

輪廓切割融合法應用於肝細胞影像

許志祥 黃柏穎 林芬蘭
靜宜大學資訊工程研究所 學生 中興大學資訊工程研究所 博士班學生 靜宜大學資訊工程研究所 教授
g9772016@pu.edu.tw yellowboy@ms57.url.com.tw lan@pu.edu.tw

摘要

由於肝細胞屬於立體結構，所以在同一鏡頭下的部份細胞會因焦距的關係，產生失焦的現象。目前運用在肝細胞影像的融合，僅有一個以像素為基準的 DWTFM 融合法，而以切割整顆細胞區塊為主的融合法，則尚未被提出。本論文提出輪廓切割融合法，沿影像縱橫二方向之最大二邊際能量線將影像切割成數個包含或不包含完整細胞之區塊，再以聚焦量測法分別計算各區塊之銳利度，最後以剪下與貼上融合法剪下相對應位置較銳利之區塊，貼上來形成融合之影像。實驗結果顯示本融合法所融合之影像較 DWTFM 有更高之 $Q^{AB/F}$ 與 MI 量測品質。

關鍵詞: 區塊基準、影像融合、聚焦量測法

1. 前言

影像融合(image fusion)的技術是將兩張或多張影像進行融合，把影像清晰的部分及重要的訊息萃取出來產生新的影像。透過影像融合技術可以將失焦的影像重建，從中得到需要的線索。

肝細胞屬於立體結構，所以肝細胞在取像過程中，在同一鏡頭下的部份細胞會因焦距的關係，產生失焦的現象，故須透過影像融合的技術將多張不同聚焦的影像融合。

影像融合的方法可分為以像素為基準的融合法，以及以區塊為基準的融合法。目前用於肝細胞上的融合法，只有[8]所提出的以像素為基準的離散小波焦距量測融合法(DWTFM)。使用此融合法和動態切割剪下與貼上融合法(DSCP)[1]，雖然可達到影像清晰的效果，然而，DWTFM法是以同位置的像素來做比較選取，造成一顆細胞可能相鄰之像素分別來自不同的來源；而 DSCP 是動態切割區塊選取，若切割區塊大小不恰當，會造成一顆細胞內有部份選取錯誤。

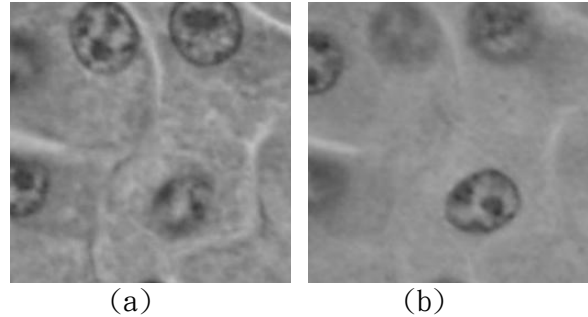


圖 1. 同鏡頭下不同焦距之肝細胞影像

由於整顆肝細胞含有較完整的資訊，而且取像時會對焦於細胞，因此每一細胞必會清晰的出現在不同來源之影像中，如圖1(a)有清晰之細胞 2、3、4，而1(b)則有清晰之細胞 1、5。本論文提出輪廓切割融合法，沿影像縱橫二方向之最大二邊際能量線將影像切割成數個包含或不包含完整細胞之區塊，再以聚焦量測法分別計算各區塊之銳利度，最後以剪下與貼上融合法剪下相對應位置較銳利之區塊，貼上來形成融合之影像。

2. 相關使用方法

2.1 影像評估方法 $Q^{AB/F}$ [9]

考慮兩個輸入影像 A 和 B，及融合結果影像 F。下列方法可以簡單的使用於兩個以上的輸入影像。對每一個像素 $p(n, m)$ 使用 Sobel 邊緣計算產生邊的強度 $g(n, m)$ 及方向資訊 $\alpha(n, m)$ ， $1 \leq n \leq N$ 和 $1 \leq m \leq M$ 。

以此方法用於輸入影像 A:

$$g_{A(n,m)} = \sqrt{S_A^x(n,m)^2 + S_A^y(n,m)^2}$$

$$\alpha_{A(n,m)} = \tan^{-1} \left(\frac{S_A^y(n,m)}{S_A^x(n,m)} \right)$$

$S_A^x(n, m)$ 和 $S_A^y(n, m)$ 是以像素 $p_A(n, m)$ 為中心

輸出 Sobel 垂直和水平值，對應像素在影像 A 上。

相對的強度 $G^{AF}(n, m)$ 和方向值 $A^{AF}(n, m)$ 關於輸入影像 A 於融合影像 F 則形成：

$$G^{AF}(n, m) = \begin{cases} \frac{g_F(n, m)}{g_A(n, m)}, & \text{if } g_A(n, m) > g_F(n, m) \\ \frac{g_A(n, m)}{g_F(n, m)}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$A^{AF}(n, m) = \frac{||\alpha_A(n, m) - \alpha_F(n, m)| - \pi/2|}{\pi/2}$$

以下兩條公式是用來導出邊緣強度及方向值

$$Q_g^{AF}(n, m) = \frac{\Gamma_g}{1 + e^{k_g(G^{AF}(n, m) - \sigma_g)}}$$

$$Q_\alpha^{AF}(n, m) = \frac{\Gamma_\alpha}{1 + e^{k_\alpha(A^{AF}(n, m) - \sigma_\alpha)}}$$

常數 Γ_g, k_g, σ_g 及 $\Gamma_\alpha, k_\alpha, \sigma_\alpha$ 定義準確銳利度的雙彎曲函數，用來形成邊緣強度及方向值。

邊緣資訊值定義成：

$$Q^{AF}(n, m) = Q_g^{AF}(n, m)Q_\alpha^{AF}(n, m)$$

最後， $Q^{AB/F}$ 定義成：

$$Q^{AB/F} = \frac{\sum_{n, m} Q_{n, m}^{AF} W_{n, m}^A + Q_{n, m}^{BF} W_{n, m}^B}{\sum_{n, m} W_{n, m}^A + W_{n, m}^B}$$

邊緣值 $Q^{AF}(n, m)$ 和 $Q^{BF}(n, m)$ ，加權分別由 $W^A(n, m)$ 和 $W^B(n, m)$ 來代表。分別定義 $W^A(n, m) = [g_A(n, m)]^L$ 和 $W^B(n, m) = [g_B(n, m)]^L$ ，L 是常數。

關於 $Q^{AB/F}$ 評估後的值，越接近 1 代表融合後之影像品質越好。

2.2 影像評估方法 MI[10]

Mutual Information(MI) 定義為輸入影像和融合影像 Mutual Information 的總和，假設兩個輸入影像 A 和 B，及最後融合影像 F：

$$I_{FA}(f, a) = \sum_{f, a} p_{FA}(f, a) \log \frac{p_{FA}(f, a)}{p_F(f)p_A(a)}$$

$$I_{FB}(f, b) = \sum_{f, b} p_{FB}(f, b) \log \frac{p_{FB}(f, b)}{p_F(f)p_B(b)}$$

融合影像效能測量定義成：

$$MI_F^{AB} = I_{FA}(f, a) + I_{FB}(f, b)$$

MI 評估後的值，則是數值越大代表融合影像越好。

2.3 剪下與貼上(cut and paste)影像融合法[1]

剪下與貼上的影像融合法，對每一塊切割後的區塊進行下列步驟：

- 比較所有相同位置區塊的銳利度之後，選擇在同位置區塊中較銳利的區塊。
- 剪下較銳利的區塊之後，在新影像的相同位置貼上。
- 完成以上兩步驟之後，就完成了一張融合過後的新影像。

2.4 空間頻率聚焦量測法 (Spatial frequency)[3]

空間頻率，起源於人類的視覺系統，是表明影像整體的活躍程度。影像區塊對空間頻率有以下定義：

考慮一個影像的大小是 $M \times N$ ，M 代表列，N 代表了行。列的空間頻率(RF)以及行的空間頻率(CF)對於影像區塊有以下公式：

$$RF = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=1}^{N-1} [F(m, n) - F(m, n-1)]^2}$$

$F(m, n)$ 是影像 F 在像素位置 (m, n) 之灰階值。

$$CF = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=1}^{M-1} [F(m, n) - F(m-1, n)]^2}$$

影像所有的空間頻率

$$SF = \sqrt{(RF)^2 + (CF)^2}$$

3. 輪廓切割融合法(CSF)

圖 2 表示本論文所提出的影像融合法流程圖，在兩張相同鏡頭下，因為焦距問題而產生差異性的肝細胞影像來簡單說明。

影像融合的過程需經由下列步驟來完成：

- I. 首先先把來源圖 A、B，分別轉換成 Sobel 能量圖，轉換後得到來源圖 A、B 之能量總和，總和較大者，影像較清晰，故以能量總和較大者來進行切割。
- II. 第一步驟完成後，開始進行切割。切割分為下列步驟：
 - A. 由於以把來源圖轉換成 Sobel 能量圖，首先分別找出來源圖整行及整列之最大總和。
 - B. 找出行列之最大總和後，開始進行切割，由於包含細胞之行列能量會較大，所以細胞也會在此行列附近。
 - C. 切割線會取接觸之能量最大值，來進行切割。由於細胞邊緣之能量較大，切割線一旦接觸到細胞邊緣，切割線將沿著細胞邊緣切割。
 - D. 此切割法是先切割一圖在套用在另一圖上。
- III. 使用此切割法，切割後的區塊，是屬於不規則形狀。所以無法立即使用空間頻率焦距量測法來計算區塊銳利度，需先讓不規則形狀之區塊變成最小矩陣的區塊，方可進行區塊銳利度的計算。
- IV. 在 A、B 圖同位置區塊變成最小矩陣區塊後，將 A、B 圖同位置區塊進行空間頻率焦距量測法計算區塊銳利度，來取得影像銳利度較高的區塊。
- V. 獲得影像銳利度較高之同位置區塊後，使用剪下與貼上(cut and paste)影像融合法。
- VI. 最後完成影像之融合。

4. 實驗結果

本研究進行兩種實驗，其一是展示本輪廓切割融合法之融合影像不會有如 DSCP 融合之影

像般有單一細胞取自不同之影像，如圖 3、4；其二是取 20 組肝細胞影像，圖 5 所示，分別以本文提出之輪廓切割融合法與 DWTFM 融合法進行影像融合，再將融合影像分別使用 $Q^{AB/F}$ 以及 MI 來評估品質，結果列於表一。

由圖 3、4 以及表 1 可得知，本論文提出之影像融合法，與 DWTFM 融合法及 DSCP 融合法比較後，以影像方面來說，DWTFM 融合法的影像效果看似不錯，但是影像品質評估方面還是以本論文提出之方法較好。至於 DSCP 融合法是直接進行區塊切割，所以切割過程中難免會切割到細胞，在經由影像融合後一定會出現如圖 3、4(c)、(d) 中小方格的問題。

由實驗結果最後可以得知本論文提出之融合法，融合後影像品質優於其他兩個影像融合法。

5. 結論

由實驗結果可以得知本論文提出之影像融合法效能會好於離散小波焦距量測融合法 (DWTFM) 及跟動態切割剪下與貼上融合法 (DSCP)。由於本論文提出的融合法很講究影像的邊緣，所以其它影像使用此法效果，可能沒有用於肝細胞影像上來的好。本論文提出的優點有。(a) 肝細胞用此融合法會提升融合過後的影像品質。(b) 肝細胞影像用此融合法與前面所提到的兩種融合法相比較之下，本文提出的融合法可以得到更多正確的影像資訊。

6. 參考文獻

- [1]Phen-Lan Lin, Po-Ying Huang (2008/1/5). Fusion methods based on dynamic-segmented morphological wavelet or cut and paste for multifocus images. Signal Processing, No. 88 , p.p.1511 -1527 .[SCI]
- [2]LI S T,YANG B. Multifocus image fusion using region segmentation and spatial frequency Image and Vision Computing,2008,26(7):971-979.
- [3] S. Li, J.T. Kwok, Y. Wang, Combination of images with diverse focuses using the spatial frequency, Information Fusion 2 (3) (2001)169-176.
- [4]Wei Huang , Zhongliang Jing, Evaluation of focus measures in multi-focus image fusion, Pattern Recognition Letters, v.28 n.4, p.493-500, March, 2007

[5] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 1, pp. 321–331, 1987.

[6] Jos B.T.M. Roerdink and Arnold Meijster, 2000. The Watershed Transform: Definitions, Algorithms and Parallelization Strategies, *Fundamenta Informaticae*, 41, 1: 187-228.

[7] Jaroslav Kautsky, Jan Flusser, Barbara Zitova, and Stanislava SSimberov, "A new wavelet-based measure of image focus," *Pattern Recognition Letters*, vol. 23, pp. 1785–1794, December 2002.

[8] Shao-Kuo Dai and Yen-Chih Wu, Yee-Jee Jan and Shu-Chuan Lin, "The Histological Grading of HCC Using Fusion Images" pp. 186-189, 2009.

[9] XYDEAS, c.s., and PETROVIC, V: 'Objective image fusion performance measure', *Electron. Lett.*, 2000, 36, (4), pp. 308-309

[10] G. Qu, D. Zhang, P. Yan, Information measure for performance of image fusion, *Electronics Letters* 38 (7) (2001) 313–315.

表 1 輪廓切割融合法與離散小波焦距量測融合法 20 個融合後影像的品質評估

20 個影像	Q ^{AB/F}		MI	
	本文提出的方法	離散小波焦距量測法	本文提出的方法	離散小波焦距量測法
1	0.6421	0.5485	6.6992	4.3773
2	0.6041	0.5078	6.7768	4.2917
3	0.6118	0.5225	7.7446	4.2031
4	0.6213	0.5321	6.5432	4.1203
5	0.6539	0.5423	6.5783	4.2383
6	0.6201	0.4832	7.4425	4.2013
7	0.6021	0.5439	6.5637	4.1303
8	0.6483	0.4932	6.8402	4.1937
9	0.6124	0.5127	7.7439	4.4203
10	0.6723	0.5723	6.3202	4.1502
11	0.6124	0.5314	6.6785	4.1225
12	0.6287	0.5083	6.7864	4.4257
13	0.6501	0.5327	6.8905	4.3127
14	0.6305	0.5041	6.7743	4.2831
15	0.6251	0.5725	6.6784	4.3024
16	0.6553	0.5738	6.3489	4.2043
17	0.6227	0.5353	6.2368	4.1984
18	0.6443	0.5121	6.4678	4.2912
19	0.6423	0.5175	6.8643	4.2218
20	0.6532	0.5531	7.4392	4.1083
影像平均	0.6326	0.5299	6.8208	4.2398

注 1: 影像 1、2 分別為本實驗的圖 4 及圖 5 影像品質評估後的數值。

注 2: Q^{AB/F}所使用的常數為: $\Gamma_g=0.9994$, $\kappa_g=15$, $\sigma_g=0.5$ 及 $\Gamma_\alpha=0.9879$, $\kappa_\alpha=22$, $\sigma_\alpha=0.8$, $L=1.5$.

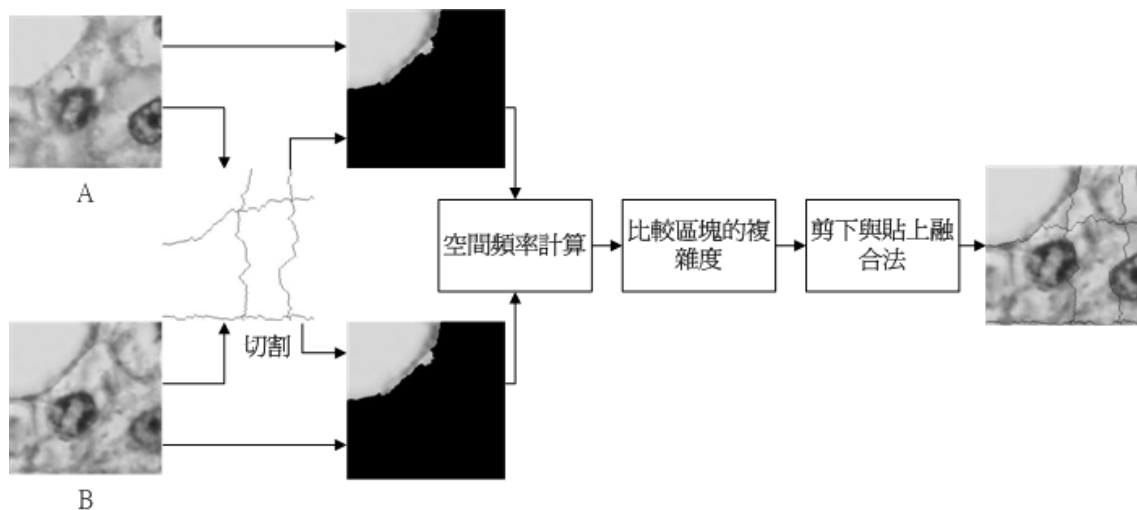
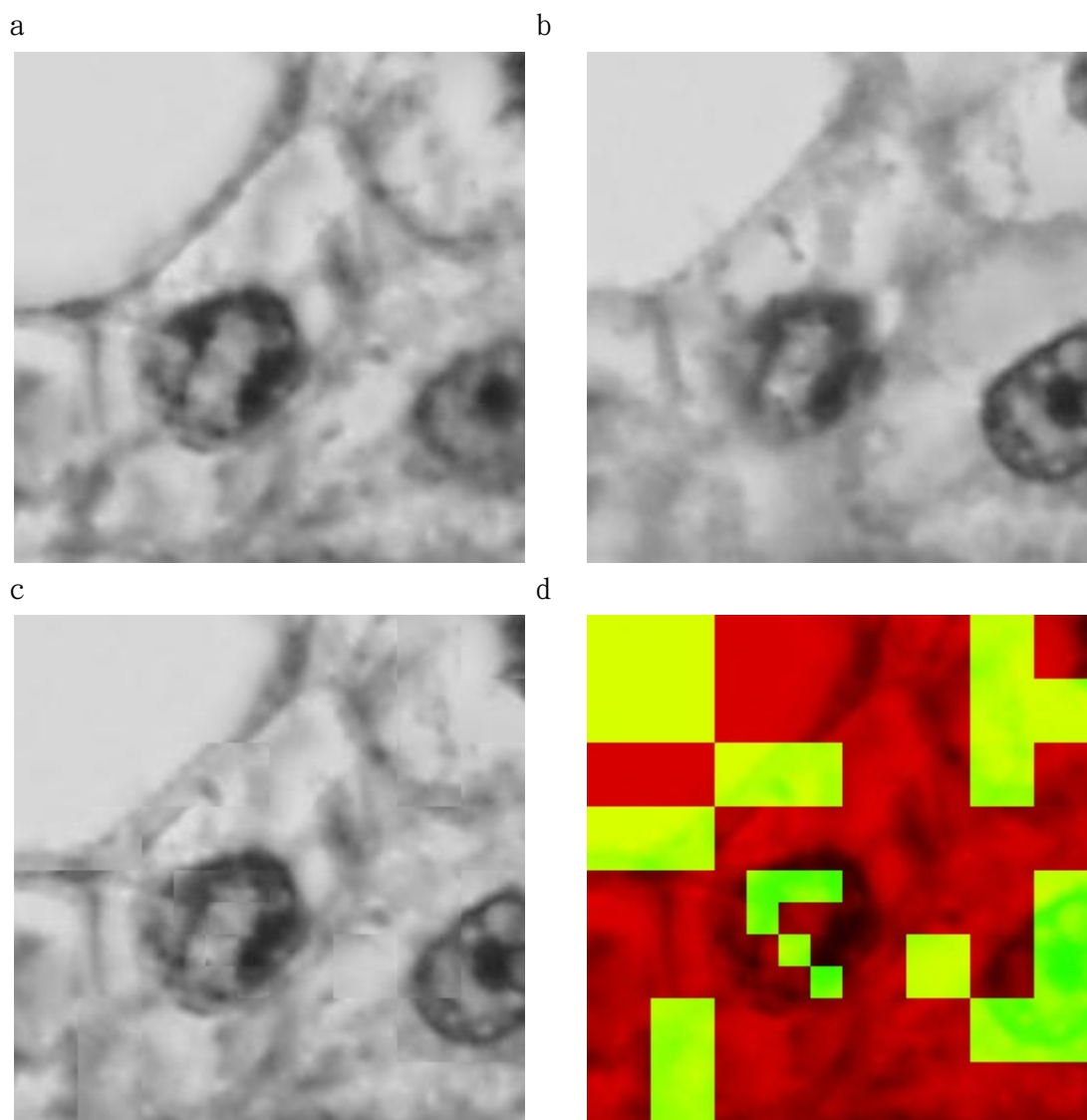


圖 2. 論文所提出影像融合法之流程圖



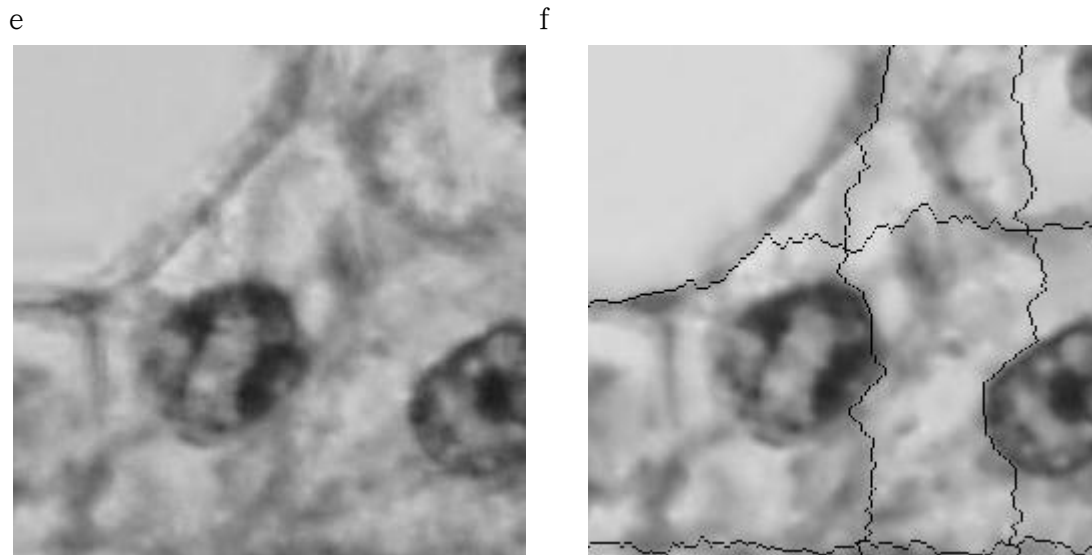
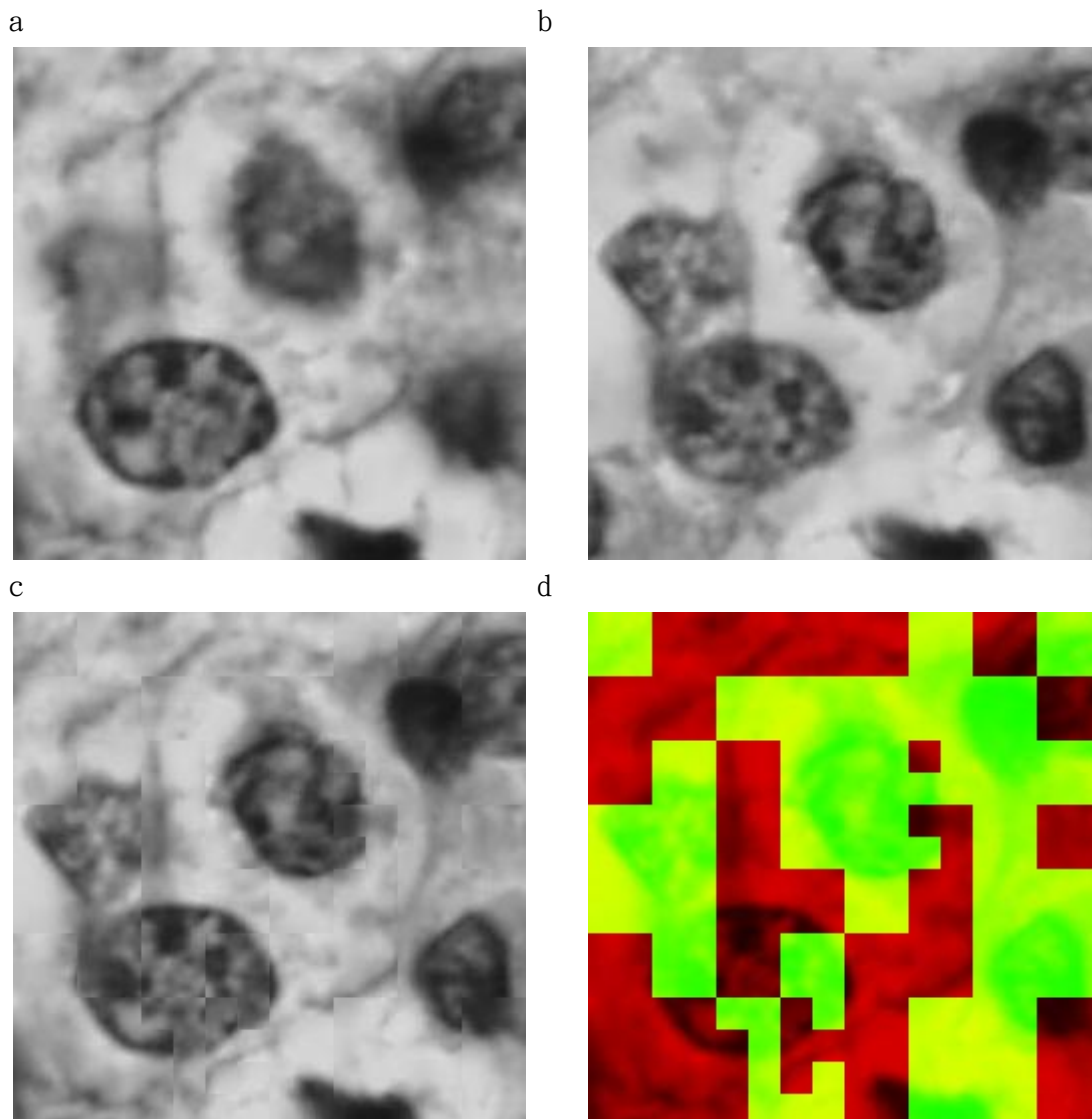


圖 3. 來源影像以及融合結果。(a)-(b)兩張不同焦距的來源影像。(c) 動態切割剪下與貼上融合法(DSCP)融合過後的影像。(d) 動態切割剪下與貼上融合法(DSCP)融合過後影像判別區塊分別從何來源影像取出，紅色為圖(a)、綠色為圖(b)。(e) 離散小波焦距量測融合法(DWTFM)融合後之影像(f)論文提出之融合影像。



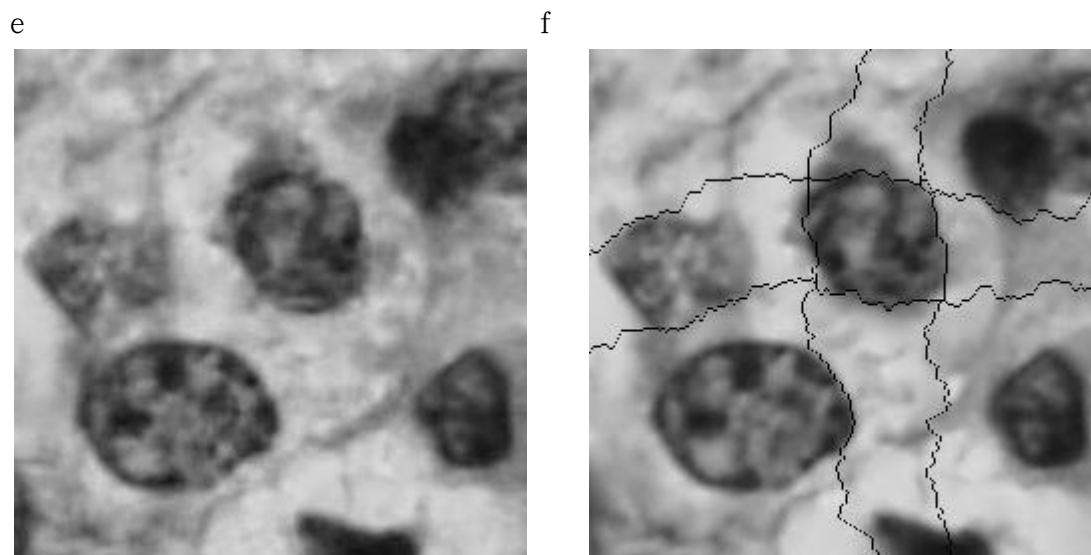


圖 4. 來源影像以及融合結果。(a)-(b)兩張不同焦距的來源影像。(c) 動態切割剪下與貼上融合法(DSCP)融合過後的影像。(d) 動態切割剪下與貼上融合法(DSCP)融合過後影像判別區塊分別從何來源影像取出，紅色為圖(a)、綠色為圖(b)。(e) 離散小波焦距量測融合法(DWTFM)融合後之影像(f)論文提出之融合影像。

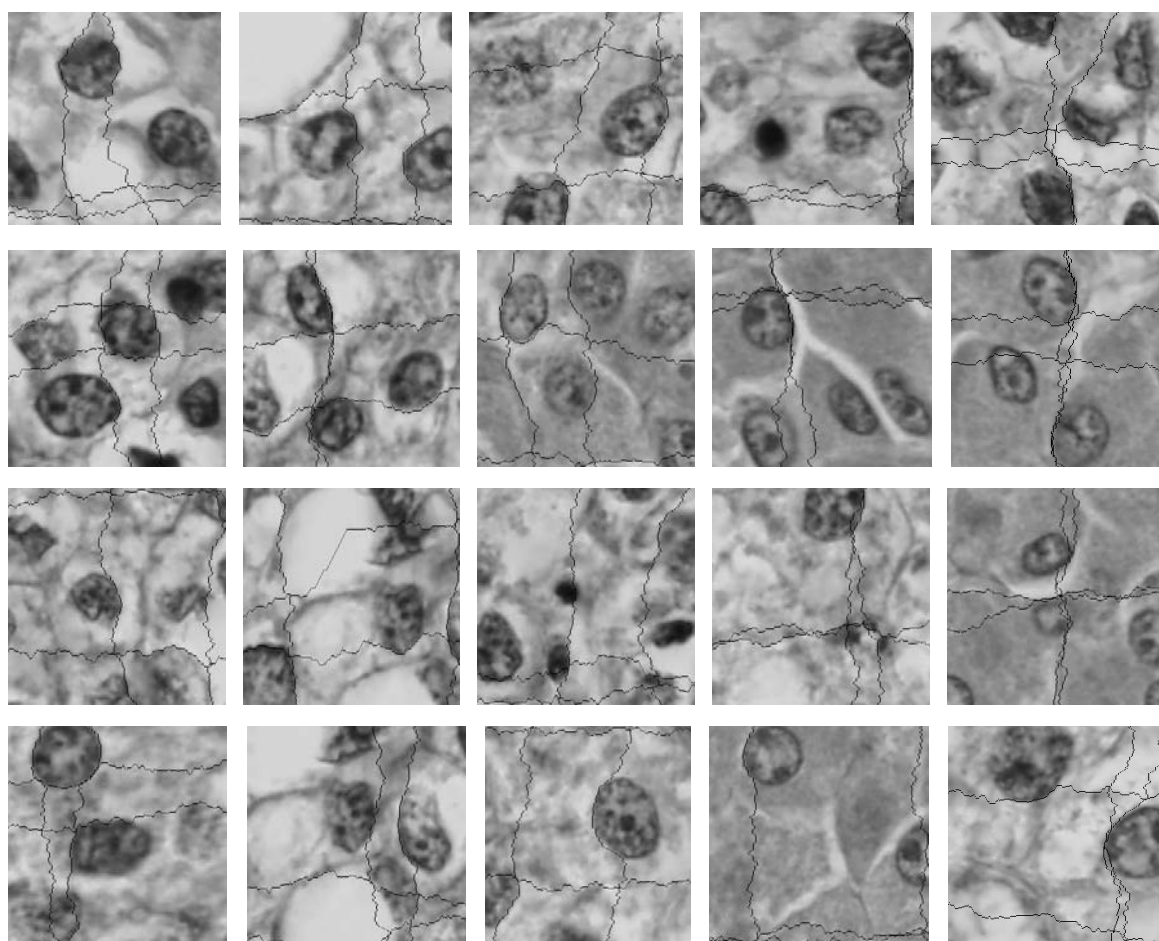


圖 5. 本論文提出之輪廓切割融合法實驗之 20 組影像。