

# 多階段影像融合技術

戴紹國

朝陽科技大學

sgdia@cyut.edu.tw

陳雅甄

朝陽科技大學

S10014608@cyut.edu.tw

## 摘要

影像融合技術是將多張相同視景但是不同焦距之影像結合成一張新的影像，這張影像是由各個影像最清晰的部分組合而成。在一些圖型識別、醫學影像或物件辨識的應用上，有時我們無法只從一張影像獲得所有資訊，必須要藉著不同光源或焦距來取得多張影像甚至是連續影像，而必須經由融合，取出重要區域進行組合，資訊才得以完整呈現。我們在這篇論文提出一個方法，他的特點是先在使用小波分解，針對其分解係數來計算離散小波轉換聚焦測量進行融合，然後進行空間域的多階段影像融合。最後，我們將此方法以實際影像和模擬影像來做實驗，並且和其他影像融合的方法進行比較。

**關鍵字：** 影像融合、小波分解、離散小波轉換聚焦測量

## Abstract

Image fusion technique combines multiple images of the same scene under variable foci. The result of image fusion is a new image which is composed of clear regions from those images. It is very useful in human and machine perception or further image-processing tasks such as pattern recognition, image segmentation, aid diagnosis and object recognition. In this paper, we proposed a novel method based on wavelet transform. We first extract DWTFM to fuse images for the initial step. With this

composed image, multiple phases for further fusion are applied in the spatial domain. In the experiment, we apply this method both on synthesize and real images and compare to other fusion method.

**Keyword: image fusion, DWTFM, wavelet decomposition.**

## 1.前言

在電腦視覺技術中，影像融合是一個很重要的技術。融合後的影像，能夠提高在各種應用領域的效能，例如影像分割和物件辨識等。影像融合技術可以將幾張影像來源把訊息做互補，改善了影像的可見度和解析度，並強化分析物體的特徵訊息，也可以在檢測與識別物體時減少錯誤[10]。目前，影像融合成功的應用在許多方面，例如在醫療診斷，遙感探測，多焦距的 CCD 和軍事用判斷[4、9、12、13]

近幾年來，有不少學者在影像融合相關方面之研究提出了各種解決的方法，Li [1]利用離散小波轉換(Discrete Wavelet Transform; DWT)作為基礎的影像融合方法，將對焦區不同的影像以 DWT 做轉換，轉換後會得到四種頻帶低頻、低高頻、高低頻、高頻，來做計算，將兩張影像的相對應係數值做比較，再選出最大的係數值進行融合。離散餘弦轉換(Discrete Cosine Transform, DCT) [2]，將不同對焦區的影像空間域經由運算後轉換成頻率域。Unser 以離散小波轉換作為基礎提出了進階的離散小波框架轉換(Discrete Wavelet Frame

Transform, DWFT) [3], 將經過 DWT 轉換後會得到的子帶(sub-band)影像大小會與原始影像相同。Huang[4]提到一個以計算影像邊緣銳利度為主的方法 Energy of Laplacian (EOL), 是以鄰近四個點的差異為主要的依據, 其它鄰近的四個點為輔, 來計算主要點周圍的平滑程度, 值越大則表示它的平滑程度越小。支持向量機(Support Vector Machine, SVM) [5], 它是一種線性分類器, 更是一套監督式(supervised)的學習分類器, 不論是在處理辨識或是執行的速度上, 都相當迅速而且具有優異的成效。離散小波轉換聚焦測量 (Discrete Wavelet Transform Focus Measure, DWTFM), 是利用 DWT 轉換後的係數, 進行聚焦測量, 取得最佳聚焦點影像之後, 再合成一張清晰的影像。

使用基於小波變換的影像融合方法, 必需考慮能夠在沒有損失資訊的狀況下將輸入的影像做處理。以前的研究曾使用計算比較簡單的方法來結合小波係數, 像是權重法, 選擇最大值甚至做線性及非線性分析。Hong Zhang, Lei Liu 和 Nan Lin [14]提出了一個新的醫學影像融合方法, 使用小波係數的基礎上去分析影像能量。Huaixin Chen 提出了以主成分分析法為基礎的影像融合方法 [2]。Nikolaos Mitianoudis 和 Tania Stathaki 使用獨立分量分析, 發展另一種不同的方法[8]。而最近的研究有些基於分割影像的做法, 例如, Yingjie Zhang 和 Liling Ge [13]提出的方法是先區分物件, 然後判斷各物件的優先次序。利用這些區域的各種特徵來做計算, 以確定其中的圖片哪些特徵需要融合到影像之中。這些研究改進了原有的方法, 可以考慮根據影像的特徵, 針對不足訊息的來源影像做分割, 發展出更有智慧的融合規則。

小波分解是一種頻率域的技术, 在頻率域融合了小波係數之後, 以獲得新的清晰的係數, 再反小波運算建立新的影像, 其好處是融合的邊界不會有剪貼的痕跡, 在處理訊息時非常方

便[10]。然而在係數融合時, 因為反小波運算也是使用卷積, 所以改變的係數影響的範圍會擴及四周, 導致融合的效果變差。

在本篇論文中, 我們使用小波分解融合後的影像做為基礎, 在空間域中以多階段的方式, 以像素為單位, 逐步找出最佳的分割方式, 由於判斷時加入了鄰居的因素, 使得結果更加精準。最後, 我們同時用一些真實和模擬的影像做實驗, 來比較本文所提出的方法與以往的融合方法的效果。

本文的章節簡介如下: 在第 1 節我們介紹一些重要的相關研究。第 2 節中, 提出影像融合的分割方法。在第 3 節我們有一些實驗數據的結果和比較。最後, 第 4 節為結論。

## 2. 研究方法及流程

本研究主要分成小波分解融合、以及多階段空間域融合, 詳述如下

### 2.1 小波分解融合

本步驟主要是利用離散小波分解後的係數, 進行聚焦測量, 取得最佳聚焦點影像之係數進行合成, 再將小波分解一張清晰的影像。令  $A = \{A_k; \text{for } k=1 \text{ to } N\}$  是  $N$  張相同視景但不同焦距的影像, 將  $A_k$  進行離散小波分解後得到  $B_{kyLL}$ 、 $B_{kyLH}$ 、 $B_{kyHL}$  和  $B_{kyHH}$  等四個頻帶, 其中  $y$  代表離散小波分解的層數, 而  $B_{kyLH}$  及  $B_{kyHL}$  分別為水平和垂直方向的次高頻;  $B_{kyHH}$  為高頻; 而  $B_{kyLL}$  為低頻部分。因為聚焦清晰的影像, 在高頻及次高頻的值會較高, 低頻的值會相對較低; 而模糊影像的部份, 在高頻及次高頻的值會較高, 低頻的值會較低, 我們利用這種特性來計算其聚焦點。

下面公式是計算第  $k$  張影像的離散小波分解第  $y$  層的座標  $(i,j)$  係數的聚焦點測量。

$$FM(i, j) = \frac{FM_H(i, j)}{FM_L(i, j)} \quad (1)$$

其中  $FM_H$  代表高頻部份的焦距度量

$$FM_H(i, j) = \sqrt{B_{LH}(i, j)^2 + B_{HL}(i, j)^2 + B_{HH}(i, j)^2} \quad (2)$$

而  $FM_L$  代表高頻部分的焦距度量

$$FM_L(i, j) = B_{LL}(i, j)^2 \quad (3)$$

在計算出所有影像第  $v$  層係數的 FM 值之後，對於每一個位置  $(i, j)$  選出一組最高的值，作為反向離散小波分解之用，組合出第  $y-1$  層的係數，然後再重覆剛才的步驟，完成第  $y-1$  層的組合，直到反轉離散小波分解全部完成，最後產生融合影像  $C$ 。

## 2.2 多階段空間域融合

上一步驟所產生的融合影像  $C$  應該已經很貼近於原圖清晰部分的組成，然而因為係數的修改在反小波運算時不只影響到修改部分，同時也影響到周遭的區域，導致數值偏離。如此雖然目視之下似乎是完美，可是實際上已經有不小的值出現誤差。這個步驟主要是在進行空間域的融合，將  $C$  當作預估值，根據  $C$  影像像素以及其鄰居的值來決定要取哪一個原圖的值來進行組合。這個步驟分成初始階段和重複階段，初始階段的目的是在於確認找出  $C$  影像上哪些值是可信賴、預估正確的。我們認為只要和任一原圖值相同或接近，那麼估計正確的可能性應該就會很高，所以就將那個原圖值設定到  $D_0$ 。重複階段則是處理那些離所有原圖值很遠的預估值，這些值不太能肯定應該取哪一個原圖的值來進行組合，所以我會參考其鄰居已確認過的值，進行投票來決定取哪一個原圖來進行組合，但是如果鄰居已確認數過低，則留待下一回合再進行確認，重複階段將持續進行直到所有像素全部確認完畢。

### 2.2.1 初始階段

這個階段是檢視估計值  $c_i$  是否和任一原圖的

值相同或相近，進而選擇該原圖的值進行組合填入影像  $D_0$ 。在這個實驗中。我們目標是將兩張圖  $X$  和  $Y$  融合成一張，則  $c_i$  的值若是相等或是相似於  $x_i$  或  $y_i$  則將  $x_i$  或  $y_i$  的值設定給  $D_0$ 。公式(4)(5)是用來檢視  $c_i$  有多相近於原圖

$$dif_i = \min\left(\frac{c_i - x_i}{c_i - y_i}, \frac{c_i - y_i}{c_i - x_i}\right) \quad (4)$$

若  $dif_i$  小於  $\varepsilon$ ：

$$if \begin{cases} (c_i - x_i) \leq (c_i - y_i) & x_i \rightarrow do \\ (c_i - x_i) > (c_i - y_i) & y_i \rightarrow do \end{cases} \quad (5)$$

在這個實驗中我們目標是將兩張影像  $X$  和  $Y$  融合成一張，則  $c_i$  的像素值若是相等或是相近於  $x_i$  或  $y_i$ ，則  $x_i$  或  $y_i$  的值設定給  $d_0$ 。公式(8)是用來檢視  $c_i$  有多相近於原圖如果  $dif_i$  小於  $\varepsilon$ ，則將  $x_i$  或  $y_i$  指定給  $d_0$ 。

#### 2.2.2 重複階段

如果  $dif_i$  大於  $\varepsilon_1$ ，則表示離  $x_i$  或  $y_i$  都有一段距離，無法肯定的確認是  $x_i$  或  $y_i$ ，這時我們將參考  $c_i$  的鄰居進行投票，也就是使用鄰居分佈，如圖 2 所示，做法說明如下：

<i>seat_1</i>	<i>seat_2</i>	<i>seat_6</i>
<i>seat_4</i>	$c_i$	<i>seat_5</i>
<i>seat_6</i>	<i>seat_7</i>	<i>seat_8</i>

圖 2 鄰居分佈圖

假設計算  $dif_i$  時已知  $c_i$  比較靠近  $x_i$ ，那麼我們以鄰居的分布來決定是否取  $x_i$  比較好。那麼本研究以鄰居的分布來決定是否取  $x_i$  比較適當，鄰居數必須超過或等於半數才可以進行投票，否則直接跳過留待下一回合再考慮，圖 3 是我們整個融合的流程圖。

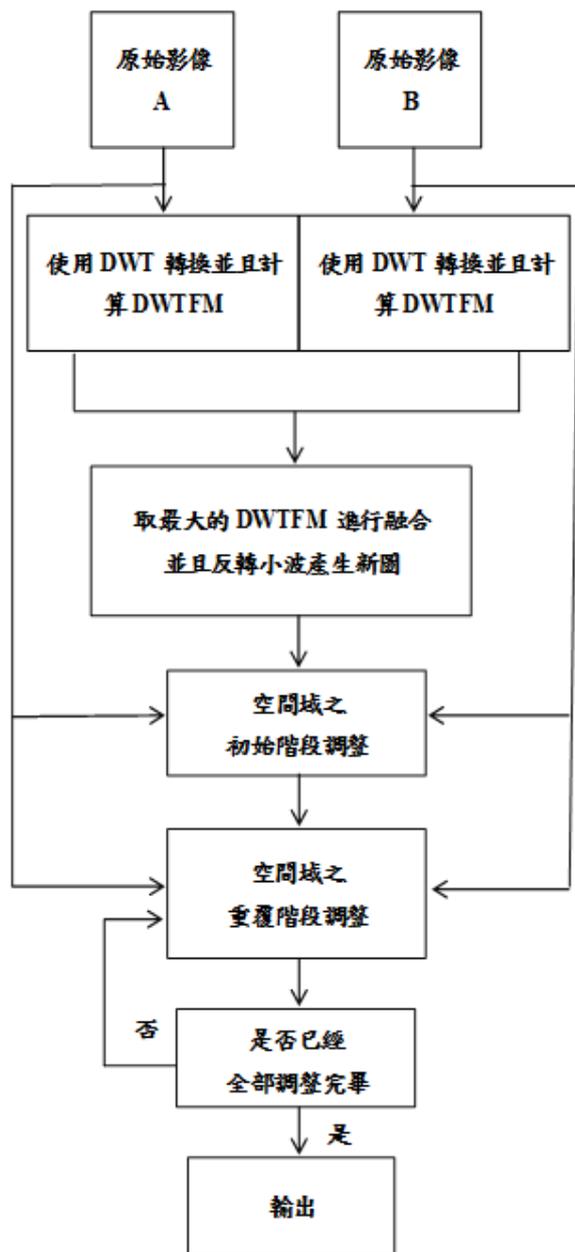


圖 3 融合過程

### 3. 實驗結果

#### 3.1 影像來源

本研究所採用的實驗影像共有 10 組，這 10 組影像是我們自行拍攝的，每一組影像又分成兩張，這兩張的影像物件以及後面場景皆相同，唯有不同的地方是對焦區，也就是兩張影像中清楚以及模糊的區域所在位置會不一樣，本研究將採用這 10 組實驗影像進行融合實驗。

#### 3.2 實驗設備

本研究將使用個人電腦(Intel(R) Core(TW) i7-2600 3.40GHz CPU，4GB RAM)執行實作，並利用 Matlab(版本 R2011a)中所提供之影像處理工具為基礎，撰寫方法。

#### 3.3 實驗結果

我們使用小波分解融合後的影像做為基礎，在空間域中以多階段的方式，以像素為單位，逐步找出最佳的分割方式，由於判斷時加入了鄰居的因素，使得結果更加精準，我們將 10 組實驗影像進行多階層調整，所得到的結果 PSNR 值與其他方法進行比較，結果如表 1 所示。

表 1 方法 PSNR 比較

方法比較 圖片名稱	DWTFM	DWT-STD	多階層 調整
ty_1	43.2309	39.1593	43.6696
ty_2	39.0583	37.671	39.2262
ty_3	41.7609	38.6579	44.1559
ty_4	37.3061	38.9468	42.1628
ty_5	40.7117	38.2285	42.2997
ty_6	37.3905	35.5042	37.9459
ty_7	40.3886	36.3311	40.4264
ty_8	42.9361	38.5505	45.7664
ty_9	38.623	38.35	38.7497
ty_10	36.8845	35.7824	38.2451

由表一的實驗結果可以得知利用本研究所提出的融合方法所獲得之影像品質均相當不錯，最低的 PSNR 值也有 36 以上，10 組實驗影像中我們將顯示其中 6 組如圖 4 至圖 9。



圖 4(a) 原始影像 A

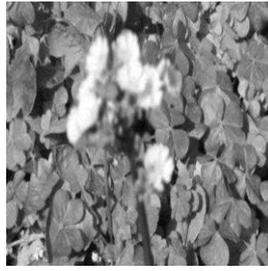
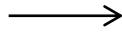


圖 4(b) 原始影像 B



圖 4(c) DWTFM



圖 4(d) DWT-STD



圖 4(e) 多階段調整

說明圖：

圖 4(a) 為原始影像 A

圖 4(b) 為原始影像 B

圖 4(c) 為 DWTFM，PSNR 值: 41.7609

圖 4(d) 為 DWT-STD，PSNR 值: 38.6579

圖 4(e) 為多階段調整，PSNR 值: 44.1559

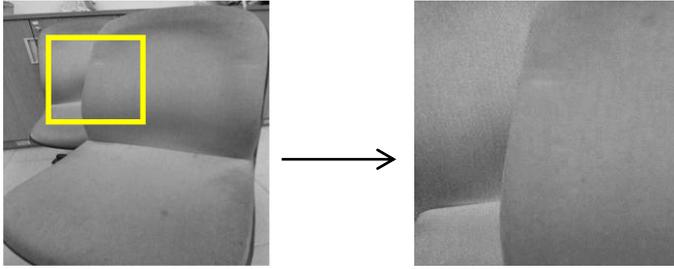


圖 5(a) 原始影像 A

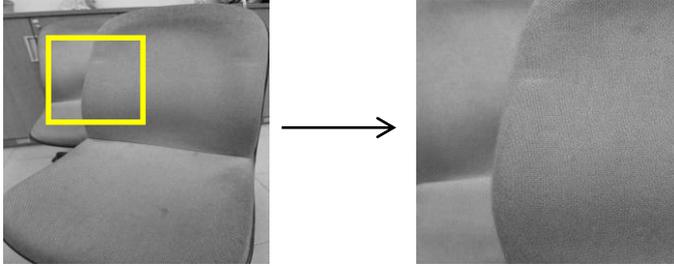


圖 5(b) 原始影像 B

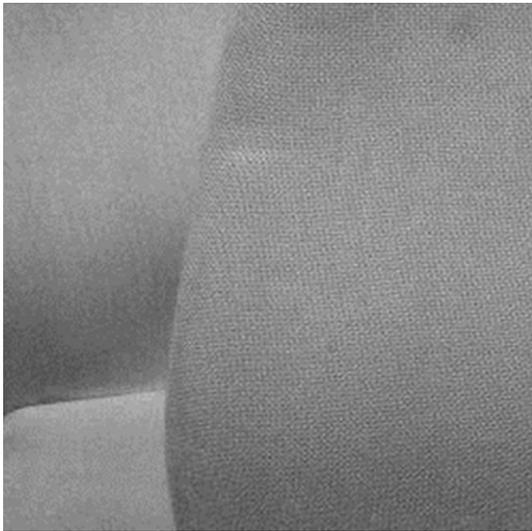


圖 5(c) DWTFM

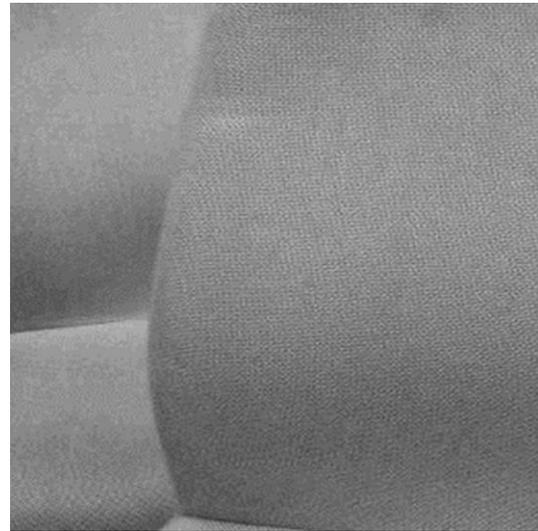


圖 5(d) DWT-STD

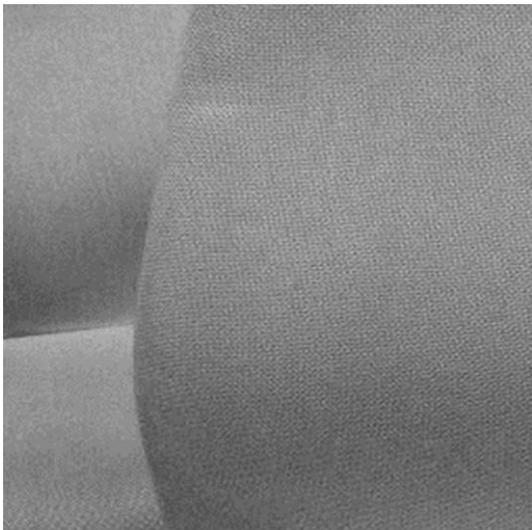


圖 5(e) 多階段調整

說明圖：

圖 5(a) 為原始影像 A

圖 5(b) 為原始影像 B

圖 5(c) 為 DWTFM，PSNR 值: 40.7117

圖 5(d) 為 DWT-STD，PSNR 值: 38.2285

圖 5(e) 為多階段調整，PSNR 值: 42.2997



圖 6(a) 原始影像 A



圖 6(b) 原始影像 B



圖 6(c) DWTFM



圖 6(d) DWT-STD



圖 6(e) 多階段調整

說明圖：

圖 6(a) 為原始影像 A

圖 6(b) 為原始影像 B

圖 6(c) 為 DWTFM，PSNR 值: 37.3905

圖 6(d) 為 DWT-STD，PSNR 值: 35.5042

圖 6(e) 為多階段調整，PSNR 值: 37.9459

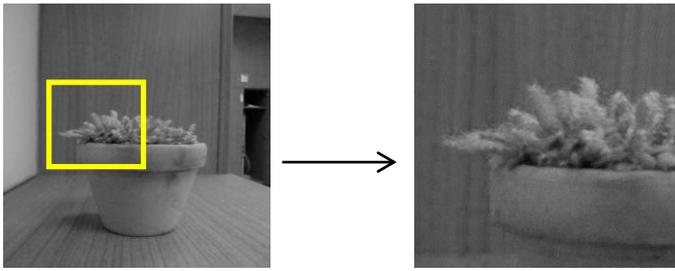


圖 7(a) 原始影像 A

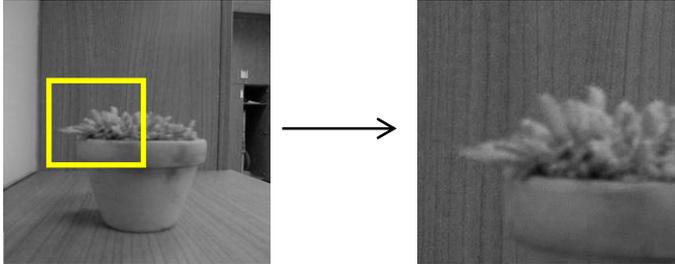


圖 7(b) 原始影像 B

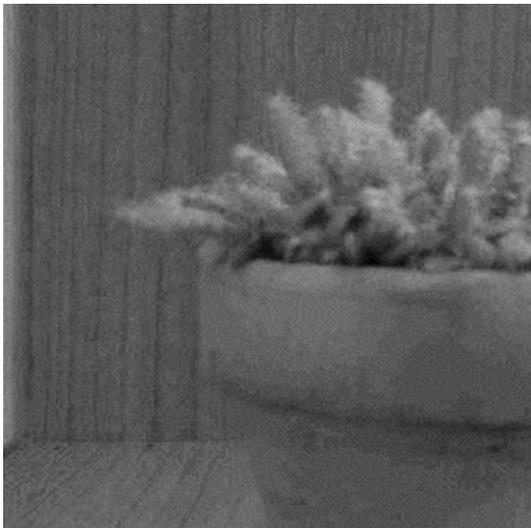


圖 7(c) DWTFM

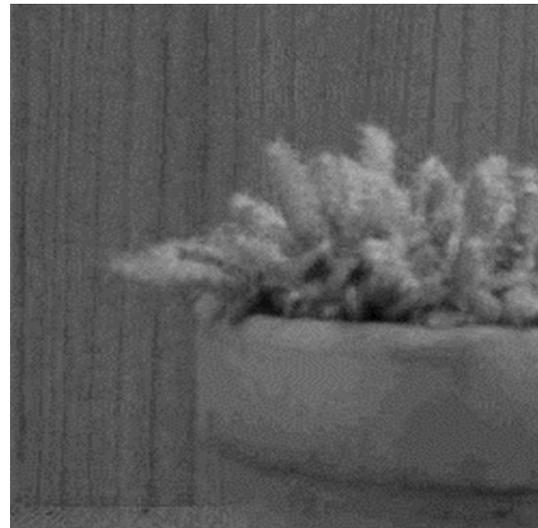


圖 7(d) DWT-STD

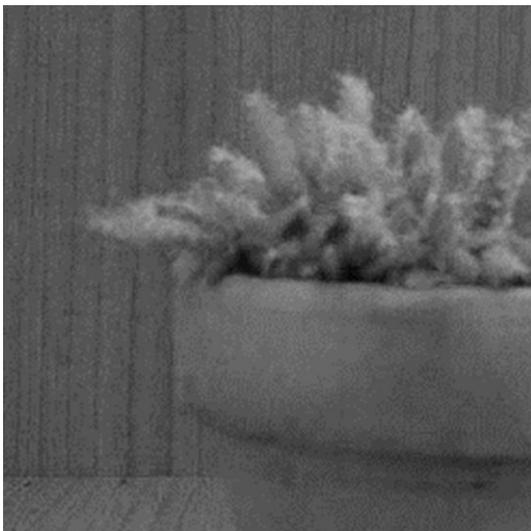


圖 7(e) 多階段調整

說明圖：

圖 7(a) 為原始影像 A

圖 7(b) 為原始影像 B

圖 7(c) 為 DWTFM，PSNR 值: 40.3886

圖 7(d) 為 DWT-STD，PSNR 值: 36.3311

圖 7(e) 為多階段調整，PSNR 值: 40.4264

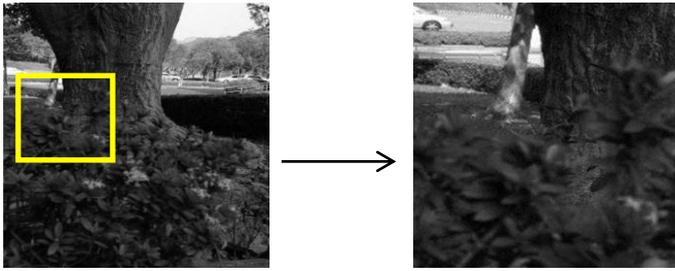


圖 8(a) 原始影像 A

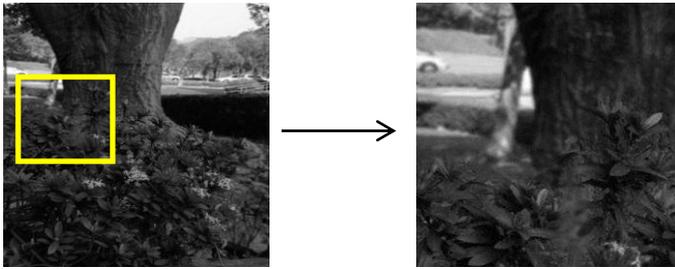


圖 8(b) 原始影像 B



圖 8(c) DWTFM



圖 8(d) DWT-STD



圖 8(e) 多階段調整

說明圖：

圖 8(a) 為原始影像 A

圖 8(b) 為原始影像 B

圖 8(c) 為 DWTFM，PSNR 值: 42.9361

圖 8(d) 為 DWT-STD，PSNR 值: 38.5505

圖 8(e) 為多階段調整，PSNR 值: 45.7664

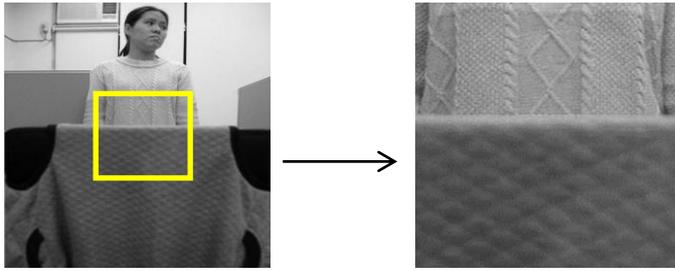


圖 9(a) 原始影像 A

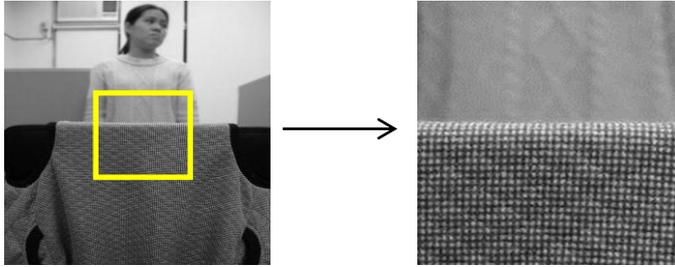


圖 9(b) 原始影像 B

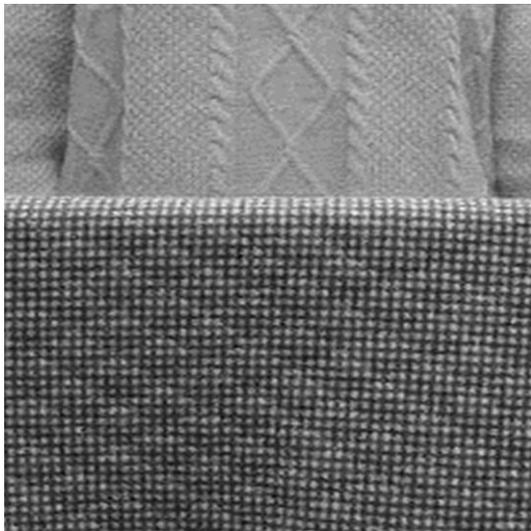


圖 9(c) DWTFM

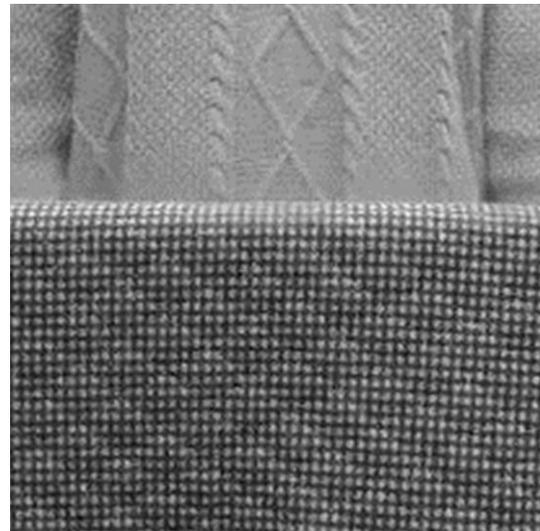


圖 9(d) DWT-STD

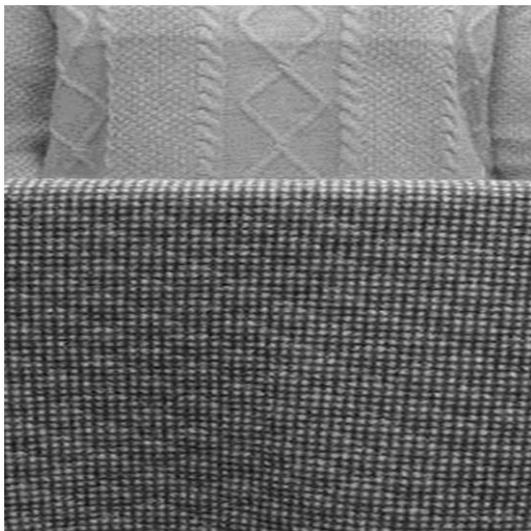


圖 9(e) 多階段調整

說明圖：

圖 9(a) 為原始影像 A

圖 9(b) 為原始影像 B

圖 9(c) 為 DWTFM，PSNR 值: 38.623

圖 9(d) 為 DWT-STD，PSNR 值: 38.35

圖 9(e) 為多階段調整，PSNR 值: 38.7497

圖 4 實驗結果中可以看出 DWT-STD 的物件重疊區塊部分是有模糊的，尤其是前方物件的右上方，雖然 DWTFM 是清楚但是就像素範圍而言是超出原始影像的範圍，而我們所提出的多階段調整就物件重疊部分是清楚而像素的範圍皆在原始影像的範圍內，圖 5 實驗結果中，DWT-STD 的物件重疊中左邊是模糊的，而 DWTFM 雖然清楚但像素範圍也超出原始影像的範圍，但我們所提出的多階段調整就物件重疊部分是清楚而像素的範圍皆在原始影像的範圍內，圖 6 實驗結果中，DWT-STD 的物件重疊中正上方及左邊是模糊的，而 DWTFM 的物件重疊左邊可明顯看出像素是有超出範圍的，而我們所提出的多階段調整就物件重疊部分是清楚而像素的範圍皆在原始影像的範圍內，圖 7 實驗結果中，DWT-STD 的物件重疊中正上方是模糊的，而 DWTFM 的物件重疊左下邊可明顯看出像素是有超出範圍的，而我們所提出的多階段調整就物件重疊部分是清楚而像素的範圍皆在原始影像的範圍內，圖 8 實驗結果中，DWT-STD 的物件重疊部分全是模糊不清的，而 DWTFM 的物件重疊左上邊及右下可明顯看出像素是有超出範圍的，而我們所提出的多階段調整就物件重疊部分是清楚而像素的範圍皆在原始影像的範圍內，圖 9 實驗結果中，DWT-STD 的物件重疊部分全是模糊不清的，而 DWTFM 的物件重疊區部分有些像素是有超出範圍的，而我們所提出的多階段調整就物件重疊部分是清楚而像素的範圍皆在原始影像的範圍內。

由 6 組實驗結果的圖片可以看出，物件重疊區塊部分，我們提出的方法是優於 DWT-STD，就像素範圍部分，我們更是優於 DWTFM。

#### 4. 結論

我們在這篇論文提出一個方法，他的特點是先在使用小波分解，針對其分解係數來計算

離散小波轉換聚焦測量進行融合，然後進行空間域的多階段影像融合。最後，我們將此方法以實際影像和模擬影像來做實驗，並且和其他影像融合的方法進行比較，實驗結果也證明我們的方法 PSNR 優於 DWT-STD 及 DWTFM，不僅解決 DWTFM 方法上會產生的像素範圍更動也解決 DWT-STD 方法上物件重疊時無法個別像素提取的失誤。

#### 參考文獻

- [1] A. Moragas, M. Garcia-Bonafe, I. de Torres, and M. Sans(1993), "Textural Analysis of Lymphoid cells in serous effusions. A Mathematical Morphologic Approach," *Analytical and Quantitative Cytology and Histology*, Vol. 15, No. 3, pp. 165-170.
- [2] A. Nasser Esgiar, R.N.G. Naguib, B.S. Sharif, M.K. Bennett, and A. Murray(1998), "Microscopic Image Analysis for Quantitative Measurement and Feature Identification of Normal and Cancerous Colonic Mucosa," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 2, No. 3, pp. 197-203.
- [3] Edmonson H and Steiner P. Primary(1954), "carcinoma of the liver: a study of 100 cases among 48900 necropsies," *Cancer*, Vol. 7, No. 3, pp.462-503.
- [4] Gabarda, S. and Cristobal, G., "Cloud Covering Denoising Through Image Fusion", *Image and Vision Computing*, Vol. 25, pp. 523-530, 2007.
- [5] H. Li, B. S. Manjunath, and S. K. Mitra(1995), "Multisensor Image Fusion Using the Wavelet Transform," *Graphical Models and Image Processing*, Vol. 57, No. 3, pp. 235-245.
- [6] John J. Lewis, Robert J. O'Callaghan, Stavri G. Nikolov, David R. Bull, and Nishan Canagarajah(2007), "Pixel- and region-based image fusion with complex wavelets," *Information Fusion*, Vol. 8, No. 2, pp. 119-130.
- [7] Linda G. Shapiro and George C. Stockman(2001), *Computer Vision. Prentice Hall*.
- [8] [Online]. Good Liver Global Information: <http://www.liver.org.tw/index.php>

- [9] Pajares, G. and Manuel de la Cruz, J. " A wavelet-based image fusion tutorial,"*Pattern Recognition*, Volume 37, Issue 9, pp. 1855-1872, 2004.
- [10] Zhang, H., Liu L., and Lin N., "A Novel Wavelet Medical Image Fusion Method", *International Conference of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, pp.548-553, 2007.
- [11] Zhang, Z. and Blum, R.S., "A Categorization of Multiscale Decomposition-based Image Fusion Schemes with a Performance Study for a Digital Camera Application", *International journal of the IEEE*, Vol.8, pp. 1315–1326, 1999.
- [12] Zhang, H., Liu L., and Lin N., "A Novel Wavelet Medical Image Fusion Method", *International Conference of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, pp.548-553, 2007.
- [13] Zhang, Z. and Blum, R.S., "A Categorization of MultiscaleDecomposition-based Image Fusion Schemes with a Performance Study for a Digital Camera Application", *International journal of the IEEE*, Vol.8, pp. 1315–1326, 1999.