

結合生物特徵與主成分分析法的多人臉影像識別

陳榮昌
朝陽科技大學資訊管理系
副教授
rcchen@cyut.edu.tw

張家愷
朝陽科技大學資訊管理系
研究生
windowsdtr@yahoo.com.tw

摘要

本研究提出了一個結合了生物特徵與主成分分析法的多人臉影像識別的方法，並以此為基礎建立了一個具五種特徵的多人臉影像識別系統來說明所提出的識別方法。在此系統中，我們使用了雙色彩空間的模型來加強處理膚色分離以擷取人臉，並從所有候選人臉影像擷取出各個人臉的生物特徵，計算出各個候選人臉的人臉特徵差異向量，並透過主成分分析法來找到各特徵的權重向量，然後將這些人臉特徵差異向量及權重向量存到資料庫，當輸入一個欲辨識的人臉影像時，只要擷取出該人臉的生物特徵，計算出人臉特徵差異向量，就可以利用這些權重向量，依照我們提出的人臉識別流程，循序漸進的加權比對，找出最接近的人臉，如此可以達到既快速又精準的目的。

關鍵詞：多人臉影像識別、生物特徵、主成分分析法、膚色分離、人臉特徵差異向量

Abstract

This study proposes a multi-face recognition method by integrating the techniques of biometrics and principal component analysis (PCA). Based on this method, we construct a multi-face recognition system which is based on five biometric features.

In this system, we improve the detection process by using two color space models to extract face regions from the picture. We capture the biometric features from every candidate of face image, calculate the difference of facial feature vector (DFFV) and find weights of feature vector by PCA. Then, these data are stored in facial database for face recognition. When a new face image is coming, we capture the biometric features from the coming face image, calculate DFFV,

and compare them with DFFVs in database by progressively use the weights which obtained from the PCA to find the closest face. It is the progressive comparing make the face recognition both fast and accurately.

Keywords: multi-face recognition, biometrics, principal component analysis, skin color separation, differences of facial feature vector

1. 前言

多人臉的識別技術在運算上的限制較單人臉識別來的複雜，首先是如何準確的擷取出每張人臉，這些人臉可能相當的靠近而產生混淆，也可能處於一個含有複雜成分或近似於膚色的背景前，這些都會造成人臉在識別上的誤判。目前關於多人臉辨識的研究，通常是先擷取出近似於膚色的區塊，再將這些區塊和特徵模板比對來驗證是否為人臉[5]。

以模板進行比對的方法，在人臉影像有偏轉的情況時，就容易出現誤判，所以有些研究特別以人臉中含有眼睛這樣的資訊來輔助識別[6][7][8]。眼睛是人臉中相當重要的特徵，其左右對稱、大小接近並與皮膚區塊對比度較大等特性，使眼睛較其他特徵容易識別[6]。但是，當有較複雜的雜訊干擾或圖像較不清楚時，單以眼睛作為人臉的判斷還是會產生誤判，所以，論文[9]將嘴唇顏色的區塊納入驗證的條件，並加入了主成分分析法(Principal Component Analysis)，使人臉辨識更加的強韌。但研究發現每人的唇色都有所差異，且容易因為嘴唇的遮蔽或嘴巴的閉合不同，使人臉偵測發生錯誤。

因為生物特徵具有其獨特性，所以我們希望研究將許多生物特徵的資訊結合在一起來做為識別人臉的依據。我們將以其共同的部分做為人臉偵測的依據，例如，每個人臉都有 2 個眼睛，眼睛與嘴巴的大小比率有一定的範圍等，利用這些訊息就可以快速確認是否為人臉。另外，我們也將透過主成分分析法(Principal

Component Analysis, PCA), 對人臉區域中的生物特徵, 包括眼睛、嘴巴及鼻子之間的比例和位置等的分析研究, 將差異性較大的生物特徵做為人臉識別的依據並賦予權重, 如此能夠更有效率的辨識不同的人臉。

第二節我們將探討人臉偵測的方法、膚色分離以及主成分分析法, 第三節將介紹本研究提出的人臉偵測與人臉識別的方法, 第四節我們將詳細說明人臉資料庫的建立與多人臉識別的步驟, 最後提出結論與未來研究。

2. 相關文獻探討

2.1 人臉偵測方法

人臉偵測為人臉辨識的首要任務, 人臉偵測流程中許多研究[4][9][11][12]皆是以膚色分離、特徵檢測, 然後針對找出的人臉後選區塊進行人臉的驗證與標記。膚色分離是利用皮膚的群聚特性, 將膚色的區域與非膚色區域分離開來[11]。特徵檢測針對膚色區塊內的影像檢測是否含有眼睛鼻子嘴巴等, 如此即可快速過濾掉其他擁有膚色的非人臉區塊[12]。

常見的驗證方法有條件式的驗證[6]、特徵區塊的匹配[5]或是透過整張臉的主成分分析[12]來驗證, 透過驗證對人臉區塊確立, 是為了要方便後續的處理。條件式的驗證也常使用生物特徵來當作驗證的依據, 只要具備人人都擁有、不會輕易改變以及因人而異三項特性的生物特徵即可拿來當作判斷的依據[10]。在過去我們的研究中[2][4], 就依據這幾個特性, 透過[3]實驗找到許多生物特徵來幫我們驗證人臉, 例如眼睛的大小約為人臉的3%~6%、眼睛位於人臉高度的3/8~6/8、嘴巴大小約為人臉的6%~12%。特徵區塊的匹配也可以使用模板比對, 先建立標準的人臉樣板, 再使用分類器對候選影像進行比對與分類, 常見的方法如類神經網路[19][20][21], 此方法在實作上較為簡單且有較高的準確率, 但是缺點是運算速度較慢。這些驗證的方式, 彼此是獨立的, 所以可以相互參照。

2.2 膚色分離

因為膚色為人臉最顯著的特點, 我們可以使用膚色分離來找到一張或多張的人臉並將其與背景分離開來。常見的膚色分離方法是以色彩空間中膚色所佔的區段來篩選皮膚區域, 如果有一區塊的影像點都位於這個膚色區段當中, 我們就視這個區塊為皮膚區塊。在過去的研究中, 常使用的色彩空間模型有

RGB[6][8][14]、YCbCr[2][7][9][11][12][13]或HSV[22]等等, 皆各有其優點。

最直接的篩選方式是以RGB色彩空間模型來進行, 在論文[14]提到, 當像素滿足

$$\begin{cases} R > 95, G > 40, B > 20 \\ \max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\} > 15, \\ |R - G| > 15 \text{ and } R > G \text{ and } R > B \end{cases}$$

門檻時就可以視為膚色。然而, 在人臉的辨識時會因為人臉影像取像時的光源過多或不平均, 容易造成人臉的五官不明顯進而使後續偵測發生錯誤, 因此, 許多研究會以YCbCr色彩空間模型來進行初步的膚色分離[12][13], 其中Y代表了光線濃度、Cb代表藍色濃度而Cr代表紅色濃度, 當Cb值介於77到127之間且Cr值介於37到177之間, 就代表這個影像點屬於膚色的範圍。

2.3 主成分分析法

主成分分析法(Principal Component Analysis, PCA)將收集的資訊進行彙整後, 將數據轉換到新的座標系統中, 以數據的最大的變異數為其第一主成分, 第二大變異數為其第二主成分以此類推[23]。因此, 它也可以用來簡化多變量資料的維度, 降低變數的個數[24]。

在人臉辨識的研究中, 學者們也使用PCA來找到重要的參數[1][9][15][16], 利用人臉特徵的斜方差矩陣(Covariance matrix)的特徵值(Eigen Value)和特徵向量(Eigen Vector)作為權重, 並以此為基礎進行識別。簡要說明如下, 首先我們從M張人臉中取得各個人臉所對應的特徵向量 $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_M$, 然後找出平均向量(mean vector)

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \Gamma_j, \quad (1)$$

Ψ 代表所有人臉特徵的共同成分, 我們若從人臉所對應的特徵向量將此共同成分移除, 就可以得到每張影像的差像(difference image)

$$\varphi_j = \Gamma_j - \Psi, \quad j=1, 2, \dots, M. \quad (2)$$

我們可以使用投影的方式來尋找最能區分這些特徵向量的方向向量 u_1 , 此向量滿足所有差像在該向量上面的投影量的平方和為最大, 即

$$\begin{aligned} \max_{u_1} S &= \sum_{j=1}^M \left(\frac{\varphi_j^T u_1}{\|u_1\|} \right)^2 \\ &= \frac{u_1^T (A \times A^T) u_1}{u_1^T u_1}, \quad (3) \\ &= \frac{u_1^T C u_1}{u_1^T u_1} \end{aligned}$$

其中 $C = A \times A^T = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \varphi_j \varphi_j^T$ 是所有人臉特徵的斜方差矩陣(Covariance matrix)，它代表著人臉差像與差像之間的關係， $A = [\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_M]$ 記錄著所有 M 個人臉的差像。根據 Rayleigh Quotient 定理，當 u_1 是最大的特徵值所對應的特徵向量時， S 就可以得到極大值。而且， $Cu_k = \lambda_k u_k$ ，

$$\lambda_k = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (u_k^T \varphi_j)^2, k=1, \dots, N \quad (4)$$

其中 $u_l^T u_k = \begin{cases} 1 & \text{if } l=k \\ 0 & \text{else} \end{cases}$ ， N 代表人臉特徵的個數，這些特徵值和特徵向量可以使 S 得到局部的最大值。

3. 研究方法

在人臉識別的研究當中，大略可以分為「人臉偵測」和「人臉識別」兩個重點[1][9]。人臉偵測的目的在於如何在影像當中定位出人臉，實驗發現進行人臉偵測時，遇到複雜的背景、影像過亮與過暗以及人臉受到遮蔽時，會造成偵測成功率下降或是特徵的擷取不完全，因此，本研究特別針對現今常用的 YCbCr 及 RGB 兩種色彩空間的膚色分離法進行研究，並提出結合此兩種色彩空間的膚色分離方法，藉此提升人臉偵測與特徵擷取的成功率。

在人臉識別階段，主要是將已經擷取出來的人臉影像，透過特徵比對方式來確認身分，然而，其識別率的高低與特徵的選取有很大的關連，因此，我們特別針對特徵的選取做了許多研究，我們發現生物特徵如眼睛、鼻子、嘴巴等的尺寸大小因為具有獨特的代表性[4]，所以，我們以這些特徵為基礎，透過主成分分析法找出各生物特徵最佳的權重，再依此權重來輔助人臉識別，以達到提高識別率的目的。底下我們將針對這兩部分做更詳細的說明。

3.1 結合 RGB 與 YCbCr 進行人臉偵測

膚色分離的用意是要過濾出人臉區域，方便後續進行擷取特徵的動作。常見的膚色分離方法是使用 YCbCr 色彩空間的膚色範圍進行擷取[2][7][9][11][12][13]， Y 為光線元素， Cb 和 Cr 分別為藍色與紅色濃度。我們使用二值化處理將 Cb 介於 77 到 127 之間，且 Cr 介於 137 到 177 之間的像素點視為膚色[12]，並將此膚色區域設為 0(白色)，其餘設為 1(黑色)，以達到膚色分離的目的。但是單以 YCbCr 色彩空間進行膚色分離，容易忽略掉一些與周圍膚色沒有明顯對比的特徵，例如，人臉五官特徵的鼻子在去除掉 Y 元素後，在 Cb 和 Cr 色彩空間裡與周圍的膚色就沒有明顯的對比差異[2]。因此，我們希望藉由 RGB 與 YCbCr 色彩空間同時考量，以達到既能去除掉背景光線的干擾，又能將人臉當中的特徵保留下來的目的。

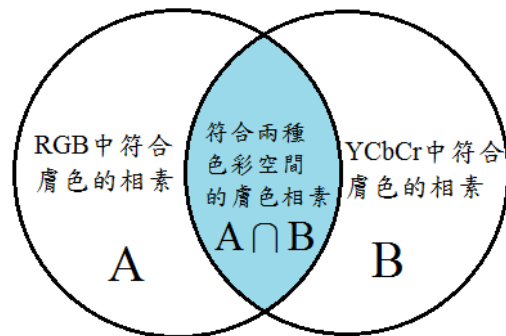


圖 1、RGB 膚色像素與 YCbCr 膚色像素的文氏圖

在圖 1 中，左邊區塊(A-B) 代表在 RGB 色彩空間中符合膚色的像素扣除在 YCbCr 色彩空間中符合膚色的像素，這種情況發生在如圖 2(a)圖中的背景與接近膚色的衣領的情況，因為，光由 RGB 色彩空間來看，很容易把他誤以為人臉範圍，這時由 YCbCr 色彩空間，因去除光線成份後，較容易分辨出來。

圖 1 右邊的區塊(B-A) 代表在 YCbCr 色彩空間中符合膚色的像素扣除在 RGB 色彩空間中符合膚色的像素，這種情況發生在如圖 2(b)圖中的鼻孔和嘴巴的部分，若單純以 YCbCr 色彩空間來檢測，因去除光線後，對陰影和接近膚色邊緣的顏色較不敏感，所以很容易造成誤判。本研究同時考量這兩部分，就可以得到中間區域(A∩B)，也就是將圖 2(a)與圖 2(b)利用交集運算的結果，如圖 2(c)。

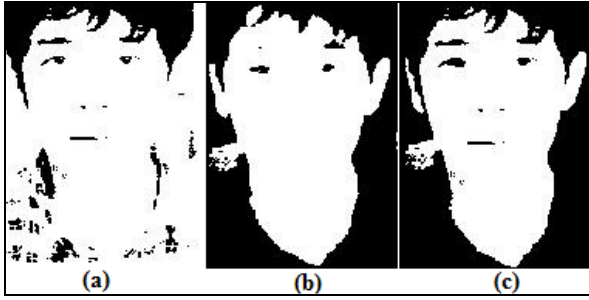


圖 2、同時考慮 YCbCr 色彩空間與 RGB 色彩空間的範例圖，將圖 2(a)與圖 2(b)經過交集運算可以得到圖 2(c)。

3.2 主成分分析法與生物特徵的權重

選擇適當的特徵對人臉識別是很重要的，在我們過去的研究中，發現人臉的五官尺寸差異是相當大的[2][4]，例如眼睛區域約佔臉部大小的 3%~6%之間，嘴巴區域約佔人臉面積 6%~12%之間等等，所以我們選擇較具代表性的 5 個尺寸包含左眼(r_1)、右眼(r_2)、嘴巴(r_3)、鼻子(r_4)與臉頰寬度(r_5)來當作人臉特徵，我們以兩眼中心點的連線 L 長度為其計算的單位，如此可以適應不同大小的人臉，如圖 3。

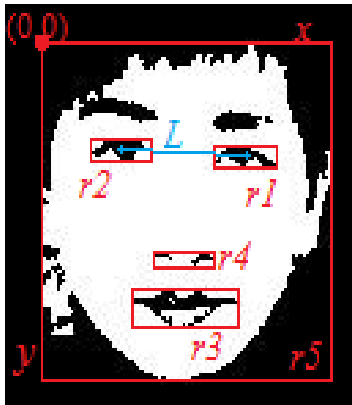


圖 3、生物特徵示意圖

另外，為了更有效率的完成識別工作，我們先根據要識別的候選人臉影像找出其特徵，並使用主成分分析法來找到最佳的權重，因此，就能利用這些特徵與權重來完成人臉識別。以下是重要的分析步驟，假設我們從候選的人臉影像中擷取出的人臉特徵向量為 $\Gamma = [\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_M]$ ，其中， $\Gamma_i = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{i5}]^T$ ， $i = 1, 2, \dots, M$ ，為第 i 張人臉的人臉特徵向量。我們先找到其平均人臉特徵向量(簡稱平均特徵向量)

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \Gamma_j, \quad (5)$$

然後將每一個人臉特徵向量減去平均特徵向

量成為差異人臉特徵向量(簡稱差異特徵向量)，即

$$\varphi_j = \Gamma_j - \Psi, \quad j = 1, 2, \dots, M. \quad (6)$$

使用差異特徵向量進行分析意思等同於將特徵向量的座標原點移到平均特徵向量的位置，如此可以比用原來的特徵向量更加精準，因此我們先求得差異特徵向量。

接下來，我們以主成分分析法來分析差異特徵向量 $\varphi_j, j = 1, 2, \dots, M$ 。根據第 2.3 小節中的分析，我們只要找到差異特徵向量的斜方差矩陣 $C = A \times A^T = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \varphi_j \varphi_j^T$ ，其中，

$A = [\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_M]$ 為所有 M 個人臉的差異特徵向量，接著依照公式(4)，即可求出斜方差矩陣 C 的特徵值(eigen values)與特徵向量(eigen vectors)。

值得一提的是，因為目前我們只使用了 5 個人臉特徵，所以矩陣 C 的維度只有 5×5 。如此，我們可以得到 5 個特徵值(eigen values) ($\lambda_j, j = 1, 2, \dots, 5$)和 5 個 5×1 的特徵向量(eigen vectors) ($u_j, j = 1, 2, \dots, 5$)。在特徵的選擇上，我們的方法和論文[9]所提出的方法有很大的不同，我們使用的是不同特徵的尺寸(或其他較容易分辨的特徵)，有別於論文[9]使用了人臉影像像素點的向量，因為使用的特徵值與特徵向量的個數大大的減少。

根據 Rayleigh Quotient 定理，我們得知最大的特徵值 λ_1 所對應到的特徵向量 u_1 就是最容易識別這些差異特徵向量的方向，所以，我們就將每個特徵向量 $u_j, j = 1, 2, \dots, 5$ 作為人臉特徵向量的權重，當以 u_1 為權重不足以區分時，才依序將 u_2, u_3, u_4, u_5 納入識別的權重計算，如此，可以將複雜度降低，又能達到較精準的識別。

因此，我們只要事先將代表著每張人臉的差異人臉特徵向量 $\varphi_j = \Gamma_j - \Psi, j = 1, 2, \dots, M$ 和平均人臉特徵向量 Ψ 和 5 個權重 $u_j, j = 1, 2, \dots, 5$ 存於資料庫中，當拿到一張人臉影像時，只要先算出其差異人臉特徵向量 $\hat{\varphi}$ ，然後以 u_1 為權重，找出與其加權距離最近的差異人臉特徵向量 φ_i ，即

$$\min D(\varphi_i, \hat{\varphi}) = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (\varphi_{i,j} u_{1,j} - \hat{\varphi}_j u_{1,j})^2} \quad (7)$$

此時，如果 φ_i 顯然是最接近的，即不存在另一

個差異人臉特徵向量 φ_k ，滿足

$$\|D(\varphi_i, \hat{\varphi}) - D(\varphi_k, \hat{\varphi})\| \leq \delta, i \neq k, \quad (8)$$

其中， δ 代表一個很小的數。則 φ_i 所對應的人臉即為所求。

如果最接近的人臉不只一個，則將所有滿足公式(8)的差異人臉特徵向量改以 u_2 為權重繼續找出最接近的差異人臉特徵向量，即找到差異人臉特徵向量 φ'_i ，滿足

$$\min D(\varphi'_i, \hat{\varphi}) = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (\varphi'_{i,j} u_{2,j} - \hat{\varphi}_j u_{2,j})^2} \quad (9)$$

和前面相同，如果餘下的 φ'_i 顯然是最接近的，則 φ'_i 所對應的人臉即為所求。否則，繼續將符合公式(9)的 u_2 改以 u_3 為權重來找出最接近的差異人臉特徵向量，依此類推，直至最後一個權重，若已使用到最後一個權重則取最接近的結果。

此種循序漸進的比對方式，就像我們在辨識一個熟識的朋友的過程一樣，先朝一個面向去觀察，如果馬上可以辨識出來，就認定他是自己心目中的某位朋友。如果，光從一個面向無法判定，則須在看其他面向，將其和自己記憶中的朋友相比對，如此才能確定此臉孔為自己認識的朋友。這樣的比對方式的好處在於，如果該臉孔有獨特的特徵，則一眼可以看出，否則才仔細推敲比對，兼具快速和精準的效果，因為除非資料庫中有兩張影像是非常相似的，否則只要前面幾個權重即可找到其較接近的影像。

4. 人臉特徵資料庫的建立與人臉識別的流程

為了加快人臉辨識的速度，我們通常會先把候選人臉的特徵以及相關參數儲存在資料庫，因此，當接收到人臉影像時，只要擷取所需的特徵，即可進行比對。本章節將依序說明人臉特徵資料庫的建立與人臉識別的流程。為了簡化問題的複雜度，我們假設所有人臉影像皆為正面、無特殊表情且五官沒有受到遮蔽。我們假設以 30 張不同的人臉影像來當作候選人臉，並以 3.2 節所提到的左眼(r_1)、右眼(r_2)、嘴巴(r_3)、鼻子(r_4)與臉頰寬度(r_5)來當作人臉特徵，以兩眼中心點的連線 L 長度為其計算的單位，下面為詳細的實驗流程。

4.1 人臉特徵資料庫的建立流程

首先，我們針對 30 張不同的候選人臉影像進行人臉偵測，並各擷取左眼(r_1)、右眼(r_2)、

嘴巴(r_3)、鼻子(r_4)與臉頰寬度(r_5)等 5 個人臉生物特徵 $\Gamma_i = [r_{1i}, r_{2i}, \dots, r_{5i}]^T, i = 1, 2, \dots, 30$ ，然後依序求得平均人臉特徵向量 Ψ 、差異人臉特徵向量 $\varphi_j, j = 1, 2, \dots, 30$ 以及其協方差矩陣的特徵值 $\lambda_j, j = 1, 2, \dots, 5$ 與特徵向量 $u_j, j = 1, 2, \dots, 5$ ，並將這些資料存於人臉特徵資料庫當中，建立的流程如圖 4 所示。

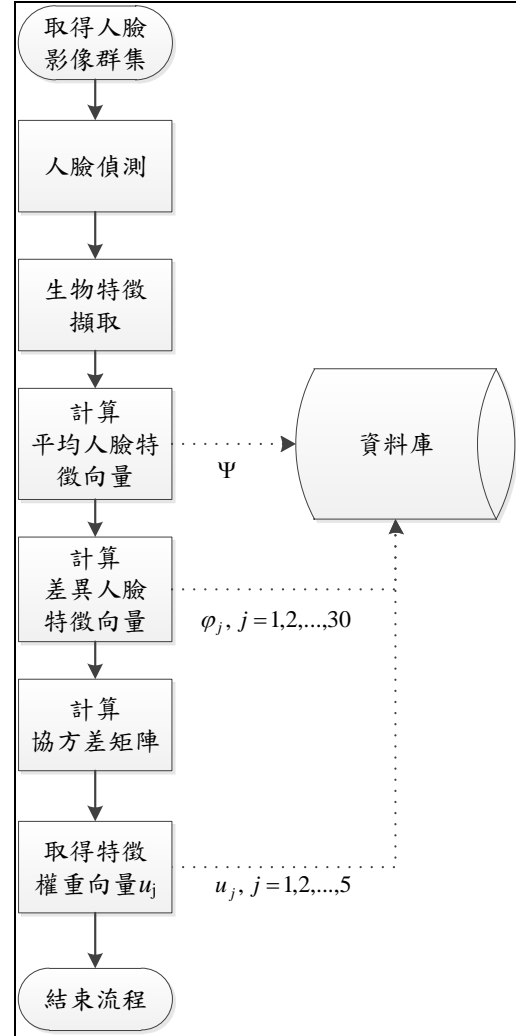


圖 4、人臉特徵資料庫的建立的流程圖

以下我們將詳細介紹流程圖中每一個步驟的內容。

(1) 取得人臉影像群集

因為每張影像的解析度不一定相同，我們首先將所有的影像進行正規化，將影像的解析度等比例縮放至 1024×768 以利後續處理。

(2) 人臉偵測

人臉偵測的目的是從影像中找出人臉的區塊，以利後續人臉特徵的擷取。此部份我們參考了文獻[2]的人臉偵測方法，先進行膚色分離，然後以連通標記的方式找到人臉的候選區

塊，然後針對這些候選區域，依人臉五官的條件進行人臉的確認。

然而，為了提升偵測的效果，在膚色分離部分，我們同時考慮了 RGB 和 YCbCr 兩個色彩空間的因素，在 RGB 色彩空間當中，其像素的 RGB 值須滿足下列條件，我們才認為為膚色[14]，

$$\begin{cases} R > 95, G > 40, B > 20 \\ \max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\} > 15 \\ |R - G| > 15 \text{ and } R > G \text{ and } R > B \end{cases}$$

而在 YCbCr 色彩空間當中，其膚色的範圍為 $77 < \text{Cb} < 127$ 且 $137 < \text{Cr} < 177$ 。對每一個像素，只有當兩個色彩空間模型都認定其為膚色，我們才認定其為膚色，我們以二值影像來儲存這個資訊，1(白色)代表膚色，0(黑色)代表非膚色。

接著，我們針對此二值化影像進行判定，正常的人臉應呈現近似於橢圓形，且人臉高度必定大於寬度[25]，因此我們以此條件進行初步篩選，將不符合條件的捨去，留下候選人臉區塊，接著以連通標記法對每個白色區塊進行偵測區塊，如果區塊中含有細部成分(黑色區塊)，這些細部成分有可能是眼睛、鼻子或是嘴巴，如果一個區塊當中沒有其他細部成分則捨棄這個區塊。

(3) 生物特徵擷取

擷取出人臉區塊後，我們就可以從人臉區塊中進行生物特徵擷取，我們將擷取左眼(r_1)、右眼(r_2)、嘴巴(r_3)、鼻子(r_4)與臉頰寬度(r_5)。因為要建立人臉特徵資料庫的人臉影像必含清楚的五官特徵，所以，如果找不到這些特徵就不是人臉。

我們參考了文獻[2][4]的特徵擷取方法，先以膚色區塊最左和最右的膚色點為邊界，框選出人臉區塊取其寬度(W_i)，然後，以人臉區塊最左上角為原點，以寬為 x 軸，高為 y 軸；在 y 軸的 $3/8 \sim 6/8$ 之間尋找兩個佔整張人臉區塊面積 $3\% \sim 6\%$ 的細部成分，其 x 軸位置較大的為左眼(假設其寬度為 W_{el})，其 x 軸位置較小者為右眼(假設其寬度為 W_{er})，我們以兩眼中心點連線的距離(L)為所有特徵的單位長度，如此可以求得各特徵間相對關係。接下來，以左眼和右眼兩區塊為左右邊界，向下尋找佔整張人臉區塊面積 $6\% \sim 12\%$ 的細部成分就可以找到嘴巴(假設其寬度為 W_m)。最後，以左、右眼區塊與嘴巴區塊為界線，尋找位於此三個區塊之間的細部成分即為鼻子(假設其寬度為 W_n)，因此，我們得到左眼($r_1=W_{el}/L$)、右眼

($r_2=W_{er}/L$)、嘴巴($r_3=W_m/L$)、鼻子($r_4=W_n/L$)與臉頰寬度($r_5=W_f/L$)。

(4) 計算平均人臉特徵向量與差異人臉特徵向量

經過前面的特徵擷取後，我們可以得到 30 張人臉的人臉特徵向量 $\Gamma = [\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_{30}]$ ，其中， $\Gamma_i = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{i5}]^T$ ， $i = 1, 2, \dots, 30$ ，為第 i 張人臉的人臉特徵向量。因此，我們可以求得平均人臉特徵向量 $\Psi = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} \Gamma_i$ ，以及這 30 張人臉的差異人臉特徵向量 $\phi_j = \Gamma_j - \Psi$ ， $j = 1, 2, \dots, 30$ 。

(5) 計算協方差矩陣及其特徵值與特徵向量

我們利用每張人臉的差異人臉特徵向量 ϕ_j 求得斜方差矩陣 $C = \frac{1}{30} \sum_{j=1}^{30} \phi_j \phi_j^T$ 的特徵值

(eigen values)與特徵向量(eigen vectors)，在本實驗當中，我們提出 5 個生物特徵進行識別，因此，我們會得到 5 個特徵值其對應的 5 個特徵向量，亦即由最大的 u_1 一直到最小的 u_5 。我們將這些特徵向量(又稱為**權重向量**) u_1, u_2, \dots, u_5 存入資料庫，方便進行人臉比對。

透過以上步驟即完成整個人臉資料庫的建立，在這擁有 30 張人臉的人臉資料庫當中，總共有對應人臉群集的平均人臉特徵向量 Ψ ，還有 1 組對應此人臉資料庫的權重向量 u_j ， $j = 1, 2, \dots, 5$ ，以及 30 張人臉的差異特徵向量 ϕ_j ， $j = 1, 2, \dots, 30$ 。

4.2 人臉識別的流程

建立了人臉資料庫之後，當輸入一張待識別的人臉影像時，我們就可以依人臉識別流程(如圖 6)找出其最接近的人臉，首先我們針對此人臉進行人臉偵測，然後擷取左眼(r_1)、右眼(r_2)、嘴巴(r_3)、鼻子(r_4)與臉頰寬度(r_5)等 5 個生物特徵，並求得差異人臉特徵向量 $\hat{\phi}_i$ ，接著我們將 $\hat{\phi}_i$ 與資料庫的 30 張人臉差異人臉特徵向量 ϕ_j ， $j = 1, 2, \dots, 30$ ，進行人臉比對，依據不同的加權方式，循序比對，找出最接近的人臉來。

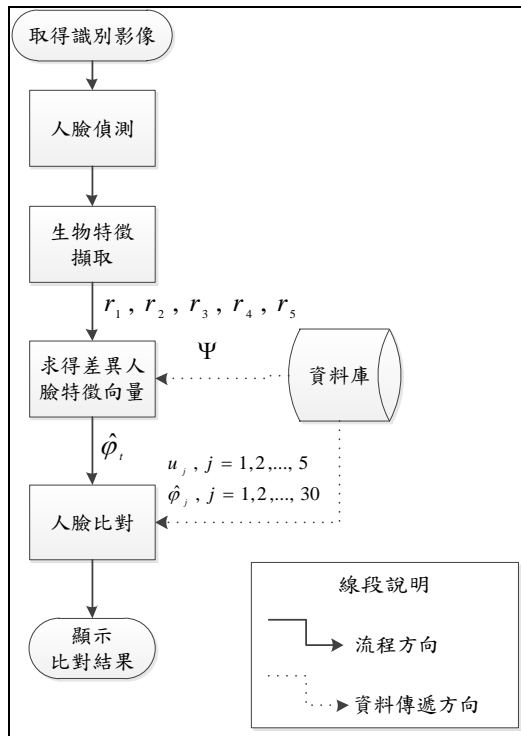


圖 6、人臉識別流程圖

底下我們將針對「人臉比對」部分做詳細的介紹。圖 7 為人臉比對的流程圖，在第一次的人臉比對(圖 7 中的人臉比對₁)中，我們以 u_1 為權重，將 $\hat{\phi}_i$ 的加權距離分別與資料庫中 $\phi_j, j=1,2,\dots,30$ 的加權距離做比對(如公式(7))，找到最接近的 ϕ_j ，因為資料庫中可能有好幾張人臉的差異特徵向量的加權距離都和 $\hat{\phi}_i$ 的加權距離很接近，這種情況代表這些人臉從以 u_1 為權重這個面向來看都很接近，很難識別，所以我們必須再將這些差異特徵向量(假設 T_1)從另一個面向來識別。當然如果只有一個差異特徵向量滿足條件(即 $|T_1|=1$)，代表以 u_1 為權重這個面向來看，只有一張人臉很接近，此人臉即為所求。

以公式(7)的方式，我們必定可以找到一個最接近的人臉，即 $|T_1|$ 必然大於 0，但在未來研究中，我們將藉由實驗來找出適當的門檻值來篩選差異過大的人臉，屆時就可以處理待辨識的人臉不存在於資料庫中人臉的情況。此時就會有 $|T_1|$ 等於 0 的情況。

當 $|T_1|$ 大於 1 時，代表以 u_1 為權重這個面向來看，有兩張以上的資料庫中的人臉和待辨識的人臉很接近，這時候我們必須用另一個面向來考慮，因此，我們改以 u_2 為權重，將 $\hat{\phi}_i$ 與 T_1 中的每一個差異特徵向量做加權距離的比對，找到最接近的差異特徵向量(如公式(9))，

類似前面的處理方式，假設最接近的差異特徵向量所形成的集合為 T_2 ，如果 $|T_2|$ 小於或等於 1 就以找到的人臉為所求，否則就必須再使用另一個面向來比對，依此類推。但因為本實驗範例只有 5 組的權重，所以，到第 5 次的加權比對後，如果還有很接近的人臉，就只能以最接近的人臉為輸出了。

因為我們所使用的權重是使用主成分分析法所得到的，越前面的權重代表越容易識別的面向，所以透過上述循序漸進的比對流程，我們很容易將最接近的人臉找出，一般來說，除非資料庫中有一張以上的人臉長相非常相似，否則應只需使用前幾個權重即可得到比對結果。

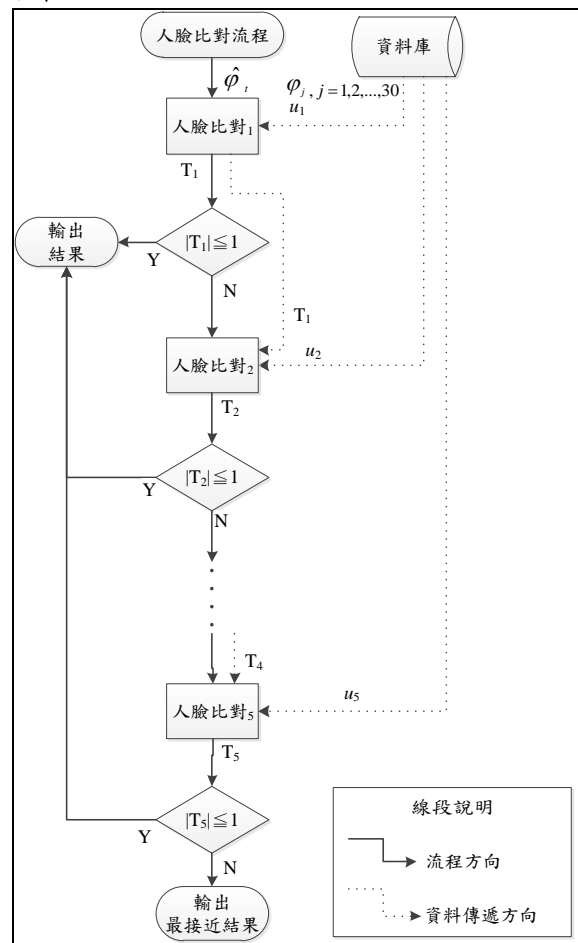


圖 7、人臉比對流程圖

5. 結論與未來研究

本研究提出了一個運用生物特徵結合主成分分析法來進行多人臉影像識別的方法架構。我們提出了 5 個較容易幫助辨識的生物特徵作為範例，利用主成分分析法找出 5 個代表不同面相的權重向量，如此就能利用這些權重向量將待辨識的人臉的特徵與資料庫人臉的特徵做加權比對，找出最接近的人臉，當最接

近的人臉有好幾個時，還能夠循序漸進的使用其他權重向量來輔助辨識，如此達到既快速又精準的目的。

在未來研究中，我們將針對我們設計的實驗流程進行實驗，並將它與其他的人臉辨識的方法做比較，以及驗證我們所提出的五種生物特徵在人臉識別系統上的識別力。我們也將繼續研究結合更多的生物特徵來適應不同情境下的人臉辨識。另外，我們也將探討部分維度的比對方式以解決某一項特徵受到遮蔽或是破損時的識別。

參考文獻

- [1] 薛傑仁，”生物辨識之人臉辨識的方法”，*私立亞洲大學生物與醫學資訊系碩士學位論文*，2010。
- [2] Chen, R. C. and Yang, K. L., “Using Floating Parameter to Achieve Adaptive Facial Feature,” *International Conference on Innovation and Management (IAM2012)*, Palau, 2012.
- [3] 陳榮昌、盧菁、劉賀平，”基於人臉座標系統的人臉識別”，*The 14th Conference on Artificial Intelligence and Applications(TAAI2009)*，朝陽科技大學，pp. 30-31，2009。
- [4] 陳榮昌、楊凱麟、陳原尉，”結合面相學與人臉特徵分析來進行面相與個性關係之研究”，*2013 第七屆資訊科技國際研討會*，朝陽科技大學，2013。
- [5] Jeng, S. H., Liao, H. Y., Liu, Y. T. and Chern, M. Y., “An Efficient Approach for Facial Feature Detection Using Geometrical Face Model,” *Proceedings of the 13th International Conference on Pattern Recognition*, No. 3, pp. 426-430, 1996.
- [6] Tai, L. and Wang, H.B., “Detecting and Locating Human Eyes in Face Images Based on Progressive Thresholding,” *IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics*, pp. 708-711, 2007.
- [7] Wang, J., Song, Z. Z., Zhao, H. L., Liu, B. and Chen, D. F., “Eye Detection Algorithm Base on Area-Blocks pairing and Multi-angle Template Matching,” *Control and Decision Conference*, pp. 661-664, 2009.
- [8] Park, J. H., Seo, J. W., An, D. G. and Chung, S.J., “Detection of Human Faces Using Skin Color And Eyes,” *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, No. 1, pp. 133-136, 2000.
- [9] 陳繼棠，”結合區域膚色分割與主要成分分析於多人臉面部辨識”，*國立台灣海洋大學機械與機電工程學系碩士學位論文*，2006。
- [10] 顏于嘉，「生物特徵與資訊隱私權 —從國家利用個人生物特徵辨識人民身分談起」，*國立台灣大學法律學碩士學位論文*，2006。
- [11] Chen, A. P., Pan, L., Tong, Y. B. and Ning, N., “Face Detection Technology Based in Skin Color Segmentation and Template Matching,” *Second International Workshop on Education Technology and Computer Science (ETCS)*, No. 2, pp. 708-711, 2010.
- [12] Berbar., M. A., Kelash, H. M., Kandeel, A. A., “Faces and Facial Features Detection in Color Images,” *Geometric Modeling and Imaging*, pp. 209-214, 2006.
- [13] Jiang, Q. R., and Li, H. L., “Robust Human Face Detection in Complicated Color Images,” *Information Management and Engineering (ICIME)*, pp. 218-221, 2010.
- [14] Aznaveh, M. M., Mirzaei, H., Roshan, E. and Saraei, M., “A New Color Based Method for Skin Detection Using RGB Vector Space,” *Human System Interactions Conference*, pp. 932-935, 2008.
- [15] Turk, M., and Pentland, A., “Eigenfaces for Recognition,” *J. Cognitive Neuroscience*, Vol. 3, No. 1, pp. 71-86, 1991.
- [16] Turk, M., and Pentland, A., “Face Recognition Using Eigenfaces,” *Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 586-591, 1991.
- [17] 蔡耀弘、陳勇緯，”可應用於面相學之及時人臉特徵擷取”，*2010 資訊科技國際研討會論文集*，pp. 175, 2010。
- [18] 吳明芳、李振興、王炳聰、詹慧珊、黃建邦，”多人臉影像視覺辨識技術”，*Journal of Kun Shan University*，No. 8，pp. 75-95，2011。
- [19] Rowley, H. A., Baluja, S., and Kanade, T., “Neural Network Based Face Detection,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 23-38, 1998.
- [20] Girado, J. I., Sandin, D. J., DeFanti T. A., Wolf, L. K., “Real-time Camera-based Face Detection using a Modified LAMSTAR Neural Network System,” *Applications of Artificial Neural Networks in Image Processing VIII*, pp. 20-24, 2003.

- [21] Matsugu, M., Mori, K., Ishii, M. and Mitari, Y., "Convolutional Spiking Neural Network Model for Robust Face detection," *Proceedings of the 9th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP)*, Vol. 2, pp. 660-664, 2002.
- [22] Wang, Y. J. and Yuan, B. Z., "Face Detection Using Evolutionary," *Signal Processing Proceedings WCCC-ICSP 5th*, No. 2, pp. 1233-1236, 2000.
- [23] Jolliffe, I.T., "Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistics," 2nd ed., Springer, NY, XXIX, 487 pp. 28, 2002. ISBN 978-0-387-95442-4
- [24] <http://home.educities.edu.tw/rebecca0924/stat/pca/index.html>
- [25] 黃一庭，"規則導向之多人臉即時偵測"，*國立東華大學資訊工程學系碩士學位論文*，2002。