

藉由多數權重與中值濾波法移除醫學影像中之椒鹽雜訊

黃子璇

陸清達

沈俊宏

亞洲大學 資訊傳播學系 研究生

亞洲大學 資訊傳播學系 教授

亞洲大學 資訊傳播學系 副教授

e-mail: zoro27a@gmail.com

e-mail: lucas1@ms26.hinet.net

e-mail: shenj@asia.edu.tw

摘要

數位醫學影像在擷取及傳輸的過程中，可能會受到脈衝雜訊干擾而損毀，導致影像品質下降且模糊不清，讓醫師無法正確的判讀；因此如何有效重建受雜訊干擾的影像，是一項非常重要的研究工作。本文提出新的方法來移除受雜訊干擾醫學影像中的椒鹽雜訊。首先判斷分析視窗的中心點是否為乾淨像素，若非乾淨像素則估測雜訊密度，當雜訊密度較小時，使用尺寸較小的固定視窗偵測雜訊，並且以中值濾波替換該中心像素。反之，在雜訊密度較高時，使用可變視窗偵測雜訊，並且透過多數權重濾波法，重建乾淨影像的像素。實驗結果證實：本文提出的方法確實可以在各種雜訊密度的環境下，有效移除受干擾的雜訊，使得除雜訊後的醫學影像變得更清晰。

關鍵詞：醫學影像雜訊移除、椒鹽雜訊、可變視窗、中值濾波、多數權重濾波。

Abstract

The quality of digital bio-image would be deteriorated by the corruption of impulse noise in the record or transmission. This deterioration causes the difficulties in diagnosis for a doctor. How to efficiently remove this impulse noise for a corrupted bio-image is an important research task. This paper proposes a new method for the removal of salt-and-pepper noise in a noisy bio-image. Initially, a fixed-size local window with small size is employed to analyze each pixel. The fixed-local window and median filtering are employed to restore the center noisy pixel when noise density is low. Conversely, a variable-size window and majority-weighting filtering are utilized to restore the center noisy pixel if noise density is high. Experimental results show that the proposed

method can efficiently remove salt-and-pepper noise for a corrupted bio-image in various noise corruption densities, while the denoised image being free from blurred effect.

Keywords: Bio-image denoising, salt-and-pepper noise, variable-size window, median filtering, majority-weighting filter.

1. 前言

數位醫學影像在擷取及傳輸的過程中，可能會受到脈衝雜訊干擾而損毀，使影像品質衰退而模糊不清，導致醫師誤判的可能性上升；為了讓人眼更容易判斷影像內的資訊，有越來越多的研究嘗試改善影像中的干擾雜訊[1]-[24]。利用電腦來改善數位影像品質，增強影像信號或擷取影像的重要資訊，使人能理解、或使機器能感知、或使電腦更易分析圖像內的資訊，以便將其進行其他處理或應用，因此如何有效移除干擾雜訊對影像處理來說是一項非常重要的研究工作。

最近幾年，已經有許多研究提出新方法來抑制影像中的脈衝雜訊，最常被廣泛運用的是中值濾波器[8]，因為它有很好的雜訊抑制能力以及高計算效率，但是該方法可能會使影像模糊，因為受干擾與乾淨影像的像素都被修正，造成影像失真的情形，解決上述問題最有效的方法就是使用選擇性濾波器，例如使用自適性中值(adaptive median, AM)濾波器[16]、像素絕對誤差中值(pixel-wise MAD,PWMAD)濾波器[11]、自適性中心權重中值(adaptive center-weighted median,ACWM)濾波器[10]與方向權重中值濾波器(directional weighted median, DWM)[13]。上述中值濾波器中，會先偵測遭雜訊干擾的像素，然後透過中值濾波器來移除脈衝雜訊，使得受干擾影像可以還原成乾淨的影像，這些方法能夠避免過度的損毀乾淨的像素，並讓影像不會模糊失真，但是這些

方法在高雜訊密度的環境中，重建影像的效果仍有改善的空間。

為了有效重建毀損嚴重的影像，有許多研究提出了新的選擇性濾波器，例如：開關順序濾波器(open-close sequence, OCS)[12]、修正型方向權重中值濾波器(modified directional-weighted-median, MDWM)[19]、邊緣辨別雜訊偵測選擇性濾波器(boundary discriminative noise detection, BDND)[21]、與邊緣保留演算法(edge-preserving algorithm, EPA)[9]。OCS 濾波器採用數學留數雜訊偵測器來辨別毀損的像素，在高雜訊密度時有不錯的表現，但是在低雜訊密度無法完好保留影像細節；因為會誤判未損毀像素為雜訊像素，導致重建的像素產生較多的失真。MDWM 濾波器[19]首先做雜訊的偵測，然後修正方向權重中值濾波器[13]，MDWM 濾波器[19]提供較精確的雜訊偵測法以及更多的邊緣偵測候選方向，使得重建影像的物件邊緣像素可以有效重建，故影像品質比 DWM[13]方法佳。BDND[21]提供較準確的雜訊偵測方法，該方法使用大小為 21×21 的大型視窗來偵測脈衝雜訊，使得雜訊估測的準確度提高，但是計算複雜度也提高許多，因此很耗時。EPA 濾波器[9]可以有效率的移除椒鹽雜訊，甚至對於嚴重雜訊干擾的環境下，也能有效的重建影像，該方法有兩個階段，第一個階段為偵測雜訊像素，第二階段將偵測到的雜訊像素做替換處理。雖然 EPA 邊緣保留濾波器可以有效率的移除椒鹽雜訊，甚至對於嚴重雜訊干擾的環境下，也能有效的重建影像，但是邊緣保留演算法沒有考慮相鄰視窗間的像素變動方向的關聯性，有可能造成在邊緣變動方向的選擇結果錯誤，出現邊緣變動方向紊亂的情形，導致該方法在低雜訊密度環境時表現不佳。

FSM 濾波器[22]可以有效率的移除椒鹽雜訊，甚至在嚴重雜訊干擾的環境下，也能有效的重建影像，該方法分為兩個階段，第一階段為偵測雜訊像素，用椒鹽雜訊強度去判斷是否為可疑雜訊，第二階段用門檻值去做篩選，並判斷是否做濾波的動作。椒鹽雜訊具有灰階為極值的特性，MDBUT 濾波器[15]先判定濾波視窗範圍內的像素是否為 0 或 255 的像素，若為雜訊像素，必須進行像素替換。首先判斷周圍像素是否有乾淨的像素，若有則使用其餘非雜訊像素取出中值，來取代受干擾雜訊之像素；相對的，若周圍像素全部都是雜訊，則使用視窗中的均值替換中心像素，達到重建像素

的目的。可變視窗與像素機率調適濾波器[3]利用可變動尺寸的視窗來處理每個受到雜訊干擾的像素，將視窗中的乾淨像素與最大及最小像素值做比較，然後把每個像素歸類為最大像素或最小像素的群組，接著算出最大像素與最小像素的分佈機率，作為重建受干擾像素的權重，使得受干擾影像可以有效的重建。

最佳方向之開關權重中值濾波[2]結合開關順序濾波器[21]及方向權重中值濾波器[13]，先偵測是否為可疑雜訊，如果確定受雜訊干擾，則先將極值像素先移除，在施予開關中值濾波，並用疊代的方式提高雜訊移除的效能，這個濾波器[2]在處理高密度雜訊之效能較優越。邊緣保留與相鄰視窗變化調整法[6]修正 EPA 濾波器[9]，增加考慮相鄰像素變動必須保持關聯性的方式，使得邊緣保留演算法的邊緣變動方向，在相鄰視窗間具有一致性，採用像素間變動的一致性來偵測受雜訊干擾的像素，然後施予均值濾波，達到重建原始清晰影像的像素值，提高邊緣方向偵測結果正確性的目標。

為了提升脈衝雜訊移除的效能，本研究使用滑動視窗擷取受干擾影像的區域影像，判斷分析視窗的中心點是否為乾淨像素，如果是乾淨像素則不予更動，確保重建影像的品質。若非乾淨像素則估測雜訊密度，當雜訊密度較小時，使用尺寸較小的固定視窗偵測雜訊，並且以中值濾波替換該中心像素。反之，在雜訊密度較高時，使用可變視窗偵測雜訊，並且透過多數權重濾波法，重建乾淨影像的像素。

本文其他章節的架構如下：第二節介紹本文提出之使用多數權重與中值濾波法的醫學影像椒鹽雜訊移除方法、第三節呈現實驗成果、第四節為結論。

2. 多數權重與中值濾波法

本文移除脈衝雜訊的系統方塊圖如圖 1 所示，受干擾影像先經過 3×3 的滑動視窗截取區域影像，分析順序從左上角開始，一直到右下角結束，然後偵測影像的中心像素是否為乾淨像素，如果是乾淨像素則不予更動，確保重建影像的品質。相反的，如果中心像素為不確定為乾淨像素，進行雜訊密度分析；若雜訊密度小於 δ 值，表示受干擾影像中，有很多乾淨像素可以輔助重建受干擾的像素，因此使用 3×3 固定視窗偵測雜訊，並且以中值濾波替換該像素值。反之，雜訊密度高於 δ 值，表示可以使用的乾淨像素較少，因此先使用 3×3 視窗偵測

視窗中是否有乾淨像素，如果有乾淨像素，則使用多數權重濾波替換中心點像素；相對的，若分析視窗中沒有乾淨像素，則將分析視窗擴大，則逐漸擴大分析視窗的尺寸，直到找到至少一個乾淨像素或直到分析視窗擴大到最大尺寸(7x7)時才停止擴大，並且施予多數權重濾波，重建乾淨影像像素。最後判斷影像中的所有像素是否全部都處理完畢，若否就繼續讀取下一個影像視窗；反之則將重建影像輸出。

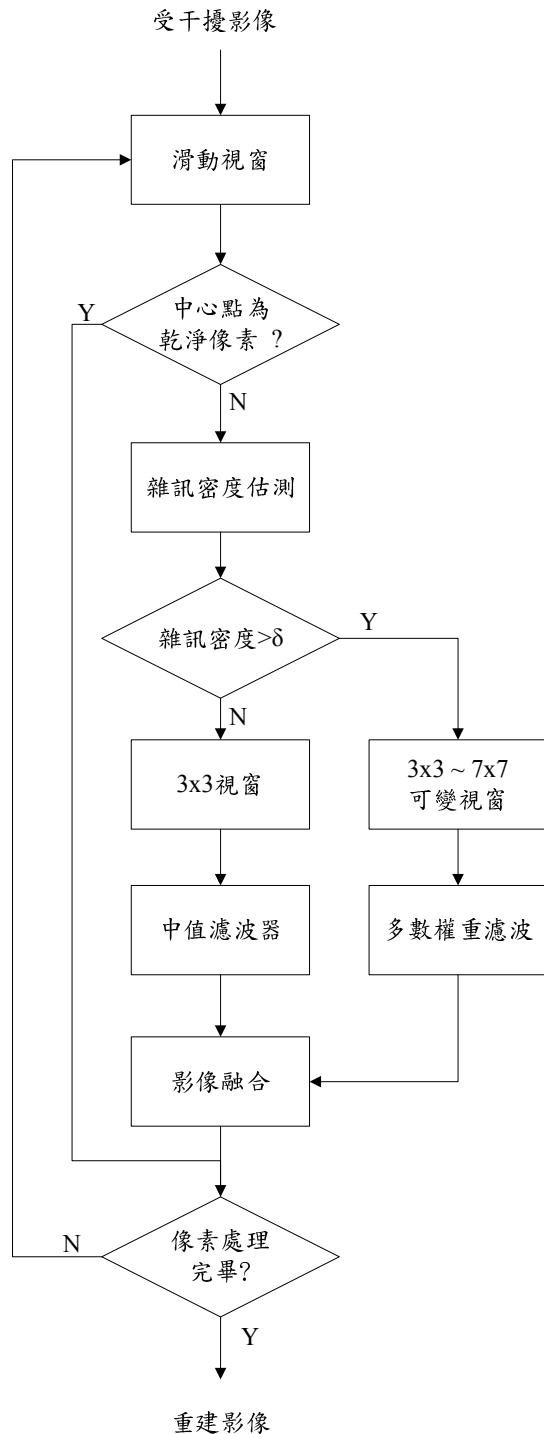


圖 1 移除脈衝雜訊系統流程圖

首先令 $X_{i,j}$ 表示座標 (i, j) 的像素，使用 3×3 之方型視窗截取區域，偵測影像的中心像素是否為乾淨像素，如式(1)：

$$W_{2s+1}(i, j) = \{X_{i+m, j+n}\} \quad (1)$$

其中： s 控制視窗的尺寸(例如： $s=1$ 代表 3×3 視窗)，並且以 $X_{i,j}$ 為中心像素； $W_{2s+1}(i, j)$ 為分析視窗內的像素集合。

為了判斷 3×3 之方形視窗中的像素是否為乾淨像素，可以根據像素是否為極值(0 或 255)來做初步的判斷，並且使用乾淨像素旗標 $F_{i,j}^{clean}$ 來表示，如式(2)所示：

$$F_{i,j}^{clean} = \begin{cases} 1, & \text{if } X_{i,j} \notin \text{extreme} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

由式(2)可以得知：當分析視窗中的像素不為極值，將該像素歸類為乾淨像素，並且將對應的乾淨像素旗標 $F_{i,j}^{clean}$ 設定為 1；相對的，如果某一像素為極值，則該像素有可能不是乾淨像素，故將對應的乾淨像素旗標 $F_{i,j}^{clean}$ 設定為 0。因此我們可以透過式(2)來估算分析視窗中，乾淨像素的數量，做為分析視窗是否需要擴大或像素是否需要替換的參考。

分析視窗的乾淨像素，可以透過計算乾淨像素旗標 $F_{i,j}^{clean} = 1$ 的數量得到，計算方法如式(3)：

$$N_{i,j}^{clean} = \sum_i \sum_j F_{i,j}^{clean} \quad (3)$$

其中： $N_{i,j}^{clean}$ 為分析視窗中乾淨像素的總數量。

透過式(2)、(3)可以估測影像中的雜訊密度 η ，如式(4)：

$$\eta = N_{i,j}^{clean} / M \cdot N \quad (4)$$

其中： M 與 N 分別表示數位影像的列與行像素數目。

若是影像的雜訊密度比較低，亦即雜訊密度小於預設門檻值 δ ，代表影像中有許多乾淨像素，可以輔助重建受干擾的像素，我們透過對非極值像素 $X'_{i,j}$ 施予中值濾波，便可以以將椒鹽雜訊移除，如式(5)：

$$\tilde{X}_{i,j}^{median} = \text{median} \{X'_{i-s, j-s}, \dots, X'_{i+s, j+s}\} \quad (5)$$

其中： $\tilde{x}_{i,j}^{median}$ 表示使用中值濾波後的像素。

由於雜訊密度低時，分析視窗幾乎都有乾淨像素可以輔助重建受干擾的像素，因此使用 3X3 固定尺寸的分析視窗，這可以避免重建影像產生模糊的現象，對於提高除雜訊影像的品質，有很大的助益。

若是影像的雜訊密度較高，亦即雜訊密度高於預設門檻值 δ ，表示可以使用的乾淨像素較少，因此先使用 3X3 視窗偵測視窗中是否有乾淨像素，然後根據式(2)、(3)計算乾淨像素數量 $N_{i,j}^{clean}$ ，並判斷是否大於零，如果成立，表示分析視窗中有乾淨像素，故停止擴大視窗，並且進行像素替換處理。相對的，如果乾淨像素數量 $N_{i,j}^{clean}$ 等於零，表示分析視窗中沒有乾淨像素，故透過式(1)將視窗擴大 ($s \leftarrow s+1$)，直到找到乾淨像素為止；為了避免除雜訊後的影像產生過度模糊現象，分析視窗的尺寸上限定為 7x7。

由於高雜訊密度的環境中，視窗的尺寸會比較大，使用如式(5)的中值濾波法會讓重建影像模糊化，因此本文採用多數權重濾波法[3]分析一個可變尺寸分析視窗中乾淨像素的分佈機率，該方法使用分佈機率的特性，將乾淨像素區分為兩種類別，分別為最大及最小像素值，依序把視窗中的每個乾淨像素與最大值及最小值做比較，判斷該像素接近最大值或最小值，並將其像素歸類為最大值那類別或最小值那類別，算出最大值在乾淨像素中所佔的機率及最小值的機率，用分佈機率作為重建受干擾像素的權重值，並替換中心點像素值，以分佈機率高的像素去平均中心點像素值，達到移除脈衝雜訊的目的。

接下來將介紹多數權重濾波法，首先找出分析視窗中的乾淨像素 $X'_{i,j}$ 的最大像素值及最小值像素值，先前已經將極值(0 或 255)移除，所以分析視窗中皆為乾淨像素，並且從這些乾淨像素中找出最大值 X'_{max} 及最小值 X'_{min} ，如式(6)、(7)所示：

$$X'_{max} = \max\{X'_{i,j} \mid X'_{i,j} \in W_{2s+1}(i,j)\} \quad (6)$$

$$X'_{min} = \min\{X'_{i,j} \mid X'_{i,j} \in W_{2s+1}(i,j)\} \quad (7)$$

為了要判斷分析視窗中的每個乾淨像素屬於最大值類別或最小值類別，必須計算分析視窗中的每個乾淨像素 $X'_{i,j}$ 與式(6)、(7)

的最大值 X'_{max} 及最小值 X'_{min} 的像素距離，如式(8)、(9)：

$$d_{i,j}^{max} = |X'_{i,j} - X'_{max}| \quad (8)$$

$$d_{i,j}^{min} = |X'_{i,j} - X'_{min}| \quad (9)$$

其中： $d_{i,j}^{max}$ 表示像素 $X'_{i,j}$ 與 X'_{max} 的像素距離； $d_{i,j}^{min}$ 表示像素 $X'_{i,j}$ 與 X'_{min} 的像素距離。

根據式(8)、(9)計算每個像素與視窗中的最大值及最小值的像素距離可以做為判斷該像素 $X'_{i,j}$ 接近最大值 X'_{max} 類別或最小值 X'_{min} 類別，如式(10)、(11)：

$$F_{i,j}^{max} = \begin{cases} 1, & \text{if } d_{i,j}^{max} \leq d_{i,j}^{min} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

$$F_{i,j}^{min} = \begin{cases} 1, & \text{if } d_{i,j}^{max} > d_{i,j}^{min} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

由式(10)、(11)可以得知：若該像素 $X'_{i,j}$ 的 $d_{i,j}^{max}$ 小於 $d_{i,j}^{min}$ ，將該像素歸類為最大值類別，並且將對應的最大值旗標 $F_{i,j}^{max}$ 設定為 1，否則將 $F_{i,j}^{max}$ 設定為 0；相對的，如果該像素的 $d_{i,j}^{max}$ 大於 $d_{i,j}^{min}$ ，將該像素歸類為最小值類別，並把對應的最小值旗標 $F_{i,j}^{min}$ 設定為 1，否則將 $F_{i,j}^{min}$ 設定為 0。因此我們可以透過式(10)、(11)來估算分析視窗中，乾淨像素屬於最大值及最小值的個數，做為此分析視窗中的分佈機率值的參考。

分析視窗中的乾淨像素屬於各類群的數量，可以計算最大值旗標 $F_{i,j}^{max}=1$ 的數量及最小值旗標 $F_{i,j}^{min}=1$ 的數量得到，如式(12)、(13)所示：

$$N_{i,j}^{min} = \sum_i \sum_j F_{i,j}^{min} \quad (12)$$

$$N_{i,j}^{max} = \sum_i \sum_j F_{i,j}^{max} \quad (13)$$

其中： $N_{i,j}^{min}$ 為分析視窗中像素屬於最小值的

像素總數量， $N_{i,j}^{\max}$ 為分析視窗中像素偏向最大值的像素總數量。

利用分析視窗中屬於最大像素值總數量 $N_{i,j}^{\max}$ 及屬於最小像素值總數量 $N_{i,j}^{\min}$ 可以得到該分析視窗乾淨像素屬於最大值的機率 P_{\max} ，及屬於最小值的機率 P_{\min} ，如式 (14)、(15)

$$P_{\max} = N_{i,j}^{\max} / N_{i,j}^{\text{clean}} \quad (14)$$

$$P_{\min} = 1 - P_{\max} \quad (15)$$

利用式(14)及(15)算出來的機率值若較高，代表該分析視窗的像素較接近機率高的像素值 X'_{\max} 或 X'_{\min} ，利用這個特性作為重建受干擾像素的權重以達到影像重建的效果。

將視窗中最大像素值與對應的機率值相乘，加上最小像素值與對應的機率相乘，可以得到一個重建像素值 $\tilde{X}_{i,j}^{\text{majority}}$ ，並且取代關注

像素 $X_{i,j}$ ，如式(16)：

$$\tilde{X}_{i,j}^{\text{majority}} = P_{\max} \cdot X'_{\max} + (1 - P_{\max}) \cdot X'_{\min} \quad (16)$$

利用式(16)逐一處理影像中的每一個受干擾像素，便可以得到除雜訊影像。因此重建像素可以表示如式(17)：

$$\hat{X}_{i,j} = \begin{cases} \tilde{X}_{i,j}^{\text{median}}, & \text{if } \eta < \delta \text{ and } X_{i,j} \in \text{extreme} \\ \tilde{X}_{i,j}^{\text{majority}}, & \text{if } \eta \geq \delta \text{ and } X_{i,j} \in \text{extreme} \\ X_{i,j}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (17)$$

由式(17)可以發現，若是分析視窗的中心像素為極值，該像素可能受到脈衝雜訊干擾，因此必須替換該像素。若是影像的雜訊密度低，則使用固定的 3×3 視窗取得的中值像素 $\tilde{X}_{i,j}^{\text{median}}$ 替換中心像素；相對的，若是影像的雜訊密度較高，則使用可變視窗取得的多數權重像素 $\tilde{X}_{i,j}^{\text{majority}}$ 替換中心像素，便可以重建乾淨的影像。對於非極值的像素，表示該像素為乾淨像素，因此保留該像素而不予處理，確保重建影像的品質。

3. 實驗結果

為了評估本文方法的系統效能，我們使用

胸腔 X 光醫學影像加入椒鹽雜訊，在雜訊密度 10%~90%的雜訊密度下，進行除雜訊的效能評估。並且與許多先進的除雜訊技術做比較，包括：開關式中值濾波器 (switching median filter)[23]、方向權重中值濾波器 (directional weighted median filter, DWM)[13]、非對稱截斷中值濾波器 (modified decision based unsymmetric trimmed median filter, MDBUTMF)[15] 等法進行效能比較，我們也使用峰值信噪比 (peak signal to noise ratio, PSNR) 來評估增強後的數位影像品質，並將實驗結果分別以圖表呈現。

表 1 胸腔 X 光影像 1 之 PSNR 效能評估比較表

Noise density	Denoising method			
	SM	DWM	MDBUTMF	Proposed
10%	30.81	30.95	32.69	32.64
20%	28.91	28.59	31.24	31.18
30%	27.18	27.50	30.31	30.28
40%	26.02	26.67	29.30	29.53
50%	24.65	25.93	27.99	29.00
60%	22.15	25.10	26.76	28.45
70%	17.71	23.73	24.21	27.45
80%	12.43	20.88	20.43	26.65
90%	8.57	16.44	15.94	25.31

表 2 胸腔 X 光影像 2 之 PSNR 效能評估比較表

Noise density	Denoising method			
	SM	DWM	MDBUTMF	Proposed
10%	31.07	32.09	26.24	32.06
20%	29.37	30.27	22.58	31.14
30%	28.23	29.16	20.25	30.50
40%	27.14	28.42	18.25	29.94
50%	25.82	27.65	16.75	29.13
60%	22.68	27.22	15.35	28.66
70%	16.96	25.54	14.06	27.85
80%	12.13	21.40	12.75	25.35
90%	8.02	14.25	11.29	18.93

表 1 和表 2 呈現以峰值訊雜比 (peak signal to noise ratio, PSNR) 為評估標準之比較表，各種不同雜訊移除演算法修復遭受密度 10% 至 90% 之椒鹽雜訊干擾的胸腔 X 光醫學影像；由表 1 可以看出：開關式中值濾波器 (SM)[23] 在

各種雜訊密度的除雜訊表現效能最差，其次方向權重中值(DWM)濾波器 [13]和非對稱截斷中值濾波器(MDBUTMF)[15]。開關式中值濾波器在雜訊密度 60%的時候 PSNR 值大幅下降，由此可知：開關式中值濾波器在處理雜訊密度 60%以上的影像時，PSNR 效果明顯變差。非對稱截斷中值濾波器在雜訊密度 80%的時候，PSNR 值明顯下降，而方向權重中值濾波器與非對稱截斷中值濾波器方法一樣，都沒有能力有效重建雜訊密度 80%以上的影像，只有本文方法可以在高雜訊密度(雜訊密度 >80%)干擾的環境下，有效重建受干擾的胸腔 X 光影像。

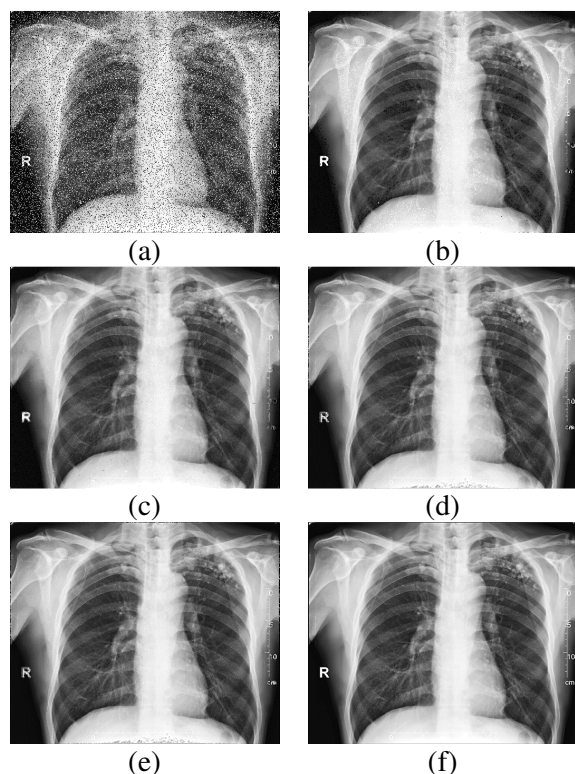


圖 2 胸腔 X 光影像 1 在 20%椒鹽雜訊干擾時，除雜訊影像成果圖；(a)遭受雜訊干擾之影像；(b)開關式中值(SM)濾波器；(c)方向權重中值(DWM)濾波器；(d) 非對稱截斷中值(MDBUTMF)濾波器；(e) 使用本文方法濾波後的影像；(f)原始影像。

由表 2 可以看出：非對稱截斷中值濾波器(MDBUTMF)[15]在中、低雜訊密度(雜訊密度 10~70%)的除雜訊表現效能最差，其次開關式中值濾波器(SM)[23]。方向權重中值(DWM)濾波器 [13]在低雜訊密度(雜訊密度為 10%)的表現最佳，而本文的方法也極為接近其效能。但是方向權重中值濾波器在雜訊密度超過 70%的情形中，PSNR 值明顯下降，可知方向權重

中值濾波器無法重建嚴重雜訊干擾的影像。而本文方法得到的 PSNR 數值，隨著雜訊密度升高的驟降程度皆不大，比起 SM、DWM 與 MDBUTMF 等濾波器而言，效能衰退較緩慢，因此我們可以確信：本文使用的方法重建嚴重椒鹽雜訊干擾的影像的效果大幅優於其他三種濾波器，而且可以讓除雜訊後的影像變得更清晰。

圖 2 呈現胸腔 X 光影像 1 在 20%椒鹽脈衝雜訊干擾時，以各種不同演算法除雜訊影像的成果比較圖，由圖 2(b)~(e) 可以看出：SM、DMW、MDBUTMF 及本文方法都能有效的重建低密度雜訊干擾的醫學影像。

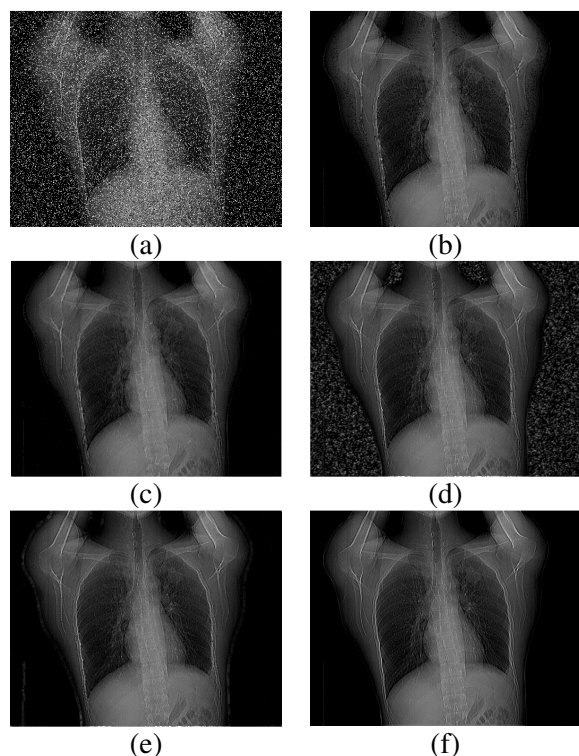


圖 3 胸腔 X 光影像 2 在 20%椒鹽雜訊干擾時，除雜訊影像成果圖；(a)遭受雜訊干擾之影像；(b) 開關式中值(SM)濾波器；(c) 方向權重中值(DWM)濾波器；(d) 非對稱截斷中值(MDBUTMF)濾波器；(e) 使用本文方法濾波後的影像；(f)原始影像。

圖 3 呈現胸腔 X 光影像 2 在 20%椒鹽脈衝雜訊干擾時，以各種不同演算法除雜訊影像的成果比較圖，由 SM(圖 3(b))及 DWM(圖 3(c))可以看出，重建的影像中灰色區域有很多脈衝雜訊；MDBUTMF 方法(圖 3(d))重建的影像中，背景佈滿許多脈衝雜訊，而本文方法重建的影像(圖 3(e))，幾乎把脈衝雜訊全不移除掉，讓重建影像變得很清晰。

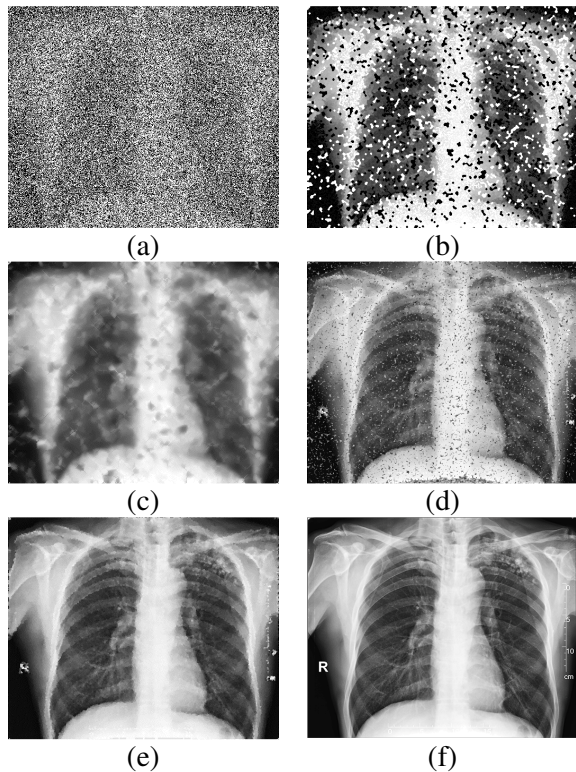


圖 4 胸腔 X 光影像 1 在 80% 椒鹽雜訊干擾時，除雜訊影像成果圖；(a) 遭受雜訊干擾之影像；(b) 開關式中值(SM)濾波器；(c) 方向權重中值(DWM)濾波器；(d) 非對稱截斷中值(MDBUTMF)濾波器；(e) 使用本文方法濾波後的影像；(f) 原始影像。

胸腔 X 光影像 1 遭受 80% 之椒鹽雜訊干擾，以各種不同演算法修復結果如圖 4 所示，由圖 4(b)~(d) 可以明顯觀察到：胸腔 X 光影像 1 因為受到高雜訊密度干擾的關係，使用 SM 與 DWM 方法重建的影像已經無法辨識影像的胸骨內涵，MDBUTMF 方法重建的影像雖然可以辨認出胸骨的形狀，但是殘留許多脈衝雜訊；而使用本文方法的重建影像中(如圖 4(e))，依然可以明顯辨識出胸骨的輪廓以及骨架的紋路與特徵，主要原因是本文方法利用機率分佈的特性，找出分析視窗中乾淨像素的分佈，用分佈機率決定重建像素的權重值，較能精確的重建受干擾像素，達到提升重建影像品質的目的，所以在高密度雜訊干擾的環境中，濾波效果明顯優於其他三種濾波器。

胸腔 X 光影像 2 遭受 80% 之椒鹽雜訊干擾，以各種不同演算法修復結果如圖 5 所示：由圖 5(b)~(d) 可以明顯看出胸腔 X 光影像 2 的重建結果佈滿了雜訊，使用 SM(圖 5(b)) 與 DWM(圖 5(c)) 方法完全無法重建遭雜訊干擾的

影像；而在圖 5(d) 中，使用 MDBUTMF 方法重建的影像(圖 5(d))，雖然可以清楚看到脊椎與骨盆腔的骨頭形狀，但是重建影像充滿許多脈衝雜訊，效能不佳；相對的，本文方法(圖 5(e)) 重建的影像依然可以辨識影像的重要特徵，比起 SM、DWM 和 MDBUTMF 等方法重建的影像(圖 5(b)~(d)) 而言，濾波效果明顯優越許多。

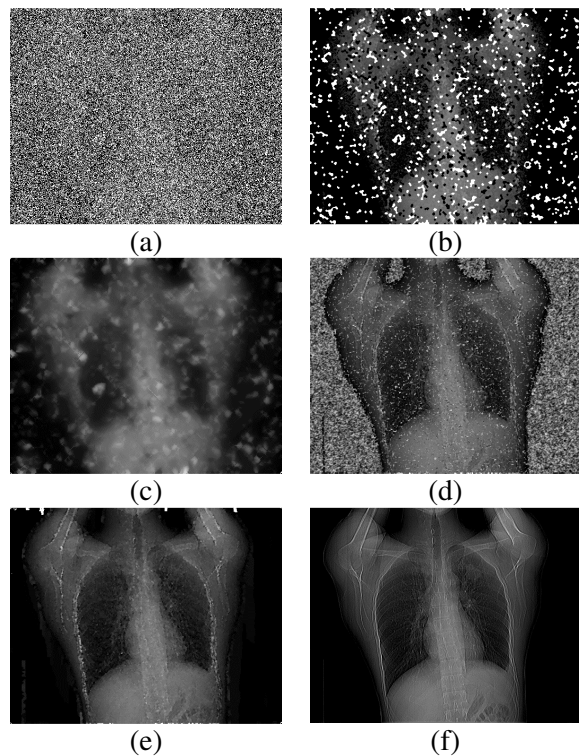


圖 5 胸腔 X 光影像 2 在 80% 固定式脈衝雜訊干擾時，除雜訊影像成果圖；(a) 遭受雜訊干擾之影像；(b) 開關式中值(SM)濾波器；(c) 方向權重中值(DWM)濾波器；(d) 非對稱截斷中值(MDBUTMF)濾波器；(e) 使用本文方法濾波後的影像；(f) 原始影像。

4. 結論

本文提出的多數權重與中值濾波法，根據影像的雜訊密度決定使用固定的小視窗輔以中值濾波法，或藉由可變尺寸視窗的多數權重濾波法找出像素間分佈機率的特性，作為重建像素的權重，逐一處理影像中的極值像素，便可以重建乾淨的影像。經由實驗結果證明：本文提出的方法，在各種雜訊密度的環境下(雜訊密度 10%~90%) 都可以有效的移除醫學影像中的脈衝雜訊，不會讓重建的影像產生模糊化的現象，除雜訊後的醫學影像可以有效的保留邊緣與各種骨架特徵，所以重建影像很清晰，除雜

訊的效果優良。

致謝

本研究由科技部專題研究計畫之經費支助，計畫編號為 MOST 104-2221-E-468-007。

參考文獻

- [1] 吳俊霖、吳豐佑、林龍駿，“一個改良式切換中值濾波器由高汙染影像移除脈衝雜訊”，*技術學刊*，卷 24，期 2，pp.143-156，2009。
- [2] 周子雋，“使用最佳方向之開關權重中值濾波於脈衝影像雜訊移除之研究”，*碩士論文*，*亞洲大學資訊傳播學系*，台中，2011。
- [3] 張郡芳，“使用可變視窗與像素機率調適之影像椒鹽雜訊移除”，*碩士論文*，*亞洲大學資訊傳播學系*，台中，2015。
- [4] 張凱育，“用來移除雜訊的高成效距離矩陣濾波器”，*碩士論文*，*國立台北教育大學資訊科學系*，台南，2005。
- [5] 莊旭銘，“一個可保留影像邊緣特性的雜訊移除演算法及其硬體實作”，*碩士論文*，*國立成功大學資訊工程學系*，台南，2006。
- [6] 陳淇鈺，“使用邊緣保留與相鄰視窗變化調整法於受干擾影像中移除椒鹽雜訊”，*碩士論文*，*亞洲大學資訊傳播學系*，台中，2013。
- [7] 蔡長諺，“用於突波雜訊移除之適應性中值影像濾波器”，*碩士論文*，*國立成功大學資訊工程學系*，台南，2005。
- [8] Bovik, A. *Handbook of Image and Video Processing*. New York: Academic, 2000.
- [9] Chen, P. Y. and Lien, C. Y., “An Efficient Edge-Preserving Algorithm for Removal of Salt-and-Pepper Noise,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 15, pp. 833-836, 2008.
- [10] Chen, T. and Wu, H. R., “Adaptive Impulse Detection Using Center-Weighted Median Filters,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-3, 2001.
- [11] Crnojevic, V. Senk, V. and Trpovski, Z., “Advanced Impulse Detection Based on Pixel-Wise MAD,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 11, No. 7, pp. 589-592, 2004.
- [12] Deng, Z. Yin, Z. and Xiong, Y., “High Probability Impulse Noise-Removing Algorithm Based on Mathematical Morphology,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 14, No. 1, pp. 31-34, 2007.
- [13] Dong Y. and Xu, S., “A New Directional Weighted Median Filter for Removal of Random-Valued Impulse Noise,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 14, No. 3, pp. 193-196, 2007.
- [14] Eng, H. L. and Ma, K. K., “Noise Adaptive Soft-Switching Median Filter,” *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 10, No. 2, pp. 242-251, 2001.
- [15] Esakkirajan, S., Veerakumar, T., Subramanyam, A. N. and PremChand, C. H., “Removal of High Density Salt and Pepper Noise Through Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Median Filter,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 18, No. 5, pp. 287-290, 2011.
- [16] Hwang, H. and Haddad, R. A., “Adaptive Median Filters: New Algorithms and Results,” *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 4, No. 4, pp. 499-502, 1995.
- [17] Lu, C. T. “Removal of Salt-and-Pepper Noise Using Gain Masker Adapted by Switching Pixel Variance and Edge Direction,” *International Journal of Electrical Engineering*, Vol. 21, No. 1, pp. 21-31, 2014.
- [18] Lu, C. T. and Chen C. Y., “Denoising of Salt-and-Pepper Noise Using Edge-Preservation Adjusted by Inter-Window Variation Approach,” *International Journal of Advanced Information Technologies*, Vol. 7, No. 2, pp. 35-43, 2013.
- [19] Lu, C. T. and Chou, T. C., “Denoising of Salt-and-Pepper Noise Corrupted Image Using Modified Directional-Weighted-Median Filter,” *Pattern Recognitions Letters*, Vol. 33, No. 10, pp. 1287-1295, 2012.
- [20] Lu, C. T., Chang C. F., Tseng K. F., Chen C. T., “Denoising of Salt-and Pepper Noise for Corrupted Image Using Majority-Weighted Filter,” in Proc. *National Symposium on Telecommunications*, pp. 26-27, 2015.
- [21] Ng, P. E. Ng and Ma, K. K., “A Switching Median Filter with Boundary Discriminative Noise Detection for Extremely Corrupted Images,” *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 15, No. 6, pp. 1506-1516, 2006.
- [22] Toh, K. K. V. and Mat-Isa, N. A., “Noise Adaptive Fuzzy Switching Median Filter for Salt-and-Pepper Noise Reduction,” *IEEE*

Signal Processing Letters, Vol. 17, No. 3, pp. 281-284, 2010.

- [23] Zhang, S. and Karim, M. A., "A New Impulse Detector for Switching Median Filters," *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 9, No. 11, pp. 360-363, 2002.
- [24] Zhang, X. and Xiong, Y., "Impulse Noise Removal Using Directional Difference Based Noise Detector and Adaptive Weighted Mean Filter," *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 16, No. 4, pp. 295-298, 2009.