

# 運用適應性網路模糊推論系統預測船舶完整穩度之研究

賀增原\*、張淑娟

國防大學管理學院運籌管理學系

## 摘 要

穩度是船舶安全的關鍵因素，然而，評估船舶穩度相關的參數有KG值（龍骨與重心之間的距離）、KM值（龍骨與定傾中心之間的距離）及GM值（重心與定傾中心之間的距離）。這些數值皆可以透過輕載船隻實施傾測試驗以得到實際值。本文主要採用適應性網路模糊推論系統，即倒傳遞類神經網路架構結合Sugeno模型，預測80筆不同船舶的完整穩度。同時，研究結果將與相關文獻中的迴歸分析法、文化進化演算法和倒傳遞演算法進行比較與分析。分析結果可以提供船舶設計者於初始設計階段，更精確的掌握船舶穩定參數，以提高作業時效與避免人為誤差。

**關鍵詞：**船舶完整穩度，倒傳遞類神經，適應性網路模糊推論系統

## A Research of Adaptive Network-based Fuzzy Inference System on Forecasting the Ship Intact Stability

Tzeng-Yuan Heh \*, Shu-Chuan Chang

*Department of Logistics Management,  
Management College,  
National Defense University*

## ABSTRACT

It is a critical factor of the ship safety for stability, however, there are three parameters to evaluate the ship stability, including KG (the distance between the keel and the center of gravity), KM (the distance between the keel and the metacenter), and GM (the distance between the center of gravity and metacenter). We can get the actual value by way of the inclining experiment for those light duty vessels. This study combines back-propagation network, Sugeno to form Adaptive Network Based Fuzzy Inference System (ANFIS) to forecast the intact stability of 80 classes' different ships. At the same time, the result will be compared with regression analysis, cultural evolution algorithm and back-propagation network, so we can get the merits and demerits of various methods. The analytic results can provide ship designers the more accurate stability parameters during the preliminary ship design phase. As a result, this paper will improve the operating time efficiency and avoid human error.

**Keywords:** ship intact stability, back-propagation network, ANFIS

---

文稿收件日期 102.1.25; 文稿修正後接受日期 102.7.25; \*通訊作者

Manuscript received January 25, 2013; revised July 25, 2013; \*Corresponding author

## 一、前言

船舶航行於變化多端的大海，最基本且重要的前提就是安全。而安全性則取決於船舶穩度，不同的船舶自然有相異的穩度要求標準，基於船舶設計之目的及航行的海域，應分別依照各海域之航政機構及國際海事組織所訂定國際航運全面性安全制度之相關最佳穩度。2011年修正的《船舶檢查規則》[1]指出船舶非經檢查合格不得航行，船舶檢查時效屆滿非重經檢查合格或時效雖未屆滿而檢查不合格者，亦同。另新建船舶應在船體建造完成階段之適當時期，在航政機關或驗船機構檢查人員之監督下施行傾側試驗 (inclining experiment)，以計算船舶穩度 (stability)。但新建船舶其同型船業經施行傾側試驗，其有關穩度之計算書等業經航政機關或驗船機構核可者，得申請准免施行。

2005年曹瑞凌[2]提及船舶在設計階段的重量與重心位置，是相當重要的一個環節，一般在設計時，重心位置是略估的，在船舶建造各階段之中，部分設備的重量、實際位置的改變在所難免。因此，需透過傾側試驗確定船舶在輕載 (light duty) 船況時的排水量、重心位置及定傾中心高度，作為推算各裝載情況吃水、排水量及穩度的基礎。

衡量船舶穩度最重要的參數為KG值 (即龍骨至重心的距離)、KM值 (即龍骨與定傾中心之間的距離) 及GM值 (重心與定傾中心之間的距離)，其相關的位置如圖1所示，即船舶於靜穩度下的橫傾浮態。

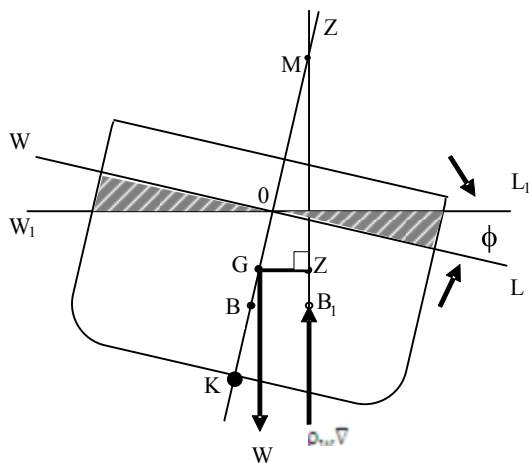


圖1. 橫傾浮態。

1999年Yilmaz與Kükner[3]指出KM的值完全取決於船型，並利用1080艘漁船已知的規格參數，建立有關KM、KG的迴歸模式 (regression modeling)，研究中萃取80艘船舶設計之幾何特性，包含有船長 (length)、船寬 (breadth)、船深 (depth)、吃水 (draft)、方塊係數 (block coefficient) 以及排水量 (displacement) 經運算後結果可以顯示誤差值在可允許的範圍內 (約5%左右)，可以提供設計者在初始設計階段，輕易地計算一套相應的設計穩度參數以提高船舶的穩度。

2004年Alkan、Gulez與Yilmaz[4]以不同的轉換函數，建構出二個相異的倒傳遞網路架構，即傳統倒傳遞演算法 (classic back-propagation algorithm) 與快速倒傳遞演算法 (fast back-propagation algorithm)，前者使用的活化函數為「對數型式」的sigmoid函數，而後者的活化函數為「對稱型式」的hyperbolic tangent函數，結果顯示演算速度上FBA優於CBA；在KG、KM及GM值的預測結果上差異並不明顯。2006年涂進財[5]對船舶穩度之KG值與KM值進行探討，運用[3]文獻中的船型幾何參數，以倒傳遞類神經網路實施訓練及預測，經比較8種不同的組合結果，分別為船寬、吃水、船深、全長、方塊係數、排水量、排水體積、稜塊係數及水線面係數計算最佳組合為5項輸入值：船寬、吃水、船深 (depth of ship)、全長及方塊係數，將上述5項輸入倒傳遞類神經網路，以得到KG與KM值，同時在隨機取樣的船舶，可以發現類神經的平均誤差值低於迴歸分析的平均誤差值。2011年邱進東、郭信川與林青海[6]則以文化進化演算法應用於非線性函數之類神經網路，建置船舶穩度參數預測模型，其預測結果優於迴歸分析。

適應性網路模糊推論系統 (Adaptive Network Based Fuzzy Inference System, ANFIS) 於1993年為Jang所提出[7]在預測方面的表現，已有多位學者進行探討。2009年Elabd與Schlenkhoff[8]預測Lenne河Ahausen至Hagen-Hohenlimburg之間的水流時間。2010年Boyacioglu與Avci[9]預測伊斯坦堡股票交易所，每月收盤指數的正確率達98.3%。2008年蘇漢昌[10]利用工業區廢水廠線上操作即時監控參數，預測出流水水質。2009年曾治瑋[11]預測台灣地區汽車銷售量。2011年曾慶耀、李信德與黃文煒[12]應用於船舶自航器之探

討。2012年林佩萱[13]運用ANFIS於預測信用卡額度之研究。由此可知，以ANFIS運用於船舶完整穩度的預測是具體可行的方式。

接著本文第二節為ANFIS介紹，主要說明模式推論之演算及涵義，第三節模型建置及訓練方式與其它方法比較，第四節為結果與討論，最後提出結論與建議。

## 二、適應性網路模糊推論系統

### 2.1 適應性網路模糊推論系統(ANFIS)

1993年Jang提出以倒傳遞類神經網路架構結合函數型模糊規則Sugeno，此類神經網路架構即稱為ANFIS，可利用類神經網路自我學習的優點，提供使用者決定Sugeno模糊規則之前鑑部 (antecedent part) 及後鑑部 (consequent part) 參數，因此使得Sugeno模糊模型具自我學習的能力，能自行調整出最佳的模糊規則。

2006年林春樸[14]指出適應性類神經模糊推論系統分別有Mamdami、Tsukamoto和Sugeno模糊推論三種，其主要差別在後鑑部，而前鑑部則完全一樣。Mamdami模糊推論的缺點是去模糊化運算較費時；Tsukamoto模糊推論的後鑑部是由單調歸屬函數構成，通過權重平均得到整體輸出，但由於單調歸屬函數是假設的，不具物理意義，所以不常用；Sugeno推論的每條規則都是精確輸出，通過權重平均得到整體輸出，免去耗時的去模糊化過程，是建模最常使用的模型。2010年張衍祥[15]提及類神經網路是一種結構可隨意選取並且是完全分散式的模型，而模糊系統可直接將關於結構的知識，以數值的組織方式編碼在系統中，因此結合的系統將兼具兩者的優點，即類神經的優點如學習能力、最佳化能力、連結式的結構；模糊邏輯的優點如接近人類的思考行為，容易結合專家知識。

然而，ANFIS除應用於預測研究之外，亦適合運用於分段式線性控制系統、圖樣識別、決策分析以及時序信號處理等領域，不過，缺點為當資料型態較為穩定或出現極端值時，其預測效果較不理想，而訓練參數及收斂條件需經由經驗值或試誤法求得。

### 2.2 ANFIS演算法則

本文使用ANFIS適用於Sugeno模糊規則其架構有五層[15]如圖2所示，各層公式為equation (1)至equation (5)。

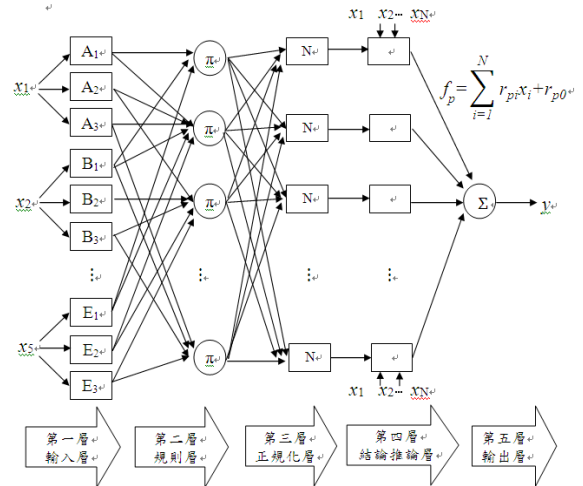


圖2. ANFIS架構圖。

第一層：輸入層

將輸入變數 $x_1$ 至 $x_5$ 映射到模糊集中，輸入變數 $x_1$ 至 $x_5$ ，分別表示船舶參數B(船寬)、T(吃水)、D(船深)、L(船長)及 $C_B$ (方塊係數)，計算其觸發 $A_i, B_i, \dots, E_i$ 的高度值， $A_1, A_2, A_3$ 為變數 $x_1$ 的模糊集合歸屬函數， $B_1, B_2, B_3$ 為變數 $x_2$ 的模糊集合歸屬函數，餘項類推。

$$O_{1,ji} = \mu_j(x_i) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_i - c_{ji}}{a_{ji}} \right|^{2b_{ji}}} \quad (1)$$

其中 $i=1,2,\dots,N; j=1,2,3$ (表示有3個歸屬函數或者2個歸屬函數)， $\{a_i, b_i, c_i\}$ 為前鑑部參數。

第二層：規則層

執行模糊規則的適合度演算，表示前鑑部觸發高度之較低者或乘積，公式如(2)所示。

$$O_{2,p} = w_p = \prod_{i=1}^N \mu_{ji}(x_i) \quad (2)$$

其中 $j_i=1,2,3; p=1, \dots, P$

第三層：正規化層

其節點以N標記，將上層的輸出結果作正規化處理，使其輸出值介於0到1之間，公式如(3)所示。

$$O_{3,p} = \overline{w_p} = \frac{w_p}{\sum_{p=1}^P w_p} \quad (3)$$

第四層：結論推論層

將正規化的結果與 Sugeno 模糊模式相乘，公式如(4)所示。

$$O_{4,p} = \overline{w_p} f_p = \overline{w_p} \left( \sum_{i=0}^N r_{pi} x_i \right) \quad (4)$$

式中  $x_0=1$ ， $r_{pi}$  為後鑑部參數。

第五層：輸出層

累加上層所有輸出值，節點以  $\Sigma$  表示，其公式如(5)所示。

$$O_{5,1} = \sum_{p=1}^P \overline{w_p} f_p = \frac{\sum_{p=1}^P w_p f_p}{\sum_{p=1}^P w_p} \quad (5)$$

### 三、模型建置與方法比較

#### 3.1 模型建置

本文將採用 MATLAB 軟體內建 Fuzzy Toolbox 做為模型執行的工具，輸入層資料來自 [3] 文獻中的船舶參數，參考表 1。使用訓練樣本 50 筆及預測樣本 30 筆，樣本選擇方式第一階段先依船舶編號，取得 40 筆單數的訓練樣本，之後將雙數組重新編號後，取 4 的倍數之樣本 10 筆，剩下的 30 筆則列為預測樣本，以比較網路學習效果並驗證 ANFIS 模型的準確性。輸入參數依據參考 [5] 提出之五種船型幾何參數：船寬(B)、吃水(T)、船深(D)、船長(L)及方塊係數( $C_B$ )，輸出參數分別為 KG 與 KM，並透過 MATLAB 軟體執行模糊推論以建立模糊規則庫。

操作方式為將訓練資料載入程式中，選取所要的訓練方法，設定網路訓練次數及可容許誤差值後執行訓練，若不符合收斂條件則自行調整權重值，以達到設定的學習目標，最後將預測資料載入驗證其準確度。模型建置流程如圖 3 所示。

本文選擇衡量準確性的指標是平均絕對誤差比 (Mean Absolute Percentage Errors, MAPE)，其為相對性指標，不受單位與數值大小的影響，能客觀呈現實際值與估計值之間

的差異程度，其值愈小表示結果愈準確，公式如(6)所示。

$$MAPE = \frac{\sum |(A_i - F_i) / A_i|}{n} \quad (6)$$

$A_i$  = 第  $i$  筆的實際值， $F_i$  = 第  $i$  筆的預測值。

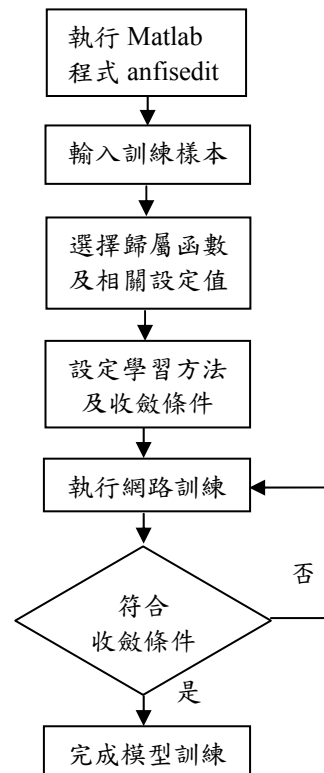


圖 3. ANFIS 模型建置流程圖。

#### 3.2 模型訓練成效

設定網路之學習條件時，歸屬函數種類選擇 gbellmf (Generalized bell-shaped membership function)，歸屬函數的個數分別選取二個與三個，輸出函數類型為 linear，誤差值設定 0.00001，接著以經驗值及試誤法設定 10 組不同的訓練次數以實施網路訓練。

2009 年葉怡成 [16] 說明模型的準確性，需依重現性及普遍性來判斷，以知識模型複雜度的高低說明二者的關係，當複雜度愈高則重現性愈高，但普遍性在高過臨界值後會開始降低，這種現象即「過度學習」，而當知識複雜度不足時，重現性和普遍性均較低的情形，即為「不足學習」。另外二個歸屬函數下，會比三的歸屬函數 243 個模糊規則減少為 32 個，45

個非線性參數減少為30個、1458個線性參數減少為192個，總計1503個參數降至222個，可以發覺當採用二個歸屬函數會比三個歸屬函數有較佳的網路廣義化能力。因此隨後的輸出值，均是採用二個歸屬函數來運算。

KG與KM之學習結果如圖4、圖5所示。

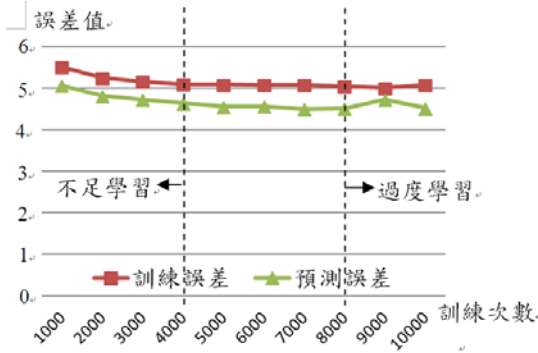


圖4. KG學習曲線。

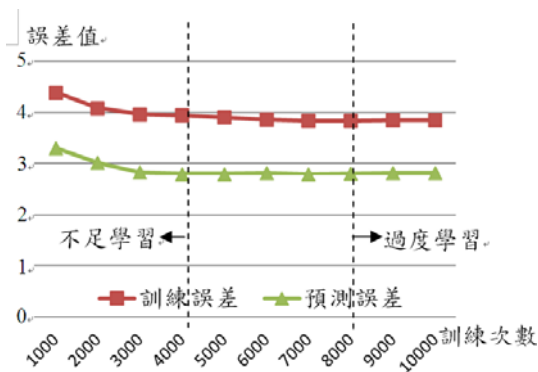


圖5. KM學習曲線。

由圖4與圖5得知KG值與KM值學習曲線中最佳的訓練次數均為7,000次，除了KG訓練值例外，所有訓練次數的誤差值比較如表2所示。

表2. ANFIS訓練結果

訓練次數	KG 誤差值		KM 誤差值	
	訓練%	預測%	訓練%	預測%
1,000	5.52	5.07	4.40	3.31
2,000	5.25	4.82	4.09	3.02
3,000	5.16	4.73	3.97	2.83
4,000	5.10	4.64	3.95	2.80
5,000	5.09	4.56	3.91	2.80
6,000	5.08	4.57	3.87	2.82
7,000	5.08	4.50	3.84	2.79
8,000	5.05	4.52	3.84	2.81
9,000	5.01	4.73	3.85	2.82
10,000	5.08	4.53	3.84	2.82

### 3.3 ANFIS與迴歸分析式

本文將使用文獻[3]中之迴歸分析式計算出KG、KM與GM值做為和ANFIS預測結果的比較。由圖1可得公式(7)與(8)，餘如公式(9)至(14)。

$$GM = KM - KG \quad (7)$$

$$KM = KB + BM \quad (8)$$

$$KB = T \times 0.585578 \times (C_{WL} \div C_B)^{0.01725} \quad (9)$$

$$C_{WL} = 0.967059 \times C_B^{0.52085} \quad (10)$$

$$BM = I \div \nabla \quad (11)$$

$$I = 0.075645 \times L \times B^3 \times C_{WL}^{1.41753} \quad (12)$$

因船舶資料僅提供排水量( $\Delta$ )，考量海水與淡水密度不同，且在不同的溫度及鹽度下會有些微變化，在此延用[3]文獻的密度為1.025ton/m<sup>3</sup>。因此體積和排水量的換算公式如(13)。

$$\nabla = \Delta \div 1.025 \quad (13)$$

$$KG = -0.00642 \times L + 0.2669 \times B + 0.3509 \times D + 0.272 \times \frac{L}{\nabla^{\frac{1}{3}}} - 0.45126 \times C_B - 0.3337 \times \frac{L}{(L \times B \times D)^{\frac{1}{3}}} + 0.5411 \times \frac{B}{D} - 0.8347 \times \frac{D}{T} \quad (14)$$

將完成訓練的最佳模型所產生的 243 個模糊規則庫分別對30筆預測樣本與80筆樣本實施預測，得到 KG 與 KM 之預測值與經 Excel 計算後的迴歸分析式數值比較如文末表 3、表 4 所示。二者之誤差比較綜整如表 5 所示。

表 5. ANFIS 與迴歸分析誤差值比較

比較	KG 誤差值(%)		KM 誤差值(%)		GM 誤差值(%)	
	迴歸分析	ANFIS	迴歸分析	ANFIS	迴歸分析	ANFIS
樣本數						
30	3.84	4.50	5.91	2.79	29.92	16.02
80	4.23	4.86	5.77	3.45	29.27	14.30

### 3.4 ANFIS與倒傳遞類神經比較

與 2006 年涂進財[5]文獻中 30 筆樣本，

比較其差異，相關數值比較如文末表 6，二者之誤差比較綜整如表 7 所示。

表 7. ANFIS 與倒傳遞類神經誤差值比較

比較	KG 誤差值(%)		KM 誤差值(%)		GM 誤差值(%)	
	倒傳遞	ANFIS	倒傳遞	ANFIS	倒傳遞	ANFIS
樣本數						
30	4.22	4.33	3.30	3.30	14.79	11.51

GM 實際值與預測值(倒傳遞類神經及 ANFIS)之結果比較圖形如圖 6 所示。

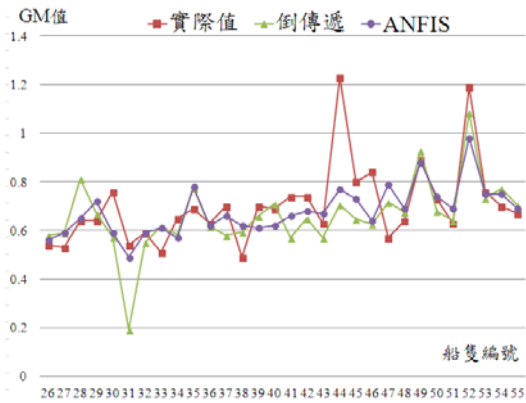


圖 6. ANFIS 與倒傳遞類神經之 GM 值預測圖。

### 3.5 ANFIS 與文化演算法比較

使用預測模型針對 2011 年邱進東、郭信川與林青海[6]文獻中以隨機方式選定之 25 筆樣本，實施預測並比較其差異，相關數值比較如文末表 8，二者之誤差比較綜整如表 9 所示。

表 9. ANFIS 與文化演算法誤差值比較

比較	KG 誤差值(%)		KM 誤差值(%)		GM 誤差值(%)	
	文化演算法	ANFIS	文化演算法	ANFIS	文化演算法	ANFIS
樣本數						
25	4.55	5.52	3.96	2.98	27.85	16.73

GM 實際值與預測值(以文化演算法結合倒傳遞類神經及 ANFIS)之結果比較，如圖 7 所示。

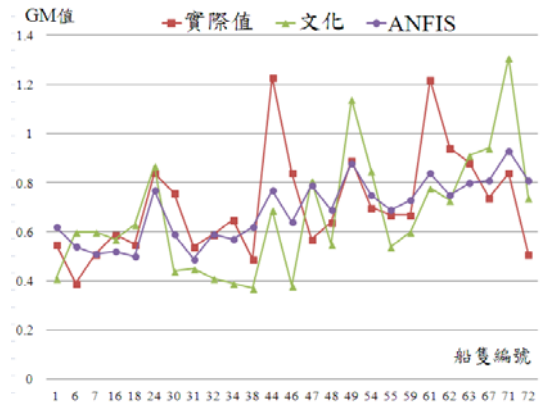


圖 7. ANFIS 與文化演算法之 GM 值預測圖。

## 四、結果與討論

比較 ANFIS 與迴歸分析式的預測結果，ANFIS 在樣本數 30 筆之 KG 預測值表現略差，餘則較優於迴歸分析式；在倒傳遞類神經的比較結果，並未出現預期較佳的效果，而與文化演算法 25 筆樣本的比較，結果上均有較優的表現。當樣本資料出現極端值時，三種方法均無法做出適當的預測，而倒傳遞類神經與文化演算法甚至會出現極端的預測值，ANFIS 則無此情形。

依參考文獻[16]說明模型的準確性，需依重現性(repeatability)及普遍性(generalization)來判斷。而倒傳遞類神經網路模型之重現性並不如 ANFIS，因其學習訓練中，即使在相同的學習條件(訓練函數、適應性學習函數、神經元數目與隱藏層層數)，由於鍵結值不斷學習與調整，會導致不同的預測結果。而 ANFIS 訓練時依據樣本輸入及輸出(目標)值，在設定的歸屬函數下所建立的模糊規則庫是明確可見的且重現性百分之百，模型應用之可靠性相對高於倒傳遞類神經之模型。

1995 年陸磐安[17]提及評估船舶初穩度時，會以 GM 值的大小作為基準，GM 值愈大，船舶的扶正能力愈強。本文 ANFIS 的 KG 與 KM 誤差值雖然都在 5% 之內，但依公式(7)所計算的 GM 值會產生放大效應，綜整各方法 GM 值誤差比較，如表 10 所示，顯示 ANFIS 的預測表現及普遍性均值得肯定，且與文獻[8]至[15]的研究一致。

表10. GM誤差值比較

方法 樣本數	迴歸分析	倒傳遞	文化演算	ANFIS
30	29.92%	N/A	N/A	16.02%
80	29.27%	N/A	N/A	14.30%
30	N/A	14.79%	N/A	11.51%
25	N/A	N/A	27.85%	16.73%

## 五、結論

在 KG 與 KM 的學習曲線上，學習次數 8,000 次後出現過度訓練的情形，此時訓練誤差雖繼續緩慢下降，但預測誤差卻開始呈現上升狀態，可見網路的學習次數並非愈多愈好，僅在適度學習時才會有最佳的預測表現。

利用適應性網路模糊推論系統(ANFIS)預測船舶完整穩度，輸入五個船體特徵參數，依訓練後的學習曲線中，最佳的學習次數，所建立的預測模型與迴歸分析式、倒傳遞類神經及文化演算法分別比較預測誤差值，結果顯示 ANFIS 是很好的預測方法，可提供船舶設計業者在初始設計階段考量穩度時，做為變更設計之參考。

本文的研究是船舶處於靜穩度中，船體完整無破損時之完整穩度，而影響船舶耐海性能的外力因素如風象、波浪及海流等，都有可能造成船舶受損浸水的狀況，建議未來可將此預測方法應用於破損穩度的探討。

## 參考文獻

[1] 交通部，《船舶檢查規則》(民100年修正)，第一章第7條及第三章第19條。  
 [2] 曹瑞凌，船舶建造重量監控系統之研發，國立中山大學機械與機電工程學系碩士論文，高雄市，2005。  
 [3] Yilmaz, H., and Kükner, A., “An Approximate Method for Intact Stability of Fishing Vessels,” *Marine Technology*, Washington, Vol.36, No.3, pp.171-174, 1999.  
 [4] Alkan, D. A., Gulez, K., and Yilmaz, H., “Design of A Robust Neural Network Structure for Determining Initial Stability Particulars of Fishing Vessels,” *Ocean Engineering*, Glasgow, Vol.31, pp.761-777, 2004.

[5] 涂進財，倒傳遞類神經網路應用於船舶穩度之探討，國防大學理工學院造船工程研究所碩士論文，桃園縣，2006。  
 [6] 邱進東、郭信川、林青海，“文化進化演算法於類神經網路的訓練”，*中國造船暨輪機工程學刊*，台北市，第30卷，第4期，第195-204頁，2011。  
 [7] Jang, J.-S. R., “ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.23, No.3, pp.665-685, 1993.  
 [8] Elabd, S., and Schlenkhoff A., “ANFIS and BP Neural Network for Travel Time Prediction,” *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Las Cruces, Vol. 57, pp. 116-121, 2009.  
 [9] Avci, D., and Boyacioglu, A. M., “An Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) for the Prediction of Stock Market Return: The Case of the Istanbul Stock Exchange,” *Expert Systems with Applications*, Adelphi, Vol. 37, pp. 7908-7912, 2010.  
 [10] 蘇漢昌，應用適應性模糊推論系統改善類神經網路預測工業廢水廠出流水水質之研究，朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文，臺中市，2008。  
 [11] 曾治璋，應用適應性模糊類神經系統於台灣地區汽車銷售預測，國立臺灣科技大學工業管理系碩士論文，臺北市，2009。  
 [12] 曾慶耀、李信德、黃文煒，“模糊及類神經船舶自航器之探討”，*中國造船暨輪機工程學刊*，台北市，第30卷，第2期，第109-121頁，2011。  
 [13] 林佩萱，“運用適應性網路架構之模糊推論系統去預測信用卡額度之研究”，第二屆創新發明應用研討會，台中，第29頁，2012。  
 [14] 林春樞，應用類神經模糊推論系統於銑床加工模型之預測，國立高雄第一科技大學機械與自動化工程系碩士論文，高雄市，2006。  
 [15] 張衍祥，利用調適性模糊類神經系統預測核三廠冷卻水流失事故之破口大小，國立清華大學核子工程與科學研究所碩士論文，新竹市，2010。

- [16] 葉怡成，類神經網路模式應用與實作，儒林，臺北市，第4章，第17-20頁，2009。
- [17] 陸磐安，造船原理—船舶靜力學，大中國，臺北市，第91頁，1995。



表 1. 船舶參數資料

編號	船名	L	B	D	T	C <sub>B</sub>	△	KG	KM	編號	船名	L	B	D	T	C <sub>B</sub>	△	KG	KM
1	Sagitario	17.07	4.88	2.65	2.30	0.380	70.0	2.42	2.97	41	Taiyo M 55	44.00	7.40	4.10	3.34	0.650	690.0	3.13	3.87
2	Don Miguel	24.12	6.06	3.50	3.00	0.470	192.0	2.70	3.29	42	KyoshinM.N51	44.13	7.80	4.10	3.34	0.650	690.0	3.13	3.87
3	Kompira M 17	24.80	5.60	2.55	2.28	0.575	186.6	2.16	2.70	43	Yamashiro M	44.80	7.30	4.20	3.57	0.597	714.8	2.85	3.48
4	Calamar	24.80	6.65	3.50	2.64	0.530	188.8	2.77	3.38	44	Dhanajarata	46.45	8.70	4.20	2.90	0.520	594.4	3.01	4.24
5	Taei M 13	24.97	5.10	2.50	2.24	0.580	169.6	1.80	2.46	45	Taiyo M	46.90	8.20	4.35	3.40	0.593	795.3	3.11	3.91
6	Choei M15	25.41	5.40	2.60	2.16	0.537	163.1	2.30	2.69	46	Eitai M	47.00	8.00	4.00	3.42	0.686	904.8	2.82	3.66
7	Fuku M6	25.44	5.30	2.40	1.92	0.558	148.0	2.16	2.67	47	New Gwen	47.43	8.30	4.70	3.76	0.520	715.0	3.42	3.99
8	Tsure M 15	25.71	5.40	2.45	2.09	0.572	170.0	2.21	2.56	48	Suijin M I	48.00	8.40	4.25	3.45	0.667	951.0	3.23	3.87
9	Okuni M 35	26.00	5.50	2.60	2.77	0.492	199.9	2.26	2.61	49	Prof,WBernard	49.35	9.33	5.00	3.60	0.480	706.0	3.68	4.57
10	Kyokko M 8	26.00	5.60	2.50	2.16	0.620	199.9	2.12	2.67	50	Konan M 8	49.78	8.50	4.50	3.79	0.523	859.0	3.50	4.23
11	Hatto M 25	26.00	5.60	2.50	1.82	0.676	183.5	2.36	2.77	51	Uji M	50.90	8.20	4.50	3.77	0.653	1052.8	3.15	3.78
12	Ebisu M 22	26.29	5.00	2.60	2.36	0.551	175.4	2.02	2.41	52	DregonII	51.82	10.36	5.56	4.01	0.490	957.0	4.48	5.67
13	Akashi M 33	26.50	5.40	2.55	2.20	0.583	188.2	2.04	2.57	53	Katsu M	52.27	8.75	4.64	3.95	0.500	926.2	3.57	4.33
14	Kinsei M 8	26.51	5.45	2.50	2.26	0.583	195.2	2.21	2.62	54	Hoyo Maru	53.20	9.30	4.67	3.71	0.660	1265.8	3.72	4.42
15	Nichibei M12	27.00	5.45	2.66	2.27	0.579	198.2	2.08	2.52	55	Toyo Maru	54.50	9.30	4.20	3.26	0.640	996.2	3.77	4.44
16	Nichibei M16	28.00	5.45	2.65	2.29	0.588	210.5	1.94	2.53	56	Seki M15	54.69	9.18	4.94	4.11	0.504	1066.3	3.62	4.46
17	Akashi M 177	28.00	5.45	2.65	2.32	0.587	212.9	1.93	2.53	57	Sumiyoshi M28	56.00	9.00	4.45	4.02	0.609	1263.7	3.45	4.14
18	Aoba M	29.24	5.40	2.70	2.58	0.578	241.3	2.06	2.61	58	Taiyo M 37	56.17	9.50	5.09	3.91	0.560	1198.1	3.58	4.43
19	Maya Maya	29.35	7.10	3.20	2.57	0.573	291.1	2.61	3.38	59	Kinryu M	56.30	9.20	4.70	3.55	0.682	1286.1	3.44	4.11
20	Nitto M71	29.85	5.90	2.85	2.57	0.598	277.6	2.31	2.68	60	Seki M17	56.95	9.40	5.00	4.10	0.495	1113.8	3.78	4.62
21	Kag Na Li	30.63	6.50	3.00	2.58	0.570	246.0	2.53	3.08	61	Fumi M17	57.04	9.40	4.99	3.64	0.464	927.8	3.37	4.59
22	Sankichi Maru	30.65	6.10	2.50	2.27	0.680	260.0	2.36	2.83	62	Ernest Holt	59.00	9.15	4.90	4.27	0.507	1132.0	3.34	4.28
23	Kompir M 3	31.40	6.20	3.10	2.79	0.715	398.0	2.27	2.95	63	Kyo M11	59.15	9.50	5.08	4.35	0.498	1248.4	4.04	4.92
24	Cezembre	32.40	7.30	3.90	3.15	0.420	271.0	3.13	3.97	64	GTO II	59.76	9.20	4.60	3.20	0.580	894.0	3.73	4.28
25	Katsuei M 5	32.98	6.20	3.15	2.86	0.688	412.5	2.26	2.86	65	Konan M 26	59.85	9.70	5.08	4.40	0.510	1335.4	3.98	4.88
26	Azuma M 5	33.00	6.40	3.30	2.98	0.689	444.5	2.50	3.04	66	Konan M18	59.85	9.70	5.10	4.59	0.515	1407.0	4.09	4.89
27	Shoichi M11	34.04	6.70	3.35	2.87	0.692	464.1	2.43	2.96	67	Miednie	61.37	9.80	5.20	4.33	0.520	1312.0	4.00	4.74
28	Hiyoshi M	24.55	6.60	3.40	2.92	0.675	461.0	2.41	3.05	68	Ikoma M	64.46	10.50	5.30	3.64	0.598	1509.0	3.81	4.73
29	Eolo	35.17	7.35	4.00	3.40	0.520	428.0	2.98	3.62	69	ChitoseM.N,18	66.25	10.80	4.90	3.74	0.670	1701.0	4.25	5.02
30	Wako M 2	35.34	6.70	3.40	2.93	0.672	478.0	2.42	3.18	70	Oshoro MaruIII	66.70	11.00	5.40	4.04	0.600	1670.0	4.14	5.25
31	Kittikachorn	35.70	5.90	2.65	2.23	0.540	242.0	2.34	2.88	71	Taiyo M 51	69.00	11.40	5.70	3.64	0.612	1795.7	4.35	5.19
32	Kyowa M	37.18	6.70	3.40	2.84	0.650	471.0	2.50	3.09	72	Albakora	69.23	11.00	5.25	4.95	0.500	1837.0	4.96	5.47
33	Kailin M	38.00	7.20	3.65	3.39	0.674	640.5	2.86	3.37	73	Genepesca	73.44	11.00	5.45	4.64	0.460	1650.0	5.05	5.92
34	Konpira M	38.50	7.00	3.50	3.12	0.696	600.0	2.68	3.33	74	Jean Charcot	74.50	14.10	7.45	4.61	0.470	2172.0	5.82	6.98
35	E.E Prince	39.62	8.23	4.34	3.40	0.580	561.0	3.79	4.48	75	Colonel Plewen	77.90	12.00	6.00	5.47	0.580	2658.0	4.49	5.45
36	Koyo M 8	41.70	7.50	3.80	3.13	0.699	701.4	2.81	3.44	76	Akebono Maru	79.39	12.00	5.70	5.03	0.630	2848.0	4.84	5.69
37	Kawachi M	41.74	7.20	4.05	3.45	0.593	630.4	2.73	3.43	77	Ryoko Maru	82.80	13.20	6.10	5.27	0.650	3554.0	5.03	6.06
38	Takatori M11	42.81	7.50	3.80	3.06	0.676	680.7	2.92	3.41	78	Foka	87.25	14.14	7.10	5.36	0.560	3700.0	5.74	6.44
39	Hokko Maru	43.24	8.20	3.60	3.26	0.640	684.0	3.17	3.87	79	Oshika Maru	97.75	14.90	7.15	5.65	0.690	5183.0	5.43	6.35
40	Fukui Maru	43.70	8.10	3.89	3.65	0.680	748.0	3.25	3.94	80	NataliaKovshova	128.20	19.00	9.00	6.92	0.600	9839.0	7.10	8.33

表3. ANFIS與迴歸分析式30筆樣本比較

比較 編號	KG					KM					GM				
	實際值	迴歸值	迴歸 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值	實際值	迴歸值	迴歸 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值	實際值	迴歸值	迴歸 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值
2	2.700	2.582	0.044	2.580	0.044	3.290	2.951	0.103	3.280	0.003	0.590	0.369	0.375	0.700	0.186
4	2.770	2.718	0.019	2.710	0.022	3.380	3.341	0.012	3.430	0.015	0.610	0.623	0.021	0.720	0.180
6	2.300	2.147	0.066	2.200	0.043	2.690	2.417	0.102	2.740	0.019	0.390	0.270	0.309	0.540	0.385
10	2.120	2.176	0.026	2.190	0.033	2.670	2.456	0.080	2.700	0.011	0.550	0.280	0.490	0.510	0.073
12	2.020	1.984	0.018	2.030	0.005	2.410	2.280	0.054	2.530	0.050	0.390	0.296	0.240	0.500	0.282
14	2.210	2.166	0.020	2.190	0.009	2.620	2.420	0.076	2.690	0.027	0.410	0.254	0.380	0.500	0.220
18	2.060	2.140	0.039	2.190	0.063	2.610	2.458	0.058	2.690	0.031	0.550	0.318	0.423	0.500	0.091
20	2.310	2.309	0.000	2.370	0.026	2.680	2.628	0.020	2.900	0.082	0.370	0.318	0.140	0.530	0.432
22	2.360	2.402	0.018	2.360	0.000	2.830	2.821	0.003	2.830	0.000	0.470	0.419	0.108	0.470	0.000
26	2.500	2.412	0.035	2.460	0.016	3.040	2.842	0.065	3.020	0.007	0.540	0.430	0.203	0.560	0.037
28	2.410	2.443	0.014	2.550	0.058	3.050	2.561	0.160	3.200	0.049	0.640	0.118	0.815	0.650	0.016
30	2.420	2.521	0.042	2.590	0.070	3.180	2.946	0.073	3.180	0.000	0.760	0.426	0.440	0.590	0.224
34	2.680	2.623	0.021	2.710	0.011	3.330	3.077	0.076	3.280	0.015	0.650	0.454	0.302	0.570	0.123
36	2.810	2.780	0.011	2.880	0.025	3.440	3.261	0.052	3.500	0.017	0.630	0.481	0.237	0.620	0.016
38	2.920	2.784	0.046	2.900	0.007	3.410	3.266	0.042	3.520	0.032	0.490	0.481	0.017	0.620	0.265
42	3.130	3.005	0.040	3.060	0.022	3.870	3.594	0.071	3.740	0.034	0.740	0.589	0.204	0.680	0.081
44	3.010	3.391	0.126	3.560	0.183	4.240	4.054	0.044	4.330	0.021	1.230	0.664	0.460	0.770	0.374
46	2.820	2.997	0.063	3.130	0.110	3.660	3.497	0.045	3.770	0.030	0.840	0.499	0.405	0.640	0.238
50	3.500	3.419	0.023	3.560	0.017	4.230	3.861	0.087	4.300	0.017	0.730	0.442	0.395	0.740	0.014
52	4.480	4.254	0.050	4.300	0.040	5.670	4.990	0.120	5.280	0.069	1.190	0.736	0.382	0.980	0.176
54	3.720	3.514	0.055	3.690	0.008	4.420	4.018	0.091	4.440	0.005	0.700	0.504	0.280	0.750	0.071
58	3.580	3.739	0.044	3.870	0.081	4.430	4.236	0.044	4.700	0.061	0.850	0.498	0.414	0.830	0.024
60	3.780	3.812	0.008	3.970	0.050	4.620	4.282	0.073	4.770	0.032	0.840	0.470	0.440	0.800	0.048
62	3.340	3.736	0.118	3.880	0.162	4.280	4.301	0.005	4.630	0.082	0.940	0.565	0.398	0.750	0.202
66	4.090	3.938	0.037	4.130	0.010	4.890	4.460	0.088	4.920	0.006	0.800	0.522	0.347	0.790	0.012
68	3.810	3.971	0.042	4.190	0.100	4.730	4.641	0.019	5.040	0.066	0.920	0.670	0.272	0.850	0.076
70	4.140	4.254	0.027	4.460	0.077	5.250	5.070	0.034	5.310	0.011	1.110	0.817	0.264	0.850	0.234
74	5.820	5.688	0.023	5.750	0.012	6.980	6.786	0.028	7.030	0.007	1.160	1.098	0.053	1.280	0.103
76	4.840	4.631	0.043	4.900	0.012	5.690	5.487	0.036	5.720	0.005	0.850	0.856	0.007	0.820	0.035
78	5.740	5.559	0.032	5.550	0.033	6.440	6.365	0.012	6.660	0.034	0.700	0.806	0.151	1.110	0.586
結果		MAPE	<u>0.0384</u>	MAPE	<u>0.0450</u>		MAPE	<u>0.0591</u>	MAPE	<u>0.0279</u>		MAPE	<u>0.2992</u>	MAPE	<u>0.1602</u>

表4. ANFIS與迴歸分析式80筆樣本比較

比較 編號	KG					KM					GM				
	實際值	迴歸值	迴歸 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值	實際值	迴歸值	迴歸 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值	實際值	迴歸值	迴歸 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值
1	2.420	2.179	0.099	2.200	0.091	2.970	2.383	0.198	2.820	0.051	0.550	0.203	0.631	0.620	0.127
2	2.700	2.582	0.044	2.580	0.044	3.290	2.951	0.103	3.280	0.003	0.590	0.369	0.375	0.700	0.186
3	2.160	2.246	0.040	2.270	0.051	2.700	2.487	0.079	2.800	0.037	0.540	0.241	0.553	0.530	0.019
4	2.770	2.718	0.019	2.710	0.022	3.380	3.341	0.012	3.430	0.015	0.610	0.623	0.021	0.720	0.180
5	1.800	2.006	0.114	2.030	0.128	2.460	2.283	0.072	2.530	0.028	0.660	0.277	0.580	0.500	0.242
6	2.300	2.147	0.066	2.200	0.043	2.690	2.417	0.102	2.740	0.019	0.390	0.270	0.309	0.540	0.385
7	2.160	2.076	0.039	2.120	0.019	2.670	2.359	0.116	2.630	0.015	0.510	0.283	0.444	0.510	0.000
8	2.210	2.136	0.034	2.170	0.018	2.560	2.395	0.065	2.670	0.043	0.350	0.259	0.260	0.500	0.429
9	2.260	2.365	0.047	2.420	0.071	2.610	2.578	0.012	2.930	0.123	0.350	0.213	0.391	0.510	0.457
10	2.120	2.176	0.026	2.190	0.033	2.670	2.456	0.080	2.700	0.011	0.550	0.280	0.490	0.510	0.073
11	2.360	2.005	0.150	2.050	0.131	2.770	2.447	0.117	2.570	0.072	0.410	0.441	0.077	0.520	0.268
12	2.020	1.984	0.018	2.030	0.005	2.410	2.280	0.054	2.530	0.050	0.390	0.296	0.240	0.500	0.282
13	2.040	2.112	0.035	2.150	0.054	2.570	2.394	0.068	2.660	0.035	0.530	0.282	0.468	0.510	0.038
14	2.210	2.166	0.020	2.190	0.009	2.620	2.420	0.076	2.690	0.027	0.410	0.254	0.380	0.500	0.220
15	2.080	2.122	0.020	2.170	0.043	2.520	2.424	0.038	2.700	0.071	0.440	0.302	0.315	0.530	0.205

表4.ANFIS與迴歸分析式80筆樣本比較(續)

比較 編號	KG					KM					GM				
	實際值	迴歸值	迴歸 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值	實際值	迴歸值	迴歸 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值	實際值	迴歸值	迴歸 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值
16	1.940	2.114	0.090	2.160	0.113	2.530	2.422	0.043	2.680	0.059	0.590	0.308	0.478	0.520	0.119
17	1.930	2.122	0.099	2.170	0.124	2.530	2.426	0.041	2.680	0.059	0.600	0.304	0.493	0.510	0.150
18	2.060	2.140	0.039	2.190	0.063	2.610	2.458	0.058	2.690	0.031	0.550	0.318	0.423	0.500	0.091
19	2.610	2.826	0.083	2.890	0.107	3.380	3.280	0.030	3.540	0.047	0.770	0.454	0.410	0.650	0.156
20	2.310	2.309	0.000	2.370	0.026	2.680	2.628	0.020	2.900	0.082	0.370	0.318	0.140	0.530	0.432
21	2.530	2.662	0.052	2.660	0.051	3.080	3.186	0.035	3.240	0.052	0.550	0.524	0.047	0.580	0.055
22	2.360	2.402	0.018	2.360	0.000	2.830	2.821	0.003	2.830	0.000	0.470	0.419	0.108	0.470	0.000
23	2.270	2.304	0.015	2.340	0.031	2.950	2.723	0.077	2.870	0.027	0.680	0.419	0.384	0.530	0.221
24	3.130	3.161	0.010	3.170	0.013	3.970	3.669	0.076	3.940	0.008	0.840	0.508	0.395	0.770	0.083
25	2.260	2.324	0.028	2.370	0.049	2.860	2.748	0.039	2.910	0.017	0.600	0.424	0.294	0.540	0.100
26	2.500	2.412	0.035	2.460	0.016	3.040	2.842	0.065	3.020	0.007	0.540	0.430	0.203	0.560	0.037
27	2.430	2.504	0.030	2.560	0.053	2.960	2.928	0.011	3.150	0.064	0.530	0.424	0.201	0.590	0.113
28	2.410	2.443	0.014	2.550	0.058	3.050	2.561	0.160	3.200	0.049	0.640	0.118	0.815	0.650	0.016
29	2.980	3.036	0.019	3.080	0.034	3.620	3.489	0.036	3.800	0.050	0.640	0.453	0.292	0.720	0.125
30	2.420	2.521	0.042	2.590	0.070	3.180	2.946	0.073	3.180	0.000	0.760	0.426	0.440	0.590	0.224
31	2.340	2.369	0.012	2.420	0.034	2.880	2.733	0.051	2.910	0.010	0.540	0.364	0.325	0.490	0.093
32	2.500	2.515	0.006	2.600	0.040	3.090	2.945	0.047	3.190	0.032	0.590	0.430	0.272	0.590	0.000
33	2.860	2.763	0.034	2.850	0.003	3.370	3.214	0.046	3.460	0.027	0.510	0.451	0.116	0.610	0.196
34	2.680	2.623	0.021	2.710	0.011	3.330	3.077	0.076	3.280	0.015	0.650	0.454	0.302	0.570	0.123
35	3.790	3.304	0.128	3.330	0.121	4.480	3.946	0.119	4.110	0.083	0.690	0.642	0.070	0.780	0.130
36	2.810	2.780	0.011	2.880	0.025	3.440	3.261	0.052	3.500	0.017	0.630	0.481	0.237	0.620	0.016
37	2.730	2.820	0.033	2.900	0.062	3.430	3.270	0.047	3.560	0.038	0.700	0.450	0.357	0.660	0.057
38	2.920	2.784	0.046	2.900	0.007	3.410	3.266	0.042	3.520	0.032	0.490	0.481	0.017	0.620	0.265
39	3.170	3.212	0.013	3.340	0.054	3.870	3.769	0.026	3.950	0.021	0.700	0.557	0.205	0.610	0.129
40	3.250	3.186	0.020	3.260	0.003	3.940	3.870	0.018	3.880	0.015	0.690	0.684	0.009	0.620	0.101
41	3.130	2.822	0.098	2.880	0.080	3.870	3.352	0.134	3.540	0.085	0.740	0.530	0.284	0.660	0.108
42	3.130	3.005	0.040	3.060	0.022	3.870	3.594	0.071	3.740	0.034	0.740	0.589	0.204	0.680	0.081
43	2.850	2.853	0.001	2.930	0.028	3.480	3.330	0.043	3.600	0.034	0.630	0.477	0.243	0.670	0.063
44	3.010	3.391	0.126	3.560	0.183	4.240	4.054	0.044	4.330	0.021	1.230	0.664	0.460	0.770	0.374
45	3.110	3.168	0.019	3.290	0.058	3.910	3.633	0.071	4.020	0.028	0.800	0.465	0.419	0.730	0.087
46	2.820	2.997	0.063	3.130	0.110	3.660	3.497	0.045	3.770	0.030	0.840	0.499	0.405	0.640	0.238
47	3.420	3.403	0.005	3.430	0.003	3.990	3.943	0.012	4.220	0.058	0.570	0.540	0.053	0.790	0.386
48	3.230	3.165	0.020	3.300	0.022	3.870	3.666	0.053	3.990	0.031	0.640	0.501	0.218	0.690	0.078
49	3.680	3.834	0.042	3.880	0.054	4.570	4.561	0.002	4.760	0.042	0.890	0.727	0.183	0.880	0.011
50	3.500	3.419	0.023	3.560	0.017	4.230	3.861	0.087	4.300	0.017	0.730	0.442	0.395	0.740	0.014
51	3.150	3.131	0.006	3.240	0.029	3.780	3.653	0.034	3.930	0.040	0.630	0.522	0.172	0.690	0.095
52	4.480	4.254	0.050	4.300	0.040	5.670	4.990	0.120	5.280	0.069	1.190	0.736	0.382	0.980	0.176
53	3.570	3.556	0.004	3.710	0.039	4.330	4.001	0.076	4.460	0.030	0.760	0.445	0.414	0.750	0.013
54	3.720	3.514	0.055	3.690	0.008	4.420	4.018	0.091	4.440	0.005	0.700	0.504	0.280	0.750	0.071
55	3.770	3.523	0.066	3.720	0.013	4.440	4.255	0.042	4.410	0.007	0.670	0.732	0.093	0.690	0.030
56	3.620	3.727	0.030	3.870	0.069	4.460	4.188	0.061	4.670	0.047	0.840	0.461	0.451	0.800	0.048
57	3.450	3.493	0.012	3.710	0.075	4.140	4.019	0.029	4.390	0.060	0.690	0.526	0.238	0.680	0.014
58	3.580	3.739	0.044	3.870	0.081	4.430	4.236	0.044	4.700	0.061	0.850	0.498	0.414	0.830	0.024
59	3.440	3.413	0.008	3.580	0.041	4.110	3.984	0.031	4.310	0.049	0.670	0.571	0.147	0.730	0.090
60	3.780	3.812	0.008	3.970	0.050	4.620	4.282	0.073	4.770	0.032	0.840	0.470	0.440	0.800	0.048
61	3.370	3.792	0.125	3.930	0.166	4.590	4.286	0.066	4.770	0.039	1.220	0.494	0.595	0.840	0.311
62	3.340	3.736	0.118	3.880	0.162	4.280	4.301	0.005	4.630	0.082	0.940	0.565	0.398	0.750	0.202
63	4.040	3.866	0.043	4.030	0.002	4.920	4.356	0.115	4.830	0.018	0.880	0.490	0.443	0.800	0.091
64	3.730	3.544	0.050	3.670	0.016	4.280	4.455	0.041	4.410	0.030	0.550	0.911	0.657	0.740	0.345
65	3.980	3.924	0.014	4.110	0.033	4.880	4.429	0.092	4.910	0.006	0.900	0.505	0.439	0.800	0.111
66	4.090	3.938	0.037	4.130	0.010	4.890	4.460	0.088	4.920	0.006	0.800	0.522	0.347	0.790	0.012
67	4.000	3.966	0.008	4.110	0.027	4.740	4.556	0.039	4.920	0.038	0.740	0.590	0.202	0.810	0.095
68	3.810	3.971	0.042	4.190	0.100	4.730	4.641	0.019	5.040	0.066	0.920	0.670	0.272	0.850	0.076
69	4.250	4.040	0.049	4.320	0.016	5.020	4.895	0.025	5.070	0.010	0.770	0.855	0.111	0.750	0.026
70	4.140	4.254	0.027	4.460	0.077	5.250	5.070	0.034	5.310	0.011	1.110	0.817	0.264	0.850	0.234
71	4.350	4.259	0.021	4.500	0.034	5.190	5.068	0.023	5.430	0.046	0.840	0.809	0.037	0.930	0.107
72	4.960	4.451	0.103	4.710	0.050	5.470	5.137	0.061	5.520	0.009	0.510	0.686	0.344	0.810	0.588
73	5.050	4.490	0.111	4.720	0.065	5.920	5.202	0.121	5.550	0.062	0.870	0.712	0.182	0.830	0.046
74	5.820	5.688	0.023	5.750	0.012	6.980	6.786	0.028	7.030	0.007	1.160	1.098	0.053	1.280	0.103
75	4.490	4.792	0.067	4.760	0.060	5.450	5.720	0.050	5.640	0.035	0.960	0.928	0.033	0.880	0.083
76	4.840	4.631	0.043	4.900	0.012	5.690	5.487	0.036	5.720	0.005	0.850	0.856	0.007	0.820	0.035
77	5.030	5.063	0.007	5.260	0.046	6.060	5.978	0.014	6.180	0.020	1.030	0.914	0.112	0.920	0.107
78	5.740	5.559	0.032	5.550	0.033	6.440	6.365	0.012	6.660	0.034	0.700	0.806	0.151	1.110	0.586
79	5.430	5.673	0.045	5.400	0.006	6.350	6.824	0.075	6.390	0.006	0.920	1.151	0.251	0.990	0.076
80	7.100	7.304	0.029	7.070	0.004	8.330	8.599	0.032	8.290	0.005	1.230	1.295	0.053	1.220	0.008
比較		MAPE	0.0423	MAPE	0.0486		MAPE	0.0577	MAPE	0.0345		MAPE	0.2927	MAPE	0.1430

表6. ANFIS與倒傳遞類神經30筆樣本比較

比較 編號	KG					KM					GM				
	實際值	倒傳遞	倒傳遞 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值	實際值	倒傳遞	倒傳遞 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值	實際值	倒傳遞	倒傳遞 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值
26	2.500	2.400	0.040	2.460	0.016	3.040	2.980	0.020	3.020	0.007	0.540	0.580	0.075	0.560	0.037
27	2.430	2.526	0.039	2.560	0.053	2.960	3.116	0.053	3.150	0.064	0.530	0.590	0.113	0.590	0.113
28	2.410	2.482	0.030	2.550	0.058	3.050	3.295	0.080	3.200	0.049	0.640	0.813	0.271	0.650	0.016
29	2.980	2.946	0.011	3.080	0.034	3.620	3.616	0.001	3.800	0.050	0.640	0.670	0.047	0.720	0.125
30	2.420	2.527	0.044	2.590	0.070	3.180	3.100	0.025	3.180	0.000	0.760	0.573	0.246	0.590	0.224
31	2.340	2.481	0.060	2.420	0.034	2.880	2.670	0.073	2.910	0.010	0.540	0.190	0.649	0.490	0.093
32	2.500	2.511	0.004	2.600	0.040	3.090	3.060	0.010	3.190	0.032	0.590	0.549	0.069	0.590	0.000
33	2.860	2.759	0.035	2.850	0.003	3.370	3.375	0.001	3.460	0.027	0.510	0.616	0.208	0.610	0.196
34	2.680	2.627	0.020	2.710	0.011	3.330	3.210	0.036	3.280	0.015	0.650	0.583	0.103	0.570	0.123
35	3.790	3.243	0.144	3.330	0.121	4.480	4.017	0.103	4.110	0.083	0.690	0.774	0.122	0.780	0.130
36	2.810	2.817	0.002	2.880	0.025	3.440	3.434	0.002	3.500	0.017	0.630	0.617	0.020	0.620	0.016
37	2.730	2.750	0.007	2.900	0.062	3.430	3.327	0.030	3.560	0.038	0.700	0.578	0.175	0.660	0.057
38	2.920	2.819	0.035	2.900	0.007	3.410	3.411	0.000	3.520	0.032	0.490	0.592	0.207	0.620	0.265
39	3.170	3.214	0.014	3.340	0.054	3.870	3.872	0.001	3.950	0.021	0.700	0.658	0.060	0.610	0.129
40	3.250	3.103	0.045	3.260	0.003	3.940	3.812	0.032	3.880	0.015	0.690	0.709	0.028	0.620	0.101
41	3.130	2.813	0.101	2.880	0.080	3.870	3.382	0.126	3.540	0.085	0.740	0.569	0.231	0.660	0.108
42	3.130	2.947	0.058	3.060	0.022	3.870	3.597	0.071	3.740	0.034	0.740	0.650	0.122	0.680	0.081
43	2.850	2.757	0.033	2.930	0.028	3.480	3.325	0.045	3.600	0.034	0.630	0.568	0.098	0.670	0.063
44	3.010	3.447	0.145	3.560	0.183	4.240	4.152	0.021	4.330	0.021	1.230	0.705	0.427	0.770	0.374
45	3.110	3.174	0.021	3.290	0.058	3.910	3.820	0.023	4.020	0.028	0.800	0.646	0.193	0.730	0.087
46	2.820	3.028	0.074	3.130	0.110	3.660	3.653	0.002	3.770	0.030	0.840	0.625	0.256	0.640	0.238
47	3.420	3.240	0.053	3.430	0.003	3.990	3.956	0.009	4.220	0.058	0.570	0.716	0.256	0.790	0.386
48	3.230	3.217	0.004	3.300	0.022	3.870	3.893	0.006	3.990	0.031	0.640	0.677	0.057	0.690	0.078
49	3.680	3.707	0.007	3.880	0.054	4.570	4.635	0.014	4.760	0.042	0.890	0.928	0.042	0.880	0.011
50	3.500	3.361	0.040	3.560	0.017	4.230	4.040	0.045	4.300	0.017	0.730	0.679	0.069	0.740	0.014
51	3.150	3.095	0.017	3.240	0.029	3.780	3.734	0.012	3.930	0.040	0.630	0.639	0.014	0.690	0.095
52	4.480	4.144	0.075	4.300	0.040	5.670	5.228	0.078	5.280	0.069	1.190	1.084	0.089	0.980	0.176
53	3.570	3.474	0.027	3.710	0.039	4.330	4.207	0.028	4.460	0.030	0.760	0.733	0.036	0.750	0.013
54	3.720	3.603	0.031	3.690	0.008	4.420	4.376	0.010	4.440	0.005	0.700	0.773	0.104	0.750	0.071
55	3.770	3.596	0.046	3.720	0.013	4.440	4.297	0.032	4.410	0.007	0.670	0.702	0.047	0.690	0.030
比較		MAPE	<u>0.0422</u>	MAPE	<u>0.0433</u>		MAPE	<u>0.0330</u>	MAPE	<u>0.0330</u>		MAPE	<u>0.1479</u>	MAPE	<u>0.1151</u>

表8. ANFIS與文化演算法25筆樣本比較

比較 編號	KG					KM					GM				
	實際值	文化 演算	文化 演算 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值	實際值	文化 演算	文化 演算 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值	實際值	文化 演算	文化 演算 誤差值	ANFIS	ANFIS 誤差值
1	2.420	2.450	0.012	2.200	0.091	2.970	2.860	0.037	2.820	0.051	0.550	0.410	0.255	0.620	0.127
6	2.300	2.130	0.074	2.200	0.043	2.690	2.730	0.015	2.740	0.019	0.390	0.600	0.538	0.540	0.385
7	2.160	2.070	0.042	2.120	0.019	2.670	2.670	0.000	2.630	0.015	0.510	0.600	0.176	0.510	0.000
16	1.940	2.120	0.093	2.160	0.113	2.530	2.690	0.063	2.680	0.059	0.590	0.570	0.034	0.520	0.119
18	2.060	2.070	0.005	2.190	0.063	2.610	2.700	0.034	2.690	0.031	0.550	0.630	0.145	0.500	0.091
24	3.130	3.120	0.003	3.170	0.013	3.970	3.990	0.005	3.940	0.008	0.840	0.870	0.036	0.770	0.083
30	2.420	2.560	0.058	2.590	0.070	3.180	3.000	0.057	3.180	0.000	0.760	0.440	0.421	0.590	0.224
31	2.340	2.260	0.034	2.420	0.034	2.880	2.710	0.059	2.910	0.010	0.540	0.450	0.167	0.490	0.093
32	2.500	2.540	0.016	2.600	0.040	3.090	2.950	0.045	3.190	0.032	0.590	0.410	0.305	0.590	0.000
34	2.680	2.670	0.004	2.710	0.011	3.330	3.060	0.081	3.280	0.015	0.650	0.390	0.400	0.570	0.123
38	2.920	2.820	0.034	2.900	0.007	3.410	3.190	0.065	3.520	0.032	0.490	0.370	0.245	0.620	0.265
44	3.010	3.440	0.143	3.560	0.183	4.240	4.130	0.026	4.330	0.021	1.230	0.690	0.439	0.770	0.374
46	2.820	3.050	0.082	3.130	0.110	3.660	3.430	0.063	3.770	0.030	0.840	0.380	0.548	0.640	0.238
47	3.420	3.290	0.038	3.430	0.003	3.990	4.100	0.028	4.220	0.058	0.570	0.810	0.421	0.790	0.386
48	3.230	3.190	0.012	3.300	0.022	3.870	3.740	0.034	3.990	0.031	0.640	0.550	0.141	0.690	0.078
49	3.680	3.800	0.033	3.880	0.054	4.570	4.940	0.081	4.760	0.042	0.890	1.140	0.281	0.880	0.011
54	3.720	3.530	0.051	3.690	0.008	4.420	4.380	0.009	4.440	0.005	0.700	0.850	0.214	0.750	0.071
55	3.770	3.580	0.050	3.720	0.013	4.440	4.120	0.072	4.410	0.007	0.670	0.540	0.194	0.690	0.030
59	3.440	3.390	0.015	3.580	0.041	4.110	3.990	0.029	4.310	0.049	0.670	0.600	0.104	0.730	0.090
61	3.370	3.830	0.136	3.930	0.166	4.590	4.610	0.004	4.770	0.039	1.220	0.780	0.361	0.840	0.311
62	3.340	3.700	0.108	3.880	0.162	4.280	4.430	0.035	4.630	0.082	0.940	0.730	0.223	0.750	0.202
63	4.040	3.890	0.037	4.030	0.002	4.920	4.800	0.024	4.830	0.018	0.880	0.910	0.034	0.800	0.091
67	4.000	3.950	0.013	4.110	0.027	4.740	4.890	0.032	4.920	0.038	0.740	0.940	0.270	0.810	0.095
71	4.350	4.210	0.032	4.500	0.034	5.190	5.520	0.064	5.430	0.046	0.840	1.310	0.560	0.930	0.107
72	4.960	4.890	0.014	4.710	0.050	5.470	5.630	0.029	5.520	0.009	0.510	0.740	0.451	0.810	0.588
比較		MAPE	<u>0.0455</u>	MAPE	<u>0.0552</u>		MAPE	<u>0.0396</u>	MAPE	<u>0.0298</u>		MAPE	<u>0.2785</u>	MAPE	<u>0.1673</u>

