

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

戴眼鏡之人臉辨識

Recognition of Human Faces with Glasses

計畫編號：NSC 90-2213-E-004-006-

執行期限：2001年8月1日至2002年7月31日

主持人：廖文宏 國立政治大學資訊科學系

計畫參與人員：李黛雲 鄒博岱 國立政治大學資訊科學系

一、中文摘要

物體在拍攝時，由於光線的不足，常使得拍攝出來的影像變得模糊不清楚、有陰影或甚至是無法提供作為辨識用途。然而，如果我們利用成本較低的近紅外線攝影機(支援 Night-Shot 功能)，就可以在完全黑暗的環境中，拍攝物體的影像。然而，利用這種方式所拍攝下的影像因為照度的不均使得影像中心點的部分特亮，然後一圈一圈由中心往外漸層式地越來越暗；因此，我們利用同構增晰的方法來處理利用近紅外線所拍攝的影像，消除影像的特亮特暗區，將其回復為類似在均勻光線下所拍攝的影像，以作為臉部辨識系統的輸入。

關鍵詞：近紅外線、同構增晰、影像處理

Abstract

The images of objects in total darkness can be captured using a relatively low cost camcorder with the NightShot® function. However, the resulting images exhibit non-uniformity due to irregular illumination. In this report, we investigate the characteristics of and propose an image formation model for near-infrared images. A homomorphic processing technique built upon the image model is then developed to reduce the artifact of the captured images. We discuss how the parameters of the homomorphic filter should be selected and demonstrate the effectiveness of the proposed image processing technique with experimental results.

Keywords: Near-infrared Images, Face Recognition, Homomorphic Filtering.

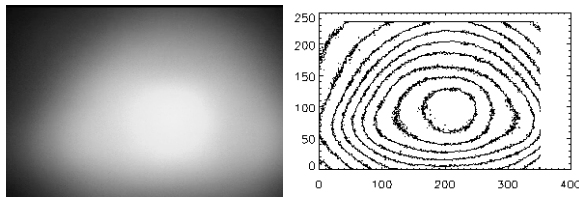
二、緣由與目的

電腦視覺領域中，人臉辨識一直是一個深具挑戰性的問題，因為一個物體的外觀樣子經常會受到光線照明的影響，在真正實際人臉辨識的應用上，一般的安全監視系統都是裝設在光線照明不足的地方，然而，在沒有光線的環境下，使用一般的相機並沒有辦法拍攝出清晰的影像，所以近幾年來以紅外線為工作光源所製成的儀器目前已被廣泛應用在安全監控技術上，其中紅外線熱影像儀 (Infrared Thermal Imaging Camera) 的應用越來越受到重視 [1]。紅外線熱影像儀接收物質所釋放或表面反射的熱輻射，所有的物質凡所處溫度高於絕對溫度零度以上，物體皆會因內部分子振動而有強弱不等之熱輻射，由於熱產生輻射，以感測器接收輻射，再配上來源輻射之平面座標所對應感應器之相對位置上即成所謂的熱影像。但是，以目前紅外線熱影像儀近百萬元的價格來說，成本過高，因此，我們利用近紅外線 (Near-Infrared) 的方法，也就是具有夜視功能的攝影機，以低成本的價格來取得影像來源。但是，我們觀察利用具有夜視功能的攝影機所拍攝的影像，發現這種影像是在不均勻的光線下成像的，它的特色是在影像的中心點最亮，照明度值最大，從中心點由內而外一圈一圈漸層式慢慢變暗，即其照明值一圈一圈慢慢遞減，如圖一，這樣的影像會阻礙辨識時特徵的擷取，所以，我們必須先把影像前處理，讓它變成正常均勻光線條件下的影像。



圖一 利用 NightShot 功能在黑暗中拍攝之人像

圖二是利用 Sony's TRV16 的攝錄影機距離牆壁約 3 公尺所拍攝的白色牆壁影像，觀察它可以發現影像中心點過度曝光。為了有效減低因為不均勻光源所造成的過度曝光現象，我們必須先探討近紅外線影像的成像原理，並依據此原理發展適切的處理影像的步驟。



圖二: (左)牆壁影像 (右) 灰階等值之輪廓圖。

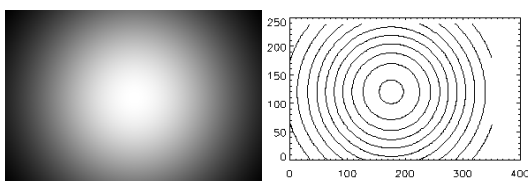
三、原理與方法

3.1 近紅外線影像成像原理

近紅外線影像 $f(x, y)$ 可以表示成照明函數 $i(x, y)$ 和反射函數 $r(x, y)$ 兩個分量的乘積 [2]。如果照明函數 $i(x, y)$ 是常數，則影像的灰度直方圖的形狀跟原來反射函數 $r(x, y)$ 一樣。觀察利用攝影機的 Night-Shot 功能所拍攝下來的影像，中心點的亮度最亮，亮度隨著離中心點距離越遠而越暗，故我們可以利用高斯分布函數來模擬照明函數 $i(x, y)$ ，即

$$i(x, y) = \alpha \cdot \exp\left[-\left(\frac{(x - M/2)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y - N/2)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right] \quad (1)$$

其中 M 和 N 分別代表影像的水平維度與垂直維度； σ_x 和 σ_y 控制光線的照明度由影像中心向外亮度衰減的速度。我們利用高斯分布函數的參數設定為 $\sigma_x = \sigma_y = 105$ ，來模擬真實的照明函數，如圖三。圖三(b)是圖三(a)的灰階等值圖。



圖三(a)用高斯分布模擬照明函數(b) 灰階等值圖

接著，我們把這個高斯照明函數作用到均勻照明的環境下所拍攝的影像當作反射函數，來模擬黑暗中利用近紅外線拍攝的效果，如圖四。再利用這個影像來比較在頻域下反射函數與照明函數的相對大小。



圖四: (左)原影像 (右) 加入不均勻光源後之影像

傅利葉轉換常用在研究影像在頻域的特性，但是如果影像表示成兩個函數的乘積，由於兩個函數乘積的傅利葉轉換是不可分開的，所以我們沒辦法直接將反射函數和照明函數分開來做運算，即

$$\mathfrak{F}\{f(x, y)\} \neq \mathfrak{F}\{i(x, y)\} \cdot \mathfrak{F}\{r(x, y)\} \quad (2)$$

但是我們可以先對影像 $f(x, y)$ 取對數，即

$$z(x, y) = \ln f(x, y) = \ln i(x, y) + \ln r(x, y) \quad (3)$$

$$= i'(x, y) + r'(x, y)$$

則

$$\mathfrak{F}\{z(x, y)\} = \mathfrak{F}\{i'(x, y)\} + \mathfrak{F}\{r'(x, y)\} \quad (4)$$

$$= F_{i'}(u, v) + F_{r'}(u, v)$$

其中， $F_{i'}(u, v)$ 與 $F_{r'}(u, v)$ 分別是 $i'(x, y)$ 和 $r'(x, y)$ 的傅利葉轉換。

$$i'(x, y) = \ln i(x, y) = -\left[\frac{(x-0.5)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-0.5)^2}{2\sigma_y^2}\right] + \ln \alpha \quad (5)$$

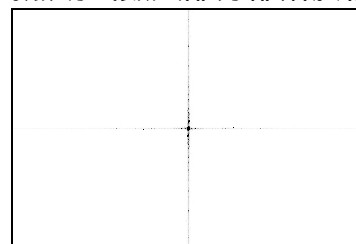
定義 t_1 代表對反射函數取對數經傅利葉轉換之頻譜強度， t_2 代表對照明函數取對數經傅利葉轉換之頻譜強度，亦即：

$$t_1 = \|F_{r'}(u, v)\| \quad t_2 = \|F_{i'}(u, v)\| \quad (6)$$

則我們可定義變數 $r(u, v)$ 來代表照明函數與反射函數的相對大小

$$r(u, v) = \ln\left(\frac{|t_1 - t_2|}{t_1}\right) \quad (7)$$

圖五顯示我們利用模擬的影像來計算 $r(u, v)$ 的結果。由此圖可以明顯得知在高頻部分， r 值接近 0，即反射函數遠大於照明函數，而照明函數大部分都落於低頻區。



圖五 由模擬影像計算而得的 $r(u, v)$

3.2 同構增晰法

我們首先使用具 Night-Shot 功能的攝影機在零照明度的環境下拍攝影像，利用同構增晰法(homomorphic filtering)先將照明函數與反射函數分開，然後設計一個高斯高通濾波器(modified Gaussian high-pass filter)，過濾掉一些低頻的部分，也就是壓縮低頻，增強高頻部分，以便能將光線照明不均的所造成的特亮區去除掉[3]；接著，再搭配影像對比增強的方法，讓影像的對比更清楚。最後，影像在經過前述的前處理動作之後，再拿來作辨識。

由於我們的所要處理的影像曝光不均，使得影像的性質是亮的部分很亮，暗的部分很暗，因此採灰度線性變換有困難；若我們擴展灰度級，會使得動態範圍變得更大，若壓縮灰度級，雖然可以減少動態範圍，但是灰度的層次和細節就會變得模糊[4]。因此，我們採用同構增晰法，可以壓縮影像灰度動態範圍，又同時擴展感興趣的部分的灰度級，如此變可以把影像中特別亮的部分去除掉。

我們利用一個高通濾波函數 $H(u, v)$ 來處理 $Z(u, v)$ ，使得低頻的影像壓縮，高頻的影像增強，即

$$\begin{aligned} S(u, v) &= Z(u, v)H(u, v) \\ &= F_i(u, v)H(u, v) + F_r(u, v)H(u, v) \end{aligned} \quad (8)$$

在空間域中，

$$\begin{aligned} s(x, y) &= \mathfrak{T}^{-1}\{S(u, v)\} \\ &= \mathfrak{T}^{-1}\{F_i(u, v)H(u, v)\} + \mathfrak{T}^{-1}\{F_r(u, v)H(u, v)\} \\ &= i''(x, y) + r''(x, y) \end{aligned} \quad (9)$$

其中， $i''(x, y) = \mathfrak{T}^{-1}\{F_i(u, v)H(u, v)\}$

$$r''(x, y) = \mathfrak{T}^{-1}\{F_r(u, v)H(u, v)\} \quad (10)$$

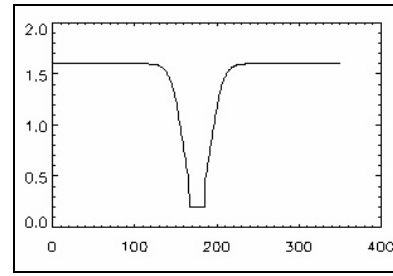
最後，對式子(10)取自然指數，得到處理後的影像：

$$g(x, y) = e^{s(x, y)} \quad (11)$$

其中，

$$H(u, v) = (r_H - r_L) \cdot (1 - \exp[-(\frac{u^2}{2D_u^2} + \frac{v^2}{2D_v^2})]) + r_L \quad (12)$$

如果選擇 $r_H > 1$ ， $r_L < 1$ ，就可以達到壓縮低頻同時增強高頻的效果，參數 D_u 和 D_v 控制 $H(u, v)$ 這個濾波函數由 r_H 值到 r_L 值的斜率變化速度。圖六顯示了典型的 $H(u, v)$ 頻率反應情形。



圖六 典型的濾波器頻域反應圖形

四、結果與討論

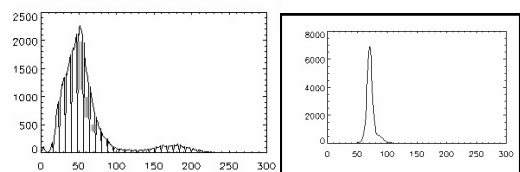
r_H 和 r_L 的值控制影像在低頻和高頻的保留比率，如果近紅外線影像光線不均的情形越嚴重，也就是特亮區的灰階值相對於整個影像的平均灰階值很大，則濾波器在低頻帶要留少一點，高頻帶留多一點，在高頻和低頻的通過相對比率值就比較大， r_L 值相對於 r_H 值就要比亮暗相差不明顯的影像的 r_L 值來的小，才能使得特亮區塊灰階值越接近整張影像非特亮區塊灰階值。如果影像的亮度由中心衰減的速度很快，相當於在模擬光照模型的公式中，參數 σ_x 和 σ_y 的值也要越小；而在我們所選擇的高斯高通濾波器，參數 D_u 和 D_v 與 σ_x 和 σ_y 的值有關，所以也要設小一點。

圖七是將圖一的 Night-Shot 影像利用一個高通濾波器，設定其參數 $r_H = 1.6$ ， $r_L = 0.4$ ， D_u 和 $D_v = 0.2$ 處理後的結果。



圖七 影像處理後的結果

觀察圖一的灰度直方圖，如圖八(a)，是一個 bi-modal 的分布，然而經過我們的處理後，它的灰度直方圖變成一個單-modal 的分布，如圖八(b)所示，變成一張照明度均勻的影像。

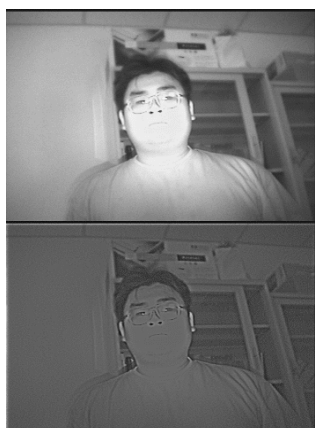


圖八 影像處理前後的直方圖

圖九與圖十呈現更多使用相同法則處理後的 NightShot 影像。



圖九 $r_H=1.6$, $r_L=0.7$, and $D_u=D_v=0.22$.



圖十 $r_H=1.6$, $r_L=0.4$, and $D_u=D_v=0.2$.

五、參考文獻

- [1] C. H. Jones, S. G. Burnay, and T. L. Williams, (Editors) *Applications of Thermal Imaging*, Adam Hilger, 1988.
- [2] M. Bichsel, "Analyzing a Scene's Picture Set under Varying Lighting", *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 71, no. 3, pp 271-280, 1998.
- [3] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 2002.
- [4] B. H. Brinkman, A. Manduca, and R. A. Robb, "Optimized Homomorphic Unsharp Masking for MR Grayscale Inhomogeneity Correction", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol.17, no. 2, pp 161-171, 1998.

附件：封面格式

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

戴眼鏡之人臉辨識

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 90 - 2213 - E - 004 - 006 -

執行期間：2001 年 08 月 01 日至 2002 年 07 月 31 日

計畫主持人：廖文宏

計畫參與人員：李黛雲 鄒博岱

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立政治大學資訊科學系

中 華 民 國 2002 年 10 月 31 日