

A Fast Face Detection System Via Eyes Feature

以人眼為特徵的即時人臉檢測系統

謝景棠，賴友仁
淡江大學 電機工程研究所
hsieh@ee.tku.edu.tw

沈啟亮，楊秉達
淡江大學 電機工程研究所
w508@tsvtc.gov.tw

摘要

即時迅速的檢測與辨識影像中的人臉，是件具挑戰性的研究工作。本文提出一個快速有效的人臉檢測方法，藉由人臉五官特性；利用 Sobel Filter 找出水平邊緣，再以彼此間相對位置的特性；設計出運算遮罩，來達成人臉可疑區域的快速定位。最後利用 BPNN 演算法進行人臉的確認，以有效排除非人臉區域。本文採用視訊卡與 CCD 搭配成即時(Live video)影像人臉檢測系統。其運算速度在 PC 電腦(Pentium 4 1.8G)上執行。平均每張彩色影像(256*384*1.6M)僅使用 0.05 秒。採用 FERET (256*384*256)灰階圖像人臉資料庫，平均每張大約 0.02 秒。系統檢測定位人臉時間極短，準確率幾近有 95 % 正確率。

關鍵詞：人臉檢測(Face Detection)，索貝爾邊緣(Sobel Edge)，人臉辨識系統(Face Recognition System)，倒傳遞類神經網路 BPNN(Backpropagation Neural Network)。

一、前言

人臉的偵測與辨識，目前仍是非常熱門研究主題。至今 20 年來，相當多的研究組織和研究人員投入此領域中，亦有相當豐碩的成果。並且有些已推出可以實用系統及相關 SDK 工具。人臉辨識系統近幾年來亦受到重視，尤其在美國 911 事件之後。出入境管理、安全維護、門禁管制、自動提款、罪犯搜尋偵測等。但在這些應用系統，如何正確快速的檢測人臉(不管在任何複雜背景中，人臉的位置、大小、角度的偏轉..等)，都是一項困難且熱門的研究的題目。如何突破亦是

一大考驗。過去人臉檢測的研究領域涉及影像處理，圖形辨識，類神經網路...等。不管是在靜止影像或動態影片，如何檢測出人臉正確的位置，仍是一個重點。至目前文獻[1]中人臉檢測的方法可歸類為以下：(1) Appearance-based Method 訓練樣本人臉，(2) Feature-invariant 幾何關係定位人臉，(3) Template-Matching 建立人臉標準樣板，(4) Knowledge-based。比較具有代表性；即以幾何位置偵測人臉上重要特徵(如眼、鼻、嘴巴)，然後整合此特徵以決定人臉位置[2-3]。Yang 和 Huang[2]提出人臉特徵三階層網路架構去偵測人臉。Turk 與 Pentland[4]利用特徵臉(eigenface)來辨識人臉。或以 Neural Network 訓練步驟得到人臉區域樣本，再以比對方式尋找影像中的人臉位置。其中以 Sung[5]及 Rowley[6]等人最具代表性。以及最近美國麻省理工學院以 Heisele[7]與其他學者，已成功的研究出整合人臉的偵測系統。然而以上各項技術，仍耗費過多的運算量。如何即時檢測影像中的人臉，文獻[8-10]中亦有相當多的發表。因此本文提出一快速有效的人臉偵測系統，利用人臉五官特性與相對位置關係，設計出具人臉特性的運算遮罩以快速找出人眼可疑區域。最後利用 BPNN 演算法、做人臉確認、以有效消除非人臉區域。本文章節概述如下：第一部份針對人臉偵測與辨識做初步介紹。第二部分介紹人臉偵測的技術含影像前處理及相關流程，比對規則及驗證工作。第三部分敘述實驗結果與錯誤分析檢討。第四部分結論。

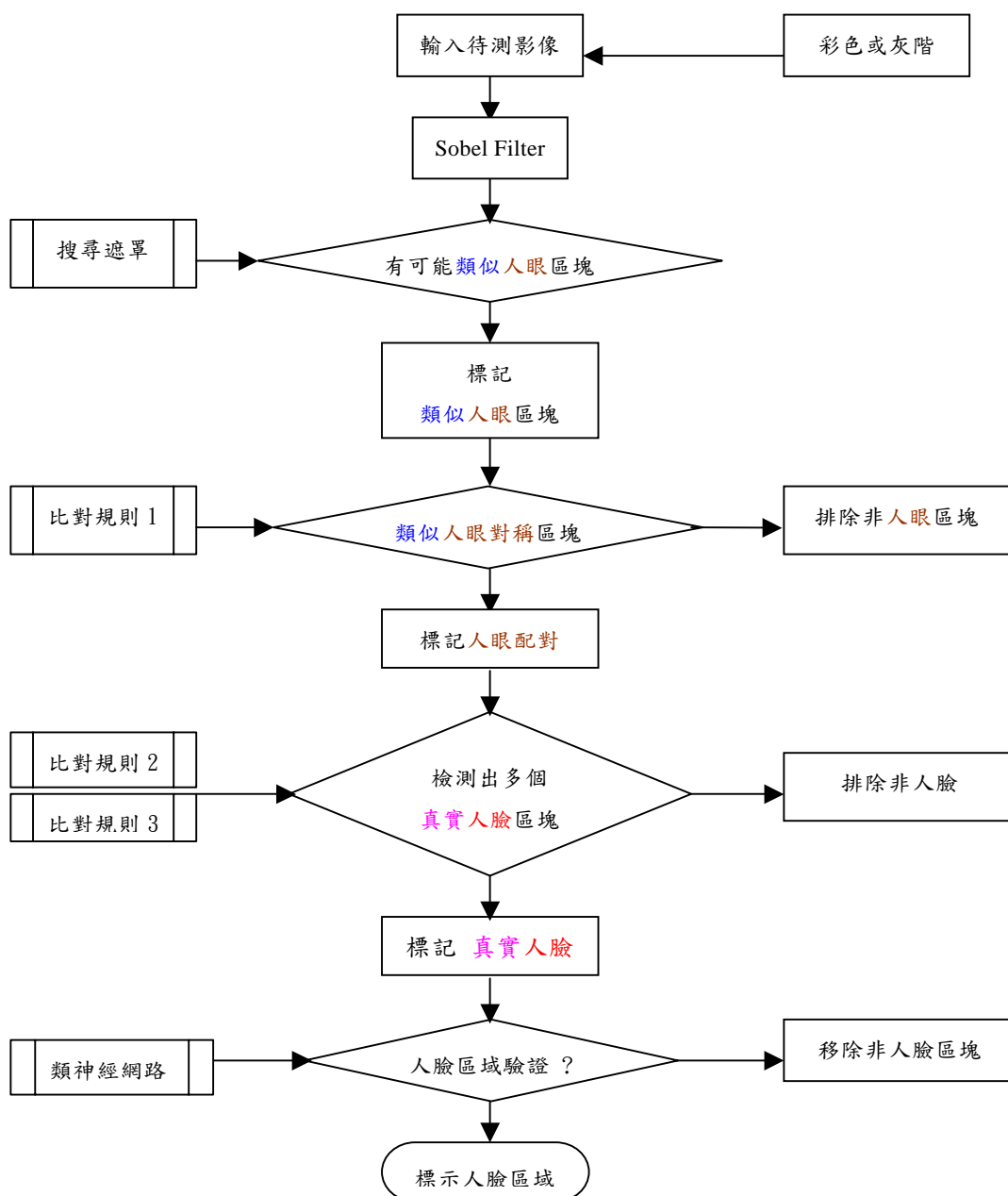
二、人臉偵測的技術

本章節針對影像前處理及相關流程，比對規則及驗證工作做詳細說明。人臉偵測的

技術即在靜態影像或動態的視訊畫面中找到人臉的正確位置。再將此人臉的位置資訊，提供給人臉辨識系統解析，進行人臉辨識。人臉偵測的來源包含：靜態影像(人像資料庫)、動態影像、筆繪、報紙等。偵測核心效率的問題又會因光線變化、CCD擷取設備、影像清晰度、複雜背景、旋轉角度、物件大小等影響。如何有效評量人臉偵測效能，至今並沒有標準的準則。通常系統偵測出來的區域只要包含大部分真正的人臉，即視為判定為成功。本文提出快速人臉檢測方法及流程，如圖一所示：

系統仍以處理灰階影像為核心，所有輸入彩色影像皆轉成灰階影像。再以 Sobel Filter 作為邊緣檢測處理。接著利用人眼特徵設計運算遮罩以有效搜尋人眼可疑位置，最後再以類神經網路做人臉確認以刪除非人臉區域。整體系統檢測步驟簡述如下：

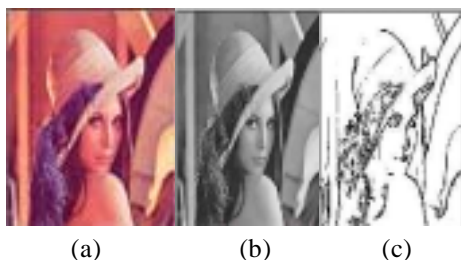
- (1).索貝爾處理 (計算水平邊緣)。
- (2).利用預設之遮罩搜尋臉孔中心線。
- (3).尋找眼睛水平線。
- (4).切割臉孔區塊並以類神經網路做人臉確認。
- (5).標出人臉區域。



圖一：人臉檢測系統流程

2.1 Sobel 邊緣偵測

在數位影像處理中，常利用邊緣偵測來找出期望的特徵點。影像中任一點 (pixel) 灰階值與鄰近點突顯變化，則可視為邊緣 (edge)。尤其是人眼為灰階值變化最多的地方。因為數位影像是離散的，假設原始影像 $I(x,y)$ 與梯度運算子 (gradient operator) 作迴旋運算 (convolution) 求得梯度向量。常見的梯度運算子有 (Prewitt、Sobel、Candy.... 等)，其中 Sobel 最為常用。如 Fröba, Küblbeck[7]所提 EOM 及時檢測。如圖二所示：



圖二：(a) 原始影像 Lena 彩色 (b) Lena 灰階影像 (c) 經 Sobel operator 運算後，將梯度強度 >50 的點設為黑點(灰階值=0)所得之影像

本文實驗 Sobel operator 運算臨界值，依經驗值，設定 $Min=30$ ， $Max=170$ 。因為它是微分運算和低通運算的結合，以 $3*3$ 遮罩 (Mask)，其定義如下：

$$hx = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad hy = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \dots (1)$$

hx 表 x 方向微分， hy 表 y 方向微分，原始影像 $I(x,y)$ 與 hx, hy 迴旋運算結果：

$$Gx(x,y) = hx * I(x,y) \dots (2)$$

$$Gy(x,y) = hy * I(x,y) \dots (3)$$

則總梯度強度 M (gradient magnitude)

$$M(x,y) = \sqrt{Gx^2(x,y) + Gy^2(x,y)} \quad (4)$$

為了簡化運算時間，亦可以取其絕對值取代：

$$M = |Gx| + |Gy|$$

其方向 θ (direction) 則為：

$$\theta = \tan^{-1} \frac{Gy(x,y)}{Gx(x,y)}$$

2.2 搜尋視窗設定

為配合大小不同人臉，我們設定梯階視窗，假設人眼部份如圖三：



圖三：人眼梯階視窗

利用式(5)及式(6)、參數設定 ($fh=0.15$ $fv=0.06$ $k=0\sim 11$)、 fh 為水平寬度比率變化值、 fv 為垂直高度比率變化值、做 12 階。計算出如表一掃瞄視窗，然後對輸入影像作全域搜尋，並紀錄其相關位置。

$$H(k) = H(0)(1+k*fh) \dots (5)$$

$$V(k) = V(0)(1+k*fv) \dots (6)$$

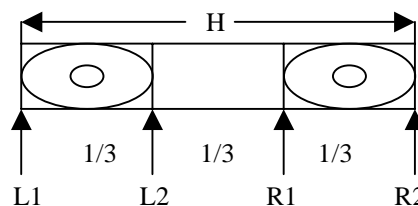
表一：人眼梯階視窗 H-水平寬度值 V-垂直高度值

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
H	48	55	62	70	77	84	91	98	106	113	120	127
V	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27

2.3 條件設定

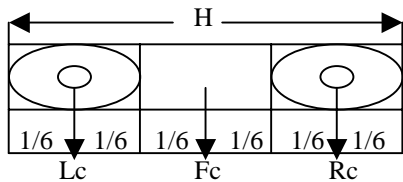
條件 1：三等份

- (一)：定義人眼比例條件 $1/3$ —以計算 $L1$ ， $L2$ ， $R1$ ， $R2$ ，之相關位置。
- (二)：計算左右眼區塊水平邊緣是否對稱。



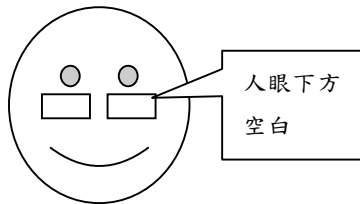
條件 2：六等份

- (一)：定義人眼比例條件 $1/6$ —以計算 Lc ， Fc ， Rc 之相關位置。
- (二)： Lc =左眼中心點， Fc =人眼中心點， Rc =右眼中心點。
- (三)：計算左右眼中心點是否對稱。



條件 3：人眼下方應空白無邊緣(Edge)

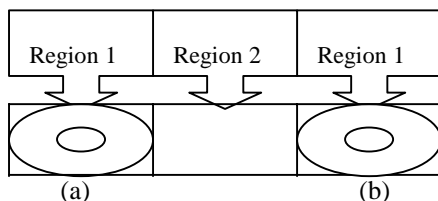
(一)：定義人眼下方空白條件—以達到初步排除非人臉區域。



2.4 比對規則

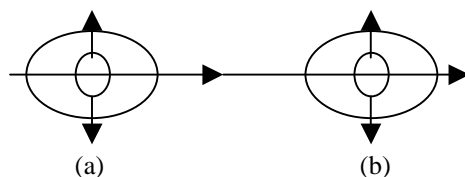
影像中每一個點的資訊與索貝爾(Sobel Filter)處理後，記錄其資料，取得人眼的邊緣(Edge)特徵點相關資訊。且透過以下簡單而迅速的比對規則，對應有可能人眼區域。排除可疑區塊，自動偵測出真實人眼的位置。

規則 1：利用水平邊緣找出人眼可疑區塊



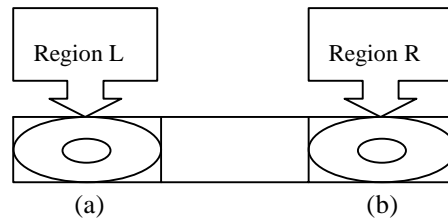
(Region 1)水平邊緣總和 \gg 兩倍(Region 2)水平邊緣總和

規則 2：利用垂直邊緣找出眼睛水平線位置



由規則 1：找出的眼睛可疑區塊內以水平掃描垂直邊緣方式找出眼球水平位置

規則 3：水平邊緣 $>$ 垂直邊緣



左眼睛區塊(Region L)與右眼睛區塊(Region R)內，水平邊緣遠大於垂直邊緣

2.5 驗證比對(Verification)

(一)、類似眼睛區塊，透過 2.4：比對規則 1、規則 2、規則 3，並紀錄出所有可能人臉的候選區。依照人臉五官比例切出人臉區域，並將其正規化成固定大小，以利於後續驗證處理。

(二)、利用倒傳遞類神經網路(BPNN)做最後人臉驗證，濾除非人臉區域。我們使用類神經網路 BPNN，如 Rowley 等人所述的方式針對人臉部份以 FERET 資料庫以手動定位人眼部位，總共 2164 張。對於非人臉部分，總共收集 12085 張。然後送至 BPNN 類神經網路訓練。如輸出正向反應，表示包含一個人臉，否則移除非人臉區塊。

三、實驗結果與討論

在本文中，我們使用 PC 個人電腦的規格是 Pentium 4 1.8G, 256 MB, Window 2000PF 版。在人臉檢測系統建置程式撰寫以微軟 Visual C++ 6.0 版。CCD 介面搭配視訊介面卡上執行。本文人臉檢測系統實驗分成靜態影像與視訊影像兩部份進行：

3.1 靜態影像偵測人臉範例

(1)採用 FERET (256*384*256)灰階圖像人臉資料庫，平均每張大約 0.02 秒，抓到人脸正確率為 95%。如圖 3.1.1(左)為 FERET 灰階圖像，(右)為經過索貝爾邊緣(Sobel Edge)處理。雙眼標示紅色水平線條表示經過程式運算後抓到的人眼位置。另外圖 3.1.1(左圖)標示 1.2.3.4.部分為被刪除之人臉可疑區域，最後定位人臉。如圖 3.1.2(左圖)。



圖 3.1.1：(左) 標示人臉.(右)雙眼標示紅色水平線條



圖 3.1.2：(左)定位人臉.(右)雙眼標示紅色水平線條

(2)、WWW-網路收集 (256*384*16M) 彩色影像人臉資料庫，總共收集 185 張平均每張大約 0.05 秒，抓到人臉正確率為 90%。參看圖 3.1.3~3.1.4

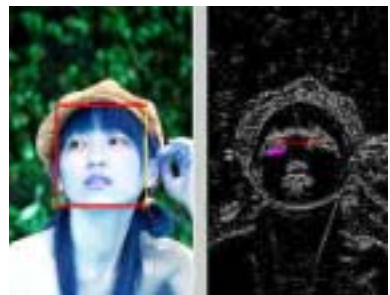


圖 3.1.3：左(定位人臉).右(定位人眼水平線)



圖 3.1.4：左(定位人臉).右(定位人眼水平線)

3.2 動態影像人臉檢測範例

(1).以塗手繪人像：如圖 3.2.1，檢測出一張人臉。

(2).以 100 元紙鈔：如圖 3.2.2，檢測出一張人臉。

(3).以報紙人臉為範例：如圖 3.2.3~5，檢測出一張人臉。

(4).以相片人臉為例：如圖 3.2.6~7，檢測出一張人臉。

(5).及時動態人臉檢測：如圖 3.2.8~9，皆有不不錯的效果，即使我們做即時大擺動，瞬時亦能抓到人臉。

(6).以帶口罩及閉眼：如圖 3.2.10，避免以口鼻為特徵而失敗。

(7).以美髮示範模特兒：如圖 3.2.11~12，角度為 ± 45 度。

(8).以手繪多人臉：如圖 3.2.13，檢測出四張人臉。

(9).雜誌女孩多人臉：如圖 3.2.14，檢測出三張人臉。

在視訊影像中的人臉檢測，其目的在測試不同環境下，本文所提出的人臉檢測系統之即時性與正確性。此結果顯示所提之人臉檢測方法，具有相當即時性兼具追蹤功能。

3.3 實驗結果及探討

本文所提出的快速有效人臉檢測系統及方法，得到以下幾點相關資訊：

(一)、速度方面：

本系統直接以 Sobel Filter 運算所取得的邊緣資訊做處理，在有色人種的人臉定位上皆能有效處理。除此之外，在運算方面亦大幅降低其複雜度。因減少相關繁雜之演算法則，因此能大幅提昇檢測速率。在 2164 張 FERET 資料庫的測試上，平均每張影像僅需 0.02 秒。對於往後人臉辨識將具有極大幫助。在 Live Face Detection 亦即時隨著人臉移動並迅速檢測。

(二)、有效的檢測準確率：

本檢測系統雖執行時間極短但亦不會因此降低其準確率、幾近有 95% 正確率。

(三)：錯誤範例

(1)：比對規則下標記人眼、正確率 95%、錯誤率為 5%。參看圖 3.3.1~3 中：主要原因是為比對規則下；我們放寬參數避免刪除真正人眼區塊，已致造成初步無

法完全排除可疑人眼區域。

(2): 此一錯誤可利用類神經網路再訓練的方式來有效提昇人臉偵測效能。參看圖 3.4.4~6 中: 改善錯誤標示, 提昇正確率為 1~2%, 使得整體正確率達到 96%。

(四): 待突破技術面

(1): 共通的標準測試資料庫---已知相當多灰階影像資料庫, 可提供測試。如 FERET、MIT、BioID、AR---等。但因影像尺寸、品質仍未統一, 尤其彩色影像資料庫更是缺乏。

(2): 人臉角度----目前已知 Rowley 等人所提可以容忍較大角度變化, 但大部份皆維持在正面人臉檢知。如何在 360 度空間檢測一張人臉亦是一大難題。本文動態實驗中, 圖 3.2.11~12: 美髮示範模特兒。雖快速移動人臉左側右側 +45 ~ -45 度, 只要雙眼不消失仍可檢測。但向上或向下偏斜, 超越 +8 ~ -8 度, 則無法檢測。

(3): 人臉大小----一般皆以 20*20 像素為依歸, 本文仍以此為目標。但實際測試最佳狀況為 35*35, 此與掃瞄視框設定有關。

(5): 環境光源變化---因周遭環境光源的變化, 攝影機或 CCD 之敏感度, 使得輸入即時影像亦隨之變化。故必須考量無論是硬體或是軟體補償, 尤其是動態檢測。

(6): 檢測速率----以攝影機規格 30Frame/秒, 即約 0.03 秒取得一畫框。檢測系統處理輸入影像, 應考慮於實用層面上。必須及時, 否則在動態影像上必定會漏失相當多的資訊。

四、結論

本文所提之快速人臉檢測方法, 由於本系統運用了「人眼特徵」、「索貝爾邊緣」及「比對規則」、「BPNN」的處理方式。簡易而花費極少量運算量, 在效率及準確度上均有令人滿意的結果。值得一提、為何本文只針對人眼來判斷一張人臉。因為眼睛特徵可靠度高, 尤其 SARS 大家都戴口罩, 或醫生進手術房戴口罩須認證..等情況下, 使得已發表依五官特性(如眼、口、鼻..等三角關係)來辨別一張人臉, 勢必失效。故本文嘗試以此

為出發點為研究主題。往後再配合其他相關條件, 更能具有彈性及準確性, 同時具有即時性及實用性。故可由此發展人臉檢測模組, 並搭配人臉辨識模組成為一套完整人臉辨識系統。讓影像處理在人臉檢測與辨識的領域上有更深一層的應用。希望未來能利用更有效的分類準則, 以改進系統偵測效能。

五、參考文獻

- [1] Ming-Hsuan Yang, David J. Kriegman and Narendra Ahuja, "Detecting faces in images: A survey," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, no. 1, pp.34-58, 2002.
- [2] G.Yang, and T.S.Huang, "Human face detection in a complex background," Pattern Recognition, vol.27, pp.53-63, 1994.
- [3] S.H.Jeng, H.M.Liao, T.T.Liu, & Y.Chern, "An efficient approach for facial feature detection using geometrical face model," Int. Proceedings of the ICPR, pp.426-430, 1996.
- [4] Turk.M.A. and Pentland P., "Face Recognition Using Eigenfaces," Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.586-591, 1991.
- [5] K.K Sung, "Learning and example selection for object and pattern detection," (PhD thesis, MIT AI Lab, 1996).
- [6] H.Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural Network-Based Face Detection," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 1, pp.23-38, 1998.
- [7] B.Heisele, T.Serre, M. Pontil & T.poggio, "Component-based face detection," International Conference on CVPR, 2001.
- [8] Ko, T.; Bock, P.; "Face detection and eye location using a modified ALISA texture module Applied Imagery Pattern Recognition Workshop," AIPR 2001, pp.187-193, 2001.
- [9] Grauman, K.; Betke, M.; Gips, J.; Bradski, G.R.; "Communication via eye blinks - detection and duration analysis in real time Computer Vision and Pattern Recognition," CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference, pp. I-1010-I-1017, 2001.
- [10] B.Fröba, and C.Küblbeck. "Real-time face detection using edge-orientation matching," AVBPA2001, pp 78-83, 2001.

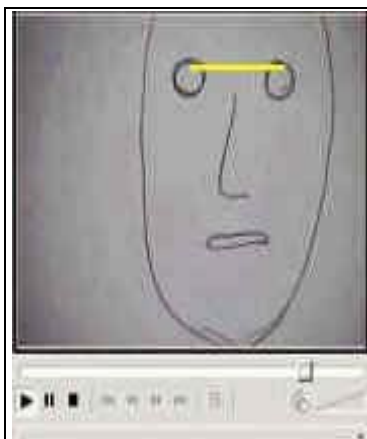


圖 3.2.1：塗手繪人像



圖 3.2.2：100 元紙鈔



圖 3.2.3：報紙人臉



圖 3.2.4：報紙人臉



圖 3.2.5：報紙人臉



圖 3.2.6：相片人臉



圖 3.2.7：相片人臉



圖 3.2.8：即時人臉



圖 3.2.9：即時人臉



圖 3.2.10：帶口罩及閉眼

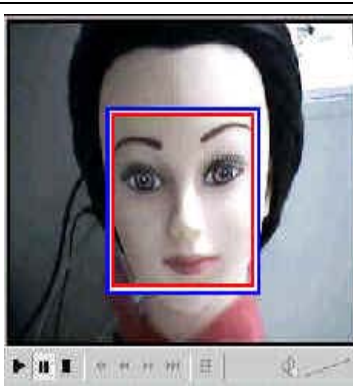


圖 3.2.11：美髮示教模特兒

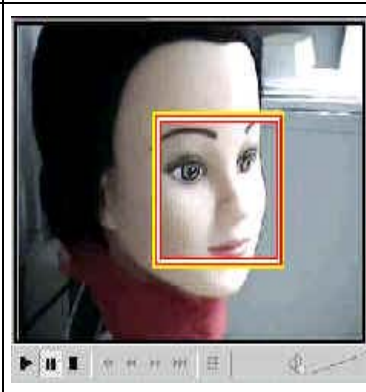


圖 3.2.12：美髮示教模特兒

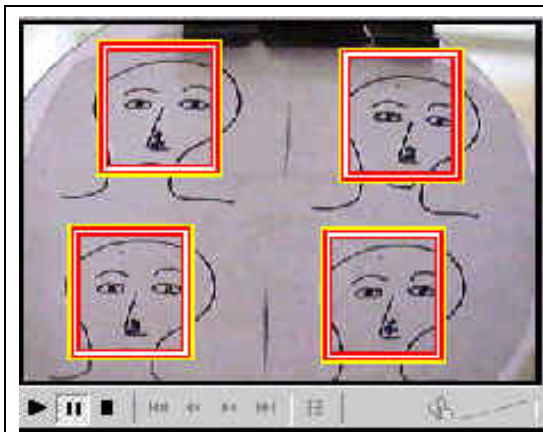


圖 3.2.13：手繪多人臉

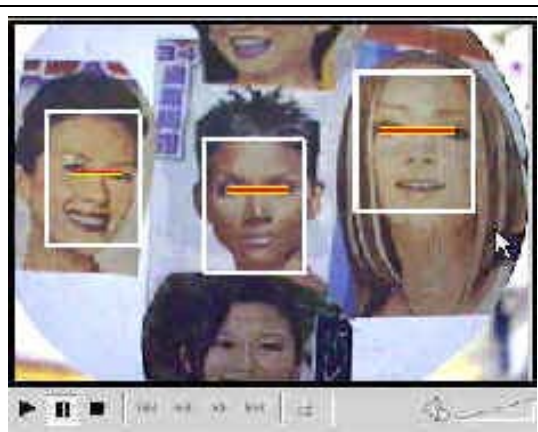


圖 3.2.14：雜誌女孩多人臉



圖 3.3.1：放寬比對規則



圖 3.3.4：類神經網路再訓練改善

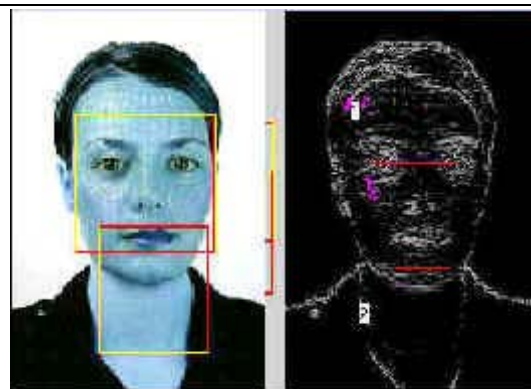


圖 3.3.2：放寬比對規則

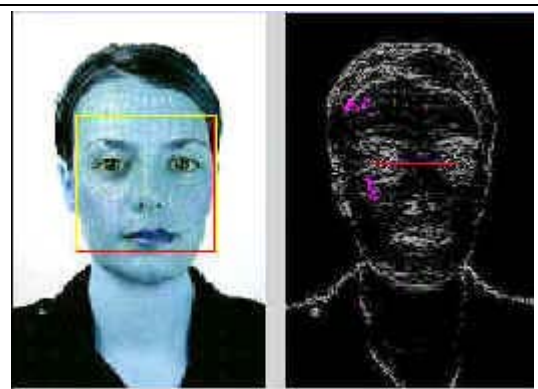


圖 3.3.5：類神經網路再訓練改善

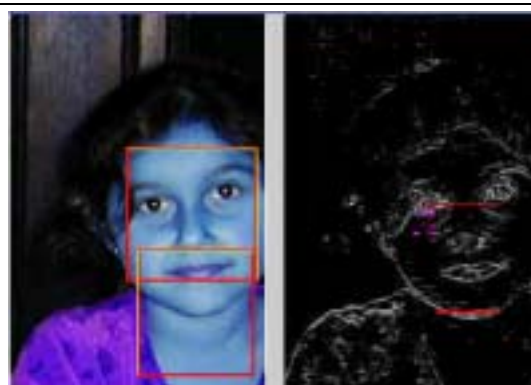


圖 3.3.3：放寬比對規則

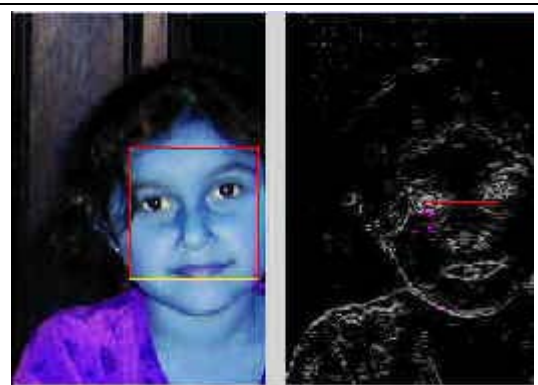


圖 3.3.6：類神經網路再訓練改善