

多角度臉部辨識

Recognition of Multi-Orientation Faces

林建良、陳俊仁

Chien-Liang Lin, Chun-Jen Chen

在所有臉部辨識與臉部偵測的研究中，提升辨識正確率與增快辨識速度是共同的研究目標。為了達到此目標，輸入影像與前處理步驟就顯得非常的重要，好的輸入影像與前處理可大大地提升後續辨識的準確率。在本文中利用臉部特徵來判斷臉部旋轉角度，再利用此計算出該角度臉部的模樣，以供辨識系統做判斷。藉由膚色區域切割與橢圓偵測，即可找出臉部位置，再依據擷取的臉部影像，利用特徵垂直的集中性，判斷人臉轉動角度及方向。而模擬計算方法為取得臉部各特徵點之數值，再利用內插法，計算出三維的虛擬臉部模型。完成上述方法的旋轉偵測，再配合虛擬資料庫的比對，即可以有限的判別資訊達到最好的判別率與最大的判別角度。

In all face recognition and face detection research, to enhance recognition accuracy with the increased speed is a rapid identification of common research goals. In order to achieve this goal, entering the image and pre-processing steps are very important. A good input image quality and pre-processing can greatly enhance the follow-up identification accuracy. In this paper, facial features are used to determine the rotation angle of the face. And using this angle to calculate the angle of the face is in order to make judgments for the recognition system. Face location can be identified with color region cuttings and oval face detections. Captured facial images, based on the use of features of vertical concentration, determine the angle and direction of rotation face. The simulation calculation method is developed for obtaining the face value of each feature point, and calculating three-dimensional model of a virtual face by volume spline interpolation. After detecting the rotation and adding the virtual database, we can achieve the best classification rate and maximum angle in the limited information.

一、前言

在臉部辨識與臉部偵測的研究中，近十幾年來許多研究人員投入相當的時間與心力，而相關技術不斷的突破與經驗的累積，此方面的研究已逐漸成熟。過去人臉偵測方法不外乎擷取臉部特徵來做比對^(1, 2)，或是在影像中加上膚色判斷，以縮減搜尋範圍^(3, 4)，還有許多研究是利用大量的人臉樣本去

訓練，以確認輸入影像中是否有人臉的存在。而近年來還有許多著名的方法，如 PCA (principle component analysis)⁽⁵⁾ 以及 LDA (linear discriminant analysis)⁽⁶⁾。但這些方法需要大量的訓練樣本，包含每個人各種角度的訓練樣本，因此用來辨識大量的人物時，需要的樣本數將相當地驚人。

在本文的人臉偵測系統中，首先利用膚色搜尋出人臉可能存在區域，再依橢圓樣板演算法搜尋出

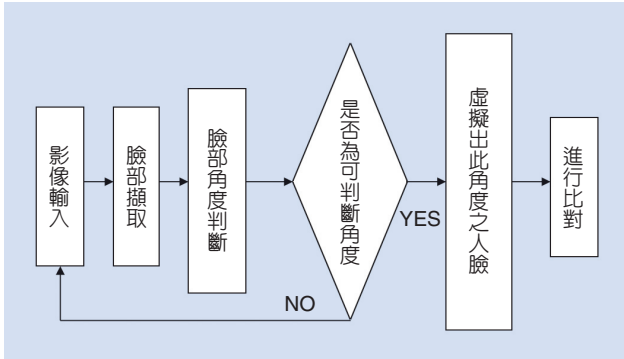


圖 1. 系統流程圖。

人臉的影像，並取得人臉上各個特徵點資訊，進而模擬出三維的人臉。由電腦計算虛擬人臉後，擷取各角度的人臉圖像，做為判斷人臉的虛擬資料庫，最後以 PCA 判別偵測到的影像是否為資料庫人臉影像，系統流程圖如圖 1。

本文所開發的虛擬人臉系統可提供多角度的辨識，只需一張正面的人臉，便可虛擬出不同角度的人臉，此識別系統主要包含人臉偵測、人臉虛擬及人臉辨識三部分。

二、人臉偵測

由於彩色影像比灰階影像所能提供影像處理做特徵萃取與區域分割更為豐富，加上電腦的運算速度及儲存容量技術不斷進步，近年來研究人臉偵測幾乎都使用彩色影像做為研究題材。

1. 人臉偵測流程

在人臉選取的程序中，首先偵測出輸入影像中所有膚色區塊，再設定門檻值過濾掉膚色較小的區塊，讓其他部位膚色區塊面積較大的留下，用此特徵搜尋出影像中人臉可能的位置，並取出人臉的區塊影像。因為取出的臉部影像將用於人臉辨識系統，所以必須準確地定位臉部的影像。將所取到的臉部影像再進行橢圓偵測，以增加偵測的正確率，例如圖 2 所示為人臉偵測流程圖。

(1) 膚色判斷方程

在膚色區域的判斷方面，採用 YC_bC_r 色彩空

間作為膚色區域的判斷，其原因為 YC_bC_r 色彩空間對於光線變化的反應比 HSV 色彩空間不敏感，且對於不同人的膚色也有較佳的收斂性。

Christophe 與 Georgios 提出另一種 YC_bC_r 色彩空間轉換公式及膚色判斷公式⁽⁷⁾。首先，將 R、G、B 轉為 Y、 C_b 、 C_r ，再依膚色判斷公式擷取出膚色，研究即是採用此種膚色判斷模式，其中 R、G、B 為原始三原色，Y、 C_b 、 C_r 為轉換後色彩空間三原色。圖 3 為膚色區域分割測試之例。

(2) 橢圓追蹤與人臉角度判斷演算法

在人臉偵測方法中，不外乎使用臉部特徵來做比對，而偵測橢圓即為特徵搜尋方法之一，人的頭部經由攝影機取像投影到二維的影像平面之影像可近似成橢圓的形狀，橢圓是由它的中心位置與長短軸長度來決定它的位置與形狀大小，因此即可用此橢圓的模型描述物件。

當臉部在攝影機前面移動時，物體投影在影像中的大小，會根據物體本身的尺寸與物體和攝影機之間的相對距離而改變，而為了要追蹤物體影像的大小變化，在演算法中必須即時更新橢圓樣板的大小與位置，因此橢圓追蹤演算法屬於樣板匹配 (template matching) 的方法。橢圓追蹤演算法，主要在於檢測橢圓樣板邊界上灰階梯度的分布值是否超過所設定之閾值，也就是影像中最像橢圓的地方。圖 4 為單人影像搜尋結果。

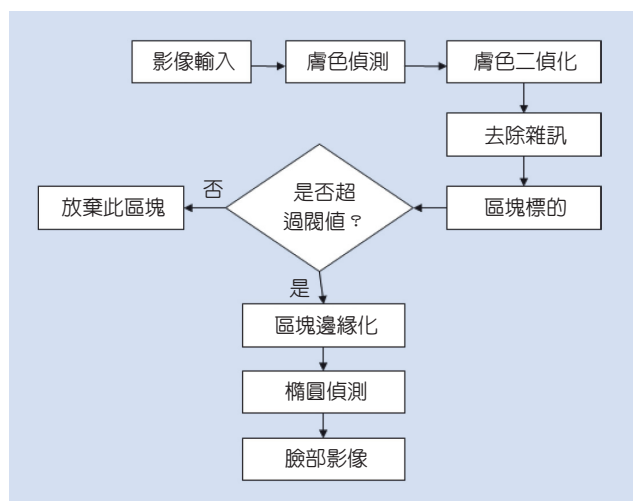


圖 2. 人臉區域判斷流程圖。

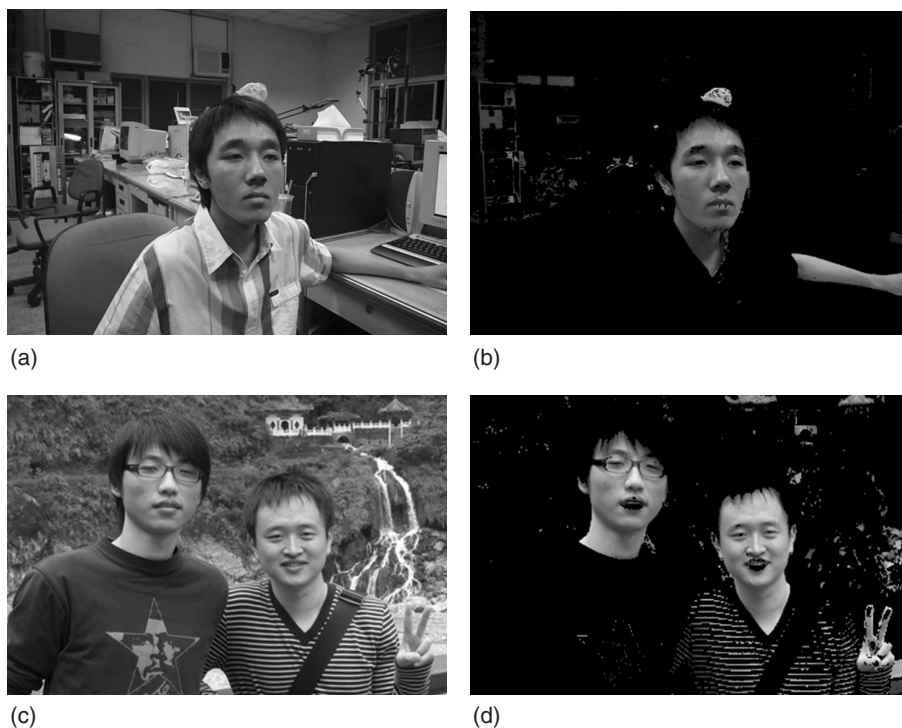


圖 3.
膚色區域分割圖。

搜尋到臉部之後，再利用特徵的累計來分析判斷人臉轉動的角度與方向⁽⁸⁾。因為臉部器官在水平方向有著明顯分布的特性，因此利用 Sobel 做水平方向的偵測，若對垂直方向做累計，其轉動變化會更加明顯。另外，直方圖的分布會隨著人臉垂直轉動的方向做變化，而特徵所集中的位置會與人臉垂直轉動的方向大致相同，所以直方圖集中的位置，

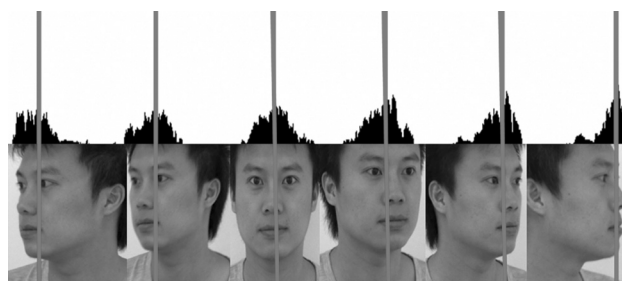


圖 5. 各角度旋轉示意圖。

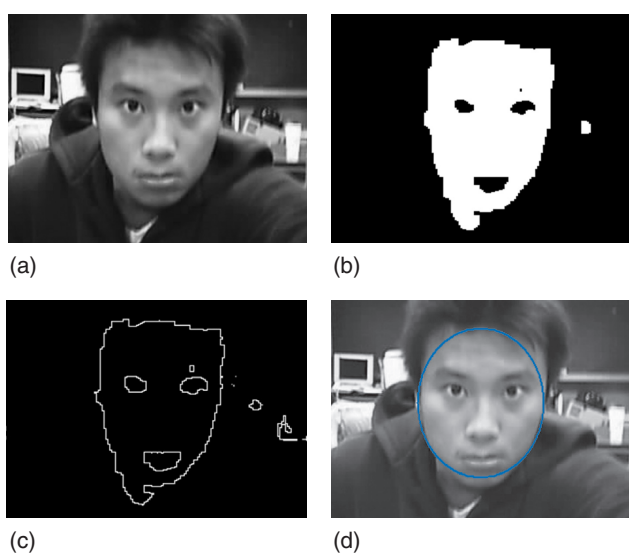


圖 4. 單人影像搜尋。

即可表現出人臉垂直所旋轉的角度，如圖 5 所示。

在擷取人臉時，頭部可能因為垂直旋轉而有差異，如圖 6 所示，但除了垂直旋轉之外，還可能有水平旋轉上的差異，此時要如何得知角度進而校正成垂直的模樣，本文利用一種稱為放射狀樣板 (radial template)⁽⁹⁾ 來判斷人臉正面旋轉的角度，以鼻子為中心到眉毛外側的距離為半徑畫出一圓，分成十六等份，再計算出此區域的灰階值，以直方圖來表示，其分布狀況即可判斷出臉部旋轉之角度。

2. 臉部特徵點之分析

由上述流程可知道臉部的位置，此時再對臉部做 Sobel 並水平累計，在眉毛眼睛及嘴巴的位置，

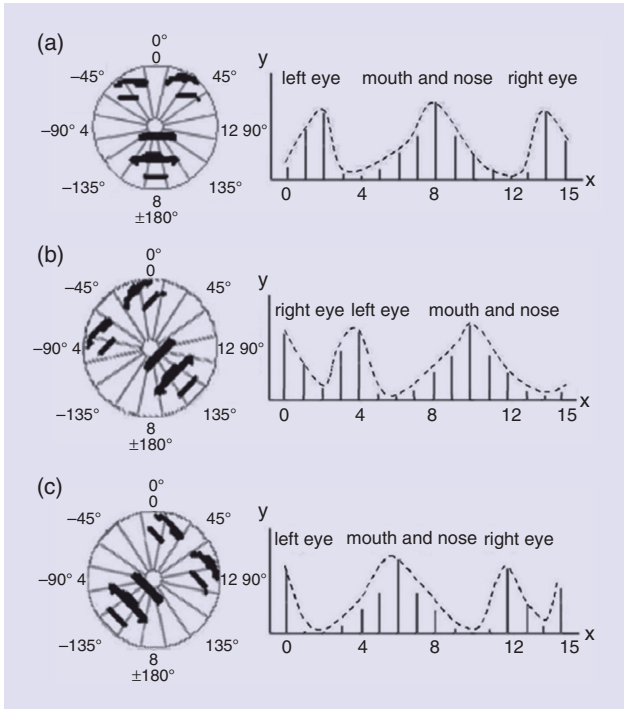


圖 6. 直方圖。(a) 零度時直方圖分布圖，(b) 正 45 度時直方圖分布圖，(c) 負 45 度時直方圖分布圖。

水平累計均會形成相對的最高峰。再將人臉分成上下兩部分，如圖 7 所示，分別搜尋最高點的位置，即可快速地判斷出眼睛及嘴巴的高度，而兩眼的水平位置也可利用相同原理判斷出其水平位置，如圖 8 所示。

三、人臉虛擬

隨著科技不斷發展，近年來虛擬仿真的技術已經變得非常成熟，不管在電影特效、軍事用途、醫療診斷或犯罪現場的重建均有極佳的效果。儘管現今技術已有明顯地突破，但還是不盡如人意，因為通常需要昂貴的機器設備 (如雷射掃描) 與龐大的數據，要如何不需昂貴的設備而能使虛擬的物體有真實感，這就是今日許多學者關注的焦點。

1. 人臉虛擬流程

人臉虛擬在本研究中是相當重要的流程之一，為了在有限的影像資訊下達到最好辨識率與最大的判斷角度，除了良好的影像前處理外，後端的辨識

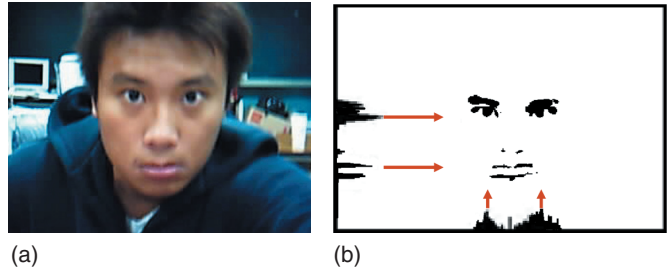


圖 7. 臉部二質化圖。

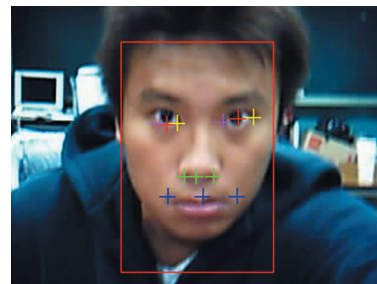


圖 8. 特徵點定位圖。

資料庫也十分重要。而本文用來辨識的資料庫就是依靠虛擬計算而產生的，利用正面人臉去計算出不同角度的人臉圖像以供辨識。

虛擬方法利用臉部的特徵點與灰階值的高低去做三維模型的內插與變形，使得模型適合虛擬者的臉型，再配合紋理對應，讓計算出的人臉更加栩栩如生，人臉虛擬流程如圖 9 所示。

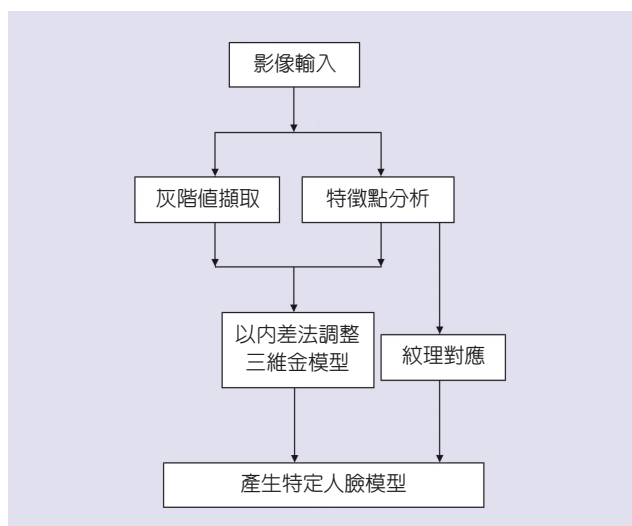


圖 9. 人臉虛擬流程圖。

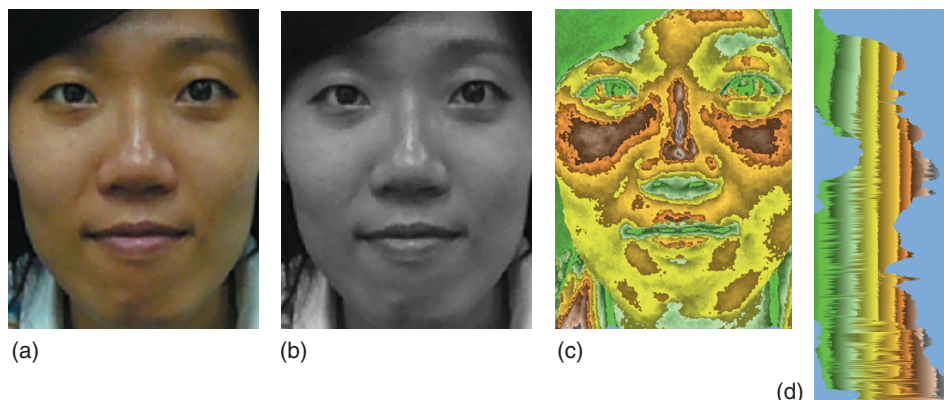


圖 10. 灰階值三維分布圖。

2. 體積曲規線內差法

每張人臉雖不同且相當複雜，但共通性卻非常高，故可利用人臉平均的長、寬、深淺做為標準⁽¹⁰⁾，建造出一個通用的人臉模型，再利用灰階值來做微調，即可製做出符合每個人的三維模型。

依照國人平均臉型的尺寸做好通用三維模型之後，將系統微調模型，以找到符合臉部特徵點與臉形輪廓的大小。而微調的方法為體積曲規線 (volume spline) 的內差技巧⁽¹¹⁻¹³⁾，將模型上的特徵點調整至與先前辨識出的正面臉部的特徵點相吻合，此時模型正面影像即完成調整 x 、 y 值的動作。由於只有正面資訊，在缺乏模型 z 軸的情況下，所以利用膚色灰階值的不同來估算臉部輪廓的深度，即完成調整模型的動作。圖 10 為利用 OpenGL 呈現出灰階值三維的模樣。

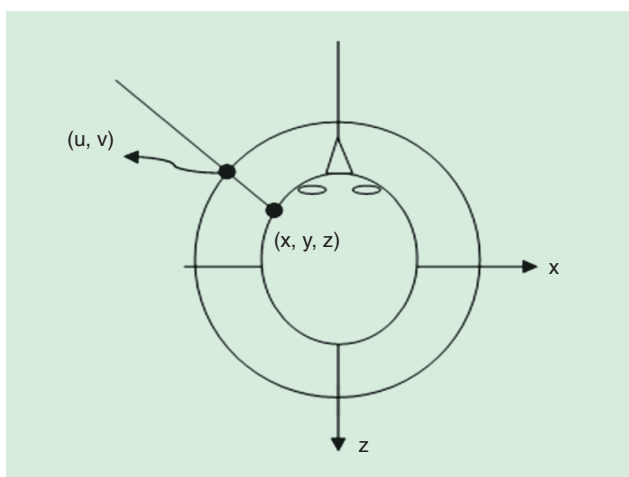


圖 11. 紋理投影示意圖。

3. 紋理對應

為了要使一個虛擬的模型看起來更接近真實的物體，模型表面的紋理貼圖就顯得相當重要。紋理對映是將立體模型表面上的點 (x, y, z) 投影到二維平面 (u, v) 上，使其變為二維資訊，再與紋理去做點對點的對稱，進而產生近似真實人臉的三維臉部模型，其對應關係如下：

$$u = \tan^{-1}(z/x)$$

$$v = y$$

知道模型紋理座標後，再將偵測到人臉特徵點的座標對應上模型紋理座標⁽⁹⁾，結果如圖 12 所示。

四、人臉驗證

主分量分析 (principal component analysis, PCA) 是一種統計上的技術，首先在 1901 年被提出，再

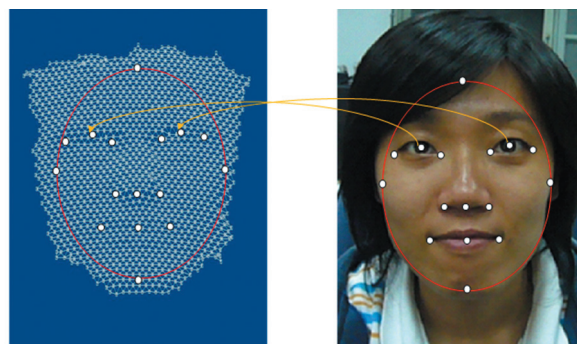


圖 12. 特徵點對應示意圖。

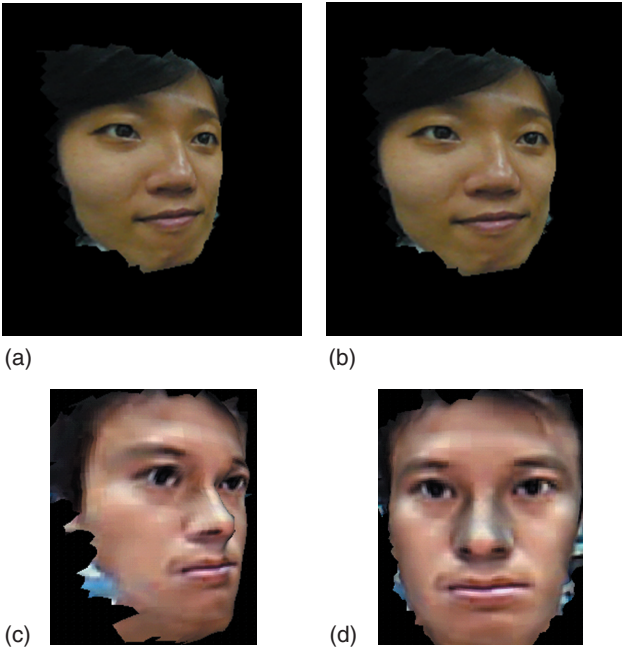


圖 13. 虛擬後之人臉。

由 Hotelling (1933) 加以改進，主分量分析又稱為 Hotelling transform，常在資料壓縮、資料萃取和影像語音中常被應用。利用 PCA 統計方式，可以將數據中各個變數及影響因子加以結合，進而找出並描述變數間互相影響的變化趨勢。

1. 驗證方法

由於 PCA 分析法能夠快速容易的計算出結果，且在線性投影中能夠保留下投影資料中最大的資訊，所以利用它來做人臉辨識的工作。

假設有 N 張人臉訓練樣本，利用 N 張影像所個別產生的權重向量 f_N 做為資料庫的依據。此時再運用歐氏距離 (Euclidean distance) 來進行人臉辨識。使用歐氏距離來做辨識的步驟，有一張新的人臉影像 x_x 作為被辨識的影像，將 x_x 求得一組新的權重向量 f_x ，分別與 f_N 取歐氏距離，找出 f_N 之中有一組向量 f_p ，與 f_x 有最小歐氏距離，其判斷式為下式所示：

$$\epsilon_N = \|f_p - f_x\|$$

當 ϵ_N 最小時，表示測試影像是最近資料庫中某

一張人臉影像，即可將測試影像歸屬於此一人臉影像。

五、實驗結果

單張正面二維人臉影像，經過臉部特徵點分析、三維人臉虛擬、臉部紋理對應生成，我們得到一個重建後的三維臉部模型結果如圖 13 所示。為了確定計算後的人臉與真實人臉上的差異，所以利用 PCA 分析虛擬與真實影像的差異，其測試成員共 8 位，每位成員 130 張影像，在正面臉部旋轉 $\pm 65^\circ$ 內，辨識率可達 98.4%。

六、結論

人臉辨識系統在生物識別領域中已經是一個重要的研究領域，許多先進的臉部辨識系統聚焦於辨識個人正面臉部影像的工作，但是對於頭部有上下左右偏轉和攝影機視角偏轉所擷取到的臉部影像，進行辨識工作則是非常困難。本文提供虛擬的人臉系統，以供多角度的辨識，為了在有限的資訊下達到最大的辨識率，因此整合影像辨識、電腦視覺、影像分析與合成等各種相關技術，來重建特定人臉的三維頭部模型，並與真實人臉差異的判斷分析，進而應用在辨識系統上。

依據圖 14 可知，在 $\pm 65^\circ$ 內辨識率可達不錯的效果，但超過此角度，辨識率會隨著角度的增加而降低，所以可知真實人臉與虛擬人臉的差異會隨著角度增大相似度而降低，因此利用灰階值測人臉立體深度的方法還是有一定辨識角度的極限存在。

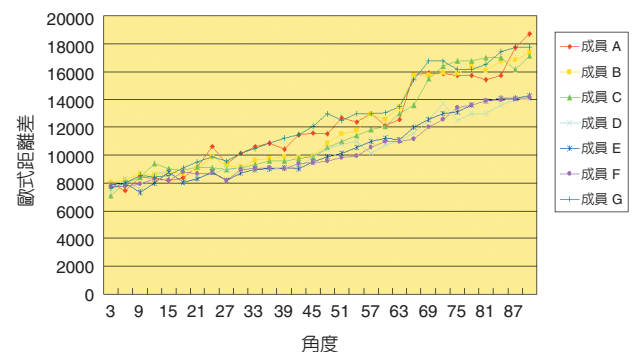


圖 14. 歐氏距離差。

參考文獻

1. C. Lin and K. C. Fan, *PR*, **34**, 1271 (2001).
2. Y. Ishii, H. Hongo, K. Yamamoto, and Y. Niwa, *AFGR*, 403 (2004).
3. Z. F. LIU, Z. S. You, A. K. Jain, and Y. Q. Wang, *ICCIMA*, 126 (2003).
4. S. K. Singh, D. S. Chauhan, M. Vatsa, and R. Singh, *Tamkang Journal of Science and Engineering*, **6**, 227 (2003).
5. M. Turk and A. Pentland, *J. Cogn. Neurosci.*, **3**, 71 (1991).
6. H. Yu and J. Yang, *Pattern Recognition*, **34**, 2067 (2001).
7. C. Wong, D. Kortenkamp, and M. Speich, *TAI*, 1 (1995).
8. 鄭凱方, 國立中央大學資訊工程研究所碩士論文 (2005).
9. H. Liu, S. Yan, X. Chen, and W. Gao, *ICME*, **3**, 137 (2003).
10. 楊宜學, 頭部尺寸測量方法與結果, 行政院勞委會計畫, 計畫編號: IOSH-H222 (1997).
11. G. M. Nielson, *CG*, **13**, 60 (1993).
12. M. S. Su, C. Y. Chen, and K. Y. Cheng, *NCS2001*, 320(2001).
13. K. Bowyer, K. Chang, and P. Flynn, *CVIU*, **101**, 1(2006).



林建良先生為國立成功大學工程科學碩士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心助理研究員。

Chien-Liang Lin received his M.S. in engineering science from National Cheng Kung University. He is currently an assistant researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



陳俊仁先生為國立成功大學機械工程學博士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心副研究員。

Chun-Jen Chen received his Ph.D. in mechanical engineering from National Cheng Kung University. He is currently an associate researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.