

# 基於顏色和幾何特徵之人臉偵測法則

林國祥  
大葉大學資訊工程學系  
助理教授  
[khlin@mail.dyu.edu.tw](mailto:khlin@mail.dyu.edu.tw)

趙翊傑  
大葉大學資訊工程學系  
研究生  
[jeff241@mail2000.com.tw](mailto:jeff241@mail2000.com.tw)

## 摘要

在本篇論文中，我們提出一個基於彩色與幾何特徵之人臉偵測技術。本論文之人臉偵測法則是由人臉候選區域選取和人臉區域驗證兩個部份所構成。首先，我們利用膚色特徵粗略選取出人臉候選區域。此外，我們亦偵測人眼與其幾何特徵，篩選出可能之人眼配對。因此透過人臉候選區域和人眼配對之結合，可以達到人臉偵測之目標。實驗結果顯示出本論文提出之人臉偵測法則效能良好。

**關鍵詞：**人臉偵測、人眼配對檢測、膚色偵測

## Abstract

In this paper, we proposed a face detection technique based on color and geometrical features. The proposed face detection scheme is composed of face candidate localization and face region verification. We first use a color feature, skin color, to coarsely localize these face candidate regions. Moreover, we detect eyes and calculate the geometrical properties among them to select the possible eye pairs. Therefore, we can detect face regions by combing the face regions and eye pairs. Experimental results show that our proposed face detection scheme can function well.

**Keywords:** Face detection, eye pair detection, skin color detection.

## 1. 前言

人臉偵測技術是視訊監控系統、視訊會議、人臉辨識、表情分析、人臉影像資料庫管理等應用中最基本的處理之一。事實上，這些應用系統的成敗關鍵往往取決於人臉偵測的效能，因此，如何迅速且確實地偵測出影像/視訊中人臉區域是非常重要的。然而，影響人臉偵測的三大主因如下：

- (1) 影響狀態：環境亮度、人臉大小、人臉膚色、光源照射、陰影、人臉的角度等。
  - (2) 人臉外觀：眼鏡、鬍鬚、臉部表情、遮蔽物等。
  - (3) 影像內容：背景複雜度、影像清晰度、影像中人臉的數量等。
- 根據上述說明，人臉偵測是非常重要的且困難的問題。

現今人臉偵測方法大致可以分類為 Color-based, Feature-based, Learning-based 與 Template matching-based 等四種類型。

Color-based approach 是近幾年來廣泛被應用的方法，其理論基礎是利用人類膚色在色彩空間中固定分佈於一定的範圍內，建立一組膚色統計模型，藉由輸入影像 pixel by pixel 與膚色 model 的比對可獲得膚色區域，Color-based approach 優點是執行速度快，但背景出現與膚色相近的景物，可能會產生誤判的結果為此基礎之缺點，其相關文獻有[3][7][10-11]。

特徵擷取式之人臉偵測方式，其理論基礎是利用人臉之特徵輔助偵測人臉，如眼睛或嘴唇，主要應用於影像中單一人臉，且有較高準確性，缺點在於測試影像環境較複雜時，則處理結果不理想，其相關文獻有[1][4][8-9]。

Neural network 為基礎的方法是先分割輸入影像為數個子影像並標準化後輸入 Neural network 的架構做訓練，讓 Neural network 自動分辨人臉或背景，優點為正面且不旋轉的人臉偵測有極佳效果，缺點在於處理人臉的傾斜與旋轉時結果不理想，其相關文獻有[1][5-6]。

Template matching 為基礎之方法，將臉部特徵設定為一個或多個 template，再利用搜尋視窗偵測人臉，Template matching 優點是容易實作，缺點為當考慮臉部方向性、旋轉角度、人臉大小等條件時，執行時間複雜度將提高許多，其相關的文獻有[2][4]。

本論文結合顏色和幾何特徵建構混合式之人臉偵測方法。先以膚色特徵切割出臉孔範圍作為候選區域，再搭配人臉之人眼幾何特徵

的擷取與驗證獲得正確人臉區域。

## 2. 本論文提出之人臉偵測法則

基本上，本論文提出之人眼偵測法則，分成兩個部分：face candidate localization 和 face region verification。首先，在  $YC_bC_r$  色彩空間中，透過膚色檢測篩選出人臉候選區域。為了排除非人臉區域，透過偵測人眼配對驗證人臉候選區域，獲得人臉區域。根據上述，本論文之系統流程圖如圖 1 所示。

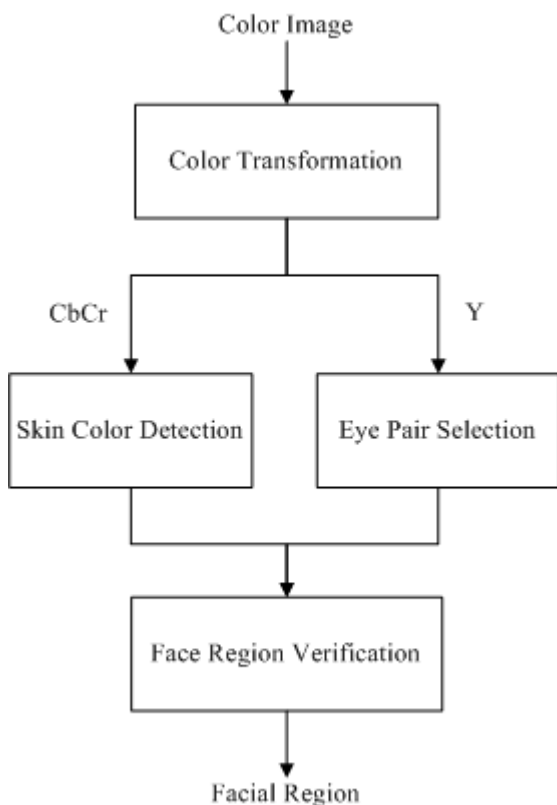


圖 1、本論文提出之人臉偵測系統流程圖

### 2.1 Skin Color Detection

由於目前許多影像和視訊壓縮標準中，均採用  $YC_bC_r$  色彩轉換，故本論文基於 supervised learning 之概念，分析  $YC_bC_r$  色彩空間中膚色分佈之範圍。基於此概念，我們擷取多張人臉影像統計獲得  $YC_bC_r$  色彩分佈之範圍。獲得  $YC_bC_r$  色彩空間中膚色範圍後，則膚色區域可以根據下列公式獲得：

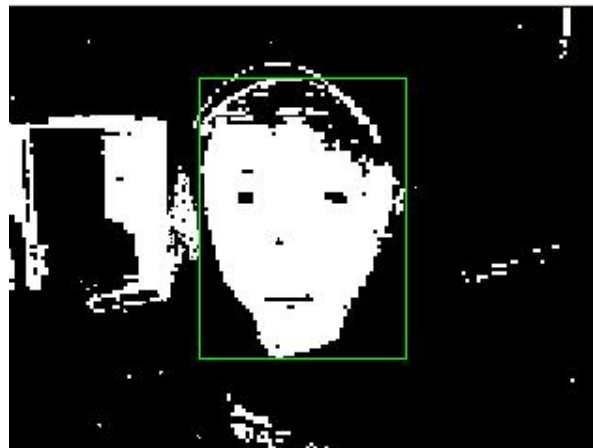
$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & 90 \leq C_b(x, y) \leq 130, 130 \leq C_r(x, y) \leq 160, (1) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中， $B = \{B(x, y)\}$  表示膚色偵測結果；

$C_b = \{C_b(x, y)\}$  和  $C_r = \{C_r(x, y)\}$  表示色差成分。獲得  $B = \{B(x, y)\}$  並且經過 labeling 處理後，根據 Object 面積大小進行遞減排序。圖 2 為膚色偵測之結果。其中圖 2(b) 之矩形框為人臉區域。由圖 2(b) 可以看出，透過膚色偵測可以找出人臉之區域。



(a)



(b)

圖 2、膚色偵測結果：(a) 測試影像；(b) 膚色偵測之結果

### 2.2 Eye Pair Detection

由圖 2 可以看出，背景中可能包含有相似膚色之區域，單純僅使用膚色偵測人臉，會產生許多誤判人臉之區域。事實上，真實人臉區域內包含有人眼、鼻子和嘴巴等，故本論文透過偵測人眼提升整體人臉偵測的效能。為了偵測人眼位置，我們使用 morphological 運算找出可能為人眼區域，後續利用幾何條件式篩選出合適之所有人眼配對。

#### 2.2.1 人眼區域偵測

如我們所知道，人眼區域具有下列特性：人眼近似於球形，並且此球形中心區域灰階值較低於周圍之灰階值。根據此現象並且參考文獻 [7]，我們可以利用 gray-level morphological operation 之 Erosion 與 Dilation 運算凸顯人眼區域之特性，其公式可以描述如下：

$$L_M = \frac{Y(x, y) \oplus g(x, y)}{Y(x, y) \ominus g(x, y) + 1}, \quad (2)$$

其中， $Y(x, y)$  為灰階影像， $\oplus$  為 Dilation operator， $\ominus$  為 Erosion operator， $g(x, y)$  為結構元素，其大小為  $5 \times 7$ ，其形狀為橢圓形矩陣，如下圖 3 所示。可以預期，對於人眼區域， $L_M$  會獲得較高的輸出值；非人眼區域，則會具有較低的數值。

0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0

圖 3、結構元素  $g(x, y)$

事實上，每張測試影像拍攝環境之光源可能有所不同，可能會影響人眼偵測之結果，故我們需要使用適應性門檻值篩選演算法找出可能為人眼之區域。

由於輸入影像經直方圖等化後灰階像素值分佈較為平均且對比較高，有利於後續處理。為了降低環境光源的影響，我們將  $L_M$  進行直方圖等化處理。根據直方圖等化後之  $L_M$ ，取該結果圖數值較高之前 10% 為門檻值，進行二值化。其結果如圖 4 所示。由圖 4 可以看出，經過人眼區域偵測後，可以找出可能為人眼的區域。



圖 4、人眼區域偵測之結果

## 2.2.2 Eye Pair Selection

根據實驗影像觀察得知，人眼特徵經由 Labeling 處理後之 Object，仍然不能確認哪些區域為人眼。事實上，人眼 Object 具有許多幾何結構之特性，利用這些幾何特性可以篩選出人眼配對。本論文提出六組人眼幾何限制條件式：點數大小、人眼 Object 趨近於橢圓形、兩眼相距、人臉傾斜造成人眼之夾角、雙眼之點數比與 Object Compactness。這些幾何條件之相關參數是根據實驗結果所設定。

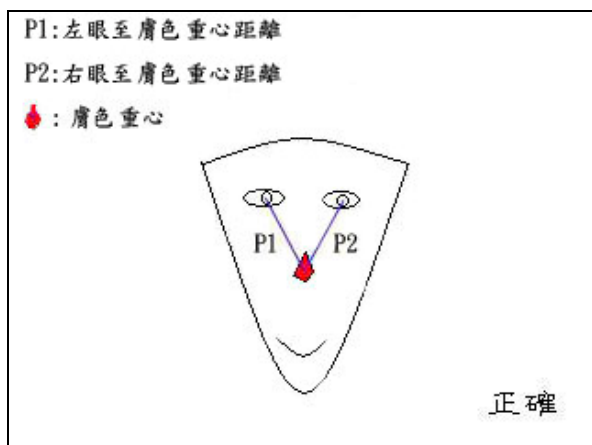
人眼配對之幾何條件說明如下：

- 條件 1：Object 點數必須大於  $0.01 \times N^2$  (其中  $N$  為預設人臉最小範圍 80 Pixels)。
- 條件 2：物件長短軸比例必須大於 1 與小於 2。
- 條件 3：任兩物件之重心距離必須大於  $0.6 \times N$ 。
- 條件 4：兩組人眼配對必須在  $45^\circ$  內。
- 條件 5：兩物件點數比必須介於 0.33 與 3 之間。
- 條件 6：計算各物件之 Compactness，範圍需介於 1 與 3 (其中 Compactness 為物件周長平方除於物件面積)。因人眼物件具有群聚之特性，增加此條件，有效保留類似人眼之集中物件，排除不規則物件。

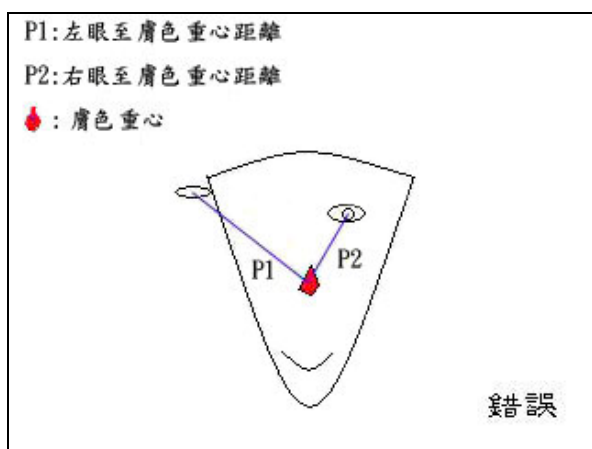
## 2.3 Face region verification

圖 5 圖解說明人臉候選區域與人眼配對結合驗證人臉區域之示意圖。圖 5(a) 為透過人眼配對驗證人臉候選區域之示意圖，圖 5(b) 為人眼配對驗證錯誤之示意圖。事實上，可能有多組人眼配對座落於同一膚色區域內，則以 P1 與 P2 線段和最小值為最主要輸出。所以，人眼區域驗證法則：人眼配對座落於膚色區域且 P1 與 P2 線段之和為最小值，即為人眼配對則輸出該配對並框出人臉範圍。

根據觀察，我們利用兩眼間距離標示出人臉可能之範圍，如圖 6 所示。其中 E1 為左右眼座標位置之 Euclidean distance，且  $E2 = E3 = E4 = E1$ ； $E5 = 2 \times E1$ 。



(a)



(b)

圖 5、人眼配對驗證人臉候選區域之示意圖：  
(a) 正確; (b) 錯誤

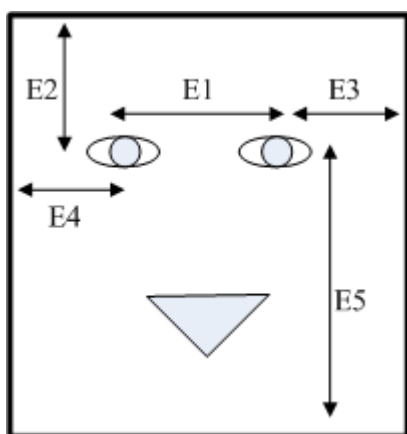


圖 6、根據兩眼間距離，標示人臉區域之示意圖

### 3. 實驗結果

為了測試本論文提出之人臉偵測系統，我們建構一套實驗平台，如表 1 所述。為了驗證本系統於實際環境下的效能，我們透過

Webcam 擷取 234 張彩色影像作為測試影像。每張測試影像之大小為  $320 \times 240$  個像素。這些測試影像中包含多種不同之情況：單一或多個人臉，正面或側面、不同大小人臉等等。

此外，為了評估系統效能，我們採用幾個常見的評估法則：True Positive Fraction (TPF) (also called Recall)、False Negative Fraction (FNF)、False Positive Fraction (FPF)、True Negative Fraction (TNF)、精確率(Precision) 與 F-measure。這些評估法則定義如下：

$$TPF = \frac{N_{otp}}{N_{tp}}, \quad (3)$$

$$FNF = \frac{N_{ofn}}{N_{tp}}, \quad (4)$$

$$FPF = \frac{N_{ofp}}{N_m}, \quad (5)$$

$$TNF = \frac{N_{om}}{N_m}, \quad (6)$$

$$Precision = \frac{N_{otp}}{N_{otp} + N_{ofp}}, \quad (7)$$

$$F\text{-measure} = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}, \quad (8)$$

其中， $N_{tp}$ ：真實人臉個數。

$N_m$ ：真實為非人臉個數。

$N_{otp}$ ：系統檢測為人臉且真實為人臉的個數。

$N_{ofp}$ ：系統檢測為人臉且不屬於人臉的個數。

$N_{om}$ ：系統檢測為非人臉但是屬於真實人臉的個數。

$N_{ofn}$ ：系統檢測為非人臉但是不屬於非人臉的個數。

圖 7 為人臉偵測之實驗結果，圖中綠色框為輸出人臉之位置，紅色區域為人眼偵測之結果。圖 7(a) 為正面人臉偵測之實驗結果。當人臉傾斜時正確偵測人眼與人臉，如圖 7(b) 所示。一般而言，實驗影像之人臉大小為  $100 \times 130$  Pixels，若實驗影像中人臉較小  $80 \times 90$  Pixels，其實驗結果如圖 7(c) 所示。根據圖 7 可以看出，本論文提出人臉偵測法則可以有效框出人臉的位置。

事實上，一張影像中可能出現多個人臉，故本論文也進行相關之實驗測試。圖 8 為兩個人臉之實驗結果。由圖 8 可以看出，處理包含



兩個人臉之測試影像，依然能夠準確偵測出人臉位置。

除了多個測試人臉之外，人臉可能具有傾斜、旋轉或縮放的現象，故本論文也進行多種情況之測試，其實驗結果表列於表 2 中。根據表 2 所示，單張人臉之正面與旋轉  $\pm 30^\circ$  影像 True Positive 為 91.9%與 94.5%。人臉大小  $120 \times 170$  Pixels 情況下，TPF 為 96.9%。多張人臉之正面影像時，TPF 為 90%。無人臉之測試影像時，TNF 為 90%。總和 234 張實驗影像包含 219 個測試人臉，其 TPF 為 91.8%。根據表 3 所示，精確率與 F-measure 分別為 99%與 94.8%。根據表 2 和表 3 之結果可以觀察出，本論文提出支人臉偵測法則可以有效偵測出人臉，並且正確地框出人臉的位置。

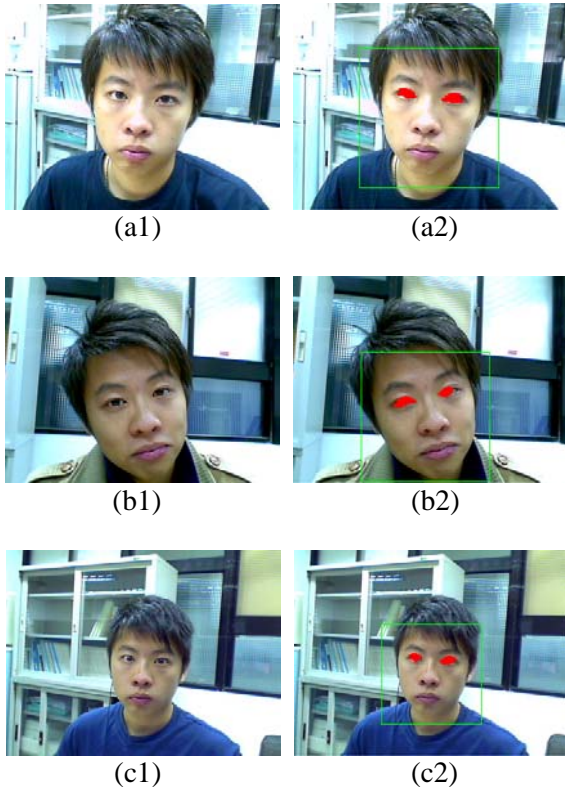


圖 7、測試影像與實驗結果

(a1) 正面原圖

(a2) 人眼與人臉偵測之結果

(b1) 傾斜原圖

(b2) 人眼與人臉偵測之結果

(c1) 人臉大小  $80 \times 90$  原圖

(c2) 人眼與人臉偵測之結果

雖然，本論文提出之偵測法則可以有效偵測人臉，但是假若閉上眼睛情況下，則不易偵測人眼，也不易正確偵測人臉，其比例約佔 3%。當人臉傾斜時，容易判定單一眼睛與其他

區域為人眼特徵組合，造成傾斜時人臉情況下，TPF 的比例較低。圖 9 為人臉傾斜之實驗結果。



圖 8、兩張人臉測試影像人眼與人臉偵測之結果



圖 9、人臉傾斜時偵測錯誤之結果圖

#### 4. 結論

在本篇論文中，我們提出一個基於彩色與幾何特徵之人臉偵測技術。本論文之人臉偵測技術是由人臉候選區域與人臉區域驗證。我們首先利用膚色之彩色特徵粗略定義人臉候選位置。此外，我們偵測眼睛與計算幾何特性篩選可能的人眼配對。因此，我們可以利用人臉區域與人臉配對偵測人臉區域。

本論文利用 Webcam 擷取 234 張測試影像，TPF 與 Precision 分別為 91.8%和 99%。實驗結果顯示，本論文提出之人臉偵測法則效能良好。

#### 參考文獻

- [1] Chin-Chung Han, Hong-Yuan Mark Liao, Kuo-Chung Yu, and Liang-Hua Chen, "Fast Face Detection Via Morphology-based Pre-processing," *Pattern Recognition*, Vol.

- 33, pp.1701–1712, 2000.
- [2] S. Hayashi and O. Hasegawa, “A Detection Technique for Degraded Face Images,” *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE Computer Society*, Vol. 2, pp. 1506–1512, 2006.
- [3] Huynh Nguyen Duy Nhan, Pham The Bao, “A New Approach to Mouth Detection Using Neural Network,” *International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns*, pp.616–619, 2009.
- [4] J. G. Wang and T. N. Tan, “A new face detection method based on shape information,” *Pattern Recognition Letters*, Vol. 21, pp. 463–471, 2000.
- [5] J.-S. Jang and J.-H. Kim, “Fast and robust face detection using evolutionary pruning,” *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 12, No. 5, pp. 562–571, 2008.
- [6] L. Goldmann, U. J. Monich, and T. Sikora, “Components and Their Topology for Detection in the Presence of Partial Occlusions,” *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Vol.2, No.3, Sep, pp. 559–569, 2007.
- [7] L. Zhao, X. Sun, and X. Xu, “Face detection based on facial features,” *Proceedings of the International Conference on Signal Processing*, Vol.3, Nov, pp. 16–20, 2006.
- [8] M. Hassaballah and Shun Ido, “Eye Detection Using Intensity and Appearance Information,” *IAPR Conference on Machine Vision Applications*, pp. 20–22, May, 2009.
- [9] M. Turkan, M. Pardes, and A.E. Cetin, “Edge Projections for eye localization,” *Optical Engineering*, Vol. 47, pp. 047007-1–047007-6, 2008.
- [10] Olugbenga Ayinde, and Yee-Hong Yang, “Region-Based Face Detection,” *Pattern Recognition*, Vol. 35, pp. 2095–2107, 2002.
- [11] P. S. Hiremath and A. Danti, “Detection of Multiple Faces in an Image Using Skin Color Information and Lines-of-Separability Face Model,” *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol. 20, No. 1, pp. 39–61, 2006.
- [12] Wei-Che Chen, and Ming-Shi Wang, “Region-Based and Content Adaptive Skin Detection in Color Images,” *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol. 21, No. 5, pp. 831–853, 2007.

表 1 實驗平台

CPU	Intel Core 2 Quad CPU Q6600 2.4GHz
RAM	DDR2 2.0 GB
O.S.	Microsoft Windows XP
Compiler	Borland C++ Builder 6
Webcam	Logitech Quick Cam Pro 5000

表 2 各種情況下人臉偵測之結果

實驗影像		$N_{tp}$	$N_{tn}$	$N_{otp}$	$N_{om}$	TPF	TNF
單張人臉	正面：99 張	99		90		91.9%	
	旋轉 $\pm 30^\circ$ ：55 張	55		52		94.5%	
	傾斜 $\pm 45^\circ$ ：55 張	55		49		89%	
	人臉大小 $80 \times 90$ ：30 張	30		25		83.3%	
	人臉大小 $100 \times 130$ ：80 張	80		71		88.7%	
	人臉大小 $120 \times 170$ ：99 張	99		96		96.9%	
多張人臉	正面：5 張	20	18	90%			
無人臉	測試影像：20 張		20		18	90%	

表 3 整體系統效能

實驗影像	TPF	Precision	F-measure
單張與多張人臉測試影像：214 張含 219 個人臉 無人臉測試影像：20 張	91.8%	99%	94.8%