

人臉偵測及多角度人臉訓練研究

陳永祥
國家實驗研究院儀器科技研究中心
助理研究員
yschen@itrc.org.tw

廖泰杉
國家實驗研究院儀器科技研究中心
研究員
tsliao@itrc.org.tw

摘要

本文提出人臉偵測及多角度人臉訓練方法。主動形狀模型(Active shape model, ASM)是人臉特徵擷取和識別的常用方法之一。本文結合傳統 ASM 演算法的特點提出了一種用平均臉對多角度人臉樣本進行正規化的方法。該方法有效地增加類間樣本的識別距離及縮小類內樣本的識別距離，從而提高了人臉正確識別率。

關鍵詞：人臉偵測，主動形狀模型，特徵人臉，平均人臉。

Abstract

This paper proposed a face recognition and multi-view faces train method. Active shape model (ASM) is a basic method widely used in face feature extraction and recognition. In this paper, combined with the characteristics of traditional ASM, a method based on normalization of average face image is presented, in which the classification distance of between-class samples is enlarged, while the classification distance of within-class samples is reduced. Thus face correct recognition rate is improved.

Keywords: face detection, ASM, Eigen faces, average face.

1. 前言

生物特徵識別技術在身份認證中發展十分迅速，受到研究人員廣泛注意，而人臉識別是生物特徵識別技術中一個活躍的研究領域。人臉識別主要包括人臉偵測與定位、人臉特徵擷取與識別。前者是在輸入影像中找到人臉及其位置，並把它從背景中分割出來。後者則對偵測與定位的人臉影像實現前處理後，進行人臉特徵擷取與識別。人臉識別由於表情、位置、

方向與光照的變化使得人臉特徵擷取十分困難。目前，人臉識別方法主要包括幾何特徵法、特徵人臉法、類神經網路法及局部特徵分析法等。特徵人臉法是一種基於人臉全面特徵的識別方法。所謂人臉全面特徵是指所擷取的特徵與整張人臉影像甚至與整個訓練樣本相關，這種特徵未必具有明確的物理意義，卻適合於人臉分類。

PCA 方法主要透過訓練樣本的散佈矩陣特徵值分解，給出一組數量遠小於樣本空間維數的正交基來表示訓練樣本組成的特徵子空間，並對樣本在正交子空間的投影向量進行分類[1]。PCA 演算法為一種基於人臉全面特徵的較有效的特徵擷取法，已經解決了部分實際問題。然而，PCA 特徵用於識別時正確識別率還有待進一步提高。本文提出的方法以 PCA 演算法為基礎，對每一類訓練樣本求人臉平均臉，並對訓練樣本進行規範化處理。

2. 實驗方法

2.1 主動形狀模型(Active shape model, ASM)[2]

將人臉形狀模型為定義一個能量函數，透過調整模型參數使能量函數最小化。與人臉形狀模型相比，在於能根據訓練資料對於參數的調節加以限制，從而將形狀的改變限制在一個合理的範圍內。首先，對一組標有人臉特徵點影像(訓練集)的形狀和局部進行灰度建模，然後在搜索過程中不斷調節形狀和姿態參數，從而使形狀達到最優化。

為了研究訓練人臉影像的形狀變化，比較不同的形狀相對應的點，應先對這些人臉影像進行校正，對其他形狀進行旋轉、縮放和平移使其盡可能的與基準形狀接近。然後，對校正後的形狀資料進行主分量分析(Principal Component Analysis, PCA)，過程如下：

(1) 計算校正後的形狀向量的共變異矩陣：

$$\sum_s \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s_i - \bar{s})(s_i - \bar{s})^T \quad (1)$$

式中 \bar{s} 為形狀向量的平均值。

(2)透過下式計算共變異的特徵值

$$\Lambda_s(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m), \sum_s \phi_s = \phi_s \Lambda_s \quad (2)$$

(3)取相應的特徵向量並正規化，記 $P = (p_1, p_1, \dots, p_t)$ 。

與較大的特徵值 λ_i 對應的特徵向量 λ_i 代表較重要的形狀模型的變化，這樣任何形狀向量 x 皆可以用前 t 個特徵向量表示為：

$$x = \bar{x} + Pb \quad (3)$$

其中， P 是已訓練好的模型， b 是一個向量。一個新臉部影像 x 等於用平均人臉 \bar{x} 加上「 b 人臉外形模型產生的變異量」。當 b 為零時，人臉影像 x 等於平均人臉 \bar{x} 。當 b 不為零時，人臉影像可能正在做某種表情或姿態。 $b = (b_1, b_2, \dots, b_t)^T$ ，是控制前 t 個模式的係數。

不同的 b 對應了不同的形狀，從左到右相應的 b 為 $b = 0$ ， $b = (3\sqrt{\lambda_1}, 0, 0, \dots, 0)^T$ ， $b = (-3\sqrt{\lambda_1}, 0, 0, \dots, 0)^T$ ，由於 P 是正定的，所以有 $b = P^T(x - \bar{x})$ 。

在人臉擬合過程中經由反復迭代迴圈的過程，不斷改變外部參數中的平移量、旋轉角度及縮放比例，直至形狀不變，可認為此時的形狀即所要搜索的影像形狀。 b 透過人臉形狀模型產生人臉「擬合」輸入的人臉。最佳化擬合有幾項控制參數可供調整：

b ：如式(3)，影響人臉影像本體 x ，屬於內部參數。

P ：人臉影像中心點放置在輸入影像的座標位置，屬於外部參數。

s ：主動影像放置在輸入影像之尺寸比例，屬於外部參數。

θ ：主動影像中心線相對於輸入影像座標軸之偏差角度，屬於外部參數。

可用下列式(4)表示人臉影像 x 經過各項參數的調整，逼近輸入影像 Y ：

$$f(b, p, s, \theta) = |Y - X|,$$

$$\text{Optimize}(Y, X(b), p, s, \theta) = \arg \min_{b, p, s, \theta} (f) \quad (4)$$

若 f 是人臉影像與輸入影像的相似度誤差函數。最佳化擬合如式(4)，不斷的調整參數直到人臉影像與輸入影像達到誤差最小化為止，此時 b 向量即是需要的人臉特徵資訊。

2.2 多角度人臉訓練

多角度人臉訓練經由 PCA 方法[3]直接以樣本矩陣資料的散佈矩陣，得到其特徵子空間。並配合平均人臉樣本的散佈矩陣，並對每個樣本進行平均人臉處理，其步驟如下：

(1)計算訓練樣本人臉的影像的類間平均人臉 \bar{x} 和類內平均人臉 \bar{x}_c 。

$$\bar{x} = E(x) = \frac{1}{N} \sum_{c=1}^C \sum_{i=1}^{N_c} x_{ci}, \quad \bar{x}_c = E(x_c) = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} x_{ci} \quad (5)$$

(2)對類間散佈矩陣進行特徵值分解，獲得訓練樣本人臉的特徵子空間 Y 。

$$Y = [Y_1, Y_2, \dots, Y_d] \quad (6)$$

(3)利用類內平均人臉和類間平均人臉，對訓練樣本人臉影像 x_{ci} 和每個待識別人臉影像 x_d 進行處理。

(4)分別對 \hat{x}_{ci} 和 \hat{x}_d 進行特徵子空間投影後，採用最近鄰分類法獲得識別結果。

利用類內和類間平均人臉，在建構 PCA 訓練樣本人臉類間散佈矩陣時既使得特徵最大化，同時減少了同類人臉之間的特徵差異，進而提高了人臉識別的效果。

3. 實驗結果

3.1 人臉偵測實驗結果

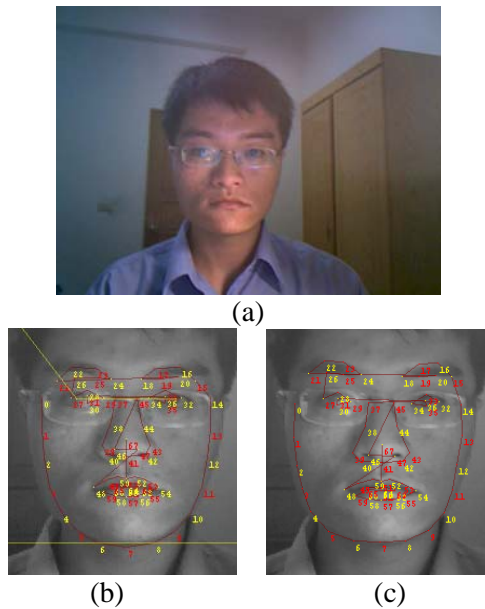
主動形狀模型是利用預先定義的特徵點及樣本影像經過統計後得到的人臉形狀模型與實際拍攝的人臉進行識別的方法。運用某種局部點模型匹配的基礎上，利用統計模型得到的限制條件，來處理待識別人臉形狀得到人臉統計模型與辨識結果誤差最小化，主動形狀模型計算的方法基本上是最佳化的計算方法，主動形狀模型計算的結果期望最終收斂到實際的人臉形狀。

圖一為正向角度之人臉偵測結果，利用主動形狀模型選取特徵點的實驗結果。以圖一(a)為原始影像，將原始影像進行人臉的定位，並進行初步的主動形狀模型定位，如圖一(b)所示。從擷取出的人臉影像中，進行人臉特徵點及模型的擬合，找出最佳化的擬合模型，結果如圖一(c)所示。將擬合出的最佳化人臉形狀模型加以標記，顯示在同一張影像中。

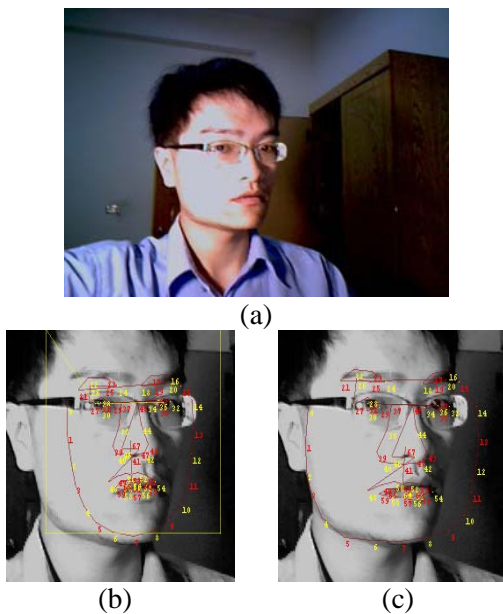
同理之，圖二為側向角度之人臉偵測結果，利用主動形狀模型選取特徵點的實驗結果。以圖二(a)為原始影像，將原始影像進行人臉的定位，並進行初步的主動形狀模型定位，如圖二(b)所示。從擷取出的人臉影像中，進行

人臉特徵點及模型的擬合，找出最佳化的擬合模型，結果如圖二(c)所示。將擬合出的最佳化人臉形狀模型加以標記，顯示在同一張影像中。

觀察上述正向及側向角度之人臉偵測結果，可以發現在未進行多角度人臉訓練情況下，造成誤判其人臉擬合結果。



圖一 正向角度之人臉偵測結果



圖二 側向角度之人臉偵測結果

3.2 多角度人臉訓練實驗結果

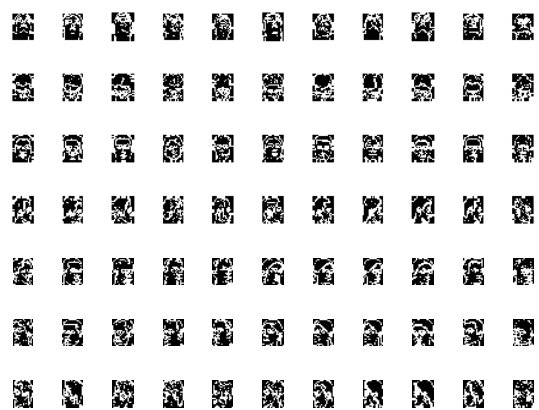
圖三為人臉樣本，包含 77 張不同角度之人臉影像。對於人臉訓練樣本，計算其人臉影像的類間平均人臉和類內平均人臉，類間平均臉如圖四所示。圖四(a)為將圖三人臉樣本經由邊

緣偵測處理後得到的影像。圖四(b)為收斂曲線，圖四(c)為得到的平均人臉。圖五為多角度人臉訓練，對待識別人臉樣本進行前、上、下、左、右、左 45° 及右 45° 進行分類識別，以利後續多角度人臉識別研究使用。

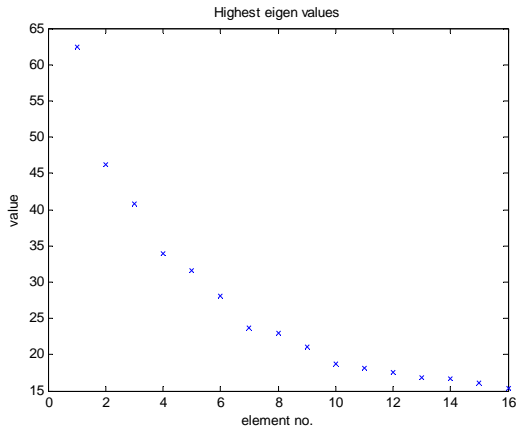
圖六為側向角度之人臉擬合實驗結果。圖六(a)為初始化人臉影像，圖六(b)為已訓練好的平均人臉模型示意圖。圖六(c)是原始影像，圖六(d)為初步經過人臉形狀模型偵測後得到的影像，將圖六(a)初始化人臉影像定位於人臉，由於原始影像非正面向影像，人臉姿態存在偏轉一角度，此時，需要進行人臉擬合演算法運算才能正規化人臉模型。圖六(e)為人臉擬合疊代第 1 次得到實驗結果。最後，圖六(f)為人臉擬合疊代 15 次後所得到的實驗結果，可以將圖六(a)設定人臉表情特徵正規化處理並顯示於圖六(f)中。



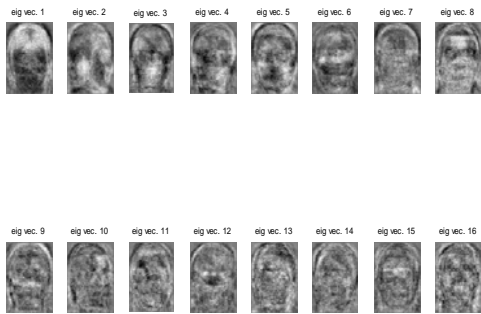
圖三 人臉樣本



(a)

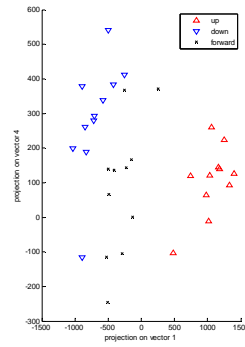


(b)

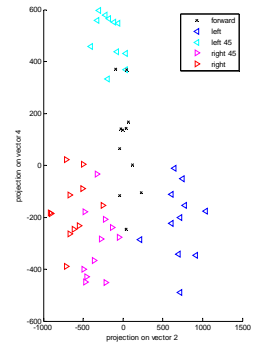


(c)

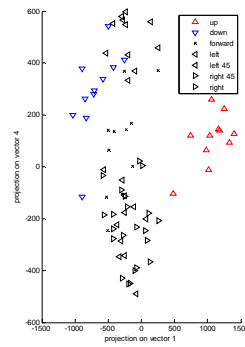
圖四 平均臉



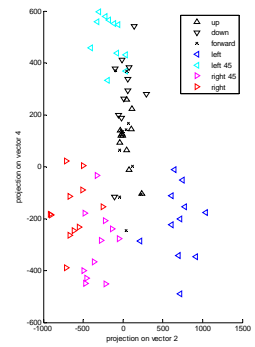
(d)



(e)



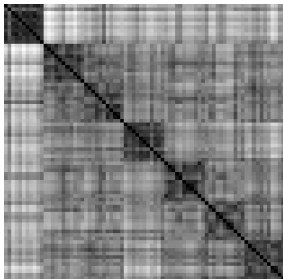
(f)



(g)

圖五 多角度人臉訓練

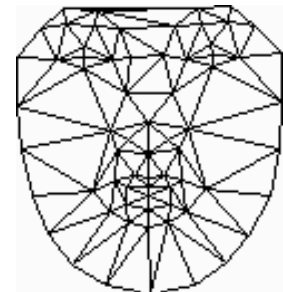
Dist. of image vectors, average value outside diagonl / average value inside diagonl = 2.2302



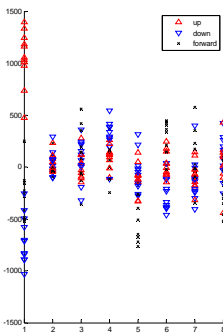
(a)



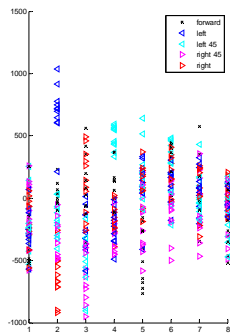
(a)



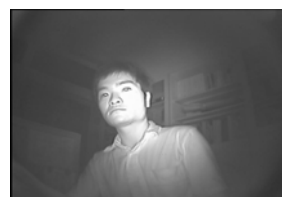
(b)



(b)



(c)



(c)



(d)



(e)



(f)

圖六 側向角度之人臉擬合實驗結果

4. 結論

本文提出人臉偵測及多角度人臉訓練系統。主動形狀模型(Active shape model, ASM)是人臉特徵擷取和識別的常用方法之一。結合傳統 ASM 演算法的特點提出了一種用平均人臉對多角度人臉樣本進行正規化的方法，可有效解決非正向之人臉影像。

5. 誌謝

本論文為國科會計畫編號 NSC 97-2221-E-492-013 之研究成果，由於國科會的支持，使本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

參考文獻

- [1] Turk. M, Pertland. A., Eigenfaces for Recognition, *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 3, No. 1, pp. 71-86, 1991.
- [2] 陳永祥、孫秀貞、蕭瑛星、廖泰杉，應用雙軸平行運動機構於紅外線光源 3D 人臉識別方法，*全亞文化 ET 電子技術雜誌*，期數：281，第 63-69 頁，2009。
- [3] Yang Jian, Zhang David, Frangi. A. F, Two-dimensional PCA: A new approach to appearance-based face representation and recognition, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 26, No. 1, pp. 131-137, 2004.