# روش ترکیبی مکانی فرکانسی در حذف نویز ضربه و بهبود کیفیت تصویر

محمد مؤمنی'، دانشجوی دکتری، مهدی نوشیار'، دانشیار

nooshyar@uma.ac.ir - دانشکده مهندسی کامپیوتر - دانشگاه یزد - یزد - ایران - nooshyar@uma.ac.ir
۲- دانشکده فنی و مهندسی - دانشگاه محقق اردبیلی - اردبیل - ایران - ایران - ۲

چکیده: نویز ضربه یکی از عوامل تضعیف کیفیت در تصاویر دیجیتال است. در این مقاله با استفاده از یک روش ترکیبی ابتکاری نویز حذف میشود و کیفیت تصویر بهبود مییابد. الگوریتم پیشنهادی از دو مرحله تشخیص و حذف نویز ضربه در حوزه مکان و بهبود کیفیت تصویر در حوزه فرکانس تشکیل یافته است. معرفی معیاری برای سنجش میزان تخریب در مقیاس پیکسل و کل تصویر نوآوری دیگر این مقاله است. اساس این معیار، به دست آوردن نسبت تعداد پیکسلهای نویزی احتمالی به پیکسلهای با مقدار واقعی است. در بخش سنجش کیفیت تصویر بازیابی شده از معیار PSNR و MSSIM استفاده شده است. نتایج شبیهسازی الگوریتم پیشنهادی بر روی تصاویر استاندارد با شدت نویزهای مختلف نشان می دهد که روش ارائه شده در مقایسه با روشهای موجود عملکرد بهتری دارد و به طور متوسط افزایش مقدار PSNR بیش از BSN در قیاس با آخرین پژوهشهای مرتبط ملاحظه می شود.

واژههای کلیدی: نویز ضربه، حذف نویز، فیلتر مکانی- فرکانسی.

# Combined Spatial-Frequency Method for Impulse Noise Removal and Image Enhancement

Mohamad Momeny, PhD student<sup>1</sup>, Mehdi Nooshyar, Associate Professor<sup>2</sup>

1- Faculty of Computer Engineering, Yazd University, Yazd, Iran, mohamad.momeny@stu.yazd.ac.ir2- Faculty of Computer Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran, nooshyar@uma.ac.ir

**Abstract:** Impulsive Noise is one of the degrading factors in digital image quality. In this paper, an innovative and hybrid method for noise reduction is proposed. The proposed algorithm has two stages: detection of the noise and removing of it in the frequency domain. Another innovation of the paper is introducing of a measure of quality assessment of the degraded image. The results show the improving of the quality in comparison with the state of the art related works is achieved and this method outperforms them about 2dB in PSNR measure.

Keywords: Impulsive noise, noise removal, spatial-frequency filtering.

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۱۳ تاریخ اصلاح مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۰ و ۱۳۹۵/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۲۱ نام نویسنده مسئول: مهدی نوشیار نشانی نویسنده مسئول: ایران – اردبیل – دانشگاه محقق اردبیلی – دانشکده فنی و مهندسی

# ۱– مقدمه

حذف اختلالهای ناخواسته انواع نویزها و بهبود کیفیت تصاویر نویزی جزء چالشهای ضروری محسوب می شود. نویز ضربه که در آن اختلاف شدت پیکسل نویزی با پیکسلهای اطراف زیاد است، یکی از عوامل تضعیف کیفیت در تصاویر دیجیتال است. یکی از مسائل در زمینه حذف نویز ضربه، نگهداری جزئیات تصویر مانند لبهها و بافت تصویر به همراه کاهش نویز است.

از روش های حذف نویز ضربه و بهبود کیفیت تصویر می اون به انواع فیلترهای کلید زنی<sup>۱</sup> از قبیل<sup>۲</sup> GLAM [۱] BDND<sup>۳</sup> [۱]، <sup>۹</sup> CNDSM [۲]، [۶] SAWM<sup>۷</sup> [۵] EEP<sup>۶</sup> (۴] FSM<sup>۵</sup>.[۳] (۱) اشاره کرد. [۹] NAGM<sup>۱</sup> (۱) اشاره کرد.

اساکیراجان و همکارانش برای بازیابی تصاویر با نویز ضربه، فیلتر MDBUTMF<sup>۱۲</sup> را ارائه دادند. در این روش ابتدا یـک پنجـره دوبعـدی ۳×۳ در مرکز هر پیکسل ایجـاد میشـود. اگـر مقـدار پیکسـل چیـزی بهغیراز صفر یا ۲۵۵ بود، مقدار واقعی پیکسل شناختهشـده و پـردازش نمیشود. اگر کلیه مقادیر پنجره صفر یـا ۲۵۵ بـود میـانگین مقـادیر پنجره جایگزین مقدار فعلـی پیکسـل میشـود و در غیـر ایـن صورت مقادیر صفر و ۲۵۵ از پنجره حذفشـده و میانـه مقـادیر باقیمانـده در پیکسل جاری قرار میگیرد. عملیات فوق تا پیمایش کل تصـویر ادامـه می\_یابد [۱۱].

یو و همکارانش طیف گرادیان ترکیبی<sup>۱۲</sup> را مبتنی بر یک روش دومرحلهای، برای حذف نویز ضربه ارائه دادند [۱۲]. شانموگاوادیو و همکارانش در [۱۳] فیلتر میانه دومرحلهای تطبیقی<sup>۱</sup>۲SM<sup>۱۴</sup> را برای رفع نویز ارائه دادند.

الگوریتمهای مبتنی بر فیلتر میانه دارای ساختاری ساده و درعینحال زمان اجرای سریع هستند. از معایب روشهای مبتنی بر فیلتر میانه این است که اگر تصویر دارای نویز با چگالی بالا باشد، این فیلترها کارایی خوبی ندارند و نمیتوانند پیکسلهای بدون نویز را از پیکسلهای نویزی تشخیص دهند و این منجر به حذف اطلاعات مهم تصویر ازجمله لبهها می شود [۷، ۱۲، ۱۴].

درروش مرکب برای بهبود اثر نویز ضربهای تصویر با استفاده از اتوماتای سلولی، ابتدا مقادیر نویزی تشخیص و در ادامه با اطلاع از نقاط نویزی، نقطه موردنظر را تغییر میدهند [۳۰]. الگوریتمهای مبتنی بر اتوماتای سلولی اغلب دارای ساختار ساده هستند؛ ولی اجرای الگوریتم نسبت به فیلترهای میانه کندتر است. از اتوماتای سلولی برای سامانههایی که از اجزای سادهای تشکیل شدهاند و رفتار هر جزء بر اساس رفتار همسایگان و متناسب با تجربیاتش تعیین و اصلاح می شود، استفاده می گردد [۳۰].

یکی دیگر از روشهای مطرحشده بـرای حـذف نـویز از تصـاویر، استفاده از روش ترکیبی شبکه عصبی است. در این روش پیکسـلهای

نویزی با استفاده از شبکههای عصبی مشخص می شوند. ساختار پیچیده این روش ها باعث طولانی شدن مدتزمان اجرای برنامه می شود [۳۱].

روشهای مبتنی بر محاسبات نرم همچون فیلترهای مبتنی بر منطق فازی از نتایج مطلوبی برخوردار میباشند؛ اما این روشها از پیچیدگی بالایی برخوردار بوده و هزینه محاسباتی بالا، صرف زمان طولانی، حصول هدف و تنظیم پارامترهای موردنظر مشکلساز است. در این روشها نیاز به تعیین پارامترها توسط افراد خبره است [۸].

روشهای ذکرشده رویکرد تک حوزهای (حوزه مکان یا حوزه فرکانس) دارند و هنگامی که تصویر دارای نویز با چگالی بالا باشد، قادر به تشخیص دقیق پیکسلهای بدون نویز از پیکسلهای نویزی نیستند [۱۴]. تحقیقات انجامشده نشاندهنده امکان بهبود روشهای موجود است. هدف این تحقیق، استفاده از روش ترکیبی مکانی- فرکانسی، برای بهبود روشهای موجود در حذف نویز ضربه، همراه با حفظ اطلاعات مهم تصویر از قبیل لبهها و بافت تصویر است.

رهیافت پیشنهادی از دو مرحله تشخیص و حذف نویز ضربه در حوزه مکان و بهبود کیفیت تصویر نویزی در حوزه فرکانس تشکیل یافته است. نوآوری در حوزه مکان، استفاده از ترکیب فیلتر میانه و میانگین بهصورت تطبیقی برای حذف نویز ضربه است. رهیافت پیشنهادی در حوزه فرکانس، استفاده از فیلتر بالاگذر گاوسی و الگوهای تشخیص لبه برای بازیابی بافت و لبههای تصویر و حذف نویزهای ضربه باقیمانده میباشد. در این مطالعه معیاری برای تشخیص میزان تخریب مقدار هر پیکسل توسط نویز ضربه و تشخیص میزان بازگشت پذیری مقدار پیکسل نویزی در مقیاس پیکسل و مقیاس کل تصویر ارائه شده است.

کیفیت تصاویر بازیابی شده با معیار MSSIM که معیاری کاراتر و دقیق تر از معیار PSNR است، سنجیده شده است [۱۵]. نتایج شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی با نتایج حاصل از کارهای مشابه اخیر، مقایسه شده و برتری کمی و کیفی روش پیشنهادی نسبت به آنها، نشان دهنده کارایی الگوریتم پیشنهادی است.

در ادامه رهیافت پیشنهادی در بخش دوم معرفی می گردد. نتـایج شبیهسازی در بخش سوم ارائه می شود. بخش چهارم شامل جمعبندی و نتیجه گیری است.

# ۲- الگوریتم پیشنهادی

در این مقاله، برای آشکارسازی و حذف نویز ضربه همراه با حفظ لبهها و بافت تصویر، در مرحله اول، میزان تخریب هر یک از پیکسلها تشخیص داده میشود. تصویر نویزی با توجه به چگالی نویز ضربه و میزان تخریب مقدار هر پیکسل، اصلاح میشود. در مرحله دوم، لبهها و بافت تصویر در حوزه فرکانس شناساییشده و بازیابی میشوند.

# ۲-۱- تشخیص و حذف نویز ضربه در حوزه مکان

در مرحله اول، ابتدا کل تصویر نویزی پیمایش و مورد پردازش قرار می گیرد. آرایه دوبعدی Q را برای ذخیرهسازی مقادیر اصلاح شده تصویر نویزی در نظر بگیرید. اگر پیکسل جاری مقداری به غیراز بیش ترین شدت (مقدار ۲۵۵) و کمترین شدت (مقدار صفر) را دارا باشد، این پیکسل مقدار واقعی تصویر شناخته شده و مقدار آن بدون تغییر، حفظ شده و در Q ذخیره می شود. در غیر این صورت، اگر پیکسل جاری دارای مقدار صفر یا ۲۵۵ باشد، آنگاه این پیکسل، نویزی در نظر گرفته می شود. به دلیل این که پیکسلهای خود تصویر هم می توانند این مقدار حدی صفر و ۲۵۵ را داشته باشند، الگوریتم پیشنهادی، در حوزه فرکانس به بازیابی مقادیر پیکسلهای غیر نویزی بازیابی می شوند.

در ادامه یک پنجـره دوبعـدی ۳×۳ بـا مرکزیت پیکسـل جـاری، تشکیل میشود. اگر همه مقادیر پنجره صفر یا ۲۵۵ باشد، اندازه پنجره بزرگتر میشود و به ۵×۵ تغییر میکند. افزایش اندازه پنجره تـا زمـان یافتن مقداری غیر از صفر و ۲۵۵ در پنجره ادامه مییابد. اگر در پنجره مقادیری غیر از صفر یا ۲۵۵ پیدا شد، بـا فـرض اینکـه انـدازه پنجـره w×w باشد و Count تعداد مقادیر واقعی (غیر نویزی) موجود در پنجره را نشان دهد، مرحلـه اول اصـلاح مقـدار پیکسـل نـویزی در شـکل ۱ نمایش دادهشده است:

- Create 2D w×w window with center element as P<sub>ij</sub> as a processing pixel;
- 2. Ignore the pixels (in the selected window) with maximum and minimum gray level values;
- If Count ≥ [<sup>w<sup>2</sup></sup>/<sub>2</sub>] then Q<sub>ij</sub> = Median of real values in the selected window; Else Q<sub>ij</sub> = Mean of real values in the selected window; End if

شکل ۱: مرحله اول رهیافت پیشنهادی

با افزایش چگالی نویز، آهنگ تغییرات در اندازه پنجره تشکیل شده برای پیکسل های نویزی رو به افزایش است. نمودار مربوط به اندازه پنجره های تشکیل شده برای تصویر Lena با چگالی نویز از ۵٪ تا ۹۵٪ در شکل ۲ نمایش داده شده است که نشان می دهد برای چگالی نویز بیش از ۵۰٪ اندازه پنجره به صورت نمایی افزایش می یابد. با آزمایش بر روی تصاویر استاندارد مختلف مشخص می شود که با افزایش اندازه پنجره، میانگین بهتر از میانه عمل می کند بنابراین که برای چگالی نویز بیش از ۵۰٪ از میانگین استفاده می شود.

برای تشخیص میزان تخریب مقدار یک پیکسل نویزی رابطـه ۱ را معرفی میشود:

(1) = 
$$1 - \frac{\text{Count}}{w^2}$$

اساس انتخاب این رابطه، به دست آوردن نسبت تعداد پیکسلهای نویزی احتمالی به پیکسلهای با مقدار واقعی است. بـا فـرض این کـه

تصویر در اندازه M × N است، برای محاسبه میزان تخریب کل تصویر نویزی، رابطه ۲ معرفی می شود:

میزان تخریب تصویر = 
$$\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} \left( 1 - \frac{\text{Count}_{i,j}}{w_{i,j}^2} \right)$$
 (۲)

شکل ۳ نمودار میزان تخریب تصویر با چگالی نویز ضربه تا ۹۵٪ بـرای تصویر Lena را نشان میدهد.









#### ۲-۲- بهبود کیفیت تصویر نویزی در حوزه فرکانس

در مرحله دوم، تصویر Q در حوزه فرکانس موردبررسی قرار می گیرد. پردازش در حوزه فرکانس شامل اصلاح تبدیل فوریه تصویر و سپس محاسبه تبدیل معکوس برای به دست آوردن نتیجه است. برای تصویر دیجیتال ورودی f(x,y) بهاندازه  $N \times N$ ، پارامترهای Z و T ابعاد جدید تصویر که با معرفی آنها محاسبه تبدیل فوریه با فرکانس DC منطبق بر مرکز صفحه ممکن می شود. از معادلههای T و F به دست می آید. معمولاً M = Z و T = 2N انتخاب می شود [۱۴]:

- $S \ge 2M 1 \tag{(7)}$
- $T \ge 2N 1 \tag{(f)}$

با جداسازی لبه ها از نویزهای ضربه و اعمال مقادیر لبه های شناسایی شده به تصویر، می توان کیفیت تصویر نویزی را ارتقا داد. برای تشخیص اعتبار لبه های حاصل از اعمال فیلتر بالا گذر گاوسی، الگوریتم های مختلفی مانند Canny، Sobel ، Prewitt، Canny، Roberts [11] مورد مقایسه قرار گرفته است. با به کار گیری الگوریتم تشخیص لبه نمایش داده شده در شکل ۴، نتایج بهتری نسبت به سایر الگوریتم های تشخیص لبه به دست می آید. شکل ۵ و ۶ نشان دهنده الگوهای تشخیص لبه استفاده شده در شکل ۴ است.

Algorithm: Edge Detection
Input: P is the noisy image
Output: Edge Maps
Method:
(1) Select a 2D $3\times3$ window centered at $P_{ij}$ , element
of this window are More neighbors of the P <sub>ij</sub> ;
(2) W= Element of selected window;
// W <sub>i</sub> is i <sup>th</sup> element in the selected window
// i=1,2, 9
(3) If $(W_1 > W_2$ and $W_4 > W_5$ and $W_7 > W_8$ ) or
$(W_3>W_2 \text{ and } W_6>W_5 \text{ and } W_9>W_8) \text{ or }$
$(W_1 > W_4 \text{ and } W_2 > W_5 \text{ and } W_3 > W_6) \text{ or }$
$(W_7 > W_4 \text{ and } W_8 > W_5 \text{ and } W_9 > W_6) \text{ or}$
$(W_6 > W_3 \text{ and } W_9 > W_5 \text{ and } W_8 > W_7) \text{ or }$
$(W_8 > W_9 \text{ and } W_7 > W_5 \text{ and } W_4 > W_1) \text{ or }$
$(W_6 > W_9 \text{ and } W_3 > W_5 \text{ and } W_2 > W_1)$ or
$(W_4>W_7 \text{ and } W_1>W_5 \text{ and } W_2>W_3)$ Then
(4) $W_5$ is Edge
Else
(5) $W_5$ is not Edge

شكل ۴: الگوريتم تشخيص لبه

W1	W2	W3
W4	W5	W6
W7	W8	W9

شکل ۵: پنجره ۳×۳ تصویر

لبههای واقعی تصویر نویزی با اعمال فیلتر بالاگذر گاوسی و بهکارگیری الگوی تشخیص لبه نمایش دادهشده در شکل ۴، شناسایی میگردد و مقادیر HP اصلاح میشود. درنهایت برای ارتقای کیفیت تصویر نویزی، لبههای واقعی تصویر نویزی حاصل از اعمال فیلتر بالاگذر گاوسی (HP) با نتیجه حاصل از فیلتر پایین گذر گاوسی (LP) ترکیب میشود. شکل ۷ ساختار رهیافت پیشنهادی و نحوه ترکیب خروجی حاصل از HP و LP را نشان میدهد.

## ۳- نتایج شبیهسازی

نتیجه حاصل از اجرای مرحله اول و دوم رهیافت پیشنهادی برای تصویر استاندارد Baboon، با چگالی نویز ضربه ۸۵٪ در شکل ۱۰ نمایش دادهشده است. برای ارزیابی کارایی الگوریتمهای حذف نویز ضربه از تصاویر نویزی، از معیار PSNR، طبق روابط ۱۰ و ۱۱ استفاده میکنیم:

$$PSNR = 10\log_{10}\left(\frac{255^2}{MSE}\right) \tag{(1)}$$

با افزودن تعداد صفرهای ضروری به تابع (f(x, y) تصویر  $(-1)^{x+y}$  در  $f_s(x, y)$  در  $(-1)^{x+y}$  در  $f_s(x, y)$  در  $(-1)^{x+y}$  در  $f_s(x, y)$  در  $(-1)^{x+y}$  در (x, y) در (x, y) فرب میشود تا در حوزه فرکانس، مبدأ (نقطـه بـا فرکـانس (0,0)) در مرکز قرار با گیـرد. T/2 و 2/2 شيفت پيدا کرده و فرکانس (0,0) در مرکز قرار  $\mathbb{P}_{x-1}(x, y)$  محاسبه میشود که در آن  $f_1$  و  $f_2$  فرکانسهای متناظر بـا گیـرد.  $F(f_1, f_2)$  محاسبه میشود که در آن  $f_1$  و  $f_2$  فرکانسهای متناظر بـا ابعاد عمودی و افقی تصویر هستند. یک تابع فیلتر متقارن حقیقـی بـه ابعاد عمودی و افقی تصویر هستند. یک تابع فیلتر متقارن حقیقـی بـه  $H(f_1, f_2)$  محاسبه می شود. تصـویر نتخابشـده و پر دازش شده با رابطه ۵ به دست میآید:  $g_s(x, y) = \left\{ \text{Re} \left[ \mathcal{J}^{-1} \left[ G(f_1, f_2) \right] \right] \left( -1 \right)^{x+y}$  (Δ) نتیجه پردازش شده نهایی یعنی g(x, y) = g(x, y) را از طریق اسـتخراج ناحیـه

نیبه پری رسانی به ی یعنی 
$$(x, y)$$
 و را ر طریق است را با کی  $S_s(x, y)$  و از یک چهارم بالایی چپ  $g_s(x, y)$  به دست می آید.  
فیلتر پایین گذر گاوسی دوبعدی با رابطه ۶ مشخص می شود:  
 $H(f_1, f_2) = e^{-D^2(f_1, f_2)/2\sigma^2}$  (۶)  
همچنین  $\sigma$  معیار توزیع حول مرکز است. با تعیین  $\sigma$  معیار توزیع حول مرکز است.

فیلتر را بهصورت رابطه ۲ بیان کرد:
$$H(f_1, f_2) = e^{-D^2(f_1, f_2)/2D_0^2} \tag{Y}$$

که D<sub>0</sub> فرکانس قطع است. ارائه روشی برای محاسبه مقدار بهینه برای فرکانس قطع از نوآوریهای این مقاله است. برای محاسبه مقدار D<sub>0</sub> بهینه بر اساس میزان تخریب تصویر بهصورت تطبیقی رابطه ۸ معرفی میشود:

$$D_0 = (1 - (\Lambda)) \times (M \times N) / 2$$
 (۸)

اعمال فیلتر پایین گذر گاوسی در حوزه فرکانس باعث حذف نویزهای ضربه و نرم شدن تصویر میشود، ولی اشکال عمده این فیلتر حذف برخی از لبهها و بافت تصویر است. در ادامه روشی ارائه میشود که بعد از حذف نویز ضربه از تصویر، لبهها و بافت تصویر حفظ میشود.

در مرحله اول الگوریتم پیشنهادی در حوزه مکان، پیکسل دارای مقدار صفر یا ۲۵۵، نویزی در نظر گرفته شد. به دلیل این که پیکسلهای خود تصویر هم میتوانند این مقدار حدی صفر و ۲۵۵ را داشته باشند. برای بازیابی مقادیر پیکسلهای تصویر نویزی و حذف نویزهای ضربه باقیمانده، تصویر اصلاح شده Q از فیلتر پایین گذر گاوسی در حوزه فرکانس عبور داده شده و نتیجه در آرایه هماندازه با تصویر Q به نام LP ذخیره می شود. برای تشخیص لبه های تصویر Q و آشکار شدن نویزهای ضربه باقیمانده، تصویر Q از فیلتر بالا گذر آمیکار شدن نویزهای ضربه باقیمانده، تصویر Q از فیلتر بالا گذر قرانس در حوزه فرکانس عبور داده شده و نتیجه در آرایه دیگری فرکانس قطع موجود در فاصله D از مرکز چهارگوش فرکانس، به صورت رابطه ۹ به دست میآید:  $H(f_1, f_2) = 1 - e^{-D^2(f_1.f_2)/2D_0^2}$ 

که  $Dig(f_1,f_2ig)$  با معادله (۷) و (۸) مشخص می شود.

$MSF = \frac{\sum_{i=1}^{N} \sum_{i=1}^{N} \sum_{i=1}^$	$\sum_{j=1}^{M} \left( \ell \right)$	O(i,j)	)-Q(i)	$(,j))^2$					(1)
	Ν	$M \times N$	T						
	W1	W2	W3			W1	W2	W3	
	W4	W5	W6			W4	W5	W6	
	W7	W8	W9			W7	W8	W9	
W9	۷و W8<	V6>W5	W3>۷ و 5	W2	W7>	و W8~	W4>W5	<w1 th="" ة<="" و=""><th>W2</th></w1>	W2
		(ب)					(الف)		
	W1	W2	W3		Γ	W1	W2	W3	
	W4	W5	W6		Γ	W4	W5	W6	
	W7	W8	W9			W7	W8	W9	
W9	۷ و W6>	W8>W5	W7>V	W4	W3>	و W6.	W2>W5	<w1 th="" ة<="" و=""><th>W4</th></w1>	W4
		(د)					(ج)		
	W1	(১) W2	W3		Г	W1	(ج) <sub>W2</sub>	W3	
	W1 W4	(ئ) 2 W2 W5	W3 W6			W1 W4	(ج) W2 W5	W3 W6	
	W1 W4 W7	(3) W2 W5 W8	W3 W6 W9		-	W1 W4 W7	(ج) W2 W5 W8	W3 W6 W9	
W4	W1 W4 W7 W1 و W1	(3) W2 W5 W8 W7>W5	W3 W6 W9 و W8>V	W9	W8>	W1 W4 W7 و W7	( <b>そ</b> ) W2 W5 W8 W9>W5	W3 W6 W9و 5	•W3
W4	W1 W4 W7 W1 • W	(3) W2 W5 W8 W7>W5 (9)	W3 W6 W9 5 w8>V	W9	W8>	W1 W4 W7	(ج) W2 W5 W8 W9>W5 (0)	W3 W6 W9 و W6>	·W3
W4	W1 W4 W7 >W1 W1	(3) W2 W5 W8 W7>W5 (9) W2	W3 W6 W9 5 9 W8>V	W9	w8>	W1 W4 W7 W7 9 W7 9 W1	(æ) W2 W5 W8 W9>W5 (o) W2	W3 W6 W9 5 W6> W6>	-W3
W4	W1       W4       W7       >W1 gW1       W1       W4	(3) W2 W5 W8 W7>W5 (9) W2 W5	W3 W6 W9 5 9 W8>V W3 W6	W9	- 	W1 W4 W7 W7 9 W7 9	(æ) W2 W5 W8 W9>W5 (•) W2 W5	W3 W6 W9 5 9 W6> W3 W6	•W3
W4:	W1 W4 W7 >>W1 9 W1 W4 W7	(3) W2 W5 W8 W7>W5 (9) W2 W5 W8	W3 W6 W9 5 9W8>V W3 W6 W9	W9	- 	W1 W4 W7 W7 9 W7 9 W1 W4 W7	(æ) W2 W5 W8 W9>W5 (o) W2 W5 W8	W3 W6 W9 W6> W3 W6 W9	-W3
W4 W2	W1 W4 W7 >W1 9 W1 W4 W7 >W3 9	(3) W2 W5 W8 W7>W5 (9) W2 W5 W8 W1>W5	W3       W6       W9       5 9 W8>V       W3       W6       W9       5 9 W4>V	W9 W7	W8>	W1 W4 W7 W7 9 W1 W1 W4 W7 W1 9	(æ) W2 W5 W8 W9>W5 (o) W2 W5 W8 W3>W5	W3 W6 9 5 9 W6> W3 W6 W9 5 9 W6>	-W3 -W9

شکل ۶: الگوهای تشخیص لبه

همچنین کیفیت تصاویر بازیابی شده با معیار MSSIM که معیاری بسیار کاراتر و دقیقتر از معیار PSNR است [۱۵]، طبق روابط ۱۲ و ۱۳ مورد سنجش قرار میگیرد.

$$MSSIM(P,Q) = \frac{\sum_{k=1}^{B} SSIM(p_k, q_k)}{B}, \qquad (17)$$

$$SSIM(p_k, q_k) = \frac{(2\mu_{p_k}\mu_{q_k} + C_1)(2\sigma_{p_kq_k} + C_2)}{(\mu_{p_k}^2 + \mu_{q_k}^2 + C_1)(\sigma_{p_k}^2 + \sigma_{q_k}^2 + C_2)},$$
 (17)

درجایی که D محدوده تغییرات روشنایی مقادیر پیکسلهای تصویر است (برای تصاویر ۸ بیتی، ۲۵۵ است).  $P \in Q$  به ترتیب تصاویر اصلی و و بازیابی شده (مورد ارزیابی) است.  $q_k = q_k$  محتوای تصاویر اصلی و بازیابی شده در k امین پنجره مورد ارزیابی با معیار SSIM میباشند [۱۵]. B تعداد کل پنجرههای مورد ارزیابی است.  $q_k = q_k$  به ترتیب میانگینهای مقادیر در  $p_k = q_k$  هستند.  $g_{p_k q_k} = 2$ واریانس بین مقادیر میانگینهای مقادیر در  $p_k = q_k$  هستند.  $g_{p_k q_k} = 2$ اریانس بین مقادیر  $p_k = q_k = 0.01$  میباشند.  $(10)^2 = 2$ 

در شکل ۸ و ۹ مقایسه نتایج عملکرد مرحله اول (حوزه مکان) و مرحله دوم (حوزه فرکانس) رهیافت پیشنهادی با معیار PSNR، بـرای تصاویر استاندارد Lena در سطوح خاکسـتری در انـدازه ۵۱۲×۵۱۲ با چگالی نویز ضربه از ۵۰٪ تا ۹۷٪ نشان دادهشده است. نتیجـه مقایسـه

# نشاندهنده بهبود کیفیت تصویر نویزی در مرحله دوم نسبت به مرحله اول است.

رهیافت پیشنهادی با روش های مختلف تشخیص و حذف نویز ضربهای از قبیل: BDND [1] GLAM [۲] OCS [۳] NAGM [۹] NAFSM [۷] CNDSM [9] SAWM LUM<sup>1</sup> (1۷] TSM<sup>1</sup> (18] CWM<sup>1</sup> (10] MDBUTMF (10] AWFM<sup>1</sup> (17] TSM<sup>1</sup> (18] (18] (19] ATMAV<sup>1</sup> (18] (18] AWFM<sup>1</sup> (18] [16] (17] FSB<sup>1</sup> (18] ATMAV<sup>1</sup> (18] (18] [16] (18] FFG<sup>1</sup> (18] [16] (18] FFG<sup>1</sup> (18] (18] (18] PWLFIRE<sup>1</sup> (18] (18] DSFIRE (18] FMF<sup>1</sup> (18] FIRE<sup>19</sup> (18] FIDRM<sup>19</sup>

جدول ۱ نشاندهنده مقایسه نتایج عملکرد رهیافت پیشنهادی و روشهای ذکرشده با معیار MSSIM، برای تصاویر استاندارد Goldhill، Barbara ،Boat، Barbara در سطوح خاکستری در اندازه ۵۱۲×۵۱۲ با شدت Bridge ،Barbara در سطوح خاکستری در اندازه ۵۱۲×۵۱۲ با مقادیر جدول ۱ نشاندهنده کارایی بهتر و برتری رهیافت پیشنهادی نسبت به سایر روشها است.

نمودار عملکرد رهیافت پیشنهادی در قیاس با الگوریتمهای ذکرشده با آزمایش بر روی تصاویر استاندارد Lena و Baboon با چگالی نویز ضربهای از ۱۰٪ تا ۸۰٪ در شکل ۱۱ و ۱۲ نشاندهنده برتری رهیافت پیشنهادی نسبت به روشهای ذکرشده است.

در جدول ۲ مقایسه نتایج عملکرد رهیافت پیشنهادی و روشهای ذکرشده با معیار PSNR، برای تصاویر استاندارد Lena در سطوح خاکستری در اندازه ۵۱۲×۵۱۲ با شدت [۲۵۵،] با چگالی نویز ضربهای ۴۰٪ و ۸۰٪ نشان دادهشده است. ارزیابی مقادیر جدول ۲ نشاندهنده کارایی بهتر و برتری رهیافت پیشنهادی نسبت به سایر روشها را نشان میدهد. نمودار مقادیر جدول ۲ در شکل ۱۴ نمایش دادهشده است.

برای ارزیابی کارایی رهیافت پیشنهادی در حذف نویز ضربهای، تصویر را با نویز گوسی و ضربهای تخریب کرده و رهیافت پیشنهادی را با سایر روشها مقایسه می کنیم. جدول ۳ نشان دهنده مقایسه نتایج عملکرد رهیافت پیشنهادی و روشهای ذکرشده با معیار PSNR، برای تصاویر استاندارد Lena در سطوح خاکستری در اندازه ۵۱۲×۵۱۲ با شدت [۰،۲۵۵] با نویز گاوسی (σ=5) و نویز ضربهای با چگالی ۲۰٪ و ۳۰٪ است.

نتایج دیداری عملکرد رهیافت پیشنهادی با آزمایش بر روی تصویر استاندارد Peppers با چگالی نویز ضربهای ۸۰٪ در شکل ۱۳ نمایش دادهشده است. در شکل ۱۵ با بزرگنمایی تصویر Lena برای مقایسه دقیق تر رهیافت پیشنهادی با الگوریتمهای ذکرشده، عملکرد بهتر و برتری الگوریتم پیشنهادی نسبت به سایر روشها ملاحظه می شود.



شکل ۷: روندنمای رهیافت پیشنهادی





شکل ۹: نمودار مقایسه PSNR برای تصویر بازیابی شده Lena در حوزه مکان و فرکانس توسط الگوریتم پیشنهادی با چگالی نویز ضربه از ۹۰٪ تا ۹۷٪

شکل ۸: نمودار مقایسه PSNR برای تصویر بازیابی شده Lena در حوزه مکان و فرکانس توسط الگوریتم پیشنهادی با چگالی نویز ضربه از ۵۰٪ تا ۸۵٪

Filters	Goldhill		Boat	Barbara			Bridge	
	40%	80%	40%	80%	40%	80%	40%	80%
GLAM [1]	0.9210	0.7294	0.9346	0.7756	0.9005	0.6937	0.8782	0.6056
BDND filter [2]	0.9211	0.6977	0.9363	0.7457	0.9021	0.7052	0.8628	0.5565
OCS filter [3]	0.8013	0.6959	0.8425	0.7399	0.7299	0.6558	0.6649	0.5381
FSM filter [4]	0.8838	0.6837	0.9032	0.7373	0.8612	0.6322	0.8217	0.5583
EEP filter [5]	0.9243	0.7194	0.9376	0.7655	0.9019	0.7009	0.8792	0.5959
SAWM filter [6]	0.9331	0.7738	0.9443	0.8125	0.9151	0.7361	0.8912	0.6608
CNDSM filter [7]	0.9093	0.7291	0.9227	0.7738	0.8875	0.6916	0.8595	0.6069
NAFSM filter [8]	0.9259	0.7634	0.9387	0.8045	0.9065	0.7249	0.8866	0.6548
NAGM filter [9]	0.9395	0.7816	0.9491	0.8174	0.9214	0.7320	0.8985	0.6553
DNLM filter [10]	0.9413	0.7993	0.9532	0.8338	0.9321	0.7532	0.9042	0.6871
MDBUTMF [11]	0.9689	0.7446	0.9673	0.7404	0.9330	0.7510	0.9568	0.6586
الگوریتم پیشنهادی در این مقاله	0.9771	0.8902	0.9758	0.8886	0.9405	0.8160	0.9684	0.8453





شکل ۱۰: الف. تصویر اصلی Baboon ب. تصویر Baboon با چگالی نویز ضربه ۸۵٪ ج. تصویر حاصل از اجرای مرحله اول رهیافت پیشنهادی د. نتيجه اعمال فيلتر پايين گذر گاوسي به تصوير حاصل از اجراي مرحله اول الگوريتم پيشنهادي و. نتيجه اعمال فيلتر بالاگذر گوسي به تصوير حاصل از اجرای مرحله اول الگوریتم پیشنهادی ی. تصویر نهایی حاصل از اجرای مرحله دوم رهیافت پیشنهادی



الگوریتمهای ذکرشده با چگالی نویز ضربه مختلف

18.4

15.1

22.4

23.9

20.2

14.9 25.6

26.9 14.7

17.5 17.6

17.6

25.1

24.9

26.3

25.3

23.5

24.7

28.4

29.5

22.3

24

24.9

24.1

31.9

29.7

27.3

25.9

24.1

29.4

29.1

30.3

29.1

28.9

29.4

29.2



الف. تصوير اصلي Peppers



ب. تصویر با چگالی نویز ضربه ۸۰٪



ج. تصویر بازیابی شده شکل ۱۳: نتایج دیداری رهیافت پیشنهادی

عدول ۲: مقادیر PSNR برای تصاویر بازیابیشده توسط الگوریتمهای مختلف برای تصویر Lena با چگالی نویز ضربه ۵٪، ۲۵٪ و ۵۰٪					
	PSNR (dB)		1		
50%	25%	5%	فيلبرها		
8.6	11.6	18.6	تصوير اوليه نويزي		
15.2	25	32.4	CWM (3x3) [16]		
24.3	26.8	29.5	CWM (7x7) [16]		
24.8	25.6	35.4	TSM (3x3) [17]		
15.5	28.3	31.9	TSM (7x7) [17]		

LUM [18]

MED (3x3)

MED (5x5)

MED (7x7)

HAF [21]

AWFM [22]

SFCF [23]

EIFCF [24]

MIFCF [24]

IFCF [24]

ATMAV [19] FSB [20]



شکل ۱۴: نمودار مقایسه PSNR برای تصویر بازیابی شده Lena توسط الگوریتمهای ذکرشده با چگالی نویز ضربه مختلف



شکل ۱۵: مقایسه تصاویر بازیابی شده توسط الگوریت<sub>م</sub>های مختلف برای تصویر Lena با چگالی نویز ضربه ۸۰٪ الف. تصویر اصلی ب. تصویر نویزی پ. [۱]GLAM ت. [۲]BDND ج. [۳] SAWM د. [۵] د. [۵]EEP ر. [۶]SAWM س. [۷]MDSM ش. [۸] ش. [۸]NAFSM ص. [۹]NAGM ط. رهیافت پیشنهادی

## ۴- نتیجهگیری

در این مقاله یک روش ابتکاری و کارآمد برای آشکارسازی و حذف نویز ضربه همراه با حفظ اطلاعات مهم تصویر از قبیل لبهها و بافت تصویر ارائهشده است. نتایج بهدستآمده از آزمایشها بر روی تصاویر نویزی، با معیارهای کیفی و کمی (MSSIM و PSNR) ارزیابی شدهاند. نتایج

ارزیابی نشاندهنده عملکرد بهتر و برتری رهیافت پیشنهادی در قیاس با آخرین روشهای ارائهشده برای آشکارسازی و حذف نویز ضربه، تشخیص و بازیابی بافت و لبههای تصویر و ارتقای کیفیت تصویر نویزی است. PSNR تصویر بهبودیافته بهطور متوسط TdB افزایش مییابد. از معایب روش ارائهشده زمان اجرای بیشتر نسبت به روشهای موجود است.

- [6] X.M. Zhang, Y.L. Xiong, "Impulse noise removal using directional weighted noise detector and adaptive weighted mean filter", *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 16, no. 4, pp. 295-298, 2009.
- [7] S.S. Wang, C.H. Wu, "A new impulse detection and filtering method for removal of wide range impulse noises", *Pattern Recognition*, vol. 42, no. 9, pp. 2194-2202, 2009.
- [8] K.K.V. Toh, N.A.M. Isa, "Noise adaptive fuzzy switching median filter for salt-and-pepper noise reduction", *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 17, no. 3, pp. 281-284, 2010.
- [9] G. Yu, L. Qi, Y. Sun, Y. Zhou, "Impulse noise removal by a non- monotone adaptive gradient method", *Signal Processing*, vol. 90, no. 10, pp. 2891-2897, 2010.
- [10] X. Zhang, Y. Zhan, M. Ding, W. Hou, Z. Yin, "Decision-based non-local means filter for removing impulse noise from digital images", *Signal Processing*, vol. 93, pp. 517-524, 2013.
- [11] S. Esakkirajan, T. Veerakumar, A. N. Subramanyam, C. H. PremChand, "Removal of High Density Salt and Pepper Noise Through Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Median Filter," *IEEE Signal Process Letters.*, vol. 18, no. 5, pp. 287-290, 2011.
- [12] G.Yu, S. Niu and J. Ma, "A hybrid spectral gradient method for removing salt-and-pepper impulse noise," *Image and Signal Processing (CISP)*, vol. 2, pp. 765-768, 2011.
- [13] P. Shanmugavadivu and P. S. Eliahim Jeevaraj, "Fixed-Value Impulse Noise Suppression for Images using PDE based Adaptive Two-Stage Median Filter," *ICCCET*, pp. 290 - 295, 2011.
- [14] R. C. Gonzalez and R. E. Wood, *Digital Image Processing*. Prentice Hall, 2002.
- [15] Z. Wang, A.C. Bovik, H.R. Sheik, E.P. Simoncelli, "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 4, pp. 1-14, 2004.
- [16] S. J. Ko and Y. H. Lee, "Center weighted median filters and their applications to image enhancement," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 38, no. 9, pp. 984-993, Sep. 1991.
- [17] T. Chen, K. K. Ma, and L. H. Chen, "Tri-state median filter for image denoising," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 8, no. 12, pp. 1834-1838, Dec. 1999.
- [18] R. C. Hardie and C. G. Boncelet, "LUM filters: A class of rank-order-based filters for smoothing and sharpening," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 41, no. 3, pp. 1834-1838, Mar. 1993.
- [19] H. K. Kwan, "Fuzzy filters for noise reduction in images," in *Fuzzy Filters for Image Processing*, 1<sup>st</sup> ed, M. Nachtegael, D. Van der Weken, D. Van De, and E. E. Kerre, Eds. Heidelberg, Germany: Physica Verlag, vol. 122, pp. 25-53, 2003.
- [20] K. and G. Tolt, "Real-time image noise cancellation based on fuzzy similarity," *in Fuzzy Filters for Image Processing*, 1<sup>st</sup> ed, M. Nachtegael, D. Van der Weken, D. Van De Ville, and E. E. Kerre, Eds. Heidelberg, Germany: Physica Verlag, vol. 122, pp. 54-71, 2003.
- [21] J. H.Wang and H. C. Chiu, "An adaptive fuzzy filter for restoring highly corrupted images by histogram estimation," *Proc. Nat. Sci. Council*, A, vol. 23, pp. 630-643, 1999.
- [22] C. S. Lee, Y. H. Kuo, and P. T. Yu, "Weighted fuzzy mean filters for image processing," *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 89, pp. 157-180, 1997.

جدول ۳: مقادیر PSNR برای تصاویر بازیابی شده توسط الگوریتم های مختلف برای تصویر Lena با نویز گاوسی (σ=۵) و چگالی نویز ضربه ۲۰۰ ( و ۳۰٪

PSNF	R (dB)	فاتحا		
30%	20%	فينترها		
11.4	9.12	تصوير اوليه نويزى بدون اعمال فيلتر		
23.4	27.1	CWM (3x3) [16]		
25.6	29.6	CWM (7x7) [16]		
24.1	28.2	TSM (3x3) [17]		
23.8	27.3	TSM (7x7) [17]		
23.8	26.9	LUM [18]		
23.9	26.9	MED (3x3)		
25.9	26.8	MED (5x5)		
25.0	25.4	MED (7x7)		
26.3	26.9	ATMAV [19]		
23.7	26.9	FSB [20]		
27.5	28.4	HAF [21]		
28.3	29.7	AWFM [22]		
21.7	24.9	SFCF [23]		
24.0	26.6	EIFCF [24]		
22.8	25.7	MIFCF [24]		
24.2	26.6	IFCF [24]		
20.4	24.0	FIRE [25]		
23.9	27.7	FMF [26]		
21.9	23.1	DSFIRE [27]		
19.5	23.6	PWLFIRE [28]		
31.0	32.8	FIDRM [29]		
33.6	34.1	Proposed		

#### مراجع

- S.Q. Yuan, Y.H. Tan, "Impulse noise removal by a global–local noise detector and adaptive median filter", *Signal Processing*, vol. 86, no.8, pp. 2123-2128, 2006.
- [2] P.-E. Ng, K.-K. Ma, "A switching median filter with boundary discriminative noise detection for extremely corrupted image", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 15, no. 6, pp. 1506-1516, 2006.
- [3] Z.F. Deng, Z.P. Yin, Y.L. Xiong, "High probability impulse noise- removing algorithm based on mathematical morphology", *IEEE Signal Processing* Letters, vol. 14, no. 1, pp. 31-34, 2007.
- [4] K.S. Srinivasan, D. Ebenezer, "A new fast and efficient decision-based algorithm for removal of high-density impulse noises", *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 14, no. 3, pp. 189-192, 2007.
- [5] P.Y. Chen, C.Y. Lien, "An efficient edge-preserving algorithm for removal of salt-and-pepper noise", *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 15, pp. 833-836, 2008.

- <sup>23</sup> extended iterative fuzzy control based filter
- <sup>24</sup> modified iterative fuzzy control based filter
- <sup>25</sup> iterative fuzzy control based filter
- <sup>26</sup> fuzzy inference rule by else-action filters
- <sup>27</sup> fuzzy median filter
- <sup>28</sup> dual step fuzzy inference rule by else-action filters
- <sup>29</sup> fuzzy impulse noise detection and reduction method

- [23] F. Farbiz, M. B. Menhaj, and S. A. Motamedi, "Edge preserving image filtering based on fuzzy logic," *in Proc.* 6<sup>th</sup> EUFIT Conf., pp. 1417-1421, 1998.
- [24] F. Farbiz and M. B. Menhaj, "A fuzzy logic control based approach for image filtering," in *Fuzzy Techniques* in *Image Processing*, 1<sup>st</sup> ed, E. E. Kerre and M. Nachtegael, Heidelberg, Germany: Physica Verlag, vol. 52, pp. 194-221, 2000.
- [25] F. Russo and G. Ramponi, "A fuzzy filter for images corrupted by impulse noise," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 3, no. 6, pp. 168-170, 1996.
- [26] K. Arakawa, "Median filter based on fuzzy rules and its application to image restoration," *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 77, pp. 3-13, 1996.
- [27] F. Russo, "Removal of impulse noise using a FIRE filter," in Proc. 3<sup>rd</sup> IEEE Int. Conf. Image Processing, pp. 975-978, 1996.
- [28] F. Russo, "Fire operators for image processing," Fuzzy Sets Syst., vol. 103, pp. 265-275, Apr. 1999.
- [29] S. Schulte et al, "A Fuzzy Impulse Noise Detection and Reduction Method," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 15, no. 5, 2006.
- [30] S. Sadeghia, "An efficient method for impulse noise reduction from images using fuzzy cellular automata," *Int. J. Electron. Commun.*, vol. 66, pp. 772-779, 2012.
- [31] S. Liang," A Novel Two-Stage Impulse Noise Removal Technique Based on Neural Networks and Fuzzy Decision," *International Journal of Computer Applications*, vol. 16, no. 4, pp. 863-873, 2008.
- [32] U. Sahin, S. Uguz and F. Sahin, "Salt and pepper noise filtering with fuzzy-cellular automata", *Computers and Electrical Engineering*, vol. 40, pp. 59-69, 2014.
- [33] C. Budak, M. Tu"rk, A. Toprak, "Reduction in impulse noise in digital images through a new adaptive artificial neural network model", *Neural Comput & Applic*, vol. 26, pp.835-843, 2015.

زيرنويسها

- <sup>1</sup> Switching-based filters
- <sup>2</sup> Global-local noise detection based adaptive median
- <sup>3</sup> Boundary discriminative noise detection
- <sup>4</sup> Opening closing sequence
- <sup>5</sup> Fast Switching Median
- 6 Efficient Edge Preserving
- 7 Switching Adaptive Weighted Mean
- <sup>8</sup> Convolutional Noise Detection based Switching Median
- <sup>9</sup> Noise Adaptive Fuzzy Switching Median
- 10 Nonmonotone Adaptive Gradient Method
- <sup>11</sup> Decision-based Non-Local Means
- 12 Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Median
- <sup>13</sup> Hybrid Spectral Gradient
- 14 Adaptive Two-Stage Median Filter
- <sup>15</sup> Center Weighted Median
- <sup>16</sup> Tri-State Median Filter
- <sup>17</sup> Lower-Upper-Middle Filter
- <sup>18</sup> asymmetrical triangular fuzzy filter with moving average center
- <sup>19</sup> fuzzy similarity filter
- <sup>20</sup> histogram adaptive fuzzy filter
- <sup>21</sup> adaptive weighted fuzzy mean
- <sup>22</sup> smoothing fuzzy control based filter