

ارایه یک فیلتر ترکیبی هوشمند فازی برای حذف نویز تصاویر پزشکی

سمیه علی اکبری دهکردی^۱، محمد قاسم زاده^۲، ولی درهمی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه یزد- یزد- ایران

aliakbari.somaye@stu.yazd.ac.ir

۲- استادیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه یزد- یزد- ایران

m.ghasemzadeh@yazd.ac.ir

۳- دانشیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه یزد- یزد- ایران

vderhami@yazd.ac.ir

چکیده: تصاویر پزشکی اهمیت ویژه‌ای در تشخیص پزشکی دارند. در این مقاله یک روش ترکیبی هوشمند مبتنی بر یک سیستم فازی-عصبی برای حذف نویز از این گونه تصاویر ارایه می‌شود. چندین روش عمومی و مفید برای حذف نویز از تصاویر وجود دارند؛ به‌عنوان نمونه می‌توان از فیلتر میانگین، فیلتر میانه، فیلتر وزن‌دار و فیلتر میانه تطبیقی نام برد. در رابطه با حذف نویز از تصاویر پزشکی به علت ویژگی خاص آن‌ها نیاز به قابلیت‌های بیشتری برای حذف نویز است. با توجه به توانایی سیستم‌های فازی-عصبی در کد کردن دانش بشری و همچنین، به‌کارگیری دانش غیر قطعی، این پروژه سعی در بهره‌گیری از این قابلیت‌ها برای رفع هر چه بیشتر نویز تصاویر دارد. راهبرد به‌کار گرفته شده در این مقاله مبتنی بر به‌کارگرفتن چهار روش حذف نویز عمومی بالا به‌طور موازی روی تصویر داده شده و استفاده از سیستم فازی-عصبی است. سیستم فازی-عصبی که به وسیله پیکسل‌های نویزی آموزش داده شده است بهترین مقدار جایگزین برای پیکسل نویزی در تصویر بهبود داده شده را با توجه به چهار مقدار تولید شده برای همان پیکسل توسط فیلترهای حذف نویز تعیین می‌کند. روش پیشنهادی پیاده‌سازی و بر روی تصاویر با چگالی نویز بالا اجرا شد. نتایج آزمایشی گویای مفید بودن روش پیشنهادی در حذف هر چه بیشتر نویز از تصاویر پزشکی است.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، تصاویر پزشکی، چگالی نویز، سیستم فازی-عصبی، فیلتر حذف نویز.

۱- مقدمه

تصاویر به نویز آلوده می‌شوند. آثار مخرب نویز در تصویر به شکل‌های مختلفی نمایان می‌شود و روش‌های گوناگونی برای مقابله با نویز تصویر ارایه شده‌است [۱].

تعداد در خور توجهی از این روش‌ها بر مبنای فیلترهای آماری هستند. مشهورترین این فیلترها فیلتر استاندارد میانه است که با تغییر پیکسل مرکزی با میانه پیکسل‌های موجود در پنجره فیلتر سعی در حذف نویز از پیکسل مرکزی دارد [۲]. مزایای این روش ساده بودن، کم بودن محاسبات و داشتن کارایی قابل قبول در حذف نویز است. یکی از معایب آن تار شدن جزئیات تصویر حتی در محیط‌های با

در سال‌های اخیر استفاده از تصاویر پزشکی در تشخیص بیماری‌ها به نحو چشم‌گیری گسترش یافته است. در اثر محدودیت‌های زمانی و امکانات تصویربرداری، این

^۱ تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۲۸

نام نویسنده مسئول: سمیه علی اکبری دهکردی

نشانی نویسنده مسئول: ایران - یزد - دانشگاه یزد- دانشکده برق و کامپیوتر.

گوسی که در تصاویر تشدید مغناطیسی مشاهده می‌شود. منبع اصلی وجود نویز در تصاویر تشدید مغناطیسی نویز گرمایی بیمار است.

نویز فلغل و نمک که با نام‌های دیگری نظیر نویز تک‌ضربه یا نویز باینری نیز شناخته می‌شوند. این نویز به علت نوسانات برق در دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی و تغییر سریع و ناگهانی سیگنال تصویر رایج‌ترین نوع نویز در تصاویر پزشکی است؛ و به صورت دانه‌های سیاه و سفید و تصادفی در پیکسل‌های تصویر ظاهر می‌شود [۷ و ۱۶].

به علت فرکانس بالای پیکسل‌های آسیب دیده با نویز فلغل و نمک رایج‌ترین فیلترها برای حذف این نویز فیلترهای پایین گذر هستند، نتیجه ضعف این فیلترها، کاهش کیفیت تصویر است [۱۰].

در این مقاله، در مرحله اول با استفاده از چهار فیلتر عمومی، میانگین، میانه استاندارد، میانه وزن‌دار و میانه تطبیقی، تصویر اولیه نویززدایی می‌شود.

در فیلتر میانگین متوسط مقدار عناصر داخل پنجره 3×3 محاسبه شده و به جای عنصر مرکزی قرار می‌گیرد. در فیلتر میانه که یک فیلتر غیرخطی است برای حذف نویز اعداد داخل پنجره مرتب شده و عدد میانه به عنوان خروجی به جای عنصر مرکز پنجره قرار می‌گیرد [۷].

در فیلتر میانه وزن‌دار که فرم توسعه یافته‌ای از فیلتر میانه استاندارد است عناصر داخل پنجره در یک ماسک شامل وزن‌ها ضرب می‌شوند [۳ و ۸]. فیلتر میانه تطبیقی نیز حالت دیگری از فیلتر میانه است که عنصر میانه را با یک آستانه مقایسه و تصمیم‌گیری می‌کند که آیا با عنصر مرکزی پنجره جایگزین شود یا سبب پنجره را افزایش دهد. این فیلتر سعی دارد فقط پیکسل‌های نویزی را تحت تأثیر قرار دهد [۹]. هرکدام از فیلترهای یاد شده تا حدی نویز موجود در تصویر را برطرف می‌کنند اما در تصاویر با چگالی نویز بالا کارایی بیشتری لازم است [۱۳]. بدین منظور نتیجه حاصل از اعمال فیلترهای یاد شده از یک سیستم فازی-عصبی گذر داده می‌شود.

نویز کم و جابجایی جزئیات تصویر در حد چند پیکسل است.

برای رفع مشکل فیلتر استاندارد میانه، دو گونه دیگر از آن با عنوان فیلتر میانه وزن‌دار^۱ [۲] و فیلتر میانه مرکز وزن‌دار^۲ [۳] ارائه شده‌اند. این فیلترها قابلیت حفظ لبه‌ها و جزئیات تصویر را تا حدی دارند. این فیلترها، اپراتورهای ثابت مکانی هستند که صرف نظر از رفتار فیلتر تمایزی بین پیکسل‌های نویز و بدون نویز تصویر ورودی قابل نیستند.

علاوه بر فیلترهای مبتنی بر میانه، انواع مختلفی از فیلترهای میانگین و همچنین، فیلترهای غیرخطی مبتنی بر روش‌های محاسبات نرم برای حذف نویز ارائه شده‌اند [۴ و ۵]. مواردی از به‌کارگیری اولیه سیستم‌های فازی و فازی-عصبی در حذف نویز تصاویر دیجیتال در مقاله‌های علمی دیده می‌شود [۵]. به علت عدم قطعیت پیکسل‌های یک تصویر آلوده به نویز هیچ‌کدام از روش‌های یاد شده کارایی قابل قبولی در حذف نویز تصاویر پزشکی ندارند و ممکن است برخی از پیکسل‌های نویزی را بدون فیلتر کردن رها کنند و با فیلتر کردن برخی پیکسل‌های سالم موجب تحریف تصویر خروجی شوند [۶].

در روش پیشنهادی این مقاله ضمن بهره‌گیری از مفاهیم به‌کار رفته در این روش‌ها برای حذف نویز تصاویر پزشکی با چگالی نویز بالا روش متمایزی ارائه می‌شود.

در بخش دوم مقاله نوع نویز و فیلترهای استفاده شده در مرحله اول روش پیشنهادی معرفی می‌شوند. در بخش سوم سیستم فازی-عصبی برای بازیابی پیکسل نویزی معرفی می‌شود، در بخش چهارم پیاده‌سازی روش پیشنهادی، در بخش پنجم نتایج پیاده‌سازی و در بخش ششم نتیجه‌گیری بیان می‌شود.

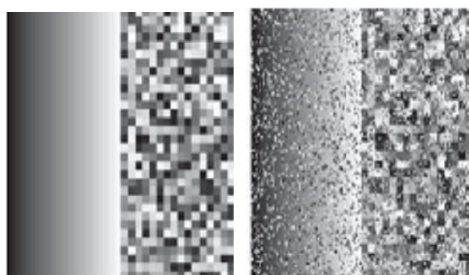
۲- انواع نویز و فیلترهای حذف آن‌ها

رایج‌ترین انواع نویز در تصاویر پزشکی، عبارتند از نویز خال^۳، که به نویز ضرب شونده معروف است. این نویز بیشتر در تصاویر آلتراسوند مشاهده می‌شود. نویز سفید یا

۳- سیستم فازی - عصبی برای بازیابی

پیکسل نویزی

استفاده شد. این تصاویر توسط نرم افزار متلب تولید شده است. سایز تصاویر ۱۲۸×۱۲۸ است و از بلوک های ۴×۴ تشکیل شده است. هر بلوک حاوی ۱۶ پیکسل است که دارای میزان شدت روشنایی تصادفی در بازه [۰-۲۵۵] هستند [۱۱]. مزیت استفاده از این تصاویر وابسته نشدن سیستم به یک تصویر خاص است [۱۴].



شکل (الف) تصویر آموزش داده شده، (ب) تصویر بدون نویز، (ب) تصویر آموزشی با نویز

شکل (۱): تصویر آموزشی استفاده شده، (الف) تصویر بدون نویز، (ب) تصویر آموزشی با نویز

شکل (۱): تصویر آموزشی استفاده شده، (الف) تصویر بدون نویز، (ب) تصویر آموزشی با نویز

۴- پیاده سازی روش پیشنهادی

شکل (۲) نمای کلی روش پیشنهادی را نشان می دهد. در این روش، تصویر نویزی ورودی به طور موازی از چهار فیلتر عمومی حذف نویز عبور داده می شود، X تصویر نویزی ورودی و X_0, X_1, X_2, X_3 خروجی فیلترهای حذف نویز هستند که به عنوان ورودی به سیستم فازی-عصبی وارد می شود. Y نیز خروجی سیستم فازی-عصبی، تصویر بهبود داده شده نهایی است.

در اعمال فیلتر به تصویر دو مرحله وجود دارد. در مرحله اول تصاویر مربوط به آموزش شبکه استفاده می شود. بعد از آموزش شبکه و تعیین شدن شاخص ها با توجه به ویژگی های تصویر و نویز، می توان برای آزمایش فیلتر از تصاویر جدید استفاده کرد. در مرحله آموزش فیلتر از تصویر تشدید مغناطیسی مغز با چگالی نویز ۶۰ درصد استفاده شد. تصاویر استفاده شده دارای ۲۵۶ سطح خاکستری هستند.

سیستم فازی-عصبی ترکیبی از یک سیستم فازی برای برقراری رابطه بین ورودی و خروجی، و شبکه عصبی برای تعیین شاخص های مربوط به توابع عضویت سیستم فازی است. این سیستم قدرت بیان عدم قطعیت به صورت کیفی را دارد و از جهتی شبیه به شبکه عصبی با ساختار متغیر است که با توجه به نوع داده ها ساختار خود را تطبیق می دهد تا به رفتار ورودی-خروجی مطلوب برسد [۱۴].

معماری سیستم فازی-عصبی شامل پنج لایه ی ورودی، فازی گر، تالی قواعد، لایه ترکیب و فازی زداست. شاخص های توابع عضویت این سیستم از طریق الگوریتم پس انتشار یا ترکیب آن با روش حداقل مربعات تنظیم می شوند. این عملیات تنظیم به سیستم های فازی اجازه می دهد تا ساختار خود را از مجموعه داده ها فرا بگیرد [۱۵]. سیستم فازی-عصبی پیشنهادی شامل یک موتور استنتاج فازی مرتبه اول سوگنو، چهار متغیر ورودی، یک خروجی و ۱۶ قانون است. توابع عضویت ورودی از نوع گوسی، رابطه (۱) و تابع عضویت خروجی از نوع خطی، رابطه (۲) است

$$M_{ij}(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - a_{ij}}{b_{ij}}\right)^{2c_{ij}}}; (i, j = 1, 2, 3) \quad (1)$$

$$y_k(x_0, x_1, x_2, x_3) = d_{k,1}x_0 + d_{k,2}x_1 + d_{k,3}x_2 + d_{k,4}x_3 + d_{k,5} \quad (2)$$

شاخص های a, b, c و d برای تعیین شکل توابع عضویت باید تنظیم شوند. مقدار بهینه این شاخص ها با استفاده از ترکیب روش های انتشار به عقب و گرادیان نزولی تعیین می شود [۱۲].

شاخص های اولیه به صورت تصادفی انتخاب شد و به صورت تکراری بعد از ۱۰ مرحله آموزش شاخص های نهایی تعیین شد. برای آموزش از تصاویر آموزشی شکل (۱)

کارایی فیلتر پیشنهادی با دو گروه فیلترهای عمومی و فیلترهای فازی موجود مقایسه می‌شود. از میان فیلترهای عمومی کارایی فیلتر پیشنهادی با فیلترهای میانه، میانه وزن‌دار، میانه وزن‌دار عنصر مرکزی، میانه تطبیقی، میانه چند حالتی^۵ [۸] و فیلتر JBF^۹ [۹] مقایسه می‌شود. از میان فیلترهای فازی این روش با فیلتر ارایه شده در [۵] مقایسه می‌شود.

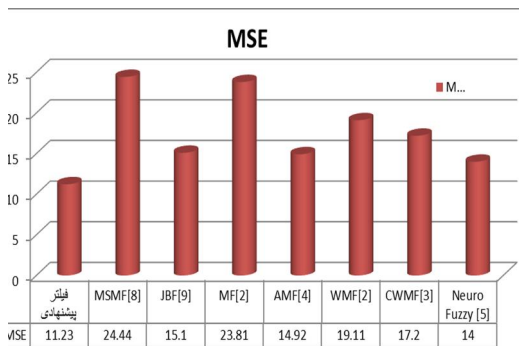
از دو معیار میانگین مربع خطا^۶ و نسبت نویز به سیگنال^۷ رابطه (۳ و ۴) برای مقایسه کارایی روش پیشنهادی نسبت به روش‌های دیگر استفاده می‌شود.

$$MSE = \frac{1}{RC} \sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C (s[r,c] - y[r,c])^2 \quad (3)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{\max_i I_i}{MSE} \right)^2 \quad (4)$$

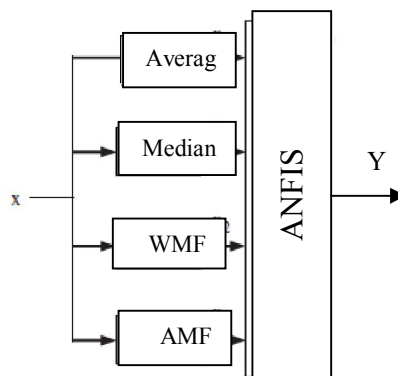
که $S[r,c]$ و $Y[r,c]$ به ترتیب تصویر اصلی بدون نویز و تصویر بازیابی شده از فیلتر حذف نویز است، R و C ابعاد تصویر و $\max_i I_i$ بیشترین مقدار پیکسل در تصویر است.

نتایج عددی حاصل از مقدار میانگین مربع خطا هر کدام از روش‌ها برای تصویر آنژیوگرافی دست با چگالی نویز ۱۰ درصد در شکل (۴) نمایش داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود خطای روش پیشنهادی نسبت به روش‌های پیشین کمتر است.



شکل (۴): معیار خطا برای فیلترهای حذف نویز

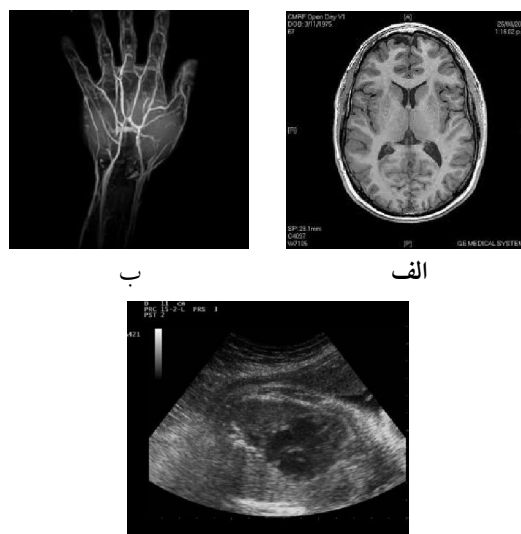
در شکل (۵) معیار نسبت نویز به سیگنال روش‌ها نشان داده شده که فیلتر پیشنهادی دارای مقدار بیشتری است.



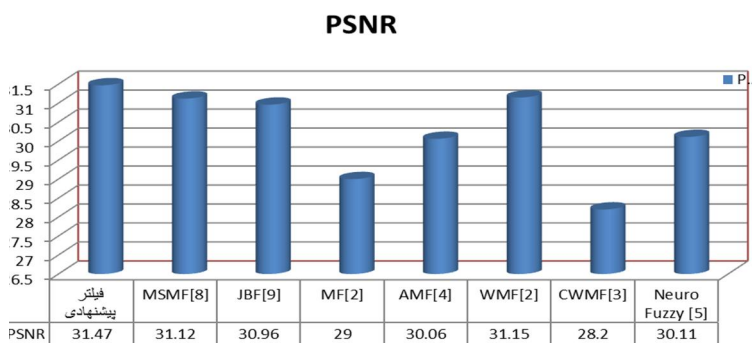
شکل (۲): ساختار کلی روش پیشنهادی

۵- نتایج آزمایش‌ها و تحلیل آن‌ها

آزمایش‌ها بر روی مجموعه‌ای از تصاویر پزشکی ۸ بیتی با سطوح خاکستری، ابعاد ۲۵۶×۲۵۶ و با چگالی نویز متفاوت و بالا انجام شده است. هرکدام از تصاویر با چگالی نویز ۲۵،۵۰ و ۷۵ درصد تخریب شدند. این عدد بیان کننده درصد پیکسل‌های تخریب شده تصویر است. از مجموعه تصاویر تولید شده سه تصویر استاندارد، شکل (۳) انتخاب شدند. تصاویر آزمایشی تولید شده یک بار با روش پیشنهادی و یک بار بدون روش پیشنهادی نویز زدایی شدند.



شکل (۳): تصاویر پزشکی استاندارد برای ارزیابی کارایی فیلتر، (الف) تصویر آنژیوگرافی دست، (ب) تصویر شدت مغناطیسی مغز، (ج) تصویر سونوگرافی



شکل (۵): معیار نسبت نویز به سیگنال فیلترهای حذف نویز

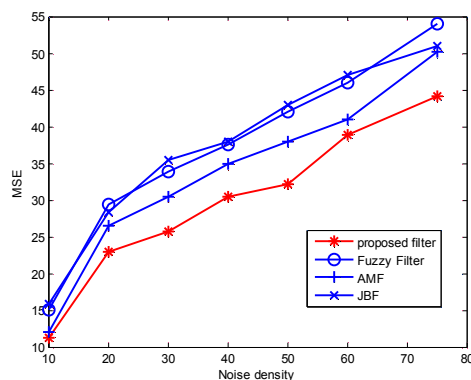
حاصل مشاهده شد.

شکل (۶) نمودار میانگین مربع خطا در چگالی نویز

متفاوت برای سه فیلتر فازی [۵]، فیلتر میانه تطبیقی و JBF بر روی تصویر آنژیوگرافی دست را در مقایسه با فیلتر پیشنهادی نشان می‌دهد، در چگالی نویز متفاوت فیلتر پیشنهادی دارای خطای کمتری نسبت به فیلترهای موجود است.

جدول (۱): MSE حاصل از بازیابی تصویر آنژیوگرافی دست

چگالی نویز	٪۲۵	٪۵۰	٪۷۵
MSMF	۳۰/۱۰	۴۲/۳۲	۷۹/۰۱
JBF	۳۷/۸۲	۵۴/۶۱	۸۷/۰۹
MF	۲۹/۷۵	۶۲/۱۱	۹۶/۴۱
AMF	۳۴/۲۱	۶۸/۹۸	۹۴/۸۷
WMF	۳۱/۷۰	۵۵/۰۸	۸۹/۷۶
CWMF	۳۲/۰۵	۵۴/۶۶	۸۳/۲۳
Fuzzy	۲۶/۸۸	۴۹/۹۸	۸۵
فیلتر پیشنهادی	۱۵/۲۰	۲۲/۴۵	۶۱/۷۶



شکل (۶): نمودار میانگین مربع خطای تصویر آنژیوگرافی

دست در چگالی نویز متفاوت

جدول (۲): MSE حاصل از بازیابی تصویر سونوگراف

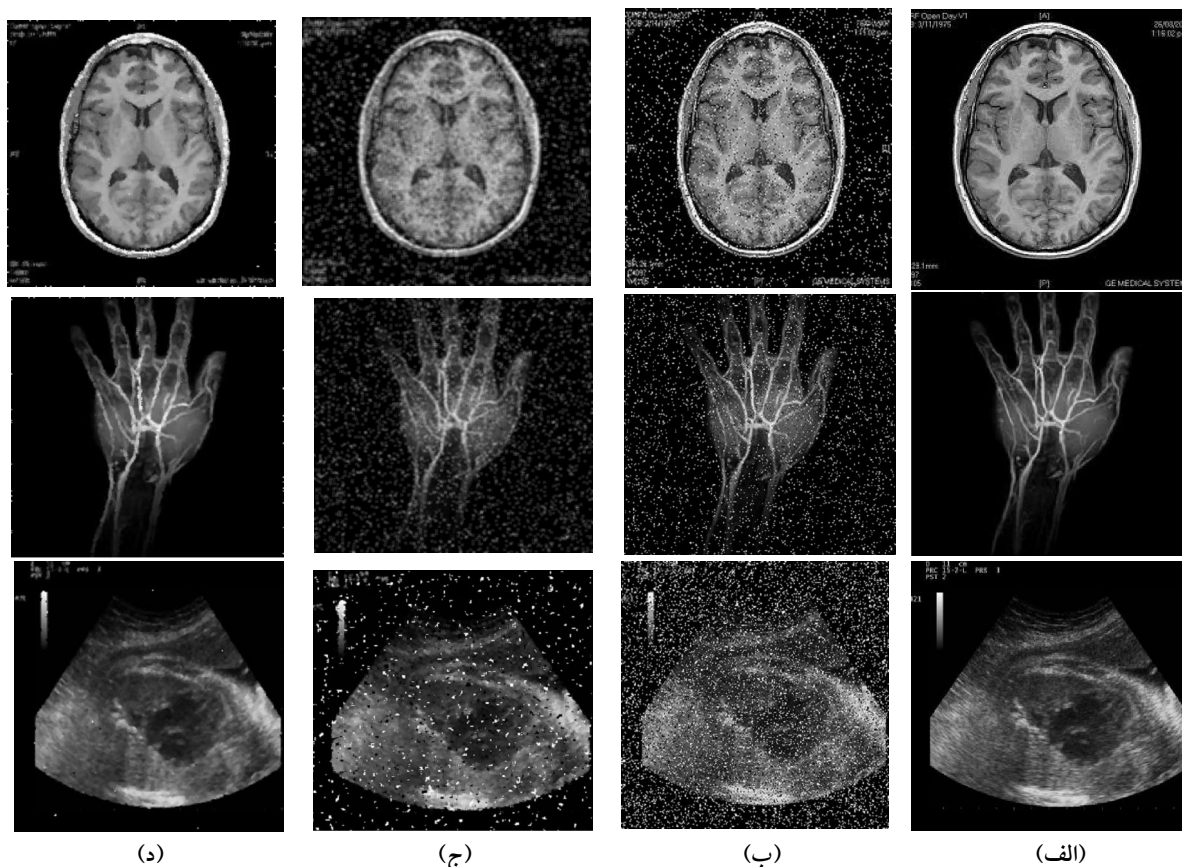
چگالی نویز	٪۲۵	٪۵۰	٪۷۵
MSMF	۳۸/۰۲	۴۳/۲۱	۸۶/۶۳
JBF	۴۵/۸۷	۶۴/۷۵	۹۶/۵۴
MF	۳۶/۵۳	۵۷/۸۷	۱۰۱
AMF	۴۲/۲۱	۵۶/۰۹	۹۷/۶۵
WMF	۴۰/۸۶	۵۴/۹۶	۹۴/۳۹
CWMF	۴۱/۰۵	۵۲/۰۵	۹۰/۴۵
Fuzzy	۳۲/۶۵	۵۳/۷۳	۸۷/۹۷
فیلتر پیشنهادی	۱۹/۸۹	۳۲/۷۰	۶۷/۵۳

نتایج بصری حاصل از اجرای روش پیشنهادی مقاله بر

روی برخی از تصاویر پزشکی از جمله تصویر شدت مغناطیسی مغز، تصویر آنژیوگرافی دست و تصویر سونوگرافی آلوده شده با نویز ۲۵ درصد در شکل (۷) نشان داده شده است.

در تصاویر حاصل از روش پیشنهادی، بهبود چشم‌گیری

از نظر حذف نویز با چگالی بالا، حفظ جزئیات و لبه تصویر



شکل (۷): نتایج بازبازی سه تصویر تشدید مغناطیسی مغز، آنژیوگرافی دست و تصویر سونوگرافی (الف) تصویر اصلی بدون نویز، (ب) تصویر آلوده شده با نویز نمک و لفل و با چگالی نویز ۲۵ درصد (ج) تصویر بازبازی با فیلتر ارائه شده در [۵]، (د) تصویر بازبازی با فیلتر پیشنهادی

۶- نتیجه گیری

در این مقاله یک فیلتر ترکیبی هوشمند مبتنی بر سیستم فازی-عصبی برای کاهش نویز نمک و لفل از تصاویر پزشکی ارائه شد. نتایج عددی و بصری حاصل از اجرای این روش بر روی تصاویر پزشکی با چگالی نویز بالا توانایی این روش در حذف نویز و حفظ جزئیات نسبت به روش‌های دیگر را نشان می‌دهد.

مراجع

- [1] Umbaugh SE. "Computer vision and image processing". Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall International Inc.; 1998.
- [2] Yli-Harja O, Astola J., Neuvo Y. , "Analysis of the Properties of Median and Weighted

جدول (۱) و (۲) مقدار میانگین مربع خطا برای دو تصویر آنژیوگرافی دست و تصویر سونوگرافی را نشان می‌دهد که در هر دو تصویر روش پیشنهادی دارای خطای کمتری است. نتایج حاصل از فیلتر پیشنهادی از نظر حذف نویز، حفظ لبه‌ها و جزئیات تصویر بهتر از فیلترهای دیگر است. این روش در تصاویر پزشکی با چگالی نویز متفاوت و بالا دارای عملکرد خوبی است. نتایج عددی و بصری حاصل از مقایسه فیلتر پیشنهادی با فیلترهای موجود تایید کننده این ادعاست که استفاده از ترکیب فیلترهای حذف نویز و سیستم فازی-عصبی، موجب بهبود کارایی فیلتر حذف نویز می‌شود.

- Processing": Image Communication; Vol. 19 pp.993–100, 2009.
- [15] Yüksel ME, Ba, stürk A, Be, sdok E. "Detail-preserving restoration of impulse noise corrupted images by a switching median filter guided by a simple neuro-fuzzy network". EURASIP Journal of Applied Signal Processing, Vol. 16, No. 24, pp. 51–61, 2004.
- [16] Gupta S, Kaur L, Chauhan R C, Saxena S C; "A versatile technique for visual enhancement of medical ultrasound images"; Digital Signal Processing; Vol.17, No.3, pp. 542-560, 2007.
- Median Filters using Threshold logic and Stack Filter Representation". IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 39, No. 2, pp.395-410, 1987.
- [3] Ko SJ, Lee YH. "Center Weighted Median Filters and their Applications to Image Enhancement". IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. 38, No. 9, pp.984–93, 1991.
- [4] Eng H-L, Ma K-K. "Noise Adaptive Soft-switching Median Filter". IEEE Transactions on Image Processing, Vol.10, No.2, pp.242–51, 2001.
- [5] Yüksel ME, Be, sdok E. "A Simple Neuro-Fuzzy Impulse Detector for Efficient Blur Reduction of Impulse Noise Removal Operators for Digital Images". IEEE Transactions on Fuzzy Systems; Vol. 12, No.6, pp. 854–65, 2004.
- [6] Schulte S, Nachtegael M, De Witte V, Van der Weken D, Kerre EE. "A fuzzy Impulse Noise Detection and Reduction Method". IEEE Transactions on Image Processing, Vol.15, No.5, pp. 53–62, 2006.
- [7] Mahesh T R, Prabhanjan S, "Noise Reduction by Using Fuzzy Image Filtering", Journal of Theoretical and Applied Information Technology", Islamabad Pakistan, Vol.15, No.2, pp. 115-120, 2010.
- [8] Chen T, Wu HR. "Space Variant Median Filters for the Restoration of Impulse Noise Corrupted Images". IEEE Transactions of Circuits and Systems-II, Vol. 48, No.8, pp. 78–94, 2011.
- [9] Yüksel ME. "Impulsive noise Rejection from Images with Jarque –Berra test based median filter". International Journal of Electronic and Communications, Vol. 59, No.2, pp. 91-105, 2005.
- [10] Lee C-S, Kuo Y-H. "The Important Properties and Applications of the Adaptive Weighted Fuzzy Mean Filter". International Journal of Intelligent Systems, Vol .14, No. 2, pp. 53–74, 2012.
- [11] Windyga PS. "Fast Impulsive Noise Removal". IEEE Transactions on Image Processing; Vol.10, No.1, pp73–9, 2001.
- [12] Russo F. "Impulse Noise cancellation in image data using a two-output nonlinear filter". Measurement; Vol .36, No.3, pp. 13– 20, 2004.
- [13] Xu H. Zhu G. Peng H. Wang D. "Adaptive fuzzy switching filter for images corrupted by impulse noise". Pattern Recognition Letters; Vol .25, No.16, pp. 57–63, 2010.
- [14] Alajlan N, Kamela M, Jernigan E. "Detail preserving impulsive noise removal. Signal

¹ Weighted Median Filter

² Center-Weighted Median Filter

³ Speckle

⁴ Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

⁵ Multi-State Median Filter (MSMF)

⁶ Jarque -Berra test based filter

⁷ Mean Square Error(MSE)

⁸ Peak Signal to Noise Ratio(PSNR)

