

複雜背景下多重人臉偵測演算法之研究

黃登淵 莊國楨 楊晏和 陳南樺 王嘉宏

大葉大學電機工程學系

彰化縣大村鄉山腳路 112 號

摘要

在眾多的生物辨識技術 (biometric identification technique) 中, 包含指紋、視網膜、虹膜、掌紋與人臉辨識等, 其中由於人臉辨識之非接觸特性, 使得它廣為大眾所接受。人臉偵測因為是人臉辨識最重要的前處理步驟, 因此快速而準確之人臉偵測技術在人臉辨識的領域中扮演著相當重要的角色。

本研究的目的是在於提出一新的人臉偵測方法, 以快速而準確地偵測出複雜背景下之多重人臉。首先本研究先取得欲偵測人臉之數位影像, 接著利用影像中的彩色資訊進行光線補償 (light compensation)、顏色分割 (color segmentation), 以分析出影像中膚色 (skin-tone color) 的範圍, 然後透過影像二值化 (image binarization) 之技術可得出類似人臉之區塊, 為使人臉區塊更加完整, 本研究亦採用形態學 (morphology) 之侵蝕 (erosion) 與膨脹 (dilation) 等方法, 來進行影像中雜點的清除與連通區域的擴大。其次則利用連通區域標定 (connected-component labeling) 之方法, 以區分出最為可能之人臉區域, 並進行人臉區域之標定。最後則利用面積閾值與寬高比來定位出可能的人臉區域。本研究利用前述自行開發之演算法, 應用於複雜背景、多重人臉之數位影像上, 確實能快速且正確地偵測出多重人臉存在的區域, 並能快速標定出個別人臉之位置。

關鍵詞: 人臉偵測, 光線補償, 顏色分割, 形態學, 連通區域

A Multiple-Face Detection Algorithm for Complex Backgrounds

DENG-YUAN HUANG, KUO-CHEN CHUANG, YAN-HO YANG, NAN-HUA CHEN and JIE-HUNG WANG

Department of Electrical Engineering, Da-Yeh University

No. 112, Shanjiao Rd., Dacun, Changhua, Taiwan 51591, R.O.C.

ABSTRACT

Face recognition has been widely accepted due to its non-intrusive features among biometric identification techniques including fingerprinting and the use of retina, iris, and palm-print imaging. Being the most important preprocessing steps for face recognition, both speed and accuracy in face detection play crucial roles.

This research proposes a new algorithm for detecting multiple faces in still images having complex backgrounds. This algorithm includes certain techniques such as lighting compensation,



color segmentation, binary imaging, morphological dilation and erosion operations, as well as connected-component labeling. First, color segmentation extracts the skin color of a face from a cluttered image; then, binary imaging further forms a more complete region. Next, morphological erosion eliminates some of the small spots in a tested image. Contrary to erosion, dilation enlarges and connects a small and disconnected, but marked, facial region. Subsequently, connected-component labeling is employed to mark multiple faces in the image. Finally, an area threshold and an aspect ratio are used to validate the corrected facial region. The results of several carefully conducted experiments show that the proposed algorithm works efficiently, quickly and accurately for validating multiple facial regions in complex backgrounds.

Key Words: face detection, lighting compensation, color segmentation, morphology, connected-component labeling

一、前言

近年來以人臉為特徵的偵測與辨識技術發展十分迅速，作為人臉自動辨識系統的第一步，人臉偵測技術有著十分重要的作用，它為後續的人臉分類提供了待辨識人臉的具體資訊。人臉偵測常常作為人臉追蹤與辨識的前置作業，是一個複雜且困難的研究課題，其結果足以影響整個系統的效能，人臉偵測要走向實際應用，準確率和速度是很重要的兩個關鍵因素。

很多人臉辨識研究工作都是假定影像中的人臉已經被偵測和定位，而為了設計出自動人臉識別系統，快速而高效率的人臉偵測是極需要解決的一個關鍵問題。在這類應用中，臉部追蹤與偵測是其中不可缺少的一個重要環節，因而成為近年來學界研究的重點，所以人臉偵測技術也陸續出現了許多新的演算方法。

人臉偵測是指在任意影像中，採用一定的策略對其影像進行搜尋與演算，以確定影像中是否有人臉存在，進而可標定出其位置、大小與數量等資訊。根據研究結果，人臉偵測的方法約略可分成以下四大類：

(一) 基於知識 (Knowledge-Based) 的方法 [23]

這種基於習慣規則的方法，主要是將構成典型人臉的知識來進行編碼，通常這些規則的獲得來自於人臉特徵，而且此方法主要設計用來進行人臉的局部化。本文所使用的人臉影像區域標定法（將在後文討論），即是利用人臉圖形之幾何性質來進行最後人臉區域之標定，欲標定之人臉區域假設均具有類似橢圓形之外觀，再利用橢圓長短軸之比例來標定人臉，此方法不僅能夠正確的標定出人臉，更可大幅降低系統演算的時間，其中運用人臉幾何關係來標定人臉區域，即為運用人臉知識的一種方法。

(二) 基於特徵 (Feature-Based) 的方法 [4, 6, 7, 15-17, 21, 24, 26]

基於特徵演算法的目標在於找出人臉存在的結構特徵，即使當姿勢、視角、或者是環境光線變化的時候，依然能夠運用基於特徵的方法來找出人臉確定的位置，而且此方法更可運用來進行人臉區域之局部化，此方法的運用包含有人臉特徵、人臉結構組織、以及膚色色彩等分析，至於本文所使用的膚色分析方法（將在後文討論），可以適當地解決光線強弱對影像色彩之影響，並配合膚色色彩等特徵，可快速的將人臉膚色和其他色彩分割開來，以利於系統後續之運算。此外，本文提出只針對非膚色區域進行光線補償之觀念，並不同於前人的做法，而且也獲得相當不錯的結果，這一點在後文將有詳細討論。

(三) 板模匹配 (Template-Based) 的方法 [1, 8, 25]

板模匹配的作法是先將數個標準的人臉樣本圖案儲存起來，並用它來描繪整個人臉或是個別的臉部特徵，同時計算輸入影像與儲存樣本圖案間之相互關聯性，以進行人臉偵測，此方法亦可同時用來進行人臉特徵之局部化。由於板模匹配需要耗費大量的計算成本與記憶體容量，基於人臉即時偵測系統之實現考量，本文並不適合採取此種方法。

(四) 基於表像 (Appearance-Based) 的方法 [10-14, 20-22]

基於表像的方法和版模匹配的方法，在做法上是相類似的，只是基於表像方法之模型必須透過擷取大量訓練影像之臉部外觀變化來進行學習，此種學習的模型常被用來做為人臉偵測的方法。雖然此種演算法比版模匹配法具有較高的人臉偵測率，但是這種方法在人臉即時偵測系統上實現較困難，此外這種演算法也需要耗費比較大量的計算時間以及記憶體空間，所以本文並沒有採用此種方法。



二、人臉影像偵測

圖 1 為本研究進行人臉偵測與定位之流程。首先輸入數位影像，進行光線補償，並利用顏色分割來進行人臉膚色之色彩資訊分析，緊接著使用形態學的演算法（例如侵蝕與膨脹）來加以處理，最後則運用連通區域技術來偵測並分離出可能有人臉存在之區域，以便可以利用圖像幾何形狀來進行人臉影像之位置標定。

（一）光線補償

光線補償想法的提出，主要是考慮到本研究是採用以色彩為基礎之膚色分析（將在下文討論），容易受到光線的影響，而造成人臉偵測失敗。也就是說：由於影像的色彩資訊容易受到光線顏色、影像擷取設備的色彩偏差等因素的影響，導致整體影像資訊跟我們想得到的理想值有些差距，所以藉由調整亮度之方法來補償影像的色彩偏差。

為了降低影像色彩偏差，提出參考亮度值的觀念 [7]，做法是：將影像中所有像素的亮度值由高到低加以排列，並取出亮度值最大的前 5% 像素，同時假設這些像素的數量足夠多（例如，大於 100 點），隨之進行平均值的計算，這個平均值就稱為「參考亮度值 (reference white)」[7]，根據參考亮度值來進行原影像色彩 RGB 值之調整，調整後之結果可知曝光正常的影像不會因光線補償而大幅度改變其亮度值，但曝光不足的影像則可以得到相當程度的改善。利用前述結果，本研究將 Hsu 等人 [7] 所提出的方法加以修改，只將光線補償應用在影像中不是膚色範圍的區域，由於這個方法不會影響到正常曝光的影像，所以對曝光正常的影像而言，該法的應用並不會改變其原有之亮度值。

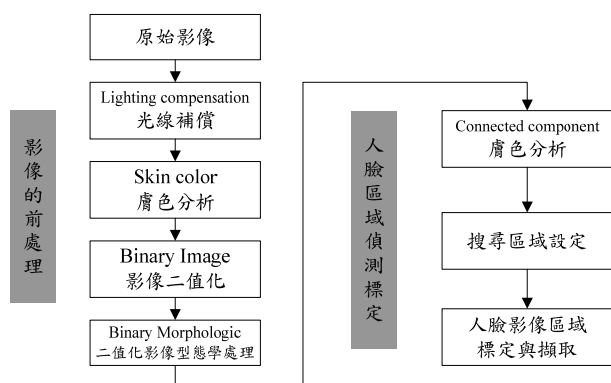


圖 1. 人臉影像偵測與定位流程

圖 2(a) 是利用 Hsu 等人 [7] 所提出的方法所得到的膚色分析影像，而圖 2(b) 則為本論文所提出的修正方法，亦即只針對非膚色區域進行光線補償。仔細比較圖 2(a) 與圖 2(b) 可知：圖 2(b) 在人臉區域中屬於膚色的像素點遠比圖 2(a) 增加許多，這也意味著人臉偵測的成功率將可大為提高。

（二）顏色分割的方法—膚色分析

顏色分割就是將影像中的各種顏色加以分類，最直接的方式就是將影像的色彩直方圖 (color histogram) 進行色彩閾值 (color threshold) 設定，然後根據顏色的分佈進行選擇性的過濾，將我們所要的顏色區域從影像中分離出來。顏色分割 [2] 做為人臉偵測的第一個步驟，顯得相當重要，由於膚色與一般環境的色彩有著顯著的差異，但在 RGB 空間裡定義的影像顏色會因光源強弱的關係而有深淺的變化，所以直接在 RGB 空間上進行顏色分割會有很大的誤差，因此許多研究就採用對光線強弱較不敏感的色彩空間 (color space) 來對顏色進行分割。例如：正規化 RGB (normalized RGB)、HSL (hue, saturation, and luminance)、HSV (hue, saturation, and value)、HSI (hue, saturation, and intensity)、YCrCb、YIQ...等。

如何在影像中找出膚色範圍，目前已經有相當多國內外相關研究，在本研究中我們採用由 Soriano [18, 19] 等人所提出的正規化 RGB 方式，它是很有效的判定方法，由 RGB 色彩空間，轉換到 NCC (normalized color coordinates) 色彩空間之中，這是因為 RGB 色彩模型對於光線變化有相當敏感反應的反應。因此，我們將色系由 RGB 轉換到 NCC 座標空間，以減少顏色對於亮度的依賴。轉換的公式如 (1) (2) 所示：

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad (1)$$



(a) Hsu [8] 提出的方法



(b) 為本研究的方法

圖 2. 不同光線補償方法之膚色分析結果



$$g = \frac{G}{R+B+B} \quad (2)$$

式(1)、(2)分別為紅色、綠色像素之正規化，目的在減少紅色系與綠色系對亮度之依賴。在 Soriano 等人 [18, 19] 所提出的膚色正規化 RGB 的分佈範圍將會相當的集中，其中紅色像素正規化值 r (R normalized) 的範圍約在 0.2 到 0.6 之間，綠色像素正規化值 g (G normalized) 的範圍約在 0.2 到 0.4 之間。

因此利用(3)、(4)兩個二次方程式 [18, 19] 即可定義出膚色的上界 $Q_+(r)$ 與下界 $Q_-(r)$ ：

$$Q_+(r) = A_u r^2 + b_u r + c_u, \quad (3)$$

$$A_u = -1.3767, b_u = 1.0743, c_u = 0.1452$$

$$Q_-(r) = A_d r^2 + b_d r^2 + c_d, \quad (4)$$

$$A_d = -0.776, b_d = 0.5601, c_d = 0.1776$$

由於白色 ($r = 0.33$ 且 $g = 0.33$) 也在定義的範圍內，所以必須加入(5)式的條件加以排除。

$$W = (r - 0.33)^2 + (g - 0.33)^2 \quad (5)$$

綜合(3)、(4)、(5)式的條件寫成(6)式，即可定義出膚色的範圍。

$$S = \begin{cases} 1 & \text{if } (g < Q_+) \& (g > Q_-) \& (W > 0.004) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

本研究將測試影像圖 3 中人臉的膚色區域切割出來進行分析，其中圖 4、圖 5 與圖 6 即為人臉膚色區域所有像素之 RGB 分佈。利用正規化 RGB 方法分析，可以得到如圖 7 與圖 8，分別為紅色像素與綠色像素正規化 RGB 之結果，其中紅色像素正規化平均值約 0.4408，綠色像素正規化平均值則約為 0.3104。進一步分析可知：其它非膚色部份，例如眼鏡、眼睛、嘴巴、眉毛、鼻子等特徵，其正規化值與 r 、 g 等平均值均有相當大的差異，該結果與 Soriano 等人 [18, 19] 所提出的結論一致。其中圖 9 就是利用正規化 RGB 方法，以進行顏色分割將膚色範圍分離出來的結果。

(三) 影像二值化 (Binary Imaging)

影像二值化又稱為灰階分割，是將一張灰階影像(像素



圖 3. 原始影像

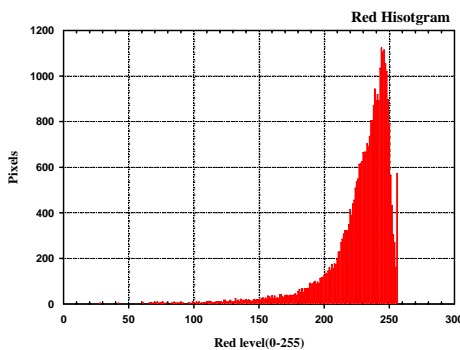


圖 4. 人臉區域 Red 值分佈直方圖

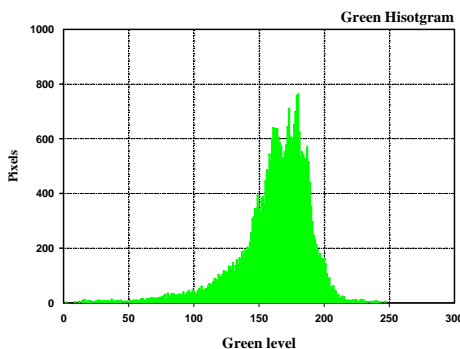


圖 5. 人臉區域 Green 值分佈直方圖

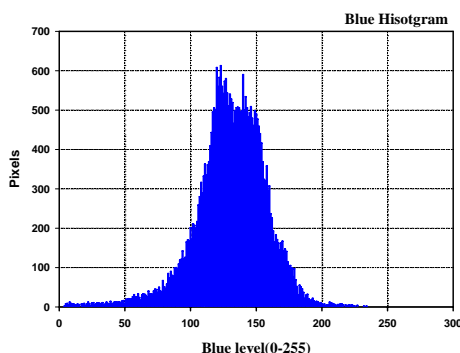


圖 6. 人臉區域 Blue 值分佈直方圖



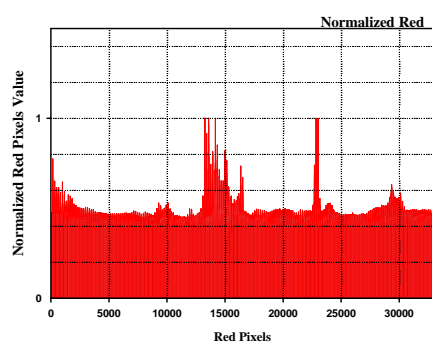


圖 7. 人臉區域 Red 正規化分佈直方圖

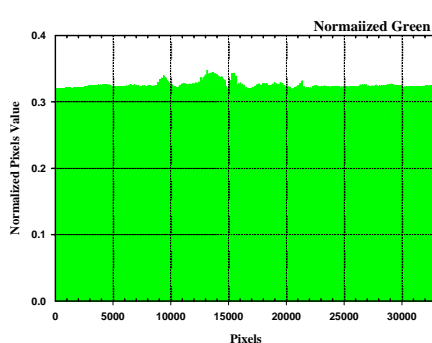


圖 8. 人臉區域 Green 正規化分佈直方圖



圖 9. 影像經膚色分析後結果

值介於 0 到 255) 或彩色影像轉換成只有 0 (黑) 及 1 (白) 兩種顏色值的影像, 其目的是將複雜影像簡單化以利後續處理。為了將影像簡單分成兩個群聚, 通常會統計影像中每個灰階值的數量作成直方圖 (如圖 10), 並找出直方圖中波谷部分值當成閾值, 然後將每個像素判斷值與閾值進行比較, 若判斷值大於閾值則將其值設為 1, 反之則設為 0。

本研究分別利用灰階影像直接二值化如圖 11(a), 與經過顏色分割膚色範圍取閾值後, 再將影像二值化如圖 11(b)。由圖 11(b) 與圖 11(a) 之比較可知: 透過膚色分析

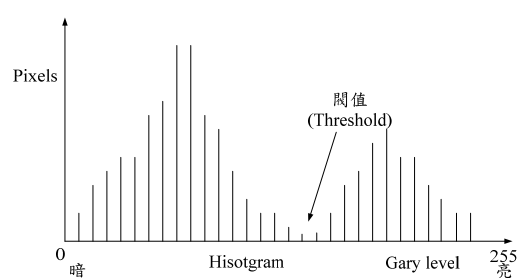


圖 10. 灰階分佈圖

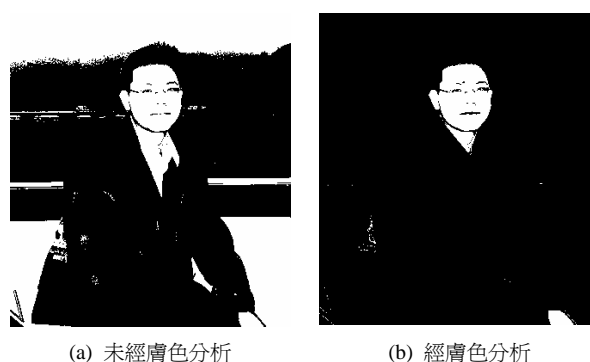


圖 11. 經或未經膚色分析之二值化影像分析圖

後, 再將影像二值化, 可將人臉區塊完整的切割出來, 也比較不容易受到複雜背景的影響。

(四) 二值影像形態學處理

形態學是抽取對表示和描述區域形狀有用影像分量之一種工具。常用的方法包括: 侵蝕、膨脹、斷開 (open), 閉合 (close)、形態交離轉換 (hit and miss)、邊界抽取、區域填充、凸形封包 (convex hull)、影像分割 (segmentation)、邊緣偵測、細線化 (thinning) 及骨架抽取 (skeletonizing) 等 [3, 5, 9]。

經過膚色分析後之二值化影像 (如圖 11(b)), 雖然人臉區塊較為完整, 但還不是非常連續, 並在高細節區域中存在些細小的破碎區塊, 這兩點正是限制顏色分割在影像處理中應用的兩大難點。本研究利用數學形態學之方法可以妥善地解決這兩個問題。進一步觀察圖 11(b), 可以看到影像中存在著若干細小的間隙, 根據數學形態學原理, 如果利用結構元素 (structure element) 對影像進行侵蝕操作, 這些小間隙就會消失, 其結果如圖 12 所示。若人臉區域有不連續的狀況發生, 可利用結構元素對影像進行膨脹操作 (見圖 13), 將可使得人臉區域變成較大之連續區塊。





圖 12. 對二值化影像進行侵蝕操作

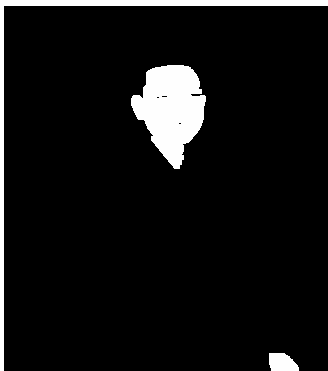


圖 13. 對二值化影像進行膨脹操作

(五) 人臉區域判定方法

影像處理通常會對影像的基礎屬性特別感興趣，例如：特定物體的個數、影像中是否有空洞等等。這些影像基礎屬性的檢查稱為數位拓撲學 (digital topology) 或稱為影像拓撲學 (image topology)。

連通區域 [3, 5, 9, 17] 是運用近鄰 (neighbor) 與相鄰 (adjacency) 的概念將任意相鄰之兩像素連接起來，常用的方法有 8-連通 (8-component) 與 4-連通 (4-component) 等兩種方式，其如圖 14 所示。

再以 4-連通或 8-連通之連通性為基礎，以一個具有規定長度與方向之直線所連成之序列來表示一個邊界，這種表示法也稱為鏈碼 (chain code)，其中每一個線段方向可採用如圖 15 之數字方法來進行編碼。

二值化後的影像經過形態學方法處理後，一些可能的人臉區域比較可以從背景中被分離出來，但是影像中可能還包含著多個人臉的區域。本研究為了再一次的分離出多個人臉區域位置，我們採用連通區域遞迴之方法，依序找出影像中每一個獨立的區域，再賦予這些獨立區域一個不同的編號，

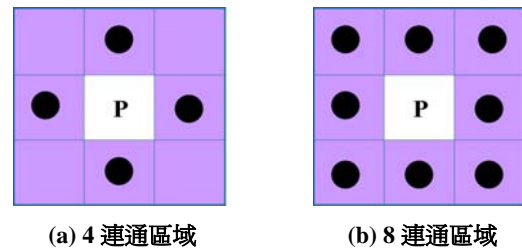


圖 14. 不同連通區域方法示意圖

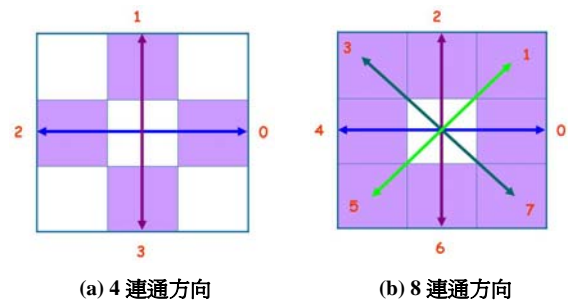


圖 15. 人臉區域標定方法

這種方法又稱為標記法 (labeling)，隨後可根據這些不同的編號來分析此一區域是否為人臉區域。例如某一編號的點數目太小，那它可能是之前未過濾掉的點狀雜訊，因此連通區域可以進一步幫助我們過濾掉一些可能是非人臉之區域。

為進一步標定人臉區域，本文採用 8 連通區域標定法，並以圖 16 做為測試影像。測試影像經膚色分析、二值化與形態學處理後，如圖 17 所示，其即為欲標定區域之二值影像。運用 8 連通區域演算法可分別將圖 18 中的兩個人臉區域分離出來，以利於後續人臉區域之標定。

(六) 人臉影像區域標定與擷取

本研究利用圖形之幾何性質來進行最後人臉區域之標定，欲標定之人臉區域假設均具有類似橢圓形之外觀 (此為合理之假設)。



圖 16. 原始影像





圖 17. 欲標定區域之二值影像



圖 18. 8-連通演算法分離之二值影像

方法一：

如圖 19 所示，橢圓的長軸 (A) 和短軸 (B) 可定義為兩邊最長的線段，分別對應到 X、Y 平面上的 $x1$ 與 $y1$ 等兩個座標點。其次再利用 (7) - (10) 式來計算人臉區域中上 (top)、下 (bottom)、左 (left)、右 (right) 等四個邊界值。

$$\text{left} = x1 - B \times 0.5 \quad (7)$$

$$\text{right} = x1 + B \times 0.5 \quad (8)$$

$$\text{top} = y1 - A \times 0.5 \quad (9)$$

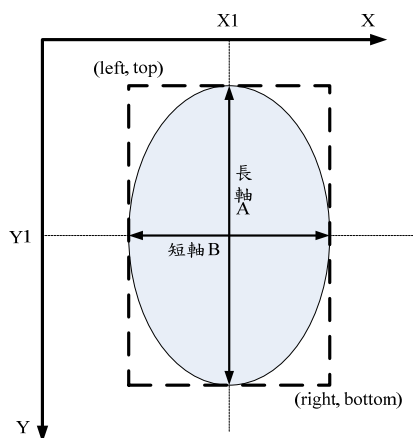


圖 19. 橢圓區域標定方法 (一)

$$\text{bottom} = y1 + A \times 0.5 \quad (10)$$

方法二：

如圖 20 所示，首先找出橢圓長軸的值 (D) 以及對應到 X 座標軸的值 ($x1$)，再利用 (11)、(12) 式求出線段 (A)、(B) 值並尋找對應到 X 座標軸的值為左 (left) 邊界值及右 (right) 邊界值，(13) 式求出 C 線段值找出其 Y 座標軸的上 (top) 邊界值，最後再以長軸的值 (D) $\times 0.8$ 求出對應 Y 座標軸的上 (bottom) 邊界值。

$$A = D \times 0.2 \quad (11)$$

$$B = D \times 0.2 \quad (12)$$

$$C = (\text{left} - \text{right}) \times 0.3 \quad (13)$$

三、結果與討論

本研究從數位相機獲取原始之數位影像，並對人臉偵測與定位技術進行探討，整個研究工作在 Borland C++Builder 之發展環境下 (如圖 21)，完成所有演算法之驗證。由試驗結果可知：(1) 原始影像經膚色分析與二值化後，相較於直接二值化影像，較能擷取出完整之人臉區塊；(2) 在複雜背景下，本研究採用以下之流程，即：光線補償 \rightarrow 膚色分析 \rightarrow 二值化影像處理 \rightarrow 一次侵蝕操作 \rightarrow 二次膨脹操作 \rightarrow 8 連通區域標定法 \rightarrow 面積與寬高比設定，確實能快速且準確地標定出圖像中人臉之區域，如圖 22(a-e) 所示為本研究定位結果。

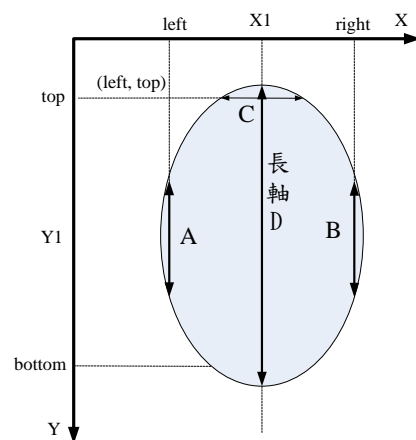


圖 20. 橢圓區域標定方法 (二)



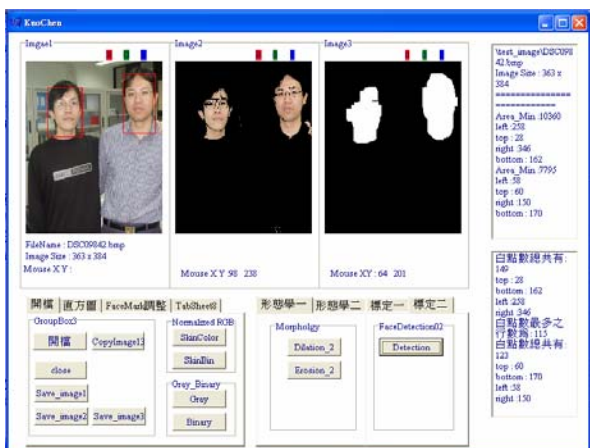


圖 21. 採用 Borland 的 C++Builder 開發程式框架

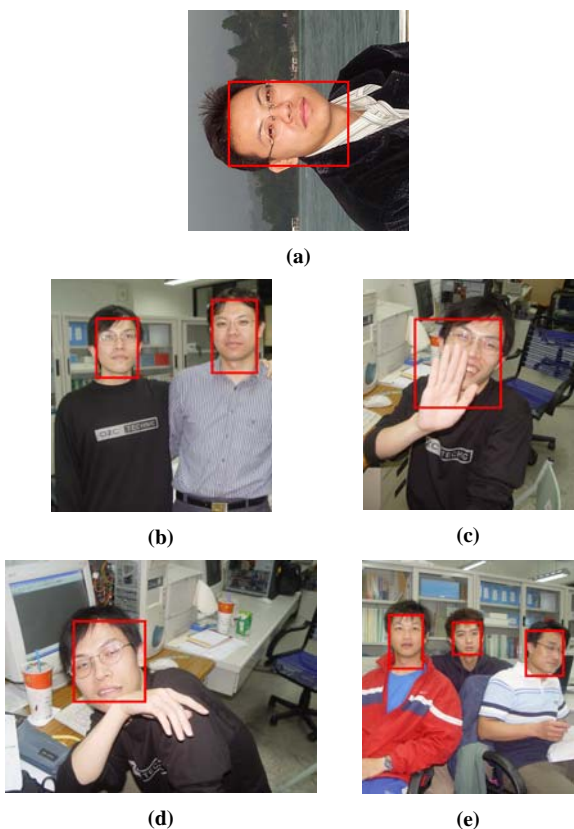


圖 22. 標定出的人臉區域圖

由於人臉偵測與定位是相當複雜的過程，其中影響的因素也相當多，至少以下幾個主題將是未來研究工作的重點，包括有：存在相互遮掩之人臉分割問題、光照環境不佳情況下之問題、與人臉相似區域之問題。

參考文獻

1. Bruneli, R. and T. Poggio (1993) Face recognition: Features versus templates. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 15(10), 1042-1052.
2. Chai, D. and K. N. Ngan (1999) Face segmentation using skin-color map in videophone applications. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 9(4), 551-564.
3. Chang, F. and C. J. Chen (2003) A component-labeling algorithm using contour tracing technique. Proceedings of the Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition, IEEE, Edinburgh, Scotland.
4. Garcia, C. and G. Tziritas (1999) Face detection using quantized skin color regions merging and wavelet packet analysis. *IEEE Transactions on Multimedia*, 1(3), 264-277.
5. Gonzalez, R. C. and R. E. Woods (2003) *Digital Image Processing*, 2nd Ed., 556-588, Prentice Hall, New Jersey.
6. Graf, H. P., T. Chen, E. Petajan and E. Cosatto (1995) Locating faces and facial parts. In International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, Zurich, Switzerland.
7. Hsu, R. L., A. M. Mohamed and A. K. Jain (2002) Face detection in color image. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(5), 696-704.
8. Jain, K., Y. Zhong and M. P. Jolly (1998) Deformable template models: A review. *Signal Processing*, 71(2), 109-129.
9. McAndrew, A. (2004) *Introduction to Digital Image Processing with Matlab*, 293-304, Course Technology, Boston, Mass.
10. Moghaddam, B. and A. Pentland (1994) Face recognition using view-based and modular eigenspaces. International Proceedings of SPIE 2257, San Diego, CA.
11. Pentland, A., B. Moghaddam and T. Starner (1994) View-based and modular eigenspaces for face recognition. International Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Seattle, WA.
12. Rowley, H. A., S. Baluja and T. Kanade (1996) Neural network-based face detection. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern



- Recognition, San Francisco, CA.
13. Rowley, H. A., S. Baluja and T. Kanade (1998) Neural network-based face detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20(1), 23-38.
 14. Rowley, H. A., S. Baluja and T. Kanade (1998) Rotation invariant neural network-based face detection. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Santa, Barbara, CA.
 15. Sandeep, K. and A. N. Rajagopalan (2002) Human face detection in cluttered color image using skin color and edge information. Indian Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing, Ahmedabad, India.
 16. Sirohey, S. A. (1993) *Human Face Segmentation and Identification: Technical Report CS-TR-3176*, University of Maryland, USA.
 17. Sobottka, K. and I. Pitas (1996) Face localization and feature extraction based on shape and color information. Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, Lausanne, Switzerland.
 18. Soriano, M., B. Martinkauppi, S. Huovinen and M. Laaksonen (2000) Skin color modeling under varying illumination conditions using the skin locus for selecting training pixels. Proceedings of IEEE Nordic Signal Processing Symposium, Kolmården, Sweden.
 19. Soriano, M., B. Martinkauppi, S. Huovinen and M. Laaksonen (2000) Skin detection in video under changing illumination conditions. Proceedings of the 15th International Conference on Pattern Recognition, Barcelona, Spain.
 20. Sung, K. K. and T. Poggio (1998) Example-based learning for view-based human face detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20(1), 39-51.
 21. Terrillon, J. C., M. David and S. Akamatsu (1998) Detection of human faces in complex scene images by use of a skin color model and invariant fourier-mellin moments. International Conference on Pattern Recognition, Brisbane, Australia.
 22. Turk, M. and A. Pentland (1991) Eigenfaces for recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3(1), 71-86.
 23. Yang, G. and T. S. Huang (1994) Human face detection in complex background. *Pattern Recognition*, 27(1), 53-63.
 24. Yow, K. C. and R. Cipolla (1997) Feature-based human face detection. *Image and Vision Computing*, 15(9), 713-735.
 25. Yullie, A., P. Hallinan and D. Cohen (1992) Feature exaction from faces using deformable templates. *International Journal of Computing Vision*, 8(2), 99-111.
 26. Zhao, L. H., X. L. Sun, J. H. Liu and X. H. Xu (2004) Face detection based on skin color. Proceedings of the Third International Conference on Machine Learning and Cybemetics, Shanghai, China.

收件：95.09.08 修正：95.11.29 接受：95.12.29

