

# 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

陳淇鈺

亞洲大學 資訊傳播研究所 研究生  
e-mail: [black1910@hotmail.com](mailto:black1910@hotmail.com)

陸清達

亞洲大學 資訊傳播學系 副教授  
e-mail: [lucas1@ms26.hinet.net](mailto:lucas1@ms26.hinet.net)

## 摘要

數位影像經常會受到脈衝雜訊干擾，導致影像品質衰退，甚至變得模糊不清，導致無法辨識原始的影像資訊；因此如何有效移除受干擾影像中的雜訊，是一項非常重要的研究工作。本文提出新的方法來移除受到雜訊干擾影像中的椒鹽雜訊；我們採用像素間變動的一致性來有效的偵測受雜訊干擾的像素，然後施予均值濾波，重建原始清晰影像的像素值。此外，本文也考慮相鄰像素變動必須保持關聯性的方式，使得邊緣變動方向，在相鄰視窗間具有一致性，提高邊緣方向影像重建的正確性。實驗結果證實：本文提出來的的方法確實可以在中、低雜訊密度的環境下，有效的移除受干擾影像中的椒鹽雜訊。

**關鍵詞：**影像雜訊移除、椒鹽雜訊、均值濾波、像素變動方向、邊緣保留。

## Abstract

The quality of digital image can be seriously deteriorated by the corruption of impulse noise. How to efficiently remove this noise for a corrupted image is an important research task. This paper proposes a new method to remove the salt-and-pepper noise by keeping the minimum variation in neighbor pixels when mean filtering is performed. It enables the noise corrupted image to be efficiently restored. In addition, the motion direction is maintained to be consistent for the edge pixels of an object, yielding the quality of restored image being improved. Experimental results show that the proposed method can efficiently remove the salt-and-pepper noise for a corrupted image in low to middle noise densities.

**Keywords:** Image denoising, salt-and-pepper noise, mean filtering, motion direction, edge preservation.

## 1. 前言

影像或影片訊號在擷取或轉移時，可能會遭到脈衝雜訊損毀，為了讓人眼更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雜訊問題。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，最常被廣泛運用的屬於中值濾波器[1]，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，造成良好像素分佈不均的情形，解決上述問題最有效的方法就是結合選擇性濾波器，例如使用自適性中值濾波器(adaptive median filters, AM)[2]、像素絕對誤差中值濾波器(pixel-wise MAD, PWMAD)[3]、自適性中心權重中值濾波器(adaptive center-weighted median filters, ACWM)[4]與方向權重中值濾波器(directional weighted median filter, DWM)[5]。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，但是這些方法在高雜訊密度中，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[6]-[12]提出了新的選擇性濾波器，例如：開關順序濾波器(open-close sequence filter, OCS)[9]、修正型方向權重中值濾波器(modified directional-weighted-median filter, MDWM)

[12]、邊緣辨別雜訊偵測選擇性濾波器 (boundary discriminative noise detection, BDNS)[7]、與邊緣保留演算法(edge-preserving algorithm, EPA)[10]。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[12]首先做雜訊的偵測，然後修正方向權重中值濾波器[5]，這個濾波器[12]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[5]方法佳。BDND[7]提供較準確的雜訊偵測方法，該方法使用大小為  $21 \times 21$  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[10]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。本研究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的正確性的目標。實驗結果顯示：本文提出來的的方法確實可以有效改善邊緣保留演算法[10]在中、低雜訊密度的環境中，移除脈衝雜訊的效能，使得移除雜訊後的影像更清晰。

本文其他章節的架構如下：第二單元簡短介紹邊緣保留濾波器、第三單元介紹本文提出對邊緣保留濾波器的改良方法、第四單元呈現實驗成果，第五單元為結論。

## 2. 邊緣保留演算法

邊緣保留演算法 EPA(edge-preserving algorithm) [10] 移除脈衝雜訊的過程可以分為兩個階段：第一個階段為偵測雜訊像素，第二階段使用邊緣保留濾波法將偵測到的雜訊像素做替換處理。前者嘗試在受干擾的影像中找

出哪一像素被脈衝雜訊毀損，後者透過檢測邊緣變化關係，重建乾淨影像像素並且有效保留邊緣像素結構。

### 2.1 偵測脈衝雜訊

首先令  $p_{i,j}$  表示座標  $(i, j)$  的中心點像素， $y_{i,j}$  表示其像素值。邊緣保留演算法使用  $3 \times 3$  的視窗分析影像中的像素變化，如式(1)，其中  $W_{i,j}$  代表  $3 \times 3$  視窗中以  $p_{i,j}$  為中心的像素組。

$$W_{i,j} = \{p_{k,l} | i-1 \leq k \leq i+1, j-1 \leq l \leq j+1\} \quad (1)$$

假設  $MaxW_{i,j}$  與  $MinW_{i,j}$  分別代表目前視窗  $W_{i,j}$  的最大與最小灰階值， $Max_{i,j}$  與  $Min_{i,j}$  代表第一個視窗  $W_{0,0}$  到目前視窗  $W_{i,j}$  的最大與最小灰階值。兩者之間的關係如式(2)：

$$Max_{i,j} = \begin{cases} Max_{i,j-1} & , \text{if } Max_{i,j-1} \geq MaxW_{i,j} \\ MaxW_{i,j} & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$Min_{i,j} = \begin{cases} Min_{i,j-1} & , \text{if } Min_{i,j-1} \leq MinW_{i,j} \\ MinW_{i,j} & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

偵測為遭到脈衝雜訊毀損的像素值會屬於兩個極值  $N_{max}$  或  $N_{min}$  其中之一， $N_{max}$  與  $N_{min}$  可以透過尋找處理過視窗中的極值求得，如式(4)、(5)：

$$N_{max} = \begin{cases} Max_{i,j} & , \text{if } Max_{i,j} = Max_{i,j-1} \\ 255 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$N_{min} = \begin{cases} Min_{i,j} & , \text{if } Min_{i,j} = Min_{i,j-1} \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

其中  $N_{max}$  與  $N_{min}$  分別視為先前處理像素  $p_{0,0}$  到  $p_{i,j}$  的”鹽”與”胡椒”雜訊估測像素值。若  $Max_{i,j}$  等於  $Max_{i,j-1}$ ，則”鹽”雜訊的像素值可能為  $Max_{i,j}$ ，因此設定  $N_{max}$  為  $Max_{i,j}$ 。相反地，若  $Max_{i,j}$  不等於  $Max_{i,j-1}$ ，無法將  $Max_{i,j}$  判定為”鹽”雜訊的像素值，故  $N_{max}$  修改為 255。用相似的方法也可以偵測”胡椒”雜訊的像素預估值  $N_{min}$ 。

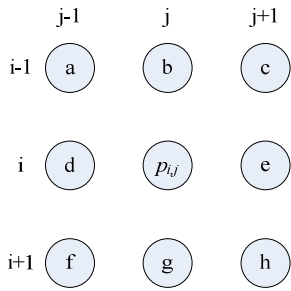
最後，偵測脈衝雜訊的方法如式(6)，如果視窗中的中心點像素值為極值(極大值或極小值)，該像素值有可能是雜訊像素，必須予以修

正；反之若中心點像素值非極值，則表示該像素未受到脈衝雜訊干擾，故保留其像素值，確保重建的影像品質。

$$P_{i,j} = \begin{cases} \text{noisy pixel} & , \text{if } y_{i,j}=N_{\max} \text{ or } y_{i,j}=N_{\min} \\ \text{noise-free pixel} & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

## 2.2 邊緣保留濾波器

影像邊緣保留濾波器[10]分析一個 3x3 視窗中，中心點周圍六個變動方向的像素變動情形，並且分別估測中心點的像素值，該方法選擇變動性最小的方向，當作影像邊緣的變動方向，然後求取該邊緣變動方向像素值的平均值，替換中心點像素值，達到移除脈衝雜訊的目的。為了簡化說明，可以利用  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $f$ 、 $g$ 、 $h$  分別代表中心像素  $p_{i,j}$  的  $P_{i-1,j-1}$ 、 $P_{i-1,j}$ 、 $P_{i-1,j+1}$ 、 $P_{i,j-1}$ 、 $P_{i,j+1}$ 、 $P_{i+1,j-1}$ 、 $P_{i+1,j}$ 、 $P_{i+1,j+1}$ ，如圖(一)所示：



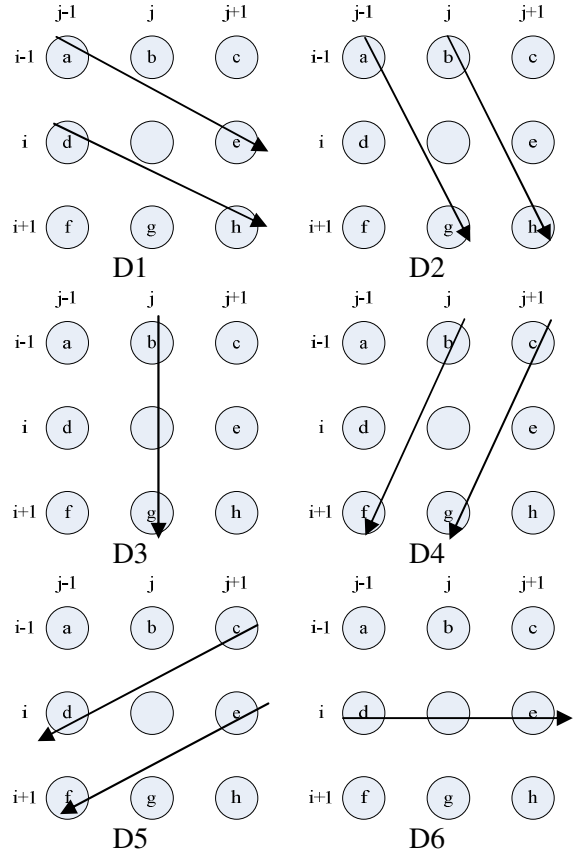
圖一 中心點  $p_{i,j}$  周圍鄰近像素的標示符號

邊緣保留濾波器詳細步驟如下：

●步驟 1：計算中心點像素周圍六個方向的像素變化值，像素變動方向如圖二所示，各個方向的像素變化量如式(7)：

$$\begin{aligned} D_1 &= |d-h| + |a-e| \\ D_2 &= |a-g| + |b-h| \\ D_3 &= 2*|b-g| \\ D_4 &= |b-f| + |c-g| \\ D_5 &= |c-d| + |e-f| \\ D_6 &= 2*|d-e| \end{aligned} \quad (7)$$

●步驟 2：檢視視窗中的四個像素( $e$ 、 $f$ 、 $g$ 、 $h$ )值是否分別等於  $N_{\max}$  或  $N_{\min}$ ，若是則  $e$ 、 $f$ 、 $g$ 、 $h$  像素可能毀損，中心點變動方向不可以包含這些像素，因此忽略相對應的方向，並且將像素變動值設定為極值  $\delta_{\max}$  (512)，排除包含這些像素的點成為候選方向。



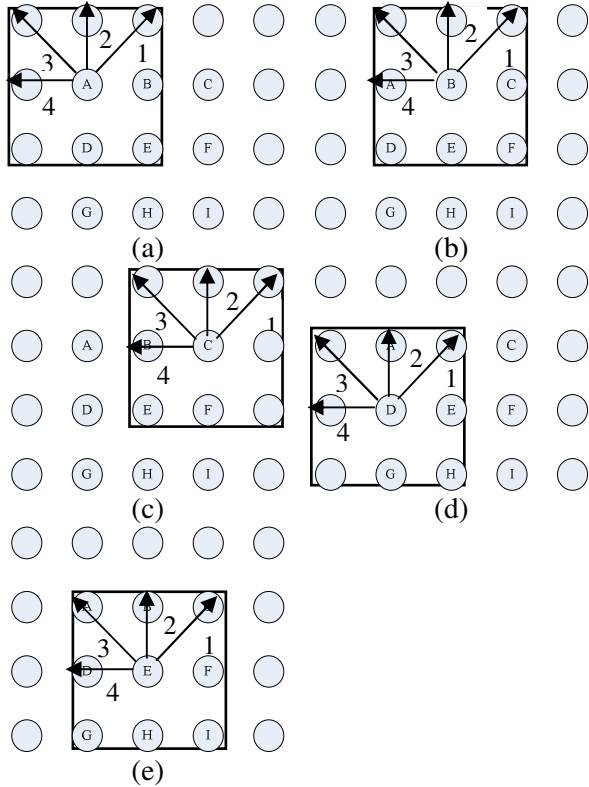
圖二 D1~D6 像素變動方向

●步驟 3：辨別像素變化量  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_4$ 、 $D_5$  是否分別等於  $\delta_{\max}$ 。若  $D_1$  與  $D_2$  其中一個方向的像素變動量等於  $\delta_{\max}$ ，且像素  $h$  是非雜訊像素，則計算  $D_7$  方向像素變動量當作候選方向，達到改善影像品質的作用。此外，若  $D_4$  或  $D_5$  其中一個變動量等於  $\delta_{\max}$ ，且像素  $f$  是非雜訊像素則計算  $D_8$  方向像素變動量，當作候選方向來改善影像品質。 $D_7$  與  $D_8$  兩者定義如式(8)：

$$\begin{cases} D_7 = 2*|a-h| \\ D_8 = 2*|c-f| \end{cases} \quad (8)$$

●步驟 4：在這些方向中( $D_1 \sim D_8$ )找出最小的像素變動量  $D_{\min}$  當作最佳方向。因為具有最低像素變動量的方向極有可能是對應到邊緣影像，因此毀損中心像素  $p_{i,j}$  可以在最佳方向中重建，如式(9)所示：

$$\hat{p}_{i,j} = \begin{cases} \frac{(a+d+e+h)}{4}, & \text{if } D_{\min} = D_1 \\ \frac{(a+b+g+h)}{4}, & \text{if } D_{\min} = D_2 \\ \frac{(b+g)}{2}, & \text{if } D_{\min} = D_3 \\ \frac{(b+c+f+g)}{4}, & \text{if } D_{\min} = D_4 \\ \frac{(c+d+e+f)}{4}, & \text{if } D_{\min} = D_5 \\ \frac{(d+e)}{2}, & \text{if } D_{\min} = D_6 \\ \frac{(a+h)}{2}, & \text{if } D_{\min} = D_7 \\ \frac{(c+f)}{2}, & \text{if } D_{\min} = D_8 \end{cases} \quad (9)$$



圖三 相鄰視窗之中心點像素變化示意圖。(a) 左上點視窗；(b) 中上點視窗；(c) 右上點視窗；(d) 左側點視窗；(e) 中心點視窗。

但是第 4 步驟有一個例外；若最佳方向的像素變動量  $D_{\min}$  等於  $\delta_{\max}$ ，代表  $e$ 、 $f$ 、 $g$ 、 $h$  像素損毀，在這情形中，採用兩個先前已移除雜訊的像素： $c$ 、 $d$ ，並且取他們的中間值為重建值，如式(10)所示：

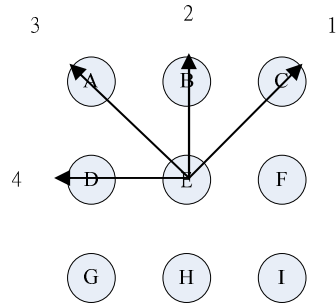
$$\hat{p}_{i,j} = \frac{c+d}{2} \quad (10)$$

### 3. EPA 改良方法

本研究藉由限制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[10]的邊緣變動方向，在相鄰視窗間具有一致性；並且適當採用已處理像素取代視窗中心點像素，與均值濾波的方式重建原始清晰影像的像素值，提升邊緣方向偵測結果的正確性。

中心點像素在相鄰視窗間的變化特性如圖三所示；在圖中的 A、B、C、D、E 分別代表不同視窗的中心點。在處理像素 E 時，像素 A、B、C、D 均已經去雜訊處理，所以像素值為非極值，且與像素 E 相鄰；如果像素 A、B、C、D 的變動方向一致，則像素 E 的變動方向必須與像素 A、B、C、D 的方向一致，維持物件邊緣方向變動的一致性。故像素 A、B、C、D 的變動方向一致，則像素 E 的變動方向將不作調整，維持 EPA 演算法[10]的方向而不予調整。



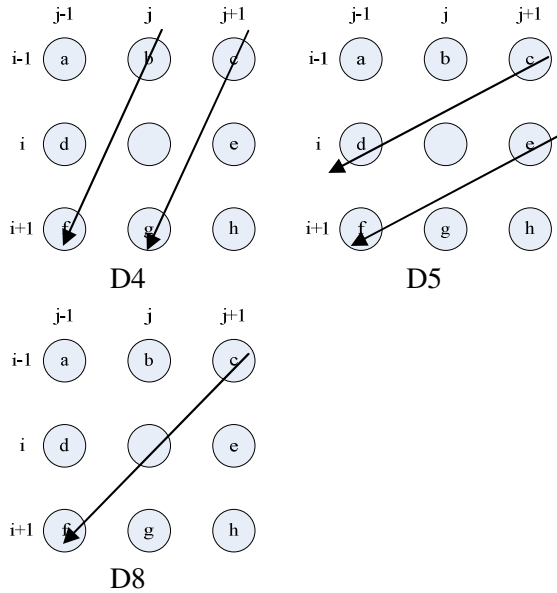
圖四 處理中心為 E 之 3X3 視窗

圖四表示中心點為 E 之可能變動方向，若視窗 A、B、C、D 的變動方向相似，但與像素 E 的方向不同，則像素 E 的變動方向將做調整，使得重建影像在物件邊緣的變動方向維持一致。如圖五所示；若視窗中心點 A、B、C、D 的變動方向為“D4”、“D5”、或“D8”，而視窗中心點 E 的變動方向為“1”（如圖四），則可以將視窗中心點 E 的變動方向視為與相鄰處理過的像素(A、B、C、D)的變動方向一致，因此不必做方向校正。相反的，若視窗中心點 E 的方向為“2”、“3”、或“4”（如圖四），則代表視窗中心點 E 的變動方向與相鄰處理過的像素(A、B、C、D)不一致，故必須作方向校正，校正方法如式(11)：

$$E = \begin{cases} (C+G)/2, & \text{if } G \neq N_{\max} \text{ and } G \neq N_{\min} \\ C, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

由式(11)可以得知：像素 C 已經去雜訊處理，所以像素值一定非極值；若像素 G(如圖四)

為非雜訊像素(極值)，則我們可以利用對角像素 C、G 的平均像素值來校正中心點像素值 E，達到去雜訊的效果。相對的，若像素 G 為雜訊像素(極值)，則直接使用像素 C 取代中心點像素 E，使得中心點 E 為非極值，完成去雜訊的目的。經由式(11)校正過後，中心點像素 E 的變動方向便與周圍像素 A、B、C、D 一致。

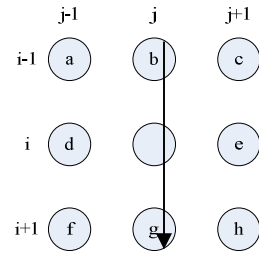


圖五 D4、D5、D8 像素變動方向

如圖六所示：若視窗中心點 A、B、C、D 的方向為方向” D3” ，而視窗中心點 E 的方向為” 2” (如圖四)，則將視窗中心點 E 的變動方向視為與相鄰處理過的像素(A、B、C、D)相同，因此，不必做方向校正。相反的，若視窗中心點 E 的方向為” 1” 、” 3” 、或” 4” ，則代表視窗中心點 E 的變動方向與相鄰處理過的像素(A、B、C、D)不一致，故必須作方向校正，校正方法如式(12)：

$$E = \begin{cases} (B+H)/2, & \text{if } H \neq N_{\max} \text{ and } H \neq N_{\min} \\ B, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

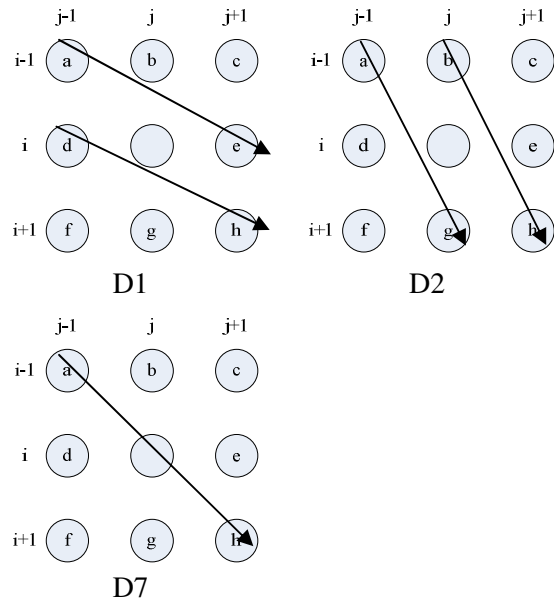
由式(12)可以得知：像素 B 已經去雜訊(如圖六)處理，所以一定非極值；若像素 H 為非雜訊像素(極值)，則我們可以利用對角像素 B、H 的平均像素值來校正中心點像素值 E；相對的，若像素 H 為雜訊像素，則使用像素 B 取代中心點像素 E。經由式(12)校正過後，中心點像素 E 的變動方向便與周圍像素 A、B、C、D 一致。



圖六 D3 像素變動方向

如圖七所示：若視窗中心點 A、B、C、D 的方向為方向” D1” 、” D2” 、或” D7” ，而視窗中心點 E 的方向為” 3” (如圖四)，則可以將視窗中心點 E 的變動方向視為與相鄰處理過的像素(A、B、C、D)一致，因此，不必做方向校正。相反的，若視窗中心點 E 的方向為” 1” 、” 2” 、或” 4” ，則代表視窗中心點 E 的變動方向與相鄰處理過的像素(A、B、C、D)不一致，故必須作方向校正，校正方法如式(13)：

$$E = \begin{cases} (A+I)/2, & \text{if } I \neq N_{\max} \text{ and } I \neq N_{\min} \\ A, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$



圖七 D1、D2、D7 像素變動方向

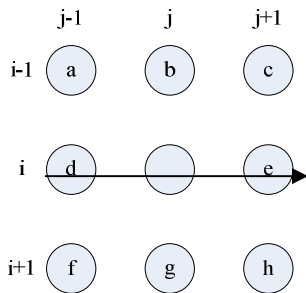
由式(13)可以得知：像素 A 已經去雜訊處理，所以一定非極值；若像素 I(如圖七)為非雜訊像素(極值)，則我們可以利用對角像素 A、I 的平均像素值來校正中心點像素值 E；相對的，若像素 I 為雜訊像素，則使用像素 A 取代中心點像素 E。經由式(13)校正過後，則中心點像素 E 的變動方向便與周圍像素 A、B、C、D 一致。



如圖八所示：若視窗中心點 A、B、C、D 的方向為方向” D6 ”，而視窗中心點 E 的方向為” 4 ” (如圖四)，則可以將視窗中心點 E 的變動方向視為與相鄰處理過的像素(A、B、C、D)相同，因此，不必做方向校正。相反的，若視窗中心點 E 的方向為” 1 ”、” 2 ”、或” 3 ” (如圖四)，則代表視窗中心點 E 的變動方向與相鄰處理過的像素(A、B、C、D)不一致，故必須作方向校正，校正方法如式(14)：

$$E = \begin{cases} (D+F)/2 & , \text{if } F \neq N_{\max} \text{ and } F \neq N_{\min} \\ D & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

由式(14)可以得知：像素 D 已經去雜訊(如圖八)處理，所以一定非極值；若像素 F 為非雜訊像素(極值)，則我們可以利用對角像素 D、F 的平均像素值來校正中心點像素值 E；相對的，若像素 F 為雜訊像素，則使用像素 D 取代中心點像素 E。經由式(14)校正過後，則中心點像素 E 的變動方向便與周圍像素 A、B、C、D 一致。



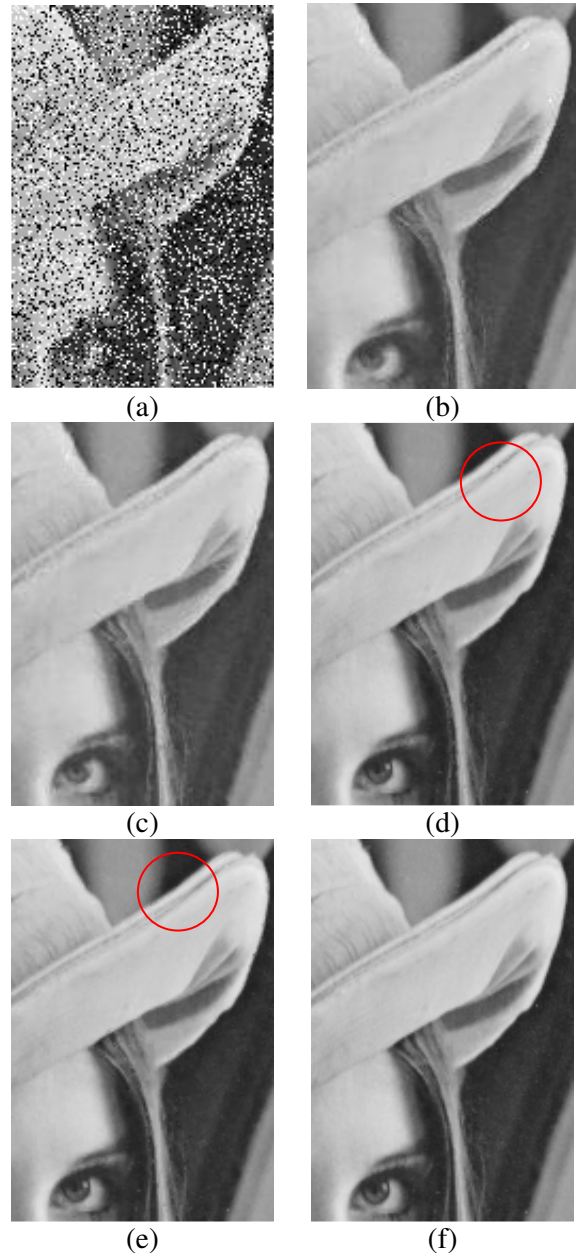
圖八 D6 像素變動方向

經由式(11)-(14)對中心點像素的變動方向進行校正之後，則中心點像素與相鄰像素 A、B、C、與 D 的變動方向會保持一致，可以確保物件像素邊緣變動方向一致，達到提升重建影像品質的目標。

#### 4. 實驗結果

我們使用” Lena ”、” Boat ” 這二種不同的影像分別加入椒鹽雜訊，在雜訊密度 10%~70% 的雜訊密度下，分別以邊緣保留演算法(edge-preserving algorithm, EPA)[10]、開關式中值濾波器(switching median filter)[13]、方向權重中值濾波器(directional weighted median filter, DWM)[5]和本文提出的演算法進行效能比較，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

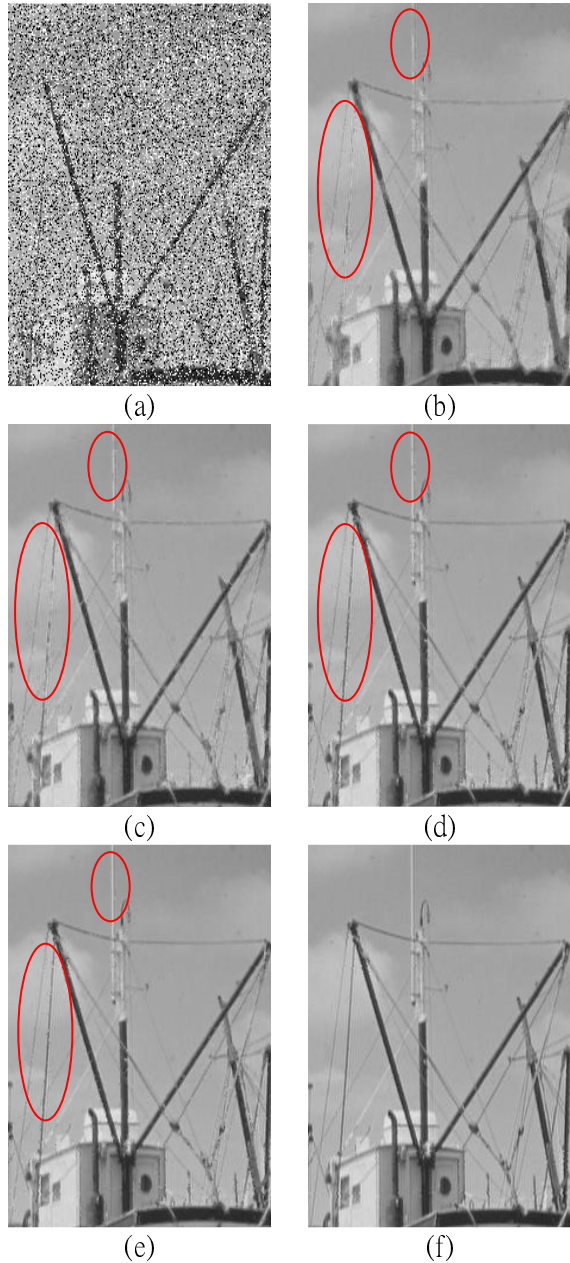
質，並將實驗結果分別以圖表呈現。



圖九 Lena 影像在 30% 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) 開關式中值濾波器(SM)；(c) 方向權重中值濾波器(DWM)；(d) 邊緣保留演算法(EPA)；(e) 使用本文提出演算法濾波後的影像；(f) 原始影像。

Lena 影像遭受 30% 之椒鹽雜訊干擾，以各種不同演算法修復結果如圖九所示：由圖九(b)-(c) 可以明顯觀察到：Lena 影像不但較模糊且遺留下少許的脈衝雜訊；本文及 EPA 的方法可以有效的移除干擾的脈衝雜訊，由圖九(d) 可以看出：EPA 方法在帽緣的部分多了白色雜訊而沒有延續性(如圓圈標示處)，經由使用本文提出的改良法(如圖九(e))濾波影像後，能讓

帽緣的雜訊較不明顯，且髮絲及瞳孔非常清晰而不模糊，主要原因就是因為本文的方法在濾波過程中，必須維持相鄰視窗影像像素變化的一致性，使得除雜訊後影像中的物件邊緣變化平順，達到提升重建影像品質的目的。



圖十 Boat 影像在 30% 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) 開關式中值濾波器(SM)；(c) 方向權重中值濾波器(DWM)；(d) 邊緣保留演算法(EPA)；(e) 使用本文提出演算法濾波後的影像；(f) 原始影像。

Boat 影像遭受 30% 之椒鹽雜訊干擾，以各種演算法修復結果如圖十所示，由圖十(b)可以看出使用 SM 演算法除雜訊後的影像中，呈現

軌竿的部分(如框線標示處)非常不清楚，幾乎看不見；由圖十(c)可以看的出：使用 DWM 演算法除雜訊後的影像中，細線(如框線標示處)依然不清楚；由圖十(d)可以發現：EPA 方法可以有效移除脈衝雜訊，使得整張影像變得清晰，在畫面中的細線(如框線標示處)也比圖十(b)~(c)更清楚；但是細線與畫面上方的白線部分多了很多黑色雜訊(如框線標示處)；經由本文提出的方法去雜訊之後，軌竿顏色與原圖更接近，而且也比 EPA 方法更清晰，因此可以確認本文提出的方法確實可以改善 EPA 方法的效能。

表 1 Lena 影像之 PSNR 效能評估比較表

Noise density	Denoising method			
	SM	DWM	EPA	Proposed
10%	37.87	40.96	47.91	48.66
20%	34.50	37.15	44.46	45.12
30%	32.60	34.64	42.04	42.45
40%	30.88	32.39	40.24	40.77
50%	29.22	29.93	38.67	38.86
60%	26.90	27.31	37.11	37.23
70%	23.73	24.99	35.49	35.50

表 1、2 呈現以各種不同雜訊移除演算法修復遭受密度(10% 至 70%)之椒鹽雜訊干擾的 Lena、Boat 影像，並以 PSNR 為評估標準之比較表。由表 1 可以看出：開關式中值濾波器(SM)[13]在各種雜訊密度的除雜訊表現效能最差，其次是 DWM 方法，因此這兩種方法所得到的 PSNR 分數比較低，而 EPA 方法[10]的除雜訊效果較佳，對應的 PSNR 分數明顯優於 SM 與 DWM 方法；而本文使用的演算法在各種環境下，所得到的 PSNR 分數大幅優於 SM 與 DWM 演算法，而且也稍微優於 EPA 演算法，因此我們可以確信：本文使用的演算法在處理固定式脈衝雜訊的效果優於其他三種濾波器，尤其是對於中低密度雜訊，效能更優異。由表 2 可以看出：在處理 Boat 影像受到雜訊干擾的情形下，本文提出方法所得到的 PSNR 分數也優於 SM、DWM、與 EPA 等三種演算法，實驗結果與處理 Lena 影像的效果相當，

因此可以確認：本文提出的方法可以有效修復各種影像遭到椒鹽雜訊干擾，讓除雜訊後的影像變得更清晰。

**表 2 Boat 影像之 PSNR 效能評估比較表**

Noise density	Denoising method			
	SM	DWM	EPA	Proposed
10%	37.87	40.96	47.91	48.66
20%	34.50	37.15	44.46	45.12
30%	32.60	34.64	42.04	42.45
40%	30.88	32.39	40.24	40.77
50%	29.22	29.93	38.67	38.86
60%	26.90	27.31	37.11	37.23
70%	23.73	24.99	35.49	35.50

## 5. 結論

本文提出的改善邊緣保留演算法，藉由維持相鄰視窗間的像素變動方向的一致性，修正重建像素變動方向變化絮亂的缺點，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，提高邊緣方向重建影像的正確性。經由實驗結果證明：本文提出的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，確實可以有效的移除脈衝雜訊，也較不會讓重建的影像產生模糊化的現象，尤其在處理中低密度雜訊的環境下，本文提出之方法，效能明顯優於開關式中值濾波器、方向權重中值濾波器、及邊緣保留等先進的除雜訊演算法。

## 誌謝

本研究由行政院國家科學委員會專題研究計畫之經費支助，計畫編號為 NSC 101-2221-E-468-010。

## 參考文獻

[1] Bovik, A. *Handbook of Image and Video Processing*. New York: Academic, 2000.  
 [2] Hwang, H. and Haddad, R. A., "Adaptive median filters: New algorithms and results," *IEEE Trans. Image Process.*, Vol. 4, No. 4,

pp. 499-502, Apr. 1995.  
 [3] Crnojevic, V. Senk, V. and Trpovski, Z., "Advanced impulse detection based on pixel-wise MAD," *IEEE Signal Process. Lett.*, Vol. 11, No. 7, pp. 589-592, July 2004.  
 [4] Chen, T. and Wu, H. R., "Adaptive impulse detection using center-weighted median filters," *IEEE Signal Process. Lett.*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-3, Jan. 2001.  
 [5] Dong Y. and Xu, S., "A New Directional Weighted Median Filter for Removal of Random-Valued Impulse Noise," *IEEE Signal Process. Lett.*, Vol. 14, No. 3, pp. 193-196, Mar. 2007.  
 [6] Eng, H. L. and Ma, K. K., "Noise adaptive soft-switching median filter," *IEEE Trans. Image Process.*, Vol. 10, No. 2, pp. 242-251, Feb. 2001.  
 [7] Ng, P. -E. Ng and Ma, K. -K., "A switching median filter with boundary discriminative noise detection for extremely corrupted images," *IEEE Trans. Image Process.*, Vol. 15, No. 6, pp. 1506-1516, Jun. 2006.  
 [8] Zhang, X. and Xiong, Y., "Impulse noise removal using directional difference based noise detector and adaptive weighted mean filter," *IEEE Signal Process. Lett.*, Vol. 16, No. 4, pp. 295-298, Apr. 2009.  
 [9] Deng, Z. Yin, Z. and Xiong, Y., "High probability impulse noise-removing algorithm based on mathematical morphology," *IEEE Signal Process. Lett.*, Vol. 14, No. 1, pp. 31-34, Jan. 2007.  
 [10] Chen, P. Y. and Lien, C. Y., "An efficient edge-preserving algorithm for removal of salt-and-pepper noise," *IEEE Signal Process. Lett.*, Vol. 15, pp. 833-836, July 2008.  
 [11] Toh, K. K. V. and Mat-Isa, N. A., "Noise adaptive fuzzy switching median filter for Salt-and-Pepper noise reduction," *IEEE Signal Process. Lett.*, Vol. 17, No. 3, pp. 281-284, Mar. 2010.  
 [12] Lu, C. -T. and Chou, T. -C., "Denoising of salt-and-pepper noise corrupted image using modified directional-weighted-median filter," *Pattern Recog. Lett.*, Vol. 33, No. 10, pp. 1287-1295, July 2012.  
 [13] Zhang, S. and Karim, M. A., "A new impulse detector for switching median filters," *IEEE Signal Process. Lett.*, Vol. 9, No. 11, pp. 360-363, Nov. 2002.