

# 基於支援向量機與小波影像紋理檢測瑕疵塑膠編織袋

蔡鴻旭  
虎尾科技大學資訊管理系  
e-mail: thh@nfu.edu.tw

顏志遠\*  
虎尾科技大學資訊管理系碩士班  
e-mail: n761111@moon.nfu.edu.tw

侯能如  
三和化學纖維股份有限公司  
e-mail: Sunrise.harvest@msa.hinet.net

## 摘要

本論文提出一個檢測瑕疵塑膠編織袋影像紋理辨識技術。首先，針對一張小波影像抽取 8 個特徵，接著訓練支援向量機(support vector machine, SVM)來當作兩類分類器，利用此分類器來檢測有瑕疵的編織袋。實驗結果顯示檢測正確率可達 99.5%，勝過現存提出的 4 個方法，本論文提出之方法可獲得令人滿意的檢測效能。

**關鍵詞：**塑膠編織袋；影像紋理；SVM；瑕疵檢查。

## Abstract

This paper presents an image-texture recognition technique to inspect defective plastic-fabric bags. First, it extracts eight features for an local image from the wavelet version of the image. A classifier is performed by an trained SVM (support vector machine) to inspect the defective plastic-fabric bags. Experimental results show that the technique can obtain acceptable performance. The accuracy rate of the SVM-based classifier reaches 99.5%.

**Keywords:** Plastic fabrics bags; Image Texture; SVM; Inspection.

## 1. 前言

目前一般生產塑膠編織袋公司最關鍵問題是自動化地檢測有瑕疵編織袋的工作，其原因是在機械自動化編織的過程中，會因機台的縫紉編織歪斜，而產生有瑕疵的編織袋。目前大多數塑膠編織袋公司使用人力來檢測有瑕疵的編織袋，但使用人力檢測卻有 3 個主要問

題：1、人力檢測速度較慢。2、由於人會疲勞分神，因此人在精神不佳狀況下檢測瑕疵塑膠編織袋正確率過低。3、使用人力檢測必須雇用員工，造成公司營運成本提高。因此本論文決定要開發一個「塑膠編織袋瑕疵品自動偵測系統」來解決瑕疵編織袋的問題。

近年來，有許多關於瑕疵檢測的研究，例如，利用電磁波方式檢測複合材料是否有瑕疵[1]，但這種方法需要大量成本購買機器設備，若利用電磁波來檢測瑕疵編織袋所付出的設備成本會大於所減少的人力成本。因此，檢測瑕疵編織袋自動化必須使用低成本且快速有效的方法。以內容為基礎之影像檢索(content-based image retrieval, CBIR)技術已被使用在許多領域中，例如：Fuzzy Classification of Animal Fiber with Fuzzy Neural Network[2]與 Colour-based detection of defects on chicken meat[3]，但這些方法之辨識正確率仍有許多進步空間。近年來也有學者提出以影像紋理方法檢測瑕疵編織品達到 96.7%正確率[4]，因此本論文應用影像紋理辨識技術檢測塑膠編織袋是否有瑕疵，並提出正確率更佳之方法。

本論文的組織如下：第 2 節簡介離散小波轉換(discrete wavelet transform, DWT)、SVM 理論。第 3 節描述實驗影像搜集與實驗方法。第 4 節呈現實驗結果。最後，第 5 節將提出本論文的總結。

## 2. 相關理論

### 2.1 離散小波轉換

目前 DWT 已應用在許多領域中，像是通訊、雷達目標識別、紋理影像分類。因為 DWT 非常適合用於分析不平穩信號，所以在很多醫療應用中，DWT 已逐漸取代傅立葉轉換[5]。

使用 wavelet 的影像區域影像將被切割，

即，當使用 1-Level DWT 時，影像將會被切割成 4 個子帶，如圖 1。低頻-高頻 (L-H1)、高頻-低頻 (H-L1)、高頻-高頻 (H-H1) 這 3 個子帶來描述原始影像的水平、垂直與斜線變化。低頻-低頻 (L-L1) 的系數值會近似於原始影像。L-L1 子帶來可用來獲得下一階段的 DWT 系數[6]。

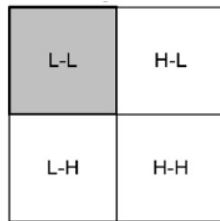


圖 1 1-Level DWT 影像分解

從 DWT 獲得的影像近似值與細節(子帶影像)系數是描述紋理分類的最基本特徵。微-紋理與宏-紋理是藉由 DWT 的近似值與細節所得到的統計特徵，即 L-L1、H-L1、L-H1 和 H-H1 子帶影像的特徵或從這些子帶的特徵值進一步所得到的特徵是非常好的紋理影像特徵[7]。

## 2.2 支援向量機

支援向量機為一種分類技術，由於擁有良好的分類效率及效果，對於處理分類的問題具有相當大的效益，因此已經被廣泛的被運用在各領域等分類相關議題之研究。SVM 的原理為，將難以區分的資料轉換到一個高維度的超平面(Hyperplane)來分類資料，超平面之邊界稱之為 Margin，在尋找超平面的過程中，除了要能夠正確分類資料，還要使得 Margin 最大[8]。

在圖 2 中，假設有一超平面可以正確分類 A+ 與 A- 兩種類別的資料。訓練資料為  $\{x_k, y_k\}_{k=1}^N$ ， $x_k \in \mathcal{R}^n$ ， $y_k \in \{-1, 1\}$ ，線性分類公式為：

$$f(x) = \text{sgn}(w'x + b) \quad (1)$$

其中， $w = (w_1, w_2, \dots, w_n) \in \mathcal{R}^n$  代表權重向量、 $b \in \mathcal{R}$  代表偏差、sgn 表示函數符號、t 為轉置，超平面定義為：

$$\begin{cases} w'x_k + b \geq 1 & \text{if } y_k = 1 \\ w'x_k + b \leq -1 & \text{if } y_k = -1 \end{cases} \quad (2)$$

由上述的兩個公式可以推導出下面公式：

$$y_k(w'x_k + b) \geq 1 \quad (3)$$

在公式(2)所組成超平面邊界的範圍稱之為 Margin，在尋找超平面的過程中必須將資料正確分類，且要找到一個最大的 Margin。如圖 3，Margin 相對於圖 2 的 Margin 較小，新增加的資料較容易落在邊界附近甚至另一邊進而

導致錯誤分類，因此 Margin 愈大一般性分類性能愈佳。

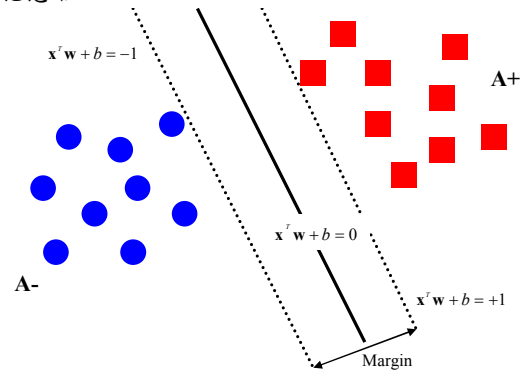


圖 2 SVM Margin 較大的情況

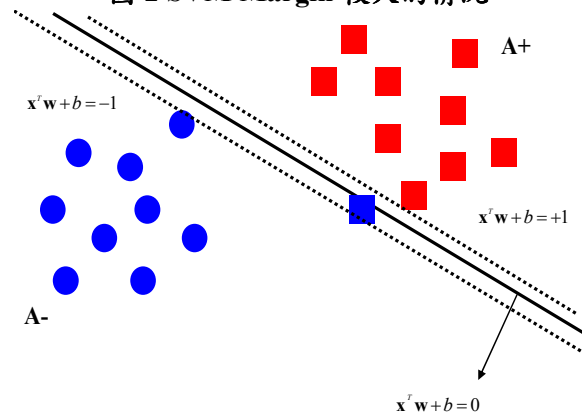


圖 3 SVM Margin 較小的情況

## 3. 方法

一般影像處理技術可以分成 3 個階段：影像搜集、特徵抽取、智慧型演算法。

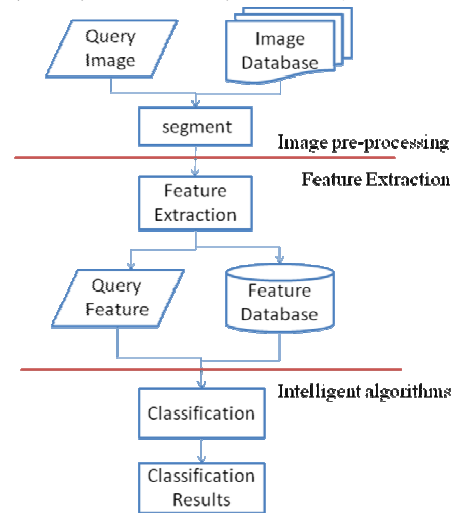


圖 5 影像處理流程圖

### 3.1 實驗影像搜集

實驗影像搜集包括建立影像資料庫及影像分割。每只塑膠編織袋大小約為 55 cm × 106 cm，在影像搜集過程中每只塑膠編織袋拍

攝 2 張非重疊 1024 × 768 畫素大小的影像，將每張影像轉成灰階影像並切割成 48 張 128 × 128 pixel 非重疊的樣本，如圖 6 所示。最後篩選出 200 張無瑕疵樣本與 200 張有瑕疵樣本，如圖 7-8。

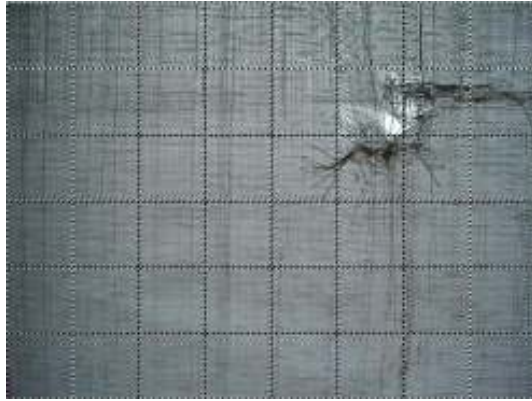


圖 6 影像切割成樣本

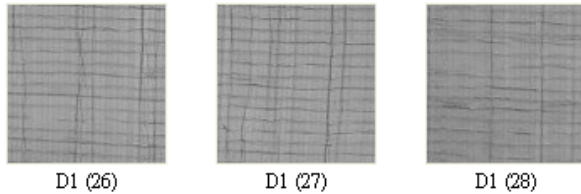


圖 7 無瑕疵塑膠編織袋樣本

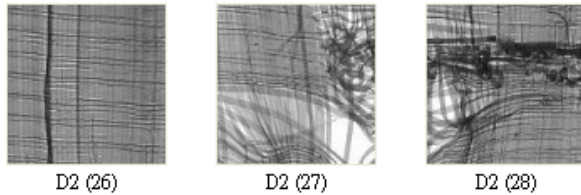


圖 8 有瑕疵塑膠編織袋樣本

### 3.2 特徵抽取

在先前研究中，有學者提出以 DWT 為影像紋理特徵用於檢測瑕疵編織袋[4]、以離散餘弦轉換 (discrete cosine transform, DCT) 為特徵用於檢視腦腫瘤[9]、以傅立葉轉換 (fourier transform) 為特徵用於指紋辨識[10]、以加柏濾波器 (Gabor filter) 為特徵應用於人臉識別[11]、以熵 (Entropy) 為特徵用於分類茶葉種類[12]，皆獲得不錯的效果。因此本論文將比較這五種特徵值用於檢測瑕疵塑膠編織袋之正確率。

在 DWT 中對每個影像使用 1-Level DWT，並得到 4 個係數矩陣 (L-L1、H-L1、L-H1 和 H-H1) 在每個係數矩陣中使用平均數與標準差來當作特徵值，所以共有 DWT 共有 8 個特徵值。另外在離散傅立葉轉換 (discrete fourier transform, DFT)、DCT、Gabor、Entropy 也分別取出 DFT 平均數、標準差，DCT 平均數、標準差，Gabor filter 四個方向相加與四個角度

的平均數、標準差，與整張影像 Entropy 值為特徵，並以 SVM 為分類演算法比較這些特徵值之正確率。

### 4. 實驗結果

本論文共使用 400 張 128 × 128 pixel 無瑕疵與有瑕疵塑膠編織袋樣本，如圖 7-8。在影像特徵中使用 5 種不同的紋理特徵 DWT、DFT、DCT、Gabor、Entropy 並以 SVM-based 分別比較 5 種特徵值的測試正確率。

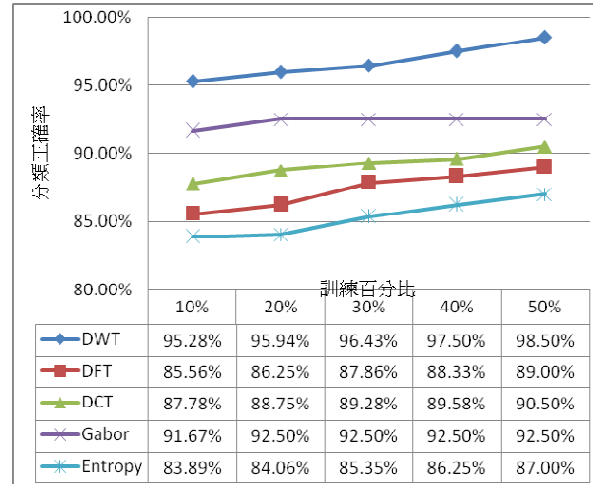


圖 9 以 SVM-based 分別使用 5 種特徵值與 5 種訓練百分比的測試正確率

在 SVM 中，使用網格搜尋尋找 SVM 兩個重要的參數  $C$  與  $\sigma$  分別為 1024、0.001。並且使用蒙地卡羅隨機選取分類效能最佳之訓練樣本與測試樣本。在圖 9 中可看出，在檢測瑕疵塑膠編織袋影像中，以 DWT 為紋理特徵可獲得最佳分類效能，在 50% 訓練樣本的情況下，瑕疵分類的正確率可達 98.5% 令人滿意的結果。另外，實驗也比較 SVM 與 ANFIS 學習演算法比較，在 ANFIS 中，使用與 SVM 相同訓練樣本及測試樣本作為比較，並使用 5 種特徵值中效能最佳的 DWT 作為特徵值，ANFIS 訓練參數與架構如表 1 所示：

表 1 ANFIS 架構與訓練參數

Architecture	
The number of layers	5
Type of input membership functions	Input: 8 Rules number: 256 Output: 1 Bell-shaped
Training parameters	
Learning rule	Hybrid learning algorithm (Back-propagation for

	nonlinear parameters ( $a_i$ , $c_i$ ) and Least square errors for linear parameters ( $p_i$ , $q_i$ , $r_i$ , $s_i$ , $ppi$ , $qqi$ , $rri$ , $ssi$ , $ui$ )
Momentum constant	0.98
Sum-squared error	0.00001
Epochs number to sum squared error	1000

表 2 SVM 與 ANFIS 分類正確率比較

Training Percentage	Correct classification rate (%) for SVM	Correct classification rate (%) for ANFIS
10%	95.28%	82.50%
20%	95.94%	84.69%
30%	96.43%	86.43%
40%	97.50%	87.92%
50%	98.50%	88.50%

在表 2 中可看出 SVM 的分類正確率優於 ANFIS 的分類正確率。接下來對於正規化特徵值是否有助於分類正確率本論文也做出實驗，在正規化中採用極值正規化，並且從多個極值區間挑出 1 個正確率最佳的區間[0, 100]，極值正規化公式如下：

$$v' = \frac{c+(v-a)(d-c)}{(b-a)} \quad (4)$$

v 表示正規化前的特徵值、[a, b] 為原始特徵值的區間、v' 為正規化後的值、[c, d] 為正規化區間。

表 3 特徵值經正規化後 SVM 與 ANFIS 分類正確率比較

Training Percentage	Correct classification rate (%) for SVM	Correct classification rate (%) for ANFIS
10%	97.78%	84.17%
20%	98.13%	86.88%
30%	98.57%	87.86%
40%	99.17%	88.75%
50%	99.50%	89.00%

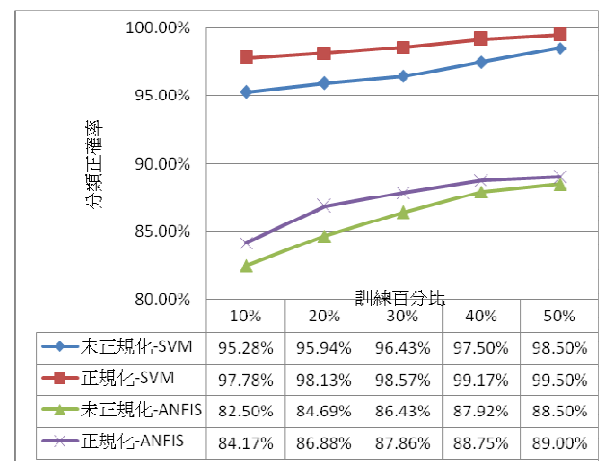


圖 10 特徵值正規化前後比較圖

在圖 10 中可以發現，基於支援向量機與小波影像紋理並將特徵正規化可獲得最佳效能，最後本論文將比較出，經由極值正規化後無瑕疵塑膠編織袋誤判成瑕疵塑膠編織袋(型 I 錯誤)及瑕疵塑膠編織袋誤判成無瑕疵塑膠編織袋(型 I 錯誤)與訓練百分比之間關係，如表 4。

表 4 訓練百分比與誤判數量表

Training Percentage	型 I 錯誤	型 I 錯誤
10%	4	4
20%	2	4
30%	3	1
40%	2	0
50%	1	0

### 5. 結論

本論文提出一個基於影像紋理辨識技術可用於檢測瑕疵塑膠編織袋。在實驗中比較了五種常見影像之紋理特徵，並找出 DWT 最適合用於檢測瑕疵塑膠編織袋，實驗中也比較了 SVM 與 ANFIS 兩種學習演算法，實驗結果指出 SVM 分類性能明顯優於 ANFIS，且 SVM 在訓練時間也較快，非常適合用於影像分類技術。最後，實驗結果表示正規化有助於提升分類性能，因此正規化也是影像處理技術中不可乎視的一部分。在未來的研究仍需增加資料庫中的影像，最佳化影像分類演算法，以及將整個「塑膠編織袋瑕疵品自動偵測系統」流程自動化。

### 參考文獻

[1] Bin Sediq, A. S., Qaddoumi, N., "Near-field Microwave Image Formation of Defective Composites Utilizing Open-ended

- Waveguides with Arbitrary Cross Sections,” *Composite Structures*, Vol. 71, pp. 343-348, 2005.
- [2] Shi, X.-J., Yuan, Z.-H., “Fuzzy Classification of Animal Fiber with Fuzzy Neural Network,” 2005.
- [3] Barni, M., Cappellini, V., Mecocci, A., “Colour-based Detection of Defects on Chicken Meat,” *Image and Vision Computing*, Vol. 15, pp. 549-556, 1997.
- [4] Ngan, H.Y.T., Pang, G.K.H., Yung, S.P. and Ng, M.K., "Wavelet Based Methods on Patterned Fabric Defect Detection," *Pattern Recognition*, Vol.38, pp.559-576, 2005
- [5] Sengur, A., “Wavelet Transform and Adaptive Neuro-fuzzy Inference System for Color Texture Classification,” *Expert Systems with Applications*, Vol. 34, pp. 2120-2128, 2008.
- [6] Tsai, H.-H., Tsezg, H.-C. and Lai, Y.-S., “Robust Lossless Image Watermarking Based on  $\alpha$ -trimmed Mean Algorithm and Support Vector Machine,” will be published in Journal of *Systems and Software*, 2010.
- [7] Turkoglu, I., Avci, E., “Comparison of Wavelet-SVM and Wavelet-adaptive Network Based Fuzzy Inference System for Texture Classification,” *Digital Signal Processing*, Vol. 18, pp. 15-24, 2008.
- [8] Tsai, H.-H., Sun, D.-W., “Color Image Watermark Extraction Based on Support Vector Machines,” *Information Sciences*, Vol. 177, pp. 550-569, 2007.
- [9] Xie, K., Zhu, Y.M., "Classification of Brain Tumors Using Kurtosis of the DCT Data," *European Journal of Radiology*, 2009.
- [10] FITZ, A.P., GREEN, R.J., "Fingerprint Classification Using A Hexagonal Fast Fourier Transform," *Pattern Recognition*, Vol. 29, No. 10, pp. 1587-1597, 1996.
- [11] Huang, L.-L., Shimizu, A., Kobatake, H., "Robust Face Detection Using Gabor Filter Features," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 26, pp. 1641-1649, 2005.
- [12] Wua, D., Yang, H., Chen, X., He, Y. and Li, X., “Application of Image Texture for the Sorting of Tea Categories Using Multi-spectral Imaging Technique and Support Vector Machine,” *Journal of Food Engineering*, Vol. 88, pp. 474-483, 2008