

以近紅外線在配戴眼鏡下的眼瞼偵測方法

盧致勳
長庚大學電機所
m0021016@stmai
l.cgu.edu.tw

謝堯洋
長庚大學電機所
yshieh@gmail.com

摘要

相較於可見光影像，近紅外光影像的好處是，它可以在大多數的罪行發生時的夜間採集圖像。通常近紅外光攝影機/夜間監視系統配備了內建紅外光源甚或外加高功率紅外光源以改善圖像品質。但這些額外照明光源會在入侵者臉部的原始圖像上相互疊加，形成了非常明亮的斑點而造成干擾。

準確偵測眼瞼是識別人臉非常有效的方法。它也可用於偵測駕駛員的眼睛是否全開或半開或勉強開，以評估汽車司機的疲勞程度。當入侵者戴著眼鏡時，明亮斑點的干擾非常嚴重。因為眼鏡片對紅外線燈產生非常強烈的鏡面反射，而不是漫反射。此時如何從嚴重受干擾圖像中正確勾勒眼皮輪廓，乃是一個具有挑戰性的任務。在本文中，我們已經開發出一種多方向對比檢測和 Bezier 曲線擬合的新演算法，得以從紅外線燈所產生的嚴重干擾圖像中，正確勾勒眼皮輪廓。初步的試驗結果是非常成功的，眼瞼在 10 個測試用例子中都被正確地勾勒出來。

關鍵詞：近紅外線、眼瞼、疲勞駕駛。

Abstract

Near infrared imaging has the benefit over visible light imaging in that it can acquire images during the night time when most of crimes occurred. Very often, built in internal infrared light source and external high-power IR illuminators are used to improve image quality. But the existence of built-in internal as well as external IR illuminators results in very bright spots of these light sources superimposed onto the original images of potential intruders' faces for which our night-time surveillance system is searching.

Accurate outlining of eyelids is very effective in achieving human facial recognition. It can also be used to assess the

degree of fatigue of automobile drivers by determining whether the driver's eyes are full open or half open or barely open. It is a challenging task to outline eyelids correctly if their image has been severely corrupted by bright spots of IR illuminators. Such severe corruption occurs when the intruder wears glasses because glasses produce very strong specular reflection of the light of IR illuminators rather than diffuse reflection. In this paper, we have developed a novel algorithm based on contrast detection along multiple directions and Bezier curve fitting for the purpose of accurate outlining of the eyelids in the presence of severe artifacts arising from IR illuminators. Preliminary results are very promising in that all of 10 test cases have been correctly outlined based on human judgment.

Keywords: Near-infrared, eyelids, fatigue detection.

1. 前言

在低光源的環境下利用紅外線照明拍攝來產生夜視圖像是一種主流的方法，藉由 SONY 夜視攝影機等...的消費性設備價格逐漸降低而有利於系統建置。在一般的情況下，紅外線光源置於該夜視攝影機中，以增加低光源場景的強度，以獲得可接受的成相品質。

外部增加使用主動式紅外線燈，可用於照亮場景環境進一步改善成像品質，利用主動式紅外線燈的好處是，紅外線光完全不可見，因為人眼的可見波長範圍為 390~700nm，而近紅外線波長範圍為 700~1400nm，因而可成為夜晚監視系統的主要使用方法。另一方面，當紅外線光源投射到鏡面時，必然會形成反射，在影像上形成一大光斑(Flare spot)造成辨識時的干擾。而本文的紅外線辨識系統包括搜尋這些非常明亮的光斑加以處理。

眼瞼追蹤的準確性在人臉辨識系統的應用

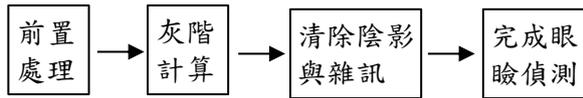


圖 1. 眼臉偵測的步驟。

中是非常有用的。而正確勾勒出眼臉邊緣，也是一個有挑戰性的方向，當人眼影像受到紅外線光源投射的影響，瞳孔會出現部分的反射光斑，但當被拍攝者有配戴眼鏡時，這個問題往往會是更糟糕的呈現。因為眼鏡透過紅外線所產生的是強烈的反射，而非漫射，加上影像上原本就有的眼鏡框、陰影、雜訊、動態模糊等干擾，揭示需要考慮的因素。

本文中，第二節為眼臉偵測的預前處理，以及各步驟地相關方法介紹(如圖 1)。第三節為眼臉偵測方法的步驟描述，(1)找出可能的上眼臉特徵值，(2)過濾非實際特徵的陰影與雜訊，(3)將得出的特徵值座標重新繪製成平滑的曲線。第四節為本文的結論，討論尚未解決的問題及未來的可繼續研究的方向。

2. 相關研究

人臉辨識的第一步為人臉偵測，當前主流的方法為 Paul Viola 和 Michael Jones [1]所提出的 Viola-Jones detector 方法，有較佳的偵測率以及攝影環境容忍度(如圖 2)。

在偵測到人臉後，Chenyu Wu 等人[6]利用一群有戴眼鏡與沒有戴眼鏡的人臉影像進行訓練，用來分辨目前圖像上眼鏡框的置，對該區域進行近似修補後，貼回要修復的人臉影像上。J Chang [8]提出以 AAM 的方式進行眼鏡區域的提取，先以手動標記特徵點建立特徵資料庫，對點與點之間的三角函數關係進行訓練，好處是在動態的情況下對，未知的人臉進行推演得到準確的標記位置，從而得到正確的眼鏡位置與區域。因疲勞駕駛上正面人臉為主

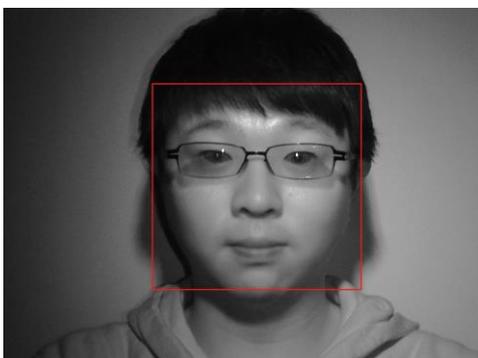


圖 2. Viola-Jones detector。

要判定依據，在此建議以 C. Wu 等人[7]則利用

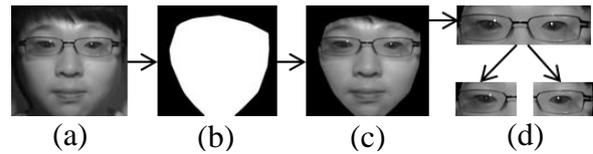


圖 3. 臉臉型遮罩。(C)將遮罩對應到人臉上。(d)以眼睛反光斑決定眼鏡區域，在分割出左右眼鏡區域。

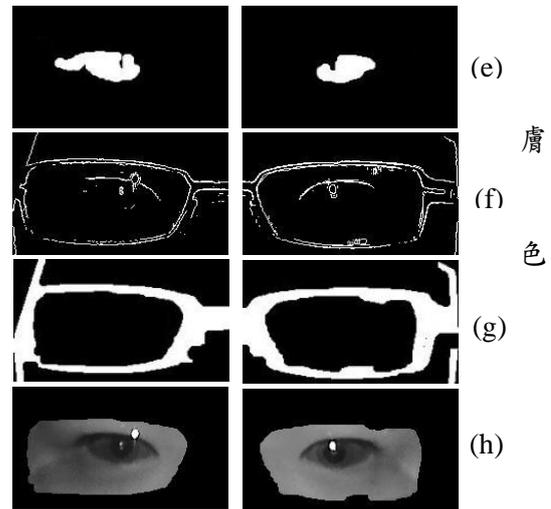


圖 4. (e)利用膨脹/侵蝕消除鏡框突顯眼睛區域。(f)對區域做邊緣偵測。(g)得出封閉的眼鏡內框區域遮罩。(h)將遮罩對應至影像上。

與二值化得到五官位置的方式，來除去人臉五官的部分進而能得到眼鏡的區塊，方便得出左右兩眼的眼鏡區塊(如圖 3)。

其中在以紅外線光譜拍攝下可以方便得出明顯的眼睛瞳孔位置來進行檢測。Qiang Ji 等人。[12]設計了一個使用主動式紅外線照明的即時監測系統，用來監視駕駛的疲勞程度。利用在紅外線照射下瞳孔會產生亮點的特性為基礎，使用 Kalman filter 與 mean shift 追蹤眼睛[13]。進一步得出眼睛的兩端特徵點與瞳孔的形狀(如圖 4)。

過去眼臉的追蹤方法常見於疲勞駕駛辨識與虹膜辨識的研究上，疲勞駕駛上常用以眼睛模板[10]、二值化型態[11]等方式，再以眼睛開闔大小的過程，使用分類器來區分疲勞程度，虹膜辨識方面則有 Daugman 提出[14]利用積分演算的方式、提出[15] hough transform 結合與 Edge detection 的方式及利用膚色與眼球內外差異[9]得出眼臉的特徵位置，完成眼臉的追蹤。

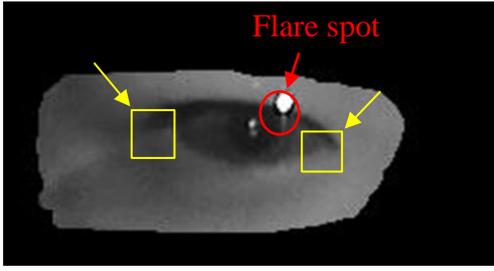


圖 5. 眼瞼曲線兩端的灰階分布。眼瞼左端 S_1 值最大;眼瞼上端 S_2 值最大;眼瞼右端 S_3 值最大。

3. 實驗方法與結果

3.1 灰階值計算

在得出單一眼睛區域的圖像後，須先將圖像上的光斑(圖 5)挖除，以避免後續計算時在光斑附近產生非真實輪廓的數值，而導致錯誤的特徵點。眼瞼曲線在左右眼角末端往下垂，導致使用單一垂直方向最大對比偵測法(maximum contrast along vertical direction)效果不盡理想，因此本文將最大對比偵測法從單一垂直方向(90°)擴充到垂直及±45°三個方向，如此在眼瞼左右兩端也能得到良好的偵測結果(如圖 5)。

因此本文沿著 45°、90°、-45°三種角度分別計算其最大對比，如圖 6 所示。以 3×3 矩陣將(S_1 、 S_2 、 S_3)兩端的 Pixel 值相減，可得到新的 Pixel 值(1-1、1-2、1-3)，在這 3 個全新的矩陣中找出各列(columns)的最大峰值(Max $_c$)及其座標位置(x, y) $_c$ ，並標示成紅點如圖 7.(i)、(j)、(k)。

$$S_1 = x_1 - x_6 \quad (45^\circ) \quad (1-1)$$

$$S_2 = x_2 - x_5 \quad (90^\circ) \quad (1-2)$$

$$S_3 = x_3 - x_4 \quad (-45^\circ) \quad (1-3)$$

就偵測效果而言，90°方向有助於決定眼瞼曲線的中央部分，而45°及-45°則分別用來決定眼瞼曲線的左右端。若以單一個角度來做計算，則會丟失不少辨別眼瞼位置的特徵資料。

x_1		
	S_1	
		x_6

45°

	x_2	
	S_2	
	x_5	

90°

		x_3
	S_3	
x_4		

-45°

圖 6. 透過 3 種不同的 Pixel 相減方式，找出可能的特徵值。

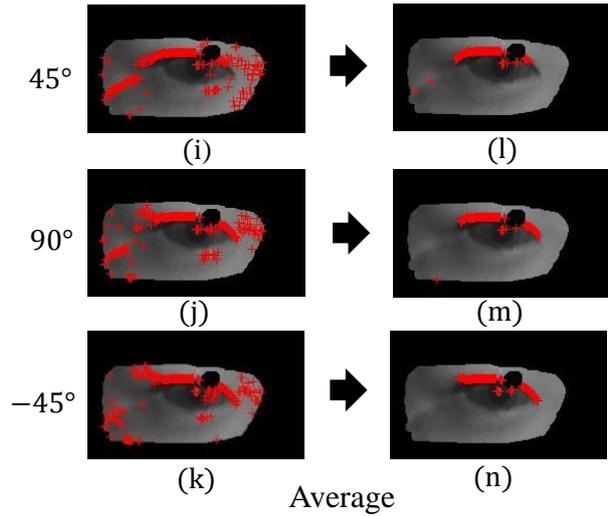


圖 7. 左邊所有的紅色點取其平均 AVG_1 、 AVG_2 、 AVG_3 ，將數值低於平均的紅點刪除，標示於右邊。由右圖可知，(l)包含左邊的眼角但無右邊的眼角邊緣，(m)、(n)亦有不同。

3.2 清除陰影與雜訊

從以上這些的特徵點中，擷取最主要特徵點，在本文中影響的偵測成功的問題有：

1. 使用紅外線使鏡面形成的反射光斑。
2. 眼鏡或光源形成的陰影。
3. 拍攝時造成的雜訊。

因此計算圖 7. (i)全圖的 S_1 的平均值為 AVG_1 ，圖中任何最大峰值點(x, y) $_c$ ，若其數值低於 AVG_1 值的點，將被認為是雜訊而予以刪除。刪除後得到圖 7.(l)的結果，同樣的作法可應用到 S_2 、 S_3 ，如圖 7.(m)、(n) 所示。

將圖 7. (l)、(m)、(n) 做聯集(如圖 8.)，以得到可能的眼瞼曲線(maximum likelihood)。接著嘗試將距離小於預設閾值(th_d)的鄰近點連結成線段(line segments)，接著逐一檢驗得到的線段，如果長度小於預設的下限(th_e)，則予以刪除。(單獨的點將視為長度 $d = 0$ 的特例，再予以刪除)，即可得。(圖 9.)。

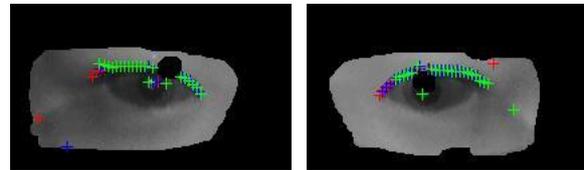


圖 8. 將 3 個角度的特徵值相疊，可清楚知道各式得出的特徵點所涵蓋的部分。

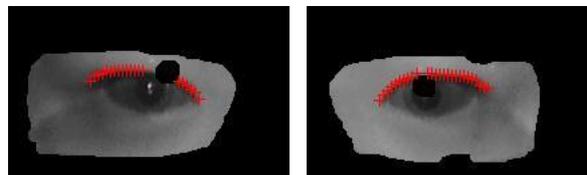


圖 9. 藉由點的連續性，刪除太短與太遠的部分，所得出的影像。

3.3 繪製眼瞼區域

Bezier 曲線[13]常用於電腦繪圖中，是以提供的參數為基礎，從起始點開始經 n 個點以內插法的方式逐漸逼近下一個點，最終形成一條平滑的曲線(圖 10)，在本文中透過 Bezier 的方法來擬合上眼瞼的輪廓。經上述的結果所給予的座標點，經 n 次擬合後可得(圖 11.)

以三次 Bezier 曲線擬合來說明:

$$C(t) = (1-t)^3 P_0 + 3t(P_1 - P_0)^2 q_0 + 3t^2(1-t)q_1 + t^3 P_1$$
$$0 \leq t \leq 1 \quad (2)$$

其中 P_0 為起始點， q_0 為第二點， q_1 為第三點， P_1 為終點。

當得出完好的上眼瞼曲線後，即利用眼角左右兩點限制下眼瞼所在的位置，透過 histogram 以所得知的座標點(綠色線)，以各點的列(columns)向下找最大峰值即可得出(圖 12、圖 13)。

4. 結論

本文針對眼瞼偵測，提出一種新的演算法，可應用在紅外線光原因眼鏡反射造成的光斑干擾下，達成準確偵測眼瞼曲線的目的，經以 10 個不同的人臉影像作測試，以人眼判斷皆有極佳的結果。本文的成果可為將來的研究步驟中建立一個可靠的方法，使得(1)遭受紅外線照明的鏡面反射下造成損毀的圖像可被修復。(2)將眼鏡框造成的皮膚遮蓋，透過眼鏡的擷取，修復成無佩戴眼鏡的人臉。

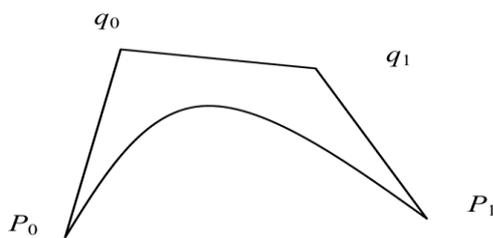


圖 10. Bezier 曲線的 3 次擬合示意。

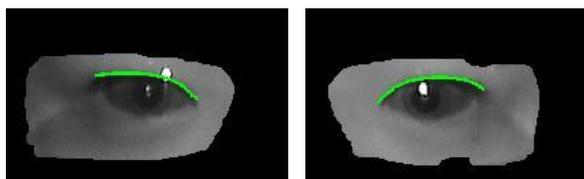


圖 11. 特徵點經 n 次 Bezier 曲線擬合後。

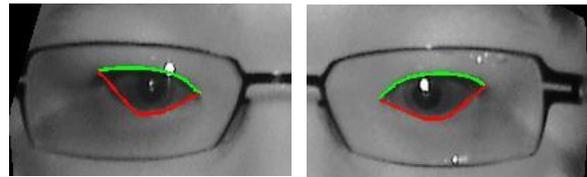


圖 12. 眼睛全開下的眼瞼偵測。

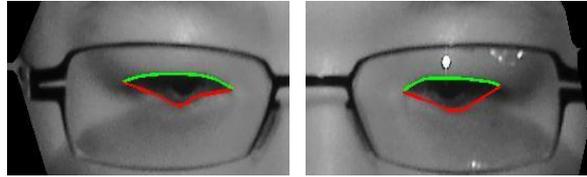


圖 13. 眼睛半開下的眼瞼偵測。

參考文獻

- [1] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features", Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 12, 2001, pp. I-511-I-518.
- [2] W.K. Wong, H. Zhao, "Eyeglasses removal of thermal image based on visible information", in: Information Fusion, 2012.
- [3] Chenyu Wu, Ce Liu, Heung-Yeung Shum, Ying-Qing Xu, Zhengyou Zhang, "Automatic Eyeglasses Removal from Face Images", The 5th Asian Conference on Computer Vision, P.23-P.25, 2002
- [4] C. Wu, C. Liu, H.Y. Shum, Y.Q. Xu, Z. Zhang, "Automatic eyeglasses removal from face images", IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell, 26 (3) (2004), pp. 322-336
- [5] J Chang, "Improving Face Recognition Performance by Impairing Eyeglasses Features based on AAM and PCA", 2008 Master.
- [6] S. Sirohey, A. Rosenfeld, Z. Duric, "A method of detection and tracking iris and eyelids in video", Pattern Recognition 35 (2002) 1389-1401
- [7] F Yang, X Yu, J Huang, "robust eyelid tracking for fatigue detection", Image Processing (ICIP), 2012, pp. 1829 - 1832
- [8] X Luo, "The Driver Fatigue Monitoring System Based on Face Recognition Technology", Intelligent Control and Information Processing (ICICIP), 2013, pp. 384 - 388
- [9] Q. Ji, Z.W. Zhu, and P. Lan, "Real time non-intrusive monitoring and prediction of

- driver fatigue**",IEEE Trans. Vehicular Technology, vol. 53, pp. 1052-1068, 2004.
- [10] Dorin Comaniciu, Visvanathan Ramesh, and Peter Meer, ,"**Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift**",in Proc. CVPR, 2000, vol. 2, pp. 142-149.
- [11] J. Daugman,"**High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence**", IEEE Trans.
- [12] R. Wildes,"**Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology**", Proceedings of the IEEE, Vol.85, pp.1348-1363, 1997.
- [13] F.A. Sohel, G.C. Karmakar, L.S. Dooley, J. Arkininstall,"**Enhanced Bézier curve models incorporating local information**",in: Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2005.