

# A method of removing salt pepper noise of images based on the Riesz filter

Ehsan Ehsaeyan

professor assistant, Sirjan University of Technology, Sirjan, Iran  
ehsaeyan@sirjantech.ac.ir

## **Abstract**

Incoming images are always exposed to noise. A clear example of noise is salt pepper noise that enters a gray image due to channel disturbance. This article presents a new method for removing salt pepper noise using Riesz filters. First, the basic concepts are explained and the Riesz average parameter is introduced. Then, in order to reduce the noise effect, an algorithm based on the mean of the Riesz is proposed, which has a high ability to remove salt pepper noise. The proposed algorithm is applied to several gray images of the sample and the results are presented quantitatively and qualitatively. The two criteria of structural similarity and maximum signal-to-noise ratio are considered in this paper, and the results are compared with the four conventional methods recently reported in this field. The simulation results indicate that the proposed algorithm achieves higher indicators in terms of quantity than other proposed algorithms in this field and has a better performance in terms of quality than noise removal.

**Keywords:** Image processing, salt pepper noise, Riesz filter, SSIM, PSNR.

## یک روش حذف نویز فلفل نمکی تصاویر بر پایه فیلتر ریسز

احسان احسانیان

استادیار، گروه مهندسی برق، دانشگاه صنعتی سیرجان، سیرجان  
ehsaeyan@sirjantech.ac.ir

### چکیده

تصاویر دریافتی همواره در معرض نویز قرار دارند. یک نمونه بارز نویز، نویز فلفل نمکی است که بر اثر اغتشاش کانال بر یک تصویر خاکستری وارد می شود. این مقاله یک روش نوین برای حذف نویز فلفل نمکی با استفاده از فیلترهای ریسز ارائه می کند. ابتدا مفاهیم اساسی توضیح داده شده و پارامتر میانگین ریسز معرفی می شود. سپس جهت کاهش اثر نویز، الگوریتمی بر پایه میانگین ریسز پیشنهاد می شود که توانایی بالایی در حذف نویز فلفل نمکی دارد. الگوریتم پیشنهادی بر چند تصویر خاکستری نمونه اعمال و نتایج بصورت کمی و کیفی ارائه می گردد. دو معیار شباهت ساختاری و بیشینه نسبت سیگنال به نویز در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است و نتایج با چهار روش مرسوم که اخیراً در این زمینه گزارش شده اند، مقایسه می شود. نتایج شبیه سازی حاکی از آن است که الگوریتم پیشنهادی از نظر کمی نسبت به سایر الگوریتم های مطرح در این زمینه، شاخص های بالاتری را کسب می کند و از نظر کیفی عملکرد بهتری نسبت به حذف نویز دارد.

### کلمات کلیدی

پردازش تصویر، نویز فلفل و نمکی، فیلتر ریسز، معیار شباهت SSIM، بیشینه سیگنال به نویز PSNR

### ۱- مقدمه

پیکسل های همسایه می سازد و بر تصویر خراب شده اعمال می کند. نتایج در قالب سه شاخص با ۱۶ مرجع مقایسه و برتری روش آنها در این مقاله اثبات شده است.

یکی از روش های تلفیقی در این زمینه استفاده از تبدیل shearlet است که پژوهشی در سال ۲۰۲۱ راجع به آن گزارش شده است [۸]. نویسندگان این مقاله شبکه عصبی جفت شده پالسی را جهت کاهش نویز فلفل نمکی تصاویر ماهواره ای SAR به خدمت گرفته اند. در این مقاله الگوریتم جستجوی گرگ خاکستری، تنظیم پارامترهای شبکه عصبی جفت شده را برعهده دارد. نتایج با دومعیر شباهت و نسبت سیگنال به نویز آورده شده است و برتری روش آنها به اثبات رسیده است؛ ولی مقایسه زمان اجرا ارائه نگردیده است. در ادامه شبکه های عصبی به کمک رفع نویز آمدند و تحقیقی در این زمینه با استفاده از شبکه عصبی کانولوشن گزارش گردید [۹]. روش فازی نیز ابزار دیگری است که در این زمینه استفاده شده است. در این رابطه می توان به مرجع [۱۰] اشاره نمود که هیستوگرام تصویر توسط منطق فازی تخمین زده می شود و با اعمال فیلتر میانه با تکرار اثر نویز فلفل

امروزه با پیشرفت تکنولوژی، تصاویر جایگاه خاصی در میان ارتباطات پیدا کرده اند. مشابه سایر سیگنال های مخابراتی، تصاویر نیز از کاهش کیفیت بعثت نویز کانال در امان نیستند. یکی از انواع نویز تاثیرگذار بر تصاویر، نویز فلفل نمکی است که بایستی پیش از پردازش هایی نظیر قطعه بندی، تشخیص و اندازه گیری از یک تصویر حذف شود. نویز فلفل نمکی بصورت تصادفی برخی از شدت روشنایی پیکسل های تصویر را به مقدار حداقل و حداکثر تغییر می دهد و باعث لکه دار شدن تصویر می شود.

برای کاهش اثر نویز فلفل نمکی از تصاویر، مطالعات زیادی صورت گرفته است [۳-۱]. در این راستا می توان به روش حذف نویز دوطبقه ای [۴] و فیلتر میانه بریده شده [۵] اشاره کرد. یک کار علمی برای بی اثرسازی نویز فلفل نمکی تصاویر خاکستری انجام پذیرفت [۷]. در این مقاله ابتدا درخت تصمیم مشخص می کند که یک پیکسل نویزی است یا خیر؛ سپس با استفاده از فاصله اقلیدوسی، یک هسته فیلتر میانه براساس نویزی نبودن

$$Rm(A_{ij}^k) = \frac{\sum_{(s,t) \in I_{ij}^k} ps(a_{st}, a_{(k+1)(k+1)}) a_{st}}{\sum_{(s,t) \in I_{ij}^k} ps(a_{st}, a_{(k+1)(k+1)})} \quad (4)$$

که در این رابطه  $A_{ij}^k$  ماتریس گسترش یافته  $A$  به میزان  $k$  است. برای اطلاع بیشتر راجع به ماتریس توسعه یافته، رجوع شود به مرجع [۱۴].  $Rm(A_{ij}^k)$  بیانگر میانگین ریسز ماتریس  $A_{ij}^k$  است و  $I_{ij}^k$  بصورت فرمول (۵) بیان می شود:

$$I_{ij}^k = \{(s, t) : a_{st} \text{ is a regular entry of } A_{ij}^k\} \quad (5)$$

میانگین ریسز بهترین تقریب را برای پیکسل خراب شده محاسبه می کند و جانشین آن می شود. براین اساس الگوریتم پیشنهادی مطابق شبهه شکل (۱) تعریف می شود. مراحل کار به این صورت است که الگوریتم پیکسل های نویزی را که ماتریس  $B$  آنها را مشخص می کند، چک می کند. در صورتی که یک پیکسل نویزی باشد، یک ماتریس همسایگی به طول ۱ الی  $t$  که در این الگوریتم ۳ در نظر گرفته شده است، تشکیل می دهد و میانگین ریسز را برای آن پیکسل محاسبه می کند. در صورتی که میانگین همسایگی نویزی نباشد، یعنی بین حداقل و حداکثر شدت روشنایی (بین ۰ و ۲۵۵) قرار داشته باشد، مقدار آن توسط میانگین ریسز آن پیکسل محاسبه خواهد شد. طبعاً اگر همسایگی بیشتری این خصوصیت را داشته باشد ( $t$  های بزرگتر)، آن همسایگی مورد توجه قرار گرفته و جایگزین کننده میانگین ریسز آن پیکسل خواهد بود.  $t$  یک پارامتر تنظیم است و بطور تجربی در این مقاله  $t = 3$  در نظر گرفته شده است.

این مقاله بهبود یافته الگوریتم ارائه شده در مرجع [۱۳] می باشد. در مقاله پیشنهادی، زمانی یک پیکسل با متوسط ریسز آن جانشین می شود که اولاً آن پیکسل نویزی تشخیص داده شود. دوماً در همسایگی توسعه یافته آن پیکسل، حداقل یک پیکسل وجود داشته باشد که نویزی نباشد. ممکن است نقاطی از تصویر وجود داشته باشند که شدت روشنایی ۰ یا ۲۵۵ داشته باشند و نویزی نباشند. در الگوریتم مرجع [۱۳] این نقاط نویزی در نظر گرفته می شوند و با مقدار متوسط ریسز جانشین می شوند که یک نقص محسوب می شود. در الگوریتم پیشنهادی، این عیب به این گونه رفع شده است که اگر

```

Input: image A
Output: denoised  $A_d$ 
for t=1 to t=3
    compute binary matrix B of A
    for all i and j
        if  $b_{ij} = 0$ 
            for k=1 to k=t
                if  $(0 < med(A_{ij}^k) < 255) \& (a_{ij} = 0 \parallel a_{ij} = 255)$ 
                     $a_{ij} = MRm(A_{ij}^k)$ 
                Break
            End
        End
    End
End

```

شکل (۱): شبهه کد الگوریتم پیشنهادی

و نمکی کاهش پیدا می کند. نتایج با شاخص های شباهت FSIM و SSIM مقایسه شده اند. در مرجع [۱۱] از ترکیب شبکه عصبی و منطق فازی در چهار لایه برای کاهش اثر نویز تصاویر کمک گرفته شده است. در این مقاله تابع عضویت مثلثی برای منطق فازی در نظر گرفته شده است. نتایج ارائه شده عددی حاکی از بالا بودن شاخص سیگنال به نویز مقاله پیشنهادی آنها نسبت به سایر روش ها است. ولی تصاویر خروجی در این مقاله نشان داده نشده است. اخیراً در یک پژوهش از ساختار فیلترهای پشت سرهم به منظور رفع نویز فلفل نمکی استفاده شده است [۱۲]. در این مقاله ابتدا چگالی نویز تخمین زده شده و تصویر از یک پیش فیلتر حفظ لبه، عبور می کند. سپس یک سلسله فیلتر میانه بر تصویر اعمال شده و نهایتاً یک فیلتر ملایم کننده تصویر خروجی را نتیجه می دهد.

در این مقاله یک روش سریع جهت کاهش اثر نویز فلفل و نمکی ارائه می شود. ابتدا مفاهیم پایه در خصوص این نویز و فیلتر ریسز آورده شده و الگوریتم پیشنهادی جهت بهبود کارایی فیلتر ریسز بیان می شود. جهت بررسی عملکرد الگوریتم پیشنهادی دو معیار شباهت PSNR و SSIM در نظر گرفته شده و نتایج با چهار الگوریتم مطرح در زمینه حذف نویز فلفل نمکی مقایسه می شود و نتایج در قالب جداول و تصاویر رفع نویز شده، آورده می شود.

## ۲- الگوریتم پیشنهادی

فیلتر ریسز یک روش شناخته شده در رفع نویز فلفل نمکی است که کارایی آن در این زمینه ثابت شده است [۱۳]. برای ورود به بحث، ابتدا چند تعریف خواهیم داشت راجع به تصاویر خاکستری. اگر  $A$  یک تصویر خاکستری با درایه های  $a_{ij}$  و ابعاد  $m \times n$  باشد، آنگاه شباهت بین پیکسل  $a_{st}$  و  $a_{ij}$  با علامت  $ps$  نمایش داده می شود و تعریف آن در فرمول (۱) آورده شده است:

$$ps(a_{ij}, a_{st}) = \left( \frac{1}{1+|i-s|+|j-t|} \right)^2 \quad (1)$$

ماتریس دودویی  $B$  پیکسل های نویزی  $A$  را مشخص می کند و بصورت فرمول (۲) تعریف می شود:

$$B = [b_{ij}]_{m \times n}, b_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{if } a_{ij} \text{ is noisy} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

فیلتر ریسز توسعه یافته تبدیل هیلبرت است که یک سیگنال را به فضای  $R$  بعدی می برد و در فضای فرکانسی، تعریف آن بصورت فرمول (۳) است:

$$\widehat{R}_f(\omega) = -j \frac{\omega}{\|\omega\|} \widehat{F}(\omega) \quad (3)$$

که در این رابطه  $\widehat{F}(\omega)$  تبدیل فوریه سیگنال  $d$  بعدی  $f(x)$  و  $\widehat{R}_f(\omega)$  تبدیل ریسز سیگنال  $f(x)$  است. تعریف میانگین ریسز در فرمول (۴) آورده شده است:

الگوریتم پیشنهادی کیفیت بالاتری را نسبت به سایر الگوریتم های مشابه بدست می دهد و شاخص های بالاتری را از لحاظ نسبت سیگنال به نویز و معیار شباهت نتیجه می دهد.

ناحیه ای کاملاً سفید یا کاملاً سیاه باشد، جزء خود تصویر در نظر گرفته می شود و رفع نویز نمی شود.

### ۳- نتایج و بحث

در این مقاله جهت بررسی کارایی الگوریتم پیشنهادی، دومعیار نسبت توان سیگنال به نویز PSNR و SSIM استفاده شده است. این معیارها بصورت فرمول های (۶-a) و (۶-b) بیان می شوند:

$$PSNR(X, Y) = 20 \log \left( \frac{255}{MSE(X, Y)} \right) \quad (6-a)$$

$$MSE(X, Y) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - y_{ij})^2 \quad (6-b)$$

که در این رابطه  $X$  و  $Y$  نماد تصاویر اصلی و رفع نویز شده هستند.  $m$  و  $n$  اندازه تصویر و MSE نشانگر میانگین مربع خطا می باشد. شاخص شباهت SSIM مطابق با فرمول (۷) تعریف می شود:

$$SSIM = \frac{(2\mu_X\mu_Y + c_1)(2\sigma_{XY} + c_2)}{(\mu_X^2 + \mu_Y^2 + c_1)(\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + c_2)} \quad (7)$$

که در این رابطه  $\mu$  نشاندهنده میانگین،  $\sigma^2$  واریانس است.  $C_1$  و  $C_2$  ثابت هستند.  $\sigma_{XY}$  کواریانس بین دو تصویر اصلی و رفع نویز شده را نشان می دهد. در این مقاله سه تصویر نمونه برای ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی با سایر روش ها انتخاب شده است. شکل (۲) تصاویر نمونه به همراه نویز فلفل نمکی شده آنها را نشان می دهد.

الگوریتم پیشنهادی بر تصاویر منتخب اعمال و نتایج در جدول (۱) و (۲) برای شاخص های PSNR و SSIM آورده شده است. همچنین چهار الگوریتم دیگر در این زمینه پیاده سازی و با الگوریتم پیشنهادی مقایسه شده است. اعداد بزرگتر، برجسته شده اند. سطح نویز ۷۰ درصد در نظر گرفته شده است.

همچنین جهت بررسی عملکرد بهتر، تصاویر رفع نویز شده برای نویز با چگالی ۷۰ در شکل (۳) نشان داده شده است. با توجه به نتایج جدول های (۱) و (۲) می توان فهمید که الگوریتم پیشنهادی بهتر از سایر الگوریتم ها، نویز را از تصاویر نمونه حذف کرده است.

برای ارزیابی بهتر الگوریتم های معرفی شده، زمان اجرای برنامه مورد توجه قرار گرفته است و نتایج برای سه تصویر نمونه شکل (۲) ثبت شده و در شکل (۴) نشان داده شده است. باتوجه به داده های این نمودار، الگوریتم پیشنهادی جایگاه سوم را از لحاظ زمان اجرای برنامه کسب کرده است.

### ۴- نتیجه گیری

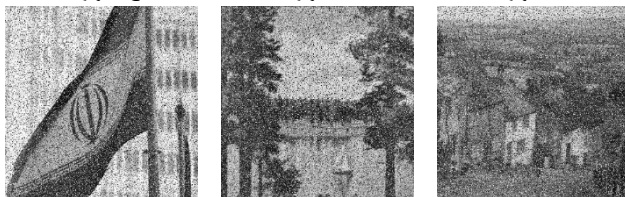
در این مقاله یک روش حذف نویز فلفل نمکی با استفاده از فیلتر ریسز پیشنهاد شده است. فیلتر های میانه برای حذف این نویز انتخاب می شوند؛ ولی تصاویر را تا قسمتی تار می کنند و کارایی بالایی در نویزهای چگالی بالا ندارند. الگوریتم پیشنهادی از این لحاظ هم بر تصاویر با نویز کم فائق می آید و هم بر نویز چگالی بالا غلبه می کند. تصاویر خروجی حاکی از آن است که



ج تصویر ۳

ب تصویر ۲

الف تصویر ۱



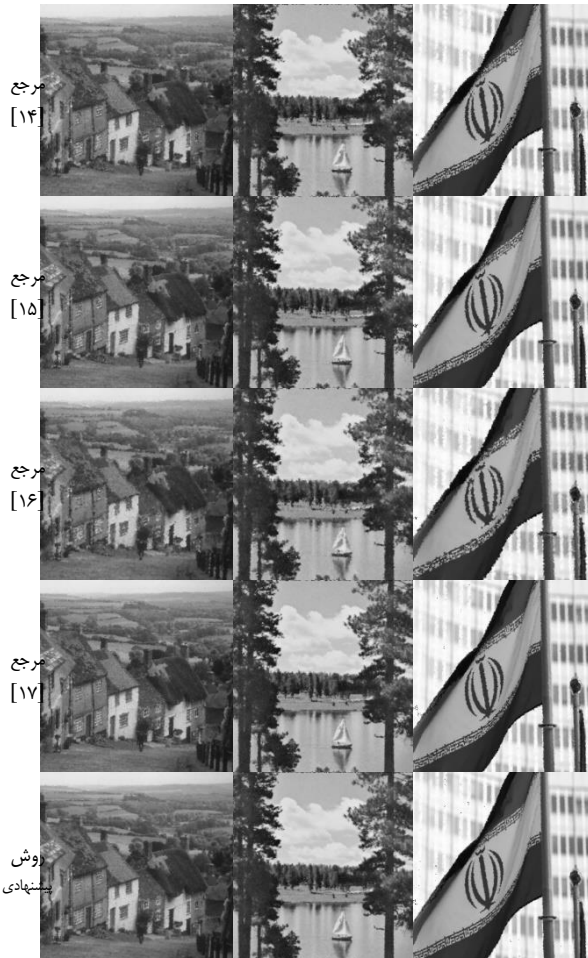
و تصویر ۳ نویزی

ه تصویر ۲ نویزی

د تصویر ۱ نویزی

شکل (۲) : تصاویر نمونه و نویزی شده فلفل نمکی آنها با چگالی ۳۰ درصد

تصویر ۳      تصویر ۲      تصویر ۱      روش



شکل (۳) : تصاویر رفع نویز شده توسط الگوریتم های مختلف با چگالی نویز ۷۰ درصد

[5] A. P. Sen and N. K. Rout, "Probabilistic Decision Based Improved Trimmed Median Filter to Remove High-Density Salt and Pepper Noise," Pattern Recognit. Image Anal., vol. 30, no. 3, pp. 401–415, Jul. 2020, doi: 10.1134/S1054661820030244.

[6] B. Karthik, T. Krishna Kumar, S. P. Vijayaragavan, and M. Sriram, "Removal of high density salt and pepper noise in color image through modified cascaded filter," J Ambient Intell Human Comput, vol. 12, no. 3, pp. 3901–3908, Mar. 2021, doi: 10.1007/s12652-020-01737-1.

[7] K. Vasanth and R. Varatharajan, "An adaptive content based closer proximity pixel replacement algorithm for high density salt and pepper noise removal in images," J Ambient Intell Human Comput, Jul. 2020, doi: 10.1007/s12652-020-02376-2.

[8] M. Kiruban, R. Jayamani, and P. Ramu, "Removal of salt and pepper noise from SAR images using optimized APCNN in Shearlet transform domain," Arab J Geosci, vol. 14, no. 6, p. 458, Mar. 2021, doi: 10.1007/s12517-021-06875-0.

[9] L. Liang, S. Deng, L. Gueguen, M. Wei, X. Wu, and J. Qin, "Convolutional neural network with median layers for denoising salt-and-pepper contaminations," Neurocomputing, vol. 442, pp. 26–35, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.neucom.2021.02.010.

[10] A. Roy, L. Manam, and R. H. Laskar, "Removal of 'Salt & Pepper' noise from color images using adaptive fuzzy technique based on histogram estimation," Multimed Tools Appl, vol. 79, no. 47–48, pp. 34851–34873, Dec. 2020, doi: 10.1007/s11042-020-09107-x.

[11] A. Senthilselvi, J. S. Duella, R. Prabavathi, and D. Sara, "Performance evaluation of adaptive neuro fuzzy system (ANFIS) over fuzzy inference system (FIS) with optimization algorithm in de-noising of images from salt and pepper noise," J Ambient Intell Human Comput, Mar. 2021, doi: 10.1007/s12652-021-03024-z.

[12] N. Sharma, P. J. S. Sohi, B. Garg, and K. V. Arya, "A novel multilayer decision based iterative filter for removal of salt and pepper noise," Multimed Tools Appl, vol. 80, no. 17, pp. 26531–26545, Jul. 2021, doi: 10.1007/s11042-021-10958-1.

[13] S. Enginoğlu, U. Erkan, and S. Memiş, "Pixel similarity-based adaptive Riesz mean filter for salt-and-pepper noise removal," Multimed Tools Appl, vol. 78, no. 24, pp. 35401–35418, Dec. 2019, doi: 10.1007/s11042-019-08110-1.

[14] M. González-Hidalgo, S. Massanet, A. Mir, and D. Ruiz-Aguilera, "Improving salt and pepper noise removal using a fuzzy mathematical morphology-based filter," Applied Soft Computing, vol. 63, pp. 167–180, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.asoc.2017.11.030.

[15] C.-T. Lu, Y.-Y. Chen, L.-L. Wang, and C.-F. Chang, "Removal of salt-and-pepper noise in corrupted image using three-values-weighted approach with variable-size window," Pattern Recognition Letters, vol. 80, pp. 188–199, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.patrec.2016.06.026.

[16] C. Kandemir, C. Kalyoncu, and Ö. Toygar, "A weighted mean filter with spatial-bias elimination for impulse noise removal," Digital Signal Processing, vol. 46, pp. 164–174, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.dsp.2015.08.012.

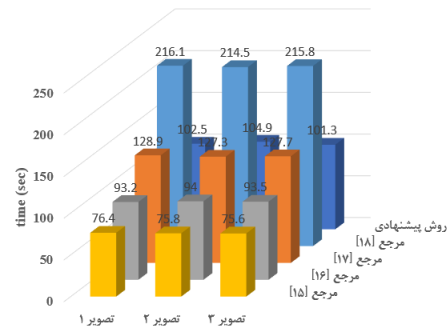
[17] U. Erkan, D. N. H. Thanh, S. Enginoglu, and S. Memiş, "Improved Adaptive Weighted Mean Filter for Salt-and-Pepper Noise Removal," in 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer

جدول (۱): مقایسه PSNR بدست آمده برای تصاویر رفع نویز شده توسط روش های مختلف

روش	تصویر ۱	تصویر ۲	تصویر ۳
مرجع [۱۵]	۲۹.۳۴۹۲	۲۷.۳۲۱۱	۲۴.۸۳۵۳
مرجع [۱۶]	۲۹.۴۳۵۶	۲۷.۴۱۹۹	۲۴.۸۹۴۵
مرجع [۱۷]	۲۹.۳۰۱۲	۲۷.۱۸۱۵	۲۴.۷۳۹۹
مرجع [۱۸]	۲۹.۵۱۸۹۵	۲۷.۵۵۲۶	۲۴.۹۴۵۲
روش پیشنهادی	۲۹.۵۸۲۴	۲۷.۵۸۰۹	۲۵.۰۶۴۱

جدول (۲): مقایسه SSIM بدست آمده برای تصاویر رفع نویز شده توسط روش های مختلف

روش	تصویر ۱	تصویر ۲	تصویر ۳
مرجع [۱۵]	۰.۸۰۳۸	۰.۸۱۰۲	۰.۸۷۸۶
مرجع [۱۶]	۰.۸۱۰۵	۰.۸۲۱۶	۰.۸۸۲۴
مرجع [۱۷]	۰.۷۹۶۰	۰.۸۰۹۰	۰.۸۳۹۹
مرجع [۱۸]	۰.۸۲۳۲	۰.۸۳۶۶	۰.۹۰۱۸
روش پیشنهادی	۰.۸۳۰۲	۰.۸۴۰۹	۰.۹۱۳۷



شکل (۴): مقایسه زمان اجرای الگوریتم های مختلف با چگالی نویز ۷۰ درصد برای تصاویر نمونه

## مراجع

[1] M. Yildirim, "Analog circuit implementation based on median filter for salt and pepper noise reduction in image," Analog Integr Circ Sig Process, vol. 107, no. 1, pp. 195–202, Apr. 2021, doi: 10.1007/s10470-021-01820-3.

[2] J. Ebrahimnejad and A. Naghsh, "Adaptive Removal of high-density salt-and-pepper noise (ARSPN) for robust ROI detection used in watermarking of MRI images of the brain," Computers in Biology and Medicine, vol. 137, p. 104831, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.combiomed.2021.104831.

[3] V. kishorebabu and R. Varatharajan, "A decision based unsymmetrical trimmed modified winsorized variants for the removal of high density salt and pepper noise in images and videos," Computer Communications, vol. 154, pp. 433–441, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.comcom.2020.02.048.

[4] D. N. H. Thanh, N. H. Hai, V. B. S. Prasath, L. M. Hieu, and J. M. R. S. Tavares, "A two-stage filter for high density salt and pepper denoising," Multimed Tools Appl, vol. 79, no. 29–30, pp. 21013–21035, Aug. 2020, doi: 10.1007/s11042-020-08887-6.

- Engineering (ICECCE), Istanbul, Turkey, Jun. 2020, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICECCE49384.2020.9179351.
- [18] U. Erkan, L. Gökrem, and S. Enginoğlu, “Different applied median filter in salt and pepper noise,” *Computers & Electrical Engineering*, vol. 70, pp. 789–798, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.compeleceng.2018.01.019.