

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 智慧型彩色濾波器及浮水印技術之設計與分析

### On the Design and Analysis of Intelligent Color Image Filters and Watermarking Techniques for WWW Environment

計畫編號：NSC-89-2213-E343-003

執行期限：88年12月1日至89年7月31日

主持人：蔡鴻旭 南華大學 資訊管理研究所

#### 一、中文摘要

在本計畫中，共獲得二個令人滿意的研究成果。在第一個研究成果是設計出一個學習演算法用於訓練出最佳化之模糊類神經網路，強化傳統的模糊類神經網路之近似能力與推廣能力，並將此結果應用於函數近似的領域。第二個研究成果是針對數位彩色影像的特性，利用類神經網路技術，研發出一類新的數位彩色影像浮水印技術，主要的特色是強化傳統浮水印技術之適性與韌性的能力，以提升其抗攻擊效能。

**關鍵詞：**彩色影像，軟式計算，類神經網路，模糊系統，模糊類神經系統，快速學習演算法，影像處理，適性能力，韌性能力，函數近似，近似能力，推廣能力。

#### Abstract:

Two main parts of research results are presented in this report. First, a novel robust learning algorithm for optimizing fuzzy neural networks is proposed to address two important issues: how to reduce the outlier effects and how to optimize fuzzy neural networks, in the function approximation. This algorithm is able to reduce the outlier effects by cooperating with a conventional robust approach, and then to optimize fuzzy neural networks by determining the optimal learning rates, which can minimize the next-

step mean error at each iteration in our algorithm. Second, on the basis of neural networks, a novel digital watermarking technique is proposed for color images. The technique hides an invisible watermark into a color image, and then effectively cooperates neural networks to learn the characteristics of the embedded watermark related to the watermarked image.

**Keywords:** Intelligent Color Filters, Color Images, Soft Computing, Neural Networks, Fuzzy Systems, Genetic Algorithms, Fuzzy-Neural Networks, Fast Learning Algorithms, Image Processing, Image Restoration, Adaptive Capability, Robust Capability, Function Approximation, Approximation Capability, Generalization Capability.

#### 二、緣由與目的

在多數的工程領域中，包括：訊號處理、影像恢復、樣本分類、控制系統、系統同化等，在上述領域中，大多數的未知函數都是高度非線性函數，並且皆需以函數近似的技術求的其近似函數。因此，在上述系統的建構期間，函數近似是不可或缺的關鍵技術。而在研究類神經-模糊彩色濾波器之設計與收斂分析的過程中，提案人發現濾波器的設計可映射成（相似於）函數近似的工作。迄今，多數類神經-模糊系統及其學習演算法已被證實可找出近似函數，有傑出的研究成果。但此傳統學習演算法遇到一些亟待突破瓶頸，其主要的

困難是在建構系統時易受雜訊干擾、在系統最佳化之訓練時使用沒效率的法則或兩者同時存在。所以，兩個重要論題應運而生：(1) 如何降低雜訊效應；(2) 如何有效地對此種類神經-模糊系統最佳化。本計畫挑戰此兩個重要論題，設計一個快速有效的學習演算法，提高其函數近似與普及能力。

由於壓縮(compression)技術的日趨成熟且廣域網路(wide-area networks)蓬勃發展，合法的數位影像(尤其是數位彩色影像是上述應用領域中主要處理的資訊)可以迅速地被非法盜拷並透過便捷的網路設施被快速地傳播與複製。近年來，浮水印數位簽章系統已被有效地用來保護或鑑定合法的數位影像。因此，整合影像處理系統與浮水印系統乃刻不容緩之事。然而，若影像經有雜訊的廣域通訊網路或儲存設備，則此影像容易被污損。再者，由於目前常用的浮水印數位簽章系統不具雜訊的知識(或學習能力)，將難以抗拒雜訊的干擾與濾波器的處理(尤其是 rank-information-based filters)，導致其很難處理污損的影像以保護原始影像之合法權。提案人發現目前所提出的浮水印技術無法承受多數 attacks 特別是 noising 與 filtering 的 attacks，其主因是--『這些存在的浮水印技術並無學習能力與記憶雜訊知識的能力』。再者，提案人也發現 multiple watermarks attacks 是項嚴重的問題。因此，本計畫整合智慧型彩色濾波器與數位浮水印技術，提出一個新的彩色浮水印技術，企圖記住彩色影像訊號、雜訊及浮水印訊號三者之關係，以提升傳統浮水印技術之韌性(robust)效能(抗拒人為故意破壞或訊號處理破壞)。

### 三、研究方法及成果

本計畫的第一個研究成果乃基於提案人在“彩色濾波器設計與分析”之研究成果[1]-[7]，提案人巧妙地運用另一種非定態之分析手法，依據模糊-類神經網路之學習特性，分析其學習行為，推導其學習法則的 closed-form expressions，並應用於函數近似的領域。以此學習法則所設計的學習演算法使得該類神經-模糊系統不僅在

函數逼近的過程中可抗拒雜訊(outliers)的影響，還可有效率的最佳化此類神經-模糊系統，同時亦能降低其訓練時間。Fig. 1 是一個例子被用來以印證-本計畫提出的學習演算法確實優於傳統的學習演算法。FNN<sub>T</sub> 表用傳統的學習演算法訓練之模糊-類神經系統，FNN<sub>NT</sub> 表用本計畫提出的學習演算法訓練之模糊-類神經系統。比較 Fig. 1(c)與(d)可明白地顯示 FNN<sub>NT</sub> 所造出的函數曲線較近似於原始函數曲線。再由 Fig. 2(a)中可知 FNN<sub>NT</sub> 需較低的訓練時間，且有較佳的逼近效能。而 Fig. 2 (b)是另一種逼近效能的衡量方式，很明顯地，FNN<sub>NT</sub> 有較佳的逼近效能。

本計畫的第二個研究成果是提出一個新的智慧型數位浮水印技術，應用於彩色影像之智慧財產權鑑定。主要的研究方法是利用類神經網路的記憶能力，企圖記住彩色影像訊號、雜訊及浮水印訊號三者間的關係。提案人 survey 到 Kutter 已經提出一個用於彩色影像的數位浮水印技術[8]。但是其缺點包括：識別 watermark 時太 sensitive to noise interfering，即 Kutter 的 watermark 是用 number 的 bits 表示，此類的 watermark 在其所提的 recovery algorithm 中，太 sensitive 了。因為一個 bit recovery 不正確，即導致整個 watermark 不正確，換言之，也就是這種 watermark and watermarking 之 robust 能力太低。在本計畫實驗結果顯示，Kutter's watermarking technique 無法承受同時用影像濾波與雜訊干擾混合攻擊(本計畫另一個研究成果，在實際的環境中，其為一種很有可能的攻擊)，Kutter 另外一個弱點是無法將其應用在結構較複雜影像(如 Baboon)，再者，Kutter 的方法在 rotation 之 attack 時，其抗此類破壞之效能顯著的不理想。由上述可知 Kutter 之方法不 robust 導致無法承受上述之攻擊及其應用在彩色影像之限制。因此本計畫利用類神經網路技術設計出新的智慧型 spatial-domain 彩色浮水印技術使得能改進 Kutter 的缺點與限制，提升其韌性(robust)效能。在本計畫許多實驗中，印證本計畫所提出之方法確實優於 Kutter 的方法。Fig. 3 顯示本計畫的方法所抽取出的 watermark 確實比 Kutter 所取出的還來的清楚。Fig. 4 是用另

一種方式來表達本計畫的方法所抽取出的 watermark 其 bit 數之正確率是高於 Kutter 的方法。

#### 四、結論與討論

本計畫已導出快速學習演算法訓練模糊-類神經網路，應用於函數近似，獲得不錯的近似效能。未來的研究可將此非定態分析手法加以推廣，尋找是否有適合的應用領域？最後，函數近似的技術可否應用於製作具韌性之數位浮水印以保護數位資訊產品？另外，本計畫提出一個植基於類神經網路的彩色影像浮水印技術，由實驗證明其抗攻擊的效能確實優於 Kutter 的方法。未來的研究將可探討聲音及視訊的浮水印技術之設計，另外，是否可創造出模糊法則更有效地記住彩色影像訊號、雜訊及浮水印訊號三者之關係？

#### 五、參考文獻

[1] H.-H. Tsai and P.-T. Yu, "Adaptive color image filters based on impulse detectors," *1997 International Symposium on Multimedia Information Processing*, Academia Sinica,

Taipei, Taiwan, Dec. 1997.  
 [2] H.-H. Tsai and P.-T. Yu, "Color image filters based on ordered vectors and fuzzy rules," *1997 Fifth National Conference on Fuzzy Theory and Applications*, Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, Dec. 1997.  
 [3] H.-H. Tsai and P.-T. Yu, "Adaptive fuzzy hybrid multichannel filters for removal of impulsive noise from color images," *Signal Processing*, 7(2), pp. 1-25, 1999.  
 [4] H.-H. Tsai and P.-T. Yu, "Genetic-based fuzzy hybrid multichannel filters for color image restoration," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 114, pp. 203-224, 2000.  
 [5] H.-H. Tsai and P.-T. Yu, "On the Optimal Design of Fuzzy Neural Networks with Robust Learning for Function Approximation," accepted by *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics B*, vol. 30, no. 1, pp. 217-223, Feb. 2000.  
 [6] H.-H. Tsai and P.-T. Yu, "On the Design of Neuro-Fuzzy Hybrid Multichannel Filters for Color Image Restoration," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 9(2), pp. 117-139, Apr. 2000.  
 [7] M. Kutter, F. Jordan, and F. Bossen, "Digital signature of color images using amplitude modulation," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 7, no. 2, pp. 326-332, Apr. 1998.  
 [8] P.-T. Yu, H.-H. Tsai, and J.-S. Lin, "Digital watermarking based on neural networks for color images," *Signal Processing*, vol. 81, issue 4, 2001.

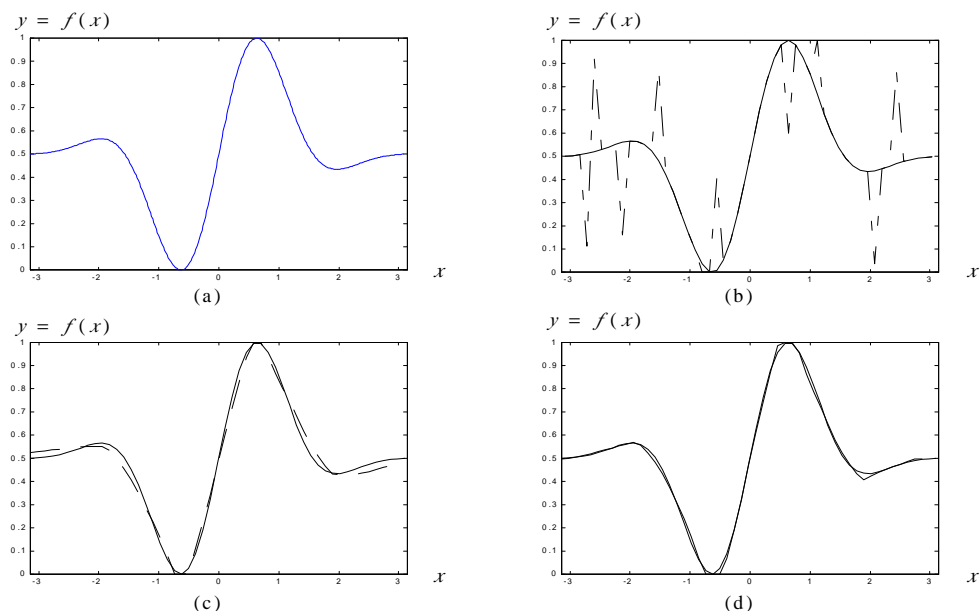


Fig. 1: (a) The desired function (curve). (b) The dashed curve is constructed by the training patterns, and the solid curve represents the desired function. (c) and (d) Results are constructed by  $FNN_7$  and  $FNN_{7h}$ , respectively.

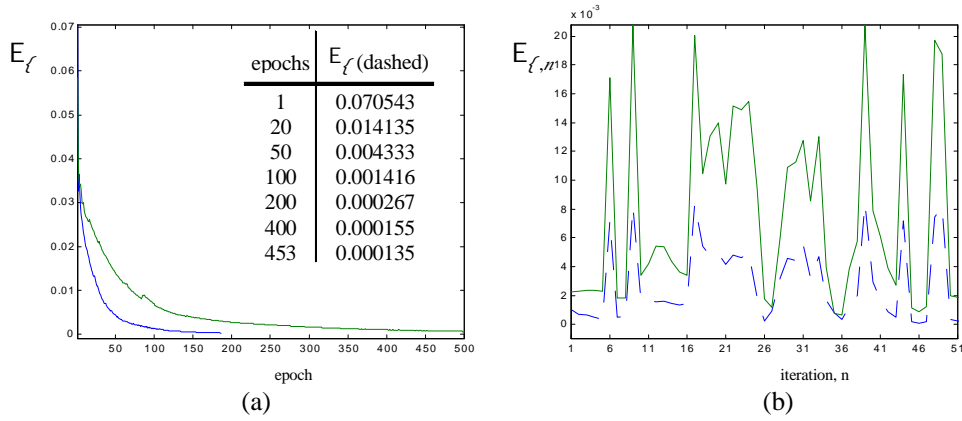


Fig. 2: (a) The  $E_L$  learning curves of  $FNN_L$ (solid) and  $FNN_Z$  (dashed). (b) The comparisons of the ensemble-average-next-step errors to training patterns for the  $FNN_L$ (solid) and  $FNN_Z$  (dashed).

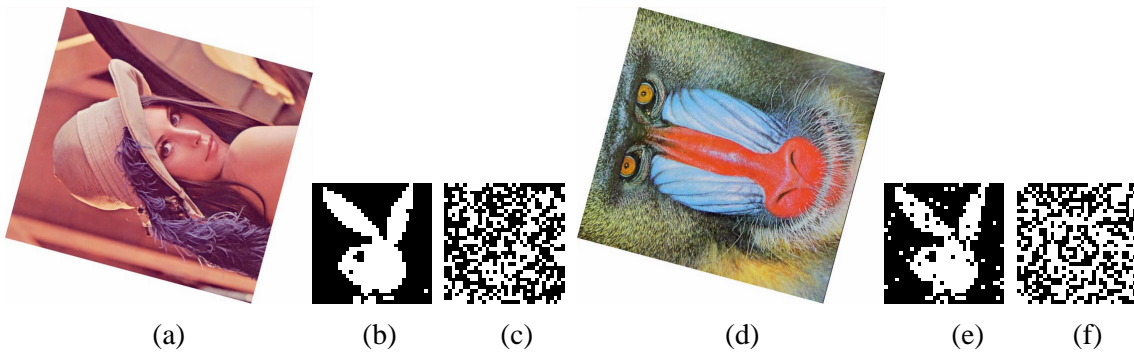


Fig. 3: (a) The watermarked Lenna is rotated with  $75^\circ$  to the left. (b) and (c) exhibit two recovered signatures from (a) by using our method (300 epochs) and Kutter's method, respectively. (d) The watermarked Baboon is rotated with  $75^\circ$  to the left. (e) and (f) are recovered from (d) by using our method (300 epochs) and Kutter's method, respectively.

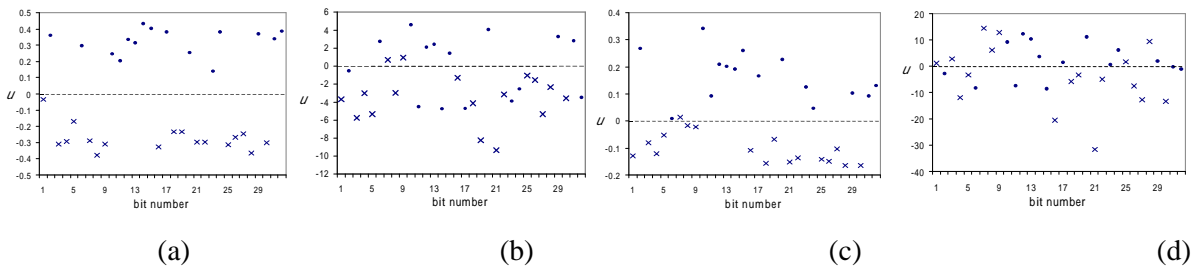


Fig. 4: (a) and (b) show two discriminations for 32 bits randomly selected from the recovered signature in Figs. 3(b) and (c), respectively. (c) and (d) show two discriminations for 32 bits randomly selected from the recovered signature in Figs. 3(f) and (e).