	1
160	1	2	1	3	2	3	2	1	2
161	2	2	1	3	2	2	2	1	3
162	2	2	1	2	4	2	4	2	1
163	3	2	2	4	2	2	2	3	4
164	2	2	2	2	2	2	2	1	2
165	2	2	3	2	3	4	2	4	2
166	1	4	2	2	1	2	4	1	2

附 錄 六

表22 各網路架構訓練完成之輸出值

167	2	2	1	3	2	2	2	1	1
168	2	2	4	2	2	2	2	2	2
169	3	2	2	2	2	2	2	2	1
170	1	2	2	2	1	2	1	2	2
171	1	3	2	2	2	2	2	3	1
172	1	2	1	2	2	2	1	2	2
173	2	2	2	2	1	2	2	4	2
174	2	2	2	2	1	2	2	2	1
175	2	2	2	2	3	2	2	2	2
176	2	2	1	2	2	2	2	3	1
177	2	2	2	2	1	2	2	2	2
178	2	3	1	2	2	2	2	2	2
179	2	2	2	2	2	2	1	2	2
180	3	2	2	2	2	2	1	1	3
181	1	2	1	2	2	2	2	1	2
182	1	2	2	2	4	2	2	2	3
183	2	2	1	2	2	2	2	2	4
184	3	2	2	2	2	2	3	2	2
185	3	2	2	2	4	2	3	2	2
186	2	2	1	2	4	2	3	1	4
187	2	2	2	2	4	3	2	1	4
188	2	3	2	4	3	2	4	1	2
189	4	2	1	2	2	2	4	1	4
190	4	2	2	4	2	2	2	2	3
191	2	2	2	4	1	2	4	3	2
192	4	2	2	4	2	4	4	2	1
193	4	4	4	3	2	4	3	2	1
194	3	4	4	2	4	3	2	2	2
195	2	4	3	2	2	2	1	3	4
196	4	2	2	1	3	2	2	4	2
197	2	2	1	4	2	2	1	2	1
198	3	2	1	2	2	2	2	2	3
199	2	2	2	3	3	2	2	2	3
200	3	2	2	2	2	2	3	2	3
201	2	3	3	2	3	2	2	1	3
202	3	2	2	3	3	4	3	4	2
203	2	2	3	2	2	3	3	2	2
204	2	2	2	2	2	2	3	2	1
205	2	2	2	2	2	2	2	2	2
206	2	3	2	2	2	2	2	3	3
207	2	3	2	3	1	2	2	2	1
208	3	2	2	2	1	2	2	2	1
209	3	2	2	2	2	3	1	2	1
210	1	2	3	2	1	2	2	3	1
211	2	2	3	2	2	2	1	3	2
212	1	3	1	2	1	2	2	1	2
213	2	2	1	2	2	2	1	1	4
214	2	2	2	4	4	2	2	2	2
215	4	2	2	2	2	3	2	2	1
216	2	2	1	2	4	2	4	2	1
217	3	2	2	2	2	4	2	2	1
218	2	2	2	2	1	2	1	2	2
219	1	4	2	2	1	2	1	1	2
220	2	2	4	2	2	2	1	2	1
221	2	2	2	2	3	2	2	2	2
222	2	3	2	2	3	2	1	2	2
223	2	2	2	2	2	2	2	2	2

附 錄 六

表22 各網路架構訓練完成之輸出值

224	1	2	1	2	1	2	1	1	1
225	2	2	1	2	2	2	2	2	2
226	1	2	1	2	1	2	1	1	1
227	1	2	1	2	1	2	1	1	1
228	2	2	2	2	2	2	2	2	2
229	3	3	4	3	4	3	3	3	2
230	2	2	2	2	2	2	2	2	1
231	2	3	3	3	2	3	3	3	2
232	1	2	1	2	1	2	1	1	1
233	2	2	2	2	2	2	2	2	2
234	3	3	3	3	3	3	3	3	2
235	2	2	2	2	2	2	2	2	2
236	1	2	1	2	1	2	1	1	1
237	1	2	1	2	1	2	1	1	1
238	3	3	3	3	3	3	3	3	3
239	2	2	2	2	2	2	3	2	3
240	4	4	4	4	3	4	4	4	4
241	2	2	2	2	2	2	2	2	1
242	2	2	2	2	2	2	2	2	1
243	1	2	1	2	1	2	1	1	1
244	2	2	2	2	2	2	1	2	1
245	3	2	2	2	2	2	2	2	2
246	1	2	1	2	1	2	1	1	1
247	2	2	2	2	2	2	2	2	2
248	2	2	2	2	2	2	2	2	2
249	3	4	4	4	4	4	4	4	4
250	3	3	3	3	3	3	3	3	2
251	1	2	1	2	1	2	1	1	1
252	1	2	1	2	1	2	1	1	1
253	1	2	1	2	1	2	1	1	1
254	4	3	3	2	3	4	3	1	3
255	2	2	2	2	2	2	2	2	2
256	3	3	3	3	3	3	3	3	3
257	2	2	2	2	2	2	2	2	2
258	1	2	1	2	1	2	1	1	1
259	2	2	2	2	2	2	2	2	1
260	1	2	1	2	1	2	1	1	1
261	4	4	4	4	4	4	4	4	4
262	1	2	1	2	1	2	1	1	1
263	1	2	1	2	1	2	1	1	1
264	1	2	1	2	1	2	1	1	1
265	2	2	2	2	2	2	2	2	2
266	2	2	2	2	2	2	2	2	2
267	2	2	2	2	2	2	2	2	2
268	3	3	3	3	3	3	3	3	3
269	3	3	3	3	3	3	3	3	3
270	2	2	2	2	2	2	2	2	1
271	2	2	1	2	2	2	2	2	1
272	4	4	4	4	4	4	4	4	4
273	2	2	2	2	2	2	2	2	2
274	1	2	1	2	1	2	1	1	1
275	2	2	2	2	2	2	2	2	1
276	2	2	2	2	2	2	3	2	2

附 錄 六

表22 各網路架構訓練完成之輸出值

277	2	2	2	2	2	2	2	2	2
278	3	3	3	3	3	4	4	3	3
279	1	2	1	2	1	2	1	1	1
280	2	2	2	2	2	2	2	2	2
281	2	2	2	2	2	2	2	2	2
282	2	2	2	2	2	2	2	2	2
283	2	2	2	2	3	2	2	2	2
284	2	2	2	2	3	2	2	2	2
285	1	2	1	2	1	2	1	1	1
286	2	2	2	2	2	2	2	2	2
287	1	2	1	2	1	2	1	1	1
288	2	2	2	2	2	2	2	2	2
289	2	2	2	2	2	2	2	2	2
290	2	2	2	2	2	2	2	2	1
291	2	2	2	2	3	2	2	2	2
292	3	3	2	2	2	2	2	2	2
293	1	2	1	2	1	2	1	1	1
294	2	2	2	2	2	2	2	2	2
295	2	2	2	2	2	2	2	2	1
296	2	2	2	2	2	2	2	2	1
297	2	2	2	2	2	2	2	2	2
298	1	2	1	2	1	2	1	1	1
299	2	2	2	2	2	2	2	2	2
300	1	2	1	2	1	2	1	1	1
301	2	2	2	2	2	2	2	2	2
302	3	2	2	2	3	2	2	2	2
303	2	2	1	2	2	2	2	1	1
304	1	2	1	2	1	2	1	1	1
305	1	2	1	2	1	2	1	1	1
306	2	2	2	2	2	2	2	2	2
307	3	3	3	3	2	3	3	3	3
308	2	2	2	2	3	2	2	2	2
309	3	2	2	3	3	3	3	2	3
310	2	2	2	2	2	2	2	2	2
311	3	3	3	3	3	3	3	3	3
312	2	2	1	2	2	2	1	2	1
313	2	2	2	2	2	2	2	2	1
314	4	4	4	4	4	4	4	4	4
315	2	2	2	2	2	2	2	2	2
316	2	2	2	2	2	2	2	2	2
317	2	2	2	2	2	2	2	2	2
318	4	4	4	4	4	4	4	4	4
319	4	4	4	4	4	4	4	4	4
320	2	2	2	2	2	2	2	2	2
321	4	4	4	4	4	4	4	4	4
322	4	4	4	4	4	4	4	4	4
323	3	3	3	3	3	3	3	2	3
324	2	2	2	2	2	2	2	2	2
325	1	2	1	2	1	2	1	1	1
326	2	2	2	2	2	2	2	2	2
327	1	2	1	2	1	2	1	1	1
328	1	1	1	1	2	2	1	2	2

附 錄 六

表22 各網路架構訓練完成之輸出值

329	2	2	2	2	2	2	2	2	2
330	4	4	4	4	4	4	4	4	4
331	2	2	2	2	2	2	2	2	2
332	2	2	2	2	2	2	2	2	1
333	3	3	3	3	3	3	3	3	3
334	2	2	2	2	2	2	2	2	2
335	2	2	2	2	2	2	2	2	2
336	3	4	3	3	3	3	3	3	3
337	2	2	2	2	2	2	2	2	2
338	2	2	3	2	3	2	3	3	3
339	3	3	3	2	3	2	3	3	3
340	3	4	3	3	3	4	3	2	3
341	2	3	2	3	3	3	2	3	2
342	2	2	2	2	2	2	2	2	2
343	2	2	2	2	2	2	2	2	2
344	2	2	2	2	2	2	2	2	1
345	2	2	2	2	2	2	2	2	2
346	2	2	2	2	2	2	2	2	2
347	3	3	3	2	3	2	2	3	2
348	3	3	3	3	3	3	3	3	3
349	1	2	1	2	1	2	1	1	1
350	1	2	1	2	1	2	1	1	1
351	1	2	1	2	1	2	1	1	1
352	2	2	2	2	2	2	2	2	1
353	1	2	1	2	1	2	1	1	1
354	2	2	2	2	2	2	2	2	2
355	1	2	1	2	1	2	1	1	1
356	2	2	2	2	2	2	2	2	2
357	2	2	2	2	2	2	2	2	2
358	4	4	4	3	4	3	4	4	4
359	2	2	2	2	2	2	2	2	1
360	3	4	4	4	4	4	4	4	4
361	2	2	2	2	2	2	2	2	2
362	2	2	2	2	2	2	2	2	2
363	1	2	1	2	1	2	1	1	1
364	1	2	1	2	1	2	1	1	1
365	1	2	1	2	1	2	1	1	1
366	2	2	2	2	2	2	2	2	2
367	3	2	3	2	3	2	2	2	2
368	2	2	2	2	2	2	1	2	1
369	2	3	2	2	3	2	2	2	2
370	2	2	2	2	2	2	2	2	2

附 錄 七

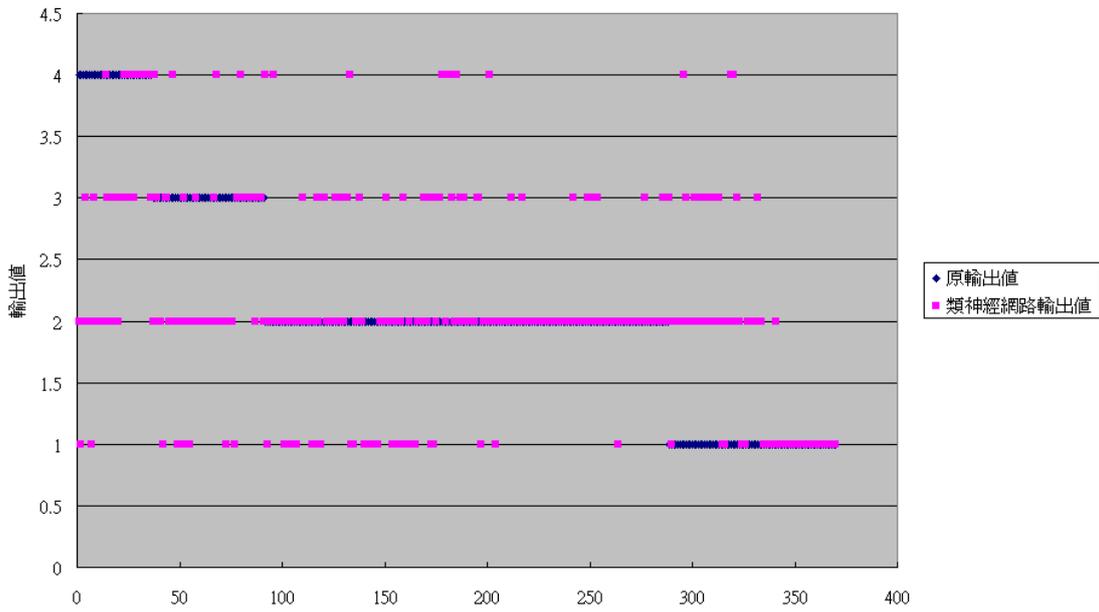


圖 53 網路架構為 20-10-1 訓練完成輸出值與原輸出值之比較

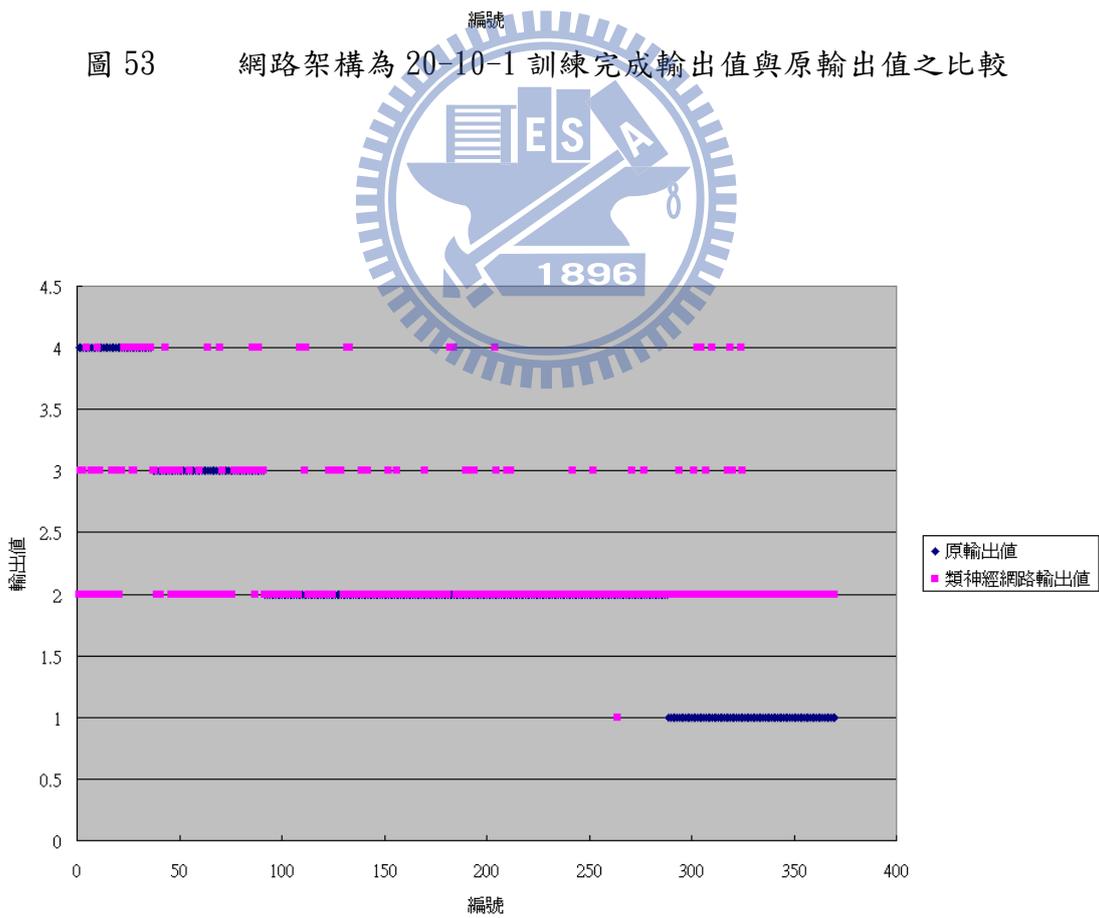


圖 54 網路架構為 20-11-1 訓練完成輸出值與原輸出值之比較

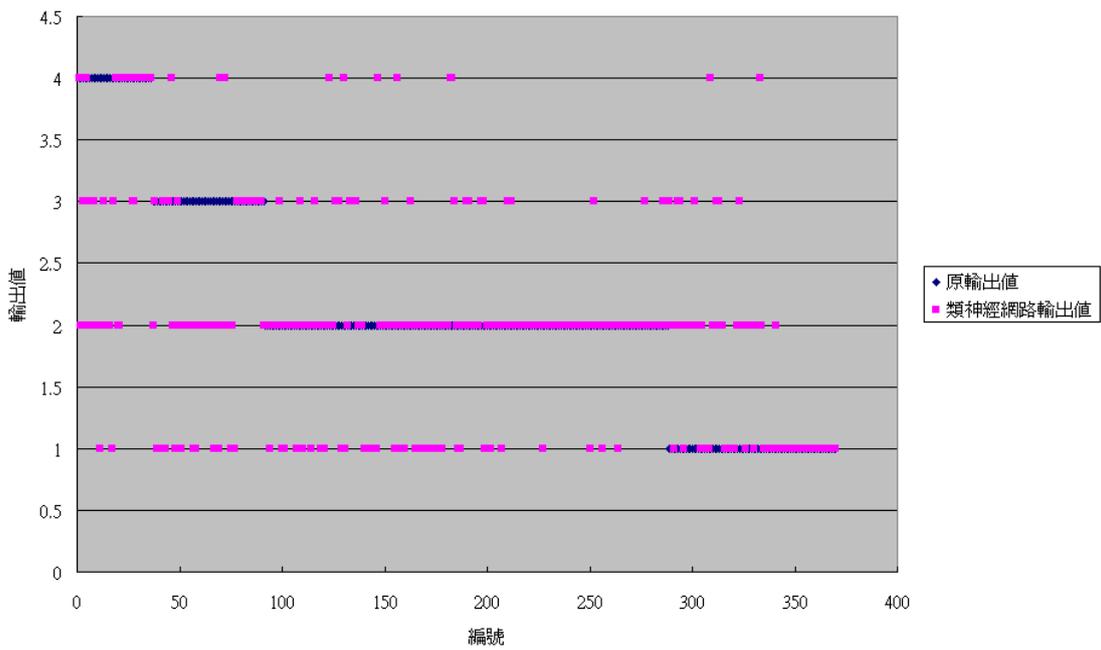


圖 55 網路架構為 20-20-1 訓練完成輸出值與原輸出值之比較

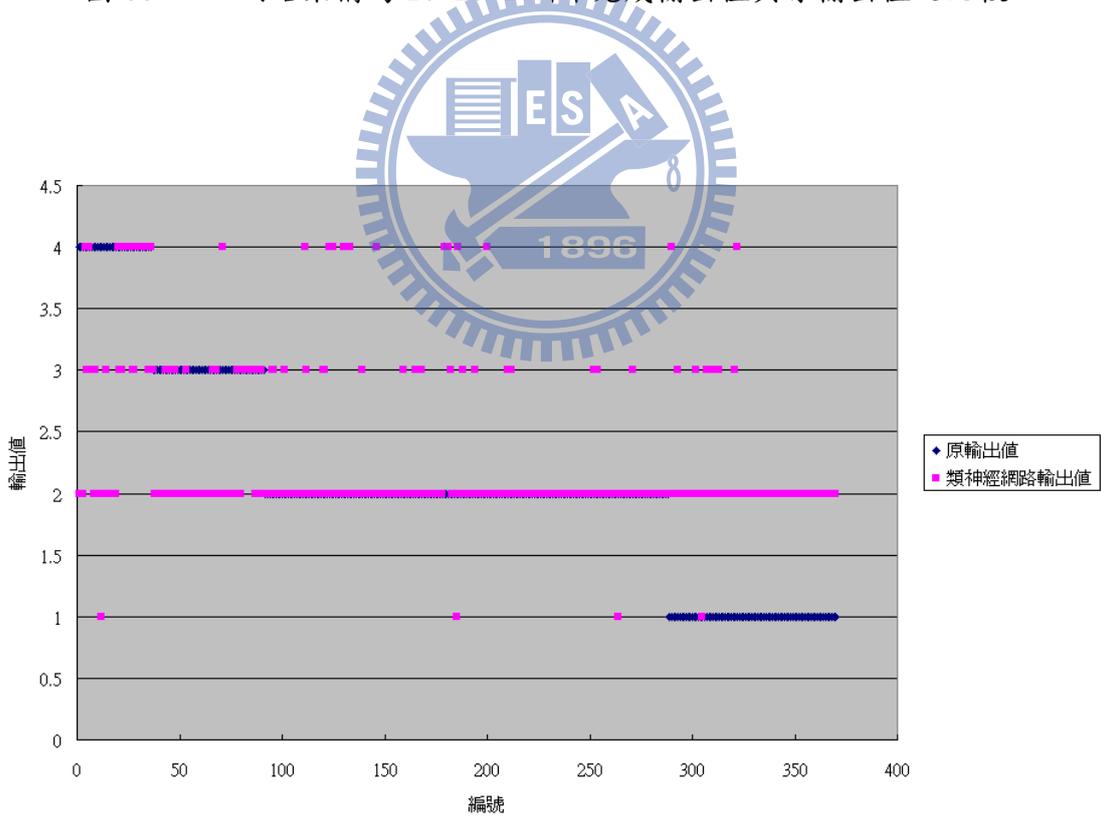


圖 56 網路架構為 20-21-1 訓練完成輸出值與原輸出值之比較

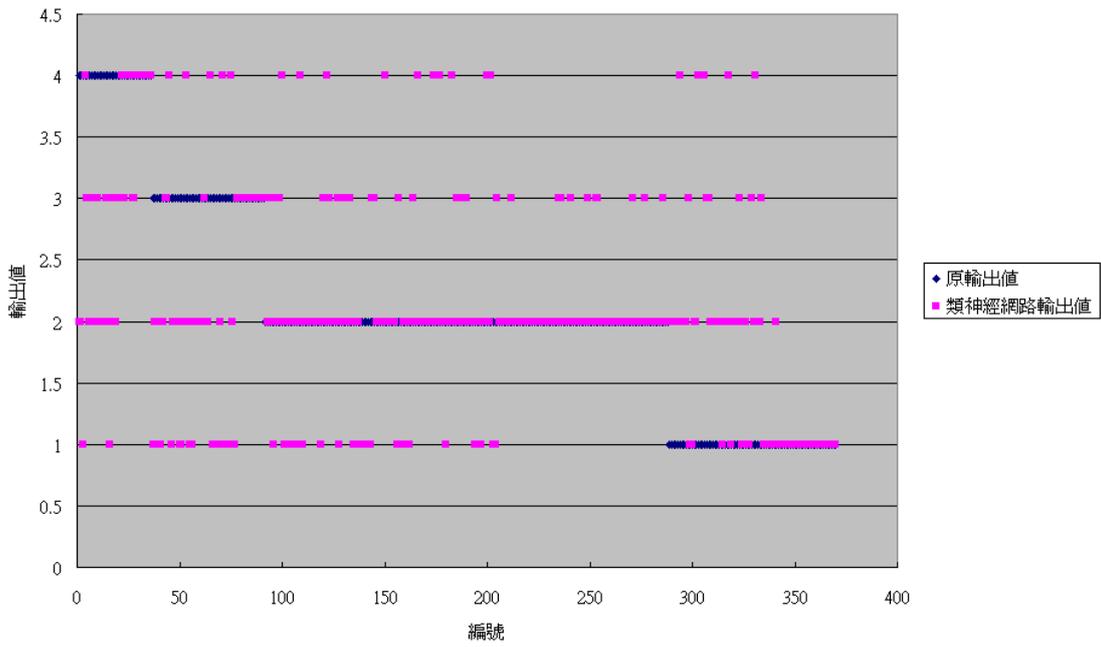


圖 57 網路架構為 20-30-1 訓練完成輸出值與原輸出值之比較

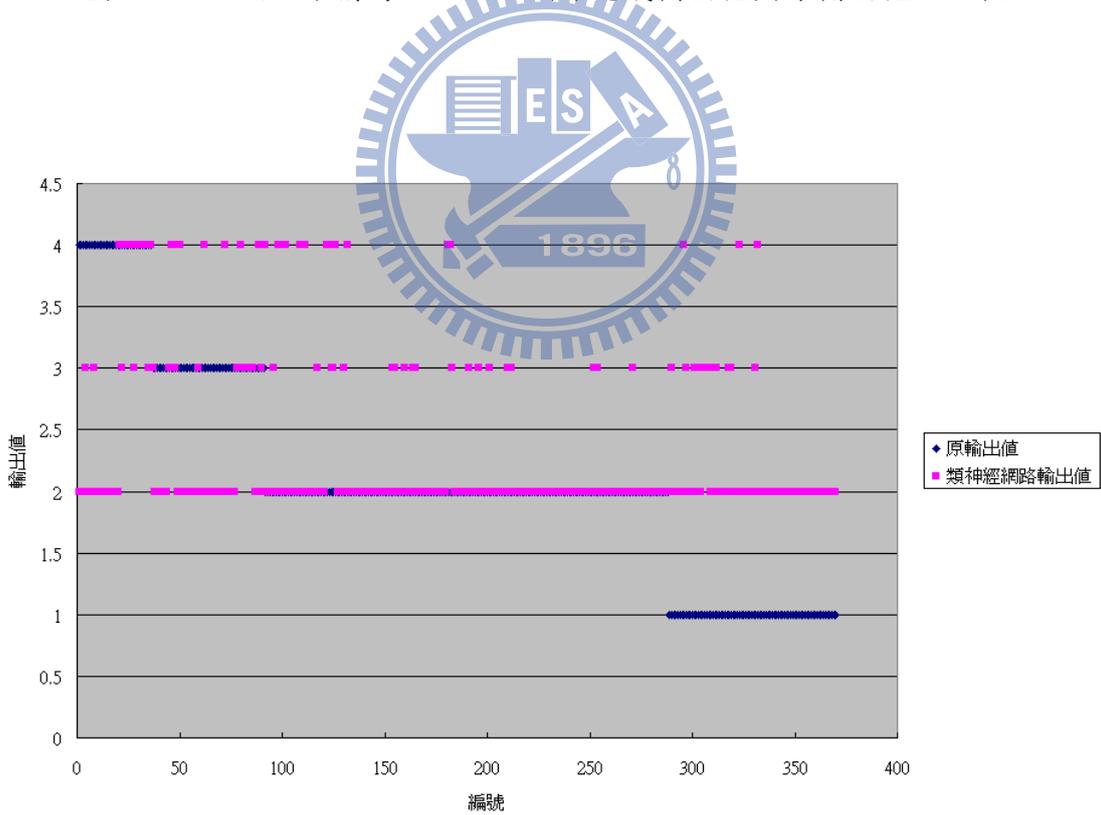


圖 58 網路架構為 20-40-1 訓練完成輸出值與原輸出值之比較

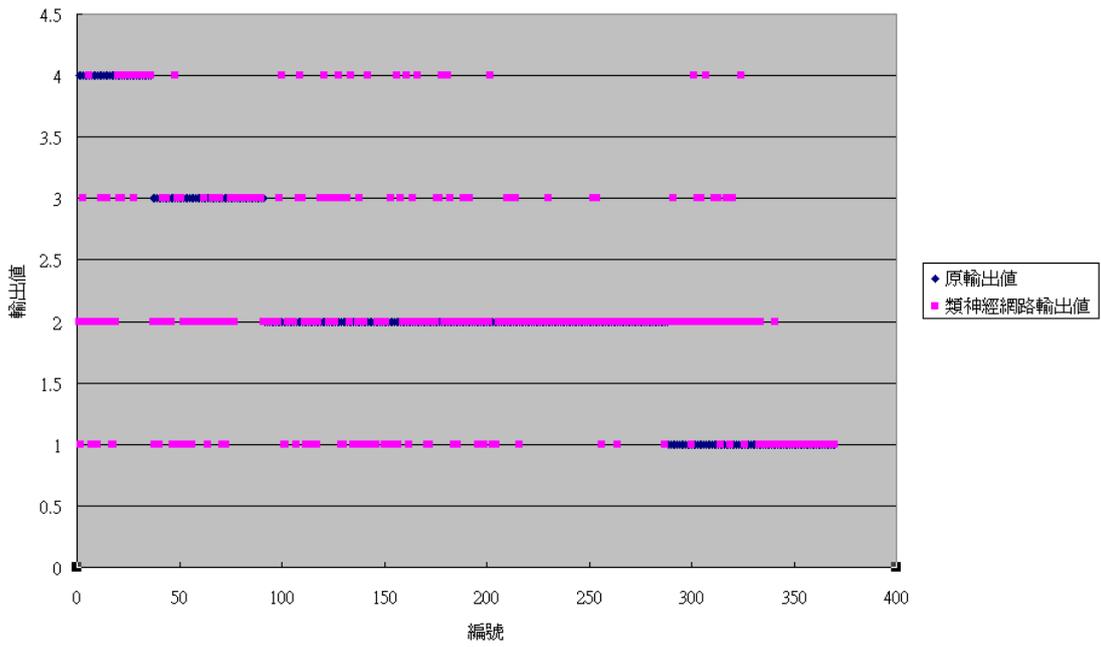


圖 59 網路架構為 20-42-1 訓練完成輸出值與原輸出值之比較

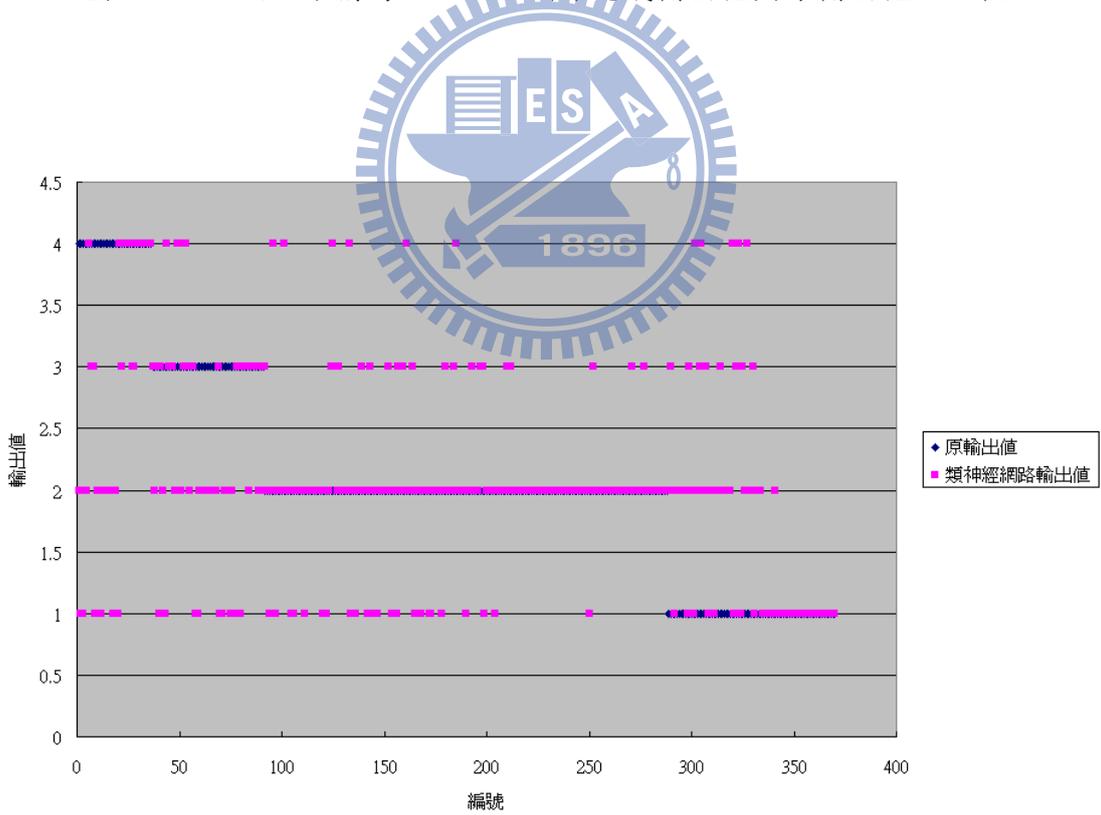


圖 60 網路架構為 20-50-1 訓練完成輸出值與原輸出值之比較

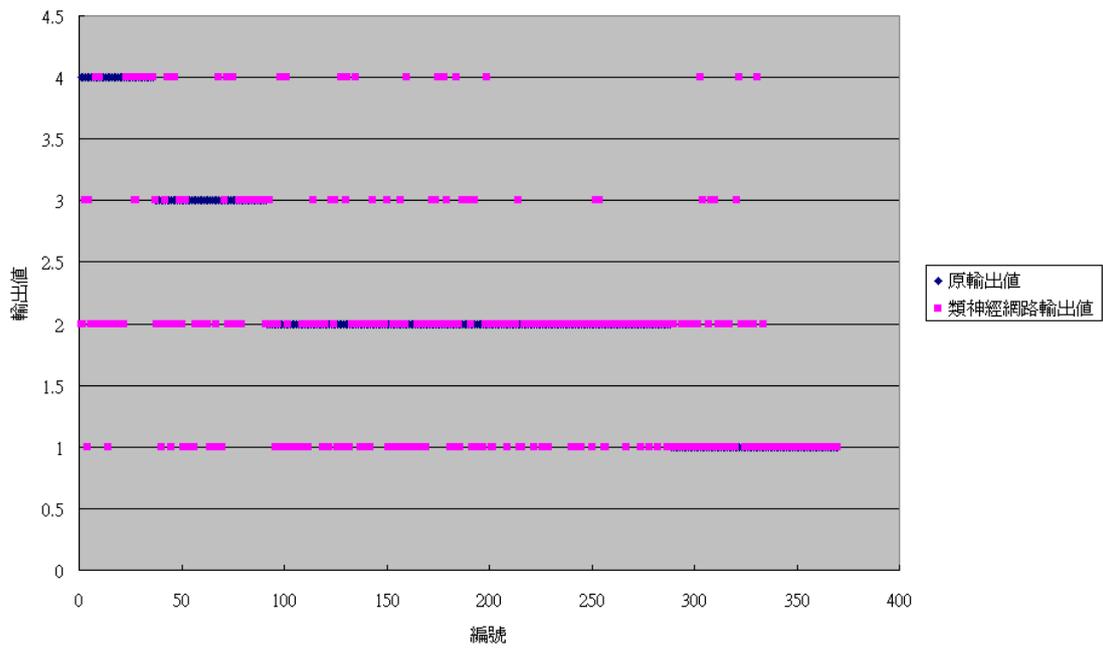
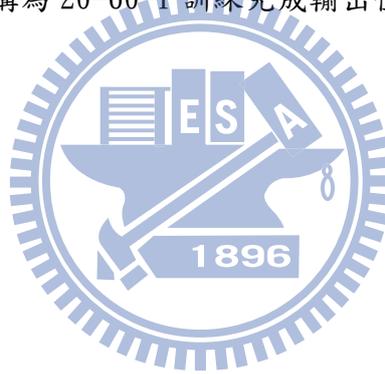


圖 61 網路架構為 20-60-1 訓練完成輸出值與原輸出值之比較



附 錄 八

表23 各網路架構測試完成之正規化輸出值

類神經架構	N20-10-1	N20-11-1	N20-20-1	N20-21-1	N20-30-1	N20-40-1	N20-42-1	N20-50-1	N20-60-1
編號	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果
1	0.233026	0.171579	0.244435	0.179337	0.269715	0.139795	0.173263	0.292404	0.185477
2	0.321652	0.243658	0.242214	0.309662	0.23944	0.247584	0.217949	0.273766	0.339578
3	0.64966	0.639886	0.567077	0.639067	0.602987	0.611907	0.607101	0.592008	0.616923
4	0.73554	0.71481	0.73812	0.688992	0.704133	0.699728	0.719769	0.734581	0.752611
5	0.694478	0.697735	0.724491	0.671388	0.701439	0.689294	0.714775	0.712844	0.743148
6	0.265321	0.281976	0.356151	0.488815	0.249392	0.474704	0.471816	0.178819	0.154796
7	0.236812	0.15086	0.143313	0.19473	0.192268	0.116383	0.109364	0.155623	0.158488
8	0.606175	0.631236	0.656352	0.614113	0.647337	0.6341	0.6521	0.635808	0.658849
9	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
10	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
11	0.457706	0.416037	0.539224	0.471524	0.580463	0.492777	0.564284	0.508557	0.545829
12	0.696475	0.696906	0.611088	0.67979	0.640932	0.674335	0.680165	0.652213	0.721418
13	0.638116	0.58741	0.596591	0.612533	0.495884	0.615544	0.578948	0.558128	0.605469
14	0.744207	0.726279	0.749717	0.700028	0.740955	0.71763	0.780894	0.75687	0.770231
15	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
16	0.762169	0.752887	0.762571	0.71311	0.744209	0.732947	0.767068	0.76044	0.802134
17	0.763242	0.169522	0.190689	0.294026	0.100484	0.129478	0.122557	0.188463	0.108166
18	0.738923	0.709779	0.745944	0.660559	0.69385	0.666048	0.681019	0.715484	0.717617
19	0.457706	0.416037	0.539224	0.471524	0.580463	0.492777	0.564284	0.508557	0.545829
20	0.7193	0.711718	0.711206	0.701005	0.701335	0.727609	0.733387	0.720634	0.750609
21	0.589908	0.656489	0.661662	0.680346	0.646771	0.692263	0.633533	0.703105	0.703845
22	0.71043	0.678299	0.707899	0.680846	0.622916	0.691732	0.6439	0.686499	0.696581
23	0.473782	0.480806	0.725314	0.641715	0.196204	0.634786	0.761589	0.51254	0.657886
24	0.479715	0.580765	0.569207	0.633092	0.627524	0.656291	0.593002	0.580768	0.5879
25	0.568986	0.630616	0.65814	0.638761	0.635875	0.687195	0.676756	0.636296	0.636219
26	0.664247	0.680459	0.713083	0.647528	0.69924	0.662978	0.706658	0.690834	0.73196
27	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
28	0.734412	0.725981	0.695111	0.701846	0.728462	0.703019	0.730546	0.723977	0.768623
29	0.751481	0.735185	0.725929	0.711891	0.733478	0.721949	0.731785	0.745753	0.774147
30	0.649241	0.665277	0.691288	0.64194	0.681582	0.664083	0.691851	0.673123	0.702507
31	0.638095	0.53564	0.611662	0.553285	0.373959	0.55139	0.581556	0.560093	0.578618
32	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
33	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
34	0.652906	0.629423	0.662319	0.642108	0.569681	0.650463	0.636201	0.634287	0.651758
35	0.100267	0.123321	0.22593	0.15172	0.103791	0.113034	0.515017	0.302982	0.129024
36	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
37	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
38	0.558776	0.621073	0.603582	0.635943	0.612837	0.684114	0.617813	0.620875	0.606932
39	0.506826	0.585139	0.68806	0.602315	0.654959	0.475947	0.606419	0.65286	0.667793
40	0.750905	0.736621	0.75498	0.712106	0.725571	0.730605	0.732384	0.755343	0.776269
41	0.1	0.10093	0.115615	0.115189	0.100063	0.102801	0.101697	0.112697	0.1
42	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
43	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
44	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
45	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
46	0.400798	0.348918	0.304553	0.391615	0.335823	0.353988	0.363672	0.321808	0.30295
47	0.1	0.19938	0.16735	0.240819	0.340062	0.662273	0.11479	0.170316	0.10084
48	0.459288	0.198402	0.152376	0.31579	0.157675	0.487788	0.13826	0.265437	0.283459
49	0.100586	0.102268	0.280909	0.226512	0.141936	0.43625	0.113915	0.191226	0.107689
50	0.1	0.101521	0.107391	0.110031	0.100529	0.100421	0.107157	0.12992	0.110328
51	0.487079	0.480221	0.599945	0.580105	0.248273	0.566569	0.659327	0.470684	0.608476

附 錄 八

表23 各網路架構測試完成之正規化輸出值

52	0.754325	0.746638	0.751212	0.713016	0.734726	0.734567	0.763209	0.763462	0.784118
53	0.106921	0.100622	0.104257	0.110243	0.100804	0.100336	0.106674	0.105772	0.108393
54	0.750492	0.742424	0.744761	0.709292	0.72384	0.732706	0.753201	0.745694	0.790515
55	0.450156	0.322068	0.556509	0.372031	0.678567	0.732016	0.651004	0.473245	0.621629
56	0.743944	0.741159	0.769337	0.701446	0.730741	0.727553	0.753256	0.769074	0.791072
57	0.615462	0.631169	0.604485	0.680652	0.672536	0.704936	0.657293	0.648916	0.541572
58	0.750905	0.736621	0.75498	0.712106	0.725571	0.730605	0.732384	0.755343	0.776269
59	0.535634	0.456636	0.548846	0.547855	0.418976	0.392308	0.470995	0.415991	0.533043
60	0.356106	0.370689	0.334822	0.408073	0.338527	0.436712	0.349532	0.38298	0.47587
61	0.734412	0.725981	0.695111	0.701846	0.728462	0.703019	0.730546	0.723977	0.768623
62	0.372568	0.311911	0.390513	0.393773	0.188353	0.335046	0.181824	0.214851	0.290789
63	0.585976	0.639181	0.590594	0.638571	0.573578	0.683312	0.599805	0.637367	0.649863
64	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
65	0.561656	0.615617	0.58482	0.634699	0.529839	0.698794	0.517468	0.642052	0.539805
66	0.719416	0.723365	0.731152	0.691406	0.71373	0.714305	0.742298	0.738987	0.76308
67	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
68	0.73197	0.729821	0.743563	0.692449	0.725758	0.712628	0.748719	0.735389	0.781238
69	0.760399	0.745371	0.741296	0.711741	0.753822	0.722518	0.761078	0.753268	0.794653
70	0.23774	0.167611	0.142475	0.194603	0.128038	0.160007	0.115418	0.128469	0.120705
71	0.350269	0.240342	0.378295	0.205276	0.117136	0.242167	0.32059	0.124236	0.139692
72	0.7414	0.727658	0.744311	0.709039	0.714821	0.73181	0.724615	0.74781	0.767667
73	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
74	0.758047	0.742331	0.721553	0.708444	0.728903	0.721947	0.750633	0.738847	0.786487
75	0.750905	0.736621	0.75498	0.712106	0.725571	0.730605	0.732384	0.755343	0.776269
76	0.752199	0.736498	0.698067	0.702501	0.690053	0.720258	0.733109	0.714492	0.772289
77	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
78	0.458717	0.422714	0.447051	0.440127	0.380565	0.317745	0.311176	0.376603	0.493686
79	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
80	0.75916	0.750411	0.755006	0.71143	0.732295	0.732415	0.759729	0.753797	0.797099
81	0.585976	0.639181	0.590594	0.638571	0.573578	0.683312	0.599805	0.637367	0.649863
82	0.716723	0.718759	0.747162	0.680402	0.734102	0.697924	0.745874	0.731466	0.772617
83	0.678276	0.668845	0.709137	0.634941	0.663904	0.641902	0.631428	0.669686	0.675737
84	0.75437	0.743838	0.756558	0.704855	0.721096	0.725906	0.745989	0.746126	0.778457
85	0.395686	0.325806	0.247165	0.48975	0.365455	0.441494	0.352313	0.222632	0.339555
86	0.233498	0.158081	0.166965	0.18374	0.131406	0.130713	0.109333	0.135085	0.182292
87	0.607231	0.651302	0.655758	0.640436	0.611771	0.683081	0.666118	0.66266	0.66494
88	0.265712	0.188248	0.201572	0.228616	0.165402	0.129348	0.128615	0.146535	0.22891
89	0.604091	0.627533	0.6572	0.61636	0.597787	0.665626	0.613394	0.675806	0.623957
90	0.649892	0.728533	0.715323	0.70516	0.753422	0.696521	0.719634	0.745394	0.826512
91	0.767662	0.757284	0.778604	0.716088	0.76724	0.73366	0.780745	0.772758	0.810696
92	0.481588	0.519906	0.61013	0.559666	0.582742	0.471324	0.5263	0.568632	0.586605
93	0.418206	0.393368	0.419583	0.426712	0.417533	0.384978	0.37116	0.415495	0.454894

附 錄 九

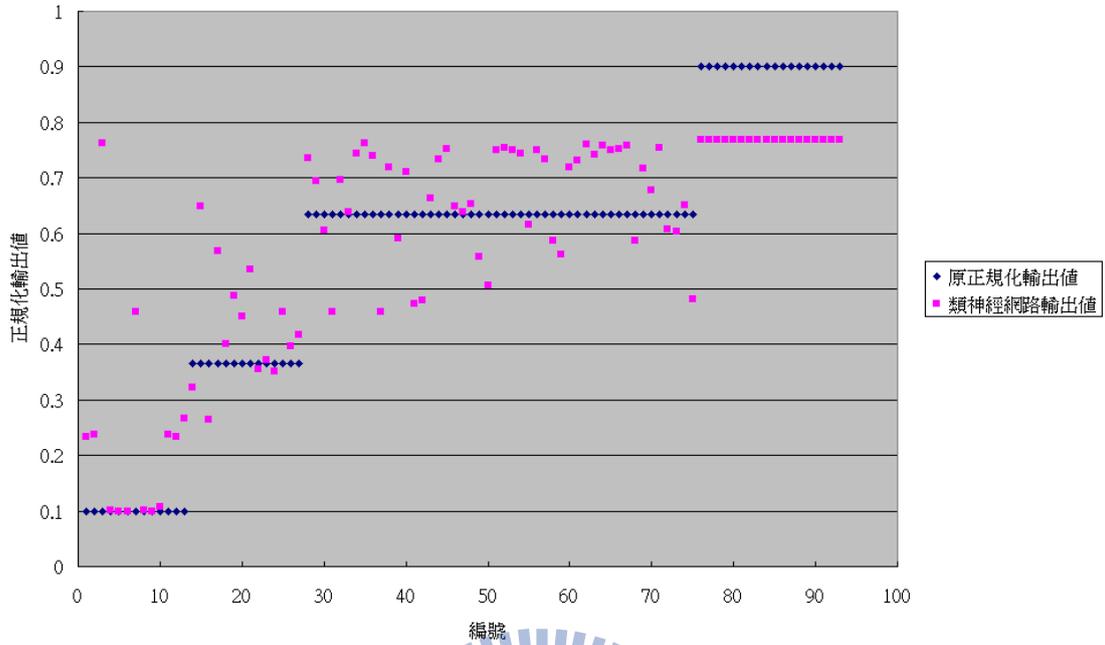


圖 62 網路架構為 20-10-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

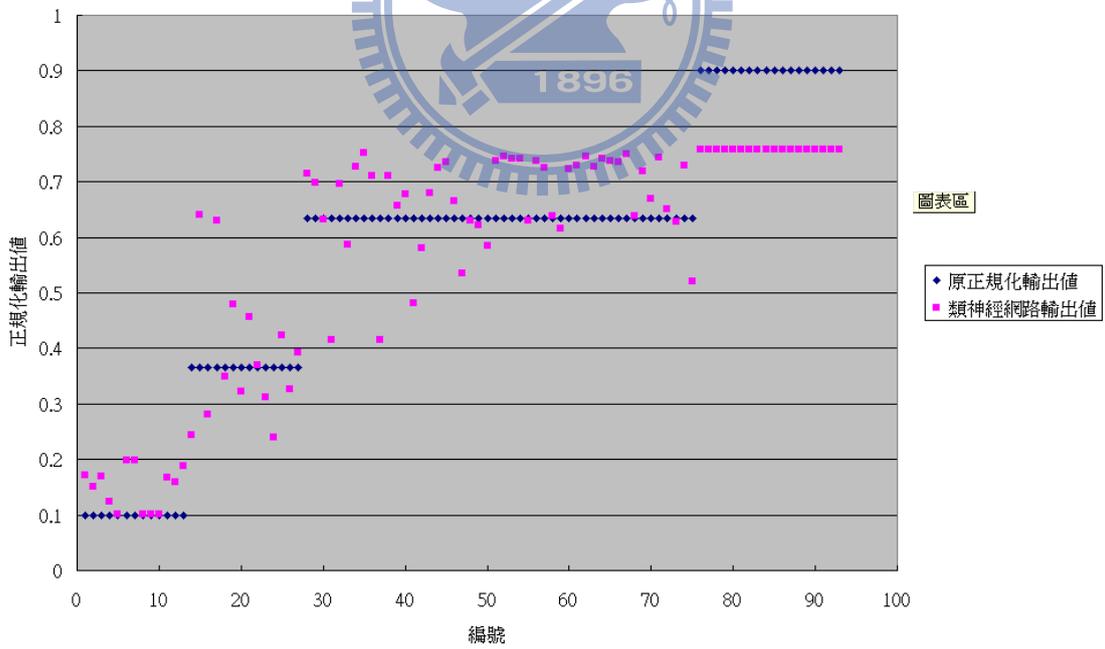


圖 63 網路架構為 20-11-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

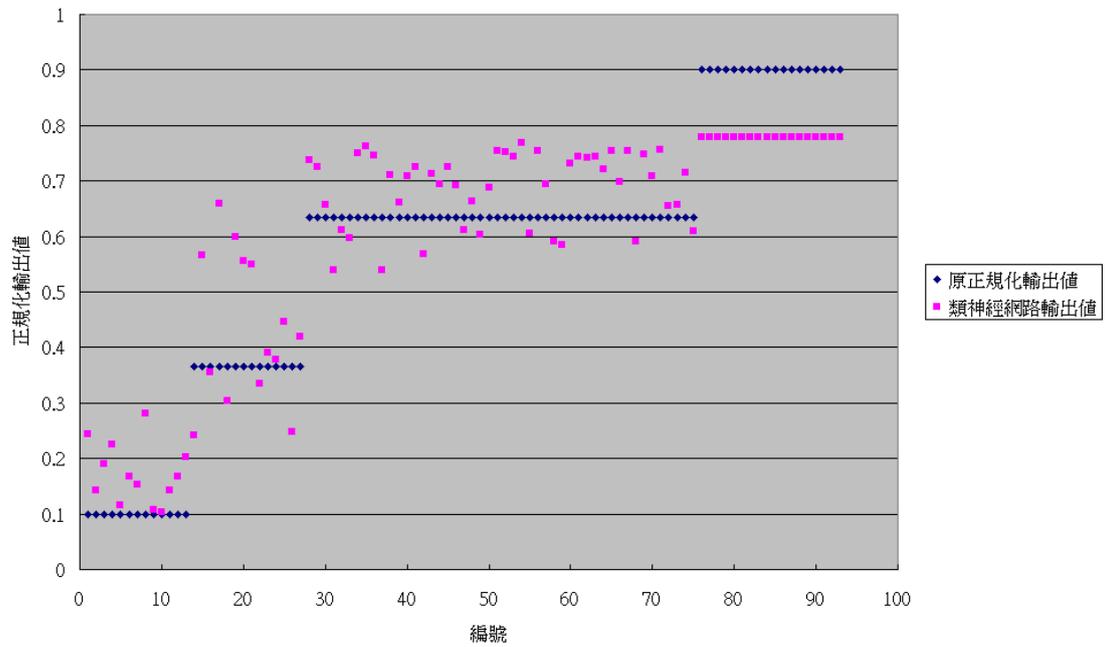


圖 64 網路架構為 20-20-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

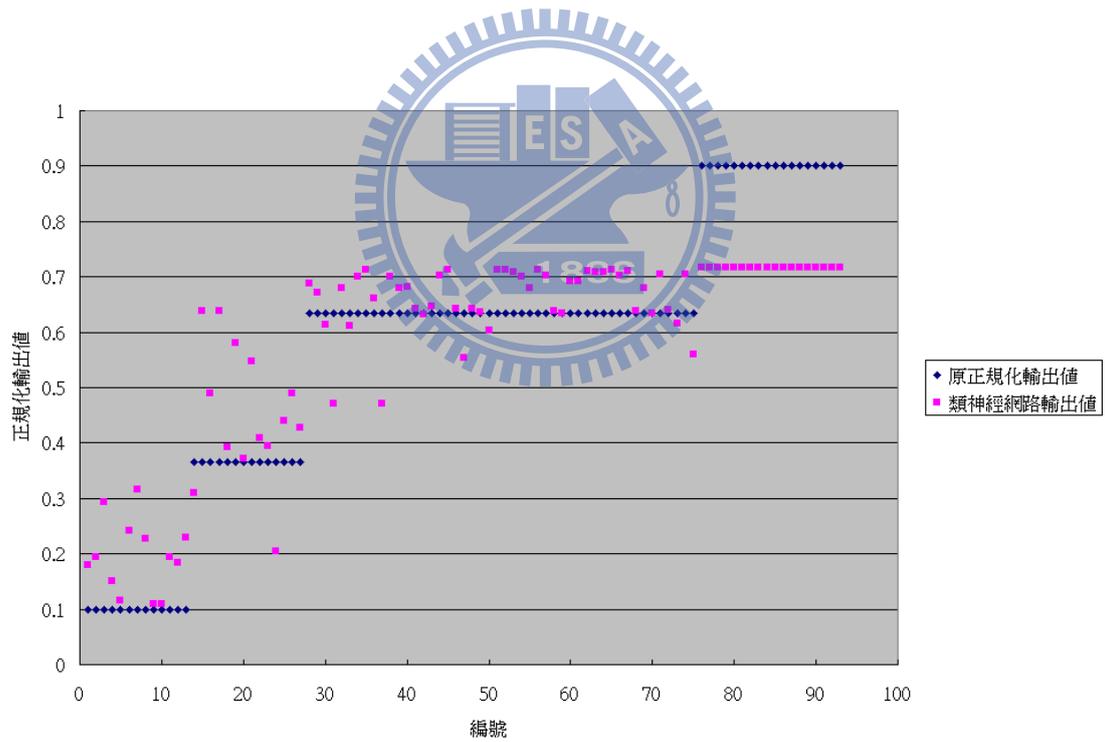


圖 65 網路架構為 20-21-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

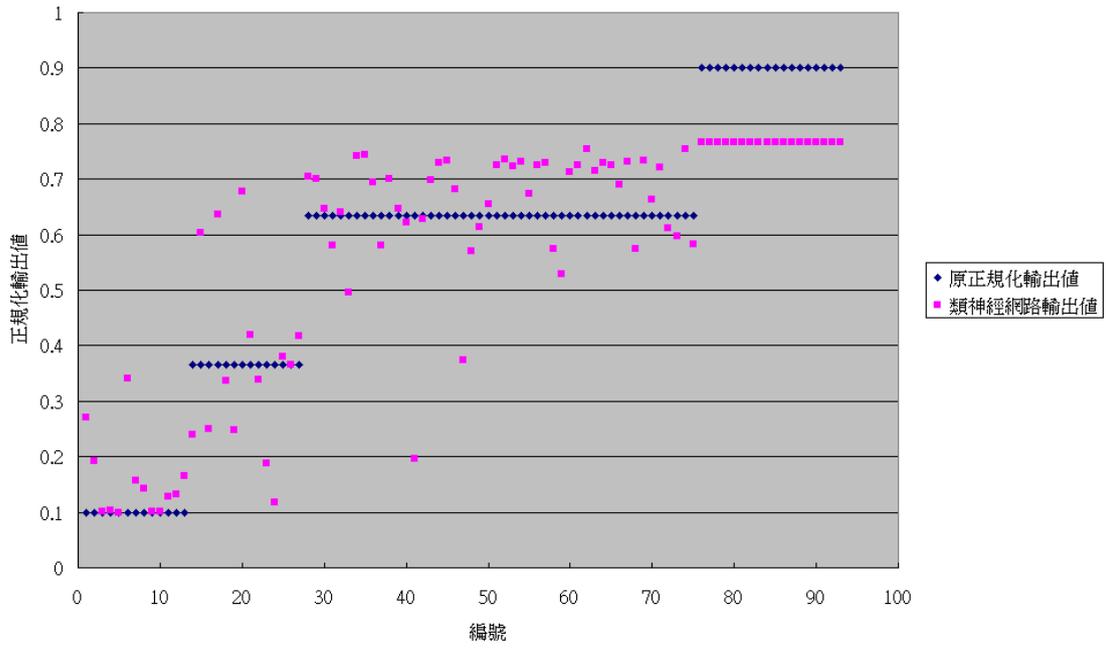


圖 66 網路架構為 20-30-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

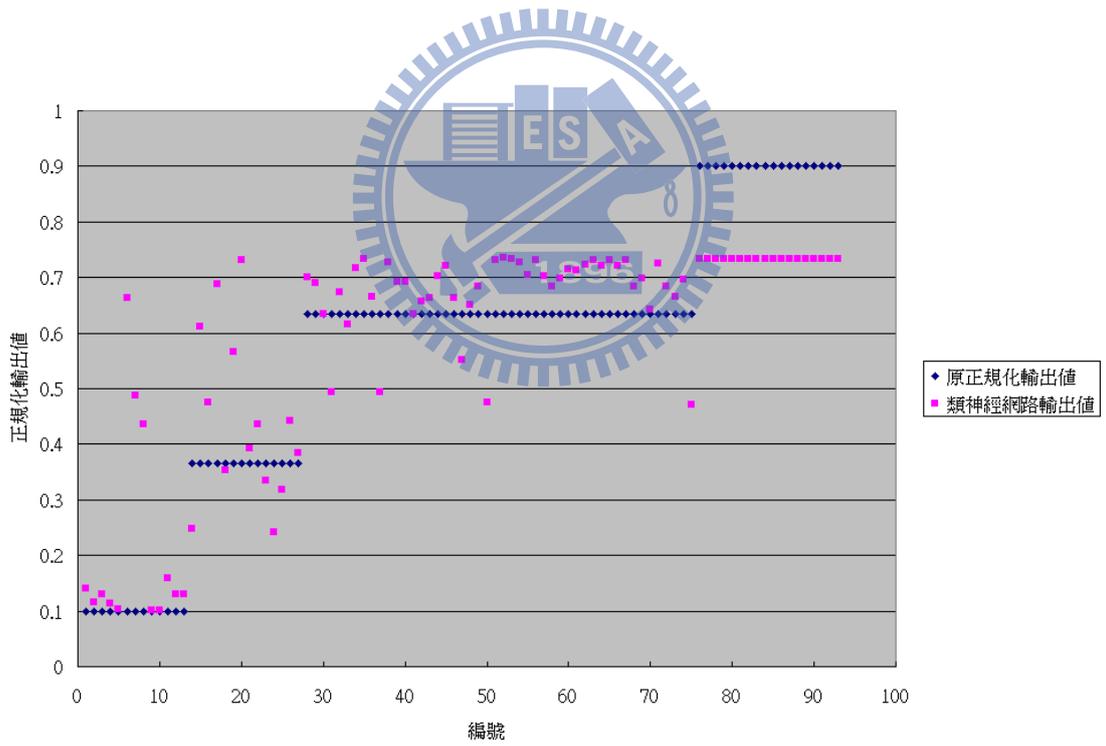


圖 67 網路架構為 20-40-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

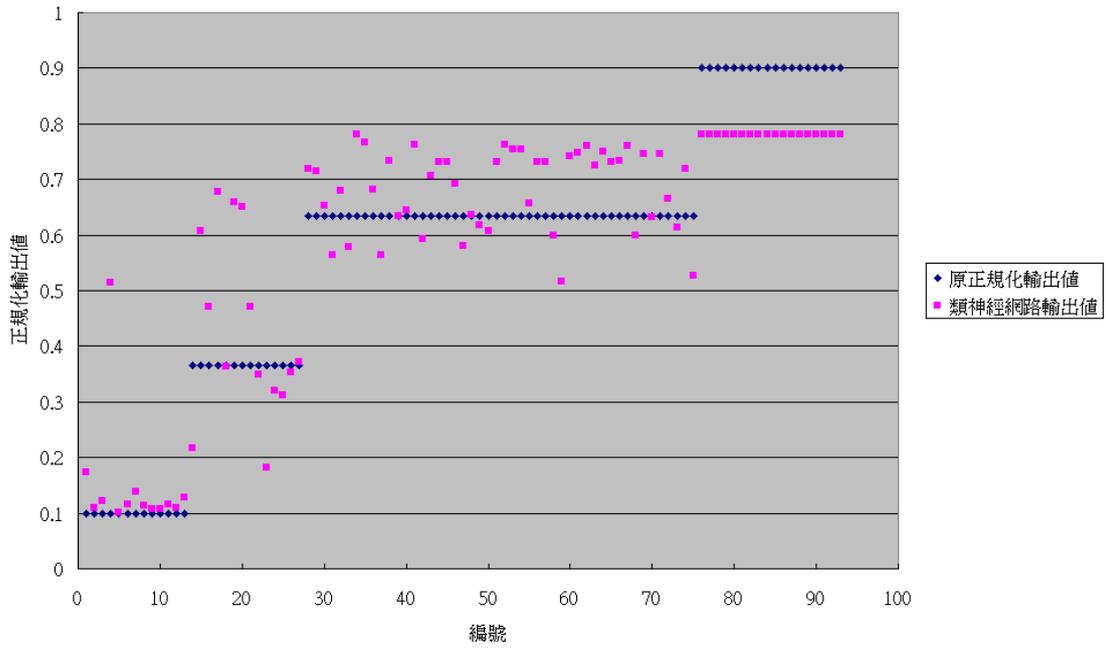


圖 68 網路架構為 20-42-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

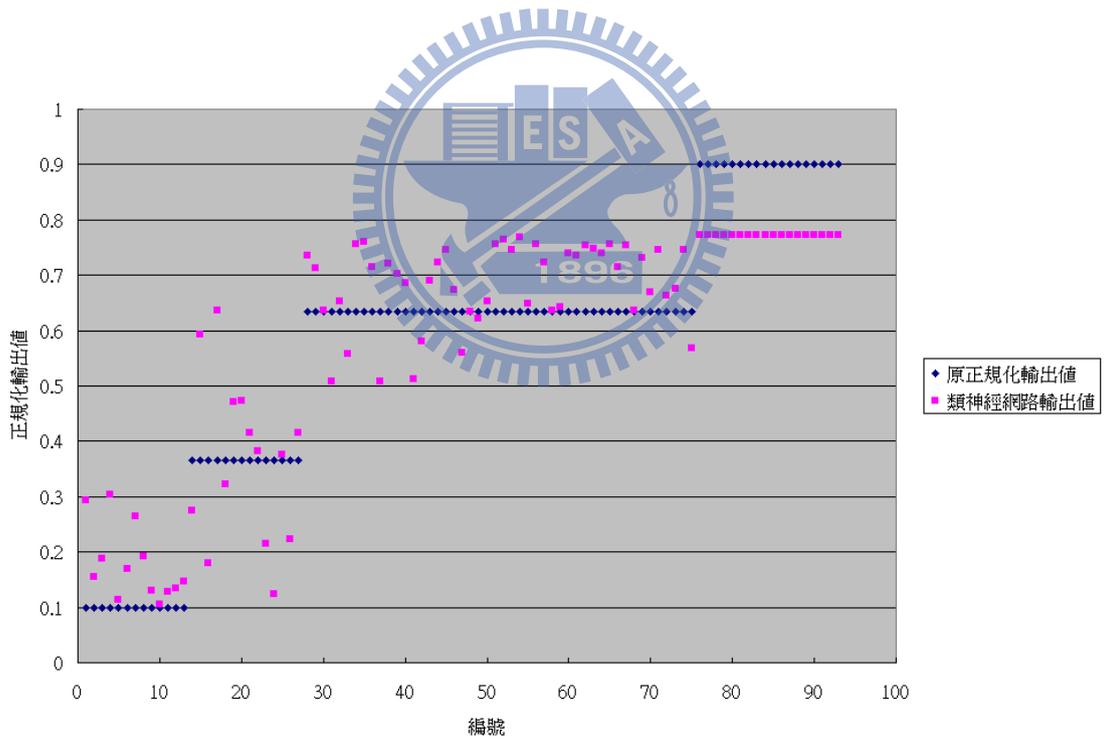


圖 69 網路架構為 20-50-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較

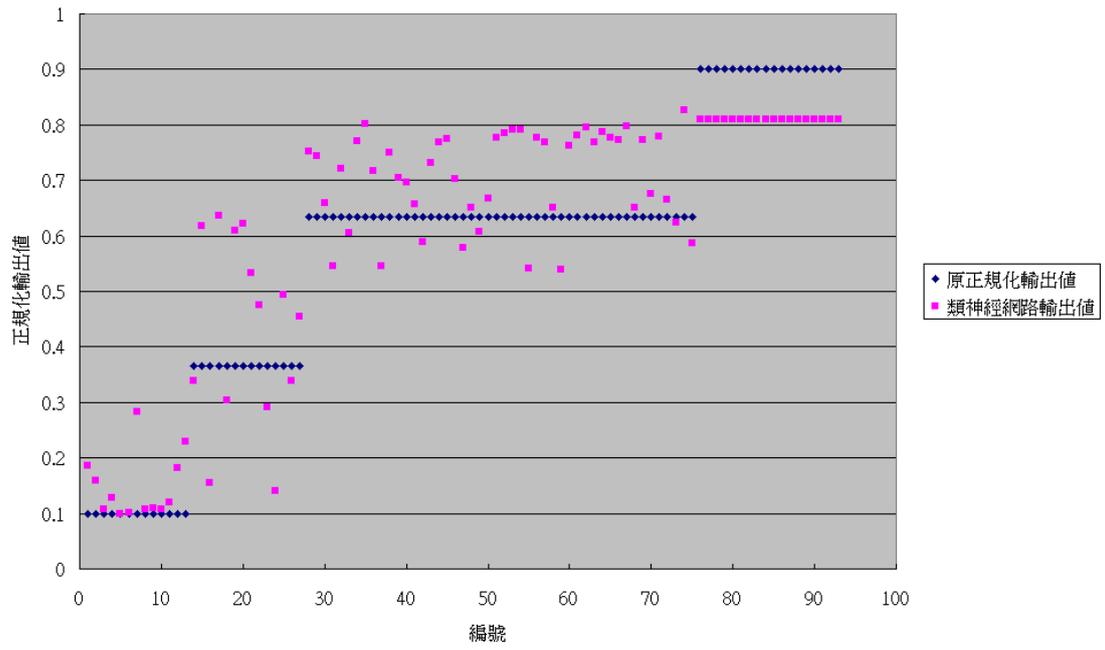
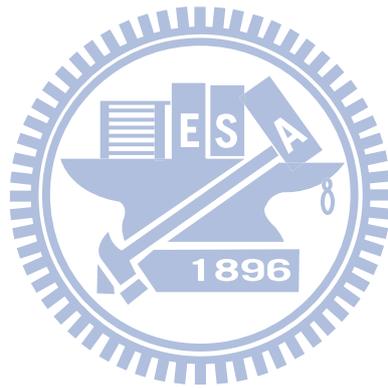


圖 70 網路架構為 20-60-1 測試完成正規化輸出值與原正規化輸出值之比較



附 錄 十

表24 各網路架構測試完成之輸出值

類神經架構	N20-10-1	N20-11-1	N20-20-1	N20-21-1	N20-30-1	N20-40-1	N20-42-1	N20-50-1	N20-60-1
編號	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果	類神經 測試成果
1	4	4	3	4	3	4	4	3	4
2	3	3	3	3	3	3	4	3	3
3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	3	3	3	3	3	3	3	4	4
7	3	4	4	4	4	4	4	4	4
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9	1	2	1	2	1	2	1	1	1
10	1	2	1	2	1	2	1	1	1
11	3	3	2	3	2	3	2	2	2
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2
13	2	2	2	2	3	2	2	2	2
14	2	2	2	2	2	2	1	2	1
15	1	2	1	2	1	2	1	1	1
16	2	2	2	2	2	2	1	2	1
17	2	4	4	3	4	4	4	4	4
18	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	3	3	2	3	2	3	2	2	2
20	2	2	2	2	2	2	2	2	2
21	2	2	2	2	2	2	2	2	2
22	2	2	2	2	2	2	2	2	2
23	3	3	2	2	4	2	2	2	2
24	3	2	2	2	2	2	2	2	2
25	2	2	2	2	2	2	2	2	2
26	2	2	2	2	2	2	2	2	2
27	1	2	1	2	1	2	1	1	1
28	2	2	2	2	2	2	2	2	1
29	2	2	2	2	2	2	2	2	1
30	2	2	2	2	2	2	2	2	2
31	2	2	2	2	3	2	2	2	2
32	1	2	1	2	1	2	1	1	1
33	1	2	1	2	1	2	1	1	1
34	2	2	2	2	2	2	2	2	2
35	4	4	4	4	4	4	2	3	4
36	1	2	1	2	1	2	1	1	1
37	1	2	1	2	1	2	1	1	1
38	2	2	2	2	2	2	2	2	2
39	2	2	2	2	2	3	2	2	2
40	2	2	2	2	2	2	2	2	1
41	4	4	4	4	4	4	4	4	4
42	1	2	1	2	1	2	1	1	1
43	1	2	1	2	1	2	1	1	1
44	1	2	1	2	1	2	1	1	1
45	1	2	1	2	1	2	1	1	1
46	3	3	3	3	3	3	3	3	3
47	4	4	4	3	3	2	4	4	4
48	3	4	4	3	4	3	4	3	3
49	4	4	3	4	4	3	4	4	4
50	4	4	4	4	4	4	4	4	4
51	3	3	2	2	3	2	2	3	2

附 錄 十

表24 各網路架構測試完成之輸出值

52	2	2	2	2	2	2	2	2	1
53	4	4	4	4	4	4	4	4	4
54	2	2	2	2	2	2	2	2	1
55	3	3	2	3	2	2	2	3	2
56	2	2	1	2	2	2	2	1	1
57	2	2	2	2	2	2	2	2	2
58	2	2	2	2	2	2	2	2	1
59	2	3	2	2	3	3	3	3	2
60	3	3	3	3	3	3	3	3	3
61	2	2	2	2	2	2	2	2	1
62	3	3	3	3	4	3	4	4	3
63	2	2	2	2	2	2	2	2	2
64	1	2	1	2	1	2	1	1	1
65	2	2	2	2	2	2	2	2	2
66	2	2	2	2	2	2	2	2	2
67	1	2	1	2	1	2	1	1	1
68	2	2	2	2	2	2	2	2	1
69	2	2	2	2	2	2	2	2	1
70	3	4	4	4	4	4	4	4	4
71	3	3	3	4	4	3	3	4	4
72	2	2	2	2	2	2	2	2	1
73	1	2	1	2	1	2	1	1	1
74	2	2	2	2	2	2	2	2	1
75	2	2	2	2	2	2	2	2	1
76	2	2	2	2	2	2	2	2	1
77	1	2	1	2	1	2	1	1	1
78	3	3	3	3	3	3	3	3	3
79	1	2	1	2	1	2	1	1	1
80	2	2	2	2	2	2	2	2	1
81	2	2	2	2	2	2	2	2	2
82	2	2	2	2	2	2	2	2	1
83	2	2	2	2	2	2	2	2	2
84	2	2	2	2	2	2	2	2	1
85	3	3	3	3	3	3	3	4	3
86	3	4	4	4	4	4	4	4	4
87	2	2	2	2	2	2	2	2	2
88	3	4	4	4	4	4	4	4	4
89	2	2	2	2	2	2	2	2	2
90	2	2	2	2	2	2	2	2	1
91	1	2	1	2	1	2	1	1	1
92	3	2	2	2	2	3	2	2	2
93	3	3	3	3	3	3	3	3	3

附 錄 十 一

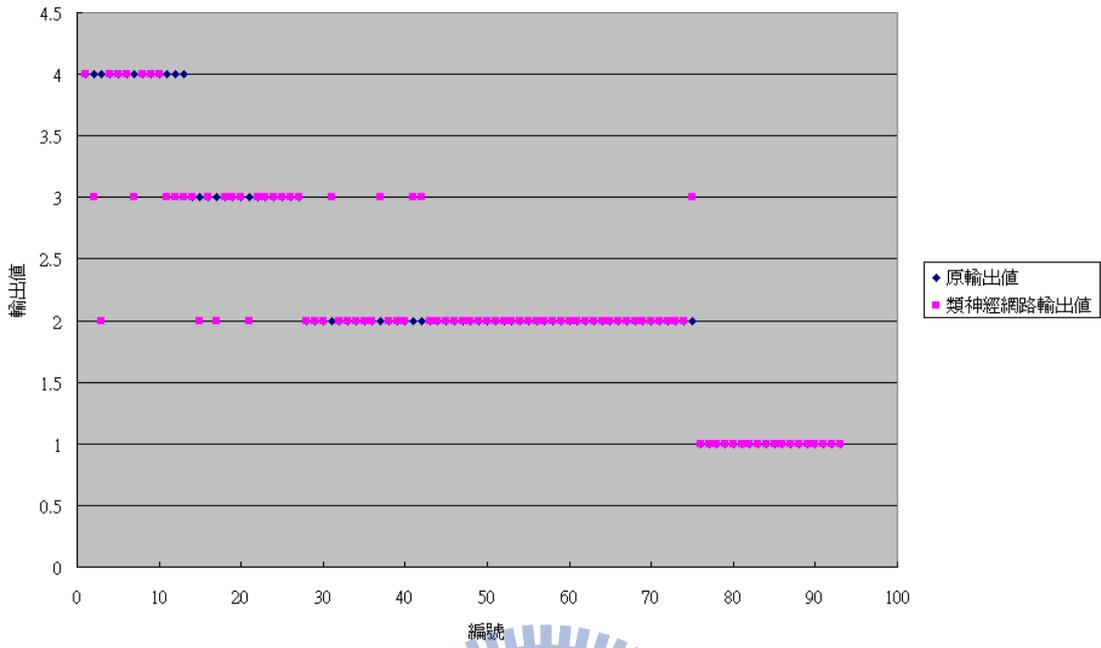


圖 71 網路架構為 20-10-1 測試完成輸出值與原輸出值之比較

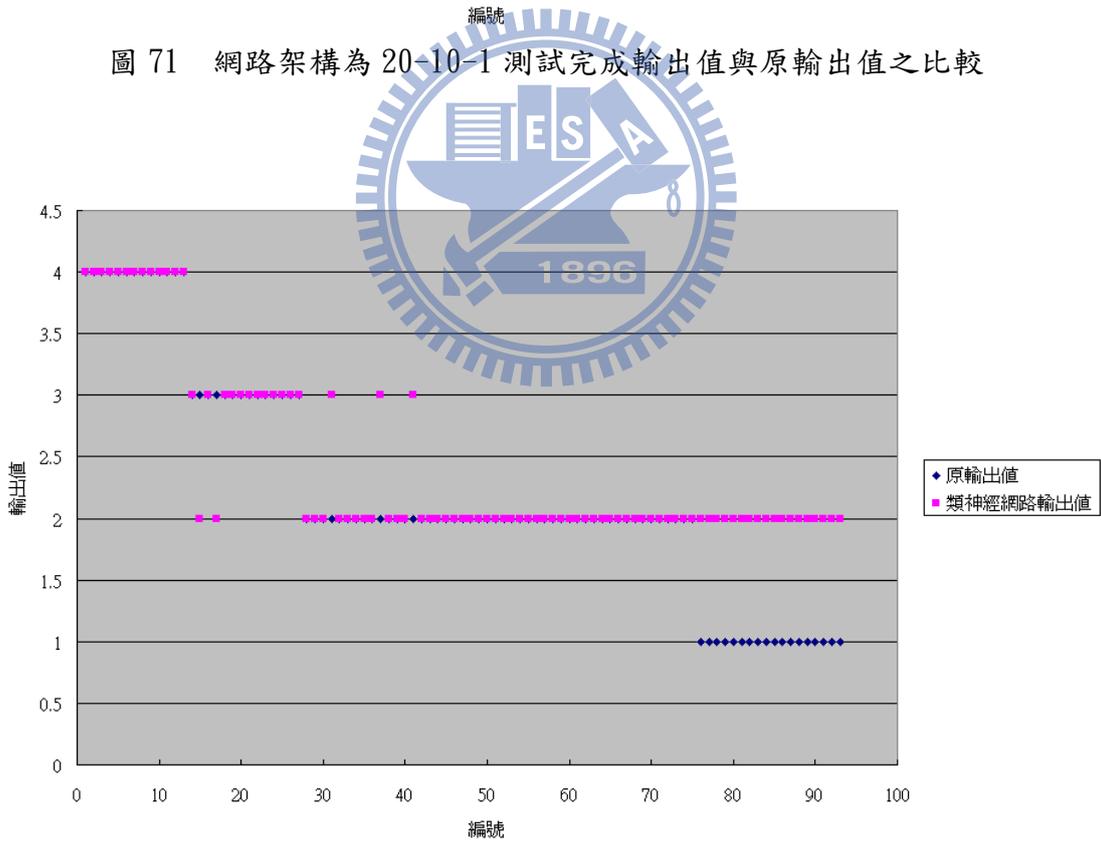


圖 72 網路架構為 20-11-1 測試完成輸出值與原輸出值之比較

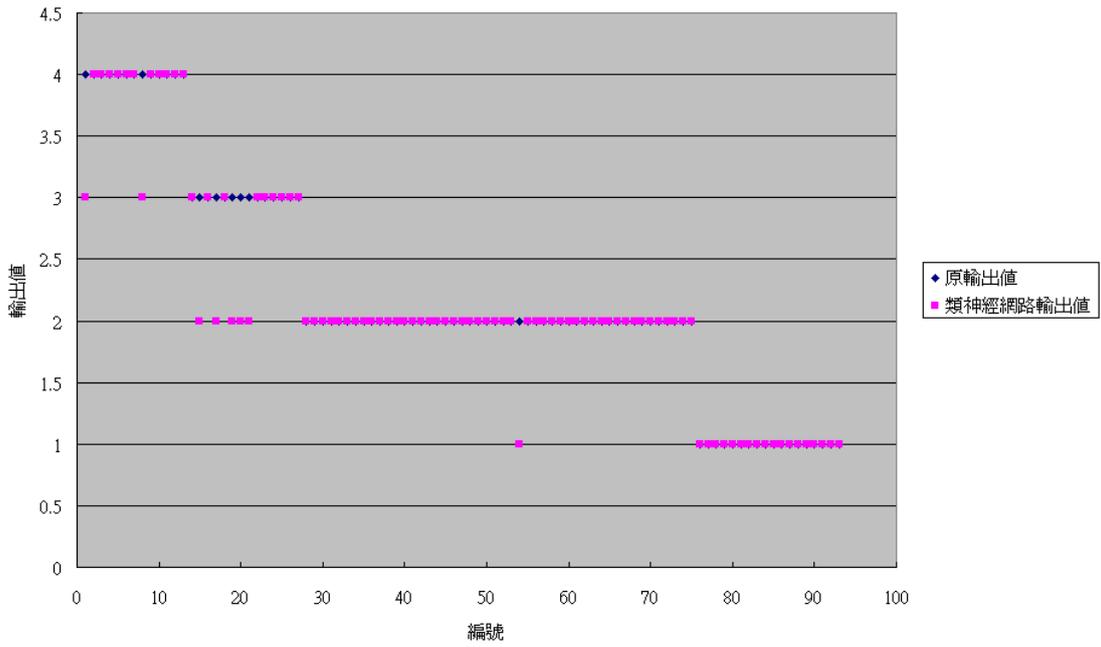


圖 73 網路架構為 20-20-1 測試完成輸出值與原輸出值之比較

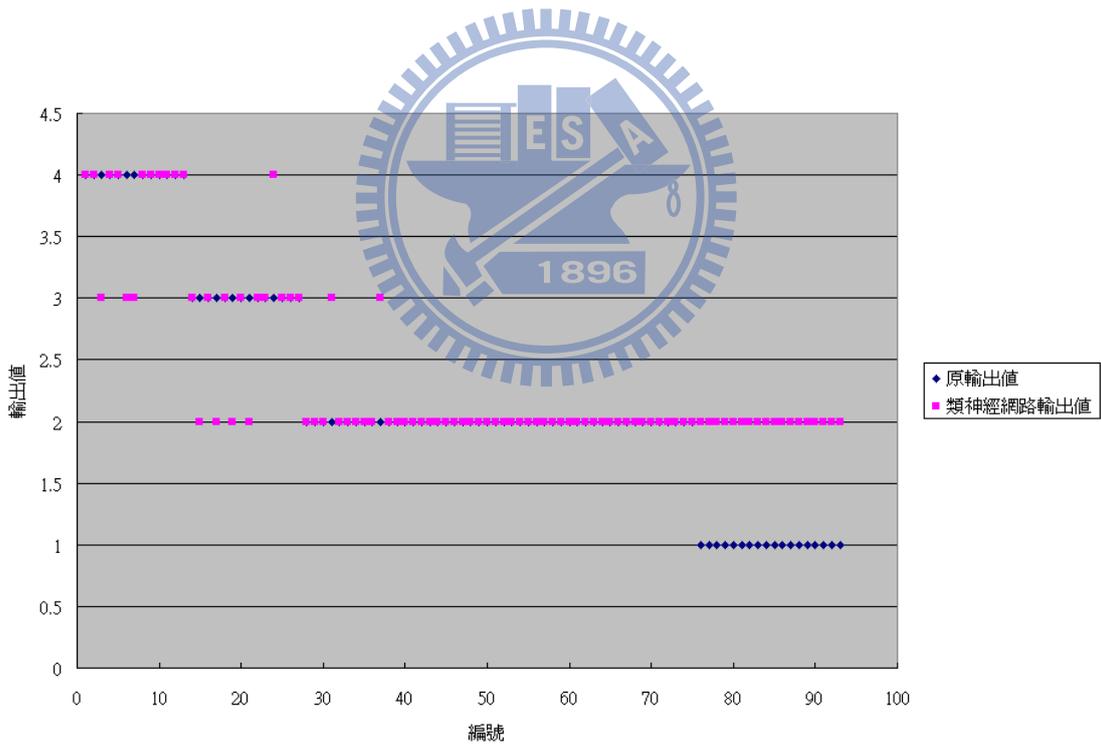


圖 74 網路架構為 20-21-1 測試完成輸出值與原輸出值之比較

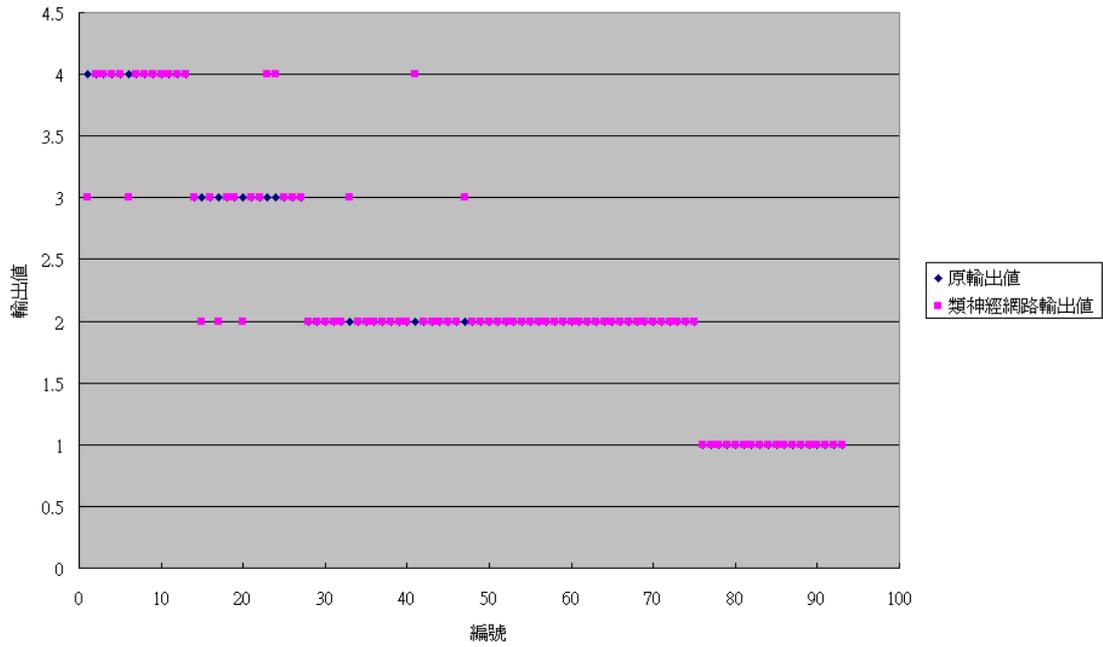


圖 75 網路架構為 20-30-1 測試完成輸出值與原輸出值之比較

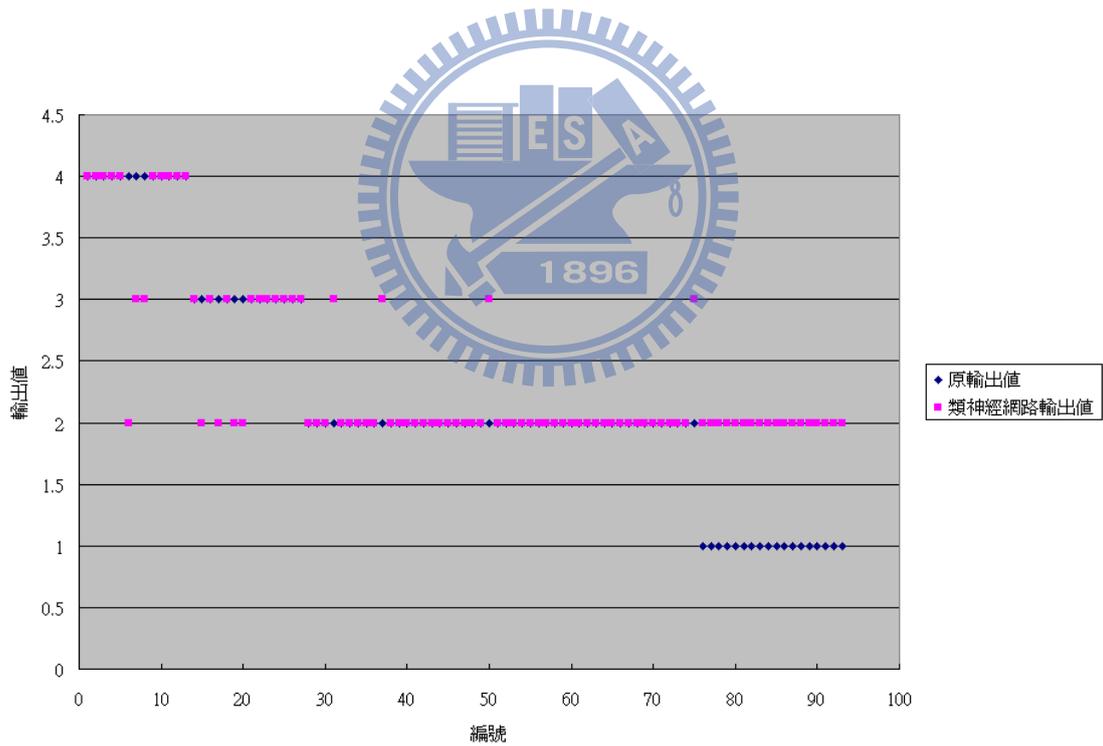


圖 76 網路架構為 20-40-1 測試完成輸出值與原輸出值之比較

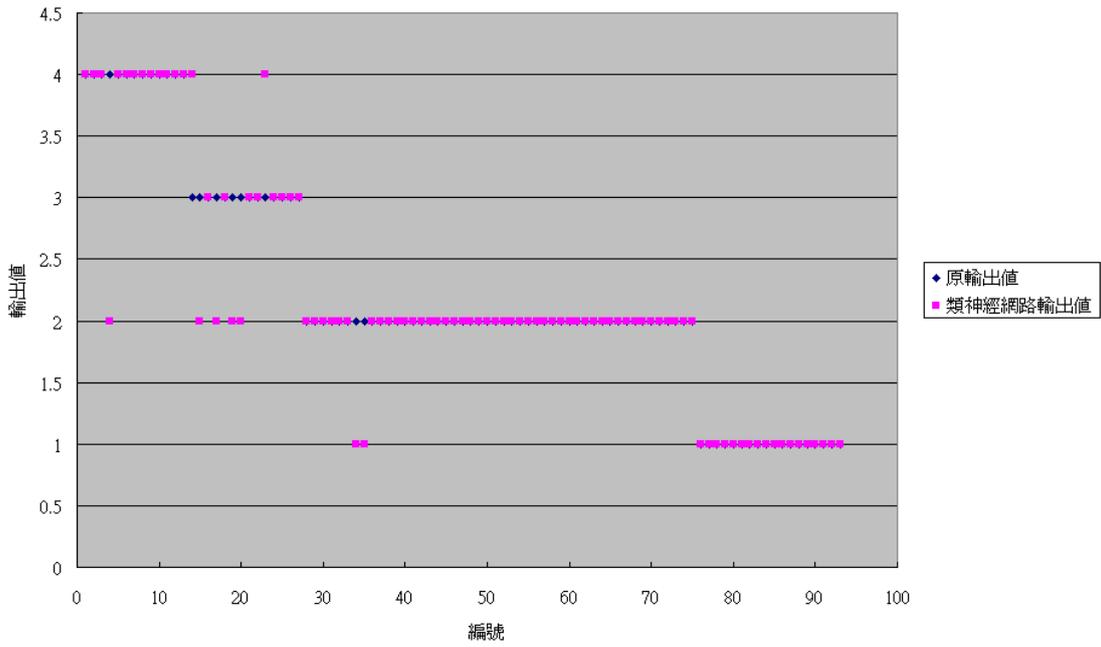


圖 77 網路架構為 20-42-1 測試完成輸出值與原輸出值之比較

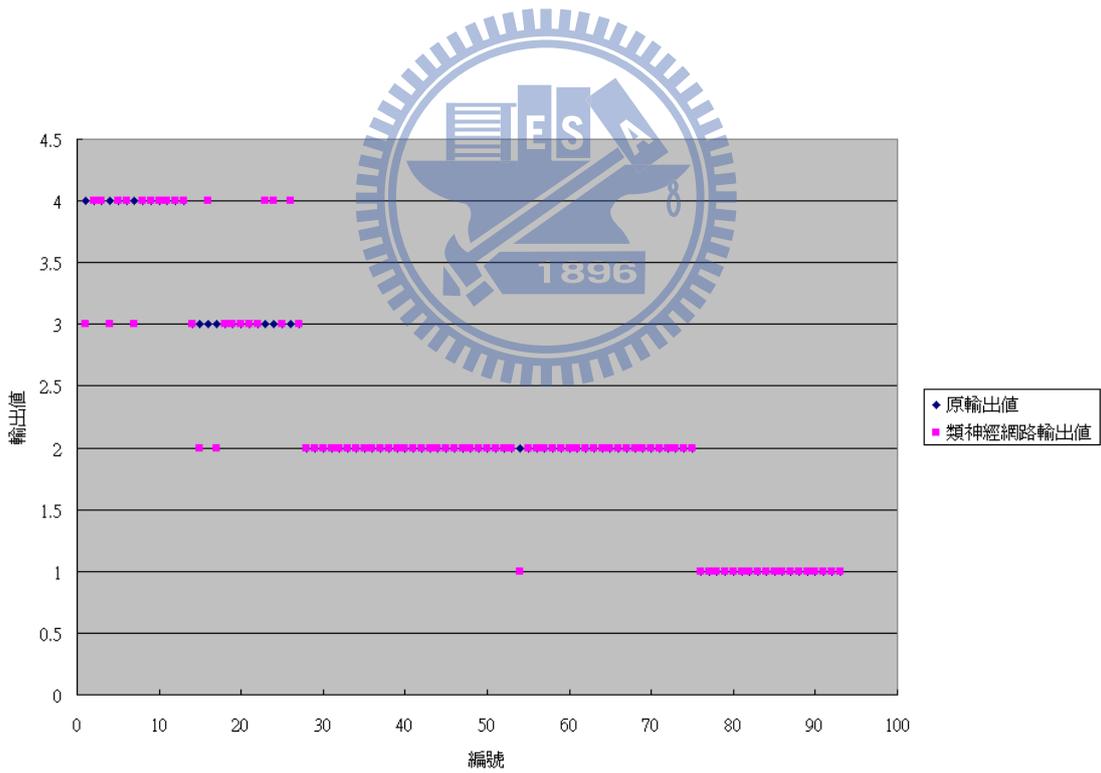


圖 78 網路架構為 20-50-1 測試完成輸出值與原輸出值之比較

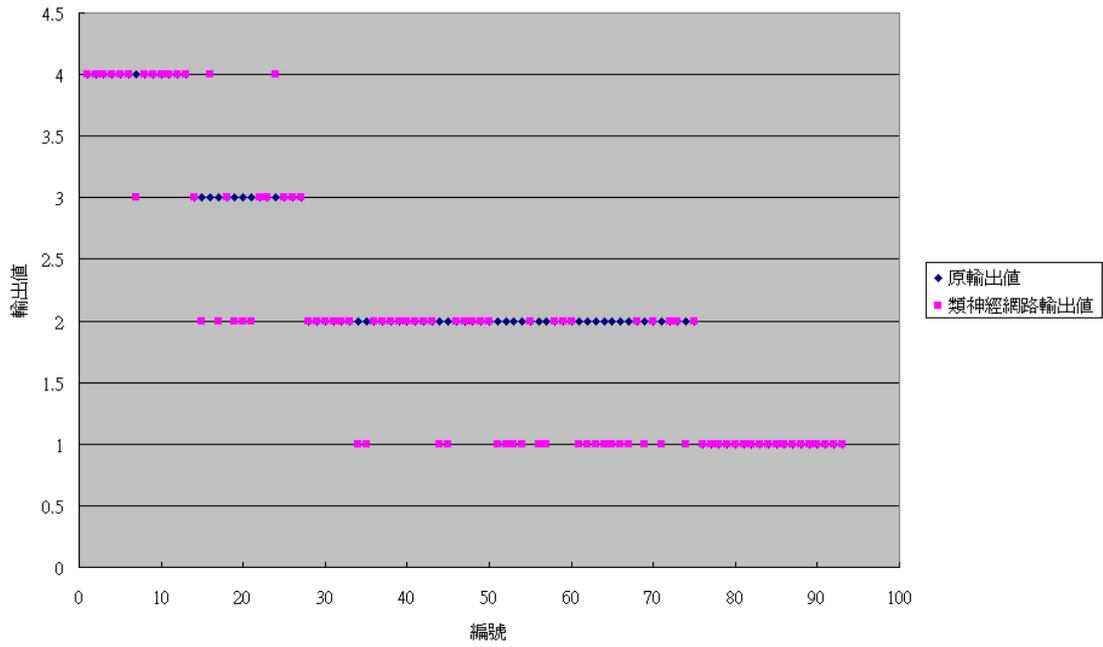
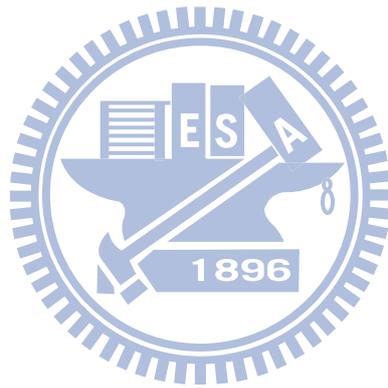


圖 79 網路架構為 20-60-1 測試完成輸出值與原輸出值之比較



附 錄 十 二

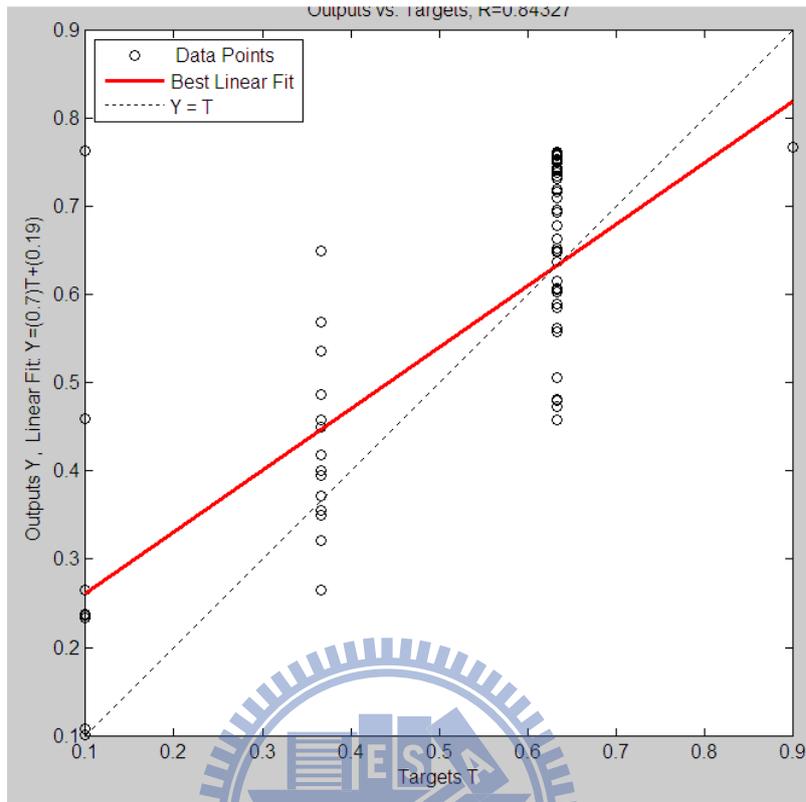


圖 80 網路架構為 20-10-1 測試完成之迴歸分析圖

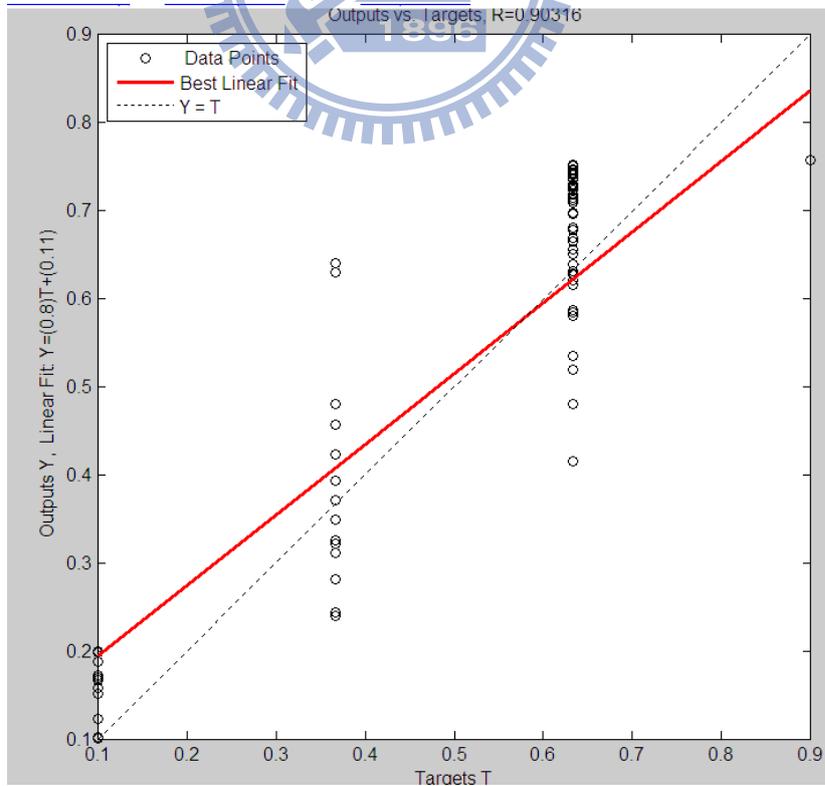


圖 81 網路架構為 20-11-1 測試完成之迴歸分析圖

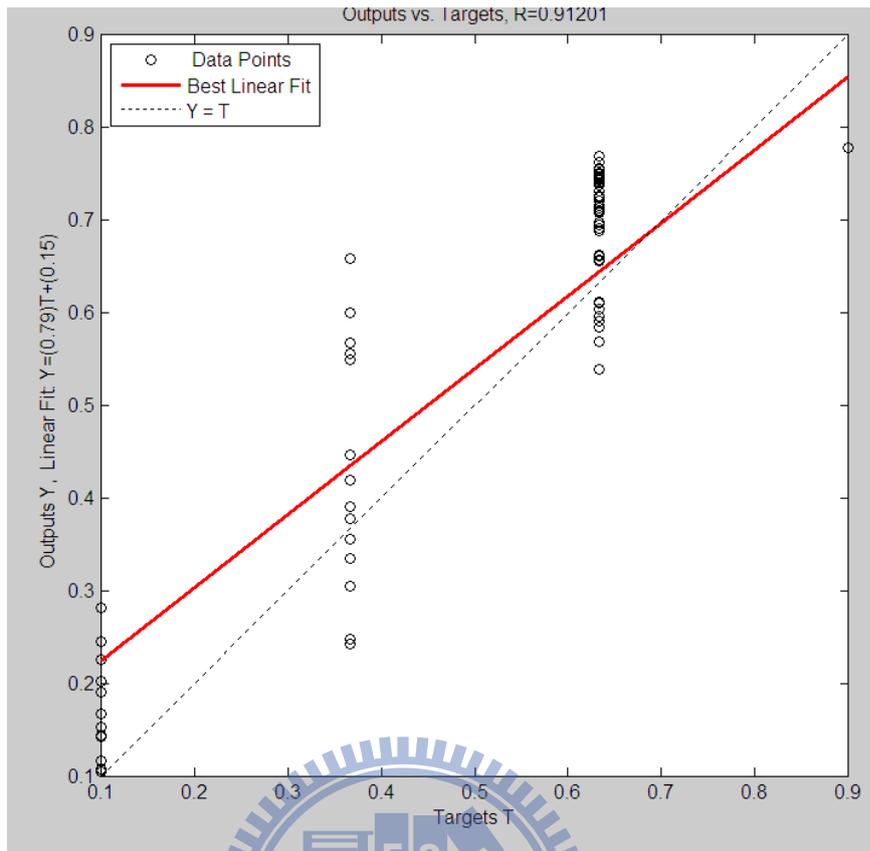


圖 82 網路架構為 20-20-1 測試完成之迴歸分析圖

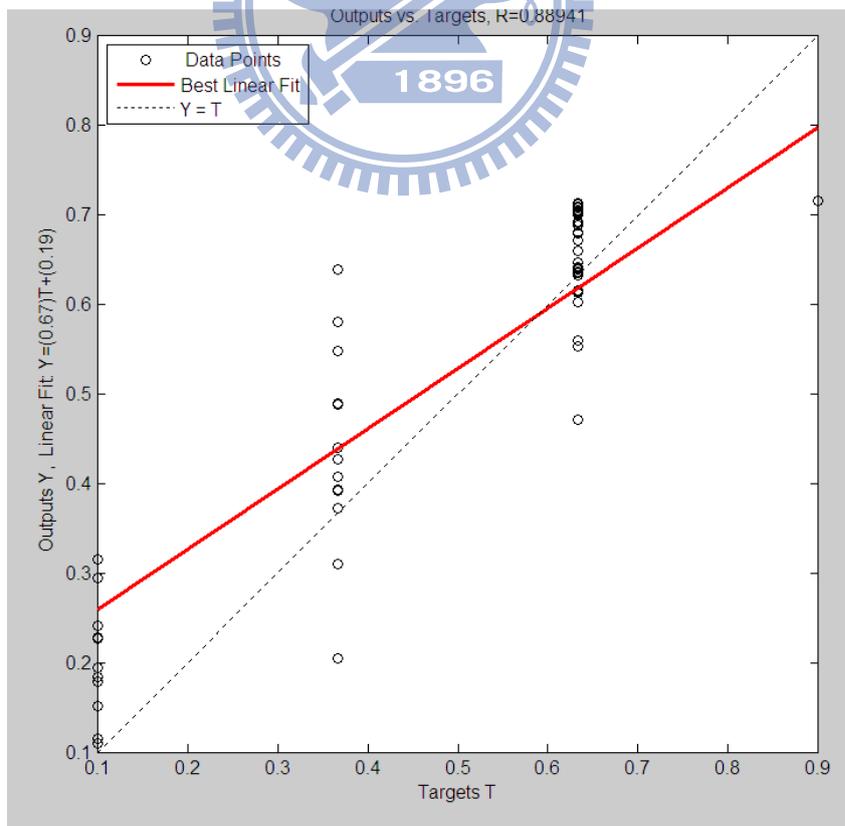


圖 83 網路架構為 20-21-1 測試完成之迴歸分析圖

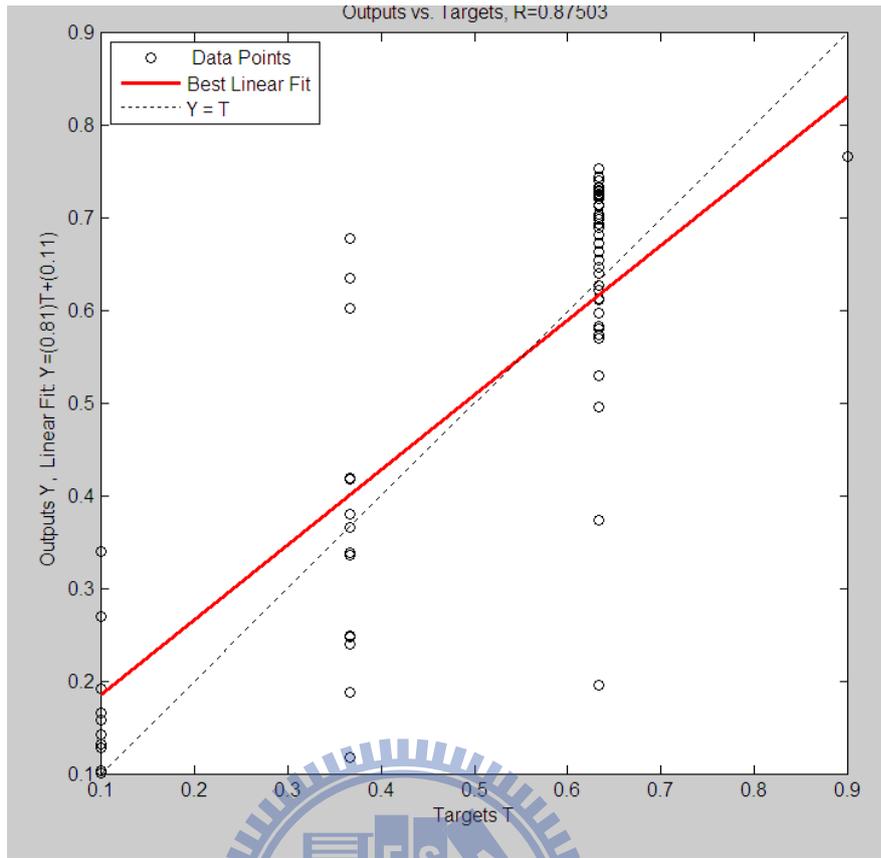


圖 84 網路架構為 20-30-1 測試完成之迴歸分析圖

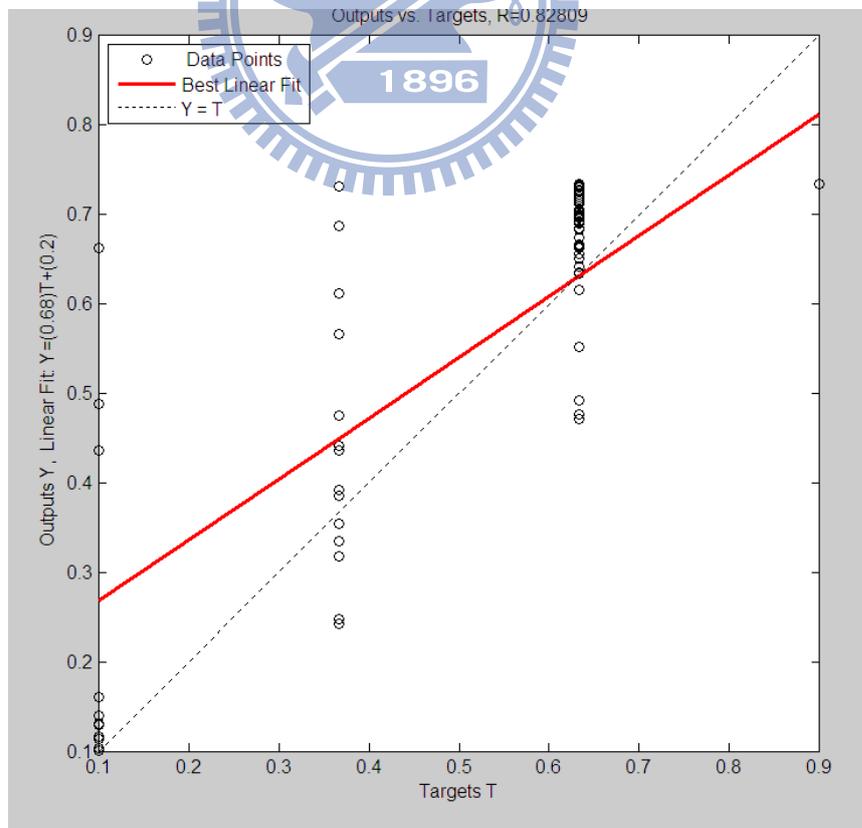


圖 85 網路架構為 20-40-1 測試完成之迴歸分析圖

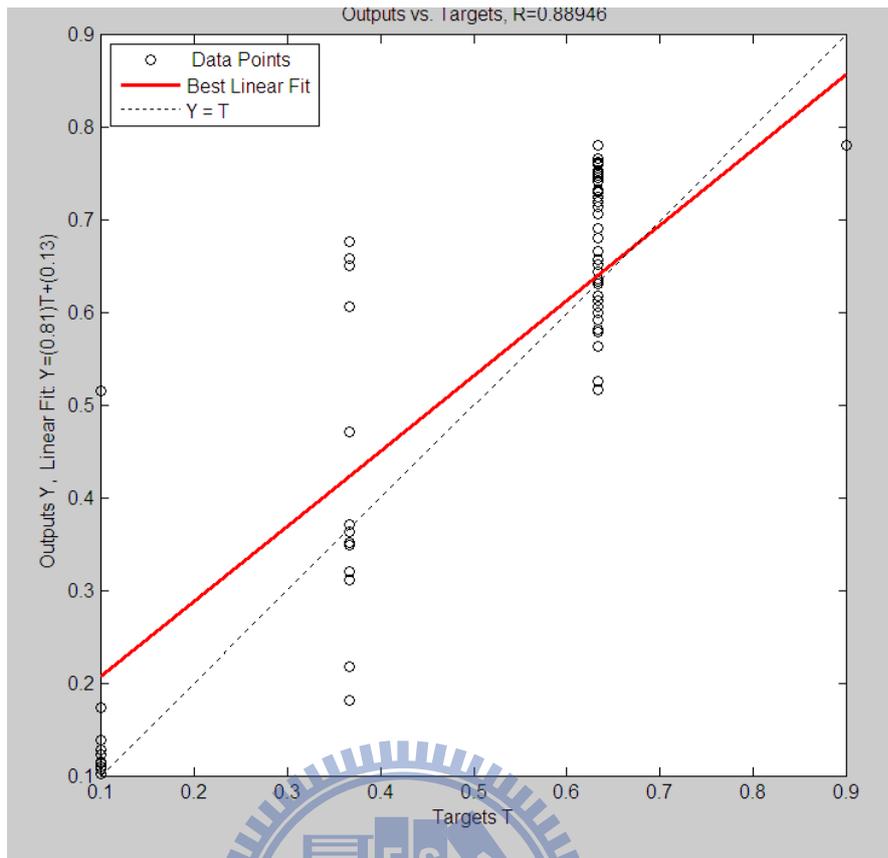


圖 86 網路架構為 20-42-1 測試完成之迴歸分析圖

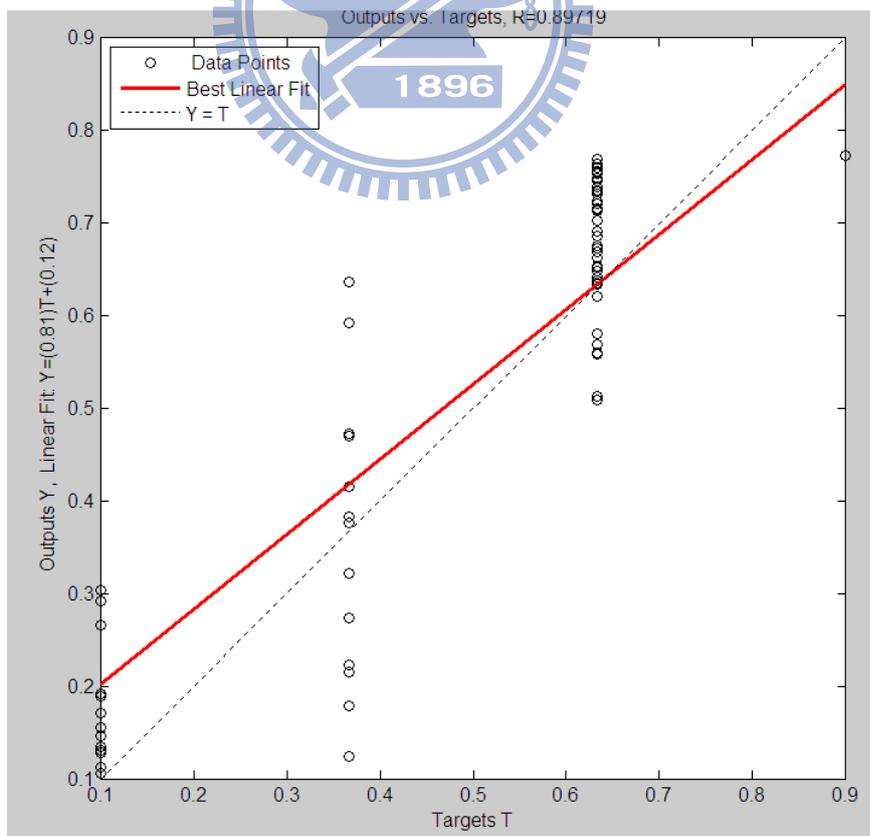


圖 87 網路架構為 20-50-1 測試完成之迴歸分析圖

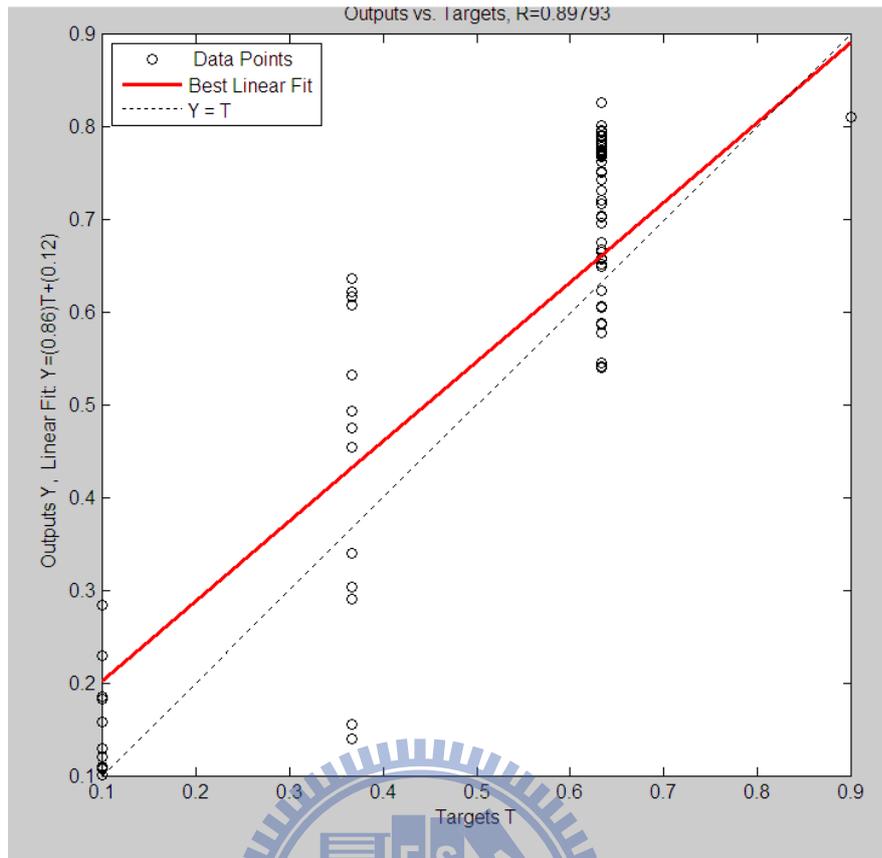


圖 88 網路架構為 20-60-1 測試完成之迴歸分析圖