

藉由膚色偵測輔助的快速人臉偵測系統

Fast face detection system assisted by Skin color detection

黃樹林 張創然 陳致豪 李柏翰
Shu-Lin Hwang Chuang-Ran Jhang Chih-Hao Chen Bo-Han Li

摘要

電子商務中最重要的關鍵就是如何確認雙方身份識別，以保證通信雙方身份的不可抵賴性，典型的技術主要有基於數位簽章的識別技術和根據個人不同的生物特徵(如人臉、視網膜等)來鑑定個人身份的生物特徵識別技術，其中人臉辨識一直都是熱門的技術，而影響人臉辨識效率最大的是前期的人臉偵測，因此在影像中能快速的偵測出人臉是一個重要的課題。本文提出一個針對動態影像的快速人臉偵測系統，實作的方法分為兩部份，首先以 P.Viola 與 Rainer Lienhart 學者提出的特徵搜尋串接分類器(Cascade)在連續影像中做前偵測，並將偵測到的人臉區塊作膚色分析，第二部份以膚色分析所獲得的參數來作膚色偵測，接著使用一複雜度較低的分類器作快速的特徵比對，如此可以降低膚色偵測時的環境影響，降低維度後也不必再使用複雜度高的分類器。實驗以一個公開的人臉樣本--喬治亞理工學院人臉資料庫進行效能的分析。實驗結果顯示，本文所提的方式，藉由膚色分析的輔助能利用一個低效能的分類器實作較快速且精準的人臉偵測系統。

關鍵詞：膚色偵測、人臉偵測、動態影像、分類器、特徵比對。

ABSTRACT

The key to e-commerce is confirming the identity of trading parties to ensure the non-repudiation of the communicating parties. The typical technologies include the digital signature-based identification technology and the biometric identification technology to identify individuals on the basis of different biological features (e.g., face, retina). Face recognition has been a popular technology, and the recognition efficiency is subject to the pre-stage face detection. Hence, it is important to achieve rapid detection of faces in images. This study proposed a fast face detection system targeting at dynamic images. The implementation method is composed of two parts: 1) conduct the pre-detection in the consecutive images using the feature detection cascade classifier proposed by P. Viola and Rainer Lienhart, and analyze the skin color of the detected face block; 2) conduct skin color detection by using the parameters obtained from skin color analysis, and then conduct rapid feature comparison using a classifier of lower complexity to reduce the environmental impact at the time of skin color detection. In addition, there is no need to use the classifier of high complexity after the lowering of dimension. This experiment conducted the performance analysis using an open face sample--George Institute of Technology Face Database. The experimental results indicated that the proposed method using a low performance classifier, along with skin color analysis, can make a relatively fast and accurate face detection system.

Keywords: Skin color detection, face detection, dynamic images, classifier, feature comparison

一、前言

隨著金融機構電子化、自動化程度提高，各種系統的不安全因素也隨之增加，金融資訊安全問題日趨突出。如：以刷卡方式驗證身份的合法性，不但密碼記憶麻煩而且易被洩漏、盜用，卡片易遺失、發生問題責任不清。隨科技的進步，我們可利用電腦視覺技術，透過影像建立生物識別系統，以人臉辨識系統替代密碼驗證身份，能有效提高電子商務交易的安全性。本文的研究目標是如何在影像系統中快速的偵測出人臉，目前的人臉偵測技術大致分成：(1)以色彩為基礎的方式，以膚色偵測人臉位置[1]；(2)針對影像進行人臉特徵搜尋的方式，從影像中搜尋出感興趣的目標物[2]。但上述兩種方法仍有問題要克服，例如膚色偵測的結果除了在人種不同的情況下產生變化，往往容易受到環境的變化(燈光顏色、亮度)影響其準確度，而使用特徵搜尋雖然能較為精準，較不易受到環境光線影響，但通常維度越大需要花越多的時間一一的檢測特徵。為了實作一個快速且準確人臉偵測系統，本文提供了一個方法可以有效地結合膚色和特徵兩種技術，並適用於動態影像中檢測人臉。

二、背景知識與方法說明

2.1 人臉偵測原理概述

AdaBoost 是由 Freund and Schapire 兩位學者所提出的分類法[3]，主要目的為改善任何一種二分類演算法的準確率。而本文所使用的人臉偵測正是一個以特徵為基礎基於 AdaBoost 的方法，人臉的五官會因為光照產生明或暗的區塊，因此我們能以一些矩形的特徵來檢測人臉，如圖 1。

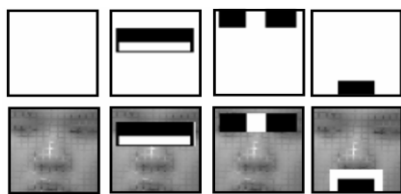


圖 1 矩形特徵與人臉偵測時所選擇的特徵

將矩形作為人臉檢測的特徵向量，稱為矩形特徵，Viola 將積分影像(Integral Image)概念應用到矩形特徵值的計算上[4]，由 Haar 小波轉換延伸出 Haar like 矩形特徵，定義許多特徵模板，之後學者

Rainer Lienhart 更進一步加強特徵的形式，加入了 45 度角的特徵。

Paul Viola 提出串接式(Cascade)決策分類器，其目的在於能夠增加偵測率與減少計算複雜度，快速計算出矩形特徵值後，採用 Adaboost 方式來訓練特徵值，並找出此階層該特徵形式決策時所用到的那些門檻值，換句話說會為了某一個特有之特徵形式做 Adaboost 的建模，而此次的建模即為串接式決策分類器的其中一個階層(stage)，故每一個特徵形式之集合可以去訓練出一個階層的 Adaboost 分類器，將各階層連結後就是所謂的串接式決策分類器(Cascade)。

2.2 膚色偵測與色彩空間

人類的膚色往往跟背景會有一定程度的差異，所以膚色常常被當作是人臉偵測的重要特徵之一。一般得到的影像資訊多為 RGB 三原色所構成，若使用 RGB 三原色來找尋膚色，容易因為光線的影響而無法確實偵測到膚色，所以 RGB 空間並不適合來表示膚色，適合表示的色彩空間，如 XYZ、YIQ、YUV、HSV、HIS 等等，都是常常被使用的，在 Shin 的研究中提到[5]，在這些色彩空間內的膚色分類問題，不管色彩空間如何變換，膚色和非膚色的可分性並沒有顯著變化，因此色彩空間的選擇對於膚色偵測並無太多影響。一般膚色偵測分為兩種基本類型(1)基於統計的模型，主要包括空間轉換和膚色建模[6]，(2)基於物理的方法，在膚色檢測中引入光照與皮膚間的相互作用，透過膚色反射模型和光譜特性進行檢測[7]。

三、實驗系統架構

如 2.1 所述，由 Viola 所提出基於 AdaBoost 的人臉偵測，因為積分影像的方法而能快速計算出 Haar-Like 矩形特徵，並且透過 Cascade 分類器，對影像一一的檢索特徵，因此能有很高的偵測率，但正因為需要對整個影像檢索特徵，所以偵測時間相當長。本文利用膚色偵測實作一個兩階段式人臉偵測法應用於動態影像中，透過膚色偵測的過濾減少影像維度，能達到縮短偵測時間以及降低錯誤率的效果。

3.1 人臉偵測流程

根據 2.1 由 Viola 所提的方法，透過訓練的方式取得一個以人臉為特徵的分類器，並利用 OpenCV 中的函式 `cvHaarDetectObjects ()` [8] 設計一個人臉偵測的流程，如圖 2。

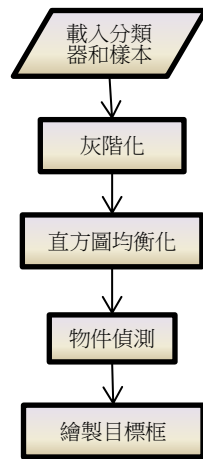


圖 2 物件偵測流程圖

3.2 膚色建模與分析

實作膚色偵測時需要給予一組膚色參數，為了讓這組參數在不同影像中都能具有適應性，我們需要分析影像中的膚色區塊，流程如圖 3。

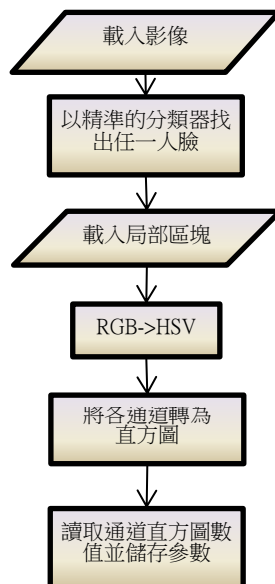


圖 3 膚色建模流程圖

膚色建模方式利用影片連續的特質，直接在影片前期使用一精準的人臉偵測器抓取人臉區塊，再透過直方圖分析該區塊中的膚色數值，如此取得的膚色參數，當光照或人種膚色的樣本不同時，在轉為二值圖時，能有較一致的結果，如此在實作形

態學時只需一種流程就可以適用大部分樣本。基於嘴巴周圍較不會有髮色以及眼鏡反光的影響，我們將以此作為膚色建模的取樣區塊，如圖 4 框所示。

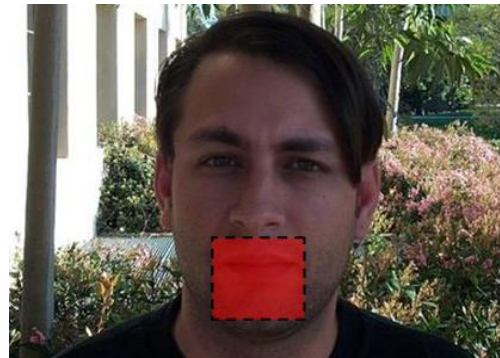


圖 4 人臉膚色框選位置

影像轉換到 HSV 空間後，將各通道轉換為直方圖，如圖 5、圖 6、圖 7，讀取並過濾數值後存入膚色變數中。

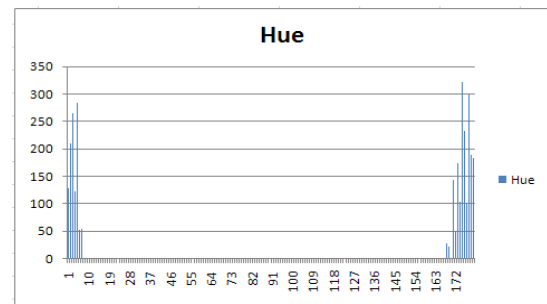


圖 5 HSV 之 Hue 直方圖

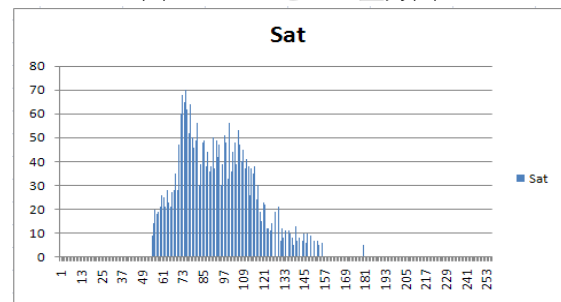


圖 6 HSV 之 Saturation 直方圖

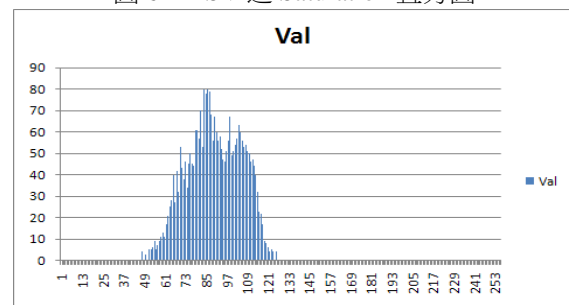


圖 7 HSV 之 Value 直方圖

3.3 膚色偵測流程

本文根據[9]實作一個膚色偵測，將色彩空間轉換到 HSV，並設計了一流程如圖 8。

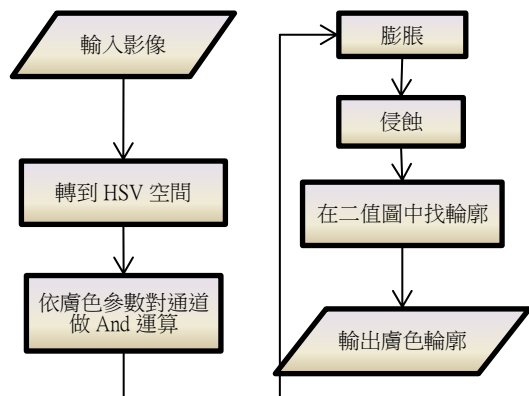


圖 8 膚色偵測流程圖

獲得膚色參數後，將輸入的影像轉到 HSV 空間，依照膚色參數來過濾影像，並框選膚色區塊，如圖 9。



圖 9 膚色偵測結果(左:二值圖,中:形態學後,右:畫出的輪廓)

3.4 實驗方法流程圖

本文提出一個適用於動態影像的兩階段式人臉偵測系統，實作的方法主要分為兩部份，首先程式載入影像，在連續影像中的第一張影像先用一個複雜度、偵測率較高以人臉為特徵的分類器進行偵測，直到找出任一人臉，這是相當耗費時間的一個步驟，但根據經驗，往往能在第一個影像就偵測到人臉，接著針對該人臉區塊局部分析膚色，再利用這組膚色參數對剩餘的樣本做膚色偵測，在找出膚色區塊後針對這些膚色區塊以快速的人臉偵測法在膚色區塊中偵測。這樣的膚色檢測方式在各種光源、不同膚色的樣本下將可以有很高的適應性，而之後的快速人臉偵測因為經過膚色的過濾，所以可以使用較少弱分類器數量，如此可以使偵測更精簡速度更快。

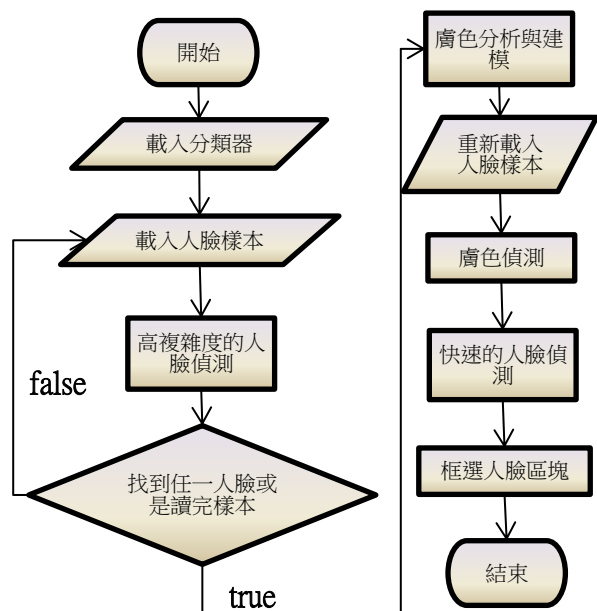


圖 10 實驗方法流程圖

四、實驗環境

4.1 電腦規格

本實驗電腦使用的 CPU 是 Intel Q9400 時脈 2.66GHz 四核心，記憶體 3.5GB，作業系統使用 Windows XP Professional SP3，OpenCV 版本則是 2.0 版。

4.2 人臉資料庫

由於所使用的方法，需要在一段連續的影片中做偵測，我們在實驗中使用的測試樣本是喬治亞理工學院提供的人臉資料庫，詳細資料如表 1。

表 1 喬治亞理工學院人臉資料庫內容

拍攝人數	50
每人拍攝張數	15
總張數	750
影像解析度	640*480
影像色彩	彩色
人種	黑種人、白種人、黃種人
影像格式	JPEG
人臉方向	正向、傾斜、側轉
表情變化	有
影像背景	於室內中人坐在木櫃前
光線條件	均勻
相似色彩	木櫃與膚色有相似色彩

使用喬治亞人臉資料庫是因為該資料庫不僅有各種人種、表情、姿勢，而且同一個人的樣本就像是一個連續影片般，除了人像的動作改變，其餘

的背景、光線條件皆無變動，且人像皆在一個與人臉膚色相近的木櫃的前面，這對於膚色偵測是相當有挑戰性的，如圖 11。



圖 11 喬治亞理工學院人臉資料庫

4.3 分類器分析

在系統中我們有兩種人臉偵測。一種是高複雜度、精準但耗時，由學者 Rainer Lienhart 提供的分類器 alt2，其弱分類器數有 1047 個。另一個快速的分類器是由 Shiqi Yu[10]所提供，以眼睛為特徵訓練的，其弱分類器數有 523 個，簡稱 eye。我們以喬治亞人臉樣本測試這兩個分類器，數據如表 2、表 3，eye 的偵測速度僅花費 alt2 約一半的時間，但因 eye 的偵測率本來就比 alt2 要來的差，而且錯誤率也高很多，所以實際偵測率比 alt2 低 (Scale factor 分別 1.1:11%、1.2:20%、1.3:14%)。

表 2 alt2 分類器數據

分類器	alt2		
Scale_factor	1.1	1.2	1.3
偵測率(%)	96.8	96.1	93.7
錯誤偵測率(%)	25.8	6.4	1.9
實際偵測率(%)	70.9	89.6	91.7
平均偵測時間(ms)	507	264	199

表 3 eye 分類器數據

分類器	eye		
Scale_factor	1.1	1.2	1.3
偵測率(%)	90.1	86.4	83
錯誤偵測率(%)	31	17.1	5.8
實際偵測率(%)	59	69.2	77.2
平均偵測時間(ms)	250.1	142	108

五、實驗討論

5.1 人臉偵測量測標準

目前大多數人臉偵測系統之偵測率的計算方式為將正確偵測框與錯誤偵測框數分開來討論。如表 4。一個理想的人臉偵測系統要有高偵測率及低錯誤率，因此可以以實際偵測率評估之。

表 4 人臉偵測量測標準表

(1)	偵測率=正確偵測框數/總人臉數
(2)	實際偵測率=偵測率-錯誤偵測框率
(3)	錯誤偵測框率=錯誤偵測框數/所有偵測框數
(4)	所有偵測框數=正確偵測框數+錯誤偵測框數

5.2 以膚色偵測輔助高階層分類器之數據分析

表 5 是以膚色偵測輔助高階層分類器之數據分析，比較表 5、表 2，實際偵測率除了在 scale_factor=1.3 沒有增加以外，其餘皆有提昇，而偵測時間縮短許多 (Scale factor 分別 1.1:30.5%、1.2:24.6%、1.3:20.2%)。

表 5 膚色偵測+Alt2

Scale_factor	1.1	1.2	1.3
偵測率(%)	95.8	94.8	93
錯誤偵測率(%)	17.5	4.2	1.2
實際偵測率(%)	78.3	90.5	91.7
平均偵測時間(ms)	352	199	158.8

5.3 以膚色偵測輔助低階層分類器之數據分析

表 6 是以膚色偵測輔助低階層分類器之數據分析，表 5 中雖然偵測時間減少許多，但實際上還是要花費 158(ms)以上，不足以處理即時影像，因此我們以 eye 分類器來作實驗。比較表 6、表 3，實際偵測率也在 scale_factor=1.1、1.2 時稍有提昇，scale_factor=1.3 時則稍微下降，但偵測時間減少許多 (Scale factor 分別 1.1: 73.5%、1.2:65.9%、1.3:60.9%)

表 6 膚色偵測+eye

Scale_factor	1.1	1.2	1.3
偵測率(%)	87.8	82.8	79.4
錯誤偵測率(%)	9.8	6.4	3.2
實際偵測率(%)	78	76.3	76.2
平均偵測時間(ms)	66.1	48.3	42.2

5.4 實驗結果分析討論

我們提供的方法主要是要提昇在影片中的人臉偵測的實際偵測率，一般直接使用分類器在影片中偵測，若平台效能不足，一定會造成畫面延遲。

圖 12 是兩種分類器不使用膚色偵測輔助直接偵測，偵測率與實際偵測率的折線圖，圖 13 是以膚色偵測輔助兩種分類器，圖 14 是各方法的平均偵測時間折線圖。在喬治亞樣本的實驗中，加入膚色偵測輔助，除了能保有實際偵測率，其偵測速度因為維度的縮小，能大大地增快，當我們以 eye 替換 alt2 時，儘管實際偵測率沒 alt2 高(整體實際偵測率約 76%)，但在偵測時間能更大幅度的縮短(1.1: 81.2%、1.2:75.7%、1.3:73.4%)。

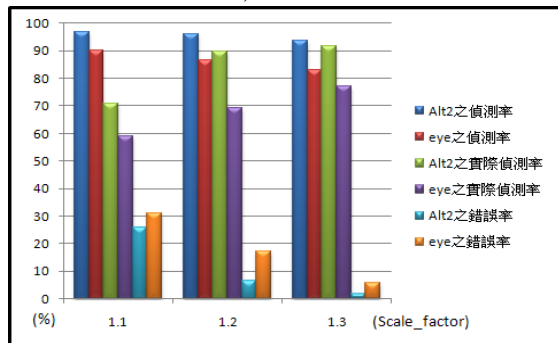


圖 12.兩種分類器直接偵測的折線圖

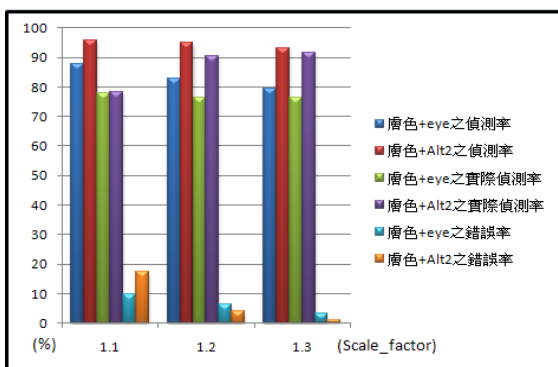


圖 13.以膚色偵測輔助兩種分類器的折線圖

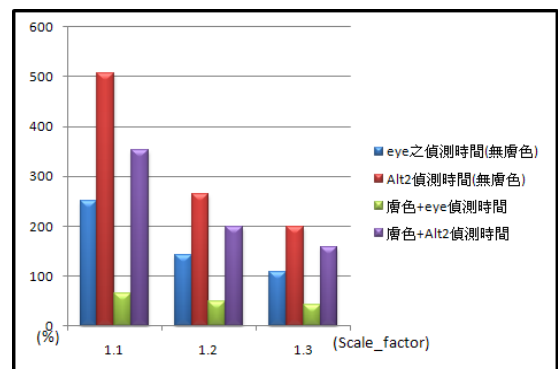


圖 14.各方法的平均偵測時間

六、結論

本文中所提的方法主要是以膚色偵測作為輔

助，實驗中無論是使用何種分類器，都能夠在實際偵測率損失很低的情況下，縮短偵測時間。文中更以高階、低階兩種分類器作比較，低階分類器(eye)利用待搜尋目標較小的特性，能夠更縮小維度，使得偵測速度能有更多幅度的提昇。未來會將方法實作到動態的影像中，並且比較在不同的相機與鏡頭類型是否都能保有高偵測率，其次也會針對多人的影像做測試。

參考文獻

1. Chen Duan Sheng, Liu Zheng Kai, A Survey of Skin Color Detection. Chinese Journal of Computers, 2005
2. Yi Ting Huang, Cheng Cheng Chin Chiang. Real-Time Detection of Multiple Faces Using Rule-based Methods. Dong-Hwa University Taiwan, 2002
3. Richard O. Duda, Peter E.Hart, and David G. Stork, Pattern Classification, WILEY, Second Edition, 2001.
4. P. Viola and M. J. Jones, Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features, in Proc. of the IEEE Computer Society International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001
5. Shin, M.C.; Chang, K.I.; Tsap, L.V., Does colorspace transformation make any difference on skin detection?, In Proc. IEEE Workshop on Application of Computer Vision, 2002
6. Yang J., Lu W., Waibel A. Skin color modeling and adaptation. In: Proceedings of the 3 Asian Conference on Computer Vision, Hong Kong, China, 1998
7. Storrang M., Andersen H., Granum E., Physice-based modeling of human skin under mixed illuminants. Journal of Robotics and Autonomous Systems, 2001
8. OpenCV Reference Manual v2.1, 2010
9. V.A. Oliveira, A. Conci., Skin Detection Using HSV color space, Computation Institute Universidad Federal Fluminense, 2009
10. OpenCV 中文網站, <http://www.opencv.org.cn/index.php>