

نویززدایی هوشمند از تصاویر MRI مغز بر اساس گزینش و چینش فیلترها

INC29-1363

علیرضا صدرممتاز، مرتضی نامدار*، زکویه زحمتکش

گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت - ایران

چکیده:

اگرچه روش‌ها و الگوریتم‌های بسیاری برای کاستن و یا از بین بردن نویز از تصاویر پزشکی ارائه گردیده است، اما همچنان مشکل عدم حذف نویز از این تصاویر یکی از چالش‌های باقیمانده در زمینه‌ی پیش‌پردازش و نویززدایی از تصاویر پزشکی است. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از الگوریتم ژنتیک، به صورت هوشمند بهترین فیلترها برای نویززدایی از هر تصویر MRI گزینش شده، و سپس با چینش مناسب آن‌ها، به تصویر نویزی اعمال شد تا تصویر نهایی بهبودیافته، حاصل شود. در نهایت نتایج با استفاده از معیارهای MSE، PSNR و SSIM مورد ارزیابی قرار گرفت و مقادیر میانگین ۰,۰۰۱۴۷، ۲۸,۲۷ و ۰,۶۹ به ترتیب برای معیارها به دست آمد. با مقایسه‌ی نتایج به دست آمده با سایر روش‌هایی که در این حوزه پیشنهاد شده‌اند، نشان داده شد که عملکرد روش پیشنهادی مناسب است.

کلیدواژه‌ها: نویززدایی، MRI، الگوریتم ژنتیک، فیلتر

Intelligent denoising of brain MRI images based on the selection and arrangement of filters

A. R. Sadrumontaz, M. Namdar*, Z. Zahmatkesh

Physics Department, Basic Science Faculty, Guilan University, Rasht, Iran

Abstract:

Although many methods and algorithms have been proposed to reduce or eliminate the noise from medical images, but still the problem of insufficient denoising from these is one of the remaining challenges in the field of pre-processing and denoising of medical images. In this research, using the genetic algorithm intelligently, the best filters are selected, then they will be arranged to implement on each MRI image to denoise the noise of the image. So; the final improved image is obtained. Finally, the results were evaluated using MSE, PSNR and SSIM criteria, and average values of 0.00147, 28.27, and 0.69 were obtained for the criteria, respectively. The results compared to other proposed methods in denoising field can indicate the appropriate performance of the method.

Keywords: Denoising, MRI, Genetic Algorithm, Filter

۱. مقدمه

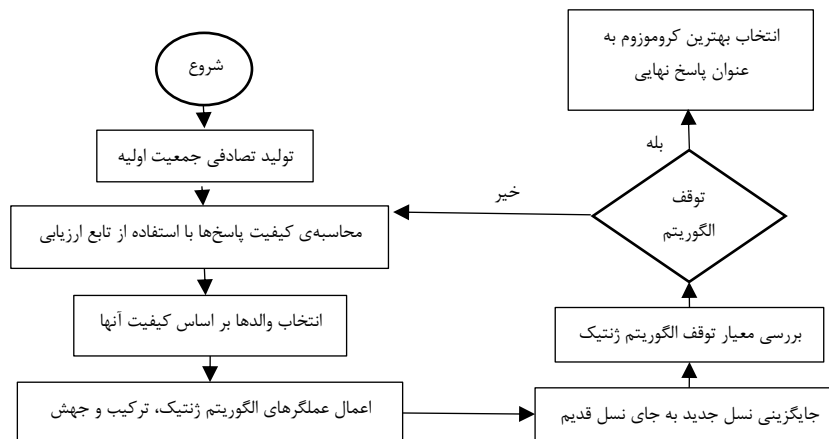
امروزه روش‌های تصویربرداری پزشکی مانند تصویربرداری رزونانس مغناطیسی^۱ و توموگرافی کامپوتی^۲ تصاویر را به عنوان ابزار تشخیصی دقیق ارائه می‌دهند. MRI و CT اسکن پرکاربردترین روش‌ها برای تجسم آناتومی انسان هستند. تصاویر پزشکی اغلب قبل از اینکه به عنوان ابزار تشخیصی استفاده شوند، نیاز به پیش‌پردازش دارند. نویز، عملکرد الگوریتم‌های پردازش تصویر در تصویربرداری مغز را کاهش می‌دهد. روش‌های حذف نویز تصویر، الگوریتم‌های مهم پردازش تصویر هستند که برای کاهش نویز استفاده می‌شوند. حذف نویز از تصویر مغز یکی از مهم‌ترین بخش‌های ابزار تشخیص بالینی است. تصاویر مغز بیشتر حاوی نویز، ناهمگنی و گاهی انحراف هستند. بنابراین، پردازش دقیق تصاویر مغز کار بسیار دشواری است. با این حال، فرآیند پردازش دقیق این تصاویر برای تشخیص صحیح توسط ابزارهای بالینی بسیار مهم و حیاتی است. مروری بر روش‌های حذف نویز تصویر برای تصاویر MRI مغز ارائه شده است. روش‌های نویز زدایی پیشرفته سعی می‌کنند نویز را از تصاویر MRI به‌طور کامل حذف کرده و کیفیت آن‌ها را حفظ کنند. فیلترهای نویززدایی مختلفی وجود دارند: فیلترهای استاندارد و پیشرفته‌تر، و فیلترهای حذف نویز عمومی و خاص MRI. هر کدام از این روش‌ها مزایا و معایبی دارند. هیچ‌یک از آن‌ها از نظر حفظ مرز، کیفیت تصویر بدون نویز، تابع هزینه محاسبه شده و حذف نویز بر دیگری غلبه نمی‌کنند. در نتیجه، روش‌های حذف نویز را می‌توان بهبود بخشید و هنوز یک حوزه تحقیقاتی باز است. دو رویکرد اساسی برای حذف نویز تصویر وجود دارد که شامل روش‌های فیلتر فضایی و تبدیل دامنه هستند. بیشتر فیلترهای فضایی، تکنیک‌های فیلترینگ مبتنی بر میانه هستند که از اطلاعات آماری ترتیب پیکسل‌ها در پنجره آزمایش استفاده می‌کنند. فیلترهای بسیار دیگری مانند فیلتر میانه‌ی وزنی [۱]، فیلتر میانه‌ی مرکز وزنی [۲]، فیلتر میانه‌ی مرکز وزنی تطبیقی [۳]، فیلتر میانه‌ی سوئیچینگ [۴]، فیلتر میانه‌ی چندحالتی [۵]، فیلتر میانه‌ی وزنی جهت‌دار [۶]، فیلتر تشخیص ضربه مبتنی بر اختلاف مرتبه دوم [۷]، فیلتر مبتنی بر میانه‌ی وزنی جهت‌دار اصلاح شده [۸] و فیلتر مبتنی بر وزن اصلاح‌شده [۹] وجود دارند که برای حذف نویز پیشنهاد شده‌اند. در دهه گذشته، الگوریتم‌های حذف نویز مختلفی بر اساس تبدیل موجک معرفی شدند. موجک‌ها به دلیل ویژگی‌هایی مانند ساختار چند رزولوشنی و پراکندگی، عملکرد بسیار بالایی در حذف نویز تصویر دارند [۱۰]. مطالعات بسیاری نیز بر ادغام روش‌های حذف نویز متمرکز شده‌اند. این رویکردها با استفاده از روش‌های ترکیبی نظیر تبدیل موجک و منحنی [۱۱]، روش هیبریدی فیلترهای میانه‌ی مرکز وزنی و موجک [۱۲] و همچنین شبکه‌های عصبی و یادگیری عمیق [۱۳] برای حذف نویز تصویر استفاده شده‌اند. در ادامه برخی از کارها که به این پژوهش نزدیک‌تر است، معرفی می‌شود: در برخی از مطالعات، تکنیک‌های مختلف فیلتر ترکیبی مانند فیلتر مین هیبریدی و فیلتر مکس هیبریدی برای حذف نویز گاوسی، نویز ضربه‌ای یا نویز تصادفی از تصاویر پزشکی مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای فیلتر پیشنهادی به‌طور خودکار، از SNR محلی تخمین زده شده انتخاب می‌شوند. این روش‌ها در تجزیه و تحلیل حوزه فضایی و فرکانسی گنجانده شدند [۱۴-۱۶]. اولهاج و همکاران [۱۷] یک روش حذف نویز برای انواع مختلف تصاویر پزشکی با الگوریتم NL-Means پیشنهاد کردند. دواسنا و همالاتا [۱۸] طرح جدیدی را بر اساس اعمال یک سری فیلترها با ترکیب تکنیک‌های فیلتر کرنل، سوبل و پایین‌گذر (KSL) پیشنهاد کردند. الالفی و همکاران [۱۹] در نشان دادن ویژگی‌های بافت استخراج‌شده از تصاویر اکوکاردیوگرافی پزشکی، فیلتر گاوسی و فیلتر گابور را برای تکنیک پیش‌پردازش استفاده کردند. سامنات و همکاران [۲۰] روش حذف نویز تصاویر پزشکی با استفاده از آستانه‌گذاری و بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک^۳ را پیشنهاد کردند که در آن تصویر به بلوک‌هایی با اندازه ثابت برای فرآیند تبدیل موجک تقسیم می‌شود. سنتیلراخا و همکاران [۲۱] فیلتری به نام WB-Filter را برای حذف نویز از تصویر پزشکی

¹ MRI² CT³ Genetic Algorithm (GA)

اجرا کردند. فیلتر WB، ترکیبی از فیلتر میانی و فیلتر دوطرف برای تعیین عملکرد بهتر در مقایسه با فیلترهای میانی، وینر و دوطرفه است. در این فیلتر، هر پیکسل در یک تصویر با میانگین وزنی مقادیر شدت پیکسل‌های مجاور جایگزین می‌شود و از فیلتر دوم برای به حداقل رساندن میانگین مربعات خطای تخمین زده شده و مطلوب استفاده می‌شود. با وجود مطالعات موجود همچنان جای روشی که بتواند به صورت هوشمند از ترکیب فیلترها برای حذف نویز تصاویر استفاده کند و فیلترهای مناسب هر تصویر را گزینش و اعمال کند، خالی به نظر می‌رسد. از این رو در پژوهش حاضر بر آن شدیم در نویزدایی از تصاویر پزشکی، الگوریتم ژنتیک را برای گزینش و چینش فیلترها به خدمت بگیریم.

۲. الگوریتم ژنتیک

الگوریتم GA با الهام گرفتن از کروموزوم‌ها و ژن‌های موجود در طبیعت، مسائل بهینه‌سازی را به عنوان مجموعه‌ای از متغیرها نشان می‌دهد. GA یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت است که به دنبال پیدا کردن بهترین راه‌حل از میان تمام راه‌حل‌های ممکن در یک فضا، به نام فضای جستجو است. راه‌حل‌های ممکن در الگوریتم ژنتیک، همان افراد جامعه یا جمعیت در نظر گرفته شده و معمولاً به شکل گروهی از نمادها و یا ارقام دودویی نشان داده می‌شوند. هر راه‌حل برای یک مسئله بهینه‌سازی، متناظر با یک کروموزوم است و هر پارامتر و یا متغیری از مسئله، نشان‌دهنده یک ژن است. الگوریتم GA از سه عملگر اصلی برای بهبود کروموزوم‌ها در هر نسل استفاده می‌کند: انتخاب، ترکیب و جهش. GA شایستگی هر فرد در جمعیت را با استفاده از یک تابع برازندگی (تابع تناسب و یا هدف) ارزیابی می‌کند و به هر فرد، مقداری از شایستگی اختصاص می‌دهد. برای بهبود راه‌حل‌های ضعیف، بهترین راه‌حل‌ها با مکانیزم انتخاب (برای مثال چرخ رولت) برگزیده می‌شوند. با وجود اینکه الگوریتم GA تصادفی است، اما آنچه این الگوریتم را قابل اعتماد و قادر به تخمین بهینه برای یک مسئله معین می‌کند، فرآیند حفظ بهترین راه‌حل‌ها در هر نسل و استفاده از آن‌ها برای بهبود راه‌حل‌های دیگر است. به این ترتیب، کل جمعیت نسل به نسل بهتر می‌شود و در طی نسل‌های مختلف، الگوریتم به جواب بهینه همگرا می‌شود. فرآیند عمل این الگوریتم در یافتن جواب بهینه در شکل ۱ نمایش داده شده است.

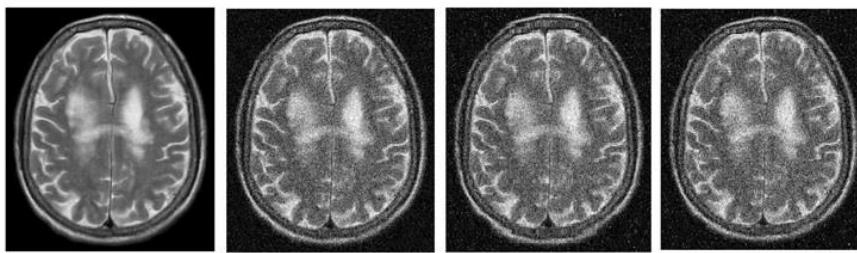


شکل ۱. فلوچارت بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

۳. روش کار

هدف از انجام این پژوهش ارائه روشی مؤثر برای نویزدایی از تصاویر MRI است. برای این منظور، از تصاویر MRI مغز استفاده و به عنوان داده‌ی ورودی در محیط متلب فراخوانی شد. برای نویزدار کردن تصاویر، با استفاده از توابع متلب، به ترتیب نویزهای گاوسی، نمک و لفل و لکه‌ای به آن‌ها اعمال شد. در شکل ۲ نمونه‌ای از تصاویر MRI استفاده شده و تصاویر آغشته به نویز آن را مشاهده می‌کنید. باید توجه داشت که تمامی نویزهای یادشده، به ترتیب به تصویر ورودی

اعمال شده است و تصویر نویزی نهایی شامل هر سه نوع نویز به صورت هم‌زمان است. تصویر نویزی حاصل به عنوان ورودی فرایند بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک لحاظ شد.



شکل ۲. الف) تصویر اصلی. ب) تصویر آغشته به نویز گاوسین. ج) تصویر آغشته به نویزهای گاوسین و نمک و فلفل.

د) تصویر آغشته به نویزهای گاوسین، فلفل نمکی و لکه‌ای

پس از حصول تصویر نویزی، الگوریتم ژنتیک با هدف پیدا کردن بهترین چینش فیلترها برای به دست آوردن تصویر نویززدایی شده، بر روی تصویر نویزی اعمال شد. اگر بخواهیم برای نویززدایی از یک تصویر، تمام حالت‌های اعمال ۹ فیلتر بر روی آن تصویر را بررسی کنیم یعنی باید از میان ۳۶۲۸۸۰ حالت، بهترین اثر را بیابیم که به صورت دستی کاری بسیار زمان‌بر خواهد شد، اما به کمک قابلیت‌های الگوریتم ژنتیک، توانستیم جایگشت‌های ۹ فیلتر را برای نویززدایی از یک تصویر به گونه‌ای اعمال کنیم که ضمن بررسی تمام حالت‌ها، بهترین گزینش و چینش برای آن تصویر پیدا شود. فیلترهای استفاده شده برای عملیات نویززدایی، فیلترهای میانگین، دیسک، گاوسی، لاپلاسیان، لوگ، وینر، پریویت، سوبل و میانه هستند. این فیلترها تشکیل یک کروموزوم برای الگوریتم ژنتیک را داد و در نهایت بهترین چینش (بهترین کروموزوم) توسط الگوریتم پیدا شد. برای اجرای الگوریتم، میزان جمعیت اولیه ۱۵ و طول هر کروموزوم ۹ در نظر گرفته شد. هر کروموزوم متشکل از ۹ فیلتر (ژن) جهت نویززدایی است، و شرط پایان الگوریتم نیز ۲۰ نسل در نظر گرفته شده است.

هدف از ارائه این روش پیشنهادی حذف بهینه این نویزها با کمترین اثر بر روی ساختار اصلی تصویر است. برای این منظور تابع هدف، اختلاف تصویر نهایی و اولیه با عنوان تابع تفریق تعریف شد تا با کمینه نمودن این مقادیر، حداقل اختلاف را در این دو تصویر شاهد باشیم. بنابراین هر چه مقدار به دست آمده از این تابع کوچک‌تر باشد، نشان‌دهنده برآورده شدن هدف پژوهش، و به عبارت دقیق‌تر، عملکرد صحیح و مطلوب روش پیشنهادی است. رابطه ۱ تابع هدف استفاده شده را نشان داده است. در این رابطه، I_0 تصویر اصلی، I_f تصویر نهایی است.

$$S = \sum |I_f - I_0| \quad (1)$$

تعداد متغیرها در اجرای فرایند بهینه‌سازی ۱۸ در نظر گرفته شده است. ۹ تا آن، همان تعداد فیلترهای استفاده شده برای عملیات حذف نویز است. از آنجایی که هر فیلتر دارای ویژگی‌های منحصر به فرد خود و متفاوت از سایر فیلترهاست و اعمال همه یا بخشی از آن‌ها باهم، باعث خراب‌تر شدن تصویر می‌شود، ۹ متغیر دیگر نیز جهت تعیین اینکه کدام یک از فیلترها در هر مرحله انتخاب و اعمال شوند، استفاده شده است. در واقع مقادیر ۹ متغیر دوم، اعداد ۰ و ۱ هستند. مقدار صفر حضور فیلتر و مقدار یک عدم حضور فیلتر را تعیین می‌کند.

پس از اجرای روش پیشنهادی برای هر تصویر یک ماتریس 2×9 به دست آمد که سطر اول آن متشکل از ۹ عدد، از ۱ تا ۹ بیانگر ترتیب ۹ فیلتر است، و سطر دوم آن متشکل از اعداد ۰ و ۱ نمایانگر حضور و عدم حضور هر فیلتر خواهد بود. در واقع الگوریتم پیشنهادی علاوه بر پیدا کردن بهترین ترتیب، فیلترهای کارآمد برای عملیات نویززدایی را نیز شناسایی و اعمال می‌کند.

جدول ۱. مشخصات کدگذاری شده فیلترها در فرایند اعمال الگوریتم ژنتیک

نام فیلتر	کد فیلتر در فرایند الگوریتم ژنتیک	نام فیلتر	کد فیلتر در فرایند الگوریتم ژنتیک
میانگین	۱	وینر	۶
دیسک	۲	پریویت	۷
گاوسی	۳	سوبل	۸
لاپلاسین	۴	میانه	۹
لوگ	۵		

سازوکار عمل الگوریتم ژنتیک به گونه‌ای است که با کدگذاری مسئله به جستجوی بهترین راه‌حل‌های آن می‌پردازد، به همین دلیل برای شناخت اینکه در نهایت کدام فیلترها و با چه ترتیبی بر هر تصویر اعمال شده و نتیجه بهینه را داده است، لازم داریم هر فیلتر را با یک عدد در فضای عملکرد الگوریتم ژنتیک کد کنیم. بدین ترتیب برای تشخیص آن‌ها، به هر یک از فیلترها، طبق جدول ۱ عددی از ۱ تا ۹ نسبت داده شد. پس از اجرای روش پیشنهادی توسط الگوریتم ژنتیک، جایگشت ۹ تایی از فیلترها ایجاد و فیلترهای منتخب، شناسایی و اعمال شدند، تابع هدف بهینه شده و نتیجه‌ی نهایی حاصل شد. در نهایت به منظور ارزیابی الگوریتم پیشنهادی، از معیارهای معمول مورد استفاده برای سنجش الگوریتم‌های مختلف نویززدایی، همانند عملگرهای MSE، PSNR و SSIM استفاده شد.

۴. نتایج

نتیجه اعمال الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی تصاویر MRI با استفاده از روش پیشنهادی در جدول ۲ نشان داده شده است. ستون اول از سمت راست تصاویر ورودی را نشان داده، ستون دوم ردیف بالا بیانگر بهترین جایگشت انتخاب شده توسط الگوریتم و ردیف پایین بیانگر حضور و عدم حضور این فیلترها در عملیات نویززدایی است. نتایج به دست آمده نشان داد که ترتیب اعمال فیلترها بسیار مهم است. در موارد بسیاری مشاهده شد مقادیر به دست آمده از اعمال چینشی از فیلترها، بهتر از مقادیر به دست آمده از اعمال همان فیلترها ولی با ترتیب دیگری است. مقدار میانگین معیارها محاسبه و در ردیف آخر جدول ۲ ثبت شده است.

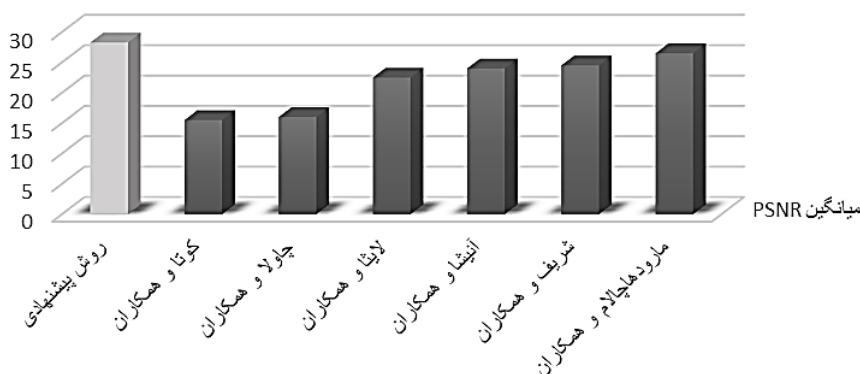
جدول ۲. نتایج الگوریتم پیشنهادی

تصویر ورودی	بهترین چینش فیلتر جهت نویززدایی	MSE	PSNR	SSIM
مغز (۱)	[۶،۸،۱،۵،۳،۹،۲،۷،۴] [۰،۰،۰،۰،۰،۱،۰،۱،۰،۰]	۰،۰۰۱۵	۲۸،۰۲	۰،۷۹
مغز (۲)	[۹،۶،۲،۵،۸،۱،۷،۳،۴] [۱،۰،۰،۰،۰،۱،۰،۱،۰،۰]	۰،۰۰۱۴۷	۲۸،۳۲	۰،۷۴
مغز (۳)	[۹،۱،۲،۷،۳،۵،۶،۴،۸] [۱،۱،۰،۰،۰،۱،۰،۱،۰،۰]	۰،۰۰۱۳۱	۲۸،۷۹	۰،۷۶
مغز (۴)	[۸،۴،۲،۹،۱،۵،۳،۷،۶] [۰،۰،۰،۰،۱،۰،۱،۰،۰،۰]	۰،۰۰۱۴۴	۲۸،۴۰	۰،۵۵
مغز (۵)	[۹،۴،۳،۶،۲،۵،۷،۸،۱] [۱،۰،۱،۰،۰،۰،۰،۰،۰،۱]	۰،۰۰۱۶۵	۲۷،۸۰	۰،۵۷
مقدار میانگین	-	۰،۰۰۱۴۷	۲۸،۲۷	۰،۶۹

برای آنکه قدرت روش پیشنهادی در نویززدایی مشخص شود، داده‌های به دست آمده از کارهای پیشین را در جدول ۳ لیست کرده و نتایج حاصل از روش جدید با آن‌ها مقایسه شد. برای ایجاد حس دیداری بهتر، اطلاعات مقدار میانگین PSNR روش‌ها در نمودار شکل ۳ تصویر شد. همان‌طور که از نمودار مشخص است، روش پیشنهادی در مقایسه با اکثر کارهای انجام شده، نتیجه‌ی بهتری برای نویززدایی از تصاویر MRI ارائه کرده است.

جدول ۳. مقایسه نتایج PSNR الگوریتم پیشنهادی با کارهای پیشین

پژوهش‌های انجام شده	PSNR	میانگین PSNR هر روش
کوتا و همکاران [۱۶]	۱۴-۱۷	۱۵,۵
چاولا و همکاران [۱۹]	۱۴-۱۸	۱۶
لایثا و همکاران [۲۳]	۱۷-۲۸	۲۲,۵
مارودهاچالام و همکاران [۳۳]	۲۵-۲۸	۲۶,۵
شریف و همکاران [۳۵]	۲۲-۲۷	۲۴,۵
آنیشا و همکاران [۳۶]	۲۲-۲۶	۲۴
حدود PSNR در روش پیشنهادی	۲۷-۲۹	۲۸,۲۷



شکل ۳. نمودار مقایسه مقدار میانگین PSNR روش پیشنهادی با کارهای پیشین.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش روشی هوشمند و منحصر به فرد برای بهبود نتایج حاصل از نویززدایی تصاویر MRI ارائه شد. نتایج پژوهش نشان داد که روش پیشنهادی، نویز تصاویر MRI را به میزان مطلوبی کاهش داده و با به دست آمدن مقادیر میانگین ۰,۰۰۱۴۷، ۲۸,۲۷ و ۰,۶۹ برای معیارهای PSNR، MSE و SSIM نشان می‌دهد که کیفیت تصویر خروجی مناسبی نیز در مقایسه با تعدادی از پژوهش‌های انجام شده، دارد.

۶. مراجع

1. Chen. T. and Wu. H.R, (2001), "Space variant median filters for the restoration of impulse noise corrupted images", IEEE transactions on circuits and systems II: analog and digital signal processing, 48:7849.
2. Dong. Y. and Xu. S, (2007), "A new directional weighted median filter for removal of random-valued impulse noise", IEEE signal processing letters, 14:193-6.
3. Sa. P.K, Dash. R. and Majhi. B, (2009), "Second order difference based detection and directional weighted median filter for removal of random valued impulsive noise", 2009 International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS). Sri Lanka: IEEE, p. 362-364.
4. Mandal. J. and Sarkar. A, (2010), "A Novel Modified Directional Weighted Median Based Filter for Removal of Random Impulse Noise (MDWMF)", 2010 International Symposium on Electronic System Design. Bhubaneswar, India: IEEE, p. 230-234.
5. Mandal. J. and Sarkar. A, (2011), "A Modified Weighted Based Filter for Removal of Random Impulse Noise (MWB)" 2011 Second International Conference on Emerging Applications of Information Technology. Kolkata, India: IEEE, P. 173-176.
6. Agarwal. S, Singh. O. and Nagaria. D, (2017), "Analysis and Comparison of Wavelet Transforms for Denoising MRI Image", Biomedical and Pharmacology Journal, 10:831-6.

7. Kota. N.S. and Reddy. G.U, (2011), "Fusion based Gaussian noise removal in the images using curvelets and wavelets with Gaussian filter" Int J Image Process (IJIP). 2011;5:456-68.
8. Umamaheswari. J. and Radhamani. D.G, (2012), "Hybrid Denoising method for removal of mixed noise in medical images" International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 3.
9. Jifara. W, Jiang. F, Rho. S, Cheng. M. and Liu. S, (2017), "Medical image denoising using convolutional neural network: a residual learning approach", The Journal of Supercomputing, 1-15.
- 10 Chawla. P, Mittal. R. and Grewal. K, (2012), "Hybrid filtering technique for image denoising using artificial neural network", International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 1:36-40.
11. Mredhula. L. and Dorairangaswamy. M.A, (2014), "A combined pca model for denoising of ct images", Elysium Journal, 1:46-50.
12. Raj. V.P. and Venkateswarlu. T, (2012), "Denoising of medical images using image fusion techniques", Signal & Image Processing, 3:65. doi: 10.5121/ sipij.2012.3406.
13. Priyadharsini. B, (2014), "A novel noise filtering technique for denoising MRI images", ICGICT, 2:2428- 33.
14. Oulhaj. H, Amine. A, Rziza. M. and Aboutajdine. D, (2012), "Noise Reduction in Medical Images-comparison of noise removal algorithms", 2012 International Conference on Multimedia Computing and Systems. Tangier, Morocco: IEEE, p. 344-349.
15. Devasena. C.L. and Hemalatha. M, (2011), "Noise removal in magnetic resonance images using hybrid KSL filtering technique", Methodology, 27.
16. Sharif. M, Jaffar. M.A. and Mahmood. M.T, (2014), "Optimal composite morphological supervised filter for image denoising using genetic programming: Application to magnetic resonance images", Engineering Applications of Artificial Intelligence, 31:78-89.
17. Taher. G.M, El. Taweal. G, Wahed. M.E. and Fouad. A, (2013), "Image fusion approach with noise reduction using Genetic Algorithm" International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 4(11).
18. De. Paiva. J.L, Toledo. C.F. and Pedrini. H, (2016), "An approach based on hybrid genetic algorithm applied to image denoising problem", Applied Soft Computing, 46:778-91.
19. Atta Elalfi, Mohamed Eisaand Hosnia Ahmed, "Artificial Neural Networks in Medical Images for Diagnosis Heart Valve Diseases", IJCSI Sep-2013
20. Somnath Mukhopadhyay, J.K. Mandal, "Wavelet based Denoising of Medical Images Using Sub-band Adaptive Thresholding through Genetic Algorithm". CIMTA- 2013 Science Direct.
21. S. Senthilraja, Dr. P. Suresh, Dr. M. Suganthi, "Noise Reduction in Computed Tomography Image Using WB Filter" IJSER-2014.