

應用 MATLAB 軟體執行數位影像處理教學範例之研究 Example Studies in Digital Image Processing Teaching by Applying MATLAB

宋馭民 劉正瑜* 孫長春

Yu-Ming Sung, Cheng-Yu Liu*, and Chang-Chun Sun

黎明技術學院數位多媒體系

Department of Multimedia Technology, Lee-Ming Institute of Technology

摘 要

數位多媒體系學生部分來自於資處科及設計科等，其對工程之興趣不大且具排斥之特質，然數位影像處理應用於互動式多媒體甚廣，若無法理解其應用，將使學生之發展受限。本論文將應用 MATLAB 之內建函數，以範例講授數位影像處理之基礎與應用，而不由基本理論著手，以使未諳工程之學生產生興趣，減少閱讀艱澀理論教科書，而有助於進一步之學習，初步增進學生之跨領域專長。

關鍵詞：數位影像處理、濾波器、影像分割

Abstract

Most students in Department of DMT major in design and information processing that they are not familiar with engineering and with less interested to study it. However, digital image processing cannot be ignored if the interactive multimedia is considered to be the future goal. In this paper, we apply the MATLAB image processing toolbox to demonstrate the fundamental and applications of the digital image processing without teaching theory. It is helpful to the students whose major are design or information for understanding and comprehension to their additional field.

Key Words: digital image processing, image segmentation, filter



1. 前言

本系自更名為數位多媒體系，基於電子系之專業背景，結合資訊與多媒體之技術，極力發展互動式多媒體應用，期能建立本系之特色。互動式多媒體所需專長包括工程與設計，為一跨學群之學門。於發展互動式多媒體之過程中，必須應用相關之數位影像處理之技術，在眾多工具中，MATLAB 為相當重要且應用廣泛之軟體工具，因此在設計課程時，則將應用 MATLAB 之數位信號處理課程，列為重要之課程之一。

MATLAB(MATrix LABORatory) 是以矩陣運算為基礎之工程軟體，舉凡各學門與矩陣相關之計算法則，均納入其中，在工程應用上極為廣泛，其內包含數十個工具箱(Toolbox)專職各應用學門之功能，數位影像處理時為其中之一[1]。對修習工程之學生而言，應可應付自如。

本系招收之學生，除原先電資學群之學生外，尚包含為數不斐之設計學群及對數學不感興趣之學生，因此是否可接受使用 MATLAB 軟體，殊為堪慮。因此本論文將應用 MATLAB 軟體內建之諸項功能，以範例加以介紹數位影像處理之重要內容，而不再由理論出發，以使學生可直接加以應用，並提高其學習興趣。

本論文除前言外，第2節專述數位影像處理基礎，包含製作、編輯、修整、分割、合併、變形等相關之處理。第3, 4節則論及數位影像處理之應用濾波器與影像分割，第5節則給與一簡單結論。

2. 數位影像處理基礎

2.1. 數位影像之表示

考慮之色彩系統為 RGB(Red, Green, Blue)，即所有顏色均由三原色組成，每一原色由其像素值代表，設 A 為一 $(m \times n)$ 像素之彩色影像，因此其數位影像可以三個二維矩陣表之為

$$A_r = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$A_g = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \cdots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \cdots & g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{m1} & g_{m2} & \cdots & g_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$A_b = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中 A_r 、 A_g 及 A_b 分別代表 RGB 之像素值矩陣， r_{ij} 、 g_{ij} 及 b_{ij} 則為彩色影像 A 於 (i,j) 位置之紅、綠及藍像素值，亦即彩色影像 A 於 (i,j) 位置之顏色由 r_{ij} 、 g_{ij} 及 b_{ij} 三者組合而成。因此影像處理由數學觀點，即在依據需求，透過處理法則，適當改變 r_{ij} 、 g_{ij} 及 b_{ij} 之值。

以下諸節將以圖1之以揮動手勢影像為例，而做適當處理，以說明數位影像處理之功能。



圖 1. 揮動手勢原影像



2.2. 影像之轉換

通常影像之轉換包括：彩色轉換灰階影像、灰階轉特定色階，或經由特定法則轉換為特定之色階等。考慮一 $m \times n$ 影像之像素值矩陣 A 為

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (4)$$

其中 a_{ij} 表 A 於 (i,j) 位置之像素值，其為介於 0 與 255 間之正整數。若將之轉換為黑與白之影像，則定義轉換法則為

$$a_{ij} = \begin{cases} 0 & a_{ij} \leq 128 \\ 255 & a_{ij} \geq 128 \end{cases} \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n \quad (5)$$

對於原像素值 $a_{ij} \leq 128$ 區域均呈現黑色，餘則為白色。

因應需要製作影像之負片 (Negative Film)，亦即傳統之底片，或稱之為補色 (Complement)，於特定之設計理念下，可獲得特殊之效果。針對部分區域或特定像素值範圍之影像補色，即

$$a_{ij} = \begin{cases} a_{ij} & p_2 \leq a_{ij} \leq p_1 \quad m_1 \leq i \leq m_2, n_1 \leq j \leq n_2 \\ 255 - a_{ij} & a_{ij} \leq p_2 \text{ or } a_{ij} \geq p_1 \end{cases} \quad (6)$$

其 p_1 、 p_2 為特定之像素值， m_1, m_2, n_1, n_2 均為特定之範圍值，即表示影像內像素值於 $p_2 \leq a_{ij} \leq p_1$ ，其像素值維持不變，其他則黑白對調。若以圖1為例，其結果分如圖2與3所示，圖2則轉變為具灰階之黑白影像；圖3則改為負片形式，另有一番風味。



圖 2. 揮動手勢原影像之灰階轉換影像



圖 3. 揮動手勢影像之補色影像 ($p_1=100$, $p_2=150$)

2.3. 影像之縮放

設影像之像素值矩陣 A 為

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

若將 A 縮小為原影像之一半，亦即將 A 改為

$$A_{(m/2 \times n/2)} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{13} & \cdots & a_{1n/2} \\ a_{31} & a_{33} & \cdots & a_{2n/2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m/21} & a_{m/23} & \cdots & a_{m/2n/2} \end{bmatrix}_{(m/2 \times n/2)} \quad (8)$$

若將 A 放大為原影像之一倍，則

$$A_{(2m \times 2n)} = \begin{bmatrix} a_{11} & b_{12} & a_{12} & \cdots & b_{1n} & a_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & a_{22} & \cdots & b_{2n} & a_{2n} \\ a_{21} & b_{22} & a_{22} & \cdots & b_{2n} & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & b_{m2} & a_{m2} & \cdots & b_{mn} & a_{mn} \\ b_{m1} & b_{m2} & b_{m3} & \cdots & b_{mn} & a_{mn} \end{bmatrix}_{(2m \times 2n)} \quad (9)$$

影像之縮放最常應用於馬賽克之製作；其製作分為兩部份：先縮小後再放大，



亦即縮小時，刪除部分之行列，降低影像之維數，再以同比例或高於縮小之比例加以放大，形成失真之現象，因而產生馬賽克之效果。若以圖1為例，MATLAB 指令為

`imresize(y1,0.01)` 縮小 100 倍
`imresize(y2,100)` 放大 100 倍

結果如圖4所示，具有特殊之效果感受，異常應用於平面設計之中。

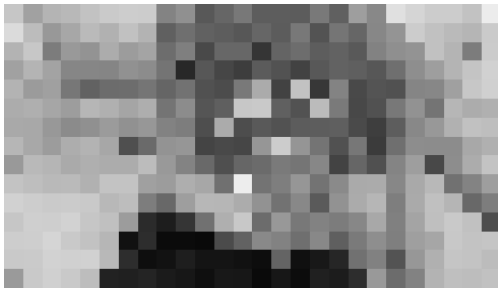


圖 4. 影像之馬賽克處理

3. 濾波器

若以特定點為中心點，修正其像素值，並將週遭之像素一併依特定之法則加以更動，則稱之為濾波器(Filter)，如圖5所示。

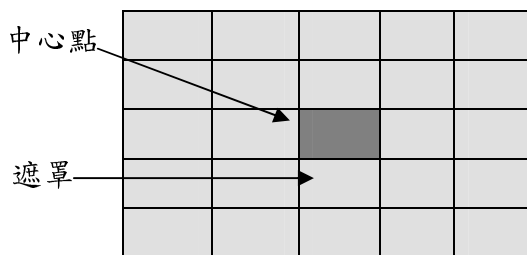


圖 5. 濾波器概示

$$A_i = A_j \bullet B \tag{10}$$

其中 \bullet 為一特定之運算子(Operator)，即運算函數。而每一運算子之定義，則須依據需求而定；不同之運算子則為不同之濾波器[2]。

3.1 線性濾波器

所謂線性濾波器(Linear Filter)係將遮罩所有元素與原影像相對應區域之像素值，相乘後再相加，以3×5之遮罩為例，原影像像素值之運算法則定義為

$$a_{ij} = \sum_{s=-1}^1 \sum_{t=-2}^2 m(s,t)p(i+s,j+t) \tag{11}$$

其中 $m(s,t)$ 為原影像於對應區域之像素值， $p(i+s,j+t)$ 則為遮罩之元素值。

線性濾波器將使影像模糊，愈大尺寸之遮罩愈益模糊影像，尤其於影像之邊緣更形嚴重。一般線性濾波器用於自動辨識，及只需了解粗略影像之場合。

平均濾波器為線性濾波器之一種，中心點之像素值，係以四周區域之像素平均值代之，若以一3×3之遮罩為例，如圖6所示，則中心點之像素值 e 為

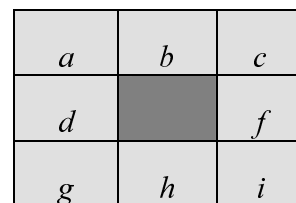


圖 6. 3×3 之遮罩概示

$$e = \frac{1}{9}(a+b+c+d+e+f+g+h+i) \tag{12}$$

因此，3×3濾波器之轉換矩陣可表之為

$$F_{avg} = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \tag{13}$$

平均濾波器會使得影像變得模糊，影像內之各物件界線並不明顯，亦即每一像素灰階值變化不大，由頻率之觀點而言其係將變化不大之灰階值留下，而濾除灰階值變化較大之影像，換言之，平均濾波器是為



一低通(Low Pass)濾波器。相反的，為能偵測物件邊緣，可使用高通(High Pass)濾波器，將灰階值變化較大之像素留下，以3×3高通濾波器為例，其轉換矩陣定義為

$$F_{HP} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

其中高通濾波器之係數合為0。一般而言，高通濾波器對邊緣偵測及邊緣增強之效果較佳。若以11×11低通與高通濾波器為例，則圖1之影像分變圖7及8所示，其MATLAB指令為

fspecial('average',11) 平均濾波器

filter2(y3,y1) 高通濾波器

圖7因影像之物件邊界差異不大，故使影像顯現柔和；反之圖8則具相反之結果。



圖 7. 經 11×11 低通濾波器之影像

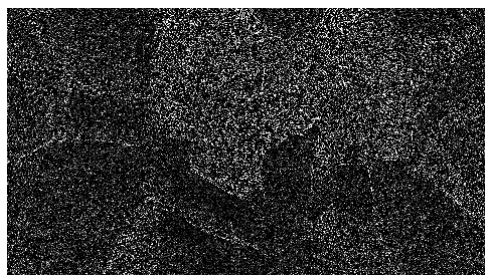


圖 8. 經高通濾波器之影像

3.2 邊緣銳利化

對一影像，若能將其內之各物件邊緣更加明顯，則可使得該影像更為清晰，是

以邊緣加強(Edge Enhancement)對於影像處理是為非常重要之步驟，或稱之為去銳利化。去銳利化遮罩係由原始影像中，減去一個調整數值比例之模糊影像，通常一簡單之平均濾波器或低通濾波器即可達成[2]。

考慮一3×之3單位濾波器，其轉換矩陣為

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

即任何影像加上此一濾波器，中心點之像素質不會有任何改變，則去銳利化遮罩之濾波器可表為

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \frac{1}{k} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 9 & 9 & 9 \\ 1 & 1 & 1 \\ 9 & 9 & 9 \\ 1 & 1 & 1 \\ 9 & 9 & 9 \end{bmatrix} \quad (16)$$

其中 k 為一常數，亦可表為

$$A = \frac{1}{\alpha+1} \begin{bmatrix} -\alpha & \alpha-1 & -\alpha \\ \alpha-1 & \alpha+5 & \alpha-1 \\ -\alpha & \alpha-1 & -\alpha \end{bmatrix} \quad (17)$$

其中 α 為一小於0之常數。同樣以圖1為例，其MATLAB指令為

fspecial('unsharp',0.5) 去銳利化遮罩

圖9表經去銳利化濾波器之影像，其內之物件因邊緣之加強而較圖2為清晰，但物件內之影像則較模糊。



圖 9. 經去銳利化濾波器($\alpha=0.5$)之影像



3.3 高增幅濾波器

高增幅濾波器為與去銳利化遮罩類似之濾波器，定義為

$$\text{高增幅} = K(\text{原始影像}) - (\text{低通率波})$$

其中 K 為一常數，當 $K=1$ 則高增幅濾波器視為高通濾波器。若欲獲得最佳效果，則

$$\frac{3}{5} \leq K \leq \frac{5}{6} \quad (18)$$

使用高增幅濾波器將使得影像之邊緣更為顯明。以圖 1 為例，其 MATLAB 指令為

`filter2(hb1,y1)` 高增幅濾波器

圖 10 表經高增幅濾波器之影像，則與圖 9 類似。



圖 10. 經高增幅濾波器之影像

3.4 非線性濾波器

所謂非線性濾波器係指遮罩是為非線性之運算，其中較簡單者為最大與最小濾波器，亦即於遮罩範圍內之像素值，取最小或最大值作為中心點之像素值之謂。兩者均可使影像趨向模糊，然最小濾波器較暗，最大濾波器則較亮。而中數(Median)取中間值作為中心點之像素值，則為另一典型之非線性濾波器。此一類之濾波器較常用於特殊效果之製作。

3.5 頻域濾波器

影像之頻率定義為同一灰階值於影像內出現之次數，是量度灰階值隨距離之變化。高頻表單位距離內，灰階值產生相當大之變化，相對於低頻則為灰階值之變化較小。依此定義影像可經由傅立葉轉換(Fourier Transform)，而獲得影像之頻域響應，因此可經由傅立葉轉換與反傅立葉轉換，建立頻域濾波器，滿足影像處理之需求[2]。例如傅立葉轉換與反傅立葉轉換之 MATLAB 指令為

`fft(X,n)` 傅立葉轉換
`ifft(X,n)` 反傅立葉轉換

理想低通濾波器係平移傅立葉轉換矩陣，將直流(DC，即低頻部分)置於影像中心，因此低通濾波運算乘以理想低通矩陣，定義為

$$m(x,y) = \begin{cases} 1 & \sqrt{x^2 + y^2} \leq D \\ 0 & \sqrt{x^2 + y^2} \geq D \end{cases} \quad (19)$$

其中 D 為一常數，稱之為截頻點，即保持中心點不動，並消除其餘部分。 D 值愈小，影像愈模糊，反之影像愈清楚。

理想高通濾波器則與低通相反，消除中心值而保留其餘部分，即(19)式改為

$$m(x,y) = \begin{cases} 1 & \sqrt{x^2 + y^2} \geq D \\ 0 & \sqrt{x^2 + y^2} \leq D \end{cases} \quad (20)$$

D 值愈小轉換僅失去小部分資訊，影像去除最低頻部分，反之則轉換失去較多資訊，只留下高頻部分。

3.6 影像復原

影像處理中，非常重要之工作之一為將受污染、干擾、惡劣訊號等之雜訊，予



以去除而回復原有之影像，此之謂影像復原。一般雜訊可包括鹽和胡椒雜訊(Salt and Pepper Noise)、高斯雜訊(Gaussian Noise)、斑點雜訊(Speckle Noise)、週期性雜訊(Periodic Noise)等。

欲去除鹽和胡椒雜訊通常使用低通濾波器及中位濾波器(Median Filtering)，以去除屬於高頻之鹽和胡椒雜訊。低通濾波器可應用前述之平均濾波器，即遮罩中心點之像素值由遮罩內之像素平均值取代；而中位濾波器則中心點之像素值，代之以遮罩內像素之中值。若將圖 1 加入鹽和胡椒雜訊，而採兩濾波器，其 MATLAB 指令為

```
t_sp=imnoise(y,'salt & pepper',0.2)    鹽和胡椒雜訊
fspecial('average')                    平均濾波器
medfilt2(t_sp)                         中位濾波器
```

結果如圖 11 及 12 所示，其中以中位濾波器之效果較佳。



圖 11. 應用平均濾波器所回復之影像



圖 12. 應用中位濾波器所回復之影像

去除高斯雜訊雖仍可使用平均或中位濾波器，但消除雜訊同樣將使影像模糊，為能消除雜訊亦可使得影像清晰，則可應用可適性濾波器(Adaptive Filter)，可依照遮罩內之灰階值，改變濾波器之特性。其中一種可適性濾波器稱之為最小均方誤差濾波器 (Minimum Mean-Square Error Filter)，主要在降低輸入與輸出影像差大小，而又可稱之為 Wiener 濾波器。其 MATLAB 指令為

```
wiener2(t_ga)          (3×3)Wiener 濾波器
wiener2(t_ga,[7,7])  (7×7)Wiener 濾波器
wiener2(t_ga,[9,9])  (9×9)Wiener 濾波器
```

以不同階數 Wiener 濾波器之結果如圖 13 至 15 所示。很顯然以階數較高之濾波器效果為佳。



圖 13. 應用(3×3)Wiener 濾波器所回復之影像



圖 14. 應用(7×7)Wiener 濾波器所回復之影像





圖 15. 應用(9×9)Wiener 濾波器所回復之影像



圖 16. 球影像

4. 影像分割

4.1 影像像素閾值

此一種方法即對某一像素值作特殊之處理，通常於設定閾值之前，均先檢視該影像之像素值分佈。直方圖(Histogram)代表各像素值之分布狀況，其 MATLAB 指令為

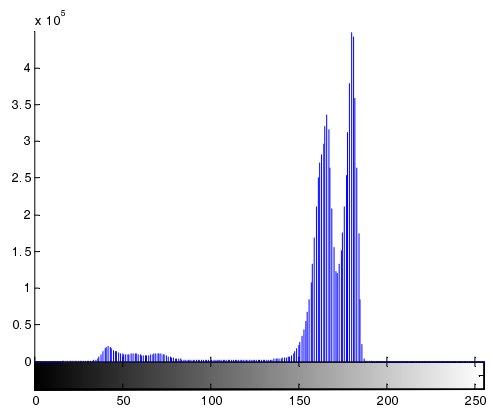


圖 17. 球影像之直方圖

imhist(y1)

直方圖

若以圖 16 之球為例，其直方圖如圖 17 所示。由圖可知球影像之像素值大部分布於 150 與 180 之間，而球則介於 40 與 80 之間，為一像素值集中之影像，此一特徵可作為選擇閾值之參考。因此取雙向閾值如(21)式所示

$$a_{ij} = \begin{cases} a_{ij} & 40 \leq a_{ij} \leq 80 \\ 255 & \text{otherwise} \end{cases} \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n \quad (21)$$

可依(6)式加以篩選後之影像如圖 18 所示。中間球之影像已顯現，其餘較淺色之影像已不復見，因此球以自原影像中分割而出。



圖 18. 取雙向閾值(40~80)之影像

4.2 邊緣偵測[3]

假設影像之像素值為 $f(x,y)$ ，其梯度向量為

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (22)$$

則梯度方向與大小分別為

$$\tan^{-1} \left(\frac{\frac{\partial f}{\partial y}}{\frac{\partial f}{\partial x}} \right) \quad (23)$$

$$\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2} \quad (24)$$



邊緣偵測方法係在找到梯度大小後，設定像素之閾值。

Prewitt 濾波器偵測垂直與水平定義為

$$p_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$p_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (26)$$

則梯度大小為

$$|p| = \sqrt{p_x^2 + p_y^2} \quad (27)$$

若仍以圖 16 之球為例，Prewitt 濾波器之 MATLAB 指令為

edge(ic,'prewitt') Prewitt 濾波器

(24)式與 Prewitt 濾波器得出之影像分如圖 19 及 20 所示。圖 19 顯現出球之外形，餘則顯示黑色而可以閾值切割球之外型。而圖 20 之球外形較明顯，然其他部分亦顯現於內，而不利於切割。

另有 Roberts 與 Sobel 濾波器，可資偵測邊緣，其 MATLAB 指令分別為

edge(ic,'roberts') Roberts 濾波器

edge(ic,'sobel') Sobel 濾波器

結果分如圖 21 及 22 所示。兩者均可顯示球之外形，當以 Roberts 濾波器之效果較佳。

Prewitt 及 Sobel 等濾波器是計算影像之一階導數(Derivative)，然對某些影像對一階導數較不敏感，以此濾波器之成效並不顯著，因而發展二階導數邊緣偵測之法則，即 Laplacian 及 Canny 邊緣偵測，顯而易見者，此二階導數邊緣偵測對雜訊相當敏感，因此使用濾波器，必須以實際影

響及使用環境，加以評估與選擇，並無一定之標準。



圖 19. 使用(24)式所得之影像

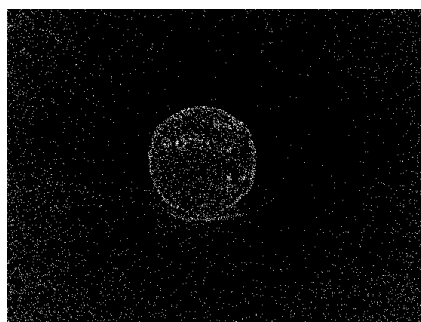


圖 20. 應用 Prewitt 濾波器功能所得之影像

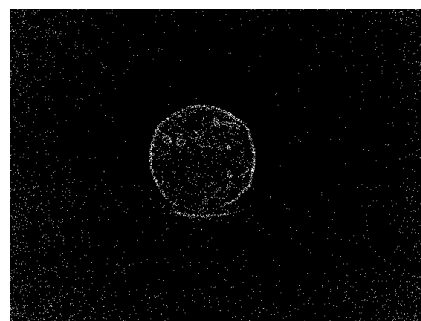


圖 21. Roberts 濾波器之偵測結果

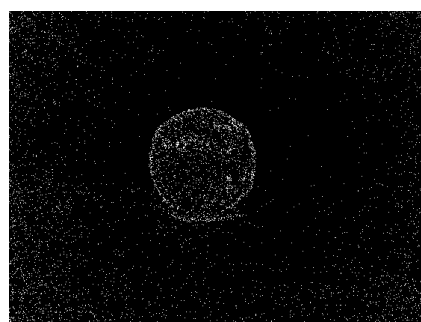


圖 22. Sobel 濾波器之偵測結果



以三階遮罩為例，Laplacian 濾波器之遮罩可表為

$$A = \frac{1}{\alpha+1} \begin{bmatrix} -\alpha & 1-\alpha & -\alpha \\ 1-\alpha & -4 & 1-\alpha \\ \alpha & 1-\alpha & -\alpha \end{bmatrix} \quad (28)$$

其中 α 為介於 0 與 1 間之常數，一般訂為 0.2。

Canny 為目前最為複雜之邊緣偵測器，其設計之需求有三：降低錯誤率、實際邊緣與偵測邊緣之誤差最小、偵測邊緣數與實際必須相同。其計算法則係由高斯 g 及其導數 dg 著手。高斯及其導數分如(29)及(30)式所示。

$$g(x) = k \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \quad (29)$$

$$dg(x) = k\left(-\frac{x}{\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \quad (30)$$

其中 k 為一常數。將 g 及 dg 旋積 (Convolution) $g dg$ ，將影像 x 代入 $g dg$ 及其轉置矩陣 (Transpose)，可得 x_1 及 x_2 ，則邊緣影像為

$$xe = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} \quad (31)$$

Laplacian 及 Canny 濾波器之 MATLAB 指令為

fspecial('laplacian',0) Laplacian 濾波器

edge(ic,'canny') Canny 濾波器

經邊緣偵測之結果分如圖 23 與 24 所示。此二濾波器之結果與使用 Prewitt、Roberts 與 Sobel 濾波器相較，不難發現若使用直接計算 Prewitt 濾波器之結果，只需將圖 19 反轉後，即可獲得球之邊緣。圖 19 之直方圖如圖 25 所示，由圖可知球外形以外之像素值集中於 0 與 25 之間，為求穩當而將閾值訂為 25，即

$$a_{ij} = \begin{cases} 255 & 25 \leq a_{ij} \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n \quad (32)$$

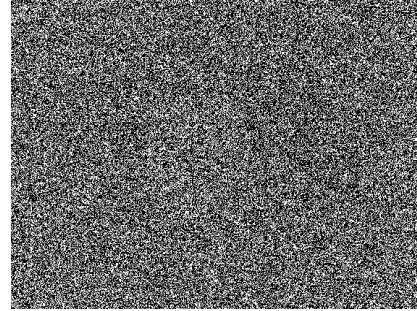


圖 23. Laplacian 濾波器之偵測結果

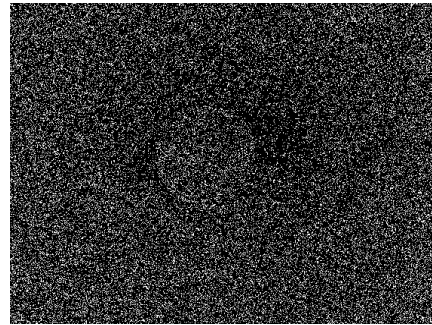


圖 24. Canny 濾波器之偵測結果

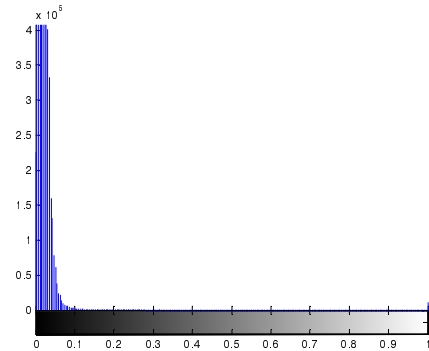


圖 25. 球經過 Prewitt 濾波器後之直方圖

可得圖 26，球之邊緣清晰可見，不失為極佳之作法。然 Laplacian 及 Canny 邊緣偵測之結果，由於對圖 16 之球影像太過敏感，而無法顯現球之外觀，亦從而證明，各種濾波器之使用，必須視實際影像與使用環境而定，無法適用於每一種影像與環境，此為處理影像時所必瞭解者。



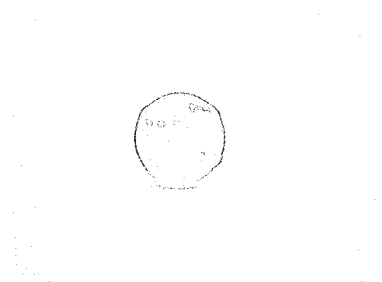


圖 26. 取單向閾值(25)之影像

5. 結論

應用數位影像處理對於非工程專長之學生，較難引起興趣，以致影響其學習意願。本論文則應用 MATLAB 內建函數，提出以範例進行數位影像處理之教學內容，以使非工程專長之學生於不必考量基本理論之前提下，除了解數位影像處理之基礎與應用外，更期望提高學生學習興趣與意願，以有助於互動式多媒體之發展。

致謝

本論文為黎明技術學院獎補助之研究計畫—利用影像追蹤技術辨識手部行為法則之研究(計畫編號1023058)，特以申謝。

參考文獻

1. 徐曉珮譯，數位影像處理，高立圖書有限公司，台北，2005。
2. A. McAndrew, An Introduction to Digital Image Processing with MATLAB, Thomson Learning, Inc., 2004.
3. G. C. Orsak, R. Athale, S. C. Douglas, D. C. Munson, J. R. Treichler, S. L. Wood, and M. A. Yoder, Multimedia and Information Engineering, Pearson Education, Inc., 2002.
4. VAB INFINITY Labs., Complete DSP Kits for Education, ICT Texas Instruments, 2002.

