

線上多臉孔偵測辨識系統

On-line Multiple-face-recognition Based System

李俊賢 國立中央大學 資訊管理學系 副教授 e-mail : jamesli@mgt.ncu.edu.tw 陳鈺涵 國立中央大學 資訊管理學系 學生 e-mail : nextu5@hotmail.com	李祁鴻 國立中央大學 資訊管理學系 學生 e-mail : cyberrico@hotmail.com 歐陽巧 國立中央大學 資訊管理學系 學生 e-mail : cheau1123@hotmail.com	陳安恬 國立中央大學 資訊管理學系 學生 e-mail : lisa12734@hotmail.com 賴靜怡 國立中央大學 資訊管理學系 學生 e-mail : snow_sharon1989@yahoo.com.tw
---	--	---

摘要

常常看到某張照片中熟悉的臉孔，想知道是誰，但又不知從何開始找起。基於此情形，本研究建立一人臉辨識系統透過動畫及網頁呈現，操作簡易具有高度互動性。結合多項軟體連結系統，以網頁呈現核心技術：人臉偵測及辨識。本研究之人臉偵測方法可在一張圖像中偵測出多人之臉孔。此部分使用影像處理技術，利用邊緣偵測、轉換色彩空間，透過缺口數及人臉比例，判斷是否為人臉。人臉辨識則使用主要成分分析 (principal component analysis, PCA) 將圖像降維，取出圖像之特徵向量 (eigenvector) 與特徵值 (eigenvalue) 建立低維特徵空間 (eigenspace)。本研究除了在人臉偵測、影像處理及辨識的技術外，更添加娛樂功能，並以資管系師生作為使用對象，建立會員制。在網頁架構上連結了資管系師生及系友，類似社群網站的功能增加本研究的實用價值。

關鍵詞：人臉辨識、人臉偵測、主要成分分析

Abstract

Sometimes we see a face familiar to us in one picture, but we just cannot remember who he/she is. Due to this embarrassing situation, an on-line multiple-face-recognition based system is developed. This system combines Adobe Flash with web pages and has friendly interaction with

users. With the on-line architecture, we combine several different software applications to facilitate the core techniques working on the web pages. The core techniques include the algorithms for both the face detection and the face recognition. Firstly, the face-detection algorithm is applied to explore human faces in a picture, and the face contours are detected and contrasted intensely with the techniques of image processing. After obtaining the range of complexion and erasing the noises, this system can automatically locate the portions of the human faces, by judging the aspect-ratio and the number of breaches for each face. Then, the face recognition algorithm is used to perform the face matching process in the pre-setup face database. Principal component analysis (PCA) is used as the method of feature extraction for face recognition, by which a lower dimensional eigenspace can be obtained with the eigenvectors and eigenvalues for each detected face image. We integrate an entertaining interface with this system. Through the internet, users can use this on-line system easily and practically.

Keyword: face recognition, face detection, PCA (principal component analysis).

1. 前言

設想若有一套系統，可以立刻擷取照片中的臉孔並找出此人的相關資料，就可以解

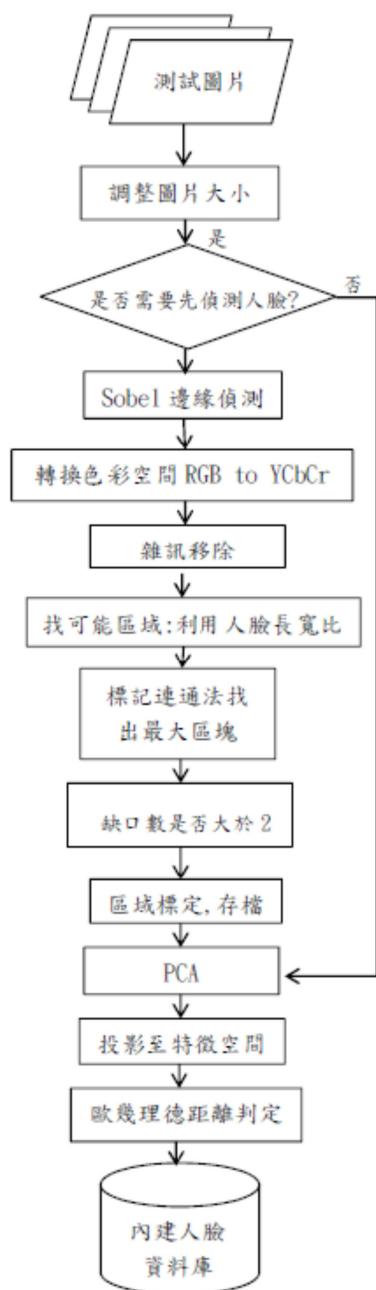


圖 1 系統流程圖

決往往看到照片中熟悉的臉孔卻沒辦法想起他是誰，光憑一張臉卻又如大海撈針般無從找起。這套系統在輸入照片後，可將擷取照片中的臉孔，並到資料庫中搜尋，找出此人的相關資料。另外，可將此系統用於資管系師生或系友間的交流，以及專題教室的門禁控管。

人臉辨識已被研究多年，早在 1981 年發展一套模擬人類做人臉辨識的電腦視覺系統。在 1991 年及 1997 年分別有兩個重要方法發表，分別是 Eigenface 以及 Fisherface。

Kirby [11] 啟發了主要成分分析 (Principal-Component Analysis, PCA) [12] 使用一組基底的線性組合來代表人臉，即 Eigenface；Fisherface 則使用線性識別分析 (Linear Discriminant Analysis, LDA)，強制將不同的人臉在投射空間中分開。本研究採用前者理論。在辨識前先使用人臉偵測降低圖片的複雜度，擷取出人臉部分，使用特徵基礎 (Feature-Based) 的偵測方式。有許多文獻提到以特徵為基礎下發展出不同的應用方式如：Birchfield [14] 利用橢圓樣板找出人臉。Graf 等人 [6] 則利用形態學運算找出特徵。甚至近來許多文獻將各種方法結合偵測人臉之用，也有很多微笑偵測[15]的研究及實際應用。本論文也將所抽出來的特徵再利用歐幾里德距離來判斷此特徵為哪一人。

本研究的概念如下：

1. 人臉偵測：在一張擁有一到多人的照片中，可有效的擷取其人臉部分，減少圖片處理量也提升辨識效果。

2. 使用 PCA 做人臉特徵辨識：PCA 產生的特徵向量 (Eigenvector) 和特徵值 (Eigenvalue) 後，將臉部影像投影至特徵空間 (Eigenspace)，因此可將輸入資料拉開，並降低資料維度。最後使用歐幾里得距離判斷特徵所擷取出的特徵和資料庫的哪一個人臉最接近。

3. 將辨識結果連結資料庫並加以應用：製作網頁將系統程式與 Flash 動畫連結，並建立資管系師生資料庫。另外為了增加娛樂性，額外提供超級明星臉的功能，可在資料庫中比對與使用者人臉相近的明星。並且於網站建立會員制度，屬於該網站的成員將可以更新個人頁面上的資料。

由於人臉辨識需要較複雜的技術及演算法，因此，本研究選擇運算函數多元的 Matlab 作為開發工具，大幅降低程式實作時間。本研究共五個章節，各章節內容簡述如下：第一章為說明研究動機與背景、研究目的及架構。第二章為系統架構。第三章為系統的環境設定及介紹主要功能、系統介面…等。第四章為實驗與分析結果。最後為總結，除了提出成果及優勢，更提出可持續研究之處。

2. 系統架構

本研究架構如圖 1，可分為兩階段，分別

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

Gx

圖 2：x 方向遮罩

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

Gy

圖 3：y 方向遮罩

0.5	0.3	0.5
0	0	0
-0.5	-0.3	-0.5

Gx

圖 4：調整遮罩內容

-0.5	0	0.5
-0.3	0	0.3
-0.5	0	0.5

Gy

為人臉偵測與人臉辨識。使用者進入網路頁面將想辨識的圖片上傳至系統，調整圖片大小後，進行人臉偵測階段，此為研究的第一階段。偵測階段首先針對圖片做圖形邊緣偵測以加深輪廓線，再轉換至 YCbCr 空間。YCbCr 色彩空間，因其對亮度分離性高之特性，常被用在影像連續處理。再依比例找尋可能為人臉的部分，接續利用侵蝕膨脹技術移除雜訊。到目前為止，已知可能為人臉的區域，但一張圖片可能包含多個人臉或是非臉部的區域，因此必須透過缺口數進行篩選。若使用者上傳的是單純的背景且圖片幾乎為臉部的照片，如大頭照、證件照等，則可跳過第一階段直接進行下一步驟。第二階段為人臉辨識階段，此階段利用人臉偵測的結果，將取出的人臉部位透過 PCA 投影至特徵空間，得到測試圖片的特徵值，最後再利用歐幾里得距離進行判斷測試圖片為資料庫的哪一個人。

2.1 人臉偵測

在進行人臉辨識之前，首要步驟為對影像做人臉偵測，以降低背景的複雜度及不必要的影像處理，取出正確的人臉區塊。如何從複雜的背景中，萃取出人臉影像已有相當多的研究發表。在本研究中，使用特徵基礎 (Feature-Based) 方法，依照人臉的特徵來偵測臉部。有關人臉的特徵包括：膚色、邊緣偵測、人臉對稱性、人臉形狀比例、人臉特徵



圖 5：邊緣偵測後五官更為明顯

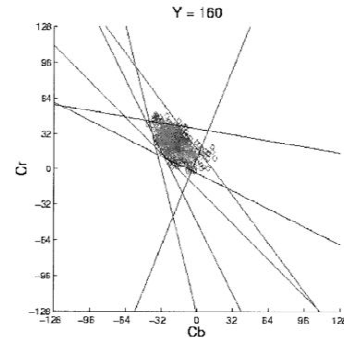


圖 6：膚色在 YCbCr 色彩空間之 2D 分布圖，取自文獻[6]

位置分布及人臉模板 (Face Template) 等方法。通常會利用一個以上的方法來做臉部偵測，其中以膚色的方法來偵測人臉，常會因背景的干擾，因此需要與其他特徵合併使用，以達到較好的效果。

本研究以膚色範圍為偵測重點，由於膚色範圍的重疊有可能造成偵測錯誤，若兩張臉距離很近，甚至重疊，就有可能區分不開，因此必須加上邊緣偵測 [13]，本研究採用 Sobel 邊緣偵測，其流程如下：將邊緣偵測結果疊加進原圖中，再進行偵測，即可以將不同的兩個臉部區域分開。其原理為將圖片顏色梯度變化最大的地方顯現出來，步驟如下。

1. 對圖片做水平以及垂直方向向量梯度的遮罩，如圖 2、圖 3。
2. 運算後取絕對值相加。

$$|Gm| = |Gx| + |Gy| \quad (1)$$

3. 利用邊緣偵測取得影像的輪廓線與原影像疊加，如圖 5。

4. 改良：調整遮罩內容，如圖 4，調整輪廓線粗細，避免線條過粗，使膚色範圍變小，導致效果不佳。圖 5 為邊緣偵測的過程。

人臉膚色常被視為人臉偵測的主要特徵之一，目前在視訊圖片上大多由光的三原色—RGB 色彩空間所組成，但由於 RGB 色彩空間極易受光線影響，因此在膚



圖 7：原圖



圖 8：膚色偵測

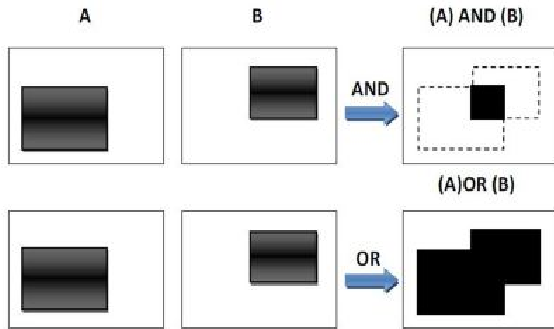


圖 9：膨脹侵蝕

空間 (YCbCr、YUV、HSV 等)，再進一步判斷是否為膚色。本研究以 YCbCr 色彩空間來進行膚色分割。YCbCr 色彩空間主要成份為亮度 luminance (Y) 與彩度 blueness (Cb)、redness (Cr) 元素。YCbCr 對亮度的分離性高，比起 RGB 更適合於影像處理的使用。

再來是膚色切割的部分，Christophe 與 Georgiosy 在文獻 [5] 中針對 YCbCr 空間對膚色分割有詳盡之探討。他們提出 YCbCr 色彩空間轉換公式(2.1)及膚色判斷公式(2.2)。膚色成份在 YCbCr 色彩空間中的分布分別如圖 6 所示。從文獻中可得知膚色分布區域在 Y 值大於或小於 128 時有顯著之不同，因此以 Y 值等於 128 為界，分別作不同的判斷處理。其中公式(2.2)為根據圖 6 中包含膚色區域邊界之判斷公式。圖 7、圖 8 為膚色區域分割測試。

膚色偵測時會偵測出類似膚色的雜訊點，本研究使用影像形態學 (Morphology) 中，侵蝕 (Erosion) 與膨脹 (Dilation) 兩種基本運算元來減低圖像中的雜訊，使圖像趨於平滑。侵蝕與膨脹原理是利用一個結構元素 (Structuring Element) 與圖形作邏輯運算，例如 AND、OR 等，如圖 9 表示。

m1	m2	m3
m4	m	m5
m6	m7	m8

圖 10：3×3 遮罩 M



圖 11：膨脹侵蝕前



圖 12：膨脹侵蝕後

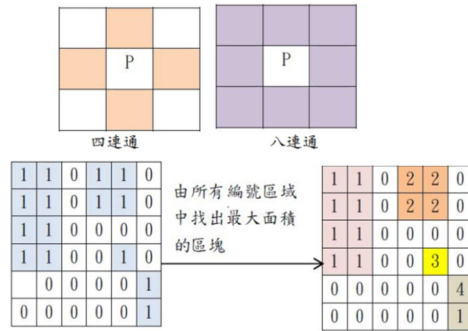


圖 13：連通管標記

$$Y = 0.299 \times R + 0.5866 \times G + 0.1145 \times B \quad (2.1)$$

$$Cb = 0.5647 \times (B - Y)$$

$$Cr = 0.7132 \times (R - Y)$$

$$\text{if } (Y > 128) \quad (2.2)$$

$$\theta_1 = -2 + \frac{256-Y}{16}$$

$$\theta_2 = 20 - \frac{256-Y}{16}$$

$$\theta_3 = 6$$

$$\theta_4 = -8$$

$$\text{if } (Y \leq 128)$$

$$\theta_1 = 6$$

$$\theta_2 = 12$$

$$\theta_3 = 2 + \frac{Y}{32}$$

$$\theta_4 = -16 + \frac{Y}{16}$$

$$Cr \geq -2(Cb + 24)$$

$$Cr \geq -(Cb + 17)$$

$$Cr \geq -4(Cb + 32)$$

$$Cr \geq 2.5(Cb + \theta_1)$$

$$Cr \geq \theta_3$$

$$Cr \geq 0.5(\theta_4 - Cb)$$

$$Cr \leq \frac{220-Cb}{6}$$

$$Cr \leq \frac{4}{3}(\theta_2 - Cb)$$



圖 14：缺口數

侵蝕 (Erosion) 是處理 AND 邏輯運算，若以二值化影像 A 和遮罩 M 為例，如圖 10，M 依序由左而右，由上而下對 A 做侵蝕，若遮罩結構元素 M 在二值化影像為 1，再判斷影像 A 在遮罩鄰域範圍 (m1-m8) 內有任何二值化的值為 0 時，則將影像 A 之遮罩內中心點設定為 0，判斷公式如下：

$$m = m1 \cap m2 \cap m3 \cap \dots m7 \cap m8 \quad (3)$$

膨脹 (Dilation) 則做 OR 邏輯運算，其遮罩結構元素 M 在二值化影像為 1，M 依序由左而右，由上而下對 A 做膨脹，如圖 10，再判斷若影像 A 在遮罩鄰域範圍 (m1-m8) 內有任何二值化的值為 1 時，則將影像 A 之遮罩內中心點設定為 1，判斷公式如下：

$$m = m1 \cup m2 \cup m3 \cup \dots m7 \cup m8 \quad (4)$$

圖 11 為膨脹侵蝕前的膚色範圍，其中包含類似膚色的雜訊點；圖 12 則為做完膨脹侵蝕後的圖形，可看到雜訊已被移除。

經過膨脹侵蝕後的影像，可得到許多的膚色區塊，本研究使用「連通標記法」(Connected Component) 將影像中不同的膚色區塊作分類，以便獲得這些區塊之資訊，進而判斷是否為人臉。連通標記法是指在影像二值化後的內容只有 0 和 1，代表圖像內不同元件集合，利用這些資訊來判斷哪些是相同的元素，將之找出並給予標籤以便分類。連通標記法有四連通 (4-connected component) 與八連通 (8-connected component) 兩種，本研究中以八連通來實作，如圖 13。

接著判斷缺口數，臉部區塊會有非膚色的範圍，例如眼睛、眉毛、嘴巴等區域，因此在偵測時，臉部的區塊必定會有 3 個以上的非膚色區塊。若小於 3 個，則可視為其他非人臉區域，像背景或手、腿等，如圖 14。

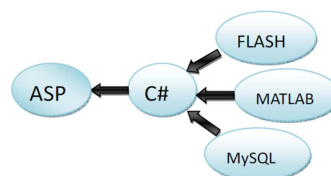


圖 15:系統使用軟體之連接



圖 16: 系統主要介面

2.2 人臉辨識

通常一張圖像，若沒有事先降低維度，其處理和運算所需花費的時間會較多，因此本研究使用 PCA，透過較少維度的特徵完整表達不同人臉影像之間的差距，並取得最具代表性的特徵。接著利用支援向量機 (Support Vector Machine, SVM) 將經過 PCA 降維後取出的特徵拿來訓練與辨識。光線和視角仍是人臉辨識目前的難題，雖然有相當多的研究是針對這兩個項目，但並沒有完全解決。現今趨勢則利用動態影像來得到更高的精確度，3D 的人臉模型使不同光線、不同人臉表情的限制得以改善，在近幾年也受到相當的重視。以下為人臉辨識的流程—建立特徵空間步驟。

Step 1：求平均值，如式(5)。

$$m = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x^i, x^i = [x_1^i, \dots, x_N^i]^T \quad (5)$$

其中 k 為訓練樣本個數，N 為樣本維度。

Step 2：零均值 (Zero Mean)，如式(6)。

$$\overline{x^i} = x^i - m, i = 1 \dots k \quad (6)$$

其中 $\overline{x^i}$ 為訓練樣本減平均值後的變數。

Step 3：計算 Covariance Matrix。

$$c = \sum_{i=1}^k \overline{x^i} \overline{x^i}^T \quad (7)$$

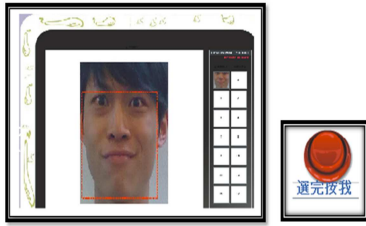


圖 17：人臉偵測主要介面



圖 18：顯示資料



圖 19：超級明星臉



圖 20：會員制其他網頁功能

Step 4：由 Covariance Matrix 計算特徵值與特徵向量。

$$C\phi_i = \lambda\phi_i \quad (8)$$

其中 ϕ 為特徵向量， λ 為特徵值。

Step 5：計算特徵空間。

將特徵值由大到小做排序，依所對應的特徵向量組合成特徵空間。

被選取的特徵向量為特徵值是非零者。

$$\phi = [\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_k] \quad (9)$$

其中 $\lambda_i = \phi_i C \phi_i \neq 0$ 且 $\lambda_i > \lambda_{i+1}$ ， $i = 1, 2, \dots, k$ 。

Step 6：將訓練樣本投影到特徵空間。

$$\bar{y}^i = \phi^T \bar{x}^i \quad (10)$$

其中 $\bar{y}^i$ 為圖片投影之特徵空間。

Step 7：將測試樣本投影到特徵空間。

當有要辨識測試樣本時，將其樣本減掉訓練樣本的平均值，再投影到特徵空間，與訓練樣本做比對，如式(11)、式(12)。

$$x^{test} = x^{test} - m \quad (11)$$

$$\bar{y}^{test} = \phi^T \bar{x}^{test} \quad (12)$$

3. 系統介紹

此系統架設於網頁上透過 Flash 呈現，主要系統環境為 Windows 之作業系統，皆使用個人電腦做開發。瀏覽器環境測試則使用 Internet

Explorer 及 Firefox，需安裝 Adobe Flash 套件才能支援網頁中的動畫。

3.1 連結方法

如圖 15 所式，本系統使用的軟體分別為 Matlab、C#、ASP、Flash 及 MySQL。Matlab 為 R2007 版本，ASP 為 Microsoft Visual Web Developer 2008 Express Edition，Flash 為 CS4 Professional 版本並使用 Action Script 2、Action Script 3 撰寫。

Flash 部分用來建立美觀的使用介面，吸引使用者並使用。Matlab 如前一章節所述，用來計算繁雜的圖片比對數據，如：矩陣、向量。MySQL 部分建立基本資料庫，包括會員個人基本資料、圖片資料庫的連結。所有軟體運用 C# 語言使之合而為一，再利用 ASP.NET 提供平台讓 C# 程式碼結合網頁使用。以下分點說明 Flash、Matlab、MySQL 如何與 C# 作結合。

Flash 及 C# 結合方式：先將 Flash 檔嵌入至 ASP.NET 的 C# 檔中，利用 Action Script 與 Javascript 程式語言做為兩方的橋梁，Flash 可以利用 Actionsript 呼叫 Javascript 傳遞信息、資料給 C#，反之亦然。

Matlab 及 C# 結合方式：先將 Matlab 的 *.m 文件透過 Matlab 中的指令—deploytool 轉成 *.dll 文件，之後在 ASP.NET(C#) 中加入參考值(Add Reference)，選擇該 *.dll 文件，則 C# 可直接使用 MATLAB 運算數據。

MySQL 及 C# 結合方式：建立好 MySQL



圖 21：資料庫圖片



圖 22：日常圖片

的資料，然後在 MySQL 官方網站下載 Connector，之後在 ASP.NET(C#)加入參考 (Add Reference)，選擇 MySql.Data.dll 檔，再搭配 C#程式碼，即可讀取 MySQL 中的資料。

3.2 系統功能介紹

圖 16 為主要的網頁動畫介面，透過下方的按鈕可進行上傳、偵測、辨識等動作，使用者也可透過動畫式介面來增加互動性。上傳的圖片以正面清晰的大頭照為佳。若系統偵測出有多個臉孔，如圖 17 所示，使用者則需選擇想要偵測的臉孔進行辨識。最後為顯示尋找對象之基本資料，如圖 18。

娛樂功能有超級明星臉，本系統建立了上百位國內外男女明星的資料庫。如圖 19，使用者可先選擇自己的性別再開始遊戲。其他還有會員制的功能，如圖 20，會員登入後可編輯個人頁面，包括個人資料及目前參與活動及社團。也可選擇直接進入瀏覽頁面透過下拉式選單選擇要尋找的班級或對象。

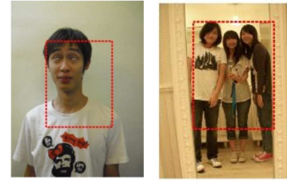


圖 23：受光線影響之圖片



圖 24：含有戴眼鏡人臉之圖片



圖 25：偵測到類膚色之圖片

4. 實驗結果與分析

本章節為實驗結果，主要為成果呈現及分析。前面章節介紹了本研究的理論與方法，並介紹了整個系統的架構流程，再將人臉偵測、人臉辨識的步驟依序敘述後，利用上述的方法成功擷取並辨識人臉，也達到不錯的成效。

4.1 人臉偵測

在光線情形良好並清晰的條件下，大部分的圖片在經過人臉偵測後，都可正確偵測到人臉區塊，如圖 21、圖 22，經過測試，其準確率達 76.72%。然而膚色偵測會受到光線的影響，在燈光偏黃的情況下，會偵測到受黃光所影響的區域，造成錯誤偵測。如圖 23，便受到光線影響而造成錯誤。另外，在偵測時，有時會受到某些物體的影響而造成錯誤，如眼鏡、類膚色區域等。眼鏡會使臉部被分割為兩個區域，也就是額頭和眼睛以下，此時會造成只偵測到眼睛以下較大膚色區域的錯誤。在某些類膚色的區塊，也會造成相同的情形。在戴眼鏡的情況下，如圖 24，臉部區塊會因為顏色不是膚色而被分



圖 26：自製人臉資料庫

割。圖 25 中則因偵測到類似膚色的範圍造成錯誤。

4.2 人臉辨識

本研究使用自製人臉資料庫，如圖 26，共 30 人 150 張，透過擷取出來的人臉，經過 PCA 降維處理，再透過歐幾里得距離判斷。150 張圖片中，訓練資料有 120 張，另外 30 張則為測試資料。實驗結果準確率高達 90%。若使用日常生活照來做測試，準確率則會降低，因會受光影、色溫、拍攝者角度及臉部表情影響。若將生活照也放進訓練資料庫當中，則可提高生活照的辨識效果，可改善光影變化的影響，如圖 27，整體辨識率可達 78%。

5. 討論分析與未來展望

本系統為一互動式人臉辨識系統，與一般辨識系統不同點在於繽紛且友善的介面，並且加入明星臉的遊戲結合娛樂性質。最大相異之處是利用網站和系統做媒合，形成類似社群網站的功能，可以使師生間、系友間聯絡情感之用。但缺點在於 Matlab 程式在執行階段速度較慢，放到網頁上處理一張相片也需要幾分鐘的時間，處理程序稍嫌緩慢。也因為資料庫裡的會員資料是資管系師生，若裡面沒該使用者的資料就代表使用者不是資管系的成員。若是系友或是新進來的成員想要加入進系統就要從管理者端核驗並且手動輸入，是此系統限制之一。



圖 27：加入生活照可提高辨識率，左為測試圖片，右為資料庫圖片

人臉辨識在社群網站，如 Facebook、Twitter，被廣為使用，希望透過本研究之核心技术，包含：邊緣偵測、色彩空間轉換、膨脹與侵蝕原理、PCA，達到即時偵測，完成人臉辨識的目的，可讓使用者從一張包含多個人的生活照中，辨認出想尋找的人，以及提供該人的相關資料給使用者。另外亦可應用在門禁控管上，加強人員安全。並且可以聯絡資管系師生的情感甚至未來可以做到連畢業的系友都加入進來，增加相簿和圖片連結，形成社群網站的功能。甚至在未來加入如維基百科共同編輯、修正的功能來改善照片中偵測不準或辨識錯誤的情形，能有效提升正確率。在娛樂方面也可以增加更多有趣的功能，拓展網站的實用性。同時也達到創新，不同於一般辨識系統的功能。

本研究之人臉偵測以膚色為偵測的主要特徵，在人臉辨識部分發現，若在本研究之訓練資料庫中，放入同一個人同一場景之照片，其辨識效果較佳，人臉偵測成功率可達 76.72%，人臉辨識成功率可高達 90%。若另外加入該人的生活照，增加變動的環境因素，例如光源、色溫、拍攝角度、臉部表情等，辨識成功率可達 78%。

由於影像辨識易受外界環境所干擾，例如：光源、角度、衣著、臉部表情、照片色調、照片清晰度、拍攝角度等，加上所需處理的資料量大，訓練和辨識需要的時間較長，因此如何排除這些外在因素，又能以最短的時間達到辨識的效果，即是人臉辨識的一大挑戰，更是本研究未來努力的目標。

參考文獻

- [1] 李建興，林應璞，游凱倫，即時人臉偵測

- 與辨識, *技術學刊*, 第二十四卷, 第二期, pp. 131-141, 2009。
- [2] 楊煒達, *簡易方法之少量人臉辨識系統*, 國立中央大學, 碩士論文, 2007。
- [3] 張家豪, *以AAM與PCA為基礎之眼鏡特徵弱化方法於人臉辨識之改進*, 國立中央大學, 碩士論文, 2008。
- [4] 鄭凱方, *人臉可辨識度計算用於監控系統中人臉正面最佳影像判定*, 國立中央大學, 碩士論文, 2005。
- [5] C. Garcia, G. Tziritas, Face detection using quantized skin color regions merging and wavelet packet analysis, *IEEE Transactions on Multimedia*, vol.1, pp. 264 – 277, 1999.
- [6] H. P. Graft, T. Chen, E. Petajan, E. Cosatto, Locating faces and facial parts, *Proceeding of International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition*, Zurich, Switzerland, pp. 41-46, 1995.
- [7] H. Wu, Q. Chen, M. Yachida, Face detection from color images using a fuzzy pattern matching method, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.21, pp. 557-563, 1999.
- [8] J. Yang, D. Zhang, A. F. Frangi, J. J. Y Yang, Two-dimensional PCA: a new approach to appearance-based face representation and recognition, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.26, pp. 131-137, 2004.
- [9] L. I. Smith, *A tutorial on principal components analysis*, Cornell University, 2002.
- [10] M. A. Turk, A. P. Pentland, Face recognition using eigenfaces, *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Hawaii, USA 1991, pp. 586-591.
- [11] M. Kirby, L. Sirovich, Application of the Karhunen-Loeve procedure for the characterization of human faces, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.12, pp. 103-108, 1990.
- [12] M. Safari, M. T. Harandi, B. N. Araabi, A SVM-based method for face recognition using a wavelet PCA representation of faces, *International Conference on Image Processing*, Singapore, pp. 853-856, 2004.
- [13] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital image processing*, 2nded., Addison-Wesley, 1992.
- [14] S. Birchfield, An elliptical head tracker, *Conference Record of the Asilomar Conference on Signals, System & Computers*, California, USA, pp. 1710-1714, 1999.
- [15] Yu-Hao Huang, *Face Detection and Smile Detection*, National Taiwan University, Thesis for Master, 2009.