



RRPG91020176(42.P)

法務部法醫研究所
91 年度委託專題研究計畫期末報告書

計畫編號：IFM91-F04

| | |
|------|--|
| 計畫名稱 | 中文：小波轉換在刑事鑑識工作上之研究與應用 |
| | 英文：Wavelet Transform and its Application to Forensic Science |

執行機關：中央警察大學鑑識科學學系

計畫主持人：溫哲彥

E-MAIL 信箱：cwen@sun4.cpu.edu.tw

連絡電話：03-3281823

傳真號碼：03-3275907

執行期限：民國 91 年 2 月 1 日至民國 91 年 12 月 31 日

計畫名稱：小波轉換在刑事鑑識工作上之研究與應用

| 目 錄 | 頁 碼 |
|------------|-----|
| 一、目錄 | 297 |
| 二、計畫中文摘要 | 298 |
| 三、計畫英文摘要 | 300 |
| 四、計畫緣由、目的 | 301 |
| 五、研究方法 | 304 |
| 六、研究結果與討論 | 306 |
| 七、計畫結果自評 | 313 |
| 八、參考文獻 | 314 |
| 九、附圖表 | 315 |
| 十、其他(電腦程式) | 327 |

二、計畫中文摘要：

關鍵字：刑事鑑識，影像強化，小波轉換

在刑事鑑識的工作中，隨著影像科技的進步，由犯罪現場所獲得的影像資料(例如指紋、車牌、現場照片與監視錄影帶等)已有愈來愈多的趨勢，然而這些珍貴的證物資料往往由於犯罪現場或多或少被破壞、攝影機取像角度不當、光源不足、取樣儀器的限制或人為操作等等的因素，常常並不完整或不清楚(或遭現場背景雜訊干擾)，因而造成了明明有記錄，但是卻變成了無效的證據，更重要的是，這些影像並沒有機會重新被取像，因而造成追緝與破案的困難，甚為可惜(以筆者所了解的情況，這類所謂的「無效證據」幾乎佔了八成左右)。近年來，在國內警察實務單位開始嘗試應用數位影像強化技術來強化模糊的監視錄影帶、車牌照片等常見的影像鑑識問題，但是，他們所能使用的工具非常有限，往往只能利用套裝軟體(例如 Photoshop 與 Photoimpact 等)所提供的簡單功能(例如調整對比、亮度)作處理。

在應用影像處理技術時，影像強化的方法扮演著重要的角色，它們可被用來使原本看起來不清晰的影像資料，經過某些數學運算方法之後，呈現較佳的視覺效果。這些方法可區分為兩大類：空間域與頻率域。然而，由筆者處理刑事鑑識案件之經驗得知，應用這些傳統方法，其視覺效果的改善非常有限，這可能與這類影像證物的特性有關(除了上述問題之外，為降低成本而重覆使用監視錄影帶所造成的影像品質降低也是常見的狀況)。近年來，對於小波轉換(wavelets)這個新興技術的研究有如雨後春筍般地展開，除了數學理論的探討外，其中亦有嘗試將其應用在影像邊界強化與偵測的問題上。因此，研究如何應用小波轉換以開發刑事影像強化技術，並快速及有效地解決這類影像鑑識案件，將是重要的課題。此外，以筆者處理案件之經驗，

影像強化技術與影像還原技術搭配使用，常能達到相輔相乘的效果（已有成功處理影像鑑識之案例），筆者於2001年6月開發出新的影像還原技術（已被SCI國外期刊Journal of Forensic Science接受並安排將於2002年5月刊登），因此，研究如何結合筆者之影像還原技術成果，亦是本計畫之目的。

在本計畫中，我們將分為三個階段來進行：（一）傳統影像強化方法的實現：在此階段，我們將應用電腦程式語言來實現這些傳統常用的空間域與頻率域方法，以利日後處理鑑識案件時使用；（二）小波轉換之影像強化方法之研究：在此階段，我們將針對小波轉換技術在刑事鑑識方面的理論分析與應用作探討，並將應用電腦程式語言來實現；（三）影像鑑識實例之研究：我們將針對目前已遭遇之案例，嘗試結合影像強化（前兩個階段成果）與影像還原技術（包括筆者先前之研究成果），希望找出最佳的處理程序，不僅能幫助案件的偵破，所獲得的經驗亦能作為未來警方在犯罪預防與蒐證的參考。

三、計畫英文摘要：

Key Words: Forensic Science, Image Enhancement

In the forensic science field, there are many criminal image data including fingerprints, crime scene photos and surveillance camera videotapes. The evidence may become the key point to solve crime problems. However, the evidence may be contaminated by other light source interference and the noise from crime scenes, or distorted by improper collected. Unfortunately, in the forensic cases, we seldom have chance to acquire more images of the objects, the only way is applying image processing technologies to dealing with those image data.

In applying image processing technologies to making up the blurred images, image enhancement methods play an important role. They can improve the visual quality of images with some mathematical algorithms. Those enhancement methods can be categorized as: spatial domain methods and frequency domain methods. Those conventional methods do a pretty good work in many applications. However, when we apply them to forensic images directly, the efficiency is decreasing, since the characteristics of images are different from the ones of general images. Recently, the wavelets transform has been widely studied and applied in many fields. Some researchers began to apply them in image enhancement problems. In this project, we will review and assess those current image restoration technologies to see their capability in forensic science, and we will improve or develop new ones to make this technology more proper for forensic cases.

In this project, there will be three steps: (a) implementation of conventional methods: we will implement those spatial domain and frequency domain methods with computer programs; (b) development of new image enhancement methods with the wavelet transform; (c) case study: we will use forensic case images to study those conventional and new developed methods. Besides, we will combine image enhancement methods (from above steps) and image restoration methods (from our previous research achievement) to solve those cases.

四、計畫緣由、目的:

隨著影像科技的進步，數位影像處理技術已在刑事鑑識工作的應用上，扮演著重要的角色。由犯罪現場所獲得的影像資料(例如指紋、車牌、鞋印照片、現場照片與監視錄影帶等)，已有愈來愈多的趨勢(每年均有數百件，數目並隨年增加)，並常成為破案的重要關鍵，然而這些資料往往由於犯罪現場或多或少被破壞、攝影機取像角度不當、光源不足、取樣儀器的限制或人為操作等等的因素，常常需要利用影像處理技術來強化並獲取其中之資訊[1]。目前將影像處理技術應用於刑事鑑識工作上的情形:在國外，以英美為例，除了國家警察鑑識單位外，亦有相關民間影像鑑識公司(例如:美國加州 Cognitech Inc.)接受當地警方委託，負責影像鑑識的工作，他們的技術發揮功效並成功地偵破幾個案件。近年來，在國內警察實務單位開始嘗試應用數位影像強化技術來強化模糊的監視錄影帶、車牌照片等常見的影像鑑識問題，但是，他們所能使用的工具非常有限，往往只能利用套裝軟體(例如 Photoshop 與 Photoimpact 等)所提供的簡單功能(例如調整對比、亮度)作處理，然而，這些套裝軟體的目的均是以美工製圖為主，缺乏專業影像強化的功能，因此，當他們想應用許多影像強化的方法時，並沒有一套完整的工具，因而造成了明明有影像記錄，但是卻變成了無效的證據，更重要的是，這些影像並沒有機會重新被取像，因而造成追緝與破案上的困難，甚為可惜(以筆者所了解的情況，這類所謂的「無效證據」幾乎佔了八成左右)。

在應用影像處理技術時，影像強化的方法扮演著重要的角色，它們可被用來使原本看起來不清晰的影像資料，經過某些數學運算方法之後，呈現較佳的視覺效果。這些方法可區分為兩大類:空間域(spatial domain)與頻率域(frequency domain)[2,3]。

所謂空間域的方法，即是直接針對影像本身的像素(pixel)資料作運算處理，此類方法又可細分為兩類，亦即「明暗分佈圖處理法(histogram processing)」與「遮罩處理法(mask processing)」。所謂「明暗分佈圖處理法」，即是將影像的像素資料作統計表(明暗分佈圖)排列，之後根據影像特性的不同，改變並更新統計表的排列方式，以達到影像強化的目的，例如：機率法與 Gamma correction curves 法。所謂「遮罩處理法」，即是利用一個遮罩(例如 3x3 陣列)對於目標影像作迴旋積(convolution)運算，常使用到的遮罩類型包括 Roberts filtering, Prewitt filtering, Sobel filtering, Median filtering 以及 High-boost filtering 等等。

所謂頻率域的方法，即是對於目標影像作傅立葉轉換之後，再針對影像之傅立葉平面資料作運算處理，例如加強較高頻的部分，以達到影像邊界強化的目的，常使用的方法包括：Butterworth filtering, Homomorphic filtering 等等，即屬於這類典型的方法。

上述這兩大類影像強化的方法對於一般影像具有相當的效果，然而，由筆者處理刑事鑑識案件之經驗得知，應用這些傳統方法，其視覺效果的改善非常有限，這可能與這類刑事鑑識影像證物的特性有關(除了上述所提攝影機取像角度不當、光源不足等問題之外，為降低成本而重覆使用監視錄影帶所造成的影像品質降低也是常見的狀況)，因此，我們急需研究與發展新的影像強化技術，以提高影像證物的可辨識性。

近年來，對於小波轉換(wavelets)[4,5]這種新興技術的研究有如雨後春筍般地展開(其中小波轉換更成為下一代影像壓縮格式的標準)，除了數學理論的探討外，其中亦有嘗試將其應用在影像強化的問題上[6-10]。所謂小波轉換，即是對於目標影像作多層次

(multiresolution)的解析分解，以了解包含在此影像中各尺度(multiscale)的資訊分佈情形，並針對我們所需的部份作增強的動作，以達到影像強化的目的。在本計畫中，我們將使用小波轉換這個新興的技術作為理論基礎，以研究發展新的刑事鑑識影像強化技術。

由筆者實際參與刑事鑑識工作(由法院與警察機關所委託的影像鑑識案件)的經驗，影像還原技術與影像強化技術雖然是不同的研究領域，然而兩者之間確是密不可分且相輔相成的。筆者於2001年6月開發出新的影像還原技術(已被SCI 國外期刊 Journal of Forensic Science 接受並安排將於2002年5月刊登)，因此，研究如何結合筆者之影像還原技術成果，亦是本計畫之目的。

本計畫共有三個目的：(一)傳統影像強化方法的實現：在此階段，我們將應用電腦程式語言來實現這些傳統常用的空間域與頻率域方法，以利日後處理鑑識案件時使用；(二)小波轉換之影像強化方法之研究：在此階段，我們將針對小波轉換這個新興技術在刑事鑑識方面的理論分析與應用作探討，並將應用電腦程式語言來實現；(三)影像鑑識實例之研究：我們將與刑事警察局鑑識科影像組合作，針對目前已遭遇的較複雜案例，嘗試結合影像強化(前兩個階段成果)與影像還原技術(包括筆者先前之研究成果)，希望找出最佳的處理程序，不僅能幫助案件的偵破，所獲得的經驗亦能作為未來警方在犯罪預防與蒐證的參考。此外，將藉由本計畫所獲得的寶貴經驗納入中央警察大學的教學課程中，以求理論與實務配合，以培養國內影像鑑識人才，這是本計畫的主要目的之一。

五、研究方法：

在本計畫中，我們將分為三個階段來進行：(一)傳統影像強化方法的實現；(二)小波轉換之影像強化方法之研究；(三)影像鑑識實例之研究。以下我們將分別說明各階段的研究方法及進行步驟：

在第一個階段「傳統影像強化方法的實現」中，由於目前市面上雖有販售影像處理軟體(例如 Photoshop, Photoimpact 等等)，然而，它們的目的均是以美工製圖為主，缺乏專業影像強化的功能，當我們想應用許多影像強化的方法時，並沒有一套完整的工具。因此，在此階段，我們將應用電腦程式語言來實現傳統常用的空間域與頻率域方法，以利日後處理鑑識案件時使用，並作為與第二個階段新發展方法之比較。將實現的方法包括屬於空間域方法的「明暗分佈圖處理法(histogram processing)」(例如：機率法與 Gamma correction curves 法)與「遮罩處理法(mask processing)」(包括 Roberts filtering, Prewitt filtering, Sobel filtering, Median filtering 以及 High-boost filtering 等等)；以及屬於頻率域方法的 Butterworth filtering 與 Homomorphic filtering 法等等。在此階段的計畫重點是屬於目前現有影像強化技術之資料彙集與文獻探討，以及實際應用電腦程式語言來實現為主。

在第二個階段「小波轉換之影像強化方法之研究」中，我們將針對小波轉換應用在影像強化方面的理論分析與應用作探討，並將應用電腦程式語言來實現(包括 Haar 與 Daub 兩類不同參數之小波轉換)，以了解小波轉換的多層次解析特性在刑事影像鑑識工作上的實用性。此外，我們亦將利用刑事影像常遇之雜訊對此種方法作測試(將已知結果之影像加上雜訊)，以了解它們對於有雜訊干擾的影像狀況

下，強化效果如何，是否亦會將雜訊的干擾同時加強，而無法達到我們所需影像強化的效果。

在第三個階段「影像鑑識實例之研究」中，主要將採取案例研究的方式，針對在刑事鑑識案例中所遇到在使用現有影像強化技術後仍無法得到滿意結果的狀況作探討。在此階段，我們(中央警察大學鑑識科學學系與科學實驗室)將與刑事警察局鑑識科影像組合作，針對目前已遭遇的案例，利用前兩個階段成果作進一步處理，希望能讓計畫的進行與成果隨時與實務工作結合，以期發揮即時的功能，協助案件的偵破。此外，以筆者處理案件之經驗，影像強化技術與影像還原技術搭配使用，常能達到相輔相乘的效果，我們將結合筆者先前在影像還原技術之成果，以期找出最佳的處理程序(例如先將影像作強化，再作還原的處理；或是先作還原，再作強化的處理；亦或是將兩者混合交叉使用)，所獲得的經驗亦能作為未來警方在犯罪預防與蒐證的參考。

六、研究結果與討論:

前言

在影像鑑識領域裡，模糊影像一直是討論的重點，尤其是對於模糊車牌影像來說，不論是監視攝影機所拍攝的動態影像或是照相機所存取的相片，都有可能因為拍攝主體物的移動，或是對焦不準確所產生的失焦現象，在擷取的影像上或是照片產生模糊。而模糊的種類亦分為多種，有徑向模糊、動感模糊和高斯模糊...等，皆對於影像的清晰或鑑別上有一定程度的干擾，使得可能以此資料為線索的案件，如竊案或是強盜案等，因模糊辨別不清而喪失追查下去的機會。而一般的作法有邊界偵測與萃取(edge detection and boundary extraction)、影像還原(image restoration)、影像強化(image enhancement)以及辨識(recognition)，但單一討論時卻有一定程度的瓶頸與困難。所以本計畫以模糊車牌號碼為實驗影像，嘗試在單一模糊數字上善用小波轉換(Wavelet Transform)偵測邊界及找取具有個性化的數字特徵來確認車牌上的模糊數字號碼，然而本文所提之方法亦可延伸應用在其他目標物影像(醫學影像、人貌照片)。

本計畫對於高斯模糊數字以兩種方法研究，第一種方法為模糊字體在平面上所支撐(Support)的張量(Tensor)上，以 2-D Laplacian 轉換抓取像素點(Pixel)與鄰近點間的差異值，而再將差異分佈圖上取閾值使差異性較小的數值過濾掉，然後，利用點與點間的距離之特徵來表示資料的密集程度分佈，資料群聚(Clustering)越密集，表現在圖上的能量密度就越高；再用取對數值的原始資料與山群圖作濾網(Filter)將主體數字顯現，最後，以小波轉換將邊界圖形抓出，使原始模糊數字隱然清晰浮現，可以肉眼辨識(visual identification)。第二種方法為找出模糊圖形的特徵值，找出此張

量上的最高值，次高值，第三高值……等，以似山勢群聚法(Mountain Clustering Method) 找出數字在張量上所可能表現的骨架 (skeleton)，再將此特徵分類以期找出規則可用以研判可能之數字。此方法所產生之特徵可應用於日後的自動化辨識。

本計畫結合上述兩種方法，利用交叉比對，能將模糊數字的鑑別率提高。處理流程列於圖(一)(見九、附圖表)。

方法

在此，我們將本計畫所使用之兩種方法作摘要說明：

方法一：密度群聚法

1. 原始圖形色階重新分佈 (Rescaling)、2-D Laplacian 轉換：

為了使 2-D Laplacian 轉換後所設得的閾值能套用在不論模糊多嚴重的數字圖形上(以軟體『Photoshop』造成灰階模糊圖形作為實驗樣品)，在前處理上先把原始圖形的灰階值重新分佈在 0~255 間，再以 Laplacian 轉換操作子 (operator)：

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & +8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

與圖形作旋積 (convolution) 處理，再設定一閾值 (在本實驗中使用之實驗值為 7 或 8) 將過小的差異值濾掉。用 Laplacian 轉換的想法與一般用其來尋找邊界值有些不同，它在理論上是將影像作二次微分。在模糊情況不嚴重的圖形上，有能量的數字與背景的相差值的變化是極為劇烈的，所以很容易以 Laplacian 轉換將數字與背景的邊界標示出來；但如果模糊情形讓數字與背景的差異變成為緩慢的坡度改

變時，則 Laplacian 轉換在無法明確抓到邊界值下，又將代表什麼意義呢？我們以數字八，圖(二)作說明的例子：

圖(二.a)與圖 Fig. (二.c)分別為原始清晰圖形和經過 Laplacian 轉換後所得的邊界圖形，而圖(二.b)與圖 Fig. (二.d)是從其上圖形取第 45 列 (row) 所得一維圖形，從圖中可以清楚看見數字能量與背景相差越大，坡度越陡，則可獲得清晰明朗的邊界值圖形。圖(二.e)與圖(二.g)分別為高斯模糊 $\sigma=9$ 的圖形與其 Laplacian 轉換後所得的邊界圖形，在圖(二.f)發現原本分明的兩根能量柱(見圖(二.b))變成兩緊連在一起的山峰形狀，而其間只剩微微下凹的差距；但令人感到驚訝的卻是從圖(二.g)所得的圖(二.h)，可看出能量密集的區域與圖(二.b)竟有相當的雷同之處，此外，圖(二.g)的外表輪廓也與原始圖形圖(二.a)相近，顯見 Laplacian 轉換作用於模糊程度高的圖形可得出的，並不只是邊框值，而是類似原始圖形的外觀型態。我們以圖(三)顯示高斯模糊 $\sigma=11$ 數字八的處理流程圖形。

2. 點數群集擴大法

點數群集擴大的方程式為：

$$m(v) = \sum \exp(-1 * \|v - x_i\|^2 / (2 * \delta^2))$$

v 為每個像素點的位置； x_i 為有白點的位置。參數 σ 只是顆粒填滿後的平滑度 (δ 越大越平滑)。方法為藉由每個資料點 x_i 對整張圖形的像素點造成高度的累積，而距離資料點密集區越近的像素其累積值越高。

我們由圖(二.a)與圖(二.g)的比較可看出，其中的差異是在圖(二.g)的主體物是以點狀的顆粒在分佈上的密集而呈現的圖案，所以

我們在密集位置 (data density measure) 用點數群集擴大法將密集程度高的位置形成與背景差異較大的能量累積，也順便將上圖顆粒間隙填滿，而使數字圖形在能量的分配成連續性。我們以圖(三.d)為例子，經過「點數群集擴大法」運算後所得到的圖形為圖(四)。

3. 作濾網—以原圖上每點再重新分佈而取對數

在實驗中，我們發覺高斯模糊越嚴重的圖形在經過 Laplacian 轉換後，其主體圖形旁邊會圍繞著細小類似環狀的雜訊分佈 (如圖(三.d)中箭頭所指處)。所以，我們要做一個濾網，且可從原始圖形下手 (因為原始圖形沒有出現雜訊分佈)，也可以讓所要的主體圖形依舊能不因通過濾網而讓亮度 (能量) 有所差距。思考一個性質，可以使亮度到達一定的數值以上維持恆亮且差距不大，而亮度在此閾值以下會有落差明顯的現象；參考圖(五)，會發覺在色階分佈 0~255 上取對數 (log) 後可達到前述效果，而在實驗操作中，發現將圖形色階最高值設在 120 作重新分佈 (rescaling) 可將所要的明暗度產生不錯的離析程度。即以此方式在原始圖形的每個像素點數值上取對數，相乘於上一階段所成的圖形。過濾後所成圖形如圖(六)。

4. 作不縮小的小波轉換 (Undecimated Wavelet Transform)

在小波轉換裡，我們嘗試以左右相接或上下相鄰的數值作相減平均或相加平均得四張尺寸與原圖相當的圖形 (以 Haar 作為基底函式)：低通-低通濾波 (lowpass-lowpass filter)，低通-高通濾波 (lowpass-highpass filter)，高通-低通濾波 (highpass-lowpass filter)，以及高通-高通濾波 (highpass-highpass)。捨去低通-低通濾波 (lowpass-lowpass filter) 圖形，將其餘三張圖等比例相加，

即可將數字主體的邊框值標示出來（如圖(七)）。不過，由於在模糊越嚴重的圖形上其數字邊界能量與背景差異不大，所以即使以小波轉換強調邊界，卻可能造成更模糊不清（如圖(八)）；所以當發覺轉換後的圖形無法找出所要的數字輪廓，我們嘗試回到第三步驟處理完畢的圖形，將數字能量以顯著的突出和背景差值變大，因此，藉由每個像素點的平方來達成前述的效果，然後，經由小波處理即可容易地將邊界抓出。

方法二：找骨架—用似山勢群聚法（Mountain Clustering Method）

山勢群聚法方程式為：

$$m_{\text{new}}(v) = m(v) - m(c_1) \exp(-1 * \|v - c_1\|^2 / (2 * \beta^2))$$

$m(v)$ 所代表的是原始圖形； c_1 則為該高點的位置。 β 值越大所造成的孔洞越大。

本方程式係利用原始圖形找尋高點 c_1 的位置，以挖空高點及其附近的高斯分佈 ($m(c_1) \exp(-1 * \|v - c_1\|^2 / (2 * \beta^2))$) 來標定出圖形中高點的相對位置和特徵。以圖(二. b)與圖(二. f)為例，原本清楚兩根能量柱，在經過高斯模糊後，其能量的散佈會往能量柱的兩旁呈遞減分佈，且整體能量的走向是向中央逐漸成一個鐘形的高斯分佈，但我們可以從圖(二. f)發現，原本最高兩根能量柱雖然底下的寬度開始向兩旁擴張，但最高峰的值與當初能量柱的位置是相同的！由此，我們嘗試在原始的模糊圖形上，以山勢群聚法將圖形中最高點找出，再將最高點的位置及其附近挖空；依序找出第二高點，再挖空，找出第三高點，再挖空…。以次方法繼續下去，然後觀察挖空處的位置，比較

同樣數字在不同模糊階段，同樣挖空的數目下，是否在相對挖空位置有其特徵性？抑或，將挖空數目增加，是否有可能將整個數字的骨架，即數字在模糊狀況下的峰頂連接形成的數字型態，在接連的打洞標示下而顯現出來？在實驗的觀察下，我們發現，以挖空的數目來形成數字型態在高斯模糊 $\sigma=8$ 以下皆可很清楚的判別，但超過此模糊程度者，卻因山峰的過於密集而不容易看出；但是，卻可以以每個模糊圖形的前六高點來代表其每個不同數字的特徵，來加以判別。相關實驗結果與討論，我們將在下一節中作討論。

實驗結果與討論

由於在0~9的數字中，數字0和數字8在模糊狀況嚴重時最不容易分辨，因此在本實驗中，我們以方法一的實驗步驟作為舉例。在圖(九)與圖(十)裡以高斯模糊 $\sigma=7, 11, 12, 13, 14$ 之圖形為實驗樣本，而第二列為數值重新分配的圖形，第三列為經過Laplacian轉換後取閾值的圖形，第四列是經過點數群聚擴大之圖，第五列則為通過原始圖形取對數的濾網圖形，第六列是小波轉換取邊界值之圖；另外，第七與第八列圖的出現是因為第六列之圖不清晰所作強化數值及重作小波轉換的圖形。由實驗結果看來雖然在高斯模糊 $\sigma=12$ 以後就無法抓出很完整的數字型態來，但對照兩組0與8的結果，卻可清楚看到，0的結果圖形其內有一明顯的中空凹洞出現，而8的結果其中間卻有一突出的橫列將中空部分分為二；且數字0在模糊嚴重時所實驗結果圖形，數字連接的斷處是從中間部分開始，而數字8卻無此現象。而依照這些特徵，應可應用在模糊更嚴重的圖形上來加以辨別。

方法二的實驗，我們以挖空數目六點(方程式 β 值取4)十點(方程式 β 值取8)分別表現模糊數字的特徵位置及骨架形狀，也依舊以

數字 0 和數字 8 做為樣品討論；用高斯模糊 $\sigma=7、8、11、13、14$ 的模糊圖形來進行實驗，由圖(十一)與圖(十二)來看，可知大約在高斯模糊 $\sigma=11$ 以下可把數字的整體骨架標示出來(以十個點數來標示)，而超過此模糊程度，要辨別可用特徵位置來看(以六個點數標示)；如 0 和 8 的比較，可看出數字 0 模糊後的高點位置大致聚集在上下兩邊(與方法一所觀察到的現象雷同)、而數字 8 則有集中在中間的位置。

經由方法一與方法二的交叉辨識，則在高斯模糊程度 $\sigma=14$ 為止的模糊圖形，仍可清楚分辨數字 0 與 8。

圖(十三)至圖(十五)分別為數字 9、6 與 3 的實驗結果。

七、計畫結果自評：

由「六、研究結果與討論」、「九、附圖表」與「十、其他(電腦程式)」的內容，我們已達成預期完成之工作項目。

在本計畫中，我們蒐集了影像強化方法之相關資料與文獻，並應用電腦程式語言來實現(見「十、其他(電腦程式)」)，所開發之相關電腦程式將可於日後處理鑑識案件時使用。

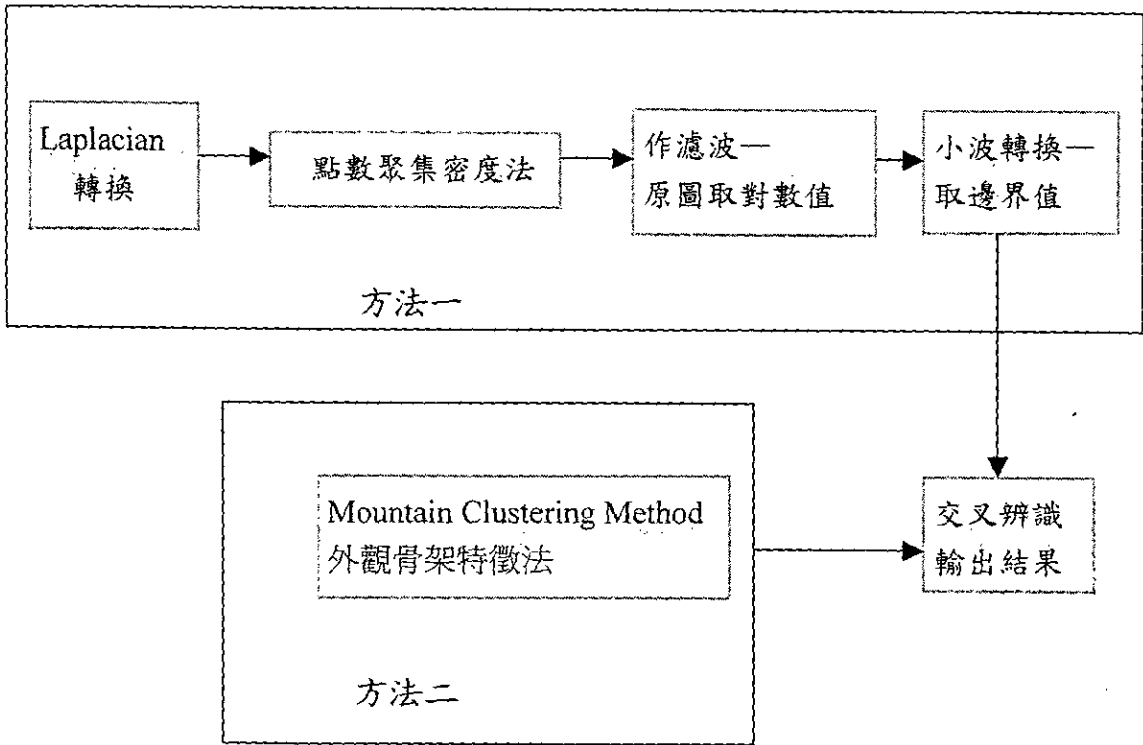
在應用小波轉換之影像強化方法中，我們利用高斯模糊作為實驗樣品，並開發兩種影像強化之方法：「密度群聚法」與「找骨架—用似山勢群聚法(Mountain Clustering Method)」，結合此兩種方法之交叉比對，將可提高影像強化的效果。詳細結果與討論請參考「六、研究結果與討論」與「九、附圖表」，實驗所使用之電腦程式語言請參考「十、其他(電腦程式)」。

刑事影像鑑識在所有刑事鑑識的技術中是屬於起步較晚的領域，雖然影像處理的技術已有相當的發展與應用，然而在國內，從事專業刑事影像鑑識工作者並不多，隨著影像科技的進步，由犯罪現場所獲得的影像資料(例如監視錄影帶等)卻有愈來愈多的趨勢(這一點亦可由社會新聞報導得知)。此計畫可讓參與人員學習影像強化技術之理論，並了解其在刑事鑑識工作上所扮演之角色，並實際運用這類技術，此外，如何在連續性(continuous)數學理論推導後，以離散性(discrete)或數位(digital)電腦來模擬驗證理論，亦是在電腦科技發達的今日所必備的知識之一，相信在此計畫中亦讓參與人員學習到此重要之經驗。未來希望能延續並應用此計畫之成果，將其應用在影像強化的問題上，並實際應用於影像鑑識的工作中。

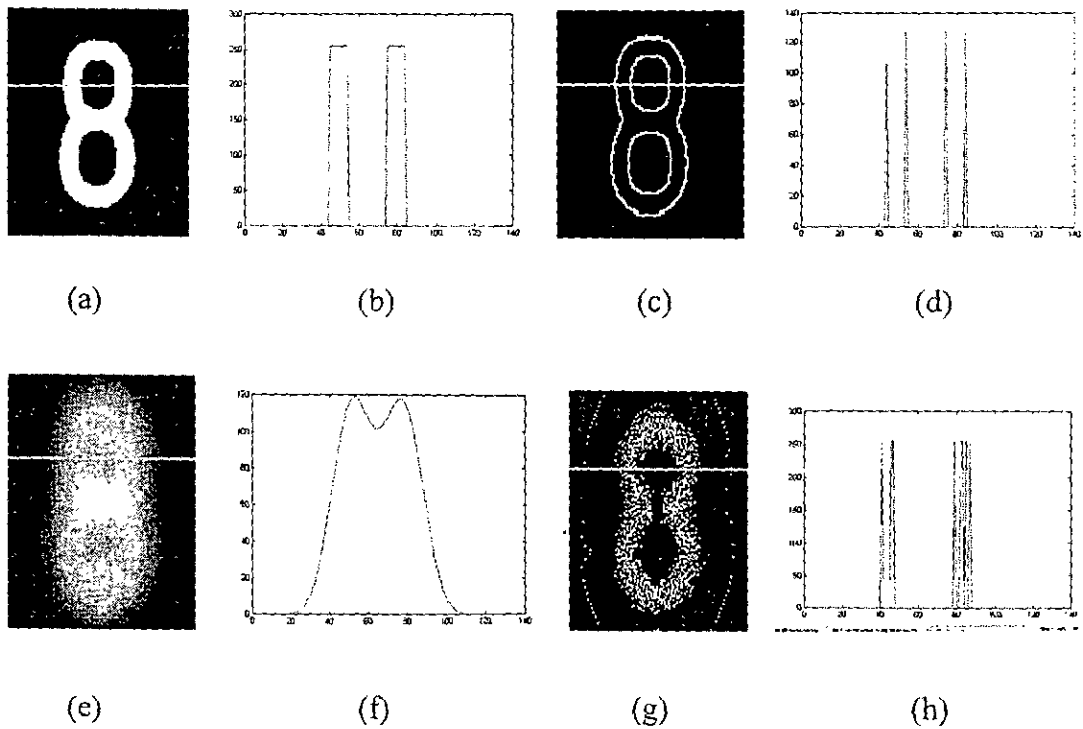
八、參考文獻:

- [1] E.Moler, V.Ballarín, F.Pessana, S.Torres and D.Olmo : "Fingerprint Identification Using Image Enhancement Techniques," *Journal of Forensic Science*, vol.43(3), pp.689-692, 1998.
- [2] R.C.Gonzalez and R.E.Woods : *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Company, 1992.
- [3] S.E.Umbaugh : *Computer Vision and Image Processing*, Prentice-Hall, 1998.
- [4] S.Mallat : *A Wavelet Tour of Signal Processing*, Academic Press, 1998.
- [5] C.S.Burrus, R.A.Gopinath and H.Guo : *Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms, A Primer*, Prentice-Hall, 1998.
- [6] C.-C.Chen, J.S.Daponte, and M.D.Fox : "Fractal Feature Analysis and Classification in Medical Imaging," *IEEE Trans. On Medical Imaging*, vol.8, no.2, pp.133-142, Jun. 1989.
- [7] C.-C.Lee, G.-R.Chen and S.-J.Wang : "Edge Enhancement Based on Multiscale Methods," *CVGIP*, pp.406-413, 1999.
- [8] F.Perona and J.Malik : "Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.12, no.7, pp.629-639, July 1990.
- [9] J.C.Fu and J.W.Chai : "Enhancement and Detection of Left Ventricular Endocardial and Epicardial Boundaries in Magnetic Resonance Images(MRI's)," *CVGIP*, pp.263-269, 1999.
- [10] A.F.Laine, S.Schuler, J.Fan, and W.Huda : "Mammographic Feature Enhancement by Multiscale Analysis," *IEEE Trans. on Medical Imaging*, vol.13, no.4, pp.725-740, Dec. 1994.

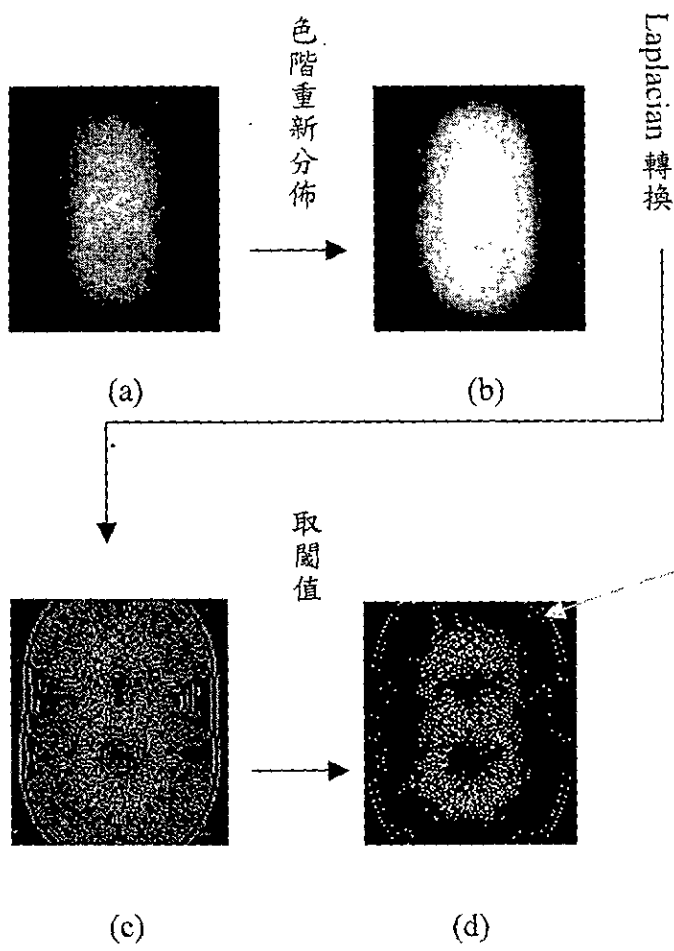
九、附圖表：



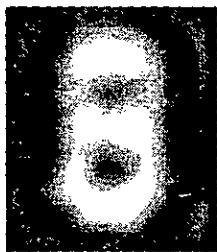
圖(一)



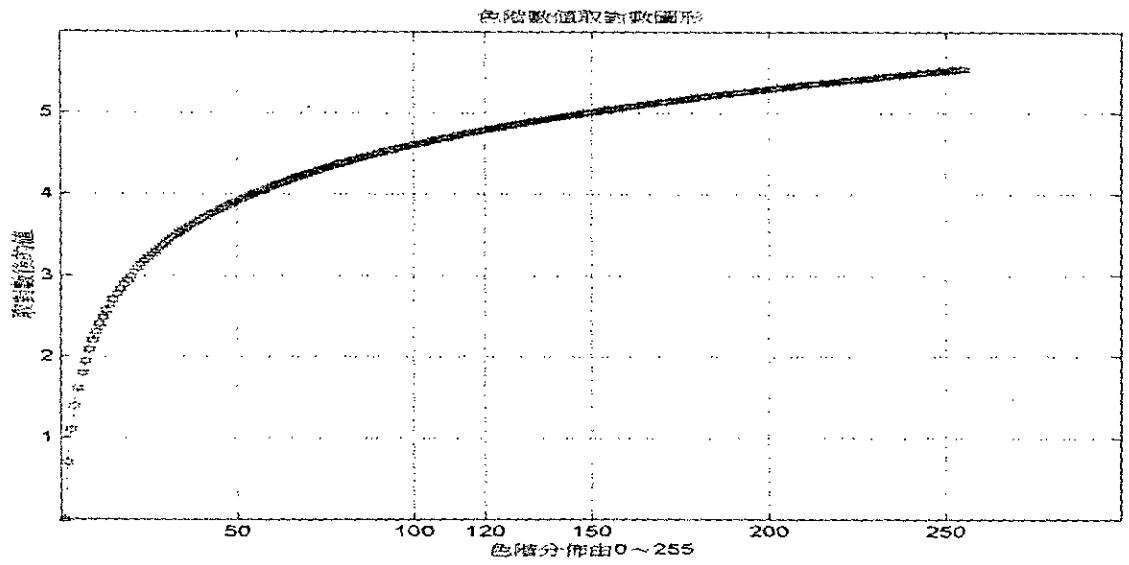
圖(二)



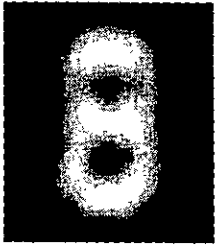
圖(三)



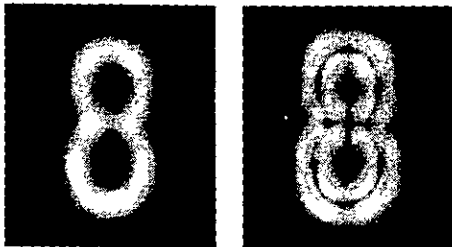
圖(四)



圖(五)：色階數值取對數圖形



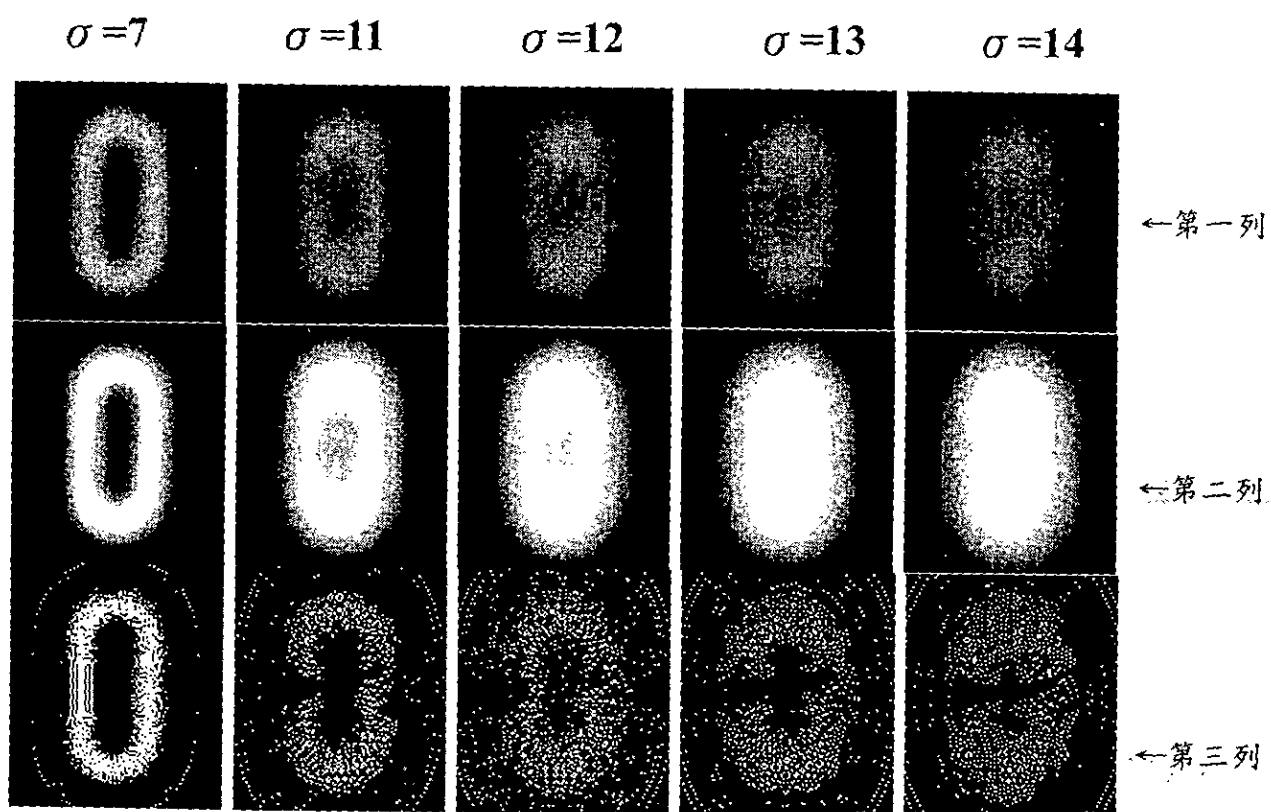
圖(六)



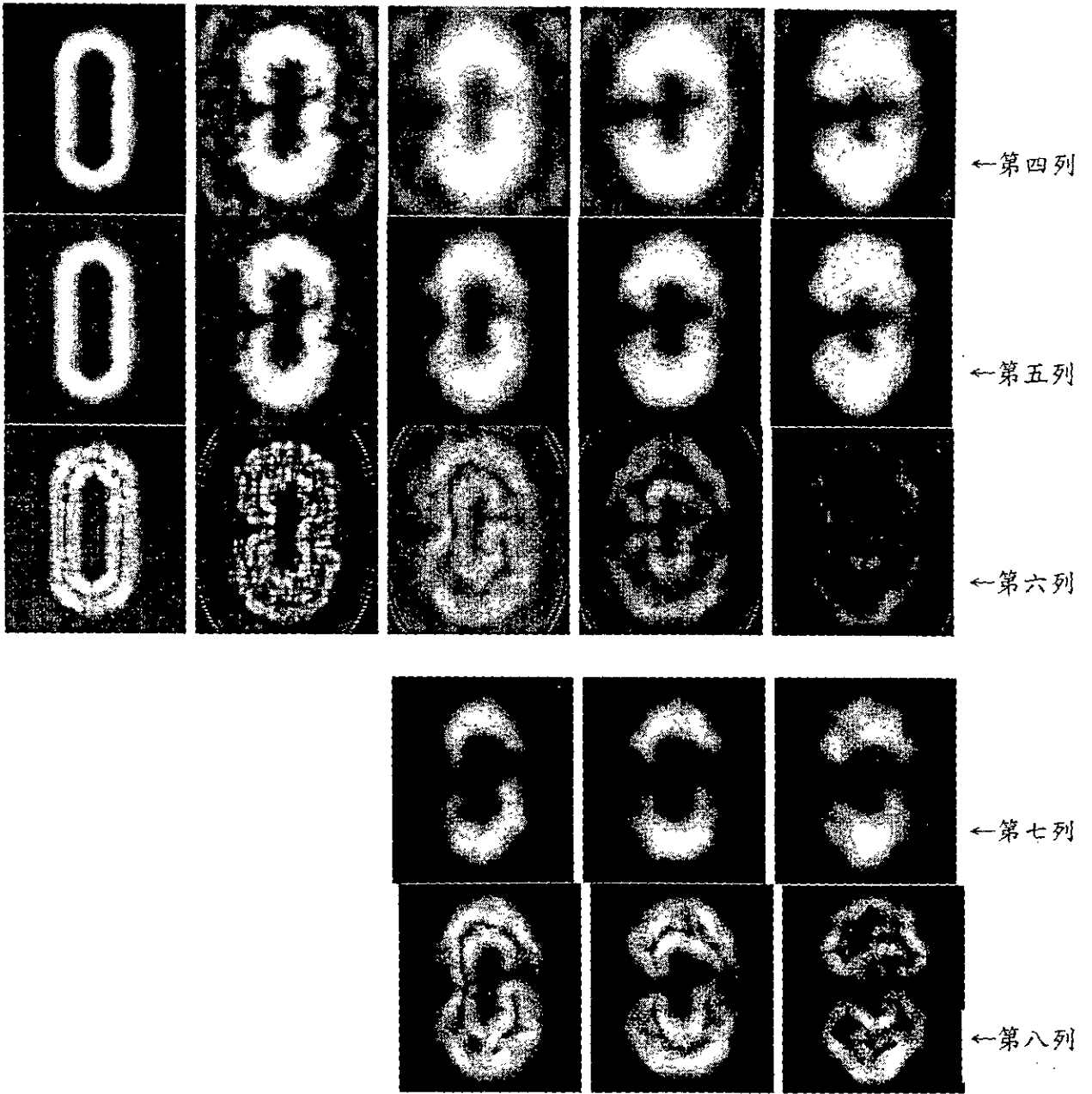
圖(七)



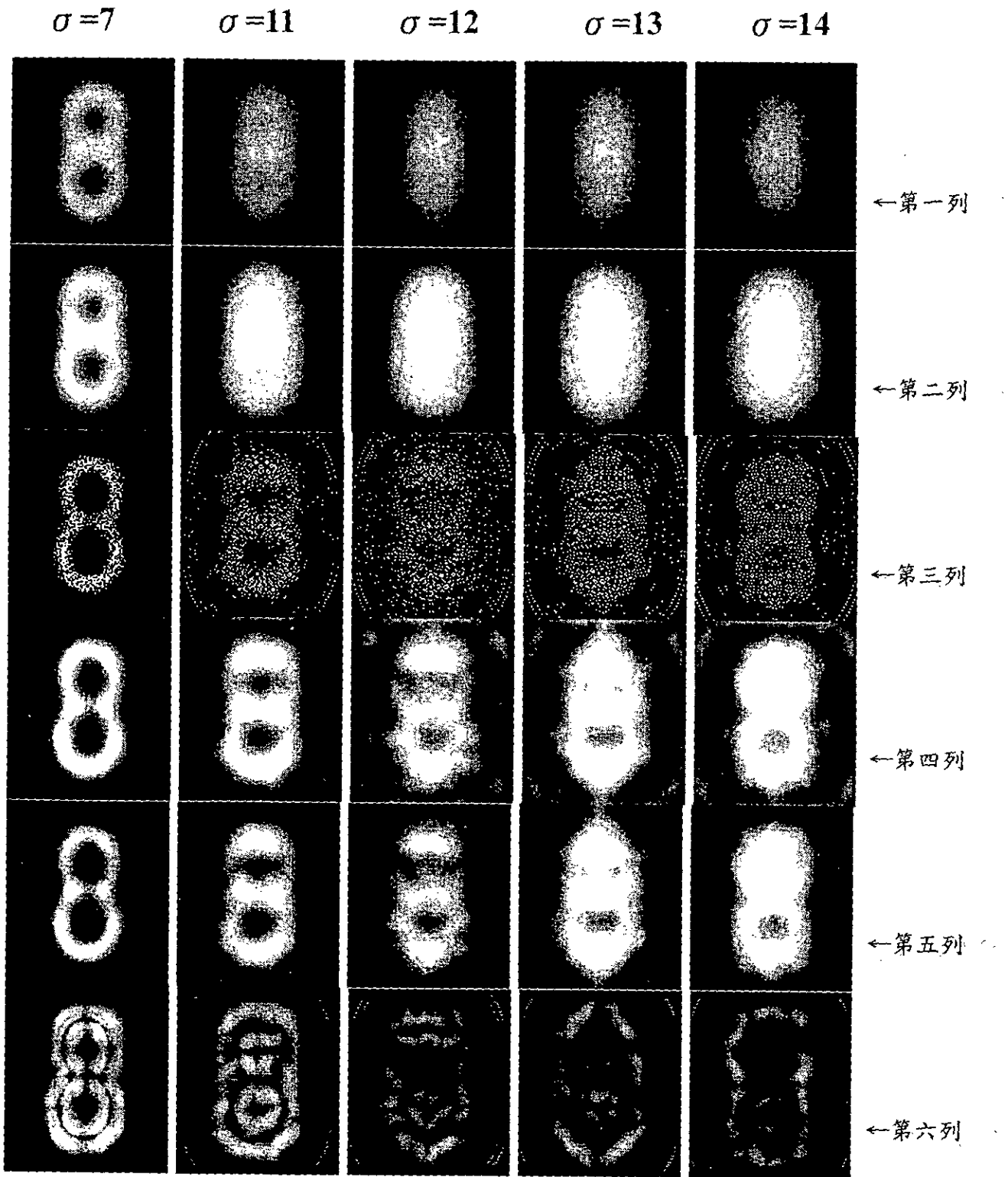
圖(八)



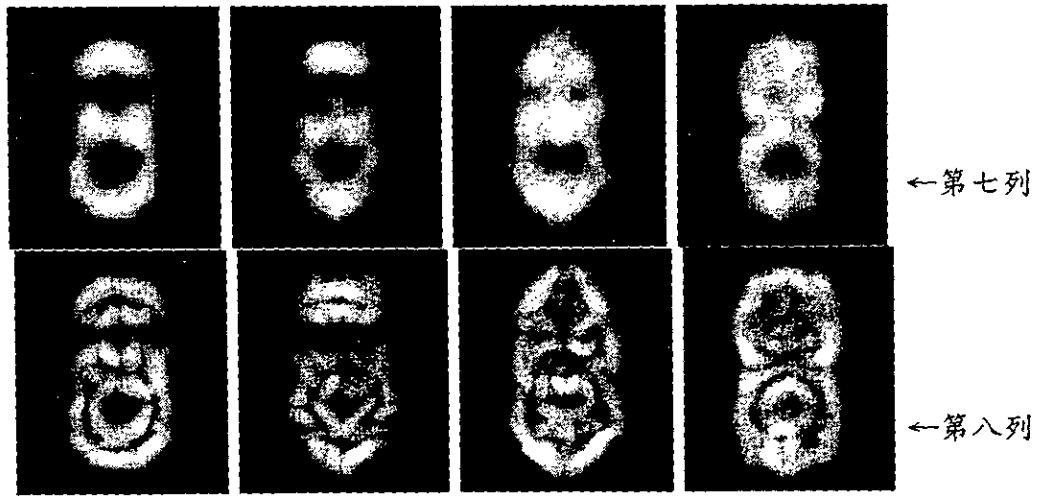
圖(九)



圖(九)接前頁



圖(十)

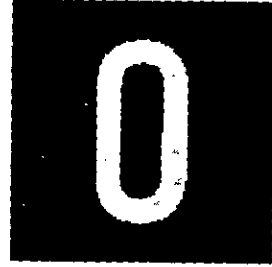
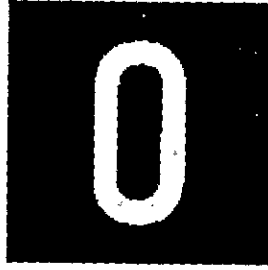
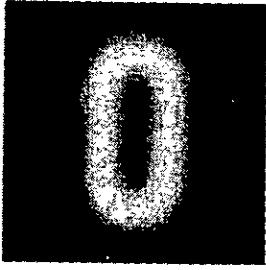


圖(十)接前頁

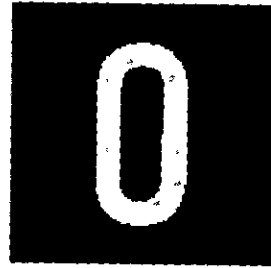
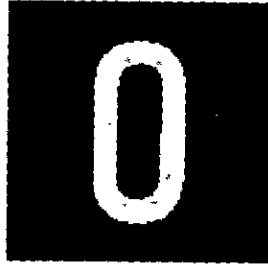
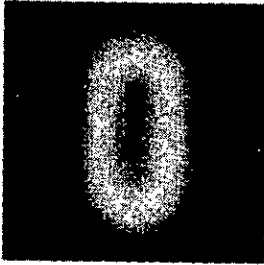
$\beta=4$

$\beta=8$

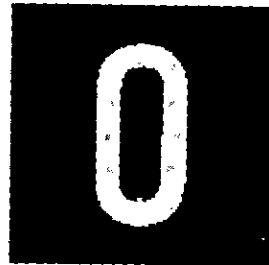
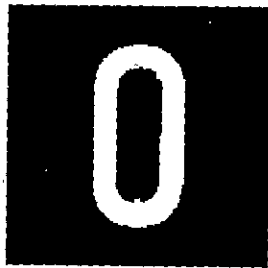
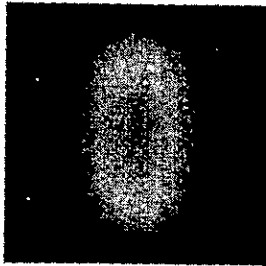
$\sigma=7$



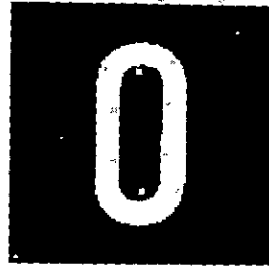
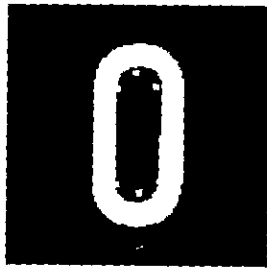
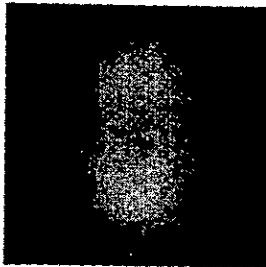
$\sigma=8$



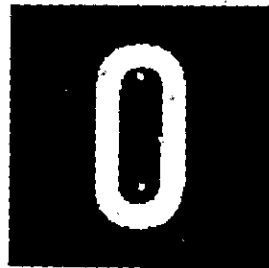
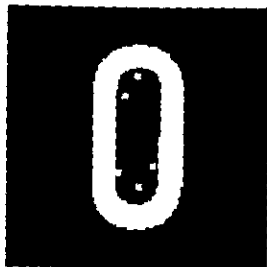
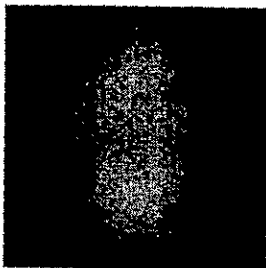
$\sigma=11$



$\sigma=13$



$\sigma=14$

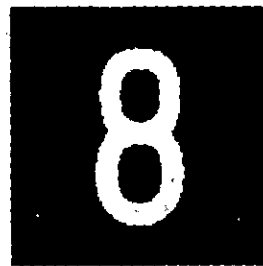
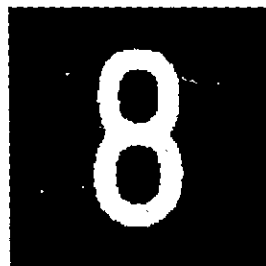
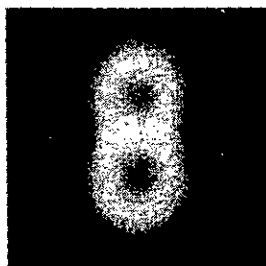


圖(十一)

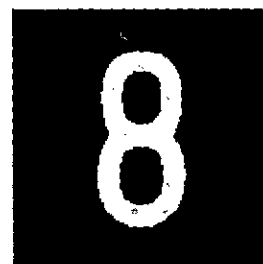
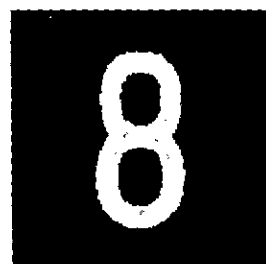
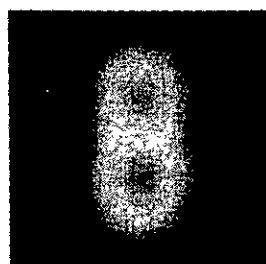
$\beta=4$

$\beta=8$

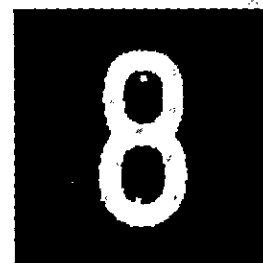
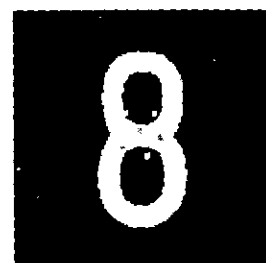
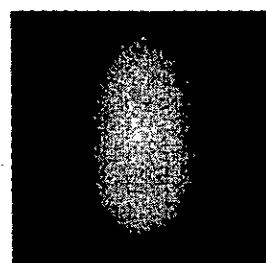
$\sigma=7$



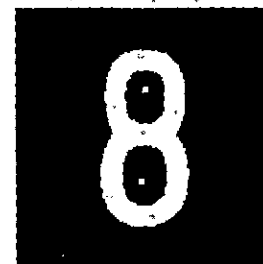
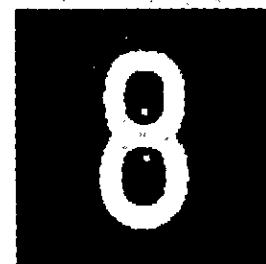
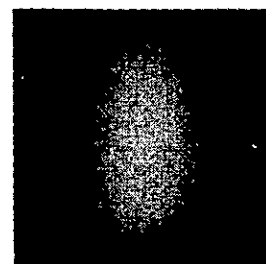
$\sigma=8$



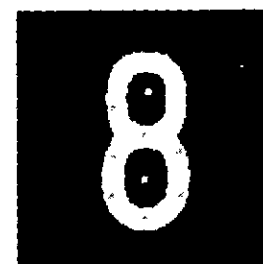
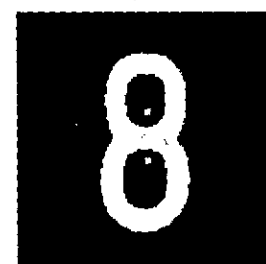
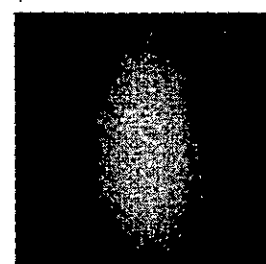
$\sigma=11$



$\sigma=13$



$\sigma=14$

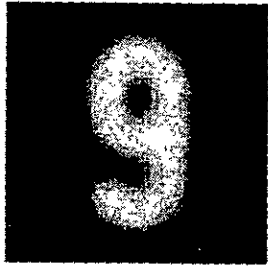


圖(十二)

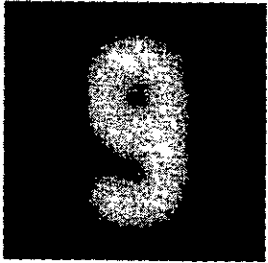
$\beta=4$

$\beta=8$

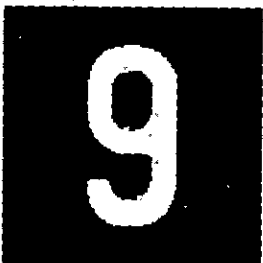
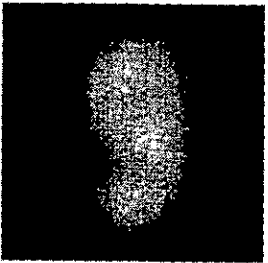
$\sigma=7$



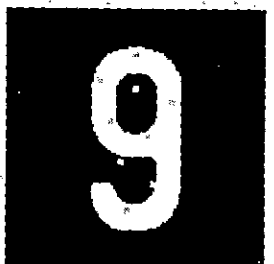
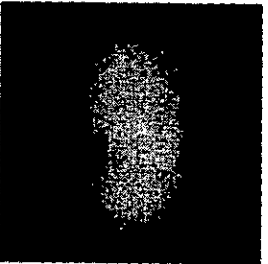
$\sigma=8$



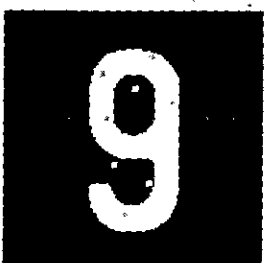
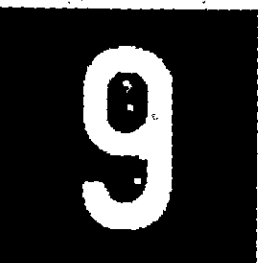
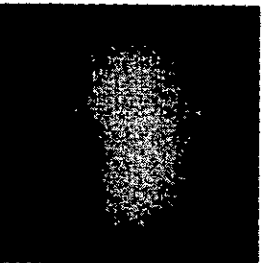
$\sigma=11$



$\sigma=13$



$\sigma=14$

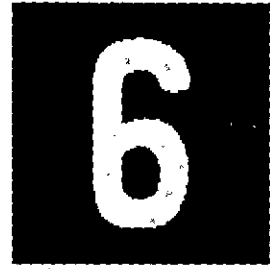
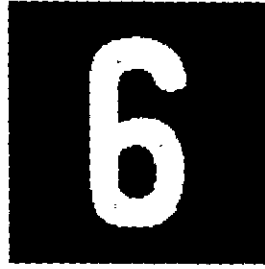
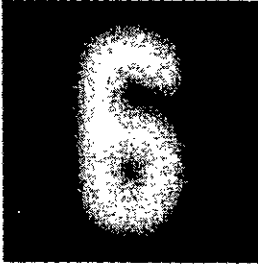


圖(十三)

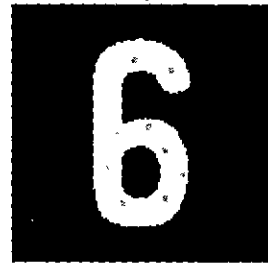
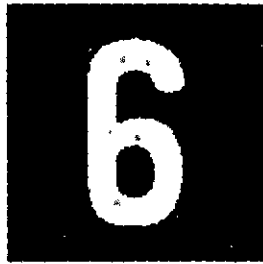
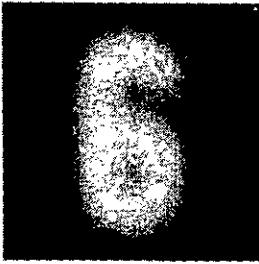
$\beta=4$

$\beta=8$

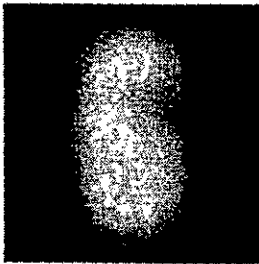
$\sigma=7$



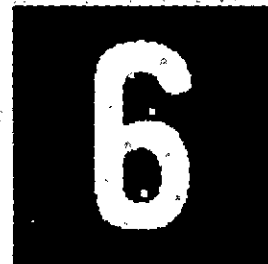
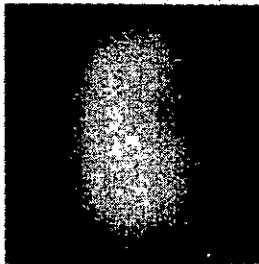
$\sigma=8$



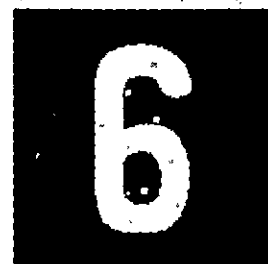
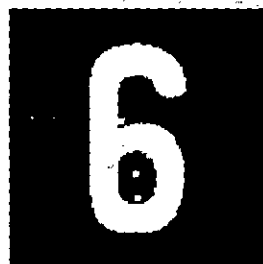
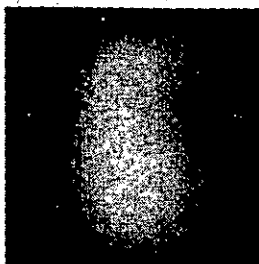
$\sigma=11$



$\sigma=13$



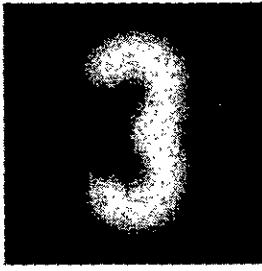
$\sigma=14$



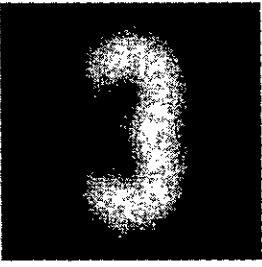
$\beta=4$

$\beta=8$

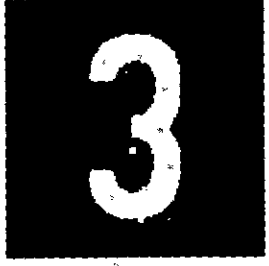
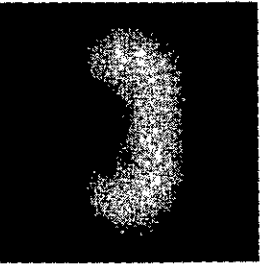
$\sigma=7$



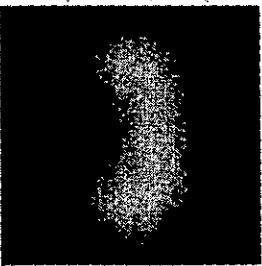
$\sigma=8$



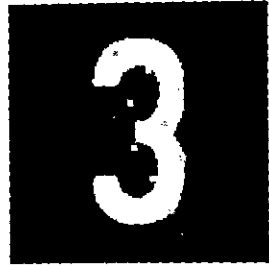
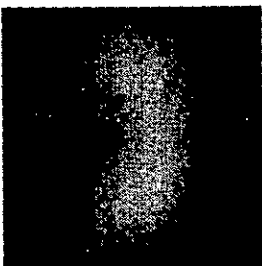
$\sigma=11$



$\sigma=13$



$\sigma=14$



圖(十五)

十、其他(電腦程式):

1. wavelet

```
function[LL,LH,HL,HH]=wavelet(obj)
%
obj=double(obj);

w=size(obj);
d=w(1); dl=w(2);
LLtemp=zeros(d+1,dl+1);
%.....LL 部分
LL=zeros(d+1,dl+1);
for i=1:d
    for j=1:dl
        LLtemp(i,j)=obj(i,j);
    end
end
for i=1:d
    for j=1:dl
        LLtemp(i,j)=(LLtemp(i,j+1)+LLtemp(i,j))/2;
    end
end
for i=1:d
    for j=1:dl
        LL(i,j)=(LLtemp(i+1,j)+LLtemp(i,j))/2;
    end
end
LL(d+1,:)=[];    %回復原始大小
LL(:,dl+1)=[];  %回復原始大小
LL=abs(LL);      %取絕對值
LLrescale=wcodemat(LL,255);    %調整係數使值落在 1~
255
%figure
%imshow(LLrescale/255);
clear LLtemp; clear w;
```



```

LHtemp=zeros(d+1,d1+1);
%.....
.....LH部分
LH=zeros(d+1,d1+1);
for i=1:d
    for j=1:d1
        LHtemp(i,j)=obj(i,j);
    end
end
for i=1:d
    for j=1:d1
        LHtemp(i,j)=(LHtemp(i,j+1)+LHtemp(i,j))/2;
    end
end
for i=1:d
    for j=1:d1
        LH(i,j)=(LHtemp(i+1,j)-LHtemp(i,j))/2;
    end
end
LH(d+1,:)=[];      %回復原始大小
LH(:,d1+1)=[];    %回復原始大小
LH=abs(LH);
LHrescale=wcodemat(LH,255);      %調整係數使值落在1~
255
%figure
%imshow(LHrescale/255);
clear LHtemp;

HLtemp=zeros(d+1,d1+1);
%.....
.....HL部分
HL=zeros(d+1,d1+1);
for i=1:d
    for j=1:d1
        HLtemp(i,j)=obj(i,j);
    end
end
for i=1:d

```

```

    for j=1:d1
        HLtemp(i,j)=(HLtemp(i,j+1)-HLtemp(i,j))/2;
    end
end
for i=1:d
    for j=1:d1
        HL(i,j)=(HLtemp(i+1,j)+HLtemp(i,j))/2;
    end
end
HL(d+1,:)=[];      %回復原始大小
HL(:,d1+1)=[];    %回復原始大小
HL=abs(HL);        %絕對值
HLrescale=wcodemat(HL,255);%調整係數使值落在 1~255
%figure
%imshow(HLrescale/255);
clear HLtemp;

HHtemp=zeros(d+1,d1+1);
%.....
%.....HH 部分
HH=zeros(d+1,d1+1);
for i=1:d
    for j=1:d1
        HHtemp(i,j)=obj(i,j);
    end
end
for i=1:d
    for j=1:d1
        HHtemp(i,j)=(HHtemp(i,j+1)-HHtemp(i,j))/2;
    end
end
for i=1:d
    for j=1:d1
        HH(i,j)=(HHtemp(i+1,j)-HHtemp(i,j))/2;
    end
end
HH(d+1,:)=[];      %回復原始大小
HH(:,d1+1)=[];    %回復原始大小

```

```
HH=abs(HH);          %絕對值
HHrescale=wcodemat(HH,255);          %調整係數使值落在1~
255
%figure
%imshow(HHrescale/255);
clear HHtemp;
```

2. step1

```
r=imread('88x11.bmp');
r=double(r);
r=255*(r./max(r(:)));
rl=r(:,:,1);
figure
imshow(r./max(r(:)))

%conv + binary +ldilate+3erode
flrl=[-1,-1,-1;-1,8,-1;-1,-1,-1];
fr=r(:,:,1);
flrcov=conv2(fr,flrl);
figure
imshow(flrcov./max(flrcov(:)));
dd=size(flrcov);
ddl=dd(1);
dd2=dd(2);
flrcov(dd1,:)=[];
flrcov(:,dd2)=[];
flrcov(1,:)=[];
flrcov(:,1)=[];
clear dd;
clear ddl;
clear dd2;
dd=size(flrcov);
ddl=dd(1);
dd2=dd(2);
flrbin=zeros(128);
for i=1:ddl
    for j=1:dd2
        if flrcov(i,j)>=7
            flrbin(i,j)=1;
        end
    end
end
figure
imshow(flrbin./max(flrbin(:)))
```

3. step2

```
[v1]=mount(flrbn,0,4);
```

4. step3

```
figure
imshow(v1./max(v1(:)))
%sw=[1,1;1,1];sw1=[1,1,1;1,1,1;1,1,1];
%flrdi=zeros(128);er=flrdi;er1=er;er2=er;
%flrdi=dilate(flrbn,sw1);
%figure
%imshow(flrdi)
%er=erode(flrdi,sw);
%er1=erode(er,sw);
%er2=erode(er1,sw);
%er2=double(er2);
%figure
%imshow(er2)
%.....wavelet(two steps)
%multiply,log ,filter(subtract)
v=1:128;
r1=120*r1./max(r1(:))+1;
rlog=zeros(128);
for i=1:128
    for j=1:128
        rlog(i,j)=log(r1(i,j));
    end
end
figure
mesh(v,v,rlog);
filr=v1.*rlog;
figure
imshow(filr./max(filr(:)))
[ll,lh,hl,hh]=wavelet(filr);
final=lh+hl+hh;
figure
imshow(final./max(final(:)));
```

5. mount

```
%let the graph be mountain type.
%using  $m(v)=\exp(-|v-xi|^2/(2*k*k))$ .
%The mountain function can be viewed as a measure of 'data density' since
it tends to be
%higher if more data points are locates nearby ,and lower if fewer data
points are around.
function [v]=mount(obj,key,kk)
%obj=double(obj);
%obj1=obj(:, :, 1);
k=size(obj);
d1=k(1);
d2=k(2);
iv=zeros(d1,d2);
for k1=1:1:d1
    for k2=1:1:d2
        for i=1:1:d1
            for j=1:1:d2
                if obj(i,j)>key
                    a=(k1-i)*(k1-i)+(k2-j)*(k2-j);
                    iv(k1,k2)=exp(-1*a/(2*kk*kk))+iv(k1,k2);
                end
            end
        end
    end
end
end
v=iv;
clear iv;
figure
mesh(v);
```

6. hance

```
fid=fopen('88x11fi.raw','r');
f=fread(fid,[128,128]);
fclose(fid);
ff=f.*f;
figure
imshow(ff./max(ff(:)))
[ll,lh,h1,hh]=wavelet(ff);
fff=lh+h1+hh;
figure
imshow(fff./max(fff(:)))
```

7. mcf

```
% Mountain Cluster Method %
ff=imread('88x14.bmp');
figure
imshow(ff);
ff=double(ff);
f=ff(:,:,1);
%fid=fopen('00x13fil.raw','r');
%f=fread(fid,[128,128]);
%fclose(fid);
%f=255-f;
P=10;      % characteristic points %
k=8;      % characteristic point range %
N=P+1;
nf=zeros(N,128,128);
top=zeros(2,P);

for i=1:1:128
    for j=1:1:128
        nf(1,i,j)=f(i,j);
    end
end

for n=1:1:P
    buffer=0;
    for i=1:1:128
        for j=1:1:128
            if nf(n,i,j)>buffer
                buffer=nf(n,i,j);
                TopI=i;
                TopJ=j;
            end
        end
    end
    top(1,n)=TopI;
    top(2,n)=TopJ;
    Top=buffer;
end
```



```

for x=1:1:128
    for y=1:1:128
        a=(x-TopI)*(x-TopI)+(y-TopJ)*(y-TopJ);
        if a==0
            mc(x,y)=max(abs(mc(:)));
        else
            mc(x,y)=(exp(-1*a/(2*k*k)));
        end
    end
end
end

```

```

Mc=-1*Top*mc;
for i=1:1:128
    for j=1:1:128
        nf(n+1,i,j)=nf(n,i,j)+Mc(i,j);
        Nf(i,j)=nf(n+1,i,j);
    end
end
end
end

```

```

top
figure
mesh(Nf);
%figure
%mesh(f');
figure

```

```

%fid=fopen('w9.raw','r');
%f1=fread(fid,[52,150]);
%fclose(fid);
ffl=imread('88.bmp');
ffl=double(ffl);
fl=ffl(:,:,1);
%nfl=zeros(52,150);

```

```

for n=1:1:P
    fl(top(1,n),top(2,n))=180;
    fl(top(1,n)-1,top(2,n)-1)=180;

```

```

fl(top(1,n),top(2,n)-1)=180;
fl(top(1,n)+1,top(2,n)-1)=180;
fl(top(1,n)-1,top(2,n))=180;
fl(top(1,n)+1,top(2,n))=180;
fl(top(1,n)-1,top(2,n)+1)=180;
fl(top(1,n),top(2,n)+1)=180;
fl(top(1,n)+1,top(2,n)+1)=180;
end

```

```

%for i=1:1:52
%   for j=1:1:150
%       NF(i,j)=fl(i,j)+nfl(i,j);
%   end
%end

```

```

imshow(fl/max(fl(:)))
%fwriteid=fopen('E:\andy191\mcf\z-5005.raw','w');
%fwrite(fwriteid,NF);
%fclose(fwriteid);

```