ارائه یک روش هوشمند مبتنی بر محاسبات نرم در کاهش نویز تصاویر دیجیتال

سمیه علی اکبری دهکردی

دانشکده فنی مهندسی،دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

Aliakbari.somaye@stu.yazd.ac.ir

چکیده

در این مقاله یک فیلتر جدید برای حذف نویز تصاویر پیشنهاد شده است. این فیلتر شامل دو مرحله است، مرحله اول مشتقات فازی در 8 جهت مختلف را محاسبه می‌کند و مرحله دوم از مشتقات فازی برای انجام عمل هموارسازی با وزن‌دهی به مقدار پیکسل‌های همسایه استفاده می کند. هر دو مرحله برمبنای قوانین فازی هستند که از توابع عضویت استفاده می‌کنند. این فیلتر می‌تواند به صورت تکراری برای کاهش موثر نویزهای زیاد استفاده شود. که از دو سیستم فازی ممدانی برای تشخیص نویز و حذف نویز استفاده می‌کند. نتایج حاصل از پیاده سازی و مقایسه فیلتر پیشنهادی با فیلترهای دیگر توانایی حذف نویز و حفظ لبه و جزئیات تصویر نسبت به روش‌های پیشین را نشان می‌دهد.

کلید واژه ها:تصاویر دیجیتال، بهبود تصاویر، حذف نویز، فیلتر حذف نویز، سیستم-های فازی.

1- مقدمه

اگر یک تصویر به صورت الکترونیکی چه از طریق ماهواره یا ارسال بی سیم و یا با استفاده از کابل‌های شبکه منتقل گردد، اغلب در سیگنال تصویر خطاهایی رخ خواهد داد. این خطاها بر این اساس که چه نوع اختلالی در سیگنال صورت گرفته است باعث تولید نویزهای مختلفی می‌شوند. معمولاً نوع خطاهای صورت گرفته در سیگنال و در نتیجه نوع نویز تصویر مشخص است از این رو می‌توان روش‌ها و مدل‌های مختلفی را

برای کاهش این تأثیرها بر تصویر اعمال کرد. حذف نویز از تصویر آسیب دیده یکی از مهم‌ترین موضوعات بازسازی تصویر است.

تحقیق‌های زیادی بر روی روش‌های گوناگون حذف انواع نویز از تصویر انجام شده است. این روش‌ها را می‌توان به دو دسته عمده فیلترهای سنتی و فیلترهای مبتنی بر روش‌های محاسبات نرم تقسیم کرد[1]. دسته اول فیلترهای رایج و شناخته شده هستند که روش‌های سنتی نامیده می‌شوند. این فیلترها در دو دسته فیلترهای حوزه مکان و فیلترهای حوزه فرکانس بررسی می‌شوند و دسته دوم فیلترهای مبتنی بر روش-های محاسبات نرم مانند شبکه عصبی، سیستم فازی و سیستم فازی-عصبی ANFIS هستند. فیلترهای مکانی برای تغییر دادن درجه خاکستری یک پیکسل نیازمند دانستن درجات خاکستری تعدادی از پیکسل‌های همسایه هستند. یکی از فیلترهای خطی ساده و کاربردی در حوزه مکان، فیلتر میانگین است.

این فیلتر یک پنجره را بر روی تصویر حرکت می‌دهد و مقدار پیکسل مرکزی پنجره را با میانگین همه عناصر پنجره جایگزین می‌کند. از معایب این فیلتر تار شدن تصویر نسبت به تصویر اولیه و از دست رفتن جزئیات و لبه‌های تصویر است. در واقع فیلتر میانگین صرف نظر از نویزی یا سالم بودن پیکسل‌ها اقدام به اصلاح مقادیر پیکسل‌ها می‌کند و تمام پیکسل‌های تصویر را فیلتر می‌کند.

فیلتر میانه در دسته‌ی فیلترهای غیرخطی قرار دارد و حالت خاصی از یک فیلتر کردن کلی به نام فیلتر رتبه- ترتیب است در این دسته از فیلترها ماسک روی تصویر حرکت داده می‌شود و پیکسل‌های زیر ماسک مرتب شده و مقدار n ام به جای پیکسل مرکزی انتخاب می‌شود. نتیجه این فیلتر مطلوب‌تر از فیلتر میانگین است و اگر نویز تصویر زیاد باشد با دو بار استفاده از این فیلتر نتایج مطلوب‌تری بدست می‌آید. مزایای این روش ساده بودن، کم بودن محاسبات و داشتن کارایی قابل قبول در حذف نویز است و یکی از معایب آن بلور (محو) شدن جزئیات تصویر حتی در محیط‌های با نویز کم است، نسخه های تغییر یافته این فیلتر برای جلوگیری از مشکلات ذاتی فیلتر استاندارد میانه، دو فیلتر میانه وزن دار Weighted Median Filter [1] و فیلتر میانه مرکز وزن دار Center Weighted Median Filter (CMWF) [2] که وزن بیشتر را با عنصر مرکزی می‌دهد هستند.

فیلترهای حوزه فرکانس اجازه تجزیه و پردازش فرکانس‌های خاص تصویر را می-دهند و فیلتر کردن‌های بالا گذر و پایین گذر را با دقت بالایی انجام می‌دهند. مؤلفه‌های فرکانس بالا با تغییرات زیاد در درجات خاکستری در یک فاصله کم مثل لبه‌ها و نویز

بیان می‌شود و مؤلفه‌های فرکانس پایین با تغییرات جزئی درجات خاکستری در یک تصویر بیان می‌شود. در یک دسته بندی کلی فیلترها در این حوزه به دو دسته فیلترهای پایین گذر و فیلترهای بالا گذر تقسیم می‌شوند[7].

هرچند این فیلترها موجب حفظ جزئیات و لبه‌های تصویر می‌شوند. اما این فیلترها نیز اپراتورهای ثابت مکانی هستند که صرف نظر از رفتار فیلتر تمایزی بین پیکسل‌های نویز و بدون نویز تصویر ورودی قائل نیستند و روش‌های هوشمند با رفع این مشکل توانایی به قابل قبولی در حذف نویز تصاویر دست یافته‌اند. تکنیک‌های فازی می‌توانند ابهام و عدم قطعیت را به خوبی مدیریت کنند در حیطه پردازش تصویر مانند سایر زمینه‌ها، استفاده از روش‌های هوشمند نتایج مثبتی در پی دارد[4].

فیلترهای فازی حذف نویز در دو دسته فیلترهای Fuzzy Classical و Fully Fuzzy تقسیم می‌شوند. که دسته اول شامل فیلترهایی است که در واقع توسعه یا بهبودی از فیلترهای سنتی با استفاده از منطق فازی است. از میان این فیلترها می‌توان به فیلتر میانه فازی Fuzzy Median Filter (FMF)، [3][4]، فیلتر میانگین وزن‌دار فازی Fuzzy Weighted Mean (FWM) [5]و فیلتر میانگین وزن‌دار تطبیقی فازی Adaptive Weighted Fuzzy Mean (AWFM) [6] اشاره کرد. و دسته دوم فیلترهایی هستند که اغلب از دو مرحله تشخیص و حذف نویز تشکیل شده است که هر دو بر مبنای سیستم فازی هستند در ادامه این مقاله یک فیلتر تمام فازی با استفاده از دو سیستم فازی ممدانی برای تشخیص و حذف نویز معرفی می‌شود.

2- طراحی سیستم فازی تشخیص نویز

در مرحله اول این روش از یک سیستم فازی ممدانی برای تعیین نویزی بودن پیکسل‌ها استفاده می‌شود. خروجی سیستم درجه نویزی بودن هر پیکسل است. به هر پیکسل یک عدد در محدوده [0-1] اختصاص داده می‌شود که اگر پیکسل فاقد نویز باشد درجه نویزی بودن برابر 1 است و هرچه این درجه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان دهنده این است که پیکسل نویزی‌تر است، برای تعیین میزان نویز هر پیکسل از معیارهای زیر استفاده می‌شود:

اگر یک پیکسل با درجه بالا نویزی باشد هیچ شباهتی در مقدار سطح خاکستری پیکسل و پیکسل‌های همسایه آن وجود ندارد. بنابراین مینیمم مقدار اختلاف پیکسل از 8 پیکسل همسایه آن بزرگ است و برعکس اگر مینیمم اختلاف سطوح خاکستری

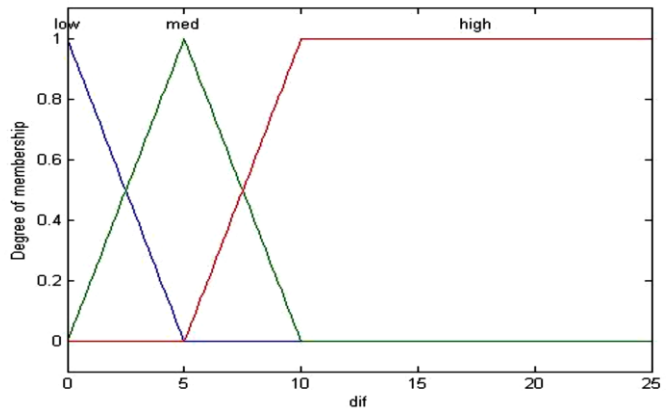
پیکسل از همسایه‌ها کم باشد پیکسل جزء دسته پیکسل‌های غیر نویزی قرار مـی‌گیـرد. این پارامتر، رابطه (1) به عنوان یکی از ورودی‌های سیستم فازی استفاده می‌شود.

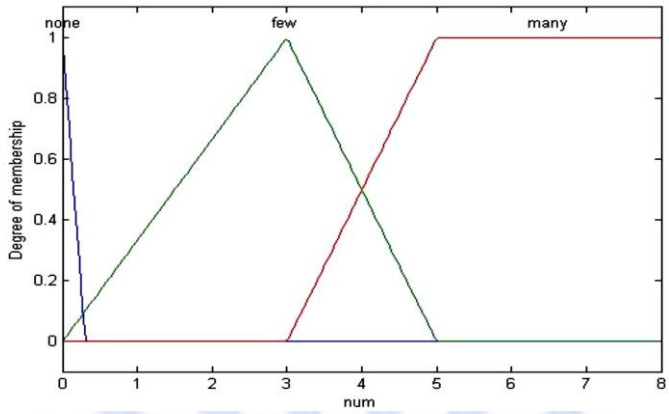
$$dif = \min|f(x,y) - f(x',y')| \qquad (1)$$

(x',y')، 8 پیکسل همسایه پیکسل (x,y)هستند.

اگر یک پیکسل مشابه پیکسل‌های همسایه‌اش باشد، فرض می‌شـود کـه نـویزی نیست، بنابراین می‌توان از تعـداد پیکسـل‌هـای مشـابه بـا پیکسـل مفـروض کـه در 8 همسایگی آن قرار دارند به عنوان یک پارامتر مهم برای فهمیدن اینکه آیا پیکسل نـویز است یا نه استفاده کرد. برای این کار تعداد پیکسل‌ها در 8 همسایگی پیکسل داده شده که تفاوت سطح خاکستری آن‌ها با پیکسل مرکزی کمتر از سطح آستانه تعریـف شـده است تعیین می‌شود. (مقدار سطح آستانه برابر 5 در نظر گرفتـه شـده اسـت). بنـابراین پارامتر دیگر این سیستم فازی به صورت رابطه (2) تعریف می‌شود.

$$|f(x,y) - f(x',y')| < Treshold \;\; num = (x',y') \in N_8(x,y) \,\& \qquad (2)$$





شکل(1): توابع عضویت ورودی‌های سیستم فازی

پارامترهای dif و num به عنوان ورودی، و پارامتر deg که درجه نـویزی بـودن هـر پیکسل است به عنوان خروجی سیستم فازی در نظر گرفتـه مـی‌شـود. فـازی سـاز ایـن سیستم ماکزیمم و غیر فازی ساز آن مرکز ثقل است. متغیرهای زبانی برای معرفی تـابع عضویت ورودی dif عبارتند ازlow، med و high. متغیرهای زبـانی بـرای تـابع عضـویت ورودی num عبارتند ازnon، few وmany و متغیرهای زبانی برای معرفی تـابع عضـویت خروجی deg عبارتند از small، moderate، big و very big توابـع عضـویت بـه صـورت مثلثی تعریف شده است شکل 1.

و با استفاده از قواعد تعریف شده درجه نویزی بودن هر پیکسل بـه عنـوان خروجـی توسط این سیستم تخمین زده می‌شود که عددی بین [0-1]است. قواعد فازی مورد نیاز به صورت زیر تعریف شده است.

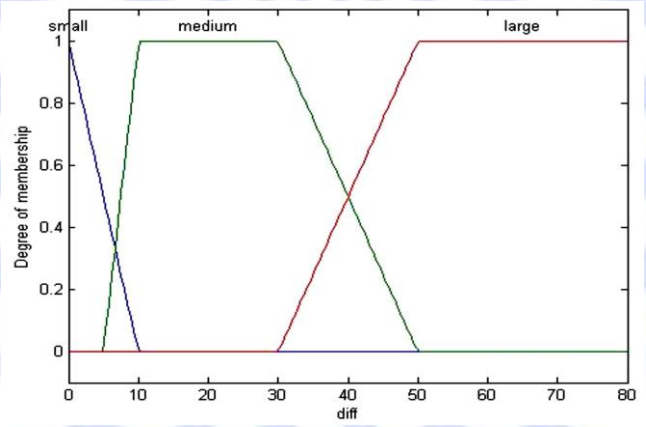
1. If (dif is low) and (num is none) then (deg is moderate)
2. If (dif is low) and (num is few) then (deg is big)
3. If (dif is low) and (num is many) then (deg is very big)
4. If (dif is med) and (num is none) then (deg is small)
5. If (dif is med) and (num is few) then (deg is moderate)
6. If (dif is med) and (num is many) then (deg is big)
7. If (dif is high) and (num is none) then (deg is small)
8. If (dif is high) and (num is few) then (deg is moderate)
9. If (dif is high) and (num is many) then (deg is moderat)

3- طراحی سیستم فازی حذف نویز

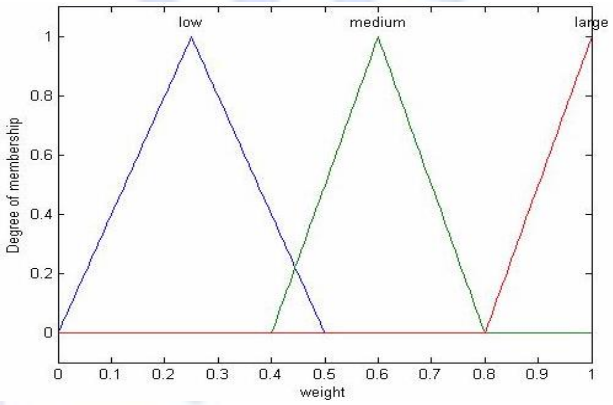
مرحله دوم این فیلتر فازی هموار سازی فازی است، در این مرحله به هـر پیکسـل یـک وزن اختصاص داده می‌شود که بر اساس وزن‌های پیکسل‌های موجود در پنجره میانگین‌گیـری می‌شوند. در این مرحله نیز یک سیستم فازی دیگری تعریف می‌شـود. diff بـه عنـوان اولـین پارامتر ورودی این سیستم فازی استفاده می‌شود رابطه(3).

$$diff = \min\left| f(x,y) - f(x-k,y-l) \right| \qquad (3)$$

پارامتر دوم، خروجی سیستم فازی مرحله قبل می‌باشد که درجـه نـویزی نبـودن پیکسل را نشان می‌دهد خروجی سیستم فازی در این مرحله یک وزن است، شـکل (2) و(3)توابع عضویت ورودی و خروجی این سیستم فازی را نشان می‌دهد.



شکل(2): توابع عضویت ورودی سیستم فازی مرحله دوم



شکل(3): توابع عضویت خروجی سیستم فازی مرحله دوم

قواعد فازی این سیستم به صورت زیر تعریف می‌شود:

1.If (diff is small) and(deg is low)then(weight is med)
2.If (diff is small)and(deg is med)then(weight is med)
3.If (diff is small) and (deg is large) then (weight is large)
4. If (diff is med) and (deg is low) then (weight is low)

5. If (diff is med) and (deg is med)then (weight is med)
6. If (diff is med) and (deg is large) then (weight is large)
7. If (diff is large) and (deg is low) then (weight is low)
8. If (diff is large) and (deg is med) then (weight is low)
9. If (diff is large) and (deg is large) then (weight is med)

موتور استنتاج این سیستم فازی نیز از نوع ممدانی مشابه با سیستم فازی مرحله اول اما با پارامترهای ورودی diff و deg و خروجی weight. پس از اعمال این دو سیستم فازی به تصویر به هر پیکسل یک وزن بین صفر تا یک اختصاص داده می‌شود که با میانگین گیری بر اساس این درجات پیکسل مرکزی هر پنجره ترمیم می‌شود.

4- نتایج پیاده سازی

این فیلتر فازی بر روی تصاویر خاکستری (8 بیتی با l=255) اعمال شده است. نتایج حاصل از این روش بر روی تصویر cameraman که با نویز گوسی با (μ=0, σ =10) آلوده شده است نشان داده شده است. شکل (4) و(5).

شکل (4) : تصویر آلوده شده با نویز گوسی

شکل(5): تصویر بازیابی شده با فیلتر پیشنهادی

کارایی فیلتر پیشنهادی با دو گروه فیلترهای سنتی و فیلترهای فازی مقایسه می-شود. فیلتر میانه Median Filter (MF)، فیلتر میانه وزن دار Weighted Median Filter (WMF) و فیلتر میانه تطبیقی Adaptive Median Filter (AMF) فیلترهای سنتی هستند.[9-12] فیلترهای میانه فازی Fuzzy Median Filter (FMF) و میانه وزن‌دار تطبیقی فازی Adaptive Weighted Fuzzy Mean (AWFM) که فیلترهای مبتنی بر قوانین فازی هستند[8] . برای مقایسه خروجی فیلتر حذف نویز و تصویر بدون نویز از معیار نسبت نویز به سیگنالPSNR استفاده می‌شود رابطه(4).

$$MSE(\mathrm{Im}g, Org) = \frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}[Org(i,j) - \mathrm{Im}g(i,j)]^2}{NM}$$

$$PSNR = 10\log\frac{S^2}{Mse(IMg, Org)} \qquad (4)$$

که در آن Org تصویر اصلی و Img تصویر فیلتر شده با سایز M×N و S ماکسیمم مقدار پیکسل است (برای یک تصویر خاکستری 8 بیتی ماکسیمم مقدار 255 است). مقایسه روش‌ها بر روی دو تصویر Cameraman در جدول (1) نمایش داده شده است. مقدار PSNR روش پیشنهادی نسبت به روش‌های دیگر کمتری است و در تصاویر با سطح نویز بالا روش پیشنهادی کارایی قابل قبولی نسبت به روش‌های دیگر نشان داده است.

جدول 1- نتایج مقایسه معیار PSNR روش‌های حذف نویز تصویر Cameraman

	PSNR(dB)		
	$\sigma = 5$	$\sigma = 10$	$\sigma = 20$

MF	170	178	213
WMF	42.4	56.2	112
AMF	66.8	79.6	126
FMF	50.8	56.4	131
AFMF	49.2	52.3	175.4
روش پیشنهادی	21.7	33.7	110

5- نتیجه گیری

در این مقاله یک روش حذف نویز تصاویر دیجیتال با استفاده از سیستم فازی ارائه شد. این فیلتر دو مرحله‌ای از مرحله تشخیص نویز و حذف نویز تشکیل شده که در هر دو مرحله از سیستم فازی ممدانی استفاده می‌کند. نتایج پیاده سازی این فیلتر توانایی حذف نویز و حفظ لبه و جزئیات تصویر نسبت به روش‌های پیشین را نشان می-دهد.

منابع

[1] Chin-Yu, Tyan and Paul P. Wang, "Image Processing - Enhancement, Filtering and Edge Detection Using the Fuzzy Logic Approach", *IEEE Transactions*, 2002, pp. 600- 605.

[2] Kendra, H, E. Aashima, and E.M. Verma, "Image Enhancement Based on Fuzzy Logic", *International Journal of Computer Science and Network Security*, 2009. pp. 141-145.

[3] Stefan Schulte, Mike Nachtegael, Valerie De Witte, Dietrich Van der Weken and Etienne E. Kerre, "A Fuzzy Impulse Noise detection and Reduction Method", *IEEE Transactions on Fuzzy systems*, 2006, pp.1153-1162.

[4] Navjeet Kaur, Shveta Chadda, Rajni Thakur, "A Survey of Image De-noising Filters", *International Journal of Computer Science and Technology*, 2012.

[5] M.Tulin Yildirim, Alper Basturk, Emin Yuksel, "Impulse Noise Removal from Digital Images by a Detail preserving Filter based on Type-2 Fuzzy Logic", *IEEE Transactions on Fuzzy systems*, 16(4), August 2008, pp. 920-928.

[6] Alsadri M.C.-Andrew, "An Introduction to Digital Image Processing with Matlab", *Victoria University of Technology*, 2004.

[7] Rafael Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, second edition, 2003.

[8] K. Arakawa, “Median Filter based on Fuzzy Rules and its Application to Image Restoration,” *Fuzzy Sets and Systems*, 1996, pp. 3-13.
[9] C. S. Lee, Y. H. Kuo, P. T. Yu, “Weighted Fuzzy Mean Filters for Image Processing,” *Fuzzy Sets and Systems,* July 1997, pp. 157-180.
[10] C. S. Lee, Y. H. Kuo, “Adaptive Fuzzy Filter and its Application to Image Enhancement,” *Fuzzy Techniques in Image Processing*, 2000.
[11] Hamed Vahdat Nejad, Hameed Reza Pourreza, Hasan Ebrahimi, “A Novel Fuzzy Technique for Image Noise Reduction”, *published in Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2006, pp. 390-395.
[12] Navjeet Kaur, Shveta Chadda, Rajni Thakur, “A Survey of Image De-noising Filters”, *International Journal of Computer Science And Technology*, 2012.